

# Mekanik Sistemler ve Elemanlar



Şekil-1



Şekil-2



Şekil-3



Şekil-4

Dr. Özgür AKIN

# GİRİŞ

- ❖ Kızaklama Sistemleri
- ❖ Vidalı Mil Sistemleri
- ❖ Rulmanlar
- ❖ Kamlar
- ❖ Kayış-Kasnak Mekanizmaları
- ❖ Dişliler
- ❖ Redüktörler
- ❖ Harmonik Redüktör
- ❖ Grashof Teoremi

# Kızaklama Sistemleri

## A) Kızaklama Sistemleri Çeşitleri

1) Doğrusal Bilyeli Sistemler

2) Profil-Ray Bilyeli Sistemler

3) Kırilangıç Kızaklı Sistemler

## B) Deformasyon Bakımından Karşılaştırma

## C) Hassasiyet Bakımından Karşılaştırma

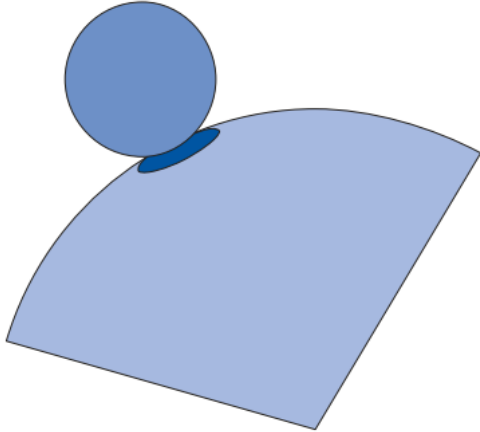
## D) Hız Bakımından Karşılaştırma

# Kızaklama Sistemleri

## A)Kızaklama Sistemleri Çeşitleri

### 1)Doğrusal Bilyeli Sistemler

- ❖ Oluşturulan hareketli düzeneklerle bilyeler mil üzerine doğrudan temas eder.
- ❖ Ancak kontak tipi incelendiğinde noktasal kontak diye tabir edilen çok az temas yüzeyine sahiptir.
- ❖ Böyle bir sistemin yük kapasitesi düşüktür.



Şekil-5



Şekil-6



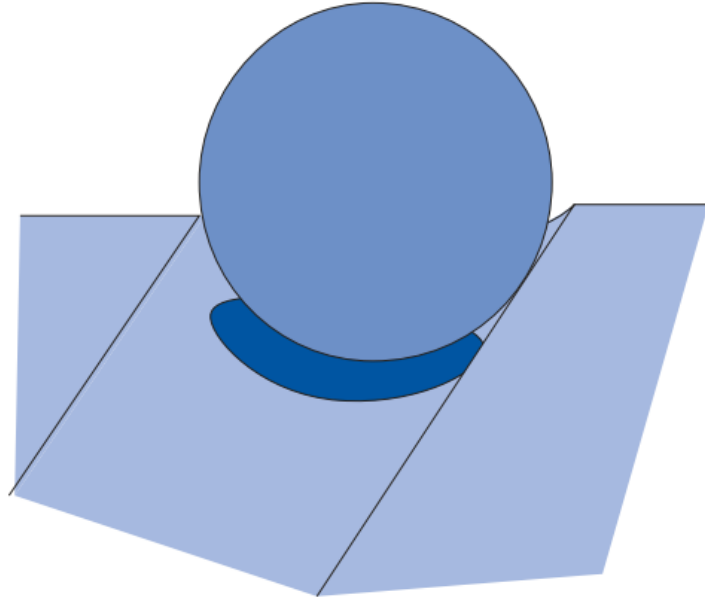
Şekil-7

# Kızaklama Sistemleri

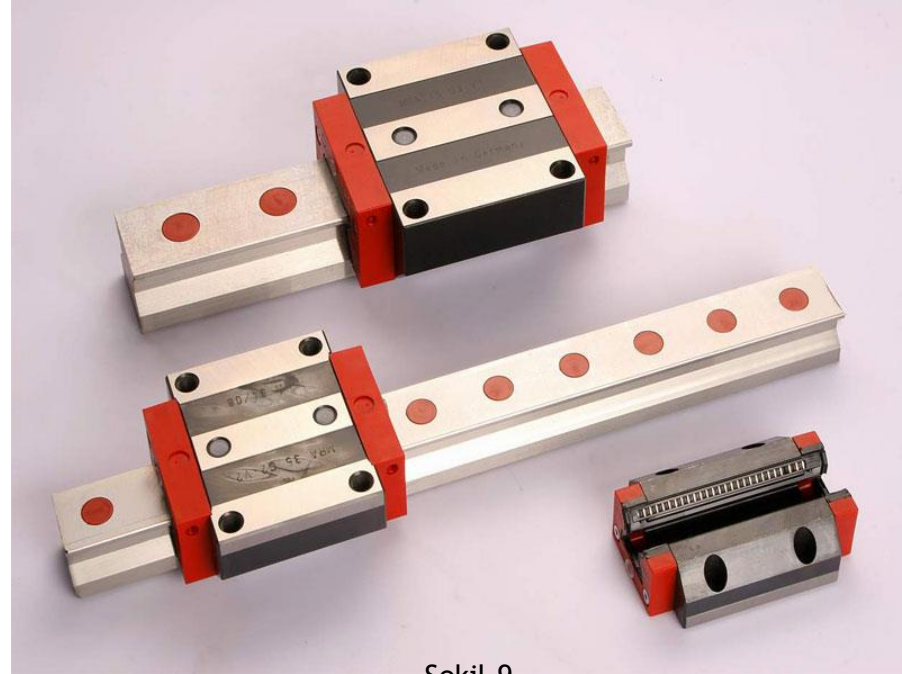
## A)Kızaklama Sistemleri Çeşitleri

### 2)Profil-Ray Bilyeli Sistemler

- ❖ Profil rayların belirli bölgelerinde açılan kanallar bilyelere yatak ve kılavuz görevi yapar.
- ❖ Bu kanal içerisinde hareket eden bilyeler daha çok temas yüzeyine sahiptir.
- ❖ Bu nedenle sistemin yük kapasitesi daha büyüktür.



Şekil-8



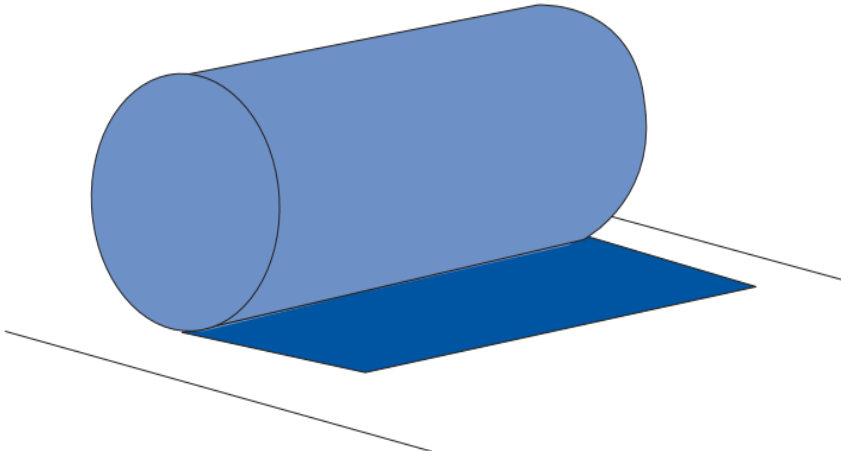
Şekil-9

# Kızaklama Sistemleri

## A)Kızaklama Sistemleri Çeşitleri

### 3)Kırlangıç Kızaklı Sistemler

- ❖ Silindirik döner elemanlarla bir düzlem üzerinde hareket gerçekleşir.
- ❖ Oldukça yüksek temas alanı vardır.
- ❖ Maksimum yük kapasitesine ulaşılmış olunur.



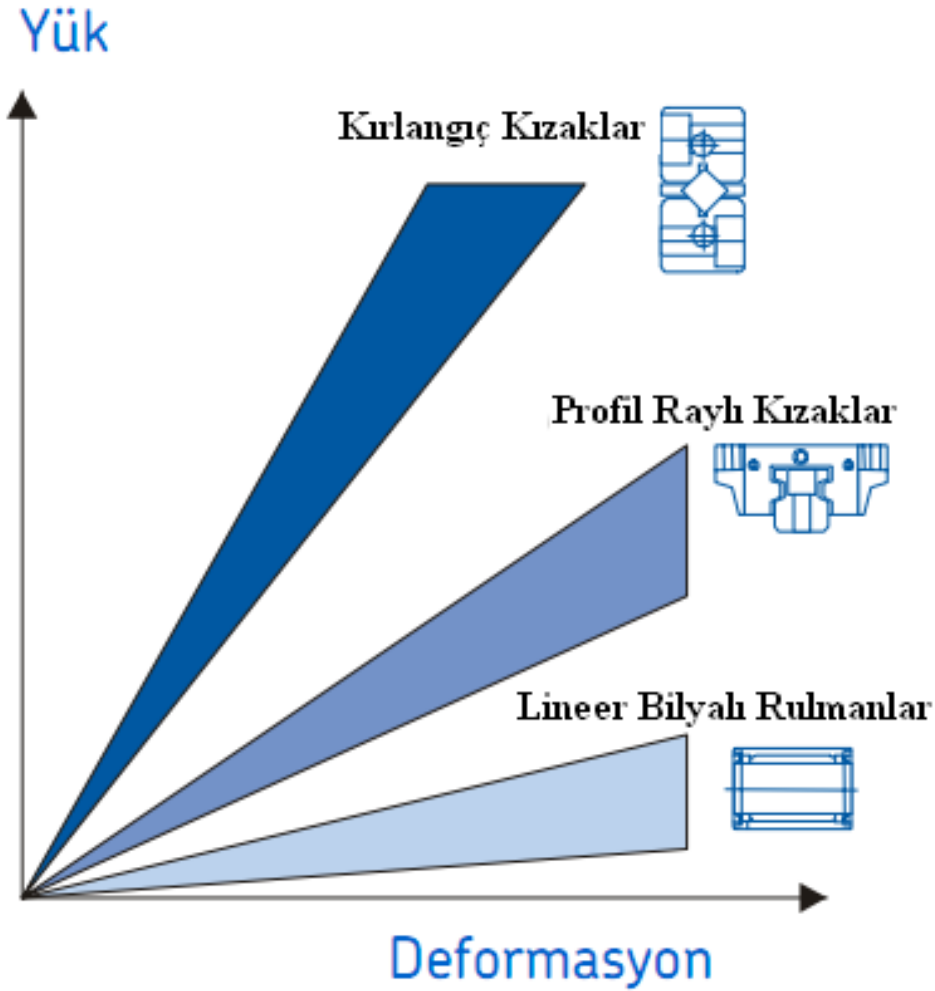
Şekil-10



Şekil-11

# Kızaklama Sistemleri

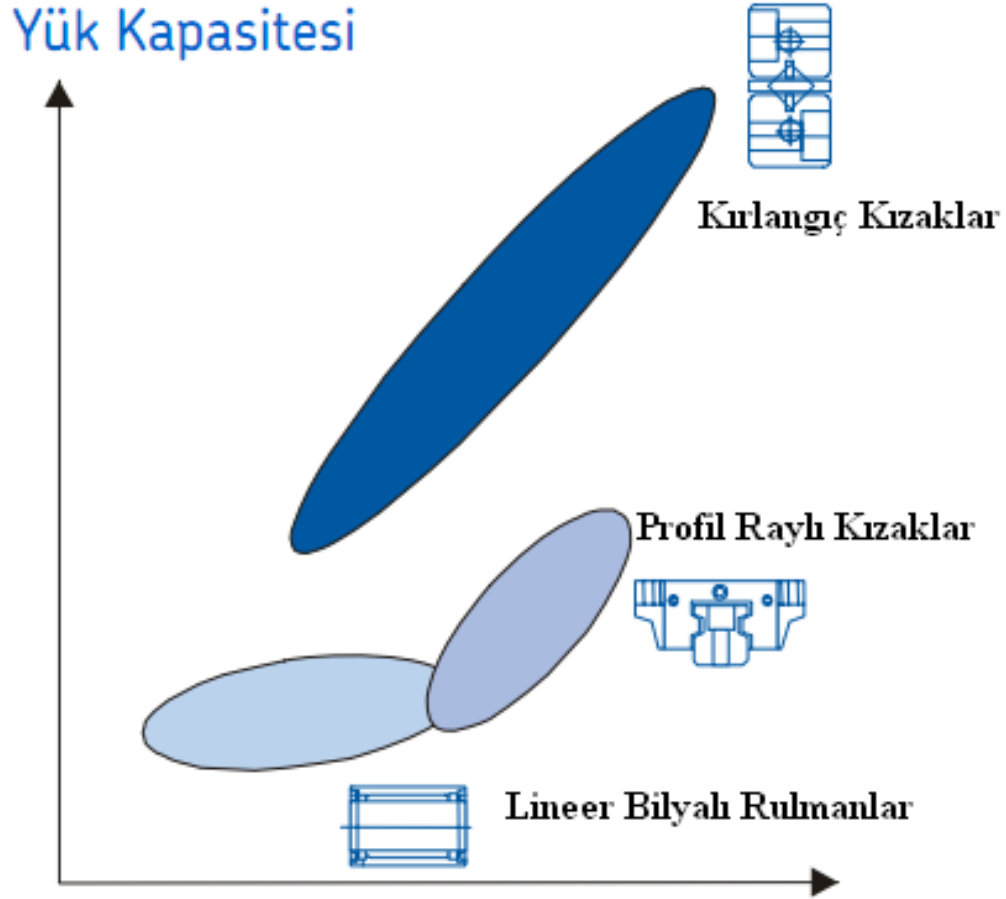
## B) Deformasyon Bakımından Karşılaştırma



