



T.C. DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bilgisayar Destekli Makine Tasarımı Çözümleneleri Dersi
Proje Çalışması

V6 İçten Yanmalı Motor Tasarım Kinematik ve Yapısal Analizi

Cem AKSOY (201913121902)
İbrahim PEKCAN (201913121075)

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi. Feridun KARAKOÇ

09.01.2023



Teşekkürler

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini bizimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsak bize kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bize faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını yapan her sorun yaşadığımızda yanına çekinmeden gidebildiğimiz, güler yüzünü ve samimiyetini bizden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımızda bize verdiği değerli bilgilerinden faydalanabileceğimiz kıymetli tez hocamız Dr. Öğr. Üyesi Feridun Karakoç'a teşekkürü borç biliyoruz ve şükranlarımızı sunuyoruz.

Teşekkürlerin az kalacağı diğer üniversite hocalarımın da bize 4 yıllık üniversite hayatımız boyunca kazandırdıkları her şey için ve bizi gelecekte söz sahibi yapacak bilgilerle donattıkları için hepsine teşekkürlerimizi sunuyoruz.



Özet

Bu tez çalışmasında, CATIA V5 CAD/CAM yazılımı kullanılarak çift turbolu V6 içten yanmalı motorun tüm parçalarının tasarımı yapılmış ve Assembly Design'da montajı yapılmıştır. Ardından DMU Kinematics de parçalar kinematik eklemlerle bağlanarak motorun belirli devir sayılarında piston hız ve ivme analizleri yapılmış, hız ve ivme grafikleri oluşturulmuştur. Son olarak Generative Structural Analysis de piston ve biyel kolunun belirli sınır şartları altında yapısal analizleri yapılmış, şekil değiştirme ve gerilme değerlerine bakılmıştır.

CATIA-V5 Bilgisayar Destekli Üç Boyutlu etkileşimli uygulama Fransız şirketi Dassault Systemes tarafından geliştirilen dünyanın önde gelen üst düzey CAD / CAM / CAE yazılım paketlerinden biridir. CATIA-V5 tasarım sürecinde size birçok avantaj sağlar.

Bir V6 içten yanmalı motorun farklı hareket işlevleri açısından tüm kinematik sistemini ayrıntılı olarak inceleyen bu çalışma, sonuç olarak, tüm hareketlerini CATIA-V5'in DMU Kinematik analizinde göstermenin mümkün olduğu eksiksiz bir 3D-CAD V6 içten yanmalı motorun modelini verir.



İçindekiler

Teşekkürler	1
Özet	2
İçindekiler	3
1. İsimlendirmeler	8
2. Giriş	9
2.1. Tezin Amacı	10
3. Metodoloji (Tasarım)	10
3.1. Modelin Parçaları	12
3.1.1. Motor Bloğu.....	13
3.1.2. Krank Mili.....	13
3.1.3. Piston.....	14
3.1.4. Kam Mili.....	14
3.1.5. Karter.....	15
3.1.6. Valf Kapağı.....	15
3.1.7. Silindir Kapağı.....	16
3.1.8. Supap.....	16
3.1.9. Manifold.....	17
3.1.10. Turbo.....	17
3.1.11. Hava Filtresi.....	18
3.2. Part Design (Modelleme)	18
3.2.1. Part Design Genel Bakış.....	18
3.2.1.1. 2D Katı Çizim.....	19
3.2.1.1.1. Profile.....	19
3.2.1.1.2. Constraint.....	20
3.2.1.1.3. Operation.....	21
3.2.1.2. 3D Katı Modelleme.....	22
3.2.1.2.1. Sketch Based Features.....	22
3.2.1.2.2. Dress Up Features.....	23
3.3. Assembly Design (Parça Montajı)	24
3.3.1. Assembly Design Genel Bakış.....	24



3.3.1.1.	Constraints	24
3.3.1.1.1.	Constraint Properties.....	25
3.3.2.	Parça Montajında “Constraint” Kullanımı	26
3.3.2.1.	Coincidence Constraint.....	26
3.3.2.2.	Contact Constraint.....	27
3.3.2.3.	Offset Constraint	28
3.3.2.4.	V6 Motor Constraints İşlem Ağacı	29
3.4.	DMU Kinematics (Kinematik Analiz)	30
3.4.1.	DMU Kinematics Genel Bakış	30
3.4.1.1.	Kinematic Joints	30
3.4.2.	Parçada Joints Kullanımı	33
3.4.2.1.	Cylindrical Joints.....	33
3.4.2.2.	Revolute Joints.....	34
3.4.2.3.	Gear Joints.....	35
3.4.2.4.	Slide Curve Joints	36
3.4.2.5.	V6 Motor Joints İşlem Ağacı.....	37
3.5.	DMU Generic Animation (Mekanizma Simülasyonu)	38
3.5.1.	V6 Motorun Simülasyonu	39
3.6.	Hız – İvme Analizi (Parametreleştirme)	40
3.6.1.	Hız – İvme Analizi Adımları	41
3.6.1.1.	1000 dv/dk İçin Grafik Yorumlanması.....	44
3.6.1.2.	3000 dv/dk İçin Grafik Yorumlanması.....	45
3.7.	Generative Structural Analysis (Yapısal Analiz)	46
3.7.1.	Yapısal Analiz Adımları	47
3.7.2.	Piston Yapısal Analizi Sonuçları ve Çözümleri	49
3.7.3.	Biyel Kolu Yapısal Analiz Sonuçları ve Çözümleri.....	55
4.	Sonuç.....	61
5.	Kaynakça.....	62

Şekiller

Şekil 1: Tasarım Aşamaları.....	11
Şekil 2: V6 Motor Tüm Parçaları	12
Şekil 3: Motor Bloğu CAD ve Çizim Aşaması.....	13
Şekil 4: Krank Mili CAD ve Çizim Aşaması	13
Şekil 5: Piston CAD ve Çizim Aşaması	14
Şekil 6: Kam Mili CAD ve Çizim Aşaması	14
Şekil 7: Karter CAD ve Çizim Aşaması	15
Şekil 8: Valf Kapağı CAD ve Çizim Aşaması	15
Şekil 9: Silindir Kapağı CAD ve Çizim Aşaması.....	16
Şekil 10: Supap CAD ve Çizim Aşaması.....	16
Şekil 11: Manifold CAD ve Çizim Aşaması	17
Şekil 12: Turbo CAD ve Çizim Aşaması.....	17
Şekil 13: Hava Filtresi CAD ve Çizim Aşaması	18
Şekil 14: Constraint Komuları	20
Şekil 15: Constraint Definition.....	20
Şekil 16: Constraint Properties	25
Şekil 17: Coincidence Constraint Komut Kullanım Örneği	26
Şekil 18: Contact Constraint Komut Kullanım Örneği.....	27
Şekil 19: Offset Constraint Komut Kullanım Örneği	28
Şekil 20: Constraints İşlem Ağacı	29
Şekil 21: DMU Kinematics	30
Şekil 22: Cylindrical Joints	33
Şekil 23: Revolute Joints.....	34
Şekil 24: Gear Joints.....	35
Şekil 25: Slide Curve Joints	36
Şekil 26: Joints İşlem Ağacı	37
Şekil 27: İlk Hareketin Verilmesi	38
Şekil 28: Simüle Edilebilir.....	38
Şekil 29: Simülasyon ve Hareket Adımları -1	39
Şekil 30: Simülasyon ve Hareket Adımları -2.....	39



Şekil 31: Formulas - Add Formula	41
Şekil 32: 1000 devir ve 3000 devir için Formula Editor	42
Şekil 33: Speed and Acceleration	42
Şekil 34: Simülasyon ve Activate Sensors	43
Şekil 35: Activate Sensors İçerikleri	43
Şekil 36: 1000 dev/dk Grafik	44
Şekil 37: 3000 dev/dk Grafik	45
Şekil 38: Materyal Seçimi.....	47
Şekil 39: Clamp Seçimi	47
Şekil 40: Vektörlerin Gösterimi.....	48
Şekil 41: Mesh Ayarı	48
Şekil 42: Compute.....	48
Şekil 43: Malzeme Akma Dayanımları	49
Şekil 44: (30 Bar) Yapısal Analiz Sonuçları	50
Şekil 45: (60 Bar) Alüminyum Yapısal Analiz Sonuçları	51
Şekil 46: 6080 N Dökme Demir Analiz Sonuçları	56
Şekil 47: 12161 N Dökme Demir Analiz Sonuçları	57

Tablolar

Tablo 1: Profile Komutları	19
Tablo 2: Operation Komutları	21
Tablo 3: Sketch - Based Features	22
Tablo 4: Dress - Up Features.....	23
Tablo 5: Constraints Komutları	24
Tablo 6: Kinematic Joints -1.....	31
Tablo 7: Kinematic Joints -2.....	32
Tablo 8: Kinematik Analiz Komutları	40
Tablo 9: 1000 dv/dk Piston Grafik Değerleri	44
Tablo 10: 3000 dv/dk Piston Grafik Değerleri	45
Tablo 11: Yapısal Analiz Komutlar	46
Tablo 12: Alüminyum Analiz Sonuçları	52
Tablo 13: Alüminyum ve Dökme Demir Karşılaştırılması	53



Tablo 14: 60 Bar Dökme Demir ve Al 5083 – H321 Alaşım Karşılaştırması54

Denklemler

Açısal Hız Formülü: $\omega = 2\pi n/60$ (rad/s) (1)...41

1000 d/dk için; $\omega = 2\pi(1000)/60 = 104.72$ rad/s 104.72 rads = 6000 degs (2)..41

3000 d/dk için; $\omega = 2\pi(3000)/60 = 314.16$ rad/s 314.16 rads = 18000 degs (3)..41

1000 d/dk için; $(6000\text{deg}) * (\text{Motor\KINTime}) / (1\text{s})$ (4)..42

3000 d/dk için; $(18000\text{deg}) * (\text{Motor\KINTime}) / (1\text{s})$ (5)..42

Biyel Kolu İç Çap Alanı: $A = \pi D^2/4 = \pi(0.050824)^2/4 = 2.026 \times 10^{-3}$ (m²) (6)..55

Basınç Formülü: $P = F/A$ (Pa) (7) .55

Kuvvet Hesabı: $F = P \cdot A$ (8)..55



1. İsimlendirmeler

CAD: Bilgisayar Destekli Tasarım

CAM: Bilgisayar Destekli Üretim

CAE: Bilgisayar Destekli Mühendislik

CATIA: Bilgisayar Destekli Üç Boyutlu İnteraktif Uygulama

3D: Üç Boyutlu Uzay

DMU: Dijital Maket



2. Giriş

İçten yanmalı motorlar, yakıtın motor içinde yanma odası adı verilen sınırlı bir alan içinde yakılması ile oluşan basıncın, piston deneni 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 hem CATIA programı hem de 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.



2.1. Tezin Amacı

Bir V6 motorun 3D-CAD modelini oluşturmaktır. V6 motorun katı modellemesi, hız ve ivme analizleri yapılarak yüksek hızlarda dayanımlarının hesaplanması ve bu hesaplamaların grafiklerde gösterilmesi. Yapılan çalışmanın uygunluğunu araştırarak kullanıma hazır olan bir V6 motorun verileriyle karşılaştırılması.

Piston ve biyel koluna yapısal analizler yapılarak mukavemet kontrollerine bakılıp, akma sınırına uygun en kullanılabilir malzeme seçiminin yapılması ve malzemelerin karşılaştırılması.

Diğer bir amaç ise V6 motorun katı modellemesi, montajı ve kinematik analizi yapılırken kullanılan tüm metotlar detaylı bir şekilde anlatılmasıdır.

3. Metodoloji (Tasarım)

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.

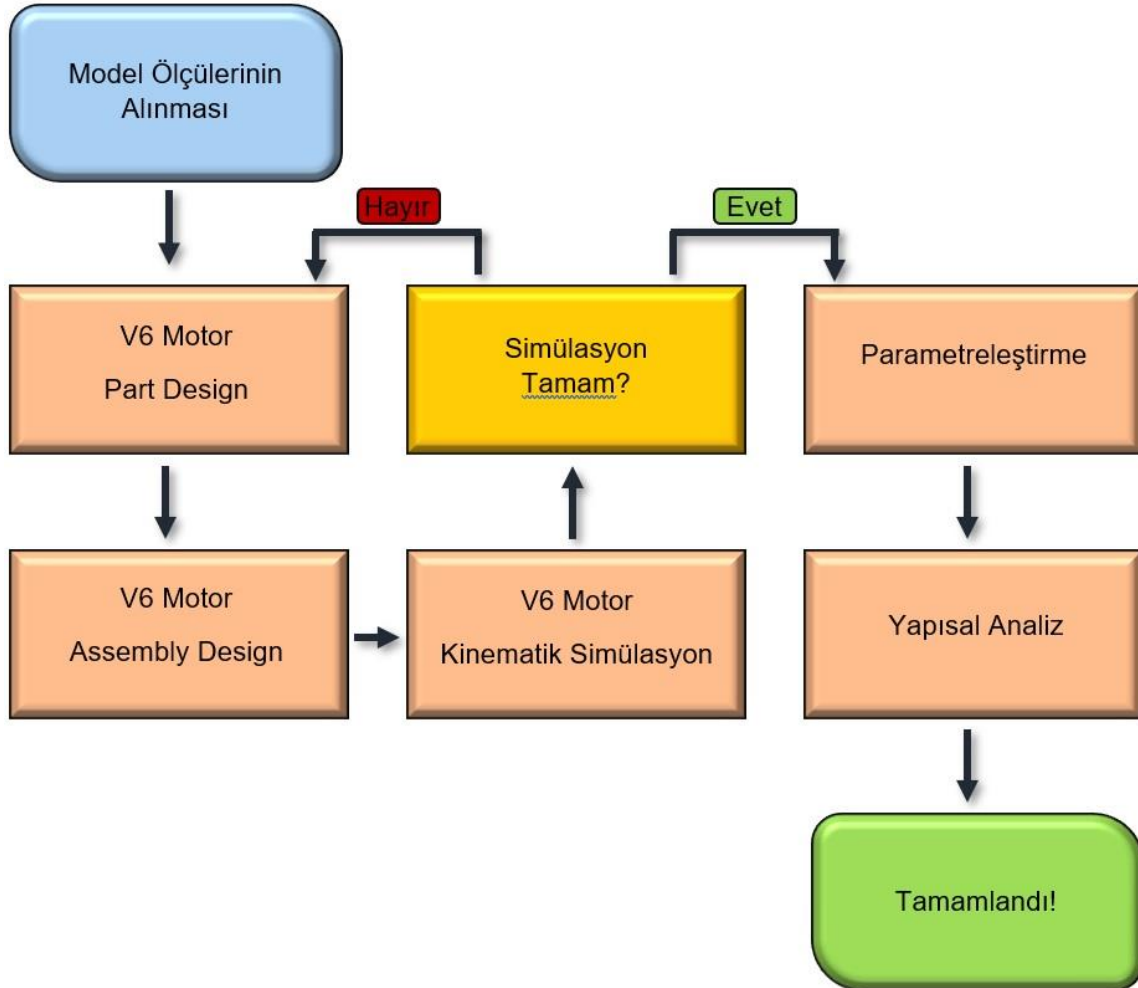
Tüm bileşenlerin teknik resimlerine ve verilen ölçülerine göre katı modeli (Part Design) oluşturulduktan sonra, bir sonraki olan adım olan montaja (Assembly Design) geçilebilir. Her bileşen, parçaların konumlarına göre yerleştirilir.

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.



Modelin parametrelendirilmesi CATIA-V5'de bulunan formül özelliği kullanılarak V6 motorun yüksek devirlerde gösterdiği değişimler göz önüne alınarak grafikleri oluşturulacaktır.

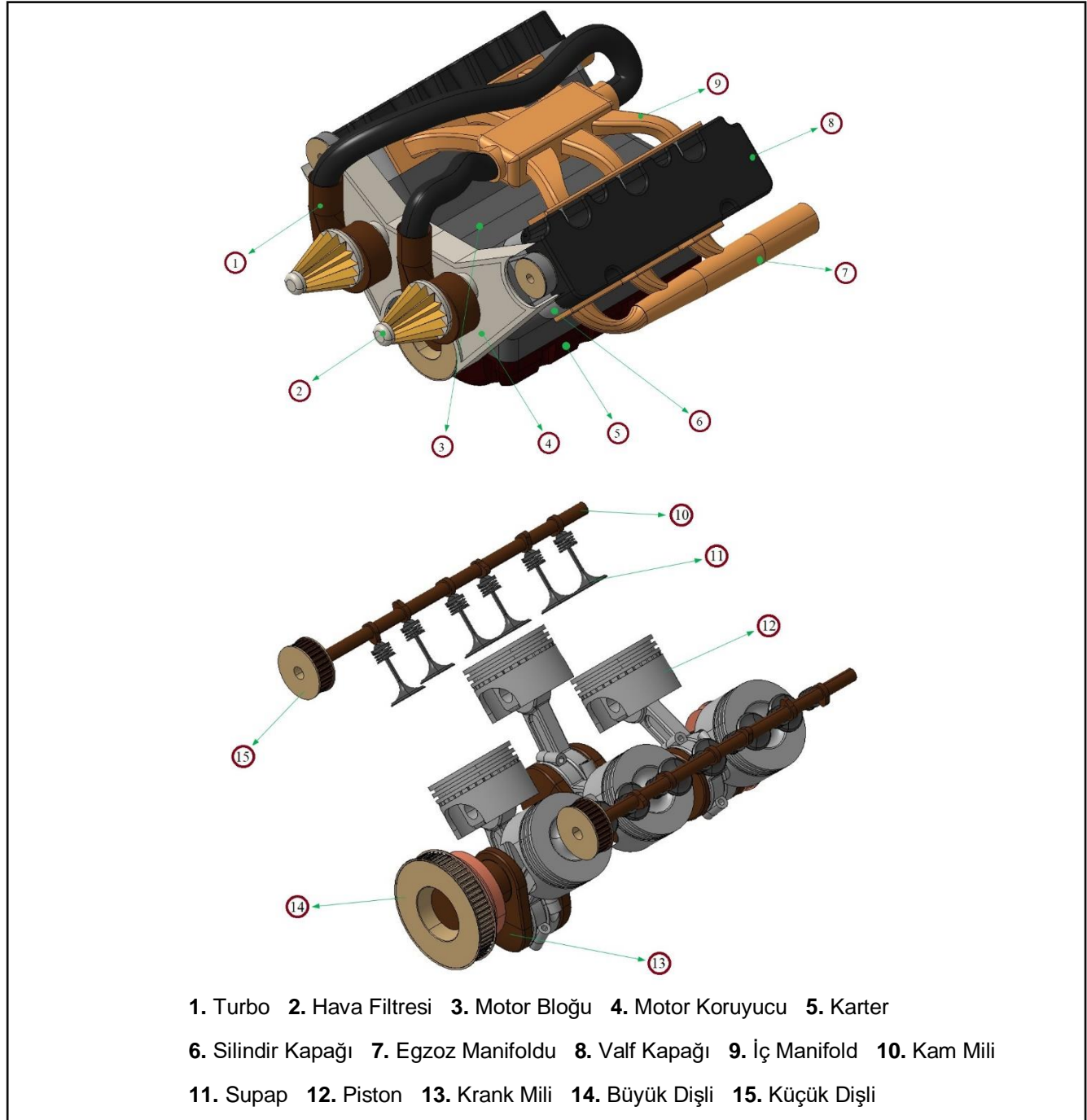
Piston ve biyel koluna yapısal analizde (Generative Structural Analysis) malzeme denemeleri yapılarak çıkan değerler **karşılaştırılarak uygun malzeme seçimi yapılacaktır.**



Şekil 1: Tasarım Aşamaları

3.1. Modelin Parçaları

Tasarladığımız V6 motor, motor bloğu, piston, krank mili, kam mili, supaplar, turbolar, manifoldlar, karter, silindir kafası, burçlar, kam tutucu, kayış parçalarından oluşmaktadır. Modelde temsil edilen parçalar ayrı ayrı açıklanacaktır.

