



T.C. KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BİLGİSAYAR DESTEKLİ MÜHENDİSLİK ANALİZİ
DERSİ PROJESİ

MEKANİZMA ADI
V6 ÇİFT TURBOLU İÇTEN YANMALI MOTOR

Projeyi Hazırlayanlar
Cem AKSOY
İbrahim PEKCAN

Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Feridun KARAKOÇ
Makina Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

Kütahya, 2022

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	5
2. TASARIM	5
2.1. TASARIMI OLUŞTURAN PARÇALAR	6
2.1.1. Motor Bloğu	6
2.1.2. Krank Mili	6
2.1.3. Kam Mili	7
2.1.4. Karter	7
2.1.5. Valf Kapağı	8
2.1.6. Silindir Kapağı	8
2.1.7. Supap	9
2.1.8. Manifold	9
2.1.9. Turbo	9
2.1.10. Hava Filtresi	10
2.1.11. Piston	10
3. MONTAJ (Assembly Design)	11
3.1. Constraints	11
3.2. Constraint Properties	12
3.2.1. Coincidence Constraint Properties	12
3.2.2. Offset Constraint Properties	12
3.2.3. Angle Constraint Properties	12
3.3. Constraint Kullanım Örnekleri	13
3.3.1. Coincidence Constraint	13
3.3.2. Contact Constraint	14
3.3.3. Offset Constraint	15
3.3.4. V6 Motor Tüm Montajı ve Constraints İşlem Ağacı	16
4. KİNEMATİK ANALİZ (DMU Kinematics)	17
4.1. Kinematic Joints	17

4.2.	Joints Kullanım Örnekleri	20
4.2.1.	Cylindrical Joints	20
4.2.2.	Revolute Joints	21
4.2.3.	Gear Joints.....	22
4.2.4.	Slide Curve Joints	23
4.2.5.	V6 Motor Tüm Jointler ve Joints İşlem Ağacı	24
4.3.	Mekanizmanın Simülasyonu (DMU Generic Animation)	25
4.3.1.	V6 Motorun Simülasyon Adımları	26
4.4.	Piston Hız - İvme Analizi ve Komutların Tanıtımı	27
4.5.	“Piston” için Hız İvme Analizi	28
4.6.	Grafiklerin Oluşturulması.....	30
4.6.1.	1000 dv/dk İçin Grafik Yorumlanması	30
4.6.2.	3000 dv/dk İçin Grafik Yorumlanması	31
5.	STATİK ANALİZ (Generative Structural Analysis).....	32
5.1.	Piston Başı ve Biyel Kolu İçin Statik Analiz Adımları.....	33
5.1.1.	Piston Yapısal Analiz Sonuçları ve Hesapları	35
5.1.2.	Biyel Kolu Yapısal Analiz Sonuçları ve Hesapları.....	37
6.	TEKNİK RESİMLER.....	40
7.	KAYNAKÇA.....	48

ŞEKİLLER

Şekil 1: Motor Bloğu Katı Modeli	6
Şekil 2: Krank Mili Katı Modeli	6
Şekil 3: Kam Mili Katı Modeli	7
Şekil 4: Karter Katı Modeli.....	7
Şekil 5: Valf Kapağı Katı Modeli	8
Şekil 6: Silindir Kapağı Katı Modeli	8
Şekil 7: Supap Katı Modeli.....	9
Şekil 8: Manifold Katı Modeli	9
Şekil 9: Turbo Katı Modeli	9
Şekil 10: Hava Filtresi Katı Modeli	10
Şekil 11: Piston Katı Modeli.....	10
Şekil 12: Constraint Properties	12
Şekil 13: Coincidence Constraint Komut Kullanım Örneği	13
Şekil 14: Contact Constraint Komut Kullanım Örneği	14
Şekil 15: Offset Constraint Komut Kullanım Örneği	15
Şekil 16: Tüm Montaj ve Constraints İşlem Ağacı.....	16
Şekil 17: DMU Kinematics.....	17
Şekil 18: Kinematics Joints.....	17
Şekil 19: Cylindrical Joints	20
Şekil 20: Revolute Joints.....	21
Şekil 21: Gear Joints	22
Şekil 22: Slide Curve Joints	23
Şekil 23: Mekanizma Analizi.....	24
Şekil 24: İlk Hareketin Verilmesi	25
Şekil 25: Simüle Edilebilir	25
Şekil 26: Simülasyon Hareket ve Ayarlamaları	26
Şekil 27: Formulas ve Add Formula	28
Şekil 28: 1000 devir ve 3000 devir için Formula Editor.....	28
Şekil 29: Simülasyon ve Activate Sensor	29
Şekil 30: 1000 dv/dk Grafik.....	30
Şekil 31: 3000 dv/dk Grafik.....	31
Şekil 32: Materyal Seçimi.....	33
Şekil 33: Clamp Seçimi.....	33

Şekil 34: Vektörlerin Gösterimi.....	34
Şekil 35: Mesh Ayarı	34
Şekil 36: Compute.....	34
Şekil 37: Malzeme Akma Dayanımları.....	35
Şekil 38: 30 Bar İçin Analiz.....	35
Şekil 39: 60 Bar İçin Analiz.....	36
Şekil 40: 6080 N Kuvvet Analizi.....	37
Şekil 41: 12160 N Kuvvet Analizi.....	38

TABLÖLAR

Tablo 1: Constraint Komutları	11
Tablo 2: Kinematics Joints Komutları -1	18
Tablo 3: Kinematics Joints Komutları -2	19
Tablo 4: Kinematik Analiz Komutları	27
Tablo 5: 1000 d/dk Değerleri	30
Tablo 6: 3000 d/dk Değerleri	31
Tablo 7: Yapısal Analiz Komutlar	32

DENKLEMLER

Açısal Hız Formülü: $\omega = 2\pi n/60$ (rad/s) (1)	28
1000 d/dk için; $\omega = 2\pi(1000)/60 = 104.72$ rad/s 104.72 rads = 6000 degs (2)	28
3000 d/dk için; $\omega = 2\pi(3000)/60 = 314.16$ rad/s 314.16 rads = 18000 degs (3)	28
1000 d/dk için; (6000deg)*('Motor\KINTime')/(1s) (4)	28
3000 d/dk için; (18000deg)*('Motor\KINTime')/(1s) (5)	28
Biyel Kolu İç Çap Alanı: $A = \pi D^2/4 = \pi 0.050824 = 2.026 \times 10^{-3}$ m ² (6)	37
Basınç Formülü: $F = P.A$ $F = (3 \times 10^6$ N/m ²)(2.026×10^{-3} m ²) = 6080 N (7)	37
Biyel Kolu İç Çap Alanı: $A = \pi D^2/4 = \pi 0.050824 = 2.026 \times 10^{-3}$ m ² (8)	38
Basınç Formülü: $F = P.A$ $F = (6 \times 10^6$ N/m ²)(2.026×10^{-3} m ²) = 12160 N (9)	38

1. GİRİŞ

İçten yanmalı motorlar, yakıtın motor içinde yanma odası adı verilen sınırlı bir alan içinde yakılması ile oluşan basıncın, piston denen parçayı hareket ettirmesi ile oluşan makinedir.

Hazırlamış olduğumuz projede tasarımın ilk adımlarında referans olması ve aynı zamanda tasarımcının en önemli gereksinimlerini anlamasına yardımcı olması için çift turbolu V6 içten yanmalı motorun modeli ve tüm işlevleri CATIA-V5 programı kullanılarak V6 motorun içerdiği tüm parçalar detaylı olarak anlatılacaktır.

Bu projede bir V6 motorun tüm bileşenleri, gerçek bir araba motorunun modeline göre basitleştirilmiş bir şekilde tasarlanmış ve tüm kinematik analizleri, CATIA-V5'in DMU Kinematik analiz kısmı kullanılarak derinlemesine incelenmiştir. Modelin Kinematik simülasyonu tamamlandıktan sonra motorun tüm bileşenleri tek tek ve birlikte analiz edilip gerekli olan grafik ve diyagramlar çıkartılacaktır.

Yapılan çalışmada V6 motorun yapımında CATIA-V5 programında kullanılan tüm metotlar; Katı model oluşturulurken kullanılan yöntemler, montajın nasıl yapıldığı, grafikler oluşturulurken hareketi hangi parçaya göre verildiği, teker teker anlatılacaktır.

2. TASARIM

Çift turbolu V6 motorun modelinin oluşturulması için gerçek model incelenerek modelin bileşenleri mümkün olduğunca basitleştirilir. Daha sonra motorun tüm hareketlerinin kinematik özellikleri çalıştırılarak ve tüm parçaların hareketleri ölçülerek örnek model oluşturulmuştur. Son olarak, iyi bir montaj ve simülasyon modeli oluşturularak analizi yapılır.

Ardından, CATIA-V5'de V6 motorun tüm bileşenleri çizilerek tasarım sürecine başlanabilir. V6 motorun tasarımında önemli olan tüm parçalar bu bölümde açıklanacaktır.

Tüm bileşenlerin teknik resimlerine ve verilen ölçülerine göre katı modeli oluşturulduktan sonra, bir sonraki olan adım olan montaja geçilebilir. Her bileşen, parçaların konumlarına göre yerleştirilir.

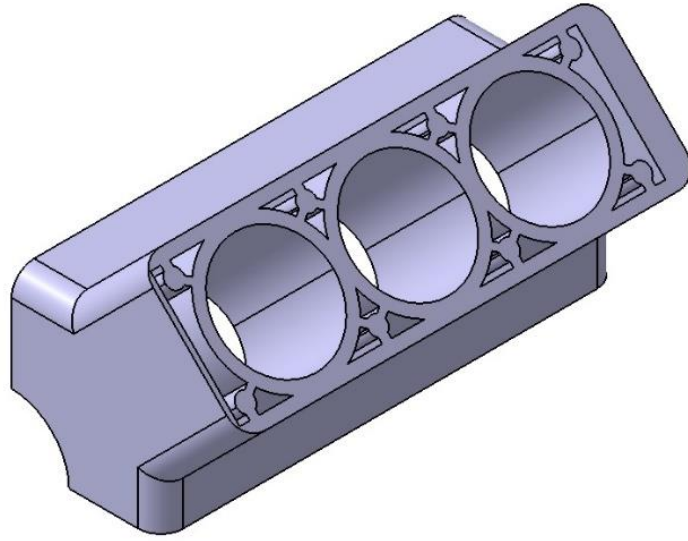
Montaj modeli referans alınarak, CATIA DMU-Kinematics ile tüm işlevsellik hareketinin simülasyonu oluşturulur. Her işlevsellik hareketi CATIA'da joint komutu atanarak oluşturulur. Tüm mekanik parçaların bu işlevsellikle ilişkisi vardır. Ayrıca V6 motorun tüm hareketleri bu bölümde açıklanacaktır. V6 motorun kinematik simülasyonu istenilen sonucu vermezse, parçalar ve jointler tekrardan kontrol edilerek model yeniden tasarlanır.

Son olarak, modelin parametreleştirilmesi CATIA-V5’de bulunan formül özelliği kullanarak V6 motorun yüksek devirlerde gösterdiği değişimler göz önüne alınarak grafikleri oluşturulacaktır.

2.1. TASARIMI OLUŞTURAN PARÇALAR

2.1.1. Motor Bloğu

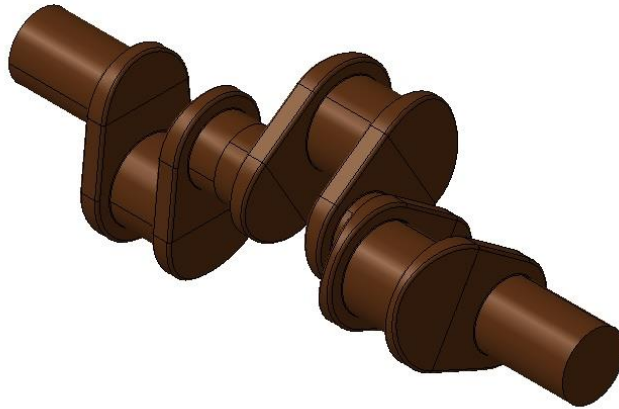
Motoru oluşturan parçalara içten veya dıştan yataklık eden temel motor parçasıdır. Özellikle pistonlara yataklık ederek silindirler ve silindir kapağı ile birlikte yanma odalarını oluőturarak, üst karterle birlikte motorun gövdesini oluşturan ana motor gövdesidir.



Şekil 1: Motor Bloğu Katı Modeli

2.1.2. Krank Mili

Pistonların doğrusal hareketini dairesel harekete çeviren ve yapmış olduğu dairesel hareket sonucu pistonlara doğrusal hareket kazandıran, yanma basınçlarını üzerinde toplayarak dairesel hareket üreten temel motor parçasıdır.



Şekil 2: Krank Mili Katı Modeli

2.1.3. Kam Mili

Eksantrik mili, supapları dört zaman çevrimine göre açan, piston kursu boyunca açık tutan ve yaylar yardımıyla kapatan, ateşleme ve yağlama sistemi gibi sistem parçalarına da hareket veren setli bir mildir.



Şekil 3: Kam Mili Katı Modeli

2.1.4. Karter

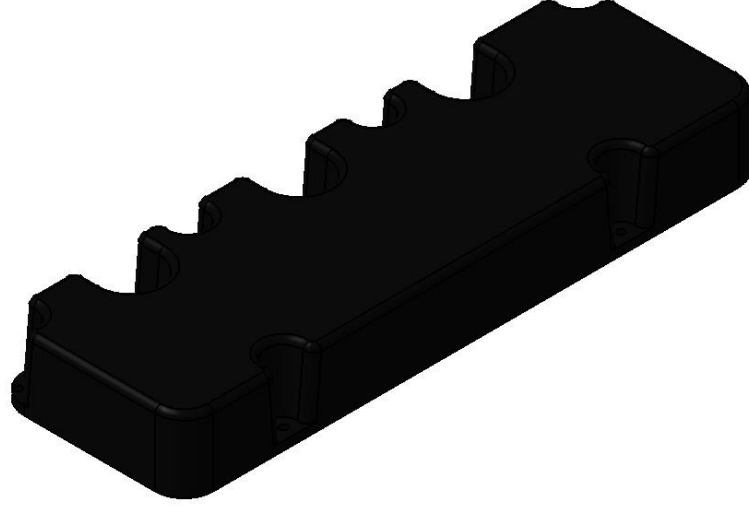
Karter, motoru ve krank muhafazasını alt taraftan kapatarak motor yağına depoluk eden sabit motor parçasıdır.



Şekil 4: Karter Katı Modeli

2.1.5. Valf Kapağı

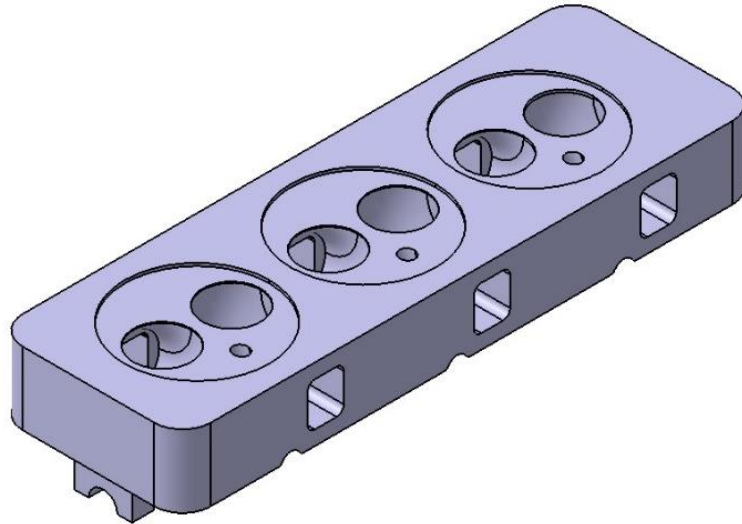
Valf kapağı, motor bloğunun en üstünde bulunan, motor yağının dışarı sızmasını engelleyen sabit motor parçasıdır. Valf kapakları metal veya dökme demirden yapılır.



Şekil 5: Valf Kapağı Katı Modeli

2.1.6. Silindir Kapağı

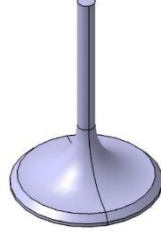
Silindir kapağı, silindirleri ve motor bloğunu üstten kapatarak, motor bloğu ile birlikte yanma odasını oluşturan ve bazı motor parçalarını üzerinde taşıyan sabit motor parçasıdır.



Şekil 6: Silindir Kapağı Katı Modeli

2.1.7. Supap

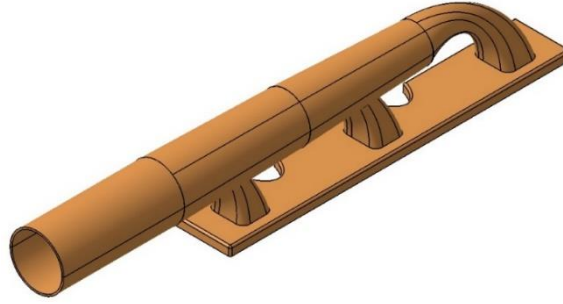
Supaplar, çalışma şartlarında emme ve egzoz yuvalarını açmak, sıkıştırma zamanı ve yanma zamanı sırasında bu yuvaların sızdırmazlığını sağlamaktır.



Şekil 7: Supap Katı Modeli

2.1.8. Manifold

Araç aksamlarındaki manifoldlar egzoz ve emme manifoldu olarak ikiye ayrılır; Egzoz manifoldu, motordaki yanmış gazların dışarıya atılmasını sağlayan parçaya denir. Emme manifoldu, motora giren havanın motora iletilmesinden sorumludur.



Şekil 8: Manifold Katı Modeli

2.1.9. Turbo

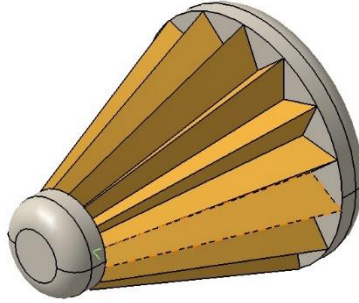
Motorun normal haliyle emebildiğinden daha fazla havayı emmesini sağlayan turbo, bunu yüksek basınçlı silindirlere göndererek aracın daha fazla hava ve basınç ile temasını, bu sayede de motorun daha güçlü çalışmasını sağlar.



Şekil 9: Turbo Katı Modeli

2.1.10. Hava Filtresi

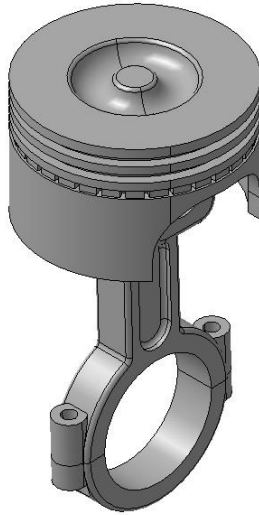
Hava filtresi, toz kütlesini tutarak motor içine yanma için gerekli olan temiz havayı verir ve motoru aşınmaya karşı korur.



Şekil 10: Hava Filtresi Katı Modeli

2.1.11. Piston

Pistonlar, silindir içerisinde yaptıkları doğrusal hareketlerle zamanları meydana getirir. İş zamanında yanmış gaz basıncını piston kolu (biyel) aracılığı ile krank miline iletir, diğer üç zamanda krank milinden aldığı hareketle emme, sıkıştırma ve egzoz zamanlarını meydana getirir.



Şekil 11: Piston Katı Modeli

3. MONTAJ (Assembly Design) Assembly Design

Assembly Design, iki veya daha fazla bileşenden oluşan tasarımlar oluşturma sürecidir. “Part Design” modülünde çizilen katı modeller bir araya getirilir ve uygun montaj komutları uygulanarak “Assembly Design” tezgahında montajı yapılır.

3.1. Constraints

Catia da montaj modülünde “**Constraints**” bölmesinin kullanılma amacı katı modellemesi yapılan parçaların birleştirilme işlemidir.

		
	Coincidence Constraint	Coincidence ile seçilen iki eleman çakıştırılır. Nokta, doğru, düzlem veya eksen takımı seçilebilir.
	Contact Constraint	Temas tipi kısıtlamalar, yönlendirilmiş iki yüzey arasında oluşturulabilir.
	Offset Constraint	Offset ile seçilen iki referans eleman arasına mesafe verilir. Nokta, doğru veya düzlem seçilebilir.
	Angle Constraint	Angle Constraint ile iki bileşen arasında açı tanımlanabilir. Diklik ve paralellik tanımlaması yapılabilir.
	Fix Constraint	Bir bileşenin düzeltilmesi, güncelleme işlemi sırasında bu bileşenin ebeveynlerinden taşınmasının engellenmesi anlamına gelir.
	Fix Together	Bu işlev, iki veya daha fazla bileşenin birbirine sabitlenmesinden oluşur.
	Update (Ctrl + U)	Montaj sınırlamalarını ve modifiyeleri güncellemek için kullanılır.

Tablo 1: Constraint Komutları

3.2. Constraint Properties

“Constraint Properties” bir kısıtlamanın mekanik özelliklerini ve özniteliklerini değiştirmekten oluşur. Kısıtlamayı, özellik ağacında veya geometride seçebilirsiniz.

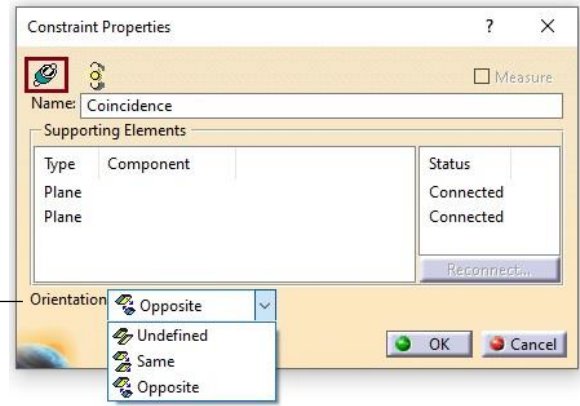
3.2.1. Coincidence Constraint Properties

Orientation Tanımları; ←

Same: Bağlantının aynı yöne doğru olmasıdır.