Şekil-12

# Kızaklama Sistemleri

## C) Hassasiyet Bakımından Karşılaştırma

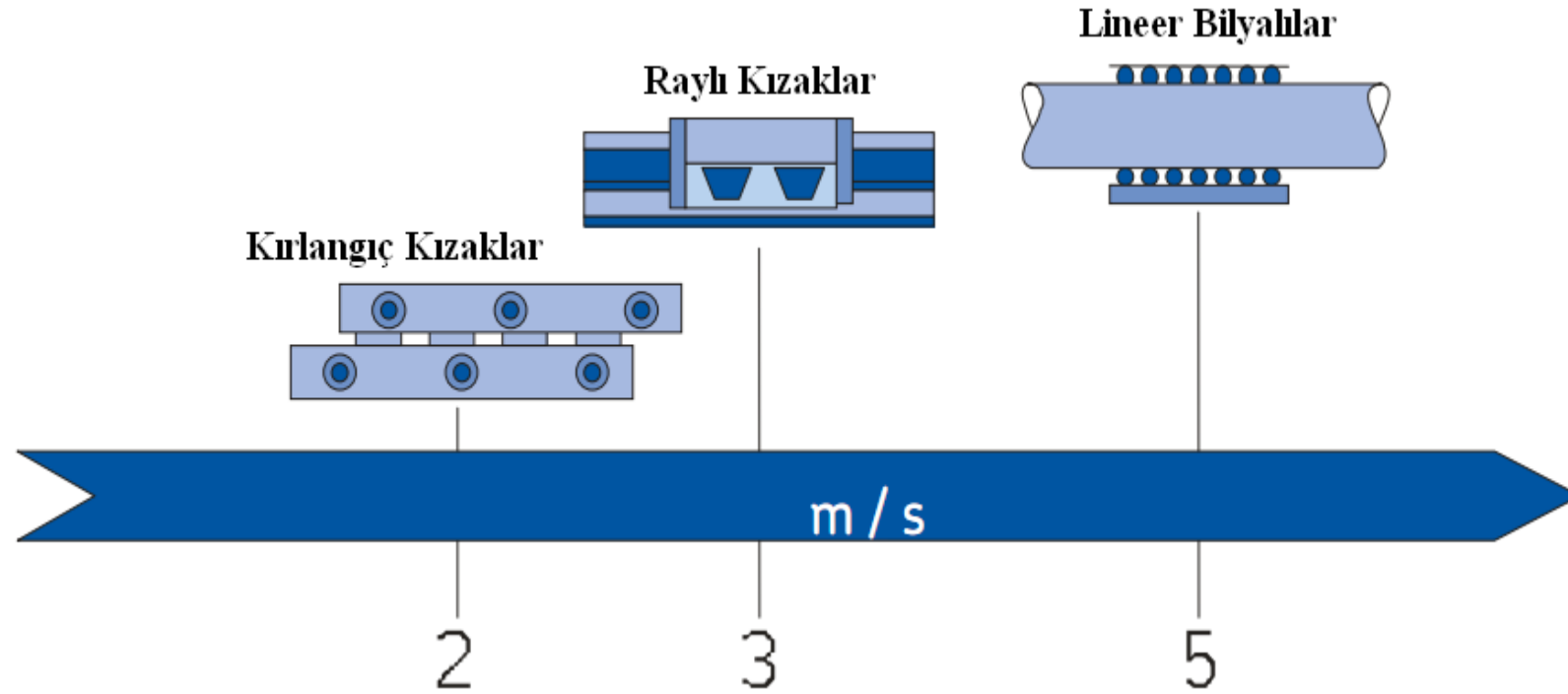


Kapasite bakımından aynı hassasiyet ölçüsünde ulaşılabilecek maksimum kapasiteye **Kırlangıç kızaklar** ardından **profil raylı sistem** ve son olarak **lineer bilyeli rulmanlar** ile ulaşılır.



# Kızaklama Sistemleri

## D)Hız Bakımından Karşılaştırma



Şekil-14

# Vidalı Mil Sistemleri

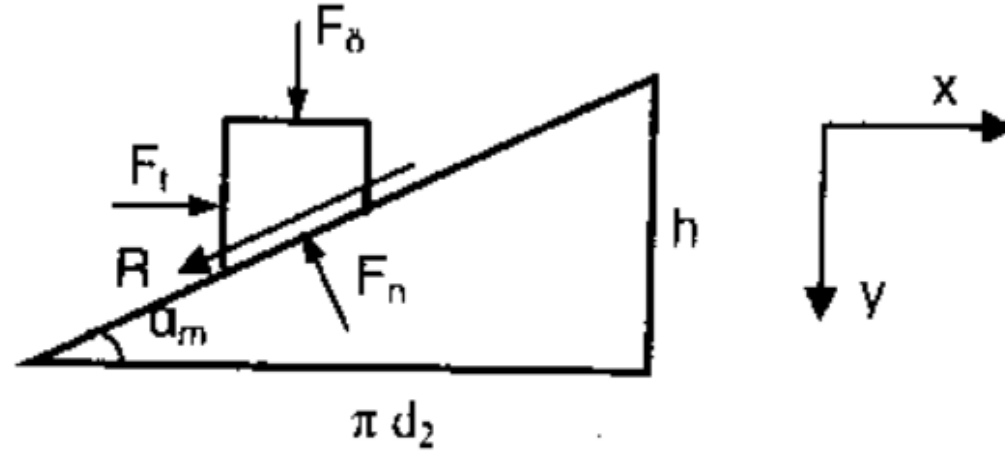
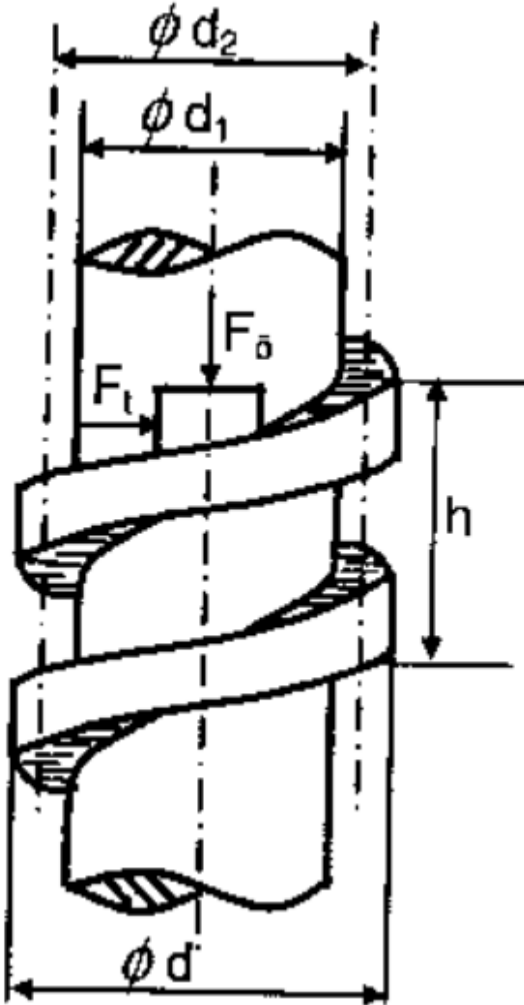
- ❖ Bu sistemler mekanik sürücü olarak da adlandırılır.
- ❖ Dairesel hareketi doğrusal harekete dönüştürürler.
- ❖ Mil üzerine açılmış vida yuvaları sayesinde bir turluk dönme hareketine karşılık hatve (vida adımı) kadar öteleme gerçekleşir



Şekil-15

# Vidalı Mil Sistemleri

- ❖  $F_0$  : Eksenel Kuvvet
- ❖  $F_t$  : Çevresel Kuvvet (Somun Çevirme Kuvveti)
- ❖  $F_n$  : Normal Tepki Kuvveti
- ❖  $R$  : Sürtünme Kuvveti



$$\operatorname{tg} \alpha_m = \frac{h}{\pi d_2}$$

Şekil-16

# Vidalı Mil Sistemleri

$$\operatorname{tg} \alpha_m = h / \pi \cdot d_2$$

$$\operatorname{tg} \alpha_m = F_t / F_{\ddot{o}}$$

**O halde;**

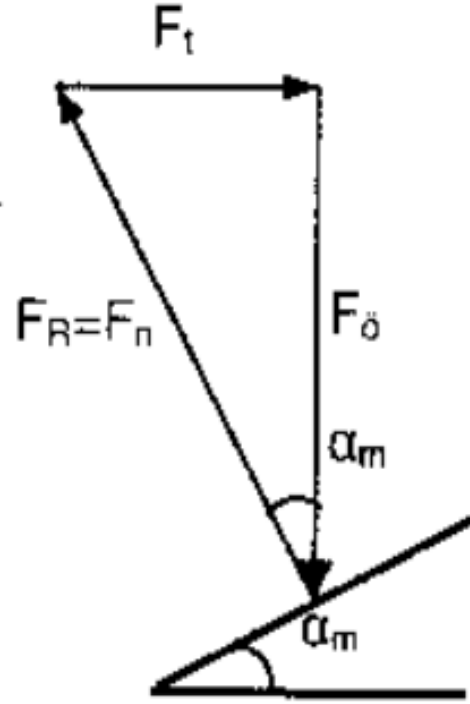
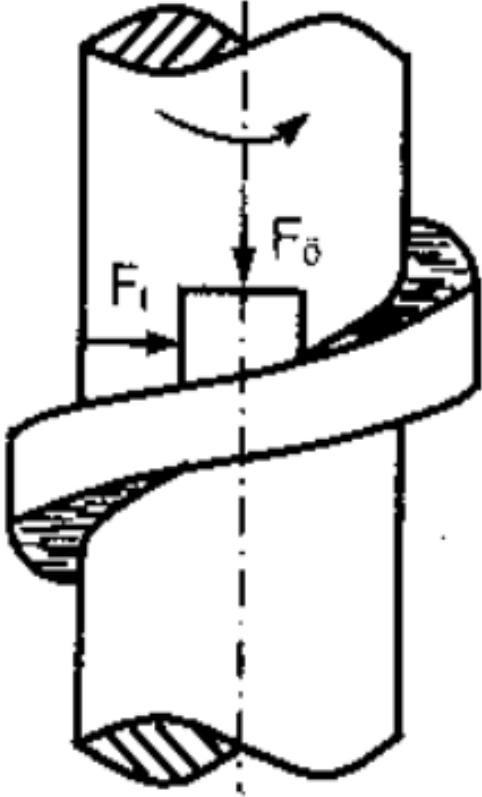
$$F_t / F_{\ddot{o}} = h / \pi \cdot d_2$$

$$F_t = h \cdot F_{\ddot{o}} / \pi \cdot d_2$$

**Somun çevirme  
Momenti ( $M_s$ );**

$$M_s = F_t \cdot d_2 / 2$$

$$M_s = h \cdot F_{\ddot{o}} / 2 \cdot \pi$$



Sürtünmesiz

Şekil-17

# Vidalı Mil Sistemleri

$$\text{tg}(\alpha_m + \rho) = F_t / F_{\ddot{o}}$$

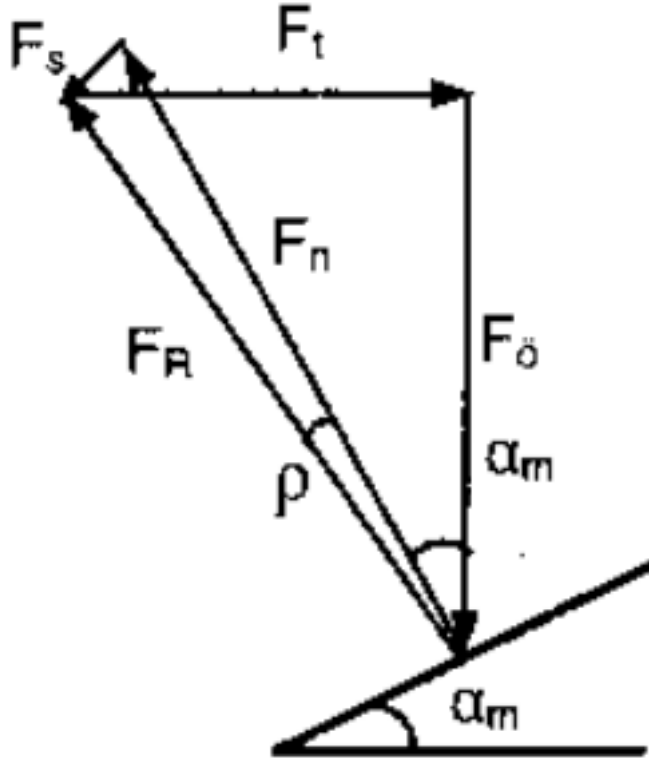
Somun çevirme Momenti ( $M_s$ );

$$M_s = F_t \cdot d_2 / 2$$

$$M_s = F_{\ddot{o}} \cdot \text{tg}(\alpha_m + \rho) \cdot d_2 / 2$$

Sistem  $F_{\ddot{o}}$  yükü altındayken helis açısından dolayı dönme yönünde bir moment doğar ve bu moment sürtünme momentini yenersen somun döner. Dolayısıyla **otoblokaj** helis eğimine ve sürtünme açısına bağlıdır. **Otoblokaj Şartı**;

$$\alpha_m \leq \rho$$

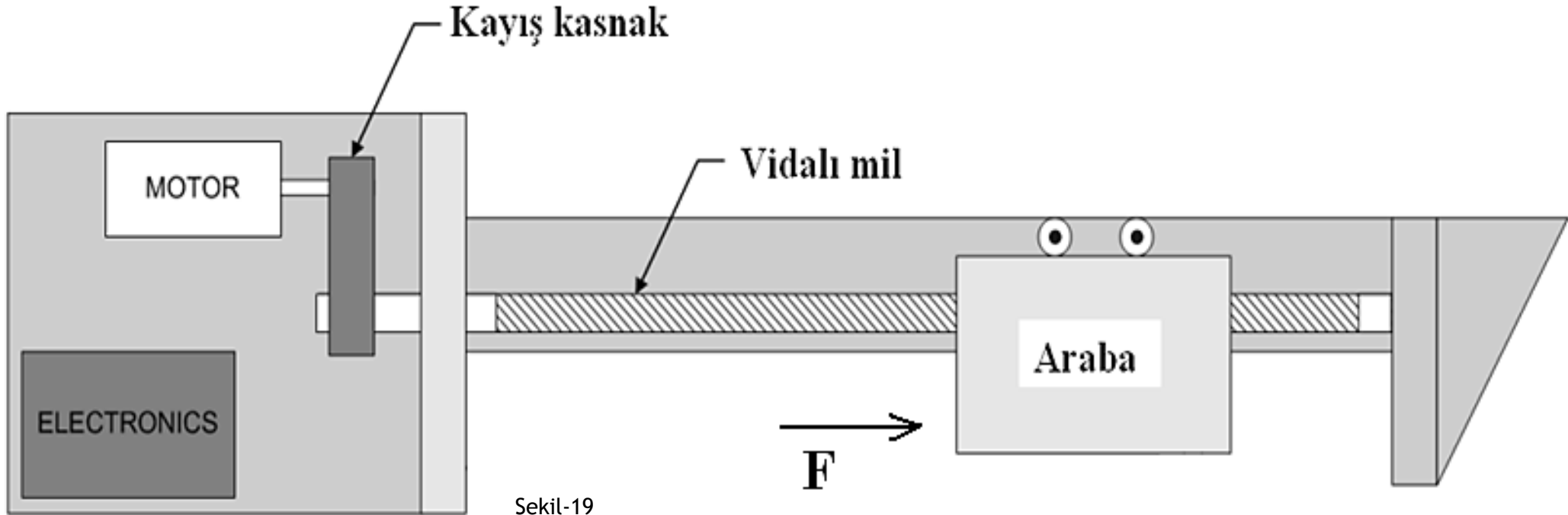


Sürtünmeli

Şekil-18

## Örnek

Aşağıdaki sistemde arabanın 50 mm/saniye hızla hareket etmesi istenmektedir. Ayrıca araba üzerine etki eden  $F=1500$  N'luk kuvveti yenmesi gerekmektedir. Sistem bir DC motor ile tahrik edilmektedir. DC motordan arabaya mekanik hareketi aktarmak için dişli kayış kasnak ve sonsuz vida mil-somun ikili sistemleri kullanılmıştır. DC motor çıkış miline bağlı kasnak 11 dişe ve vida miline bağlı kasnak ise 55 dişe sahiptir. Sonsuz vida-somun ikilisinin hatvesi 4mm, vida mil çapı 20mm'dir. Sistemdeki sürtünmelerin ihmal edilmesi halinde DC motorun devrini(devir/dakika) ve üretmesi gereken torku ( Nm ) hesaplayınız. Bu durumda seçilen DC motorun gücünü ( Watt ) bulunuz.