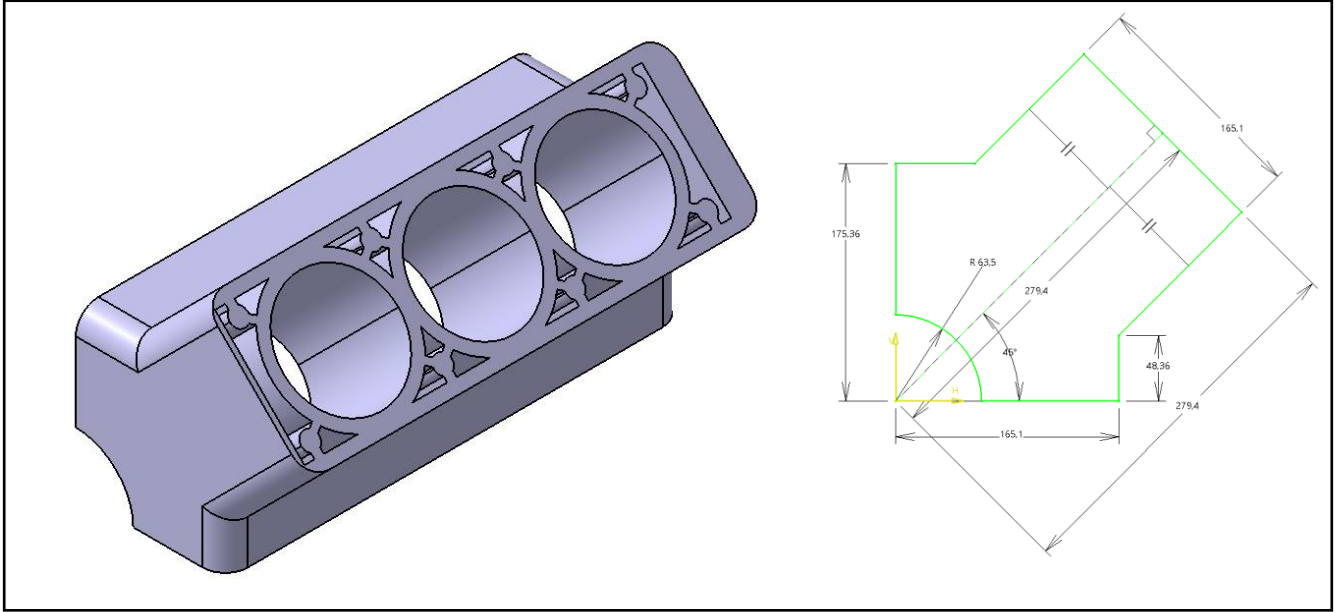


1. Turbo 2. Hava Filtresi 3. Motor Bloğu 4. Motor Koruyucu 5. Kartar
6. Silindir Kapağı 7. Egzoz Manifoldu 8. Valf Kapağı 9. İç Manifold 10. Kam Mili
11. Supap 12. Piston 13. Krank Mili 14. Büyük Dişli 15. Küçük Dişli

Şekil 2: V6 Motor Tüm Parçaları

3.1.1. 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 oluşturarak, üst karterle birlikte motorun gövdesini oluşturan ana motor gövdesidir.



Şekil 3: Motor Bloğu CAD ve Çizim Aşaması

3.1.2. Krank Mili

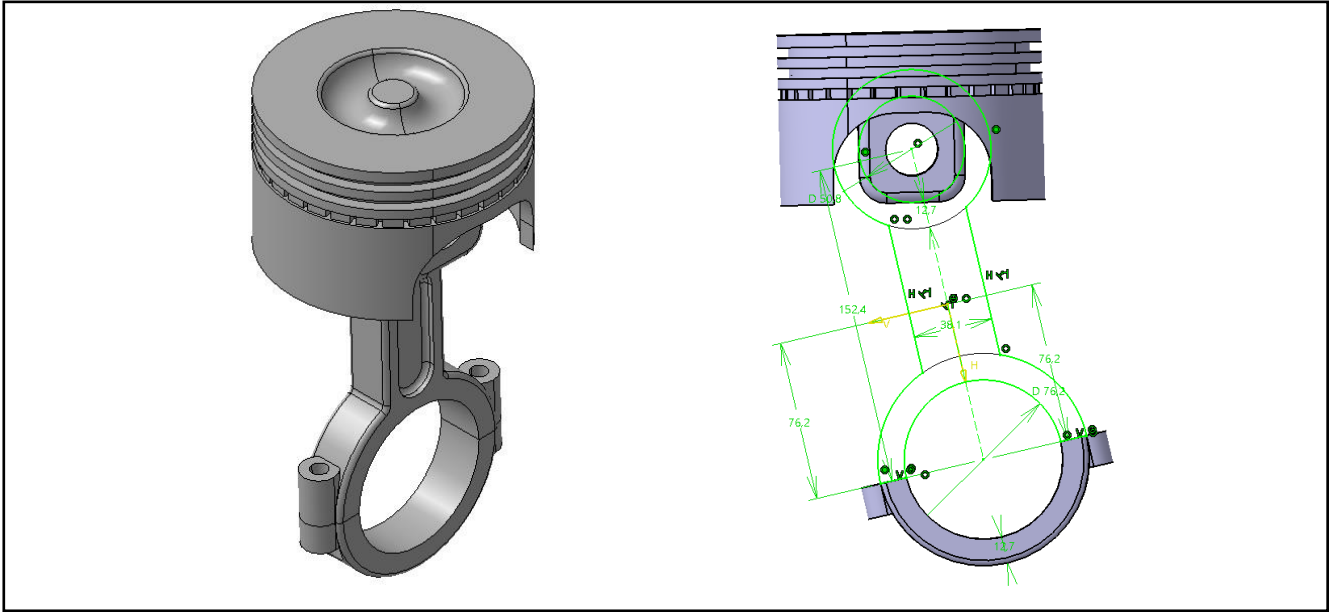
Pistonların doğrusal hareketini dairesel harekete çeviren ve yapmış olduğu dairesel hareket sonucu pistonlara doğrusal hareket kazandıran, yanma basınçlarını üzerinde toplayarak dairesel hareket üreten temel motor parçasıdır.



Şekil 4: Krank Mili CAD ve Çizim Aşaması

3.1.3. Piston

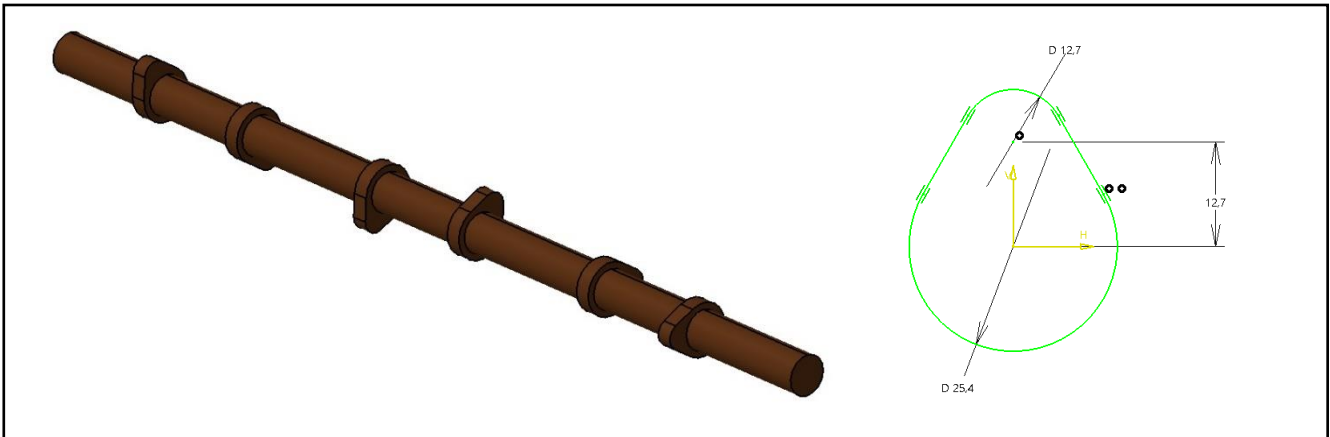
Pistonlar, silindir içerisinde yaptıkları doğrusal hareketlerle zamanları meydana getirir. İş zamanında yanmış gaz basıncını piston kolu (biyel) aracılığı ile krank miline iletir, diğer üç zamanda krank milinden aldığı hareketle emme, sıkıştırma ve egzoz zamanlarını meydana getirir.



Şekil 5: Piston CAD ve Çizim Aşamaları

3.1.4. Kam Mili

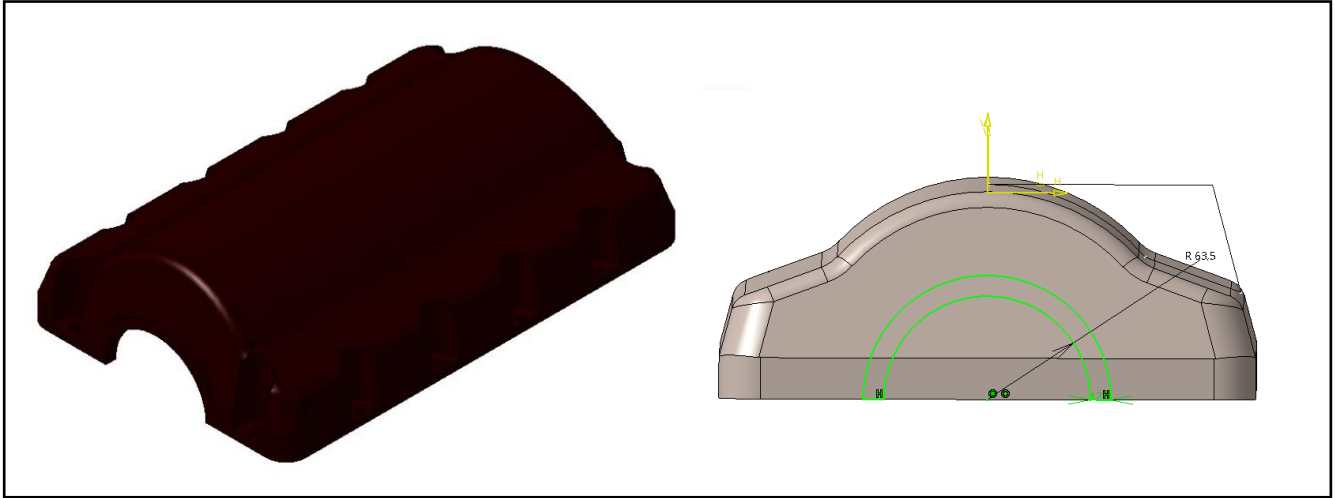
Eksantrik mili, supapları dört zaman çevrimine göre açan, piston kursu boyunca açık tutan ve yaylar yardımıyla kapatan, ateşleme ve yağlama sistemi gibi sistem parçalarına da hareket veren setli bir mildir.



Şekil 6: Kam Mili CAD ve Çizim Aşamaları

3.1.5. Karter

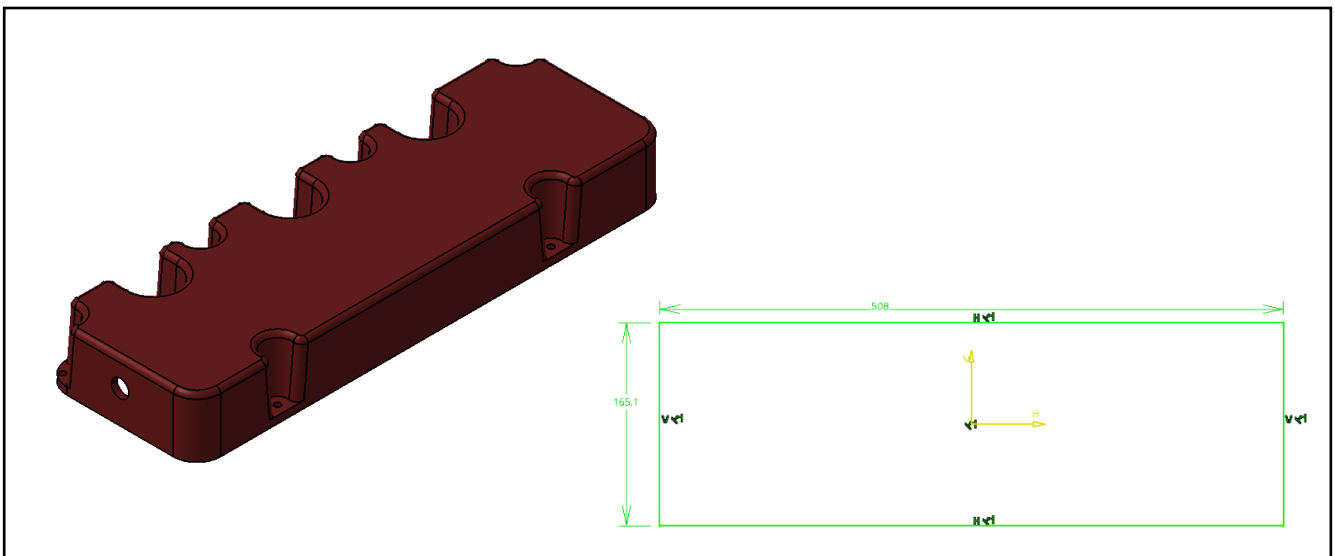
Karter, motoru ve krank muhafazasını alt taraftan kapatarak motor yağına depoluk eden sabit motor parçasıdır.



Şekil 7: Karter CAD ve Çizim Aşaması

3.1.6. Valf Kapağı

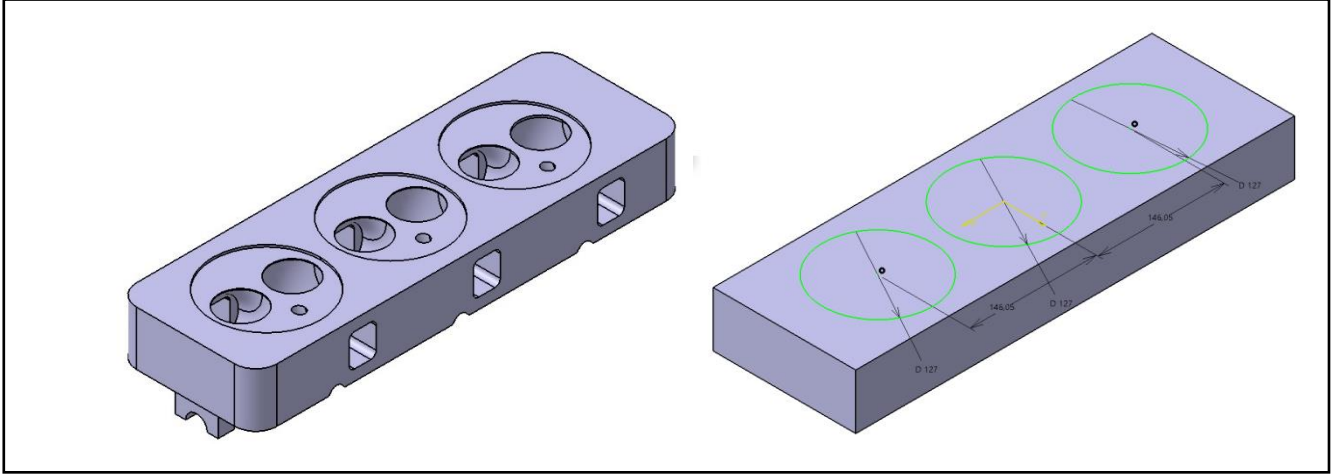
Valf kapağı, motor bloğunun en üstünde bulunan, motor yağının dışarı sızmasını engelleyen sabit motor parçasıdır. Valf kapakları metal veya dökme demirden yapılır.



Şekil 8: Valf Kapağı CAD ve Çizim Aşaması

3.1.7. Silindir Kapağı

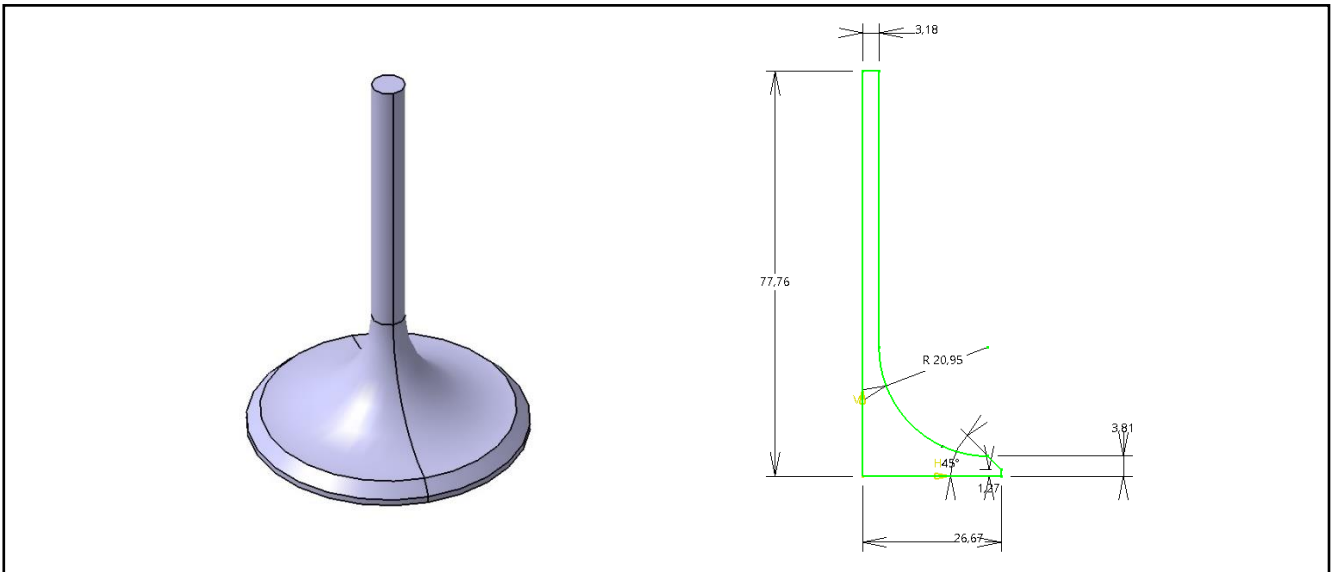
Silindir kapağı, silindirleri ve motor bloğunu üstten kapatarak, motor bloğu ile birlikte yanma odasını oluşturan ve bazı motor parçalarını üzerinde taşıyan sabit motor parçasıdır.



şekil 9: Silindir Kapağı CAD ve Çizim Aşaması

3.1.8. Supap

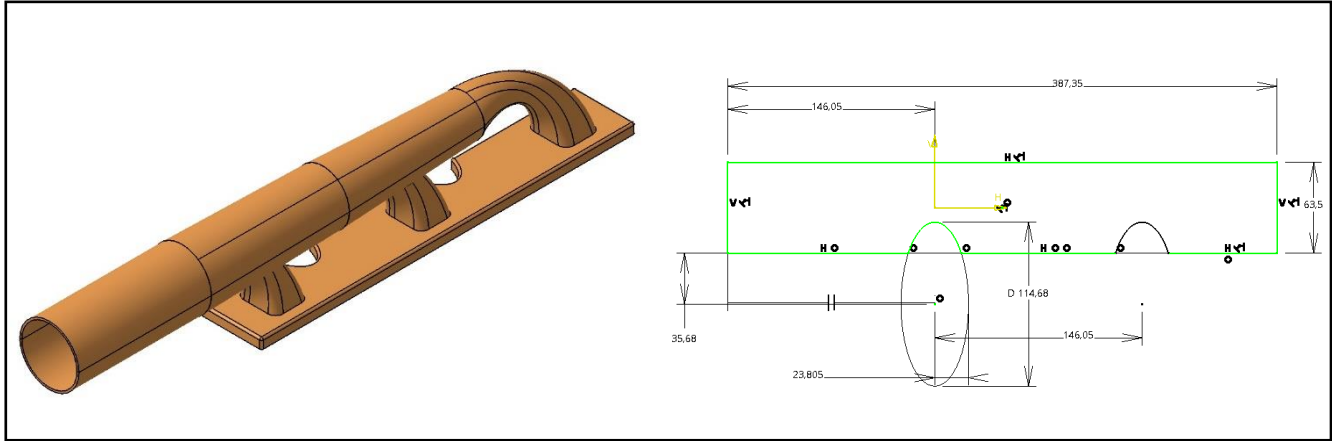
Supaplar, çalışma şartlarında emme ve egzoz yuvalarını açmak, sıkıştırma zamanı ve yanma zamanı sırasında bu yuvaların sızdırmazlığını sağlamaktır.



şekil 10: Supap CAD ve Çizim Aşaması

3.1.9. Manifold

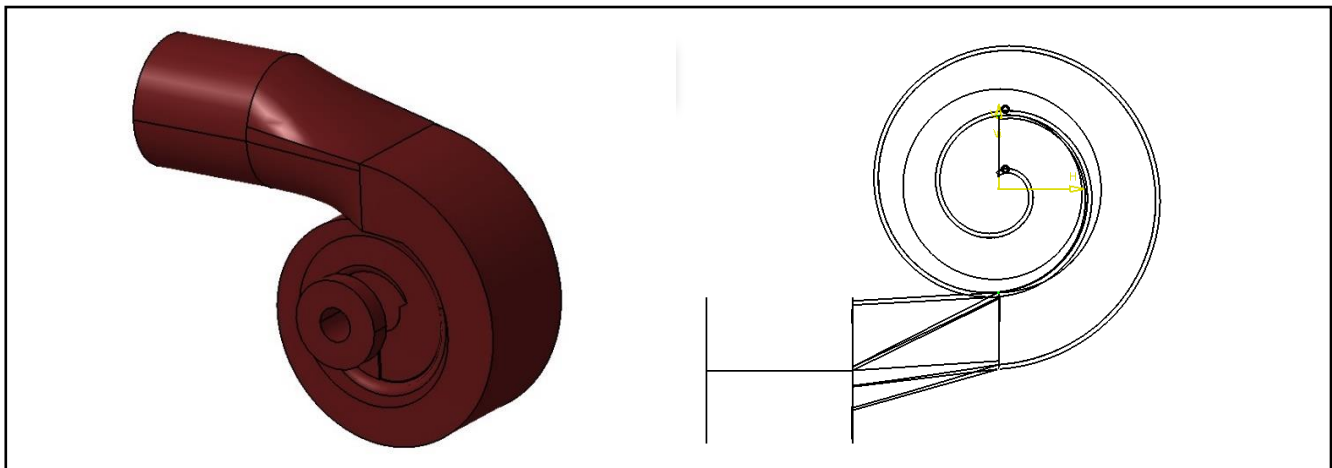
Araç aksamlarındaki manifoldlar egzoz ve emme manifoldu olarak ikiye ayrılır; Egzoz manifoldu, motordaki yanmış gazların dışarıya atılmasını sağlayan parçaya denir. Emme manifoldu, motora giren havanın motora iletilmesinden sorumludur.



