

Hidroliğe Giriş

“Su, doğanın itici gücüdür.”

— Leonardo da Vinci



Hidrolik mi, Pnömatik mi?

İkisi de akışkanla güç iletir; fark, kullanılan akışkanda ve işin karakterinde.

Hidrolik ve Pnömatiğin Farkı

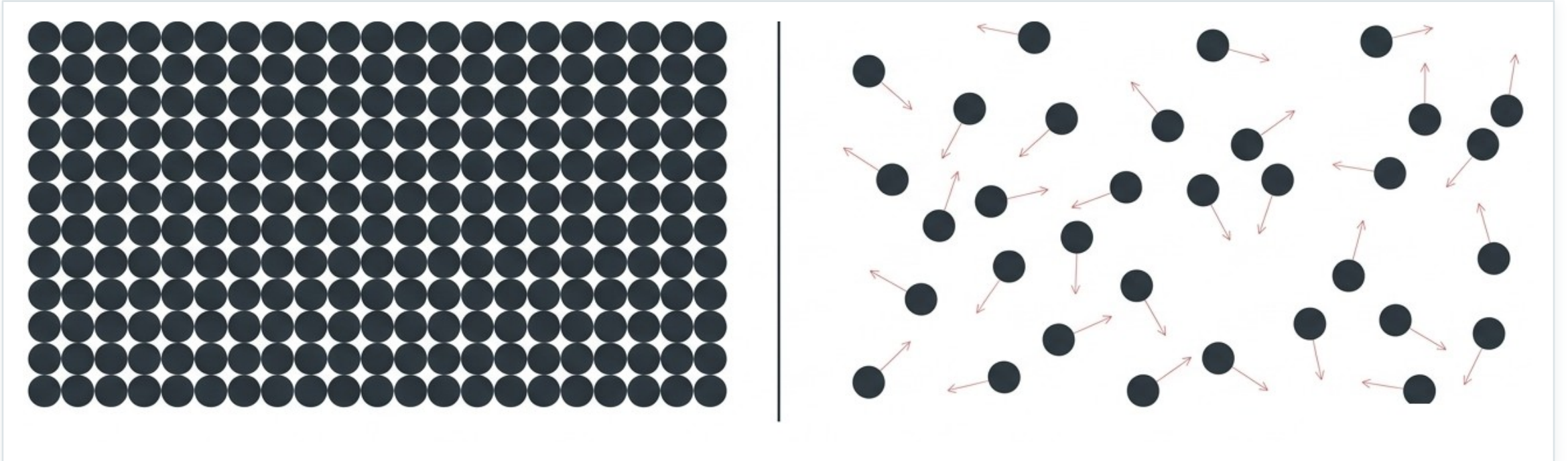
PNÖMATİK

- Akışkan: basınçlı HAVA (sıkışabilir).
- Küçük kuvvetler için uygundur (≈ 10 kN'a kadar).
- Çalışma hızı yüksektir.
- Hassas konumlama zordur, hava yaylanır.

HİDROLİK

- Akışkan: SIVI / hidrolik yağ (sıkışmaz).
- Büyük kuvvetler için uygundur.
- Çalışma hızı daha düşüktür; hız artınca sistem olumsuz etkilenir.
- Hassas hız kontrolü ve yüksek güç/ağırlık oranı sağlar.

Sıvı ve Gazın Molekül Yapısı



Şekil Sıvı molekülleri düzenli ve sıkı (sıkışmaz); gaz molekülleri dağınık ve serbest (sıkışabilir).

Hidrolik Nedir?

Hidrolik; sıvının (genellikle hidrolik yağı, bazen su + korozyon önleyici) gücü ilettiği bir sistemdir.

- **Kelime kökeni** Yunanca 'hydro' (su) + 'aulis' (boru). Başta su-boru ilişkisini anlatırdı.
- **Bugünkü anlamı** Tüm sıvılar ile çevresi arasındaki ilişkileri inceleyen bilim dalı.
- **Görevi** Sıvıyı basınç altında ileterek mekanik güce dönüştüren bir güç iletim sistemidir.
- **Yaygınlık** Basınçlı akışkanla güç iletimi ve kontrolü endüstrinin her dalında giderek artıyor.

Bir Hidrolik Sistem Nelerden Oluşur?

01 Pompa

Sıvıyı harekete geçirir, mekanik gücü hidrolik güce çevirir.

02 Borular

Basınçlı sıvıyı elemanlar arasında taşır.

03 Valfler

Akışın yönünü, basıncını ve debisini kontrol eder.

04 Silindir

Hidrolik gücü tekrar mekanik harekete dönüştürür; işi yapar.



Hidroliğin 4 Temel Prensibi

Tüm hidrolik sistemler bu dört sıvı özelliğine dayanır.

Sıvıların Dört Temel Özelliği

0a Şekli yoktur

Sıvı, bulunduğu kabın şeklini alır. Bu sayede her geçitten, her yönde kolayca akar.

0b Sıkıştırılmaz

Sıvılar gazlara göre sıkışmaz kabul edilir; sıkıştırmak için çok büyük kuvvet gerekir.

0c Basıncı her yöne iletir

Kapalı kapta sıvıya uygulanan basınç, her yöne eşit iletilir (Pascal Kanunu).

0d Kuvveti büyütür

Farklı piston alanlarıyla küçük bir kuvvet, çok büyük bir kuvvete dönüştürülebilir.

Sıvılar Neden 'Sıkıştırılmaz' Sayılır?

ΔP : basınç farkı (Pa), V_0 : başlangıç hacmi (m^3), E : elastiklik modülü (Pa).

- **Hacimsel elastiklik modülü (E)** Bir sıvının sıkışmaya karşı direncinin ölçüsüdür; sıvılarda çok yüksektir.
- **Anlamı** Basınç çok artsa bile sıvının hacmi çok az değişir. Bu yüzden gücü kayıpsız iletir.
- **Örnek değerler** SAE 80 yağı $E \approx 1,5$ GPa; su $E \approx 2,2$ GPa.
- **Formül** $E = \Delta P \cdot V_0 / \Delta V \rightarrow$ basınç değişimi ile hacim değişimini ilişkilendirir.

Suyu %0,5 Sıkıştırmak İçin Basınç

SORU Suyun hacminde %0,5'lik bir azalma için ne kadar basınç gerekir?

VERİLENLER

$$E_{\text{su}} = 2,2 \text{ GPa}$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = 0,5\% = 0,005$$

$$\Delta P = ?$$

ÇÖZÜM

$$E = \Delta P \cdot \frac{V_0}{\Delta V}$$

$$\Delta P = E \cdot \frac{\Delta V}{V_0}$$

$$\Delta P = 2,2 \text{ GPa} \times 0,005$$

$$\Delta P = 0,011 \text{ GPa} = 11 \text{ MPa}$$

SONUÇ $\Delta P \approx 110 \text{ bar}$

Pascal Kanunu: Basınç Her Yöne Eşit İletilir

- İki özdeş silindiri bir boruyla bağlayıp aynı yükseklikte sıvı dolduralım.

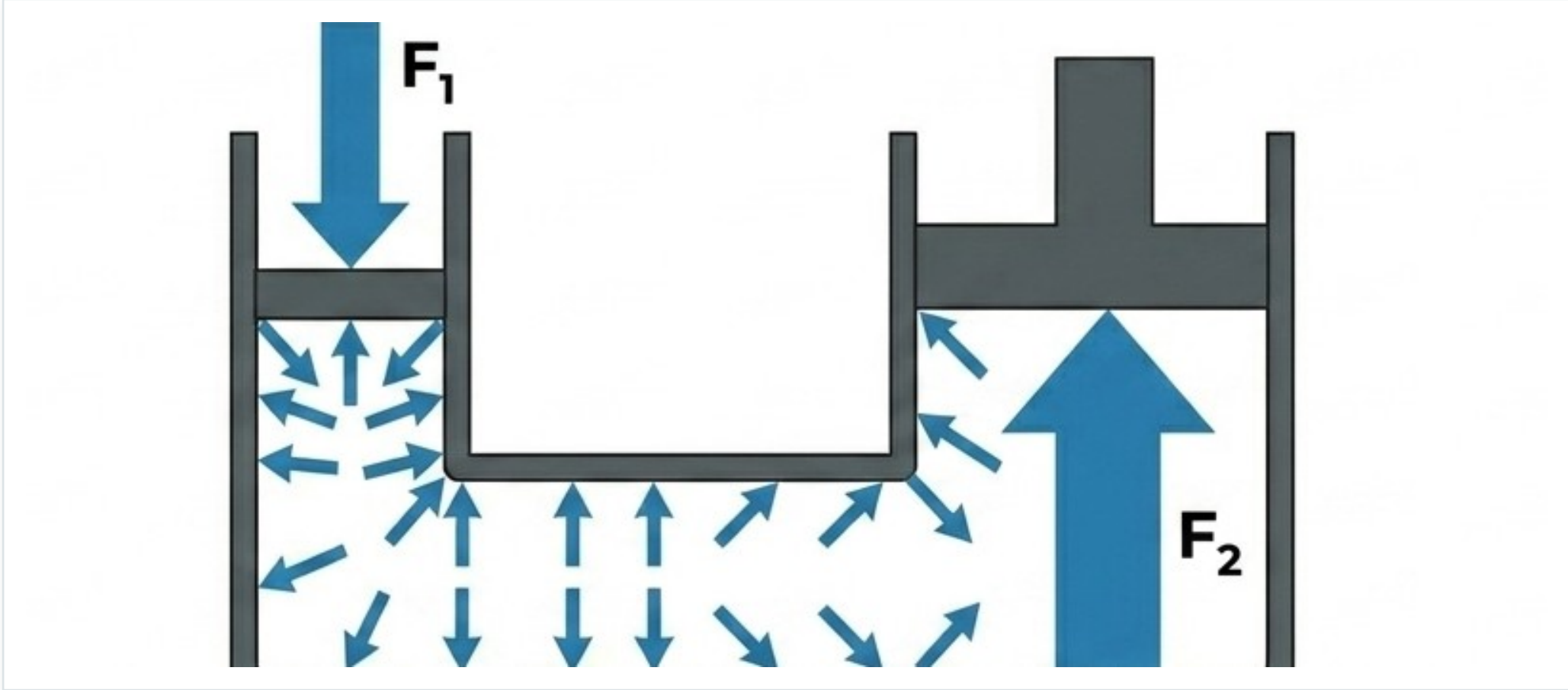
- Her ikisine birer piston koyalım.