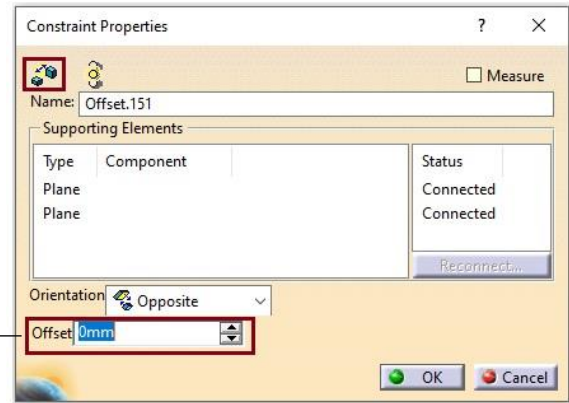
Opposite: Bağlantının ters yöne doğru olmasıdır.

Undefined: Bağlantının tanımsız olmasıdır.



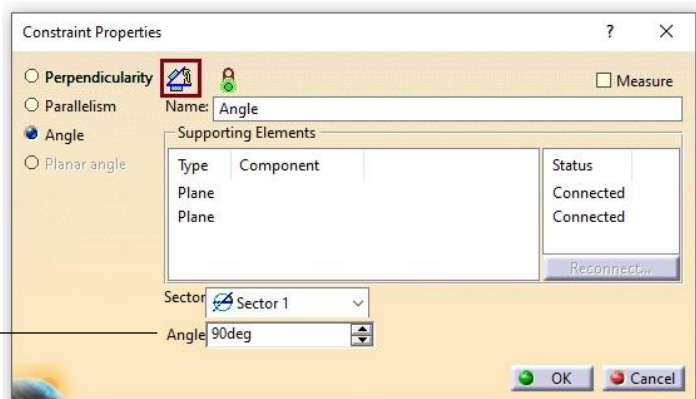
3.2.2. Offset Constraint Properties

Offset: Seçilen iki yüzey arasında mesafe verilerek montaj yapılmasıdır. ←



3.2.3. Angle Constraint Properties

Angle: İstenen açıda montaj yapılmasını sağlayan özelliktir. ←



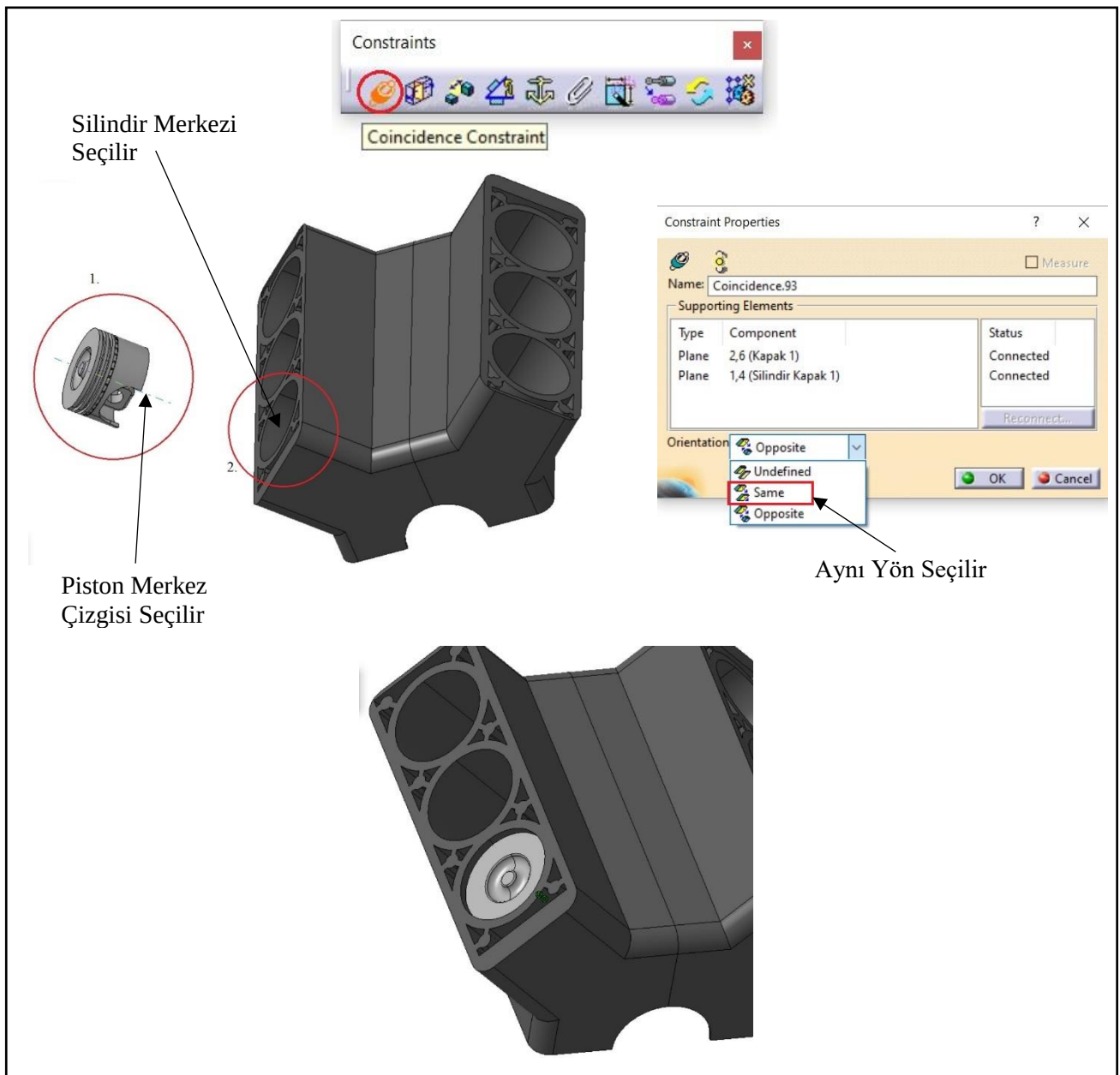
Şekil 12: Constraint Properties

3.3. Constraint Kullanım Örnekleri

3.3.1. Coincidence Constraint



- 1. Adım:** Constraints bölümünden “Coincidence Constraint” seçilir.
- 2. Adım:** Montajlanacak silindir parçalar merkezlerinden seçilerek (Kesikli çizgi çıktığında parçanın merkezinden seçilmiş olduğunu anlarız) birbirlerine teması sağlanır.
- 3. Adım:** Temastan sonra açılan “Constraint Properties” bölümünden “Same” komutu seçilir.
- 4. Adım:** İşlemler tamamlandıktan sonra “Update (CTRL + U)” simgesine tıklanarak temas edilen parçaların birbirine montajlanır ve montaj tamamlanır.

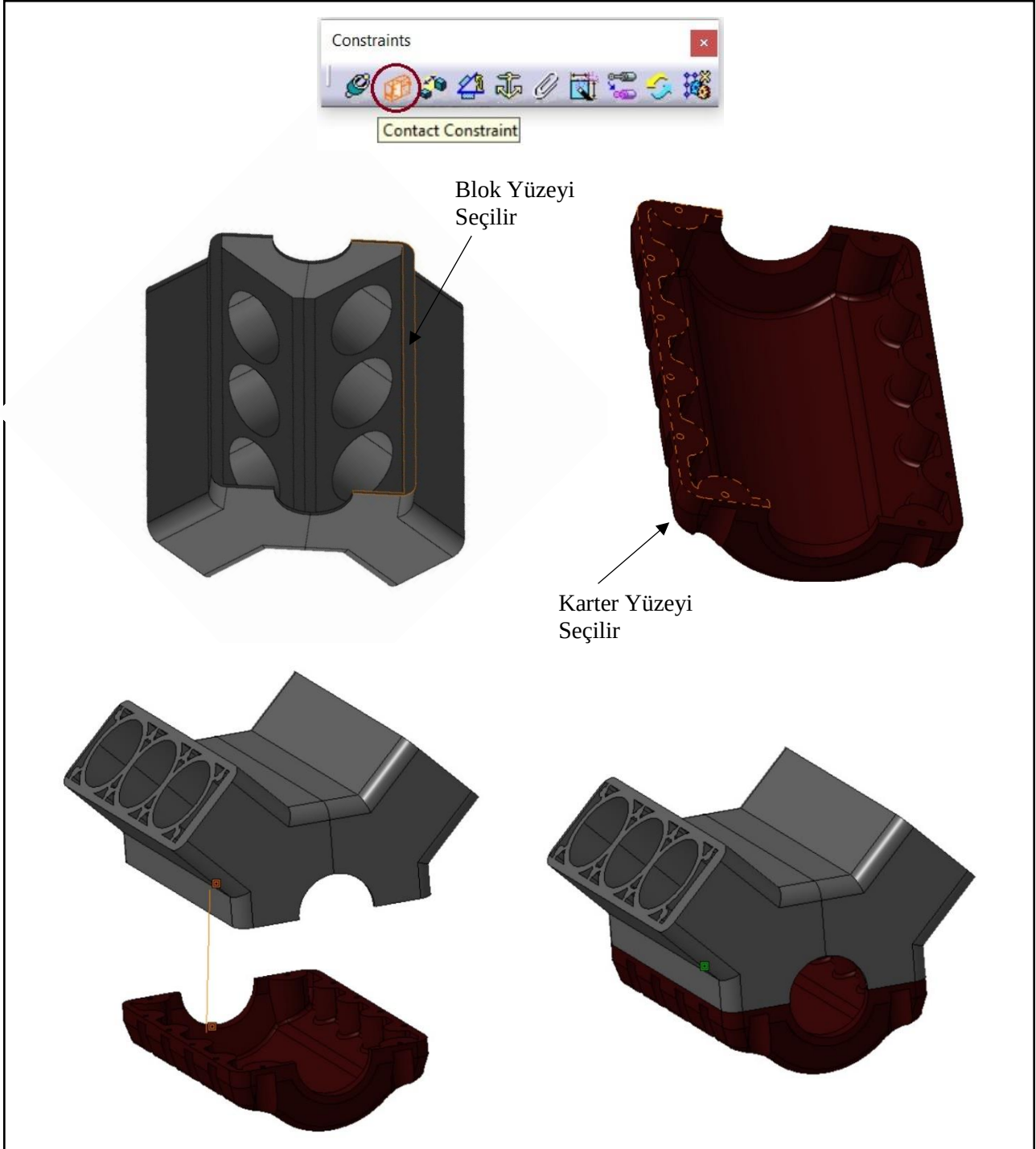


Şekil 13: Coincidence Constraint Komut Kullanım Örneği

3.3.2. Contact Constraint



- 1. Adım:** Constraints bölümünden “Contact Constraint” seçilir.
- 2. Adım:** Montajlanacak parçalar yüzeylerinden seçilerek birbirlerine teması sağlanır.
- 3. Adım:** İşlemler tamamlandıktan sonra  “Update (CTRL + U)” simgesine tıklanarak temas edilen parçaların birbirine montajı gerçekleşir.

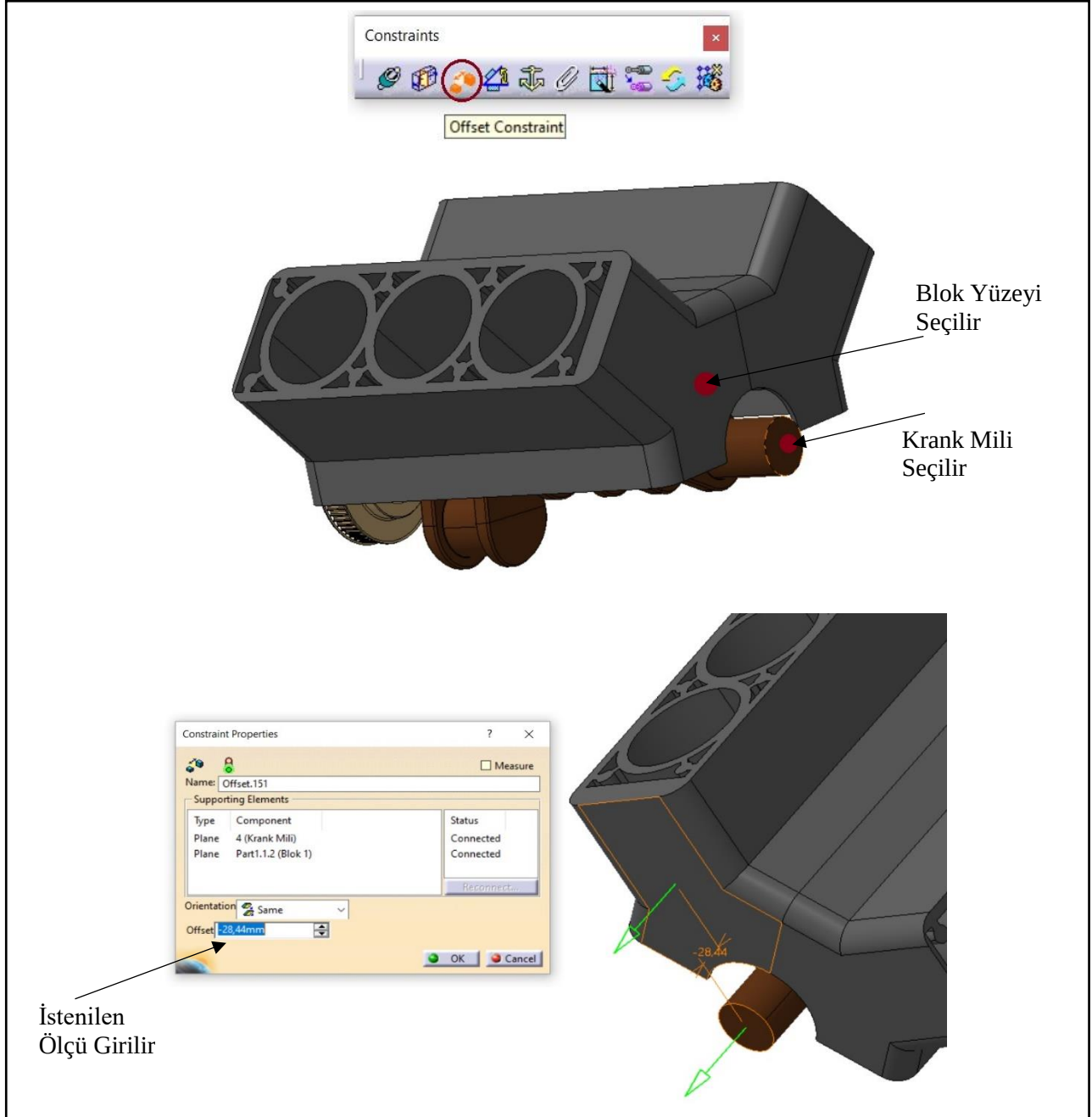


Şekil 14: Contact Constraint Komut Kullanım Örneği

3.3.3. Offset Constraint

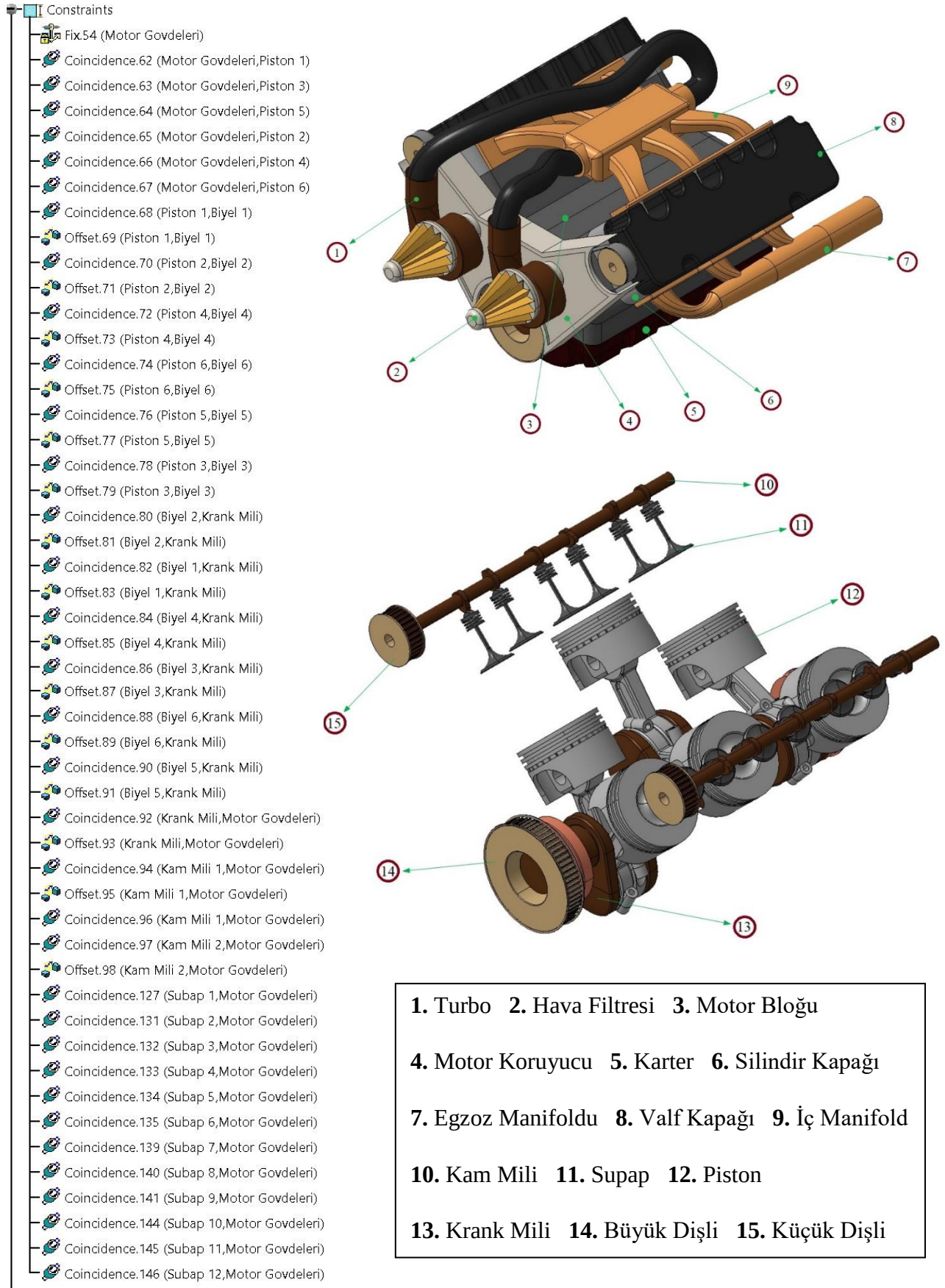


- 1. Adım:** Constraints bölümünden “Offset Constraint” seçilir.
- 2. Adım:** Montajlanacak parçalar yüzeylerinden seçilerek birbirlerine istenen mesafede aralıklı teması sağlanır. “Same” seçilir.
- 3. Adım:** İşlemler tamamlandıktan sonra  “Update (CTRL + U)” simgesine tıklanarak temas edilen parçaların birbirine görsel olarak montajlanır ve montaj tamamlanır.



Şekil 15: Offset Constraint Komut Kullanım Örneği

3.3.4. V6 Motor Tüm Montajı ve Constraints İşlem Ağacı



Şekil 16: Tüm Montaj ve Constraints İşlem Ağacı

4. KİNEMATİK ANALİZ (DMU Kinematics)

Catia'da kinematik analiz bulunan Dijital Maket (DMU) Kinematik tezgahı, montajlanmış parçaların hareketli simülasyonu, kinematik davranışlarını, simülasyon tamamlandıktan sonra grafikler yardımıyla tasarımı değerlendirmek, montaj maketini görselleştirme yeteneğini ölçme, yeniden tasarlama becerisiyle birleştiren Catia'nın bir modülüdür.

Her elemanın iki veya daha fazla eklemler ve eklemler arasındaki harekete izin vermek için çeşitli serbestlik derecelerine sahiptir. Kinematik mekanizma genellikle hareketi dönüştürmek veya iletme için kullanılır. Her mekanizmanın bir sabit parçası vardır, bu sayede hareket oluşur.

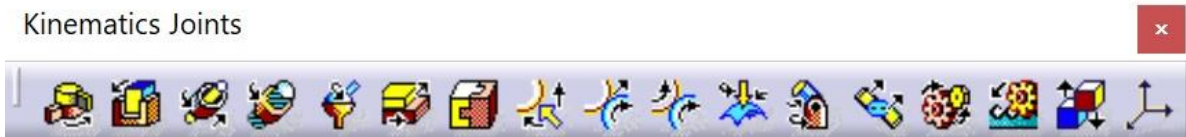
Kinematik simülasyon, çok çeşitli tasarım sorunlarını gösterebilir. Üretim sürecinden önce kullanılır. Özellikle, kinematik simülasyon olası sorunları algılamak için iki parça arasındaki göreceli hareketin analizine izin vererek hız ve ivmeleri hesaplar. Parçaları ivmelenmeye zorlamak için mekanizmaya yasalar uygular. Bu amaçla, montajı “DMU Kinematics” kullanarak harekete geçirmek mümkündür.