## Çözüm

$$F_t = h \cdot F_{\ddot{o}} / \pi \cdot d_2 = 0,004 \cdot 1500 / (\pi \cdot 0,02) = 95,493 \text{ Nt}$$

$$M_s = F_t \cdot d_2 / 2 = 95,493 \cdot 0,02 / 2 = 0,955 \text{ Nm}$$

$$N = T_1 / T_2 = 11 / 55 = 0,2$$

$$n_{\text{mil}} = V / h = 50 / 4 = 12,5 \text{ d/s}$$

$$M_{\text{motor}} = M_s \cdot N = 0,955 \cdot 0,2 = 0,191 \text{ Nm}$$

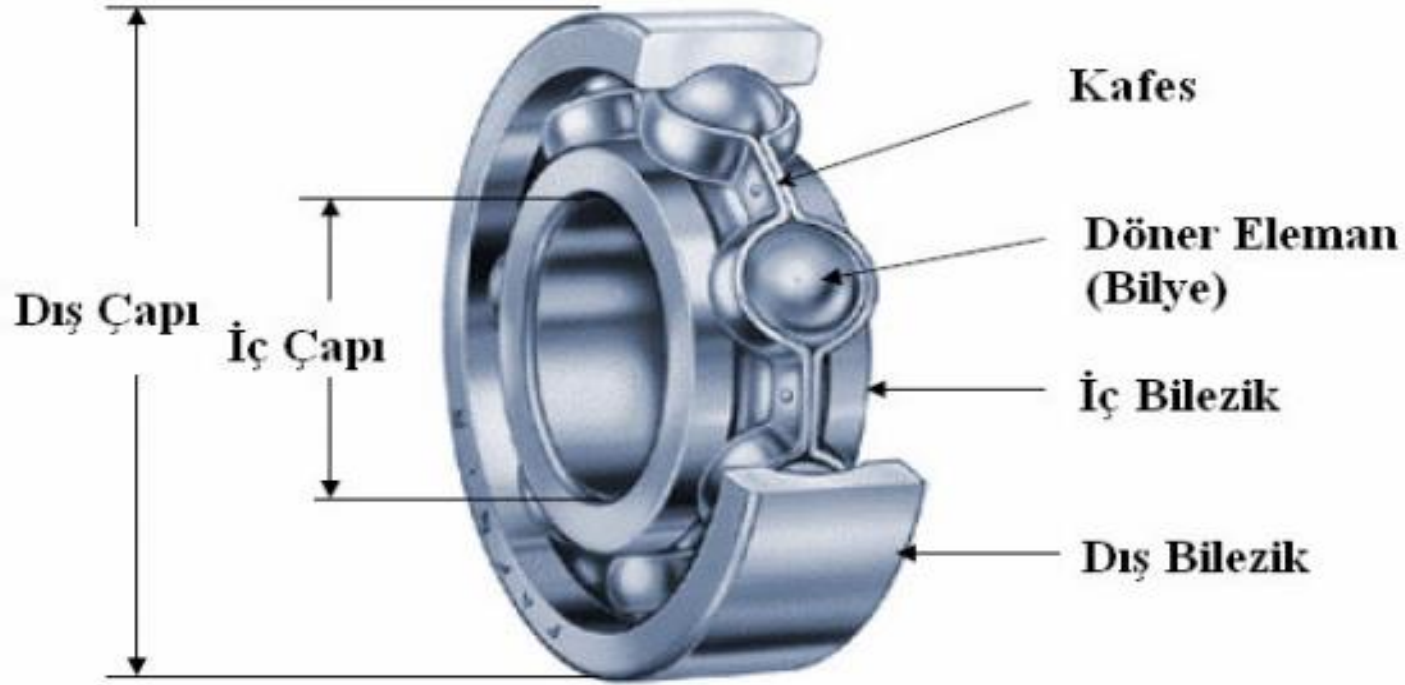
$$n_{\text{motor}} = n_{\text{mil}} / N = 12,5 / 0,2 = 62,5 \text{ d/s} = 3750 \text{ d/dak}$$

$$P_{\text{motor}} = 2 \cdot \pi \cdot M_{\text{motor}} \cdot n_{\text{motor}} / 60 = 75 \text{ Watt}$$

## Sağlaması

$$P_{\text{Araba}} = F \cdot V = 1500 \cdot 0,05 = 75 \text{ Watt}$$

# RULMANLAR



Şekil-20

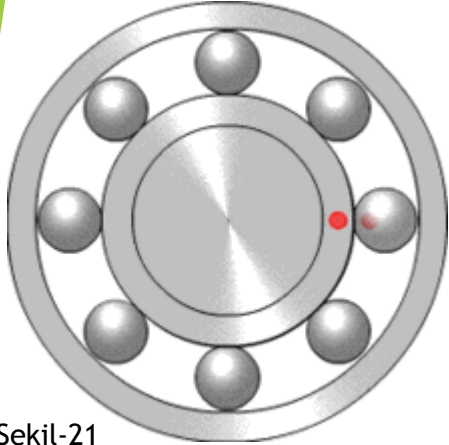
- A) Bilyeli Rulmanlar
- B) Makaralı Rulmanlar
- C) Rulman Teorisi
- D) Eşdeğer Dinamik Yük
- E) Rulman Ömrü



# RULMANLAR

## A) Bilyeli Rulmanlar:

Bilyeli Rulman



Şekil-21

Piyasadaki **en ucuz**, en yaygın kullanımı olan, **en basit** rulman tipidir. İç ve dış bilezikteki bilye oyuğu derin olduğu için **bir miktar eksensel yük alabilirler**. Orta büyüklükteki elektrik motorlarında bu tip rulmanlar kullanılır.

Oynak Bilyeli Rulman



Şekil-22

Bu rulmanlarda iki sıra bilye vardır. Bu rulmanların en önemli özelliği boyuna eksensel açılanmalarına **(eksen kaymasına) müsaade etmeleridir**. Böylece şafttan gelen moment rulmana taşınmamış olur ve **rulman hasarı oluşmaz**. Bu durum aynı zamanda montaj hatalarından kaynaklanabilecek **eksen kaymalarını da kompanse eder**.

Eğik Bilyeli Rulman



Şekil-23

Bu rulmanlar diğer bilyeli rulmanlara göre **daha fazla eksensel yük taşıyabilecek** şekilde iç ve dış bileziklerindeki bilye oyukları birbirlerine göre eksensel yönde simetrik olacak şekilde dizayn edilmişlerdir. Eksensel yük taşıma kapasiteleri bu oyukların bilyelerle temas açıları ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu rulmanların diğer avantajı ise **yüksek çalışma hassasiyetleri** olmasıdır.

Eksensel Bilyeli Rulman



Şekil-24

Bu rulmanlara Türkiye'de **BÜTE** de denilmektedir. Bunlar **sadece Eksensel yük altında** dönmesi gereken makinalarda kullanılırlar. BÜTE lerde iki tarafta yuva, arada ise bilyeler ve kafes bulunur. Yuva ve bilyeler ayrılabilir olduğu için **sökülüp takılmaları çok kolaydır**. BÜTE lerin yuva alınları düz olduğu gibi bazı tiplerde küresel oynamalara imkan verecek şekilde alın yarı küre şeklinde de üretilir. BÜTE ler eksensel yükü sadece bir yönde taşıyacak ise bir sıra bilyeli olan BÜTE ler kullanılabilir. Ancak eksensel yük her iki yönde de etki ediyorsa çift sıra bilyeli BÜTE kullanılması gerekir.

# RULMANLAR

## B)Makaralı Rulmanlar:

Silindirik Makaralı Rulman



Şekil-25

**Çok yüksek radyal yük taşımalarına karşın aksensel yük taşıyamazlar.** Aksensel yönde kaymalara müsaade ederler. Bu özellik termal genleşmelerden kaynaklanan shaft uzamasını kompanse etmek açısından önemlidir.

Oynak Makaralı Rulman



Şekil-26

**Çok ağır yük** altında çalışabilirler ve aksensel dönmelere imkan verdikleri için shaft üzerinden moment almazlar. Bir shaftın iki ucunda bu rulman kullanılmışsa rulman iç bileziği shaftta ortadan binen yükün yarattığı eğime uyum sağlar.

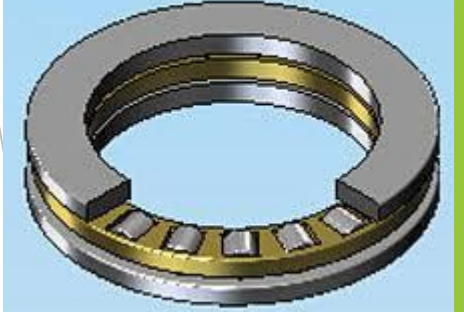
Konik Makaralı Rulman



Şekil-27

İç ve dış bileziklerindeki makara yuvaları konik olan rulmanlardır. Konik oyukların iç ve dış bileziklerdeki çizgisel uzantıları rulman ekseninde birbirleri ile çakışacak şekilde imal edilirler.

Eksensel Makaralı Rulman



Şekil-28

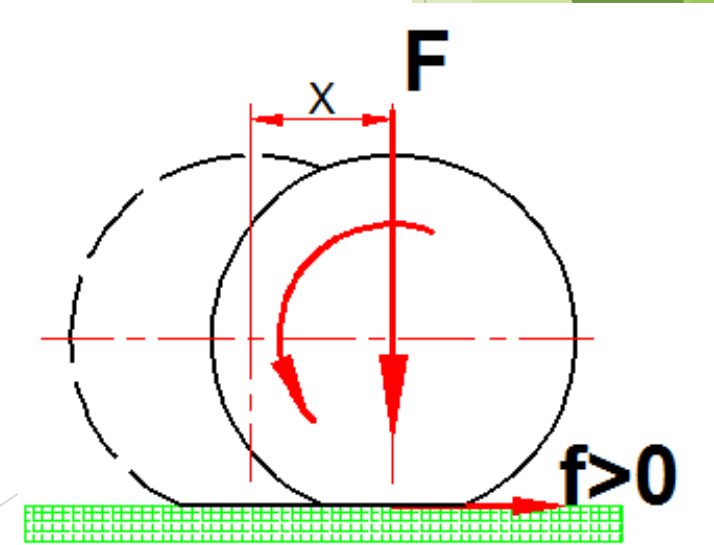
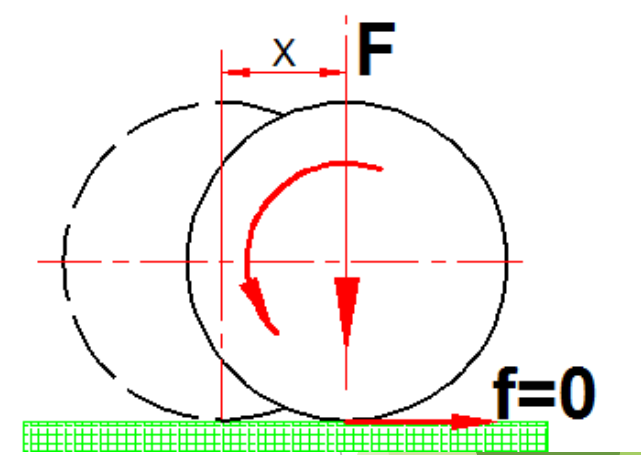
Eksensel silindirik makaralı rulmanlar (Makaralı BÜTE) **çok büyük aksensel yükler** söz konusu olduğunda kullanılırlar. Örnek : 120 Ton yük kaldırması gerekecek vincin döner kancası. Bu rulmanlar aynı zamanda çok büyük **aksensel şok darbelerine dayanabilirler.** Bu rulmanlar **sadece bir yöndeki aksensel yükleri taşırlar.** Eğer aksensel yük her iki yönde de varsa ikinci bir BÜTE kullanılması veya çift sıralı BÜTE kullanılması gerekir.

# RULMANLAR

## C)Rulman Teorisi:

Rulmanın temel prensibi sabit bir şaftın çevresinde dönen çevrenin şaft yüzeyi ile sürtünmesini minimize etme üzerine kurulmuştur.

Teorik olarak bir yüzeyde yuvarlanan bilye, teker vs. sonsuz sertlikte olsa, yani hiç esnemeyecek olsa yüzey ile dönen nesne arasında sıfır sürtünme olur. Ancak döner nesnenin yük altında belli bir miktar esneyerek dokunma yüzeyinde yassılaştırılması nedeni ile hareket dönme ve kayma ile birlikte oluşur. Bu ise sürtünmeyi meydana getirir. Rulmanlar söz konusu bu sürtünmeyi azaltmak amacı ile geliştirilmişlerdir.



Şekil-29

# RULMANLAR

## D)Eşdeğer Dinamik Yük:

Radyal ve eksensel yüklerin oluşturduğu bileşke kuvvet rulman ömrünü belirleyen ana etkindir.

Bileşke kuvvete rulman literatüründe “Eş değer dinamik yük (P) denilmektedir ve formülü

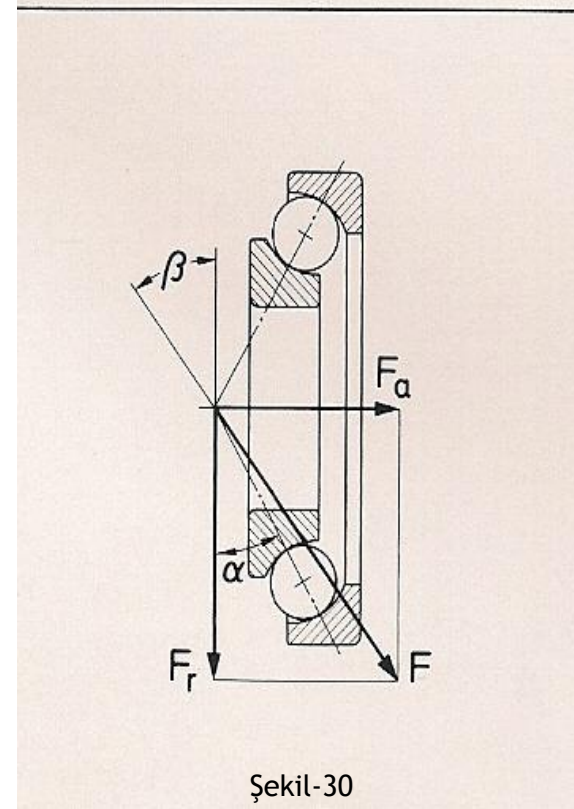
$$P(N)= F_r .\cos(\beta)+F_a .\sin(\beta)$$

$\sin\beta$  ve  $\cos \beta$  değerleri rulmanın tipine ve büyüklüğüne göre değişir ve bunlar rulman kataloğunda X ve Y katsayıları olarak verilir. Böylece;

$$P=X .F_r + Y .F_a$$

Eğer  $F_a$  belli bir büyüklüğün altında ise ikinci terim 0 kabul edilir ve formül

$$P=X .F_r$$
 şekline döner.



