# Okan Üniversitesi MYO

# MMAK212
# HİDROLİK ve PNÖMATİK SİSTEMLER

Ders Yürütücüsü:
Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 3

# MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

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

Web adresinden de indirebilirsiniz.

# MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

## TEMEL KAVRAMLAR

# MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

## TEMEL KAVRAMLAR

**Güç İletimi**

**Hidrostatik**

**Hidrodinamik**

**Basınç Kayıpları**

# HİDROLİK GÜÇ

- İş kavramı, zaman faktörünü içermez. Örneğin, bir cismi A noktasından B noktasına 8 saniyede götüren hidrolik silindirin yaptığı iş ile cismi yalnızca 2 saniyede A noktasından B noktasına götüren iş aynıdır. Ancak 2 saniyede yapılan **işin performansı**, açık olarak daha büyüktür.
- Performans farklarının açıklanması için gücün tanımının yapılması gerekir.
- Güç, birim zamanda yapılan iştir. Bir başka ifadeyle güç, enerjinin işe dönüşüm veya aktarım oranıdır. Birimi J/s=W (watt) dır.

**Hidrolik Güç = Basınç . Debi**

# HİDROLİK GÜÇ / Örnek Hesaplama

- İş yapmak veya gücü kullanmak için enerji tüketilmelidir.
- Enerjinin korunumu yasasına göre enerji ancak biçim değiştirebilir.
- Enerji kW-h birimi ile ölçülür.

**Örnek:**

Bir hidrolik pompanın debisi 12 L/min'dir (litre/dakika). Basıncı 200 Bar ise;

a) Hidrolik gücü hesaplayınız.

b) Pompanın toplam verimi %60 olacak şekilde pompayı çalıştırmak için nasıl bir elektrik motoru gereklidir?

# HİDROLİK GÜÇ / Örnek Hesaplama

**Çözüm:**

Hidrolik güç (kW):

$$N_h = \frac{Q(L/\min).P(bar)}{600} = (\ kW\ )$$

# HİDROLİK GÜÇ / Örnek Hesaplama

**Çözüm:** Hidrolik pompanın debisi 12 L/min, Basıncı 200 Bar ise;

Hidrolik güç(kW): $$N_h = \frac{Q(L/\min).P(bar)}{600} = \frac{12.200}{600} = 4\ kW$$

Pompa toplam verimi = $$\eta_p = \frac{çikis\ gücü}{giriş\ gücü}$$

# HİDROLİK GÜÇ / Örnek Hesaplama

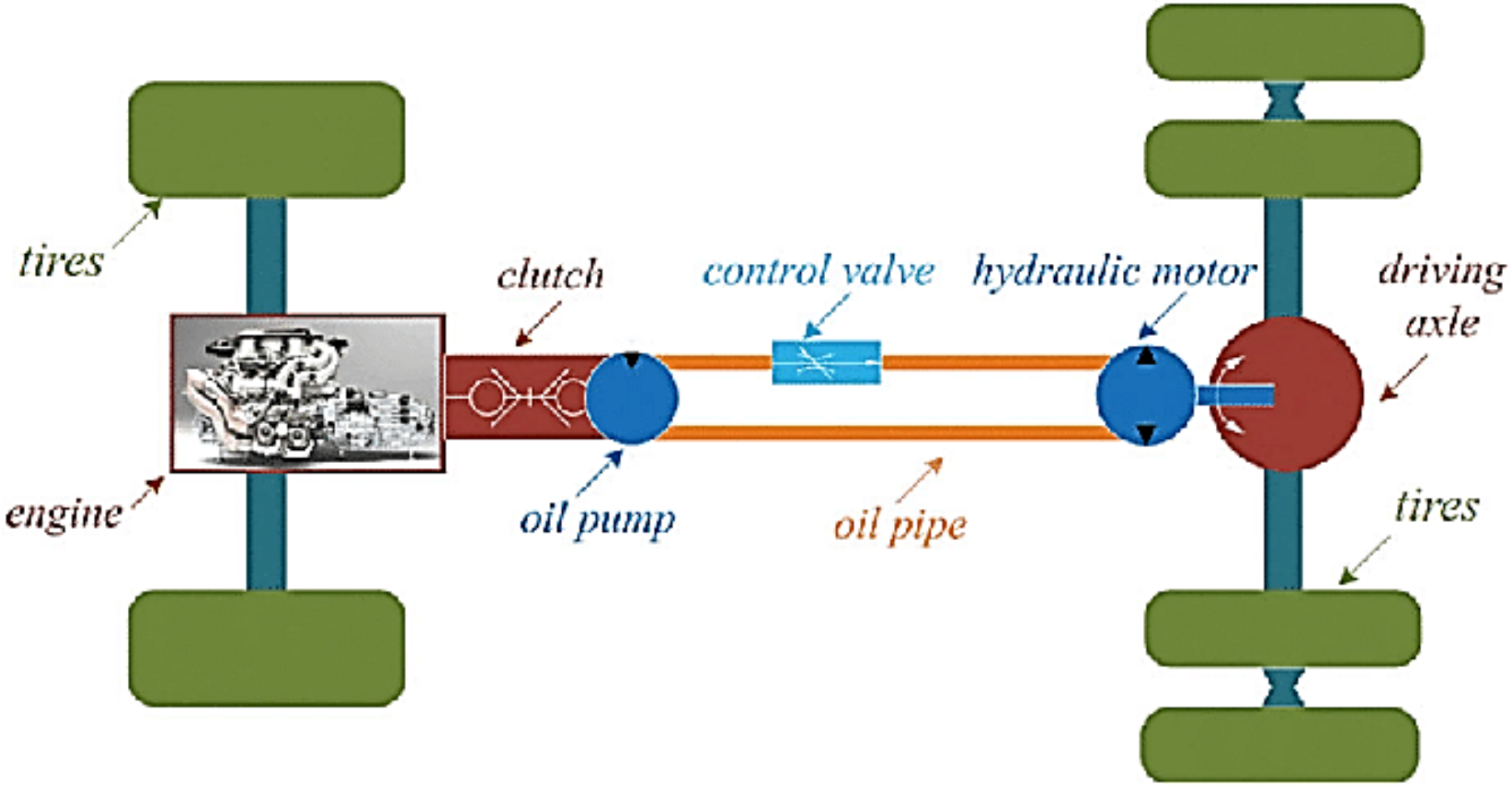
**Çözüm:** Elektrik motoru giriş gücü

$$Elektrik\ Motorunun\ giriş\ gücü = \frac{4\ kW}{0{,}60} = 6{,}67\ kW$$

# Hidrolik Sistemler

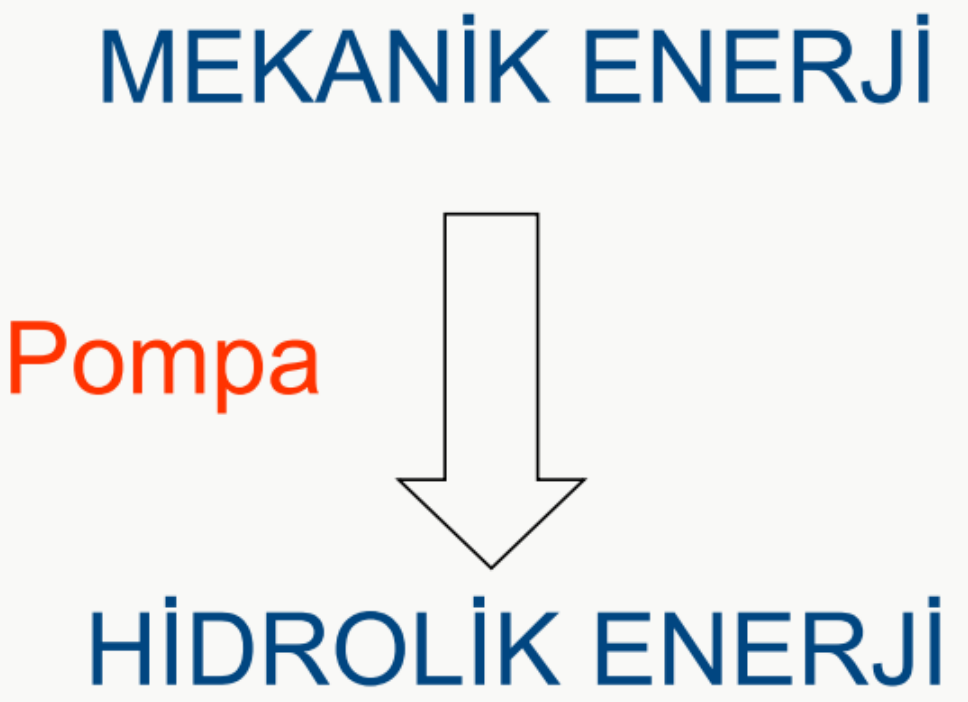
## GÜÇ İLETİMİ

# TEMEL HİDROLİK SİSTEM




***Örnek Görsel***: Motorlu bir taşıtta motordan arka aksa güç iletimi

# Temel Kavramlar – Enerji

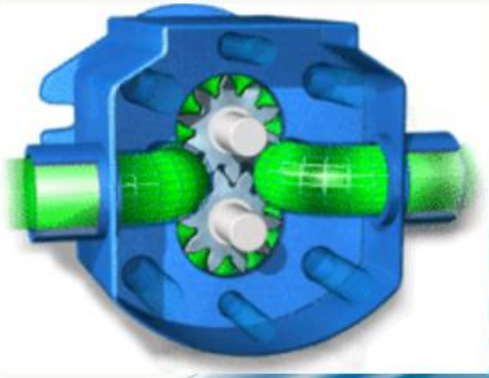



- Mekanik Enerji Kaynaklarımız..
  - Elektrik motoru
  - İçten yanmalı motor (benzin, dizel, gaz, vs.)
  - Türbin

# Temel Kavramlar – Enerji

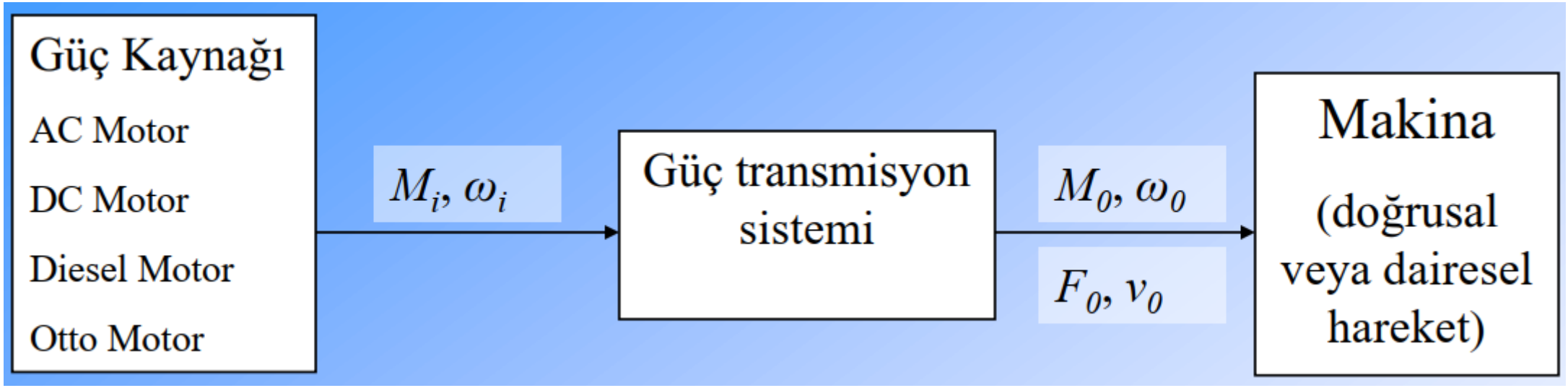
- Pompalar mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştüren elemanlardır.
- İki temel sınıfa ayrılır:
  - **Dinamik** / santrifüj (rotodinamik)
  - **Volümetrik** / hacimsel (pozitif deplasmanlı)

- Enerji Dönüşümü;
  - Öteleme Hareketi : Hacimsel
  - Merkezkaç/Dönme(Vorteks) : Rotodinamik



# Güç İletimi

## Güç Akışı



# Güç İletimi

Mekanik güç transmisyon üniteleri:

- Dişli
- Kayış-kasnak
- Zincir mekanizması
- Sürtünmeli (kavrama)
- Mil, şaft
- …vb.

