

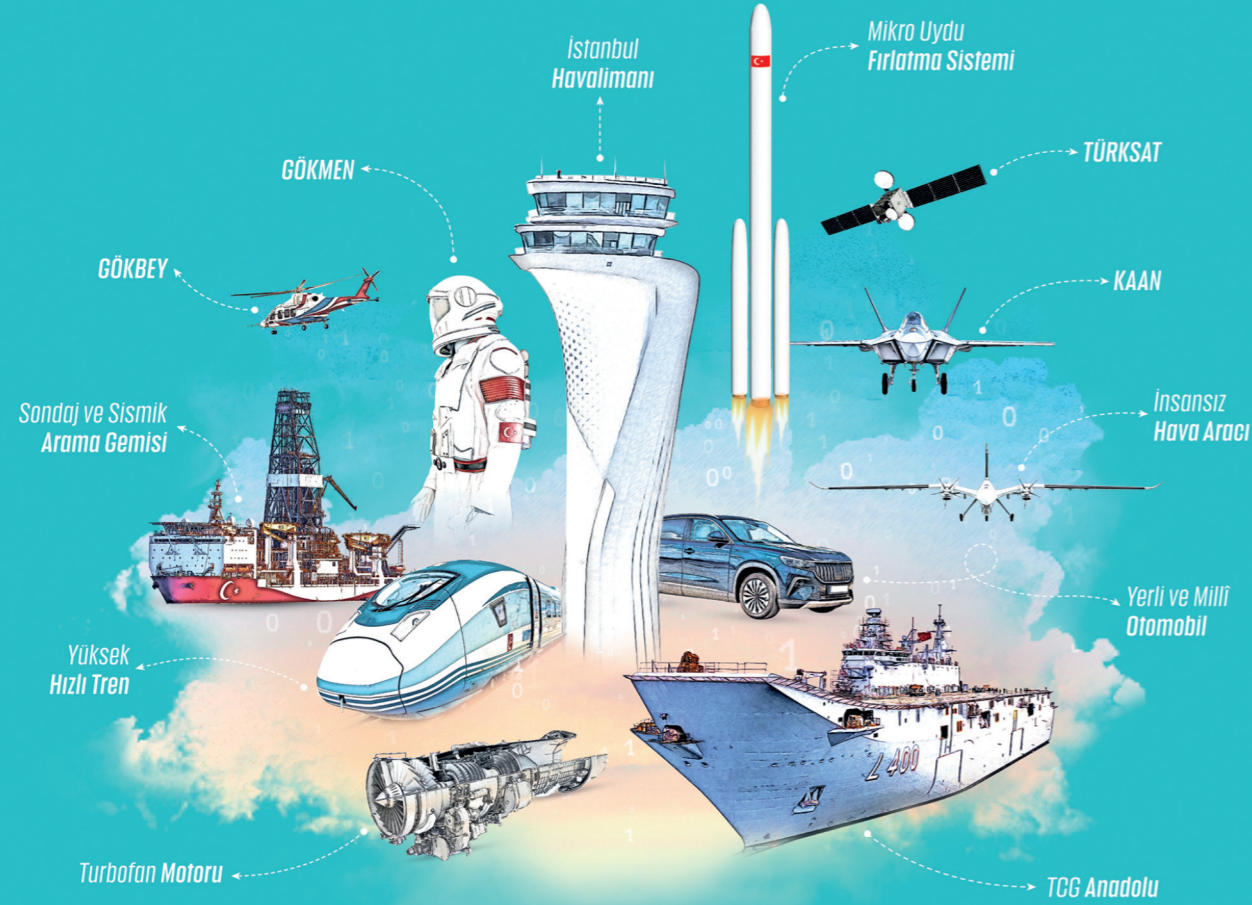
Bu kitaba sığmayan  
daha neler var!

**eba**  
www.eba.gov.tr



Karekodu okut, bu kitapla  
ilgili EBA içeriklerine ulaş!

*Teknoloji Yolculuğumuz*



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA  
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.  
PARA İLE SATILAMAZ.**

ISBN: 978-975-11-6848-1

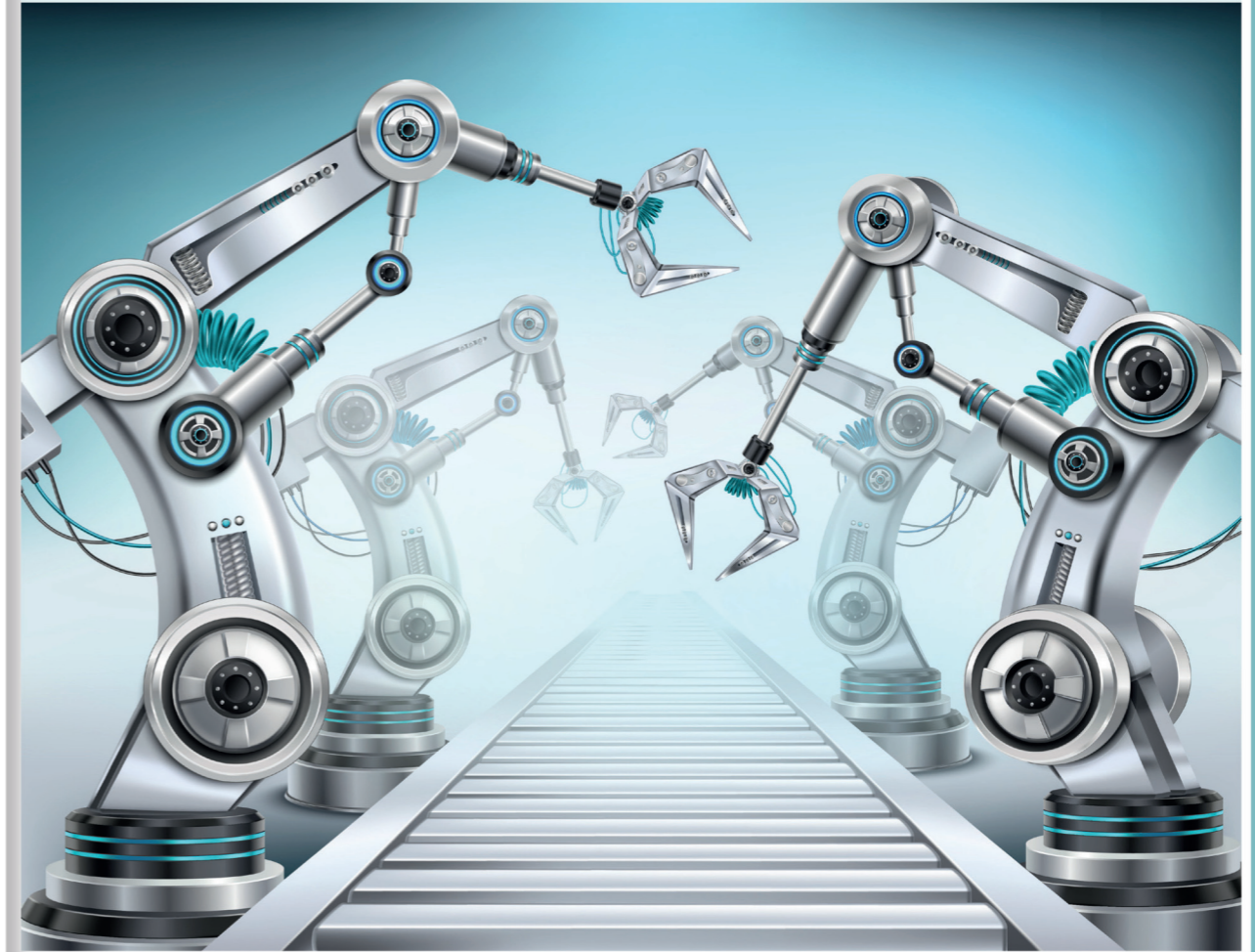
Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin  
İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

MAKİNE VE TASARIM TEKNOLOJİSİ ALANI HİDROLİK-PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMLERİ 11 DERS MATERYALI

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

**MAKİNE VE TASARIM  
TEKNOLOJİSİ ALANI**

**11**  
DERS MATERYALI



**HİDROLİK-PNÖMATİK DEVRE  
ÇİZİMLERİ**



**MESLEKİ VE TEKNİK  
ANADOLU LİSESİ**

MAKİNE VE TASARIM TEKNOLOJİSİ ALANI

# HİDROLİK-PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMLERİ

11. Sınıf Ders Materyali

Yazarlar

Burhan KARAYEL

Kenan KÖYYAR

Tuncay YAYLA



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI .....8579  
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ .....2471

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

### HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI	Ahmet ÇETİN
PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI	Murat DAĞ
GÖRSEL TASARIM UZMANI	Kadri Cengiz ERHAN

ISBN: 978-975-11-6848-1

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

### BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.  
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20  
Kahramankazan/Ankara  
Sertifika No: 49599



## İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;  
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.  
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;  
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!  
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?  
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.  
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.  
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!  
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.  
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,  
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.  
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,  
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;  
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.  
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;  
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:  
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.  
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:  
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?  
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!  
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,  
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:  
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.  
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-  
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,  
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,  
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;  
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!  
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.  
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;  
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;  
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

**Mehmet Âkif Ersoy**

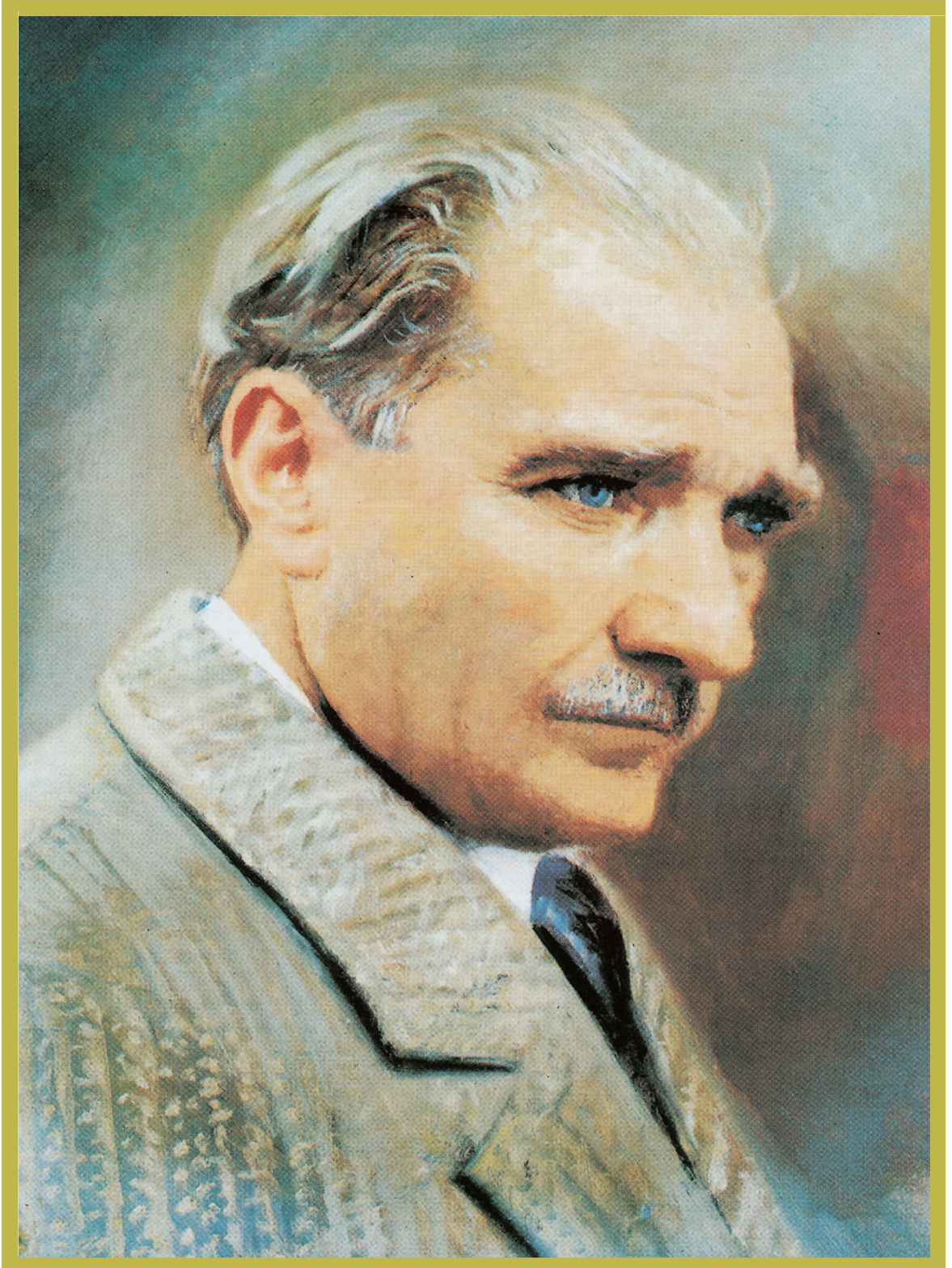
## GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaî bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK



# DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme biriminin  
numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin  
adını gösterir.



Öğrenme biriminin  
karekodunu gösterir.

Öğrenme biriminin  
konularını gösterir.

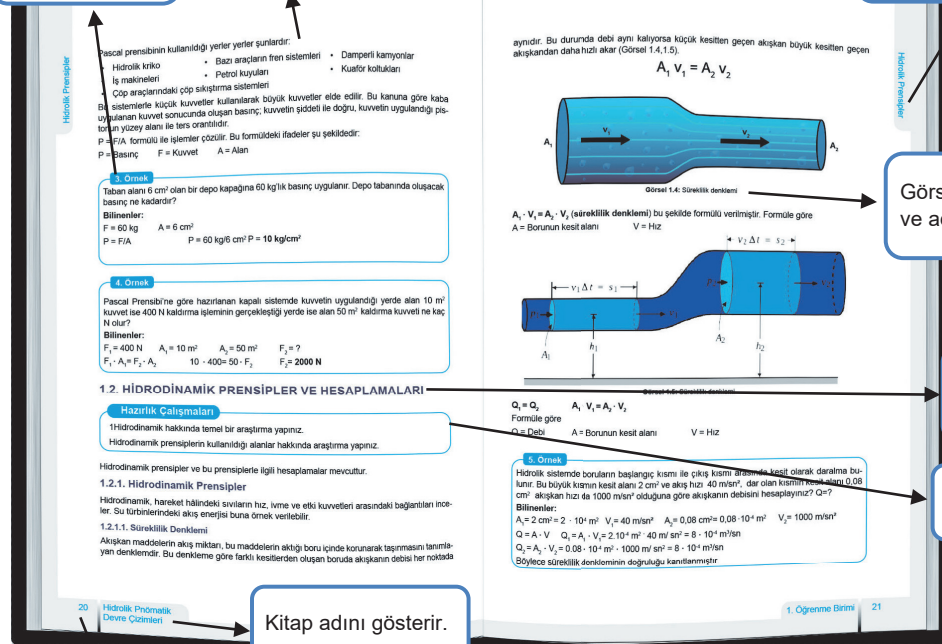
Öğrenme biriminin  
kazanımlarını gösterir.

Öğrenme biriminin  
temel kavramlarını  
gösterir.

Örnek numarası  
gösterir.

Konu anlatımını  
gösterir.

Öğrenme biriminin  
adını gösterir.



Görsel numarası  
ve adını gösterir.

İkinci seviye konu  
başlığını gösterir.

Hazırlık sorularını  
gösterir.

Kitap adını gösterir.

Sayfa numarasını  
gösterir.

## DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme birim sonu kontrol listesini gösterir.

Ölçme değerlendirme soru numarasını gösterir.

Ölçme değerlendirme soru bölümünü gösterir.

**KONTROL LİSTESİ**

Phnömatik Devreler

Aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri "Evet", kazanmadığınız becerileri "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Gözlenecek Davranışlar/Ölçümler	EVET	HAYIR
Phnömatik sistemlerin üstünlükleri ve olumsuz yönleri hakkında bilgi verir.		
Phnömatik kullanılan birimlerin dönüştürülmesini sağlar.		
Phnömatik sistemlerin kullanım alanlarını açıklar.		
Basıncın tanımını yapar ve basıncı etkileyen parametreleri açıklar.		
Basıncı, sıcaklık ve hacim arasında bağıntı kurarak hesaplamalar yapar.		
Debi hesaplamalarını yapar.		
Phnömatik sistemin kısımlarını açıklar.		
Phnömatik sistemlerde kullanılan şartlandırıcının görevini açıklar.		
Phnömatik silindirlere görevlerini bilir.		
Yapılacak işin niteliğine göre pnömatik silindir seçimi yapar.		
Phnömatik silindirlere kuvvet hesaplamalarını yapar.		
Phnömatik motorların çalışma prensabını ve pnömatik motor çeşitlerini bilir.		
Phnömatik sistemlerde kullanılan valflerin çalışmalarını ve görevini bilir.		
Phnömatik sistemlerde kullanılan devre elemanlarının sembollerini çizer.		
Phnömatik sistemlerin devre şemasını çizer.		
Hidro-Pnömatik sistemlerin devre şemasını çizer.		

**DEĞERLENDİRME**

Değerlendirme sonunda "Hayır" işaretindeki cevaplarınızın bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmeyediğiniz veya eksik olduğunuz konularda öğrenimcilerden yardım alın.

184 Hidrolik Pnömatik Devre Çözümleri

**ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME**

Phnömatik Devreler

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Atmosfer havasının ajırıldığından oluşan basınca ..... adı verilir.
2. Belirli bir kesitten akan akışkanın debisi, ..... ve ..... bağıli olarak değişir.
3. Basıncı hava üreten naknelere ..... adı verilir.
4. Şartlandırıcı üzerinde ..... ve ..... olmak üzere 3 adet eleman kullanılır. Pnömatik devrenin özelliğine göre bu sayı değişebilir.
5. Basıncı maksimum değere ulaştığında kazan üzerinde bulunan ..... kompresörün çalışmasını durdurur.
6. .... yüksek ilme kuvvetlerinin elde edilmesini amaçlayan silindirin çeşididir.
7. Yüksek hızlarda çalışan silindirlere kurs sonlarında pistonun silindir kapaklarına çarpması sonucu darbe oluşur. Silindirlere üzerinde oluşan darbelerin alınması için yapılan işleme ..... adı verilir.
8. .... silindir içinden silindir dışına çıkmak isteyen basıncı havanın sızmasını önlemek amacıyla kullanılır.
9. .... pistonun bir tarafından diğer tarafa hava geçişini önlemek amacıyla kullanılır.
10. .... silindirin iki yöndeki hareketi basıncı hava ile sağlanır. Pnömatik sistemlerde en fazla kullanılan silindir türüdür.
11. Pistonlu pnömatik motorlar belirli sayıda piston ..... kazandığı doğru hareketin, ..... harekete dönüştürülmesi prensibine göre çalışır.
12. Radyal pistonlu motora dönme hareketi pistonlar tarafından ..... vasıtasıyla oluşturulur.
13. .... pnömatik devrelerde alıcılardan hızlarını tek yönlü ayarlamak amacıyla kullanılır.
14. Hava geçişini sağlayan havanın akış yönünü belirleyen, işi biten havanın atmosfere atılmasını sağlayan devre elemanına ..... denir.
15. Valf gövdesi konuma alınmış hava geçiş sağlar. Bu konumda ..... kapalıdır.
16. Basıncı ayar valfi (kapama valfi) devre elemanlarının ..... ayarlamak amacıyla kullanılır.
17. Hidrolik akışkanların silindirlenmez özellikte olması, piston hareketi hızını ..... olmasını sağlar.
18. .... bakımda hava kazancı altında bulunan boşaltma musluğuyla açık konuma getirilerek biriktirilen boşaltmasını sağlar.
19. .... balmda şartlandırıcı üzerinde ya da bağımsız olarak kullanılan yağlayıcıların yağ seviyeleri kontrol edilip tamamlanmalıdır.
20. Silindir hareketi için kontrol valflerinin egzoz çıkışlarından hava gelmesi ..... ya da ..... sorun var demektir.

3. Öğrenme Birimi 185

Ölçme değerlendirme cevap anahtarını gösterir.

Kaynakçayı gösterir.

Yanıt anahtarının öğrenme birimini gösterir.

Görsel kaynakça karekodunu gösterir.

Görsel kaynakça adresini gösterir.

**CEVAP ANAHTARI**

1. ÖĞRENME BİRİMİ

A)

1.Y	2.D	3.D	4.D	5.D
-----	-----	-----	-----	-----

B)

1.pascal	2.sürekli	3.küçülme	4.nadir-aleje dayanıklı
----------	-----------	-----------	-------------------------

C)

1.B	2.E	3.C	4.B
-----	-----	-----	-----

2. ÖĞRENME BİRİMİ

A)

1.D	2.Y	3.Y	4.D	5.D
-----	-----	-----	-----	-----

B)

1. Pompa	2. Katmanlı-Türlülanlı	3. yönkontrol valfi	4. Pistonlu-diği-paletli
----------	------------------------	---------------------	--------------------------

C)

1.D	2.C	3.B	4.D	5.D
-----	-----	-----	-----	-----

3. ÖĞRENME BİRİMİ

A)

1. Atmosfer basıncı	2. kesitalarına,akışkan hızına	3. kompresör
4. Manometre, filtre, yağlayıcı	5. elektrikli basınç anahtarı	6. tandem
7. yastıklarına	8. piston keşerleri	9. boğaz keşerleri
10. çift etkili silindir	11. basıncı havanın dışarıya	12. kırık mil
13. çekvalfli ayarlanabilen akış kontrol valfi	14. yön kontrol valfi	15. normalde
16. Basıncı	17. dengeli	18. haciz tankı

190 Hidrolik Pnömatik Devre Çözümleri

**KAYNAKÇA**

Kıran, C., & Özgenç, L. (2016). Kompresör Tasarımı Ve Malzeme Analizi. Celal Bayar Üniversitesi Makine Mühendisliği Uygulamaları, Manisa.


Üçüncü, K. (2016). Hidrolik Ve Pnömatik Sistemler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

Akçın, M. A. (2011). Dört Kademeli Pistonlu Tip Bir Çoç Kompresör Sisteminde Enerji ve Ekserji Analizi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.

Aykaç, E. S. (2011). Pnömatik - Hidrolik, TM/ÖB Makine Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi.

Sakızcı, M. A. (1993). Pnömatik Elemanlar, Sistemleri ve Sanayide Uygulanmaları. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**GÖRSEL KAYNAKÇASI**



<http://kktap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2144>

192 Hidrolik Pnömatik Devre Çözümleri

<b>DERS MATERYALİNİN TANITIMI.....</b>	<b>9</b>
<b>1. HİDROLİK PRENSİPLER .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. HİDROSTATİK PRENSİPLER VE HESAPLAMALARI.....</b>	<b>16</b>
1.1.1. Hidrolik Sistemlerin Üstünlükleri ve Olumsuz Yönleri.....	17
1.1.2. Hidrolikte Kullanılan Birimlerin Dönüştürülmesi.....	17
1.1.3. Hidrostatik Prensipier .....	18
<b>1.2. HİDRODİNAMİK PRENSİPLER VE HESAPLAMALARI.....</b>	<b>20</b>
1.2.1. Hidrodinamik Prensipier .....	20
<b>1.3. HİDROLİK YAĞLAR.....</b>	<b>23</b>
1.3.1. Hidrolik Yağların Görevleri ve Özellikleri.....	23
1.3.2. Hidrolik Yağların Katalog seçimi ve Uygun Hidrolik Yağ Seçimi.....	26
<b>KONTROL LİSTESİ .....</b>	<b>28</b>
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>29</b>

<b>2. HİDROLİK DEVRELER.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1. HİDROLİK YAĞ DEPOSU SEÇİMİ VE KISIMLARI.....</b>	<b>32</b>
2.1.1. Hidrolik Depo Seçimi.....	32
2.1.2. Hidrolik Depo Üzerinde Bulunması Gereken Ekipmanlar .....	34
2.1.3. Hidrolik Sistemde Kullanılan Filtreler .....	36
<b>2.2. HİDROLİK POMPALAR.....</b>	<b>40</b>
2.2.1. Hidrolik Pompalarda Debi ve Hesaplamalar.....	40
2.2.2. Hidrolik Pompalarda Verim Hesabı .....	46
<b>2.3. HİDROLİK MOTORLAR .....</b>	<b>49</b>
2.3.1. Hidrolik Motorların Görevleri .....	49
2.3.2. Hidrolik Motorların Çeşitleri.....	49
2.3.3. Hidrolik Motorların Döndürme Momenti Hesabı .....	51
<b>2.4. HİDROLİK VALFLER .....</b>	<b>52</b>
2.4.1. Yön Kontrol Valfleri Seçimi ve Çizimi .....	52
2.4.2. Basınç Kontrol Valfleri Seçimi ve Çizimi .....	55
2.4.3. Akış Kontrol Valfleri Seçimi ve Çizimi.....	56
<b>2.5. HİDROLİK SİLİNDİRLER .....</b>	<b>57</b>
2.5.1. Hidrolik Silindirlerin Görevleri ve Çeşitleri.....	57
2.5.2. Hidrolik Silindir ile İlgili Hesaplamalar.....	60
2.5.3. Hidrolik Silindir Seçimi.....	62

<b>2.6. HİDROLİK BORU, HORTUM VE BAĞLANTI ELEMANLARI .....</b>	<b>64</b>
2.6.1. Hidrolik Akış Türleri.....	64
2.6.2. Hidrolik Boru ve Hortum Seçimi.....	64
2.6.3. Hidrolikte Sızdırmazlık Elemanları ve Manometreler.....	66
2.6.4. Hidrolik Bağlantı Elemanları ve Çeşitleri.....	70
2.6.5. Hidrolik Borular ile İlgili Hesaplamalar.....	71
<b>2.7. HİDROLİK DEVRE ÇİZİMLERİ.....</b>	<b>72</b>
2.7.1. Hidrolik Devre Elemanlarının Simgeleri.....	72
2.7.2. Hidrolik Devreler ve Çizim Kuralları .....	79
2.7.3. Hidrolik Devre Çeşitleri .....	86
2.7.4. Hidrolik Devre Çizim Örnekleri .....	101
<b>UYGULAMA FAALİYETİ .....</b>	<b>102</b>
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>103</b>

<b>3. PNÖMATİK DEVRELER .....</b>	<b>105</b>
<b>3.1. PNÖMATİĞİN PRENSİPLERİ .....</b>	<b>106</b>
3.1.1. Pnömatik Kullanım Alanları .....	106
3.1.2. Pnömatik Sistemlerin Üstünlükleri ve Olumsuz Yönleri .....	106
3.1.3. Hidrolik ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması .....	107
3.1.4. Basınç Kavramı.....	107
3.1.5. Basınç Hesaplamaları.....	108
<b>3.2. PNÖMATİK DEVRE ELEMANLARI.....</b>	<b>112</b>
3.2.1. Basıncılı Havanın Üretilmesi.....	112
3.2.2. Havanın Depolanması .....	118
3.2.3. Basıncılı Havanın Hazırlanması.....	118
3.2.4. Havanın Dağıtılması (Dağıtım Hattı) .....	120
3.2.5. Basıncılı Havanın Şartlandırılması .....	121
3.2.6. Basınçölçer (Manometreler) .....	124
3.2.7. Susturucu .....	124
3.2.8. Anahtarlar ve Algılayıcılar .....	124
3.2.9. Hortum ve Bağlantı Elemanları.....	125

<b>3.3. PNÖMATİK SİLİNDİRLER.....</b>	<b>128</b>
3.3.1. Pnömatik Silindir Çeşitleri .....	129
3.3.2. Silindirlerde Yastıklama İşlemi .....	134
3.3.3. Silindirlerin Kuvvet Hesapları.....	134
<b>3.4. PNÖMATİK MOTORLAR.....</b>	<b>136</b>
3.4.1. Pnömatik Motor Çeşitleri .....	136
<b>3.5. PNÖMATİK VALFLER .....</b>	<b>139</b>
3.5.1. Akış Kontrol Valfleri.....	139
3.5.2. Yön Kontrol Valfleri .....	140
<b>3.6. PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMLERİ .....</b>	<b>148</b>
3.6.1. Pnömatik Devre Elemanlarının Sembolleri.....	148
3.6.2. Pnömatik Devreler ve Çizim Kuralları .....	154
3.6.3. Pnömatik Devre Tasarımı .....	154
3.6.4. Pnömatik Devrelerde Sinyal Çakışması.....	170
3.6.5. Hareket Kontrol Diyagramı .....	170
3.6.6. Pnömatik Devre Çizim Örnekleri .....	171
<b>UYGULAMA FAALİYETİ .....</b>	<b>176</b>
<b>3.7. HİDRO-PNÖMATİK DEVRELER VE ÇİZİMLERİ .....</b>	<b>178</b>
3.7.1. Hidro-pnömatik Dönüştürücüler .....	178
3.7.2. Hidro-pnömatik Kriko Tarzı Basınç Yükselticiler.....	178
3.7.3. Hidro-Pnömatik Tandem Basınç Yükselticiler.....	180
3.7.4. Hidro-Pnömatik Devre Çizimleri .....	182
<b>KONTROL LİSTESİ .....</b>	<b>184</b>
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>185</b>
<b>CEVAP ANAHTARI .....</b>	<b>190</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>192</b>



# 1. ÖĞRENME BİRİMİ

# HİDROLİK PRENSİPLER



## KONULAR

- 1.1. HİDROSTATİK PRENSİPLER
- 1.2. HİDRODİNAMİK PRENSİPLER
- 1.3. HİDROLİK AKIŞKANLAR VE YAĞLAR

## NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Hidrostatik prensipler ile ilgili hesaplamaları yapmayı
- Hidrodinamik prensipler ile ilgili hesaplamaları yapmayı
- Hidrolik sistemlere uygun yağ seçimi yapmayı

## TEMEL KAVRAMLAR

hidrodinamik, hidrolik, hidrolik yağlar, hidrostatik

## 1.1. HİDROSTATİK PRENSİPLER VE HESAPLAMALARI

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hidrolik sistemler ve bu sistemlerin kullanıldığı alanlar hakkında araştırma yapınız.
2. Hidrostatik prensiplerin temel özellikleri hakkında araştırma yapınız.
3. Hidrolik sistemlerde kullanılan birimler hakkında araştırma yapınız.

Hidrolik kelimesi, Yunancada su anlamına gelen hydro ile boru anlamına gelen aulis kelimelerinin birleşmesiyle oluşur. Hidrolik akışkanların hareketlerini inceleyen bilim dalıdır. Endüstriyel hidrolik ise basınçlandırılan akışkanın hidrolik sistemlerdeki davranışını inceler. Basıncı akışkan kullanılarak hidrolik silindirlere ile doğrusal hareketler, salınımlı motorlar ile açısal hareketler ve hidrolik motorlar ile dairesel hareketler elde edilir. Temel olarak sıvı gücünü faydalı bir şekilde kontrol etmek için kullanılır.

Hidrolik sistemler, mekanik sistemlerden daha az enerji harcanarak çok daha büyük kuvvetlerin elde edilebileceği sistemlerdir. Bu sistemler, çok küçük giriş gücüyle büyük kuvvetler elde ettiği ve güvenli bir şekilde kontrol edildiği için endüstrinin vazgeçilmez sistemleri olarak öne çıkar. Hidrolik sistemler, modern üretim ve imalat tezgâhlarında uygulanır. Hidroliğin modern otomasyon tekniğindeki çeşitli uygulamaları, bu alandaki yerini ve önemini gösterir. Hidrolik sistemler esas itibarıyla sabit ve hareketli hidrolik sistemler diye ikiye ayrılır.

#### Sabit hidrolik sistemlerin kullanım alanları

- Her türlü imalat ve montaj makineleri
- Basıncı döküm makineleri
- Transport sistemler
- Haddehaneler
- Kaldırma ve iletme makineleri
- Asansörler
- Presler
- Ambalajlama

#### Hareketli hidrolik sistemlerin kullanım alanları

- İnşaat makineleri (Görsel 1.1)
- Kepçe mekanizmaları, tutma ve yükleme tertibatları
- Kaldırma ve iletme makineleri



Görsel 1.1: Hidrolik sistem kullanım alanı

### 1.1.1. Hidrolik Sistemlerin Üstünlükleri ve Olumsuz Yönleri

Hidrolik sistemlerin diğer sistemlere göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunur.

#### 1.1.1.1. Hidrolik Sistemlerin Üstünlükleri

- Hidrolik sistemler sessiz çalışır.
- Hidrolik akışkanlar, sıkıştırılamaz kabul edildikleri için titreşimsiz hareket elde edilir.
- Yüksek çalışma basınçları elde edilebilir.
- Hareket devam ederken hız ayarı yapılabilir.
- Akışkan olarak hidrolik yağ kullanıldığı için devre elemanları da aynı zamanda yağlanmış olur.
- Emniyet valfleri yardımıyla sistem güvenli çalışır.
- Hassas hız ayarı yapılabilir.
- Hidrolik akışkan, oluşan ısının çevreye yayılmasını sağlar.
- Hidrolik devre elemanları uzun ömürlüdür.

#### 1.1.1.2. Hidrolik Sistemlerin Olumsuz Yönleri

- Hidrolik akışkanlar, yüksek ısılara karşı hassastır. Akışkan sıcaklığının 500 °C'yi geçmesi istenmez.
- Hidrolik devre elemanları, yüksek basınçlarda çalışacağı için yapıları sağlam olmalıdır.
- Hidrolik devre elemanlarının fiyatları pahalıdır.
- Hidrolik devre elemanlarının bağlantıları sağlam ve sızdırmaz olmalıdır.
- Hidrolik akışkanların sürtünme direnci yüksek olduğu için uzak mesafelere taşınmaz.
- Depo edilebilirliği azdır.
- Akış hızı düşüktür. Devre elemanları, düşük hızlarla çalışır.
- Hidrolik akışkanlar havaya karşı hassastır. Akışkan içindeki hava gürültü ve titreşime yol açar, düzenli hızlar elde edilemez.
- Hidrolik akışkan herhangi bir sızıntıda çevre kirliliğine neden olur.

### 1.1.2. Hidrolikte Kullanılan Birimlerin Dönüştürülmesi

Türkiye'de hidrolik alanında ölçü birimi olarak MKS (metre-kilogram-saniye) sistemi kullanılır. Bu yüzden farklı sistemlerdeki farklı birimlerin dönüştürülmesi gerekir. Dönüştürülmesi gereken bu birimler başlıklar hâlinde belirtilmiştir.

#### 1.1.2.1. Basınç Birimleri

Basınç ile ilgili çalışmalarda birim olarak bar veya pascal kullanılır. Bu dönüşümler şu şekilde gösterilir:

$$1 \text{ Pa (Pascal)} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.986855 \text{ Atm} = 100 \text{ kPa} = 750 \text{ mmgh}$$

<b>Pa</b> :	Pascal	<b>N</b> :	Newton	<b>m</b> :	Metre
<b>Atm</b> :	Atmosfer	<b>mmgh</b> :	milimetre cıva		

### 1.1.2.2. Kuvvet Birimleri

Kuvvet birimi olarak hesaplamalarda genellikle **N** kullanılır. Aşağıda Newton ile ilgili dönüşümler gösterilir:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}^2 \quad 1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N}$$

Kgf (kilogram kuvvet) ise Dünya gezegeninin her kütleye uyguladığı sabit yer çekimi ivmesinin 1 kilogramlık kütle için uygulanan değerdir. Dünya'daki yer çekimi ivmesi ise  $9.81 \text{ m/s}^2$  olarak bilinir.

### 1.1.2.3. Güç Birimleri

Belli bir işin yapılma hızına **güç** denir. Bu güç birimleri aşağıda sıralanmıştır:

$$1 \text{ kW(kilowatt)} = 1000 \text{ w (watt)} \quad 1 \text{ kW} = 1,34 \text{ BG (Beygir Gücü)} \quad 1 \text{ BG} = 745,71 \text{ watt}$$

### 1.1.2.4. Hacim Birimleri

Bir cismin uzayda kapladığı alana **hacim** denir. Hidrolik sistemlerde akışkanlar için depolama alanı hesaplamasında hacim hesabı önemli bir yere sahiptir. Aşağıda hacim birimlerinin dönüştürülmesi hakkında bilgiler verilmiştir.

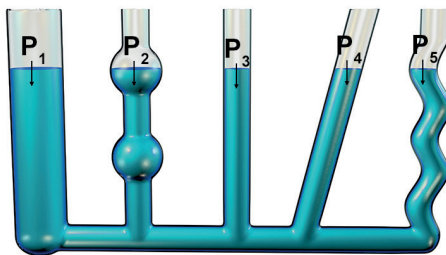
$$1 \text{ litre} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 \quad 1 \text{ litre} = 0,264 \text{ galon} \quad 1 \text{ galon} = 3,787 \text{ litre}$$

## 1.1.3. Hidrostatik Prensipler

Statik, durağan anlamına gelen ve fizik alanında dengede duran sistemlerle ilgilenir. Hidrostatik ise hareketsiz akışkanlar üzerinde inceleme yapan bir bilim dalıdır. Durgun bir akışkan içinde yatay yönde değişmez. Basınç derinlik ile artar. Bunun temel nedeni, derinliklerdeki akışkan tabakaların üzerinde daha fazla akışkan yani daha fazla ağırlık bulunmasıdır. Hidrostatik hidroliğin temel işlemleri için kullanılan depolama, taşıma ve akışkanlar için esas işlemler için önemli bir parçadır. Günlük yaşamda ise hidrostatik karşımıza atmosfer basıncının neden rakımla değiştiğini, denizde dalış yapan denizcilerin vurgun yemesi konuları hakkında bize bilgiler verir.

### 1.1.3.1. Prensip 1

Bir kaptaki bulunan durgun sıvının kabın tabanına yaptığı basınç, kabın yüksekliği ve sıvının yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Görsel 1.2'de prensip 1'e örnek gösterilmiştir. Özellikle sıvıların yoğunluğu bu konuda önemli rol oynar. Örneğin özdeş iki kaptaki kullanılan sıvının biri zeytinyağı diğeri ise su olsa zeytinyağının yoğunluğu az olduğu için kabın tabanına daha az basınç uygular.



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5$  diye belirtilir.

$$P = \rho \cdot h \cdot g$$

$P$  = Sıvının kabın tabanına yaptığı basınç ( $\text{kg/cm}^2$ )

$h$  = Sıvı yüksekliği (m)

$\rho$  = Özgül kütle ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Yer çekimi ivmesi ( $\text{m/s}^2$ )

Görsel 1.2: Hidrostatik 1. prensibi

**1. Örnek**

Bir akvaryumda yüzen balık, akvaryum tabanından 0,75 m yüksektedir. Balığın maruz kaldığı hidrostatik basınç ne kadardır?

**Bilinenler**

$$p = \mu \cdot g \cdot h \quad \mu = 1 \text{ g/cm}^3 \quad g = 9,81 \text{ m/sn}^2 \quad h = 0,75 \text{ m} = 75 \text{ cm}$$

$$p = 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/sn}^2 \cdot 75 \text{ cm} \quad p = 735,75 \text{ g} \cdot \text{cm} \cdot \text{m/cm}^3 \cdot \text{sn}^2$$

Bu işlem sonucu 1000 rakamına bölünerek gram kilograma dönüştürülür.

$$p = 0,735 \text{ kgm/cm}^3 \cdot \text{sn}^2 \quad P = 0,735 \text{ N/cm}^2 \quad P = \mathbf{0,0735 \text{ bar}} \text{ basınç uygular.}$$

**2. Örnek**

Özgül ağırlığı 0,82 g/cm<sup>3</sup> olan bir yağın 428 cm derinliği olan bir depoya yaptığı basıncı hesaplayınız.