# RULMANLAR

## D)Eşdeğer Dinamik Yük:

$F_a$  değerinin dikkate alınıp alınmayacağı ise yine katalogta verilmiş olan “e” katsayısı ile belirlenir.

Eğer  $F_a/F_r > e$  ise

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$
 formülü kullanılır.

Eğer  $F_a/F_r < e$  ise

$$P = X \cdot F_r$$
 formülü kullanılır.

# RULMANLAR

## E)Rulman Ömrü:

Milyon devir cinsinden rulman ömrü ( $L_{10}$  )

$$L_{10} = (C/P)^p$$

- C** : Newton cinsinden dinamik yük sayısı
- P** : Newton cinsinden dinamik eşdeğer yük
- p** : Bu değer bilyeli rulmanlar için her zaman 3, makaralı rulmanlar için ise her zaman 3.33 dür.

# KAMLAR

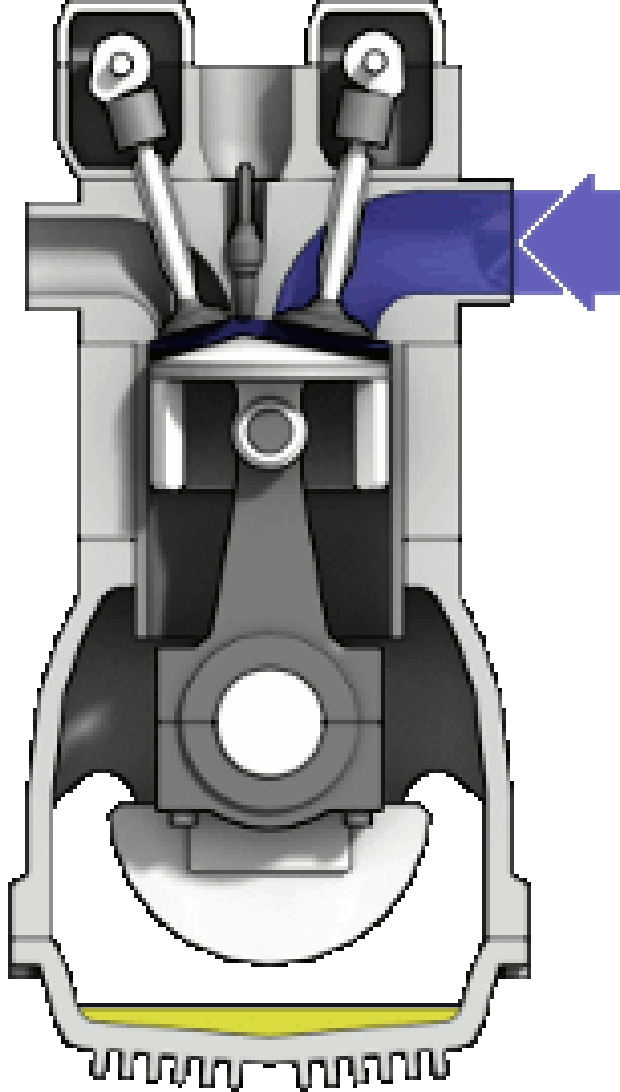


Şekil-31

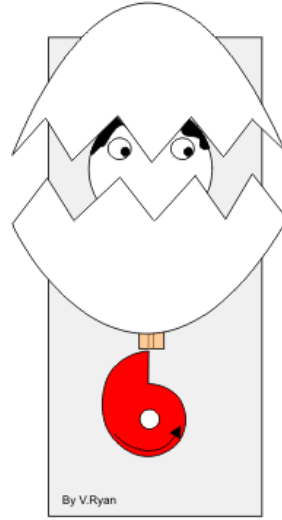
Kam mekanizmaları **dairesel hareketi doğrusal harekete** dönüştüren mekanizmalardır. Krank-biyel mekanizmaları da dairesel hareketi doğrusal harekete dönüştürür. Ancak **hareketin beklemeli olması** halinde kam mekanizmasına ihtiyaç duyulur.

# KAMLAR

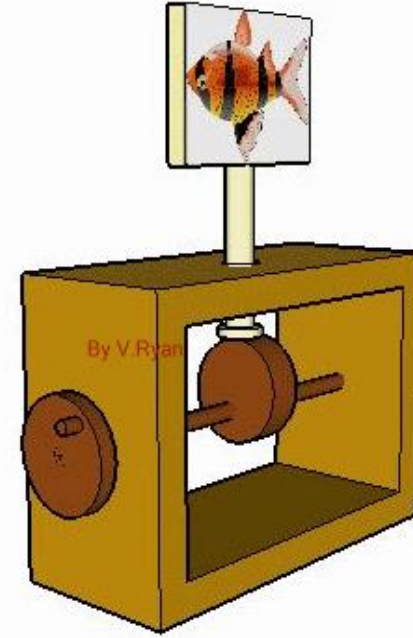
1



Şekil-32



DROP CAM  
Şekil-33



Şekil-34



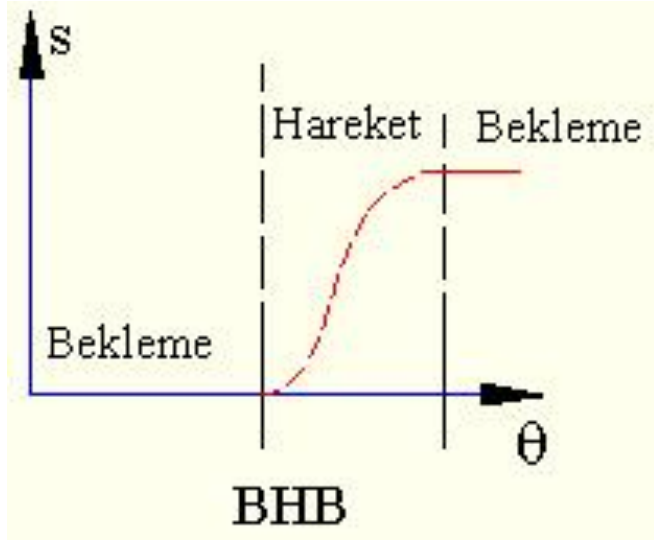
# KAMLAR

Genel olarak kam tasarımı yapılırken, izleyicinin zaman içerisinde izleyeceği yörünge göz önünde bulundurularak tasarım yapılır.

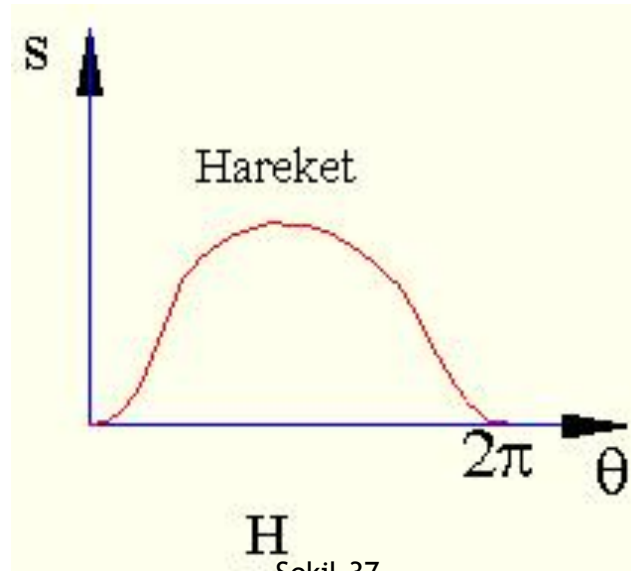
İzleyicinin izleyeceği bu yörüngenin zaman ekseninde oluşturduğu eğriye göre hareket üç şekilde sınıflandırılır:

1. Bekleme-hareket-bekleme: BHB
2. Bekleme-hareket: BH
3. Hareket: H

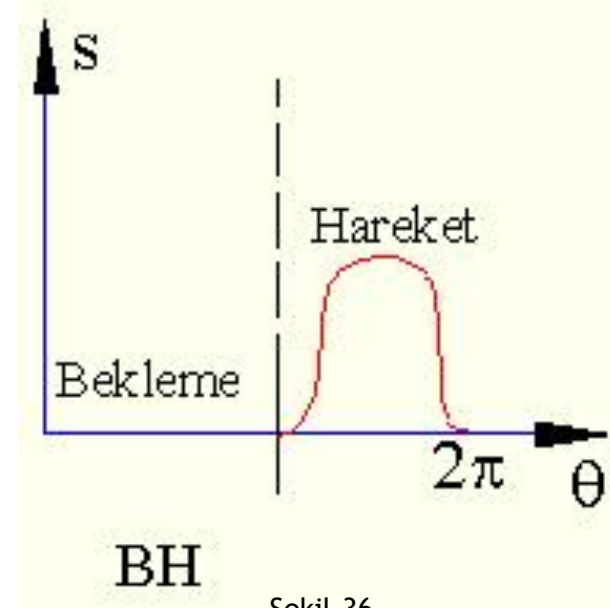
# KAMLAR



Şekil-35

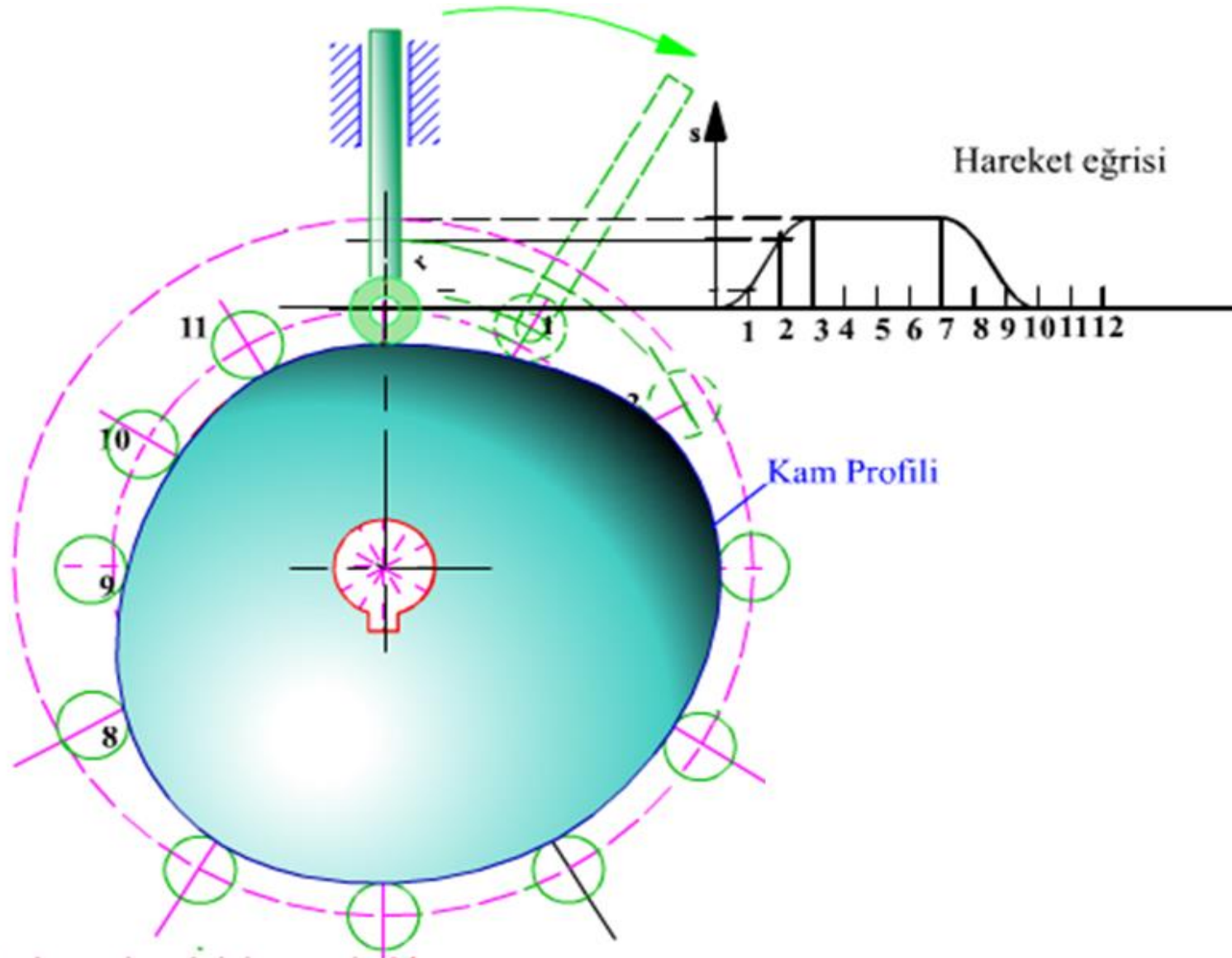


Şekil-37



Şekil-36

# KAMLAR

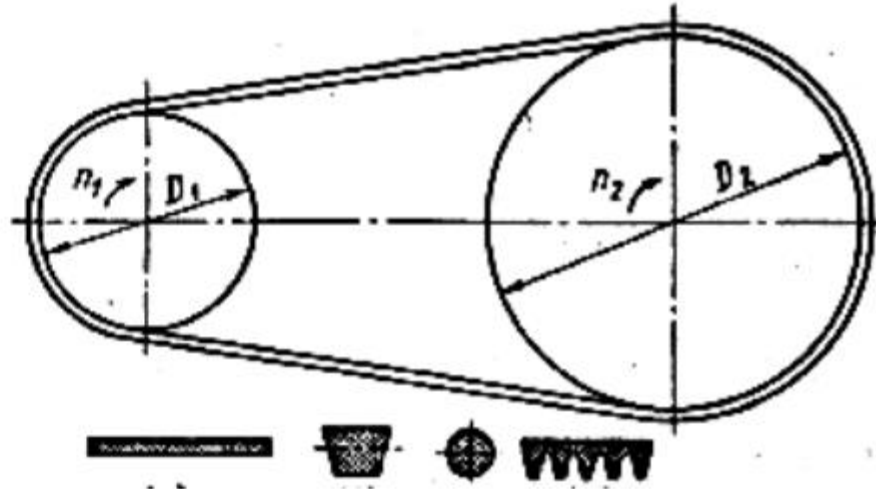


Şekil-38

# Kayış-Kasnak Mekanizmaları

Kayış kasnak mekanizmasında hareket, döndüren ve döndürülen kasnaklara sarılan ve oldukça esnek olan bir kayışın yardımıyla sağlanır; hareketin iletilmesinde kayış ile kasnak arasındaki sürtünme önemli bir rol oynar.