✓**Hidrolik Güç İletimi**

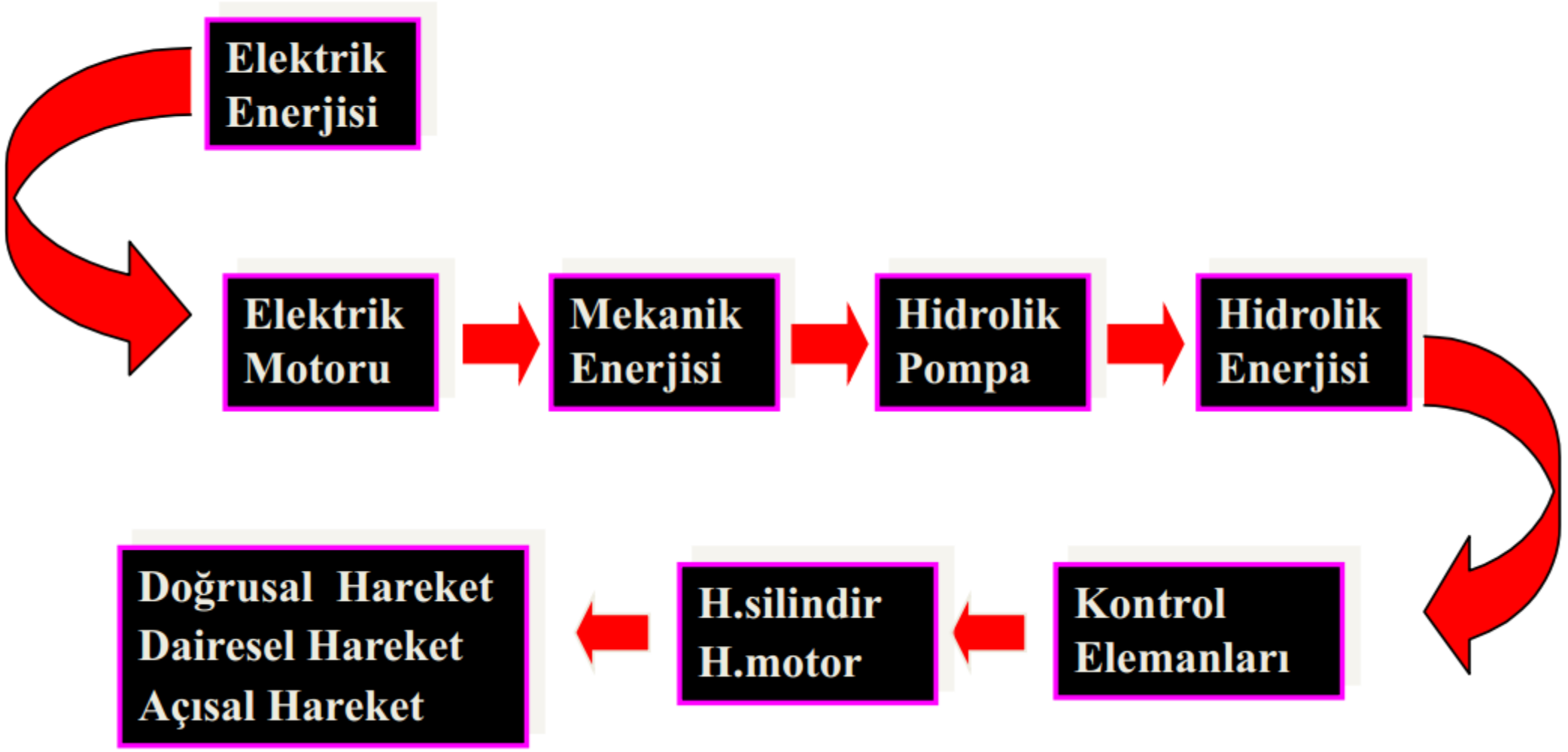
# Güç İletimi

Mekanik Sistemlerin Özellikleri:

- Sürekli değişken (kademesiz) güç aktarımı zordur (güç aktarımı esnasında hız değiştirilemez).
- Güç kaynağının makinaya göre konumu sabittir.
- Elektrik motorlarında güç aktarımı sırasında hız değiştirilebilir fakat maliyet yüksektir.

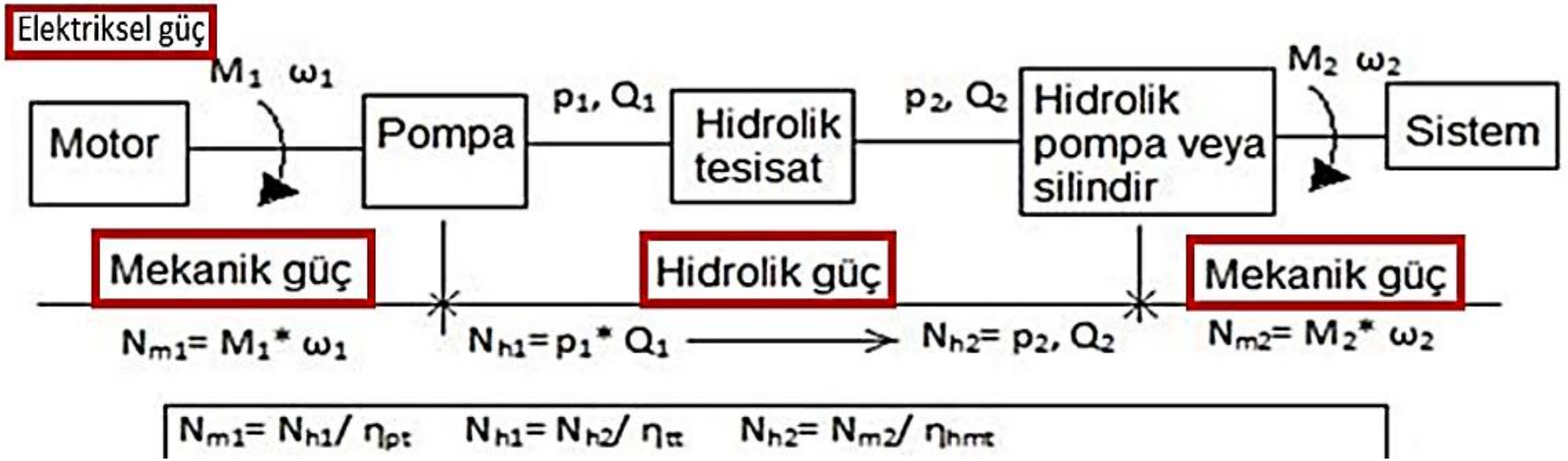
✓**Hidrolik Sistemler ile bu dezavantajlar giderilebilir.**

# Hidrolikte Güç İletimi



# Hidrolikle Güç İletiminin Temeli

Bir güç kaynağından sağlanan mekanik gücün hidrolik güce dönüştürülerek kullanım noktasına iletilmesi ve burada hidrolik hareketlendiriciler tarafından tekrar mekanik güce dönüştürülerek kullanılmasıdır.




$$\eta_{pt} = \frac{N_{h1}}{N_{m1}} \qquad \eta_{tt} = \frac{N_{h2}}{N_{h1}} \qquad \eta_{hmt} = \frac{N_{m2}}{N_{h2}}$$

# Hidrolikle Güç İletiminin Temeli

$N_{m1}=N_{h1}/\eta_{pt}$ $N_{h1}=N_{h2}/\eta_{tt}$ $N_{h2}=N_{m2}/\eta_{hmt}$

$\eta_{pt}$ : Pompanın toplam verimi
$\eta_{tt}$ : Hidrolik tesisatın toplam verimi
$\eta_{hmt}$ : Hidrolik hareketlendiricinin (*actuator*) toplam verimi

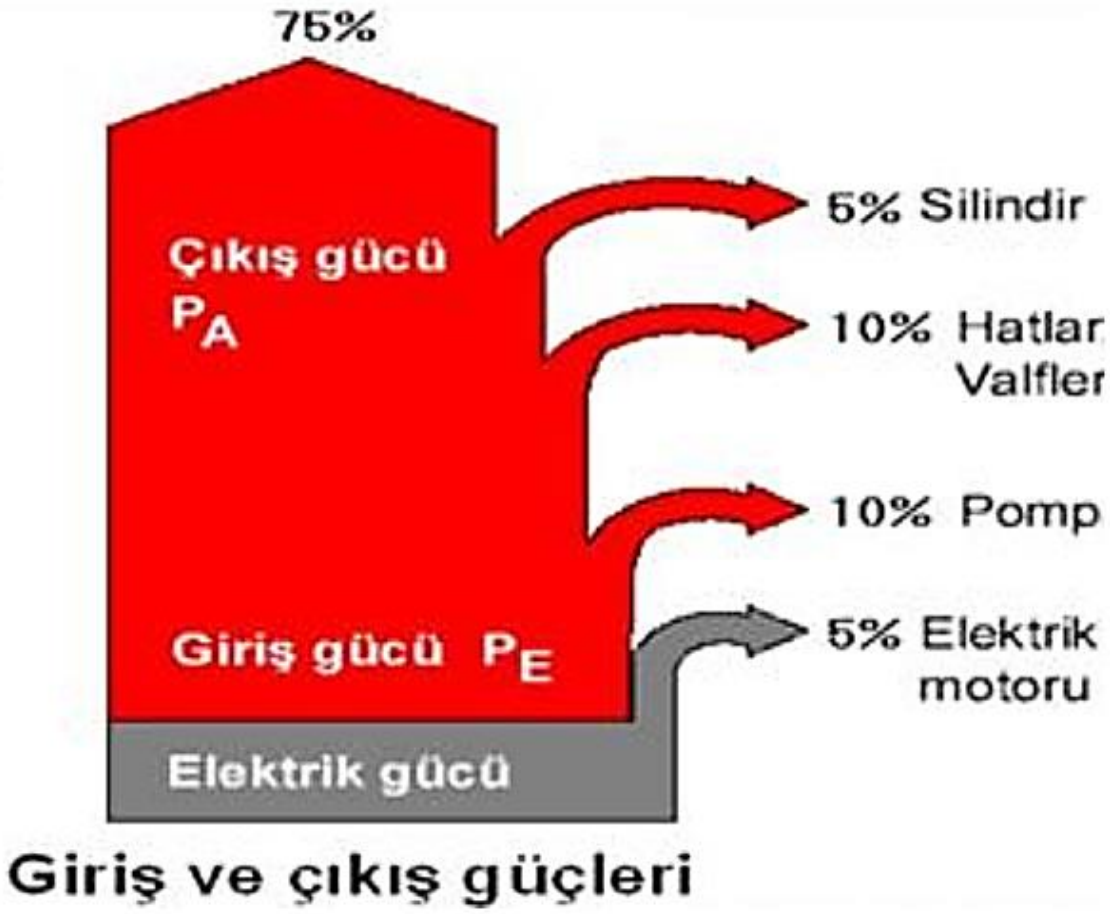
- Not: Hidrolik ekipmanlarda toplam verim akış kayıplarının bir göstergesi olan volümetrik verim ve mekanik sürtünme kayıplarının bir göstergesi olan mekanik verimlerin birleştirilmesi ile hesaplanmaktadır.

**Toplam Verim = Volümetrik Verim + Mekanik Verim**

# Hidrolik Sistemdeki Enerjinin Çeşitleri

- **Elektrik enerjisi** - pompanın motorunu çalıştırmak için kullanılır. Girdi.
- **Hidrolik enerji** - pompa tarafından üretilir.
- **Kinetik enerji** - hidrolik akışkanın bir pistonu hareket ettirmesi ile üretilir.
- **Potansiyel enerji** - pistonun bir nesneyi bulunduğu seviyeden daha yukarı çıkarması ile üretilir.
- **Isı enerjisi** - pompa motorundaki, pompadaki, pistondaki ve hidrolik akışkanın içindeki sürtünme tarafından üretilir. Kayıp.