Şekil 11: Manifold CAD ve Çizim Aşaması

3.1.10. Turbo

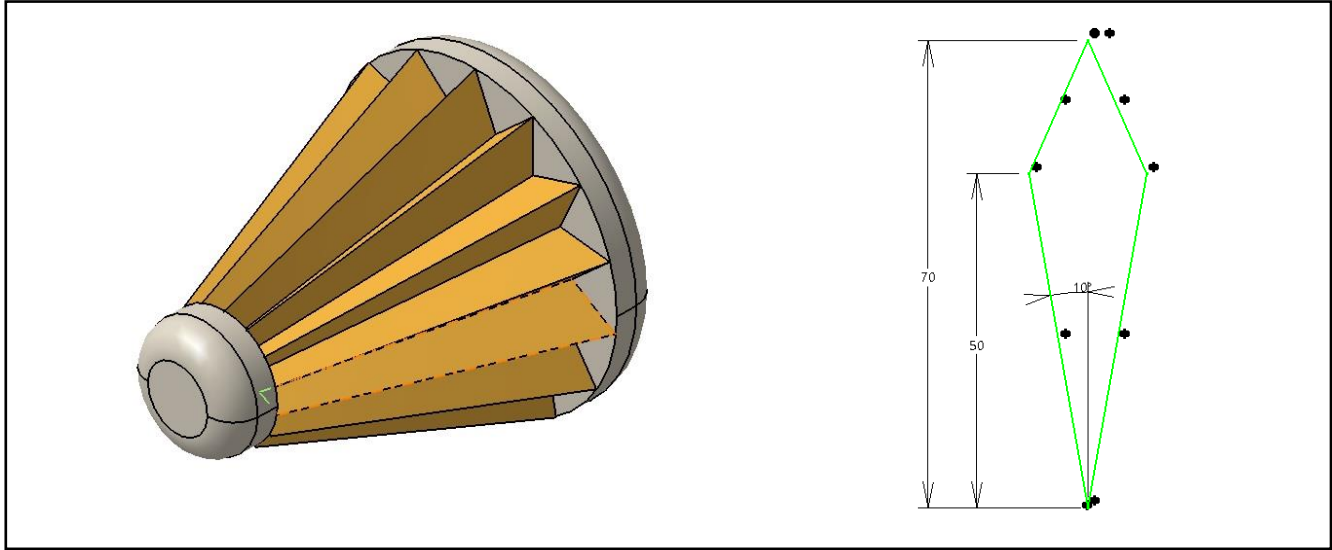
Motorun normal haliyle emebildiğinden daha fazla havayı emmesini sağlayan turbo, bunu yüksek basınçlı silindirlere göndererek aracın daha fazla hava ve basınç ile temasını, bu sayede de motorun daha güçlü çalışmasını sağlar.



Şekil 12: Turbo CAD ve Çizim Aşaması

3.1.11. Hava Filtresi

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



Şekil 13: Hava Filtresi CAD ve Çizim Aşaması



3.2. Part Design (Modelleme) Part Design

Katı modellemesi yapılan V6 motorun gerçeğe yakın ölçüleri kullanılarak CATIA-V5 paket programı üzerinden çizilmeye başlanmıştır. Katı model oluşturulurken çizim sırasına önem gösterilmiştir. Çizim sırasında geometrinin oluşturulması, eksik kalan geometrik şartların tamamlanması, V ve H eksenine sınırlama, ölçülendirme, ölçülerin gerçek değerinin girilmesi gibi etkenler göz önünde bulundurulmuştur.

3.2.1. Part Design Genel Bakış

“**Mechanical Design**” başlığında bulunan en önemli CATIA modüllerinden biridir. 2D çizdiğimiz tasarıma “pad”, “pocket”, “shaft”, “groove”, “hole”, “rib”, slot gibi birden fazla komut ile parçaları 3D hale getirir ve istenilen düzenlemeler yapılabilir. Montaj kavramından yinelemeli ayrıntılı tasarıma kadar sezgisel ve esnek bir kullanıcı ara yüzü ile sağlam 3D parçaların tasarlanmasını mümkün kılar.








3.2.1.1. 2D Katı Çizim

Ölçüleri verilen parçaların katı modelleme öncesi çizimlerini yapmak için kullandığımız bölümdür. Hangi eksendeki “Plane” isteniyorsa oradan  “Sketch” komutuyla çizime giriş yapılır. Komutlar yardımıyla istenilen parçanın çizimi bitirilir ve 3D katı modelleme geçişi sağlanır. Sketcher'da çizimimizi bitirdikten sonra  “Workbench” ikonuna ile çalıştığımız alana geri döneriz.

3.2.1.1.1. Profile

Doğruların, dairelerin, dikdörtgenlerin veya benzeri geometrik şekillerin bulunduğu bölümdür.

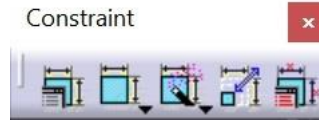


	Profile	Sürekli olarak çizim yapan (doğru, eğri) komuttur. Tıklandığında son bulur.
	Rectangle	Başlangıç ve bitiş noktaları verilerek dikdörtgen oluşturulur
	Circle	Merkezi ve yarıçapı belli çember oluşturulabilir.
	Spline	Belirli kontrol noktalarından geçen teğet ve eğrisel sürekliliğe sahip özel eğriler oluşturulabilir.
	Line	Komutu ile eklemeli doğrular ile çizim yapılır
	Axis	Eksen çizgisi atan komuttur. Çizimde yardımcı çizgi olarakta kullanılır.
	Point by Clicking	Çizimde diğer komutlarda kullanılacak referans noktadır. Örneğin: Helis dişli açma, vida açma, çizgileri birleştirme, analizde başlangıç noktası belirleme gibi.

Tablo 1: Profile Komutları

3.2.1.1.2. Constraint

Bu komut bütününde çizilen iki boyutlu çizgilerin istenilen değerde ölçüleri verilir, iki çizgi veya daha fazla çizgiler arası “teğetsel, diklik, paralellik” gibi ilişkiler atanabilir.



Şekil 14: Constraint Komuları

Constraint Definition ? X

<input type="checkbox"/> Distance	<input type="checkbox"/> Fix
<input type="checkbox"/> Length	<input type="checkbox"/> Coincidence
<input type="checkbox"/> Angle	<input type="checkbox"/> Concentricity
<input type="checkbox"/> Radius / Diameter	<input type="checkbox"/> Tangency
<input type="checkbox"/> Semimajor axis	<input type="checkbox"/> Parallelism
<input type="checkbox"/> Semiminor axis	<input type="checkbox"/> Perpendicular
<input type="checkbox"/> Symmetry	<input type="checkbox"/> Horizontal
<input type="checkbox"/> Midpoint	<input type="checkbox"/> Vertical
<input type="checkbox"/> Equidistant point	

Constraints Definition: Bu fonksiyonu ile seçtiğimiz eleman veya elemanlara uygun geometrik şartları oluşturabiliriz.

Concentricity: Seçilen elemanları eş merkezli yapabiliriz.

Symmetry: Symmetry ile “Ctrl” tuşuna basılıyken en son simetri eksenini seçilerek elemanları birbirine göre simetrik yapabiliriz. İlk seçilen eleman referans olur.

Coincidence: Aynı türden iki elemana veya bir nokta ile başka bir elemana çakışık olma şartı atar.

Tangency: Bir daire, elips ya da daire yayı ile noktasal olmayan başka bir elemana teğetlik şartı atar.

Parallelism: İki doğruya paralellik şartı atar.

Perpendicularity: İki doğruya diklik şartı atar.

Horizontality: Seçilen doğruya yataylık şartı atar.










Vertical: Seçilen doğruya diklik şartı atar.

Şekil 15: Constraint Definition

3.2.1.1.3. Operation

Bu komutları kullanarak çizim aşamasında köşe, pah kırma, kırpma, dönüştürme ve projeksiyon gibi çeşitli işlemleri gerçekleştirebilirsiniz.



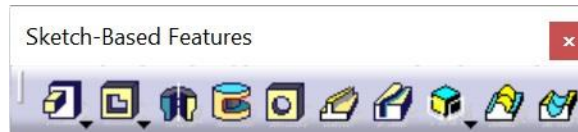
	Corner	Köşelere çeyrek daire şeklinde "Radius" açan ve çizgilere teğetsel olarak istenilen ölçüde yuvarlak kıvrım veren komuttur.
	Chamfer	İki çizgi veya eleman arasına pah yapılabilir.
	Trim	Seçilen doğru veya eğri istenen noktaya veya seçilen başka bir geometrik elemana kadar limitlenir. Kısaca istenilmeyen fazla çizimleri siler.
	Mirror	Sketch elemanlarının; çizgi, konstrüksiyon elemanı veya bir plana göre kopyasını oluşturur.
	Symmetry	Sketch elemanlarını; çizgi, konstrüksiyon elemanı veya bir plana göre taşır, simetrisini oluşturur.
	Translation	Sketch elemanları, bir referans noktasına göre istenilen sayıda çoğaltılabilir. Geometriyi seçerken çoklu seçim yapılabilir.
	Rotate	Sketch elemanları bir referans noktası etrafında belli bir açıda döndürülebilir.
	Offset	Sketch elemanlarını, belirli bir mesafede ve istenilen sayıda çoğaltma yapılabilir.
	Project 3D Elements	Katı üzerinden seçilen elemanın sınırları sketch düzlemine izdüşürülür.











Tablo 2: Operation Komutları

3.2.1.2. 3D Katı Modelleme

3.2.1.2.1. Sketch Based Features

Çizim Tabanlı Unsurlar; bir araya getirilerek katı modeli oluşturan yapılardır. Sketcher'da çizilen profiller yardımıyla oluşturduğumuz unsurlara “sketch tabanlı unsurlar” diyoruz. Önemli ve V6 CAD’de çok kullanılan bazı komutların tanımları tabloda verilmiştir;










	Pad	Profillere ve yüzeylere bir doğrultuda derinlik kazandırarak üç boyutlu elemanlar elde etmek için kullanılır.
	Pocket	Bir cep oluşturmak, bir profilin veya bir yüzeyin ekstrüde edilmesinden ve ekstrüzyondan kaynaklanan malzemenin çıkarılmasından oluşturmak için kullanılır.
	Shaft	Tel geometriyi açışal olarak belli bir ekseninde döndürebilmek için kullanılan komuttur.
	Groove	Döndürerek hacim boşaltma işlemi yapılabilir.
	Hole	CATIA'daki delik özellikleri, her türlü deliği (Basit, Konik, Havşa Delikli, Havşa, Havşa Delikli) yapmak için son derece kullanışlıdır.
	Rib	Bir profil, bir merkez eğri üzerinde süpürülür.
	Slot	Süpürme işlemiyle profil'i “Center Curve” üzerinden takip ederek hacim çıkarmasıdır.
	Solid Combine	İki profilin kesişim bölgesinde hacimsel bir katı oluşturur.
	Multi Section Solid	En az iki kesitten geçen hacimli elemanlar oluşturulabilir. Kesitler kapalı olmalıdır.
	Removed Section Solid	En az iki kesitten geçen hacimli elemanlar çıkarma işlemidir. Kesitler kapalı olmalıdır.

Tablo 3: Sketch - Based Features

3.2.1.2.2. Dress Up Features

Dress Up Features'a işlevsel kalıplanmış parçadan erişilebilir. Bir veya daha fazla desteğe komutlar uygulanarak yapılır. Katı modellemesi yapılmış parçalara, pah, radiüs, boşaltma veya kalınlık verme gibi işlemlerin yapıldığı komutlar penceresidir.



	Edge Fillet	Profillere ve yüzeylere radyüs oluşturmak için kullanılır.
	Chamfer	Seçilen köşelere pah kırmamıza yarar.
	Draft Angle	Belli yüzeylere belli yönlerde açı vermek için kullanılır.
	Shell	Katı parçada boşaltma işlemi yapılır.
	Thickness	Parçaya belli bir kalınlık eklenebilir.
	Thread/Tab	Silindirik yüzeylere diş açılabilir.
	Remove Face	Karmaşık yapılı çoklu elemanlı parçaların bazı yüzlerini kaldırarak daha basit yapılı hale getirir.

Tablo 4: Dress - Up Features

3.3. Assembly Design (Parça Montajı)

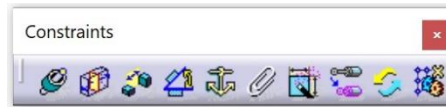
V6 Motor projesinde, katı modelleme tamamlandıktan sonra yapacağımız diğer adım “Assembly Design”dır. Burada çizilen bütün parçalar birleştirilecek, ardından hız ivme analizine geçilecektir. Sonuçların doğru olması için montajın doğru yapılması çok önemlidir. Bu yüzden her montajlama işleminden sonra parçalar “hareketli olanların hareketleri, sabit parçaların ise durağan halde olduğu kontrol edilmiştir. Yapılan bütün montajlar “3.3.2.4. İşlem Ağacı” başlığında gösterilmiştir.








3.3.1. Assembly Design Genel Bakış

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.

3.3.1.1. 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 5: Constraints Komutları

3.3.1.1.1. Constraint Properties

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

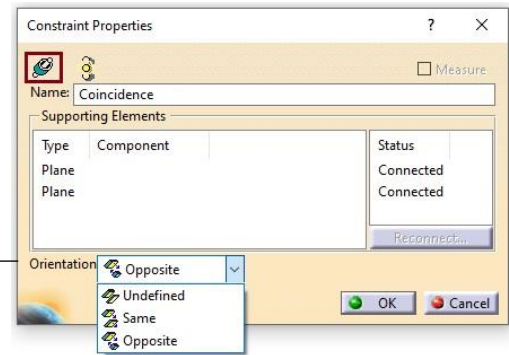
Coincidence Constraint Properties

Orientation Tanımları; ←

Same: Bağlantının aynı yöne doğru olmasıdır.

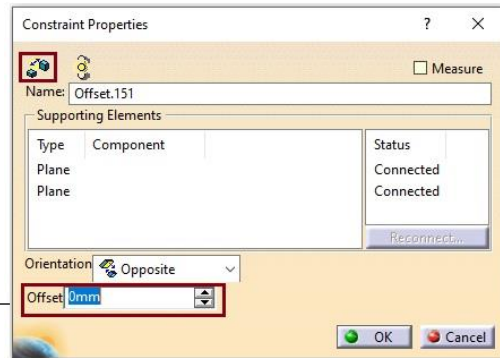
Opposite: Bağlantının ters yöne doğru olmasıdır.

Undefined: Bağlantının tanımsız olmasıdır.



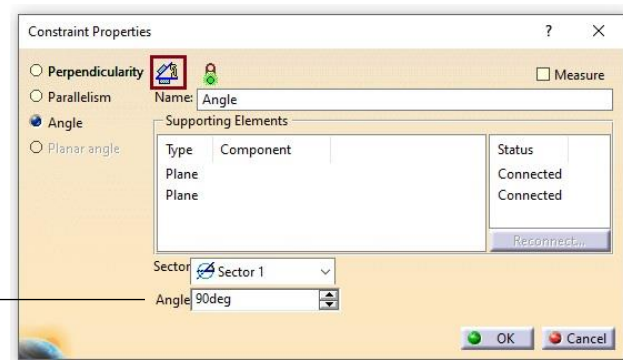
Offset Constraint Properties

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



Angle Constraint Properties

Angle: İstenen açıda montaj yapılmasını sağlayan özelliktir. ←



Şekil 16: Constraint Properties


3.3.2. Parça Montajında “Constraint” Kullanımı

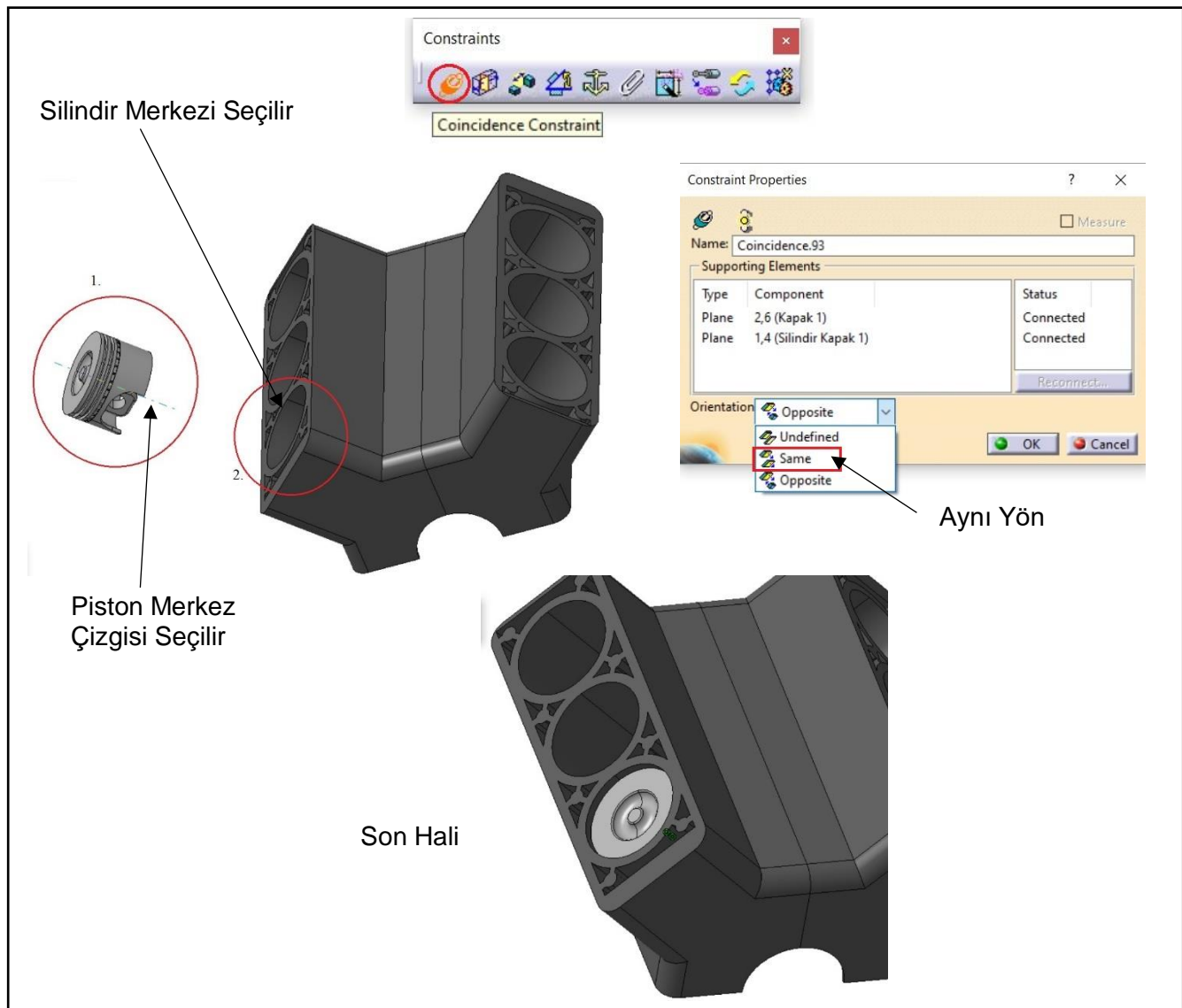
3.3.2.1. Coincidende Constraint

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.