- Soldaki pistonu iterek sıvıyı sıkıştıralım.

- Oluşan basınç tüm sıvıyı etkiler; sağdaki pistonu aynı kuvvetle yukarı iter.

- **Sonuç** Kapalı sistemde basınç, sıvı boyunca her yönde eşit iletilir = Pascal Kanunu.

Pascal Kanunu: Kapalı Kapta Basınç



Őekil Kűcűk pistonu uygulanan F_1 kuvveti basınç oluŐturur; basınç sıvının her yűnűne eŐit iletilir ve bűyűk pistonu bűyűtűlműŐ F_2 kuvvetine dűnűŐűr.

Kuvvet Nasıl Büyür? (Hidrolik Kaldıraç)

SORU Küçük pistonu 1 N uygulanırsa, büyük pistonu ne kadar kuvvet etki eder?

VERİLENLER

$$A_1 = 1 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 10 \text{ m}^2$$

$$F_1 = 1 \text{ N}$$

$$F_2 = ?$$

ÇÖZÜM

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ Pa}$$

$$F_2 = P \cdot A_2$$

$$F_2 = 1 \text{ Pa} \times 10 \text{ m}^2$$

SONUÇ $F_2 = 10 \text{ N} (\times 10)$

1. Hafta Özeti

- **Hidrolik** sıkışmayan sıvıyla büyük kuvvetleri hassas biçimde ileten güç sistemidir.
 - **4 prensip** şekilsizlik, sıkışmazlık, basıncın her yöne iletimi ve kuvvet büyütme.
 - **Pascal Kanunu** kapalı sistemde basıncı her yöne eşit dağıtır.
 - **Kuvvet kazancı** büyük/küçük piston alan farkından gelir — bir sonraki hafta sayısal örnekler.
-

Hidrolik Kaldıraç & Temel Kavramlar

“Bana bir dayanak noktası verin, dünyayı yerinden oynatayım.”

— Arşimet

Hidrolik Kaldıracın İki Temel Kuralı

Kuvvet kazancı bedavaya gelmez: büyük piston az yükselir. Aşağıdaki problemler bunu gösterir.

■ **Kuvvet** Basınç her yöne eşit $\rightarrow P = F_1/A_1 = F_2/A_2$. Alan büyüdükçe kuvvet büyür.

■ **Hacim** Yer değiştiren hacim eşittir $\rightarrow A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2$. Kuvvet kazanılırsa, yol kaybedilir.

Hidrolik Kaldıracın Çalışması



Şekil Küçük pistona $F_1=4\text{ N}$ uygulanır; alan farkı sayesinde büyük pistonda $F_2=60\text{ N}$ elde edilir. Karşılığında küçük piston çok (h_1), büyük piston az yol alır — kuvvetten kazanılan yoldan kaybedilir (enerji korunur).

PROBLEM 1

Kuvvet, Strok ve Toplam Yükselme

SORU (a) Büyük pistonda kuvvet? (b) Bir strokta yükselme? (c) 100 strokta toplam?

VERİLENLER

$$A_1 = 1 \text{ m}^2, \quad A_2 = 15 \text{ m}^2$$

$$F_1 = 4 \text{ N}$$

$$h_1 = 0,06 \text{ m}$$

$$\text{Tekrar} = 100$$

ÇÖZÜM

$$a) \quad F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} = 4 \cdot 15 = 60 \text{ N}$$

$$b) \quad A_1 h_1 = A_2 h_2$$

$$h_2 = \frac{1 \cdot 0,06}{15} = 0,004 \text{ m}$$

$$c) \quad H = h_2 \cdot 100 = 0,4 \text{ m}$$

SONUÇ $h_2 = 4 \text{ mm}, \quad H = 0,4 \text{ m}$

PROBLEM 2

Bilinmeyen Alan ve İniş Mesafesi

SORU (a) Küçük pistonun alanı? (b) Bir strokta iniş? (c) 80 strokta toplam iniş?

VERİLENLER

$$A_2 = 20 \text{ m}^2, \quad F_1 = 2 \text{ N}$$

$$F_2 = 50 \text{ N}$$

$$h_2 = 0,01 \text{ m}$$

$$\text{Tekrar} = 80$$

ÇÖZÜM

$$a) \quad A_1 = \frac{F_1 A_2}{F_2} = \frac{2 \cdot 20}{50} = 0,8 \text{ m}^2$$

$$b) \quad A_1 h_1 = A_2 h_2$$

$$h_1 = \frac{20 \cdot 0,01}{0,8} = 0,25 \text{ m}$$

$$c) \quad H = 0,25 \cdot 80 = 20 \text{ m}$$

$$\text{SONUÇ} \quad A_1 = 0,8 \text{ m}^2, \quad H = 20 \text{ m}$$

PROBLEM 3

Alan Oranından Strok Hesabı

SORU Alan oranı 100:1 olan sistemde küçük pistonun her strokta aldığı yolu bulun.

VERİLENLER

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{100}{1}$$

$$D_2 = 150 \text{ mm}$$

$$400 \text{ strok} \rightarrow 130 \text{ mm}$$

$$h_1 \text{ (tek strok)} = ?$$

ÇÖZÜM

$$A_2 = \frac{\pi D^2}{4} = 0,0177 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \frac{A_2}{100} = 0,000177 \text{ m}^2$$

$$V = A_2 h = 0,0177 \cdot 0,13 = 0,0023 \text{ m}^3$$

$$h_2 = \frac{V}{A_1} = \frac{0,0023}{0,000177} = 13 \text{ m}$$

$$\text{tek strok} = \frac{13}{400} = 0,0325 \text{ m}$$

SONUÇ Tek strok = 32,5 mm



Temel Mekanik Kavramlar

Hidrolik hesapların dili: kuvvet, ağırlık ve kütle.

Kuvvet · Ağırlık · Kütle

Kuvvet (F)

Bir cisme uygulanan itme/çekme. Hareketi, durmayı, hız ve yön değişimini sağlar.

$$F = m \cdot a \quad [\text{N}]$$

Ağırlık (W)

Yerin cisme uyguladığı çekim kuvveti. Vektörel, yere göre değişir.

$$W = m \cdot g \quad [\text{N}]$$

Kütle (m)

Cismin madde miktarı. Skalerdir, her yerde aynıdır.

$$m = W / g \quad [\text{kg}]$$

Bu Kavramlar Hidrolikte Neden Önemli?

- **Pompa kuvvet uygular** Akışkanın direncini yenmeli ve iş yapmalı. Daha fazla iş = daha fazla kuvvet.
 - **Akışkanın ağırlığı vardır** Tank, borular ve elemanların içindeki sıvının ağırlığı sisteme etki eder.
 - **Kütle değişmez** Cismin kütlesi, hareketini değiştirmek için gereken kuvveti belirler.
-

Basınç, İş, Güç ve Debi

“Evren, matematik diliyle yazılmış bir kitaptır.”

— Galileo Galilei

Basınç Nedir?

■ **Tanım** Birim alana etki eden kuvvet. $P = F/A$. Birimleri: Pascal (Pa), bar, cmHg.

■ **Birim** 1 bar = 100.000 Pa = 100 kPa.

■ **Hidrolik basınç** Pompa tarafından üretilir; basınç tarafındaki tüm iç yüzeylere etki eder.

■ **Atmosfer basıncı** Havanın ağırlığından doğar. Deniz seviyesinde $\approx 101,3$ kPa.

