Okan Üniversitesi MYO

MMAK212
HİDROLİK ve PNÖMATİK SİSTEMLER

Ders Yürütücüsü:
Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 6

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

http://**okanuni.eren.xyz**

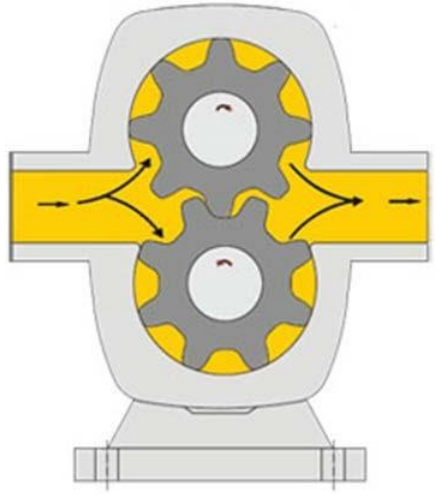
Web adresinden indirebilirsiniz.

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

POMPALAR ve KOMPRESÖRLER

Akışkanlar

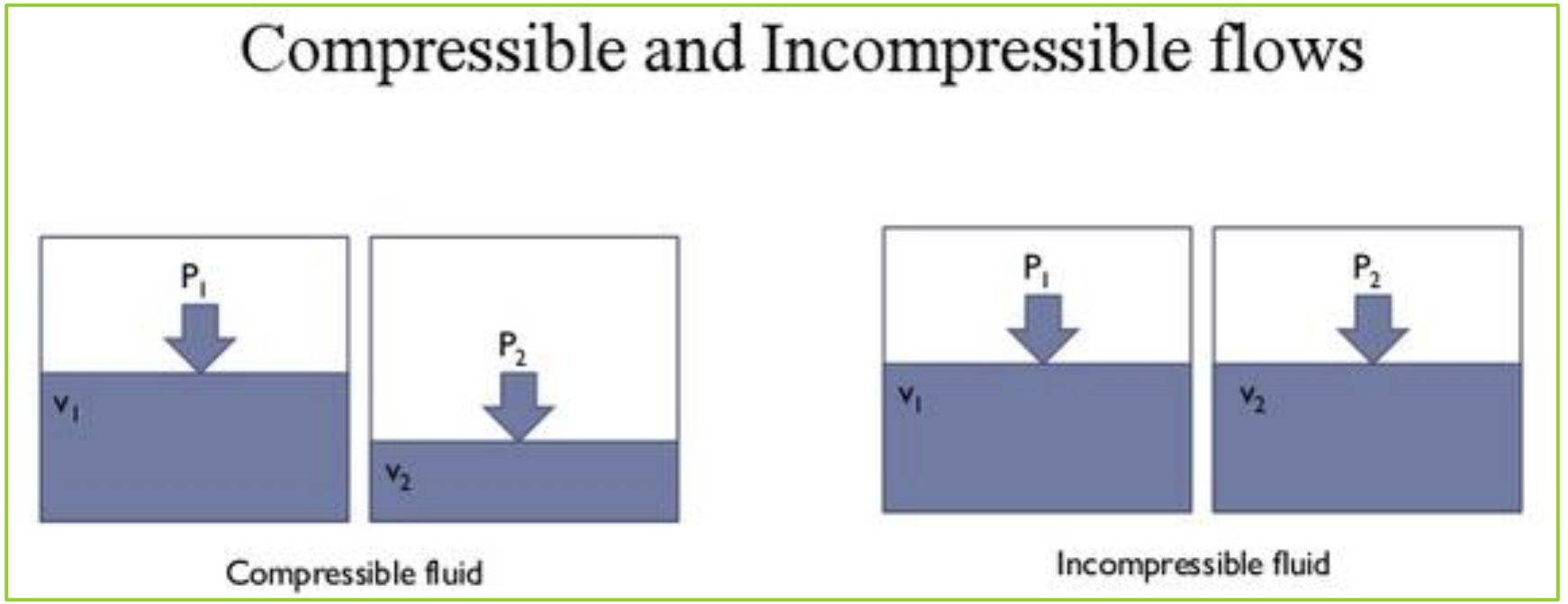
- **Sıvılar** (***sıkıştırılamaz***)
  - *Örn*: Su, yağlar…
- **Gazlar** (***sıkıştırılabilir***)
  - *Örn*: Hava, nitrojen, helyum…



Akışkanların Taşınması, Akışkan İletici Makineler

- Pompalar ve fanlarda akışkanın yoğunluğu önemli derecede değişmez ve **sıkıştırılamayan-akışkan** (*incompressible fluid*) teorisi geçerlidir.
- Blowerler ve kompresörlerde yoğunluk artışı çok büyüktür; bunlar **sıkıştırılabilen-akışkan** (*compressible fluid*) teorisine uyar.
- Bu makinelerin hepsinde akış kapasitesi (belirli yoğunlukta birim zamandaki volümetrik akım), güç ve mekanik verim önemlidir. Kullanım amacına uygunluk ve bakım kolaylığı da önemli özelliklerdir.

Akışkanların Taşınması, Akışkan İletici Makineler

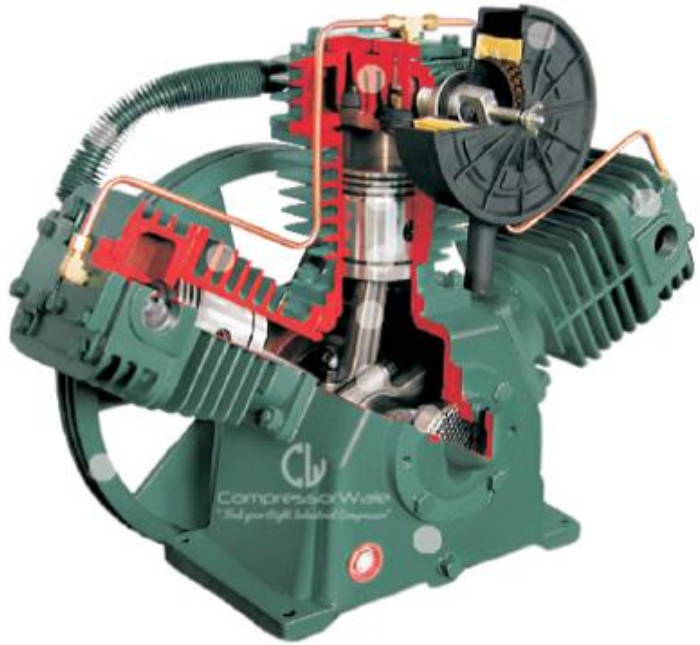


Sıkıştırılamaz-akışkan (*incompressible fluid*) * **Sıkıştırılabilir-akışkan** (*compressible fluid*)

Hidrolik ve Pnömatik

- Hidrolik sistemlerde sıvılar (**sıkıştırılamaz** akışkanlar) pompalar ile basınçlandırılır

- Pnömatik sistemlerde gazlar (**sıkıştırılabilir** akışkanlar) kompresörler ile basınçlandırılır



Pompa

Kompresör

Pompa
(*Pump*)

- **Sıvıları** (**sıkıştırılamaz** akışkanları) bir yerden başka bir yere aktarmaya, öteleme veya dönme hareketi ile basınçlandırmaya yarayan makineler/mekanizmalar

Kompresör
(*Compressor*)

- **Hava**yı veya diğer **gazları** (**sıkıştırılabilir** akışkanları) ortam basıncından daha yüksek basınçlara, öteleme veya dönme hareketi ile sıkıştırmak için kullanılan makineler/mekanizmalar

Pompa
(Pump)

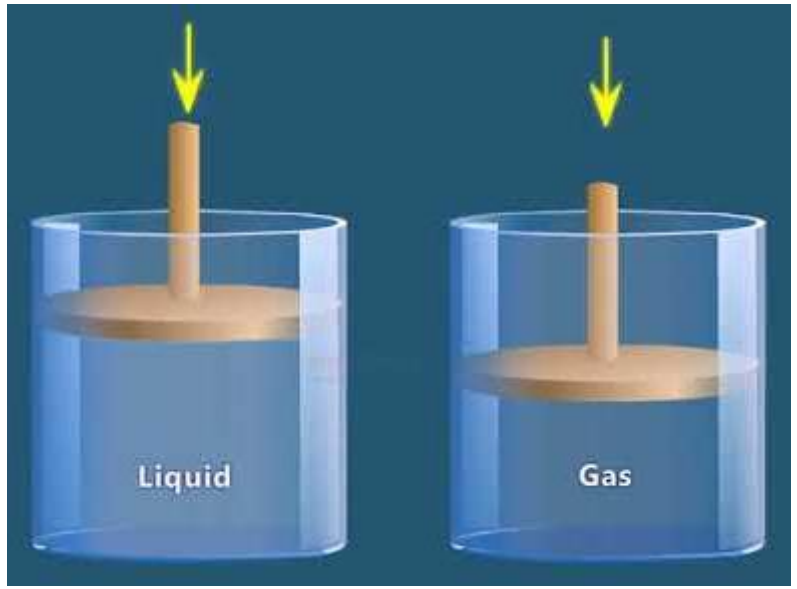
- Pompa grubu ifadesi *motor+pompa*, *motor+redüktör+pompa* veya *motor+kavrama+pompa* gibi birbirine akuple elemanları kapsamaktadır.
- Pompa grubu bünyesinde enerji depolanması söz konusu değildir.
- Pompalar çalıştıkları sürece sisteme **güç/enerji aktarımı**nda bulunabilirler.

Kompresör
(Compressor)

- Kompresör grubu ifadesi, *elektrik motoru vb.+ kompresör + basınçlı tank* gibi elemanlardan oluşan bileşik bir sistemi kapsamaktadır.
- Kompresörlerde kapalı kaplarda (basınçlı kaplar) **güç/enerji depolaması** yapılır.
- Uçak motorlarında bulunan kompresörler «dinamik kompresör» olup depolama yapmazlar.

Pompalar ve Kompresörlerin Temel Farklılıkları

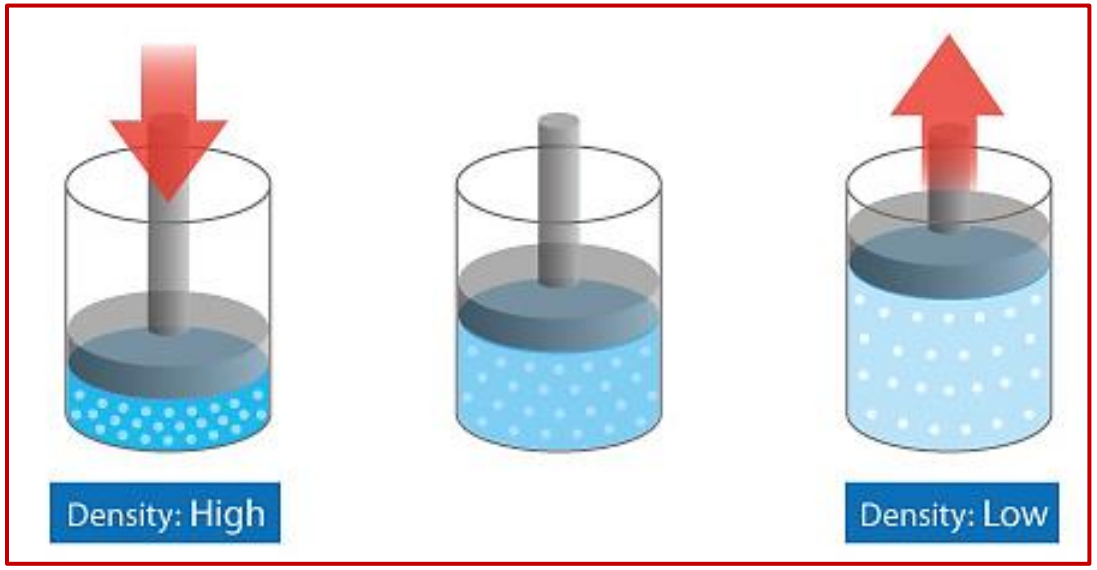
- **Pompalar** akışkan olarak **sıvı** ile çalışır, **kompresör**ler **gaz** ile çalışır.
- Pompalarda sadece güç aktarımı mevcutken, kompresörlerde kapalı kaplarda (basınçlı tank) güç depolanması da mevcuttur.



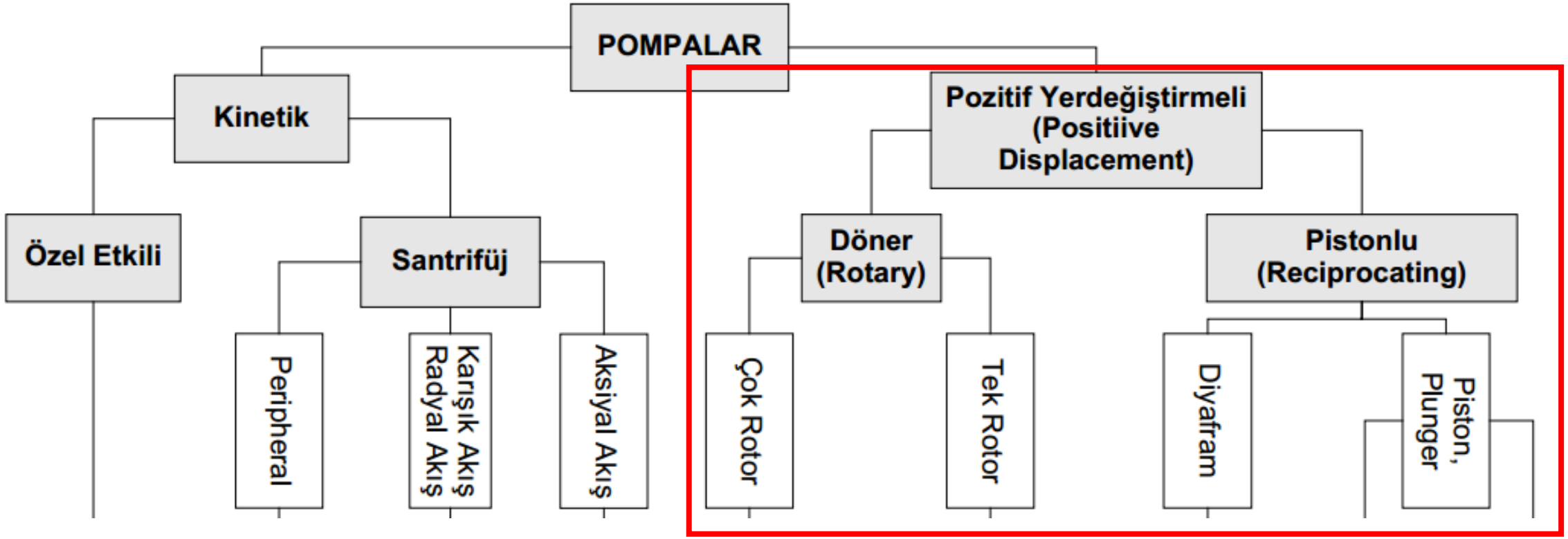
Pompalar ve Kompresörlerin Temel Farklılıkları

- Kompresörlerin ulaşamadığı güçlere pompalar ile ulaşılabilmektedir.
- Sıvılarda sıkıştırma önemsenmeyecek kadar az olduğundan basınç direkt pompanın itme kuvvetiyle karşılanırken, **gazlarda basınç sıkıştırılarak elde edilir**.

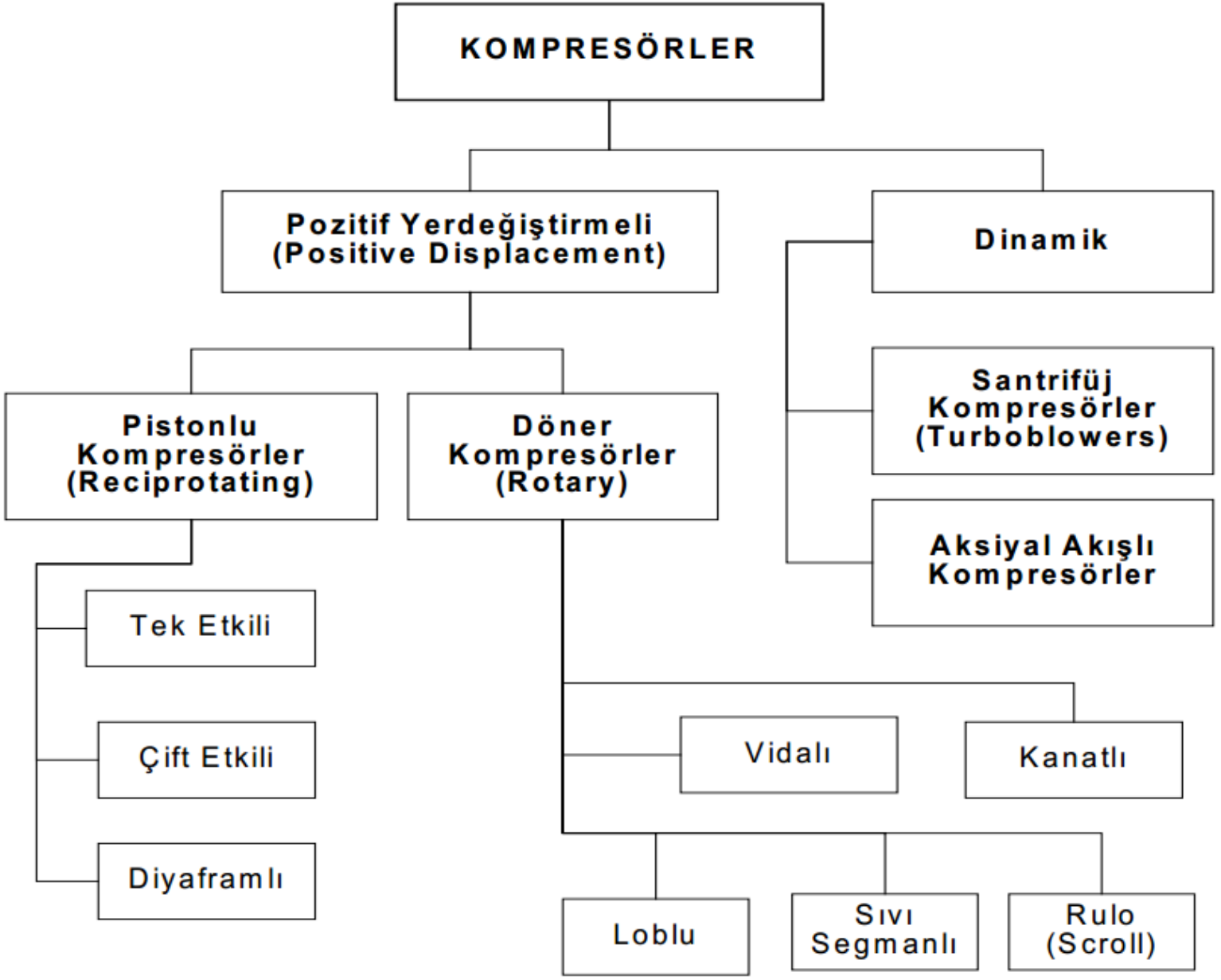
- Gazlar sıkıştırıldığında
  - Hacim azalır
  - Yoğunluk artar



Pompaların Sınıflandırılması



Kompresörlerin Sınıflandırılması



MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

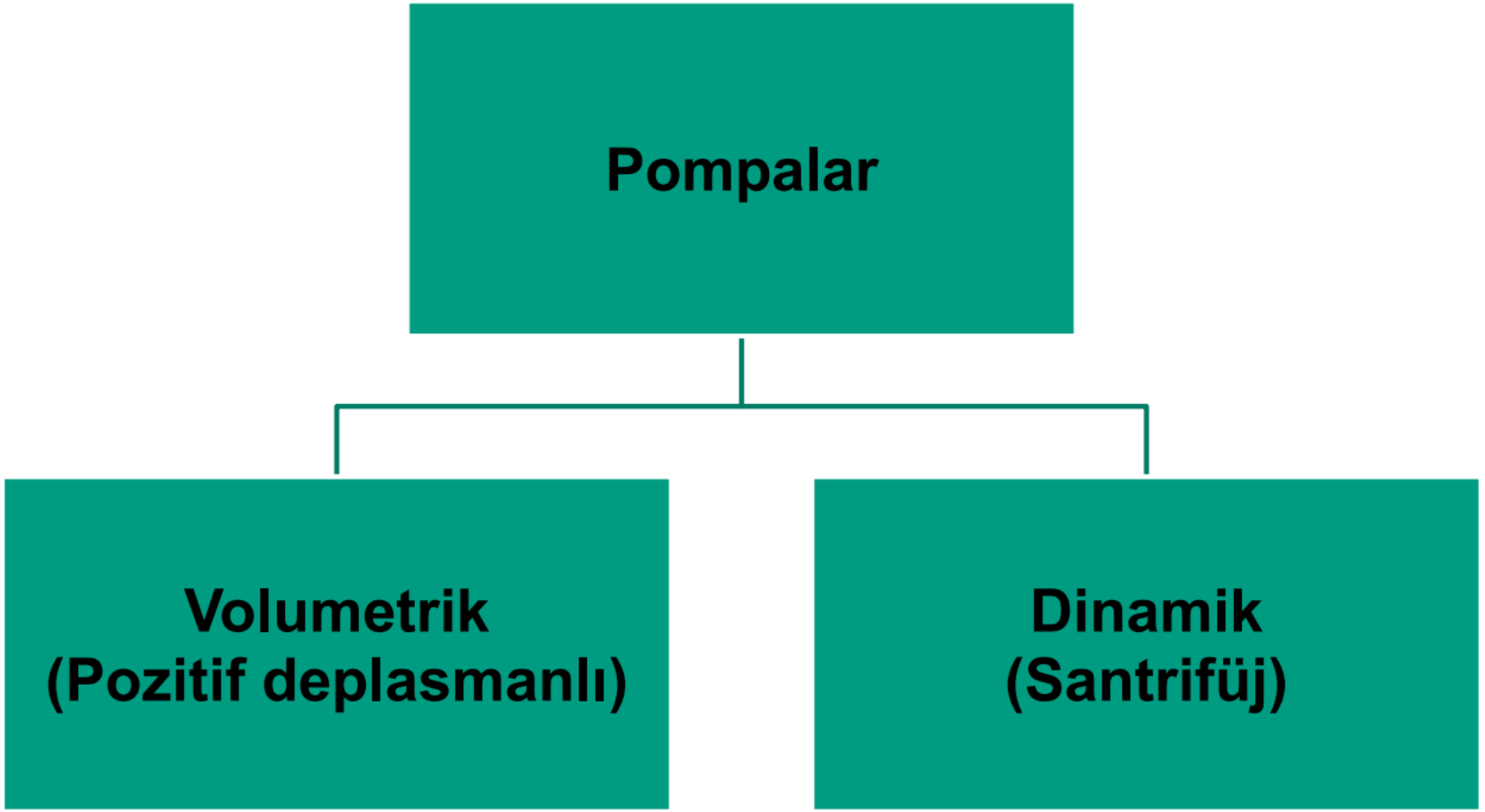
POMPALAR

Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

Gücün akışkana iletilmesini sağlayan elemanlar:

POMPALAR

Pompaların Sınıflandırılması



Pompaların Sınıflandırılması

Volumetrik
(**Pozitif Deplasmanlı**)
(*Hacimsel*)

- Dişli Pompalar
- Membranlı (diyaframlı) Pomp.
- Vidalı Pompalar
- Pistonlu Pompalar
- Peristaltik (hortum) Pompalar

Dinamik
(**Non-Pozitif Deplasmanlı**)
(*Rotodinamik*)

- Santrifüj Pompalar

Pompaların Sınıflandırılması

Pompalar genel olarak **pozitif iletimli** ve **pozitif iletimli olmayan** pompalar şeklinde sınıflandırılır. Pozitif iletimli olmayan (non-pozitif deplasman / **rotodinamik**) pompalarda pompanın çıkış tarafı tamamen kapatılacak olursa, pompa durur ve basılan debi sıfır olur. Pozitif iletimli (**volümetrik**) pompalarda ise pompanın çıkış tarafının kapatılması hâlinde pompa akışkan basmaya devem eder ve bu esnada sistem basıncı sürekli artar. Pozitif iletimli olmayan pompalar rotodinamik pompalar, **pozitif iletimli pompalar** ise volümetrik (hacimsel) pompalardır.