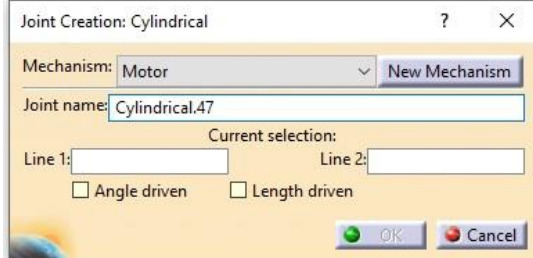
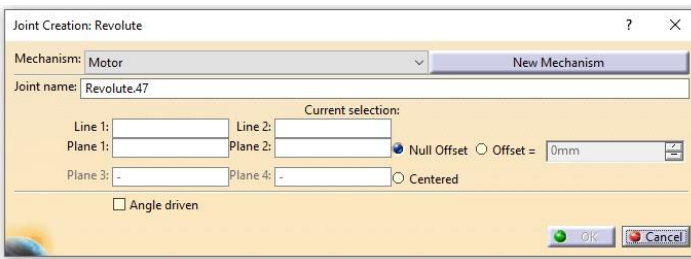
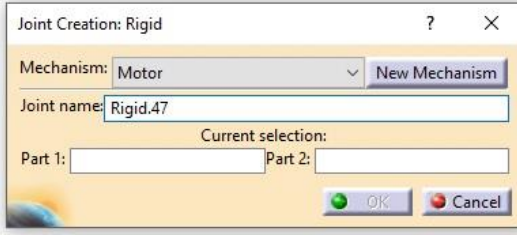
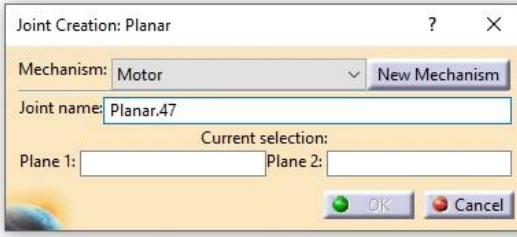
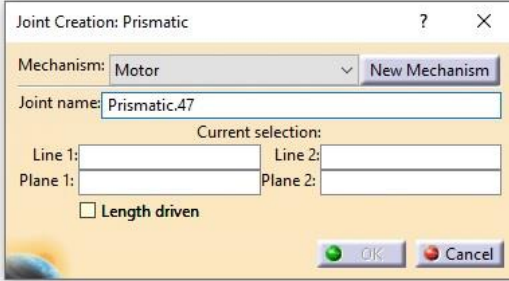
Şekil 17: DMU Kinematics

4.1. Kinematic Joints

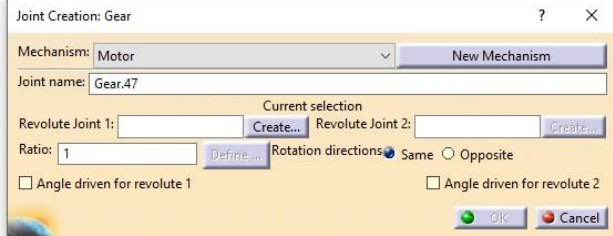
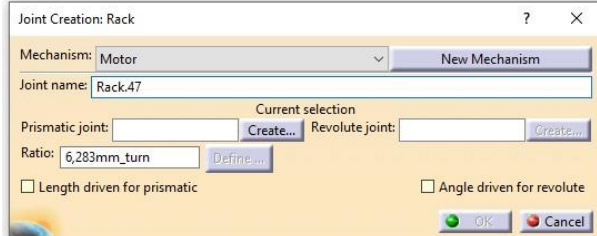
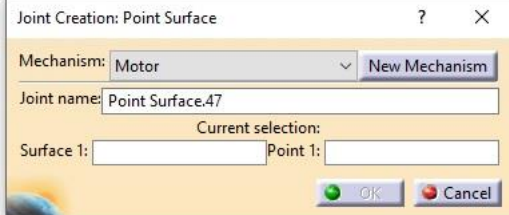
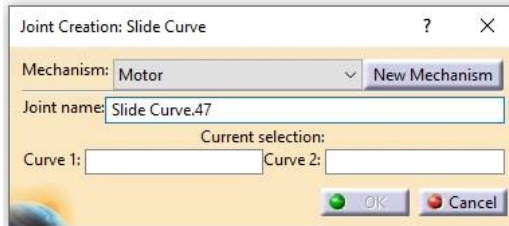
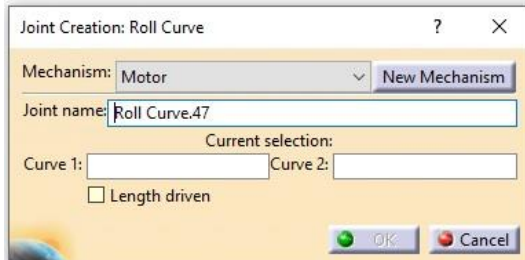
Hareket edebilen bir mekanizmanın iki üyesi arasındaki birleşimler birbirine göre kinematik eklemlerle birbirine bağlanır. Bu birlik bir “Kinematik Çift” oluşturur. Bir cismin bileşke hareketini ve aralarındaki eklemlerin özelliklerini, bağlı hareket ve serbestlik dereceleri belirler. Bu nedenle eklemler bir yapının en önemli parçalarından biridir.



Şekil 18: Kinematics Joints

Kinematics Joints	
	
 Cylindrical Joint	Parça belirtilen eksen etrafında serbestçe dönebilir ve bu eksen boyunca ötelenerek hareket edebilir. İstenen: 2 Line [DOF:2] 
 Revolute Joint	İki düzlem arasında sadece parçaya dönme hareketi vermek için kullanılır. Düzlemler eksene dik olmalıdır. İstenen: 2 Line 2 Plane [DOF:1] 
 Rigid Joint	Montajlanan parçaları $DOF = 0$ bırakarak etkili bir şekilde birbirine kilitleyen jointtir. İstenen: 2 Part [DOF:0] 
 Planar Joint	Kayma hareketlerine izin verir. Hareket aralığı sınırlıdır ve dönme hareketi içermez İstenen: 2 Plane [DOF:3] 
 Prismatic Joint	İki cismin hareketini dönme olmaksızın ortak bir eksen boyunca kaymaya sınırlayan bir jointtir. İstenen: 2 Line 2 Plane [DOF:1] 

Tablo 2: Kinematics Joints Komutları -1

Kinematics Joints	
	
 Gear Joint	Döner bir bağlantıyı başka bir döner bağlantı ile ilişkilendirmek için kullanılır. İstenen: 2 Revolute [DOF:1] 
 Rack Joint	İki parçadan biri dönme diğeri öteleme hareketi yaparak etmesini sağlayan jointtir. Rack joint, bir revolute bir prismatic joint ile oluşturulur. İstenen: 1 Prismatic 1 Revolute [DOF:1] 
 Point Surface Joint	Bu joint, nokta eğri eklemlerinin nasıl oluşturulacağını gösterir. Bu jointi yapmak için noktanın önceden fiziksel olarak yüzeyde olması gerekir. İstenen: 1 Surface 1 Point [DOF:5] 
 Slide Curve Joint	Bir kayan eğri eklemi, iki eğriyi temas halinde kalmaya zorlar, ancak bir eğrinin diğer eğri boyunca kaymasına izin verir. Eklem oluşturulabilmesi için iki eğrinin bir noktada çakışık ve teğet olması gerekir. İstenen: 2 Curve [DOF: 3] 
 Roll Curve Joint	İki eğriyi temas halinde kalmaya zorlar ve bir eğrinin diğerine göre kaymasını engeller. İki eğri çakışmalı ve bir noktada teğet olmalıdır. İstenen: 2 Curve [DOF: 2] 

Tablo 3: Kinematics Joints Komutları -2

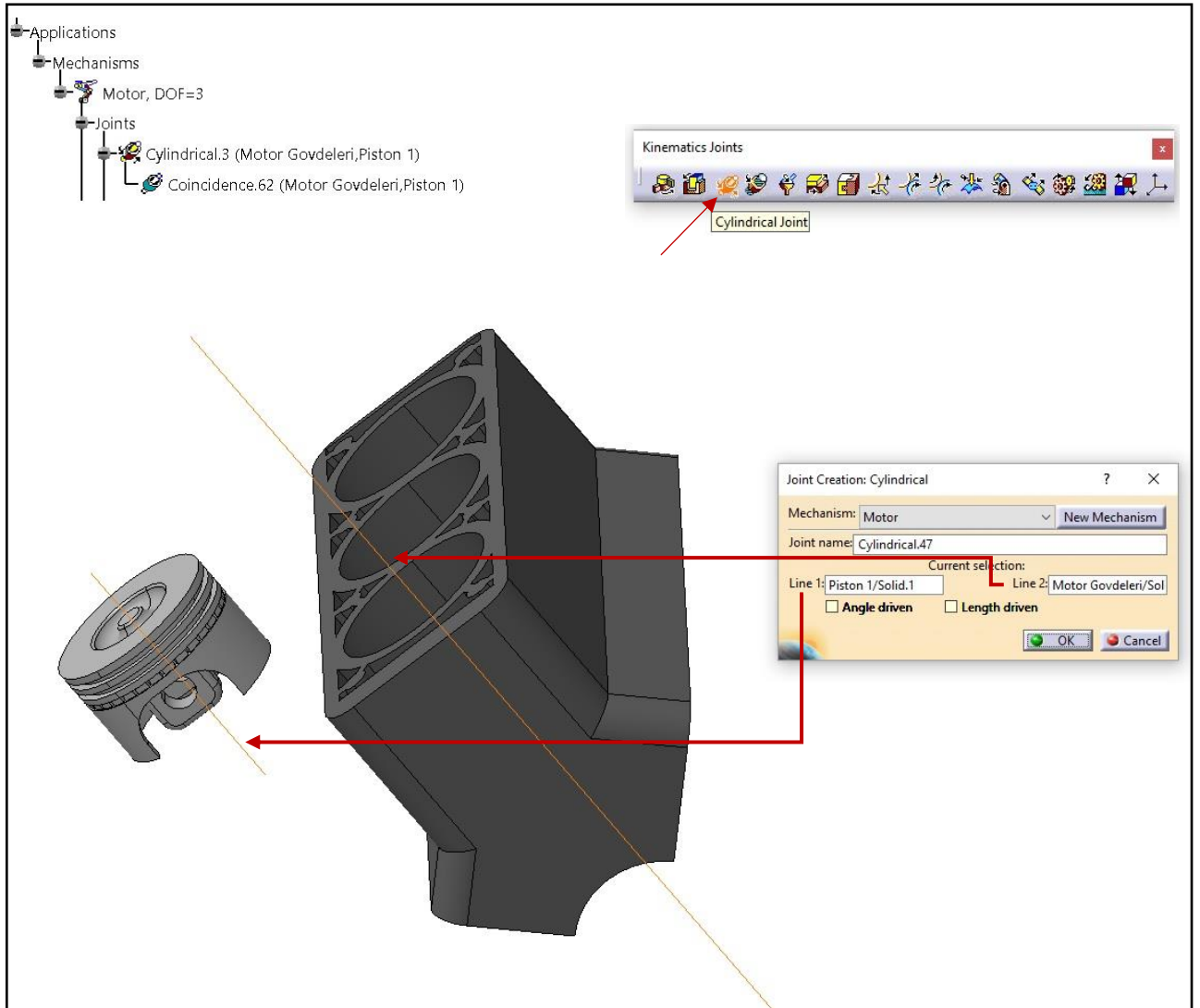
4.2. Joints Kullanım Örnekleri

4.2.1. Cylindrical Joints

1.Adım: “Kinematics Joints” kısmından “Cylindrical Joint” seçilir.

2.Adım: Açılan “Joint Creation” penceresinde Line 1 (Piston merkez çizgisi) ve Line 2 (Blok silindir merkez çizgisi) seçilerek joints atama işlemi tamamlanır.

- Cylindrical Joint > Coincidence Constraint montaj komutunu oluşturur.



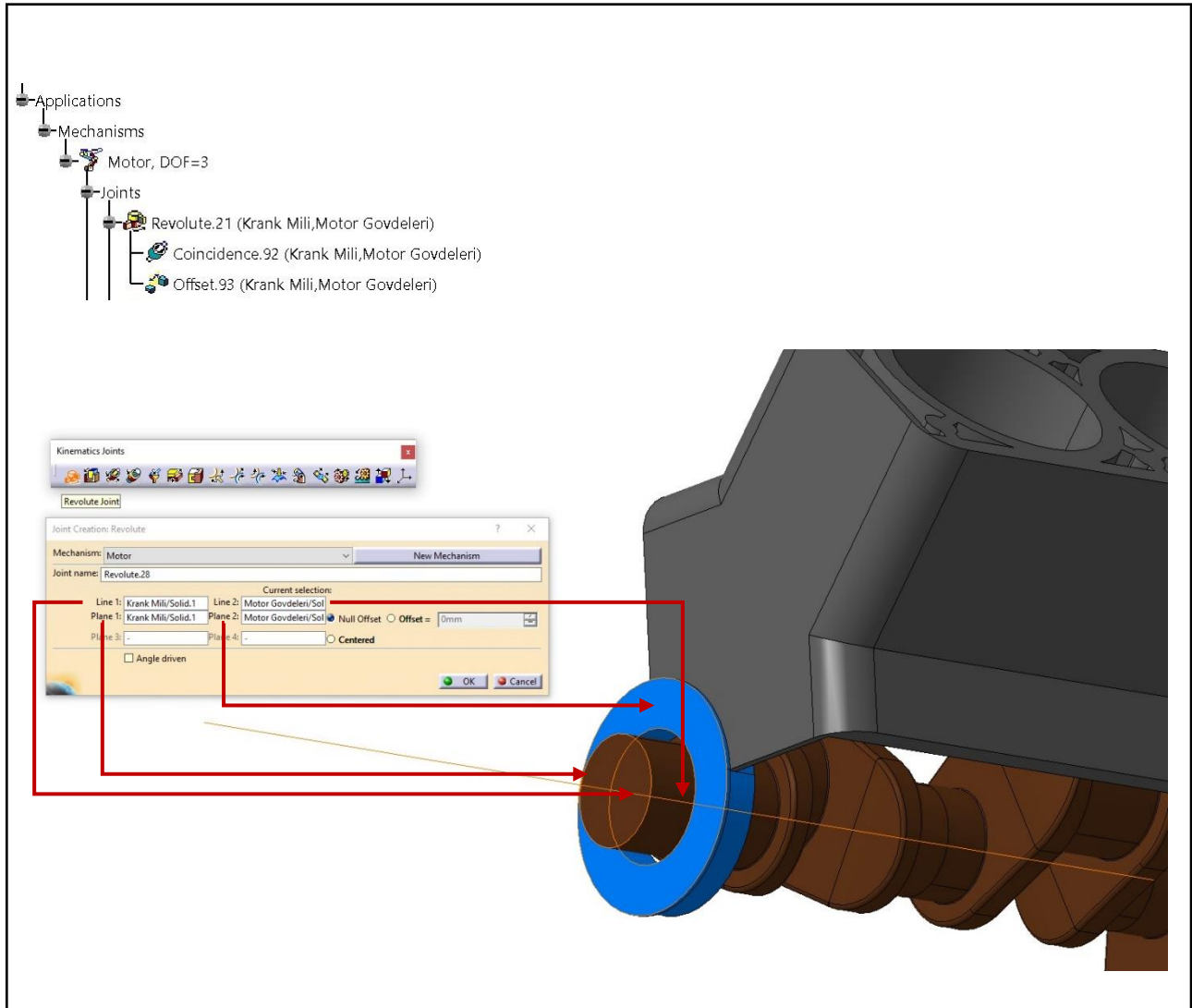
Şekil 19: Cylindrical Joints

4.2.2. Revolute Joints

1.Adım: “Kinematics Joints” kısmından “Revolute Joint” seçilir.

2.Adım: Line 1(Krank mili merkez çizgisi), Line 2(Motor bloğu merkez çizgisi), Plane 1 (Krank mili yan yüzeyi) ve Plane 2 (Motor gövdesi yan yüzeyi) seçilerek joints ataması yapılır.

- Revolute Joint > Coincidence Constraint + Offset Constraint montaj komutunu oluşturur.



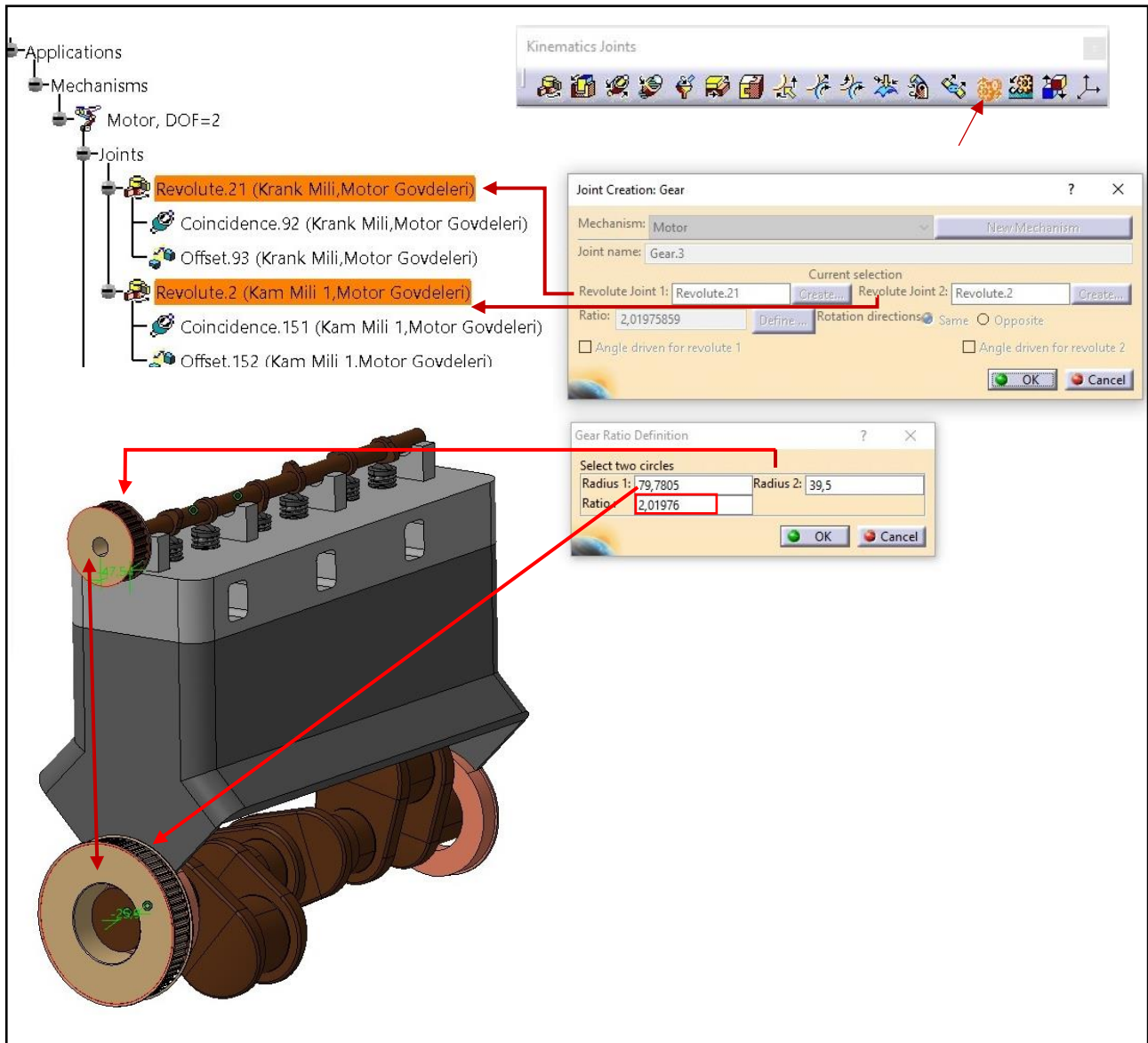
Şekil 20: Revolute Joints

4.2.3. Gear Joints

1. Adım: “Kinematics Joints” kısmından “Gear Joint” seçilir.

2. Adım: “Gear Joint” iki adet “Revolute Joints” ile çalışan bir komuttur. Önceden oluşturulan Revolute 1 (Krank mili ve motor bloğuna atanan komut) ve Revolute 2 (Kam mili ve motor bloğuna atanan komut) seçilerek joints ataması yapılır.