**Bilinenler:**

$$p = \mu \cdot g \cdot h \quad \mu = 0,82 \text{ g/cm}^3 \quad g = 9,81 \text{ m/sn}^2 \quad h = 428 \text{ cm}$$

$$p = 0,82 \text{ g/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/sn}^2 \cdot 428 \text{ cm} \quad p = 3,442,91 \text{ g} \cdot \text{cm} \cdot \text{m/cm}^3 \cdot \text{sn}^2$$

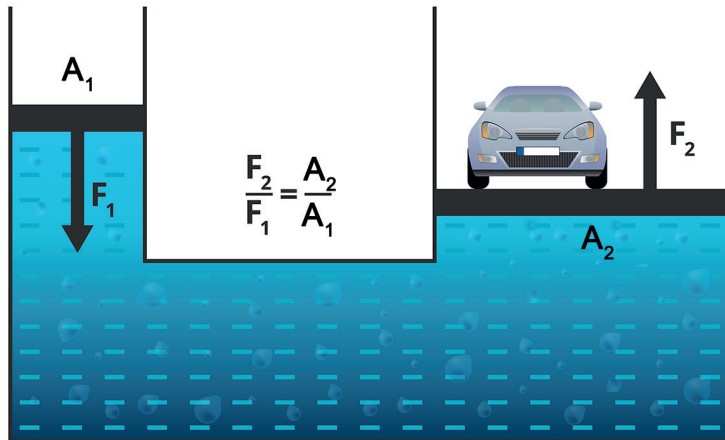
Bu işlem sonucu 1000 rakamına bölünerek gram kilograma dönüştürülür.

$$p = 3,442 \text{ kgm/cm}^3 \cdot \text{sn}^2 \quad P = 3,442 \text{ N/cm}^2 \quad P = \mathbf{0,3442 \text{ bar}} \text{ basınç uygular.}$$

**1.1.3.2. Prensipten 2 (Pascal Kanunu)**

Sıvı dolu bir kaba dışarıdan uygulanan bir kuvvet ile kabın içinde meydana gelen basınçtır. Bu prensipte kabın kesinlikle kapalı olması gerekir. Bu prensibin diğer ismi ise **Pascal** kanunudur. Pascal kanunu ise 17. yüzyılda Blaise Pascal (Byles Paskal) tarafından keşfedilmiştir.

Pascal kanunu'nda kapta oluşan kuvvet kabın her yerini eşit bir şekilde etkiler. Kabın şeklinin oluşacak basınçta etkisi yoktur. Ayrıca Pascal prensibi'nde basınç, kapların yüzeyini dik açı ile etkiler. İşte bu prensiple hidrolik sistemler ve hidrolik sistemle çalışan makineler yapılır. Görsel 1.3'te bu prensiple yapılan hidrolik sistem örneği gösterilir.



Görsel 1.3: Pascal prensibi ile çalışan hidrolik sistem

Pascal prensibinin kullanıldığı yerler yerler şunlardır:

- Hidrolik krikolar
- Bazı araçların fren sistemleri
- Damperli kamyonlar
- İş makineleri
- Petrol kuyuları
- Kuaför koltukları
- Çöp araçlarındaki çöp sıkıştırma sistemleri

Bu sistemlerle küçük kuvvetler kullanılarak büyük kuvvetler elde edilir. Bu kanuna göre kaba uygulanan kuvvet sonucunda oluşan basınç; kuvvetin şiddeti ile doğru, kuvvetin uygulandığı pistonun yüzey alanı ile ters orantılıdır.

$P = F/A$  formülü ile işlemler çözülür. Bu formüldeki ifadeler şu şekildedir:

$P = \text{Basınç}$        $F = \text{Kuvvet}$        $A = \text{Alan}$

### 3. Örnek

Taban alanı  $6 \text{ cm}^2$  olan bir depo kapağına  $60 \text{ kg}$ 'lık basınç uygulanır. Depo tabanında oluşacak basınç ne kadardır?

**Bilinenler:**

$$F = 60 \text{ kg} \quad A = 6 \text{ cm}^2$$

$$P = F/A \quad P = 60 \text{ kg}/6 \text{ cm}^2 \quad P = \mathbf{10 \text{ kg/cm}^2}$$

### 4. Örnek

Pascal prensibi'ne göre hazırlanan kapalı sistemde kuvvetin uygulandığı yerde alan  $10 \text{ m}^2$  kuvvet ise  $400 \text{ N}$  kaldırma işleminin gerçekleştiği yerde ise alan  $50 \text{ m}^2$  kaldırma kuvveti ne kaç  $\text{N}$  olur?

**Bilinenler:**

$$F_1 = 400 \text{ N} \quad A_1 = 10 \text{ m}^2 \quad A_2 = 50 \text{ m}^2 \quad F_2 = ?$$

$$F_1 \cdot A_1 = F_2 \cdot A_2 \quad 10 \cdot 400 = 50 \cdot F_2 \quad F_2 = \mathbf{2000 \text{ N}}$$

## 1.2. HİDRODİNAMİK PRENSİPLER VE HESAPLAMALARI

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hidrodinamik hakkında temel bir araştırma yapınız.
2. Hidrodinamik prensiplerin kullanıldığı alanlar hakkında araştırma yapınız.

Hidrodinamik prensipler ve bu prensiplerle ilgili hesaplamalar mevcuttur.

#### 1.2.1. Hidrodinamik Prensipler

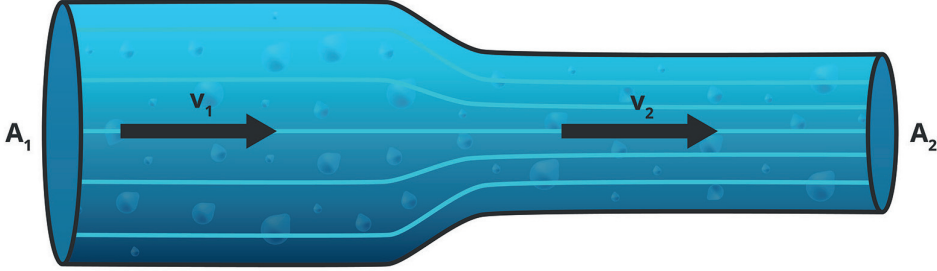
Hidrodinamik, hareket hâlindeki sıvıların hız, ivme ve etki kuvvetleri arasındaki bağlantıları inceleyer. Su türbinlerindeki akış enerjisi buna örnek verilebilir.

##### 1.2.1.1. Süreklilik Denklemi

Süreklilik denklemi, akışkan maddelerin akış miktarını ve bu maddelerin aktığı boru içinde korunarak taşınmasını tanımlayan denklemdir. Bu denkleme göre farklı kesitlerden oluşan boruda

akışkanın debisi her noktada aynıdır. Bu durumda debi aynı kalıyorsa küçük kesitten geçen akışkan büyük kesitten geçen akışkandan daha hızlı akar (Görsel 1.4,1.5).

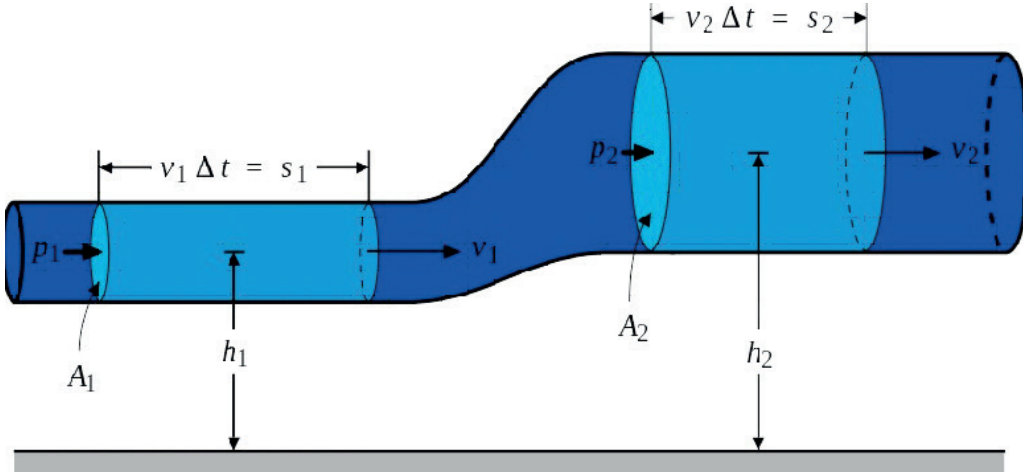
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



Görsel 1.4: Süreklilik denklemi

$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$  (süreklilik denklemi) bu şekilde formülü verilmiştir. Formüle göre

A = Borunun kesit alanı      V = Hız



Görsel 1.5: Süreklilik denklemi

$$Q_1 = Q_2 \quad A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

Formüle göre

Q = Debi      A = Borunun kesit alanı      V = Hız

### 5. Örnek

Hidrolik sistemde boruların başlangıç kısmı ile çıkış kısmı arasında kesit olarak daralma bulunur. Bu büyük kısmın kesit alanı  $2 \text{ cm}^2$  ve akış hızı  $40 \text{ m/sn}^2$ , dar olan kısmın kesit alanı  $0,08 \text{ cm}^2$  akışkan hızı da  $1000 \text{ m/sn}^2$  olduğuna göre akışkanın debisini hesaplayınız? Q=?

**Bilinenler:**

$$A_1 = 2 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad V_1 = 40 \text{ m/sn}^2 \quad A_2 = 0,08 \text{ cm}^2 = 0,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad V_2 = 1000 \text{ m/sn}^2$$

$$Q = A \cdot V \quad Q_1 = A_1 \cdot V_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 40 \text{ m/sn}^2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$$

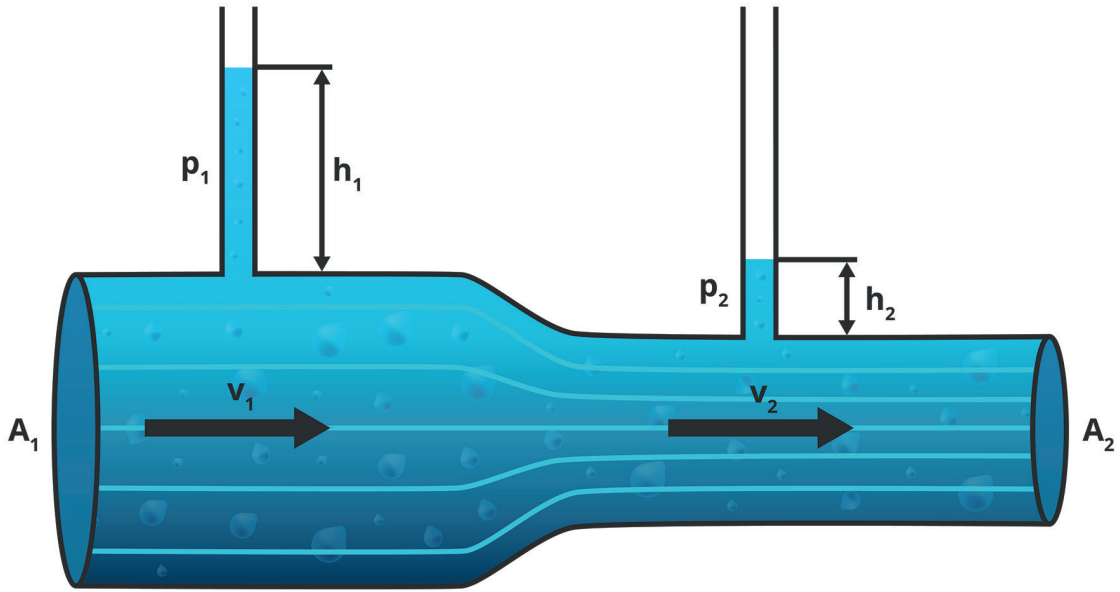
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2 = 0,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 1000 \text{ m/sn}^2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$$

Böylece süreklilik denkleminin doğruluğu kanıtlanmıştır.

### 1.2.1.2. Bernoulli ( Bernuli) Denklemi (Enerji Korunumu Kanunu)

**Bernoulli denklemi** akışkanların hareketlerini ve bu hareketler sırasında, bu akım borusunun içindeki hız, basınç ve yükseklikler arasındaki ilişkiyi açıklayan yasadır. Hollandalı matematikçi Daniel Bernoulli'nin (1700-1782) koyduğu bu yasa, her biri bir uzunluk boyutuna sahip 3 terimin toplamından oluşan bir denklemlle tanımlanır. Görsel 1.6'da Bernoulli denklemi gösterilir. Bu 3 terim şunlardır:

- Hız yüksekliği ya da akışkanın akım borusu içindeki bir noktada V hızını kazanabilmesi için harekete başladığı yükseklik
- Basınç yüksekliği ya da akım borusu içindeki bir noktada p hidrostatik basıncının oluşması için gerekli, durgun bir sıvı sütunun yüksekliği
- Söz konusu noktanın akım borusu içindeki yüksekliği



Görsel 1.6: Bernoulli denklemi

P = Basınç (Pascal)

V= Akış hızı (m/sn.) A= Boru kesit alanı (m<sup>2</sup>)

Z = Mutlak yükseklik (m)

$\gamma$  = Özgül ağırlık (kg/m<sup>3</sup>) g = Yerçekimi ivmesi (m/ sn.<sup>2</sup>)

Güç = Basınç · Debi

W = P · Q

Birimi Watt = Pa · m<sup>3</sup>/sn.=(Nm/sn.)

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 = \text{sabit}$$

## 1.3. HİDROLİK YAĞLAR

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hidrolik yağlar ve görevleri hakkında bilgi ediniz.
2. Hidrolik yağların özellikleri hakkında bilgi ediniz.
3. Hidrolik yağ çeşitleri hakkında bilgi ediniz.

### 1.3.1. Hidrolik Yağların Görevleri ve Özellikleri

#### 1.3.1.1. Hidrolik Yağların Görevleri

Hidrolik yağlar devrelerde kuvvet ve hareket iletimi sağlamak amacıyla kullanılır. Herhangi bir sıvı yerine hidrolik yağların kullanılmasının temel amacı kullanılan elemanların aşınma, korozyona karşı dayanıklılık ve uygun viskozite değerine sahip olmasından dolayı seçilir. İşte bu yağların birtakım görevleri bulunur. Temel olarak hidrolik yağlar yağlama, koruma ve soğutma işlemleri yapar. Bunlar şöyledir:

- Kuvvet ve hareketlerin iletimi
- Sürtünme ve aşınmaya karşı koruma
- Sızdırmazlık
- Soğutma
- Korozyona karşı koruma
- Sistemdeki elemanların yağlanması
- Sistemi temizlemesi

#### 1.3.1.2. Hidrolik Yağların Özellikleri

Hidrolik yağların birçok özelliği bulunur. Bunların bazıları olmazsa olmaz özelliklerdir. Bu yüzden herhangi bir yağ yerine hidrolik yağlar tercih edilir. Bu yağlar ile hidrolik devrenin verimi artmakta olup güç kayıpları önlenir. Bu yağların özellikleri şöyle sıralayabilir:

- Devre elemanlarını ve sistemi paslanmaya karşı koruması gerekir.
- Güç iletmeye özelliği bulunmalıdır.
- Yapışkanlık özelliğinden dolayı sızdırmazlık sağlamalıdır.
- Yağın hava ile temasında ömrü kısalmalıdır. Bu yüzden oksijene karşı dayanıklı olmalıdır.
- Çalışan devre elemanları arasında film tabakası olarak bulunarak aşınmaya karşı direnç sağlamalıdır.
- Aşırı sıcak ve basınca karşı dirençli olmalıdır.
- Sistemin güç kaybına neden olmamalıdır.
- Sistem içinde dolaşırken devre elemanlarını temizleme özelliğine sahip olmalıdır.
- Sistem ısındığı zaman soğutma görevi görmelidir.
- Yağın içerisinde bulunan hava ve su kolayca dışarı atılabilmelidir. Su atılmazsa paslanmaya, hava atılmazsa kavitasyona neden olur. Kaviteasyon ise sistemin düzenli çalışmamasına neden olur.

#### 1.3.1.3. Yağların Karakteristik Özellikleri

Hidrolik yağların seçiminde etkili olan karakteristik özellikleri şöyle sıralamak mümkündür:

- Viskozite
- Termal stabilite
- Köpüklenme
- Alevlenme kabiliyeti
- Yağlayıcılık
- Özgül ağırlığı

- Buharlaştırma basıncı
- Aşınma önleyici
- Polimerleşme
- Oksidasyon
- Film dayanımı

### Viskozite

Akışkanların akmaya karşı gösterdiği dirence **viskozite** denir. Viskozite terimi ökse otu bitkisinin türlerinden olan (viscum) tipik kalın akışlı meyve suyundan türemiştir. Bu ökse otlarından “viskoz” ifadesi “ ökse kadar kalın” anlamına gelir. Viskozite sıcaklık ile değişir. Hava sıcaklığı arttıkça viskozite azalırken soğuk havalarda viskozite artar. Bu yüzden kış ve yaz aylarında uygun yağ seçimi yapılması gerekir. Yağların düşük veya yüksek viskozite değerinde olması hidrolik sistemlerinde ve devre elemanlarında sorunlara neden olur.

Düşük viskozitede yaşanabilecek olumsuzluklar şunlardır:

- Yağlama düşük seviyede kalacağı için aşınma artar.
- Hidrolik sistemde sızıntı ve kaçaklar oluşur.
- Oluşan kaçaklar yüzünden hidrolik verim düşer.
- Hidrolik sistem içinde ısı artışı yaşanır.

Yüksek viskozitede yaşanabilecek olumsuzluklar şunlardır:

- Devre elemanları içinde sürtünme artar.
- Yağın içerisinde bulunan pislikleri filtreler süzme işlemi yapamaz.
- Filtreler temizleme görevi yapamadığı için hidrolik verim düşer.
- Hidrolik sistemde gürültü artar.
- Sıcaklık artar.

### Buharlaştırma Basıncı

Hidrolik yağların ısınmaya karşı dirençli olması kadar buharlaştırma basıncınada dirençli olması gerekir. Hidrolik sistemdeki yağın buharlaşmasından dolayı sistem içindeki basınç artacaktır. Bu sistemdeki basınç artışı ile bağlantı noktalarına binen yük artacaktır. Bu artış belli bir seviyeye ulaştığında sızdırmalar meydana gelebilir ve sistemdeki yağın dışarı çıkmasına neden olabilir. Bu yüzden sistemdeki güç ve verim düşebilir.

### Termal Stabilite

Hidrolik sıvıların ısınma ve soğumaya karşı dirençli olması gerekir. Termal stabilite de bu ısınma ve soğumaya karşı dirençli hâle getirir. Bu sayede hidrolik yağlar aşırı ısınma ya da soğuma yaşamayacaktır. Böylece yağın viskozite değerinde herhangi bir bozulma yaşanmayacaktır.

### Aşınma önleyici

Hidrolik sistemde oluşabilecek en büyük problemlerden biri de aşınmadır. Yağlar, iki çalışan devre elemanı arasında bir film tabakası oluşturarak birbirine sürtünen malzemenin yapısının bozulmasını engeller. Bu aşınma önleyici özellikten dolayı malzemenin ömrü artacak ve maliyetler azalacaktır.

### Köpüklenme

Köpüklenme hidrolik sistemdeki yağın içerisine hava karışması ile oluşan durumdur. Bu istenmeyen bir durumdur. Sistemin içerisine hava karışması ve yağın ısınması ile gürültülü çalışmaya

başlar. Bundan dolayı hidrolik sistemin verimi düşecektir. Köpüklenme yapmaması için yağların içerisine katkı maddeleri eklenir. Herhangi bir şekilde depo içinde köpüklenme meydana geliyorsa bağlantı noktalarında kaçak var demektir. Sistem durdurulup kontroller yapılmalıdır. Köpüklenmeye bir sebep de bağlantı noktalarındaki boruların 90° bükülmesidir. Bu yüzden köpüklenmeye karşı bağlantı noktasında oluşturulan kıvrımlar kavisli olmalıdır.

### Alevlenme Kabiliyeti

Hidrolik yağların alevlenme kabiliyeti ne kadar yüksek olursa yanmaya karşı direnci o kadar yüksek olur. Bu yüzden hidrolik sistem içinde dolaşan yağın ısınmaya karşı dirençli olması ve herhangi bir kıvılcım ile alev almaması gerekir.

### Oksidasyon

Yağın içersinde bulunan kimyasalların oksijen ile tepkimeye girerek erimeyen türden kimyasal parçacıklar oluşturma durumudur. Bu durum oksit ve paslanmaya neden olur. Bu yüzden metal parçalarda oluşan paslanma ile hidrolik yağın içerisine karışarak yağın çamur ve sakız gibi bir hâl almasına neden olur. Sistemin içindeki filtrelerin tıkanarak kesik kesik çalışmasına ve verimin düşmesine neden olur. Bu yüzden oksidasyon oluşmasını engellemek için sistemin sıcaklığı kontrol altına alınmalıdır. Eğer hidrolik yağda ısınma meydana geliyorsa sistemin soğutulması sağlanmalıdır.

### Yağlayıcılık

Hidrolik yağların en önemli özelliklerinden biri de yağlayıcılık özelliğidir. Birbirine sürterek çalışan iki devre elemanın arasında sürtünmeyi azaltmak için bir film tabakası oluşturması gerekir. Bu oluşan film tabakası ısınmayı ve sürtünmeyi azaltarak devre elemanın verimli çalışmasına fayda sağlayacaktır. Bu fayda ile hem sistemdeki güç kayıpları engellenecek hem de devre elemanın ömrü artacaktır.

### Film Dayanımı

Yağın çalışan parçalara yapışma ve katman oluşturma özelliğidir. Böylece sistemde çalışan devre elemanlarının ömrü artacak; ısınma aşınma ve basınç gibi olumsuz durumları engelleyecektir.

### Polimerleşme

Hidrolik yağların ısınmaya karşı dirençli olması ve moleküllerinin birbirinden ayrılmaması gerekir. Böylece hidrolik yağ kötü şartlar altında bozulma yaşanmaz ve ömrü uzun olur. Yağlarda polimerleşme oluşursa yağ koyulaşır ve yağlama özelliğini yitirir.

Bundan dolayı hidrolik yağın değiştirilmesi gerekir. Bu durumun sık sık yaşanması durumunda maliyetleri arttıracaktır.

### Özgül Ağırlığı

Hidrolik yağların 20 °C ısıda birim hacminin ağırlığına **özüml ağırlık** denir. Bundan dolayı hidrolik yağların özgül ağırlığı 0,90 - 0,95 N/ dm<sup>3</sup> arasında değişir.

## 1.3.2. Hidrolik Yağların Katalog seçimi ve Uygun Hidrolik Yağ Seçimi

### 1.3.2.1. Hidrolik Yağların Katalog Seçimi

Hidrolik yağ üretici firmaları, kendi standartlarına göre kodlar kullanarak yağları çeşitli şekillerde isimlendirmiştir. Kataloglarda yağların çalışma şartları ile ilgili çeşitli şekillerde bilgiler verilir. Bu hidrolik yağları kataloglardan seçerken dikkat edilecek hususlar ise şunlardır:

- Viskozitesi
- Korozyona karşı direnci
- Aşınma önleyici özelliği
- Sıcaklığa karşı direnci
- Yapışma ve kaymama özelliği
- Ateşe dayanımı
- Çalışacağı sıcaklık aralığı

### 1.3.2.2. Kullanım Yerlerine Göre Uygun Yağ Seçimi

Kullanım yerlerine göre çeşitli yağlar bulunur. Hidrolikte kullanılan yağlar iki ana başlık altında toplanır.

- Madenî yağlar (Mineral)
- Ateşe dayanıklı yağlar

#### Madenî Yağlar

Ham petrolün rafinerilerde işlenmesi ile elde edilen ürünlerinden biri olan mineral veya madenî yağlar, tekrar özel işlemlerden geçirilerek, madenî yağların ham maddesi olan baz yağlar elde edilir. Bu yağlar vizkozitesine göre sınıflandırılır. Tüm madenî yağları doğrudan elde etmek mümkün değildir. Üründen beklenen özelliklere göre çeşitli katkı maddeleri eklenebilir. Görsel 1.7'de madenî yağ gösterilmiştir.



Görsel 1.7: Madenî yağ

Madenî yağlar sıcaklıkla temas ettiğinde kolayca yanar ve çok uzun süre alev ve siyah duman çıkararak çevreye zarar verir. Bu özelliği madenî yağların en büyük dezavantajıdır. Piyasada çeşitli marka ve cinsten madenî yağlar satılır. Bunları birbirinden ayıran farklar ise şunlardır:

- Kullanılan baz yağların kimyasal özelliklerinin farklı olması
- Kullanılan katkı maddelerinin cinsi ve miktarındaki farklılıklar

## Madenî Yağ Tipleri

Madenî yağların içine çeşitli şekilde katkı maddeleri eklenerek özellikleri değiştirilir. Bu katkı maddeleri Tablo 1.1'de gösterilir.

Tablo 1.1: Madenî Yağlar ve Özellikleri

ISO	DIN	AÇIKLAMA	ÖZELLİKLERİ
HH		Düz katıksız mineral yağ	Hiçbir ekstra özelliği yoktur. Risksiz sistemlerde kullanılabilir.
HL	HL	Anti pas ve anti oksidasyon katkılı rafine mineral yağ	HH'ye göre daha uzun ömür beklenen sistemlerde
HM	HLP	Aşınma önleyici katkılı HL yağ	Hareketli ve aşınmaya karşı dayanımın önemli olduğu sistemler
HR	HVI, HVLP	Viskozite indeksi yükseltilmiş HL yağ	Yüksek sıcaklıkta uzun ömür beklenen sistemler
HV	HVI, HVLPD	Viskozite indeksi yükseltilmiş HM yağ	Yüksek sıcaklıkta hareketli ve aşınmaya karşı dayanımına önemli olduğu sistemler
HS		Ateşe dayanım özelliği olmayan sentetik sıvılar	
HG	HLP-D	Yapışmama ve kaymama özelliği artırılmış, deterjan dispersan katkılı HM tipi ürün	Hidrolik kızak sistemleri için uygun

Madenî yağlar genellikle otomotiv alanında motor yağı, dişli, rulman ve gres yağları olarak kullanılır. Endüstriyel yağlar ise genellikle metal, deri ve tekstil işleme yağları, hidrolik yağlar, şanzıman ve kızak yağları olarak kullanılır.

### Ateşe Dayanıklı Yağlar

Hidrolik güç ile çalışan makinelerde insanların ve makinelerin güvenliği için ateşe dayanıklı yağlar çok büyük önem taşır. Bu yağlar özellikle çok yüksek ısıda çalışan sistemler için geçerlidir. İşte bu sebeplerle mineral yağların dışında ateşe dayanıklı yağlar geliştirilmiştir. Bu yağlar oluşabilecek yangınların çoğunu engellemekte iş yeri güvenliği ve çalışan sağlığı açısından büyük rol oynar. Üç tipte ateşe dayanıklı yağ bulunur. Bunlar;

- Su-glikol çözültisi
- Su-yağ karışımları
- Sentetik yağlar

### Su-Glikol Çözültisi

Ateşe dayanıklı hidrolik sıvı olup Su-glikol sistemler için tasarlanmıştır. Bu hidrolik yağ çeşidi köpüklenme, korozyon ve yağlamayı iyileştirici katı maddeleri içerir. Aşırı ısınma oluşmayan yüzeylerde düşük-orta seviye ısı oluşan sistemlerde kullanılabilir. Düşük akma noktası ve yüksek viskozite indeksi ile geniş ısı aralıklarında kullanılır. Su-glikol çözültisinde dikkat edilmesi gereken birkaç nokta ise şöyle sıralanabilir:

- Buharlaşımdan dolayı hidrolik sistem içinde eksilen su seviyesi kontrol edilmelidir.
- Oluşan buharlaşmadan dolayı bazı katkı maddeleri eksilebileceği için yağın ömrü azalabilir.
- Çalışma sıcaklığı sürekli olarak kontrol altında tutulmalıdır.

## KONTROL LİSTESİ

Aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri “Evet”, kazanamadığınız becerileri “Hayır” kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Gözlenecek Davranışlar/Ölçütler	Evet	Hayır
Hidrolik sistemlerin üstünlükleri ve olumsuz yönleri hakkında bilgi verir.		
Hidrolikte kullanılan birimlerin dönüştürmesini sağlar.		
Hidrostatik prensipleri örnekler ile açıklar.		
Pascal kanunu ile ilgili hesaplamaları yapar.		
Hidrodinamik prensipleri açıklar.		
Bernoulli prensibi ile ilgili hesaplamaları yapar.		
Süreklilik denklemi ile ilgili hesaplamaları yapar.		
Hidrolik yağların görevlerini bilir.		
Hidrolik yağlarda bulunmaması gereken özellikleri bilir.		
Yağ seçimi sırasında katalog kullanmasını bilir.		
Kullanım yerine göre uygun hidrolik yağı seçer.		

### DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmediğiniz veya eksik olduğunu düşündüğünüz konularda öğretmeninizden yardım alınız.

**A) Aşağıdaki cümlelerde parantez içine yargılar doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.**

1. (...) Bir cismin kapladığı alana kuvvet denir.
2. (...) Hidrostatik hareketsiz akışkanlar üzerinde inceleme yapan bir bilim dalıdır.
3. (...) Hidrolik yağlar devrelerde kuvvet ve hareket iletimi sağlamak amacıyla kullanılırlar.
4. (...) Yağların karakteristik özelliklerinden bir tanesi de viskozitedir.
5. (...) Su-Glikol çözeltisi madeni yağ çeşitlerindedir.

**B) Aşağıda verilen cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun kelimeleri yazınız.**

1. Sıvı dolu bir kaba dışarıdan uygulanan bir kuvvet ile kabın içinde meydana gelen basınç ile oluşan kanuna ..... kanunu denir.
2. Akışkan maddelerin akış miktarı, aktığı boru içinde korunarak taşınmasını tanımlayan denkleme ..... denklemi denir.
3. Hidrolik sistemdeki yağın içerisine hava karışması ile oluşan duruma ..... denir.
4. Hidrolik yağlar ..... ve ..... yağlar olmak üzere ikiye ayrılır.

**C) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.****1. Aşağıdakilerden hangisi hidrolik sistemlerin üstünlüklerinden değildir?**

- A) Hassas hız ayarı yapılıdır.
- B) Hidrolik devre elemanları ucuzdur.
- C) Hidrolik devre elemanları uzun ömürlüdür.
- D) Hidrolik sistemler sessiz çalışır.
- E) Yüksek çalışma basınçları elde edilebilir.

**2. Aşağıdaki madeni yağ işaretlerinden hangisi ISO tablosunda bulunmaz?**

- A) HH
- B) HL
- C) HM
- D) HR
- E) HT

**3. Aşağıdakilerden hangisi sentetik yağların özelliklerinden değildir?**

- A) Daha temiz bir yağlama yapar.
- B) Özellikle yüksek sıcaklık istenen sistemlerde kullanılır.
- C) Sentetik yağlar ateşe dayanıklı değildir.
- D) Suyu absorbe özelliği daha belirgindir.
- E) Uzun değişim ömrü ile maliyetleri düşürür.

**4. Aşağıdakilerden hangisinde dünyadaki yer çekimi ivmesi doğru verilmiştir.**

- A)  $0,981 \text{ m/s}^2$
- B)  $9,81 \text{ m/s}^2$
- C)  $19,81 \text{ m/s}^2$
- D)  $98,1 \text{ m/s}^2$
- E)  $981 \text{ m/s}^2$





## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

# HİDROLİK SİSTEMLER

### KONULAR

- 2.1. HİDROLİK DEVRE ELEMANLARI
- 2.2. YAĞ DEPOSU VE KISIMLARI
- 2.3. HİDROLİK POMPALAR
- 2.4. HİDROLİK MOTORLAR
- 2.5. VALFLER
- 2.6. HİDROLİK SİLİNDİRLER
- 2.7. BORULAR VE HORTUMLAR
- 2.8. HİDROLİK DEVRE ÇİZİMLERİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Hidrolik devre elemanlarını çizme
- Yağ deposu ve donanımını seçme
- Hidrolik pompaların seçimini ve çizimini yapma
- Hidrolik motorların seçimini ve çizimini yapma
- Hidrolik valflerin seçimini ve çizimini yapma
- Hidrolik silindirlere seçimini ve çizimini yapma
- Hidrolik boru, hortum ve bağlantı elemanlarının seçimini ve çizimini yapma

### TEMEL KAVRAMLAR

hidrolik depo, hidrolik pompa, hidrolik motor, hidrolik valf, hidrolik silindir, hidrolik boru, hidrolik devreler

## 2.1. HİDROLİK YAĞ DEPOSU SEÇİMİ VE KISIMLARI

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hidrolik yağlar neler için kullanılır?
2. Filtre konusu hakkında neler düşünüyorsunuz?

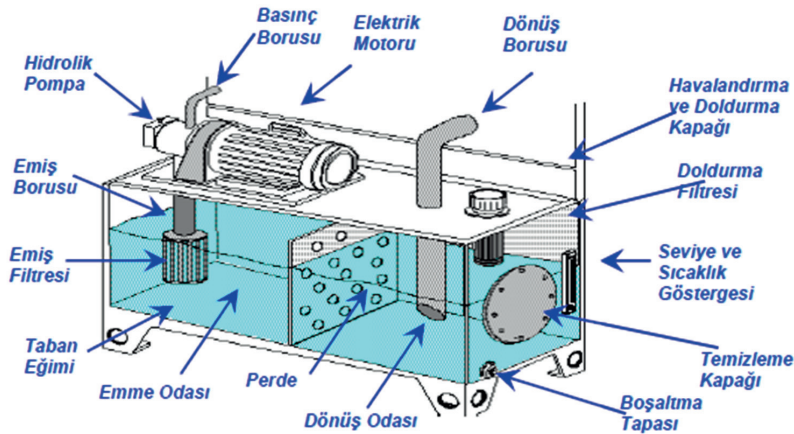
Hidrolik yağ deposu, hidrolik sistem için önemli bir yer kapsar. Yağın depolanması ve saklanması koşulları yağın ömrünü etkiler. Yağ deposu seçimi bu yüzden çok önemlidir.

### 2.1.1. Hidrolik Depo Seçimi

Hidrolik sistemlerin can damarı hidrolik yağlardır. Hidrolik akışkanı depolayan, çalışma şartlarına uygun şekilde hazırlayan devre elemanlarına **depo** adı verilir. Depo seçimi sistemin büyüklüğüne göre değişir. Depo büyüklüğü, hidrolik sisteme ve kullanılan uygulamaya bağlı olarak değişecektir. Hidrolik depo dizayn etmek basit bir depolama tankı yapmak değildir, uyulması gereken ölçütler ve yapılması gereken hesaplamalar vardır. Hidrolik yağın içinde sıkışan havanın temizlenmesi gibi sorunlara neden olur. Bu nedenle bir hazne sıkışmış havayı çıkaracak ve basınçlı hidrolik sıvısını soğutacak şekilde tasarlanır.

Sistemde hidrolik silindirin hacimleri düşünülmeli ve açık pozisyonlarda tanktaki yağın bitebileceği ya da kapalı pozisyonlarda yağın tanktan taşabileceği unutulmamalıdır. Bir hidrolik yağ deposunda sıvı seviyesi çok önemlidir. Seviye çok düşükse, pompa emişine giden çıkış borusunda havanın hapsolme ihtimali vardır. Bu, pompanın kavitasyonuna neden olarak pompa hasarına yol açabilir. Hacim değişikliğini, hapsedilmiş havanın dışarı atılmasını ve yüzeydeki herhangi bir köpüğün dökülmesini önlemek için depoda, sıvının üzerinde önemli bir boşluk bulunmalıdır. Yağ seviyesinin kontrol edilebilmesi için bir cam veya plastik seviye göstergesi, bir tüp ya da bir seviye çubuğu kullanılarak sıvı seviyesinin kontrol edilmesi gerekir.

Hidrolik deponun kapalı bir sistem olarak dizayn edilmesi çok önemlidir. Bu kapalı depo sistemi sayesinde yağın kirlenmesi önlenir ve ömrü uzar. Yağ tankı genellikle iki oda olacak şekilde imal edilir. Bu odalardan biri emmenin yapılacağı emme odası; diğeri ise yağın geri döndüğünde depolanacağı dönüş odasıdır. Bu iki odayı delikli bir plakadan oluşan perde birbirinden ayırır. Devreye herhangi bir kirlilik göndermemek için emme odasının dönüş odasına göre eğimli yapılması tercih edilir. Görsel 2.1'de hidrolik yağ tankının kısımları gösterilmiştir.



Görsel 2.1: Hidrolik depo kısımları

Uygun bir hidrolik yağ deposunun özellikleri şunlardır:

- Sıcaklığı artan akışkanın soğutulması için depo tabanı hava sirkülasyonu oluşturacak şekilde yerden yüksekte yapılmalıdır.
- Dibe çöken pisliklerin toplanmasını sağlamak için depo tabanına boşaltma deliği yönünde eğim verilmelidir.
- En alt tarafında kolay boşalmasını sağlayacak tıpa bulunur.
- Hava dolaşımı ve soğutmanın iyi yapılabilmesi için hacmi 40 l'dan büyük olan deponun yerden yüksekliği 1,5 m olmalıdır.
- Yağ sıcaklığı normalde 45 °C civarında olmalı, 65 °C'nin üzerine çıkmamalıdır.
- Yağ düzeyini dışarıdan görmek için bir gösterge olmalıdır.
- Dinlendirme levhası emme ile dönüş odasını ayırarak akışkanın dinlendirilmesini, pisliklerin dibe çökmesini sağlar.
- Emiş borusu ile depo tabanı arasındaki minimum mesafe  $1,5 \cdot d$  kadar olmalıdır (d=boru çapı).
- Depo içindeki akışkanın seviyesi rahatlıkla görülmelidir.
- Depo içine kirletici maddelerin girmesi önlenmelidir.
- Emiş ve dönüş kolaylığını sağlamak için boru uçları 30-45° açı ile kesilmelidir.
- Maksimum akışkan seviyesi ile depo tavanı arasında yeterli boşluk bırakılmalıdır (akışkan içindeki havanın dışarı atılması için).
- Emiş olayında vakumu, dönüş olayında basıncı önlemek için depo üzerine havalandırma kapağı konulmalıdır.
- Dönüş borusunun çapı, emiş borusuna göre büyük olmalıdır.
- Depo içine akışkan doldurulurken yabancı maddelerin girmesini önlemek için doldurma filtresi veya süzgeci konulmalıdır.

Tankların üzerinde sisteme basınçlı akışkan göndermek üzere hidrolik pompa bulunur. Pompanın emiş hattına kirlilikleri bertaraf etmek için bir emiş filtresi yerleştirilir. Yağın dönüşünde de aynı filtreleme tekrarlanabilir ancak her filtrenin basınç düşürücü bir eleman olduğu unutulmamalıdır.

Tankın üst kısmında, tankı atmosfere açmak üzere bir havalandırma bölgesi olur. Böylelikle akışkan, emme sırasında vakum; dönüş esnasında da basınç yapmaz. Havalandırma kısmında toz kaçışını önlemek amacıyla bir filtre bulunması gereklidir.

Yağın soğuma işleminin düzgün yapılabilmesi için hem yağ seviyesinin tankın üst kısmından biraz aşağıda olması hem de tankın tabanının yer seviyesinden biraz yüksekte olması istenir.

Yağ tankının boyutları sistemin ihtiyaçlarına göre belirlenmelidir. Küçük bir tank yeterli soğutmayı sağlayamaz. Çok büyük bir tankta da fazladan bir ısıtıcıya ihtiyaç duyulabilir. Genel olarak tank seçilirken sistemde dolaşan akışkan debisinin 3-5 kat fazlası tercih edilir.

Tankta akışkanın seviyesi ve sıcaklığını gösteren göstergeler bulunur. Bu değerlerin zaman zaman kontrol edilmesi, sızıntı probleminin fark edilmesinde ve sıcaklığın etkisiyle yağın bazı özelliklerinin bozulmasını önlemede yardımcı olacaktır.

Hidrolik depo temelde şu görevleri yerine getirir:

- Isıyı duvarlarından dağıtması
- Sistemlerden havanın tahliye edilmesi
- Pompa ve diğer bileşenler için montaj desteği sağlanması

### 2.1.2. Hidrolik Depo Üzerinde Bulunması Gereken Ekipmanlar

Hidrolik sistemlerde kullanılan depo, birçok elemanın birleşmesiyle görevini yerine getirir. Bu ekipmanlar hidrolik deponun görevini yerine getirirken önemli rol üstlenir. Hidrolik depo üzerinde bulunması gereken ekipmanlar şunlardır:

- Havalandırma ve doldurma kapağı
- Doldurma filtresi
- Yağ seviye göstergeleri
- Hidrolik pompa
- Elektrik motoru
- Emiş filtresi
- Emiş borusu
- Dönüş borusu
- Yağ boşaltma tapası
- Ara perde
- Basınç borusu
- Taban eğimi
- Temizleme kapağı
- Termometre
- Dönüş odası
- Emme odası

#### Havalandırma ve Yağ Doldurma Kapağı

Hidrolik sistemde kullanılan yağın depoya eklendiği kısımdır. Bilindiği üzere hidrolik deponun kapalı olması gerekir. Yağın ısınmasını önlemek amacıyla kullanılır.