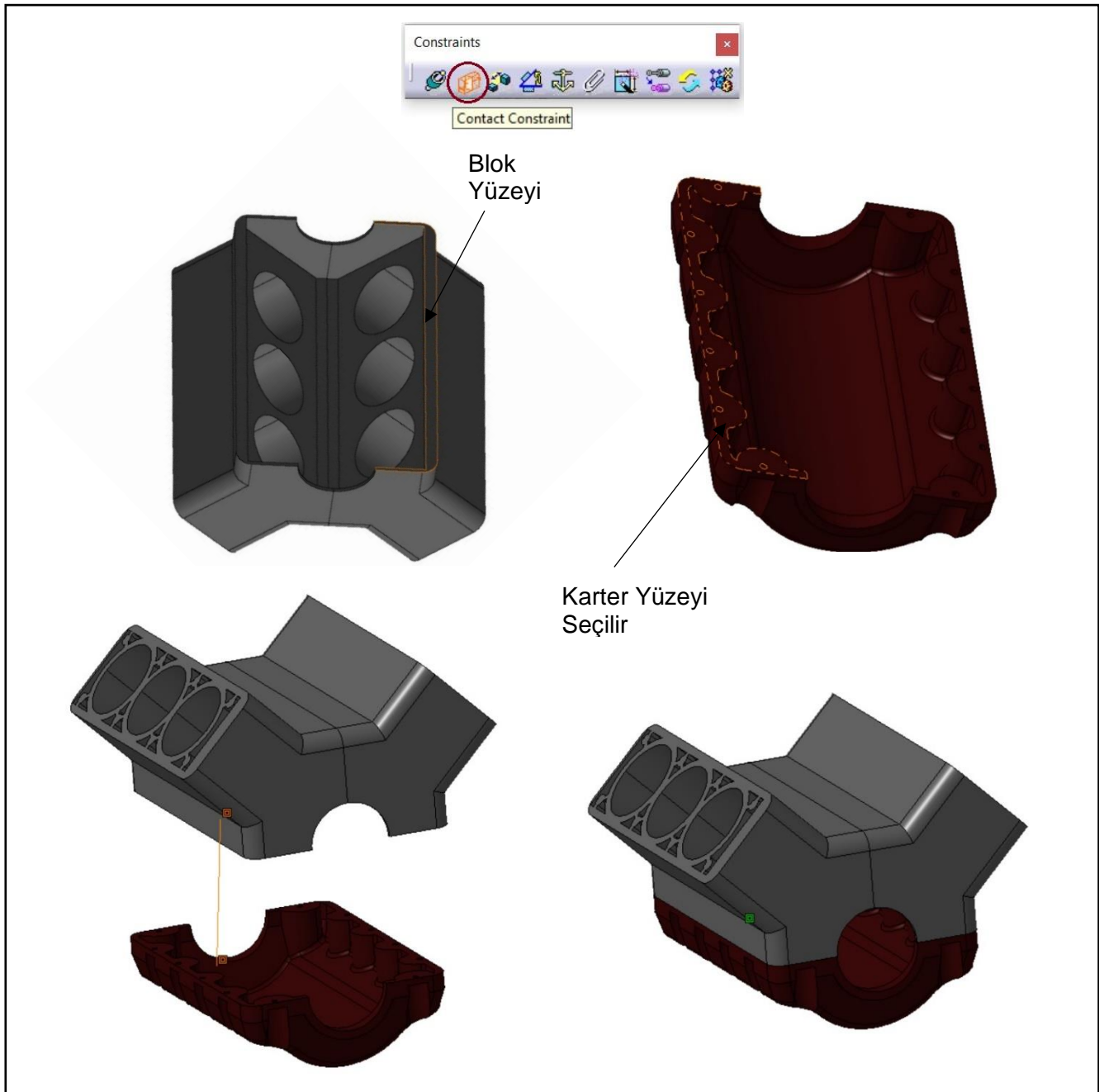
Şekil 17: Coincidence Constraint Komut Kullanım Örneği

3.3.2.2. 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.




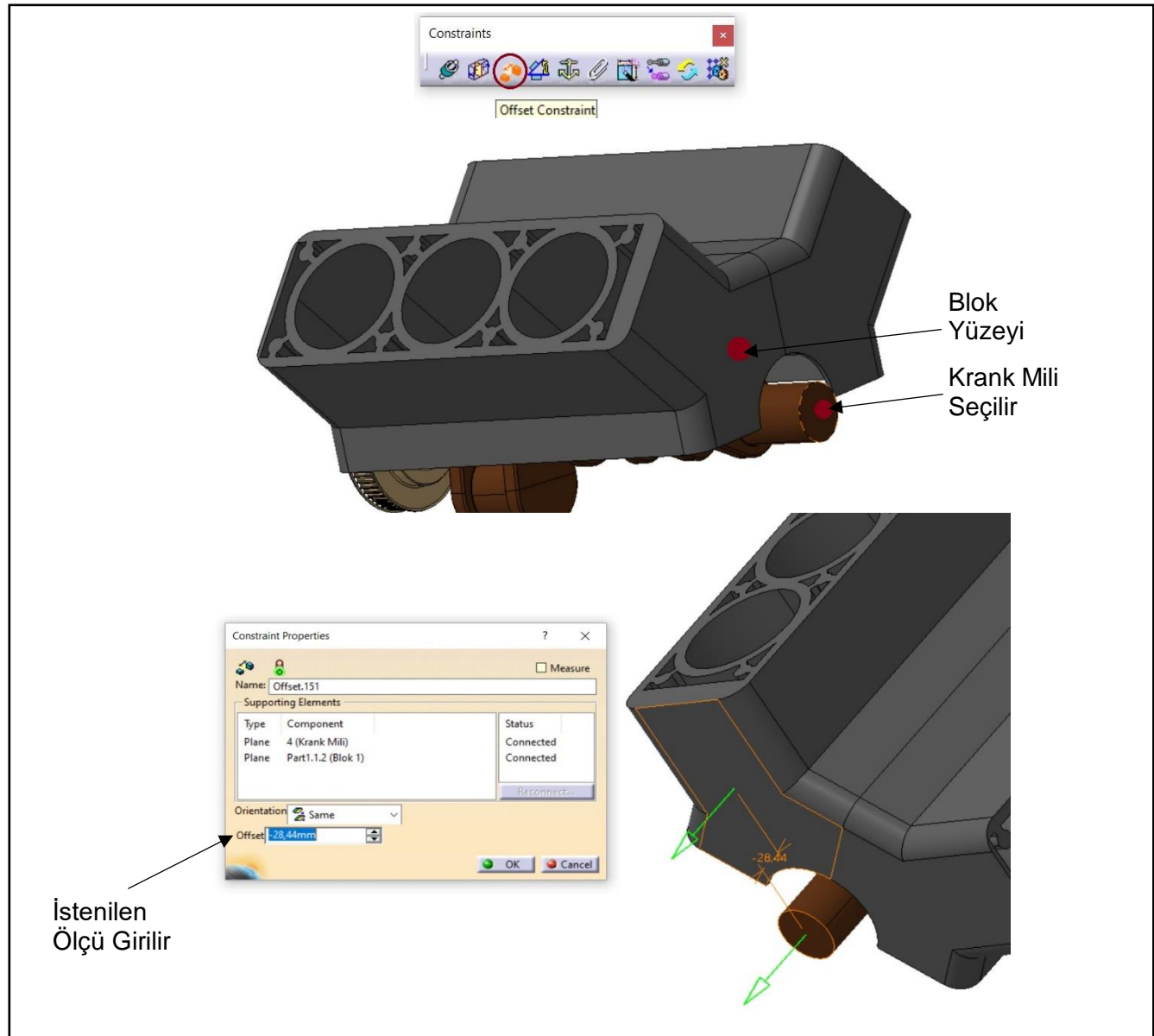
Şekil 18: Contact Constraint Komut Kullanım Örneği

3.3.2.3. Offset Constraint

1. Adım: Constraints bölümünden “Offset Constraint” seçilir.

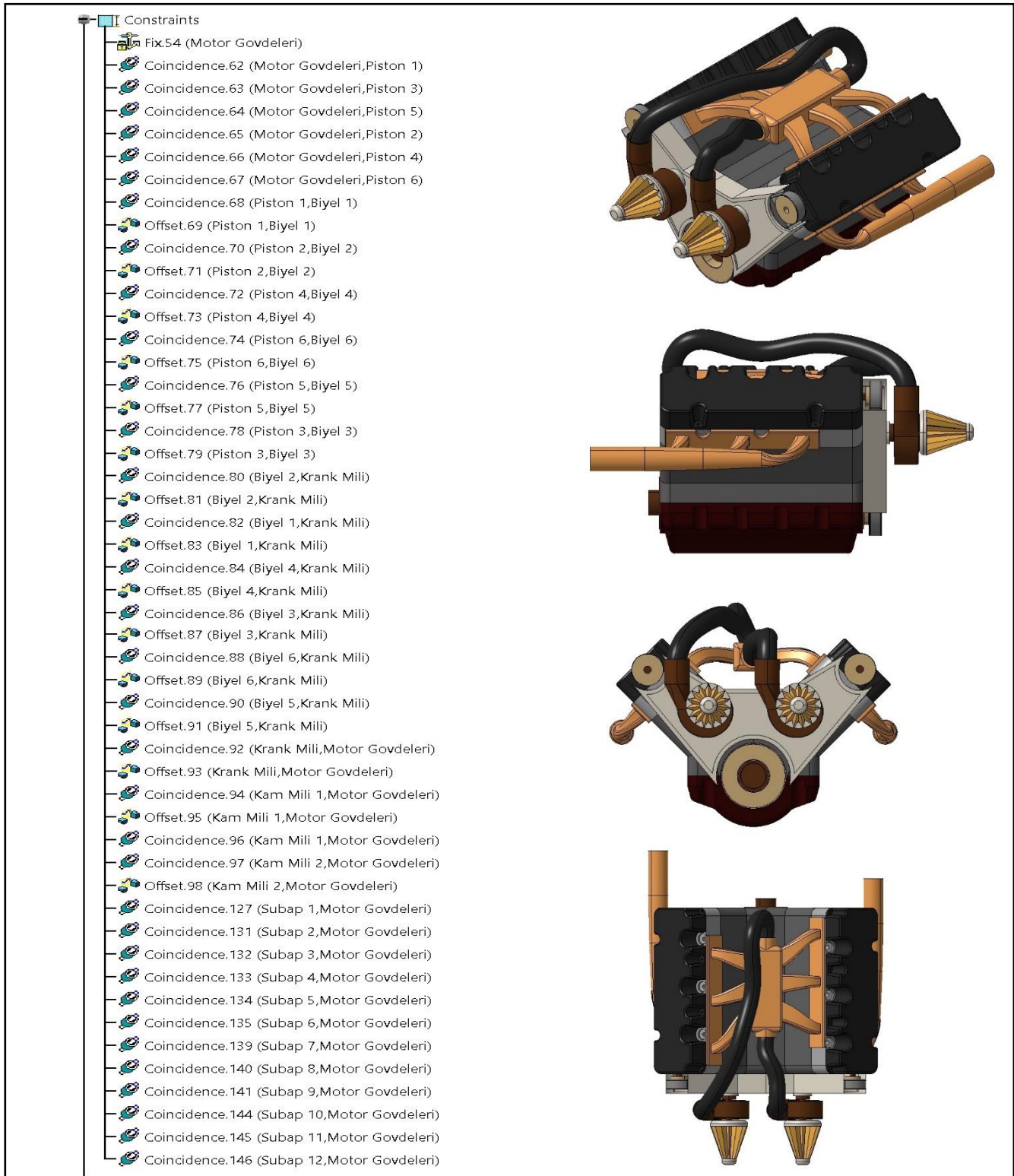
2. Adım: Montajlanacak parçalar yüzeylerinden seçilerek birbirlerine istenen mesafede aralıklı teması sağlanır. “Same” seçilir.

3. Adım: İşlemler tamamlandıktan sonra  “Update (CTRL + U)” simgesine tıklanarak temas edilen parçaların birbirine görsel olarak montajlanır ve montaj tamamlanır.



Şekil 19: Offset Constraint Komut Kullanım Örneği

3.3.2.4. V6 Motor Constraints İşlem Ağacı



Şekil 20: Constraints İşlem Ağacı

3.4. DMU Kinematics (Kinematik Analiz)

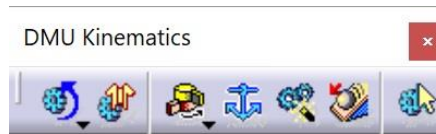
V6 Motor “Assembly Design”ı doğru şekilde tamamladıktan sonra kinematik analizi adımına geçilir. Burada motorun piston hızı, ivmesi ve zaman değerleri incelenip karşılaştırılacaktır.

3.4.1. DMU Kinematics Genel Bakış

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 iletmek için kullanılır. Her mekanizmanın bir sabit parçası vardır, bu sayede hareket oluşur.




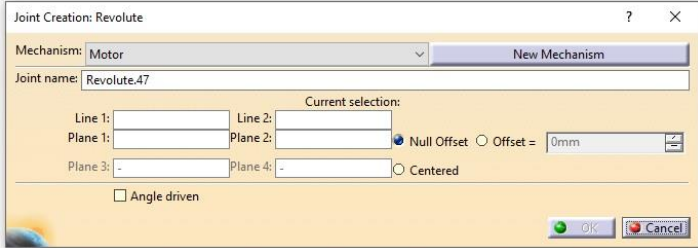

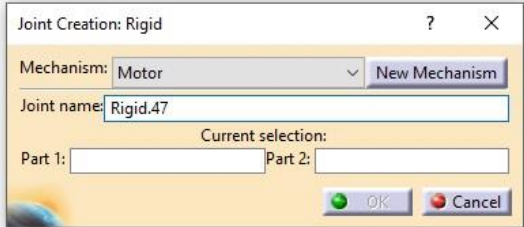

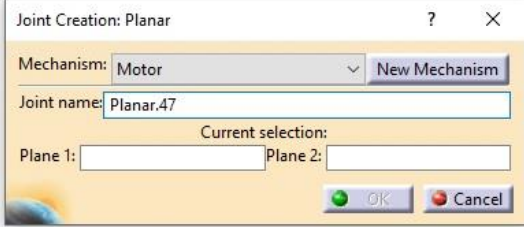

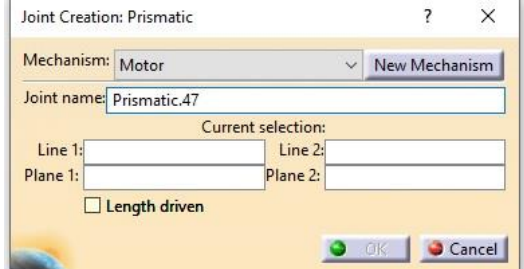
Kinematik simülasyon, çok çeşitli tasarım sorunlarını gösterebilir. Üretim sürecinden önce kullanılır. Özellikle, kinematik simülasyon olası sorunları algılamak için iki parça arasındaki görece hareketin analizine izin vererek hız ve ivmeleri hesaplar. Parçaları ivmelenmeye zorlamak için mekanizmaya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




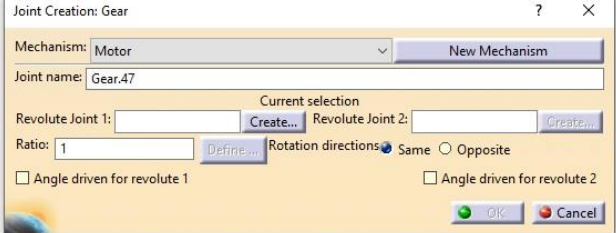

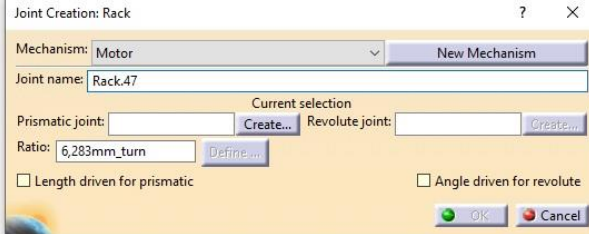

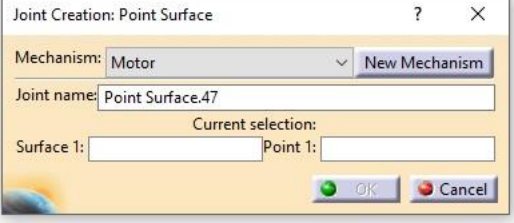

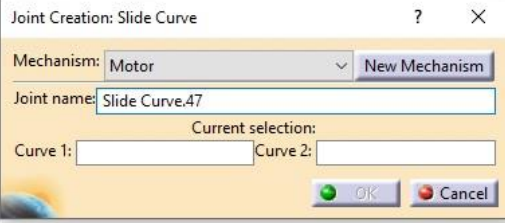

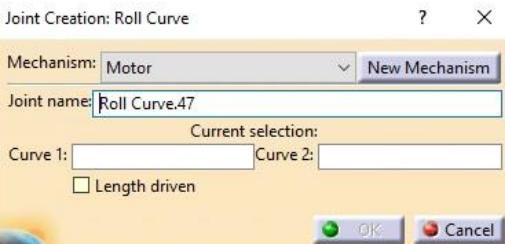
Şekil 21: DMU Kinematics

3.4.1.1. 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, bağıl hareket ve serbestlik dereceleri belirler. Bu nedenle eklemler bir yapının en önemli parçalarından biridir.

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

Tablo 6: Kinematic Joints -1

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

Tablo 7: Kinematic Joints -2

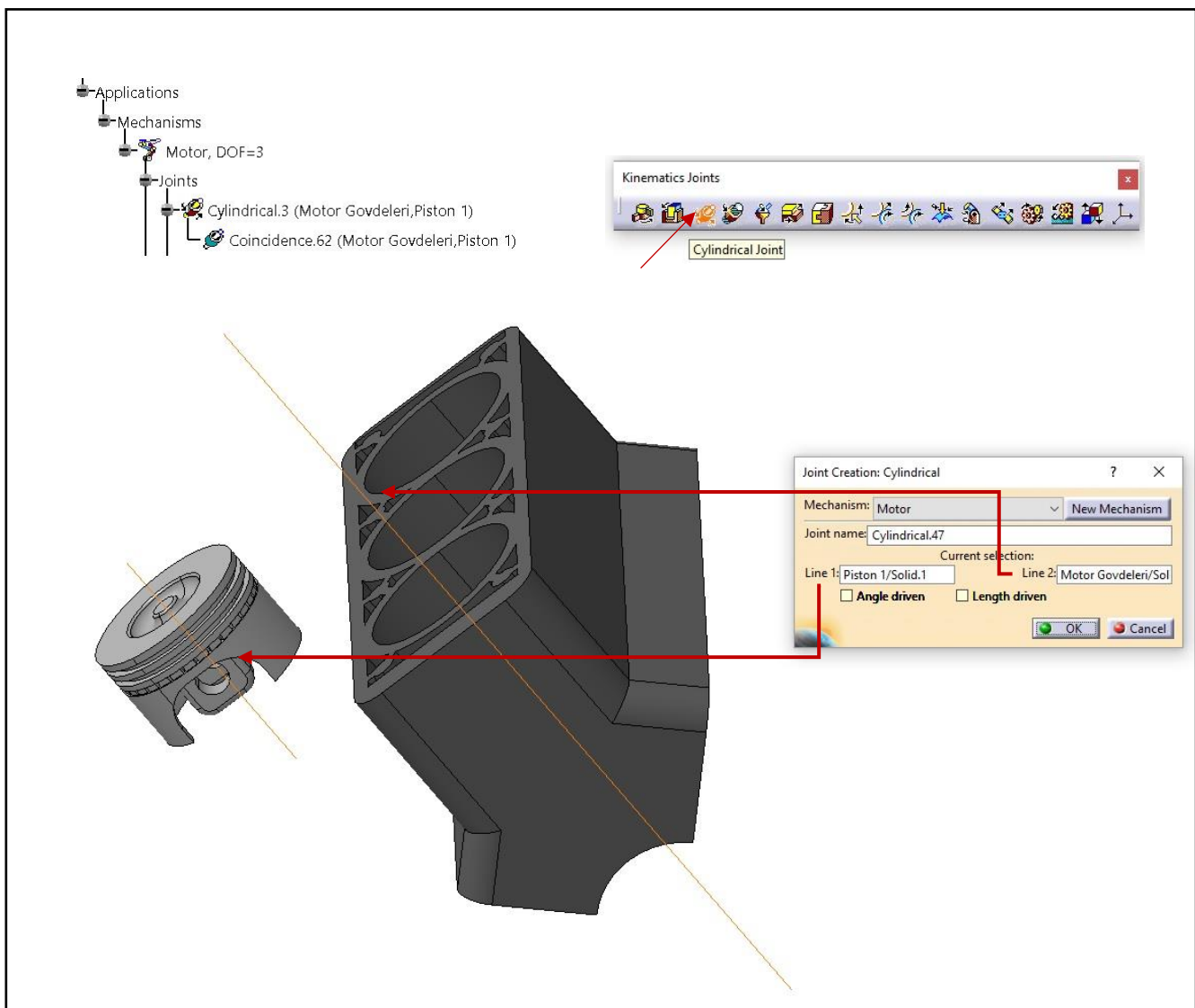
3.4.2. Parçada Joints Kullanımı

3.4.2.1. Cylindrical Joints

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

2.Adm: 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.