- Gear Joint > Revolute 1 + Revolute 2 Joints komutundan oluşur.
- **Definition:** Farklı büyüklüklerdeki dişlileri birbirine tanıtır ve oranlayan penceredir. (Kırmızı okla gösterilmiş kısım)



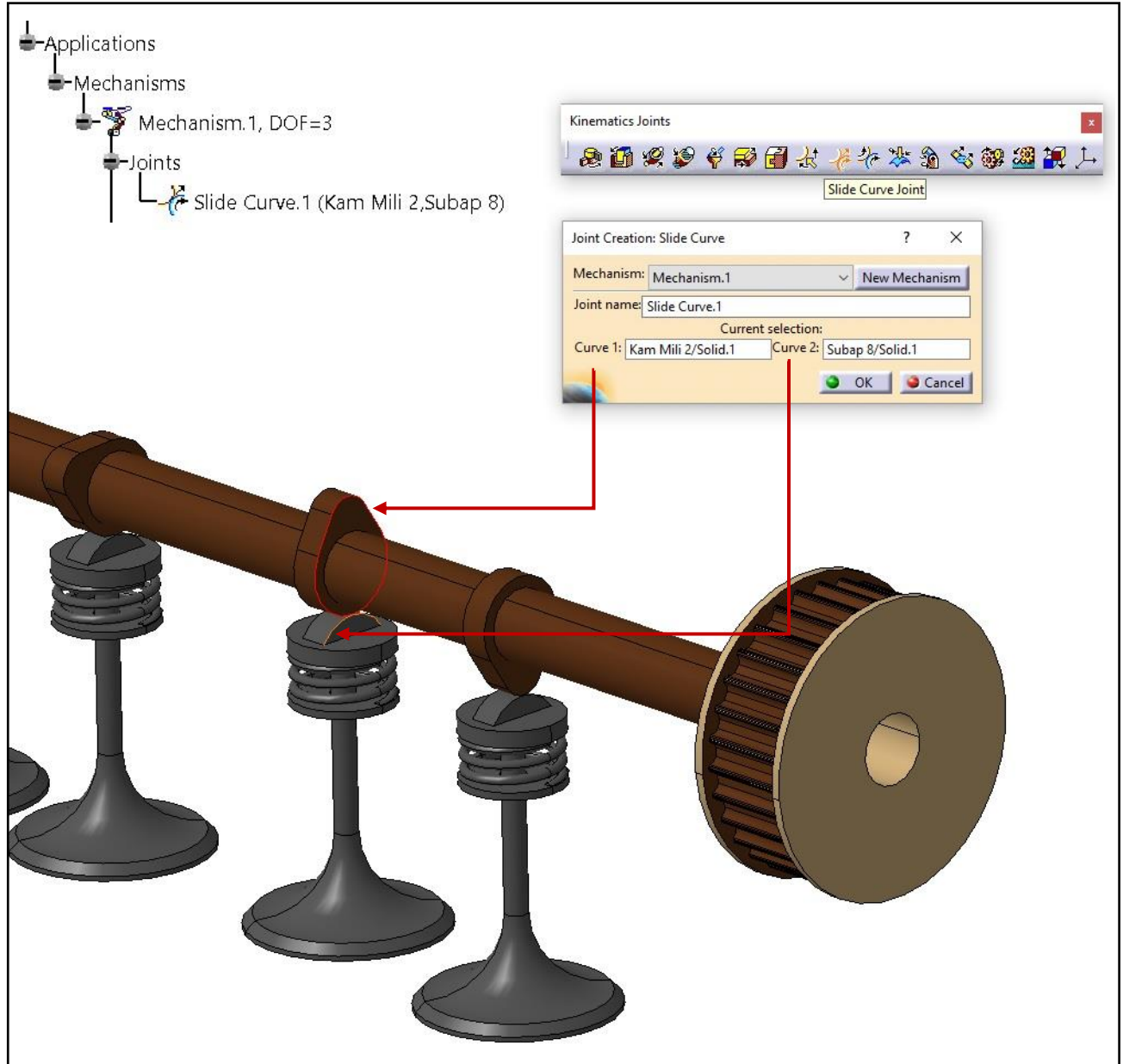
Şekil 21: Gear Joints

4.2.4. Slide Curve Joints

1. Adım: “Kinematics Joints” kısmından “Slide Curve Joints” seçilir.

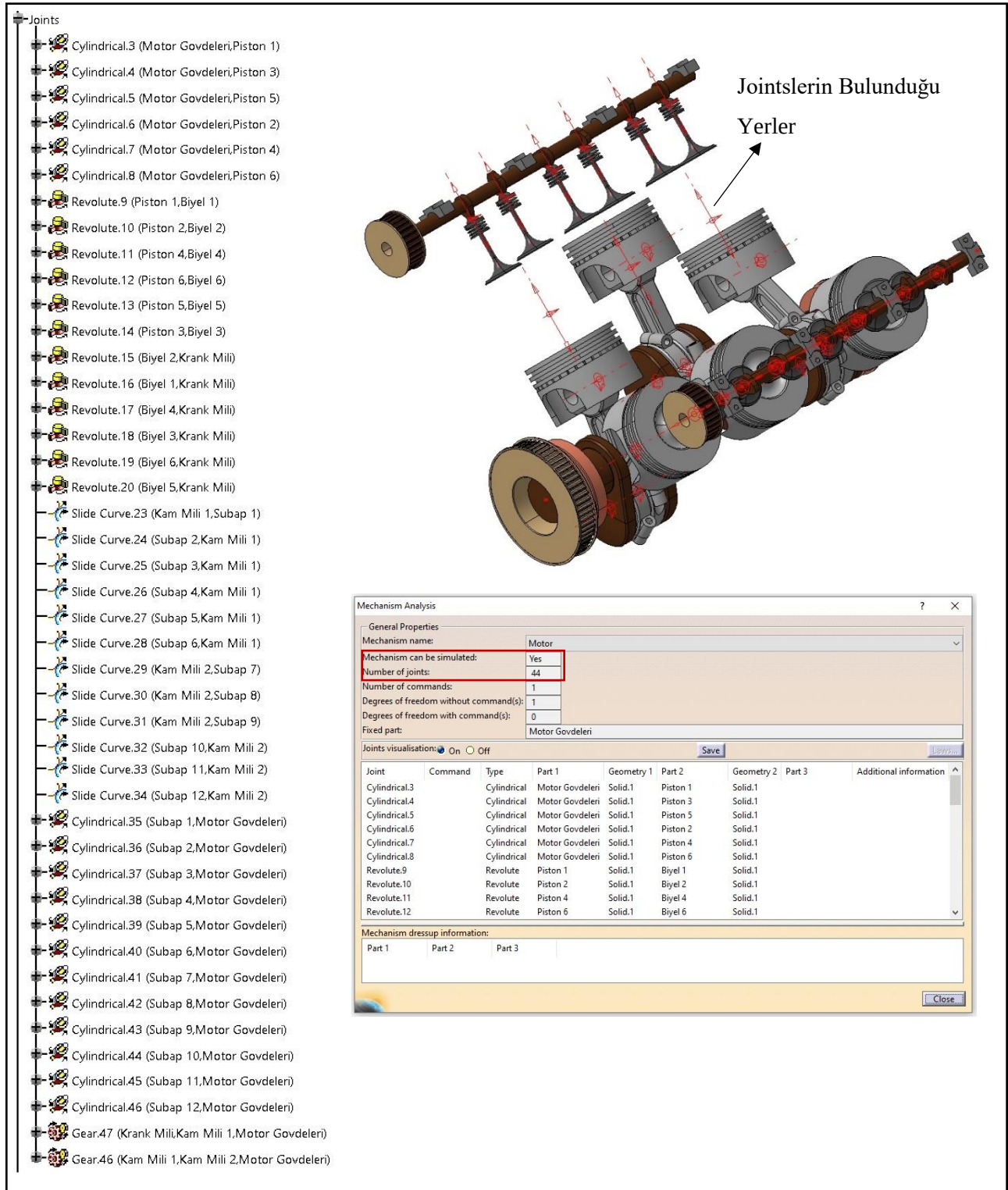
2. Adım: Curve 1 (Kam mili eğrisi) ve Curve 2 (Supap eğrisi) seçilir ve joints ataması yapılır.

- Slide Curve > herhangi bir joints veya constraints oluşturmaz.



Şekil 22: Slide Curve Joints

4.2.5. V6 Motor Tüm Jointler ve Joints İşlem Ağacı

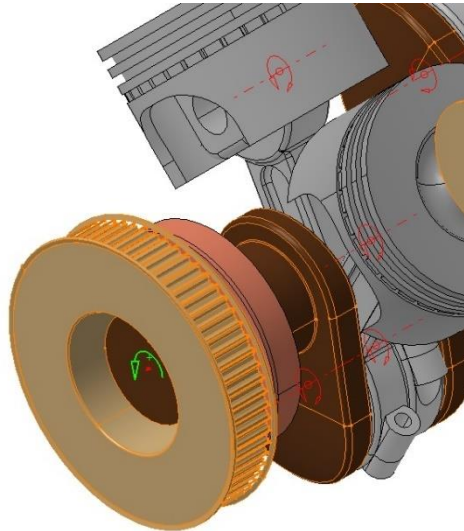
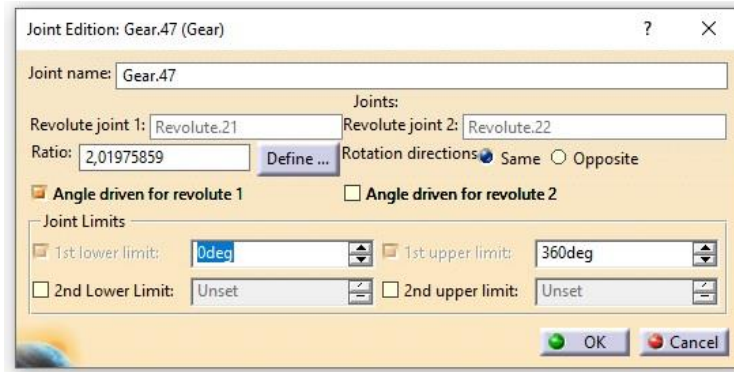


Şekil 23: Mekanizma Analizi

- Mekanizma Analizinde “44 Joints” mevcut olduğunu, mekanizmanın sorunsuz simüle edilebileceği ve serbestlik derecesinin sıfır olduğunu anlıyoruz. Bu kontrollerden sonra simülasyon işlemine geçilebilir.

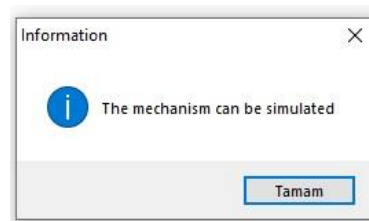
4.3. Mekanizmanın Simülasyonu (DMU Generic Animation)

Mekanizmanın bütün “Joints”leri tamamlandığında serbestlik derecesinin (DOF) “1” olması gerekir (Bazı mekanizmalarda bu değişiklik gösterebilir). Serbestlik derecesini sıfır (DOF = 0) yapmak için mekanizmaya “Angle Driven” veya “Length Driven” atanması gerekmektedir. Mekanizmayı hangi parçasından ve ne şekilde hareket ettireceğimiz bu iki seçenek belirleyecektir. Serbestlik derecesi sıfır olmayan mekanizma simülasyonu yapamaz!



Şekil 24: İlk Hareketin Verilmesi

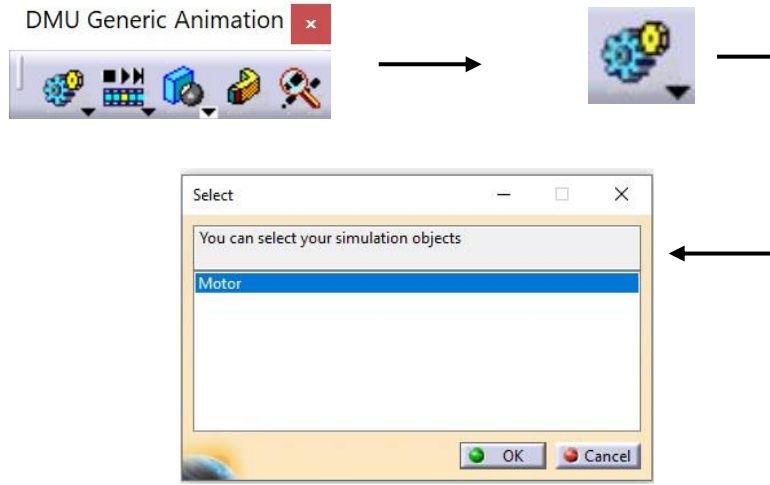
V6 Motor için hareket “Gear Joints > Angle Driven > 360deg” ten yapılmıştır. Tüm ayarlamalar yapıldıktan sonra “Ok” butonuna tıklayarak mekanizma simüle edilebilir uyarısı alınması gerekmektedir. Bu uyarıdan sonra mekanizmamız artık simüle edilebilir.



Şekil 25: Simüle Edilebilir

4.3.1. V6 Motorun Simülasyon Adımları

1.Adım: V6 motoru simüle edebilmek için “DMU Generic Animation” bölümünden “Simulation” komutu seçilir. “Select” kısmından “Motor” a gelinip “Ok” seçilir.

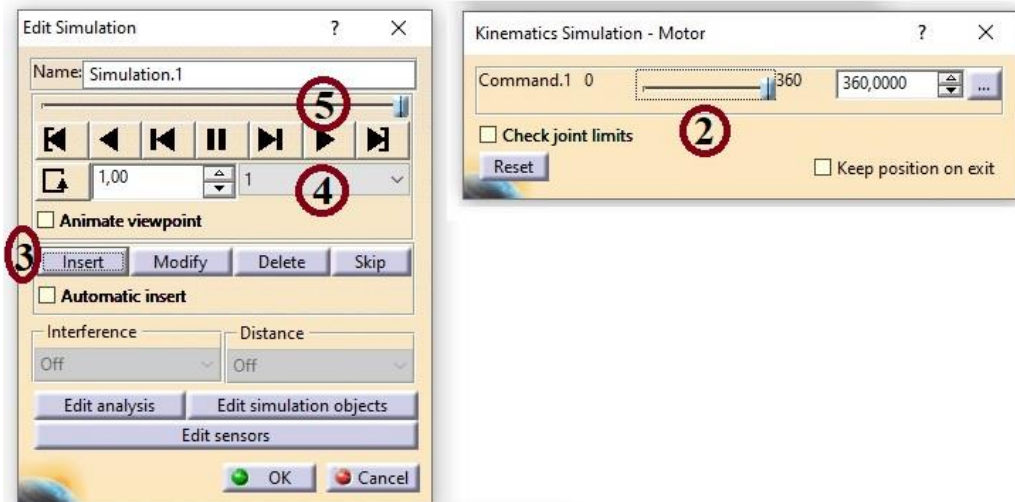


2.Adım: Açılan pencerede “Kinematics Simulation – Motor” bölümünde “Command.1” çubuğunu 0’dan 360’a kadar sürüklenir.

3. Adım: Sürükledikten sonra “Insert” diyerek ilk simülasyon kaydını yapmış oluruz.

4. Adım: “Step” kısmından adımı ayarlayarak pistonların hızlı veya yavaş simüle edilmesi sağlanabilir.

5. Adım: “Play” Tuşuna basarak simülasyon hareketi sağlanır.



Şekil 26: Simülasyon Hareket ve Ayarlamaları

Simülasyonda “Step” ayarları verilerek görsel olarak hızlandırıp yavaşlatabiliriz. V6 Motorun hareketi sağlandığında herhangi bir sorun yoksa pistonun hız ve ivme analizlerine geçilebilir.

4.4. Piston Hız - İvme Analizi ve Komutların Tanıtımı

Tasarım değişiklikleri genellikle ürün geliştirme sürecinde bulunur. Bir ürün geliştirilirken, bileşenlerinden birinde meydana gelen geometrik bir değişiklik, ürün bileşenlerinin geri kalanında da değişiklikler yapılmasını gerektirebilir.

CATIA'nın "Formula" özelliğini kullanarak, yeni bir tasarım döngüsü gerçekleştiren bir parçanın veya ürünün geometrisini tanımlamak için bileşenler arasında parametreler ve ilişkiler oluşturmak mümkündür.

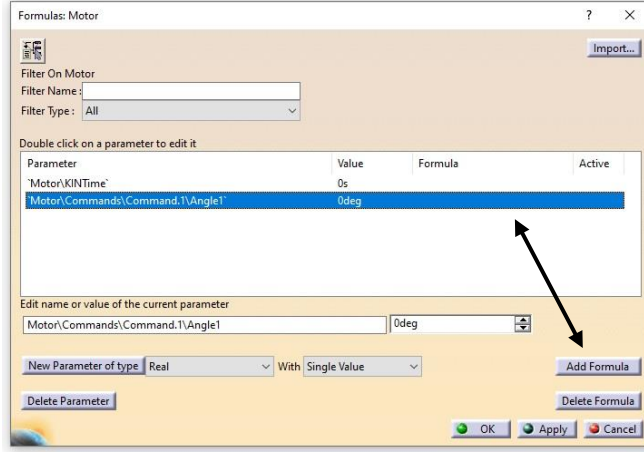
Analiz İçin Gerekli Komutların Tanımı	
 Formula	Bu görev, zaman tabanlı simülasyonlara izin veren "Knowledgeware" özelliklerine dayalı yasaları nasıl tanımlayacağınızı gösterir.
 Simulation With Laws	Bu görev, mekanizmada zaten tanımlanmış yasalarla kinematik simülasyonu nasıl çalıştıracağınızı gösterir.
 Speed and Acceleration	Mekanizmanın çalışması sırasında hız ve ivmelerin ölçülmesi, bir mekanizma davranışını incelemek ve/veya tasarımını geliştirmek için kullanılır.

Tablo 4: Kinematik Analiz Komutları

4.5. “Piston” için Hız İvme Analizi

1.Adım: Pistonun hız ve ivme analizi için formüllerin yazılacağı “Formula” komutu seçilir.

Önümüze açılan pencerede “Motor/Commands/Command.1/Angle.1” uzantısının üzerine gelerek “Add Formula” seçilir.



Şekil 27: Formulas ve Add Formula

2.Adım: “Formula Editor” adımıında denklem yazabilmek için birkaç işlem yapılması gerekmektedir. Motorun 1000 d/dk ve 3000 d/dk devirlerindeki piston hızı yapılacaktır. Bu hesaplarda 1 tur 360deg’ ye denk geldiğinden, açısal hız formülü yardımıyla 3000 ve 1000 devire karşılık gelen derecelerin, birim saniye başına sonuçları bulunması gerekmektedir bunun için;

$$\text{Açısal Hız Formülü: } \omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (\text{rad/s}) \quad (1)$$

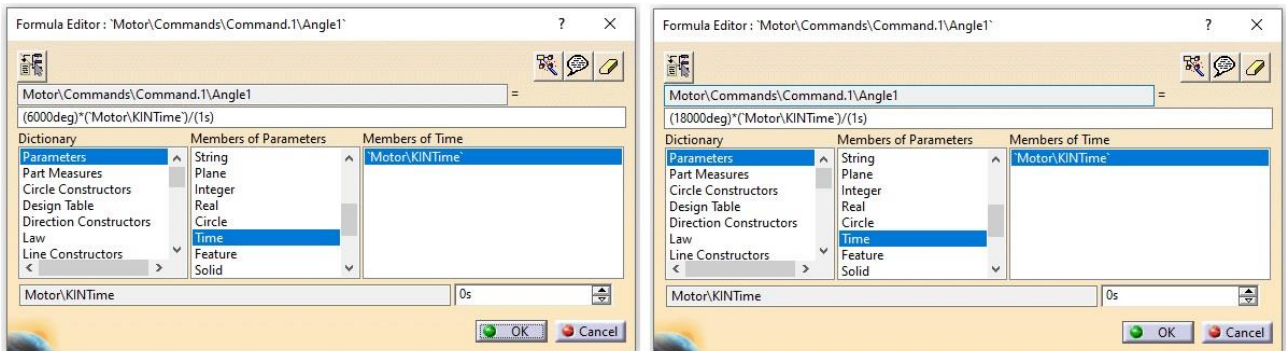
$$1000 \text{ d/dk için; } \omega = \frac{2\pi(1000)}{60} = 104.72 \text{ rad/s} \quad 104.72 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 6000 \frac{\text{deg}}{\text{s}} \quad (2)$$

$$3000 \text{ d/dk için; } \omega = \frac{2\pi(3000)}{60} = 314.16 \text{ rad/s} \quad 314.16 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 18000 \frac{\text{deg}}{\text{s}} \quad (3)$$

Çıkan sonuçlara göre “Formula Editor” de önce “Members of Parameters” bölümünden “Time” seçilerek 1000 ve 3000 devirlerde formüller yazılır.

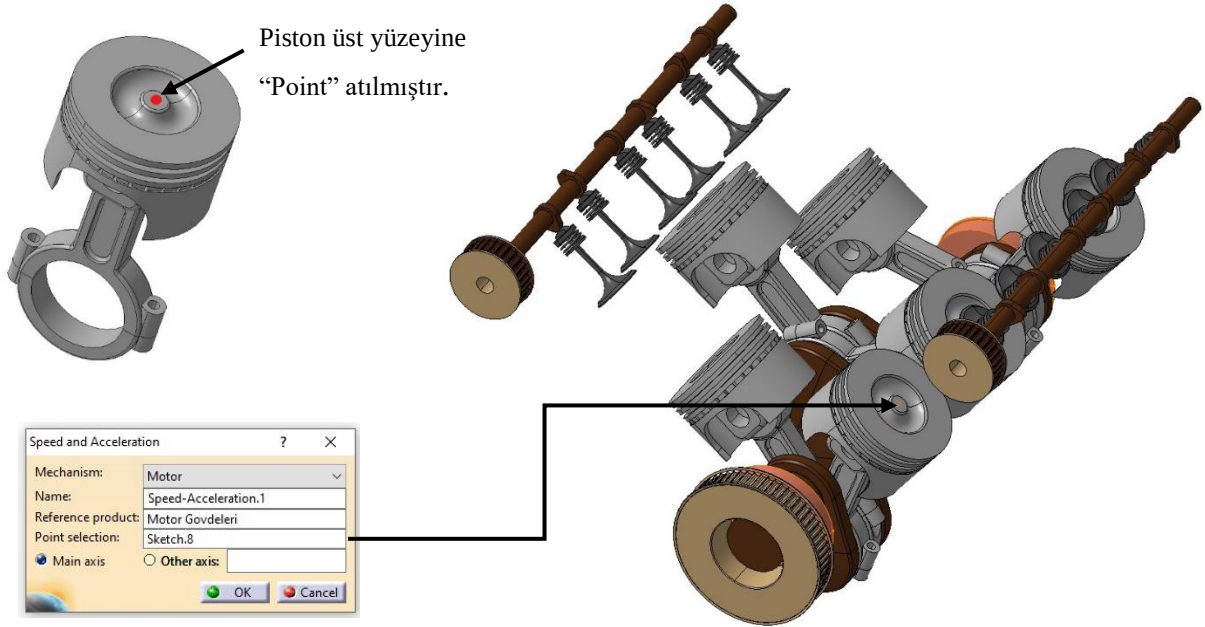
$$1000 \text{ d/dk için; } (6000\text{deg}) * (\text{Motor\KINTime}) / (1\text{s}) \quad (4)$$

$$3000 \text{ d/dk için; } (18000\text{deg}) * (\text{Motor\KINTime}) / (1\text{s}) \quad (5)$$

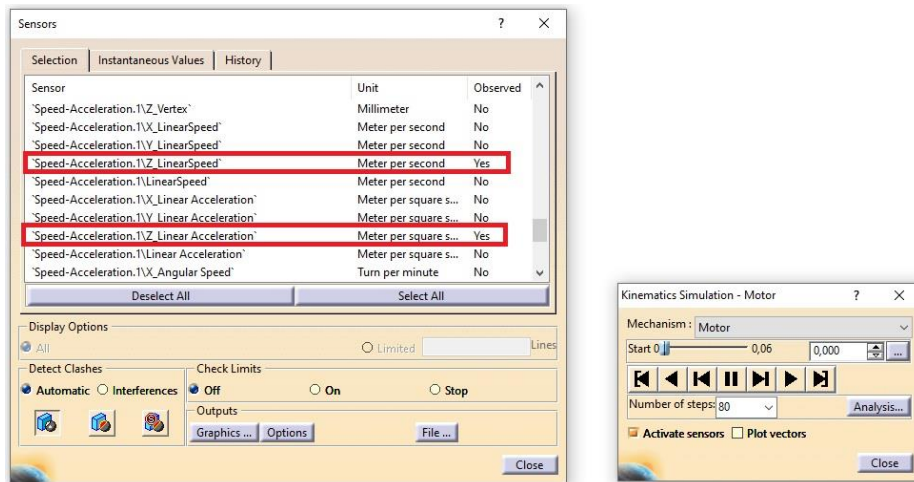


Şekil 28: 1000 devir ve 3000 devir için Formula Editor

3.Adım: Formüller yazıldıktan sonra pencereler onaylanıp kapatılarak ilk olarak hız ivme analizi yapacağımız Pistona “Point” konulması gerekmektedir. Ardından “Speed and Acceleration” komutu açılır. Burada “Reference Product” te sabit gövde, “Point Selection” da koyduğumuz “Point” seçilir;



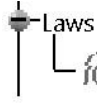
4.Adım: Noktalar seçildikten sonra “Simulation with Laws” komutu tıklanır. “Duration” kısmından süre ayarlaması yapılır. “Activate Sensors” açılarak istenilen eksenlerdeki parametreleri aktifleştirip “Graphics” komutundan diyagramlarına bakarak hız ve ivme analizleri bulunur.