Mutlak, Gösterge ve Vakum Basıncı

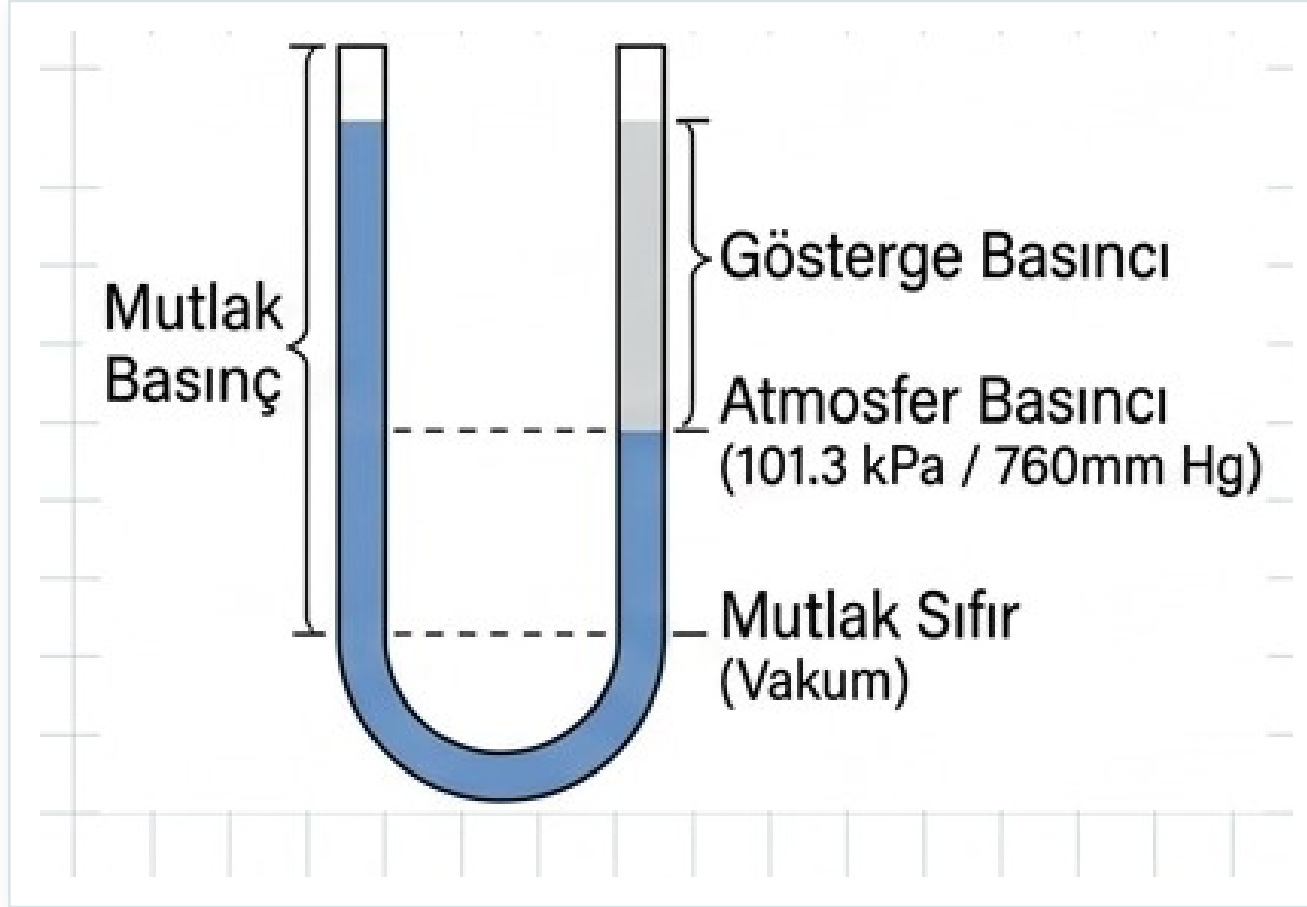
■ **Toriçelli deneyi** Cıva 760 mm yükselir → 760 mmHg = 101,3 kPa. ($P = \rho gh$)

■ **Mutlak basınç** Atmosfer basıncı + uygulanan basınç.

■ **Gösterge (manometrik) basınç** Atmosfer düşüldükten sonra kalan, ölçülen basınç.

■ **Vakum basıncı** Atmosfer basıncının altındaki basınç.

Mutlak, Gösterge ve Vakum Basıncı



Şekil Mutlak basınç sıfırdan (tam vakum) ölçülür; gösterge basıncı ise atmosfer basıncının üstündeki farktır. Atmosfer $\approx 101,3$ kPa (760 mmHg).

Yoğunluk · Özgül Ağırlık · Bağlı Yoğunluk

Yoğunluk (ρ)

Birim hacimdeki madde miktarı.

$$\rho = m / V \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Özgül ağırlık (γ)

Birim hacimdeki cismin ağırlığı.

$$\gamma = W / V \text{ [N/m}^3\text{]}$$

Bağlı yoğunluk (SG)

Sıvının yoğunluğunun +4°C suya oranı.

$$SG = \rho / \rho_{su} \text{ (birimsiz)}$$

İş = Kuvvet × Yol. Güç ise birim zamanda yapılan iştir.

$$W = F \cdot x$$

İş; kuvvet (N) ile alınan yolun (m) çarpımı. Birim: Joule (J).

$$W = P \cdot V$$

Hidrolikte iş = basınç × hacim (çünkü $F = P \cdot A$ ve $V = A \cdot x$).

$$P_g = \frac{W}{t}$$

Güç: birim zamanda yapılan iş. Birim: J/s = Watt (W).

$$P_g = P \cdot Q$$

Hidrolik güç = basınç × debi. Pratikte en çok kullanılan ifade.

Pistonun Yaptığı İş ve Güç

SORU Pistonun yaptığı işi (kJ) ve hidrolik gücü (kW) bulun.

VERİLENLER

$$P = 7 \text{ kPa}$$

$$x = 2 \text{ m}$$

$$D = 0,2 \text{ m} \rightarrow r = 0,1 \text{ m}$$

$$t = 11 \text{ s}$$

ÇÖZÜM

$$A = \pi r^2 = 3,14 \cdot 0,1^2 = 0,0314 \text{ m}^2$$

$$W = PAx = 7 \cdot 0,0314 \cdot 2 = 0,44 \text{ kJ}$$

$$P_g = \frac{W}{t} = \frac{0,44}{11} = 0,04 \text{ kW}$$

SONUÇ $W = 0,44 \text{ kJ}, P_g = 0,04 \text{ kW}$

Debi (Q): Süreklilik Kuralı

■ **Tanım** Birim zamanda bir kesitten geçen akışkan hacmi. $Q = V/t = A \cdot v$.

■ **Sıvı sıkışmaz** Bu yüzden boru daralsa da debi değişmez: $Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = A_3 \cdot v_3$.

■ **Sonuç** Kesit küçülünce hız artar, kesit büyüyünce hız azalır.

Süreklilik: Kesit Daralınca Hız Artar



Şekil Sıvı sıkışmadığı için debi (Q) sabittir: $Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$. Kesit yarıya inince ($D: 10 \rightarrow 5$ cm) hız 4 katına çıkar: $0,06 \rightarrow 0,24$ m/s.

Boru Daralınca Hız Nasıl Değişir?

SORU 10 cm borudaki hız 0,06 m/s ise, 5 cm'lik kesitte hız ne olur?

VERİLENLER

$$D_1 = 10 \text{ cm} \rightarrow r_1 = 0,05 \text{ m}$$

$$v_1 = 0,06 \text{ m/s}$$

$$D_2 = 5 \text{ cm} \rightarrow r_2 = 0,025 \text{ m}$$

$$v_2 = ?$$

ÇÖZÜM

$$A_1 = \pi r_1^2 = 0,008 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \pi r_2^2 = 0,002 \text{ m}^2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{0,008 \cdot 0,06}{0,002}$$

SONUÇ $v_2 = 0,24 \text{ m/s} (\times 4)$

Temel Hidrolik Sistem

“Bir araya gelmek başlangıçtır; birlikte çalışmaksa başarı.”

— Henry Ford

Pompa Gücü ve Motor Gücü

SORU (a) Hidrolik gücü (kW) bulun. (b) %60 verimle gereken elektrik motoru gücü?

VERİLENLER

$$Q = 0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P = 200 \text{ bar} = 20000 \text{ kPa}$$

$$\eta_p = \%60$$

ÇÖZÜM

$$a) P_h = P \cdot Q = 20000 \cdot 0,0002$$

$$P_h = 4 \text{ kW}$$

$$b) P_m = \frac{P_h}{\eta} = \frac{4}{0,60}$$

$$P_m = 6,67 \text{ kW}$$

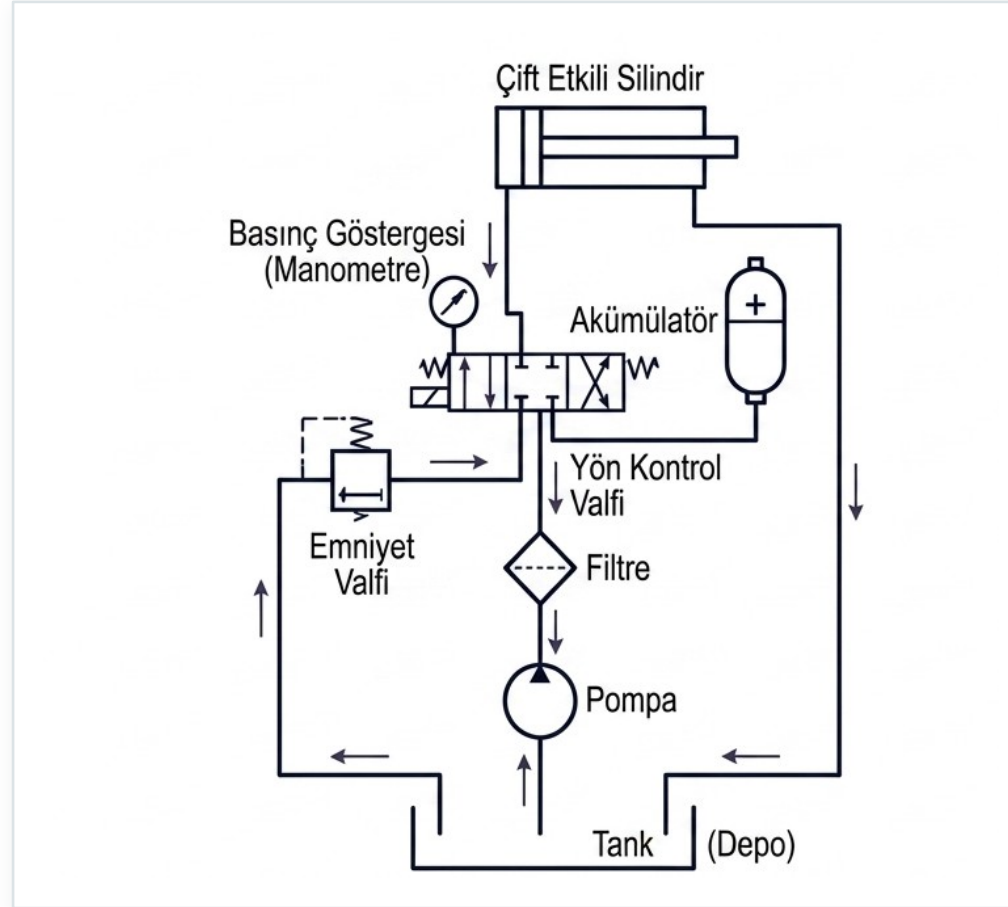
SONUÇ $P_h = 4 \text{ kW}, P_m \approx 6,67 \text{ kW}$

En Basit Hidrolik Sistem: 2 Eleman

Bir kol, bir pompa ve bir silindir: küçük kuvvetle büyük yük kaldırmanın en yalın hali.