Kayış kasnak mekanizmasında hareket, kayış ile kasnak arasında meydana gelen sürtünme yolu ile iletilmektedir. Sürtünmeyi meydana getirmek için kayışın kasnak üzerine bastırılması, yani bir  $F$  basma kuvvetinin sağlanması gerekir.



Şekil-39

# Kayış-Kasnak Mekanizmaları

Avantajları;

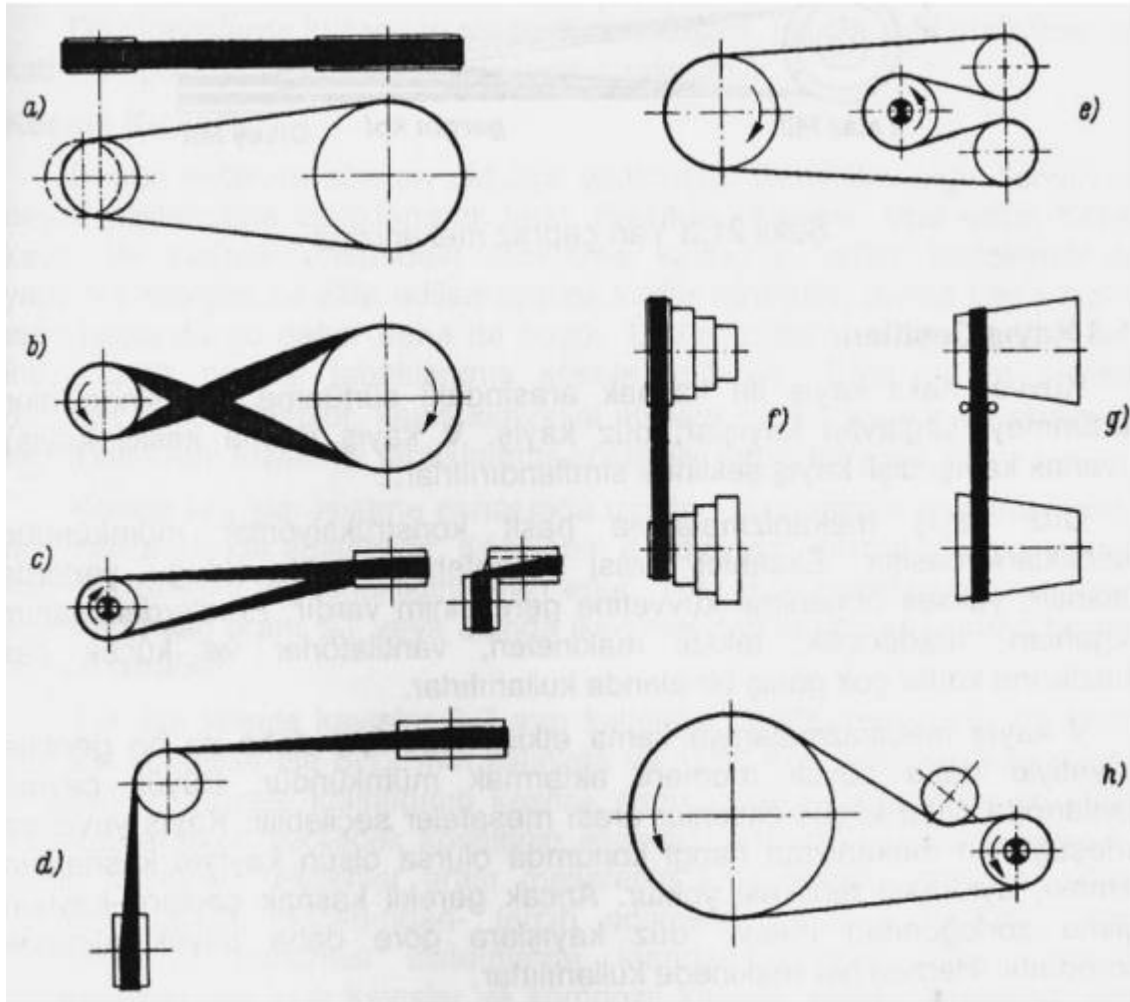
- ❖ Basit bir mekanizma olduğu için **maliyeti oldukça ucuzdur.**
- ❖ Birbirlerinden uzakta iki mil arasında hareket ve kuvvet iletimi yapabilirler.
- ❖ Kayış esnek malzemedен yapıldığı için **darbeleri karşılar ve sönümler.**
- ❖ **Ani yük büyümelerini iletmez,** bir emniyet elemanı olarak görev yapar.

# Kayış-Kasnak Mekanizmaları

Dezavantajları;

- ❖ Kayış ve kasnak arasındaki kısmi kaymalar yüzünden net çevrim oranı elde edilemez.
- ❖ Hareketin iletimi için kayışın kasnak üzerine basması gerekir. Bu basma kuvveti de miller ve yataklar üzerinde etki yapar.
- ❖ Kayışta zamanla gevşeme olabileceği için bir gerdirme sistemi yapılmalıdır.

# Kayış-Kasnak Mekanizmaları



Konstrüksiyonlarına göre sınıflandırma;

- a) Düz kayış kasnak mekanizması
- b) Çapraz mekanizma
- c) Yarı çapraz mekanizma
- d) Yön değıştirici Kasnaklı Mekanizma
- e) Çok kasnaklı tahrik
- f) Kademeli mekanizma
- g) Konik mekanizma
- h) Gergi kasnaklı mekanizma

# Kayış-Kasnak Mekanizmaları

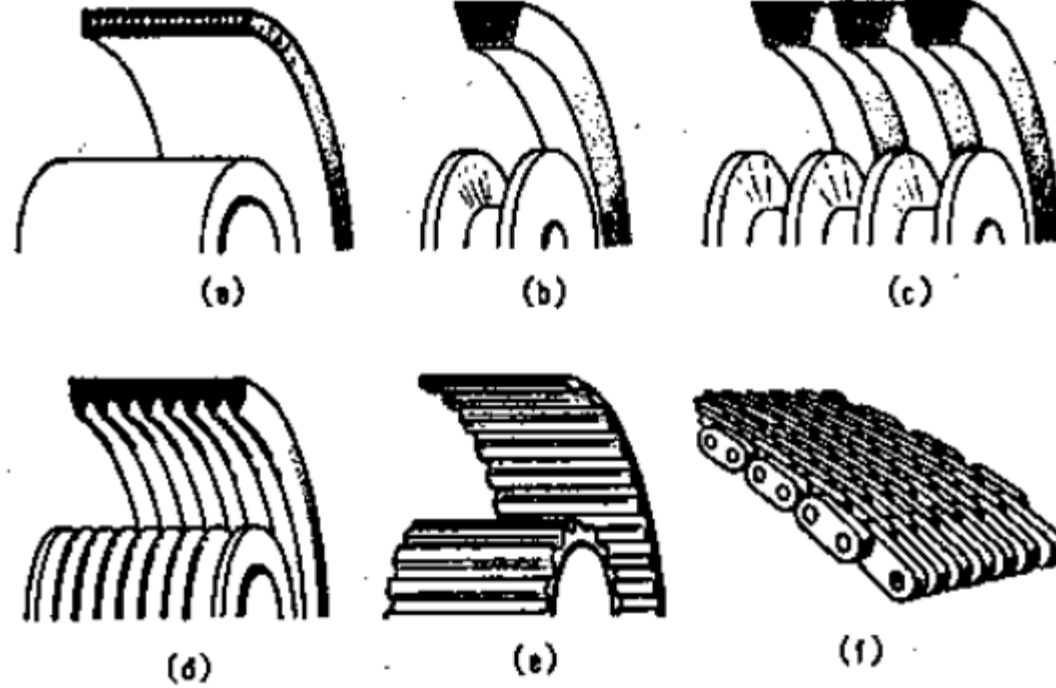
Kayış Çeşitleri;

Düz kayış (a)

□ V kayış (b,c,d)

□ Dişli Kayış (e)

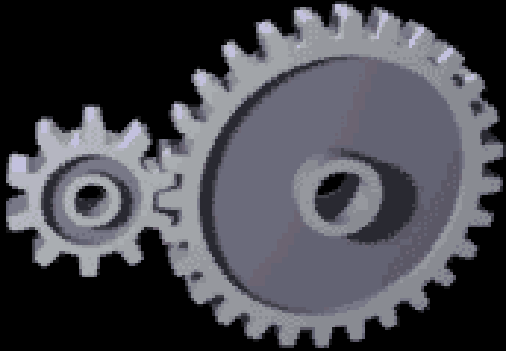
□ Maksallı kayış (f)



Şekil-41



# DİŞLİLER



Şekil-42

**A)Eksenleri  
Paralel  
Dişliler**



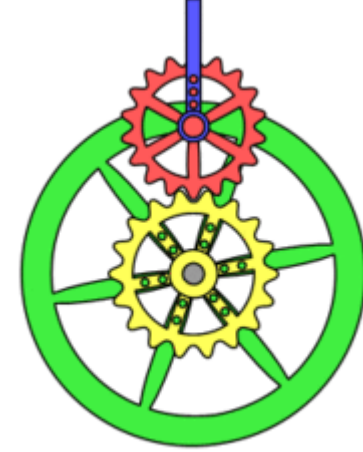
Şekil-43

**B)Eksenleri  
Çakışan  
Dişliler**



Şekil-44

**C)Eksenleri  
Paralel  
Olmayan ve  
Çakışmayan  
Dişliler**



Şekil-45

**D)Planet  
Dişliler**

# A)Eksenleri Paralel Dişliler

1. Düz Dişliler
2. Helisel Dişliler
3. Çavuş Dişliler
4. Bitişik Çavuş Dişliler

# A)Eksenleri Paralel Dişliler

## 1.Düz Dişliler

En **sık rastlanan** dişli tipi silindirik, düz dişlilerdir. Bunlarda dişler şaft eksenine paralel ve düzdür.

Bu dişlilerin avantajları İmalat **maliyetlerinin düşük olması, eksensel kuvvet aktarmamaları** ve **bakımlarının kolay olmasıdır**. Dezavantajları ise **gürültülü çalışmaları** ve dişli gruplarında **yüksek indirgeme oranı sağlanamamasıdır**. Yüksek indirgeme oranı sağlanması için bu dişli gruplarının bir kaç kademeli olarak tahrik aktarımında bulunmaları gerekir.



Şekil-46

# A)Eksenleri Paralel Dişliler

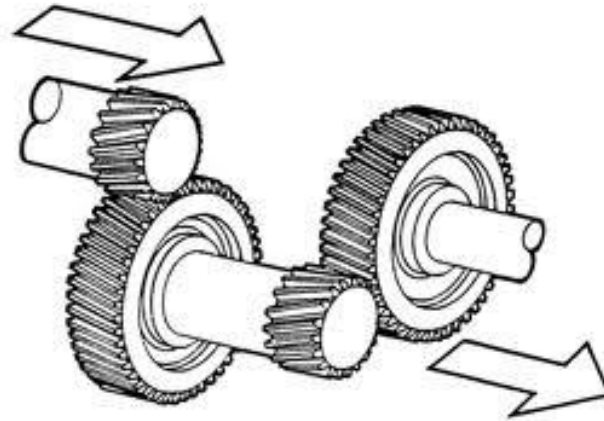
## 2.Helisel Dişliler

Bunlarda düz dişliler gibi silindirik geometriye sahip dişlilerdir. Düz dişliden farkları dişlerin helisel olmasıdır. Bu dişlilerin en önemli avantajı aynı büyüklükteki düz dişliye nazaran daha yüksek değerlerde yük taşıyabilmeleri, daha sessiz ve daha yüksek hızlarda çalışabilmeleridir.

Helisel dişli çiftlerinde bir diş diğerinden ayrılmadan önce komşu diş diğer dişli ile temasa geçtiği için daha hassas ve daha sessiz çalışırlar. Bir helisel diş çiftinde dişlilerin biri sağ helis ise diğeri sol helis dişlidir. Bu dişlilerin en büyük dezavantajı ise şaft ve yataklara eksensel yönde kuvvet iletmeleridir.



Şekil-47

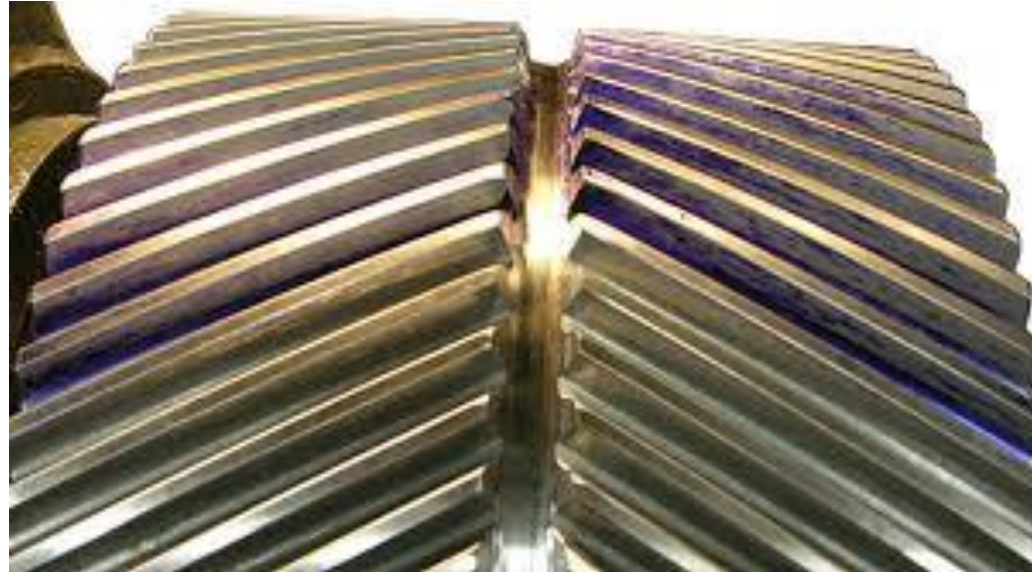


Şekil-48

# A)Eksenleri Paralel Dişliler

## 3.Çavuş Dişliler

Çavuş dişiler aynı eksenlerdeki iki helis dişlinin bütün olarak imal edilmiş halidir. Bu dişlilerden birisi sağ helis ise diğeri sol helis olarak açılırlar. Böylece helis dişlilerin en büyük dezavantajı olan **eksensel kuvvetler birbirini dengeleyerek şaft ve yataklara eksensel yönde kuvvet aktarımı ortadan kalkmış olur**. Bu helis dişler ortada çakışık olmayıp, aralarında küçük bir kanal bulunmaktadır.