Pompaların Sınıflandırılması

Rotodinamik pompalar santrifüj kuvvet prensibine göre, **hacimsel pompalar** ise hacim daralması prensibine göre çalışır. Hacimsel (**volümetrik**) pompalar sabit ve değişken debili olarak yapılır. Hidrolik sistemlerde yaygın olarak kullanılan dişli pompalar sabit debili pompalardır. Hacimsel pompalar pistonlu veya kanatlı (paletli) olarak da yapılır. Pistonlu tip olanlar hem sabit debili hem de değişken debili olabilir.

Kanatlı tip olanlar ise genellikle değişken debili olup kanatları dengelemek suretiyle sabit debili olarak da kullanılabilir. Rotodinamik pompalar döner çark içerisinden geçen akışkanın momentini artırmak için kullanılır. Bu nedenle çeşitli şekilleri döner çark dizaynları göz önüne alındığında rotodinamik pompalar; santrifüj pompalar, yarı santrifüj ve yarı eksenel pompalar olarak sınıflandırılmaktadır.

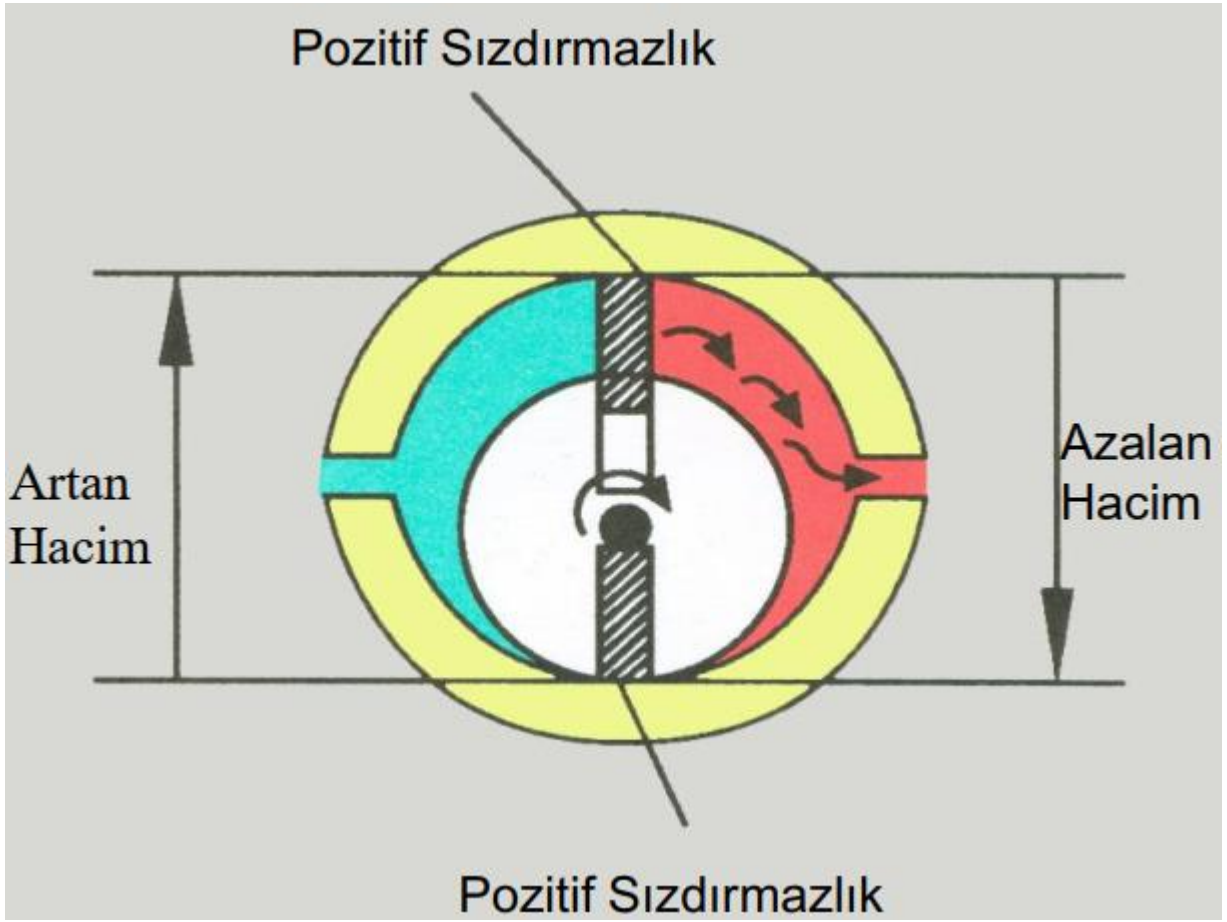
Hacimsel Pompalarda Deplasman

Ötelenen hacim prensibi ile çalışan pompalara **hacimsel pompalar** denir. Hacimsel pompalar, belli bir hacimdeki sıvıyı önce silindir veya gövde içine alır ve daha sonra hareketli bir parça bu hacmi işgal ederek sıvıyı pompalar. Hareketli parça ileri geri hareket yapan bir aksam olabildiği gibi dönme hareketi yapan bir aksam da olabilir.

Döner pompalarda bir devirde yer değiştiren hacim yani **deplasman**, dönen elemanla gövde arasında kalan hacimdir.

Hacimsel Pompalarda Deplasman

- Pompalar, artan hacimlerin azalan hacimlere dönüşmesiyle emdikleri yağı (sıvıyı) basabilirler.
- Hidrolik sistemlerde, pompalar, bir devir döndürüldüklerinde bastıkları yağ hacmi ile tanımlanırlar. Buna da, ***Deplasman***, ***İletim Hacmi*** veya ***Geometrik Hacim*** denir



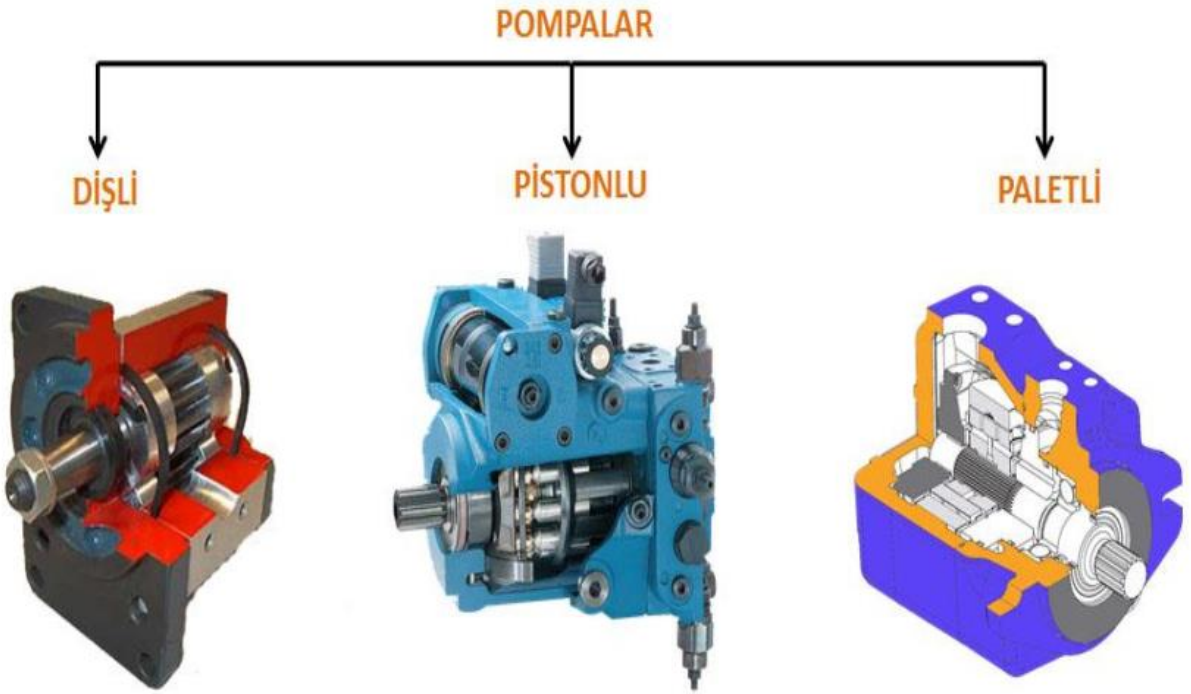
Hidrolik Güç Sistemi / Pompa *(Basınç Üreteci)* Seçimi

- Pompa seçiminde en önemli kriter çalışma basıncıdır. Pompaların maksimum çalışma basınçları pompa tasarımına ve pompada kullanılan malzeme kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Dişli veya pistonlu bir pompa şu basınçta çalışır gibi kesin ifadeler kullanmak doğru değildir. Burada önemli olan üreticilerin verdiği katalog değerleridir. Bununla birlikte demir/çelik döküm gövdeli bir dişli pompanın çalışma basıncının alüminyum gövdeli bir dişli pompadan daha yüksek olacağı kolaylıkla söylenebilir.
- Her pompanın piyasada kabul görmüş kendine has uygulama alanları olmakla birlikte maksimum çalışma basıncı koşulunu sağladığı sürece birbirlerinin yerine kullanılabilir. Farklı pompa tiplerinin birbirlerinin yerine kullanımında basınç dışında bakılacak önemli bir diğer kriter de pompa debisidir. Hidrolik pompa debisi pompayı tahrik eden motorun devir sayısına bağlı olarak bulunabilir. Daha yüksek debide bir pompa kullanılması halinde sistemde hidrolik silindir ve hidrolik motorlarda hız artışı olurken daha düşük debide bir pompa kullanılması halinde de doğal olarak aktüatörlerin (hareketlendirici) hızlarında azalma olacaktır.

Hidrolik Güç Sistemi / Pompalar *(Basınç Üreteci)*

Pompa Tipleri

- Dişli pompalar (*gear pumps*)
- Gerotor pompalar (*gerotor pump*)
- Loblu pompalar (*lobe pump*)
- Pistonlu pompalar (*piston pump*)
- Kanatlı (paletli) pompalar (*vane pump*)
- Vidalı pompalar
- Santrifüj pompalar



Hidrolik devrelerde uygulama koşullarına göre ve tasarlanan sistemin ihtiyaçlarına göre değişik tipte hidrolik pompalar kullanılır. Bunları başlıca dişli, pistonlu ve paletli pompalar olarak sınıflandırmak mümkündür. Her ne kadar literatürde çok sayıda pompa tipi yer alsa da uygulamalara baktığımızda bu 3 tip hidrolik pompa öne çıkmaktadır.

Hidrolik Güç Sistemi / Pompa Tipleri

a) Dişli pompalar (*gear pumps*)
b) Gerotor pompalar veya içten dişli pompalar (*gerotor pump*)
c) Loblu pompalar (*lobe pump*)
d) Pistonlu pompalar (*piston pump*)
e) Kanatlı (paletli) pompalar (*vane pump*)
f) Vidalı pompalar
g) Santrifüj pompalar

POMPALAR

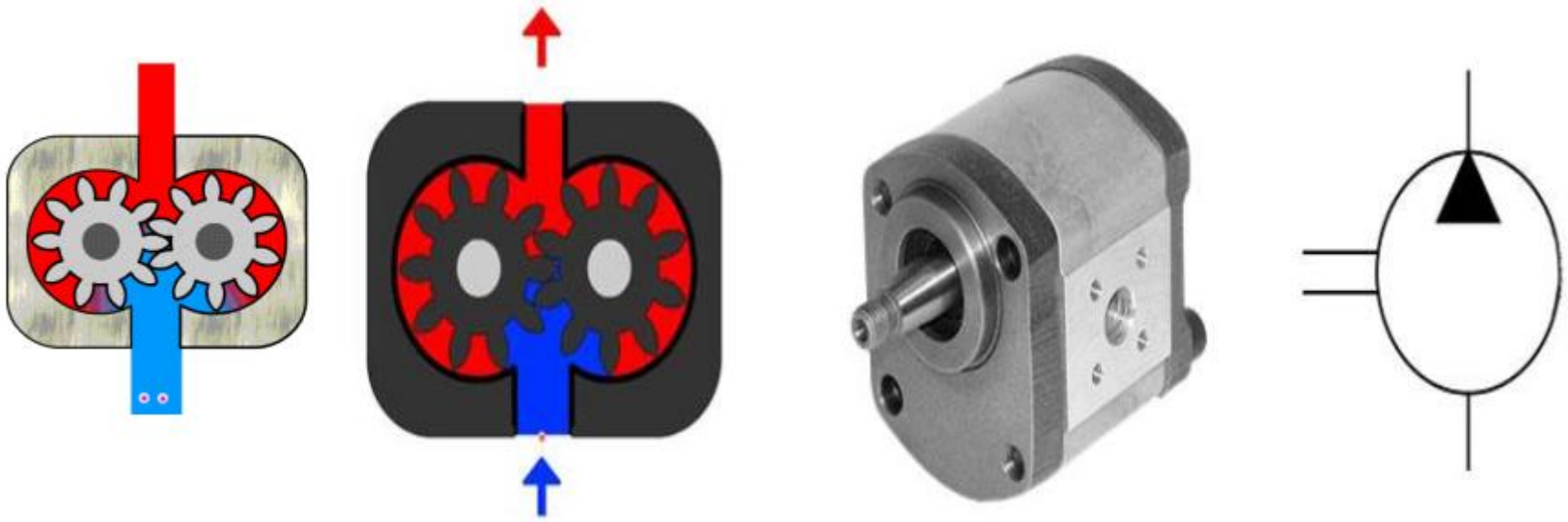
Pozitif Deplasmanlı

VOLÜMETRİK POMPALAR

Dişli Pompalar

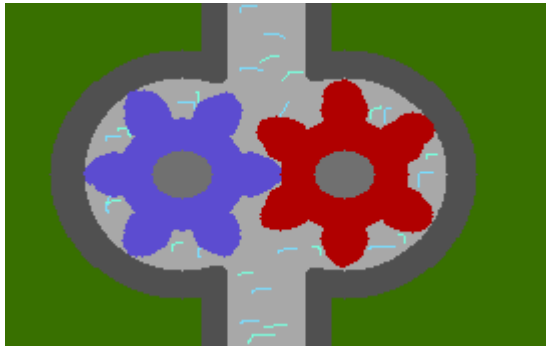
(a)

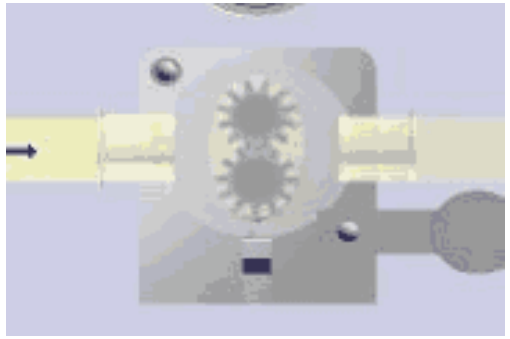
- Debileri sabit olan dişli pompaların biri çeviren, diğeri de çevrilen olmak üzere iki dişliden meydana gelmektedir.
- Çeviren dişli motordan aldığı dönme hareketini, çevrilen dişliye iletir. Böylece, dişliler diş boşluklarına aldıkları akışkanı sisteme gönderir.

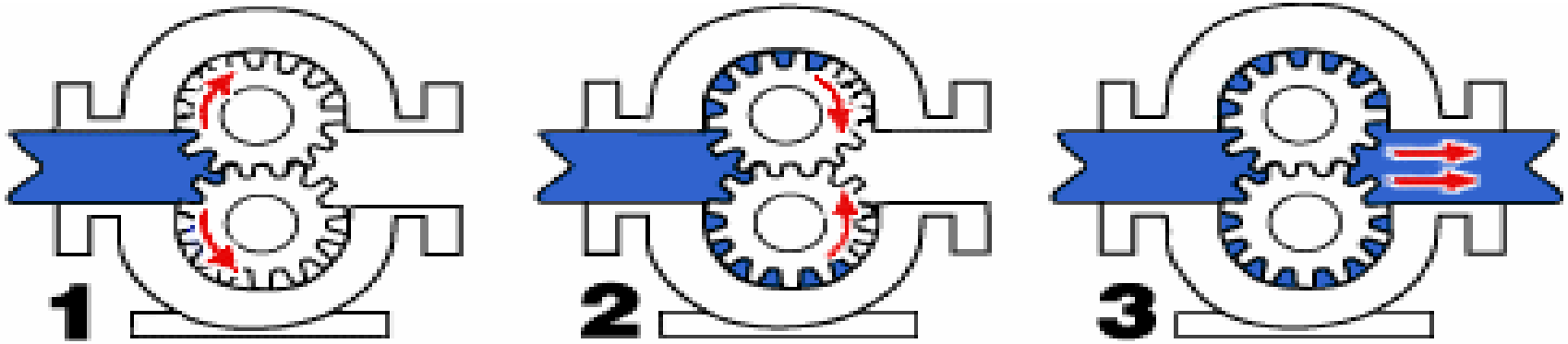


Dişli Pompalar

- Dönme hareketi yapan hacimsel pompa







Dişli Pompalar

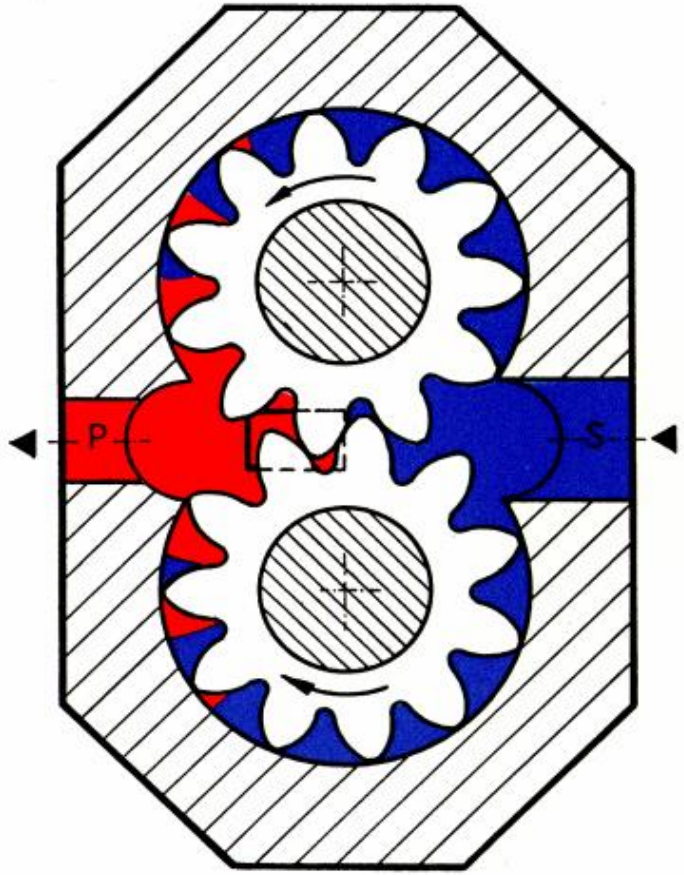
Dişli pompalar; 300 bar basınca kadar çıkabilen, piyasada kolaylıkla temin edilebilen ve değişik uygulama alanlarında kullanılan bir pompa tipidir. Ekonomik olması da bir diğer avantajı olarak öne çıkar.

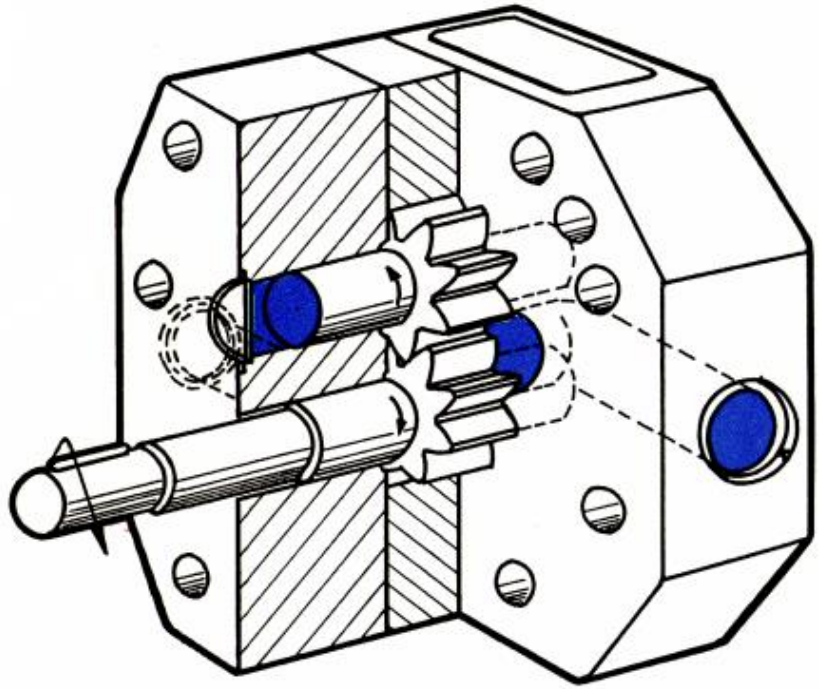
- Dezavantajları; yüksek basınçlarda düşük verim ve kullanım ömründe azalmanın yanı sıra yüksek gürültü seviyesi de gösterilebilir.