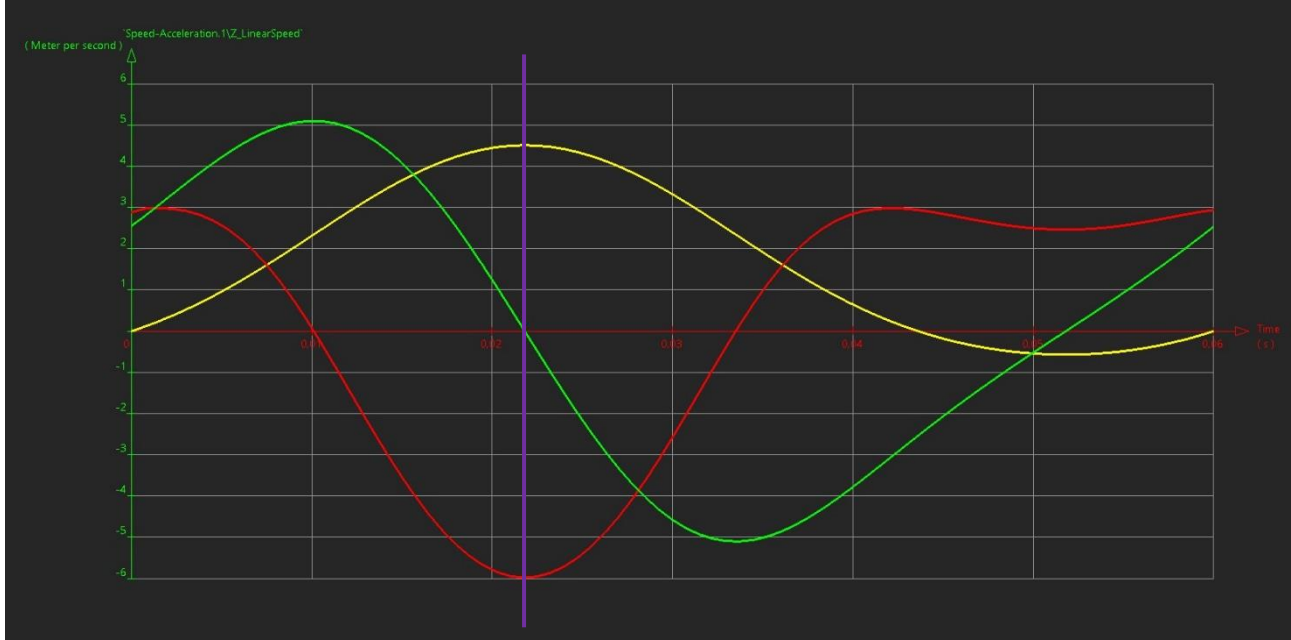
Şekil 29: Simülasyon ve Activate Sensor

4.6. Grafiklerin Oluşturulması

4.6.1. 1000 dv/dk İçin Grafik Yorumlanması



Formula.1: `Motor\Commands\Command.1\Angle1`=(6000deg)*(`Motor\KINTime`)/(1s)



Şekil 30: 1000 dv/dk Grafik

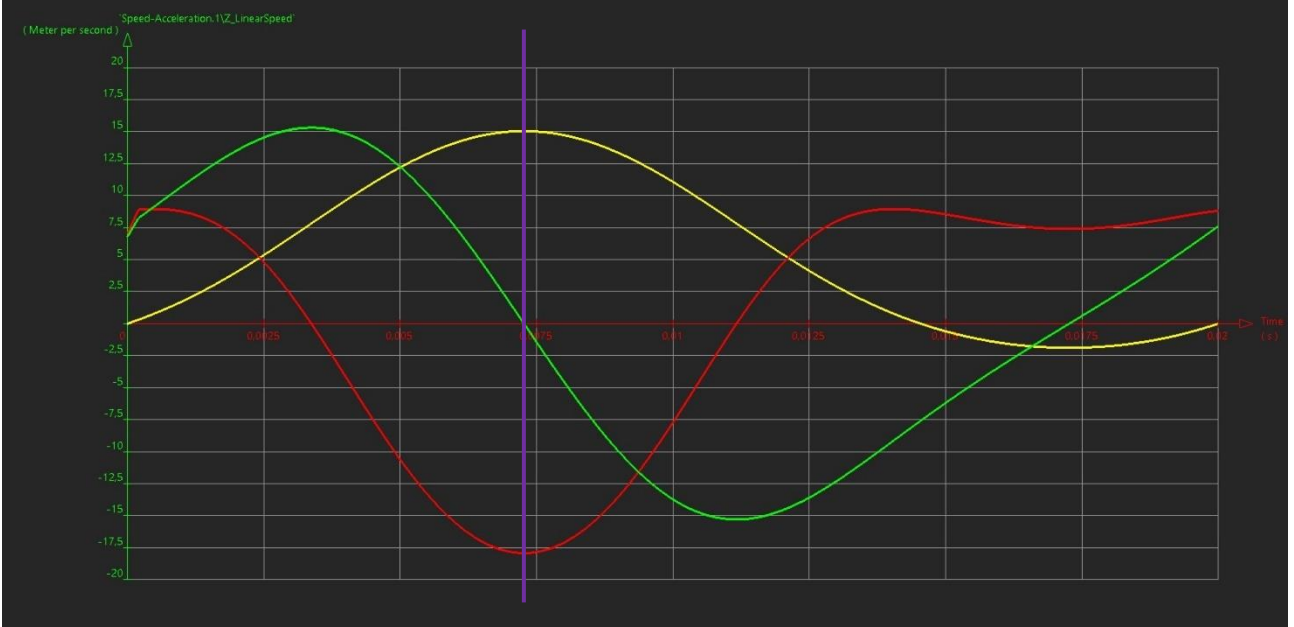
1000 d/dk Max Değerleri					
Max. Yükseklik 112.763 mm		Max. Hız 5.1 m/s		Max. İvme -697.536 m/s ²	
Hız (m/s)	0.1 m/s	Yükseklik (mm)	59.29 mm	Yükseklik (mm)	112.763 mm
İvme (m/s ²)	-697.53 m/s ²	İvme (m/s ²)	-7.53 m/s ²	Hız (m/s)	0.1 m/s
Süre (s)	0.0216 s	Süre (s)	0.01s	Süre (s)	0.0216 s

Tablo 5: 1000 d/dk Değerleri

- Mor çizgi bize sonuçları okumamız için koyulmuştur.
- Piston maksimum yükseklikteyken hızın sıfıra yaklaştığını, ivmenin maksimum değere yaklaştığını gözlemlemiş olduk.
- Pistonun 360 derece hareketi yani 1 turu 0.06 saniyede tamamladığını gözlemledik.

4.6.2. 3000 dv/dk İçin Grafik Yorumlanması

Laws
Formula.1: `Motor\Commands\Command.1\Angle1`=(18000deg)*(`Motor\KINTime`)/(1s)



Şekil 31: 3000 dv/dk Grafik

3000 d/dk Max Değerleri					
Max. Yükseklik 112.763 mm		Max. Hız 15.307 m/s		Max. İvme -6275.55 m/s ²	
Hız (m/s)	0.42 m/s	Yükseklik (mm)	59.29 mm	Yükseklik (mm)	112.763 mm
İvme (m/s ²)	-6275.55 m/s ²	İvme (m/s ²)	-67.81 m/s ²	Hız (m/s)	0.42 m/s
Süre (s)	0.0072 s	Süre (s)	0.0034 s	Süre (s)	0.0072 s

Tablo 6: 3000 d/dk Değerleri

- Piston maksimum yükseklikteyken hızının tekrardan sıfıra yaklaştığını, ivmenin maksimum değere yaklaştığını gözlemlemiş olduk.
- Pistonun 360 derece hareketi yani 1 turu 0.02 saniyede tamamladığını gözlemledik.

1000 devir ve 3000 devir sonuçlarını karşılaştırsak;

- Devrin artmasıyla hız ve ivmenin arttığını, sürenin ise 1 tam tura referans alırsak kısaldığını gözlemlemiş olduk.

5. STATİK ANALİZ (Generative Structural Analysis)

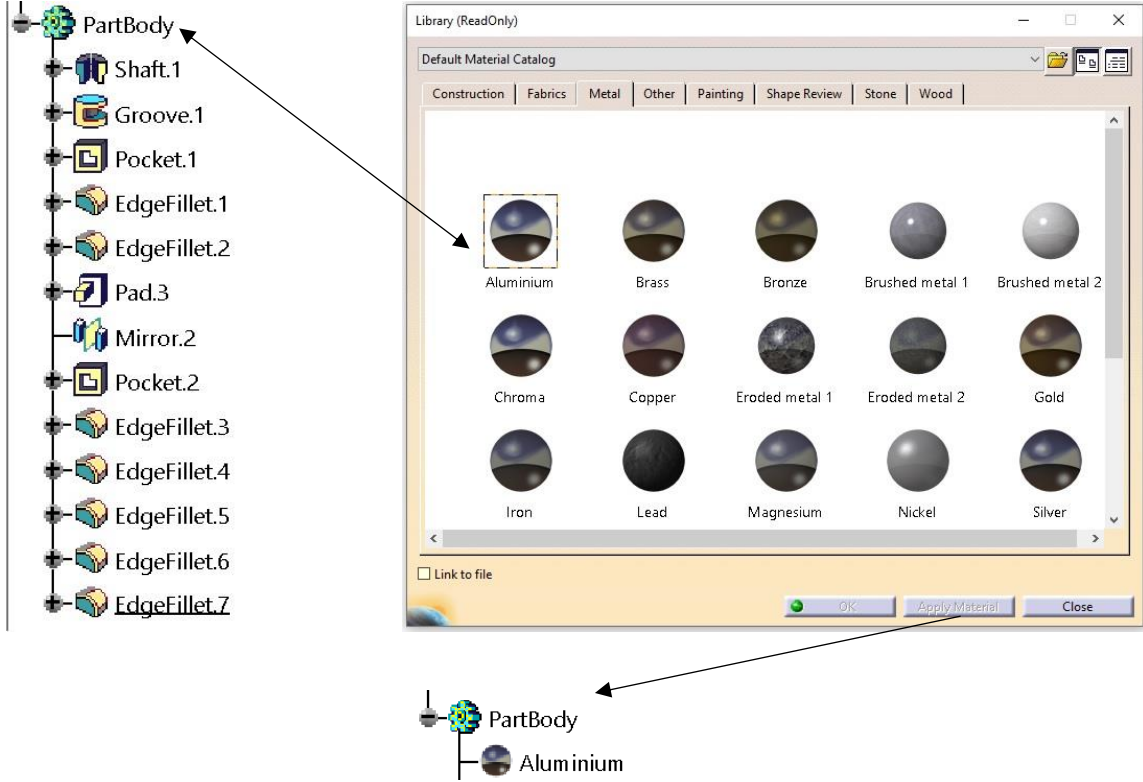
Tasarımcıların tasarımlarının nasıl davrandığını anlamak ve çeşitli yükleme koşulları altında parça veya montaj içindeki yer değiştirmeleri ve gerilmeleri doğru bir şekilde hesaplamak için kullanılır. Ayrıca, doğal titreşim hesaplanarak parçaların titreşim özelliklerinin değerlendirilmesine olanak tanır. Frekanslar, ilişkili mod şekilleri, Hacim parçaları, yüzey parçaları ve tel kafes geometrileri üzerinde analizler yapılabilir.

Analiz İçin Gerekli Komutların Tanımı	
 Clamp	Clamper, sonraki analizde tüm DOF'lerin bloke edildiği bir yüzey veya eğri geometrisine uygulanan kısıtlamalardır. Sonuç olarak, clamper sıfır DOF'ye sahiptir, bu da hiçbir öteleme veya dönme hareketine izin verilmediği anlamına gelir
 Loads pressure	Bir geometri seçimine basınç yükü uygular.
 Von Mises Stress	Von Mises kriterine göre parça yapısal bütünlüğünü kontrol etmek için hacim distorsiyonu enerji yoğunluğu genellikle malzeme akma gerilimi değeri ile birlikte kullanılır. Sağlam bir yapısal tasarım için Von Mises gerilmesinin maksimum değeri bu akma değerinden küçük olmalıdır.
 Displacement	Çevresel eylemin bir sonucu olarak ağ öğelerinin konum vektörlerinin değişimine eşit bir vektör nicelik alanını temsil eden yer değiştirme alanı modellerini görselleştirmek için kullanılır
 Deformation	Çevresel eylemin bir sonucu olarak sistemin deforme konfigürasyonunda sonlu eleman mesh'ini görselleştirmek için kullanılır.
 Compute	Hesaplama, Analiz Durumunun tanımında yer alan tüm nesneler için kısmi sonuçlarla birlikte analiz durumu çözümünü üretecektir.
 Apply Material	Parçaya malzeme atamak için kullanılır.

Tablo 7: Yapısal Analiz Komutlar

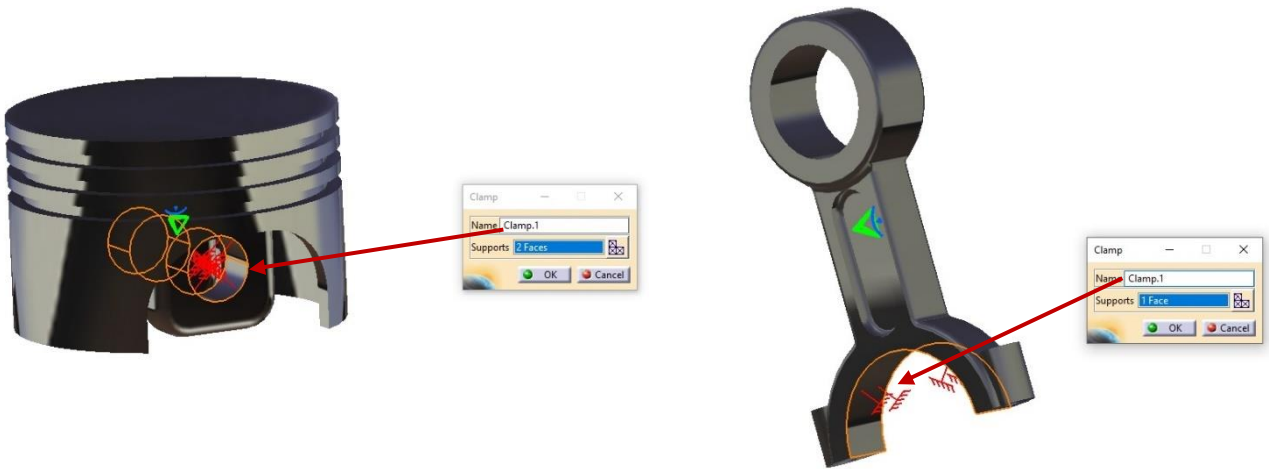
5.1. Piston Başı ve Biyel Kolu İçin Statik Analiz Adımları

1.Adım: Piston ve Biyel Kolu malzemesinin seçilmesi gereklidir. Bunun için “Library” den istenilen malzemeler seçilmelidir. “PartBody” seçilerek “Apply Material” komutu onaylanır. Piston için “Alüminyum” , Biyel Kolu için “Demir” malzemesi seçilmiştir.



Şekil 32: Materyal Seçimi

2. Adım: Malzeme ekledikten sonra “Clamp” verilir.



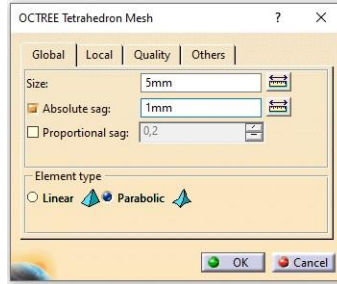
Şekil 33: Clamp Seçimi

3. Adım: “Clamp”ten sonra “Pressure” komutu ile piston başına basınç, “Distributed Force” ile biyel koluna kuvvet verilir. Basınç pistonu üst yüzeyinden, kuvvet biyel koluna “z” yönünden verilir.



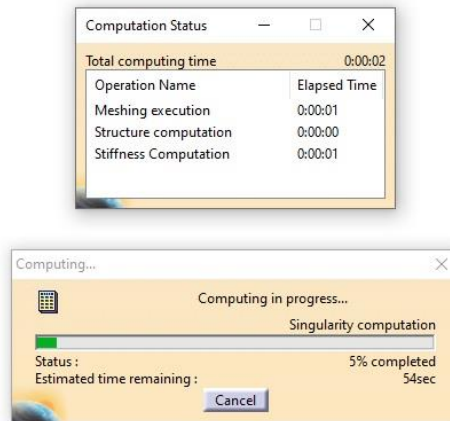
Şekil 34: Vektörlerin Gösterimi

4. Adım: Basınç ve kuvvet değerleri verildikten sonra “Mesh” ayarlamaları yapılır.



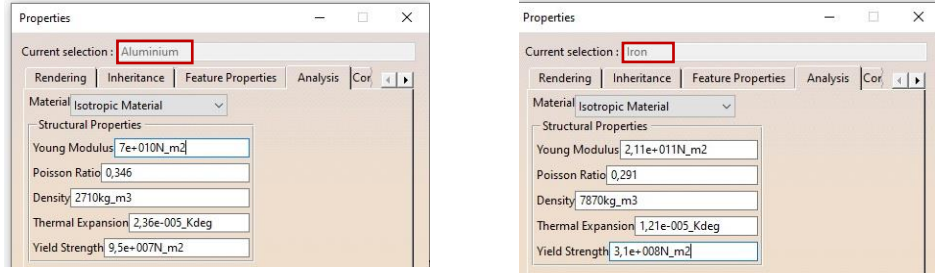
Şekil 35: Mesh Ayarı

5. Adım: Mesh ayarlamasından sonra “Compute” komutuna seçilerek belirli süre içerisinde analizinin yapılması beklenir.



Şekil 36: Compute

6. Adım: Analiz yapıldıktan sonra “Piston” ve “Biyel Kolu” için çıkan sonuçları “Akma Dayanımı” sınırına göre deformasyona uğrayıp uğramadığının karşılaştırılması yapılır. Bu adımdan sonra “Piston” ve “Biyel Kolu” analizleri detaylı açıklanacaktır.