Şekil-49

# A)Eksenleri Paralel Dişliler

## 4.Bitişik avuş Dişliler

Bunlar arada kanalı olmayan, çakışık avuş dişlilerdir. Daha hassas çalışmalarına rağmen dişlilerin imalatında özel akılara ihtiyaç olduğundan imalat maliyetleri yüksek olup bakımları sırasında özel ihtimam gösterilmesi gereken dişlilerdir.



şekil-50

## B)Eksenleri Çakışan Dişliler

1. Düz Konik Dişliler
2. Spiral Konik Dişliler
3. Spiral Açısı Sıfır Konik Dişliler
4. Coniflex Dişliler
5. Formate Dişliler
6. Revacycle Dişliler

# B)Eksenleri Çakışan Dişliler

## 1.Düz Konik Dişliler

Bunlar eksenleri birbiri ile herhangi bir açıda çakışan düz konik dişlilerdir. En sık karşılaşılan eksenler arası açısı 90 derece olan konik dişilerdir. Bu dişli çiftlerinin konik açıları uzantısı aynı noktada buluşacak şekilde dizayn edilirler. **Dişlilerden biri değişeceği zaman mutlaka diğeri de değiştirilmelidir.**

Düz konik dişliler 1000 Rpm den düşük hızlarda, orta şiddette yüklerin olduğu, gürültünün fazla önemi olmadığı yerlerde kullanılırlar.



Şekil-51



# B)Eksenleri Çakışan Dişliler

## 2.Spiral Konik Dişliler

Düz konik dişlilerden farkı **dişlerin spirial formda** olmasıdır. Sprial açısı dönme eksenine göre herhangi bir açıda olabildiği için aynı anda 2 veya daha fazla diş aynı zamanda birbirine dokunarak kuvveti iki veya daha fazla noktadan aktarabilir. Bunlar düz koniklere göre çok daha **büyük kuvvetleri çok daha yüksek hızlarda** aktarabilmektedirler.



Şekil-52

# C)Eksenleri Paralel Olmayan ve çakışmayan Dişliler

1. Sonsuz Vida Dişliler
2. Hypoid Dişliler
3. Spiroid Dişliler

# C)Eksenleri Paralel Olmayan ve çakışmayan Dişliler

## 1.Sonsuz Vida Dişliler

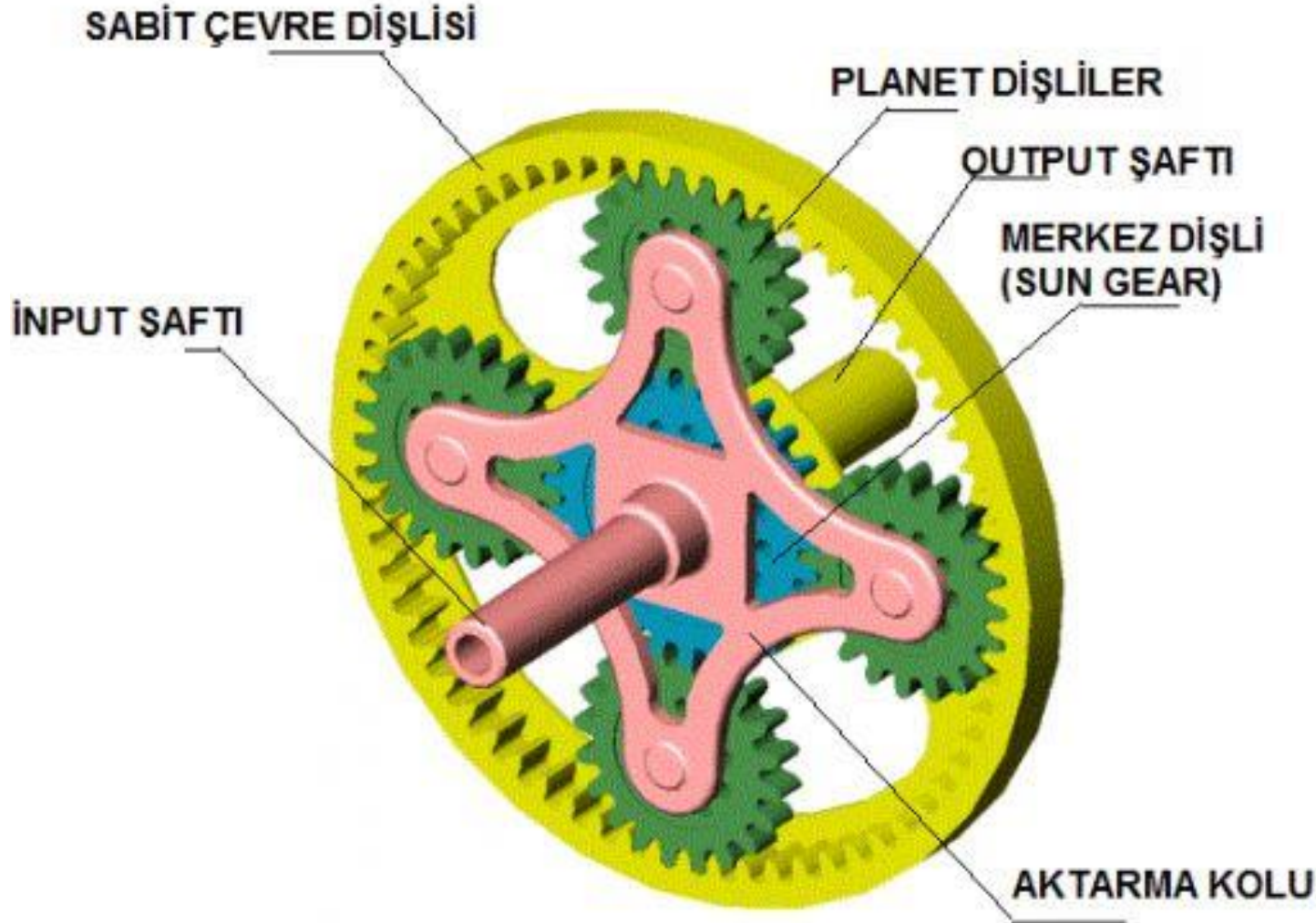
Eksenleri çakışmayan dişlilerden en fazla kullanılanı Sonsuz vida-dişlilerdir. Bu dişliler titreşimsiz, sessiz, çok büyük indirgeme oranlarında ve çok yüksek hızlarda çalışabildiğinden özellikle redektrlerde kullanılan başlıca dişli çeşididir.

Bu dişli tipinin en büyük avantajlarından biri ise bu dişlilerin **kendinden kilitlemeli** (self-locking) olarak alışabilmeleridir. Yani dönme hareketi sonsuz vida üzerinden aktarılamayıp, dişli üzerinden aktarılır ise **sonsuz vida geri dönmez**. Boylence bazı uygulamalarda fren kullanma ihtiyaı kalmaz.



şekil-53

# D)Planet Dişliler



Sabit bir çevre dişlisi ve bunun etrafında dönen pinyon dişlilerden çıkış şaftına aktarılan **düşük devir ve yüksek tork** bu dişli grubunun temel çalışma prensibini oluşturur.

Şekil-54

# D)Planet Dişliler



Şekil-55

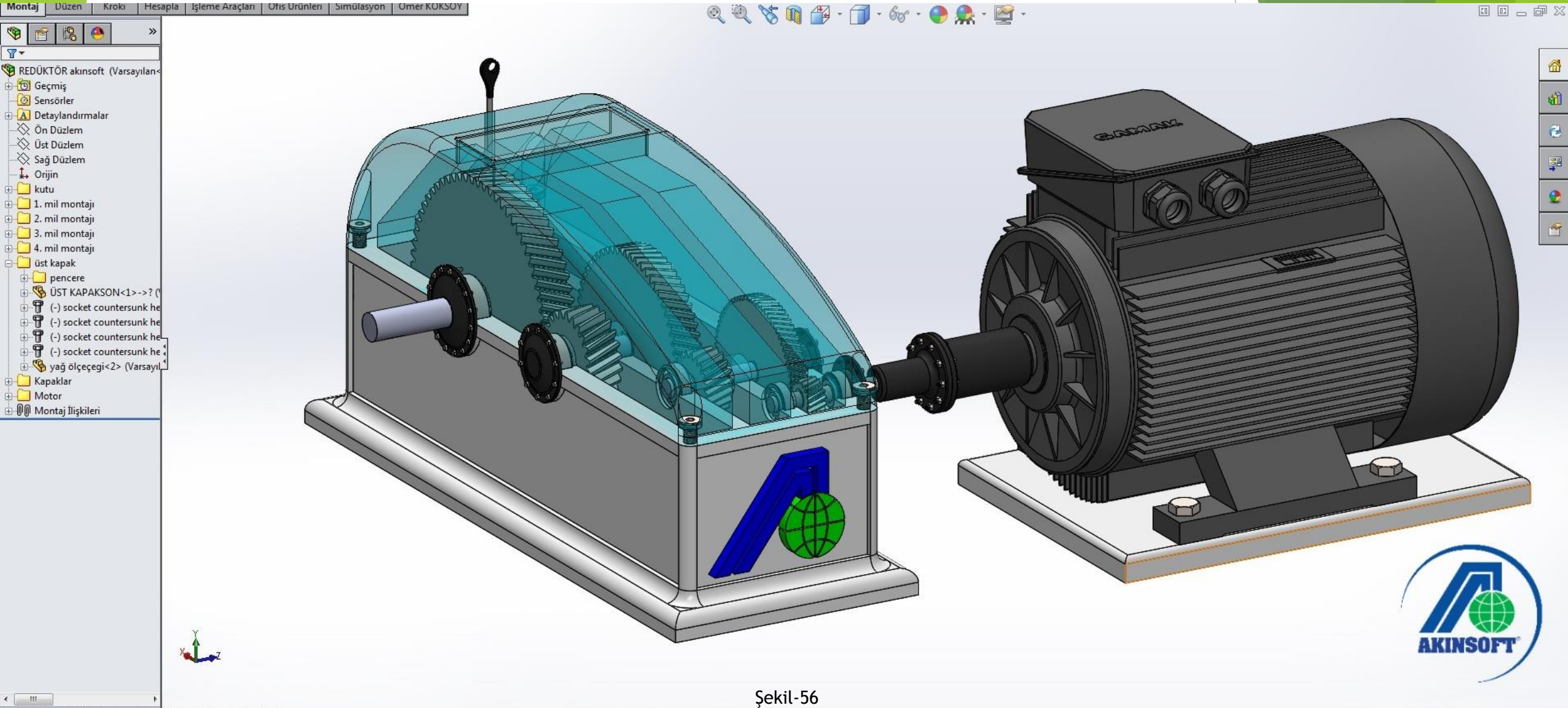
Avantajları;

- ❖Yüksek indirgeme oranları
- ❖Yüksek tork aktarımı
- ❖Küçük (kompakt) hacim
- ❖Giriş ve Çıkış eksenlerinin aynı ekseninde (coaxial) olması
- ❖Verimlerinin yüksek olması (Tipik bir planet dişli grubunda verim 97% dir.)
- ❖Dişli grubunda oluşan yüklerin homojen olarak dağılması.
- ❖Elastik deformasyonun düşük olması (Stiff)

Planet dişli grubunda planet dişli sayısının fazla olması daha yüksek tork aktarımını sağladığı gibi **yük dağılımının da daha homojen** olmasına imkan sağlar.

Dezavantajları ise yataklamalara gelen **ağır yükler, dizaynlarının daha kompleks** olmaları ve **bakımlarının zor** olmasıdır.

# REDÜKTÖRLER



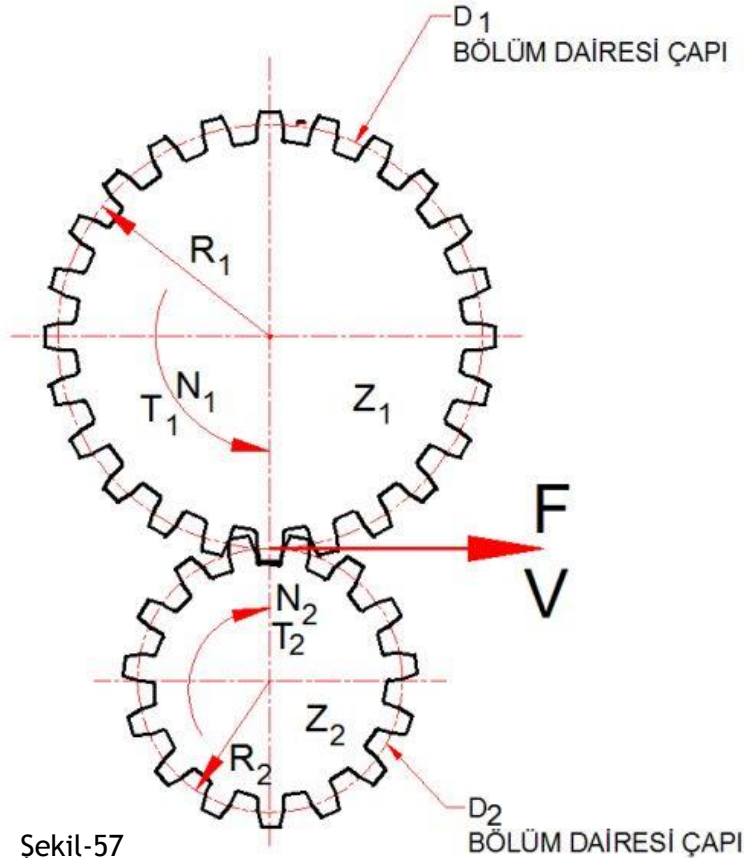
# REDÜKTÖRLER

**Redüktör** bir dönme hareketinin devir-tork oranını dişliler yardımıyla değiştiren dişli sistemidir. Vites kutularıyla birlikte dişli çark düzeneklerinin paralel dişli dizilerinin bir elemanıdır. Yapısal bakımdan redüktörler, gövde içine yerleştirilmiş dişli çarklar, miller, yataklar vb. gibi parçalardan oluşan sistemlerdir. Redüktörler;

- 1)Çeşitli konumlarda bulunan miller arasında devir ve güç iletmek,
- 2)Çeşitli dönme yönleri elde etmek,
- 3)Küçük bir hacimde büyük bir çevrim oranı elde etmek,
- 4)İkili döndürülen elemandan oluşan sistemlerde bu iki eleman arasında devir bakımından bağımsızlık sağlamak için kullanılırlar.

# REDÜKTÖRLER

Dişliler tork ve dönme hareketini aktarmak için dizayn edilirler. Bir dişli çifti bölüm dairesine teğet konumda birbirlerine dokundukları için bu noktada oluşan kuvvet (F) ve çizgisel hız (V) her iki dişli için aynı, ancak tork ve devir değerleri yarıçaplar oranında birbirinden farklı olur.