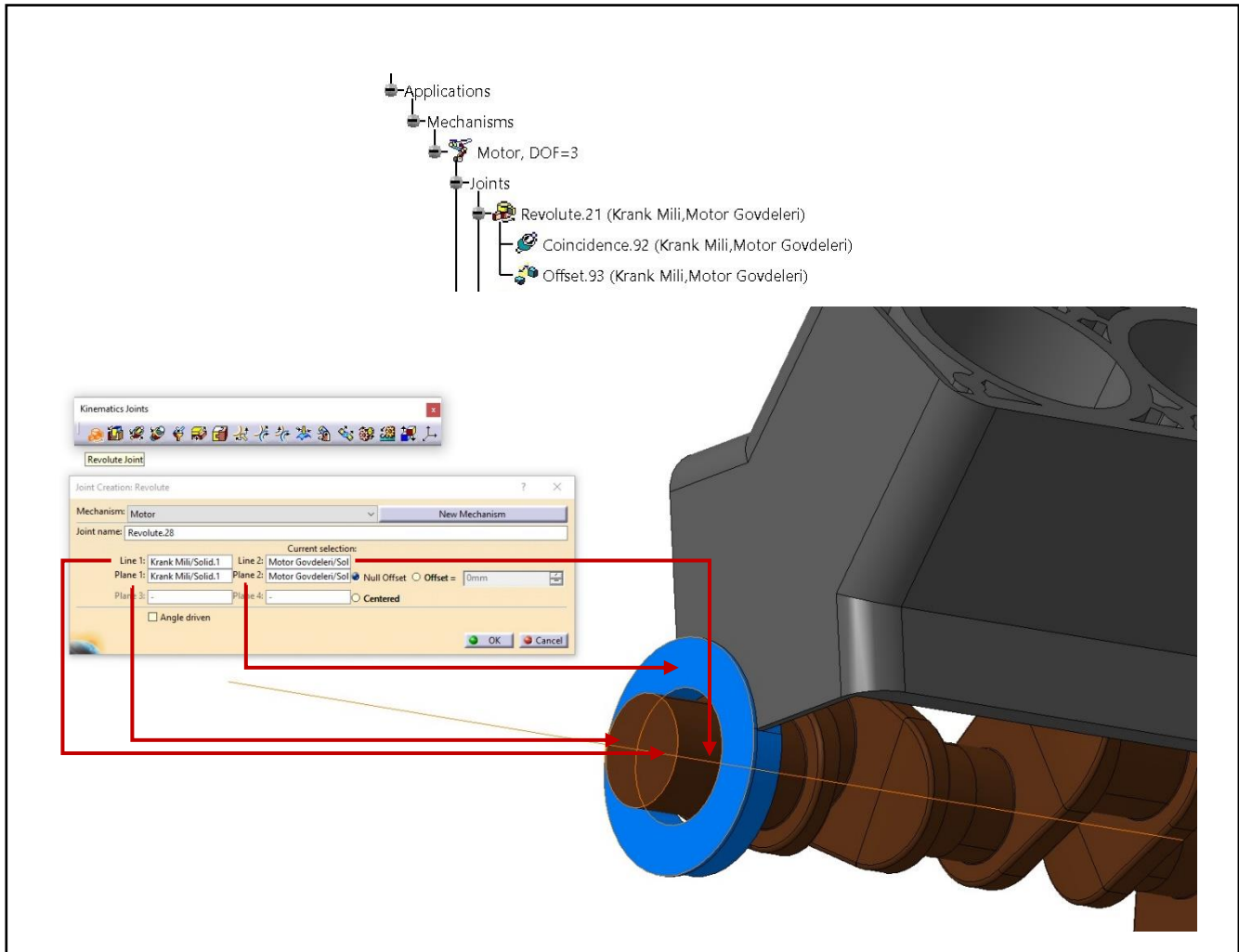
Şekil 22: Cylindrical Joints

3.4.2.2. 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 23: Revolute Joints

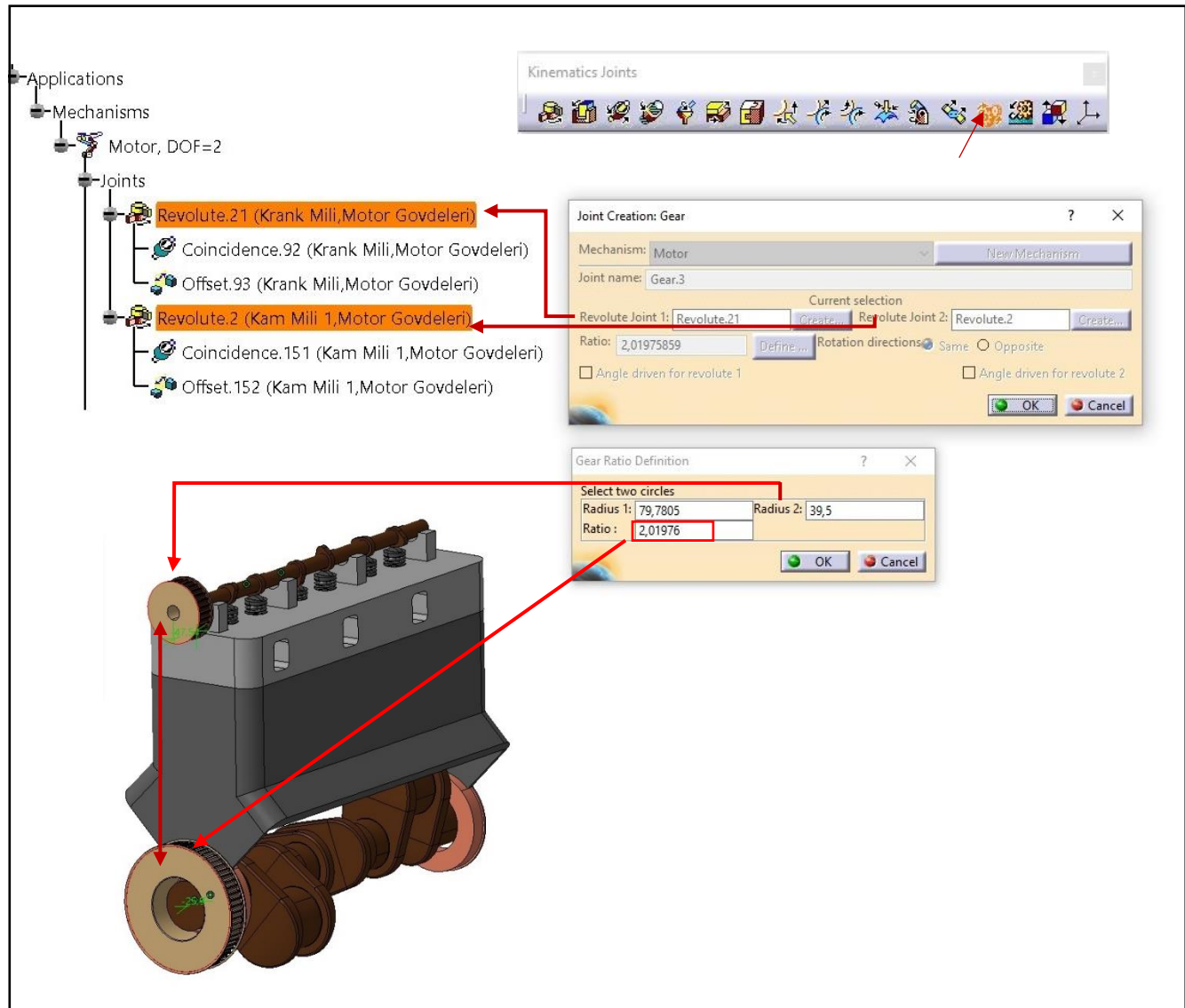
3.4.2.3. Gear Joints

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 tanıtip oranlayan penceredir. (Kırmızı okla gösterilmiş kısım)



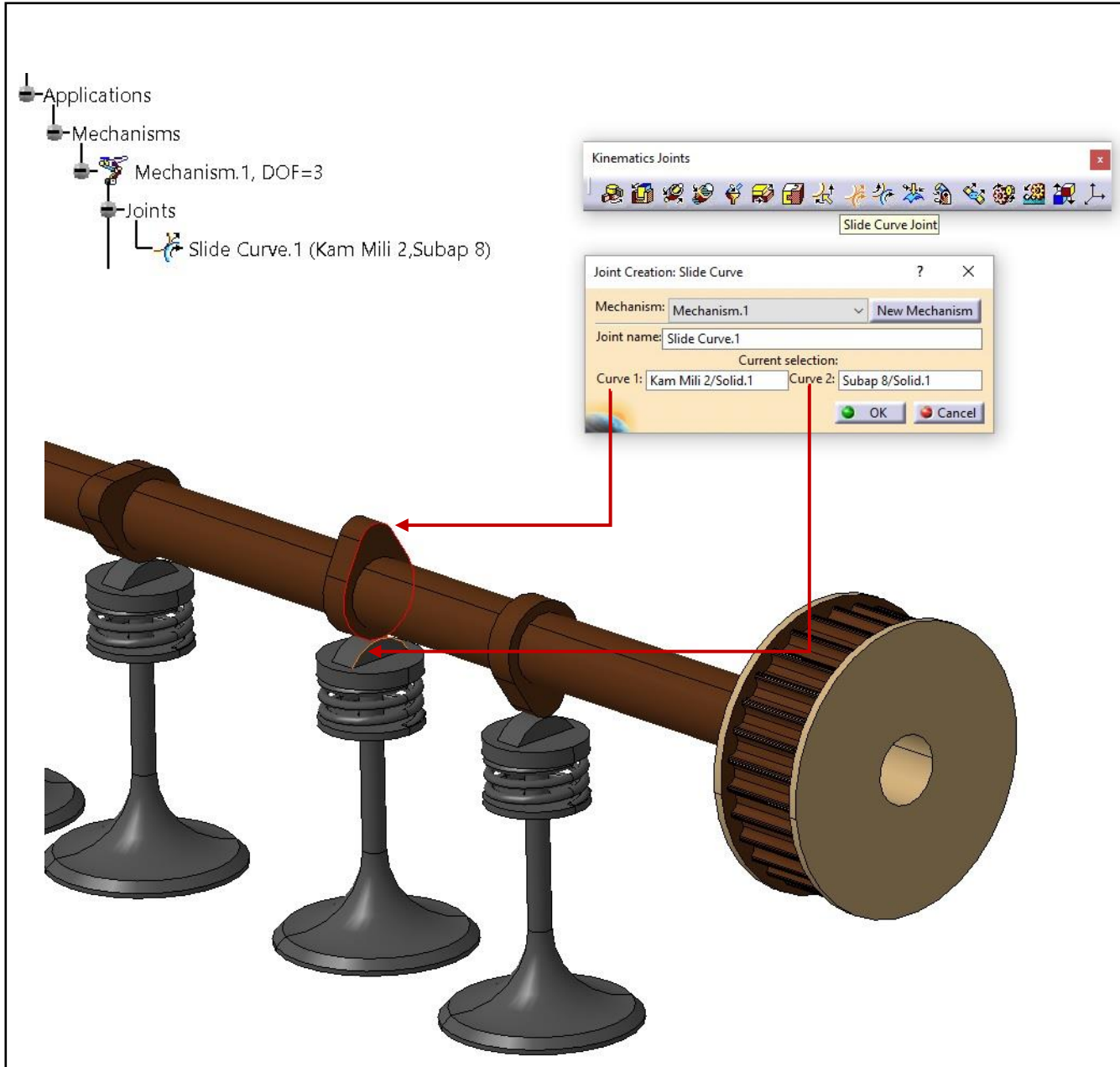
Şekil 24: Gear Joints

3.4.2.4. 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.

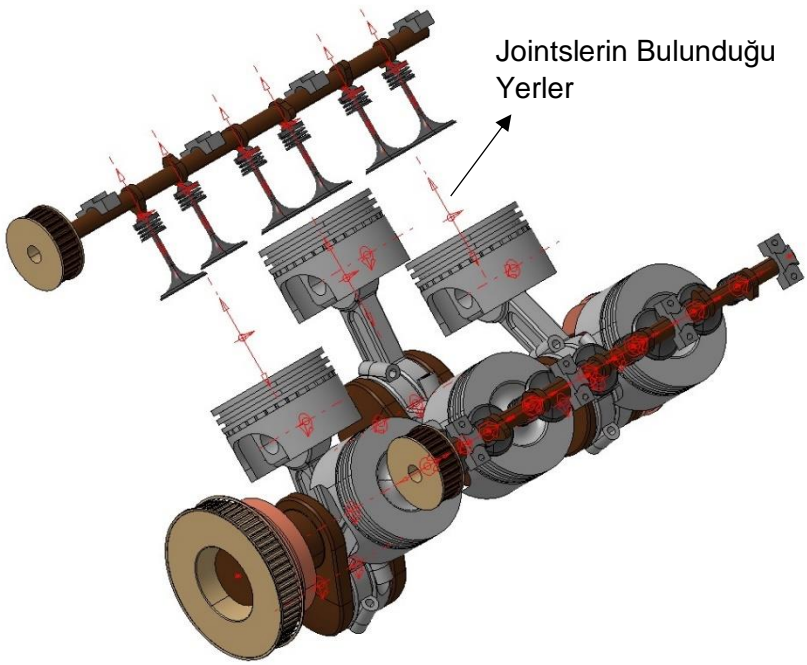


Şekil 25: Slide Curve Joints

3.4.2.5. V6 Motor Joints İşlem Ağacı

Joints

- Cylindrical.3 (Motor Govdeleri,Piston 1)
- Cylindrical.4 (Motor Govdeleri,Piston 3)
- Cylindrical.5 (Motor Govdeleri,Piston 5)
- Cylindrical.6 (Motor Govdeleri,Piston 2)
- Cylindrical.7 (Motor Govdeleri,Piston 4)
- Cylindrical.8 (Motor Govdeleri,Piston 6)
- Revolute.9 (Piston 1,Biyel 1)
- Revolute.10 (Piston 2,Biyel 2)
- Revolute.11 (Piston 4,Biyel 4)
- Revolute.12 (Piston 6,Biyel 6)
- Revolute.13 (Piston 5,Biyel 5)
- Revolute.14 (Piston 3,Biyel 3)
- Revolute.15 (Biyel 2,Krank Mili)
- Revolute.16 (Biyel 1,Krank Mili)
- Revolute.17 (Biyel 4,Krank Mili)
- Revolute.18 (Biyel 3,Krank Mili)
- Revolute.19 (Biyel 6,Krank Mili)
- Revolute.20 (Biyel 5,Krank Mili)
- Slide Curve.23 (Kam Mili 1,Subap 1)
- Slide Curve.24 (Subap 2,Kam Mili 1)
- Slide Curve.25 (Subap 3,Kam Mili 1)
- Slide Curve.26 (Subap 4,Kam Mili 1)
- Slide Curve.27 (Subap 5,Kam Mili 1)
- Slide Curve.28 (Subap 6,Kam Mili 1)
- Slide Curve.29 (Kam Mili 2,Subap 7)
- Slide Curve.30 (Kam Mili 2,Subap 8)
- Slide Curve.31 (Kam Mili 2,Subap 9)
- Slide Curve.32 (Subap 10,Kam Mili 2)
- Slide Curve.33 (Subap 11,Kam Mili 2)
- Slide Curve.34 (Subap 12,Kam Mili 2)
- Cylindrical.35 (Subap 1,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.36 (Subap 2,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.37 (Subap 3,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.38 (Subap 4,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.39 (Subap 5,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.40 (Subap 6,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.41 (Subap 7,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.42 (Subap 8,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.43 (Subap 9,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.44 (Subap 10,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.45 (Subap 11,Motor Govdeleri)
- Cylindrical.46 (Subap 12,Motor Govdeleri)
- Gear.47 (Krank Mili,Kam Mili 1,Motor Govdeleri)
- Gear.46 (Kam Mili 1,Kam Mili 2,Motor Govdeleri)



Jointslerin Bulunduğu Yerler

Mechanism Analysis

General Properties

Mechanism name: Motor

Mechanism can be simulated: Yes

Number of joints: 44

Number of commands: 1

Degrees of freedom without command(s): 1

Degrees of freedom with command(s): 0

Fixed part: Motor Govdeleri

Joints visualisation: On Off

Joint	Command	Type	Part 1	Geometry 1	Part 2	Geometry 2	Part 3	Additional information
Cylindrical.3		Cylindrical	Motor Govdeleri	Solid.1	Piston 1	Solid.1		
Cylindrical.4		Cylindrical	Motor Govdeleri	Solid.1	Piston 3	Solid.1		
Cylindrical.5		Cylindrical	Motor Govdeleri	Solid.1	Piston 5	Solid.1		
Cylindrical.6		Cylindrical	Motor Govdeleri	Solid.1	Piston 2	Solid.1		
Cylindrical.7		Cylindrical	Motor Govdeleri	Solid.1	Piston 4	Solid.1		
Cylindrical.8		Cylindrical	Motor Govdeleri	Solid.1	Piston 6	Solid.1		
Revolute.9		Revolute	Piston 1	Solid.1	Biyel 1	Solid.1		
Revolute.10		Revolute	Piston 2	Solid.1	Biyel 2	Solid.1		
Revolute.11		Revolute	Piston 4	Solid.1	Biyel 4	Solid.1		
Revolute.12		Revolute	Piston 6	Solid.1	Biyel 6	Solid.1		

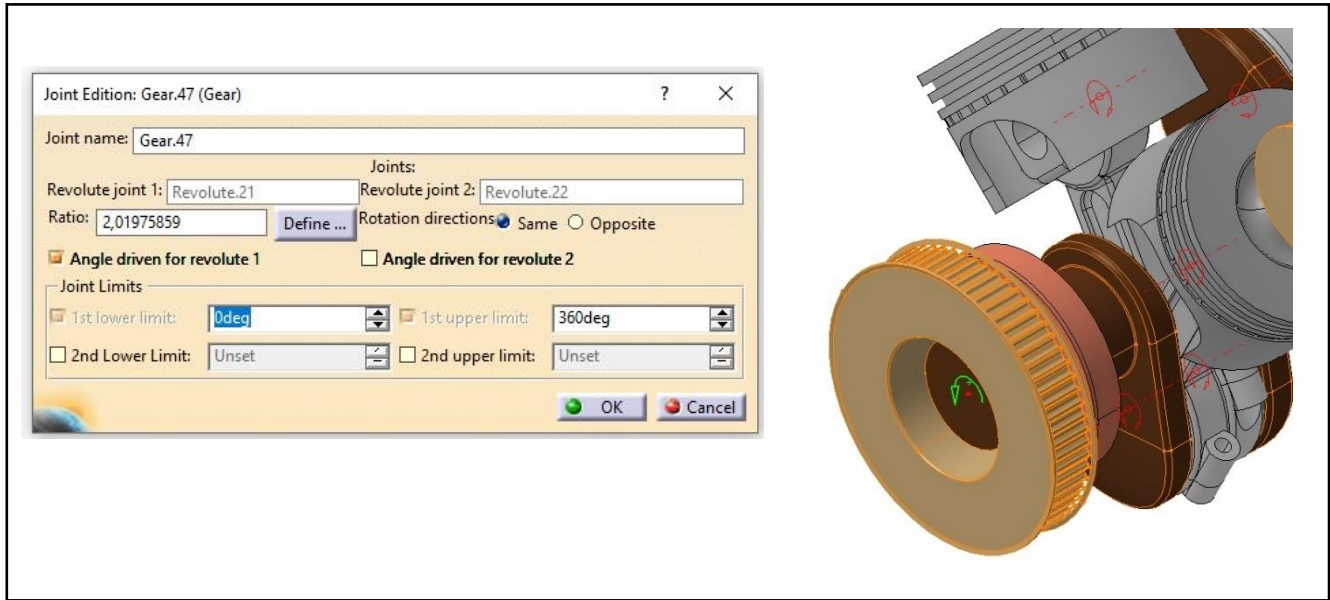
Mechanism dressup information:

Part 1	Part 2	Part 3

Şekil 26: Joints İşlem Ağacı

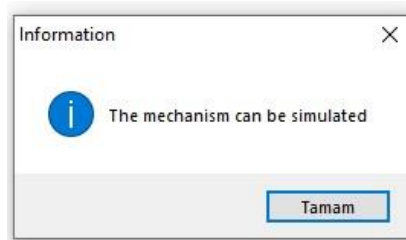
3.5. DMU Generic Animation (Mekanizma Simülasyonu)

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 27: İlk Hareketin Verilmesi

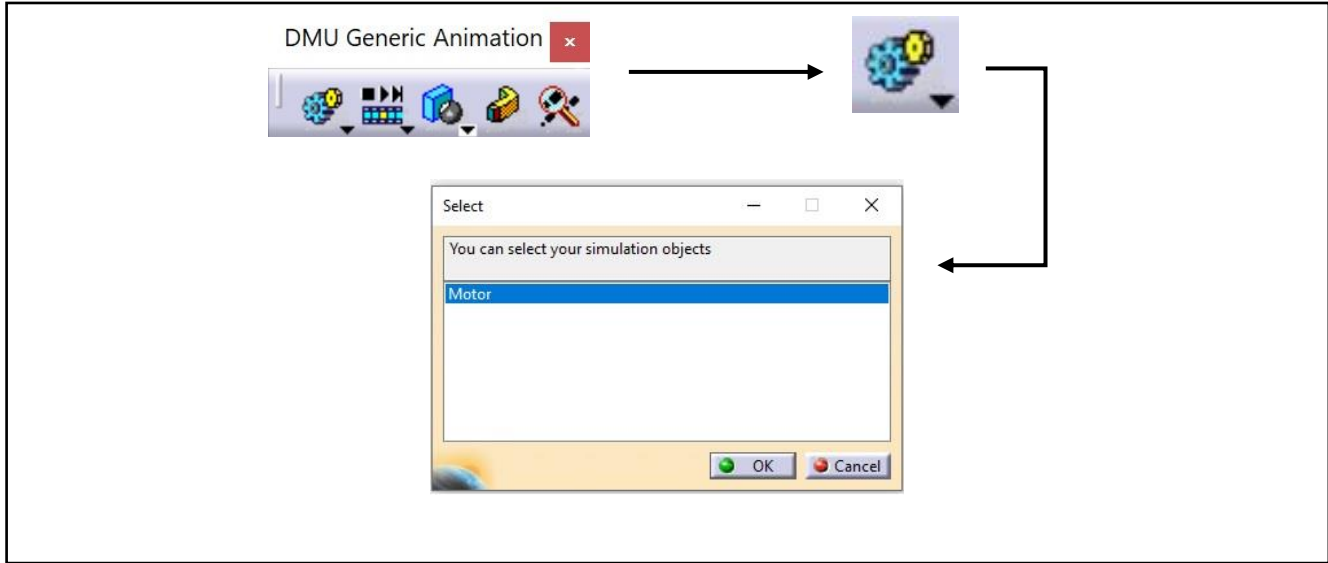
V6 Motor için hareket “**Gear Joints > Angle Driven > 360deg**” ten yapılmıştır. Tüm ayarlamalar yapıldıktan sonra “**OK**” butonuna tıklayarak mekanizma simüle edilebilir uyarısı alınması gerekmektedir. Bu uyarıdan sonra mekanizmamız artık simüle edilebilir.