#### Doldurma Filtresi

Hidrolik yağları depoya eklerken yağın içinde bulunabilecek kir ve toz parçalarını temizleyerek sistemin düzgün çalışmasını sağlar.

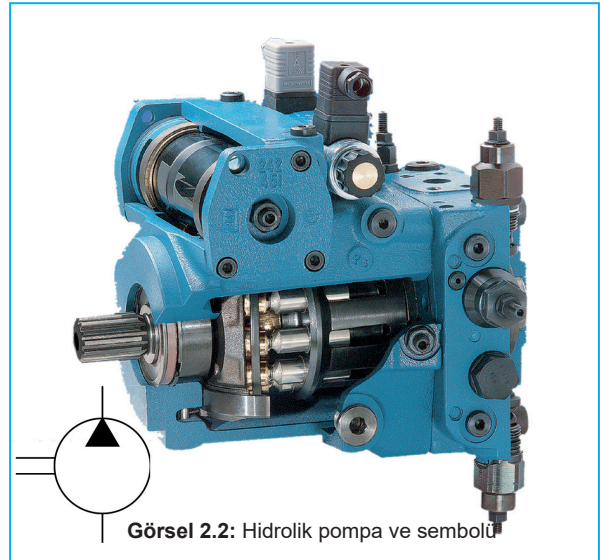
#### Yağ Seviye Göstergesi

Hidrolik depo içinde kalan yağın miktarını belirlemek için kullanılan ekipmandır. Özellikle yağ seviyesinin çok düşük ya da yüksek olması hidrolik sistem için problemler oluşturabilir.

#### Hidrolik Pompa

Mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren devre elemanına **hidrolik pompa** denir. Hidrolik pompalar birçok dinamik makine için güç kaynağıdır. Pompalar, hidrolik silindirlere veya hidrolik motorlardan büyük miktarda yağ iletebilecek kapasitede ekipmanlardır.

Bu şekilde pompa, sürücünün mekanik enerjisini hidrostatik enerjiye dönüştürür. Kaldırma, indirme, açma, kapatma veya döndürme bileşenleri gibi farklı işler yapmak için pompa ile donatılmış hidrolik makineler kullanılabilir. Hidrolik devrelerde uygulama koşullarına ve tasarlanan sistemin ihtiyaçlarına göre farklı tiplerde hidrolik pompalar kullanılır. Görsel 2.2'de hidrolik pompa görseli verilmiştir.



Görsel 2.2: Hidrolik pompa ve sembolü

Hidrolik pompa mekanik enerjiyi kinetik enerjiye dönüştüren bunu da hidrolik yağın sıkıştırılmaz olma prensibiyle sağlayan bir hidrolik sistem elemanıdır. Hidrolik pompaların üç ana tip vardır: Pistonlu hidrolik pompalar, dişli hidrolik pompalar ve paletli( katriçli) hidrolik pompalar.

Hidrolik pompanın iki temel görevi bulunur. Bunlardan ilki emiş oluşturmaktır. Hidrolik pompa, yarattığı basınç farkı ile yağ tankında bulunan hidrolik yağ üzerinde vakum etkisi oluşturur. Bu etki ile tanktan emilen hidrolik yağ hidrolik pompa içindeki mekanik hareket sağlayan parçalar arasında sıkıştırılarak basınç artışı sağlanır. Hidrolik pompaya verilen ve içeride hidrolik pompa elemanlarının hareketini sağlayan mekanik enerji bu sayede artarak hidrolik enerjiye dönüşür.

### Elektrik Motoru

Hidrolik sistemde pompanın çalışması için gerekli enerjiyi sağlayan güç kaynağıdır. Elektrik motoru sayesinde sisteme yağ akışı sağlanır.

### Emiş Filtresi

Pompa emiş hattına yerleştirilen bu filtreler, tanktan pompaya gelen akışkanı temizler. Emiş filtresi hidrolik akışkan tanktan, filtre üzerinden emilmesi için filtre emme hattına yerleştirilir. Bu şekilde hidrolik sisteme sadece filtrelenmiş yağ girer. Görsel 2.3'te emiş filtresi görseli verilmiştir.



Görsel 2.3: Emiş filtresi

Bu tip filtrelerde meydana gelecek basınç düşümünün pompada kaviteyona sebep olmaması ve uygun kapasitede seçilmesi gerekir. Çok hassas bir filtrasyon gereken yerlerde basınç düşümünün azalması için büyük alanlı bir filtre elemanı gerekir. Pratik olarak emiş filtrelerinin süzme kapasiteleri 0,13 mm kadar olması tavsiye edilir. Bu filtreler genellikle hidrolik depo içinde emiş borusunun ucuna takılı olarak kullanılır. Hidrolik depo içinde bulunması nedeniyle temizlenmesi diğerlerine nazaran daha zahmetlidir.

Emiş filtresinin tıkanması durumunda hidrolik pompa zorlanır ve devreye hava basar. Bu durum akışkan içinde köpükleme olayına neden olacağı gibi pompanın verimini de düşürür.

Bu sebeplerden dolayı emiş hattı filtreleri süzme kapasitesi büyük olan filtrelerden seçilir. Emiş hattı filtrelerinin süzme kapasitesi 100 mikron ile 0,1 mm kadar olanları vardır.

### Emiş Borusu

Hidrolik sisteme yağın dâhil olmasını sağlayan devre elemanıdır. Emiş borusu ile depo tabanı arasındaki minimum mesafe  $1.5 \times d$  kadar olmalıdır ( $d$ =boru çapı).

### Boşaltma Tapası

Hidrolik yağın ömrü dolduğu zaman, bu yağı depo içinden boşaltmak için kullanılan ekipmandır.

### Ara Perde

Ara perde, sistemden dönen yağ ile emiş borusu arasında plaka biçiminde yerleştirilen delikli bir sac malzemeden imal edilmiştir. Emiş ve dönüş boruları arasında türbülansı önleyerek yağın hızını azaltır.

### Basınç Borusu

Hidrolik yağ için gerekli basıncı oluşturmaya yarayan devre elemanıdır.

### Taban Eğimi

Yağ deposunda dibe çöken pisliklerin toplanmasını sağlamak için depo tabanına boşaltma deliği yönünde verilen eğime **taban eğimi** denir. Yaklaşık olarak 5° eğim verilir.

### Temizleme Kapağı

Hidrolik depoda bulunan yağın temizlenmesi için kullanılan devre ekipmanıdır.

### Termometre

Hidrolik depoda bulunan yağın sıcaklığını ölçmek için kullanılan ekipmandır. Hidrolik yağın sıcaklığının yaklaşık 40-65 °C arasında olması gerekir. Yağın çok ısınması ya da soğuması istenmeyen bir durumdur.

### Emme Odası

Hidrolik sisteme katılan yağın bulunduğu kısımdır. Burada bulunan yağ filtrelenerek sisteme verilir.

### Dönüş Odası

Hidrolik sistemde kullanılan yağın temizlenerek depoya döndüğü noktadır. Bu bölümde sistemde ısınan yağ soğutulularak sisteme tekrar giriş için hazırlanır.

## 2.1.3. Hidrolik Sistemde Kullanılan Filtreler

Hidrolik sistemlerde birçok arıza kirli yağ yüzünden oluşur. Hidrolik sistemlerin kapalı devreler olması nedeniyle yabancı madde girişinin olamayacağı düşüncesi yanlıştır. Çünkü montaj ya da çalışma esnasında devre elemanlarından kopan parçalar ya da yağ deposunun havalandırma bölümünden içeri giren kirlenmeler yüzünden hidrolik akışkanların orijinal hâlleri bozulur. Bunun için hidrolik devrelerde toz, pislik, metal talaşı, pas gibi katı kirlenmeleri ve yabancı maddeleri tutmak üzere filtreler kullanılır. Görsel 2.4'te filtre örneği verilmiştir.



Görsel 2.4: Hidrolik yağ filtresi

Küçük ve önemsiz görünseler de filtreler hidrolik bir devrenin en önemli koruyucularıdır. Elemanların ömrünü uzatırken sistemin verimli çalışmasını sağlarlar, üstelik bakım onarım masraflarını ve zamanını oldukça azaltan parçalardır. Filtreler satın alınmadan önce hidrolik devrenin debisi ve en yüksek basınç değeri iyi bilinmeli buna uygun kapasiteli filtreler olmalıdır. Montaj şekli, temizlenme ya da değiştirilme şartlarının da göz önüne alınması bakım onarımın planlanması açısından önemlidir. Filtreler devrede kullanılacağı alana göre çeşitlenmiştir:

- Emiş hattı filtreleri
- Basınç hattı filtreleri
- Dönüş hattı filtreleri
- Bypass filtreleri

### 2.1.3.1. Emiş Hattı Filtreleri

Emiş filtreleriyle sadece pompaların fonksiyonelliğinin korunması mümkündür. Pompaların düşük basınca karşı olan hassasiyetlerinden dolayı filtredeki basınç farkı büyük olmamalıdır. Bu yüzden genellikle büyük yüzeyli filtreler kullanılır ve Görsel 2.5'te gösterilmiştir.



Görsel 2.5: Emiş filtresi

Emme bölgesinde, filtrasyon işlemi genellikle 100  $\mu\text{m}$ 'den büyük kir partiküllerinin filtrelenmesi sınırlandırılmıştır. Hidrolik tahriklerde filtrasyon için özel bir model mevcuttur. Burada, filtre gözenek büyüklüğü 20  $\mu\text{m}$  olan bir emiş filtresi kullanılır. İki çeşit emiş hattı filtresi vardır.

#### Gövdesiz Emiş Hattı Filtresi

Gövdesiz emiş filtreleri, pompa emme hattına monte edilir. Emiş filtresinin, minimum yağ seviyesinin yeterince altına takılmasına dikkat edilmelidir. Pompayı korumak için filtre ve pompa arasında düşük basınç şalteri monte edilmelidir. Gövdesiz özel emiş filtreleri, geri dönüş hattında akışkan dağıtıcısı olarak da kullanılabilir. Bunlar, köpük oluşumunu ve bunun tank içine yerleşmesini önler. Belli şartlar altında, saptırma duvarları kullanımına ihtiyaç olmayabilir.

#### Gövdeli Emiş Hattı Filtresi

Bu filtreler, tanktaki akışkan seviyesinin altına da monte edilebilirler. Böylece, eleman değiştirilirken, gövde boş kalmaz. Gövde sızıntı engelleri ile doldurulmalıdır.

### 2.1.3.2. Basınç Hattı Filtreleri

Bir hidrolik sistemin kesintisiz çalışması için gerekli ön şartlardan biri, akışkanın ve tankla temasta bulunan havanın filtre edilmesidir. Filtrelerle uzaklaştırılan kirleticiler, hidrolik sisteme doldurma tapaları ve kapak contalarından giren ortam tozlarıdır. Hidrolik sistemlerde oluşan fonksiyonsuzlukların çoğunun nedeni kirlenmiş akışkanlardır. Görsel 2.6'da gösterilmiştir.



Görsel 2.6: Basınç hattı filtresi

Hidrolik basınç filtresi, pompadan sonra gelen elemanların emniyetli çalışmalarını temin etmek için kullanılır. Bu nedenle korunması gereken bu filtreler mümkün olduğunca yakın bağlanmalıdır. Basınç hattı filtrelerinin kullanılmasının uygun olduğu durumlar şunlardır:

- Sistemde, özellikle kirliliğe karşı hassas (örneğin servo valfler ve kontrol valfleri) veya sistemin çalışması açısından önemli olan elemanlar varsa
- Sistemde özellikle pahalı olan (örneğin büyük silindirler, servo valfler, hidrolik motorlar gibi) ve sistemin emniyeti açısından oldukça önemli olan elemanlar varsa
- Sistemin boşta çalışma maliyeti oldukça yüksektir.
- Basınç hattı filtreleri, emniyet filtresi ve/veya çalışma filtresi olarak kullanılabilirler.

### 2.1.3.3. Dönüş Hattı Filtreleri

Motor ve pompalarda basınca duyarlı sızdırmazlık sistemlerinin kullanılmasıyla, geri dönüş hattında büyük gözenekli süzgeç filtreleri kullanarak sadece sızıntı yağını filtrelemek mümkündür. Görsel 2.7'de gösterilmiştir.



Görsel 2.7: Dönüş hattı filtresi

### 2.1.3.4. Bypass Filtresi

Hidrolik filtreleme sistemleri dâhilinde kullanılan bu filtreler, dolaşım anında tankta bulunan akışkanı sirküle ederek filtreler.

Genelde pompa, filtre ve yağ soğutucudan oluşan komple bypass filtreleme ünitesi kullanılır. Bu filtre Görsel 2.8’de gösterilmiştir.



Görsel 2.8: Bypass filtresi

Bypass filtrelerinin avantajı, hidrolik sistemdeki çalışma çevriminden bağımsız olarak çalışabilmeleri ve filtre elemanından geçen akışkanın sabit ve darbesiz olmasıdır.

Bir akışkanın yaşlanma işlemi yavaşlatılırsa, akışkanın ömrü önemli ölçüde uzatılmış olur.

Filtre seçiminde dikkat edilecek hususlar şunlardır:

- Filtreleme hassasiyeti
- Filtre edilecek akışkanın debisi (L/dk)
- Filtrenin meydana getirebileceği basınç düşümü (bar)
- Çalışma basıncı
- Ekonomik oluşu
- Filtrenin temizlenebilirliği
- Filtre elemanının çeşidi

## 2.2. HİDROLİK POMPALAR

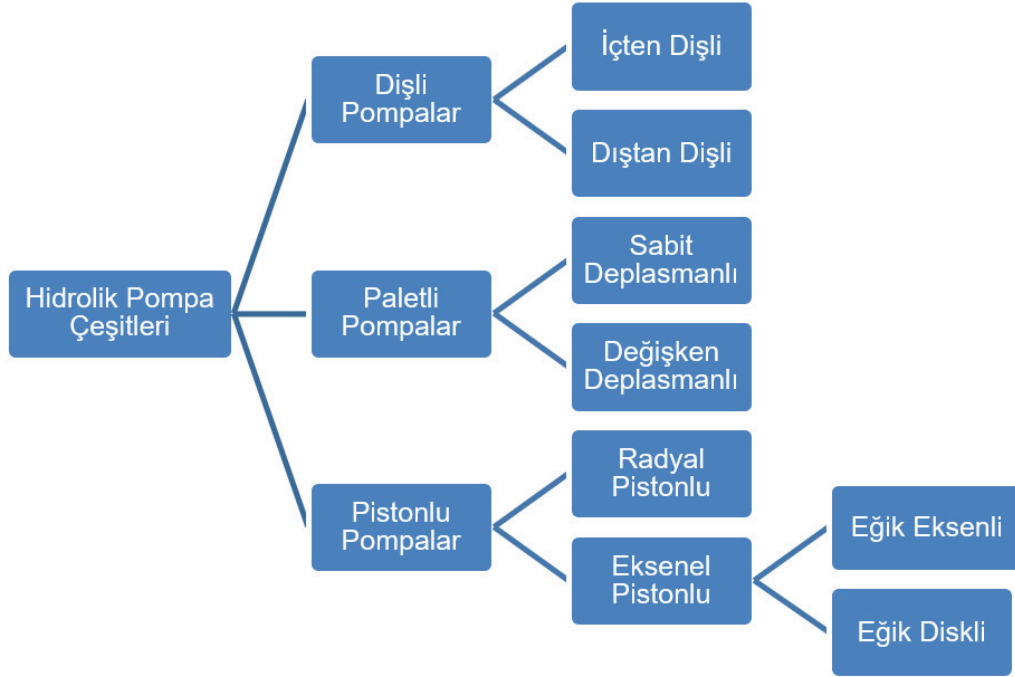
### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hidrolik pompa konusu hakkında neler düşünüyorsunuz?
2. Hidrolik pompanın görevi nelerdir?

### 2.2.1. Hidrolik Pompalarda Debi ve Hesaplamalar

Motordan aldığı mekanik enerji ile hidrolik yağı depodan emen ve basınçlı olarak belirli akış miktarında aktaran elemana **hidrolik pompa** denir. Hidrolik pompalar, aldıkları mekanik enerjiyi hidrolik akışkanın basınç ve debi oluşturmasıyla hidrolik enerjisine dönüştürür. Hidrolik pompanın beslediği hidrolik devreye sağlanan akışkanın basıncı ve debisi kullanılan komponentlerin (Kombine çalışan devre elemanlarının) ihtiyacına uygun değerde olmalıdır. Hidrolik pompa çeşitleri Görsel 2.9’da gösterilmiştir.

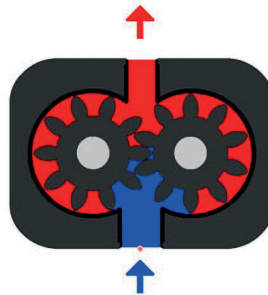
lediği hidrolik devreye sağlanan akışkanın basıncı ve debisi kullanılan komponentlerin (Kombine çalışan devre elemanlarının) ihtiyacına uygun değerde olmalıdır. Hidrolik pompa çeşitleri Görsel 2.9'da gösterilmiştir.



Görsel 2.9: Hidrolik pompa çeşitleri

### 2.2.1.1. Hidrolik Dişli Pompalar

Dıştan ve içten dişli olmak üzere iki çeşit hidrolik pompa vardır. Dişli pompaların yapısı basittir ve hidrolik pompalar birbirleriyle uyumlu çalışan iki düz dişliden meydana gelir. Dişlilerle emiş hatından emilen yağ, dişlilerin arasına alınarak basınç hattına basılır. Dişlilerin çapı ve diş derinliği, basacakları akışkanın hacmini etkiler. Dişli hidrolik pompa değişik kapasitede ve ölçüde yapılır. Sistem için uygun kapasitedeki pompanın seçilmesi ve bu konuda üretici firmaların tavsiyeleri de dikkate alınmalıdır. Dişli pompaların çalışma basıncı yaklaşık olarak 40-250 bar arasındadır. Dişli pompalar kolaylıkla temin edilebilen ve değişik uygulama alanlarında kullanılan bir pompa tipidir. Ekonomik olması da bir diğer avantajı olarak öne çıkar. Dezavantajları olarak yüksek basınçlarda düşük verim ve kullanım ömründe azalmanın yanı sıra yüksek gürültü seviyesi de gösterilebilir (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Dişli pompa

## Dişli Pompalarda Debi Hesabı

Dişli pompalarda debi hesabı, dişin yüksekliği, bölüm dairesi çapı, diş genişliğine ve devir sayısına göre değişir. Dişli pompalarda debi ise aşağıda verilen formül ile gösterilmiştir.

$$Q = D_o \cdot b \cdot h \cdot W \text{ cm}^3/\text{sn.}$$

$$W = \text{cm}^3/\text{sn}$$

$$Q = \text{Dişli çarklı pompanın debisi (cm}^3/\text{sn.)}$$

$$D_o = \text{Dişli çark bölüm dairesi çapı (cm)}$$

$$h = \text{Diş yüksekliği (cm)}$$

$$b = \text{Dişli çark genişliği (cm)}$$

$$W = \text{Açısal hız} = 2 \cdot \pi \cdot (n/60) \text{ Radyan/ sn}$$

### 1. Örnek

Dişli bir pompada pompa mili 1200 dev/dk. ile döner. Dişlinin bölüm dairesi çapı 50 mm, diş genişliği 20 mm ve diş yüksekliği 10 mm'dir. Pompanın debisi ne olur?

#### Verilenler:

$$N = 1200 \text{ dev/dk.}$$

$$D_o = 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$$

$$h = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

#### İstenenler:

$$Q = ?$$

$$w = ?$$

$$W = 2 \cdot \pi \cdot (n/60) = 2 \cdot 3,14 \cdot (1200/60) = 125,6 \text{ Radyan/sn.}$$

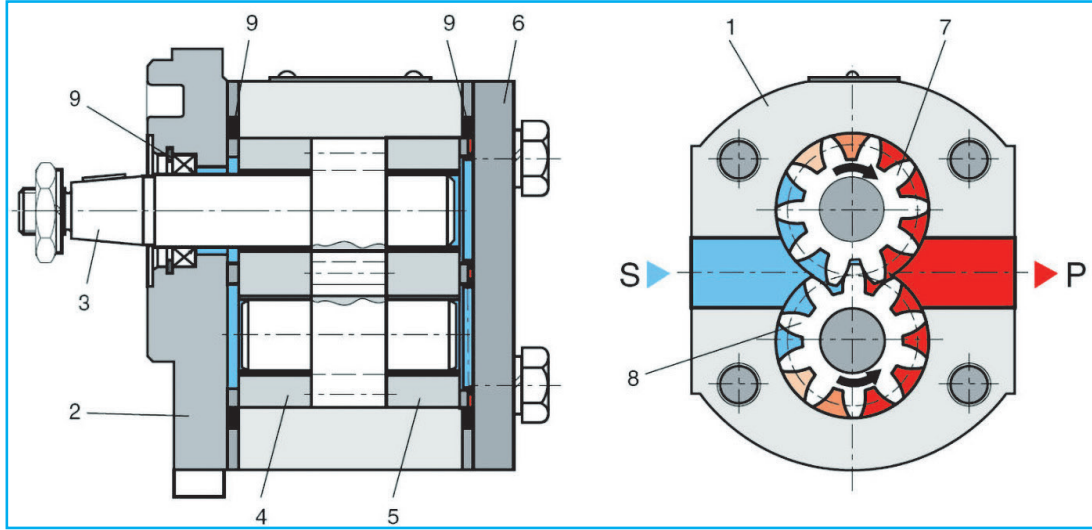
$$Q = D_o \cdot b \cdot h \cdot W \text{ cm}^3/\text{sn}$$

$$Q = 5 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 125,6 = 1256 \text{ cm}^3/\text{sn.}$$

## Dıştan Dişli Pompa

Dıştan dişli pompa dişleri, emiş tarafında birbirinden ayrılırken hacim büyümesi (boşluk) sağlar ve yağı emer. Basma tarafında dişler, birbirini kavrayarak hacim küçülmesi sağlar ve yağı basınçlı olarak basar. Dıştan dişli pompasının dişleri arasındaki geçme, pompa giriş ve çıkışı arasındaki sızdırmazlığı mükemmelere yakın hâle getirir ve böylece nakledilen akışkanın kayma yaratması önlenmiş olur. Çıkış akışının engellenmesi durumunda, pompa çıkış odasındaki basınç hızla artar ve dişlileri diyagonal (diş çapraz) olarak pompa giriş tarafına doğru zorlar. Böylece, sistem basıncının artması durumunda, bu basınç/kuvvet dengesizliği, daha da büyük oranda olur. Bu dengesizlik, mekanik sürtünmeyi ve iki dişlinin yataklarına binen yükleri artırır. Bu nedenle üretici tarafından belirtilmiş olan en yüksek basınç değerlerine sıkı sıkıya uyulmalıdır. Dönen dişlilerin diş yanından geçen akışkanın aşırı kaçacağını önlemek için yan plakalar (Baskı plakaları) veya yataklama burçları üzerine basınç yüklemelidir. Sistem basıncı ne kadar artarsa, bu plakalar o kadar daha büyük bir kuvvetle dişlilerin yanları üstüne baskı uygular. Tahrik mili keçesinin arkasında basınç oluşumunu önlemek için keçenin iç tarafında, kaçanın tahrik mili keçesine geçmesini önleyen ve düşük basınçlı giriş tarafına açılan bir tahliye kanalı vardır. Dişliler çıkış odasında temas hâlinde dönerken temastaki dişliler arasında sıkışan akışkan bölümünün tahliyesi için tedbir alınmıştır.

Görsel 2.11'de dıştan dişli pompa gösterilmiştir.

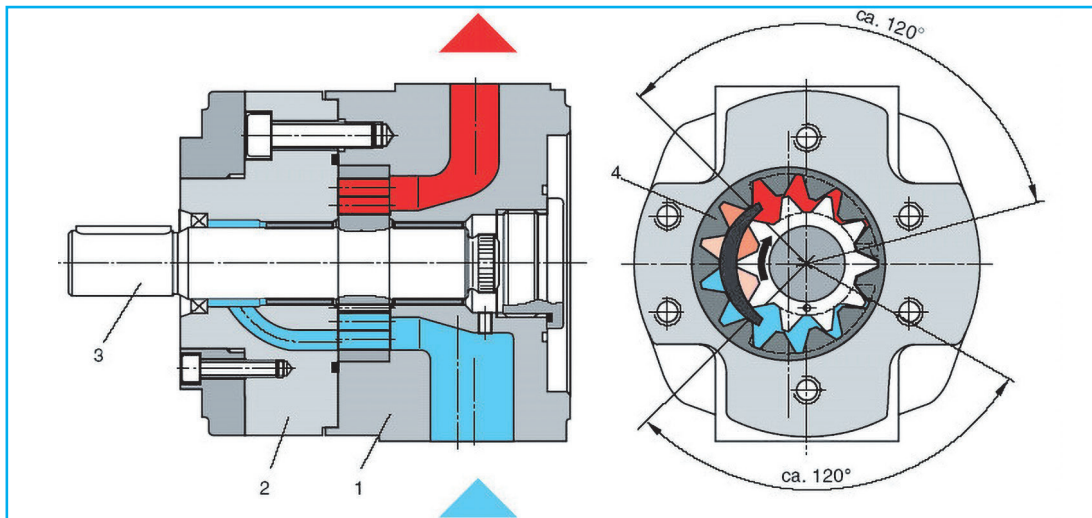


Görsel 2.11: Dıştan dişli pompa

### İçten Dişli Pompa

İçten dişli pompalar, çeşitli hidrolik akışkanlarla yüksek basınçlı ve az gürültülü çalıştığı için kullanım alanı giderek genişler. Aynı akış debi koşullarını sağlayan dıştan dişli pompadan daha küçüktür. Pompa tahrik mili, pinyon dişliyi; pinyon dişli de iç ayna dişliyi (rotoru) tahrik ederek döndürür. Dıştan dişli pompalarda olduğu gibi akışkan, dönen diş ve sabit hilalin oluşturduğu boşlukları doldurur. Hem dış dişli hem de pinyon dişli birlikte çalışarak akışkanı pompanın içinden sevk eder. Hilal, düşük basınçlı pompa girişini, yüksek basınçlı pompa çıkışından ayırır.

Dıştan dişli pompa gibi hilal dişli pompa da dengesizdir. Bu pompanın yapısından kaynaklanan avantajı, akışkan giriş çıkış alanlarının dıştan dişli pompalarla mukayese edildiğinde çok daha uzun düzenlenmiş olmasıdır. Bu yüzden, yer değiştirme boşluklarını doldurmak için gerekli olan akışkan hızları, önemli oranda azalmıştır. Bu durum, yalnızca gürültüyü azaltmakla kalmaz, aynı zamanda pompanın emme kapasitesini de yükseltir. Görsel 2.12'de içten dişli pompa gösterilmiştir.



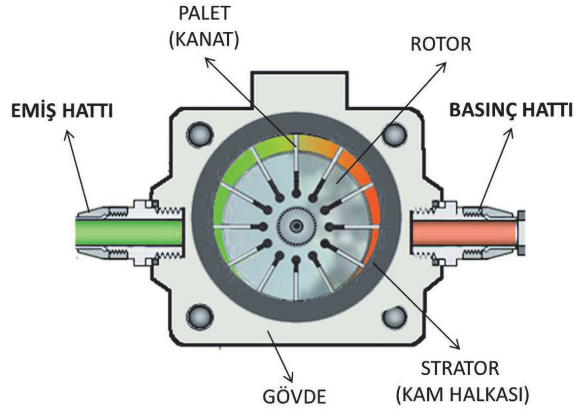
Görsel 2.12: İçten dişli pompa

### 2.2.1.2. Paletli Pompalar

Paletli pompalar, dairesel bir rotorun içine eksantrik olarak yerleştirilen bir kovan ve rotorun çevresine yerleştirilmiş paletlerden meydana gelir. Rotor döndükçe kanalları içinde hareketli olan paletler dönerken merkezkaç kuvvetinin etkisiyle kovana temas eder ve kendi kanalları içinde eksantrikliğe uygun olarak girip çıkar. Dönen paletler, beraberlerinde emerek getirdikleri yağı da sürükler ve basınç hattına getirir.

Paletli pompalar, özellikle düşük gürültü seviyeleri sebebiyle kapalı alanda çalışan hidrolik sistemlerde tercih edilen bir hidrolik pompa türüdür. Pompaların, dış hacimlerine göre ürettikleri debi yüksektir yani kapladıkları hacim diğer pompalara nazaran daha düşük, kompakt bir yapıdadır. Paletli pompalar tek ve çift odalı olmak üzere iki farklı tipte üretilir. Sabit deplasmanlı modellerde daha çok çift odalı tasarım kullanılırken değişken deplasmanlı modellerde ise tek odalı tasarım kullanılır.

Paletli pompaların çalışma prensipleri dişli pompalardan farksızdır. Emilen yağın hacimsel bir küçülme sonucu bir taraftan diğer tarafa basılmasıdır. Orta basınçlar için uygun olan paletli pompaların başlangıç hızları büyüktür. Hassas bir konstrüksiyona sahip olan paletli pompaların işçiliği fazla olduğu için dişli pompalardan daha pahalıdır. Görsel 2.13'te paletli pompa gösterilmiştir.



Görsel 2.13: Paletli ompa

Paletli hidrolik pompaların özellikleri şöyledir:

- Montaj boyutları küçüktür.
- Titreşimsiz ve gürültüsüz çalışır.
- Dişli pompalara göre iç kaçakları fazladır.
- Sürtünme kayıpları ve ısınma fazladır.
- Elde edilecek debi 180 l/dk ile 450 l/dk, arasında değişebilir,
- Çalışma basınçları diğer pompalara göre düşüktür.
- 900 ile 3000 dev/dak. arasında çalışır.
- Dişli pompalara göre daha çok işçilik ister.
- Verimleri düşüktür (%70 - 75).
- Uygun özellikte yağın kullanılması gerekir.
- 160 bar'a kadar olan çalışma basınçları için uygundur.
- Paletler çevresel kuvvetle merkezkaç kuvvetinin etkisiyle çevreye kuvvet uyguladığı için sızdırmazlık sağlar.

### Paletli Pompalarda Debi Hesabı

$$\text{Teorik debi} = Q_t = \frac{2 \cdot \pi \cdot h \cdot b \cdot n \cdot (d + h)}{1000} \text{ l/dk}$$

Gerçek debi  $Q = Q_t \cdot \eta$

$Q_t$  = Teorik debi (l/dk.)

$b$  = Paletin genişliği (cm)

$d$  = Rotorun çapı (cm)

$\eta$  = % olarak pompa verimliliği

$Q$  = Gerçek debi (l/dk.)

$n$  = Pompa mili devir sayısı

$h$  = Paletin aksenal kaçıklığı (cm)

## 2. Örnek

Devir sayısı 1200 devir/dk. olan paletli pompanın rotor çapı 10 cm, pompa %80 verimle çalışır. Paletin aksenal kaçıklığı 20 cm, genişliği 20 cm'dir. Buna göre paletli pompanın debisini hesaplayınız?

Verilenler:

$n = 1200$  dev/dk.       $d = 10$  cm       $h = 20$  cm

$\eta = \%80$                $b = 20$  cm

**Çözüm:**

$$Q_t = \frac{2 \cdot \pi \cdot h \cdot b \cdot n \cdot (d + h)}{1000} \text{ l/dk} \quad Q_t = \frac{2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 20 \cdot 1200 \cdot (10 + 20)}{1000} \text{ l/dk}$$

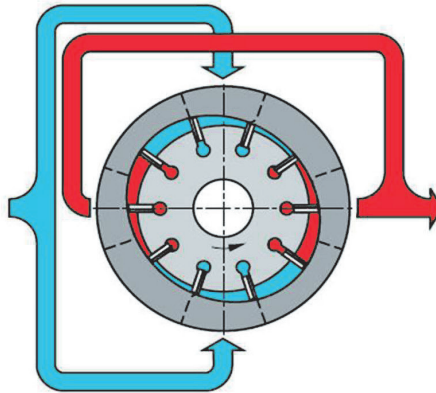
$$Q_t = 90.432 \text{ cm}^3/\text{dk} \quad Q = Q_t \cdot \eta \quad Q = 90.432 \cdot 0,8 \quad Q = 72.345 \text{ cm}^3/\text{dk}$$

### 2.2.1.3. Deplasmanlı Pompalar

Deplasmanlı pompalar sabit ve değişken deplasmanlı pompalar olmak üzere ikiye ayrılır.

#### Sabit Deplasmanlı Pompa

Bu pompa çeşidinde hidrolik yağ sabit bir hacimle akar. Bu sistemde hidrolik pompanın nasıl kontrol edildiğine veya akış esnasında ne olduğuna bakılmaksızın geçen ve değişmeyen yağ miktarıdır. Görsel 2.14'te sabit debili pompa gösterilmiştir.

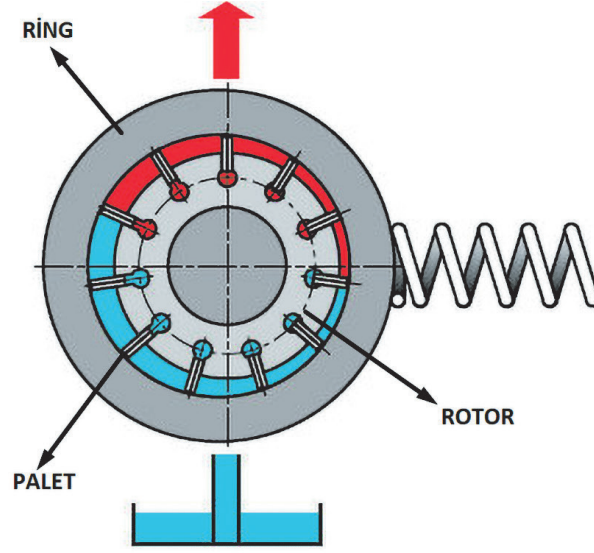


210 bar basınca kadar çalışabilirler

Görsel 2.14: Sabit deplasmanlı pompa

#### Değişken Deplasmanlı Pompa

Bu pompa çeşidinde geçen yağ hacmi hidrolik veya elektronik olarak değişir. Değişken deplasmanlı pompalarda oluşabilecek hataların giderilmesi için sistemde oluşabilecek aşırı basıncın kesilmesi, sistemin zarar görmesi engellenebilir. Görsel 2.15'te değişken deplasmanlı pompa gösterilmiştir.



Görsel 2.15: Değişken deplasmanlı pompa

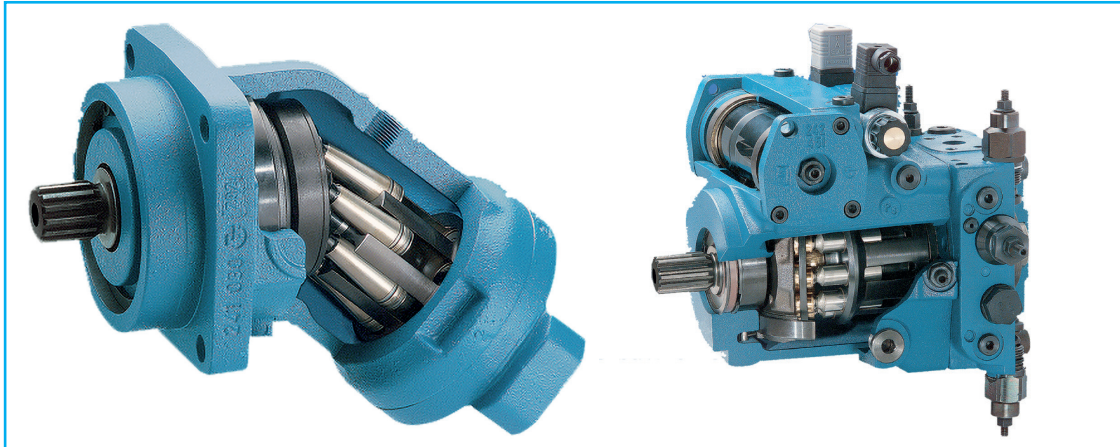
#### 2.2.1.4. Pistonlu Pompalar

Dairesel olarak döner mil çevresinde bulunan pistonlar belli hacimde yağı depodan emer. Böylece debi ve basınç oluşumu sağlayarak yağı pompa çıkışına aktarır. Milin döndürülmesi ile piston bloğu birlikte dönen piston elemanları, eğik konumdaki plakanın (radyal pistonlu pompalarda eksantrik mil ) konumu ile bağlantılı olarak çalışır. Pistonlar, dağıtım plakasındaki giriş kanalı karşısına gelince emme; çıkış kanalı karşısına gelince basma işlemi olur.

Pistonlu pompalar, 300-400 bar basınç aralığında kullanılabilen ve yüksek verimli yüksek basınç pompalarıdır. Mobil ve endüstriyel hidolikte birçok kritik uygulamada pistonlu pompalar tercih edilir. Değişken deplasmanlı pistonlu pompalar çok sayıda kontrol tipine sahiptir.

#### Eksenel Pistonlu Pompalar

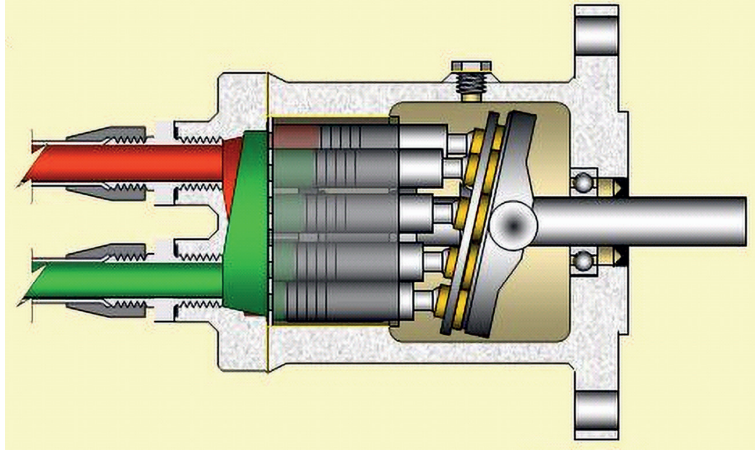
Bu pompa çeşidinde pistonlar pompa eksenine paralel yerleştirilmiştir. Bu pompa çeşidi ise kendi içinde eğik ve eğik diskli olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Görsel 2.16'da sağ tarafta eğik diskli, sol tarafta ise eğik ekseni piston bulunur.



Görsel 2.16: Eksenel pistonlu pompalar

## Radyal Pistonlu Pompalar

Bu pompalarda silindirler (pistonlar), eksenlerle kesişecek şekilde dizilmiştir. Pistonlar, gövde halkasının iç çevresine birer uçlarından eklemli olarak dizilmiştir. Gövde halkası ile silindirlerin bulunduğu blok, birbirine göre eksantrik olarak monte edilmiştir. Hidrolik pompa mili silindir bloğunu döndürdüğünde, pistonlar halka yüzeyini izleyeceğinden silindirlerde çıkma ve girme hareketleri oluşur. Böylece pompalama işlemi sağlanır. Görsel 2.17’de radyal pistonlu pompa gösterilmiştir.



Görsel 2.17: Radyal pistonlu pompa

Bu pistonun genel özellikleri şunlardır:

- 700 bar gibi yüksek basınçla çalışır.
- Küçük deplasmanlı pompadır.
- Doldurma değil sıkıştırma işlemi ile kullanılır.
- Yüksek basınca dayanıklı olduğu için endüstriyel uygulamalar için uygundur.