Dıştan Dişli Pompalar: En çok kullanılan pompa tipidir. Genelde 300– 350 Bar'a kadar basınç gerektiren sistemlerde kullanılır. Dıştan dişli pompalar özellikle hafif olmalarına karşın yüksek basınç üretebilmeleri sebebi ile, mobil hidrolik sistemlerde kullanılırlar. Ayrıca düşük maliyet, geniş devir sayısı ve viskozite aralığında çalışmaları da en büyük avantajlarındandır.

- Dişli çarklardan biri motordan aldığı hareketle dönmeye başladığında diğer dişli çarkta ters yönde döner. Dönme hareketi sonucu dişlerin birbirinden ayrılmasıyla vakum oluşur. Tank içindeki yağ üzerine etki eden atmosferik basınç sonucu pompa akışkanı emmeye başlar. Emilen akışkan diş aralıklarını doldurur ve dişlilerin dönmesiyle basma girişine gelir. Bu kısımda dişler birbirleri içerisine girdikleri için bir hacim daralması oluşur ve akışkan pompa çıkışına doğru itilir.

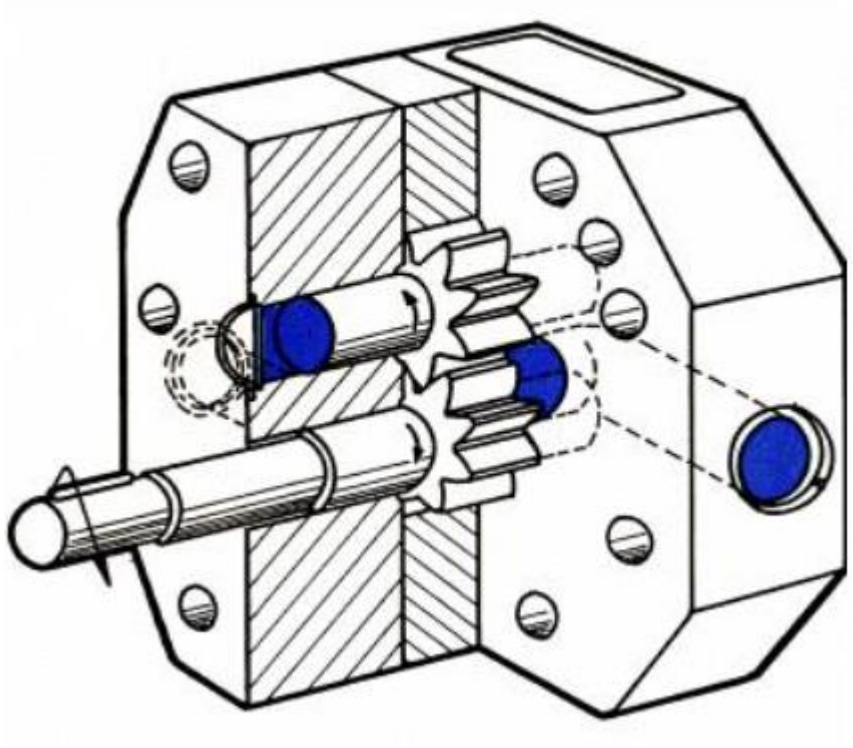
Dıştan Dişli Pompanın Yapısı (*External Gear Pumps*)





Büyük çaplı giriş “Emme Hattı”, küçük çaplı çıkış “Basınç Hattı” dır.

Dişli Pompa İletim Hacmi Hesabı



$$V_g = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_{ü}}{d_d} \right)^2 \cdot z \cdot b$$

V_g = Pompanın bir devirde bastığı yağ (cm^3/dev)

$d_{ü}$ = Diş üstü çapı (mm)

d_d = Diş dibi çapı (mm)

z = Diş sayısı

b = Diş genişliği (mm)

Büyük çaplı giriş “Emme Hattı”, küçük çaplı çıkış “Basınç Hattı” dır.

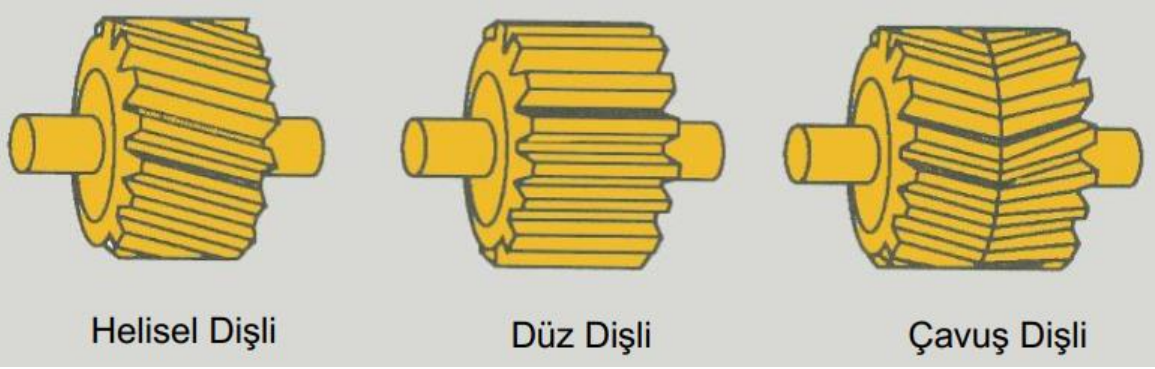
Dişli Pompalar

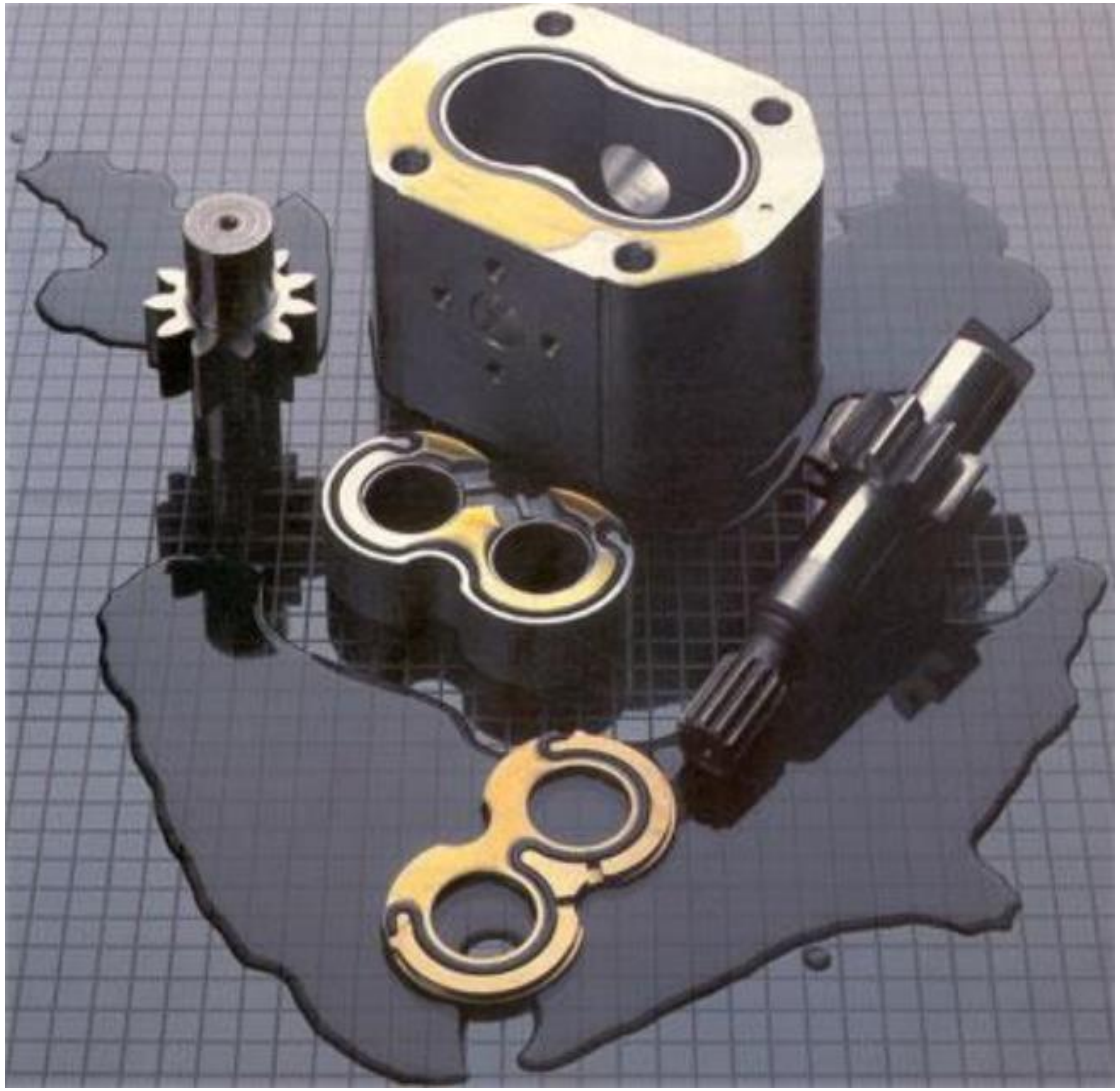
Volümetrik, pozitif deplasmanlı pompa

- Dişli pompalar, arka arkaya bağlanarak 2'li veya 3'lü kombinasyonlar elde edilebilir.
- Tahrik tarafındaki pompa, daha büyük debili olmalıdır.

Dişli Pompalar

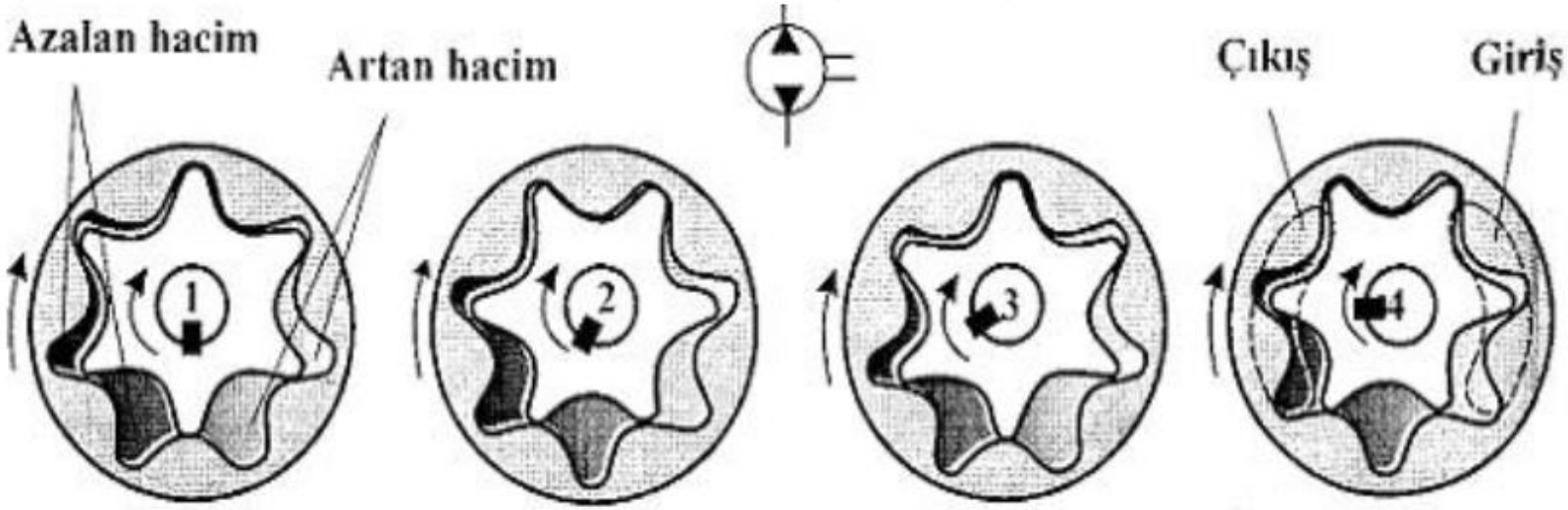
- Dişli Pompanın Parçaları >>>>
- Dişli Tipleri (aşağıdaki şekil)





Gerotor Pompalar (İçten Dişli Pompalar) **(b)**

- İçten dişli pompaların en önemli özelliği sessiz çalışmalarıdır. Bunun nedeni doldurma ve basma bölgelerinin dıştan dişli pompalara göre daha uzun olmalarıdır. Böylece, diş boşlukları daha yavaş dolmakta ve daha iyi emme kabiliyeti oluşmaktadır. Dişlerin özel bir geometriye sahip olmaları sonucu, geometriye bağımlı basınç ve basma akışı çarpması oldukça azaltılmış olur. Oldukça sessiz çalışmaları nedeniyle özellikle sabit hidrolik sistemlerde (presler, plastik makineleri, takım tezgahları vb.) kullanılırlar.

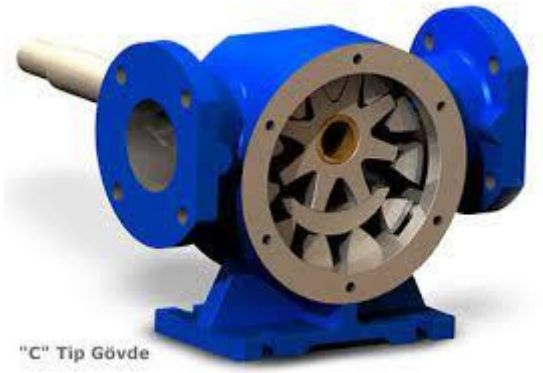


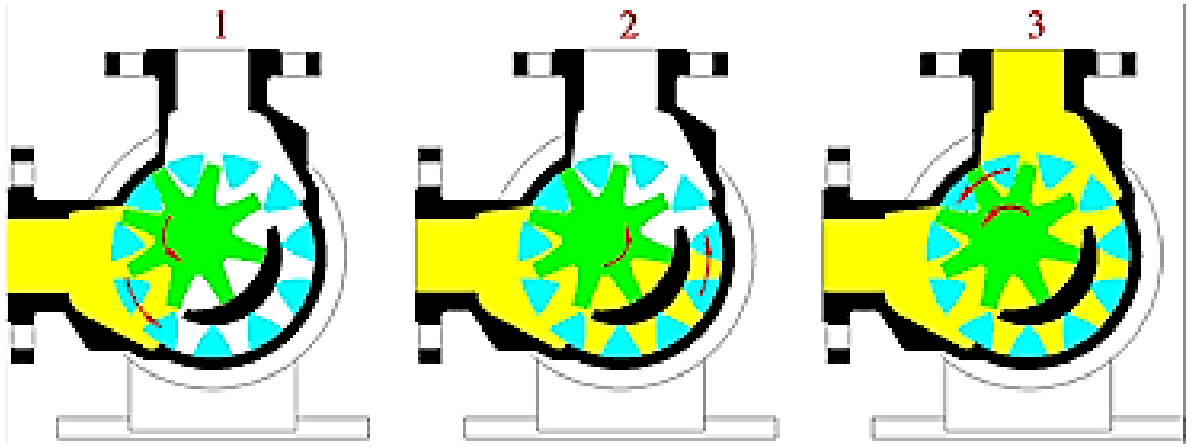
Gerotor Pompalar

- *Örnek Görseller*:
  Gerotor Pompalar

İçten Eksantrik Dişli Pompalar (*Internal Gear Pumps*)

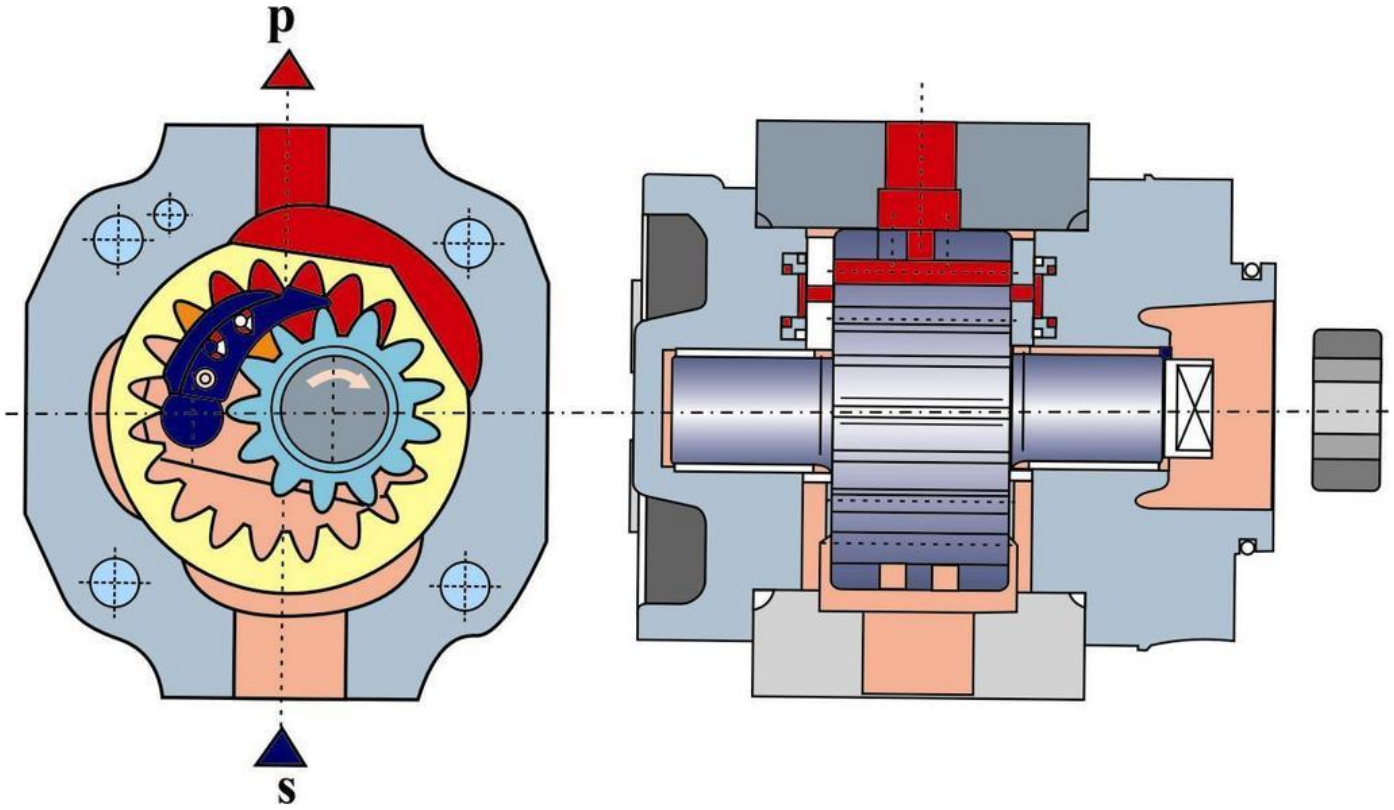
- İç ve dış olmak üzere iki dişten oluşur. İçteki dişli motordan aldığı dönme hareketini dıştaki dişliye iletir. Sessiz çalışabilme ve yüksek debi üretebilme avantajına sahiptirler.