- **Pompa** Mekanik gücü (kuvveti) hidrolik güce çevirir; akışkanı harekete geçirir.
- **Silindir** Harekete geçen akışkanı iş yapmak için kullanır; hidrolik gücü tekrar mekanik güce çevirir.
- **Çalışma** Kola kuvvet → pompa akışkanı silindire iter → basınç pistonu iter → yük kalkar.

Açık Devreli Hidrolik Sistemin Tam Şeması



Şekil Standart sembollerle: depo, pompa, filtre, emniyet valfi, yön kontrol valfi, akümülatör, manometre ve çift etkili silindir. Oklar akışkanın devredeki dolaşım yönünü gösterir.

Sisteme Eklenen 4 Temel Eleman

01 Depo (Tank)

Akışkanı biriktirir. Hava açıklığı sayesinde sıvı yerçekimi ve atmosfer basıncıyla pompaya iletilir.

02 Çek valf

Akışkanı depoda tutar, geri dönüşü engeller; tek yönlü akışa izin verir.

03 Yön kontrol valfi

Akışa yön verir; akışkanı silindire ya da geri depoya gönderir.

04 Basınç/emniyet valfi

Aşırı basınçta açılır, fazla akışkanı depoya yollar; sistemi korur.

Açık Devreli Sistem Nasıl Çalışır?

- **Dişli pompa** Motorun dönme kuvvetini hidrolik güce çevirir.
 - **Valf nötrde** Pompadan gelen akışkan depoya döner; silindir sabit kalır.
 - **Valf aşağı** Akışkan silindirin altına gider, yük yukarı kalkar; üstteki akışkan depoya döner.
 - **Valf yukarı** Akışkan silindirin üstüne gider, piston aşağı iner; alt taraf depoya bağlanır.
-

Emniyet Valfinin Görevi

■ Sistemi yüksek basınçtan korur; normalde kapalıdır.

■ Gerekli basıncın üstüne çıkılırsa açılır.

■ Fazla akışkanı depoya yönlendirerek basıncı normale düşürür.

■ **Önemi** Pompa her strokta az akışkan gönderir ama kaldırılan yük uygulanan kuvvetten çok büyüktür — bu yüzden basınç sınırı kritiktir.

Tam Donanımlı Hidrolik Sistemin Elemanları

01 Depo

Akışkanı depolar.

02 Pompa

Sisteme akış sağlar.

03 Filtre

Toz, talaş ve yabancı maddeleri ayırır.

04 Basınç ayar valfi

Basıncı belirli seviyede tutar.

05 Akümülatör

Şok ve dalgalanmaları sönümler, enerji depolar.

06 Çek valf

Akışı istenen yönde tutar.

07 Manometre

Akışkan basıncını gösterir.

08 Yön kontrol valfi + silindir

Akışa yön verir; motor/silindir işi yapar.

Hidrolik Elemanlar

“Bütün, parçalarının toplamından daha fazladır.”

— Aristoteles

Hidroliğin Olumlu ve Olumsuz Yönleri

AVANTAJLAR

- Esneklik: güç her yöne kolayca iletilir.
- Kuvvet artımı: küçük kuvvetle ağır yükler.
- Basitlik: az parça, düşük aşınma, kendi kendini yağlar.
- Küçük motor boyutu, büyük güç iletimi.
- Emniyet: emniyet valfleriyle aşırı yük kontrolü.
- Kolay kontrol: titreşimsiz, sessiz, uzaktan kumanda.

DEZAVANTAJLAR

- Temizlik şart: pas, kir, ısı ve sızıntıya duyarlı.
- Düzenli bakım gerektirir.
- Sürtünme direnci yüksek olduğu için akışkan uzak mesafeye taşınmaz.
- Sızıntılar kirlilik ve verim kaybı yaratabilir.

Hidrolik Nerede Kullanılır?

01 Endüstri

Takım tezgâhları, presler, kaldırıncılar, plastik enjeksiyon, iş makineleri, tarım makineleri, krenler.

02 Demir-çelik & Madencilik

Çelik haddehaneleri, maden ocakları.

03 Denizcilik

Liman yükleme-boşaltma, gemi dümen kontrolü, güverte krenleri.

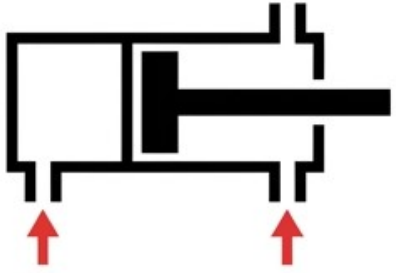
04 Özel alanlar

Teleskoplar, haberleşme uyduları, uçaklar.

05 Enerji üretimi

Enerji santralleri, barajlar, türbinler.

Silindirler • Akümülatörler • Filtreler



Silindirler & Motorlar (Eylem)

Tek Etkili: Yay veya ağırlıkla döner.

Çift Etkili: İleri ve geri hareket akışkanın kontrolündedir.

Hidrolik Motor: Dairesel devrim.



Akümülatörler (Kolektif Hafıza)

Görevleri:

- Enerji depolar
- Şokları sönümler
- Sızıntı/kayıpları telafi eder
- Çalışma basıncını sabitler



Filtreler (Arınma)

Yüzey Tipi: Kir yüzeyde kalır, çabuk tıkanır.

Derinlik Tipi: Sünger gibi emer, devasa tutma kapasitesi.

Konumlar: Emiş, Basınç, Dönüş hattı.

Şekil Üç temel sistem organı: doğrusal hareketi sağlayan silindir, enerji depolayan akümülatör ve akışkanı arıtan filtre.



Hidrolik Silindirler

Sistemin 'kolu': akışkan gücünü doğrusal mekanik harekete çevirir.

Tek Etkili vs. Çift Etkili Silindir

TEK ETKİLİ

- Yalnızca tek yönde kuvvet üretir.
- Akışkan pistonun tek yüzeyine etki eder.
- Geri dönüş: yay, yerçekimi veya dış kuvvetle.
- Dalgıç (ram) tip: piston yerine kalın piston kolu; eğilmeye dayanıklı.

ÇİFT ETKİLİ

- Her iki yönde kuvvet üretir.
- Akışkan önce bir uca, sonra diğer uca gönderilir.
- Hem piston başı hem piston kolu sızdırmaz olmalı.
- Bir taraftaki akışkan iterken diğer taraf depoya döner.

Silindir İçinde Neler Var?

■ **Sızdırmazlık elemanları** Piston zerindeki sekman, kuru tarafa akışkan geçişini önler.

■ **Sıyırıcı bilezik** Piston kolundan dışarı sızmaya çalışan akışkanı engeller.

■ **Hava deliği** Pistonun rahat hareketi ve vakum oluşmaması için hava giriş-çıkışını sağlar.

Doğrusal Değil, Dairesel Hareket

■ **Görev** Hidrolik enerjiyi dairesel harekete çevirir; basınçlı akışkan döner elemanı çevirir, mile dönme verir.

■ **Tipleri** Dişli, kanatlı (paletli) ve pistonlu motorlar.

■ **Pompa-motor ilişkisi** Motor, pompanın tersini yapar: pompa akışkana hareket verir, motor akışkanla döner.

■ **Pratik** Devreyi tamamlamak için pompa ve motor birlikte kullanılır; parçaları çoğu zaman değiştirilebilir.



Akümülatörler

Hidrolik enerjiyi basınç altında depolayan elemanlar — bir yay gibi.

Akümülatörün 4 Temel Görevi

0a Akışkan depolar

Gerektiğinde kullanmak üzere bir miktar akışkanı basınç altında tutar.

0b Şok sönümler

Sistemde oluşan ani darbe ve şokları etkisiz hale getirir.

0c Kaçağı telafi eder

Sızıntı nedeniyle düşen basıncı tamamlayarak sistemi besler.

0d Basıncı sabitler

Çalışma basıncındaki iniş-çıkışları dengeler.

Çalışma Prensibine Göre

- **Ağırlıklı** Sabit yük uygular; basıncı sabit tutmak için en uygundur.
- **Yaylı** Yay kuvvetiyle basınç oluşturur.
- **Gazlı tipler** Pistonlu, balonlu ve diyaframlı akümülatörler — gaz yastığıyla çalışır.
- **Çalışma** Normal dönemde akışkan depolar, pik anlarda sistemi besler; her pikten sonra pompa onu yeniden doldurur.

Depo • Borular • Akışkan

Depo (Tank)

Akışkanın toplandığı ve dinlendiğı elemandır; sistemin rezervuarıdır.

Borular & Hortumlar

Akışkanı pompadan elemanlara taşır. Maksimum basınca ve ani şoklara dayanmalıdır.

Hidrolik Akışkan

Güç iletim aracıdır. İlk akışkan sudur; zayıf özellikleri ve paslanma nedeniyle bugün çoğunlukla hidrolik yağ kullanılır.



Filtreler

Akışkanı toz, kir ve pislikten arındırır — hassas elemanları korur.

Temizleme Yöntemine Göre

YÜZEY TİPİ

- Tek bir temizleme yüzeyi vardır.
- Kir, yüzeyde dışarıda tutulur.
- Büyük partiküller tabanda toplanır, küçükler yüzeye yapışır.
- Sık temizlenmeli; verimi düşük, pahalı.