### 2.2.1.5. Pompa Seçiminde Dikkat Edilecek Özellikler

Hidrolik pompalar sistem içerisinde önemli bir elemandır. Hidrolik pompaları seçerken dikkat edilmesi edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlar:

- |                   |                        |  |
|-------------------|------------------------|--|
| • Debi ihtiyacı   | • Maliyet unsurları    | • Çalışma basıncı aralığı                |
| • Devir sayısı    | • Boyutları ve montajı | • Çalışma sıcaklığı aralığı              |
| • Servis ömrü     | • Akış yönü sayısı     | • Pompa tahrikinin ne şekilde yapılacağı |
| • Bakım kolaylığı | • Akışkan özellikleri  | • Avantajları ve dezavantajları          |

### 2.2.2. Hidrolik Pompalarda Verim Hesabı

Hidrolik pompalarda çalışma esnasında sürtünmeden dolayı verim kayıpları yaşanır. İşte bu verim kayıpları yüzünden motordan çıkan güçte azalmalar meydana gelir. Bu verim kayıplarını önlemek için ise kullanılan malzemelerin tolerans değerleri içinde olması ve düzgün monte edilmesi verim kayıplarını azaltır. Hidrolik pompaların verimlerinin hesaplanması için verilen formüller kullanılarak işlemler yapılır.

$$\text{Elektrik motoru gücü} = G_1 = \frac{Q \cdot G}{600 \cdot \eta} \quad P = \frac{450 \cdot \eta}{Q} \text{ bar}$$

$$\text{Pompanın debisi} = Q = \frac{Q \cdot n \cdot \eta}{1000}$$

$$\text{Pompanın devir sayısı} = n = \frac{Q \cdot 1000}{V \cdot \eta} \quad \eta = \frac{G}{G^1} \quad G = Q \cdot P$$

G = Pompaya etki eden güç (kW) (kilowatt)

G<sub>1</sub> = Elektrik motorunun gücü (kW)

Q = Pompanın debisi (cm<sup>3</sup>/dk.)

P = Pompanın çalışma basıncı (Newton/cm<sup>2</sup>= N/cm<sup>2</sup>)

V=Pompadan belirli bir devirde geçen akışkan miktarı(cm<sup>3</sup>/devir)

n= Pompa devir sayısı (devir/dk.)

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

$$Q_T = \frac{Vg \cdot n}{1000} \quad \begin{array}{l} Q_T = \text{Teorik debi (l/dk.)} \\ Vg = \text{Pompanın bir devirde basıģı yağ (Geometrik hacmi) (cm}^3\text{/dev)} \\ n = \text{Motorun dönüş hızı (dev/dk.)} \end{array}$$

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

$$\eta_H = \frac{Q_G}{Q_T} \quad \begin{array}{l} \eta_H = \text{Hacimsel verim} \\ Q_G = \text{Gerçek debi (lt/dk.)} \\ Q_T = \text{Teorik debi (lt/dk.)} \end{array}$$

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.

$$\eta_T = \frac{N_\zeta}{N_G} \quad \begin{array}{l} \eta_T = \text{Toplam verim} \\ N_\zeta = \text{Çıkış gücü (Hidrolik güç) (kW)} \\ N_G = \text{Giriş gücü (Mekanik güç) (kW)} \end{array}$$

### 3. Örnek

120 bar çalışma basıncı ile çalışan pompanın debisi 20 l/dk.dır. Pompaya bağlı elektrik motorunun gücü 10 kW'tır. Pompanın verimi ne olur?

**Verilenler:**

$$P = 120 \text{ bar} = 1200 \text{ N/cm}^2$$

$$Q = 20 \text{ l/dk.} = 20.000 \text{ cm}^3\text{/dk.}$$

$$G_1 = 10 \text{ kW}$$

**Çözüm :**

$$G = Q \cdot P = 20000 \cdot 1200 = 24 \cdot 10^6 \text{ Ncm/ dk.}$$

$$1 \text{ Ncm/ dk} = 1/6000 \text{ watt}$$

$$G = \frac{24 \cdot 10^6}{6000} = 4000 \text{ Nm/ sn.}$$

$$= 400 \text{ watt} = 0,4 \text{ kW}$$

**4. Örnek**

Bir hidrolik sistemde giriş gücü 100 kW, çıkış gücü ise 80 kW olan hidrolik pistonun toplam verimini hesaplayınız.

**Verilenler:**

$$N_{\text{Ç}} = 80 \text{ kW}$$

$$N_{\text{G}} = 100 \text{ kW}$$

**Çözüm:**

$$\eta_T = 80/100$$

$$\eta_T = \%80 \text{ toplam verim bulunur.}$$

**5. Örnek**

Bir hidrolik sistemde giriş gücü 150 kW çıkış gücü ise 120 kW olan hidrolik pistonun toplam verimini hesaplayınız.

**Verilenler:**

$$N_{\text{Ç}} = 150 \text{ kW}$$

$$N_{\text{G}} = 120 \text{ kW}$$

**Çözüm:**

$$\eta_T = (N_{\text{Ç}})/N_{\text{G}} \quad \eta_T = 120/150$$

$$\eta_T = \%80 \text{ verim bulunur.}$$

## 2.3. HİDROLİK MOTORLAR

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hidrolik motor nedir?
2. Hidrolik motorun görevi nedir?

Hidrolik motor, hidrolik enerji ile dairesel hareket üreten devre elemanıdır. Hidrolik pompanın ürettiği hidrolik enerjiden faydalanır. Çalışma prensipleri pompalara göre terstir. Pompalar mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye, motorlar ise hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürür.

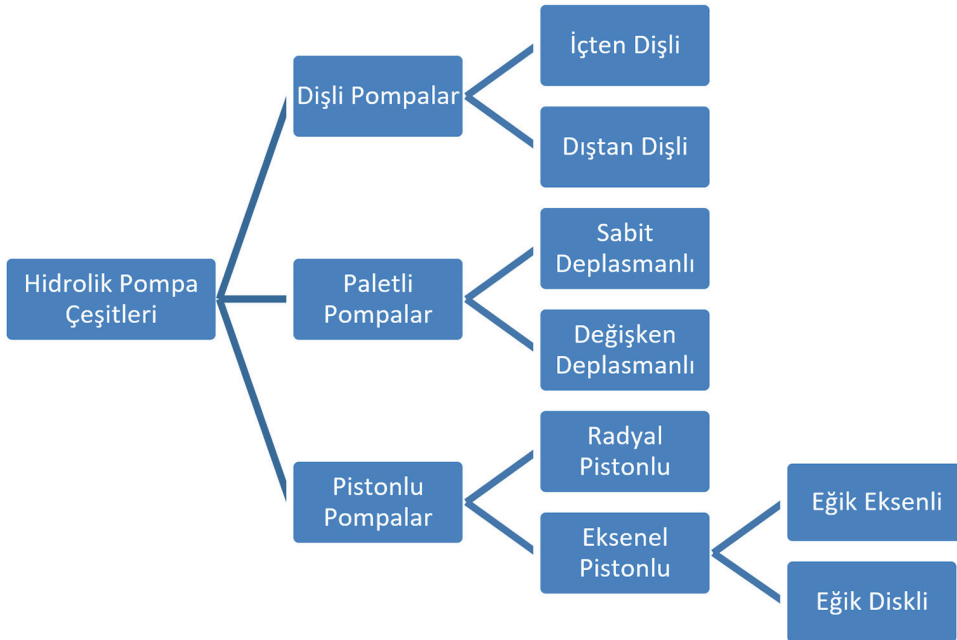
Hidrolik motorlar çalışma prensibi bakımından hidrolik pompaların tersi bir sistemle çalışır. Hidrolik pompaların aksine, hidrolik motorlara akışkan basınçlı olarak girer. Basınçlı akışkan, hidrolik enerjiyi dairesel harekete çevirir. Hidrolik pompalarda dişli çarklar bir elektrik motoru ile çevrilerek hidrolik enerjiye dönüşürken motorlarda pompanın ürettiği basınç, mekanik enerjiye çevrilir.

### 2.3.1. Hidrolik Motorların Görevleri

Hidrolik motorlara yüksek basınçla giren akışkan, dişli çarkın dişleri arasından geçerken dişli çiftini döndürerek hidrolik enerjiyi dairesel harekete dönüştürür. Dişlilerden biri motor miline bağlı olduğu için üzerine takılan herhangi bir elemanın dönmesi sağlanır.

### 2.3.2. Hidrolik Motorların Çeşitleri

Hidrolik motor çeşitlerini 3 ana başlıkta inceleyebiliriz. Görsel 2.18'de hidrolik motor çeşitleri gösterilmiştir



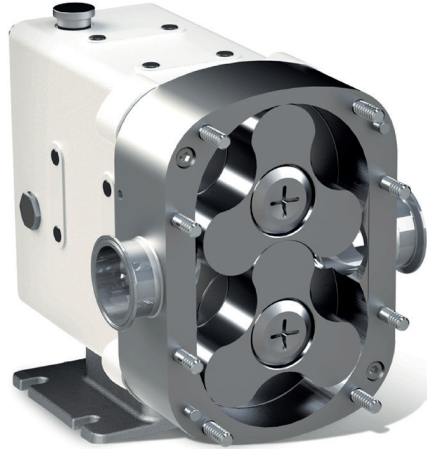
Görsel 2.18: Hidrolik motor çeşitleri

### 2.3.2.1. Dişli Tip Hidrolik Motorlar

Dişli çark ile çalışan hidrolik motorlar, dişli çarkların dişleri arasına giren akışkanın belli bir tork oluşturup dişli çarklara bağlı olarak çalışan bir mili döndürme esasına dayanır.

#### Dıştan Dişli Hidrolik Motorlar

Dairesel hareket elde etmek amacıyla kullanılan, hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren devre elemanıdır. Yapıları ve çalışma şekilleri pompalara benzer. Görsel 2.19'da dıştan dişli pompa gösterilmiştir.



Görsel 2.19: Dıştan dişli hidrolik motor

#### İçten Dişli Hidrolik Motorlar

Yüksek basınç bölgesinden motor içine giren akışkan, dişlilerin yüzeyine basınç uygular. Basınç değeri yük değerini geçerse hidro motor dönmeye başlar. Her iki dişli çark serbest olarak dönecek şekilde tasarlanmıştır.

İçten dişli hidro motorlar düşük devirli ve kısa ömürlüdür. Onların bu özellikleri kullanım alanlarını kısıtlar. Basit mekanizmalarda, yüksek verimlilik istemeyen, düşük moment ihtiyaçları olan yerlerde kullanılır. Endüstriyel sistemlerden çok, otomobillerde ve tarım araçlarında kullanılır.

#### Orbit Tip Hidrolik Motorlar

Küçük yapılarına rağmen yüksek momentler üretebilen motorlardır. Gerator motorlarda olduğu gibi dıştaki dişli hareket etmez. İçteki dişli ise oluşan hareketle döner. Görsel 2.20'de orbit tip hidrolik motor gösterilmiştir.



Görsel 2.20: Orbit tip hidrolik motor

### Makaralı tip hidrolik motorlar

Orbit motorların makaralı türüdür. Motor verimini artırmak, bakım kolaylığı sağlamak için makara kullanılmıştır. Motor içine gönderilen akışkan, içteki dişliye basınç uygular ve motoru döndürmeye çalışan moment oluşur.

#### 2.3.2.2. Pistonlu Hidrolik Motorlar

##### Eksenel Pistonlu Hidrolik Motorlar

Eksenel pistonlu motorların düşük hızlarda bile çalışma debileri yüksektir. Yüksek torklarla çalışmaya başlayabilir. Yüksek çalışma hızları için ideal bir seçimdir.

##### Radyal Pistonlu Hidrolik Motorlar

Radyal pistonlu motorlarda pistonlar birbirine paralel eksenlerde çalışmaz. Radyal pistonlu motorlar yüksek momentlerle çalışmaya başlayabilir. Düşük hızlarda moment dalgalanması ya da çalışma hızlarında dalgalanma olabilir.

#### 2.3.2.3. Paletli Tip Hidrolik Motorlar

Paletli hidro motorlarda akışkanın paletlere uyguladığı basınç, bir kuvvet yaratır ve rotoru döndürmeye zorlar. Rotorun hareketi mil vasıtasıyla dışarı aktarılır. Paletli motorların momenti ve çalışma ömrü pistonlu motorlara göre düşüktür. 1000 dev/dk. hıza kadar çalışır. İyi bir elektronik kontrol ile 0.1 dev/dk. gibi düşük hız da elde edilebilir.

Motor milinin dönüşü diferansiyel basınçtan kaynaklanır. Motorun karşısındaki kanatlara karşı bir kuvvet uygular. Bu kuvvet rotor için teğettir. Yağ kaynağı kapak portuna yönlendirildiğinde, dönüş, mil ucundan bakıldığında saat yönünün tersidir.

### 2.3.3. Hidrolik Motorların Döndürme Momenti Hesabı

Hidrolik motor, dönüş sırasında bir moment oluşturur. Bu moment oluşmasından dolayı hidrolik motor seçilmesi gerekir. Hidrolik motorların seçimi yapılırken bulunan değerlerden %40 büyük değerler tercih edilmelidir. Hidrolik motorların devir sayıları bakımından 100 devir/dk. gibi rakamlar düşük devir sayılıdır. Bu değer 1000 dev/dk. üzerine çıkmalıdır. Hidrolik motorda döndürme momenti ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$M = P \cdot R$$

M= Döndürme momenti

P= Çevresel kuvvet (daN)

R= Çevresel yarıçap (m)

#### 6. Örnek

Örnek: Bir hidrolik motorun çevresel yarıçapı 0,4 m, çevresel kuvveti 50 daN'dır. Bu hidrolik motordan ne kadar döndürme momenti elde edileceğini bulunuz.

Çözüm:

$$M = P \cdot R$$

$$M = 0,4 \cdot 50$$

$$M = 20 \text{ daNm}$$

## 2.4. HİDROLİK VALFLER

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

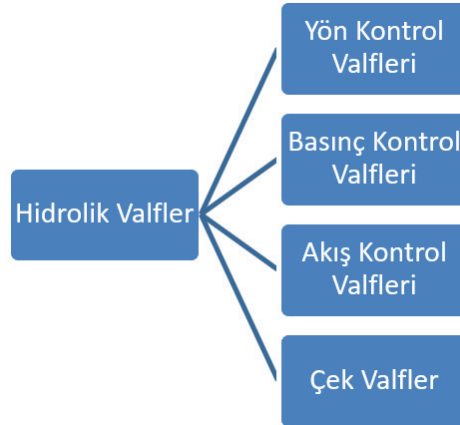
1. Hidrolik valf nedir?
2. Hidrolik valflerin görevleri nelerdir?

Hidrolik akışkanın gideceği yönü belirleyen, istenildiğinde yönünü değiştiren, akışkanın basıncını ve debisini kontrol eden devre elemanına **valf** denir. Görsel 2.21'de valf çeşitleri gösterilmiştir.

Hidrolik sistem içinde bulunan valfler, hidrolik enerjiyi hareket enerjisine çeviren devre elemanın hareketlerini sağlayan devre elemanıdır. Hidrolik silindirlere için istenen yön ve hızda hareket etmesi, hidrolik motorların da istenen yön ve hızda hareket etmesini sağlar. Hidrolik valfler sadece yağın yönünü, basıncını ve debisini kontrol etmek dışında hidrolik yağın depoya geri dönmesini de sağlar. Valflerin görevlerini şunlardır:

- Akışkanın yolunu açıp kapatır.
- Akışkanın gideceği yönü değiştirir.
- Akışkanı depoya gönderir.
- Akışkanın debisini kontrol ederek alıcıların çalışma hızını ayarlar.
- Devre elemanlarını yüksek basınçlara karşı korur. Basıncı yükselen akışkanı depoya gönderir.
- Akışkanın basıncını kontrol ederek, devre elemanlarının belirli basınçlarda çalışmasını sağlar.
- Akışkanın basıncını, debisini ve yönünü belirli zaman aralıklarında kontrol eder.

Bazı valfler bu görevlerin bir veya birkaçını yapabilir.



Görsel 2.21: Valf çeşitleri

### 2.4.1. Yön Kontrol Valfleri Seçimi ve Çizimi

Hidrolik devrelerde akışkanın ne zaman, hangi yolu izlemesi gerektiğini belirleyen valflere **yön kontrol valfi** denir. İstenildiğinde akış yolunu değiştirirler ya da akış yolunu açıp kapatır. Hidrolik sistemin düzgün yönde çalışmasını sağlar.

Bir yön kontrol valfi söylenirken veya yazılırken önce yol ve konum durumu belirtilir. Daha sonra sırasıyla valfin basınçlı havayı veya akışkanı geçişi durumu, valfe kumanda biçimi ve valfin

yapılış şekli söylenir. Örneğin “3/2 normalde açık elle kumandalı sürgülü yön kontrol valfi “ diye söylenir.





**Konum:** Akış kontrol ve basınç kontrol valfleri genellikle basınçlı sıvıya sadece geçit verirler veya kapalı durumda geçit vermezler. Bu nedenle bu tür valfler açık ve kapalı olmak üzere iki konumludur. Fakat yön kontrol valflerinde basınçlı sıvı yön kontrol valfine girer ve çıkış bir alıcıya bağlıdır. Aynı basınçlı hava ile aynı alıcıyı ters yönde çalıştırmak için valfin daha önceki durumu değiştirilir. Buna valflerde **konum değiştirme** denir. Yani valf ikinci konuma getirilmiştir. Valfin konumuna göre basınçlı hava 1. veya 2. konumdan çıkar.

**Yol:** Herhangi bir konumdayken bir valfte bulunan bağlantı deliği sayısı o valfin yol sayısını gösterir. Kaç konumlu olursa olsun bir valfte kaç yol varsa aynı valfin diğer konumlarında da aynı sayıda yol sayısı vardır.

### Yön Kontrol Valflerinin Şematik Gösterimi (Tablo 2.1)

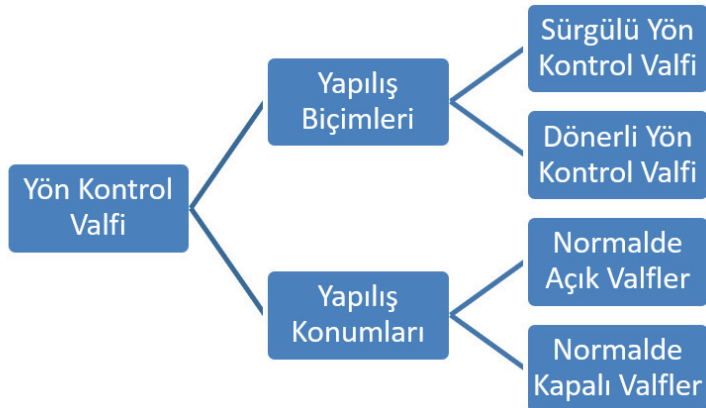
- Valfin her konumu bir kare ile gösterilmelidir.
- Akışkanın geçiş yönleri oklarla belirtilir.
- Kapalı yollar yatay bir çizgi ile belirlenir.
- Valf bağlantıları kısa çizgilerle belirtilir.
- Valf konumları soldan sağa doğru harflerle işaretlenir. Üç konumlu valflerde merkez konum 0 ile gösterilir.

Tablo 2.1: Kontrol valfleri

Genel Gösterimi	
	Tek kare, akış veya basınç kontrolünü gösterir (İşletme koşullarına, basınç ve akış şekline göre çok çeşitli tiplerde olabilir).
	İki kare, kontrol valfinin iki pozisyonlu olduğunu gösterir
	Üç kare, kontrol valfinin üç pozisyonlu olduğunu gösterir
	Kontrol valfinin diyagramdaki basit gösterimlerinden birisidir

#### 2.4.1.1. Yön Kontrol Valf Çeşitleri

Yön kontrol valflerini kendi içinde iki ana başlık altında sınıflandırırız. Bu sınıflandırma işlemde valflerinin konumlarını değiştirirken valf ortasındaki supulu hareket ettiririz. Kumanda şekline bakılmaksızın supulun döndürülerek mi yoksa ileri geri mi hareket ettireceği ve valfin hareketsiz hâldeki konumuna göre yaparız. Görsel 2.22’de gösterilmiştir.



Görsel 2.22: Yön kontrol valf çeşitleri

### 2.4.1.2. Yapılış Biçimlerine Göre Yön Kontrol Valfi

Yapılış biçimlerine göre yön kontrol valfleri 2 ana başlıkta sıralanmıştır. Bunlar sürgülü ve dönerli yön kontrol valfleridir.

#### Sürgülü Yön Kontrol Valfi

En yaygın kullanılan yön kontrol valfidir. Temelde bir gövde ve içinde doğrusal hareket eden sürgü bulunur. Valf gövdesi üzerinde kanal, sürgü üzerinde ise kademe bulunur.

#### Dönerli Yön Kontrol Valfi

Yuvarlak bir gövdesi ve içinde bulunan kanallar ile hidrolik yağın gideceği yönü belirleyerek hareketi iletmeye yarayan devre elemanıdır. Bu valf özellikle düşük basınç ve debi gibi sistemlerde kullanılır.

### 2.4.1.3. Yapılış Konumlarına Göre Yön Kontrol Valfi

Bu valf çeşidi, kullanılan hidrolik devre içinde hareketsiz olarak durur. Sistem içersinde hareketsiz olduğu için kontrol edilmesine gerek yoktur.

#### Normalde Açık Valfler

Takıldıkları yerlerde pompadan gelen basınçlı sıvı, valfin P yolundan girip çıkış yolu A'dan geçerek çalışma hatlarına direkt olarak ulaşıyorsa bu tip valflere normalde **açık valfler** denir. Valfe kumanda edildiğinde sıvı geçişini keser ve kapanır.

#### Normalde Kapalı Valfler

Pompadan gelen basınçlı akışkanın yolu normal durumda kapalıdır. Akışkanın yolunu açmak için valfin butonuna bir itme kuvveti uygulanması gerekir. Bu tip valfler basınçlı akışkanın çalışma hatlarına direkt olarak gitmesinin istenmediği durumlarda kullanılır.

### 2.4.1.4. Yol ve Konumlarına Göre Yön Kontrol Valfleri

**2/2 Yön Kontrol Valfi:** Bu yön kontrol valfinin 2 yolu ve konumu bulunur. Genel olarak açma kapama işleminde kullanılır. Hidrolik sistemlerde buton vs. ile tetiklendiğinde çalışması, bırakıldığında durması istenen (ya da tam tersi) durumlarda kullanılan bir yön kontrol valfidir. Örneğin bir araç kaldırma liftinde sistemi çalıştırarak liftin aşağı yukarı hareket etmesini sağlayan yön kontrol valfidir.

**3/2 Yön Kontrol Valfi:** Bu yön kontrol butona basınca duran, elimizi çekince çalışmaya devam eden bir sistem tasarlıyorsak kullanılabilir. Ya da tersi durumlarda butona basınca çalışan, bırakınca çalışmayı durduran bir sistem için kullanılır.

**4/2 Yön Kontrol Valfi:** Çift etkili silindirlerin ileri geri hareket ettirilmesinde kullanılır. Genelde hidrolik sistemlerde kullanılır. Pnömatikte kullanımı yok denecek kadar azdır. Pnömatikte 4/2 valf yerine 5/2'lik valfler kullanılır. Taşlama tezgâhında tablanın hareket etmesini sağlayan devre elemanı bu yön kontrol valfinin kullanımına örnektir.

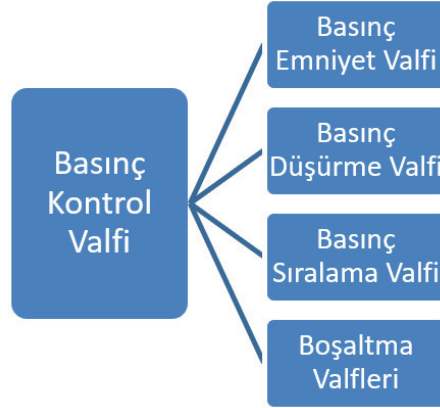
**3/3 Yön Kontrol Valfi:** 3 farklı işlemi yapmak için kullanılan yön kontrol valfidir.

**4/3 Yön Kontrol Valfi:** 4/2 yön kontrol valfine benzer, tek farkı fazladan bir konuma sahip olmasıdır. Bu fazladan konuma **merkez konum** denir. Bu konum sayesinde pistonun her konumdaki hareketi durdurma ve terse hareket etme işlemi yapar.

**5/2 Yön Kontrol Valfi:** Çift etkili silindirlerin kontrol ve hareket etmesinde kullanılır. Silindire giren hidrolik yağın başka silindir veya motora girmesini sağlar. Ekstra olarak çift depo kullanılan hidrolik sistemlerde de kullanılır.

## 2.4.2. Basınç Kontrol Valfleri Seçimi ve Çizimi

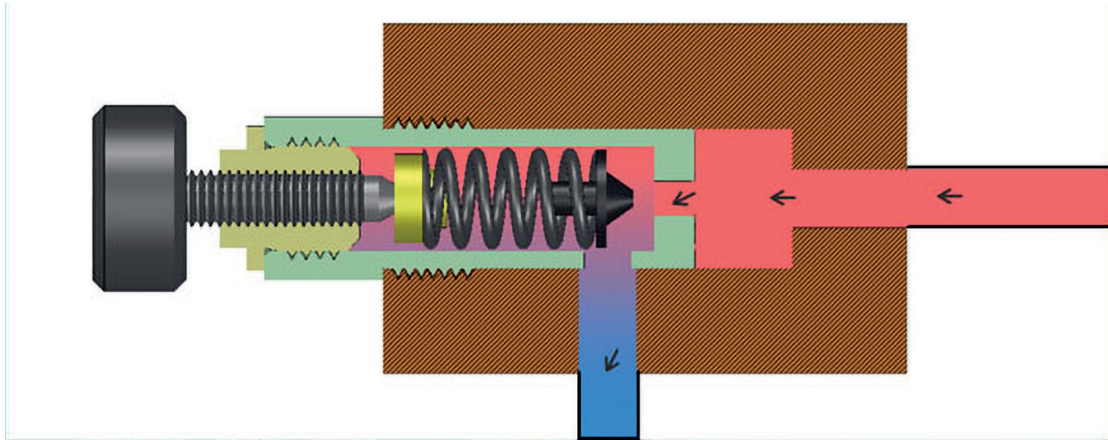
Hidrolik sistemlerin basınç hatlarında kullanılan, akışkanın basıncının istenen değerde olmasını sağlayan valflerdir. Hidrolik yağın basıncı sistem için önemlidir. Basıncın fazla olması sistemde büyük hasarlara, düşük olması ise sistem için yeterli güç elde edilmesinde problem yaşanmasına neden olur. Kullanım yerlerine göre 4 ana başlıkta basınç kontrol valfleri bulunur. Bunlar Görsel 2.23'te gösterilmiştir.



Görsel 2.23: Basınç kontrol valf çeşitleri

### 2.4.2.1. Basınç Emniyet Valfi

Tüm basınçlı sistemlerde olduğu gibi hidrolik devrelerde de mutlaka bir emniyet valfi kullanılır. Emniyet valfi, sistemin emniyeti olup herhangi bir nedenden dolayı artan basıncı sınırlandırarak sistemi yüksek basınçtan korur. Görsel 2.24'te basınç emniyet valfi gösterilmiştir.



Görsel 2.24: Basınç emniyet valfi

### 2.4.2.2. Basınç Düşürme Valfi

Hidrolik devrelerde farklı basınçlarda çalıştırılması istenen, birden fazla sayıda kullanıcı eleman ( silindir , hidromotor ) kullanılması ve kullanıcı elemanların da değişik basınçlarda çalışması gerekebilir. Bu gibi durumlarda basınç düşürme valfleri kullanılır. Normalde açık konumdadır. Basınç yükseldiğinde kapalı konuma geçer. İki ve üç yollu olmak üzere değişik tipleri vardır.

### 2.4.2.3. Basınç Sıralama Valfi

Basınç sıralama valfleri bir hidrolik devrede birden fazla sayıda ki silindir, motor gibi kullanıcı elemanları farklı zamanda ve basınçta çalıştırmak için kullanılır. Çalışma prensibi basınç emniyet valfleri ile benzerdir. Normalde kapalı konumdadır. İstenen basınçta açılıp diğer kullanıcı elemanları harekete geçirir.

### 2.4.2.4. Boşaltma Valfi

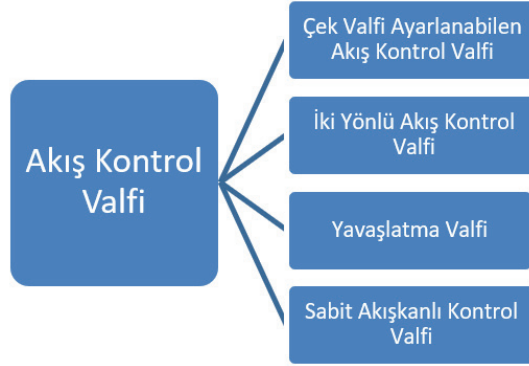
Hidrolik akışkanın hidrolik depoya gönderilmesi için kullanılır. Normalde kapalı olan valf uyarı geldiğinde açılır ve akışkanı depoya gönderir.

### 2.4.3. Akış Kontrol Valfleri Seçimi ve Çizimi

Hidrolik sistemlerde akışkan debi miktarını ayarlamak amacıyla kullanılan valflerdir. Akış miktarını değiştirerek silindirlere hızını, motorların devir sayısını ayarlayabiliriz.

Akış kontrol valfleri önemli ölçüde basınç düşümüne sebep olur, bu nedenle büyük oranlarda ısı açığa çıkar. Ayar vidası yardımıyla akış kesiti değiştirilerek debi miktarı ayarlanır.

Açma kapama valf ve musluklarının hepsi de aynı zamanda birer akış kontrol valfidir. Akış kontrol valfi kendi içerisinde 4 grupta sıralanır. Bunlar görsel 2.25'te gösterilmiştir.



Görsel 2.25: Akış kontrol valf çeşitleri

#### 2.4.3.1. Çek Valfler

Tek yönde akışa izin veren, diğer yönden akış kesitini kapayan valflere **çek valf** denir.

Hidrolik sistemde çok kullanılan bu valfler akışkanın tek yönde hareket etmesini sağlar. Hidrolik devrede yukarıdaki sembolle gösterilir. Çek valfin çalışmasını otomobil, bisiklet vb. tekerleğinde bulunan siboplara benzetilebilir. Tekereri şişirmek istediğimizde hava geçişine izin verirler ancak içindeki bilya sayesinde havanın dışarı çıkmasına engel olur. O bilya içeri itilirse o zaman dışarıya hava kaçar.

#### 2.4.3.2. İki Yönlü Akış Kontrol Valfi

Hız ayar valfi de denir. Basınçlı akışkanın geçtiği kesit azaltılıp çoğaltılarak birim zamanda geçen akışkan miktarı ayarlanabilir. Böylece alıcıların hareketlerinin hızı da ayarlanmış olur. İstenen ayar seviyesi sabitleştirilir. Silindir piston kolu hızının ayarlanmasında kullanılır. Tam olarak kapatılmaz.

#### 2.4.3.3. Yavaşlatma Valfi

Yavaşlatma valfleri, hareketlendirici strokunun belirli dönemlerinde piston hızının kontrol altına alınması için kullanılır. Valf, kam vasıtasıyla kontrol edilir ve kamın şekline bağlı olarak hareketlendirici hızını artırır ve azaltır. Normalde açık konumlu valf, kam pistonu serbest bıraktığında debiyi azaltır ve normalde kapalı konumda olan valf, pistonun serbest kalma durumu artış gösterdiğinde, valfteki debiyi artırır.

#### 2.4.3.4. Sabit Akışkanlı Kontrol Valfi

Hidrolik sistemlerde hidrolik motorlar veya silindirlere gönderilecek sıvının miktarını azaltmak ve kontrol etmek için sabit kapasiteli akış kontrol valfleri tercih edilir. Sıvının geçtiği kesit sabittir. Değiştirilmesi olanaksızdır. Sabit akış kontrol valflerinde belirli bir kesitten geçen akış miktarı ayarı yapılamadığından sıvı belirli bir değerde geçer.

## 2.5. HİDROLİK SİLİNDİRLER

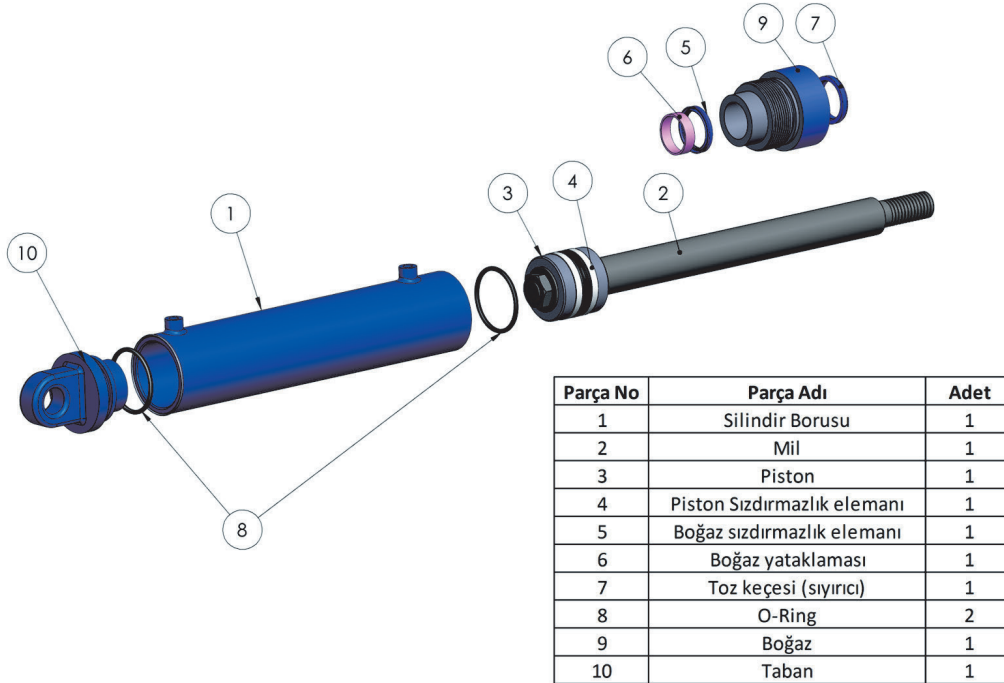
### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hidrolik silindir nedir?
2. Hidrolik silindirin görevleri nelerdir?

Üzerine gelen sıvı basıncını piston mekanizması yardımıyla hareket enerjisine çeviren hidrolik sistem elemanına **hidrolik silindir** denir. Yani hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren ve doğrusal hareket elde etmek amacı ile kullanılan devre elemanıdır. Düzenli biçimde ileri - geri hareket ederek çalışır. Silindir çapı silindir kuvvetini belirleyen en önemli etmendir.

### 2.5.1. Hidrolik Silindirlerin Görevleri ve Çeşitleri

Hidrolik silindir gövde ve piston olarak iki ana parçadan meydana gelir. Bu, bir şırınga gibi düşünebilir. Bunların yanında sızdırmazlık ve bağlantı elemanları silindir üzerinde bulunur. Çok yüksek basınçlarda kullanıldığı için kaldıracabileceği basınca göre gömlek et kalınlığı hesaplanır. Hidrolik silindir ve ana parçaları Görsel 2.26'da gösterilmiştir.



Görsel 2.26: Silindir parçaları

Hidrolik devrelerde kullanılan silindirler, kullanıldıkları yerin özelliklerine ve çalışma şartlarına göre geliştirilmiştir. Çalışma şartlarına göre silindir çeşitleri Görsel 2.27'de gösterilmiştir.

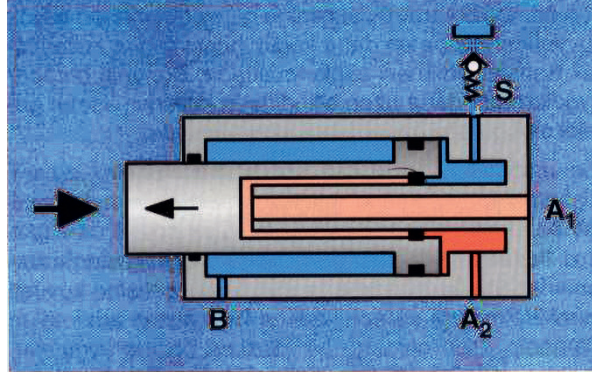


Görsel 2.27: Silindir çeşitleri

### 2.5.1.1. Tek Etkili Silindir

Sıvı, silindire bir taraftan girer ve pistonu hareket ettirir. Piston koluna bir iş yaptırmış olur. Pistonun diğer tarafında basma yayı bulunduğundan akışkanın basınç etkisi kalkınca yayın itme gücü ile piston eski konumuna gelir. Tek etkili silindir Görsel 2.28'de gösterilmiştir.

Tek etkili silindirler, bir yükün yukarı kaldırılması ve aşağı indirilmesi amacı ile pres tezgâhlarında sıkma-bükme, taşlama tezgâhlarında puntanın geriye çekilmesi işlemlerinde kullanılır. Yükün yukarı kaldırılmasından sonra basıncın etkisi kalkınca yükün ağırlığı ile kendiliğinden ilk konumuna gelir.

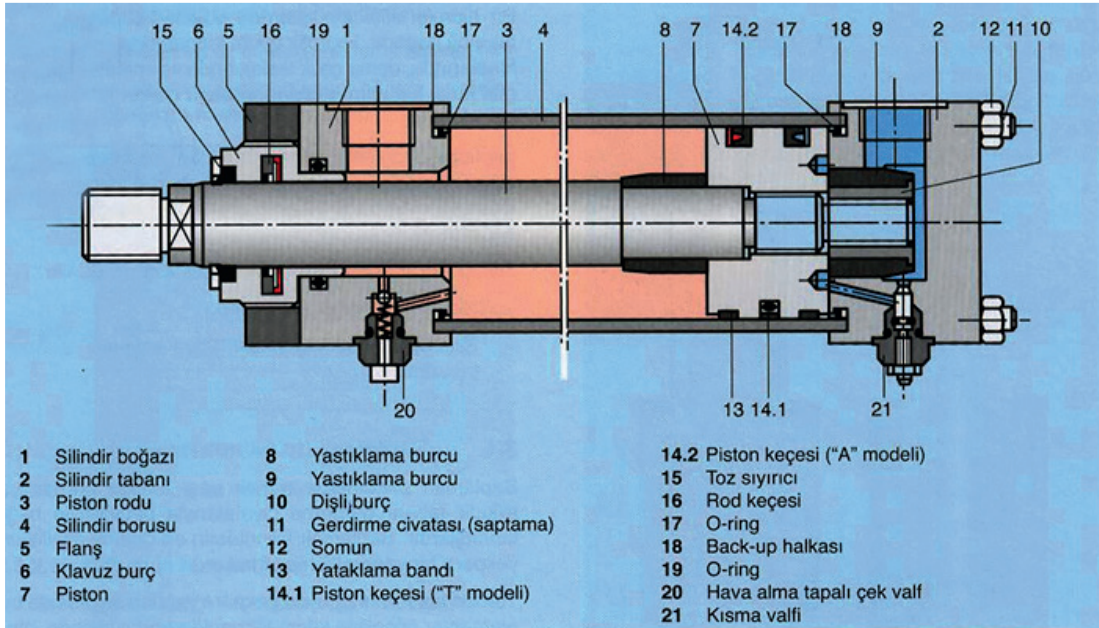


Görsel 2.28: Tek etkili silindir

### 2.5.1.2. Çift Etkili Silindir

Çift etkili silindirlerde basınçlı sıvı bir taraftan girer diğer taraftan depoya döner. Basınçlı sıvının silindire girişi ile piston hareket eder ve işlem yapılmış olur. Silindirin diğer tarafındaki sıvının yolu depoya açıktır.

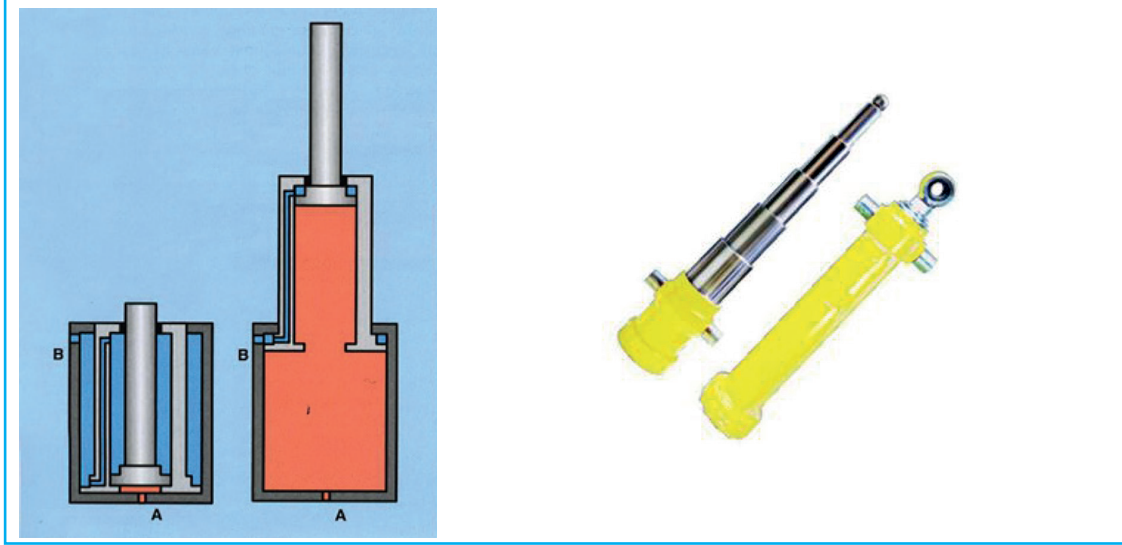
Çift etkili silindirlerin bir çeşidi de çift piston kollu silindirlerdir. Bunlara **çift kollu silindir** veya **çift etkili silindir** denir. Çift etkili silindirler 2 yönlü çalışma yeteneğine sahiptir. Pistonun hem ileri gidişinde hem de geriye dönüşünde iş yapılmış olur. Çift etkili silindir Görsel 2.29'da gösterilmiştir.