Şekil-57

$$R_1 * F = R_2 * F$$

$$T_1 = R_1 * F \Rightarrow F = \frac{T_1}{R_1}$$

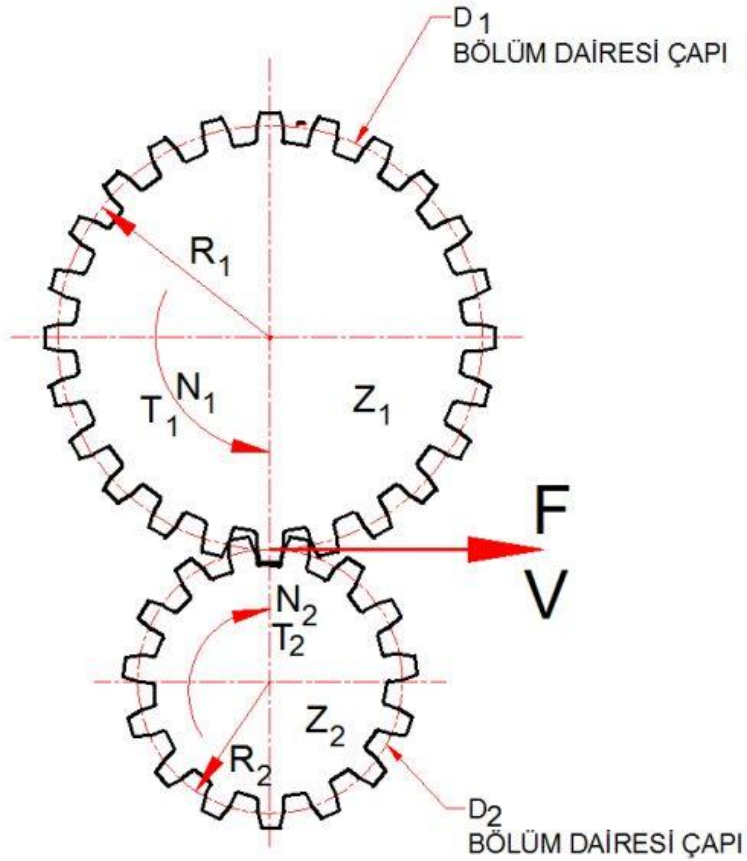
$$T_2 = R_2 * F \Rightarrow F = \frac{T_2}{R_2}$$

$$D = 2 * R$$

$$\frac{T_1}{R_1} = \frac{T_2}{R_2}$$



# REDÜKTÖRLER



Şekil-58

$$\frac{T_1}{2 * R_1} = \frac{T_2}{2 * R_2} \Rightarrow \frac{T_1}{D_1} = \frac{T_2}{D_2}$$

$$\begin{aligned} \pi * D_1 &= Z_1 * S \\ \pi * D_2 &= Z_2 * S \end{aligned}$$

$$D_1 = \frac{Z_1 * S}{\pi}$$

$$D_2 = \frac{Z_2 * S}{\pi}$$

$$\frac{T_1}{(Z_1 * S) / \pi} = \frac{T_2}{(Z_2 * S) / \pi}$$

$$\frac{T_1}{Z_1} = \frac{T_2}{Z_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

**Sonuç:** Birlikte çalışmakta olan bir dişli çiftinde dişlilerin tork değerleri diş sayısı ile doğru orantılı olarak değişir

$$\begin{aligned} V_1 &= V_2 \Rightarrow \pi * D_1 * N_1 = \pi * D_2 * N_2 \\ \Rightarrow D_1 * N_1 &= D_2 * N_2 \\ \Rightarrow \frac{Z_1 * S}{\pi} * N_1 &= \frac{Z_2 * S}{\pi} * N_2 \end{aligned}$$

$$Z_1 * N_1 = Z_2 * N_2 \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

**Sonuç:** Birlikte çalışmakta olan bir dişli çiftinde dişlilerin devirleri diş sayısı ile ters orantılı olarak değişir

# REDÜKTÖRLER

## ÖRNEK:

P=15 KW ve N=3000 rpm değerlerinde bir motorla tahrik edilen iki kademeli redüktörden alınacak tork ve devri hesaplayalım.

Redüktör dişlileri 1. Kademe  $Z_1=15$  diş,  $Z_2=45$  diş

2. Kademe  $Z_3=9$  diş,  $Z_4=45$  diş

Önce giriş torkunu hesaplayalım:

$P = T_1 \cdot N_1 / 9550$  (Bkz. Önemli formüller)

$\Rightarrow T_1 = 9550 \cdot P / N_1 \Rightarrow T_1 = 9550 \cdot 15 / 3000 \Rightarrow T_1 = 47.75 \text{ N-m}$

$T_1 / T_2 = Z_1 / Z_2 \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot Z_2 / Z_1 \Rightarrow T_2 = 47.75 \cdot 45 / 15 \Rightarrow T_2 = 143.25 \text{ N-m}$

$Z_2$  ve  $Z_3$  Dişlileri aynı şaft üzerinde olduğu için  $T_2 = T_3 = 143.25 \text{ N-m}$

$T_3 / T_4 = Z_3 / Z_4 \Rightarrow T_4 = T_3 \cdot Z_4 / Z_3 \Rightarrow T_4 = 143.25 \cdot 45 / 9 \Rightarrow T_4 = 716.25 \text{ N-m}$

Çıkış şaftındaki tork  **$T = 716.25 \text{ N-m}$**

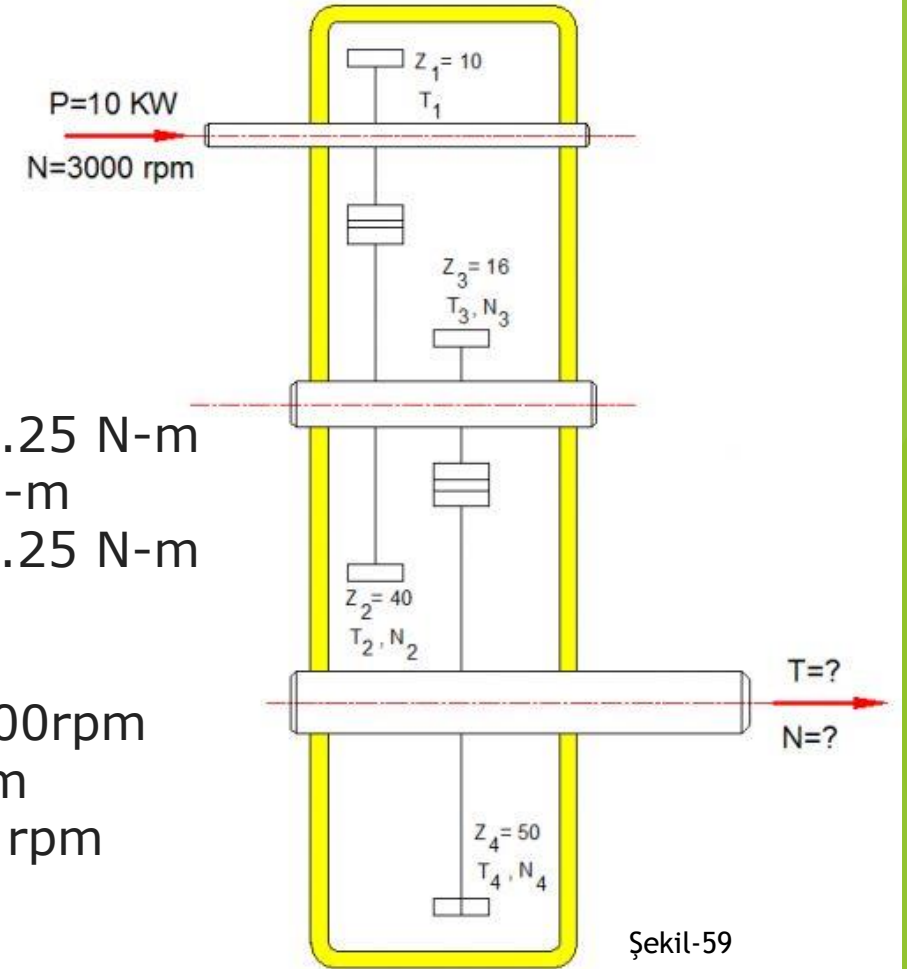
## Devir Hesabı

$N_1 / N_2 = Z_2 / Z_1 \Rightarrow N_2 = N_1 \cdot Z_1 / Z_2 \Rightarrow N_2 = 3000 \cdot 15 / 45 \Rightarrow N_2 = 1000 \text{ rpm}$

$Z_2$  ve  $Z_3$  Dişlileri aynı şaft üzerinde olduğu için  $N_2 = N_3 = 1000 \text{ rpm}$

$N_3 / N_4 = Z_4 / Z_3 \Rightarrow N_4 = N_3 \cdot Z_3 / Z_4 \Rightarrow N_4 = 1000 \cdot 9 / 45 \Rightarrow N_4 = 200 \text{ rpm}$

Çıkış şaftındaki devir  **$N = 200 \text{ rpm}$**



Şekil-59

# REDÜKTÖRLER

Redüktör çeşitleri;

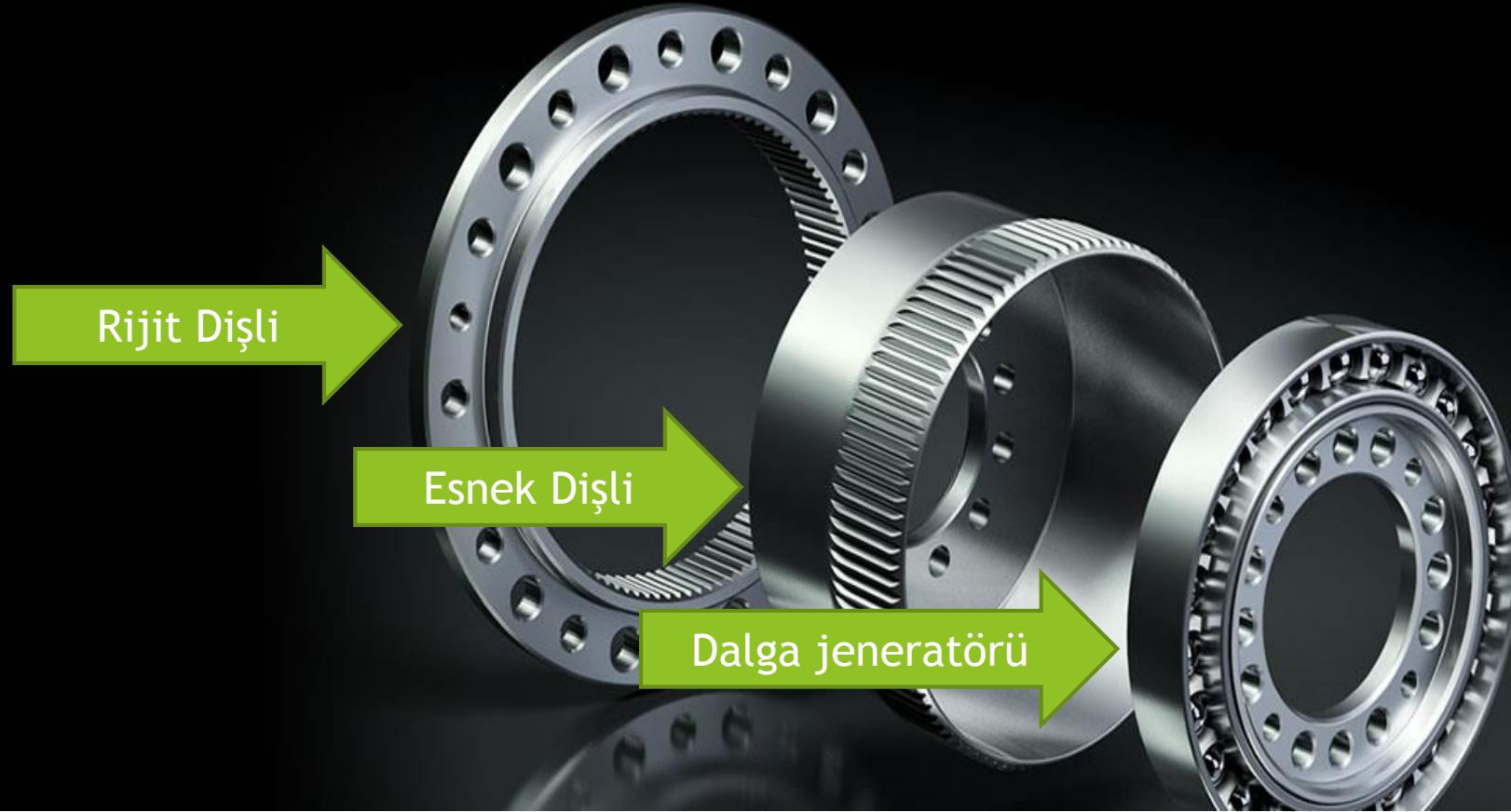
1)Aşama sayısına göre; 1, 2 ve daha fazla kademeli redüktörler,

2)Kullanılan dişli çeşidine göre;

- Düz Dişli Redüktör
- Sonsuz Vidalı Redüktör
- Helisel Dişlili Redüktör
- Konik Dişlili Redüktör
- Ayna-Mahruti( Konik-Helisel) Dişli Redüktör
- Hypoid Dişlili Redüktör
- Harmonik Redüktör**
- Paralel Dişli Redüktör
- Planet Dişli Redüktör

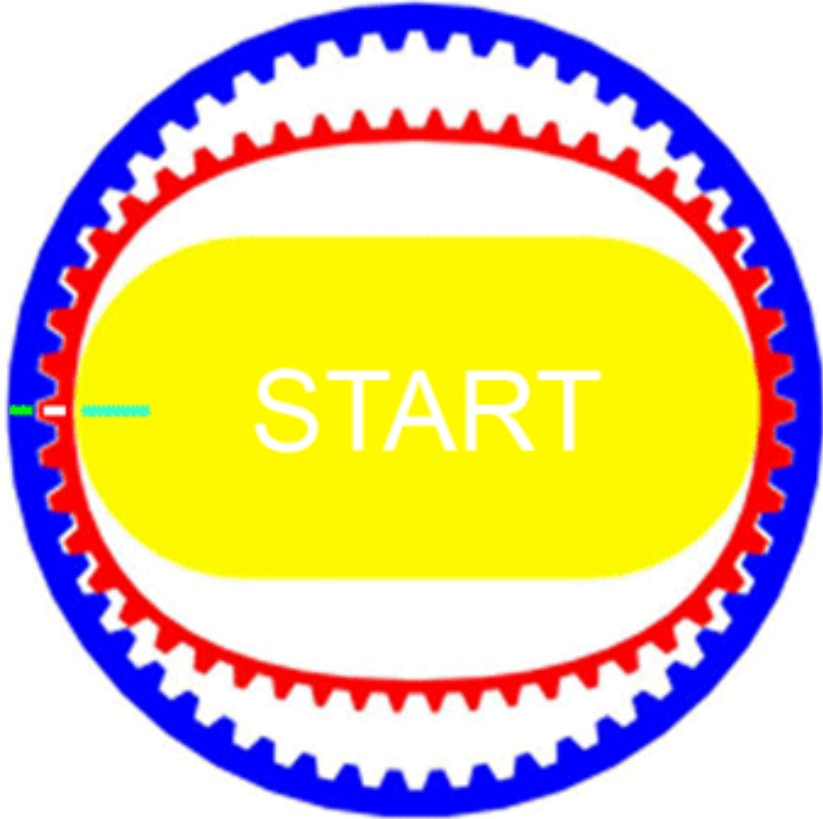
Olmak üzere gruplandırılabilir fakat hemen hemen hepsi aynı işlevi yapar .  
Bunlardan en önemlisi Harmonik Drive yöntemidir.