DERİNLİK TİPİ

- Büyük hacimli filtre elemanı kullanır.
- Absorbent: sünger gibi mekanik emer (pamuk, kâğıt, kuvars).
- Adsorbent: kimyasalla temizler (kimyevi kâğıt, mangal kömürü).
- Daha yüksek tutma kapasitesi.

Devredeki Yerine Göre Filtreler

01 Emiş filtresi

Pompa emiş hattında, depo içinde. Pislikleri kabaca süzer; tıkanırsa pompa zorlanır, hava basar.

02 Basınç filtresi

Pompadan sonra. Korunması gereken elemanlara temiz sıvı gönderir; paslanmaz, dayanıklı, pahalı.

03 Dönüş hattı filtresi

Depoya dönen yağı temiz tutar. Çalışmada oluşan kiri tutar; basıncı düşüktür.

Filtre Seçerken Bakılan Faktörler

■ Süzme kapasitesi (mikron) ve filtre edilecek akışkanın debisi

■ Basınç durumu ve çalışma basıncı

■ Filtre elemanının çeşidi

■ Çalışma sıcaklığı ve yağın viskozitesi

■ Montaj kolaylığı ve ekonomiklik

Hidrolik Semboller

“Hayatta en hakiki mürşit ilimdir.”

— Mustafa Kemal Atatürk

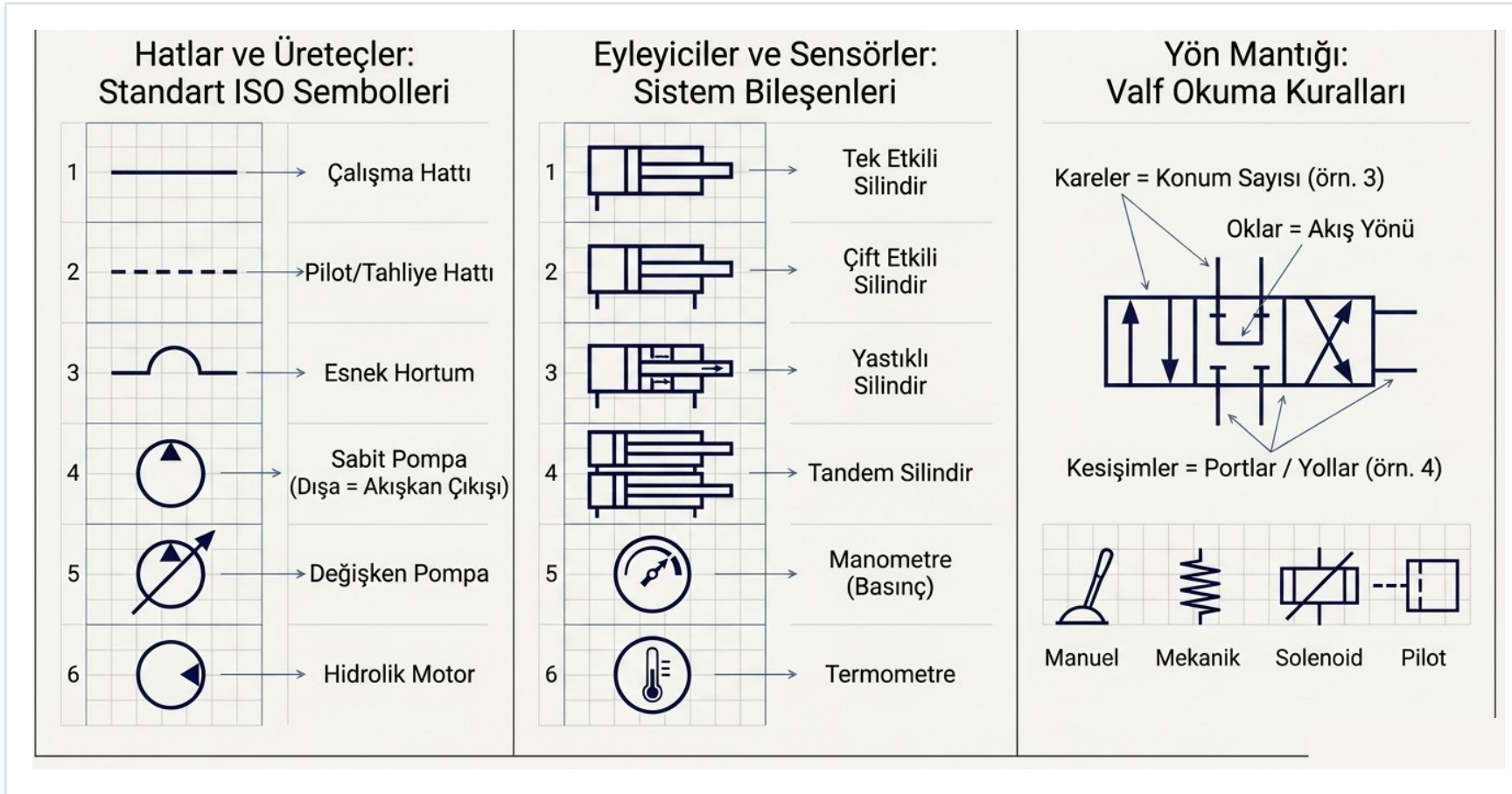
Neden Sembol Kullanırız?

■ **Standart dil** Hidrolik elemanlar fonksiyonlarına uygun standart sembollerle gösterilir.

■ **Amaç** Karmaşık devreleri herkesin aynı şekilde okuyup çizebilmesini sağlar.

■ **Bu hafta** Hat tipleri, pompa/motor, ölçü aletleri, silindirler ve valf sembolleri.

Standart Hidrolik (ISO) Sembolleri



Şekil Üç grup: hatlar ve üreticiler (pompa, motor); eyleyiciler ve sensörler (silindir, manometre); yön mantığı ve kumanda tipleri (manuel, mekanik, selenoid, pilot).

Hat ve Bağlantı Türleri

Çalışma hattı

Sürekli düz çizgi; akışkanın ana güç hattı.

Pilot (uyarı) hattı

Kesik çizgi; valfleri uzaktan kumanda eden sinyal hattı.

Sızıntı hattı

Kesik çizgi; iç sızıntının depoya dönüş hattı.

Bükülebilir boru

Hortum; hareketli bağlantılar için esnek hat.

Açma-kapama vanası

Akışı elle açıp kapatan basit vana.

Kör tapa

Kullanılmayan bağlantıyı kapatan eleman.

Pompa ve Motor Sembolleri

01 Sabit debili pompa

Tek/çift akış yönlü; içi dolu üçgen dışarı bakar (akışkanı dışarı iter).

02 Değişken debili pompa

Üzerinde eğik ok; debisi ayarlanabilir.

03 Hidrolik motor

Üçgen içeri bakar (akışkan içeri girer, mili döndürür); tek/çift dönüş yönlü.

04 Değişken kapasiteli motor

Üzerinde eğik ok; kapasitesi ayarlanabilir.

Ölçüm Sembolleri

Manometre

Akışkan basıncını ölçer ve gösterir.

Termometre

Akışkan sıcaklığını ölçer.

Debimetre

Birim zamanda geçen akışkan miktarını (debi) ölçer.

Silindir Çeşitlerinin Sembolleri

01 Tek / çift etkili

Tek etkili: akışkan tek yüzeye etki eder. Çift etkili: iki yüzeye etki ederek ileri-geri hareket.

02 Yastıklamalı

Piston strok sonunda yavaşlatılır; darbeyi önler. Tek/çift, sabit/ayarlanabilir olabilir.

03 Tandem

Bir piston koluna iki piston; çap/basınç artırmadan büyük kuvvet.

04 Teleskopik

İç içe silindirler; boyun uzayıp kısaldığı uygulamalarda kullanılır.

Yön Kontrol Valfi Nasıl Kumanda Edilir?

- **İnsan gücü** Genel, butonla, kolla, pedalla.

- **Mekanik** Kremayer, pim, makara, yay ile.

- **Elektrik** Tek/çift sargılı bobin (selenoid), elektrik motoru ile.

- **Akışkan** Hidrolik/pnömatik basınç uygulayarak veya düşürerek.

- **Kombine** Elektro-hidrolik, elektro-pnömatik, elle+elektrikle kontrol.

Yön Kontrol Valfini Okumak

- **Kareler = konumlar** Her kare bir konumu (sol-merkez-sağ) ifade eder.
 - **Çizgi ve oklar** Kare içindeki çizgiler akış hatlarını, oklar akış yönünü gösterir.
 - **Yollar** Karelerden taşan çizgiler kaç 'yollu' olduğunu belirtir. Örn: 4/3 = 4 yollu 3 konumlu.
 - **Harf kodları** A,B,C: çalışma hattı · P: basınç · R,S,T: dönüş · X,Y,Z: pilot · L: sızıntı.
-

Kontrol Valfi Sembolleri

01 Basınç kontrol valfleri

Sıralama, düşürme, boşaltma ve emniyet valfleri. Normalde açık/kapalı olabilir.

02 Emniyet valfi

Sabit veya ayarlanabilir kapasiteli; sistemi aşırı basınçtan korur.

03 Akış kontrol valfi

Ayar vidasıyla kesit değiştirilir, debi ayarlanır → silindir hızı/motor devri kontrol edilir.

04 Çek valfli akış kontrol

Bir yönde kısma yapar, ters yönde serbest geçiş sağlar.

Pnömatiğe Giriş

“Doğaya, ancak ona boyun eğerek hükmedebiliriz.”

— Francis Bacon

Pnömatik Nedir?

■ **Tanım** Basınçlı ve kontrol edilebilen gaz (genellikle hava) ile çalışan sistemler.

■ **Kelime kökeni** 'Pnöma' Yunancada hava ve rüzgâr demektir.

■ **Akışkan** Sıkıştırılmış hava — atmosferden sınırsızca elde edilir.