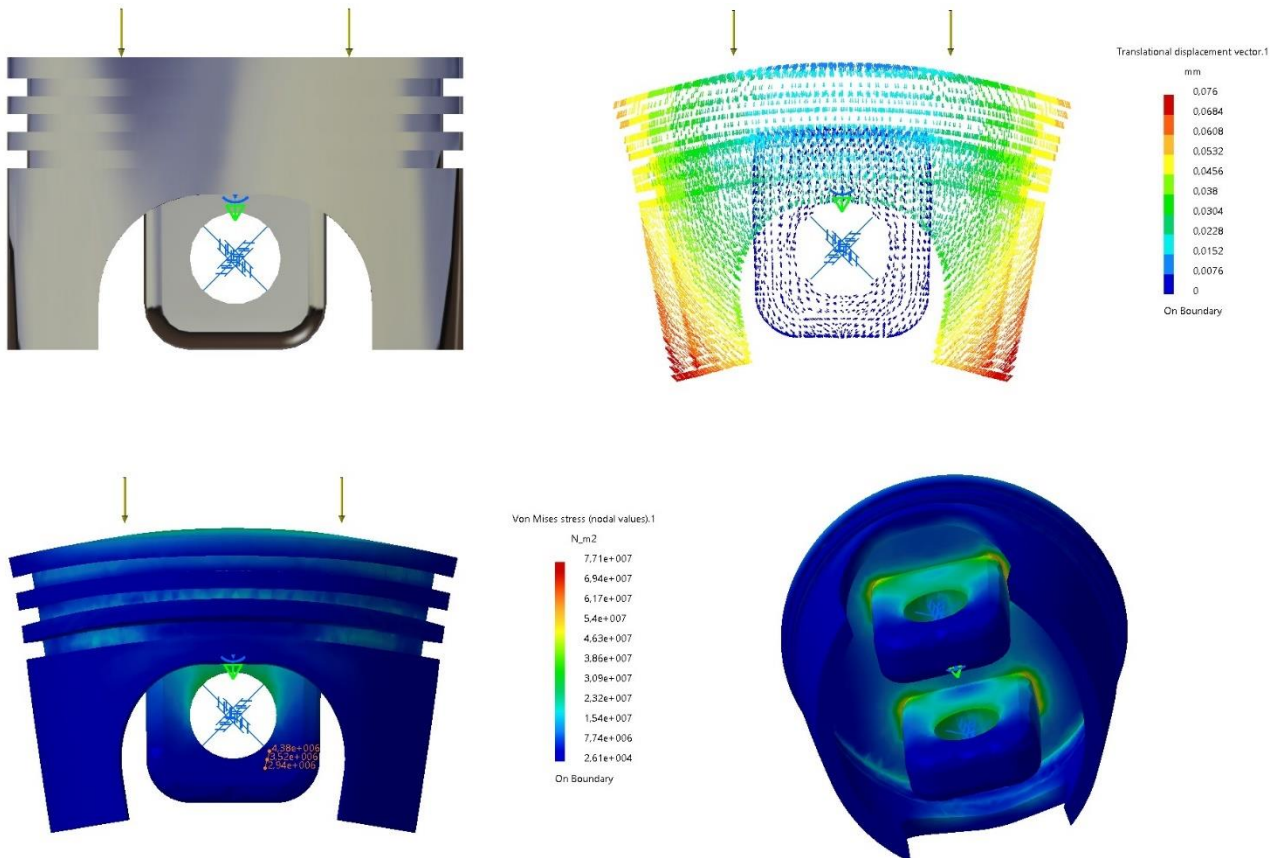


Şekil 37: Malzeme Akma Dayanımları

5.1.1. Piston Yapısal Analiz Sonuçları ve Hesapları

Pistonlar genelde 30 – 60 bar arası basınçlara maruz kaldıkları için bu analizde bu değerler arasındaki sonuçlar incelenecektir.

$$30 \text{ bar için: } 30 \text{ bar} = 3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$



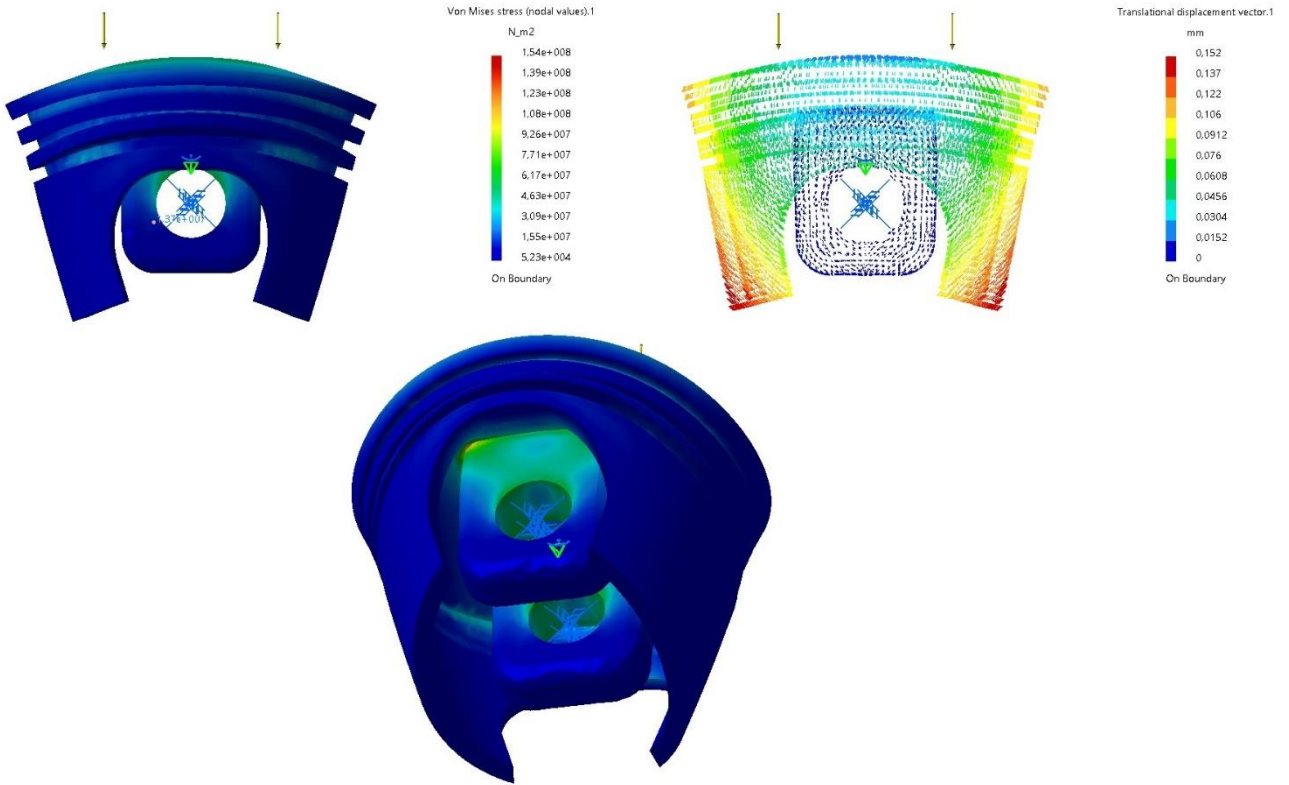
Şekil 38: 30 Bar İçin Analiz

30 bar basınca maruz kalan piston, akma sınırını geçmediği için bu malzeme uygulanan basıncı kaldırıyor ve mukavemeti dayanıyor demektir.

Çıkan analiz sonucu maksimum von Misses Değeri: $7.71 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

Akma Dayanımı: $9.5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

60 bar için: $60 \text{ bar} = 6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$



Şekil 39: 60 Bar İçin Analiz

60 bar basınca maruz kalan piston akma sınırını aştığı için güvenilir bir basınç değildir ve malzeme bu basınca göre zayıf kalacağından malzeme değişimi veya farklı parametrelerde değişiklik yapılması gerekmektedir.

Çıkan analiz sonucu maksimum von Misses Değeri: $15.4 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

Akma Dayanımı: $9.5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

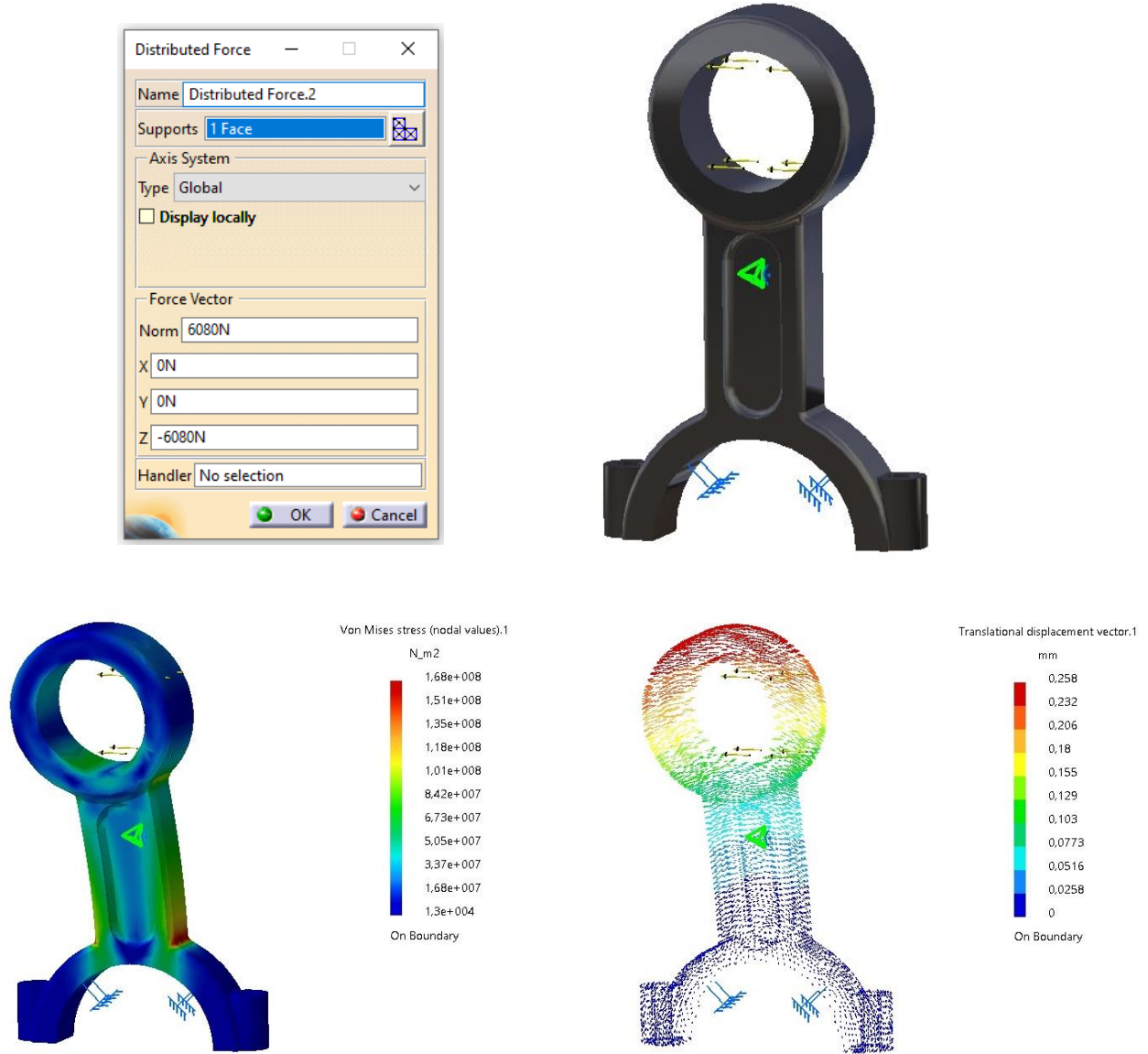
5.1.2. Biyel Kolu Yapısal Analiz Sonuçları ve Hesapları

1.Analiz: Piston başına 30 bar basınç uygulandığında biyel koluna aktarılan gücü bulmak için;

$$\text{Biyel Kolu İç Çap Alanı: } A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.0508)^2}{4} = 2.026 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (6)$$

$$\text{Basınç Formülü: } P = \frac{F}{A} \quad F = P.A \quad F = (3 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(2.026 \times 10^{-3} \text{ m}^2) = 6080 \text{ N} \quad (7)$$

Yani biyel kolu analizinde ilk uygulanacak kuvvetimiz “6080 N” olacaktır.



Şekil 40: 6080 N Kuvvet Analizi

Sonuçlardan görüleceği üzere biyel kolu üzerine gelen kuvveti taşıyabilecek mukavemettedir.

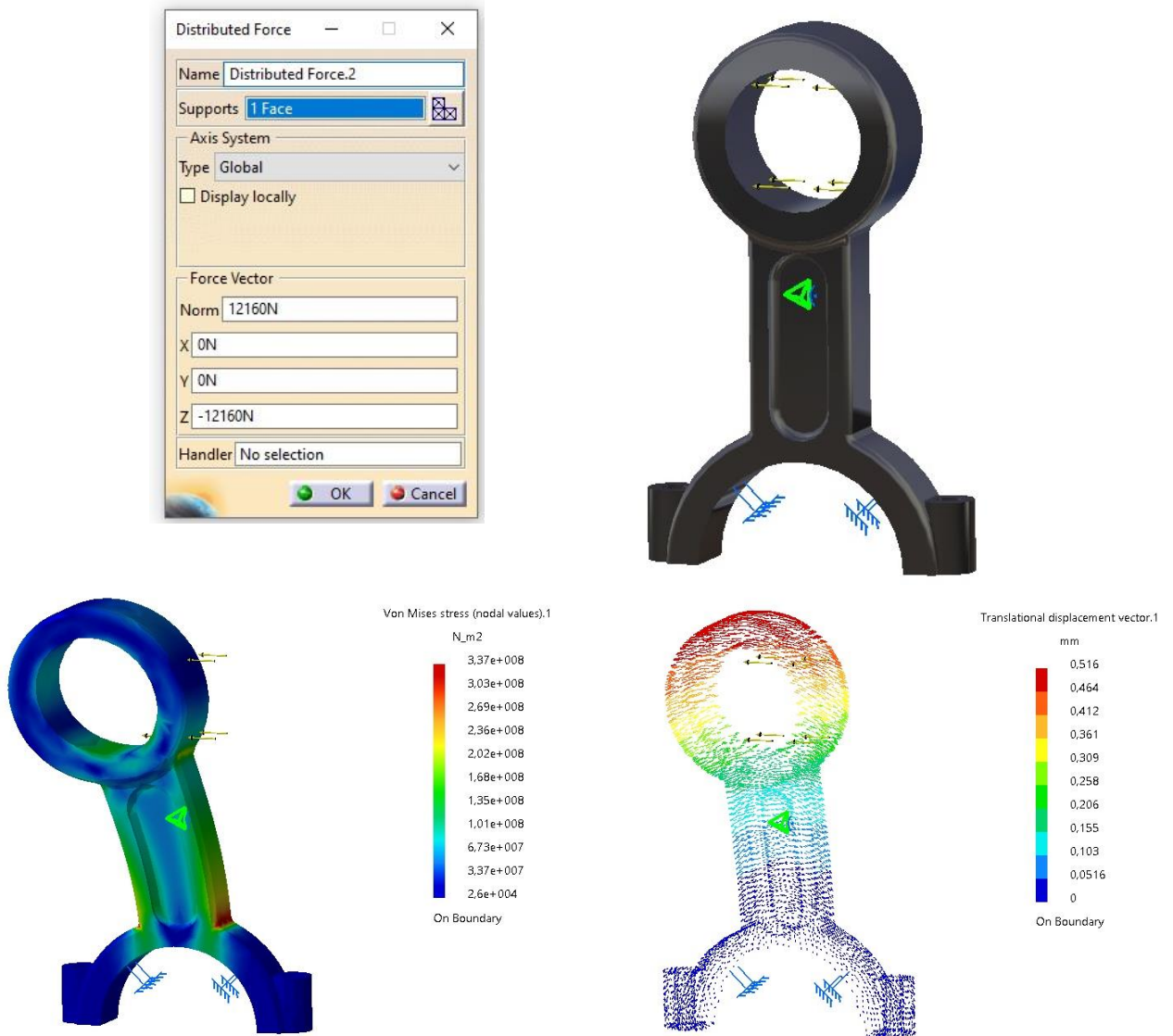
Çıkan analiz sonucu maksimum von Misses Değeri: $1.68 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

Akma Dayanımı: $3.1 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

2. Analiz: Piston başına 60 bar basınç uygulandığında biyel koluna aktarılan gücü bulmak için;

Biyel Kolu İç Çap Alanı: $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.0508)^2}{4} = 2.026 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (8)$

Basınç Formülü: $P = \frac{F}{A} \quad F = P.A \quad F = (6 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(2.026 \times 10^{-3} \text{ m}^2) = 12160 \text{ N} \quad (9)$



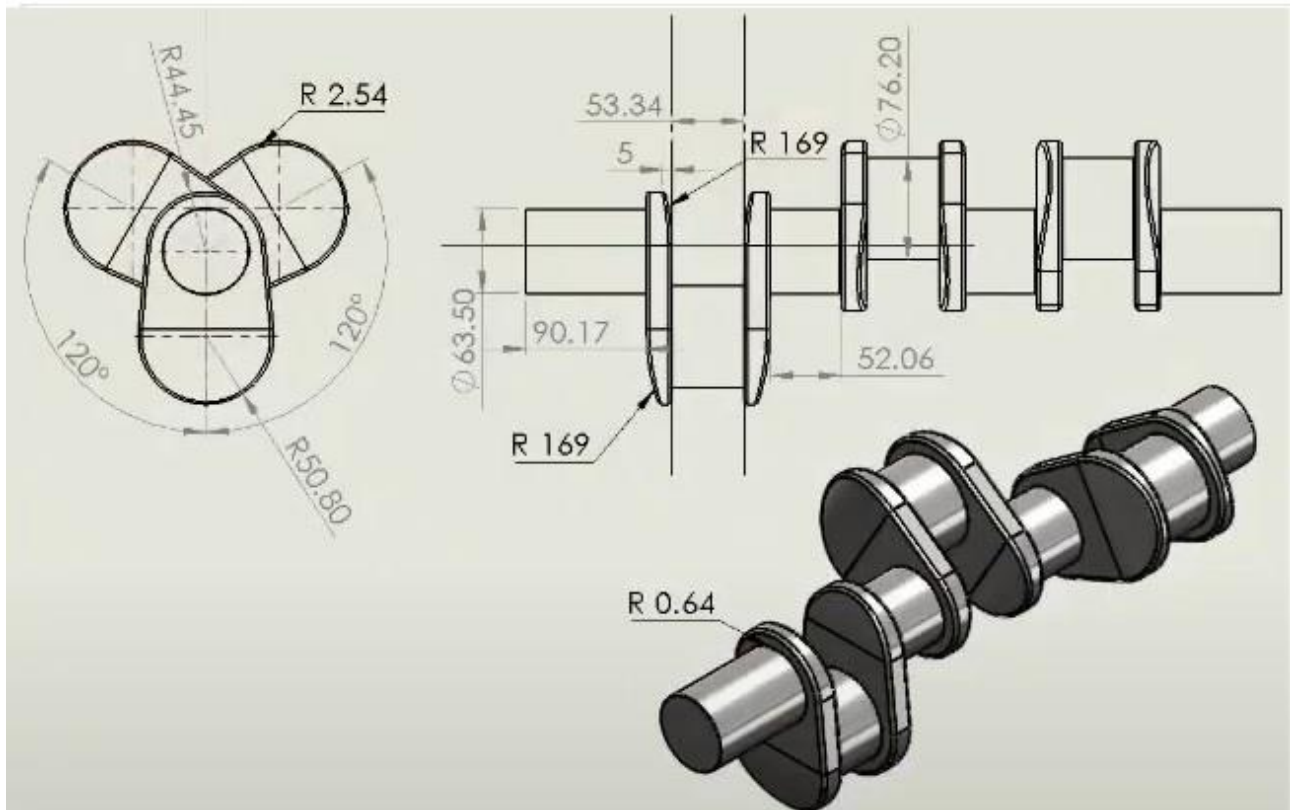
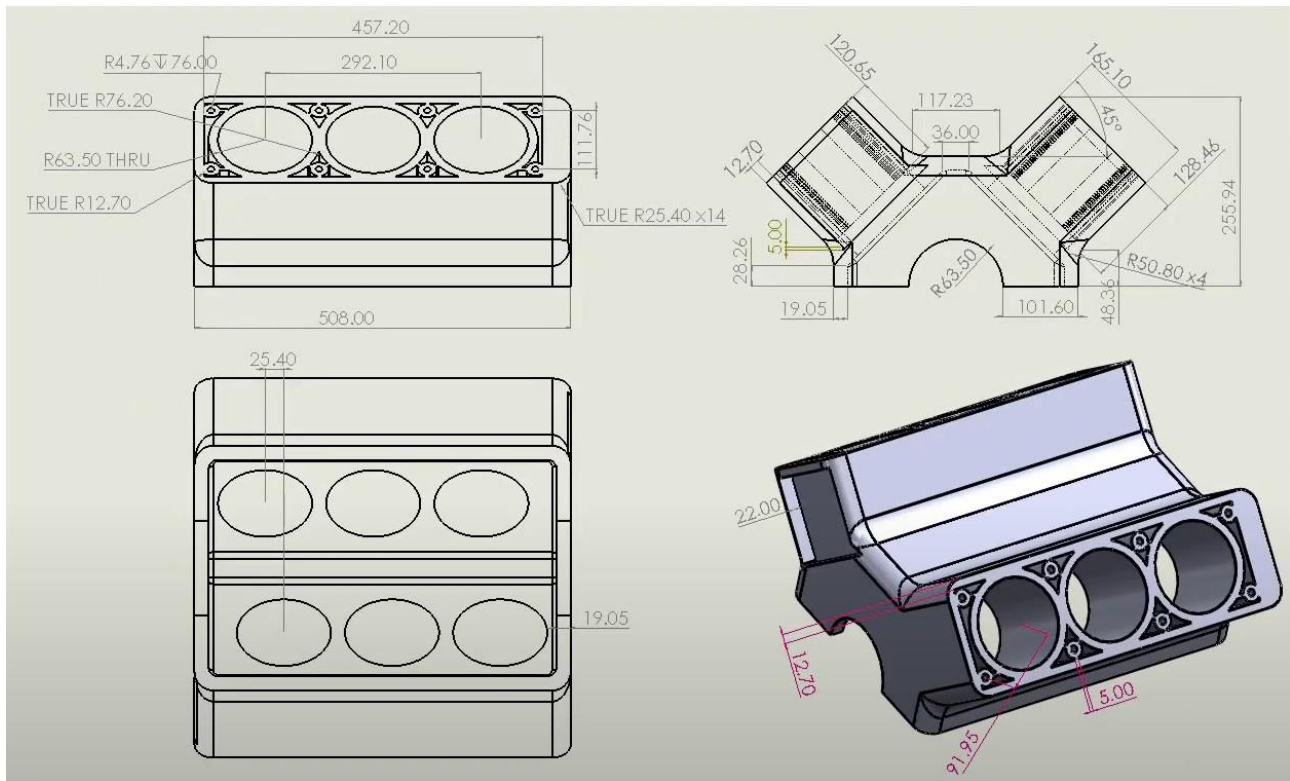
Şekil 41: 12160 N Kuvvet Analizi