İçten Eksantrik Dişli Pompalar (*Internal Gear Pumps*)

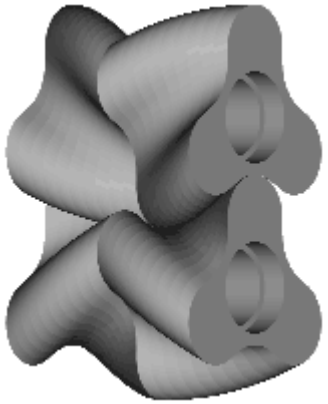
- *Örnek Görsel*: İçten eksantrik dişli pompanın kesit görünüşleri

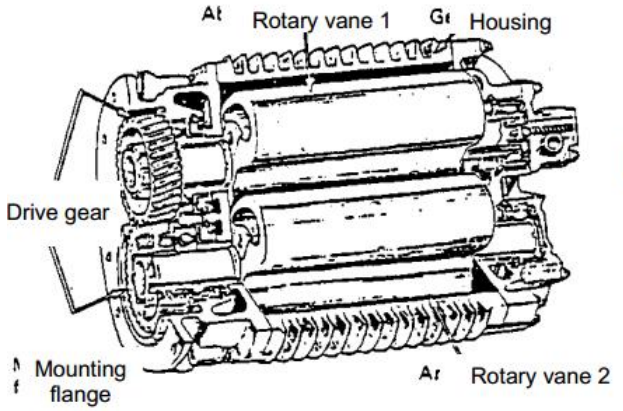


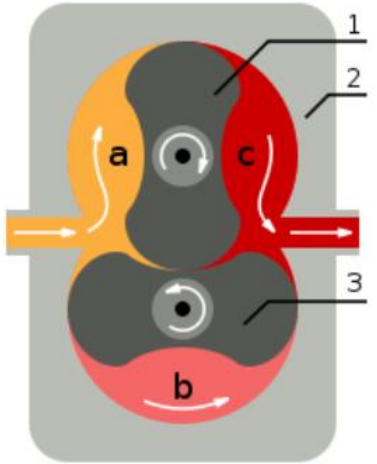
Loblu Pompa

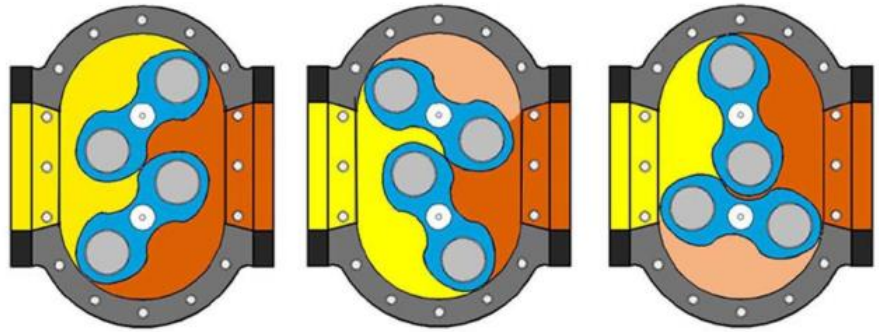
(c)

- *Örnek Görseller*:
  Loblu Pompalar









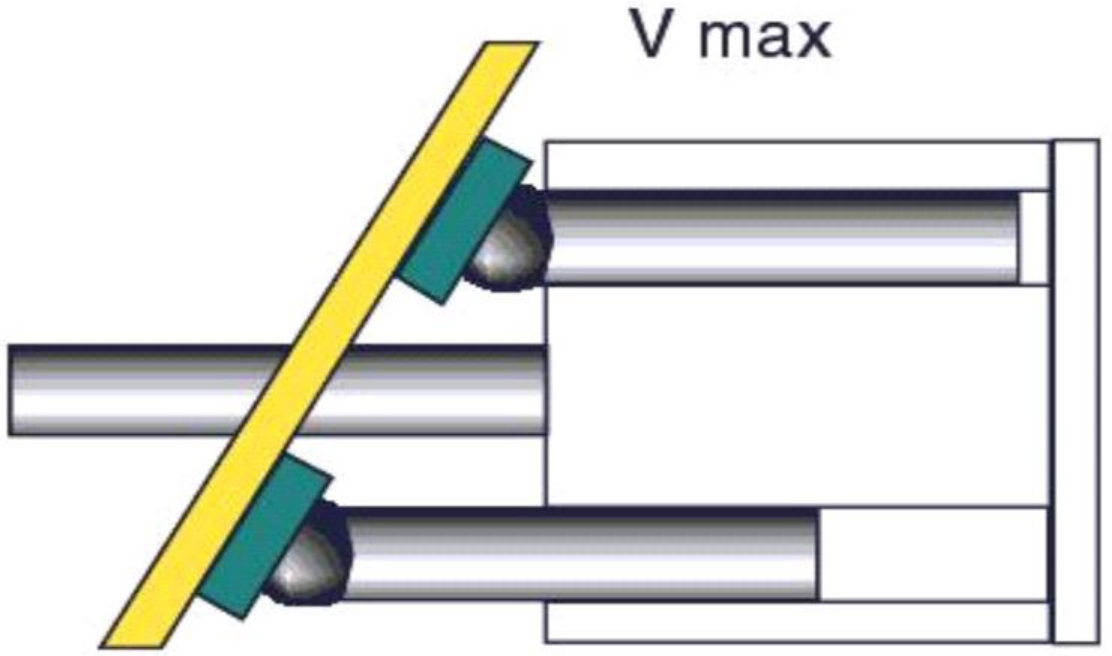
Pistonlu Pompalar (d)

- Yüksek çalışma basınçlarının gerekli olduğu durumlarda (400 Bar üzeri) pistonlu pompalar kullanılır.
- Preslerde, plastik enjeksiyon makinelerinde ve diğer birçok uygulamada 700 Bar'a varan basınçlarda kullanılabilir.
- Bir silindir içinde ileri-geri hareket eden pistonların emdikleri akışkanı sisteme basmaları prensibine göre çalışır.
- Boyutları diğer pompa türlerine göre daha büyüktür.
- Eksenel ve Radyal olmak üzere iki çeşidi vardır.

Pistonlu Pompalar

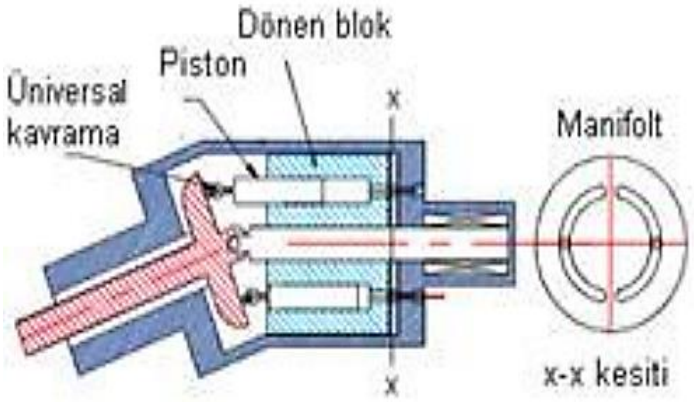
- Dönen deplasman pistonları eğik bir disk tarafından yataklanır. Diskin eğim açısı pistonların strok boyunu belirler.
- *Örnek Şekil*:

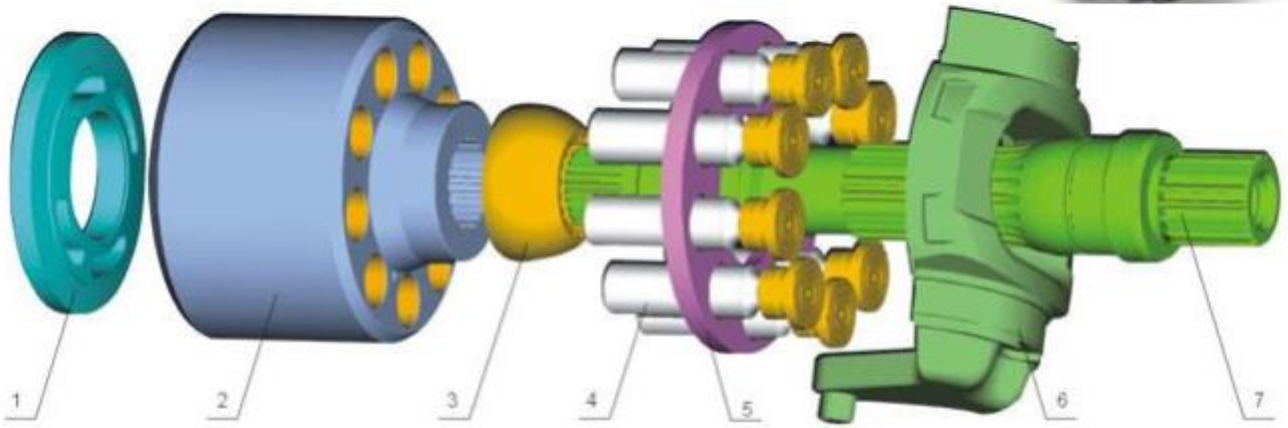
Eğik plakalı eksenel pistonlu pompa >>>>



Pistonlu Pompalar

- Eksenel pistonlu pompanın parçaları





Pistonlu Pompalar

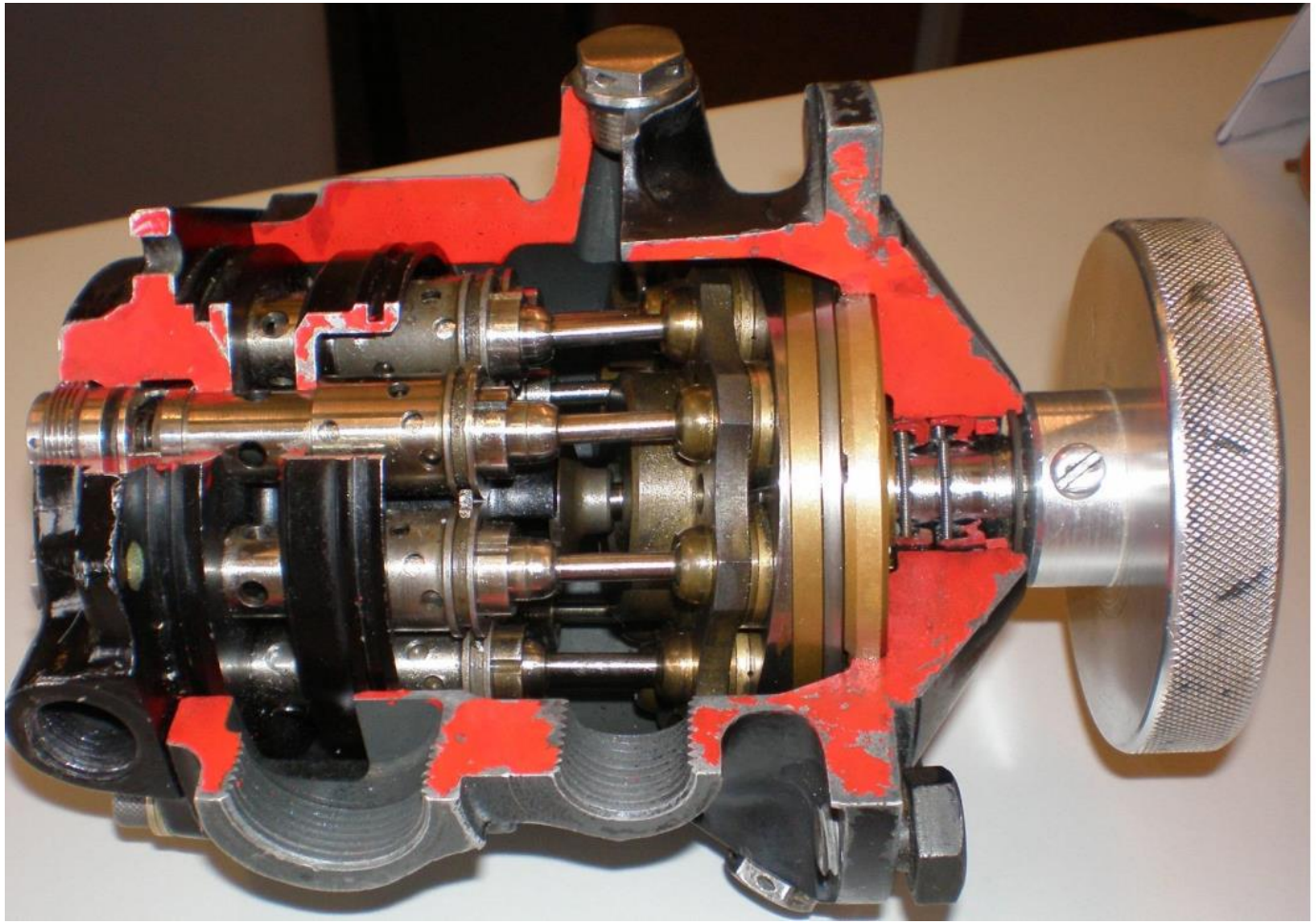
- Eksenel pistonlu pompada pistonlar dönme eksenine paralel hareket eder ya da belli bir açıda ekseni eğiktir. Eğik plakalı eksenel pistonlu pompalar, eğik plakalı bir yüzey üzerinde hareket eden pistonlardan oluşur. Dönme hareketi sonucu pompadaki pistonlar ileri-geri hareket ederler. Pistonların ileri-geri hareketiyle emme ve basma işlemi gerçekleşir. Eğik gövdeli eksenel pistonlu pompalarda gövdeye açı verilmiştir. Gövdenin açısı büyüdükçe pistonların ileri geri hareketinde kurs boyları (strok) büyür. Bu sırada pompanın debisi en büyük değere ulaşır. Böylece kurs büyüdükçe pistonlar silindirlere daha fazla akışkan göndermiş olurlar. Gövdenin açısı küçüldükçe ise pistonların kurs boyları ve pompanın debisi azalır.
- Mobil ve endüstriyel hidrolikte bir çok kritik uygulamada pistonlu pompalar tercih edilir. Değişken deplasmanlı pistonlu pompalar çok çeşitli kontrol tipine sahiptir.

Değişken Deplasmanlı Pistonlu Tip Hidrolik Pompa

- *Örnek Animasyon*: Pistonlu Tip Hidrolik Pompa (*variable displacement piston pump*)

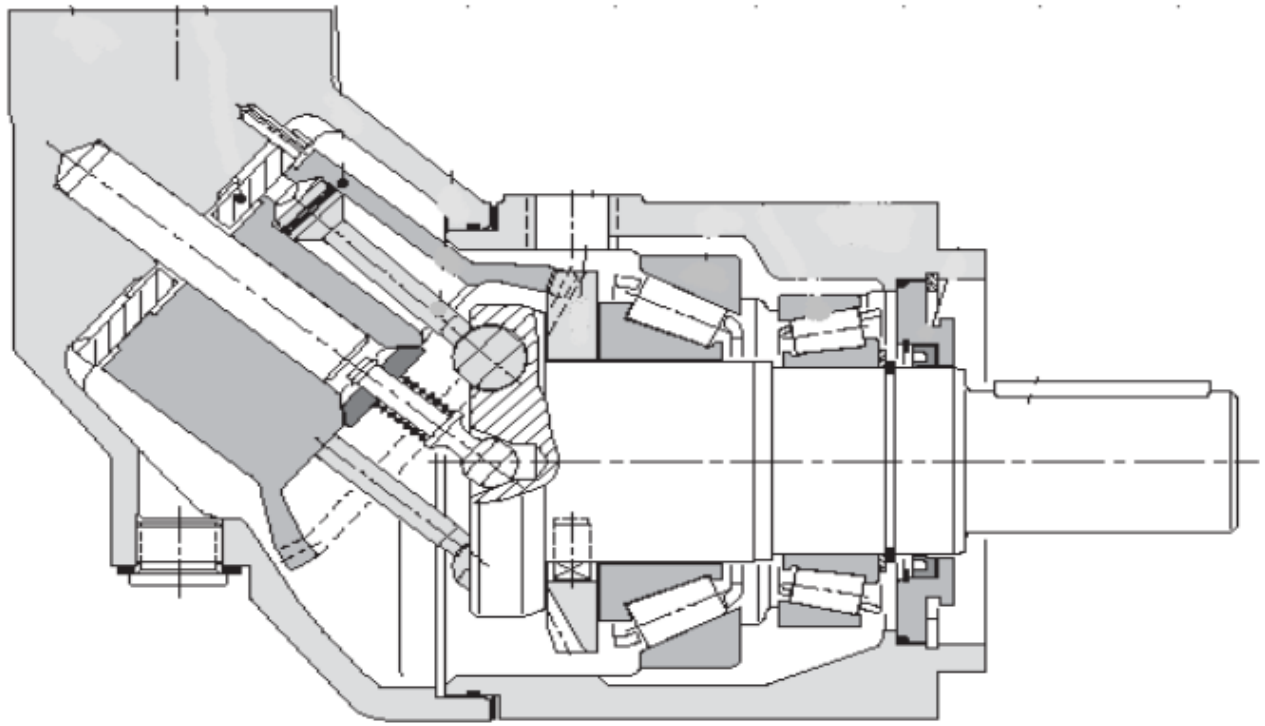
Değişken Deplasmanlı Pistonlu Tip Hidrolik Pompa

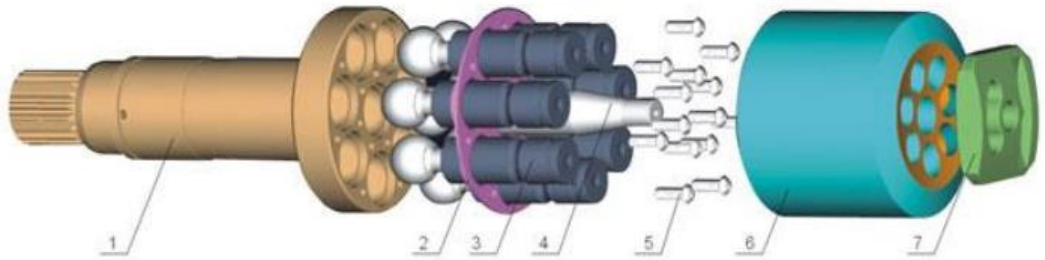
- *Örnek Görsel*: Pistonlu Tip Hidrolik Pompa (*variable displacement piston pump / cam-type design*)



Eğik Eksenli Eksenel Pistonlu Sabit Debili Pompa

- Eğim açısına bağlı olarak, tahrik mili döndüğünde pistonlar silindir bloğu içindeki yuvalarında hareket ederler.

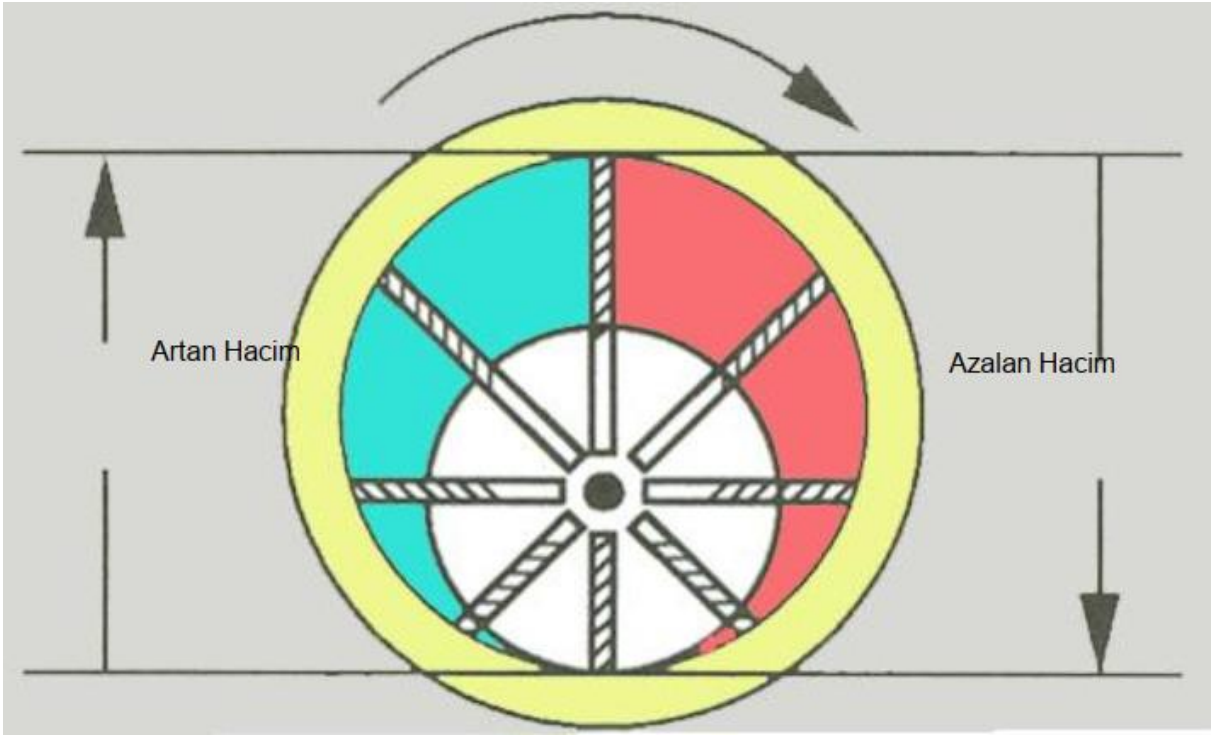




Paletli (Kanatlı) Pompalar

(e)

- Çevresine belirli sayıda palet yerleştirilmiş bir rotorun, dönüş ekseninden kaçık olan bir gövde içinde dönmesiyle çalışır.



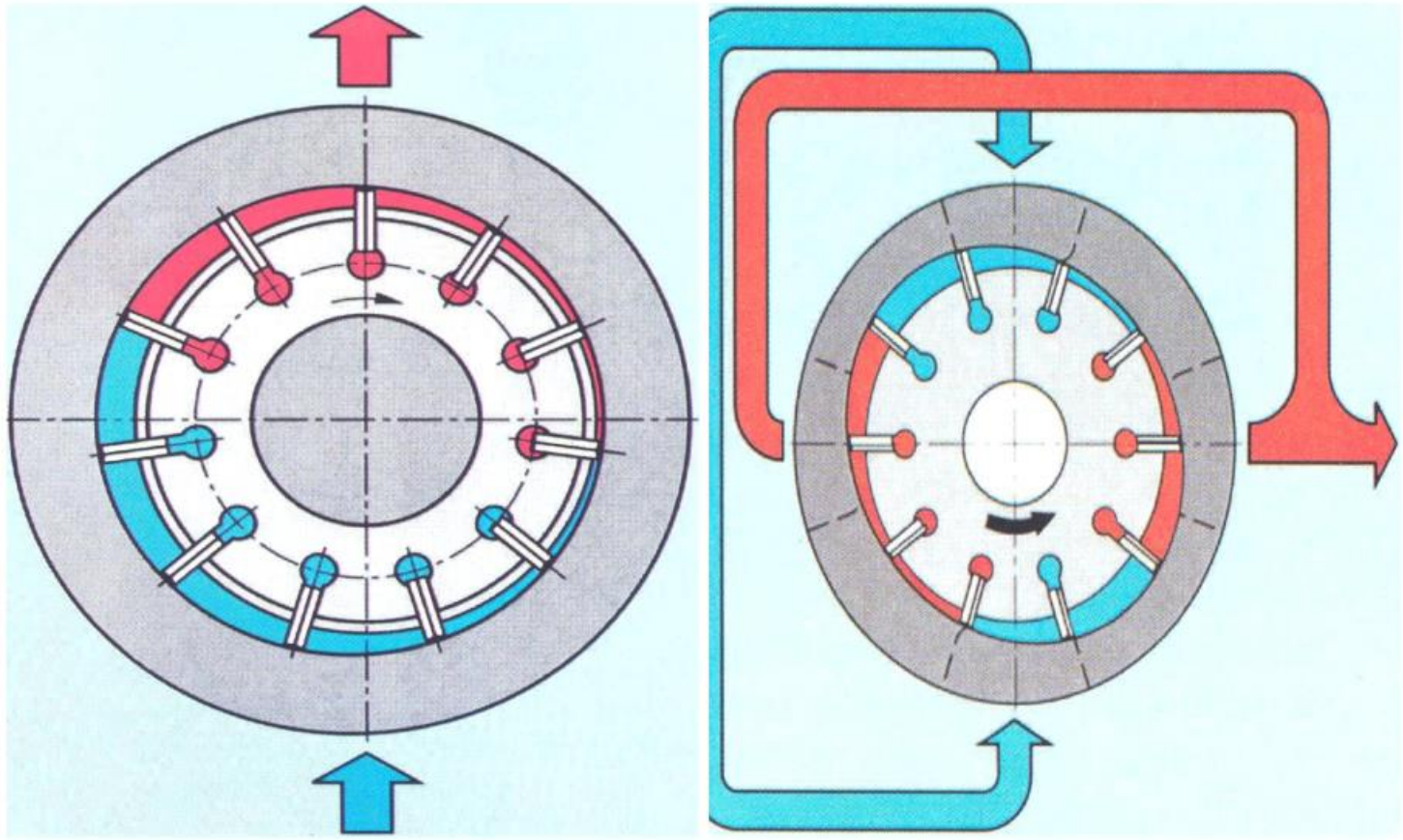
Paletli Pompalar

- Tek odalı ve çift odalı olmak üzere iki çeşidi olan paletli pompalar, çevresine belirli sayıda palet yerleştirilmiş bir rotorun (merkezde dönme hareketi yapan kısım), eksenden kaçık olan bir gövde içinde dönmesiyle çalışır.
- Gövde ve rotor arasındaki eksantriklik miktarı arttıkça, debi de artar. Paletler emme işlemi sırasında dışarıya çıkıp basma işlemi sırasında içeriye girerler.
- Piyasada paletli ya da kanatlı diye tabir edilen bu pompalar daha çok takım tezgahları ve kapalı alanlarda çalışan diğer hidrolik devrelerde tercih edilir.
- En önemli avantajı düşük gürültü seviyesi olup, dezavantajı için ise emiş performansının düşük olması söylenebilir.