■ **Kuvvet ilkesi** Sistem ne kadar çok iş yaparsa, etki eden kuvvet de o kadar büyüktür.

Pnömatikte kuvvet, iş ve güç hidroliktekiyle aynı mantıkla hesaplanır.

$$F = P \cdot A$$

Kuvvet = basınç × piston kesit alanı.

$$W = F \cdot x$$

İş = kuvvet × yol. Birim: Nm = Joule.

$$P_g = \frac{W}{t}$$

Güç = iş / zaman. Birim: J/s = Watt.

Pnömatiğin Dayandığı Gaz Kanunları

01 İdeal gaz kanunu

$PV = mRT$. Basınç, hacim, kütle ve sıcaklığı birbirine bağlar. R: gaz sabiti.

02 Boyle-Mariotte

Sabit sıcaklıkta basınç ve hacim ters orantılı: $P_1V_1 = P_2V_2$.

03 Gay-Lussac

Sabit hacimde basınç, sıcaklıkla doğru orantılı: $P_1/T_1 = P_2/T_2$.

04 Charles

Sabit basınçta hacim, sıcaklıkla doğru orantılı: $V_1/T_1 = V_2/T_2$.

Problem Çözerken Dikkat!

Bu iki kuralı unutmak, gaz kanunu problemlerinde en sık yapılan hatadır.

- **Sıcaklık** Daima Kelvin (K) kullanılır. $K = ^\circ\text{C} + 273$.
- **Basınç** Daima MUTLAK basınç kullanılır (gösterge basıncı değil).
- **Mutlak basınç** Mutlak = Gösterge basıncı + Atmosfer basıncı.

Hacim Yarıya İnerse Basınç?

SORU Sıcaklık ve kütle sabitken hava 1 L'den 0,5 L'ye sıkıştırılırsa basınç ne olur?

VERİLENLER

$$P_1 = 101,3 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 1 \text{ L}$$

$$V_2 = 0,5 \text{ L}$$

$$T = \text{sabit}$$

ÇÖZÜM

$$\text{Boyle: } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{101,3 \cdot 1}{0,5}$$

SONUÇ $P_2 = 202,6 \text{ kPa} (\times 2)$

Isınan Kazanda Basınç

SORU Gece 10°C / 3 bar gösterge olan kazan, gündüz 50°C'ye çıkarsa basınç (bar)?

VERİLENLER

$$P_1 = 3 + 1 = 4 \text{ bar}$$

$$T_1 = 10 + 273 = 283 \text{ K}$$

$$T_2 = 50 + 273 = 323 \text{ K}$$

$$V = \text{sabit}$$

ÇÖZÜM

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$P_2 = 4 \cdot \frac{323}{283}$$

SONUÇ $P_2 \approx 4,57 \text{ bar (mutlak)}$

Sıkıştırılan Havanın Gösterge Basıncı

SORU Hava 10 L→2 L sıkışıp 15°C→45°C ısınrsa gösterge basıncı (kPa)?

VERİLENLER

$$P_1 = 101,3 \text{ kPa}, V_1 = 10 \text{ L}$$

$$T_1 = 15 + 273 = 288 \text{ K}$$

$$V_2 = 2 \text{ L}, T_2 = 45 + 273 = 318 \text{ K}$$

$$P_{atm} = 101,3 \text{ kPa}$$

ÇÖZÜM

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$P_2 = 101,3 \cdot \frac{10}{2} \cdot \frac{318}{288} \approx 559,3$$

$$P_g = 559,3 - 101,3$$

SONUÇ $P_g = 458 \text{ kPa}$

Pnömatiğin Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLAR

- Hava sınırsız ve ücretsiz; uzak mesafeye iletilebilir.
- Isıya duyarlı, yangın tehlikesi yok → sıcak ortamlarda güvenli.
- Temiz: gıda, ilaç, tekstil, kimya için ideal.
- Elemanları basit ve ucuz.
- Yüksek hız (piston 1-2 m/s); aşırı yüke karşı emniyetli.

DEZAVANTAJLAR

- Hava sıkışabilir → hassas, sabit hız zor.
- Yağlama/filtre yetersizse sürtünme ve paslanma artar.
- Düşük kuvvet: 600-700 kPa'da yalnızca 20.000-30.000 N.
- Egzoz havası sarfiyatı maliyeti artırır.
- Susturucusuz egzoz gürültü yapar.

Tipik Bir Pnömatik Sistemin Elemanları

01 Filtre + susturucu

Girişte havayı temizler, sesi azaltır.

02 Kompresör

Havayı sıkıştırır, basınç altında sevk eder.

03 Son soğutucu

Sıkışınca ısınan havayı soğutur.

04 Nem ayırıcı

Havadaki su buharını alır.

05 Basınç şalteri

Basıncı elektrik sinyaline çevirir.

06 Emniyet valfi + depo

Aşırı basıncı tahliye eder; havayı depolar.

07 Bakım ünitesi

Şartlandırıcı: filtre + regülatör + yağlayıcı.

08 Yön kontrol valfi + alıcı

Havayı yönlendirir; silindir/motor işi yapar.

Hava Hazırlama Elemanları

“Şans, yalnızca hazırlıklı zihinlere güler.”

— Louis Pasteur

Hava Ön Arıtma İşlemleri

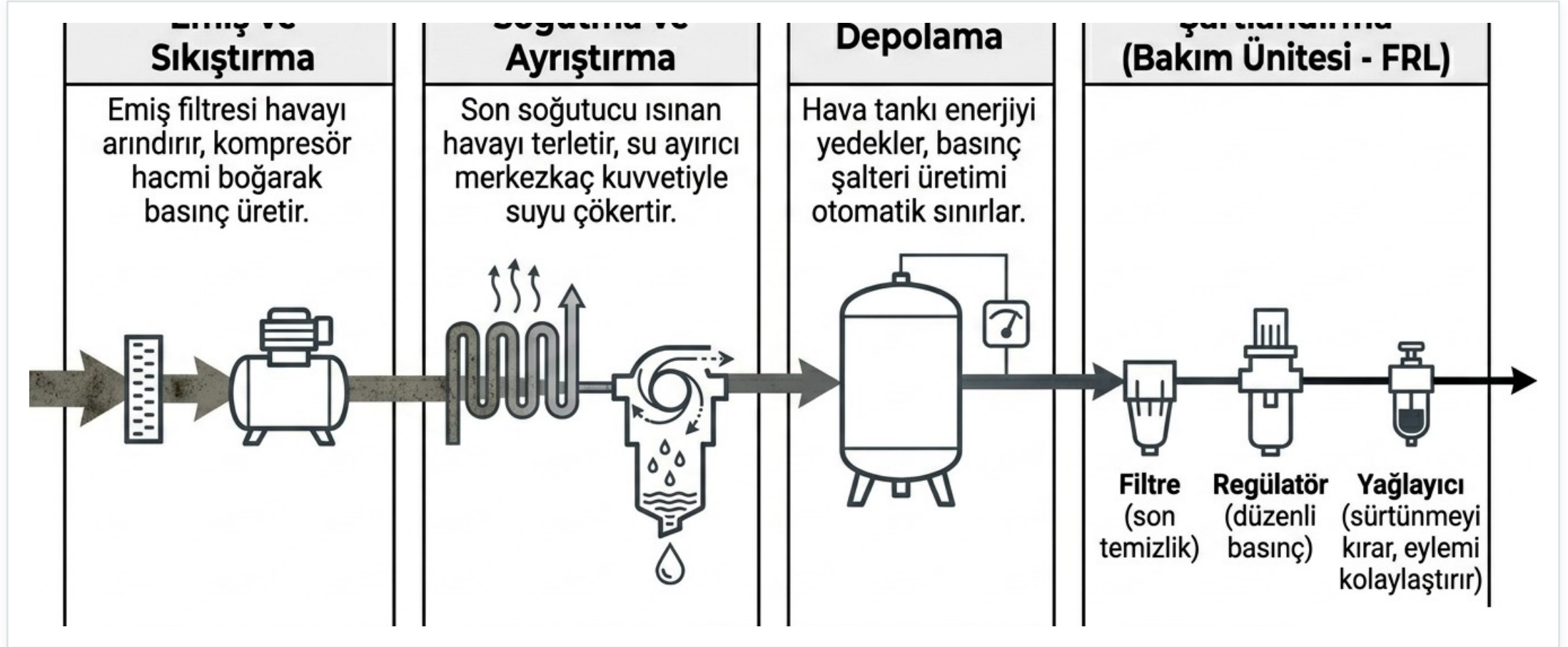
Kirli ve nemli hava; valfleri tıkar, paslanma yapar ve verimi düşürür.

■ **Amaç** Sistem elemanlarının ömrünü uzatmak için hava arıtılmalıdır.

■ **Adımlar** Filtreleme → Soğutma → Nem ve yağdan arındırma → Depolama.

■ **Sonuç** Temiz, kuru ve düzgün basınçlı hava, valf ve silindirlere zarar vermez.

Hava Hazırlama Süreci



Şekil Emiş ve sıkıştırma → soğutma ve ayırma → depolama → şartlandırma (Filtre-Regülatör-Yağlayıcı). Hava bu sırayla çalışmaya hazır hale gelir.

Emiş Filtresi • Susturucu • Kompresör

01 Emiş filtresi

Kompresöre girmeden önce havayı kir ve pislikten temizler; kompresör parçalarının aşınmasını önler.

02 Susturucu

Hava giriş ve çıkışındaki sesi emer; gözenekli malzeme ile makul düzeye indirir.

03 Kompresör

Ortam havasını sıkıştırır; hacmi azalır, basıncı artar. Sıkışan hava depoya gider.

Kompresör Nasıl Çalışır?

■ **Otomatik çalışma** Yalnızca depodaki basınç düştüğünde devreye girer.