# Hidrolik Sistemdeki Enerji Kayıpları




Giriş ve çıkış güçleri

- **Çıkış Gücü** - %70-75 (yaklaşık)
- **Silindir** - %5 kayıp
- **Hatlar ve Valfler** - %10 kayıp
- **Pompa** - %10 kayıp
- **Elektrik Motoru** - %5 kayıp

# Hidrolik Sistemde Enerji Tüketimi

- Akışkanın pompalanması için gerekli güç aşağıdaki şekilde saptanır:

$$W = P.Q.\eta$$

**P = Basınç (Pa)** **Q = Debi ($m^3/s$)** **$\eta$ = verim (%)**

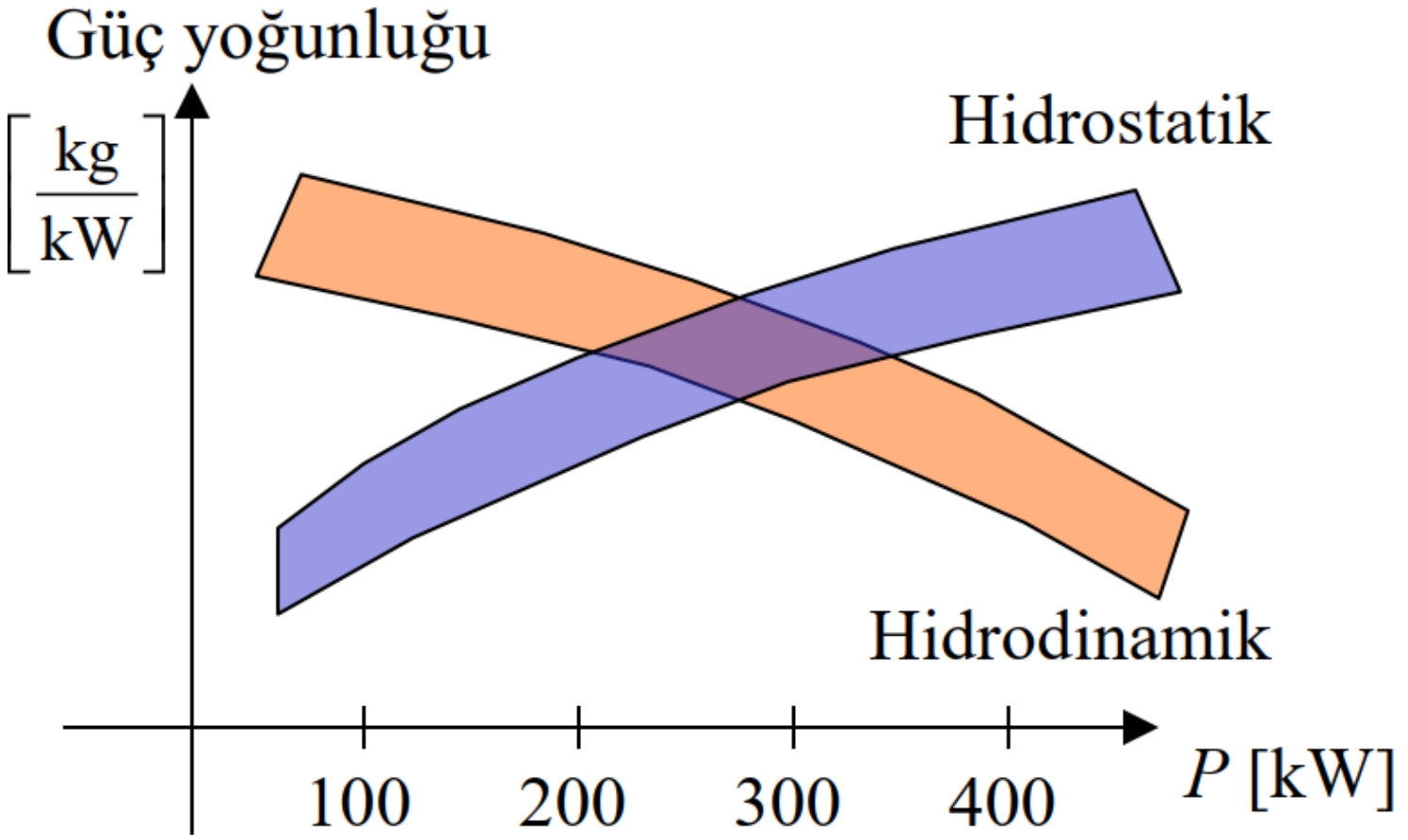
# Hidrolik Sistemler

## HİDRODİNAMİK ve HİDROSTATİK

# Hidrostatik ve Hidrodinamik

Yüksek $Q$ *(debi)*, düşük $\Delta p \rightarrow$
**hidrodinamik** transmisyon

Yüksek $\Delta p$, düşük $Q \rightarrow$
**hidrostatik** transmisyon.




- Hidrostatik ve Hidrodinamik güç iletiminin karşılaştırılması

# Hidrostatik ve Hidrodinamik

- Genellikle 300 kW'dan büyük güç iletiminde hidrodinamik sistemler tercih edilir. (Büyük debi , küçük basınç farkı) $Q \uparrow, P \downarrow$
- Hassas işlem gerektiren düşük güçlü sistemlerde de hidrodinamik sistemler tercih edilir.

- Yüksek güçlere karşı yapılan doğrusal hareketlerde hidrostatik sistemler tercih edilir. (Küçük debi , büyük basınç farkı) $Q \downarrow, P \uparrow$
- Doğrusal hareketlerde ve belirli bir konumda durması gereken sistemlerde hidrostatik sistemler tercih edilir.

# Hidrodinamik

- Hidrodinamik; hareket halindeki sıvıları inceler. Sıvı üzerine etki eden kuvvetleri, bu kuvvetlerin oluşturduğu hız ve ivmeyi ve sıvının yer değiştirmesi sırasındaki enerji değişimlerini inceler.
- Hidrostatik sistemlerde boru içerisinde yağın akışının düzenli olduğu ve tabakalı bir akış karakterinde (***Laminer***) olduğu varsayılır.
- Sıvı, boru içerisinde hareket ettikçe boru ile sıvı arasında ve sıvının molekülleri arasında sürtünme oluşur. Sürtünmeler sıvının viskozitesine (akışa direnç özelliğine) ve sıvının hızına bağlıdır.

# Hidrodinamik / Bernoulli

- Sıvının viskozitesi ve hızı yükseldikçe sürtünmeler de artar. Özellikle sürtünmeler hızın karesiyle doğru orantılı olarak artırmaktadır. Bu da akışın boru içerisinde sağlandığı koşullarda akışkan hızlarının çok yüksek tutulmasının yanlış olduğunu göstermektedir.
- Akışkanın hareketini sağlayan enerji için Bernoulli eşitliği kullanılır. Bu eşitlik üç terimden oluşur.
- 1. ( Z ) akışkanın konum yükünü,
- 2. (P/ $\gamma$) basınç yükünü ve
- 3. ($V^2/2g$) hız yükünü ifade eder. Akışkanın toplam enerjisi bu üç yükün toplamıdır.

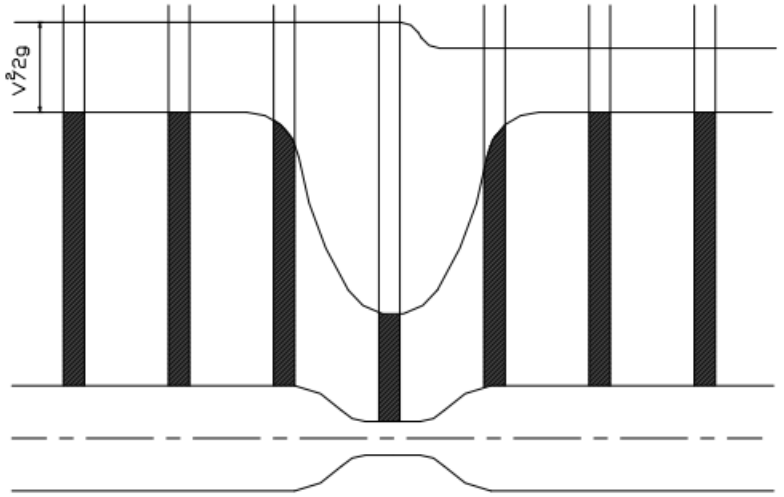
$$H = Z + P/\gamma + V^2/2g$$

**Bernoulli eşitliği.**

# Hidrodinamik

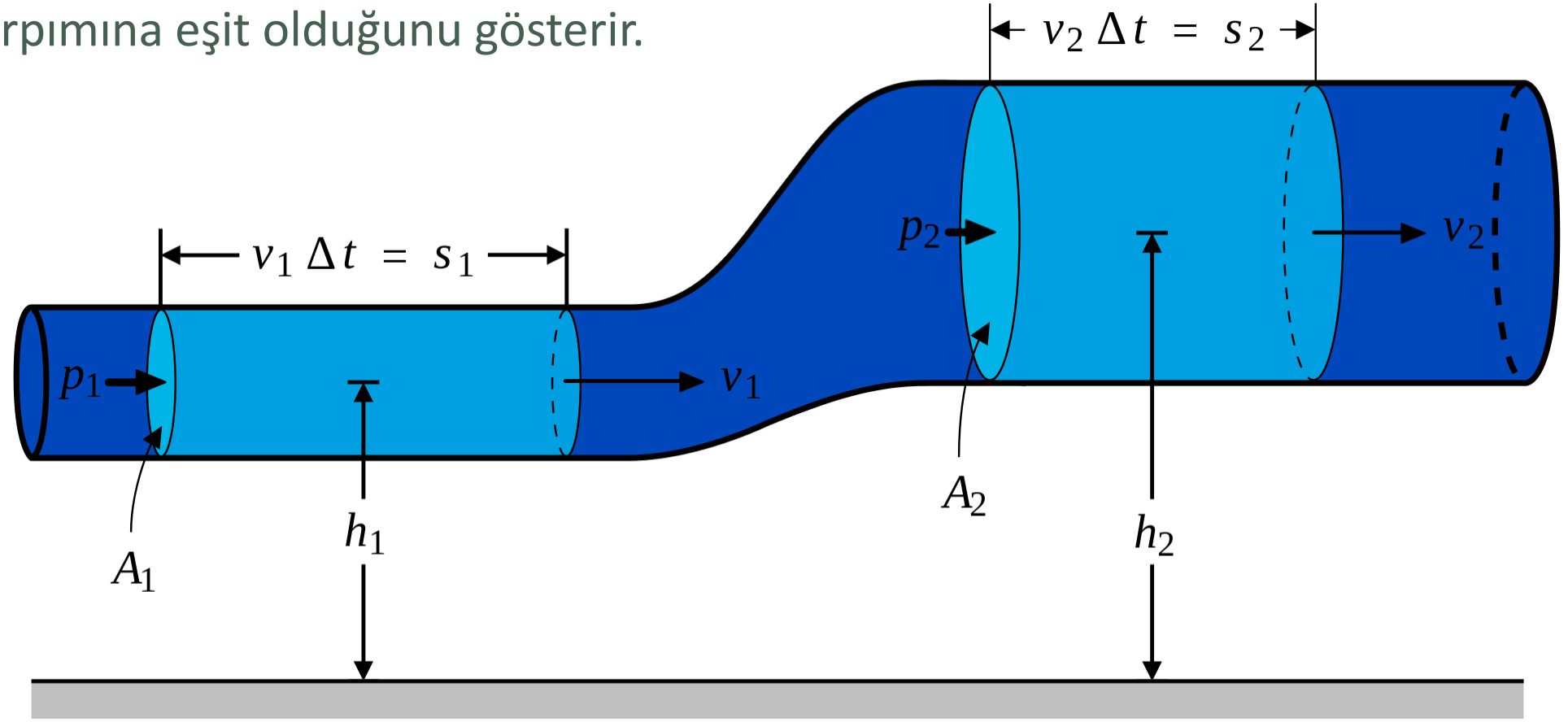
Buradan iki sonuç çıkarılabilir.

- Birincisi boru içerisinde hareket eden sıvının hızıyla basıncı arasındaki ilişkidir. Boru içerisinde sıvı hızının yükseldiği dar geçitlerde, basınç azalması görülür. **Sıvının toplam enerjisi sabit** kalacağı için bu sonuç kaçınılmazdır.
- Borunun çapının daraldığı, kesitin küçüldüğü yerlerde hız artar ve basınç düşer. Borunun çapının genişlediği yerlerde ise hız azalacak ve basınç yükselecektir.



# Hidrodinamik

- Akışkanın taşındığı boru içerisinde hız ile kesit alanı arasındaki ilişki de önemlidir.
- Süreklilik denklemi, taşınan akışkan miktarının (Q) hız (V) ile kesit alanın (A) çarpımına eşit olduğunu gösterir.