Görsel 2.29: Çift etkili silindir

### 2.5.1.3. Teleskobik Silindir

Yüksek strok gereken yerlerde kullanılır. Fazla yer kaplamaları en önemli tercih sebebidir. İç içe yerleştirilmiş farklı çaplı pistonlardan oluşur. Genelde tek etkili yapılıdır. İş makinelerinde ve damperli araçlarda çok sık kullanılır. Birbiri içine geçmiş birden fazla silindirden oluşur. Tek ve çift etkili olarak çalışma yeteneğine sahiptir. Görsel 2.30'da teleskopik silindir gösterilmiştir.



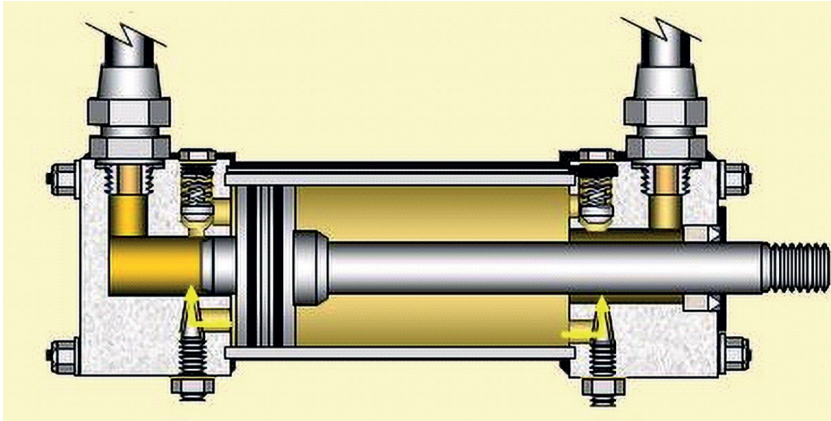
Görsel 2.30: Teleskopik silindir

### 2.5.1.4. Yastıklı Silindir

Özellikle piston hızının 6 m/dk.yı geçtiği durumlarda ve ağır cisimlerin hareket ettirilmesinde piston strok sonlarında darbe oluşur. Bu darbeler devre elemanlarının çalışma ömürlerini azaltır. Yapılan işin düzenli olmamasına da yol açabilir. Bu nedenle darbe, hidrolik sistemlerde kesinlikle istenmeyen bir özelliktir.

Böyle durumlarda kurs sonlarında piston hızını yavaşlatarak darbeleri önleyen silindirler kullanılır. Bu tip silindirlere yastıklı silindir adı verilir. Görsel 2.31'de yastıklı silindir gösterilmiştir.

Yastıklama işlemi, yastıklama burcu ve ucu konik olan yastıklama muylusu ile sağlanır. Kurs sonunda akışkanın geçtiği kesit daraltılarak hızın azalması sağlanır. Yastıklı silindirlerin tek tarafı ya da çift tarafı yastıklı olabilir.



Görsel 2.31: Yastıklı silindir

### 2.5.1.5. Tandem Silindir

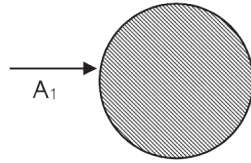
Hidrolik veya pnömatik silindirlerle belirli basınçta ve çapta istenen kuvveti üretmek mümkün olmayabilir. Bu durumda basıncı artırmak veya silindirin çapını büyütmek gerekir. Basıncın artmadığı ve silindir çapının büyümesinin imkânsız olduğu durumlarda tandem silindirler kullanılır. Burada silindir çapı aynıdır fakat biraz uzun yapılır, tek bir piston koluna iki piston takılır ve uzun silindir ikiye bölünür. İki yerden aynı anda akışkan giriş ve çıkışı olacak şekilde tasarlanır. Böyle pistonlar ileriye giderken aynı çapta iki piston alanı kadarlık bir yüzeye akışkan etki ettiği için daha büyük bir kuvvet elde edilir. Aynı şekilde ters yönde akışkan gönderildiği zamanda pistonların efektif alanları iki katına çıktığı için birinci duruma göre tam iki katı kadarlık bir itme ve çekme kuvveti elde edilir.

### 2.5.2. Hidrolik Silindir ile İlgili Hesaplamalar

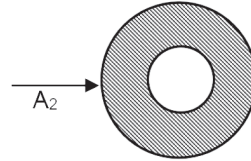
Hidrolik silindir hesaplamaları istenen kuvvet ve kullanılacak basınç için önem arz eden hesaplamalardır. Bu işlemlerin doğru yapılması kullanılacak silindirin çeşitlerinin belirlenmesinde rol oynar.

#### 2.5.2.2. Silindirlerde Piston İtme Kuvveti

Hidrolik silindire belirli basınçta gönderilen akışkan, kesit alanına bağlı olarak piston yüzeyine bir kuvvet uygular. Pistonu itecek kuvvetin değeri, piston yüzeyinin büyüklüğüne ve akışkanın basıncına bağlıdır. Basınç sabitken beraber çalışan iki silindirden küçük olanda pistonun itme kuvveti, büyük olandan pistonun itme kuvvetinden daha küçük olur. Silindir içindeki verim kaybını da dikkate alarak yapılacak hesaplama daha geçerli olacaktır. Silindir içindeki piston tek veya çift kollu olabilir. Tek kollu silindirlerde her iki taraftaki kesit alanı farklı olduğu için pistonun itme kuvveti de her iki tarafa giderken farklı değerler alır.



$$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$



$$A_2 = \frac{\pi(d_1^2 - d_2^2)}{4}$$

$$F = P \cdot A \cdot n$$

A: kesit alanı (cm<sup>2</sup>)

P: çalışma basıncı (kg/cm<sup>2</sup>)

F: pistonun itme kuvveti (N)

n: silindirin verimi

#### 2.5.2.3. Silindirlerde Piston Hızı

Pistonun hızı, sistemde dolaşan akışkanın basıncı sabit kabul edilecek olursa pompanın debisine veya silindire girecek akışkanın miktarına ve silindirin kesit alanına bağlıdır. Kesit alanı sabit kaldığından pistonun hızını ayarlamak için silindire girecek akışkanın miktarını kontrol etmek gerekir. Pistonun daha hızlı hareket etmesi için silindire girecek akışkanın miktarını artırmak gerekir. Hızı düşürmek için silindire giren akışkanı azaltmak gerekir. Çünkü pistonun çapı her an istendiği gibi değiştirilemez. Piston hızına akışkanın viskozitesi de etki eder.

$$Q = \text{Akışkanın debisi cm}^3/\text{dk.} \quad 1 \text{ litre} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$V = \text{Piston hızı (cm/dk.)}$$

$$A = \text{Silindirin kesit alanı cm}^2 \quad t = \frac{Q}{A} \text{ m/sn.}$$

**7. Örnek**

Çalışma basıncı 60 bar olup piston çapı 32 mm ve piston kolu çapı da 12 mm 'dir. Pistonin içeri ve geri gelişi sırasında meydana gelecek itme kuvvetlerini hesaplayınız.

$$P = 60 \text{ bar} \quad d_1 = 32 \text{ mm} \quad d_2 = 12 \text{ mm} \quad F_1 = ? \text{ kg} \quad F_2 = ? \text{ kg}$$

$$A_1 = (\pi/4) \cdot d_1^2 \quad A_1 = 0,785 \cdot 32^2 = 803,84 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (\pi/4) \cdot d_2^2 \quad A_2 = 0,785 \cdot 12^2 = 113,04 \text{ cm}^2$$

$$F = A \cdot P \quad F_1 = A_1 \cdot P = 803,84 \cdot 60 \quad F_1 = 48230,4 \text{ N}$$

$$F_2 = A_2 \cdot P = 113,04 \cdot 60 \quad F_2 = 6782,4 \text{ N}$$

F = itme kuvveti

A = silindirin kesitleri

P = akışkanın basıncı

**8. Örnek**

Çift etkili bir hidrolik silindire 30 bar basınçta akışkan gönderilir. Çalışma sırasında piston yüzeyine 2700 kg'lık kuvvet etki eder. Piston çapını hesaplayınız.

$$Up = 30 \text{ kg/cm}^2 \quad A = \frac{F}{P} = \frac{2700 \text{ kg}}{30 \text{ kg/cm}^2} = 90 \text{ cm}^2 \quad A = 0,785 d^2$$

$$F = 2700 \text{ kg}$$

$$A = ? \quad d = ? \quad d = \sqrt{\frac{A}{0,785}} = 10,7 \text{ cm}$$

**9. Örnek**

Çift etkili bir hidrolik silindire 39 bar basınçta akışkan gönderilir. Çalışma sırasında piston yüzeyine 2700 kg'lık kuvvet etki eder. Pistonun debisi 30 litre/dakika olduğuna göre piston hızını hesaplayınız.

$$Up = 39 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 2700 \text{ kg}$$

$$A = \frac{F}{P} = \frac{2700 \text{ kg}}{39 \text{ kg/cm}^2} = 62,2307 \text{ cm}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{30}{62,2307} = 2,074 \text{ lt/dk.}$$

**10. Örnek**

Bir hidrolik devrede piston çapı 100 mm, piston kolu çapı 70 mm pompanın debisi 20 l/dk'dır. Buna göre pistonun her iki yöne giderken hızı ne olur. Kullanılan silindir çift etkili ve tek kolludur.

$$\begin{aligned} d_1 &= 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm} & A_1 &= 0,785 \cdot d_1^2 = 6,785 \cdot (10)^2 \\ d_2 &= 70 \text{ mm} = 7 \text{ cm} & &= 78,5 = 0,785 \text{ dm}^2 \\ Q &= 20 \text{ lt/dk} \\ V &= ? \text{ m/dak} \\ V_1 &= ? \text{ m/dak} \end{aligned}$$

$$d = \sqrt{\frac{A}{0,785}} = 10,7 \text{ cm}$$

**11. Örnek**

Bir hidrolik devrede piston çapı 100 mm, piston kolu çapı 70 mm pompanın debisi 20 l/dk'dır. buna göre pistonun her iki yöne giderken hızı ne olur? Kullanılan silindir çift etkili ve tek kolludur.

$$\begin{aligned} d_1 &= 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm} & A_1 &= 0,785 \cdot d_1^2 = 0,785 \cdot (10)^2 = 78,5 = 0,785 \text{ dm}^2 \\ d_2 &= 70 \text{ mm} = 7 \text{ cm} \\ V_1 &= \frac{Q}{A_1} = \frac{20 \text{ dm}^3/\text{dak}}{0,785 \text{ dm}^2} = 2,55 \text{ m/dak} \\ A_2 &= 0,785 \cdot (d_1^2 - d_2^2) = 0,785 \cdot (100^2 - 49^2) \\ &= 40 \text{ cm}^2 = 0,4 \text{ dm}^2 \\ V_2 &= \frac{Q}{A_2} = \frac{20 \text{ dm}^3/\text{dak}}{0,4 \text{ dm}^2} = 5 \text{ m/dk.} \end{aligned}$$

**2.5.3. Hidrolik Silindir Seçimi**

Hidrolik silindir, hidrolik yağın hidrolik enerjisini mekanik enerjiye çeviren hidrolik ekipmandır. Hidrolik sistemlerin tamamına yakını nihai olarak bir hidrolik silindiri tahrik eder. Hidrolik ünite ekipmanlarının seçimi ne kadar isabetli yapılırsa yapılsın, bu seçimin iş olarak karşılığını hidrolik silindirler sayesinde görürüz.

Belirli prensiplere dikkat edilmeden tasarlanan ve üretilen hidrolik silindirler servis sırasında istenildiği gibi performans göstermeyebilir. Sonuç olarak bundan hidrolik sistemin tamamı etkilenir ve büyük maddi kayıplara neden olabilir. Hidrolik silindirlerin tasarımı ve üretimi aşamasında en sık karşılaşılan problemler, bu problemlerin neden olduğu sorunlar ele alınarak, çözüm yolları ile dikkat edilmesi gereken noktalara işaret edilecektir. Hidrolik silindirleri seçerken dikkat edilmesi gereken bazı konular şunlardır:

- Hidrolik silindirlerde doğrusallık
- Hidrolik silindirlerde uygun keçe seçimi

**2.5.3.1. Hidrolik Silindirde Doğrusallık**

Hidrolik silindirler birden fazla parçanın bir araya gelmesiyle oluşan komplike ekipmanlardır. Çalışma şartları incelendiğinde ileri-geri hareketi yapan parçalar tek bağlantı ekseninde çalışır. Bu nedenle silindiri oluşturan tüm parçalar aynı eksen üzerinde konumlandırılmalıdır.

Aksi takdirde:

- Eksen farklılıkları silindirin yaslanarak çalışması demektir ki bu da keçelerin hızla aşınmasına neden olur.
- Farklı eksen istenmeyen yükleri de silindir elemanlarına taşıtmak anlamına gelir, sonuç olarak silindir elemanlarının ömrü kısalmır.
- Sonuç olarak gereksiz güç kayıpları oluşur ve verim düşer.
- Silindir şayet şase bağlantısında güçlü ise makinenin şasesini zorlar ve şasede deformasyona sebep olabilir.
- Sistem çabuk ısınır.
- Elektrik motoru ve pompa zorlanır.

### 2.5.3.2. Hidrolik Silindirde Uygun Keçe Seçimi

Silindirlerin içinde pistonlar ileri geri hareket ederken basınçlı akışkanın etki ettiği bölge ile diğer bölgenin birbirinden tamamen ayrılması gerekir. Arada boşluk olursa basınçlı akışkan buradan diğer bölgeye sızar ve silindirin verimi düşer. Akışkan, kolay yolu seçeceği için pistonu itip bir iş yapmak yerine akışkan ikinci bölgeye kaçar ve pistonu istenen değerde itemez.

Bu durum istenmeyen ve silindirlerde kesin olarak çözüm bekleyen bir problemdir. Bu nedenle silindirlerde uygun sızdırmazlık elemanlarının kullanılması gerekir. Ayrıca silindirlerin iç yüzeylerinin de iyi işlenmesi, taşlanması ve yüzey pürüzlülüğünün değerinin 1.3 mikrondan küçük olması gerekir. Piston kollarının baş kısmındaki sızdırmazlık elemanları ile temas hâlinde olması nedeni ile yüzey kalitesinin iyi olması gerekir. Piston kolunun yüzey kalitesinin iyi olması hâlinde sızdırmazlık elemanlarının çizilmesi ve yağın içindeki yabancı maddelerin iyi filtre edilmemesi sonucu kirlenen akışkanların piston kollarının tahribine yol açması kaçınılmaz sonuçlardır.

Silindiri kendi içinde kapalı devre hâline sokan, sistem içinde ve dışında yağ sızıntısını önleyen ve bu sayede basınç oluşumunu sağlayan hidrolik silindir elemanlarıdır.

Sızdırmazlık elemanları seçimi, dizayn aşamasında planlaması yapılacak bir prostestir. Yanlış seçim bir makinenin veya büyük bir tesisin komple durması anlamına gelir ki bu da önemlerini açıkça ortaya koyar.

Silindir sızdırmazlık seçimi, aşağıdaki şartlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

- Çalışma basıncı
- Kayma hızı
- Çalışma periyodu
- Çalışma sıcaklığı
- Çalışma sıvısı
- Dizayn spesifikasyonları
- Akışkan vizkozitesi

Yukarıdaki faktörler göze alınarak yapılacak keçe seçimi sonrasında kullanılacak sızdırmazlık ve yataklama elemanlarında muhakkak imalatçı firmanın ön gördüğü tolerans ve yüzey kaliteleri dikkate alınmalıdır.

## 2.6. HİDROLİK BORU, HORTUM VE BAĞLANTI ELEMANLARI

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hidrolik bağlantı elemanları nelerdir?
2. Hidrolik sızdırmazlık elemanları nelerdir?

Boru, hortum ve bağlantı elemanları hidrolik sistemlerin verimini doğrudan etkileyen unsurlardır.

### 2.6.1. Hidrolik Akış Türleri

Hidrolik akış türleri, boru çapına ve akış hızına göre katmanlı (laminer) ve türbülanslı akış olmak

üzere ikiye ayrılır.

### 2.6.1.1. Katmanlı (Laminer) Akış

Laminer akış birçok durumda oluşabilir. Laminer akışın belirgin özellikleri her zaman aynıdır. Bi-reysel akışkan parçacıkların yörüngeleri komşu parçacıkların yörüngelerini kesmez, küçük hızlarda oluşur ve viskozite kuvvetleri atalet kuvvetlerinden daha büyüktür. Boru gibi kapalı bir kanaldaki sıkıştırılmaz bir akışkanın akışı, atalet ve viskoz kuvvetlerinin etkisi altındadır fakat akışkanın değişik kısımları arasındaki piyezometrik basınç farklarının meydana getirdiği kuvvetler dışında normal olarak diğer kuvvetlerin etkisi altında değildir.

Akış hazneden uzaklaştıkça çeperlerin durdurma etkisi katmandan katmana geçerek boru içine yayılmaya ve çeperlere yakın parçacıkları yavaşlatmaya başlar. Öte yandan süreklilik denklemine göre birim zamandaki akış miktarının sabit kalması gerektiğinden çeperlere yakın yerlerdeki yavaşlamayı karşılayacak şekilde eksene doğru hızlanma görülür.

### 2.6.1.2. Türbülanslı Akış

Yüksek hızlarda görülen ve hız çalkantıları ile nitelendirilen çok düzensiz akışkan hareketine **türbülanslı akış** denir. Türbülanslı akıştaki hızlı değişimler sonucunda akışkan yoğun bir şekilde karışır ve akışkan parçacıkları arasındaki momentum geçişini artırır. Bu durum da yüzeydeki sürtünme kuvvetini ve gerekli olan pompa gücünü artırır.

## 2.6.2. Hidrolik Boru ve Hortum Seçimi

Hidrolik hortum ve boru seçerken öncelikle hidrolik hortumun kullanılacağı ortamdaki elektrik iletkenliğinin tespit edilmesi gerekir. Bazı uygulamalarda hidrolik hortumların elektriği iletmemesi, bazı uygulamalarda ise hortumun üzerinde oluşan statik elektriği iletmemesi istenir. Bu seçim **insan hayatını doğrudan etkilediği** için hiçbir zaman unutulmamalı ve tespiti soru işareti bulunmayacak şekilde yapılmalıdır. Görsel 2.32'de hidrolik hortum çeşitleri gösterilmiştir.



Görsel 2.32: Hidrolik hortumlar

Hidrolik hortumu tespit ederken sistemin maksimum çalışma basıncının seçilen hortumun çalışma basıncına uygun olup olmadığı kesinlikle tespit edilmelidir. Unutulmamalıdır ki bu ölçüt de **insan hayatını doğrudan etkiler**.

### 2.6.2.1. Hidrolik Hortumların Montajında Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Boruların iç yüzeyleri pürüzsüz olmalıdır.
- Boru bağlantılarında sızdırmazlık sağlanmalıdır.
- Mümkün olduğunca tek parça boru kullanılmalıdır.
- Kullanılacak borular, çalışma basıncını karşılayabilmelidir.
- Boruların et kalınlığı ve iç çapları, istenen debi ve basıncı sağlayabilmelidir.
- Borular, titreşimin önlenmesi için belirli aralıklarla kelepçeler yardımıyla sabitlenmelidir.
- Borulara uygun kavis verilerek bükülmeli ve keskin köşelerden kaçınılmalıdır.
- Emiş boru hattı kısa olmalıdır.
- Borularda ısıl genleşme dikkate alınmalıdır.

### 2.6.2.2. Doğru Hidrolik Boru ve Hortum Seçimi

- Pompa emiş hattı basma hattındaki borudan daha büyük olmalıdır.
- Depodan pompaya kadar olan boru hattı mümkün oldukça kısa tutulmalıdır.
- Pompaya girişlerde dirseklerden veya benzeri elemanlardan kaçınılmalıdır. Aksi takdirde pompada aşırı ısınmalar oluşur, bu da pompaya ve diğer elemanlara zarar verebilir.
- Emiş hattı hesaplanırken **V emme = 0,8-1 m/sn.** arası akış hızı değeri alınır.
- Pompa basınç hattı emiş ve dönüş hattına göre daha küçük çaplı seçilmelidir. Aksi takdirde pompadan istenilen basıncı alamayız. Basma hattı hesaplanırken **V basma=5-6 m/sn.** arası akış hızı değeri alınır.
- Pompa dönüş hattı da emiş hattı gibi basınç hattına göre büyük seçilmelidir. Aksi takdirde dönüş hatlarındaki kısıtlı geçişler basıncın yükselmesine, gücün gereksiz yere harcanmasına neden olur. Dönüş hattı hesaplanırken

**V dönüş=2-4 m/sn** Akış hızı değeri alınır.

**Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda boru iç çapları hesaplanırken aşağıda verilen formül kullanılır:**

$$d = 21 \cdot Q / 4 \quad d = \text{Boru İç Çapı (mm)} \quad Q = \text{Pompa Debisi (l/dk.)} \quad V = \text{Akış Hızı (m/sn.)}$$

### Boru Bağlantılarında Dikkat Edilecek Uygulamalar

#### Temizlik

Kirli yağ hidrolik sistemlerdeki arızaların en büyük nedenidir. Hassas malzemeler özellikle montaj artıklarının yaratacağı problemlere maruz kalır. Bu nedenle montajın mümkün olduğu kadar temiz bir ortamda yapılması ve montaj sonrası boru donanımının temizlenmesi gerekir.

#### Destekleme

Uzun hidrolik boruların içinden geçen akışkan, aniden durdurulduğunda veya geri döndürüldüğünde titreşim ve şoka maruz kalır. Bu da bağlantıların gevşemesine, sonuçta sızıntılara neden olur. Bu yüzden borular uygun aralıklarla boru kelepçeleri ile desteklenmelidir. Boru kelepçeleri bağlantı elemanlarının montajını kolaylaştırmak için bağlantı elemanlarının yakınına bağlanmalıdır. Kelepçe olarak ağaç veya plastik kullanmak uygun olur.

## Fonksiyon

Hatların fonksiyonlarına dikkat edilmelidir:

- Pompa emiş boru çapı, basınç hattındaki boru çapından daha büyük olmalıdır. Depodan pompaya kadar olan bağlantı mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır. Girişteki dirsek veya benzeri bağlantı elemanlarından kaçınılmalıdır.
- Pompa emişinde vakum olması nedeniyle emişteki bağlantılar hava girişini önleyecek biçimde sıkı olmalıdır.
- Dönüş hatlarında kısıtlı geçişler basıncın yükselmesine ve gücün gereksiz yere harcanmasına neden olur. Akış hızının düşük tutulması için boru çapı uygun olmalıdır.
- Silindir ve hız kontrol valfleri arasındaki mesafe kısa olmalıdır.
- Dönüşlerde yeterli yarıçap verilmelidir.

## Doğru hortum yerleşimi

- Basınç altında hortumun boyu değişebilir. Bu tür değişimleri (genişleme veya çekme) karşılamak üzere hortum bir parça sarkık bırakılmalıdır.
- Hortum, bir egzoz manifoldu veya ısı kaynağının yakınından geçiyorsa ısıya dayanıklı izolasyon malzemesi ile korunmalıdır. Hortum kelepçeleri hortumun sürtünme yolu ile aşınmasını azaltır. Eğer aşınma bu yolla giderilemiyorsa hortumun üzerine koruyucu çelik veya plastik şerit takılmalıdır.
- Uygulamada dikkate değer titreşim veya bükülme varsa yeterli hortum boyu bırakılmalıdır. Metal hortum bağlantıları elastik değildir. Fakat uygun yerleştirilmeleri metal kısımlardaki aşırı gerilmeleri korur.
- Eğer hortum burulmuş olarak bağlanırsa yüksek basınç onu düzeltmeye çalışır. Bu da bağlantı elemanlarının sökülmesine hatta gerilme noktasından patlamasına yol açar.
- Dönüşlerde geniş yarıçap vermek için yeterli hortum bırakılmalıdır. Aksi takdirde hortum sıkılaşıp akışı kısıtlar. Hatta bazen akışın tamamen kesilmesine neden olur.
- 90 derecelik adaptörler kullanıldığında görünüş daha iyi olacak, kontrol ve bakım kolaylaşacaktır. Ayrıca daha az hortum kullanılacaktır. Hortum uçlarına takılan rakorlar vidalı veya presli olabilir.
- Vidalı tip rakorların sökülüp tekrar takılabilme özelliği vardır. Sarsıntının fazla olduğu ortamlarda ise presli tip rakorlar tercih edilmelidir.

## 2.6.3. Hidrolikte Sızdırmazlık Elemanları ve Manometreler

Hidrolik elemanlarda yağ kaçaqları sebebiyle oluşan yağ kayıplarını önlemek için sızdırmazlık elemanları kullanılır. Sistemdeki akışkanın azalması, basınç kayıplarına neden olur. Bu da verimi düşürür. Genel olarak hareketsiz kısımlar arasına statik sızdırmazlık elemanları ve hareketli kısımlar arasına dinamik sızdırmazlık elemanları yerleştirilir. Burada yazıldığı gibi sızdırmazlık elemanları kendi içinde de ikiye ayrılır.

### 2.6.3.1. Statik Sızdırmazlık Elemanları

Statik sızdırmazlık elemanları hareketsiz elemanlar arasında sızdırmayı önlemek amacıyla kullanılır. Statik sızdırmazlık elemanları çalışma prensibine göre ikiye ayrılır.

- Sızdırmazlık etkisi sıkıştırma oranına bağlı olan elemanlar (contalar).

- Basınç karşısında davranışı değişen elemanlar. Bunlar basınç arttıkça yüzeye daha fazla baskı yaparlar (Oring, U-ring).

### Statik Sızdırmazlık Elemanlarının Üzerine Etki Eden Kuvvetler

**Sıkıştırma Kuvveti:** Montaj sırasında elemanı sıkıştırmak için uygulanan kuvvettir.

**Hidrostatik Kuvvet:** çalışma sırasında sıkıştırma kuvvetine ters yönde etki eden kuvvettir.

**Akışkan Kuvveti:** İç basınç (hidrostatik kuvvet) nedeniyle meydana gelen kapak ağırlığından elemanı akmaya zorlayan kuvvettir.

### Contalar

Yassı sızdırmazlık elemanlarıdır. Conta malzemesinin akmaması ve çalışma sırasında contanın konumunu koruması için basıncın yaratacağı yan kuvvet (akışkan kuvveti) conta üzerinde kalan sıkıştırma kuvvetinden (Hidrostatik kuvvet) küçük olmalıdır.

Sıkıştırma kuvveti zamanla azalacağından conta çalışma sıcaklığına ulaştıktan bir saat sonra civatalar montaj momenti ile yeniden sıkılmalıdır.

### Amyantlı Contalar

Amyant lifleri ve kauçuktan oluşmuşlardır. Amyantlı conta, asbestli conta ya da klingerit isimleri ile anılır.

Baca gazı, dizel motor eksozu gibi düşük basınçlı sistemlerde 500 °C sıcaklığa kadar, kazan kapaklarında 230 °C buhar sıcaklığına kadar, basınçlı kaplarda en fazla 20 bar basınca kadar kullanılır.

### Mantarlı Contalar

Mantar meşe ağacının bir türünün kabuğundan elde edilen organik bir maddedir. Mekanik direncinin az olması nedeniyle değişik malzemelerle karışım hâlinde kullanılır.

**Kauçuklu Mantar:** Asit ve alkali ortamda suyla devamlı temasta dirençli olmayan mantar sentetik kauçukla karıştırıldığında direnci artar.

**Protein (Kazein) Katkılı Mantar:** Antifrizlere dayanıklı suya dayanıksızdır.

**Reçine (Fenol Formaldehit) Katkılı Mantar:** bakterilere ve antifrizlere dayanıklı suya dayanıksızdır. Bunlar kâğıt, tekstil ve alüminyum takviyeli de olabilirler

Mantarlı contalar özellikle otomotiv sanayinde motor kapaklarında kullanılır.

### Kâğıt Contalar

- Kâğıt malzemeden kesilerek elde edilirler.
- Olduğu gibi ya da uygun bir ortamda doyurulmuş şekilde kullanılır.
- Daha çok toz sızdırmazlığı için uygundur.
- Benzin, petrol ve organik çözücülere karşı direnci artırılmış tipleri karbüratör kapaklarında kullanılır.

### Kauçuk Contalar

- Sıkıştırıldıklarında hacimsel olarak küçülmeyip yan yüzeylere doğru büyürler.
- Yan yüzeylere taşma eğilimini azaltmak için kauçuk karışımındaki dolgu malzemelerine dikkat edilir veya bezli kauçuk, çelik tel örgülü kauçuk gibi bileşik malzemelerden kauçuk yapılır.

### Saçlı Hidrolik Contalar

Kaplin, flans ve cıvata bağlantılarında kullanılan pratik ve uzun ömürlü contalardır. Bu tip contalar düz metal bileziğe dairesel ya da trapez kesitli elastomerin içten veya dıştan kaplanmasıyla oluşur. Sızdırmazlık elastomer kısmın sıkıştırılmasıyla sağlanır. Metal bilezik basınç altında elastomer malzemenin akmasını önler. Sıkıştırmadan sonra kauçugun ısıl genişmesine ve şişmesine izin verilebilecek boşluk sağlanmalıdır.

### Sıvı Contalar

Daha kolay bakım ve onarım için kâğıt, fiber, mantar gibi ince contalar yerine kullanılan macunlar ve sıvı contalar vardır.

Bunlar çevre sıcaklığında kendiliğinden sertleşirler.

Aralığın 0,1 mm'den büyük olmaması gerekir.

Uygulama yüzeyi temizlenerek sızdırmazlık elemanı, fırça veya rulo ile sürülür.

### O-Ringler

"O" şeklinde kesite sahip kauçuk halkalardır. O-ring kesitinin radyal ve aksel yönde deformasyona uğramasıyla sızdırmazlık sağlanır. Uygun malzeme seçimi ve montaj tipine bağlı olarak 1000 bar basınca kadar uygulanabilirler. Statik durumda çok iyi yuva yüzey kalitesi gerekmez. Ancak değişken basınç söz konusu olduğunda yüzey kalitesinin artırılması ve o-ring malzemesinin en az 80 Shore A sertliğinde olması gerekir.

O-ringler aksel sıkıstırmalı veya radyal sıkıstırmalı olarak monte edilebilirler. Aksel sıkıstırmalı O-ringlerde basınç dışardan uygulanıyorsa O-ring iç çapı, yuva iç çapına uygun veya biraz küçük olmalı; basınç içeriden uygulanıyorsa O-ring çapı, yuvanın dış çapına uygun veya biraz küçük olmalıdır. O-ring yuvaları dikdörtgen, üçgen veya trapez şekilli olabilir

#### 2.6.3.2. Dinamik Sızdırmazlık Elemanları

Birbirine göre hareket eden iki yüzey arasında sızdırmazlığın sağlanmasında kullanılan elemanlardır.

#### Radyal Sızdırmazlık Halkaları

Çevresel (çapsal) yüklü yağ keçesi şeklinde tarif edilebilir. Sızdırmazlık mil ile temas eden dudanın bir yay (garter yayı) baskısı altında bulunması ile sağlanır. Yayın bulunduğu taraf sızdırmazlığı sağlanacak bölüme bakacak şekilde yerleştirilir.

Bu elemanın rijitliğini arttırmak için üst ve yan yüzeylerinde metal bilezik kullanılır. Üstü kauçuk kaplıdır. Montaj sırasında zedelenmemesi için verilen ölçülere ve önerilere uyulmalıdır. Bu kurallar:

- Keçe dudayı hiçbir zaman kuru çalışmamalıdır.
- Milin ilk dönüşünde yağlamayı sağlamak (aynı zamanda montajı da kolaylaştırmak) için keçe ve mile montajdan önce gres veya sıvı yağ sürülmelidir.
- Yağ bu bölgede yağlamayı sağlamakla kalmayıp keçe dudasının soğutulmasını da sağlar.
- Toz dudaklı keçelerde, toz dudayı ile keçe dudayı arasındaki boşluk ilk yağlamayı sağlayan depo görevi de yapar.
- Keçe dudayı ile mil arasındaki yağ filminin kırılmaması için mil yüzeyinin taşlanmış olması tercih edilir.
- Yüzey kalitesinin korunması için yüzeyin sertleştirilmesi de gerekir
- Mil akseni ile yuva akseni arasındaki farklılık milin yuvaya göre kaçıklığını gösterir. Bu durum

radyal sızdırmazlık elemanın dudağının düzgün aşınmamasına ve ömrünün kısılmasına sebep olur.

- Özellikle dinamik kaçıklık izin verilen sınırları aşarsa radyal sızdırmazlık elemanın kaçırdığı yağ fazlalaşır.
- Yağ keçesi dudakları yüksek devirlerde oluşan sürtünme ısısı nedeniyle sert millerde dahi zamanla iz yapar.
- Normal olarak radyal sızdırmazlık elemanı 0,5 bar basınç farkına kadar kullanılabilir.
- Daha yüksek basınçta keçe dudağının bükülüp mil üzerine yatma riski vardır. Bunu önlemek için destek bileziği kullanılmalıdır.

### Eksenel Sızdırmazlık Halkaları

Bu sızdırmazlık elemanları eksenel yönde sızdırmazlığı sağlar. Temel olarak iki değişik tasarımdan söz edilebilir.

- Eksenel sızdırmazlık halkası iç çapı ile mil üzerine oturmuş birlikte dönmekte, dudak ise yuva kenarına temas etir.
- Eksenel sızdırmazlık halkası dış çapı ile gövde üzerine oturmuş, dudak dönen mil üzerindeki faturaya temas etir.
  - Dudağın temas ettiği yüzey pürüzsüz ve sertleşmiş olmalıdır.
  - Dudağın yuva kenarına temas ettiği tasarımda çevresel hız 10 m/s'den, dudakın mile temas ettiği tasarımda ise 20 m/sn.den büyük olmamalıdır.

### V Halkaları

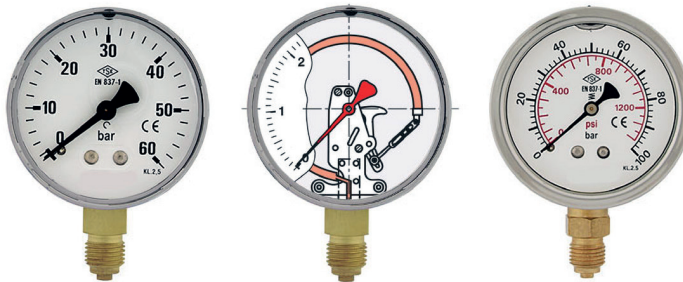
Diğer sızdırmazlık elemanlarından en büyük farkı eksenel yönde baskı yaparak toz, kir, gres, yağ sıçraması gibi etkenlerden korumasıdır. Mil üzerine ön gerilmeli (sıkı) geçirilerek mil ile birlikte döner veya özel hâllerde duran parça üzerine montajı yapılır.

Her iki durumda da dudak dik bir yüzeye sürtünerek sızdırmazlık sağlar. Dudak basıncı çok az olduğundan sürtünme kuvveti ve güç kaybı çok azdır. Yüzey hızı 8 m/sn.den fazla ise eksenel yönde, 12 m/sn. den fazla ise eksenel ve radyal yönde sabitlenir.

#### 2.6.3.3. Manometre

Manometreler, sistemdeki akışkanın basıncını gösteren ölçüm elemanlarıdır (Görsel 2.33).

Değişik akışkan sistemlerinde farklı farklı tipleri kullanılan manometrelerin ya da diğer adıyla basınç saatlerinin çalışma prensipleri kullanıldığı ortama göre değişir. Hidrolik devrelerde sıklıkla Bourdon (burdon) tipli manometre kullanılır. Bu tip manometrelerde basınç hattından gelen ba-



Görsel 2.33 : Manometre

sınglı akışan bakır bir tüpün içine girer. Bakır tüpün ucunda bir bağlantı çubuğu ve çubuğun da önünde dişli bir mekanizma vardır. Artan basınçla birlikte bakır tüp açılırken önünde bağlı olduğu çubuğu çektirir. Bu hareket dişli mekanizmasını tahrik ederek ibrenin arkasındaki dişlinin dönmesini ve dolayısıyla da ibrenin dönmesini sağlar.

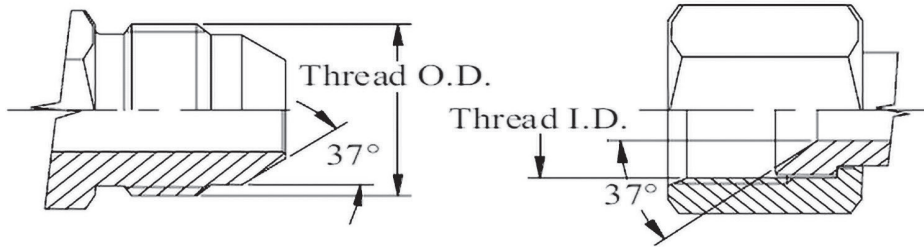
## 2.6.4. Hidrolik Bağlantı Elemanları ve Çeşitleri

Bağlantı elemanları, direkt uyumluluk olmaksızın blok girişleri ile iki veya daha fazla çıkışlı hatların birleştirilmesine yönelik kullanılan ara parçalardır. Bağlantı elemanları konfigürasyon tipine bağlı olarak ürün grupları hâlinde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma şu şekildedir:

- JIC
- ORFS
- BSP
- METRİK

### 2.6.4.1. JIC Bağlantı

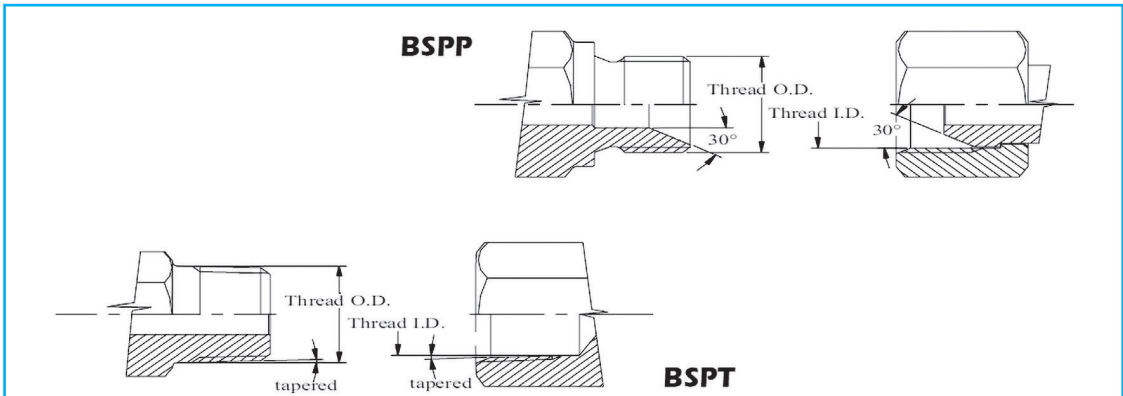
Bu bağlantı tipi hidrolik devrelerde çok yaygındır. Hem erkek hem de dişi 37° konik yuvaya sahiptir ve düz dişler geçtiğinde sızdırmazlık gerçekleşir. Bağlantı dişler aracılığı ile mekanik olarak sağlanır. Bu bağlantı tipi Amerikan standardıdır ve Amerika'da yaygın olarak kullanılır. Boru bağlantılarında oldukça yaygın kullanılır. Görsel 2.34'te JIC bağlantı gösterilmiştir



Görsel 2.34: JIC bağlantı

### 2.6.4.2. BSP Bağlantı

BSP tip bağlantı elemanlarında iki tip standart vardır: BSPP ve BSPT'de diş paraleldir ve erkek 30° konik havşaya sahiptir. Bu 30° konik havşa üzerinde BSPP dişisinin üzerine oturur. BSPT'de erkek diş koniktir ve genellikle bir bloğa takılır. Sızdırmazlık diş bitimi ile gerçekleşir bu nedenle montaj sırasında teflon bant veya sızdırmazlık sıvısı kullanılmalıdır. Bazı ölçülerde BSPP/BSPT ve Amerikan bağlantıları NPSM/NPT arasında benzerlik vardır. BSPP ve BSPT İngiliz standartıdır ve İngiltere'de yaygın olarak kullanılır. Görsel 2.35'te BSP bağlantı gösterilmiştir.