Paletli Pompalar

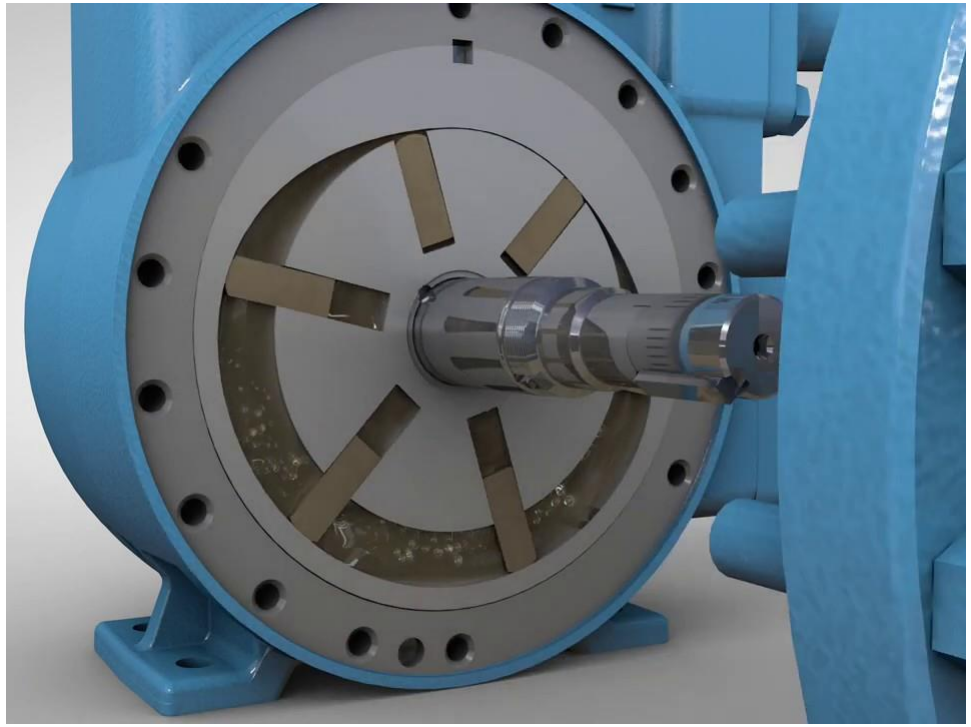
- Tek Odalı ve Çift Odalı

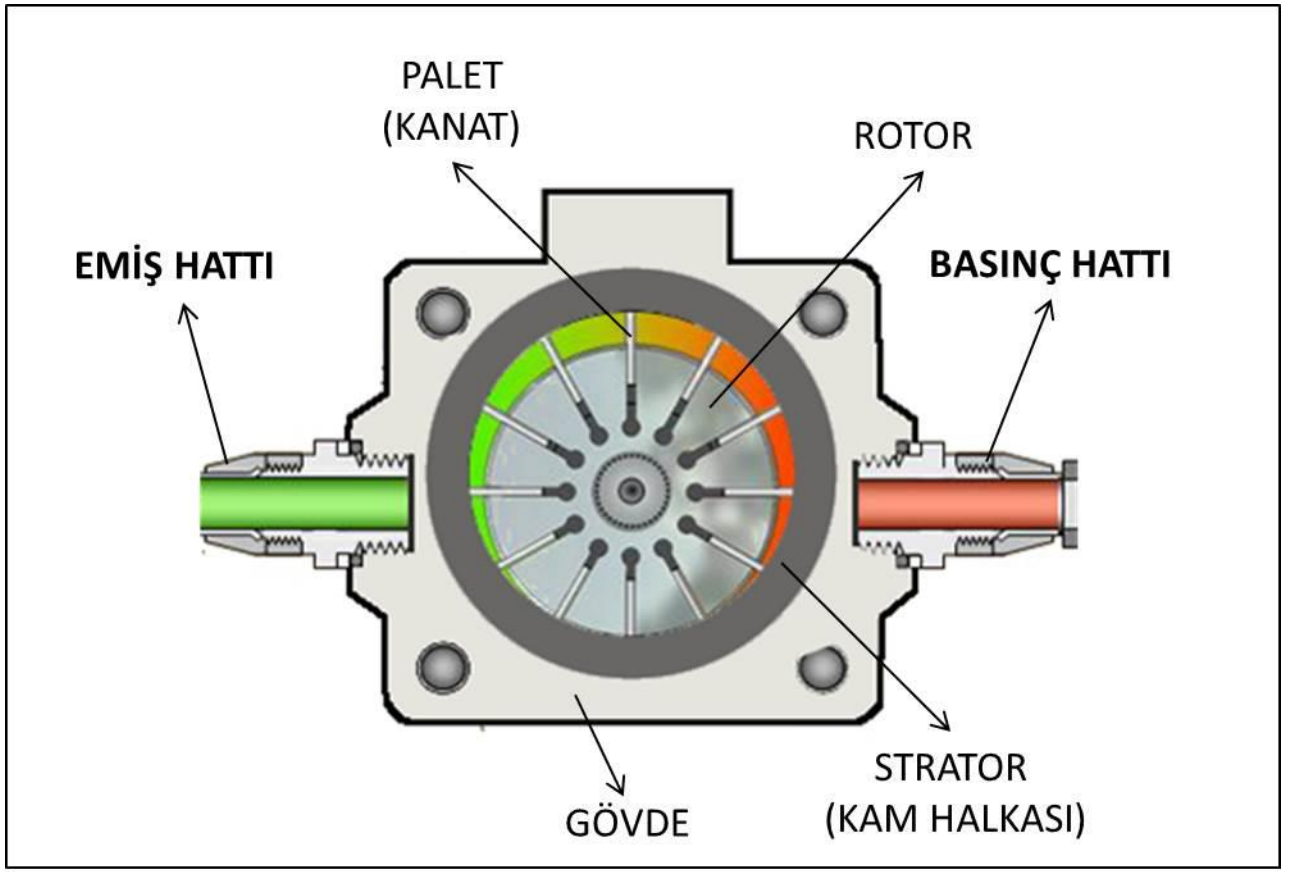
  Paletli Pompaların Yapısı



Paletli Pompa

- *Örnek Görseller*:
  Paletli Pompalar





Vidalı Pompalar

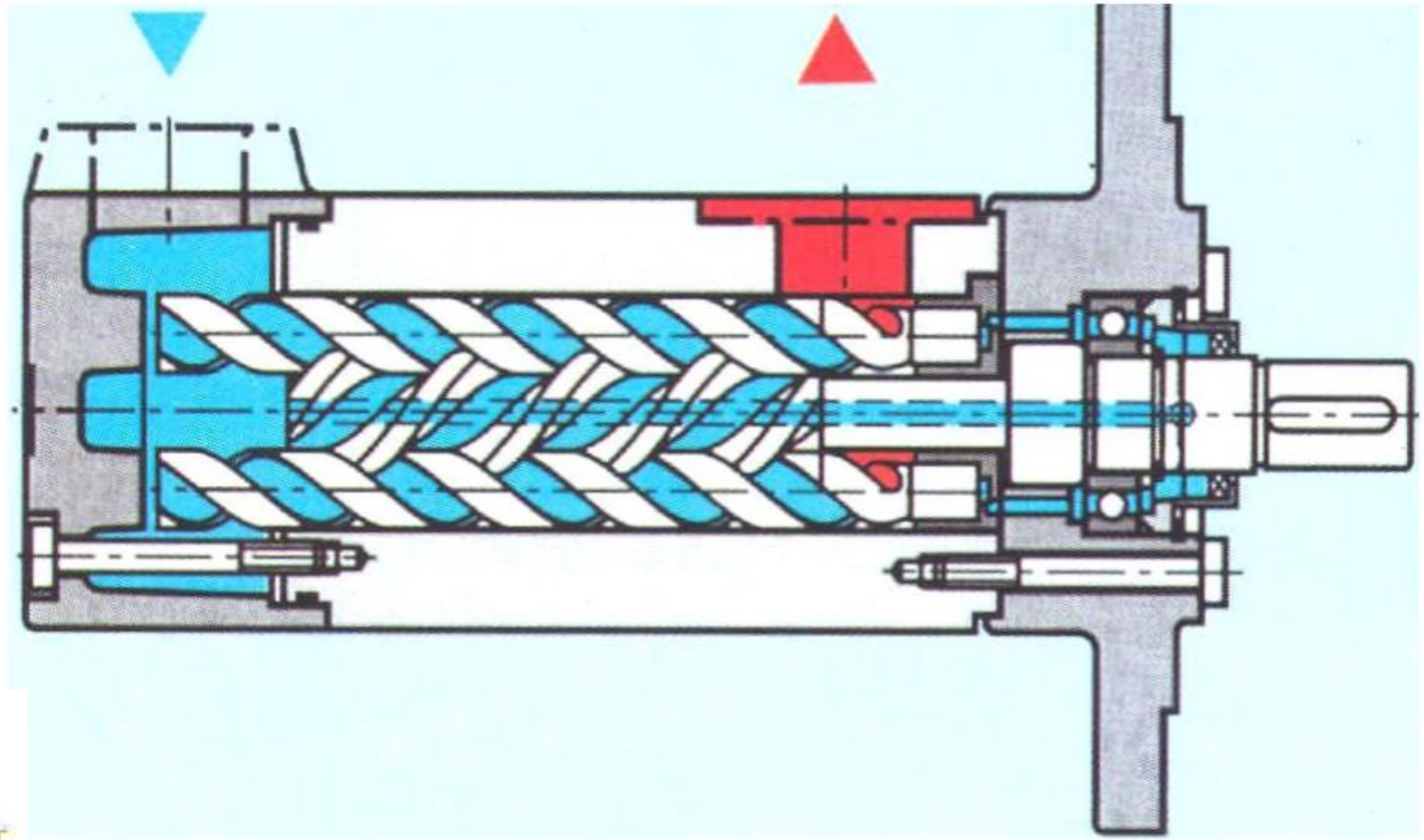
(f)

- İçten dişli pompalar gibi vidalı pompaların da en önemli özelliği hayli düşük gürültü seviyelerinde çalışabilmeleridir. Sabit, düzgün ve darbesiz bir debi akışı meydana getirerek çok sessiz çalışırlar. Bu özelliklerinden dolayı tiyatro ve opera salonları gibi yerlerde uygulanan hidrolik sistemlerde tercih edilirler.
- Tahrik organına bağlı ve saat ibresi yönünde dişleri olan vida, dönme hareketini diğer vidalara aktarır. Bu esnada vidaların dişleri arasında kapalı bir odacık oluşur ve akışkan, hacminde herhangi bir değişiklik olmaksızın, pompanın emiş portundan basınç portuna kadar ilerler.

Vidalı Pompalar

- *Örnek Görsel*:

Vidalı Pompa Kesit >>>>



POMPALAR

Non-Pozitif Deplasmanlı

ROTODİNAMİK POMPALAR

Santrifüj Pompalar (g)

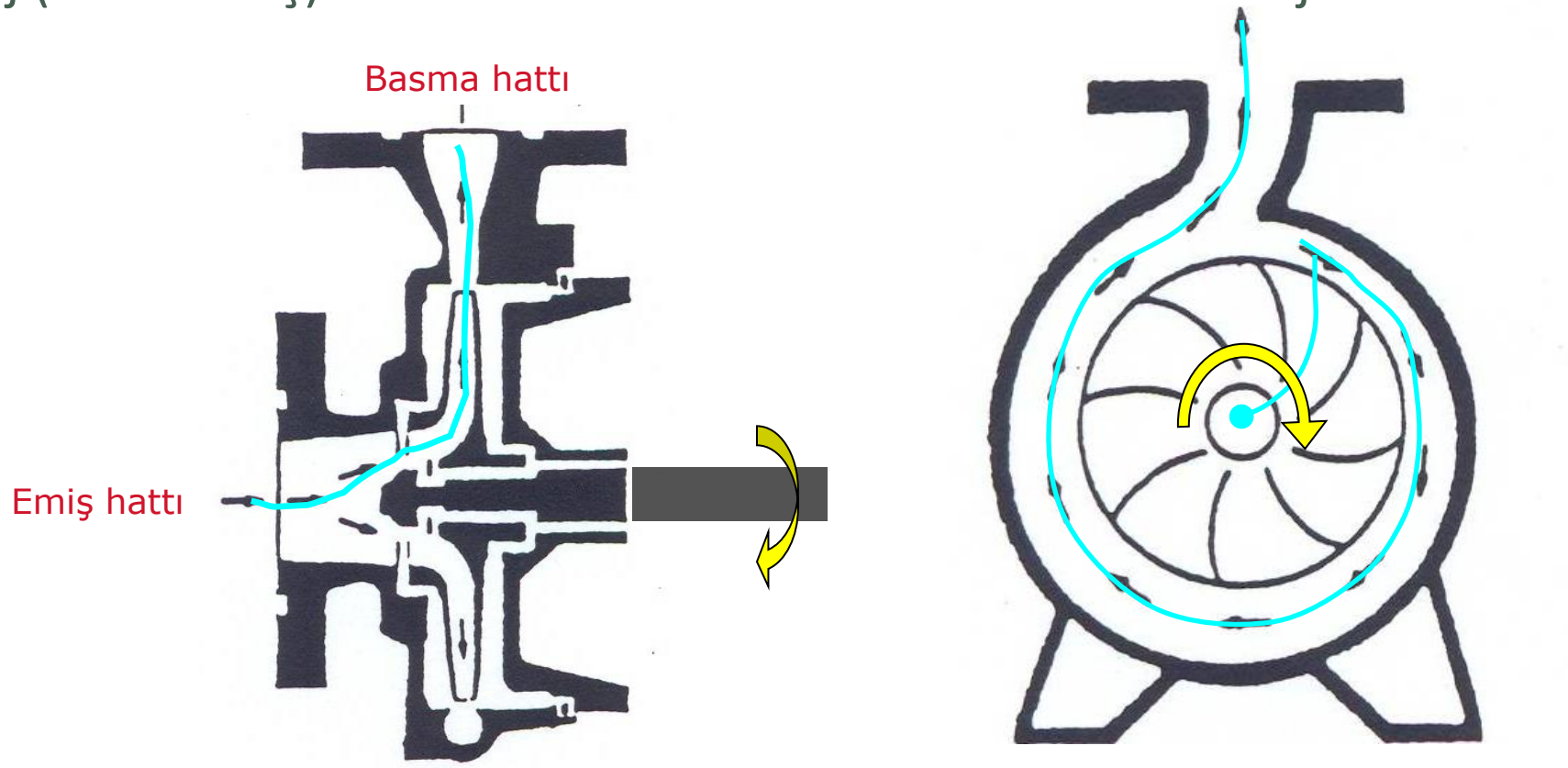
TEMEL PRENSİP

- ***Bir santrifüj pompa***, vakum yapamaz, akışkan atmosferik veya diğer bir basınçla pompanın çarkına doğru itelenir, çark akışkana hız kazandırır, bu hız gövdenin yönlendirmesi ile basma yüksekliğine dönüştürülür. Bu nedenle çark daima su (sıvı) içinde olmalıdır.

Santrifüj Pompalar (Dinamik / Non-Pozitif Deplasmanlı)

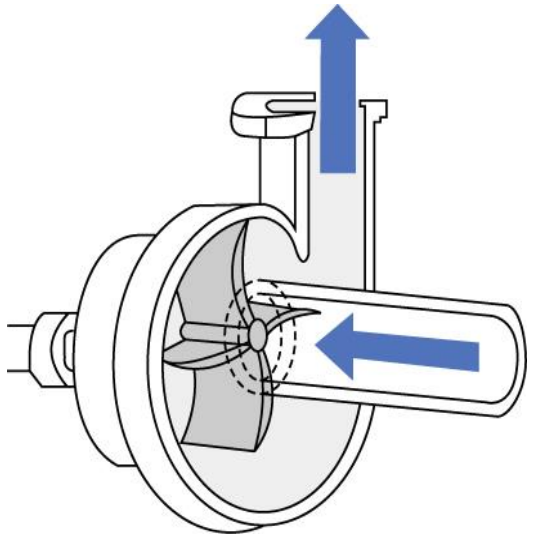
Çalışma prensibi:

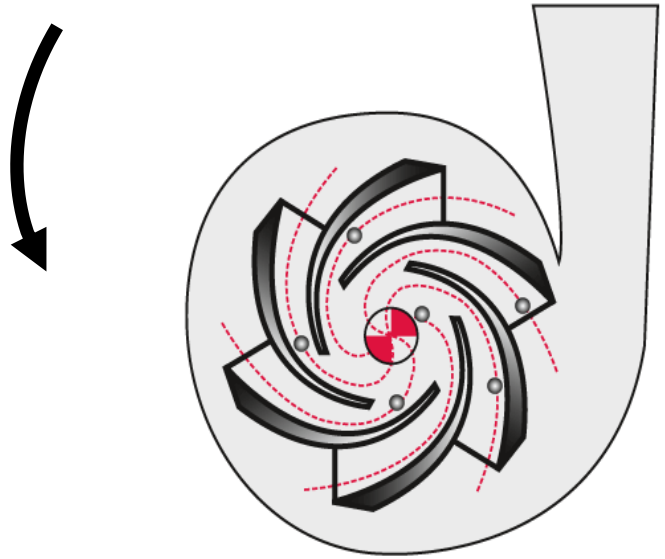
- Santrifüj (merkezkaç) kuvveti kullanarak su moleküllerine enerji transferi sağlanır.



Santrifüj Pompa

- Akışkanın pompaya girişi ve çıkışı

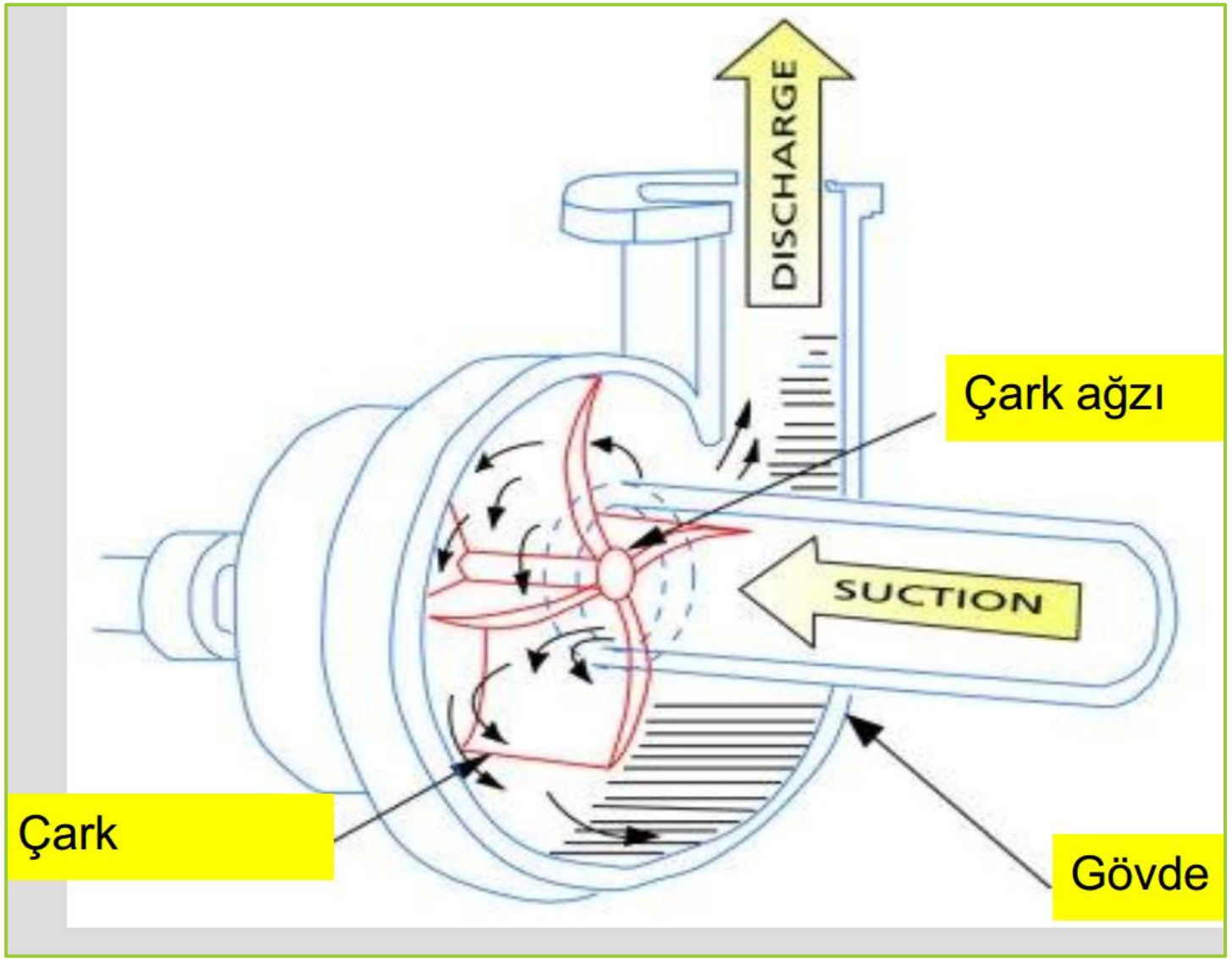




- ***Örnek Animasyon***: Merkezkaç etki

Santrifüj Pompa

- Gövde
- Çark ağzı
- Çark
- Emme hattı (*suction*)
- Basma hattı (*discharge*)

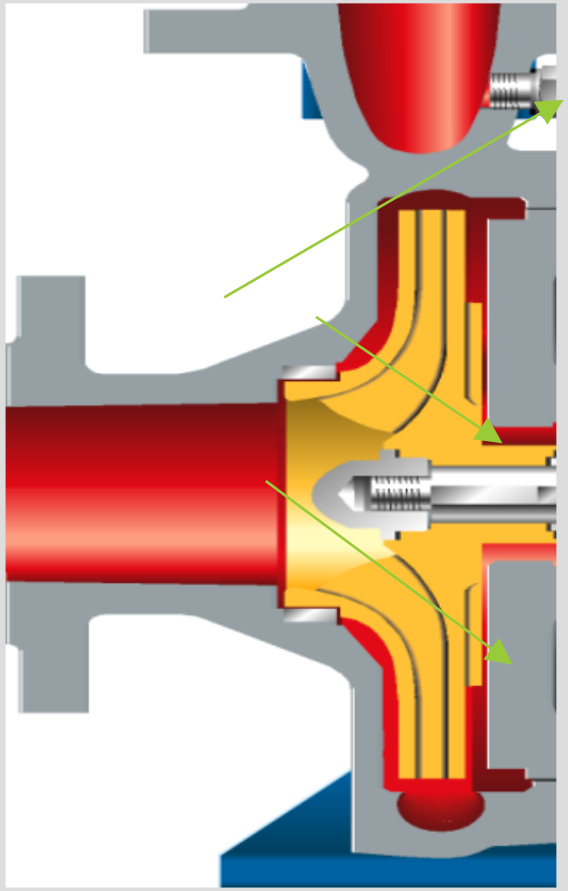


Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompanın bölümleri:

- *Çark*
- *Gövde*
- *Mil*
- *Salmastra*

Bir santrifüj pompa 4 ana parçadan oluşur.