■ **Basınç şalteri** Basınç alt sınıra düşünce motoru çalıştırır, üst sınıra çıkınca durdurur.

■ **Sınıflandırma** Pistonlu, döner elemanlı ve türbin tipi kompresörler.

Havadaki Su ve Yağı Almak

01 Son soğutucu

Sıkışınca ısınan havayı soğutur, su buharını yoğunlaştırır. Hava veya su soğutmalı olabilir.

02 Nem (su) ayırıcı

Soğutucu ile depo arasına konur. Hava girdap yapar; su tanecikleri merkezkaç ile duvara çarpıp dibe iner.

03 Yağ ayırıcı

Hava saptırıcıya çarpar, yön değiştirir; asılı yağ ve nem zerrecikleri metal kıvrımlarda çöker.

04 Kurutucu (nem alıcı)

Kalan nemi alır: soğutma, kimyasal (NaCl) veya fiziksel (silikajel) yöntemle.

Basınç Şalteri · Emniyet Valfi · Tank

01 Basınç şalteri

Hava basıncını elektrik sinyaline çevirir; motoru açıp kapatır.

02 Emniyet valfi

Basınç şalteri arıza yaparsa devreye girer, aşırı basıncı tahliye eder.

03 Hava tankı

Basıncılı havayı depolar. Yoğuşan su dipte birikir; boşaltma valfiyle düzenli atılır.

Şartlandırıcı (Bakım Ünitesi)

İhtiyaca göre bu üç elemandan biri, ikisi ya da üçü birden kullanılabilir.

■ **Tanım** Havayı kullanıma hazır hale getiren ünite: Filtre + Basınç regülatörü + Yağlayıcı.

■ **1) Filtre** Havayı son kez temizler; şartlandırıcının ilk elemanıdır.

■ **2) Basınç regülatörü** Kullanıcılara düzenli, istenen basınçta hava verir.

■ **3) Yağlayıcı** Havaya ince, asitsiz yağ zerreleri katar; sürtünmeyi azaltır, hareketi kolaylaştırır.

Yön Kontrol Valfi · Silindir · Boru Tesisatı

- **Yön kontrol valfi** Havayı yönlendirir; silindire geçen hava pistonu hareket ettirir.
 - **Alıcı (silindir/motor)** Doğrusal hareket için silindir, dairesel hareket için pnömatik motor.
 - **Hız ayarı** Akış kontrol valfleriyle giren havanın veya egzoz havasının debisi kısılarak yapılır.
 - **Boru tesisatı** Havayı sistem içinde iletir; pislik tutucular ve boşaltma vanaları içerir.
-

Nem ve Pnömatik Valfler

“Aynı nehirde iki kez yıkanamazsın.”

— Herakleitos

Havadaki Nemi Tanımlamak

01 Mutlak nem

1 m³ havada bulunan su buharı miktarı (g/m³).

02 Doyma miktarı

Belirli sıcaklıkta 1 m³ havanın taşıyabileceği MAKSİMUM su buharı.

03 Bağıl nem

Mutlak nemin doyma miktarına oranı.

Bağıl nem (%) = (Mutlak / Doyma) × 100

Sıcaklık ve Nem İlişkisi

Bu yüzden pnömatik sistemde soğuyan hava su bırakır — kurutucu bu yüzden gereklidir.

■ **Kural** Sıcaklık arttıkça hava genişler, taşıyabileceği nem artar.

■ **Soğuma** Hava soğuyunca hacmi daralır, taşıyabileceği nem azalır → yoğuşma olur.

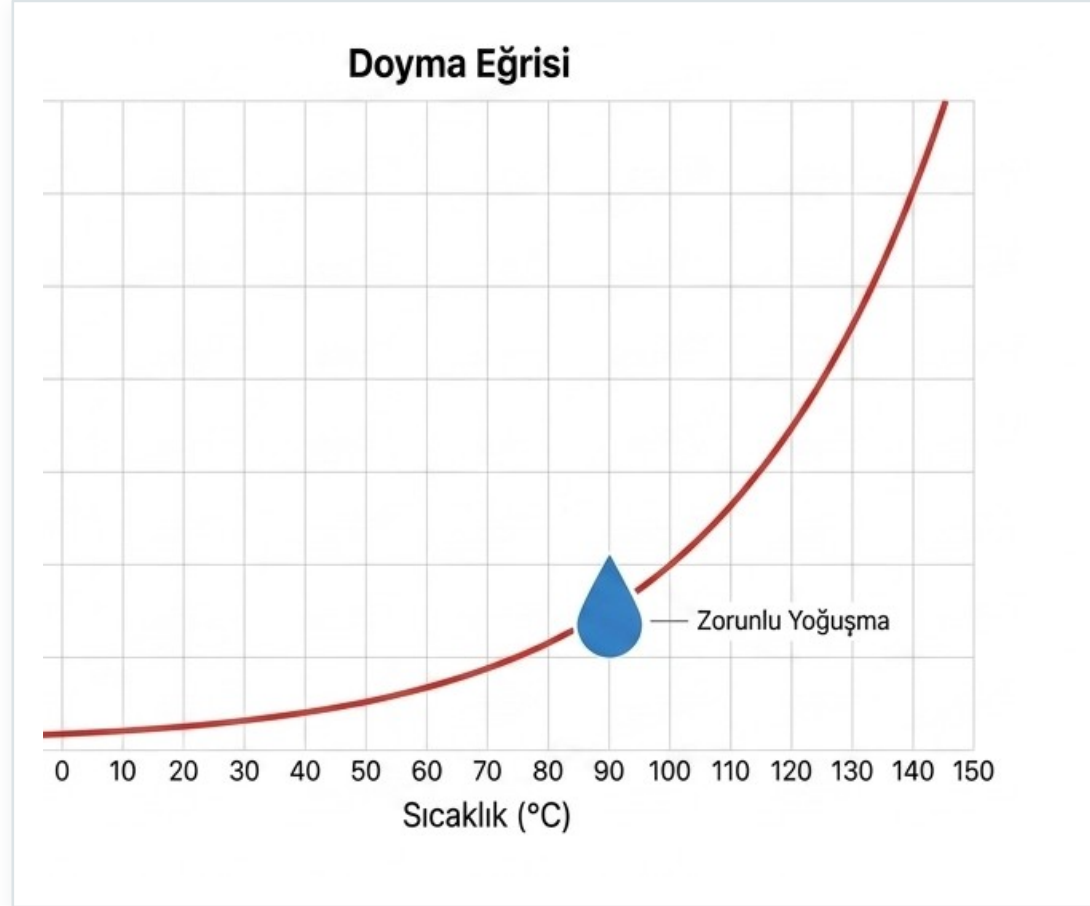
■ **Doyma eğrisi** Çeşitli sıcaklıklarda taşınabilen maksimum su buharını gösterir.

Sıcaklığa Göre Doyma Miktarı

Sıcaklık arttıkça havanın taşıyabileceği maksimum su buharı hızla artar.

Sıcaklık (°C)	Doyma Miktarı (g/m ³)
-10	2,2
15	12
40	50
65	150

Doyma Eğrisi Grafiği



Őekil Eđri, her sıcaklıkta havanın taşıyabileceği maksimum nemi gösterir. Hava soğuyunca eğrinin altına dűşer ve fazla nem yoğuşur.

ÖRNEK 1

Bağıl Nemi Hesapla

SORU 15°C'de mutlak nem 3 g/m³ ise bağıl nem (%) nedir?

VERİLENLER

Sıcaklık = 15 °C

Mutlak nem = 3 g/m³

Doyma = 12 g/m³

ÇÖZÜM

$$\phi = \frac{\text{Mutlak}}{\text{Doyma}} \times 100$$

$$\phi = \frac{3}{12} \times 100$$

$$\phi = 0,25 \times 100$$

SONUÇ $\phi = \%25$

ÖRNEK 2

Mutlak Nemi Hesapla

SORU 65°C'de bağıl nem %80 ise mutlak nem (g/m³) nedir?

VERİLENLER

Sıcaklık = 65 °C

Bağıl nem $\phi = \%80$

Doyma = 150 g/m³

ÇÖZÜM

$$\text{Mutlak} = \frac{\phi}{100} \times \text{Doyma}$$

$$\text{Mutlak} = 0,80 \times 150$$

SONUÇ Mutlak nem = 120 g/m³

Pnömatik Valf Nedir?

■ **Tanım** Havanın akışını durduran/başlatan, yönünü değiştiren, debi ve basıncı ayarlayan elemanlar.

■ **Üç ana grup** Akış kontrol valfleri, yön kontrol valfleri, basınç kontrol valfleri.

Akış Kontrol Valfleri

01 Çek valf (tek yönlü)

Havayı sadece tek yönde geçirir, ters yönü engeller. Konik eleman + yay ile kapanır.

02 Kısma valfi

Ayarlanabilir; alıcıların hızını çift yönde ayarlar (her iki yöndeki debiyi kısar).

03 Çek valfli kısma valfi

Bir yönde serbest geçiş, ters yönde kısma → tek yönlü hız kontrolü.

Yön Kontrol Valflerini Tanımlamak

- **Amaç** Hava akışını bir yerden başka yere yönlendirir; hidroliktekine benzer çalışır.

- **Bağlantı sayısı** 2, 3, 4 veya 5 yollu olabilir.

- **Konum sayısı** 2 konumlu (aç-kapa) veya 3 konumlu (sol-merkez-sağ).

- **Kumanda** Elle, mekanik, elektrik, hidrolik veya pnömatik.

- **Gösterim** Örn: 4/3 = 4 yollu 3 konumlu. Kareler konumu, oklar akış yönünü gösterir.