# Hidrodinamik / Bernoulli denklemi kayıp ifadesi

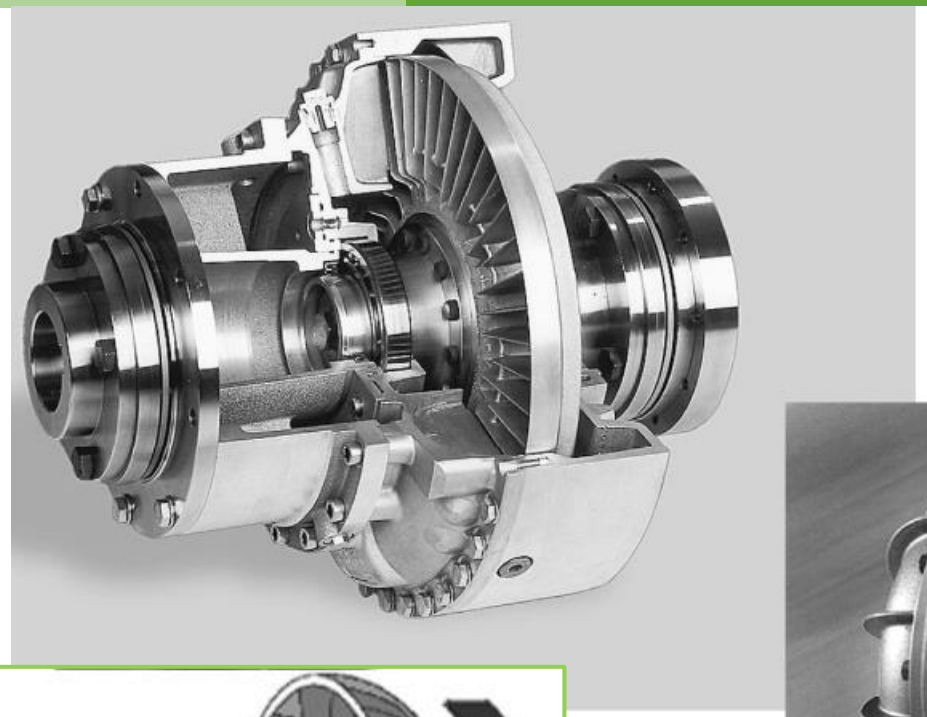
- Bir boru içerisinde akan akışkan farklı kesitlerden geçerken akışkan miktarı sabit kalacağından hız değişimine uğrar.
- Kesitin daraldığı yerde hız artar kesitin genişlediği yerde hız azalır. Ancak hız alan çarpımı sabittir.
- Sürtünme kayıplarıyla ilgili olarak Bernoulli eşitliği, sıvının (1) noktasından (2) noktasına hareketi sonucu bir **enerji kaybı** ($H_L$) olacağı dikkate alınarak yeniden düzenlenirse;

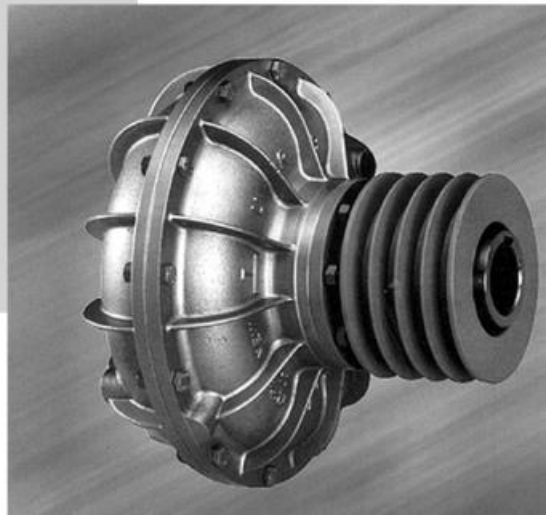
$$Z_1 + P_1/\gamma + V_1^2/2g - H_L = Z_2 + P_2/\gamma + V_2^2/2g$$

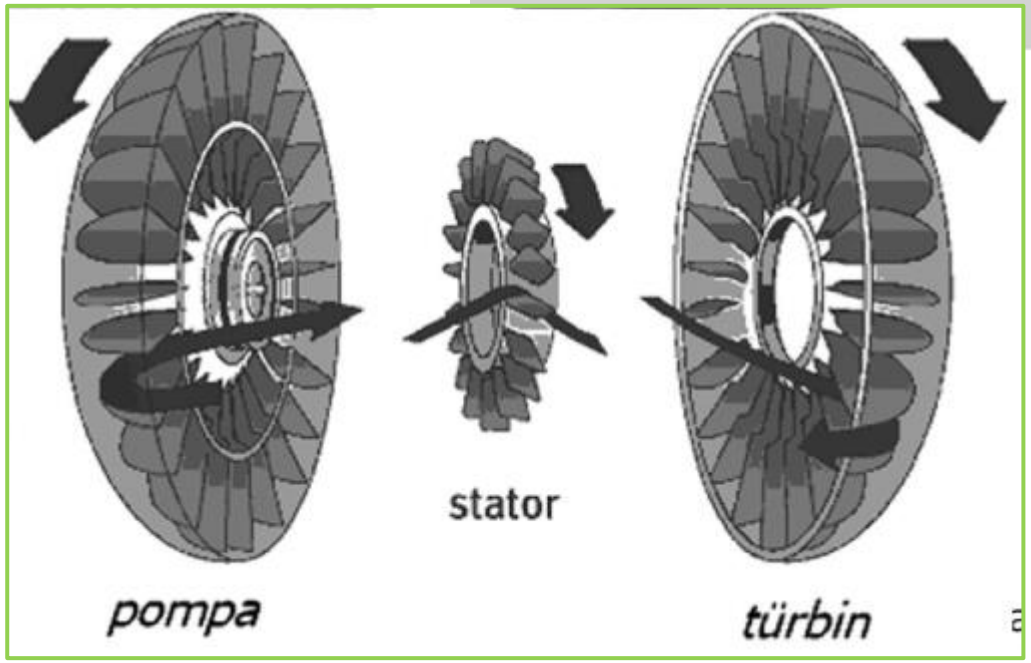
# Hidrodinamik

*Örnek Sistem*:

Hidrodinamik Kavrama



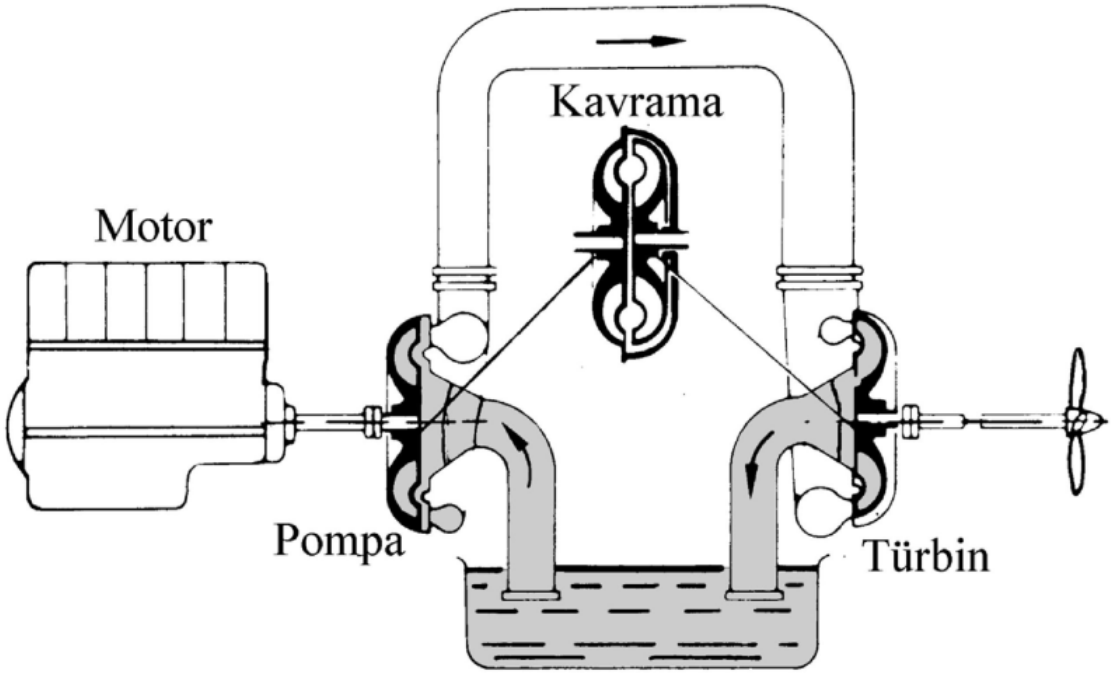


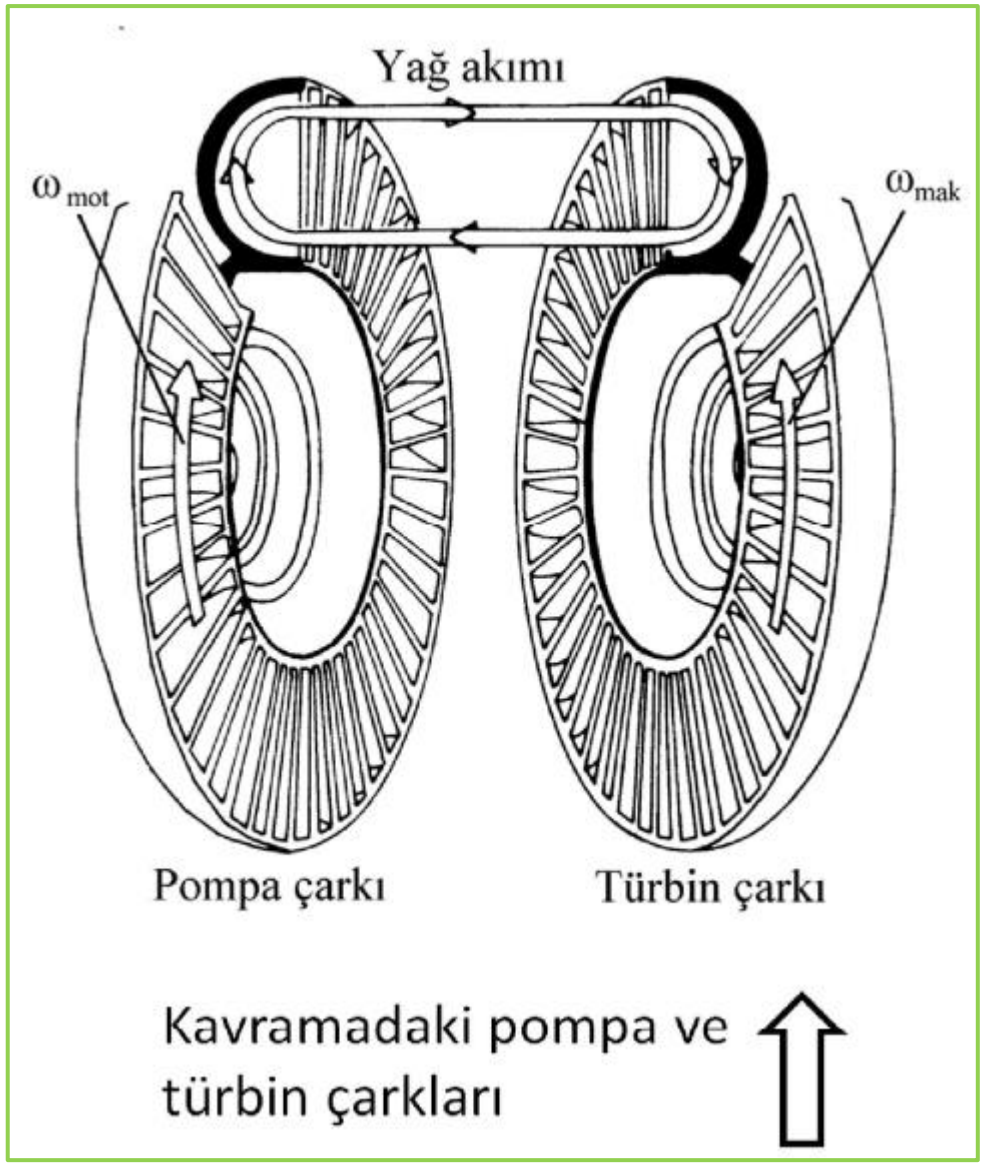


# Hidrodinamik

## *Örnek Sistem*:

## Hidrodinamik Kavrama Prensibi

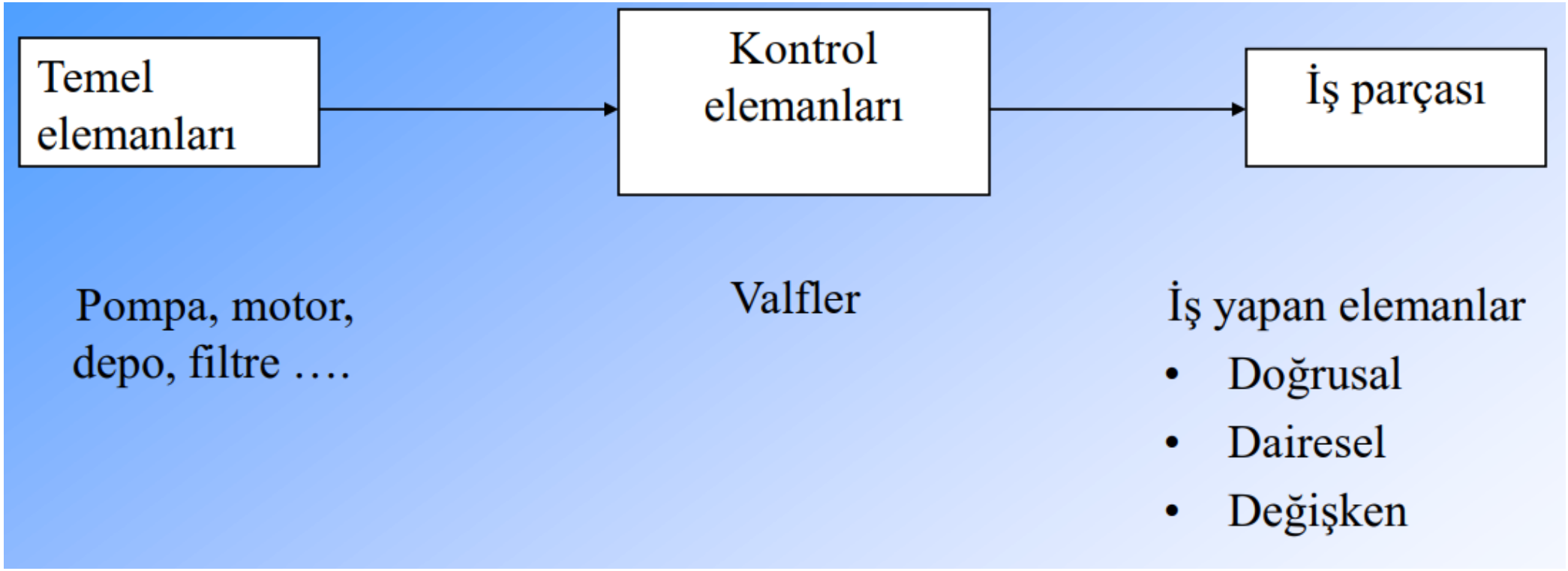


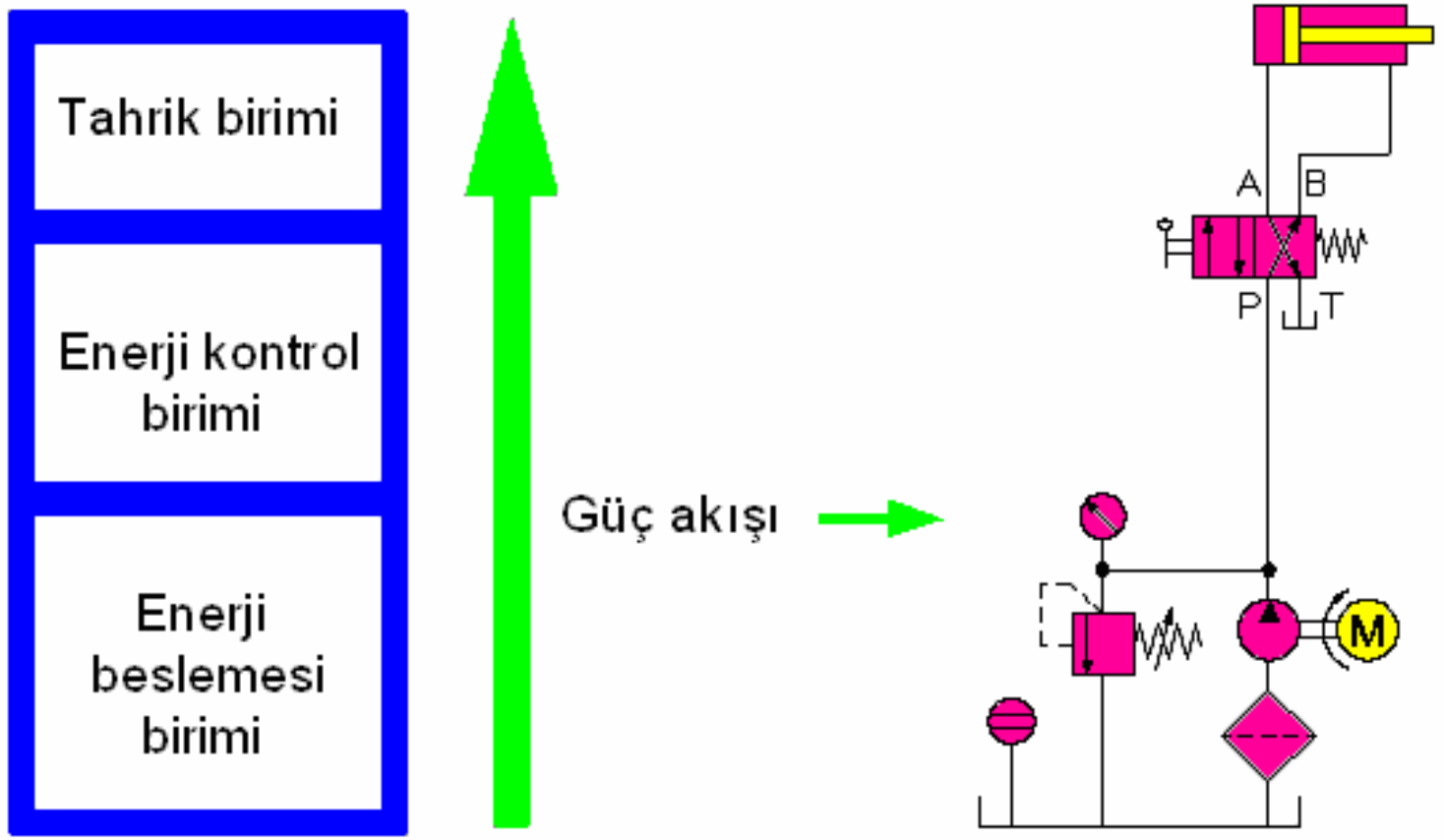
# HİDROSTATİK SİSTEM

- Hidrolik ve Pnömatik Sistemler dersinin kapsamında hidrostatik tahrikli sistemler dikkate alınmaktadır.
- Akışkanlar esas doğalarından dolayı, kayma gerilimi mevcudiyeti altında hareketsizliği sürdüremezler. Fakat, akışkanlar etkileştiği her yüzeye normal (yüzeye dik) basınç uygulayabilirler. Akışkan içerisindeki bir nokta son derece küçük bir küp şeklinde düşünülürse, küpün her yüzeyindeki kuvvetlerin (ve dolayısıyla basınçların) eşit olmak zorunda olduğunu söyleyen denge yasalarından sonuç çıkarılır. Eğer her yüzeydeki durum eşit değil ise, akışkan sonuçta oluşan kuvvet yönüne doğru hareket edecektir.
- Akışkan üzerindeki basınç izotropiktir. Her yöne doğru eşit büyüklükte davranır. Bu özellik akışkanlara boru ya da tüplere doğru ilerleme kuvveti ve **güç iletimi** yeteneği verir. Kuvvet, taşınan akışkan tarafından borunun diğer ucuna kadar uygulanır. Bu prensip ilk olarak Blaise Pascal tarafından biraz gelişmiş formuyla formüle edildi ve günümüzde Pascal Yasası olarak bilinmektedir.
- Hidrostatik; **kapalı devre tekniği** kullanılan hidrolik sistemler için kullanılan bir isim olmuştur. Özellikle mobil hidrolik uygulamalar, imalat tezgahları, endüstri tesisleri, kontrol sistemleri, taşıma araçları, gemicilik, havacılık gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