1 Çark:Kinetik enerjiyi akışkana transfer eder.

2 Pompa gövdesi: Akışkanı tutar ve kinetik enerjiyi , basma yüksekliğine dönüştürür.

3 Mil

4 Salmastra: Sızdırmazlığı sağlar.

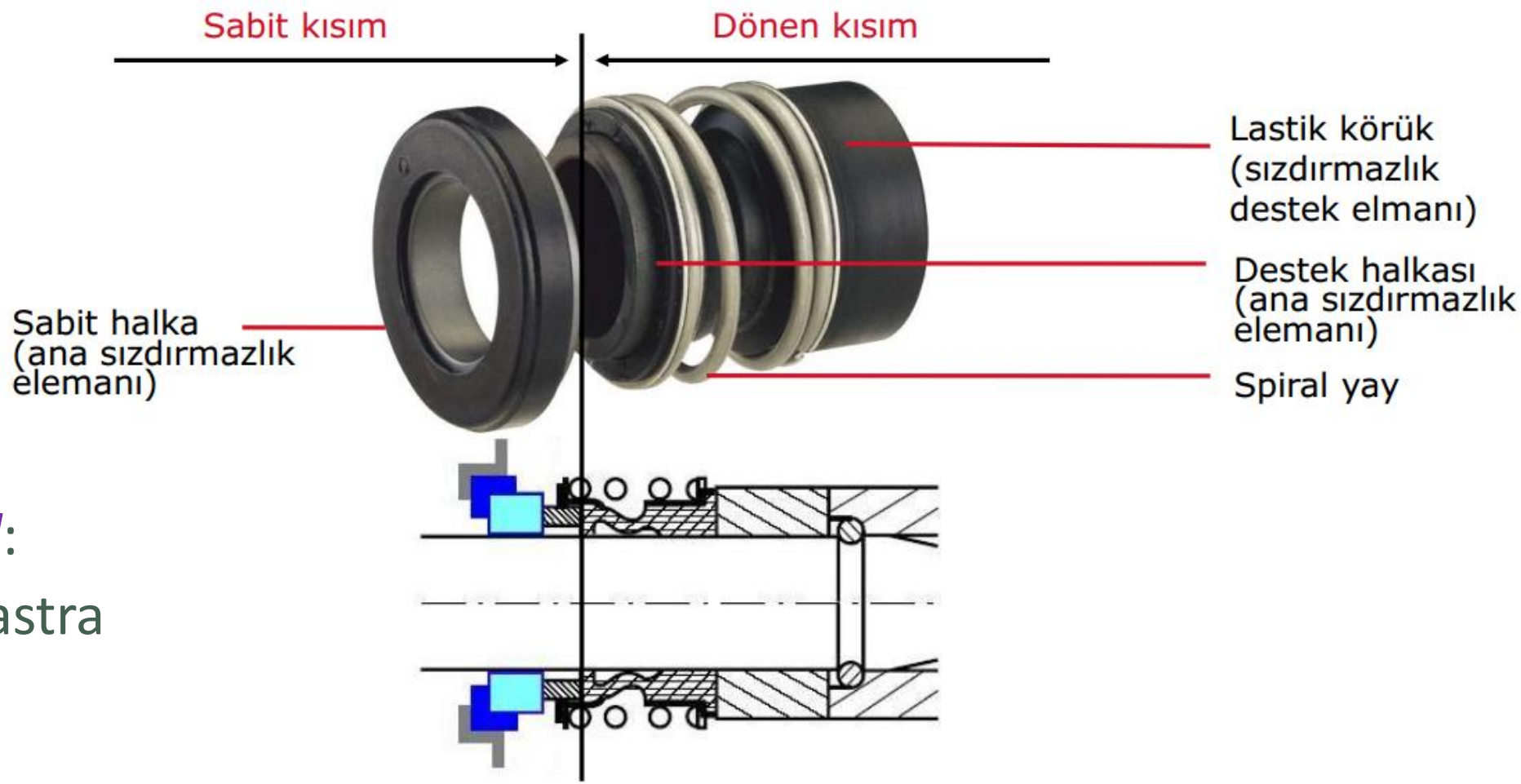
Salmastralar

Mekanik salmastra, döner milin sabit bir gövdeden geçtiği ya da zaman zaman da gövdenin mil etrafında döndüğü bir tank içerisinde (genellikle pompalar, karıştırıcılar, vb.) sıvının bulunduğu bir yöntemdir.

- Mekanik salmastranın kendisi, salmastranın sabit ve döner bölümleri arasındaki arabirimdir.
- İster sabit isterse de dönen bölüm olsun salmastranın bir kısmı her zaman esnek şekilde takılır; küçük mil sapmalarını, rulman toleranslarından kaynaklı mil hareketi ve üretim toleranslarından kaynaklı yanlış hizalamayı düzeltmek için yay yüklüdür.

Salmastralar

- Mekanik Salmastra



- *Örnek Görsel*:

Mekanik Salmastra

Havacılıkta Hidrolik Sistemler

Pompalar ve Hidrolik Sistem / A320 Örneği

Uçaklarda Hidrolik Pompalar

- A320 / Engine Driven Pump – AC Electric Motor Pump

A320 Products – EDP and AC Motorpump

3031863-001
Engine Driven Pump

974540
AC electric Motor pump

Uçaklarda Hidrolik Pompalar

Örnek: A320 Hidrolik Sistem Pompaları

- EDP: Motor tarafından tahrik edilen

Mekanik tahrikli (accessory gearbox)

- ACMP: Elektrik motoru tahrikli

Elektrik (AC – alternatif akım) motoru tahrikli

Uçaklarda Hidrolik Pompalar

A320 Hidrolik Sistem Pompaları

- EDP / Engine Driven Hydraulic Pump

Kaynak: Ian Rosewarne_A320_EDP-ACMP_H205.pdf

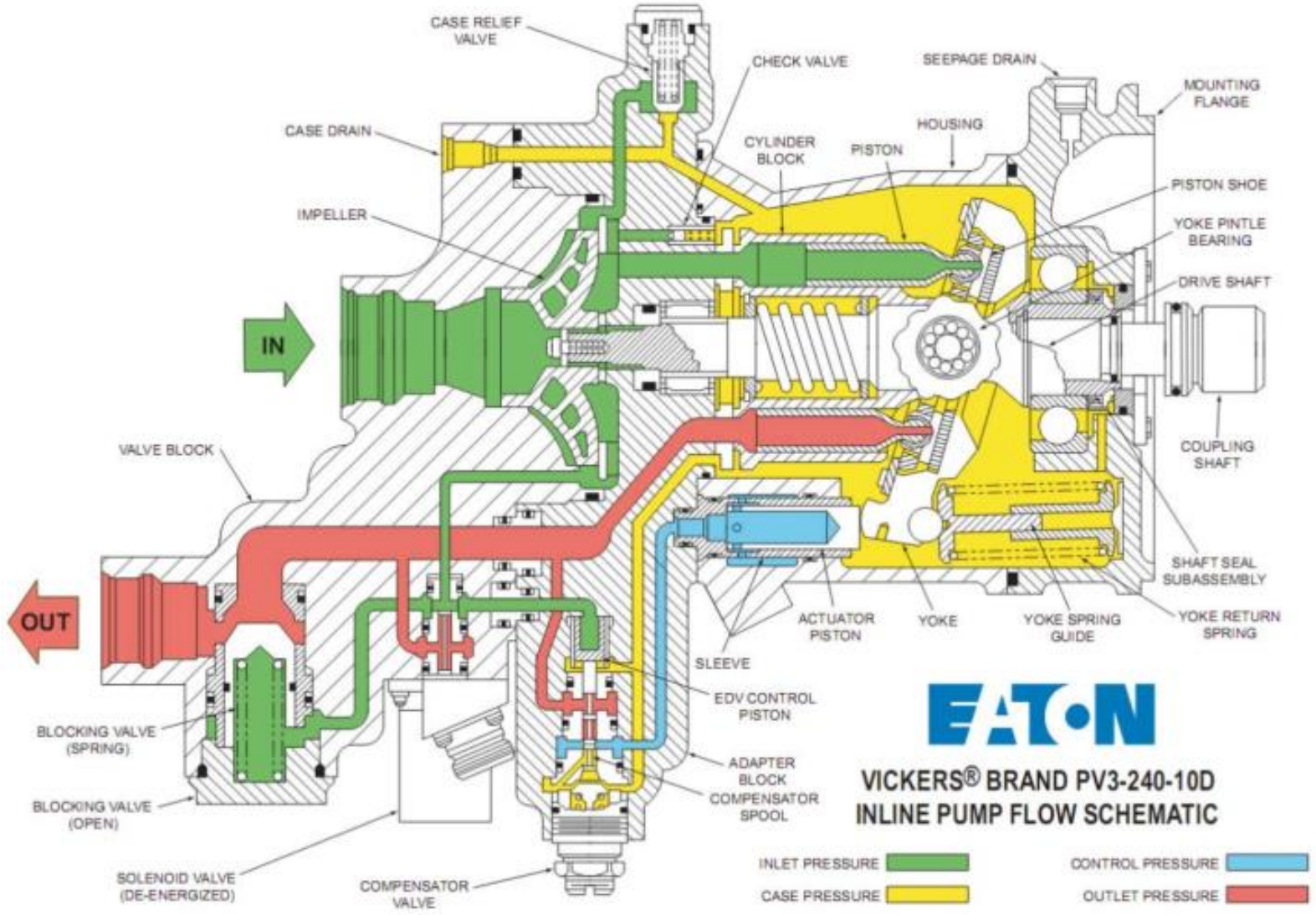
Uçaklarda Hidrolik Pompalar

A320

Hidrolik Sistem Pompaları

- VICKERS Model PV3-240-10D EDP

(Değişken deplasmanlı pistonlu tip hidrolik pompa kesit görünüş) ➔



Kaynak: Ian Rosewarne_A320_EDP-ACMP_H205.pdf

Uçaklarda Hidrolik Pompalar

A320 Hidrolik Sistem Pompaları

- ACMP / AC Electric Motor Pump

Kaynak: Ian Rosewarne_A320_EDP-ACMP_H205.pdf

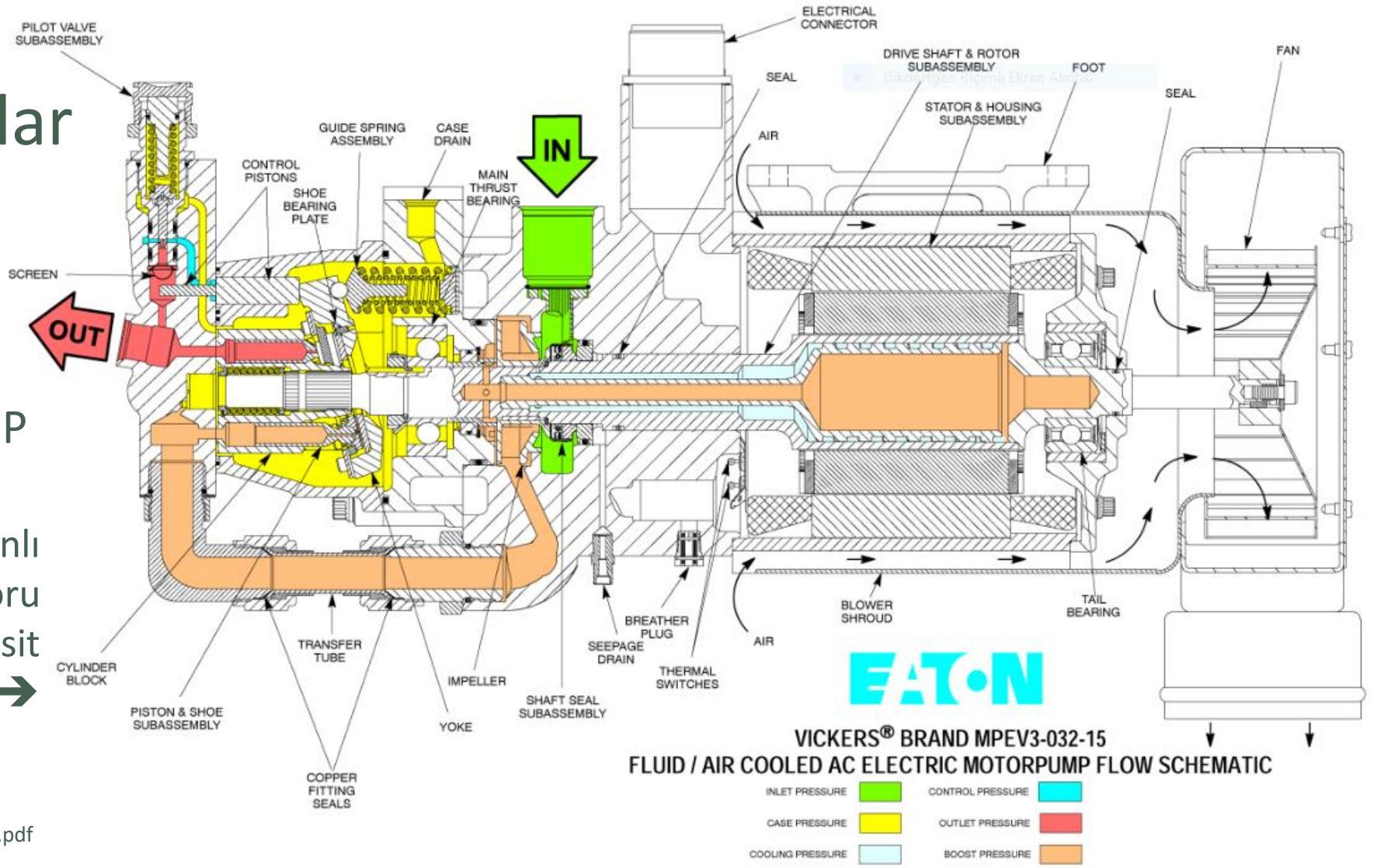
Uçaklarda Hidrolik Pompalar

A320

Hidrolik Sistem Pompaları

- VICKERS Model MPEV3-032-15 ACMP

(Değişken deplasmanlı pistonlu tip elektrik motoru akuple hidrolik pompa kesit görünüş) ➔

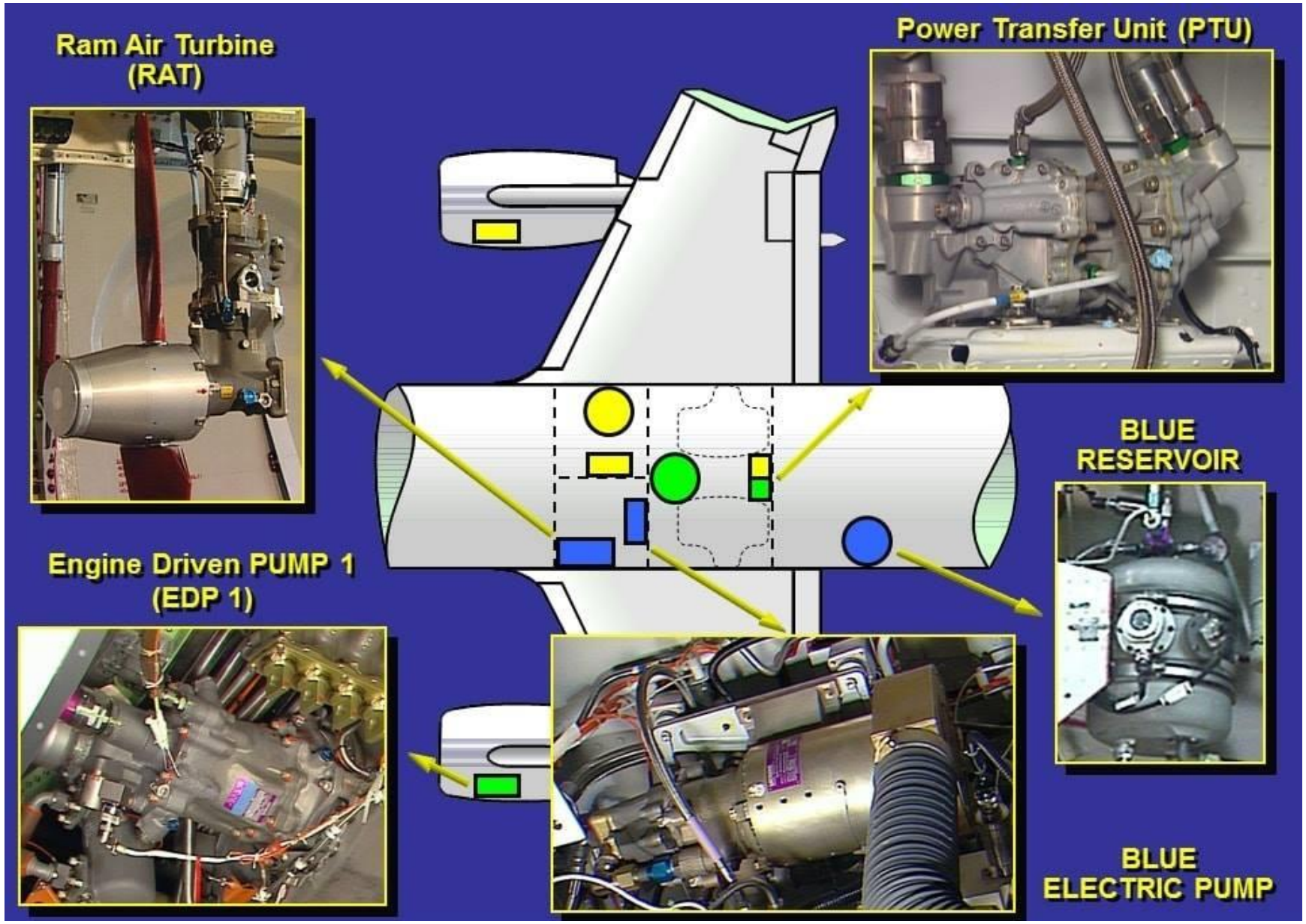


Kaynak: Ian Rosewarne_A320_EDP-ACMP_H205.pdf

Uçaklarda Hidrolik Sistem

A320 ailesinde üç bağımsız hidrolik sistem bulunur:

- Yeşil (*green*)
- Sarı (*yellow*)
- Mavi (*blue*)



Uçaklarda Hidrolik Sistem / *A320 Örneği*

- Normal sistem çalışma basıncı 3000 psi'dir.
- Hidrolik sıvı bir sistemden diğerine aktarılamaz.
- Her sistemin, pompa kavitasyonunu önlemek için **hava ile basınçlandırılan kendi hidrolik deposu** vardır.
- Yeşil ve sarı hidrolik sistemlerin her biri motor tahrikli bir pompa (EDP 1 ve EDP 2) tarafından basınçlandırılır.
- Sarı hidrolik sistem aynı zamanda elektrikli bir pompayla da basınçlandırılabilir. Esas olarak yerde bakım işlemleri ve kargo kapısı operasyonları için kullanılır.
- Güç Aktarma Ünitesi (PTU), yeşil sistemin sarı sistem tarafından (veya tersi) basınçlandırılmasını sağlar. Hidrolik gücü aktarır ancak hidrolik sıvıyı aktarmaz.
- Mavi hidrolik sistem elektrikli bir pompayla basınçlandırılır. Elektrikli pompa, hidrolik sistem ana pompasıdır. Motorun ilk çalıştırılmasıyla birlikte çalışmaya başlar.
- Mavi ve sarı pompalar tamamen birbirinin yerine kullanılabilir