Basınç Sınırlama (Emniyet) Valfi

- **Sorun** Kontrolsüz sistemde kompresör çalıştıkça basınç artar → borular ve aksam patlayabilir.
 - **Çözüm** Basınç sınırlama (emniyet) valfi elemanları yüksek basınçtan korur.
 - **Çalışma** Normalde kapalıdır; basınç ayar değerine ulaştınca açılıp havayı dışarı atar, düşüncü kapanır.
 - **Ayar** Basınç değeri, valf üzerindeki ayar vidasıyla belirlenir.
-

Pnömatik Silindir ve Motorlar

“Dâhilik yüzde bir ilham, yüzde doksan dokuz terdir.”

— Thomas Edison

Pnömatik Silindir Nedir?

■ **Tanım** Basınçlı havanın basınç ve hareketini doğrusal mekanik kuvvete çeviren ünitelerdir.

■ **Dönme hareketi** Doğrusal değil dairesel hareket gerekiyorsa pnömatik motorlar kullanılır.

Tek Etkili vs. Çift Etkili

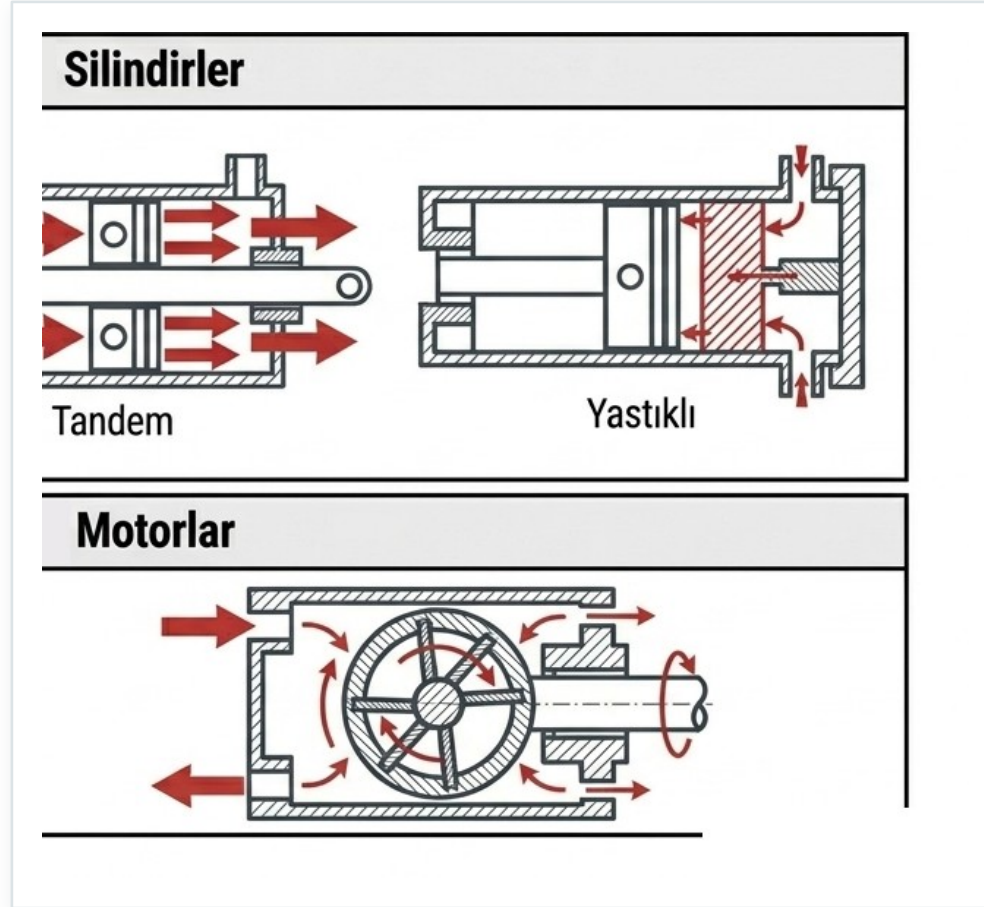
TEK ETKİLİ

- Hava pistonu tek taraftan etki eder.
- Tek yön basınçlı hava ile; hava tüketimi düşüktür.
- Geri dönüş: yay veya ağırlıkla.
- Basit ve ekonomik uygulamalar için.

ÇİFT ETKİLİ

- İki yöndeki hareket de basınçlı hava ile.
- Hava iki ayrı yerden girer, iki yüzeye etki eder.
- İleri-geri kontrollü hareket üretir.
- Çoğu otomasyon uygulamasında tercih edilir.

Pnömatik Silindir ve Motor Kesiti



Şekil Üstte doğrusal hareket üreten silindirler (tandem, yastıklı); altta sürekli dönme üreten pnömatik motor.

Özel Amaçlı Silindir Çeşitleri

01 Çift kollu

İki tarafında da mil var; ileri-geri harekette aynı kuvvetle iş yapar.

02 Tandem

Bir kol üzerinde iki/daha fazla piston; yüksek itme kuvveti sağlar.

03 Yastıklı

Strok sonunda pistonu yavaşlatır; ani durmanın oluşturacağı darbeyi önler.

04 Teleskobik / Döner

Teleskobik: iç içe farklı çaplı silindirler. Döner: açısız hareket, döner tabla ve robotlar için.

Pnömatik Motorlar

■ **Tanım** Basınçlı hava akımının kinetik ve potansiyel enerjisini sürekli dönme hareketine çevirir.

■ **Pistonlu motorlar** Döner ve aksenal tip; en yaygın kullanılan tiplerden.

■ **Kanatlı (paletli) motorlar** Basit yapı, yüksek devir.

■ **Dişli tip motorlar** Yüksek tork gereken uygulamalarda.

Hava Hazırlama Elemanlarının Sembolleri

Su ayırıcı

Elle veya otomatik kumandalı; havadan suyu ayırır.

Filtre / Kurutucu

Filtre kiri tutar; kurutucu nemi alır.

Yağlayıcı / Soğutucu

Yağlayıcı yağ katar; soğutucu havayı soğutur.

Bakım ünitesi

Filtre + regülatör + yağlayıcı bir arada.

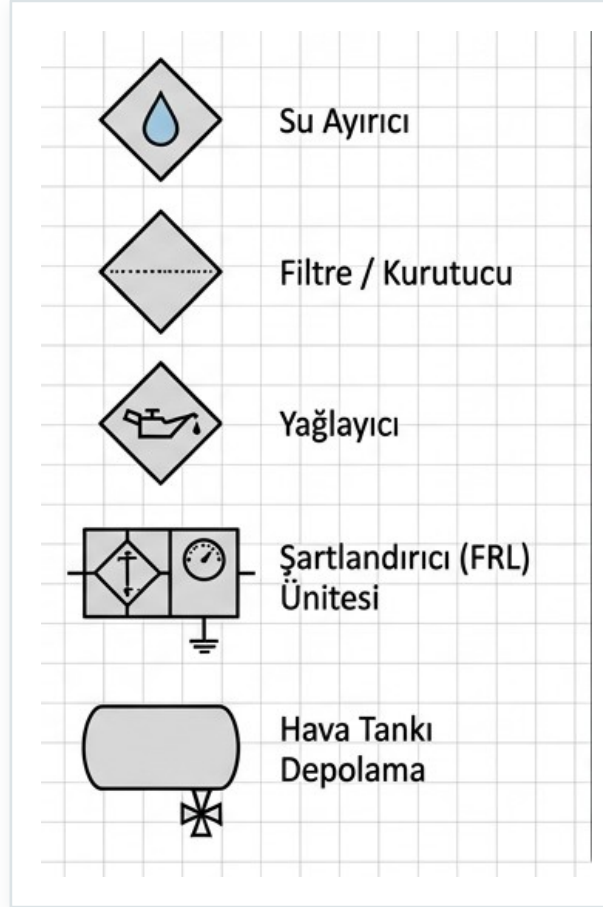
Hava deposu

Basınçlı havayı depolar.

Ölçü aletleri

Manometre, termometre, debimetre.

Pnömatik Hava Hazırlama Sembolleri



Şekil Görsel sözlük: su ayırıcı, filtre/kurutucu, yağlayıcı, şartlandırıcı (FRL) ünitesi ve hava tankı/deposunun standart ISO sembolleri.

Mutlak Nem (Bağıl Nemden)

SORU 65°C'de bağıl nem %80 ise mutlak nem (g/m³) nedir?

VERİLENLER

Sıcaklık = 65 °C

Bağıl nem $\phi = \%80$

Doyma = 150 g/m³

ÇÖZÜM

$$\text{Mutlak} = \frac{\phi}{100} \times \text{Doyma}$$

$$\text{Mutlak} = 0,80 \times 150$$

SONUÇ Mutlak nem = 120 g/m³

Charles Kanunu (Sabit Basınç)

SORU 10 L hava 10°C'den 50°C artarsa (P sabit) hacmi (L) ne olur?

VERİLENLER

$$V_1 = 10 \text{ L}$$

$$T_1 = 10 + 273 = 283 \text{ K}$$

$$T_2 = 50 + 273 = 323 \text{ K}$$

$$P = \text{sabit}$$

ÇÖZÜM

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$V_2 = 10 \cdot \frac{323}{283}$$

SONUÇ $V_2 \approx 11,77 \text{ L}$

Birleşik Gaz Kanunu

SORU Hava 10 L→2 L sıkışıp 15°C→45°C ısınırsa gösterge basıncı (kPa)?

VERİLENLER

$$P_1 = 101,3 \text{ kPa}, V_1 = 10 \text{ L}$$

$$T_1 = 288 \text{ K}$$

$$V_2 = 2 \text{ L}, T_2 = 318 \text{ K}$$

$$P_{atm} = 101,3 \text{ kPa}$$

ÇÖZÜM

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_2 = 101,3 \cdot \frac{10}{2} \cdot \frac{318}{288} \approx 559,3$$

$$P_g = 559,3 - 101,3$$

SONUÇ $P_g = 458 \text{ kPa}$