# HİDROSTATİK SİSTEM

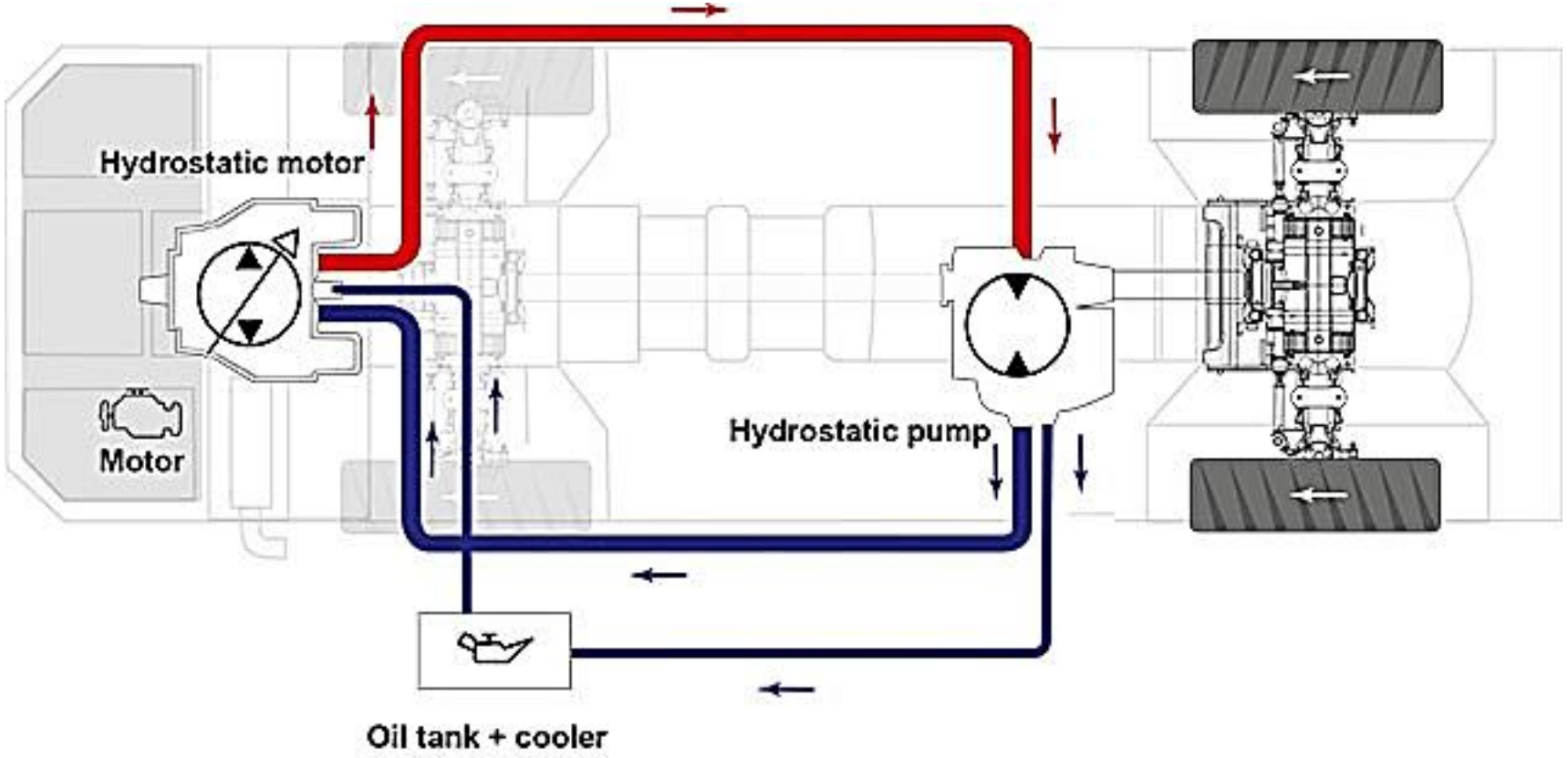



- Hidrostatik sistemin yapısı




- Hidrolik devrede güç akışı

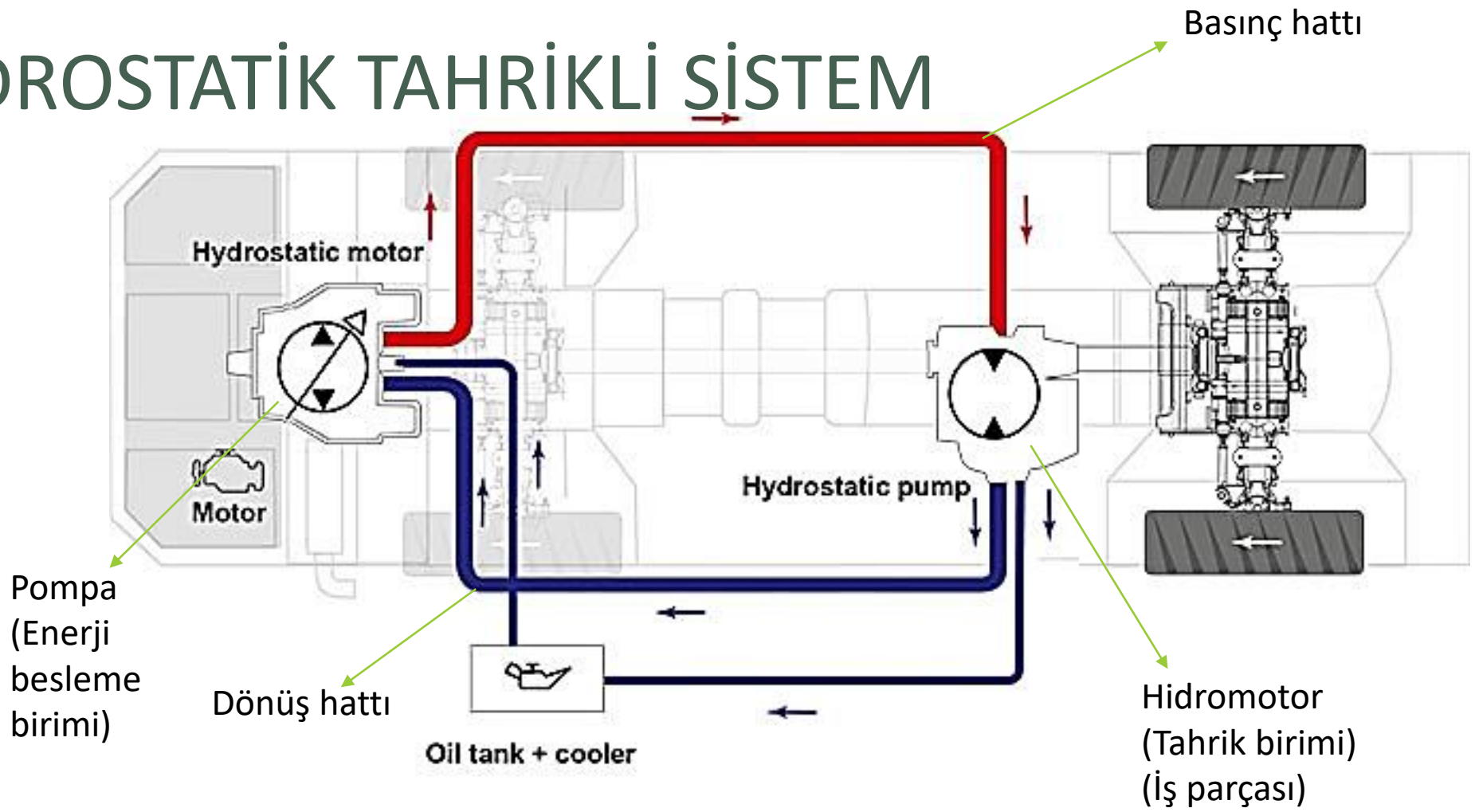
# HİDROSTATİK TAHRİKLİ SİSTEM




- *Örnek*: Hidrostatik motor ve hidrostatik pompadan oluşan bir sistem

Kaynak: https://bestsupportunderground.com/hydrostatic-drives/?lang=en

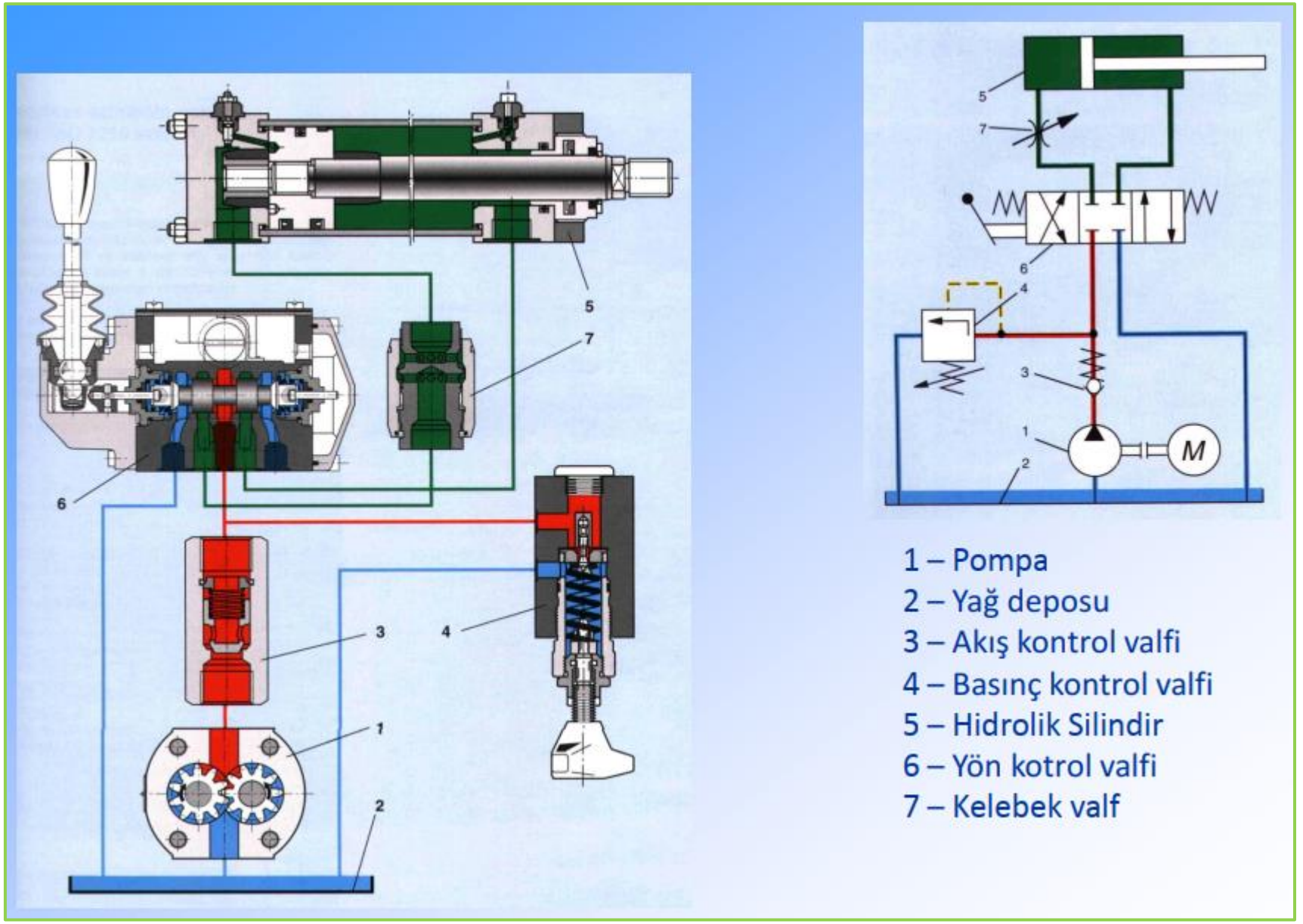
# HİDROSTATİK TAHRİKLİ SİSTEM




- *Örnek*: Hidrostatik motor ve hidrostatik pompadan oluşan bir sistem

# Hidrostatik Sistem

- *Örnek hidrolik sistem*



# MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

# BASINÇ KAYIPLARI

## Yerel (Lokal) Kayıplar

# BASINÇ KAYBI HESAPLARI

- Borularda sürtünme ve basınç düşmesi
- Yerel basınç kayıpları

# BORULARDA MEYDANA GELEN BASINÇ KAYIPLARI

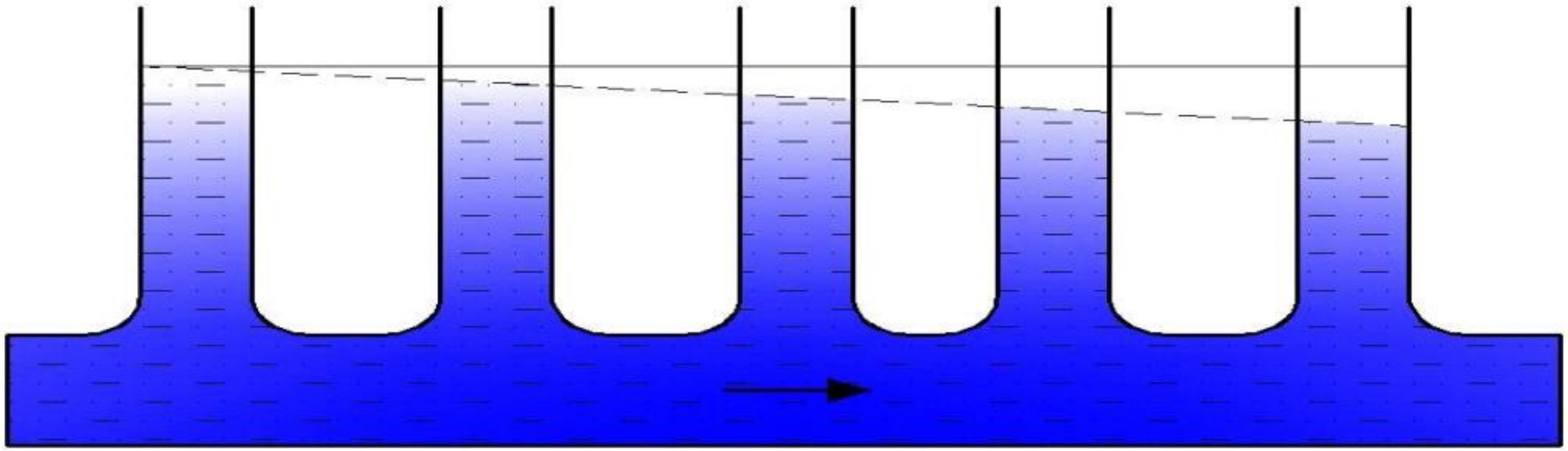
Basınç kayıplarının bağlı olduğu etkenler:

- Boruların uzunluğu *(doğru orantılı)*
- Boruların kesiti, çapı *(ters orantılı)*
- Boruların iç yüzey kalitesi *(pürüzlülük ile doğru orantılı)*
- Borulardaki büküm sayısı *(yerel basınç kayıpları)*
- Akış hızı *(karesi ile doğru orantılı)*
- Sıvının viskozitesi *(doğru orantılı)*

# SÜRTÜNME VE BASINÇ DÜŞMESİ

Hidrolik enerjinin taşınması sırasında boruların iç yüzeylerinde ve sıvı içersinde sürtünme sonucu ısı oluşur. Hidrolik enerjinin taşınmasında kayıplar meydana gelir. Yani hidrolik enerji ısı enerjisine dönüşür. Şekilde görüldüğü gibi sistemde basınç kaybına yol açar.

***Sürtünme ve Basınç Düşmesi***



# Borularda Meydana Gelen Basınç Kayıpları

$\Delta P$ : Borularda meydana gelen basınç kaybı (Pa)

$l$ : Boru boyu (m)

$d$ : Boru anma çapı (m)

$\rho$ : Akışkan yoğunluğu ($kg/m^3$)

$v$ : Akışkan hızı (m/sn)

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

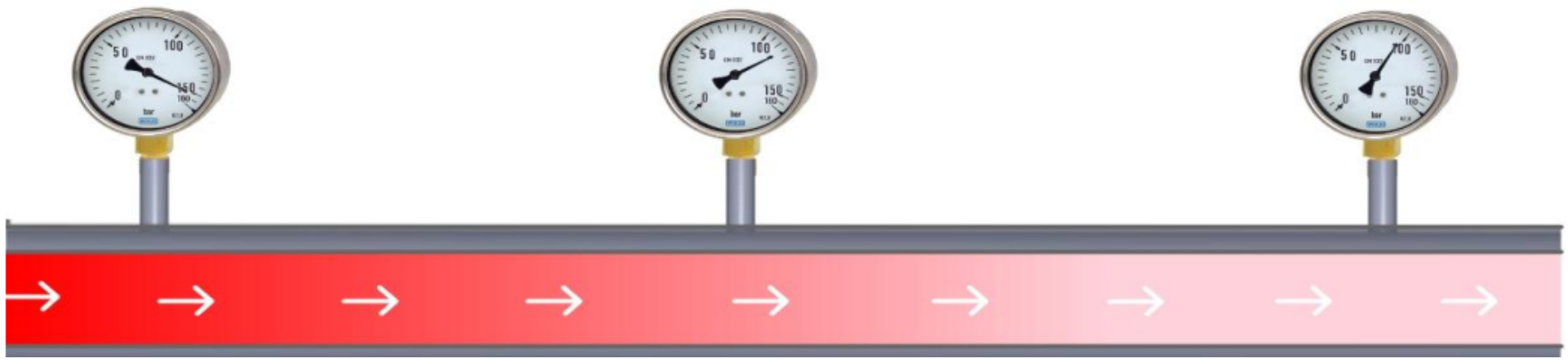
$$\lambda = \frac{75}{Re}$$ Laminer akış

$$\lambda = \frac{0{,}316}{Re^{1/4}}$$ Türbülaslı akış

$1cSt = 1cm^2/sn = 10^{-6}\ m^2/sn$

**100 metre hidrolik boruda ne kadar basınç kaybedilir?**

Büyük bir güç ünitesi ile çok sayıda valf bloğunu beslemek, her valf bloğu için ayrı ayrı güç ünitesi tesis etmeye göre avantajlı olduğu durumlar olabilir. Bu tip tesislerde kaçınılmaz olarak basınçlı hidrolik hatların, pilot basınç hatlarının yada düşük basınçlı dönüş hatlarının metrelerce mesafe kat etmesi gerebilir. Boru içerisindeki akışkanı bir noktadan başka bir noktaya taşıyabilmek için yatayda dahi olsa sürtünme dirençlerini yenmemiz gerekir. Bunun doğal sonucu olarak da boruya giren akışkanın basıncı çıkan akışkanın basıncından yüksek olacaktır arada kaybolan basınç enerjimiz ısı enerjisine dönüşecektir. Peki böyle bir durumda borularda ne kadar basınç kaybedileceği nasıl tespit edebilir?