Şekil 28: Simüle Edilebilir

3.5.1. V6 Motorun Simülasyonu

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



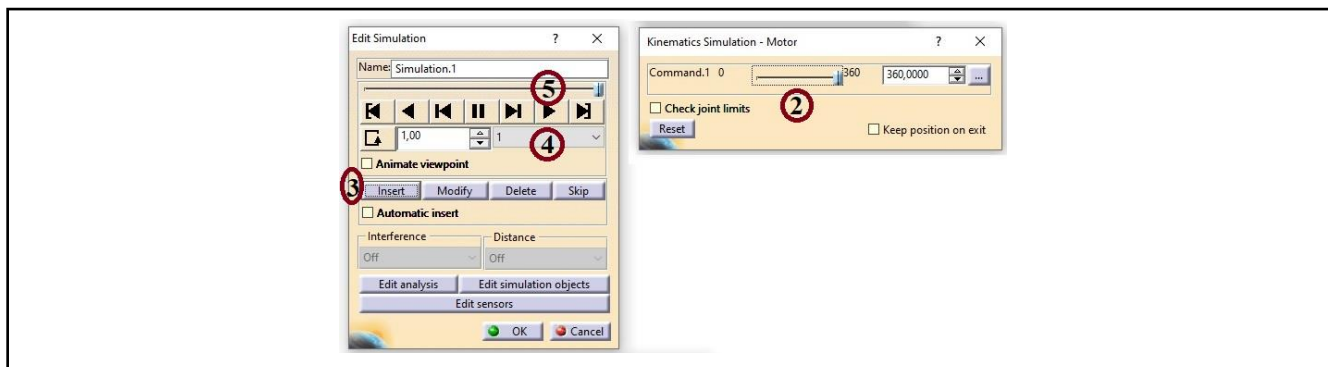
Şekil 29: Simülasyon ve Hareket Adımları -1

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 30: Simülasyon ve Hareket Adımları -2

3.6. Hız – İvme Analizi (Parametreleştirme)

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.

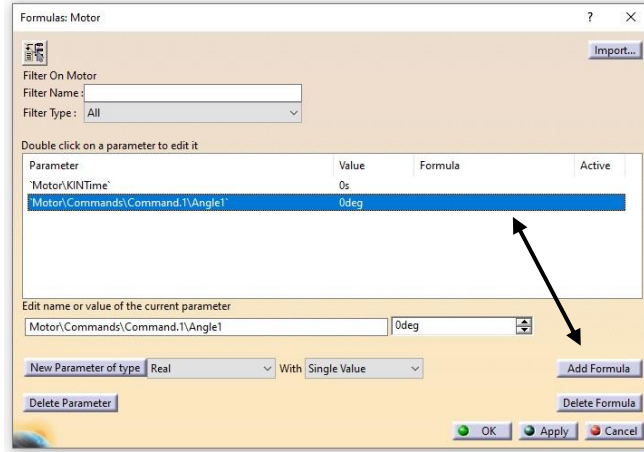
CATIA'nın "Formula" özelliğini kullanarak, yeni bir tasarım döngüsü gerçekleştiren bir parçanın veya ürünün geometrisini tanımlamak için bileşenler arasında parametreler ve ilişkiler oluşturmak mümkündür.

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

Tablo 8: Kinematik Analiz Komutları

3.6.1. Hız – İvme Analizi Adımları

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 31: Formulas - Add Formula

2.Adım: “**Formula Editor**” adımında denklem yazabilmek için birkaç işlem yapılması gerekmektedir. Motorun **1000 d/dk** (Rölanti) ve **3000 d/dk** (Vites Geçiş) 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;

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

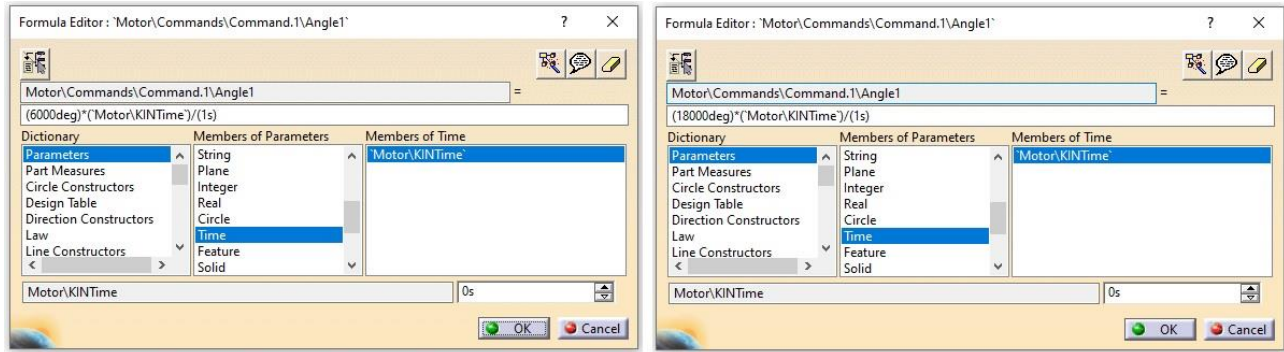
$$1000 \text{ d/dk için; } \omega = \frac{2\pi(1000)}{60} = 104.72 \text{ rad/s} \quad 104.72 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 6000 \frac{\text{deg}}{\text{s}} \quad (2)$$

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

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

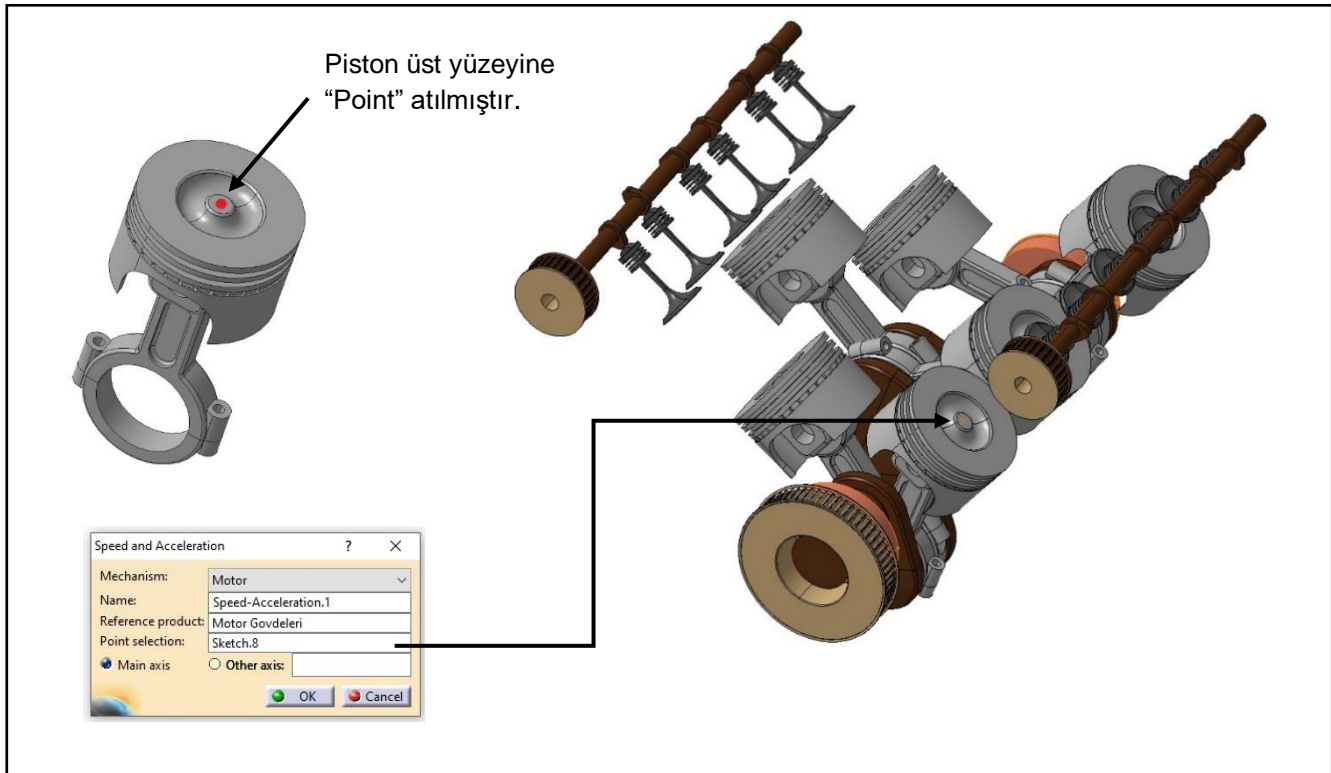
1000 d/dk için; $(6000\text{deg}) * (^{\text{Motor}}\text{KINTime}) / (1\text{s})$ (4)

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



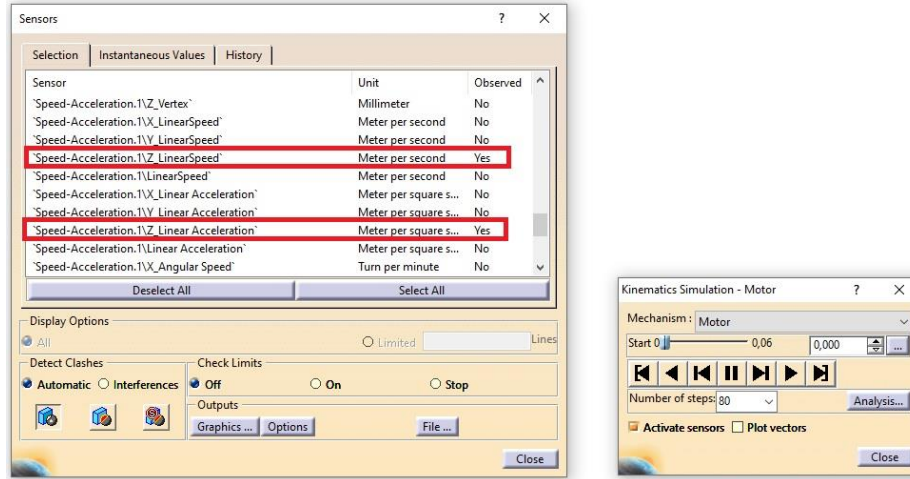
Şekil 32: 1000 devir ve 3000 devir için Formula Editor

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;

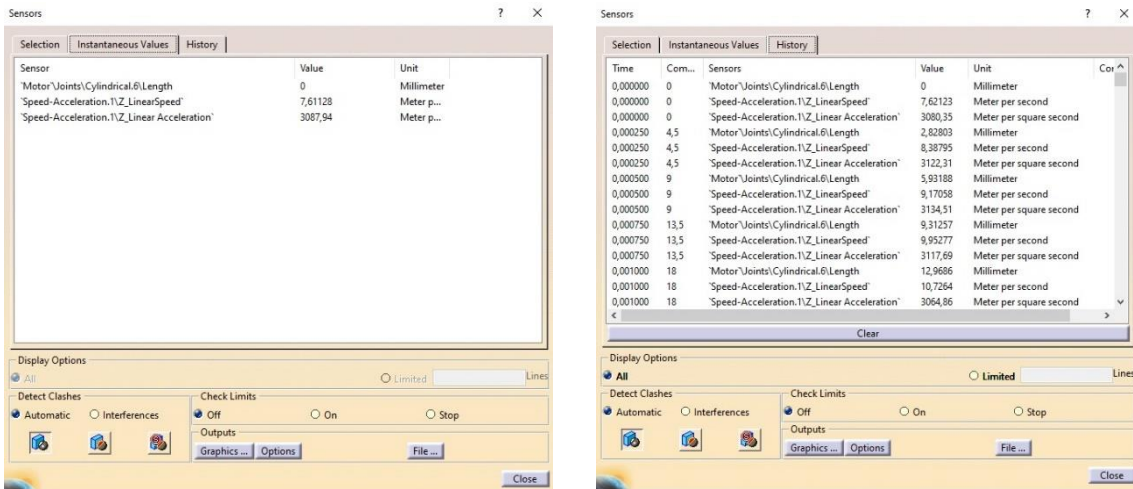


Şekil 33: Speed and Acceleration

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



Şekil 34: Simülasyon ve Activate Sensors

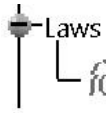


Şekil 35: Activate Sensors İçerikleri

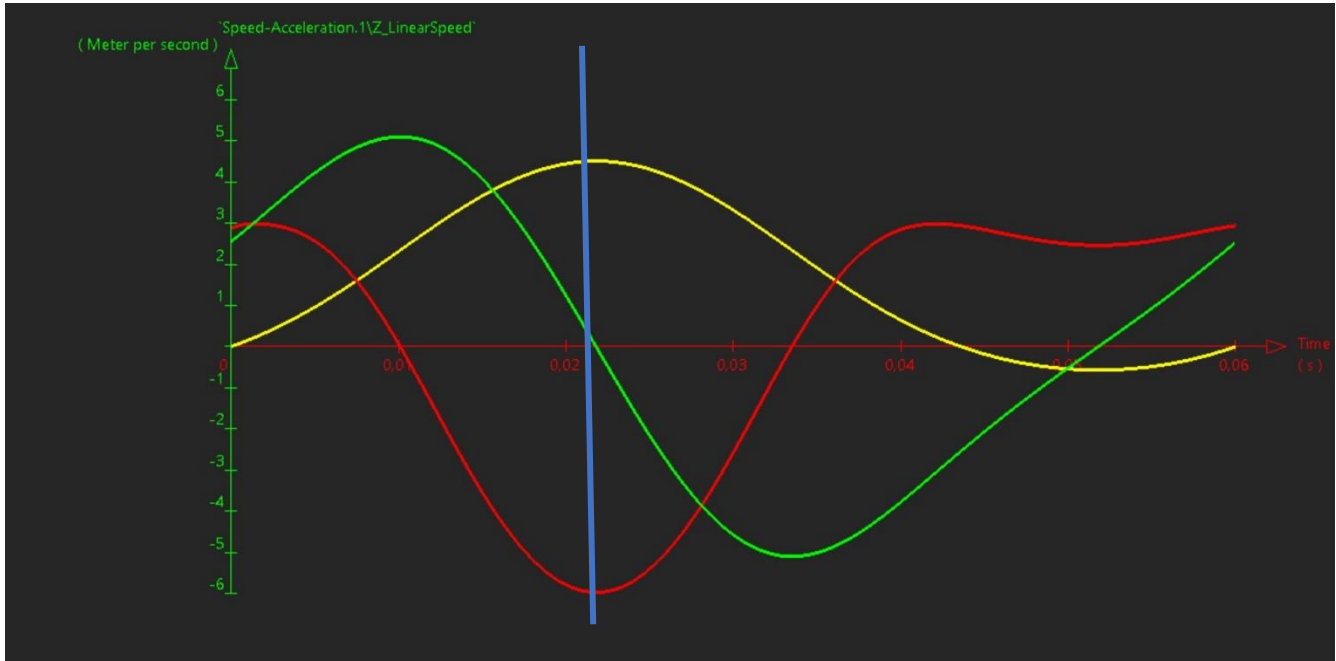
“**Instantaneous Values**” Pistonların başlangıç konumundan son hareketine kadar olan sayısal verileri anlık olarak konumuna göre değişerek verir.

“**History**” Başlangıçtan itibaren yaptığı bütün hareketlerin sayısal verilerini kaydeder.

3.6.1.1. 1000 dv/dk İçin Grafik Yorumlanması



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



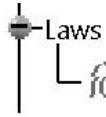
Şekil 36: 1000 dev/dk Grafik

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

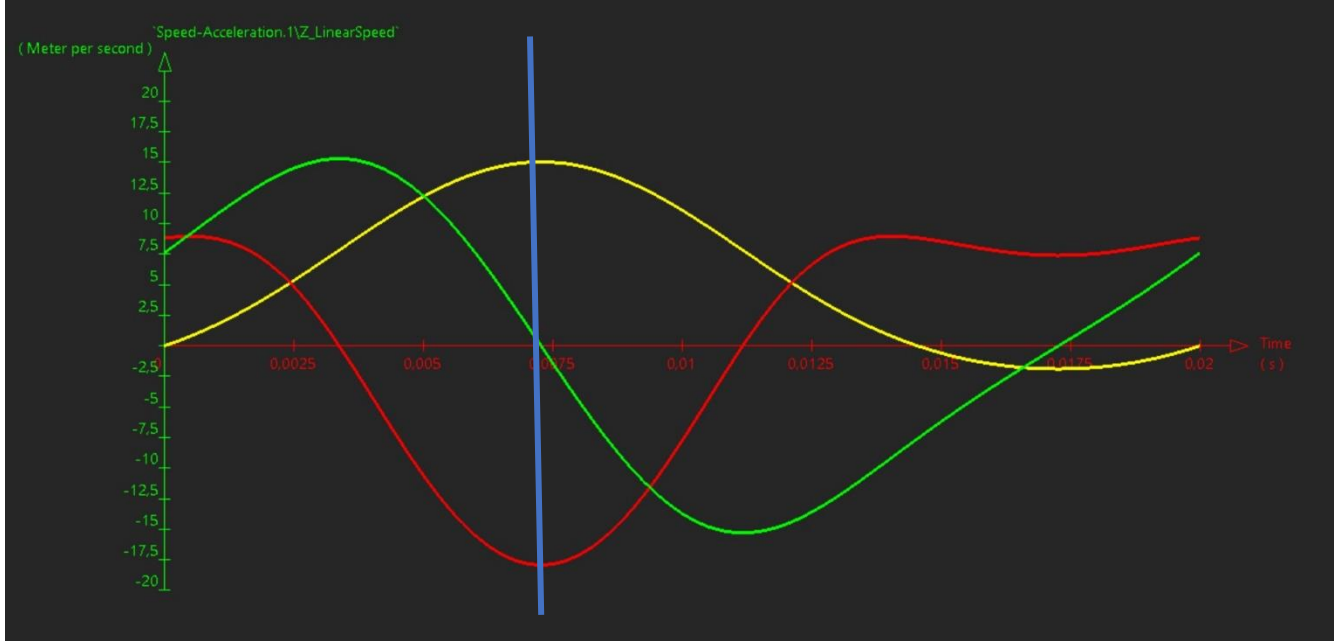
Tablo 9: 1000 dv/dk Piston Grafik Değerleri

- Mavi 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.
- Piston maksimum hızına ise maksimum yüksekliğin neredeyse yarısında ulaştığını gözlemlemiş oluyoruz.

3.6.1.2. 3000 dv/dk İçin Grafik Yorumlanması



$$f(x) \text{ Formula.1: } \text{Motor}\backslash\text{Commands}\backslash\text{Command.1}\backslash\text{Angle1} = (18000\text{deg}) * (\text{Motor}\backslash\text{KINTime}) / (1\text{s})$$



Şekil 37: 3000 dev/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 10: 3000 dv/dk Piston Grafik 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.
- Piston maksimum hızına ise maksimum yüksekliğin nerdeyse yarısı konumunda ulaştığını gözlemlemiş oluyoruz.