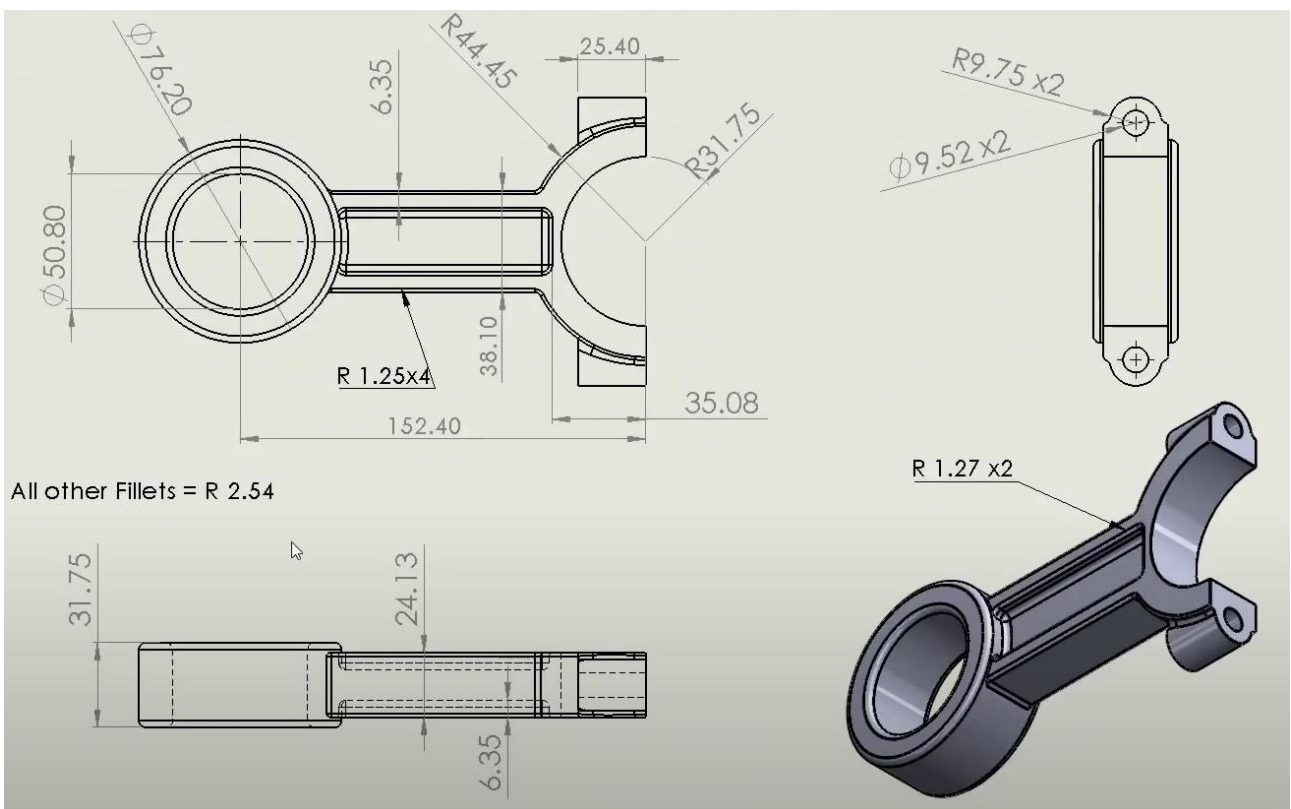
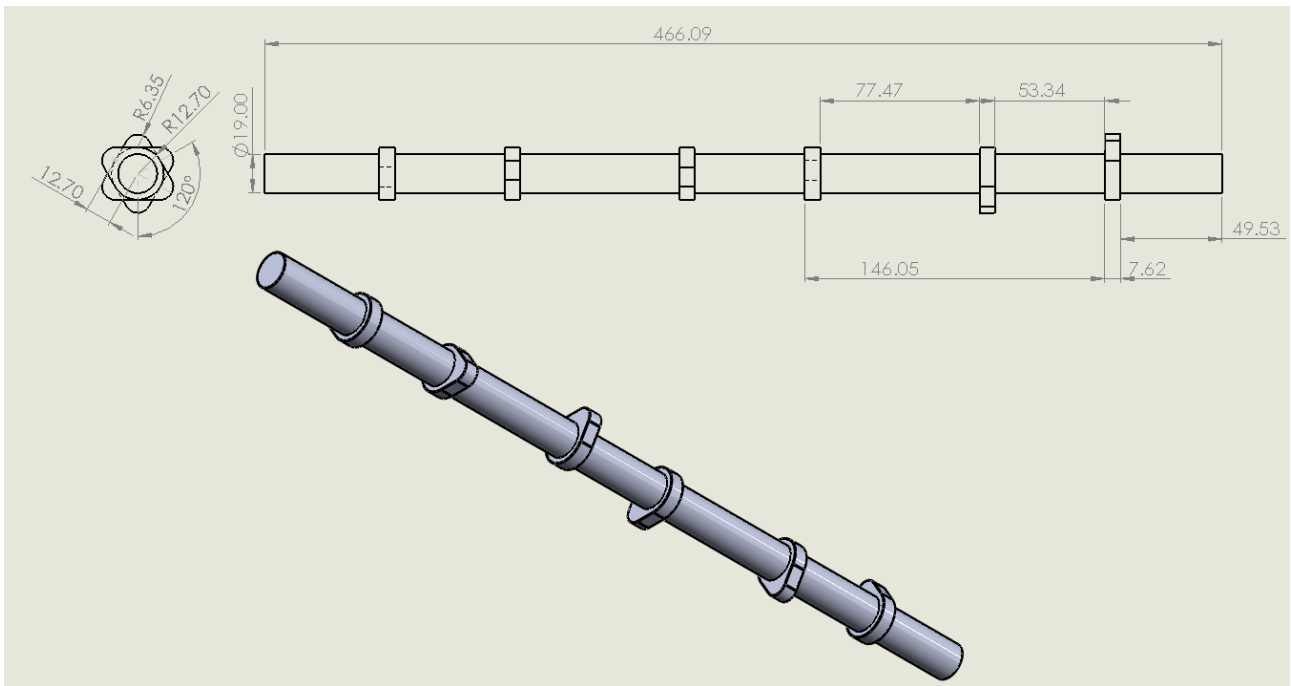
Sonuçlardan görüleceği üzere biyel kolu üzerine gelen kuvveti taşıyamayıp akma sınırını aşmaktadır. 60 bar basınç piston başında da soruna neden olduğu için aynı durum biyel kolunda da görülmektedir. Bu yüzden 60 bar basınç ve buna karşılık gelen 12160 N kuvvet iyi bir seçim olmayacaktır.

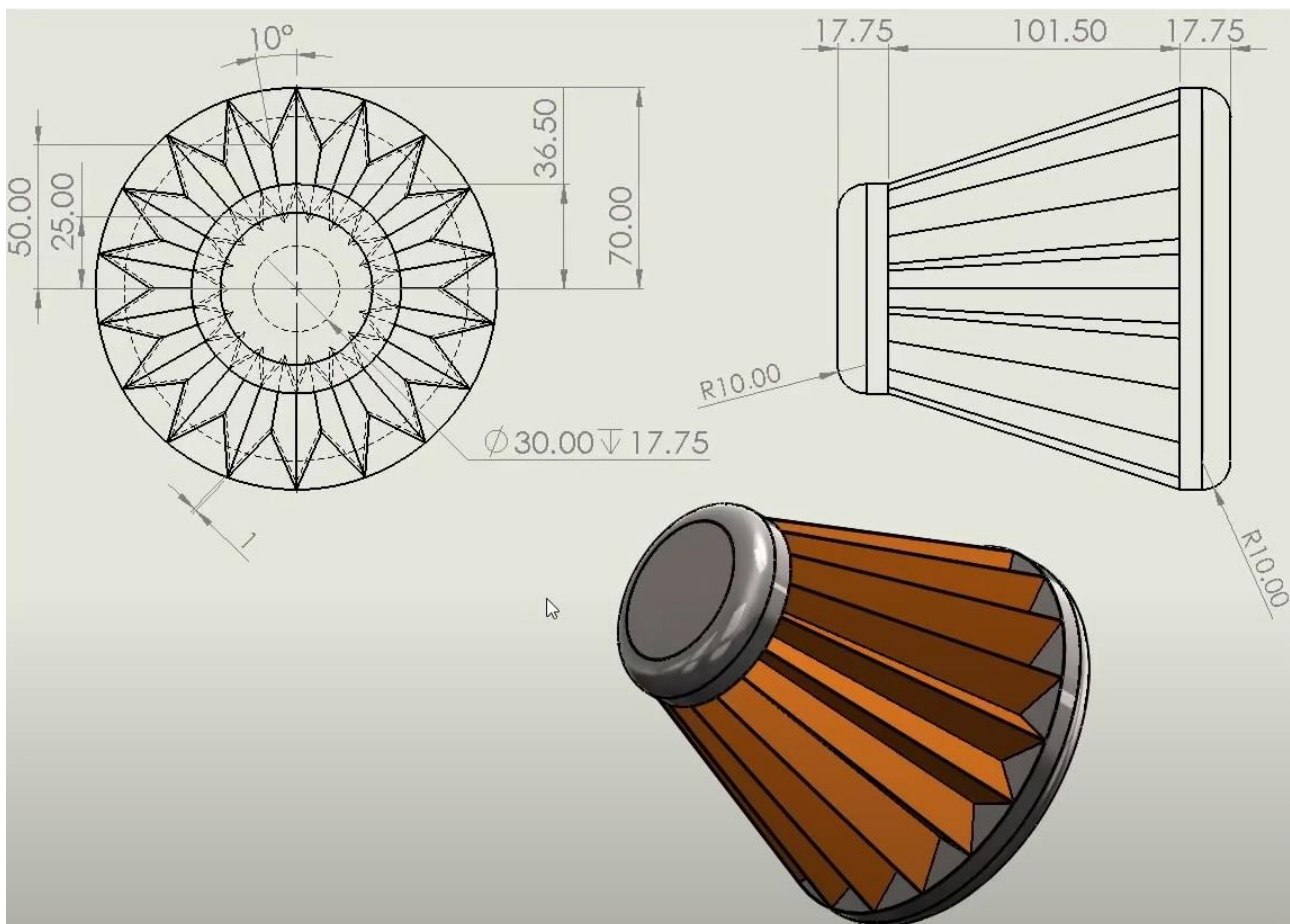
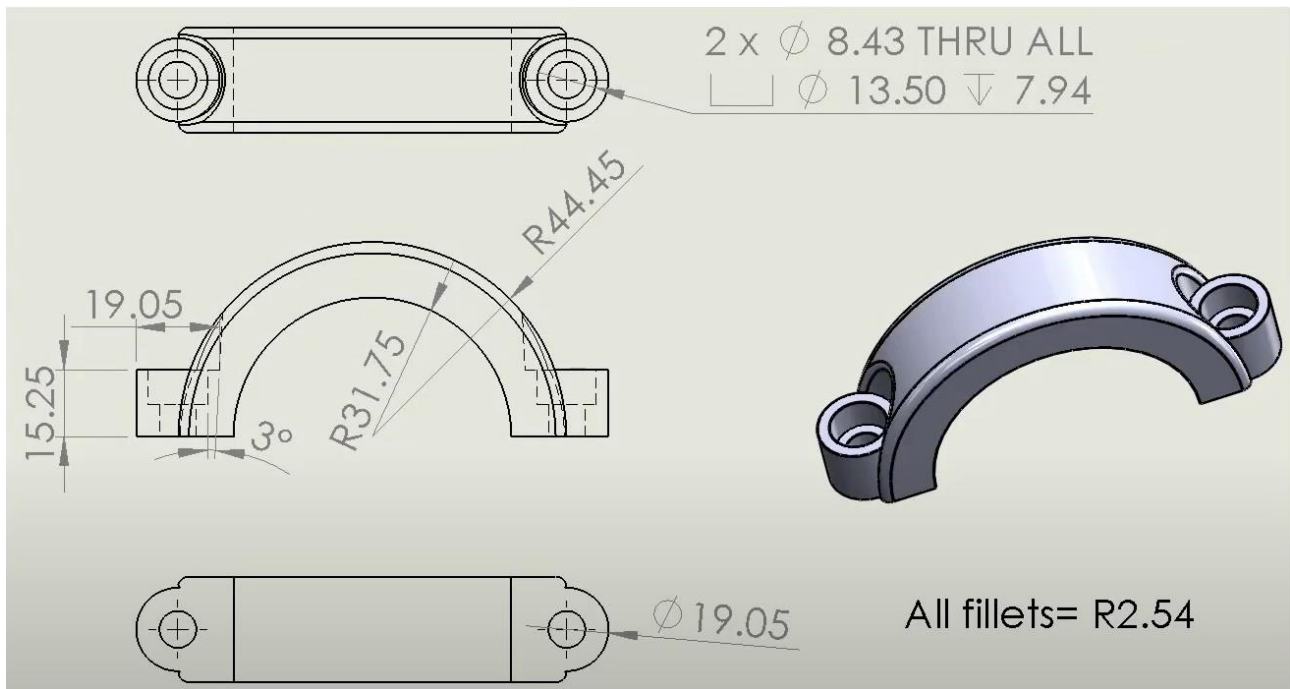
Çıkan analiz sonucu maksimum von Misses Değeri: $3.37 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

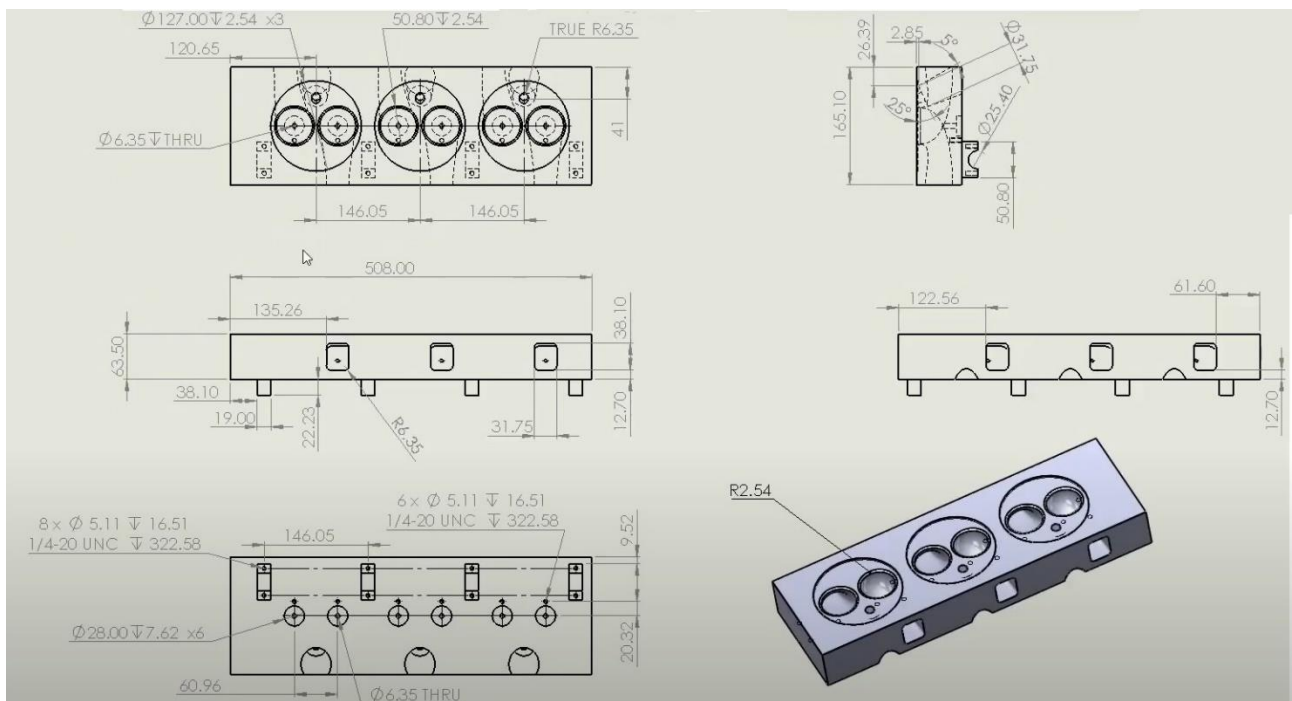
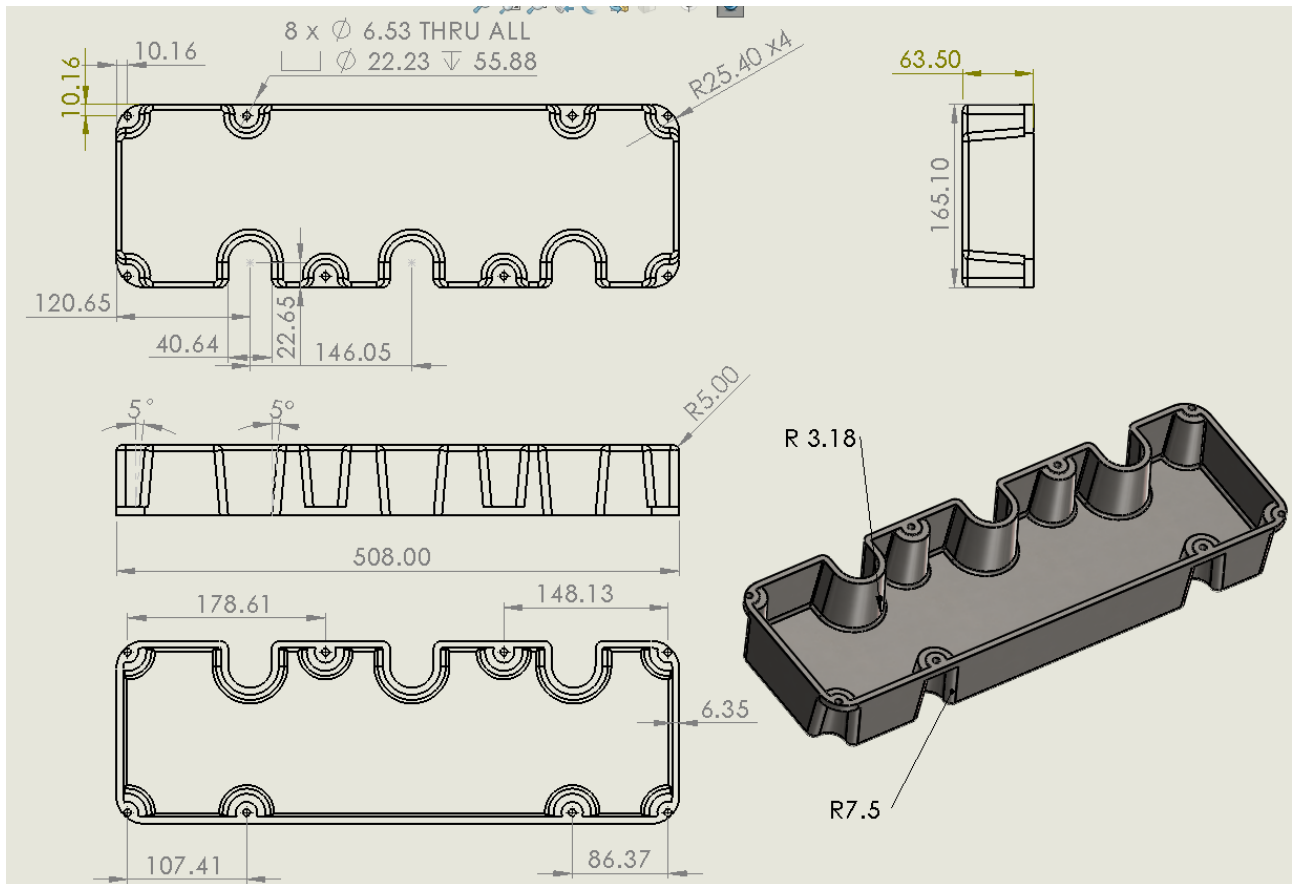
Akma Dayanımı: $3.1 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