**100 metre hidrolik boruda ne kadar basınç kaybederiz?**

Bu sorunun cevabını vermek için bir çok parametreye ihtiyacımız vardır. Borunun çapı ve malzemesi nedir? Sistem debisi Nedir? Başlangıç noktası ile bitiş noktası arasında kot farkı var mıdır? Nakledilen akışkanın fiziksel parametreleri nelerdir? Tüm bunları bilmemiz gerekir yani maalesef ki 10 metre boruda x bar kadar, 100 metre boruda 10x kadar bar basınç kaybedilir gibi kısa bir hesap yapmak mümkün değil.

**Örnek:**

**Kullanılacak yer:** Basınç Hattı - yağ sıcaklığı 40 °C

**Kullanılacak akışkan:** ISO VG 46 Mineral yağ (40 °C de v = 46 mm²/s)

**Boru iç çapı:** 30 mm

**Sistem debisi:** 120 lt/dak

$$Q = A \times V$$

Q = Debi (mm³/s)
V = Akış Hızı (mm/s)
A = Boru Kesit Alanı (mm²)

$$Re = \frac{V \times d}{v}$$

Re = Reynold Sayısı
V = Akış Hızı (mm/s)
d = Çap (mm)
v = Viskozite (mm²/s)

İç çapı 30 mm boru için boru kesit alanı hesaplanıp sistem debisi $mm^3/s$ biriminde soldaki süreklilik denkleminde yerine konulursa boru içi akışkan hızı bulunur.

**Boru içi akış hızı:** 2830 mm/s

hesaplanan bu boru akış hızı ve 46 $mm^2/s$ viskozite değerine göre Reynold sayısı hesaplanır.

- **Örnek:**
- **Akışkan yoğunluğu:** 891 kg/m3
- **Boru boyu:** 100 m
- **Boru çapı:** 0,03 m
- **Akışkan hızı:** 2.83 m/s
- Yukarıdaki değerler formülde yerine konulursa basınç kaybı,
- $\Delta P$=478280 Pascal => **$\Delta P$= 4,78 Bar** olarak bulunur.

Görüldüğü gibi boru içi basınç kayıpları bir çok değişkene bağlı olup örneğimizde 100 metrede 5 bar civarı bir kayıp çıkarken boru çapı yada sistem debisinin farklı olması halinde çok daha büyük yada küçük basınç kayıpları ile karşılaşılabilir.

Yine bu hesapları yaparken unutmamız gereken bir noktada yerel kayıpların hesaba dahil edilmemiş olmasıdır. Düz bir boru için hesap yapılmıştır. Hat üzerinde dirsekler, çeşitli açılarda dönüşler, T bağlantılar yada herhangi bir valf var ise bunların oluşturacakları dirençler ayrı ayrı hesaplanıp toplanarak basınç kaybına ilave edilmelidir.

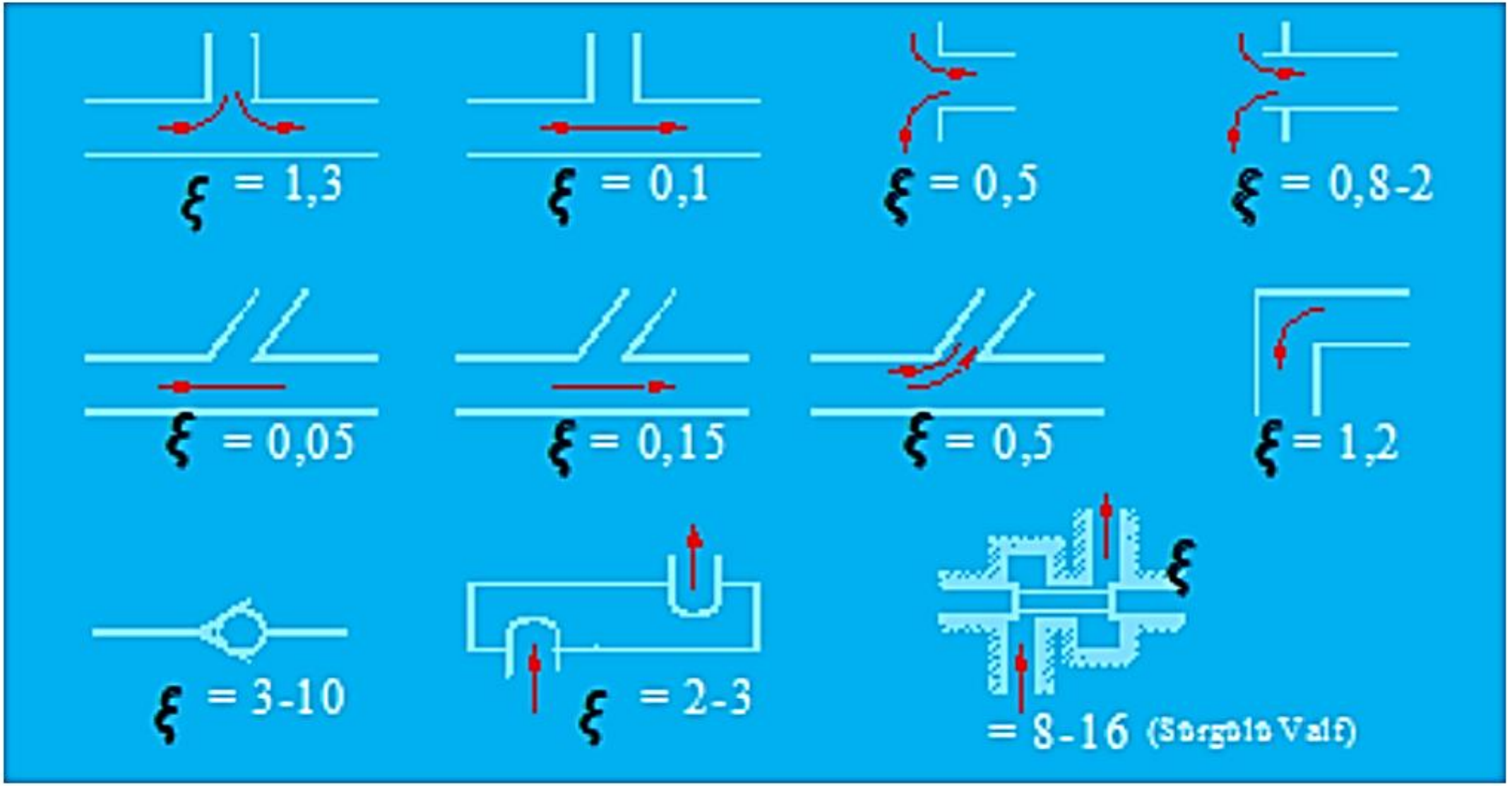
# Yerel Basınç Kayıpları

Dirseklerde, T şeklindeki bağlantılarda, valflerde vs. akış yönünün değiştirilmesi ile birlikte oldukça büyük basınç kayıpları meydana gelir. Bu tip kayıplar bağlantı elemanlarının geometrik şekline ve hacimsel debinin büyüklüğüne bağlıdır.

$$\Delta P_f = \xi \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2}$$

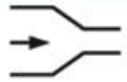
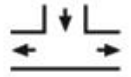
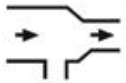
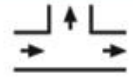
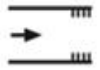
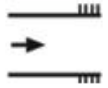
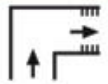
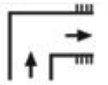
$\Delta P_f$ : *Yerel basınç kaybı (Pa)*
$\xi$ : *Kayıp Katsayısı (Birimsiz)*
$\rho$ : *Akışkan yoğunluğu(kg/m³)*
$V$ : *Akışkan hızı(m/sn)*

# TABLO: Türbülanslı Akış İçin $\xi_{Türbülans}$ Değerleri

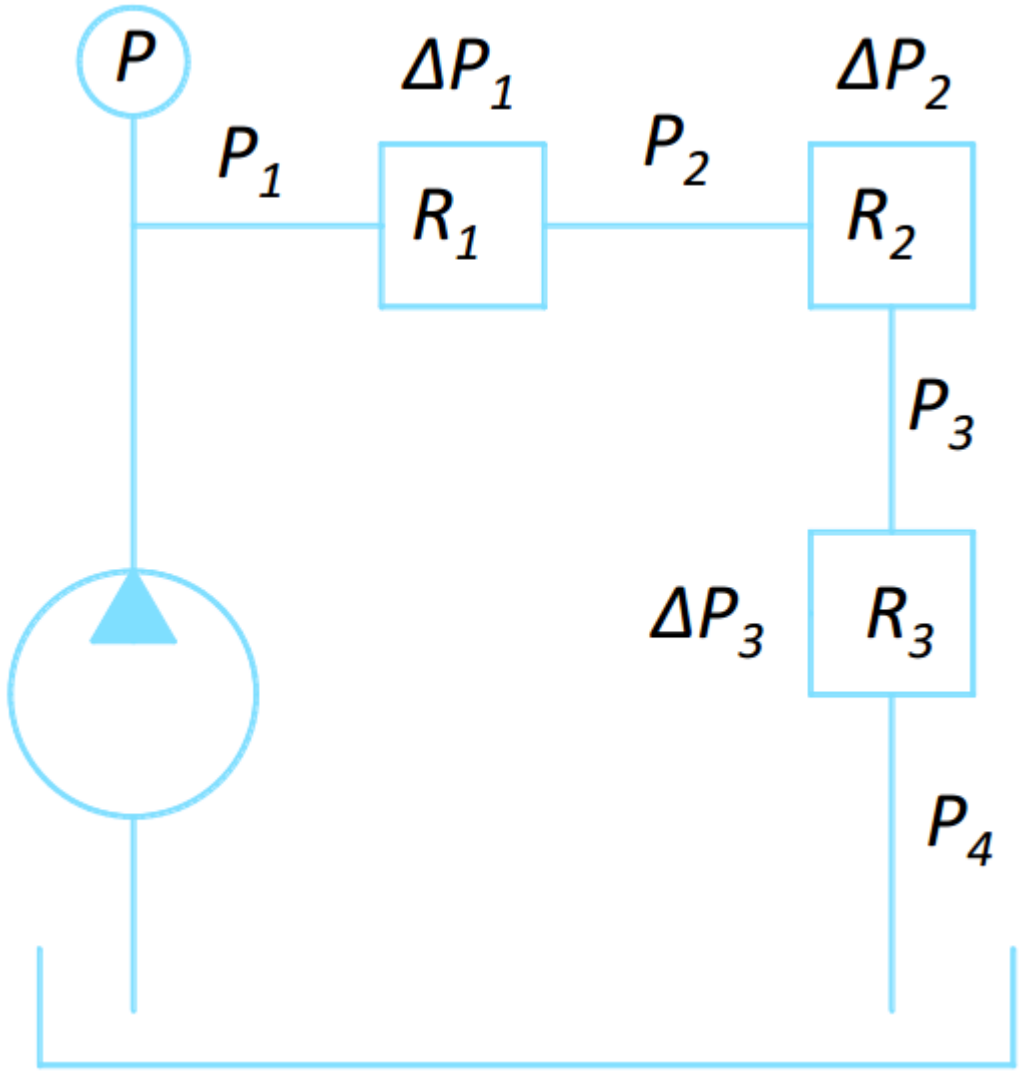


# Örnek: Lokal Kayıplar Tablosu

- Boru ek parçalarındaki yerel kayıp «K» katsayıları tablosu

| Şematik Görünüm | Yerel Katsayı (K) | Eşdeğer Boru Boyu (m) | Şematik Görünüm | Yerel Katsayı (K) | Eşdeğer Boru Boyu (m) |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 0,25 | 0,17 | | 0,9 | 0,62 |
| | 0,6 | 0,42 |  | 0,85 | 0,59 |
|  | 0,5 | 0,35 | | 0,35 | 0,24 |
| | 1,2 | 0,83 |  | 0,7 | 0,48 |
| | 0,5 | 0,35 |  | 0,4 | 0,28 |
| | 0,1 | 0,07 |  | 0,7 | 0,48 |
| | 0,35 | 0,24 |  | 1,25 | 0,87 |
| | 1,05 | 0,73 |  | 1,4 | 0,97 |

Kaynak: https://www.dizayngrup.com/pprc-borular-ve-ek-parcalari




$$P_3 = P_4 + \Delta P_3$$

$$P_2 = P_3 + \Delta P_2 = P_4 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$$P_1 = P_2 + \Delta P_1 = P_4 + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$$\Delta P_T = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$$P_1 = P_4 + \Delta P_T$$

- Hatlardaki akışkan hızı için v-kritik olarak aşağıdaki değerler tavsiye edilir.
- Basınç hattı
- 50 bar işletme basıncına kadar 4.0 m/sn
- 100 bar işletme basıncına kadar 4.5 m/sn
- 150 bar işletme basıncına kadar 5.0 m/sn
- 200 bar işletme basıncına kadar 5.5 m/sn
- 300 bar işletme basıncına kadar 6.0 m/sn
- Emme hattı 1.5 m/sn
- Dönüş hattı 2 m/sn

# HİDROLİK BORU ÇAPI HESAPLARI

- Hidrolik boru çapının hesaplanması

# Hidrolik boru çapının hesaplanması

Hidrolik sistemlerde kullanılacak boruların dayanıklı, sızdırmaz ve güvenli olabilmeleri için ölçüleri uygun değerlerde belirlenmelidir. Pompanın debisi, ortalama hızı, ve çalışma hattının özellikleri bilinerek hesap yapılmalıdır.