Görsel 2.35: BSP bağlantı

### 2.6.4.3. ORFS Bağlantı

Bu bağlantı tipi hidrolik devre uygulamalarında güvenilir sızdırma kontrolünü sağlayan standartlardan biridir ve yüksek basınçlarda çalışmak için tasarlanmıştır.

Erkek düz diş ve alında o-ring vardır, dişide düz diş ve o-ringsiz düz alın vardır. Sızdırmazlık erkekteki o-ringin, dişinin düz alına bastırılması ile sağlanır. Bu tip uygulamalarda çalışma sıcaklığı da göz önüne alınarak NBR veya VİTON, 90 Shore o-ring tercih edilmelidir.

### 2.6.4.4. Metrik Bağlantı

Erkek 24° konik yüzeye sahiptir ve dişi kısımda bulunan aynı açı ile mekanik olarak sızdırmazlık sağlanır. Alman bağlantı tipi olan metrik bağlantılar en yaygın kullanılan bağlantı tiptir. Farklı tip standartlarla uyumlu konfigürasyonları oldukça zengindir. Bu nedenle diğer bağlantı tiplerine göre daha yaygın kullanılır. Boru uygulamalarında montaj kolaylığı sayesinde bir çok uygulamada tercih edilir.

## 2.6.5. Hidrolik Borular ile İlgili Hesaplamalar

Hidrolik sistemde kullanılan borular, insan vücudundaki damarlara benzetilebilir. Damarların tıkanması insanların kalp krizi geçirmesine neden oluyorsa boruların tıkanması da hidrolik sistemler için büyük arızalara neden olur. Bu nedenle hidrolik sistemde kullanılacak boruların seçimi kadar onlar ile ilgili hesaplamalar yapılması da çok önemlidir. Borular ile ilgili hesaplama formülü şu şekildedir:

$$Q = \frac{V \cdot d^2}{21} \quad d = \sqrt{\frac{Q \cdot 21}{V}} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Bu formüllerde;

Q = Akışkanın debisi ( l/dk.)

V = Ortalama akış hızı (m/sn.)

d = Boru iç çapı (mm)

A = Boru kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

### 12. Örnek

Bir hidrolik devrede debisi 60 l/dk. olan akışkanın ortalama hızı 4 m/sn'dir. Hidrolik sistemde kullanılacak borunun iç çapı kaç mm olmalıdır?

**Verilenler:** Q = 60 l/dk, V = 4 m/sn

**İstenen:** d = ?

**Çözüm:**

$$d = \sqrt{\frac{Q \cdot 21}{V}} \quad d = \sqrt{\frac{60 \cdot 21}{4}} \quad d = 17,8 \text{ mm}$$

### 13. Örnek

Bir hidrolik devrede debisi 30 l/dk olan akışkanın ortalama hızı 6 m/sn'dir. Hidrolik sistemde kullanılacak borunun iç çapı kaç mm olmalıdır?

**Verilenler:** Q = 30 l/dk, V = 6 m/sn

**İstenen:** d = ?

$$d = \sqrt{\frac{Q \cdot 21}{V}} \quad d = \sqrt{\frac{30 \cdot 21}{6}} \quad d = 10,2 \text{ mm}$$

## 2.7. HİDROLİK DEVRE ÇİZİMLERİ







Hidrolik devre elemanlarıyla devre çizimleri çok önemlidir. Hidrolik devre çalıştırılmadan önce çizim olarak veya benzetim (simülasyon) programlarıyla yapılacak çalışmalar, hidrolik devre elemanlarının daha verimli ve güvenli kurulmasını sağlar.

### 2.7.1. Hidrolik Devre Elemanlarının Simgeleri

Devre elemanlarının simgeleri çizime başlamadan önce iyi öğrenilmelidir. İyi ve kaliteli bir çizim yapabilmek için devre elemanlarının sembollerinin doğru bilinmesi gerekir. Hidrolik devre çizimlerinde kullanılan semboller şu şekilde gruplandırılabilir:

- Devre hatları (Tablo 2.2)
- Basınç kaynağı elemanları (Tablo 2.3)
- İş elemanları (Tablo 2.4)
- Yön kontrol valfleri (Tablo 2.5)
- Akış kontrol valfleri (Tablo 2.6)
- Basınç kontrol valfleri (Tablo 2.7)
- Ölçme cihazları ve algılayıcılar (Tablo 2.8)
- Oransal valfler (Tablo 2.9)

**Tablo 2.2:** Hidrolik Devre Elemanları Simgeleri

Adı/Açıklaması	Sembol
Çalışma hattı besleme hattı dönüş hattı	
Sızıntı hattı	
Boru hattı bağlantısı	
Pilot (uyan, sinyal) hattı	
Bir grup valf ya da blok	
Boru hattı çakışması	


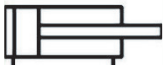














Tablo 2.3: Basınç Kaynağı Elemanları

Adı/Açıklaması	Sembol
Enerji besleme birimi	
Değişken debili pompa	
Çabuk birleştirme elemanlı hortum bağlantısı	
Oransal ayarlanabilir pompa	
Soğutucu	
Elektrik motoru	
Sabit debili pompa	
Tank (akışkan tankı)	
Bir kanallı oransal güçlendirici	
Filtre	
Isıtıcı	
Depo	
Akümülatör	
Emniyet bloklü diyaframli hidrolik akümülatör	
Enerji besleme birimi	

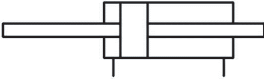
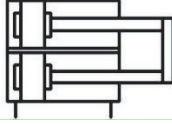

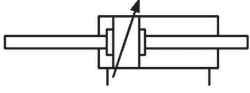
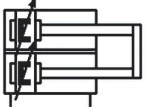


Tablo 2.4: İş Elemanları

Adı/Açıklaması	Sembol
Mesafe cetveli	





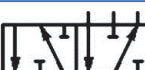

Tablo 2.4: İş Elemanları (devamı)

Adı/Açıklaması	Sembol
Tek etkili yay geri dönüşlü silindir	
Çift etkili silindir	
Çift etkili tek tarafı yastıklamalı ayarlanabilir silindir	
Çift etkili iki tarafı yastıklamalı ayarlanabilir silindir	
Tek etkili yay geri dönüşlü algılayıcı silindir	
Çift etkili tek tarafı yastıklamalı ayarlanabilir ve algılayıcı silindir	
Tek etkili ağırlık geri dönüşlü silindir	
Tek etkili geri getirme yayı piston tarafında	
Çift etkili tek tarafı yastıklamalı silindir	
Çift etkili iki tarafı yastıklamalı silindir	
Çift etkili silindir ve kolsuz piston	
Çift etkili algılayıcı silindir	
Çift etkili iki tarafı yastıklamalı ayarlanabilir ve algılayıcı silindir	
Tek etkili teleskobik silindir ağırlık geri dönüşlü	
Çift etkili teleskobik silindir	
Çift etkili çok konumlu silindir	

Tablo 2.4: İş Elemanları (devamı)

Adı/Açıklaması	Sembol
Çift etkili çift kollu silindir	
Çift etkili iki piston kollu her iki tarafı yastıklamalı silindir	
Çift etkili tandem silindir	
Çift etkili iki tarafı yastıklamalı ayarlanabilir çift kollu silindir	
Çift etkili iki piston kollu her iki tarafı yastıklamalı ayarlanabilir ve algılayıcı silindir	
Salınım motoru	
Hidrolik motor	

Tablo 2.5: Yön Kontrol Valfleri

Adı/Açıklaması	Sembol
Normalde kapalı 2/2 yön kontrol valfi	
Normalde kapalı 3/2 yön kontrol valfi	
Normalde geriye açık 4/2 yön kontrol valfi	
Normal geriye açık 5/2 yön kontrol valfi	
Normalde geriye açık 6/2 yön kontrol valfi	
Normalde geriye açık 8/2 yön kontrol valfi	

Tablo 2.5: Yön Kontrol Valfleri (devamı)

Adı/Açıklaması	Sembol
Orta konumu her yöne kapalı 4/3 yön kontrol valfi	
Orta konumu pompa dönüşlü 4/3 yön kontrol valfi	
Orta konumu iş hatlarına açık tank dönüşlü 4/3 yön kontrol valfi	
Normal kapalı 5/3 yön kontrol valfi	











Tablo 2.6: Akış Kontrol Valfleri

Adı/Açıklaması	Sembol
Sabit akış kontrol valfi	
Ayarlanabilir akış kontrol valfi	
Sabit orifis	
Ayarlanabilir orifis	
Kapama valfi	
Tek yönlü ayarlanabilir çek valfli akış kontrol valfi	
Düz çek valf	
Yaylı çek valf	
Açılabilir ikazlı çek valf	
Açılabilir yaylı ikazlı çek valf	
Kapanabilir ikazlı çek valf	
Kapanabilir yaylı ikazlı çek valf	

Tablo 2.6: Akış Kontrol Valfleri (devamı)

Adı/Açıklaması	Sembol
İki yönlü akış ayar valfi	
Üç yönlü akış ayar valfi	
“VEYA” Valfi	
“VE” Valfi	
Akış bölücü valf	

Tablo 2.7: Basınç Kontrol Valfleri

Adı/Açıklaması	Sembol
Basınç sınırlama valfi	
Ön kumandalı basınç sınırlama valfi	
Ön kumandalı basınç sınırlama valfi yay dönüşlü	
Dışarıdan kontrollü basınç sınırlama valfi	
Basınç kontrol valfi	
Basınç kontrol valfi ayarlanabilir	
Üç yönlü basınç ayar valfi	
Basınç dengeleyici (normalde açık)	
Basınç dengeleyici ayarlanabilir (normalde açık)	
Basınç dengeleyici (normalde kapalı)	

**Tablo 2.7:** Basınç Kontrol Valfleri (devamı)

Adı/Açıklaması	Sembol
Basınç dengeleyici ayarlanabilir (normalde kapalı)	
İki yönlü ara kontrol valfi (normalde kapalı)	
İki yönlü ara kontrol valfi (normalde açık)	

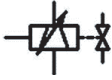


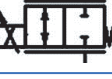
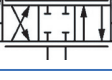
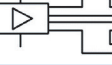
**Tablo 2.8:** Ölçme Cihazları, Algılayıcılar (Sensörler)

Adı/Açıklaması	Sembol
Basınç ölçme aleti	
Basınç göstergesi	
Debi metre	
Debi metre	
Oransal debi metre	
Basınç şalteri	
Analog basınç algılayıcı (basınç şalteri)	
Debi metre birleşik	

**Tablo 2.9:** Oransal Valfler

Adı/Açıklaması	Sembol
Bir kanallı oransal güçlendirici	
Oransal basınç ayar valfi	

Tablo 2.9: Oransal Valfler (devamı)

Adı/Açıklaması	Sembol
Oransal valf selenoidi	
Oransal basınç kontrol valfi ön kumandalı (normalde kapalı)	
Oransal basınç kontrol valfi ön kumandalı (normalde açık)	
Oransal kısma valfi	
4/3 kapalı merkez konumlu oransal valf	
İki kanallı oransal güçlendirici	

## 2.7.2. Hidrolik Devreler ve Çizim Kuralları

Hidrolik devre ve devre elemanları şemalarının çizimlerinde standart semboller kullanılmalıdır. Akışkan; sektörde genel olarak enerji dönüşümlerinde kullanılan yağ, su, hava, vb. sıvı ve gazlara Türkçe olarak verilen bir isimdir. İngilizce karşılığı fluid'dir (flooid). **CETOP** (Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques), Avrupa Akışkan Gücü Komitesi'dir. Bu dernek ve komiteler genellikle uluslararası **ISO 1219**, **ISO 1219-1** ve **ISO 1219-2** standartlarını kullanır. Standartlar haricinde çizim yapmak ve bunları kullanmak boşa harcanan emek olacaktır. Birçok çizim programı mevcuttur. Bu çizim programlarından bazıları şunlardır:

- FluidSIM
- IRAI Auto Sim Premium
- Draw –Pneumatic Circuit Drawing Software
- HydraForce i-Design 5
- SchemeEditor 6

Bu nedenle çizimlerin standartlara göre çizilmesi ve çoğaltılması önem kazanır. Çizimler FluidSIM benzetim (simülasyon) vb. programlarla devre çizimleri, ISO 1219 standartlarına göre devre simgeleri çizimleri ve devre elemanlarının imalat özelliklerine göre çizimleri yapılmalıdır.

### 2.7.2.1. Devre Çizimine Başlamadan Önce Yapılması Gerekenler

Devre çizimlerine başlamadan önce iyi hazırlık yapılmalıdır. Hazırlıksız yapılacak çizimlerde hatalar çok olacaktır. Devrelerin hatasız ve kolay çizilebilmesi için bazı kurallara dikkat edilmesi gerekir.

**Devrenin Yapacağı İşin Belirlenmesi:** Devrenin çalıştığında hangi işi nasıl yapacağı bilinmelidir. Devre neyi çalıştırıyorsa (sıkıştırma, iletme, bükme aparatı, pres vb.) onun gerektirdiği verilerin toplanması şarttır. Toplanan veri ve bilgiler düzenlenerek işin yapılma şartları iyi belirlenmelidir. Basınç ölçütleri farklı olan bir devre hattı çizilecekse devre gruplara ayrılmalıdır.

**Devre Elemanlarının Seçimi:** Devre elemanları yapılacak işin özelliklerine göre seçilmelidir. Devre için gerekli olan (iş yapan elemanlar, kontrol elemanları, çalışma basınçları vb.) bilgiler göz

önüne alınarak seçimler yapılmalıdır. Devre elemanlarının marka ve kalite durumlarının belirlenmesi de bu aşamada yapılmalıdır.

**Devre Şemasının Çizimi:** Herhangi bir aksaklığa meydan vermemek için elle bile olsa devre çalışma şeklinin çizilmesi önemlidir. Bu çalışma şemasına göre benzetim programlarında devre çizmek ve tasarlamak kolaylaşır.

**Devre Çalışmanın Benzetimi:** Yapılması istenilen işi ortaya çıkarmak için benzetim programlarında devrenin çizimi yapılır. Devre çalıştırılarak çizimin doğruluğu kontrol edilir. Devrede kullanılacak elemanların tüm özellikleri benzetim programında yerlerine konulmalıdır. Devre çalıştırıldığında hata veriyorsa incelemeler yapılarak devrenin istenilen ayarlarda çalışması sağlanmalıdır. Elektrik ve elektronik kontrol yapılıyorsa bu aşamada kontrol devresi çizilmelidir.

**Devre Elemanlarının Ayrıntılı Hesap ve Kontrollerinin Yapılması:** Devrenin istenilen iş akışını ortaya çıkaracağından emin olunmalıdır. Bu aşamadan sonra devre elemanlarının gerçek verileriyle hesapları yapılır. Yapılan hesaplamalar birkaç defa kontrol edildikten sonra devre elemanlarının alımı sağlanmalıdır.

**Devrenin Kurulması ve Çalıştırılması:** Devre için alımı yapılan devre elemanları çizilen devre resimlerine göre montaj edilmelidir. Kurulan devrenin önce düşük sonra tam basınçta çalışması sağlanır. Devrenin son kontrolleri yapılarak işler sonlandırılır.

#### 2.7.2.2. Devre Çizimlerinde Devre Elemanların İsimlendirilmesi

Devre çizimlerinde belirli kurallar vardır. Standart devre çizimlerinde devre elemanları, karışmaması için isimlendirilerek çizilir. Devre elemanlarının isimlendirilmeleri üç şekilde yapılır. Bu isimlendirmelerden en çok tercih edileni numara kullanarak isimlendirmedir.

##### Devre Elemanlarının İsimlendirilmesi

- Alfabetik harfler kullanarak isimlendirme
- Numara ve alfabetik harfler kullanarak isimlendirme
- Numara kullanarak isimlendirme

**Alfabetik Harfler Kullanarak İsimlendirme:** İş yapan devre elemanları büyük harfle isimlendirilirler. Sınır anahtarları, sinyal elemanları vb. küçük harflerle isimlendirilir. Bu devre elemanları çalıştıkları ve etkilendikleri devre elemanları yerine, onlara konum değiştiren iş elemanlarına göre isimlendirilirler. Basit devrelerde takibi kolaydır. Devre karmaşık ve çok iş elemanı ile kuruluyorsa takibi zordur.

**A, B, C,** İş elemanları

**1.1, 2.1, 3.1** vb. Ana kontrol elemanları

**a0, b0, c0, (A, B, C)** İş elemanlarının geri konumlarında çalışan sınır anahtarları

**a1, b1, c1, (A, B, C)** İş elemanlarının ileri konumunda çalışan sınır anahtarları

**Numara ve Alfabetik Harfler Kullanarak İsimlendirme:** Rakamlar ve alfabetik harfler kullanılarak isimlendirme yapılır. Devrede bulunan tüm elemanlar grup veya tek olarak isimlendirilir. Bağlantı elemanları ve borular da benzer şekilde isimlendirilir. Bu isimlendirme yönteminin de takibi zordur.

**3.5P:** 3 grubun 5. elemanın P (basınç hattı)

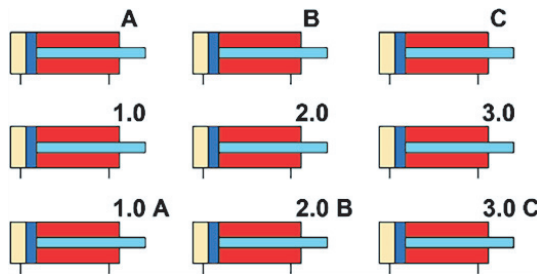
**2.4T:** 2 grubun 4. elemanı T (dönüş hattı)

**Numara Kullanarak İsimlendirme:** En çok tercih edilen iş silindirine ve onu yönlendiren devre elemanlarına numara verilmesi yöntemidir. Her silindire bir numara verilir ve bu silindirlerle direkt ilgili olan diğer elemanlarına numara verilirken çalıştırdıkları silindirin numarası dikkate alınır. Bu sayede devrenin çalışma şeklini takip etmek de kolaylaşır. Özellikle birden fazla silindirin kullanıldığı devrelerde çalışma yollarının karıştırılmaması sağlanır. Tablo 2.10'da çizilen devre gruplarının numaralandırılması gösterilmiştir.

**Tablo 2.10:** Çizilen Devre Gruplarının Numaralandırılması

Çizilen Devre Gruplarının Numaralandırılması		
Grup Numarası	Grup İsim Açıklamaları	İşareti
Grup 0	Enerji üreten elemanların hepsi	0
Grup 1., 2., 3.,	Her silindir grubu için bir grup numarası	1., 2., 3.,
Numaralama Sistemi		
Grup Numarası	Grup İsim Açıklamaları	İşareti
.0	İş yapan elemanlar (5.kat)	1.0, 2.0, 3.0
.02, .04, 06	Ara kontrol elemanları ileri hareketini etkileyen tüm elemanlar (çift rakamlar), (4.kat)	1.02, 1.04, 2.02,
.01, .03, 05	İş yapan elemanların geri hareketini etkileyen tüm elemanlar (tek rakamlar), (4.kat)	1.01, 1.03, 2.01
.1	Ana kontrol elemanları (3.kat)	1.1, 2.1
.2, .4	İş yapan elemanların ileri hareketini etkileyen tüm elemanlar (çift rakamlar), (1. ve 2.kat)	1.2, 1.4, 2.2, 2.4
.3;5	İş yapan elemanların geri hareketini etkileyen tüm elemanlar (tek rakamlar), (1. ve 2.kat)	1.3, 1.5, 2.3, 2.5
0, 0.1, 0.2	Enerji üreten elemanlar (0.zemin)	0, 0.1, 0.2

**Silindir, Mesafe Cetveli, Sınır Anahtarı İsimlendirmeleri:** Hidrolik ve pnömatik devrelerde sınır anahtarı, mesafe cetveli ve silindir isimlendirmeleri önemlidir. Sınır anahtarları, pistonun ileri-geri hareketini genellikle mafsalı valflerle kontrol edilmesini sağlar. Mesafe cetveli pistonun ileri-geri yönündeki son konumlarının belirlenmesi için kullanılır. Silindirlerin isimlendirilmesi devre elemanlarının karışmamasını sağlar ve hangi devre elemanının hangi silindirle birlikte çalıştığını gösterir. Silindirler için **A, B, C** vb., **1.0, 2.0, 3.0** vb., **1.0 A, 2.0 B, 3.0 C** vb. isimlendirmeler yapılabilir. Yapılan bu isimlendirme devre kurma ve okuma için önemlidir. Programda text yazı (metin) kutusu çalışma sayfasına taşınır. Bu kutunun içine silindirlerin isimleri yazılır ve silindirin uygun yerine taşınır. Görsel 2.36'da silindirlerin isimlendirilmesi gösterilmiştir.



**Görsel 2.36:** Silindirlerin isimlendirilmesi



- Silindirler mutlaka yatay konumda çizilmelidir. Çalışma hatları, bağlantı hatları çizgileri yatay veya dikey doğrular hâlinde çizilmelidir.
- Devrede çizilen tüm bağlantı hatları en az çakışma durumuna göre çizilmelidir.
- Devre çizimlerinde varsa standart şablonlar kullanılmalı, standartlara uyulmalıdır.
- Çizimlerde bütün devre elemanları enerji verilmemiş ve normal konumlarında çizilmelidir.
- Devre simgelerinin yanına isimler ve açıklamalar yazılmamalıdır.
- Devre elemanları birbirine yakın veya çok uzak çizilmemelidir.
- Devre elemanları soldan sağa devreye giriş sırasına göre çizilmelidir.
- Aynı tipteki devre elemanları, aynı sırada çizilmelidir.
- Devre çiziminde her bir elemana grubuna göre numara verilmelidir.
- Elektrik ve hidrolik devre şemaları karışmaması için ayrı ayrı çizilmelidir.

#### 2.7.2.5. Yol-Adım Diyagramlarının Çizilmesi

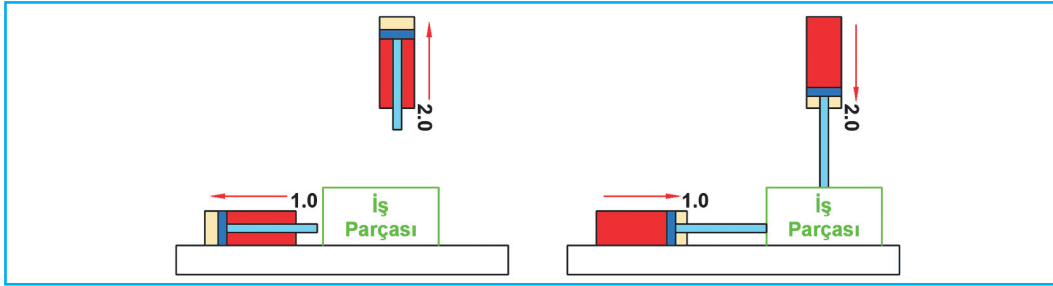
İş ve kumanda elemanlarının durumlarını gösteren çizimlere **yol-adım diyagramı** denir. Genellikle yol-adım diyagramları iş elemanlarının konum ve durumlarını takip etmek için çizilir. Özellikle, birden fazla iş elemanlı devrelerde devrenin takibini kolaylaştırır. Oluşacak arızaların hangi bölümde olduğunu bulmak için de kullanılır. Yol-adım diyagramlarının çizilmesi zorunlu değildir. Devre basit ve sinyal çakışması durumları yoksa yol-adım diyagramı çizmenin bir gereği yoktur. Devre çizme ve kurma işlemlerinde uzmanlaşan kişiler zaten nerede ne olacağını az çok tahmin ederler. Yol-adım diyagramları çizilirken bazı kurallara uyulması gerekir:

- Yol-adım diyagramları eşit aralıklı yatay ve dikey çizgilerden oluşmalıdır.
- Her silindire bir numara verilmelidir.
- Yatay eksenlerde silindirlerin adımları zaman dilimi olarak gösterilmelidir (**1, 2, 3, 4** vb.).
- Her silindir **1** ve **0** ile gösterilen iki yatay çizgi arasına yerleştirilmelidir. Silindirlerin numaraları bu araya yazılmalıdır (**1.0, 2.0** vb.).
- Piston ileri ve geri hareketlerin iyi açıklanabilmesi için silindir numaralarından sonra harf konularak silindirlerin isimlendirilmesi yararlı olacaktır (**1.0 A, 2.0 B, 3.0 C** vb.).
- Birden fazla silindir varsa birer satır boşluk bırakılmalıdır (Satır aralığı yüksekliği az olabilir.).
- Silindir pistonlarının hareketleri tabloya daha kalın çizilmelidir.
- Dikey eksenlerde iş elemanlarının durumları gösterilmelidir (içeride veya dışarıda).
- Pistonun ileri ve geri hareketinin adım olduğu unutulmamalıdır.
- Silindir pistonlarının dışa hareketi artı (+), (**A+, B+** vb.) ile gösterilmelidir.
- Silindir pistonlarının içe hareketi eksi (-), (**A-, B-** vb.) ile gösterilmelidir.
- Pistonun ileri hareketi **0** çizgisinden **1** çizgisine doğru eğik çizilmelidir.
- Pistonun sürekli hareketi **1** numaralı çizgide düz çizgiyle gösterilmelidir.
- Pistonun sabit konumu **0** numaralı çizgide düz çizgiyle gösterilmelidir.
- Pistonun geri hareketi **1** çizgisinden **0** çizgisine doğru eğik çizilmelidir.

- Diğer devre elemanlarının çizilmesinde de aynı kurallar uygulanmalıdır. Valf sinyallerinin gösterilmesi yatay ve dikey çizgiler şeklinde olmalıdır.
- Çizimler teknik resim kurallarına uygun olarak yapılmalıdır.

#### 14. Örnek

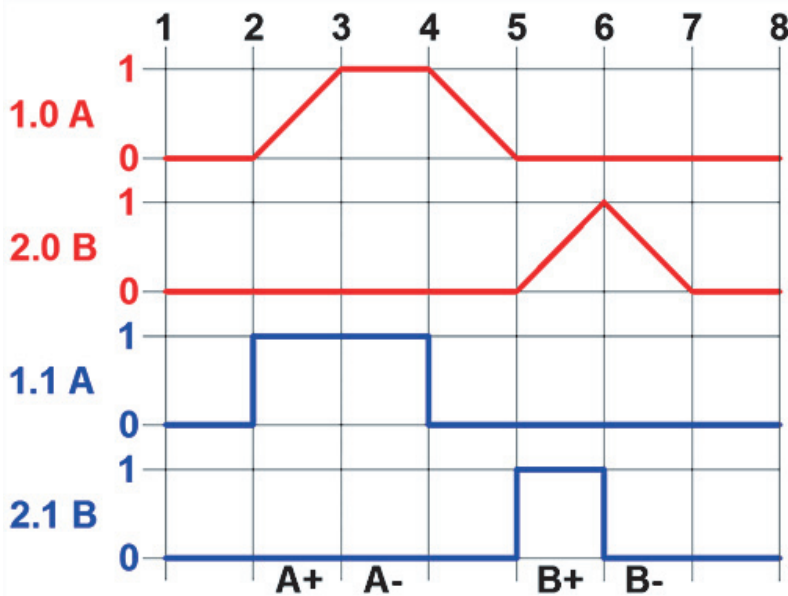
Bir arma baskı devresinde **2** adet çift etkili silindir ve **2** adet **4/2** yön kontrol valfi kullanılacaktır. Birinci silindir pistonu banttan önüne gelen iş parçasını ikinci silindirin merkezine itecektir. Bir saniyelik beklemeden sonra geri dönecektir. İkinci silindir, birinci silindir hareketini bitirince harekete geçecektir. İkinci silindir pistonu, merkezine gelen parçanın üzerine doğru hareket ederek arma baskısını yapacak ve durmadan geri dönecektir. Görsel 2.38'de arma baskı devresi şeması gösterilmiştir.



Görsel 2.38: Arma baskı devresi şeması

Devre incelendiğinde **1.0 A** ve **2.0 B** silindirlerinin olduğu görülür. **1.0 A** silindiri **4/2** yön kontrol valfi (**1.1 A**) ve **2.0 B** silindiri **4/2** yön kontrol valfi (**2.1 B**) ile kontrol edilir. Birinci silindir pistonu geri dönünce ikinci silindir pistonu harekete geçecektir. Silindirlerin adım hareketi **A+**, **A-**, **B+**, **B-** şeklinde olacaktır.

Bu duruma göre yol-adım diyagramı çizilir. Çizilecek yol-adım diyagramında silindirlerin ve sinyal üreten valflerin konumları ayrı ayrı çizilmelidir. Görsel 2.39'da arma baskı devresi yol-adım diyagramı gösterilmiştir.



Görsel 2.39: Arma baskı devresi yol-adım diyagramı

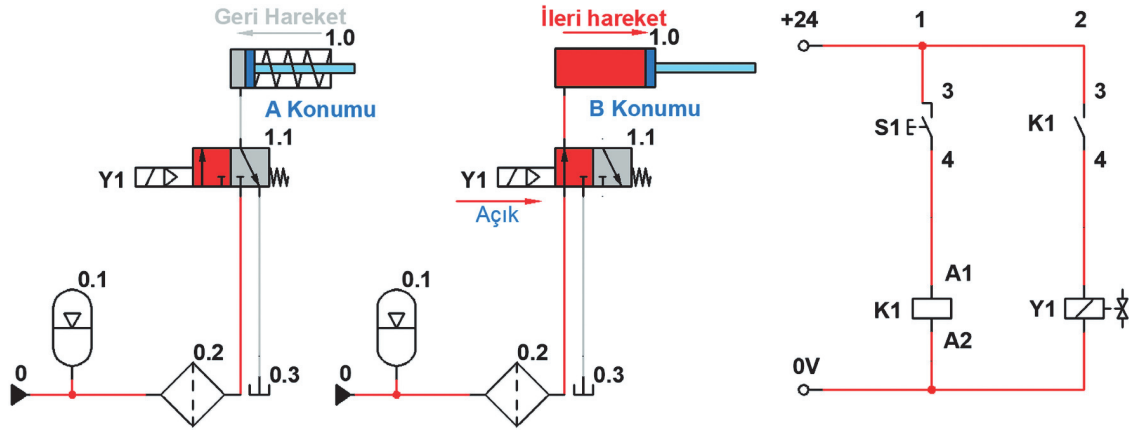
### 2.7.2.6. Elektrik ve Elektronik Kumanda Devre Şeması Çizimi Kuralları

Elektrik ve elektronik sistemlerle çalıştırılan hidrolik ve pnömatik devreler de vardır. Hidrolik ve pnömatik devreleri kontrol eden devre elemanları ayrı çizilerek ifade edilir. Bunlar pnömatik devrelerde çok kullanılır. Bu devreleri çizmek için dikkat edilmesi gereken kurallar şunlardır:

- Devre elemanlarının çalışması ve simgeleri iyi bilinmelidir.
- İşaret akışı yukarıdan aşağıya doğru olmalıdır.
- Devre şeması çiziminde elektrik ve elektronik standart semboller kullanılmalıdır.
- Enerji hatları yatay çizgilerle çizilmelidir.
- Bağlantı hatları yatay çizgilere dik olarak çizilmelidir.
- Devre elemanları soldan sağa doğru devreye giriş sırasına göre sıralanmalıdır. Numaralandırma işlemleri de bu sıraya göre yapılmalıdır.
- Başlama ve durdurma düğmeleri **S1**, **S2** şeklinde numaralandırılmalıdır.
- Röle veya kontaktörler **K1**, **K2**, **K3** şeklinde numaralandırılmalıdır.
- Algılayıcılar (sensörler) **B1**, **B2**, **B3** şeklinde numaralandırılmalıdır.
- Valf bobinleri sırasıyla **Y1**, **Y2**, **Y3** şeklinde numaralandırılmalıdır.

Hidrolik ve pnömatik devrenin özelliğine göre elektrik devresi basit veya karışık yapıda olabilir.

Görsel 2.40'ta basit hidrolik devre elektrik devre şeması gösterilmiştir. Tek etkili silindir elektrik kontrollü devreyle elle kumanda edilerek normalde kapalı **3/2** selenoid bobinli yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Piston başlangıçta geri konumda durur. Tek etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Devreyi çalıştırmak ve pistonun ileriye gitmesi için **S1** normalde açık kontak butonuna basılır. **K1** rölesi yol verince **K1** normalde açık kontak enerji alır ve **Y1** valf bobinine sinyal vererek, **3/2** yön kontrol valfinin konum değiştirmesini sağlar. Silindir pistonu ileriye hareket edecektir. **S1** kontağı sinyali kesilince silindir pistonu tekrar geriye gelip duracaktır.



Görsel 2.40: Basit hidrolik devre elektrik devre şeması

### 2.7.2.7. Hidrolik ve Pnömatik Devrelerin Okunması

Hidrolik ve pnömatik devrelerin okunması ve işlemlerinin yapılabilmesi, devrelerin çalışma sistemlerinin ve elemanlarının görevlerinin iyi bilinmesiyle doğru orantılıdır. Devre okuma iyi bir devre elemanı ve çizim bilgisi gerektirir. Devre okuma için gerekli olan tüm detaylar öğrenilmeden devre okumak imkânsızdır.

Çizilmiş bir devre okuyabilmek için;

- Hidrolik ve pnömatik prensiplerin, temel sıvı ve gaz özellikleri ve denklemleri,
- Hidrolik ve pnömatik devre elemanlarının yapısı,
- Hidrolik ve pnömatik devre elemanlarının çalışma özellikleri,
- Hidrolik ve pnömatik devre elemanları hesaplamaları,
- Hidrolik ve pnömatik devre benzetim programı bilgisinin iyi seviyede öğrenilmelidir.
- Hidrolik ve pnömatik standartları,
- Hidrolik ve pnömatik devre elemanlarının simgeleri,
- Hidrolik ve pnömatik devre çizim programları,
- Elektrik-Elektronik temel seviye bilgisi,

### 2.7.3. Hidrolik Devre Çeşitleri

Hidrolik devrelerde, silindirlere istenen hareketi elde etmek için uygun valfler belirlenerek devreler tasarlanır. Buna bağlı olarak istenen hareketi elde etmek için şu devre çeşitlerinden biri ya da birkaçı bir araya getirilir:

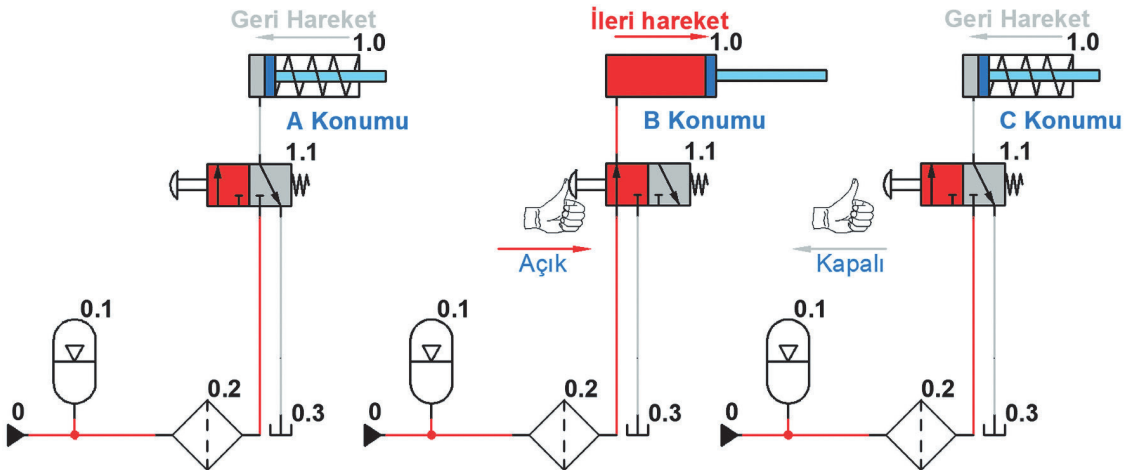
- Hız kontrollü hidrolik devreler
- Mühürleme kontrollü hidrolik devreler
- Basınç kontrollü hidrolik devreler
- Merkez konumlu valf kontrollü hidrolik devreler
- VE valf kontrollü hidrolik devreler
- Sinyal çakışması engellemeli hidrolik devreler
- Elektrik elektronik kontrollü hidrolik devreler

#### 2.7.3.1. Konuma Bağlı Kontrollü Hidrolik Devreler

Alıcıların konumlarına göre yön kontrol valfleri ve diğer devre elemanlarıyla kontrol edilmesidir. Bu işlem alıcıların çalıştırılması ve durdurulması için yapılır. Yön kontrol valflerinin kumanda şekilleri tercihe bırakılmıştır. Konuma bağlı kontrollü devre iki çeşittir. Doğrudan ve dolaylı olarak kontrol yapılır. Yön kontrol valfi ve silindirin bağlantı hattı aynı kapasitede olmalıdır.

##### Tek Etkili Silindirin 3/2 Yön Kontrol Valfiyle Doğrudan Kontrolü

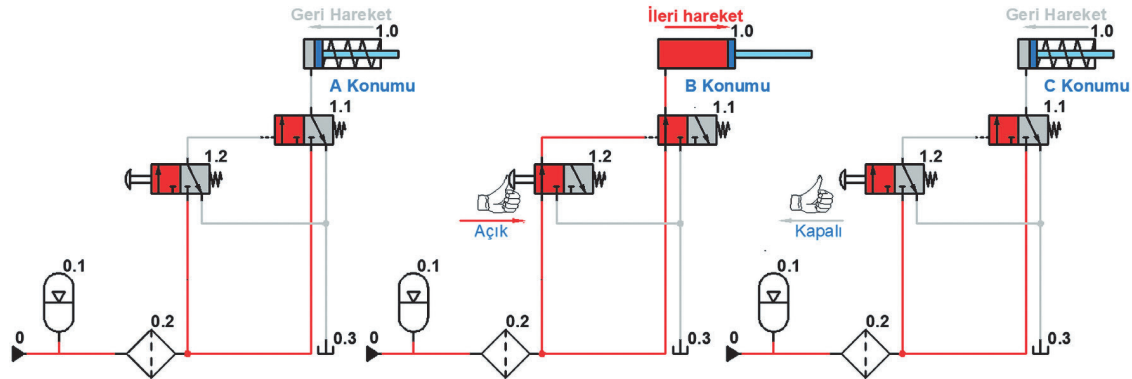
Görsel 2.41'te tek etkili silindirin doğrudan kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin A konumunda devre kapalı ve silindir pistonu içerdedir. B konumunda 1.1 (3/2) yön kontrol valfi butonuna basıldığında piston ileriye hareket edecektir. C konumunda 1.1 (3/2) yön kontrol valfi butonu üzerindeki baskı kalktığında piston içeriye girecektir.