Uçaklarda Hidrolik Sistem

A320 Örneği

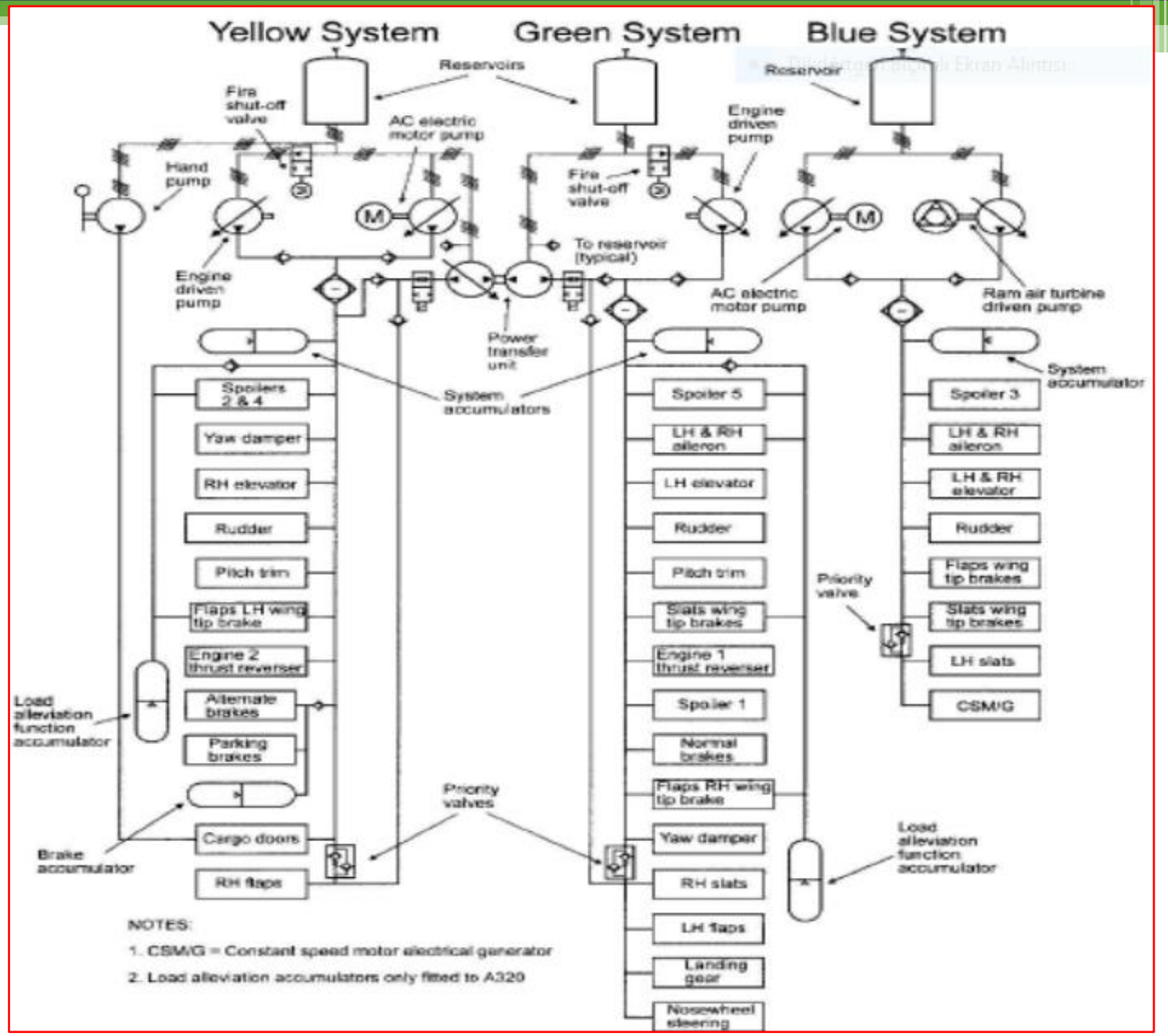
Hidrolik Devre Şeması

- Sarı Sistem:

(Yellow system – ground support/maintenance operations)

- Mavi Sistem

(Blue system – continuously running)



Hidrolik Sistemler

POMPALARDA KAVİTASYON

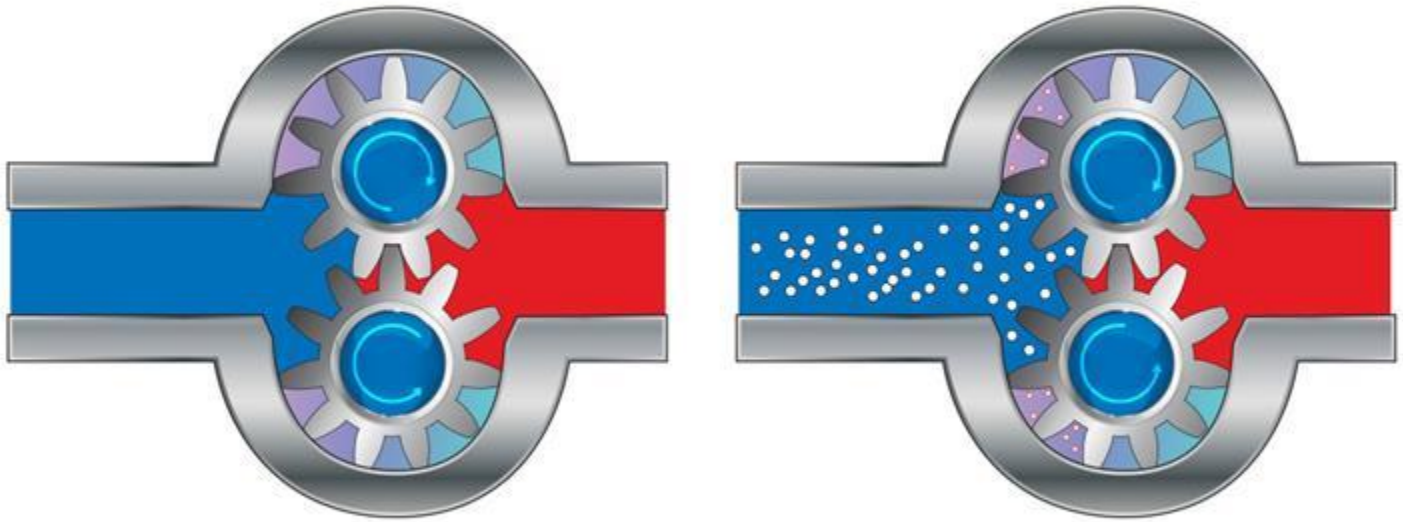
Pompalarda Kavitasyon

- Bir sıvı transfer edilirken meydana gelen basınç kayıpları, ortamdaki basıncın, sıvının buhar basıncının altındaki bir değere ulaşmasına sebep oluyorsa faz değişimi (sıvıdan gaza) yaşanır ve sıvı içerisinde gaz baloncukları meydana gelir.
- Sistem basıncı tekrar yükseldiğinde, gaz baloncukları sıvı faza döner.

Pompalarda Kavitasyon

- *Örnek Görsel*:

Pompa emiş hattında gaz kabarcıklarının oluşması



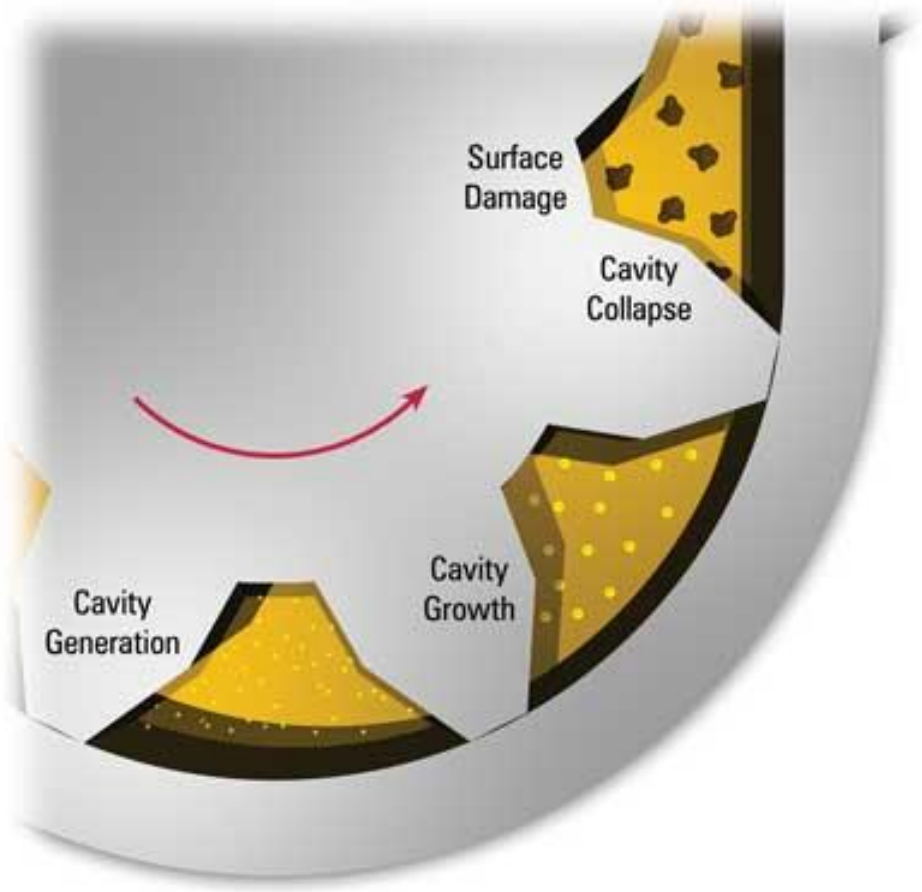
Pompalarda Kavitasyon

- ***Kavitasyon*** olarak adlandırılan bu durumda gazın tekrar sıvı faza geçmesi esnasında gerçekleşen ani hacim kaybı, darbe ve vuruntuya sebep olarak, pompa gövdesi içi ve pompa çark yüzeylerinden parçacıkların kopmasına ve mekanik tahribata (parçacık erozyonu, aşınma) neden olur.
- Bu esnada aşırı ses ve titreşim (gürültü) gözlemlenir.

Pompalarda Kavitasyon

- *Örnek Görsel*:

Dişli pompa kanatçıklarında kavitasyonun seyri



Pompalarda Kavitasyon

- Düşük sıcaklıktaki sıvılarda kavitasyon yaşanma ihtimali daha yüksektir. Örnek olarak gemi pervaneleri verilebilir. Pervane kanatlarının arka (emme) kısmında oluşan yüksek basınç kayıpları, görece düşük sıcaklıklardaki suyun (deniz, akarsu, göl) bile buhar fazına geçmesine neden olur.
- Pervanenin yüksek basınçlı olan kanat ön kısmına (basma) hareket eden baloncuklar, burada tekrar sıvı fazına geçerken kavitasyona sebep olur. Pervane kanatçıklarında parçacık erozyonu oluştururlar.

Kavitasyon

- *Örnek Video*:

Denizaltı pervanesinde kavitasyon

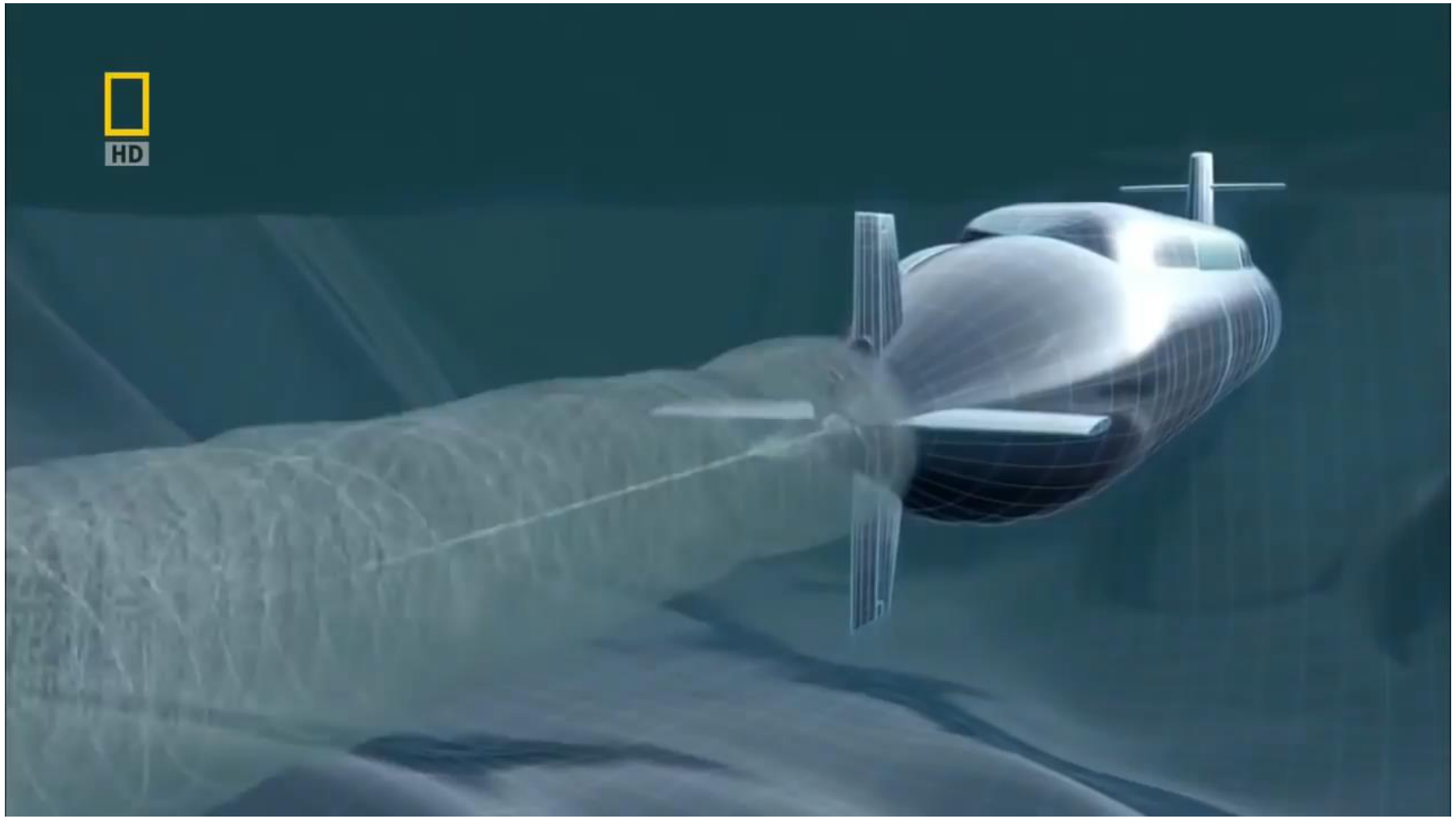
https://www.youtube.com/watch?v=ON_irzFAU9c

(00:00 – 03:03)

Cavitation! explained HD

Kavitasyon

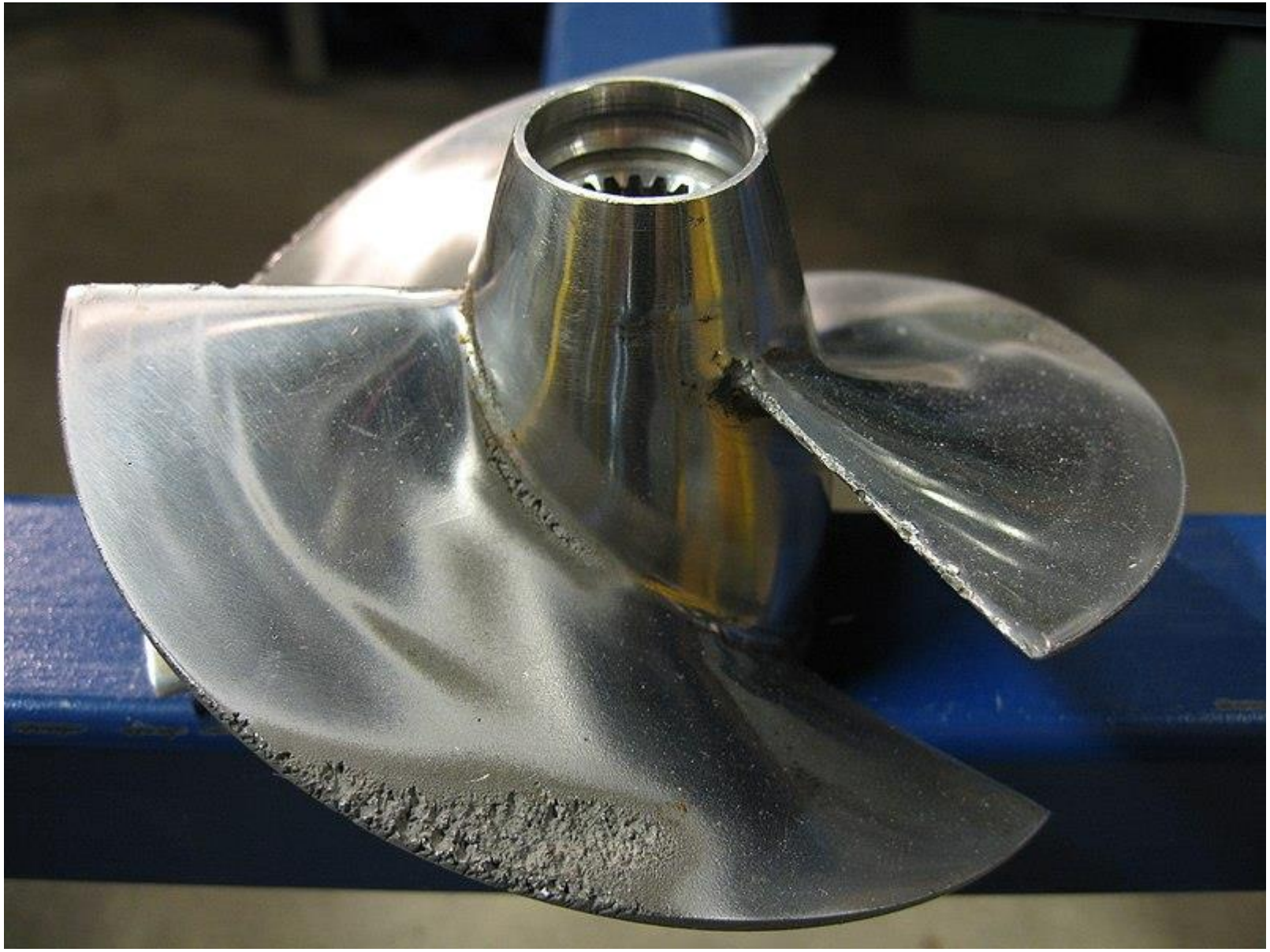
- *Örnek Video*: Denizaltı pervanesinde kavitasyon



Kavitasyon

- *Örnek Görsel*:

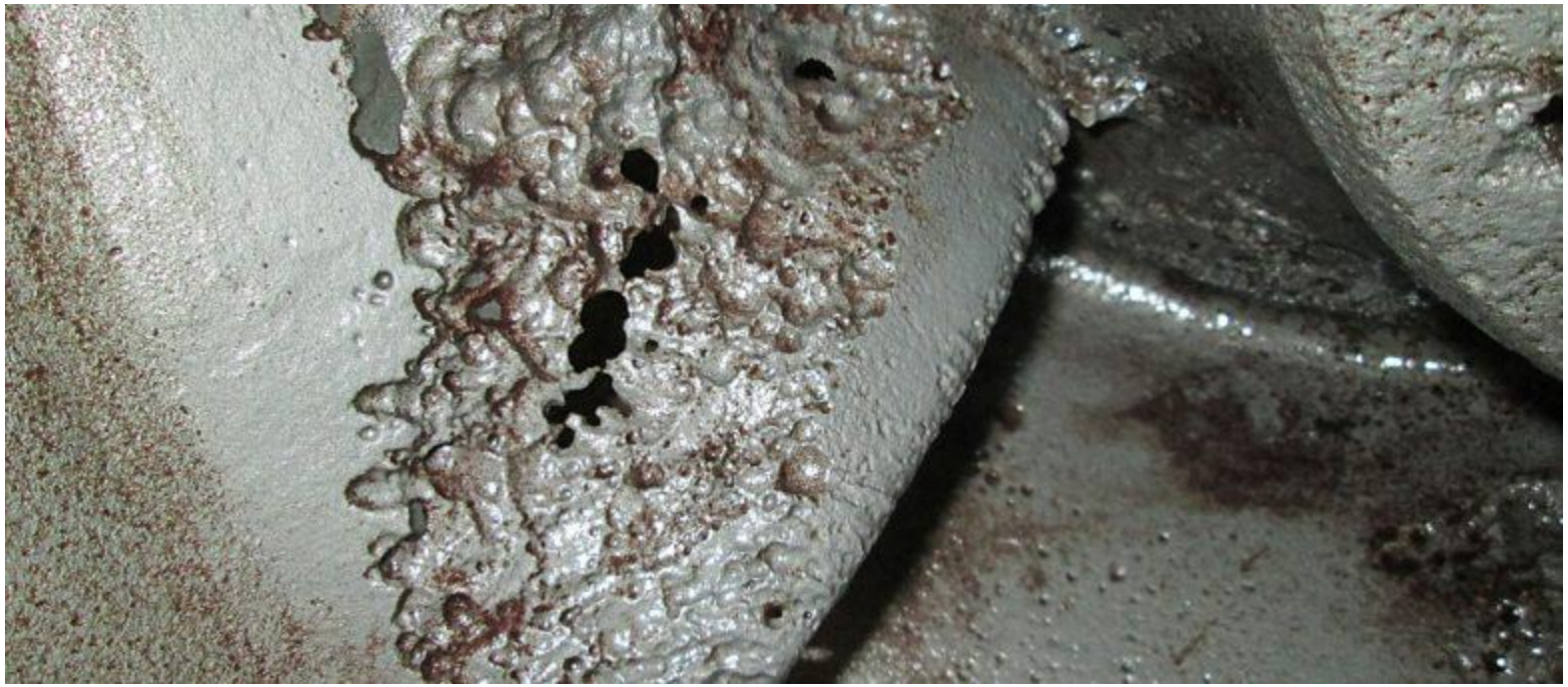
Pervanede kavitasyon nedeniyle oluşan hasar



Kavitasyon

- *Örnek Görsel*:

Pervanede kanatlarında kavitasyon aşınması ve erozyonu



Pompalarda Kavitasyon

- *Örnek Görsel*:

Pompa kanatlarında kavitasyon hasarı

Pompalarda Kavitasyon

- *Örnek Görsel*:

Pompa rotorlarında kavitasyon hasarı

Pompalarda Kavitasyon

- Kavitasyona uğrayan bir pompada mekanik ve yüksek bir ses duyulur. Pompa fan kanatçıklarında, gövde ve kapağın yüksek basınç kısımlarında parçacık erozyonuna bağlı yıpranmalar yaşanır. Pompa fanındaki yıpranmalar balans (dengesizlik) problemlerini tetikler. Aşırı titreşim, mekanik salmastra ve rulman (döner elemanlı yatak) arızalarını beraberinde getirir. Pompa, etiket değerindeki performans değerlerinden daha düşük noktalarda çalışır.
- ***Kavitasyon*** problemi ile karşılaşmamak için sistemin ***NPSH*** (***Net Positive Suction Head*** - Net Pozitif Emme Yüksekliği) değeri doğru hesaplanmalıdır.