Bu özellikler :

$$Q = \frac{V \times d^2}{21} \text{ (l/dk)}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q \times 21}{V}} \text{ (mm)}$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = 0{,}785 \times d^2 (mm^2)$$

Formülleri ile hesaplanır.

Bu formüllerde
Q = Akışkanın (pompanın) debisi (I /dk.)
V = Ortalama akış hızı (m/sn)
d = Boru iç çapı (mm)
A = Boru kesit a/am ($mm^2$) dır.

# Hidrolik Boru Çapının Hesaplanması

**Örnek Problem:**

Bir hidrolik devrede debisi 40 l/dk olan akışkanın ortalama hızı 6 m/sn' dir. Sistemde kullanılacak boru iç çapı ne olur?

**Verilenler:**
Q = 40 l/dk ,
V = 6 m/sn

**İstenilenler:**
d = ?

$$d = \sqrt{\frac{Q.21}{V}} = \sqrt{\frac{40.21}{6}} = 11{,}8 \text{ mm' dir.}$$

d= 11,8 mm

# BASINÇ KAYIPLARI

- *Örnek Video*:

Seri Bağlı Hidrolik Devre Elemanlarında Basınç Düşümü

https://www.youtube.com/watch?v=F4VM_Xlp-SU

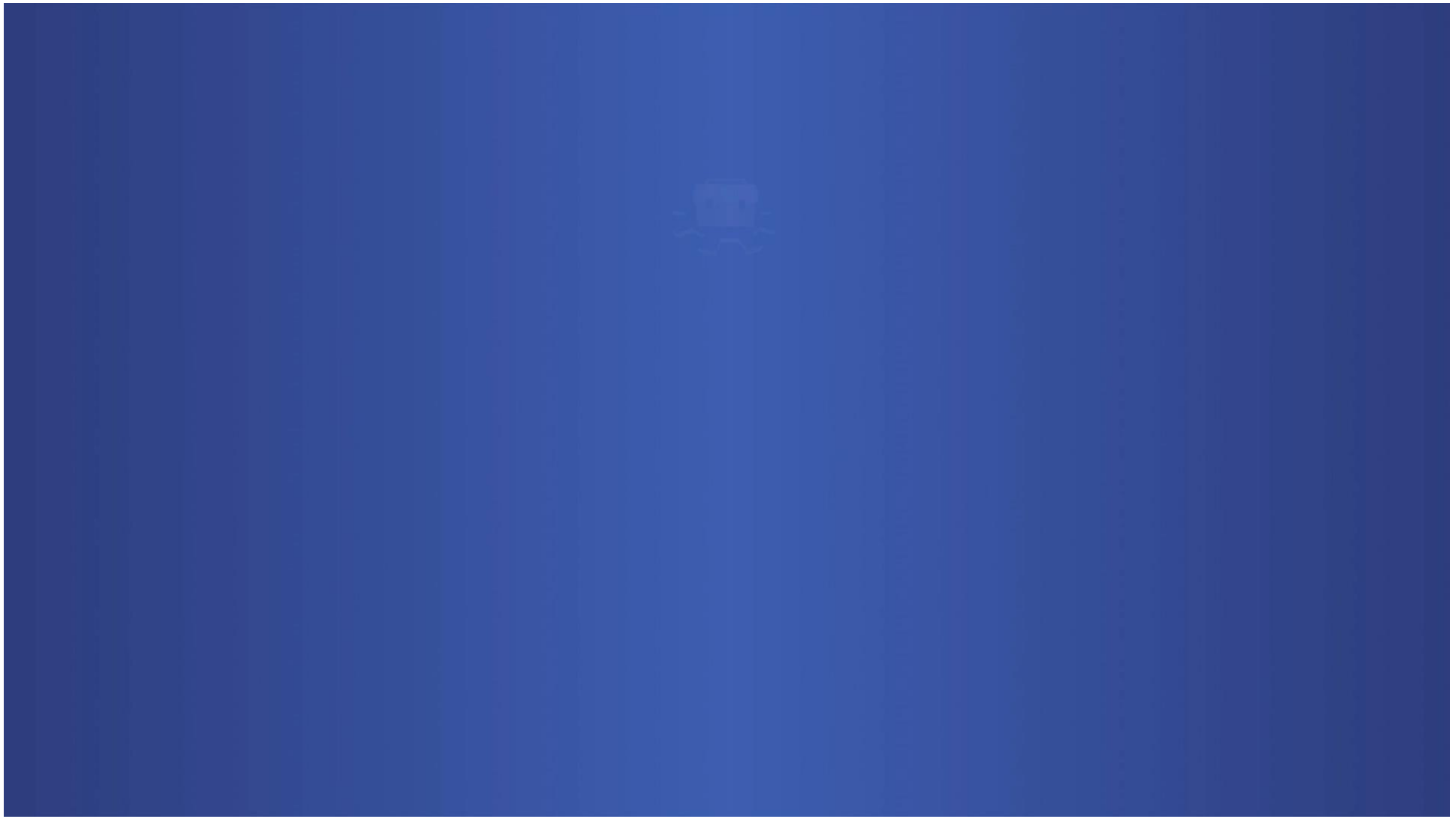
(00:00 – 05:10)

Pressure Drops in Series Circuits

# BASINÇ KAYIPLARI

- *Örnek Video*:

Seri Bağlı Hidrolik Devre Elemanları Basınç Düşümü



# BASINÇ KAYIPLARI – Paralel Devre

- *Örnek Video*:

Paralel Bağlı Hidrolik Devre Hatlarında Basınç Durumu

https://www.youtube.com/watch?v=N_0-H8nxQdo

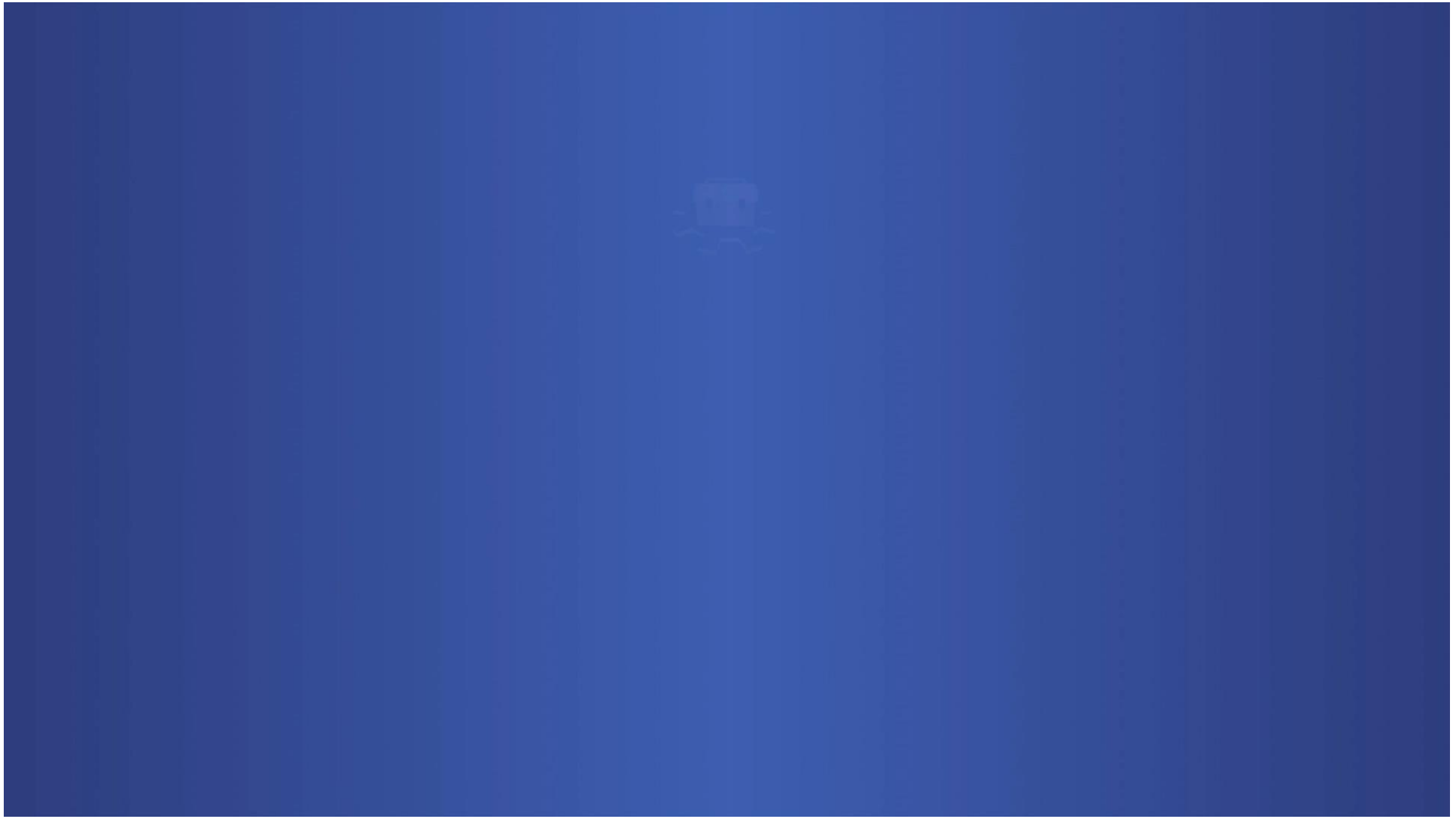
(00:00 – 08:37)

Pressure in Parallel Circuits

# BASINÇ KAYIPLARI

- *Örnek Video*:

Paralel Bağlı Hidrolik Devre Hatlarında Basınç



# PNÖMATİK BORU ÇAPI VE BASINÇ KAYBI HESABI

- Boru iç çapının belirlenmesi
- Borularda basınç düşmesi

# Boruların İç Çaplarının Belirlenmesi

Boru iç çaplarının belirlenmesinde havanın akış hızı dikkate alınmalıdır. Pnömatik sistemde sürtünme kayıplarını düşük tutabilmek için havanın akış hızı 9-10 m/s'yi geçmemelidir. Hesaplama aşağıdaki formül ile yapılır. Bulunan değer küsüratlı olursa bir üst değere yuvarlanır.

$$d = \sqrt{\frac{21.Q}{v}}$$

Q=Debi miktarı..... lt/dak
v =Ortalama hız..... m/s
d =Boru iç çapı ..... mm

**Örnek:** Bir pnömatik devrede hava debisi 80 lt/dak'dır. Akış hızının 9 m/s olması istendiğine göre kullanılacak borunun iç çapını hesaplayınız.

İstenen d=?

Verilenler

Q= 80 lt/dak

v= 9 m/s

**Çözüm:**

$$d = \sqrt{\frac{21.Q}{v}} \quad d = \sqrt{\frac{21.80}{9}} \quad d = \sqrt{186,66}$$

$$d \cong 13,65 = 14\ mm$$

# Borularda Basınç Düşmesi

Boru ve hortumlar mümkün olduğunca kısa seçilmelidir. Boru çaplarının küçük olması akış hızını arttırır. Akış hızı ve basınç düşüşü arasında doğrusal bir orantı vardır. Akış hızı arttıkça basınç düşüşü artar. Tesisatın değişik noktalarında (valf bağlantıları, dirsekler, kesitin daraldığı bölgeler vb.) akış hızı belirlenen sınırların üzerine çıkar. Hava tüketiminin de artmasıyla yüksek akış hızları elde edilir. Bu kısımlarda basınç düşüşünün yanı sıra sıcaklığın aşırı düşmesi sonucu buzlanmalar oluşabilir.

Basınç düşüşünün nedenleri;

- Hattın uzunluğu ve bağlantı elemanlarının
- Türbülanslı akış
- İç sürtünmeler (moleküllerin sürtünmesi)
- Yüksek akış hızları

**Boru uzunluğu ve basınç düşmesi arasındaki ilişki**

# Kaynaklar: Ders Notları (web)

Prof. Dr. Metin Güner – Açık Ders Malzemeleri (Ankara Üniversitesi)

- https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=771

Doç. Dr. Seyfi Şevik – Ders Notları (Hitit Üniversitesi)

- http://web.hitit.edu.tr/seyfisevik/dersmateryalleri/21417

Prof. Dr. Davut Karayel – Ders Notları (Akdeniz Üniversitesi)

- http://aves.akdeniz.edu.tr/dkarayel/dokumanlar