Görsel 2.41: Tek etkili silindirin doğrudan kontrolü

### Tek Etkili Silindirin 3/2 Yön Kontrol Valfiyle Dolaylı Kontrolü

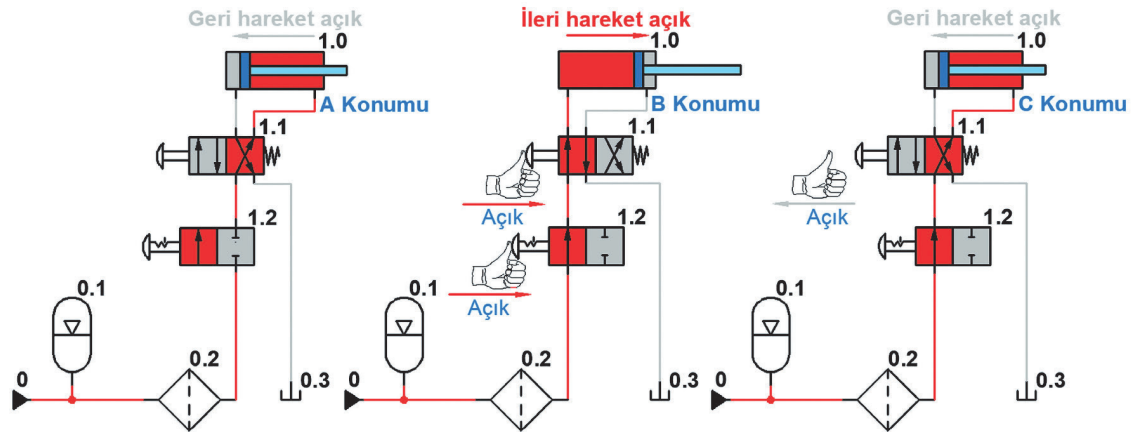
Görsel 2.42'de tek etkili silindirin dolaylı kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin **A** konumunda devre kapalı ve silindir pistonu içerdedir. **B** konumunda 1.2 (3/2) yön kontrol valfi butonuna basıldığında 1.1 (4/2) yön kontrol valfinin sol tarafına akışkanla sinyal gidecektir. 1.1 (4/2) yön kontrol valfinin konumu değişecek ve silindir pistonu ileriye hareket edecektir. **C** konumunda 1.2 (3/2) yön kontrol valfi butonu üzerindeki baskı kalktığına, 1.1 (4/2) yön kontrol valfi yay etkisiyle konum değiştirecektir. Piston geriye doğru hareket edip içeriye girecektir.



Görsel 2.42: Tek etkili silindirin dolaylı kontrolü

### Çift Etkili Silindirin 4/2 Yön Kontrol Valfiyle Doğrudan Kontrolü

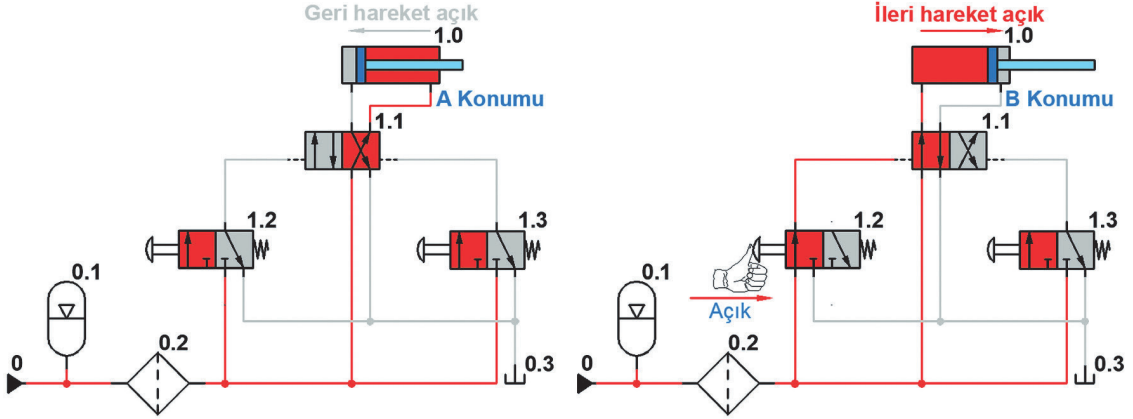
Görsel 2.43'te çift etkili silindirin doğrudan kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin **A** konumunda devre kapalı ve silindir pistonu içerdedir. **B** konumunda 1.2 (2/2) yön kontrol valfi tırnaklı butonuna basıldığında 1.1 (4/2) yön kontrol valfi üzerinden silindirin ön tarafına akışkan gidecektir. Silindir pistonu geride durmaya devam edecektir. 1.1 (4/2) yön kontrol valfi butonuna basılınca valf konum değiştirecek ve piston ileriye hareket edecektir. **C** konumunda 1.1 (4/2) yön kontrol valfi butonu üzerindeki baskı kalktığına, 1.1 (4/2) yön kontrol valfi konum değiştirecek ve piston içeriye girecektir. 1.2 (2/2) yön kontrol valfi tırnaklı butonuna basıldığında valf kapalı konuma gelecek ve devre duracaktır.



Görsel 2.43: Çift etkili silindirin doğrudan kontrolü

### Çift Etkili Silindirin 4/2 Yön Kontrol Valfiyle Dolaylı Kontrolü

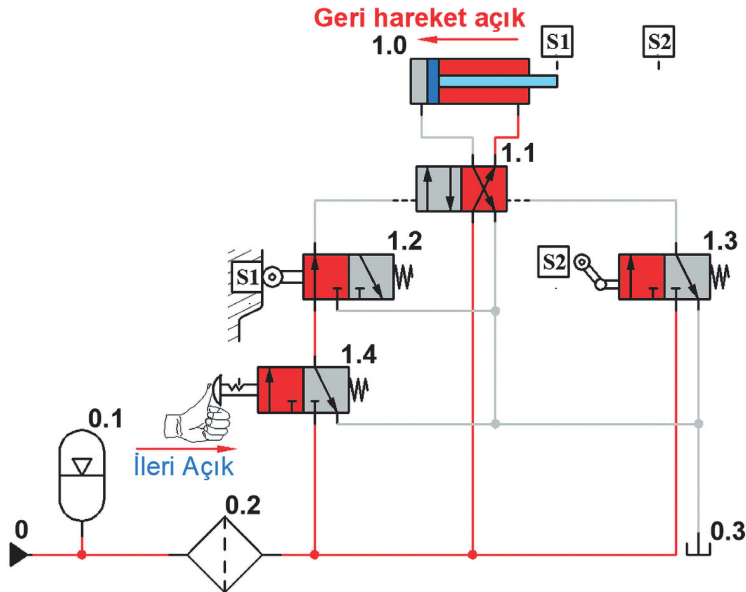
Görsel 2.44'te çift etkili silindirin dolaylı kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin **A** konumunda devre kapalı ve silindir pistonu içerdedir. **B** konumunda **1.2 (3/2)** yön kontrol valfi butonuna bir defa basıldığında **1.1 (4/2)** yön kontrol valfinin sol tarafına akışkanla sinyal gidecektir. **1.1 (4/2)** yön kontrol valfinin konumu değişecek ve silindir pistonu ileriye hareket edip duracaktır. B konumunda **1.3 (3/2)** yön kontrol valfi butonuna bir defa basıldığında **1.1 (4/2)** yön kontrol valfinin sağ tarafına akışkanla sinyal gidecektir. **1.1 (4/2)** yön kontrol valfinin konumu değişecek ve silindir pistonu geriye hareket edip duracaktır.



Görsel 2.44: Çift etkili silindirin dolaylı kontrolü

### Makaralı Valflerle Çift Etkili Silindirin Otomatik Olarak Dolaylı Kontrolü

Görsel 2.45'te çift etkili silindirin makaralı valflerle otomatik dolaylı kontrolü gösterilmiştir.



Görsel 2.45: Çift etkili silindirin makaralı valflerle otomatik dolaylı kontrolü

Bir adet çift etkili silindir tam otomatik olarak **4/2** her iki taraftan da pilot uyarılı yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Strok başında ve sonunda yön değiştirmesi istenir. **3/2** yön kontrol valflerine ve silindire **S1** ve **S2** konumları tanımlanmıştır. Hidrolik devre bir adet **3/2** butonlu ve tırnaklı yön kontrol valfiyle çalıştırılacaktır. Pistonun ileri hareketi **3/2** düz makaralı ve yay geri dönüşlü valfle kontrol edilecektir. Geri hareketi ise **3/2** mafsal makaralı

ve yay geri dönüşlü valfle kontrol edilecektir.

Devreyi çalıştırmak için **3/2 (1.4)** yön kontrol valfine bir defa basılır. Devre **S1** ve **S2** strok mesafeleri arasında tam otomatik olarak gidip gelecektir. Devreyi durdurmak için tekrar **3/2 (1.4)** yön kontrol valfine bir defa daha basılmalıdır. Piston başladığı konuma gelir ve durur.

### 2.7.3.2. Hız Kontrollü Hidrolik Devreler

İş yapan alıcıların hızları kullanma durumlarına göre farklılıklar gösterir. Her iki yöne de aynı hızla çalıştırılabilirler. Bir yönde normal hızla çalışırken diğer yönde yüksek veya düşük hızlarda çalışması gerekebilir. Devrenin ve alıcıların hızını kontrol etmek için üç yöntem vardır:

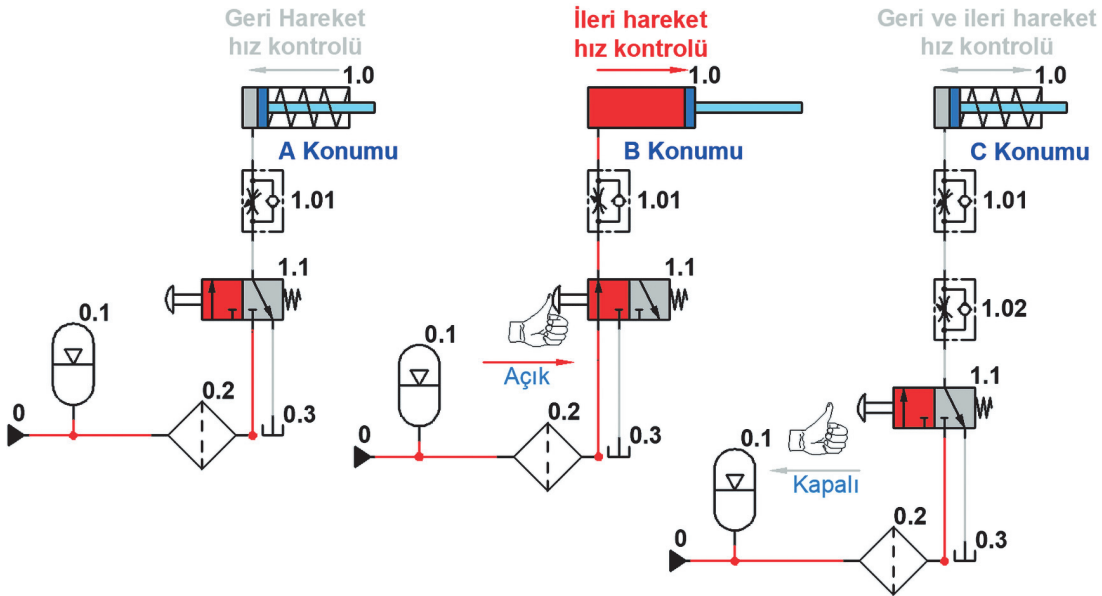
- Alıcılar ileriye doğru çalışırken hız ayarı
- Alıcılar geriye doğru çalışırken hız ayarı
- Çabuk boşaltma valfi

Kurulan devrelerdeki hız ayarlama valfleri yapılan işlemin durumuna göre uygun yönlere takılmalıdır. Devreler kurulurken işin durumuna göre akış kısma valfi seçmek önemlidir. Bazı devrelerde hızı ayarlamak için çeşitli türde hız ayar valfi kullanmak gerekir. Yapılan devrenin durumuna göre şu üç çeşit valf grubu kullanılır:

- Sabit ayarlanamaz hız ayar valfi
- Strok boyunca sürekli ayarlanabilir hız ayar valfi
- Strok boyunca sabit ayarlanabilir hız ayar valfi

### Tek Etkili Silindirlerde Hız Kontrolü

Tek etkili bir silindirin hız ayarı sadece pistonun ileri hareketinde yapılabilir. Bunun için silindire giren hava kısılır. Piston ileri giderken diğer yönde hava olmadığı için çabuk boşaltma valfi kullanarak hız artırılmaz. İleri ve dönüş hareketi hız ayarları ayrı ayrı yapılabilir. Görsel 2.46'da tek etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü gösterilmiştir.

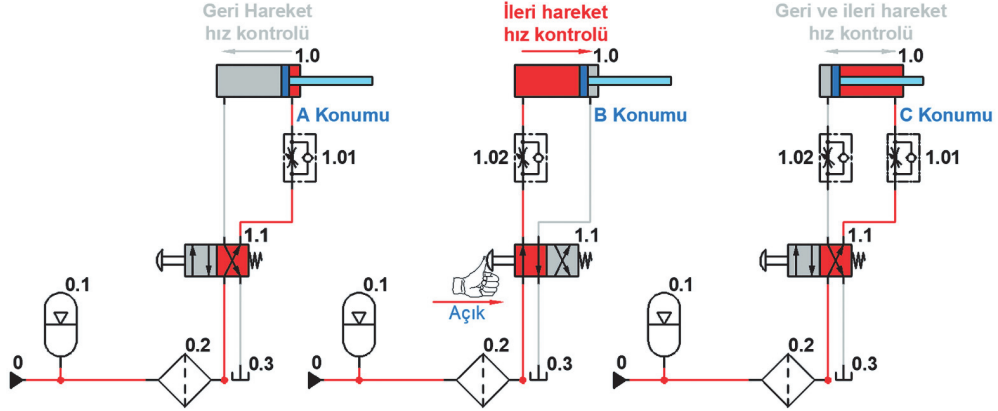


Görsel 2.46: Tek etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü

Çizilen devrenin **A** konumunda piston geri dönerken **1.01** hız ayar valfi koyulmuştur. **B** konumunda piston ileri giderken **1.01** hız ayar valfi koyulmuştur. **C** konumunda piston ileri giderken **1.02** hız ayar valfi, piston geri dönerken **1.01** hız ayar valfi koyulmuştur.

## Çift Etkili Silindirlerde Hız Kontrolü

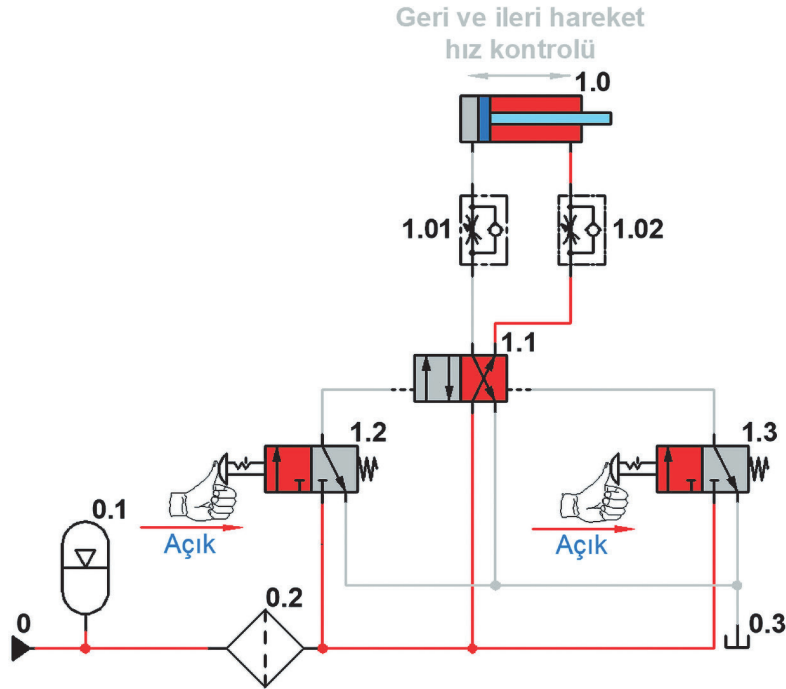
Çift etkili silindirlerde pistonun ileri ve geri hareketinde hız ayarı yapılabilir. Bu silindirlerde hız ayarlama işlemlerinin hepsi yapılabilir. Kurulan devrenin ihtiyacına göre seçilen bir akış kontrol yöntemi devreye uygulanır. Görsel 2.47'de çift etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin A konumunda piston geri dönerken 1.01 hız ayar valfi koyulmuştur. B konumunda piston ileri giderken 1.02 hız ayar valfi koyulmuştur. C konumunda piston ileri giderken 1.02 hız ayar valfi, piston geri dönerken 1.01 hız ayar valfi koyulmuştur.



Görsel 2.47: Çift etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü

### 15. Örnek

Görsel 2.48'de dolaylı kontrollü çift etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü gösterilmiştir. Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde dönüş yolu açık 4/2 her iki taraftan da pilot uyarılı yön kontrol valfiyle dolaylı çalıştırılmak istenir.



Görsel 2.48: Dolaylı kontrollü çift etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü

Çift etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. İki adet hız ayar valfi kullanılarak pistonun ileri ve geri hareket hızlarının farklı olması istenir. Pistonun ileri hareketindeki hızı **%30**, geri hareketindeki hızı **%50** olması istenir. Pistonun strok başında ve sonundaki yön değiştirmesi elle kumandalı normalde kapalı **3/2** butonlu tırnaklı yay dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır.

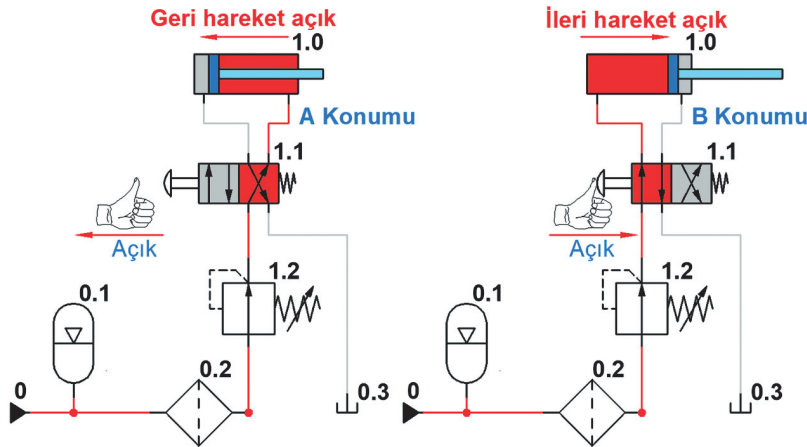
Devreyi çalışmak için **3/2 (1.2)** yön kontrol valfine bir defa basılır. Piston **%30** hızla ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Pistonu geri getirmek için **3/2 (1.3)** yön kontrol valfine bir defa basılır. Piston hareket etmeyecek ve dengede kalacaktır. Pistonun geri gelmesi için **3/2 (1.2)** yön kontrol valfine bir defa daha basılır ve valfin konumu değişir. Piston **%50** hızla geriye hareket edip strok sonunda duracaktır [İlk olarak **3/2 (1.3)** yön kontrol valfine yanlışlıkla basılıp daha sonra **3/2 (1.2)** yön kontrol valfine basılırsa sistem çalışmayacaktır. Pistonun ileri gitmesi için tekrar **3/2 (1.3)** yön kontrol valfine basılması gerekir.].

### 2.7.3.3. Basınç Kontrollü Hidrolik Devreler

Bu devrelerde amaç aynı çaptaki silindirlerle farklı baskı kuvvetleri uygulamaktır. Aynı çaptaki silindirlerle çok fazla işlem yapılmış olur. Genelde basınç düşürme ve yükseltme valfleri kullanılır. Yapılan devrelerde istenilen basıncı ayarlayabilecek kapasitede basınç kontrol valflerinin kullanılması gerekir. Zaman kontrollü, saymaya bağlı kontrollü vb. devre elemanları ile devrelerde karma olarak da uygulama imkânları vardır. Devrenin korunması için hidrolik pompalardan sonra devreye bağlanır.

#### 16. Örnek

Görsel 2.49'da doğrudan kontrollü çift etkili silindirin basınç kontrollü çalıştırılması gösterilmiştir. Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek **4/2** butonlu yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Pistonun strok başında ve sonunda isteğe bağlı yön değiştirmesi istenir. Devrenin genel çalışma basıncı **10 bar**'dir. Pistonun ileri hareketi **10 bar**'a ayarlı basınç kontrol valfinin yol vermesiyle gerçekleşecektir. Silindir pistonu geri harekette durur.



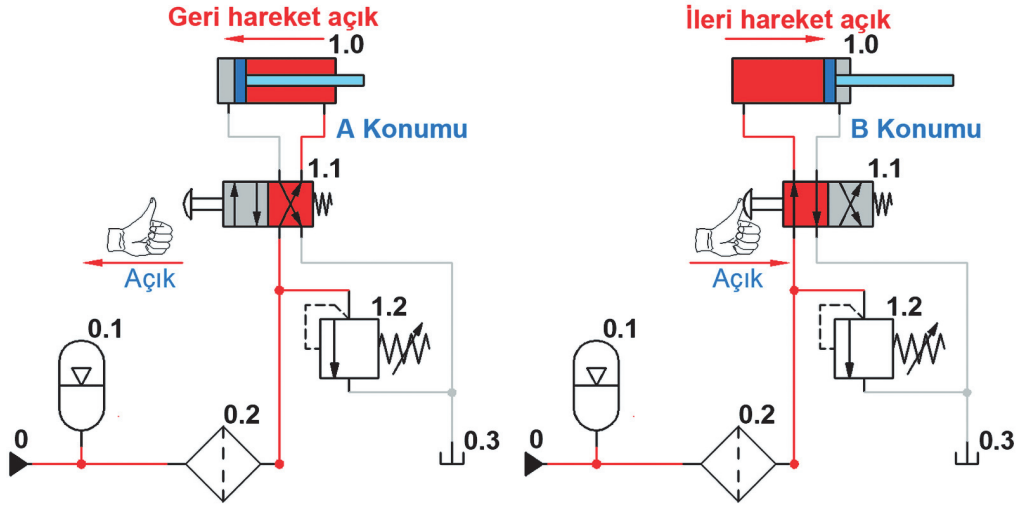
Görsel 2.49: Doğrudan kontrollü çift etkili silindirin basınç kontrollü çalıştırılması

Devreyi çalıştırmak için **4/2 (1.1)** yön kontrol valfine istenildiği kadar basılır. Devrede 10 bar basınç olduğu zaman **(1.2)** basınç kontrol valfi açılacaktır. Silindirin pistonu ileriye hareket ederek strok sonunda duracaktır. Butondan elin baskısı çekildiğinde piston geriye hareket ederek strok sonunda duracaktır ( Basınç **10 bar** olmazsa devre çalışmayacaktır.).

## 17. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek 4/2 butonlu yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Pistonun strok başında ve sonunda isteğe bağlı yön değiştirmesi istenir. Devrenin genel çalışma basıncı **10 bar**'dır. Pistonun ileri ve geri hareketi **14 bar** ayarlı basınç kontrol valfiyle emniyetli şekilde çalıştırılacaktır. Silindir pistonu geri harekette durur. Görsel 2.50'de doğrudan kontrollü çift etkili silindirin basınç koruma kontrollü çalıştırılması gösterilmiştir.

Devreyi çalıştırmak için 4/2 (1.1) yön kontrol valfine istenildiği kadar basılır. Silindirin pistonu ileriye hareket ederek strok sonunda duracaktır. Strok sonunda fazla beklemeden dolayı basınç **14 bar** ve üzerine çıktığında (1.2) basınç kontrol valfi açılarak gelen akışkanı tanka gönderecektir. Butondan elin baskısı çekildiğinde piston geriye hareket ederek strok sonunda duracaktır ( Basınç **14 bar** olmazsa basınç kontrol valfi devreye girmeyecektir.).



Görsel 2.50: Doğrudan kontrollü çift etkili silindirin basınç koruma kontrollü çalıştırılması

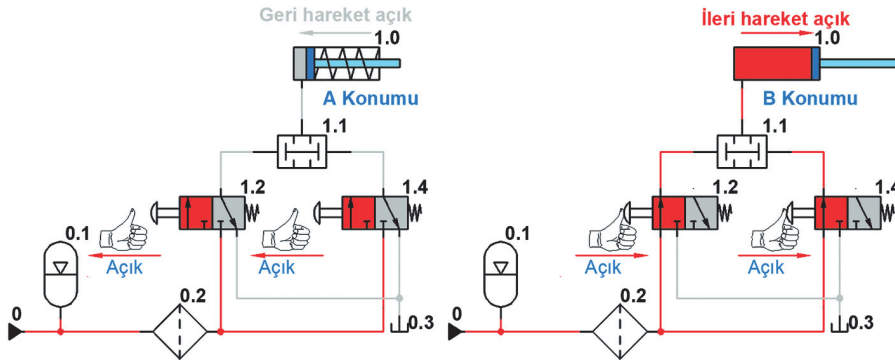
## 2.7.3.4. VE Valf Kontrollü Hidrolik Devreler

Pnömatik ve hidrolik devrelerde **VE** mantığı **VE** valfi kullanılmadan da gerçekleştirilebilir. Bunun için sinyal üretici butonlu ikinci valfin; **1.** hava girişi, birinci valfin **2.** hava çıkışına bağlanır. Bu bağlantıya seri bağlama denir. Böylece **1.** valfin butonuna basılması hâlinde açılan hava yolu ile **2.** valfe hava gidecek, böylece ve şartı oluşacaktır. **VE** valfleri; sistemde sinyal üretici valflerin hemen üstünde, ikinci katta yer alır. Butonlu valflerden aldıkları havayı, istenilen şarta uygun olarak yönlendirirler.

## 18. Örnek

Görsel 2.51'de dolaylı kontrollü tek etkili silindirin **VE** valf kontrollü çalıştırılması gösterilmiştir. Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek **VE** valfiyle çalıştırılmak istenir. Tek etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Güvenlik nedeniyle pistonun ilerlemesi **2** adet elle kumandalı 3/2 yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır.

Devrede silindir pistonu A konumunda geri strokta sabit durur. Devreyi çalıştırmak için B konumunda 3/2 (1.2) ve 3/2 (1.4) yön kontrol valflerine basılır. İki butondaki baskı kuvveti devam ettiği sürece piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Pistonu geri getirmek için herhangi bir 3/2 (1.2 veya 1.4) yön kontrol valfi butonu serbest kalırsa piston geri konuma gelir ve durur.

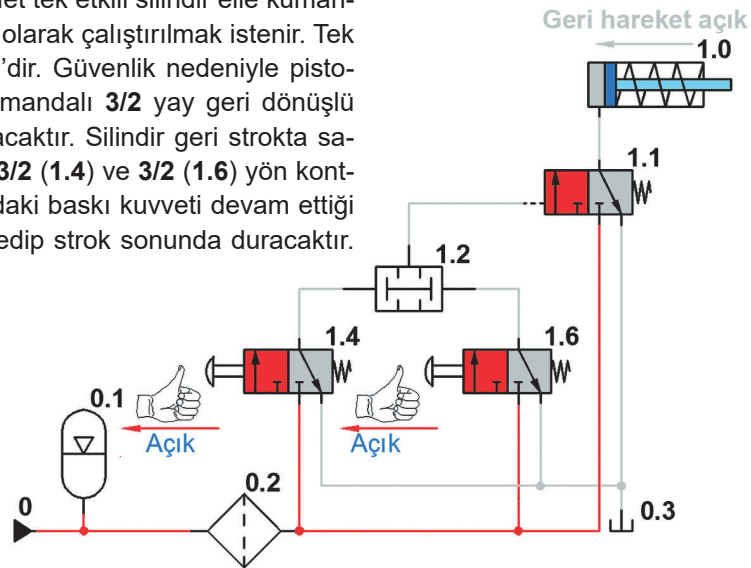


Görsel 2.51: Dolaylı kontrollü tek etkili silindirin VE valf kontrollü çalıştırılması

### 19. Örnek

Görsel 2.52'de VE valfi ile dolaylı kontrollü tek etkili silindir çalıştırma gösterilmiştir. Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek VE valfiyle dolaylı olarak çalıştırılmak istenir. Tek etkili silindirin stroku 100 mm'dir. Güvenlik nedeniyle pistonun ilerlemesi 2 adet elle kumandalı 3/2 yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Silindir geri strokta sabittir. Devreyi çalıştırmak için 3/2 (1.4) ve 3/2 (1.6) yön kontrol valflerine basılır. İki butondaki baskı kuvveti devam ettiği sürece piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır.

Pistonu geri getirmek için herhangi bir 3/2 (1.4 veya 1.6) yön kontrol valfi butonu serbest kalırsa piston geri konuma gelir ve durur.



Görsel 2.52: VE valfi ile dolaylı kontrollü tek etkili silindir çalıştırma

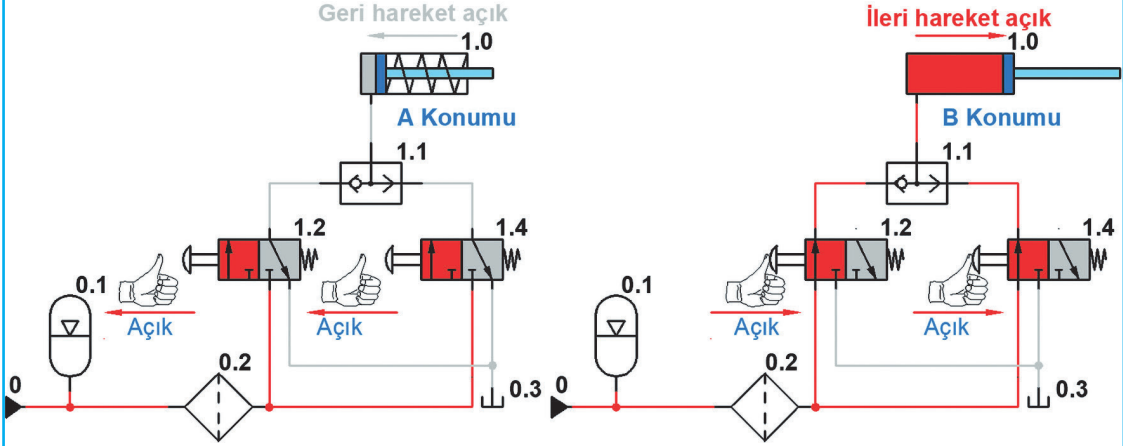
#### 2.7.3.5. VEYA Valf Kontrollü Hidrolik Devreler

Veya; dilimizde birbirinden bağımsız, iki şarttan herhangi birisinin bir faaliyet yaptığı ya da yapacağı durumlarda kullanılan bir kelimedir. Bu masa, sen veya ben altından tutarsak yerinden kalkar. Hidrolik için bu, silindirin pistonu içerden veya dışardan butona basılırsa ileri gidip kapıyı kapatsın olabilir. Hidrolik sistemler için istenen veya şartlarının yerine getirilmesi için de **VEYA** mantığına cevap verecek valfler geliştirilip **VEYA** valfi olarak adlandırılmıştır. Veya valfleri, sistemde sinyal üretici valflerin hemen üstünde ikinci katta yer alır. Butonlu valflerden aldıkları havayı, istenilen şarta uygun olarak yönlendirirler.

## 20. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek ileri ve geri hareketi **VE** valfi yardımıyla mühürleme devresiyle dolaylı olarak çalıştırılmak istenir. Silindirin kontrolü **4/2 (1.1)** yön kontrol valfiyle sağlanacaktır. Çift etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Devrede pistonun ileri ve geri ilerlemesi **3** adet elle kumandalı **3/2** yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır.

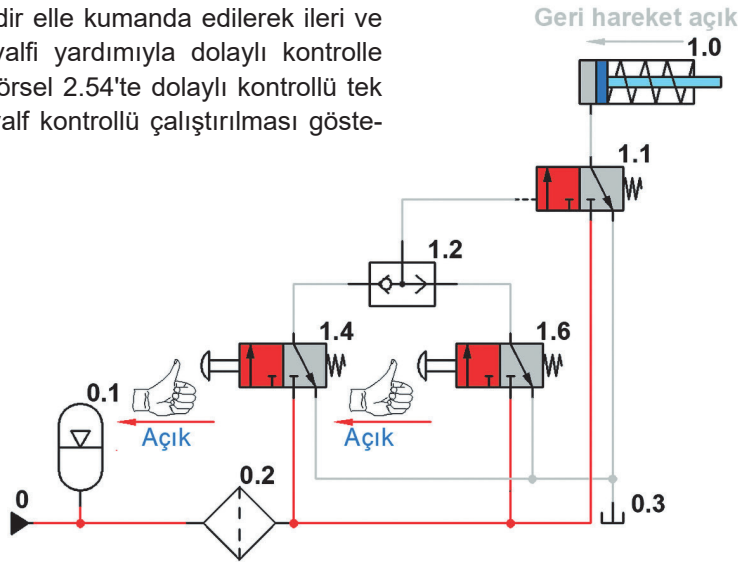
Görsel 2.53'te **VEYA** valfi ile tek etkili silindir çalıştırma gösterilmiştir. **B** konumunda devreyi çalıştırmak için **3/2 (1.2)** veya **3/2 (1.4)** yön kontrol valflerinden birine basılır. Butona basıldığı sürece piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Buton üzerindeki baskı kalktığında piston tekrar geriye gelerek strok sonunda duracaktır.



Görsel 2.53: VEYA valfi ile tek etkili silindir çalıştırma

## 21. Örnek

Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek ileri ve geri hareketi **VEYA** valfi yardımıyla dolaylı kontrolle çalıştırılmak istenir. Görsel 2.54'te dolaylı kontrollü tek etkili silindirin **VEYA** valf kontrollü çalıştırılması gösterilmiştir.



Görsel 2.54: Dolaylı kontrollü tek etkili silindirin VEYA valf kontrollü çalıştırılması

Silindirin kontrolü **3/2 (1.1)** pilot uyarılı yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle sağlanacaktır. Tek etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Devrede pistonun ileri hareketi **2** adet butonlu elle kumandalı **3/2 (1.4 ve 1.6)** yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Devrede silindir pistonu geride ve strok sonunda durur.

Devreyi çalıştırmak için  $3/2$  (1.4) veya  $3/2$  (1.6) yön kontrol valflerinden birine basılır. Butona basıldığı sürece piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Buton üzerindeki baskı kalktığında piston tekrar geriye gelerek strok sonunda duracaktır (Bu tür devreler çift yerden çalıştırıldıkları için uzun mesafelerde iş yapan tezgâhlara uygulanır. Çalışan kişi tekrar başlangıç butonunun yanına gitmeden devreyi çalıştırır.).

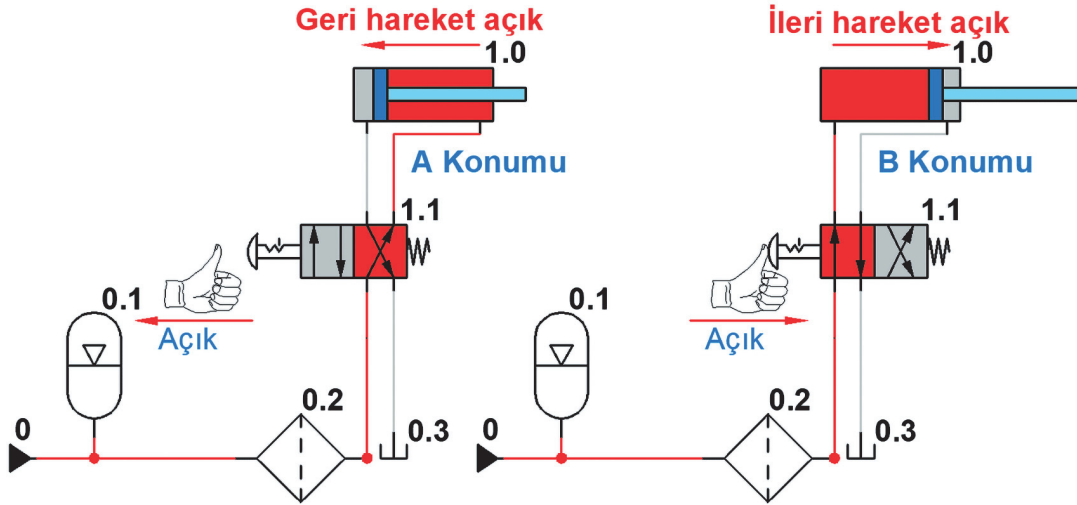
### 2.7.3.6. Mühürleme Kontrollü Hidrolik Devreler

Mühürleme işlemi iş elemanlarının konumlarını sabitleme işlemidir. Mühürleme işlemi yapılan bir devre kendi kendine açılmaz. Mühürlemeler doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilir. Mühürleme devresi kurmak için gerekli çizimler benzetim programlarında çizilerek denemeleri yapılır. Devre doğru çalışıyorsa gerçek ortamda montaj işlemleri yapılır.

#### 22. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde dönüş yolu açık  $4/2$  bir tarafı tırnaklı buton diğer tarafı yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle doğrudan mühürlemeli olarak çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku  $100$  mm'dir. A konumunda piston içeride ve mühürlenmiş olarak durur. Görsel 2.55'te doğrudan kontrollü çift etkili silindirin mühürleme valf kontrollü çalıştırılması gösterilmiştir.

Devreyi çalıştırmak için **B** konumunda  $4/2$  (1.1) yön kontrol valfine bir defa basılır. Piston ileriye hareket edip strok sonunda durup mühürlenecektir. Pistonu geri getirmek için  $4/2$  (1.1) yön kontrol valfine bir defa daha basılır ve valfin konumu değişir. Piston geriye hareket edip strok sonunda durup mühürlenecektir (bu tür devreler basit makine ve aparatların çalıştırılması için çok uygundur.).



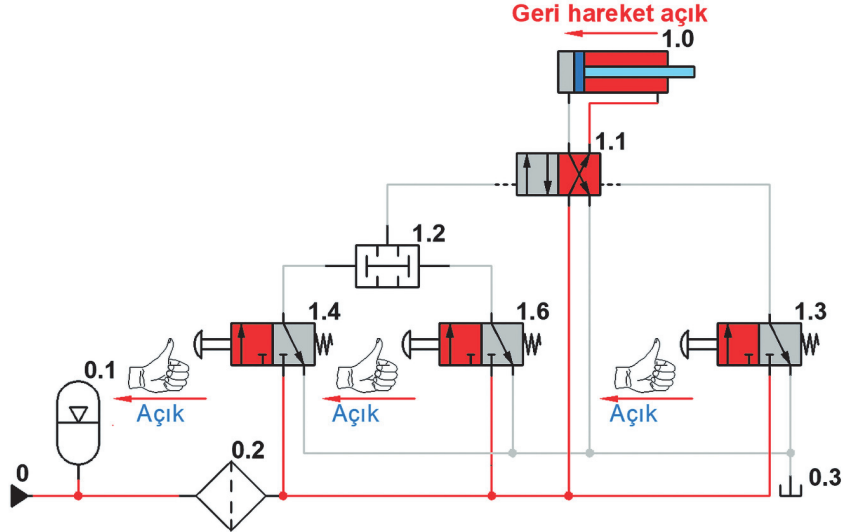
Görsel 2.55: Doğrudan kontrollü çift etkili silindirin mühürleme valf kontrollü çalıştırılması

#### 23. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek ileri ve geri hareketi **VE** valfi yardımıyla mühürleme devresiyle dolaylı olarak çalıştırılmak istenir. Silindirin kontrolü  $4/2$  (1.1) yön kontrol valfiyle sağlanacaktır. Çift etkili silindirin stroku  $100$  mm'dir. Devrede pistonun ileri ve geri ilerlemesi  $3$  adet elle kumandalı  $3/2$  yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır.

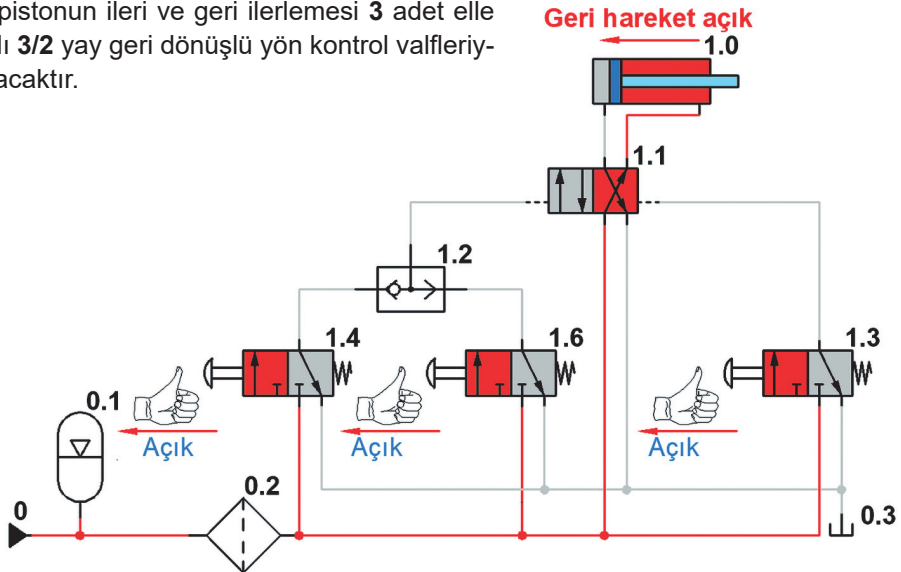
## 24. Örnek

Görsel 2.56'da dolaylı kontrollü çift etkili silindirin **VE** valfiyle mühürlenmesi gösterilmiştir. Devreyi çalıştırmak için **3/2 (1.4)** veya **3/2 (1.6)** yön kontrol valflerine birer defa basılır. Piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Pistonun devamlı basınç altında kalmasıyla mühürleme işlemi gerçekleştirilmiş olacaktır. Pistonu geri getirmek için **3/2 (1.3)** yön kontrol valfi butonuna bir defa basılır. Piston geri gelerek ilk konumunda mühürlenerek durur [devre çalışmıyorsa bazı benzetim programlarında **3/2 (1.4)** veya **3/2 (1.6)** valflerinin kilitlemesi gerekebilir.].