1000 devir ve 3000 devir sonuçlarını karşılaştırsak;

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

3.7. Generative Structural Analysis (Yapısal Analiz) Generative Structural Analysis

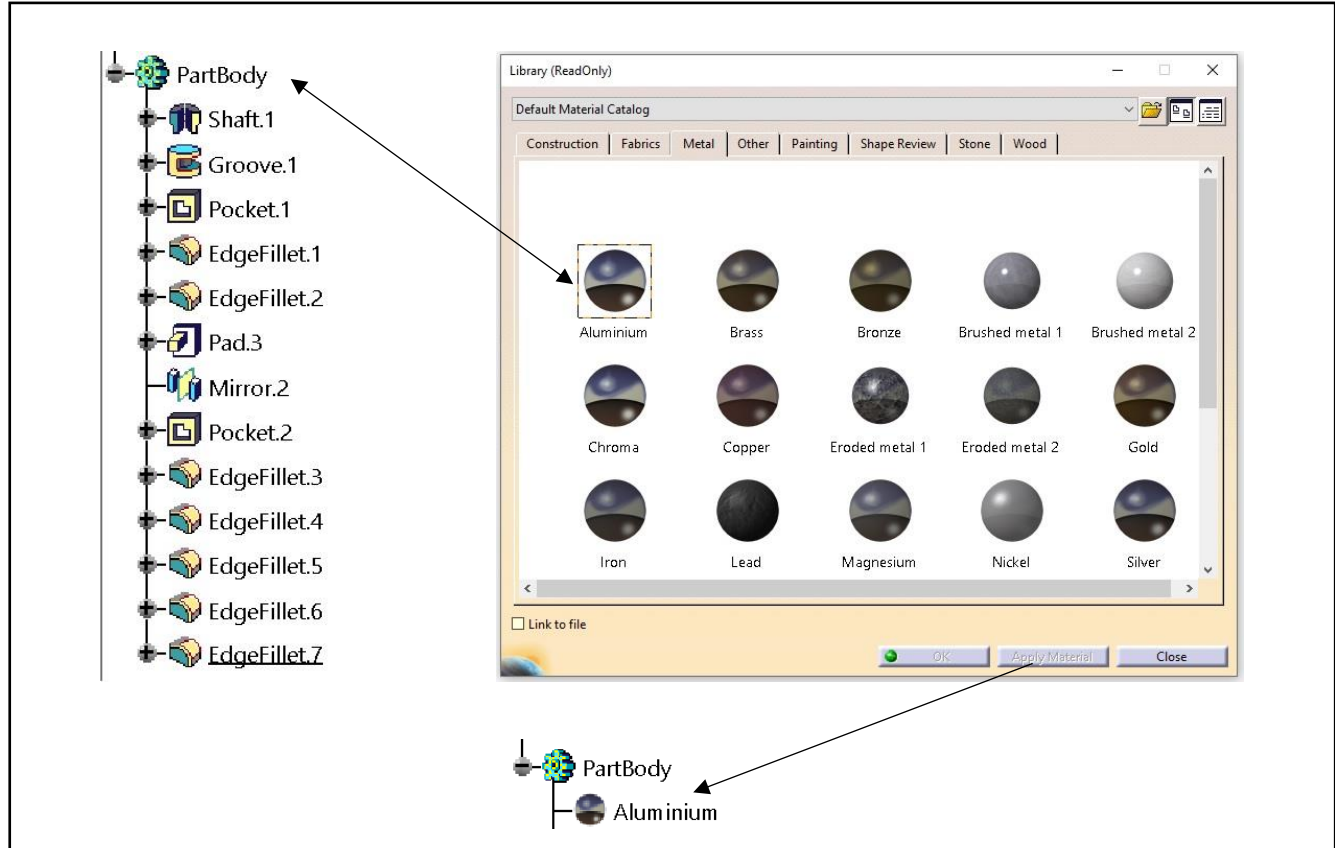
Tasarımcıların tasarlamış oldukları parçaların statik ve çeşitli yükleme koşulları altında parçada meydana gelen yer değiştirmelerini (displacement) ve Von Mises kriterine göre gerilmeleri, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak analiz etmek için kullanılır. Bunun için öncelikle kütüphaneden malzeme atanır. Ardından katı modele parçanın sınır şartları (kuvvet, mesnet vs.) uygulanır. Katı modelden elde edilen sonlu elemanlar modelinde mesh (ağ) oluşturulur. Denklemlerin çözülmesi sonucu parçadaki yer değiştirme (mm) ve gerilme değerleri (MPa) elde edilir. Ayrıca, doğal titreşim hesaplanarak parçaların titreşim özelliklerinin değerlendirilmesine olanak tanır (Modal Analysis). Frekanslar, ilişkili mod şekilleri, hacim parçaları, yüzey parçaları ve tel kafes geometrileri üzerinde analizler yapılabilir.

Analiz İçin Gerekli Komutların Tanımı		
	Clamp	Clampers, sonraki analizde tüm DOF'lerin bloke edildiği bir yüzey veya eğri geometrisine uygulanan kısıtlamalardır. Sonuç olarak, clampers 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 nesnelere için kısmi sonuçlarla birlikte analiz durumu çözümünü üretecektir.
	Apply Material	Parçaya malzeme atamak için kullanılır.

Tablo 11: Yapısal Analiz Komutları

3.7.1. Yapısal 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 38: Materyal Seçimi

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



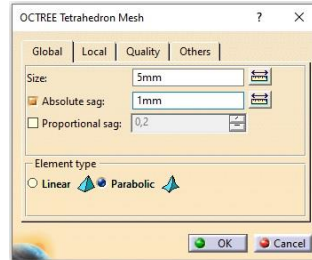
Şekil 39: Clamp Seçimi

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



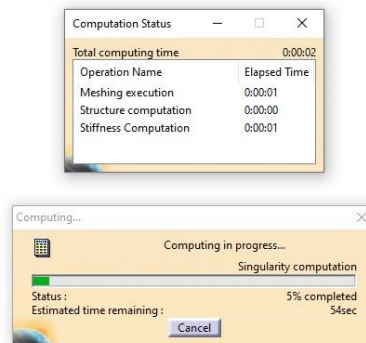
Şekil 40: Vektörlerin Gösterimi

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



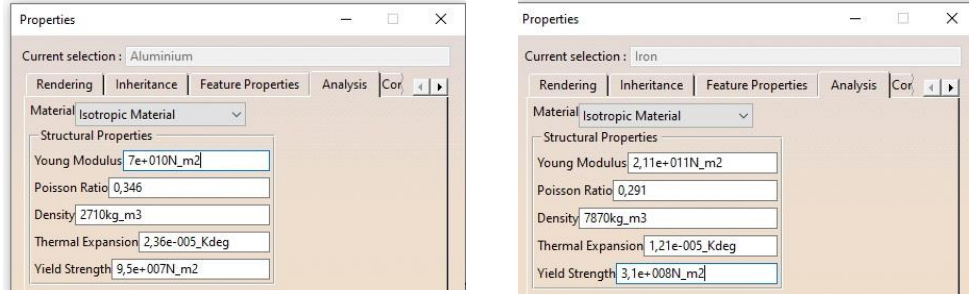
Şekil 41: Mesh Ayarı

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



Şekil 42: 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 43: Malzeme Akma Dayanımları

Young Modulus (Elastisite Modülü): Bir malzemeye uygulanan düşük gerilmeler altında meydana gelen şekil değişiminin, gerilmeyi oluşturan yükün kaldırıldıktan sonra malzemenin eski şekline gelme özelliğini ifade eden bir değerdir.

Poisson Ratio (Poisson Oranı): Enine yönde üretilen gerinmenin, çekme gerilimi uygulama yönünde üretilen gerinime oranıdır.

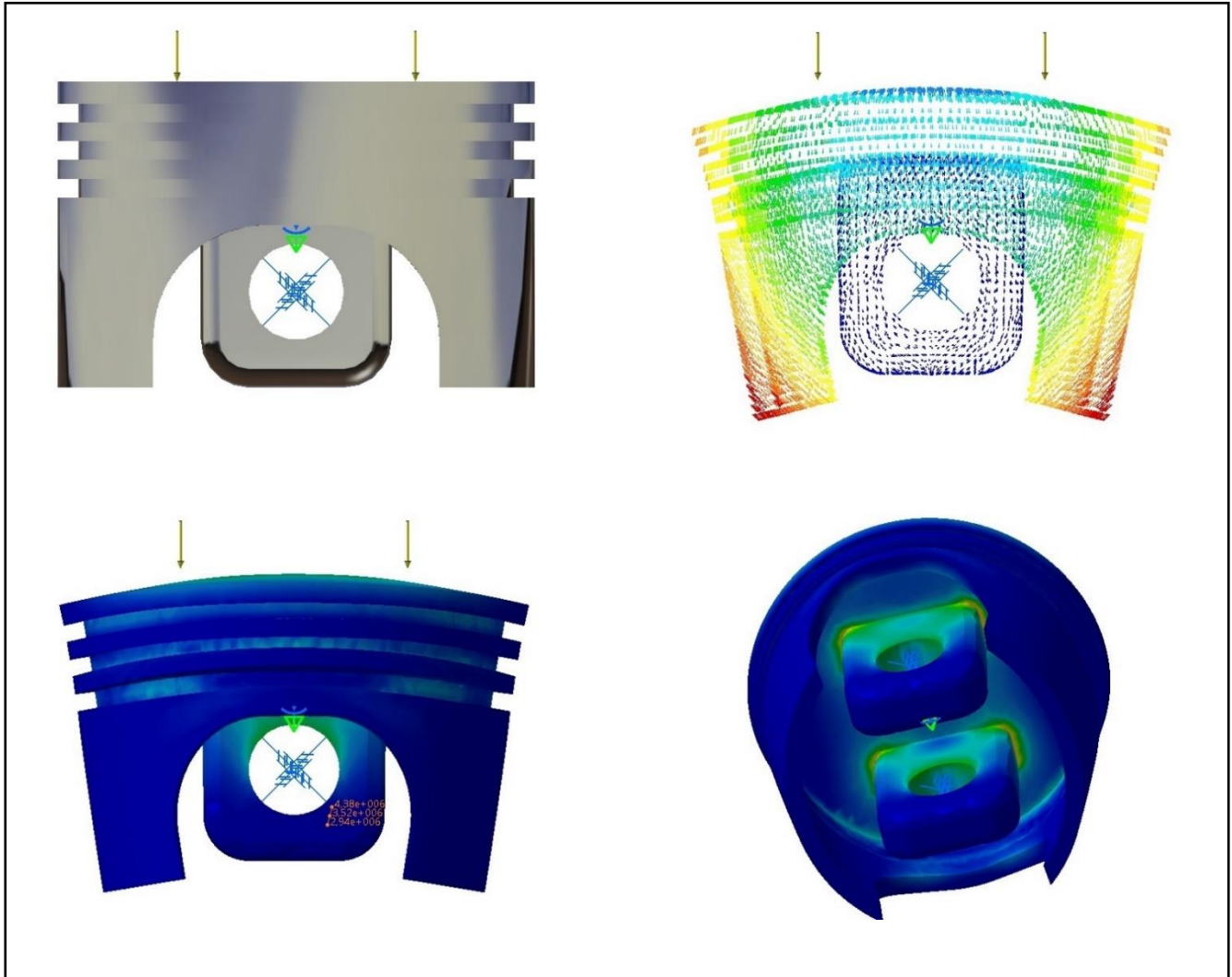
Yield Strength (Akma Sınırı): Malzemenin plastik şekil değiştirmeye başladığı anki gerilme değerine denir. Bu nedenle malzemelerin dayanma sınırı akma gerilmesi ile ifade edilir.

Seçtiğimiz malzemeye göre bu parametreleri, yapısal analizde uyguladığımız kuvvetler veya basınç doğrultusunda çıkan sonuçları karşılaştırmamız için bilmemiz gereklidir. Bu sonuçlar ile yapısal analiz ile bulduğumuz sonuçlarla karşılaştırma yaparak malzemenin dayanıp dayanamayacağını “Catia” değerlerine göre ölçmüş oluruz.

3.7.2. Piston Yapısal Analizi Sonuçları ve Çözümleri

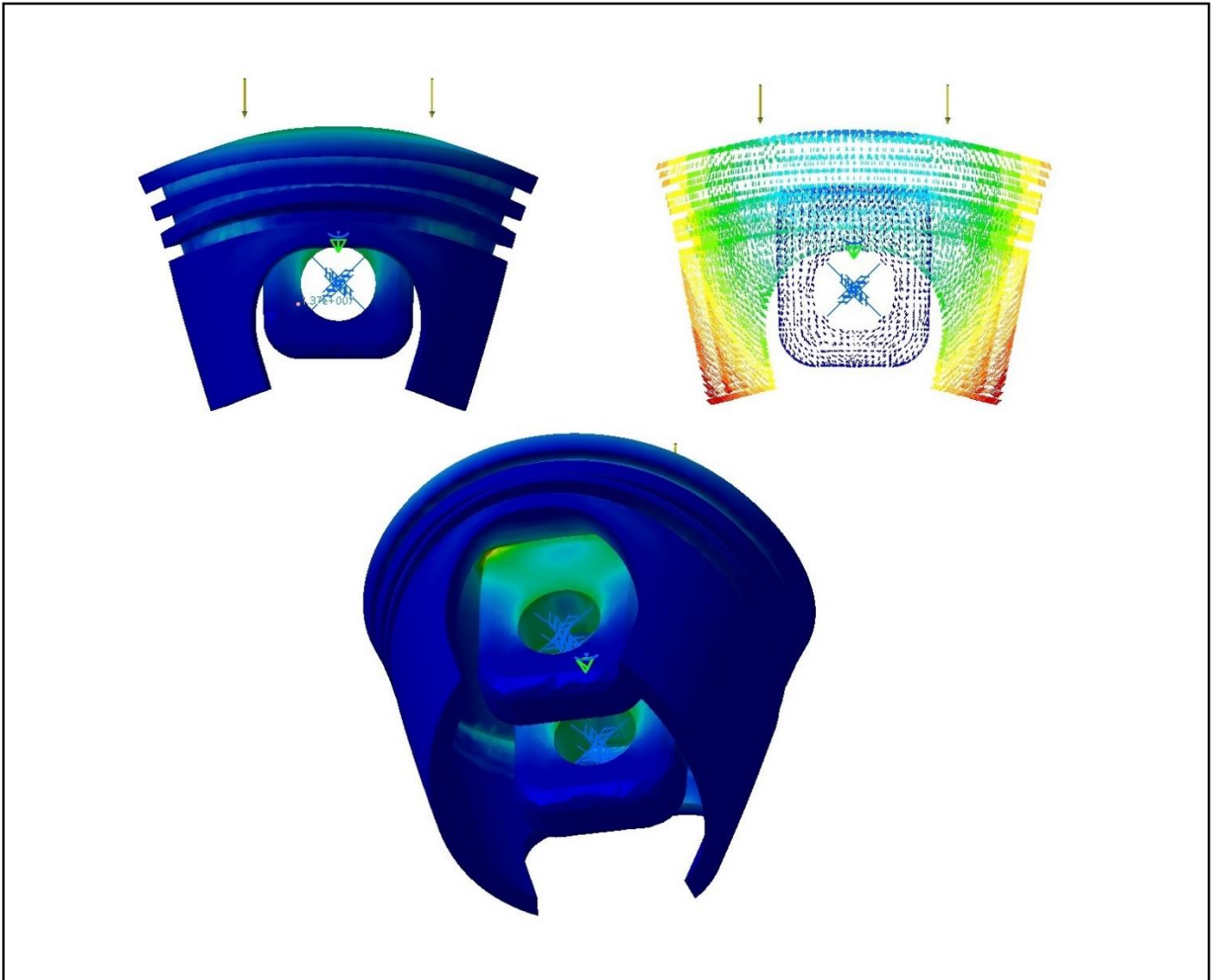
Pistonlar genelde 30 – 60 bar arası basınçlara maruz kaldıkları için bu analizde bu değerler arasındaki sonuçlar incelenecektir. “bar” birimi “N/m²”ye dönüştürülecektir. Piston üzerinde farklı malzemeler denenerek sonuçlar değerlendirilip karşılaştırmalarına bakılacak ve uygun malzeme seçimi yapılacaktır.

Aluminyum (30 Bar)	
Yield Strength	$9,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
Poisson Ratio	0,346
Density	2710 kg/m^3
Uygulanacak Basınç	$3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Mesh Size	5 mm
Absolute Sag	1 mm
Element Type	Parabolic



Şekil 44: (30 Bar) Yapısal Analiz Sonuçları

Aluminyum (60 Bar)	
Yield Strength	$9,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
Poisson Ratio	0,346
Density	2710 kg/m^3
Uygulanacak Basınç	$6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Mesh Size	5 mm
Absolute Sag	1 mm
Element Type	Parabolic



Şekil 45: (60 Bar) Aluminyum Yapısal Analiz Sonuçları

Sonuçlar;

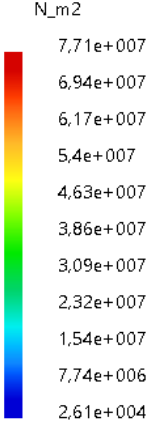
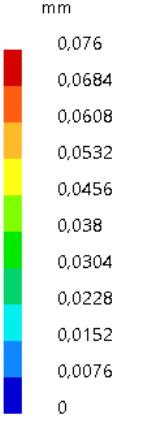
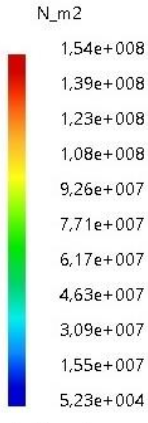
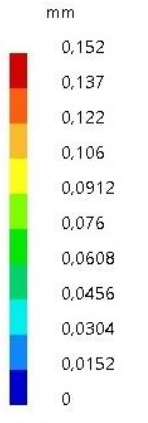
Yapısal analiz sonucuna göre piston başı şekil değiştirmeyi en fazla yanlardan görürken, en çok zorlandığı yer ise biyel kolunun bağlandığı kısımdır.

30 bar basınca maruz kalan piston, akma sınırını geçmediği için bu malzeme uygulanan basıncı kaldırıyor ve mukavemeti dayanıyor demektir. Bu sonuçlara göre 1.23 kat emniyetli olduğunu gözlemliyoruz. Maksimum şekil değişimi de 0.076 mm olduğunu gözlemliyoruz.

60 Bar basınca maruz kalan piston akma sınırını geçtiği için malzemenin bu basınca dayanamadığını anlarız. Maksimum şekil değişimi de 0.152 mm olduğunu gözlemliyoruz. Bu yüzden malzeme değişimi veya tasarım değişiklikleri yapılmalıdır.

30 Bar Sonuçları

60 Bar Sonuçları

<p>Von Mises stress (nodal values).1 N_m2</p>  <p>7,71e+007 6,94e+007 6,17e+007 5,4e+007 4,63e+007 3,86e+007 3,09e+007 2,32e+007 1,54e+007 7,74e+006 2,61e+004</p> <p>On Boundary</p> <p>Translational displacement vector.1 mm</p>  <p>0,076 0,0684 0,0608 0,0532 0,0456 0,038 0,0304 0,0228 0,0152 0,0076 0</p> <p>On Boundary</p>	<p>Von Mises stress (nodal values).1 N_m2</p>  <p>1,54e+008 1,39e+008 1,23e+008 1,08e+008 9,26e+007 7,71e+007 6,17e+007 4,63e+007 3,09e+007 1,55e+007 5,23e+004</p> <p>On Boundary</p> <p>Translational displacement vector.1 mm</p>  <p>0,152 0,137 0,122 0,106 0,0912 0,076 0,0608 0,0456 0,0304 0,0152 0</p> <p>On Boundary</p>
<p>Max. Von Misses Değeri: 7.71×10^7 (N/m²)</p> <p>Akma Dayanımı: 9.5×10^7 (N/m²)</p> <p>Emniyet Katsayısı: $S = \frac{9.5 \times 10^7}{7.71 \times 10^7} = 1.23$</p>	<p>Max. Von Misses Değeri: 1.54×10^8 (N/m²)</p> <p>Akma Dayanımı: 9.5×10^7 (N/m²)</p> <p>Emniyet Katsayısı: Emniyetsiz !</p>

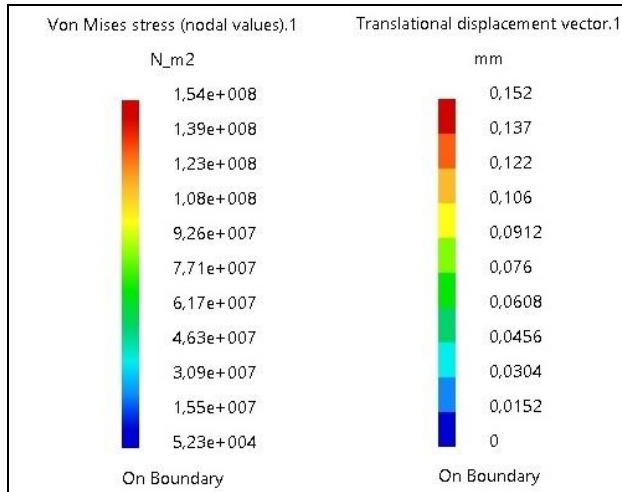
Tablo 12: Alüminyum Analiz Sonuçları

Çözüm;

60 bar basıncı kaldırabilen malzeme seçimi yapılmalıdır. Bunun için akma sınırı yüksek uygun olan malzeme seçilmelidir. Bunun için öncelikle dökme demir denenecektir.