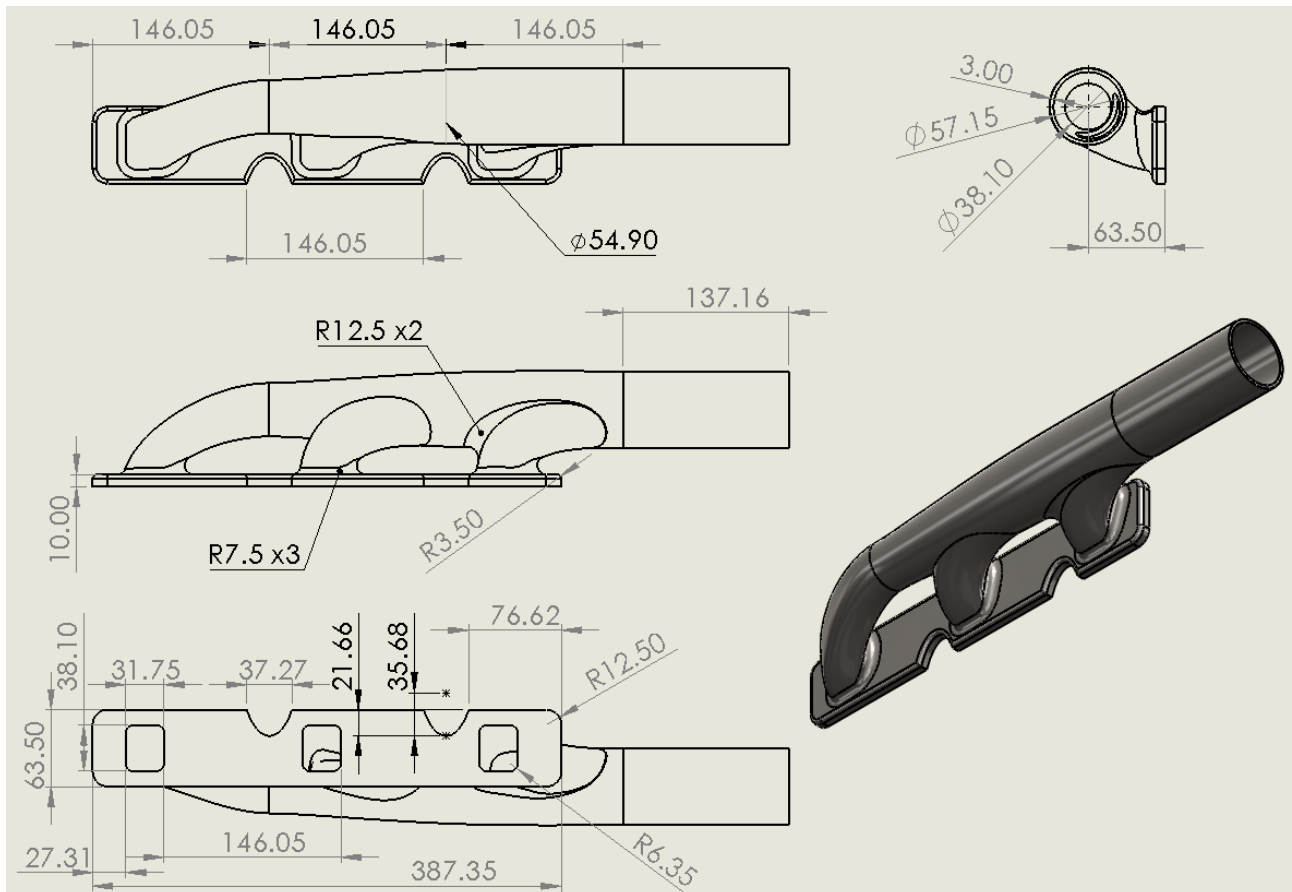
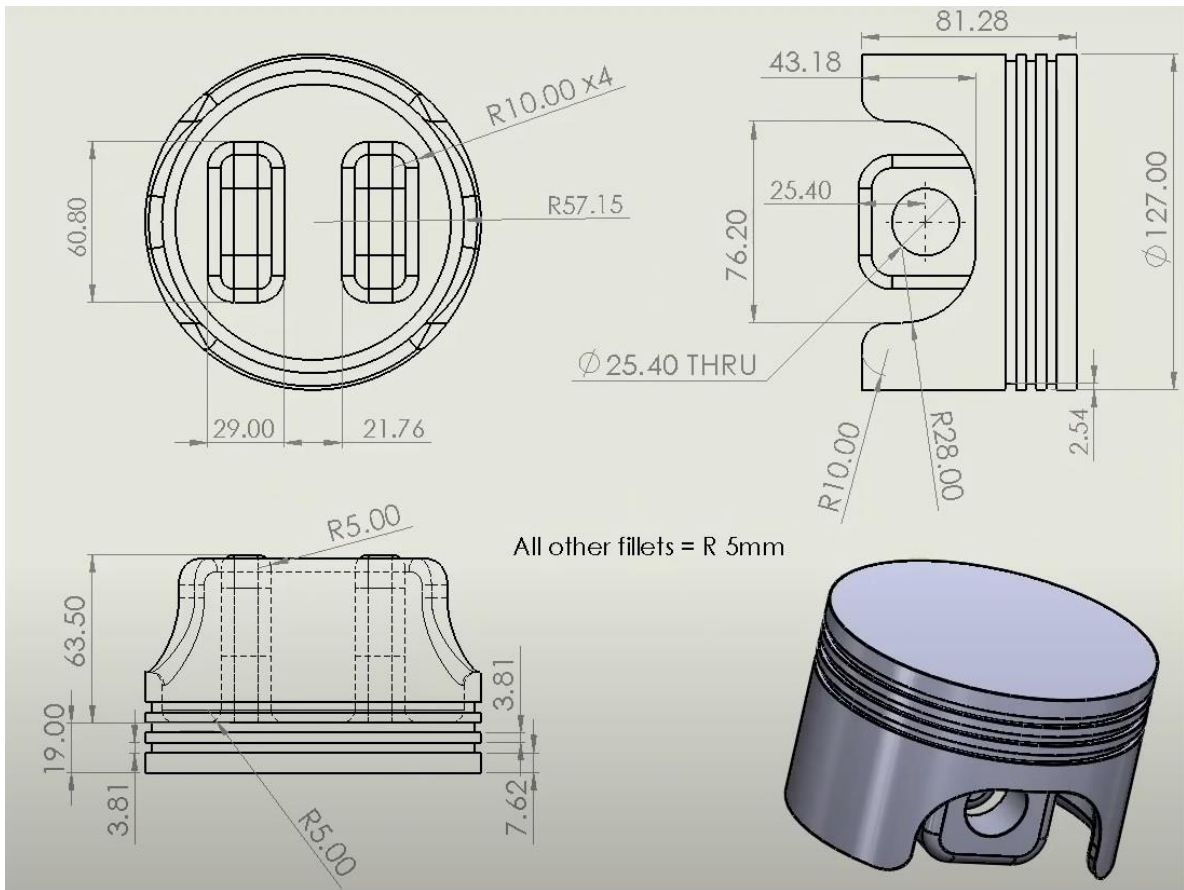
6. TEKNİK RESİMLER

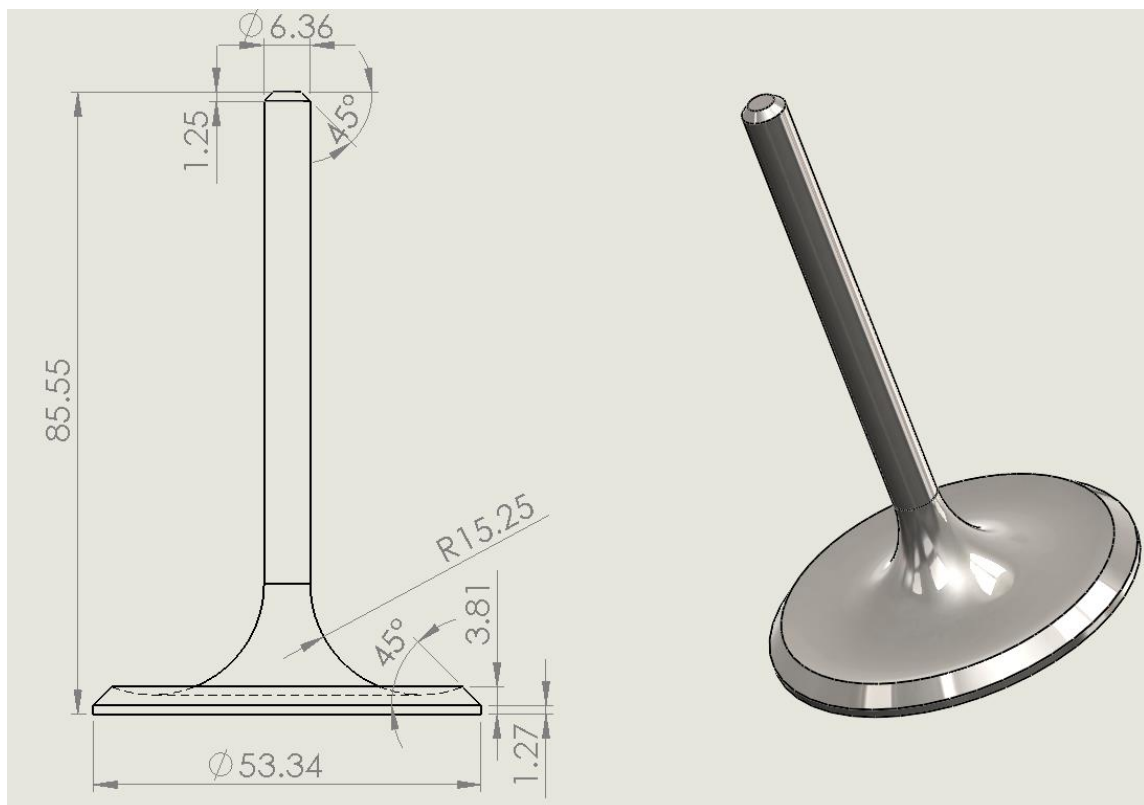
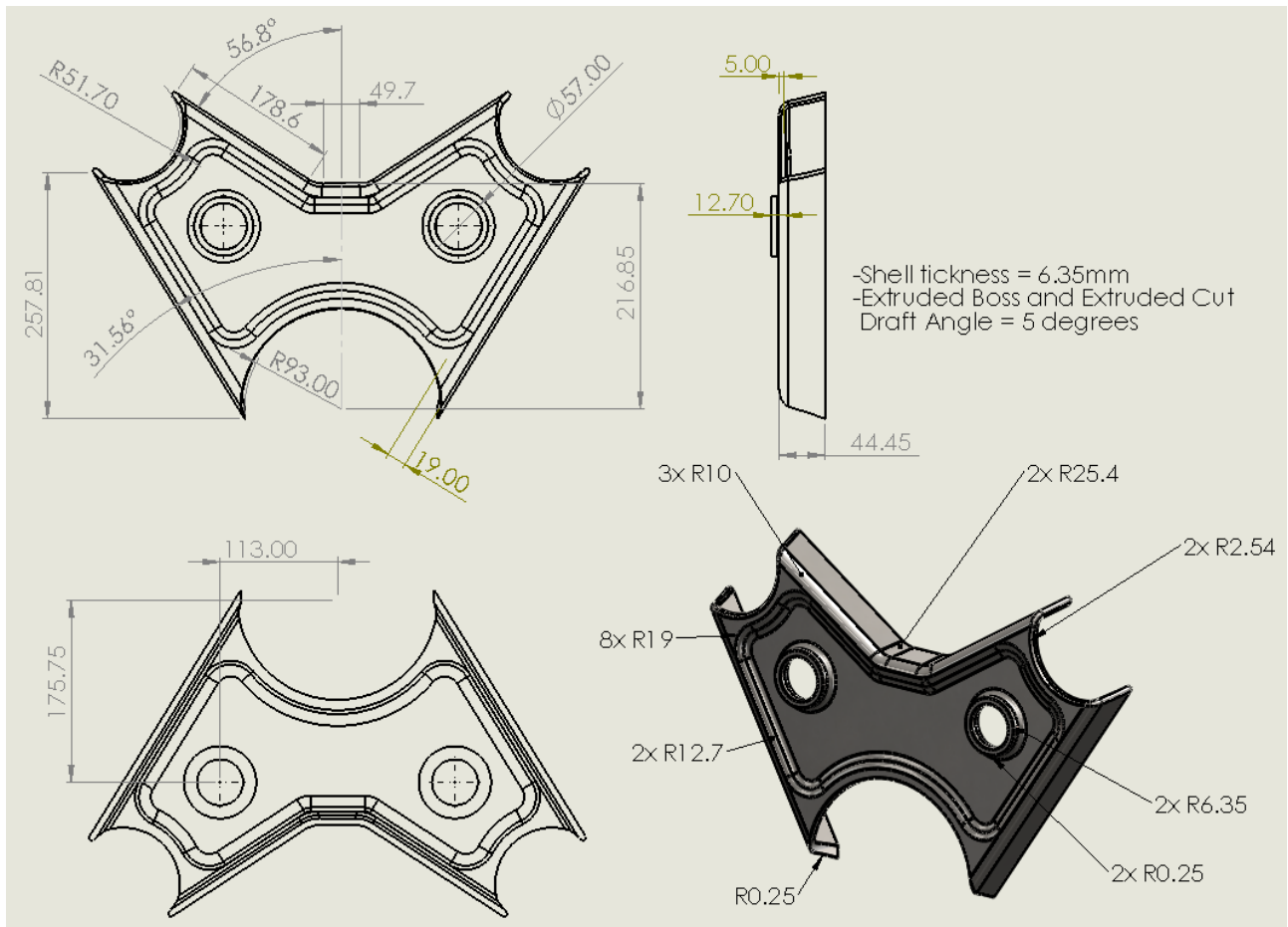


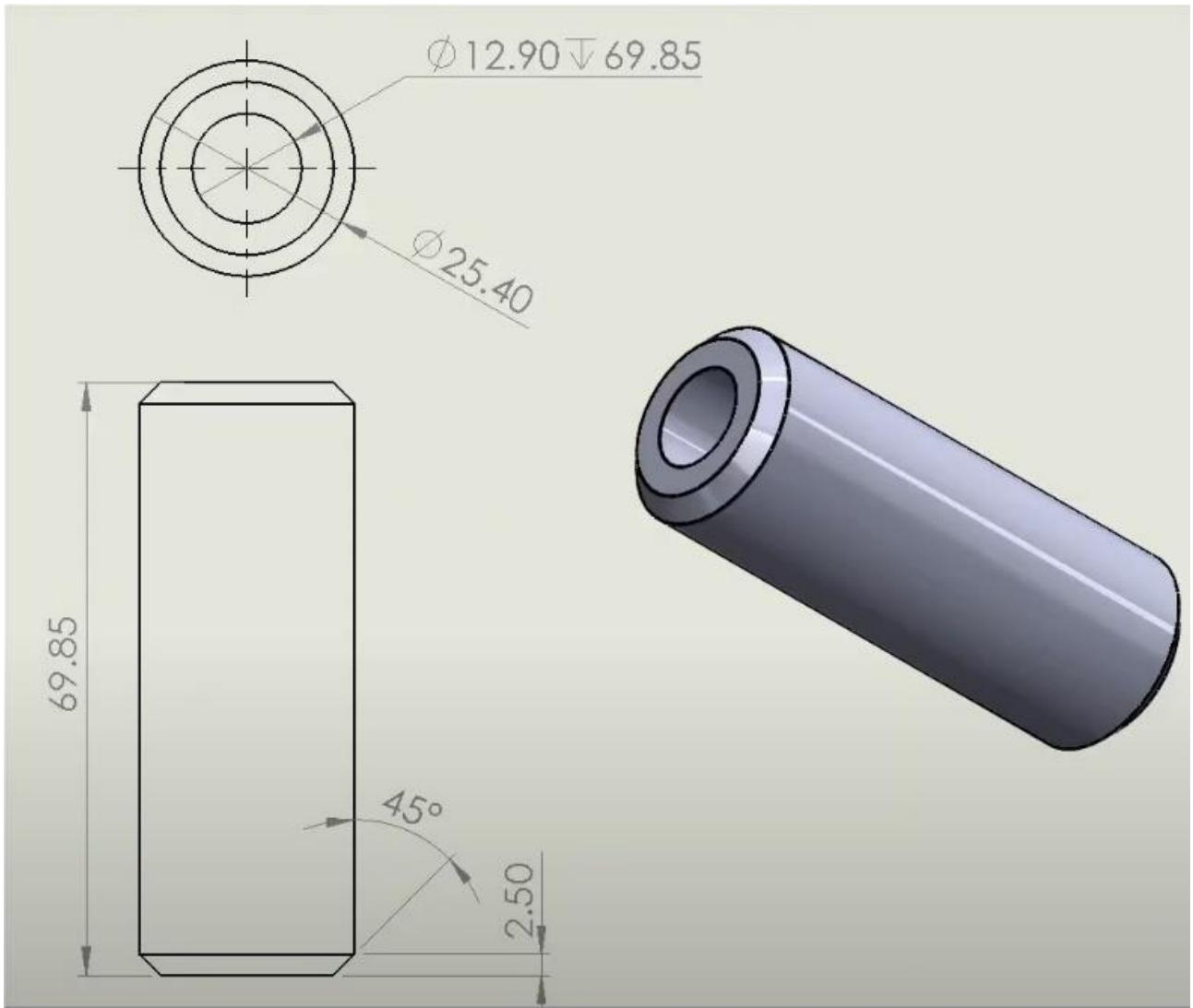


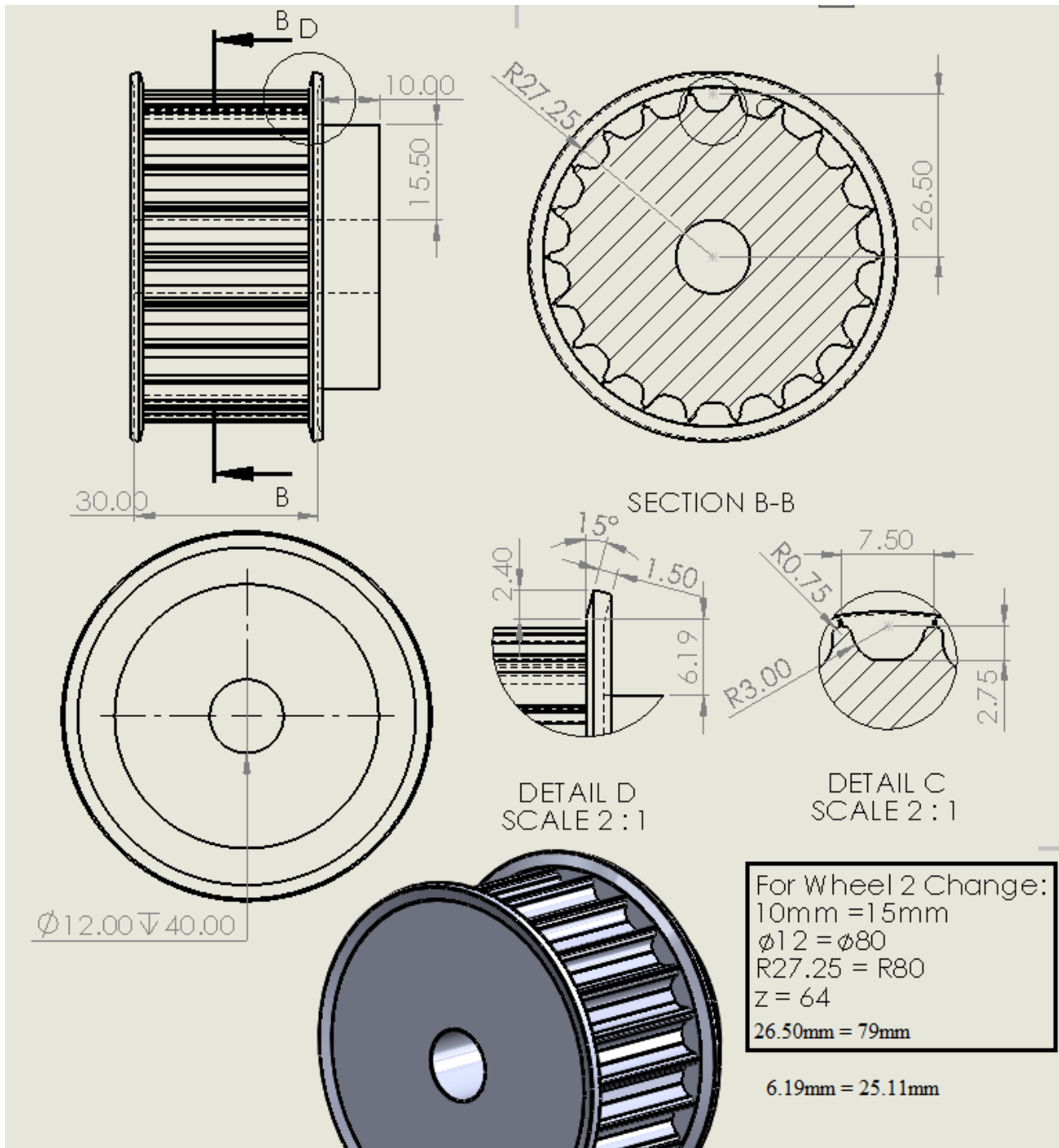


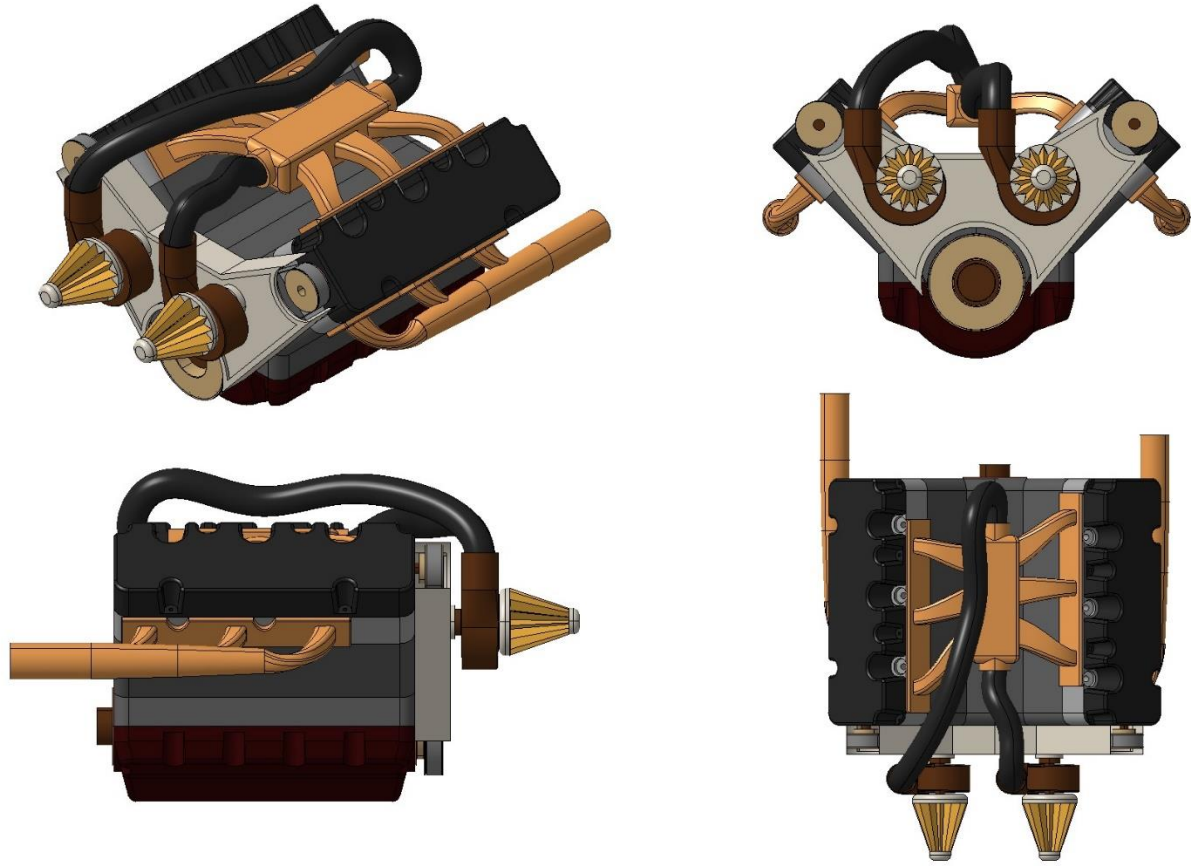












7. KAYNAKÇA

<https://catia-v5-tutorials.com/catia-v5-tutorials/>

CATIA V5 Tutorials Mechanism Design & Animation Release 18 Nader G. Zamani University of Windsor, SDC Schroff Development Corporation, 2010.