Kavitasyon

- *Örnek Video*:

Pompa sistemlerinde kavitasyonun nedenleri

https://www.youtube.com/watch?v=iau3DuphVqY

(00:00 – 04:46)

Pump cavitation explained

Pompalarda Kavitasyon

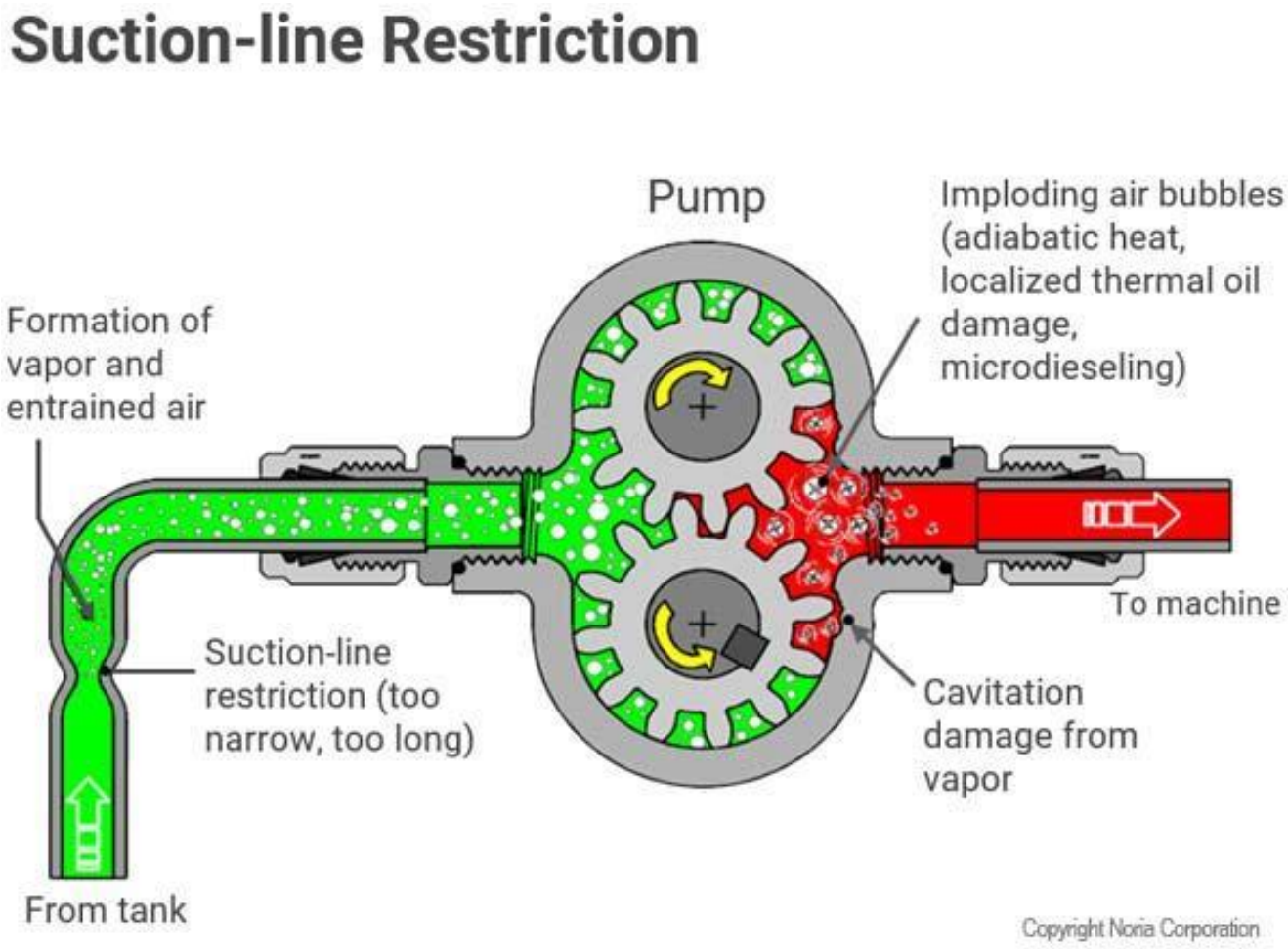
- *Örnek Video*: Pompa sistemlerinde kavitasyon

Kavitasyon Sebepleri:

- Hidrolik sistem elemanlarının birbirine göre konumları
  - Pompa ve tank arasındaki mesafenin gereğinden uzun olması (***mesafe***)
  - Pompanın tanka göre fazla yüksekte konumlandırılması (***yükseklik***)
- Pompaya giren sıvı miktarının yetersiz olması
  - Pompa ile tank arasında kirli filtre
  - Pompa ile tank arasındaki boru hattında tıkanma veya daralma
- Hidrolik sıvısına hava karışması
  - Tanktaki sıvı miktarının düşük olması
  - Sistemdeki conta ve salmastralardan içeri hava sızması

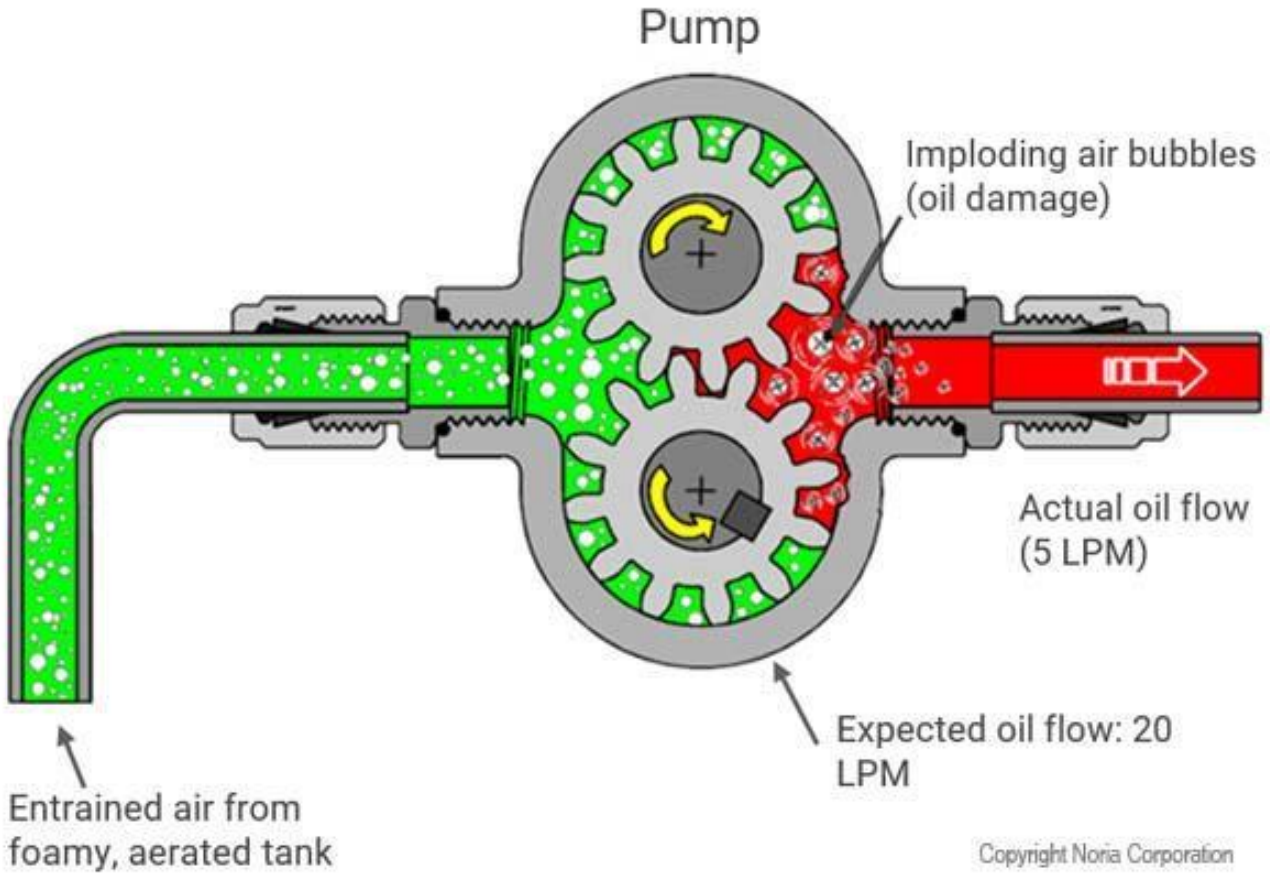
Kavitasyon Sebepleri

- Pompa emme hattındaki çeşitli engeller



Kavitasyon Sebepleri

- Hidrolik tanka ve devreye hava girmesi



Hidrolik Sistemler

POMPALARDA VERİM

Pompalar

- Pompalarda Hacimsel Verim

Teorik olarak, pozitif yer değiştirmeli pompalar, her pompa mili devrine karşılık, pompanın geometrik hacmine eşit miktarda hidrolik akışkanın yer değiştirmesini sağlarlar ve bu nedenle bunların akış çıkışı (debisi) pompa milinin hızı ile doğru orantılıdır. Bununla beraber, gerçek çıkış, dâhili kaçaklar ve "kaymalar" nedeniyle, teorik debiden daha düşüktür. Hidrolik sistemdeki basınç arttığında, aralık boşluklarından ve keçelerden sızan dâhili kaçaklar da artar ve bunun sonucunda hacimsel verim azalır ($\eta_{Hacimsel}$).

Temel Kavramlar / Mil Gücü

MİL GÜCÜ : P_{mil}

Pompa miline tahrik elemanının(motor, türbin, vb.) aktardığı faydalı gücü temsil eder.

$$P_{mil} = M \cdot \omega \quad [W]$$

M : Pompa milinin momenti [N.m]

ω : Milin açısal hızı [1/s]

Temel Kavramlar / Verim

- **Pompa Toplam Verimi**

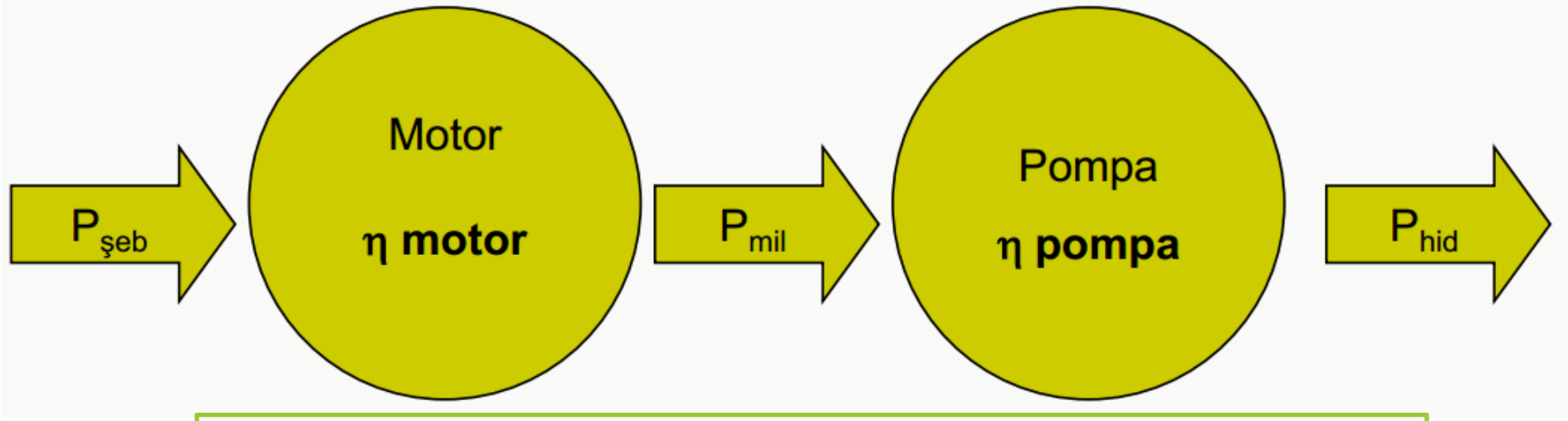
POMPA VERİMİ : η (η_{Toplam} ; η_T ; η_{Pompa})

Pompanın miline gelen güç ile pompanın sıvıya aktardığı faydalı gücün oranıdır.

$$\eta = P_{hid} / P_{mil}$$

Temel Kavramlar / Toplam Verim (Sistemin Verimi)

- **Bir sistemdeki toplam verimin hesaplanması**:



$$\frac{P_{hid}}{P_{mil}} \cdot \frac{P_{mil}}{P_{şeb}} = \eta_{pom} \cdot \eta_{mot} = \eta_{sis}$$

Pompa Verimi

- Pozitif Deplasmanlı Pompalarda Verim

Teorik olarak pozitif yer değiştirmeli pompalar, her pompa mili devrine karşılık, pompanın geometrik hacmine eşit miktarda hidrolik akışkanın yer değiştirmesini sağlarlar. Bu nedenle pompaların debileri pompa milinin devir hızı ile doğru orantılıdır.

$$Q_T = \frac{V_g \cdot n}{1000}$$

Q_T = Teorik debi (lt/dak)
V_g = Pompanın bir devirde basığı yağ (Geometrik hacmi) (cm^3/dev)
n = Motorun dönüş hızı (dev/dak)

Dahili kaçaklar ve kaymalar nedeniyle gerçek debi, teorik debiden daha düşüktür. Hidrolik sitemdeki basınç arttığında aralık boşluklarından ve keçelerden sızan dahili kaçaklarda artar ve bunun sonucu hacimsel verim azalır. *Hacimsel verim* kaçak miktarını gösterir.

$$\eta_H = \frac{Q_G}{Q_T}$$

η_H = Hacimsel verim
Q_G = Gerçek debi (lt/dak)
Q_T = Teorik debi (lt/dak)

Pompa Verimi

- Hacimsel Verim
- Toplam Verim

POMPALARDA HACİMSEL VERİM

- Dişli pompaların hacimsel verimleri yaklaşık % 85–96
- Kanatlı pompaların hacimsel verimleri % 85–93
- Pistonlu pompaların ise hacimsel verimleri % 95-98'dir.

POMPALARDA TOPLAM VERİM

Hidrolik pompalarda, mekanik enerjiden hidrolik enerjiye dönüşüm esnasında bir miktar enerji kaybı oluşur. Bu kayıp, çıkıştaki hidrolik gücün, girişteki mekanik güce oranı olan *toplam verim* ile belirlenir.

$$\eta_T = \frac{N_Ç}{N_G}$$

η_T = Toplam verim

$N_Ç$ = Çıkış gücü (Hidrolik güç) (kW)

N_G = Giriş gücü (Mekanik güç) (kW)

Pompa Verimi

- Toplam Verim

$$Nç = \frac{P \cdot Q}{600}$$

$N_Ç$ = Hidrolik çıkış gücü (kw)
P = Max. Pompa basıncı (bar)
Q = Teorik debi (lt/dak)

Elektrik motoru ile tahrik edilen sistemlerde giriş gücü elektrik motor gücüne eşittir. Yukarıdaki ifade toplam verim formülünde yerine konulduğunda gerekli olan *elektrik motorunun* gücü bulunur.

$$N_G = \frac{P \cdot Q}{600 \cdot \eta_T}$$

N_G = Elektrik motor gücü (kW)
P = Max. Pompa basıncı (bar)
Q = Teorik debi (lt/dak)
η_T = Toplam verim

Pompa Verimi

- Mekanik Verim

Toplam verimin, hacimsel verime oranı *mekanik verim* olarak adlandırılır.

$$\eta_M = \frac{\eta_T}{\eta_H}$$

$\eta_{Toplam} = \eta_{Mekanik} * \eta_{Hacimsel}$

η_M = Mekanik verim

η_T = Toplam verim

η_H = Hacimsel verim

Pompalar

- Pompalarda Hacimsel Verim (η_H)

Dişli pompaların hacimsel verimleri yaklaşık % 85–96, kanatlı pompaların % 85–93 ve en yüksek verime sahip olan pistonlu pompaların ise % 95-98'dir.

$$\text{Hacimsel verim } (\eta_H) = \frac{\text{Gerçek debi } (Q_G) \times 100}{\text{Teorik debi } (Q_T)} \quad (\%)$$

Pompalar

- Pompanın Toplam Verimi

Hacimsel verim (η_H) belirli düzeyde dakikada devir sayısı (dev/dak.) ve basınç değeri (p) için dâhili kaçak oranını tayin eder. Bütün pompaların, hareket eden iç parçalarının yağlanması için bir dâhili akışkana gereksinim vardır. Toplam verim aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{Toplam verim } (\eta_T) = \frac{\text{Çıkış gücü (}N_Ç\text{) x 100}}{\text{Giriş gücü (}N_G\text{)}} \quad (\%)$$

Pompalar

- Pompa Giriş Gücü

Toplam verim (η_T), pompa hesaplamalarında sıkça kullanılan bir terimdir ve hacimsel verim (η_T) ile mekanik verimden ($\eta_{Mekanik}$) oluşur (Mekanik verim, sürtünme kayıplarını yansıtır; $\eta_{Toplam} = \eta_{Mekanik} * \eta_{Hacimsel}$). Çoğunlukla yüzde olarak ifade edilen toplam verimin hesaplanması için formül:

Pompa giriş gücünün (N_G) hesaplanması için toplam verimi içeren formül:

$$\text{Giriş gücü (W)} = \frac{\text{Basınç x Debi x 100}}{\text{Verim}}$$

(N_G)

$$(N_G) = \frac{P \times Q_T \times 100}{\eta_T}$$

Pompalar

- Pompa Verimi: Debi – Hacimsel Verim İlişkisi

  Pompa gerçek debisinin (Q_G) hesaplanması için hacimsel verimi içeren formül:

(deplasman: V_g)

$$\text{Debi} = \frac{\text{Devir x Yer değiştirme x Hacimsel verim}}{100}$$

$$Q_G = \frac{n \times V_g \times \eta_H}{100}$$

Hidrolik Sistem

- Pompa ve Akışkan Uyumu

Pompa ve akışkanın birbirine uyum sağlayabilmesi, kullanılan akışkanın viskozitesine (akıcılığına) bağlıdır.

Pompanın verimli ve uyumlu çalışabilmesi için akışkanda aranan özellikler şunlardır:

- Pompada kullanılan akışkanın film dayanıklılığı (yapışkanlık özelliği) istenilen değerlerde olmalıdır.
- Sistemde yeterli soğutmayı sağlayabilmelidir.
- Sistemde meydana gelebilecek basınçlara karşı dayanıklı olmalıdır.
- Uzun süre özelliklerini yitirmeden çalışabilmelidir.
- Viskozitesi uygun olmalıdır.

Hidrolik Sistem

- Pompa Çalışma Şartları

Bir pompanın çalışmakta olduğu yerin deniz seviyesinden yüksekliğinin o pompanın debisi ve başarımı üzerinde kesin bir etkisi vardır. Yüksek irtifada düşük değerdeki hava basıncı nedeniyle, pompa için, yararlanılabilir emme derinliği daha azdır, ya da emme yüksekliğinden daha az yararlanılabilir.

Pompalanmakta olan sıvının sıcaklığı bir pompanın seçiminde belirleyici bir diğer etkendir. Düşük sıcaklıklarda pompalanan sıvılar, aynı akışkanların yüksek sıcaklıklarda göstereceği pompa debisinden daha farklı pompa debisi gösterecektir. Sıvının sıcaklığı ve viskozitesine ilâveten, sıvı maddenin özgül ağırlığı da önemlidir. Pompalanmakta olan sıvı maddenin özgül ağırlığı ve sıcaklığı, net pozitif emme yüksekliği üzerinde doğrudan etkili olur.

Hidrolik Sistem

- Pompa Seçimi

Özel bir uygulama için bir pompa seçmek her ne kadar sizin göreviniz olmayabilirse de, bir pompa seçimi yaparken dikkate alınması gereken bazı şeyleri bilmek yararlı olacaktır. Emme derinliği ya da toplam dinamik yüksekliğin yanı sıra bu mecburiyetlerden bir tanesi de pompanın debisidir. Normal olarak, debi dakikada litre ya da saniyede metre küp cinsinden verilir.

Bir pompanın hızı, o pompanın debisini ve emme derinliği yeteneğini belirleyen bir diğer faktördür. Verilen bir hızda pompa debisini belirlememize yardımcı olmak üzere imalâtçının debi tablolarını kullanma ihtiyacını hissedeceksiniz.

Hidrolik sistemlerde pompa seçimi yapılırken sistemin ihtiyaçlarına cevap veren pompalar seçilmelidir.

Hidrolik Sistem

- Pompa Seçimi

Hidrolik pompa seçimi yapılırken dikkat edilecek noktalar şunlardır:

- Pompanın gücünün yeterli olması,
- Pompanın debisinin yeterli olması,
- Pompanın çalışma basıncı,
- Pompanın devir sayısı ve dönüş yönü,
- Çalışma ortamı sıcaklığının uygunluğu,
- Gürültüsüz çalışması,
- Boyutlarının az yer kaplaması,
- Ekonomik olup olmadığı,
- Bakım, onarım ve montajının kolay olması gerekmektedir.

Kaynaklar: (web)

- http://web.hitit.edu.tr/seyfisevik/dersmateryalleri/21417 Doç. Dr. Seyfi Şevik – Ders Notları (Hitit Üniversitesi)
- https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=771 Prof. Dr. Metin Güner – Açık Ders Malzemeleri (Ankara Üniversitesi)
- http://aves.akdeniz.edu.tr/dkarayel/dokumanlar Prof. Dr. Davut Karayel – Ders Notları (Akdeniz Üniversitesi)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Variable_displacement_pump
- https://en.wikipedia.org/wiki/Axial_piston_pump
- https://en.wikipedia.org/wiki/Pump#Positive-displacement_pumps
- https://www.aesseal.com/tr/resources/academy/mekanik-salmastra-nedir

Kaynaklar: (MEGEP)

- **Hidrolik Devreler / MEGEP (.pdf)***
- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hidrolik%20Devreler.pdf

- **Pnömatik Devreler / MEGEP (.pdf)***
- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pn%C3%B6matik%20Devreler.pdf

- **Hidrolik Sistemler / MEGEP (.pdf)***
- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hidrolik%20Sistemler.pdf

- **Pnömatik Sistemler / MEGEP (.pdf)***
- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pn%C3%B6matik%20Sistemler.pdf

- **Pompalar / MEGEP (.pdf)***
- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pompalar.pdf

- **Kompresörler / MEGEP (.pdf)***
- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kompres%C3%B6rler.pdf

*(Tavsiye niteliğindedir)