# Harmonik Redüktör



Şekil-60

# Harmonik Redüktör



Şekil-61

- ❖ Rijit dişli adından da anlaşılacağı gibi sabit durur, esnemez.
- ❖ Ortadaki esnek dişli dalga jeneratörünün hareketine bağlı olarak esnektir ve çıkış şaftı buna bağlanır.
- ❖ En içteki dalga jeneratörü elips şeklindedir ve giriş şaftı buna bağlıdır.
- ❖ Elips ve daire formlarının çap farklarından doğan diş sayısı aktarım oranını belirler. Rijit diş sayısı, esnek diş sayısının 2 veya 4 fazlası olarak seçilir. Ancak en yaygın kullanım 2 fazlasıdır.

$$\text{Çevrim Oranı} = \frac{\text{Esnek Diş Sayısı} - \text{Rijit Diş Sayısı}}{\text{Esnek Diş Sayısı}}$$

# Harmonik Redüktör

Avantajları;

- ❖ Boşluksuz yapıdadır.
- ❖ Küçük hacimlerde yüksek çevrim oranı elde edilebilir.
- ❖ Giriş ve çıkış milleri aynı eksen üzerindedir.
- ❖ Yüksek hassasiyetlidir.
- ❖ Dişler esnek olduğu için ömrü genelde rulman belirler ve bu nedenle **uzun ömürlüdürler.**

# Harmonik Redüktör

Dezavantajları;

- ❖ Üretimi az yapıldığı ve ileri teknoloji gerektirdiği için **pahalıdır**.
- ❖ Esnek dişli basma ve çekme gerilmesi dayanımı yüksek malzemelerden yapılmalıdır aynı zamanda esnek malzeme kullanılmalıdır. Bu nedenle **malzeme seçimi zordur**.
- ❖ Dişliler küçük modüllü olduğu için üretim sırasında gerekli **hassasiyeti tutturmak zordur**.

# Grashof Teoremi

Grashof teoremi; dört uzuvlu döner mafsallı bir zincirden kinematik yer değişim ile elde edilebilecek dört çubuk mekanizmalarının yapacağı hareketleri uzuv boylarına bağlı olarak belirler.

**S**: En kısa uzvun boyu

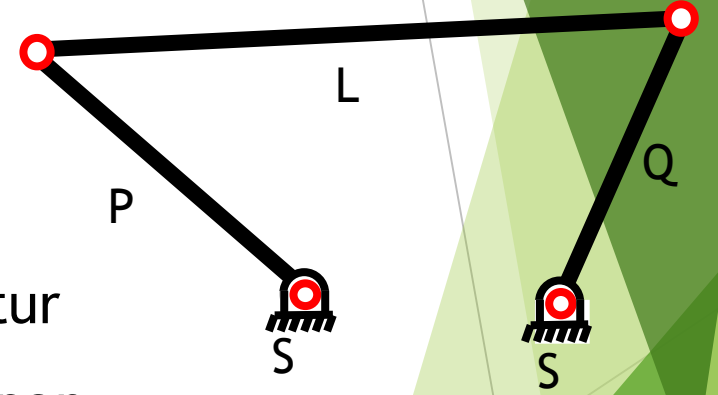
**L**: En uzun uzvun boyu

**P,Q**: Kalan diğer iki uzvun boyları olmak üzere

Eğer  $S + L \leq P + Q$  ise mekanizma Grashof 'tur

denilir ve en az bir uzuv sabit uzva göre **tam dönme** yapar.

Şayet bu eşitlik doğru değil ise mekanizma Grashof değildir denilir ve hiç bir uzuv sabit uzva göre **tam dönme yapamaz**.



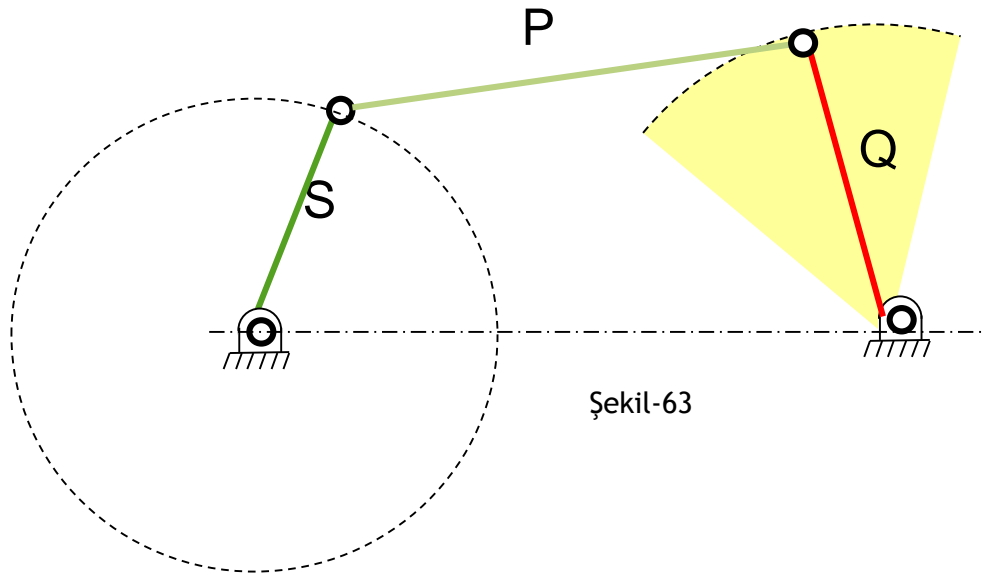
Şekil-62



# Grashof Teoremi

I.  $S + L < P + Q$  :

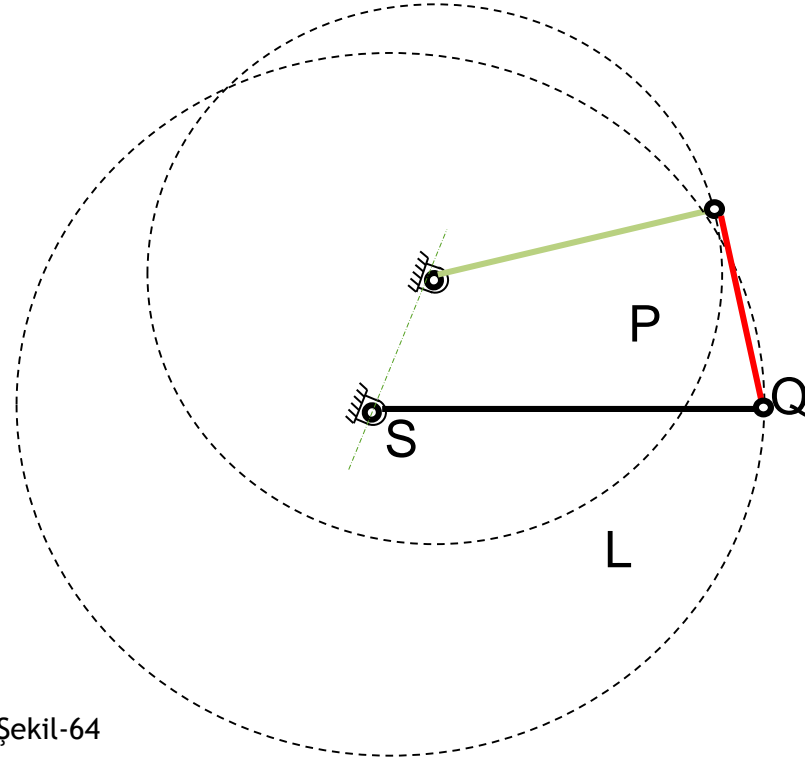
❖ Sabit uzuv en kısa uzva komşu ise **kol-sarkaç** elde edilir. En kısa uzuv tam dönme ve sabit uzva bağlı diğer uzuv ise sarkaç hareketi yapar.



# Grashof Teoremi

$$\text{I. } S + L < P + Q :$$

❖ Sabit uzuv en kısa uzuv olursa **çift kol** mekanizması elde edilir. Sabit uzva bağlı uzuvların ikisi de tam dönme yapar.

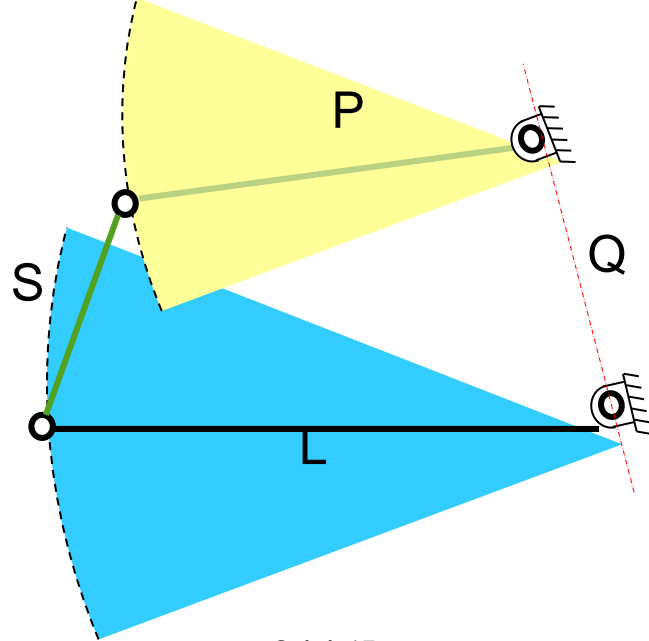


Şekil-64

# Grashof Teoremi

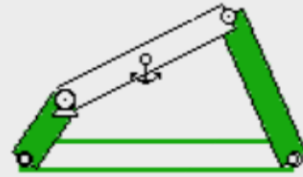
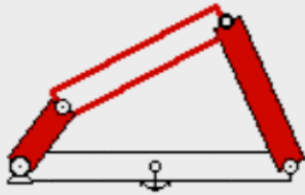
I.  $S + L < P + Q$  :

❖ Sabit uzuv en kısa uzvun karşısında ise **çift sarkaç** elde edilir. Sadece biyel tam dönme yapar.

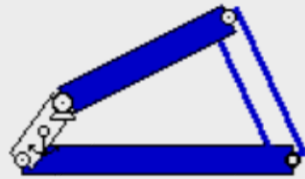


Şekil-65

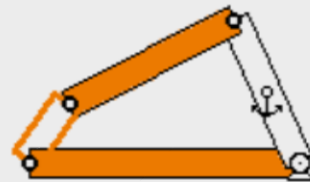
All inversions of the Grashof fourbar linkage



Two non-distinct  
crank-rocker inversions



Double-crank inversion  
(drag link)



Double-rocker inversion  
(coupler rotates)

Created for "Design of Machinery, 3rd ed." by R. L. Norton and  
"The Multimedia Handbook of Mechanical Devices" by S. Wang  
Software copyright © 2004 by The McGraw-Hill Companies, Inc.  
All rights reserved.

# Araştırma

- ❖ Mikroişlemci ve mikrodenetleyici nedir? Aralarındaki farkı araştırınız.
- ❖ Bir mikroişlemcinin çalışması için gerekli temel birimler (Ram, Rom vs.) nelerdir? Araştırınız.

# Yararlanılan Kaynaklar

- ❖ AKINSOFT Robotik Departmanı Laboratuvarı (Şekil-56)
- ❖ Doç. Dr. Oğuz YAKUT- Sistem Tasarımı (Şekil-16), (Şekil-17), (Şekil-18), (Şekil-19), (Şekil-31), (Şekil-32), (Şekil-33), (Şekil-34), (Şekil-35), (Şekil-36), (Şekil-37), (Şekil-38), (Şekil-62), (Şekil-63), (Şekil-64), (Şekil-65)
- ❖ [http://www.hakayrulman.com/thk\\_kafes.jpg](http://www.hakayrulman.com/thk_kafes.jpg) (Şekil-1)
- ❖ [http://www.gumuselrulman.com/images/mekatronik\\_urunler.png](http://www.gumuselrulman.com/images/mekatronik_urunler.png) (Şekil-2)
- ❖ [http://www.demosfuar.com.tr/resimler/ROLL\\_EXPO/003\\_ZamanKayisi\\_70.jpg](http://www.demosfuar.com.tr/resimler/ROLL_EXPO/003_ZamanKayisi_70.jpg) (Şekil-3)
- ❖ [http://www.demosfuar.com.tr/resimler/ROLL\\_EXPO/disli\\_resim.jpeg](http://www.demosfuar.com.tr/resimler/ROLL_EXPO/disli_resim.jpeg) (Şekil-4)
- ❖ <http://www.kartalrulman.com/UserFiles/katalog/skf-katalog/SKF-DOKUMAN/MEKATONIK.pdf> (Şekil-5), (Şekil-8), (Şekil-10), (Şekil-11), (Şekil-12), (Şekil-13), (Şekil-14)
- ❖ [http://www.sanayiden.com/images/urun/3236\\_3730\\_10722183513.jpg](http://www.sanayiden.com/images/urun/3236_3730_10722183513.jpg) (Şekil-6)
- ❖ <http://www.ozevren.com/urunler/218.jpg> (Şekil-7)
- ❖ [http://celebirulman.com.tr/main/images/2012/07/kizak\\_cun.jpg](http://celebirulman.com.tr/main/images/2012/07/kizak_cun.jpg) (Şekil-9)
- ❖ <http://www.rulmanci.net/rulman/vidali-miller.jpg> (Şekil-15)
- ❖ <http://www.muhendislikbilgileri.com/> (Şekil-20), (Şekil-21), (Şekil-22), (Şekil-23), (Şekil-24), (Şekil-25), (Şekil-26), (Şekil-27), (Şekil-28), (Şekil-29), (Şekil-30), (Şekil-42), (Şekil-43), (Şekil-44), (Şekil-45), (Şekil-46), (Şekil-47), (Şekil-48), (Şekil-49), (Şekil-50), (Şekil-51), (Şekil-52), (Şekil-53), (Şekil-54), (Şekil-55), (Şekil-57), (Şekil-58), (Şekil-59)
- ❖ <http://www.akgunalsaran.com/doc/ders-notu-kayis-kasnak-2012-2489.pdf> (Şekil-39), (Şekil-40), (Şekil-41)
- ❖ [http://harmonicdrive.de/uploads/tx\\_templavoila/header\\_wellgetriebe.jpg](http://harmonicdrive.de/uploads/tx_templavoila/header_wellgetriebe.jpg) (Şekil-60)
- ❖ <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Harmonic-drive-explanation.gif> (Şekil-61)