Dökme Demir	
Yield Strength	$2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Poisson Ratio	0,3
Density	7200 kg/m^3
Uygulanacak Basınç	$6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Mesh Size	5 mm
Absolute Sag	1 mm
Element Type	Parabolic

60 Bar Alüminyum Sonuçları

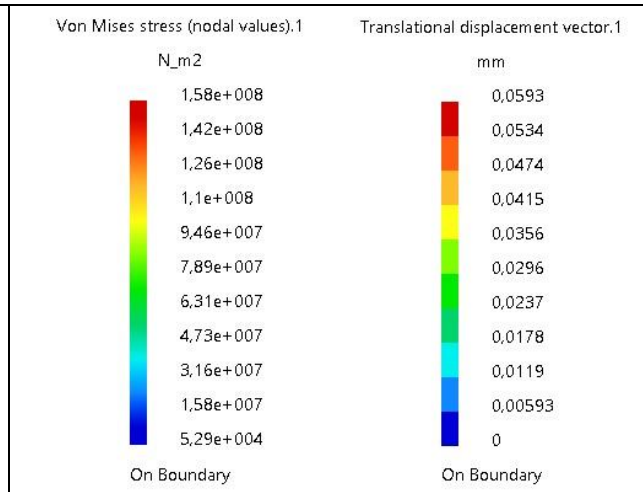


Max. Von Misses Değeri: $1.54 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$

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

Emniyet Katsayısı: Emniyetsiz !

60 Bar Dökme Demir Sonuçları



Max. Von Misses Değeri: $1.58 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$

Akma Dayanımı: $2.5 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$

Emniyet Katsayısı: $S = \frac{2.5 \times 10^8}{1.58 \times 10^8} = 1.58$

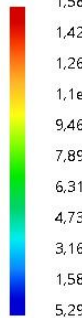
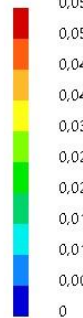
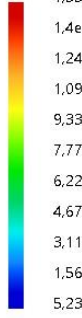
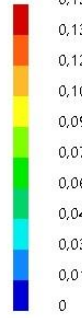
Tablo 13: Alüminyum ve Dökme Demir Karşılaştırılması

Malzeme dökme demir seçildiği zaman 60 bar basınca yaklaşık 1.5 kat emniyetli şekilde dayandığını gözlemliyoruz. Fakat şöyle bir durum oluşuyor, dökme demir yoğunluk ve ağırlık bakımından alüminyuma göre yüksek bir değere sahiptir. Düşük yoğunluklu malzeme seçersek atalet kuvvetleri de düşmektedir. Ayrıca ısı iletme yeteneği yüksek olan malzeme daha iyi soğutma yapar. Bu nedenle seçeceğimiz malzeme “**Alüminyum 5083 H321**” alaşım olarak alınıp Dökme Demir sonuçlarıyla karşılaştırılacaktır.

Alüminyum 5083 - H321 Alaşımı		Alaşım Yüzdeleri
Yield Strength	$2,28 \times 10^8 \text{ N/m}^2$	Al: 94.65
Poisson Ratio	0,33	Cr: 0.05
Density	2666 kg/m^3	Cu: 0.1
Uygulanacak Basınç	$6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	Fe: 0.4
Mesh Size	5 mm	Mg: 4
Absolute Sag	1 mm	Si: 0.4
Element Type	Parabolic	Ti: 0.15
		Zn: 0.25

60 Bar Dökme Demir Sonuçları

60 Bar Al 5083 – H321 Alaşım Sonuçları

<p>Von Mises stress (nodal values).1 N_m2</p>  <p>On Boundary</p>	<p>Translational displacement vector.1 mm</p>  <p>On Boundary</p>	<p>Von Mises stress (nodal values).1 N_m2</p>  <p>On Boundary</p>	<p>Translational displacement vector.1 mm</p>  <p>On Boundary</p>
<p>Max. Von Misses Değeri: $1.58 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$</p> <p>Akma Dayanımı: $2.5 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$</p> <p>Yoğunluk: 7200 kg/m^3</p>	<p>Max. Von Misses Değeri: $1.55 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$</p> <p>Akma Dayanımı: $2.28 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$</p> <p>Yoğunluk: 2666 kg/m^3</p>		

Tablo 14: 60 Bar Dökme Demir ve Al 5083 – H321 Alaşım Karşılaştırması

Sonuçlara bakacak olursak Alüminyum 5083 – H321 alaşımı tasarladığımız motor için uygundur. Hem 60 bar basınca dayanmakta, hem de yoğunluk ve ağırlık bakımından hafiftir.

3.7.3. Biyel Kolu Yapısal Analiz Sonuçları ve Çözümleri

Biyel kolunun analizi yapılırken bazı parametrelerin hesaplanması gerekmektedir. Biyel koluna gelen kuvvetlerin hesabı, pistondan gelen basınç değerine bağlı olmalıdır. Bu hesaplamalar şu şekildedir;

30 Bar basınçta pistona gelen kuvvet;

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

$$\text{Basınç Formülü: } P = \frac{F}{A} \text{ (Pa)} \quad (7)$$

$$\text{Kuvvet Hesabı: } F = P \cdot A \quad (8)$$

$$F = (3 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(2.026 \times 10^{-3} \text{ m}^2) = 6080 \text{ (N)}$$

60 Bar basınçta pistona gelen kuvvet;

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

$$\text{Basınç Formülü: } P = \frac{F}{A} \text{ (Pa)}$$

$$\text{Kuvvet Hesabı: } F = P \cdot A$$

$$F = (6 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(2.026 \times 10^{-3} \text{ m}^2) = 12161 \text{ (N)}$$

Bu sonuçlara göre “30 bar” basınç uygulanan pistondan biyel koluna “6080 N” kuvvet, “60 bar” basınç uygulanan pistondan biyel koluna ise “12161 N” kuvvet etkimektedir.

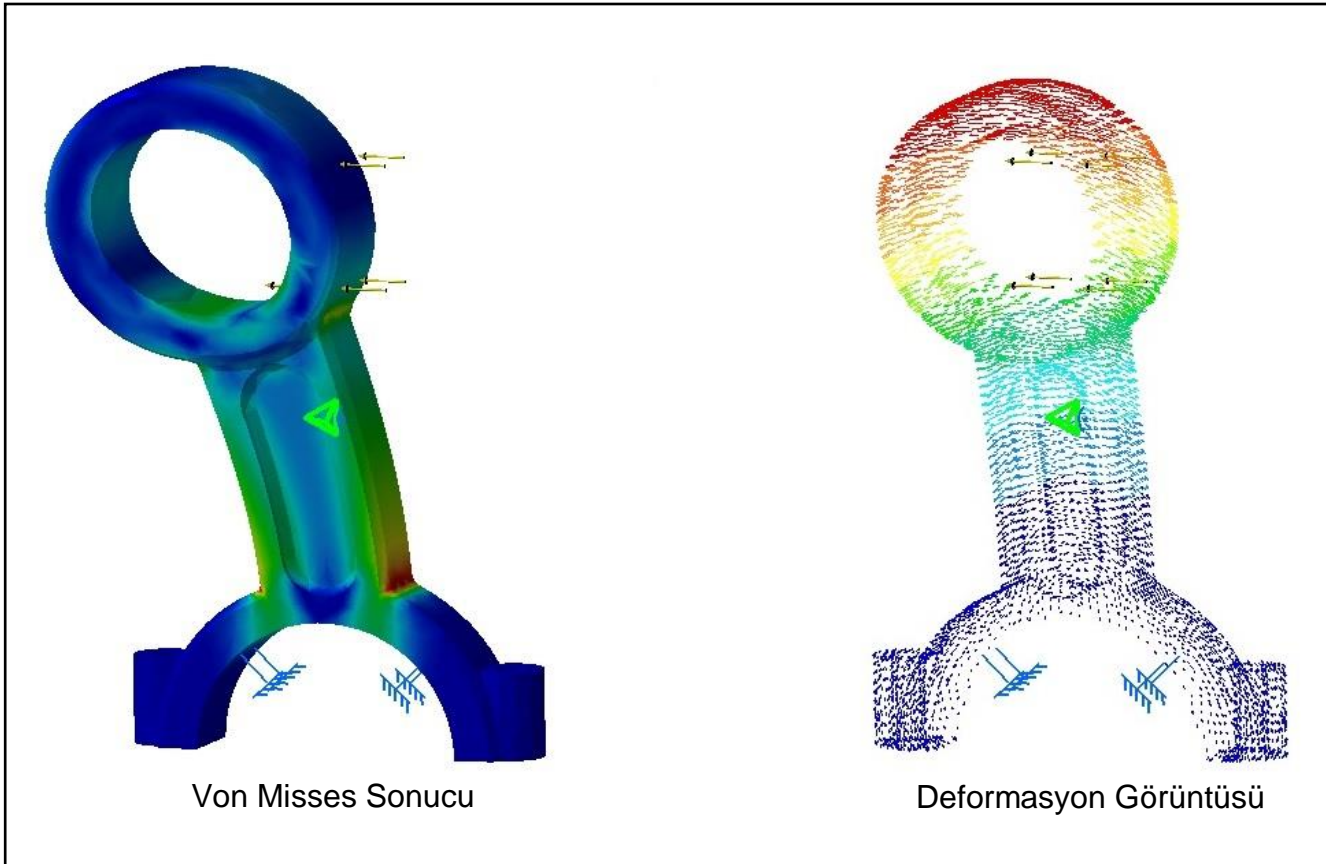
Biyel kolu malzeme seçimi için öncelikle “dökme demir” malzemesi kullanılıp sonuçlara bakılacaktır. Eğer ki biyel kolu gelen kuvveti karşılayamazsa malzeme değişikliği yaparak optimum malzemeyi bulma yolunda gidilecektir.

Dökme Demir (30 Bar)	
Yield Strength	$2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Poisson Ratio	0,3
Density	7200 kg/m^3
Uygulanacak Kuvvet	6080 N
Eksen	-Z yönü
Mesh Size	10 mm
Absolute Sag	1 mm
Element Type	Parabolic



Şekil 46: 6080 N Dökme Demir Analiz Sonuçları

Dökme Demir (60 Bar)	
Yield Strength	$2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Poisson Ratio	0,3
Density	7200 kg/m^3
Uygulanacak Kuvvet	12161 N
Eksen	-Z yönü
Mesh Size	10 mm
Absolute Sag	1 mm
Element Type	Parabolic



Şekil 47: 12161 N Dökme Demir Analiz Sonuçları

6080 N Dökme Demir Sonuçları

12161 N Dökme Demir Sonuçları

Von Mises stress (nodal values).1 Translational displacement vector.1 N_m2 mm On Boundary On Boundary	Von Mises stress (nodal values).1 Translational displacement vector.1 N_m2 mm On Boundary On Boundary
<p>Max. Von Misses Değeri: 1.68×10^8 (N/m²)</p> <p>Akma Dayanımı: 2.5×10^8 (N/m²)</p> <p>Emniyet Katsayısı: $S = \frac{2.5 \times 10^8}{1.68 \times 10^8} = 1.48$</p>	<p>Max. Von Misses Değeri: 3.37×10^8 (N/m²)</p> <p>Akma Dayanımı: 2.5×10^8 (N/m²)</p> <p>Emniyet Katsayısı: Emniyetsiz !</p>

Sonuçlar;

Yapısal analiz sonucuna göre biyel kolu şekil değiştirmeyi en fazla pim kısmının olduğu yerde görülürken, en çok zorlandığı yer ise biyel kolunun krank miline bağlandığı kısımdır.

6080 N kuvvete maruz kalan biyel kolu, akma sınırını geçmediği için bu malzeme uygulanan kuvveti kaldırıyor ve mukavemeti dayanıyor demektir. Bu sonuçlara göre 1.48 kat emniyetli olduğunu gözlemliyoruz. Maksimum şekil değişimi de 0.258 mm olduğunu gözlemliyoruz.

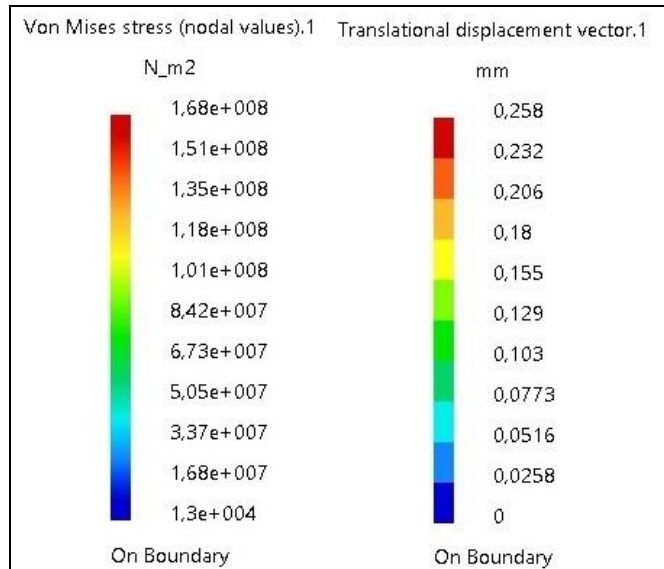
12161 kuvvete maruz kalan biyel kolu akma sınırını geçtiği için malzemenin bu kuvvete dayanmadığını anlarız. Maksimum şekil değişimi de 0.516 mm olduğunu gözlemliyoruz. Bu yüzden malzeme değişimi veya tasarım değişiklikleri yapılmalıdır.

Çözüm;

12161 N kuvveti kaldırabilen malzeme seçimi yapılmalıdır. Bunun için akma sınırı yüksek, uygun darbe ve çekme dayanımı, gevrek kırılmalara karşı dayanımı olan malzeme seçilmelidir. Bunun için öncelikle Yapısal çelik olan "S450" çeliği denenecektir.

S450 Çeliği (12161 N)	
Yield Strength	$4.4 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Poisson Ratio	0,3
Density	7850 kg/m^3
Uygulanacak Kuvvet	12161 N
Eksen	-Z yönü
Mesh Size	10 mm
Absolute Sag	1 mm
Element Type	Parabolic

12161 N Dökme Demir Sonuçları

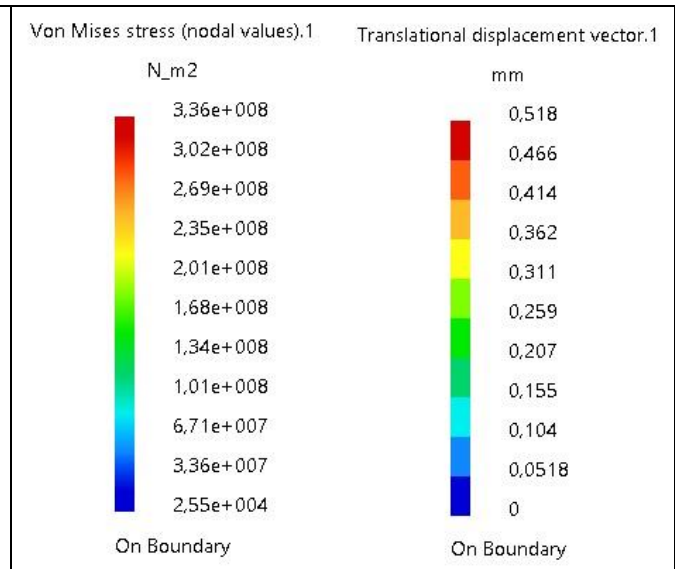


Max. Von Misses Değeri: $1.68 \times 10^8 \text{ (N/m}^2)$

Akma Dayanımı: $2.5 \times 10^8 \text{ (N/m}^2)$

Emniyet Katsayısı: $S = \frac{2.5 \times 10^8}{1.68 \times 10^8} = 1.48$

12161 N S450 Sonuçları



Max. Von Misses Değeri: $3.36 \times 10^8 \text{ (N/m}^2)$

Akma Dayanımı: $4.4 \times 10^8 \text{ (N/m}^2)$

Emniyet Katsayısı: 1.3

Malzeme “S450” yapısal çelik seçildiği zaman 12161 N kuvveti yaklaşık 1.3 kat emniyetli şekilde dayandığını gözlemliyoruz. Çelik malzeme kullanımı motor ağırlığını arttırdığından dolayı efektif olmadıkları düşünülür. Bunun için düşük yoğunluklu ve yüksek dayanıklı olan malzeme seçimi daha uygun olacaktır. Bu malzeme “Ti-6Al-4V” Titanyum – Alüminyum alaşımıdır.

Titanyum - Alüminyum (Ti-6Al-4V) Alaşımı		Alaşım Yüzdeleri
Yield Strength	$2,28 \times 10^8 \text{ N/m}^2$	Ti: 90
Poisson Ratio	0,33	Al: 6
Density	2666 kg/m^3	V: 4
Uygulanacak Basınç	$6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	
Mesh Size	5 mm	
Absolute Sag	1 mm	
Element Type	Parabolic	

12161 N S450 Sonuçları

12161 N “Ti-6Al-4V” Sonuçları

Von Mises stress (nodal values).1 N_m2	Translational displacement vector.1 mm	Von Mises stress (nodal values).1 N_m2	Translational displacement vector.1 mm
3,36e+008	0,518	3,33e+008	0,958
3,02e+008	0,466	3e+008	0,863
2,69e+008	0,414	2,66e+008	0,767
2,35e+008	0,362	2,33e+008	0,671
2,01e+008	0,311	2e+008	0,575
1,68e+008	0,259	1,66e+008	0,479
1,34e+008	0,207	1,33e+008	0,383
1,01e+008	0,155	9,99e+007	0,288
6,71e+007	0,104	6,66e+007	0,192
3,36e+007	0,0518	3,33e+007	0,0958
2,55e+004	0	2,38e+004	0
On Boundary	On Boundary	On Boundary	On Boundary
Max. Von Misses Değeri: $3.36 \times 10^8 \text{ (N/m}^2)$		Max. Von Misses Değeri: $3.33 \times 10^8 \text{ (N/m}^2)$	
Akma Dayanımı: $4.4 \times 10^8 \text{ (N/m}^2)$		Akma Dayanımı: $8.8 \times 10^8 \text{ (N/m}^2)$	
Emniyet Katsayısı: 1.3		Emniyet Katsayısı: 2.64	
Yoğunluk: 7850 kg/m^3		Yoğunluk: 4430 kg/m^3	

Çelik ve demir malzemelerin analiz değerlerinin alüminyum ve titanyum alaşımı malzemeye yakın olmasına ve hatta çelik malzemenin deformasyon değerinin en az olmasına rağmen motorun ağırlığını arttırdığı için efektif olmadıkları düşünülmektedir.

“**Ti-6Al-4V**” malzemesi ise demir ve çelik malzeme göre elde edilen sonuçlar ve yoğunluk farkı dolayısıyla kullanım açısından uygun görülmektedir.

4. Sonuç

Catia V5 programı kullanılarak oluşturulan V6 Çift turbolu içten yanmalı motorun katı modellemesi, montajı ve kinematik analizi yapılmıştır. Model gerçeğe yakın ölçüler kullanılarak tasarlanmış, analiz sonuçlar Catia V5 değerlerine göre karşılaştırılmıştır.

Modelleme yapılırken kullanılan komutlar, kullanılan bölüm ve analiz aşamaları detaylı bir şekilde açıklanmış, örneklerle belirtilmiştir.

Biyel kolu ve piston başının yapısal analizi yapılarak belli basınca ve kuvvete maruz kalan malzemelere en uygun seçimler yapılmıştır. Seçilen malzemeler yoğunluk olarak da dikkate alınmıştır.

Piston başı için; düşük yoğunluklu malzeme seçimi atalet kuvvetlerini düşürdüğünden ve ısı iletme yeteneği yüksek olan malzeme daha iyi soğutma yapacağından ötürü seçtiğimiz malzeme “**Alüminyum 5083 H321**” alaşımı olmuştur.

Biyel kolu için; düşük yoğunluklu, yüksek dayanıklı ve yüksek darbe direnci olan “**Ti-6Al-4V**” Titanyum – Alüminyum alaşımı seçilmiştir.



5. Kaynakça

1. Ülger, Poyraz, Termik Motorlar, Hiperlink Yayınları, 2011
2. PowerPoint Presentation (cadem.com.tr)
3. Material Science | News | Materials Engineering | News (azom.com)
4. Eurocode Design & Calculation Tools for Structural Engineers (eurocodeapplied.com)
5. <https://www.matweb.com/>