Görsel 2.56: Dolaylı kontrollü çift etkili silindirin **VE** valfiyle mühürlenmesi

## 25. Örnek

Görsel 2.57'de dolaylı kontrollü çift etkili silindirin **VEYA** valfiyle mühürlenmesi gösterilmiştir. Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek ileri ve geri hareketi **VEYA** valfi yardımıyla mühürleme devresiyle dolaylı olarak çalıştırılmak istenir. Silindirin kontrolü **4/2 (1.1)** yön kontrol valfiyle sağlanacaktır. Çift etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Devrede pistonun ileri ve geri ilerlemesi **3** adet elle kumandalı **3/2** yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır.

Görsel 2.57: Dolaylı kontrollü çift etkili silindirin **VEYA** valfiyle mühürlenmesi

Devreyi çalıştırmak için **3/2 (1.4)** veya **3/2 (1.6)** yön kontrol valflerinden birine basılır. Piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Pistonun devamlı basınç altında kalmasıyla mühürleme işlemi gerçekleştirilmiş olacaktır. Pistonu geri getirmek için **3/2 (1.3)** yön kontrol valfi butonuna basılır. Piston geri gelerek ilk konumunda mühürlenerek durur.

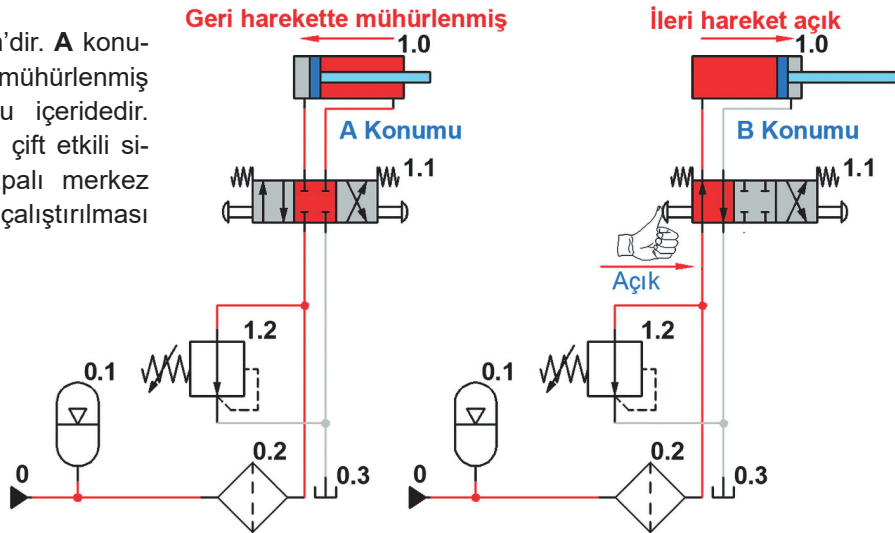
### 2.7.3.7. Merkez Konumlu Valf Kontrollü Hidrolik Devreler

Bu tür devreler genellikle iş makineleri ve imalat tezgâhlarında çok sık kullanılır. Pistonun istenilen yerde durdurulması ve tekrar çalıştırılması kolaydır. Merkez konumları değişik birçok valf vardır. Bu valfler de işin özelliğine göre seçilerek ve istenilen kumanda çeşitleri kullanılarak da devreye bağlanır.

#### 26. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde kapalı merkez konumlu **4/3** iki tarafı butonlu ve yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle doğrudan çalıştırılmak istenir. Devreyi yüksek basınçtan korumak ve pompanın zorlanmasını engellemek için ayarlanabilir basınç kontrol valfi kullanılması gerekir. Piston başlangıçta geri konumda durur. Çift etkili silindirin

stroku **100 mm**'dir. **A** konumunda devre mühürlenmiş ve piston kolu içeridedir. Görsel 2.58'de çift etkili silindirin **4/3** kapalı merkez konumlu valfle çalıştırılması gösterilmiştir.



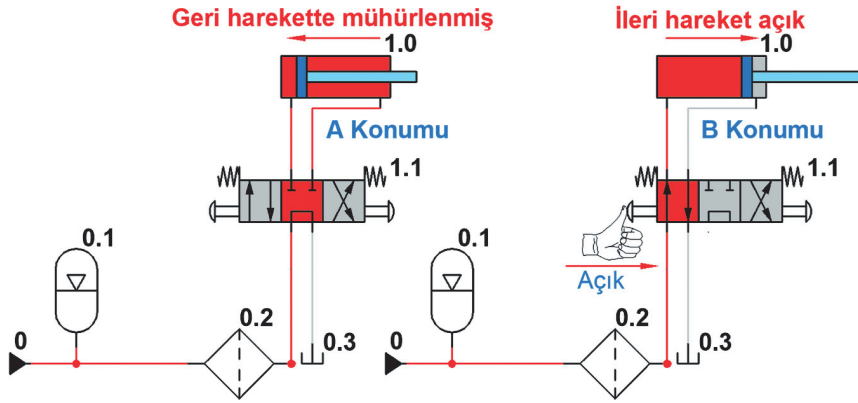
Görsel 2.58: Çift etkili silindirin 4/3 kapalı merkez konumlu valfle çalıştırılması

Devreyi çalıştırmak ve pistonun ileriye gitmesi için B konumunda **4/3 (1.1)** yön kontrol valfinin solundaki butona basılır. Piston ileriye hareket eder. Piston son konuma geldiğinde baskı kuvveti kaldırılır ve strok sonunda piston durup mühürlenecektir. Bu arada yay etkisiyle valfin konumu tekrar kapalı merkez konumuna geçecektir. Pistonu geri getirmek için **4/3 (1.1)** yön kontrol valfinin sağ tarafındaki butona basılır ve valfin konumu değişir. Piston geriye hareket eder. Piston son konuma geldiğinde baskı kuvveti kaldırılır ve strok sonunda piston durup mühürlenecektir. Bu arada yay etkisiyle valfin konumu tekrar kapalı merkez konumuna geçecektir (Kapalı merkez konumlu valflerle pistonu istenilen bir yerde sabit edilme özelliği kazandırılmıştır.).

#### 27. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde kapalı merkezli ve tank geri dönüş konumlu **4/3** iki tarafı butonlu ve yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle doğrudan çalıştırılmak istenir. Piston başlangıçta A konumunda geri konumda durur. Çift etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Burada basınç kontrol valfi kullanmaya gerek yoktur.

Görsel 2.59'da çift etkili silindirin kapalı merkez konumlu tank geri dönüşlü valfle çalıştırılması gösterilmiştir. Devreyi çalıştırmak ve pistonun ileriye gitmesi için 4/3 (1.1) yön kontrol valfinin soldaki butona basılır. Piston ileriye hareket eder. Piston son konuma geldiğinde baskı kuvveti kaldırılır ve strok sonunda piston durup mühürlenecektir. Bu arada yay etkisiyle valfin konumu tekrar kapalı merkez konumuna geçecektir. Pistonu geri getirmek için 4/3 (1.1) yön kontrol valfinin sağ tarafındaki butona basılır ve valfin konumu değişir. Piston geriye hareket eder. Piston son konuma geldiğinde baskı kuvveti kaldırılır ve strok sonunda piston durup mühürlenecektir. Bu arada yay etkisiyle valfin konumu tekrar kapalı merkez konumuna geçecektir (Normalde kapalı pompa dönüşlü valflerle pistona istenilen bir yerde sabit edilme özelliği kazandırılmıştır. Bunun yanında pompadan gelen akışkan tanka geri döner.).



Görsel 2.59: Çift etkili silindirin kapalı merkez konumlu tank geri dönüşlü valfle çalıştırılması

### 2.7.3.8. Sinyal Çakışması Engellemeli Hidrolik Devreler

Sinyal çakışmasının devrelerde oluşması istenmez. Birden fazla silindirin çalıştırılmasında zaman zaman sinyal çakışmaları meydana gelebilir. Bu durumda silindirler hatalı çalışarak istenen görevi yerine getiremez. Bir pistonun ileri gidip hemen geri gelmesi durumlarında sinyal çakışması meydana gelir. Yol-adım diyagramlarında sivri köşeli çizimler bu durumu gösterir.

Sorunu kolay çözmek için silindirlere harfler verilir. Silindir pistonlarının dışa hareketi artı (+), (A+, B+ vb.) ile gösterilmelidir. Silindir pistonlarının içe hareketi eksi (-), (A-, B- vb.) ile gösterilmelidir. Sinyal çakışması olmadan devrenin işleyişinin harflerle açıklaması (A+, A-, B+, B-) şeklinde olacaktır. Sinyal çakışması durumunda ise (A+, B+, A-, B-) olacaktır.

Herhangi bir devrede bütün silindir pistonları sırayla hareketlerini tamamlıyorsa sinyal çakışması meydana gelmez (A+, A-, B+, B-, C+, C- vb.). Devrede bulunan silindirlerin çalışması sıralı değilse sinyal çakışması meydana gelir (A+, B-, C-, B+, A-, C+ vb.).

Sinyal çakışmalarını önleme yöntemleri şunlardır:

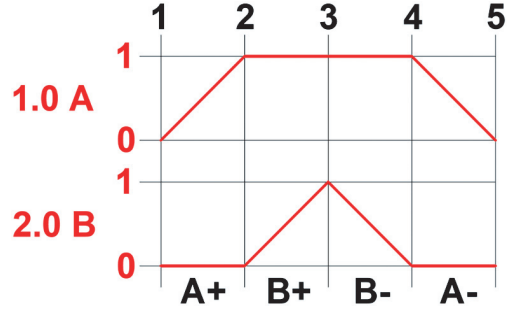
- Mafsallı ve makaralı yön kontrol valfleri
- Kaskad devreler
- Elektro-hidrolik yöntemler kullanılarak engelleme
- Özel valfler veya özel devreler
- Adımlayıcı elemanların (valf adası) kullanılması

### Mafsallı ve Makaralı Yön Kontrol Valfleri Kullanarak Sinyal Çakışması Engelleme

Mafsallı ve makaralı valfler piston uçlarında bulunan itme pimleri sayesinde devreye girer. Çarpma mesafeleri istenilen değerlere ayarlanma kolaylığı bakımından tercih edilir. Mafsallı ve makaralı valflerle sinyal çakışmasını önlemek için öncelikle devre çalışmasının harflerle açıklanmasında fayda vardır.

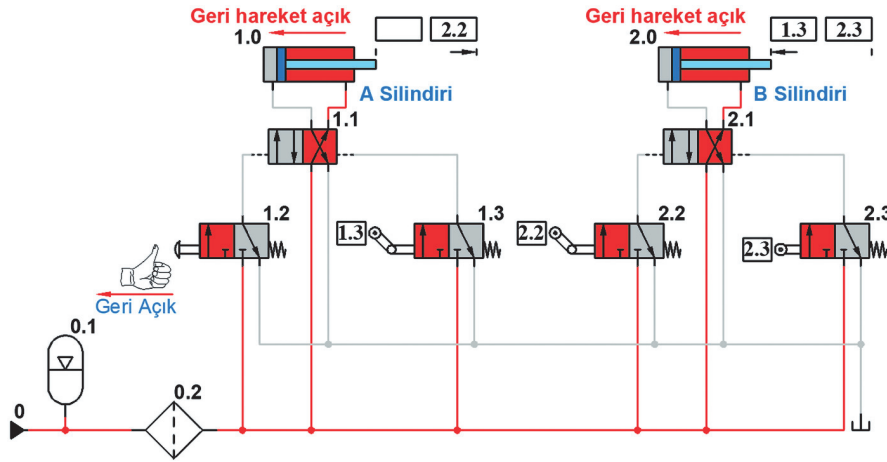
## 28. Örnek

Ardışık çalışacak sinyal çakışması olan bir devrede **A** ve **B** silindirlere mafsallı makaralı yön kontrol valfleriyle çalıştırılmak istenir. Silindirlerin stroku **100 mm**'dir. Devre çalışınca **A** silindir pistonu ileriye hareket edecektir (**A+**). **A** pistonu ileri hareketini bitirirken **B** pistonu harekete geçecektir (**B+**). **B** pistonu hareketini tamamlayıp hemen geri dönecektir (**B-**). **B** pistonu hareketini bitirirken **A** pistonu geriye hareket edecektir (**A-**). Görsel 2.60'da **A** ve **B** silindirleri sinyal çakışması yol-adım diyagramı gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde (**A+**, **B+**, **B-**, **A-**) olduğu görülür.



Görsel 2.60: A ve B silindirleri sinyal çakışması yol-adım diyagramı

Devrede kullanılacak elemanlar kullanım yerlerine göre çizilirler. Görsel 2.61'de sinyal çakışması engellenen **A** ve **B** silindirleri gösterilmiştir.



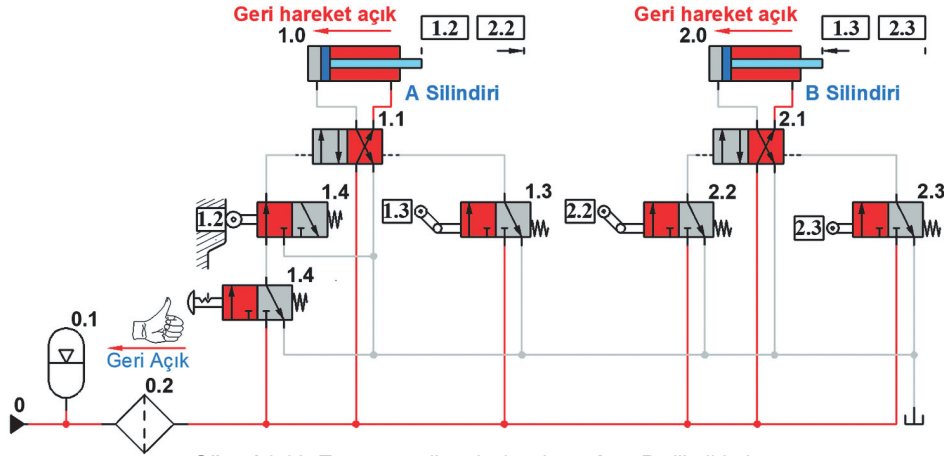
Görsel 2.61: Sinyal çakışması engellenen A ve B silindirleri

- Devredeki pistonlar geri pozisyonda durur. Devreyi çalıştırmak için 1.2 yön kontrol valfine bir defa basıldığında 1.0 A+ silindir pistonu ileri hareket edecek ve sona gittiğinde (2.2) makaralı mafsallı yön kontrol valfine sinyal gönderecektir.
- 2.0 B+ silindir pistonu ileri hareket edecek ve sona gittiğinde (2.3) makaralı yön kontrol valfine sinyal gönderecektir.
- 2.0 B- Silindir pistonu geri hareket edecek ve sona geldiğinde (1.3) makaralı mafsallı yön kontrol valfine sinyal gönderecektir.
- 1.0 A- silindir pistonu geri hareket edecek ve devre işlemini tamamlayacaktır.
- Devrenin çalışabilmesi için devredeki silindir numaralandırma değerlerine göre valflere ve silindirlere sinyal numaralandırması veya isimlendirmesi yapılır. Silindirlerin mesafe cetvellerine hangi değerler arasında sinyal üreteceği yazılır.
- 1.0 A silindiri tetiklemesi için 2.2 numaralı yön kontrol valfi, silindirin 98 mm önüne yerleştirilir.
- 2.0 B silindiri tetiklemesi için; 2.3 numaralı yön kontrol valfi, silindirin 100 mm önüne, 1.3 numaralı yön kontrol valfi, silindirin 2 mm önüne yerleştirilir.

## 29. Örnek

Önceki örnekteki devrenin ardışık ve tam otomatik çalışması istenir. Devrede kullanılacak elemanlar kullanım yerlerine göre çizilirler. Görsel 2.62'de tam otomatik ardışık çalışan **A** ve **B** silindirleri gösterilmiştir.

- Devre kapalı durumdadır. Devredeki pistonlar geri pozisyonda durur. Devrenin otomatik sürekli çalışması için **1.4** numaralı yön kontrol valfine bir defa basıldığında (**1.2**) yön kontrol valfi devreye girecek **1.0 A+** silindir pistonu ileri hareket edecek ve sona gittiğinde (**2.2**) makaralı mafsallı yön kontrol valfine sinyal gönderecektir.
- **2.0 B+** silindir pistonu ileri hareket edecek ve sona gittiğinde (**2.3**) makaralı yön kontrol valfine sinyal gönderecektir.
- **2.0 B-** Silindir pistonu geri hareket edecek ve sona geldiğinde (**1.3**) makaralı mafsallı yön kontrol valfine sinyal gönderecektir.
- **1.0 A-** silindir pistonu geri hareket edecek ve devre işlemini tamamlayacaktır.
- Devrenin çalışabilmesi için devredeki silindir numaralandırma değerlerine göre valflere ve silindirlere sinyal numaralandırması veya isimlendirmesi yapılır. Silindirlerin mesafe cetvellerine hangi değerler arasında sinyal üreteceği yazılır.
- **1.0 A** silindiri tetiklemesi için; **2.2** numaralı yön kontrol valfi, silindirin 98 mm önüne, **1.2** numaralı yön kontrol valfi, silindirin 0 mm önüne yerleştirilir.
- **2.0 B** silindiri tetiklemesi için; **2.3** numaralı yön kontrol valfi, silindirin 100 mm önüne, **1.3** numaralı yön kontrol valfi, silindirin 2 mm önüne yerleştirilir.



Görsel 2.62: Tam otomatik ardışık çalışan A ve B silindirleri

### 2.7.3.9. Elektrik Elektronik Kontrollü Hidrolik Devreler

Hidrolik, elektrik, elektronik ve mekanik kontrol tekniklerinin bir arada kullanıldığı sistemlere **elektro-hidrolik** denir. Hidrolik ve pnömatik akışkanlarla beraber elektrik teknolojisinin bir arada kullanılması, endüstriyel otomasyon çözümlerinin uygulamalarında önemli rol oynar. Bu tür bir çözüm ile beraberinde üretim süresinde azalma getiren, ucuz ve güçlü bir üretim sistemine ulaşılır. Elektrik ve elektroniğin mekanik kontrol teknikleriyle bir arada kullanıldığı sistemlere **elektro-hidrolik** ve **elektro pnömatik sistemler** denir. Elektrik akımının hızının yüksek olması ve çok uzak mesafelere sorunsuz olarak iletilmesi, hidrolik ve pnömatik sistemlerde elektriğin kumanda sinyali olarak kullanılmasını yaygınlaştırmıştır.

Elektro-hidrolik güç devresi hidrolik ve kontrol devresi elektrik olarak iki devreden oluşur. Güç devresi ve kontrol devresi ayrı ayrı çizilir.

## Elektro-Hidrolik Devrelerin Çalışma Mantığı

**Enerji beslemesi:** Akışkan ve elektrik

**İşaret alınması:** İşaret elemanları (sınır anahtarı, basınç anahtarı, temassız algılayıcı)

**İşaret işlenmesi:** İşaret işleme elemanları (mantık elemanları, selenoid valfleri, pnömatik elektrik çevirici)

**İşaret çıkışı:** Çıkış işaretinin işe eyleme dönüştürülmesini sağlayan kumanda valfleri ve eyleyici elemanlar (silindirler, motorlar, yönlendirme valfleri)

### 2.7.4. Hidrolik Devre Çizim Örnekleri

- ÖRNEK:** Tek etkili iki silindir elle doğrudan kontrollü olarak butonlu yay geri dönüşlü 3/2 yön kontrol valfiyle kontrol edilecektir. Açma kapama işlemi için butonlu, tırnaklı ve yay geri dönüşlü 3/2 yön kontrol valfi kullanılacaktır. Devrede enerji besleme birimi, hidrolik akümülatör ve basınçlı yağ filtresi olmak zorundadır. Devre piston geri konumda iken silindirin çalışması tek görünüşle çizilerek devrenin çalışması anlatılacaktır.
- ÖRNEK:** Çift etkili iki silindir elle doğrudan kontrollü olarak butonlu yay geri dönüşlü 4/2 yön kontrol valfiyle kontrol edilecektir. Açma kapama işlemi için butonlu, tırnaklı ve yay geri dönüşlü 3/2 yön kontrol valfi kullanılacaktır. Devrede enerji besleme birimi, hidrolik akümülatör ve basınçlı yağ filtresi olmak zorundadır. Devre piston geri konumda iken silindirin çalışması tek görünüşle çizilerek devrenin çalışması anlatılacaktır.
- ÖRNEK:** Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde dönüş yolu açık 4/2 bir taraftan pilot uyarılı diğer taraftan yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku **100** mm'dir. İki adet hız ayar valfi kullanılarak pistonun ileri ve geri hareket hızlarının farklı olması istenir. Pistonun ileri hareketinde hızı **%50**, geri hareketindeki hızı **%30** olması istenir. Pistonun strok başında ve sonunda yön değiştirmesi elle kumandalı normalde kapalı 3/2 butonlu tırnaklı yay dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Devrede enerji besleme birimi, hidrolik akümülatör ve basınçlı yağ filtresi olmak zorundadır. Devre piston geri konumda iken silindirin çalışması tek görünüşle çizilerek devrenin çalışması anlatılacaktır.
- ÖRNEK:** İki adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde dönüş yolu açık 4/2 bir taraftan pilot uyarılı diğer taraftan yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku **100** mm'dir. Pistonların strok başında ve sonunda yön değiştirmesi elle kumandalı normalde kapalı 3/2 butonlu tırnaklı yay dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Bir adet hız ayar valfi kullanılarak pistonların ileri hareket hızlarının **%70** olması istenir. Devrede enerji besleme birimi, hidrolik akümülatör ve basınçlı yağ filtresi olmak zorundadır. Devre piston geri konumda iken silindirin çalışması tek görünüşle çizilerek devrenin çalışması anlatılacaktır.
- ÖRNEK:** Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek **VE** valfiyle çalıştırılmak istenir. Tek etkili silindirin stroku **100** mm'dir. Pistonun ilerlemesi bir adet butonlu elle kumandalı 3/2 yay geri dönüşlü normalde kapalı yön kontrol valfiyle sağlanacaktır. Devrede enerji besleme birimi, hidrolik akümülatör ve basınçlı yağ filtresi olmak zorundadır. Devre piston geri konumda iken silindirin çalışması tek görünüşle çizilerek devrenin çalışması anlatılacaktır.
- ÖRNEK:** Üç adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek **VE** valfiyle çalıştırılmak istenir. Tek etkili silindirlerin stroku **100** mm'dir. Güvenlik nedeniyle pistonun ilerlemesi **2** adet elle kumandalı butonlu 3/2 yay geri dönüşlü normalde kapalı yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Bir adet hız ayar valfi kullanılarak pistonların ileri hareket hızlarının **%30** olması istenir. Devrede enerji besleme birimi, hidrolik akümülatör ve basınçlı yağ filtresi olmak zorundadır. Devre piston geri konumda iken silindirin çalışması tek görünüşle çizilerek devrenin çalışması anlatılacaktır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek **VEYA** valfi yardımıyla çalıştırılmak istenir. Tek etkili silindirin stroku **100 mm**'dir. Pistonun ilerlemesi **2** adet butonlu elle kumandalı **3/2** yay geri dönüşlü normalde kapalı yön kontrol valfiyle sağlanacaktır. Bir adet hız ayar valfi kullanılarak pistonların ileri hareket hızların **%50** olması istenir. Devrede enerji besleme birimi, hidrolik akümülatör ve basınçlı yağ filtresi olmak zorundadır. Devre piston geri konumda iken silindirin çalışması tek görünüşle çizilerek devrenin çalışması anlatılacaktır (**Süre: 40 dakika**).

Ölçütler	Evet	Hayır
İstenilen şartlara uygun, hareket kontrol diyagramını çizer.		
Pnömatik devrede kullanılacak devre elemanlarını seçer.		
Pnömatik devre elemanlarını uygun şekilde yerleştirir.		
Pnömatik devre elemanlarını uygun şekilde adlandırır.		
Devre elemanları arasındaki bağlantıları çizer.		

**A. Aşağıdaki cümlelerin başına boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D) yanlış ise (Y) yazınız**

1. ( ) Hidrolik depolarda dibe çöken pisliklerin toplanmasını sağlamak için depo tabanına boşaltma deliği yönünde eğim verilmelidir.
2. ( ) Paletli hidrolik motorlar, yüksek debili ve düşük debili motorlar olmak üzere 2'ye ayrılır.
3. ( ) Üç etkili silindir hidrolik silindir çeşitlerindedir.
4. ( ) Manometreler sistemdeki akışkanın basıncını gösteren ölçüm elemanlarıdır.
5. ( ) Yön kontrol valflerinden bir tanesi de 2/3 yön kontrol valfidir.

**B. Aşağıda cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun kelimeleri yazınız.**

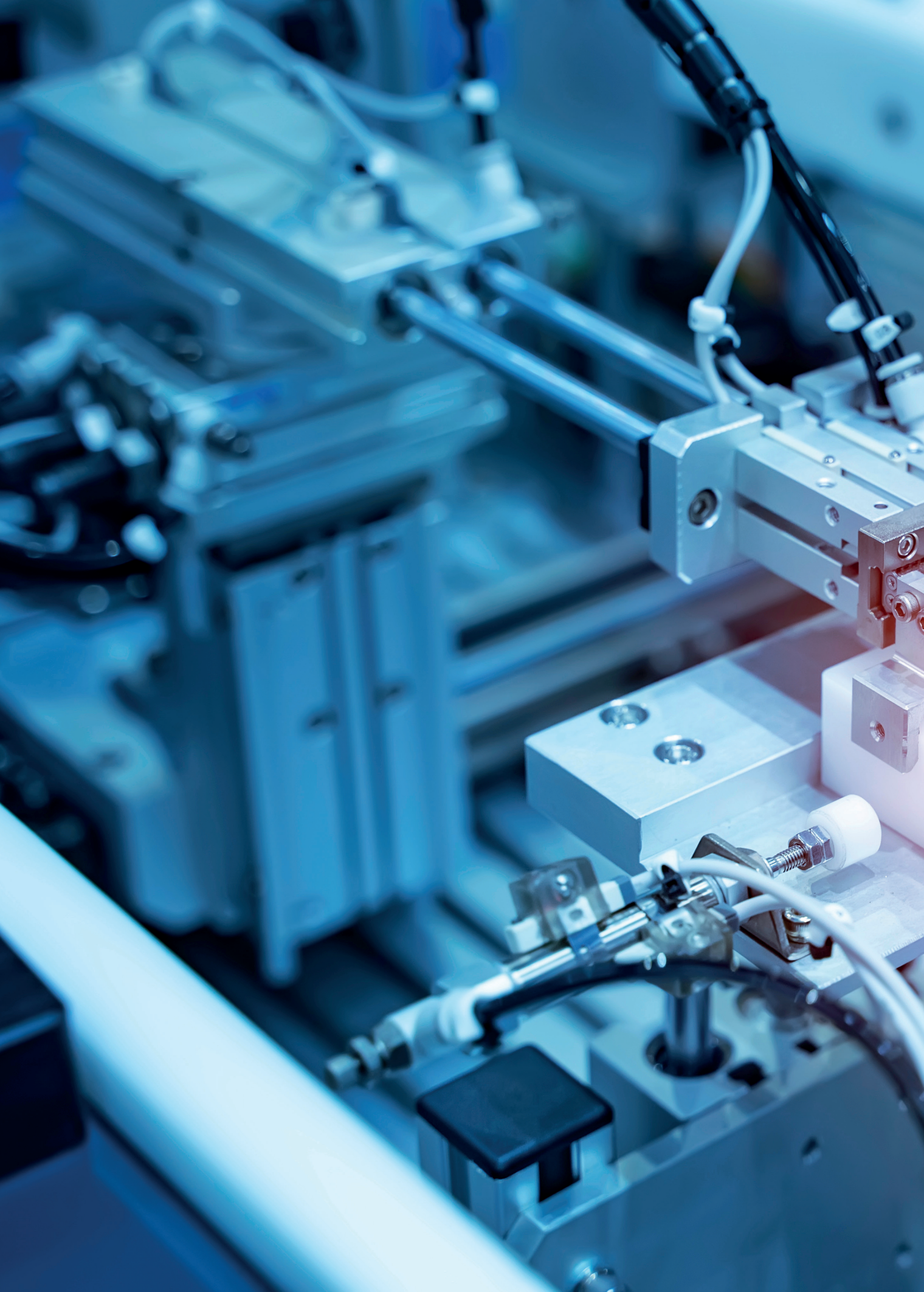
1. Motordan aldığı mekanik enerji ile hidrolik yağı depodan emiş yapan ve basınçlı olarak belirli akış miktarında aktaran elemana, ..... denir.
2. Hidrolik akış türleri boru çapına ve akış hızına göre 2'ye ayrılmaktadır. Bunlar ..... ve ..... akıştır.
3. Hidrolik devrelerde akışkanın, ne zaman, hangi yolu izlemesi gerektiğini belirleyen valflere ..... denir.
4. Hidrolik pompalar ....., ..... ve ..... olmak üzere 3'e ayrılır.

**C. Aşağıda verilen çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.**

1. **Aşağıdakilerden hangisi paletli hidrolik pompaların özelliklerinden değildir?**
  - A) Sessiz çalışırlar.
  - B) 160 bar basınca kadar olan çalışma basınçları için uygundur.
  - C) 900 ile 3000 devir arasında çalışır.
  - D) Sürtünme kayıpları ve ısınma azdır
  - E) Verimleri düşüktür
2. **Aşağıdakilerden hangisi yol ve konumlarına göre yön kontrol valfi çeşidi değildir?**
  - A) 5/3
  - B) 4/2
  - C) 4/4
  - D) 3/2
  - E) 2/2
3. **Aşağıdakilerden hangisi hidrolik boru ve hortum montajında dikkat edilmesi gereken özelliklerden biridir?**
  - A) Boruların iç yüzeyi pürüzlü olmalıdır.
  - B) Mümkün olduğunca tek parça boru kullanılmalıdır.
  - C) Emiş boru hattı uzun olmalıdır.
  - D) Keskin köşeli olmalıdır.
  - E) Sızdırmazlık önemli değildir.
4. **Bir hidrolik devrede debisi 30 l/dk olan akışkanın ortalama hızı 2 m/s'dir. Hidrolik sistemde kullanılacak borunun iç çap uzunluğunu hesaplayınız?**
  - A) 17,8 mm
  - B) 13,1mm
  - C) 20,8 mm
  - D) 25 mm
  - E) 30,5 mm
5. **Çalışma basıncı 30 bar olup, piston çapı 15 mm ve piston kolu çapı da 6 mm olur. Pistonun içeri ve geri gelişi sırasında meydana gelecek itme kuvveti kaç kg'dır?**
  - A) 107 kg
  - B) 135 kg
  - C) 150 kg
  - D) 193 kg
  - E) 207 kg

**DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise tebrikler.





# 3. ÖĞRENME BİRİMİ

# PNÖMATİK SİSTEMLER

## KONULAR

- 3.1. PNÖMATİĞİN PRENSİPLERİ
- 3.2. PNÖMATİK DEVRE ELEMANLARI
- 3.3. PNÖMATİK SİLİNDİRLER
- 3.4. PNÖMATİK MOTORLAR
- 3.5. PNÖMATİK VALFLER
- 3.8. PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMLERİ
- 3.9. HİDRO-PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMLERİ

## NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Pnömatik devre elemanlarını tanıma
- Pnömatik silindirlerin seçimini yapma
- Pnömatik motorların seçimini yapma
- Pnömatik valflerin seçimini ve çizimini yapma
- Pnömatik devreler çizme
- Hidro-Pnömatik devre çizimleri yapma

## TEMEL KAVRAMLAR

algılayıcılar, anahtarlar, basınç, basınçlı hava, basınçölçer, pnömatik, susturucu

## 3.1. PNÖMATİĞİN PRENSİPLERİ

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Sizce basınçlı hava nerelerde kullanılır?
2. Günlük hayatınızda karşılaştığınız hava ile çalışan alet veya makine var mı? Paylaşınız.

Basınçlı hava ile çalışan mekanik sistemlerin hareket ve kontrolünü inceleyen bilim dalına **pnömatik** denir. Günlük hayatın birçok alanında hava kullanılarak çeşitli işler yapılır. Buna; araba lastiklerinin şişirilmesi, lastiği söküp takarken kullanılan havalı anahtarlar, diş hekimlerinin kullandıkları havalı el aletleri, otobüs kapılarının açılıp kapatılması gibi birçok örnek verilebilir. Tüm bunlar havanın sıkıştırılarak basınç kazandırılması ve uygun kontrol yöntemleri kullanılarak kuvvet ve hareket üretilmesi prensibine dayanır.

### 3.1.1. Pnömatik Kullanım Alanları

Basınçlı havanın kuvvetinden faydalanılması milattan öncelere kadar dayanır. İlk insanlar hava körüğü gibi araçlar kullanarak pnömatiği gündelik hayatta kullanmıştır. Ancak endüstriyel anlamda ilk ciddi pnömatik uygulamalar, 19. yüzyılın ortalarından itibaren basınçlı havanın el aletlerinde kullanılmasıyla başlamış ve pnömatik günümüze kadar pek çok farklı çalışma alanında kendine yer edinmiştir. Pnömatik elemanlar ve sistemler, oldukça ekonomik ve bütün üretim ortamlarında kullanılabilir yapıya sahiptir. Pnömatik sistemler, üretim ortamlarında iş parçasının bağlanması, malzemelerin taşınması, montaj hattı vb. birçok alanda yaygın olarak kullanılır. Pnömatik sistemlerin yoğun olarak kullanıldığı alanlardan bazıları şunlardır:

- İmalat sanayi
- Elektronik sanayi
- Otomasyon ve robotik uygulamalar
- Malzeme taşımacılığı
- Takım tezgâhları ve el aletleri
- Boya, sprej ve vernik işlemleri
- Tekstil sanayi
- Dolum ve ambalaj makineleri
- Ağaç işleri endüstrisi
- Gıda ve kimya sanayi
- İş makineleri ve motorlu araçlar
- Madencilik ve inşaat endüstrisi

### 3.1.2. Pnömatik Sistemlerin Üstünlükleri ve Olumsuz Yönleri

Pnömatik sistemlerin üstünlükleri şunlardır:

- Pnömatik enerjinin kaynağı olan hava atmosferden sınırsız olarak elde edilir.
- Hava temizdir ve çevreyi kirlilemez.
- Sıcaklığa karşı duyarlılığı yoktur, yüksek ve düşük sıcaklıklarda çalışabilir.
- Hız ve kuvvet değişik değerlere ayarlanabilir.
- Basınçlı hava uzak mesafelere taşınabilir.
- Devre elemanları basit ve ucuzdur.
- Yüksek hız elde edilebilir.
- Aşırı yüklemelere karşı emniyetlidir.
- Basınçlı havanın ateş alma tehlikesi yoktur.

Pnömatik sistemlerin olumsuz şunlardır:

- Havanın sıkışabilir olması nedeniyle piston hızını her zaman istenilen değerlerde elde etmek mümkün olmaz.
- Çalışma basıncı 6-7 bar olduğu için büyük kuvvetler elde edilemez.
- Görevini tamamlayan hava, egzoz hattından dışarı atıldığı için hava sarfiyatı vardır.
- Egzoz hattına susturucu takılmadığı zaman rahatsız edici ses çıkarır.
- Uygun şekilde yağlayıcı ve filtre kullanılmadığı zaman sürtünme artar.

### 3.1.3. Hidrolik ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması

**Pnömatik sistemlerin hidrolik sistemlere göre olumlu tarafları:**

- Hava her yerde bulunur ve sınırsızdır.
- Devre elemanları basit yapılı olup bakım ve montajı kolaydır.
- Çalışma hızları yüksektir.
- Sıcaklığa karşı duyarlı değildir.
- Hava yanıcı özellikte değildir.
- Hava sızıntıları kirliliğe neden olmadığı için tekstil, ambalaj ve matbaacılıkta kullanılır.
- Arızaların bulunması kolaydır.
- Pnömatik sistemlerin tasarım, kurulum ve işletim maliyeti düşüktür.
- Daha uzak mesafelere taşınabilir.
- Depo edilebilirliği yüksektir.
- Çevreyi kirlilemez.

**Pnömatik sistemlerin hidrolik sistemlere göre olumsuz tarafları:**

- Hava sıkıştırılabilir özellikte olduğu için düzenli hızlar elde edilemez.
- Yağlama gerektirir.
- Büyük kuvvet ya da moment gereken yerlerde ekonomik değildir. Ek önlemler alınmalıdır.
- Özel uygulamalarda basınçlı havanın iyi derecede hazırlanması gerekir.
- Devre elemanları alüminyum ve alaşımlarından yapıldığı için çalışma ömürleri düşüktür.
- Basınçlı havanın elde edilmesi ve egzoz işlemi sırasında gürültü meydana gelir.

### 3.1.4. Basınç Kavramı

Birim zamanda birim yüzeye çarpan taneciklerin uyguladıkları kuvvetlerin toplamına **gaz basıncı** denir. Dünya, kalınlığı yaklaşık 10.000 km kadar olan atmosfer dediğimiz bir hava katmanı ile kaplıdır. Bu katman yeryüzüne doğru bir basınç uygular. Havanın uyguladığı bu basınca **atmosfer basıncı** denir. Atmosferdeki basınç **barometre** denilen ölçü aleti ile ölçülür. Deniz seviyesinde 0 °C'taki basınç, 1 atmosfer basınç (1 atm.) olarak kabul edilir. Basınç ölçme cihazları 1 atm. basınçta sıfıra ayarlanır ve atmosfer basıncına olan farkı gösterir. Cihazların gösterdiği bu farka **gösterge basıncı** denir. Gösterge basıncı pozitif ya da negatif olabilir. Atmosfer basıncının altındaki basınçlara **vakum basıncı** denir. Vakum basıncı vakum cihazlarıyla ölçülür. Atmosfer basıncının sıfır olduğu basınca **mutlak basınç** denir. Mutlak basınç, göstergede gördüğümüz basıncın üzerine atmosfer basıncı eklenerek hesaplanır ( $PM = PG + 1 \text{ atm.}$ ).

### 3.1.5. Basınç Hesaplamaları

Basınç, gaz moleküllerinin içinde bulunduğu kabın çeperine çarpması sonucu oluşur. Gazların basınç hesaplamalarında 4 farklı parametre vardır. Bunlar; gazın basıncı (P), gazın hacmi (V), gazın sıcaklığı (T) ve molekül sayısıdır (N). Bu parametrelere sabit bir "k" değeri ekleyerek ideal gaz denklemi oluşturulmuştur.

$$P \cdot V = N \cdot k \cdot T$$

İdeal gaz denkleminde bakılarak aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir.

Molekül sayısı (N) ve sıcaklık (T) sabit tutulursa eşitliğin diğer tarafı değişmemelidir. Dolayısıyla bu durumda hacim (V) azalır ise basınç (P) artar. Hacim (V) artarsa basınç (P) azalır. Yani sıcaklığını ve molekül sayısını değiştirmedığımız bir gazı sıkıştırırsak basıncı artacaktır.

Hacmi (V) ve molekül sayısı (N) sabit kaldığında sıcaklık (T) artarsa basınç (P) da artar. Sıcaklık (T) azalır ise basınç (P) da azalır. Yani kapalı kaptaki gaz ısıtılırsa basınç artar.

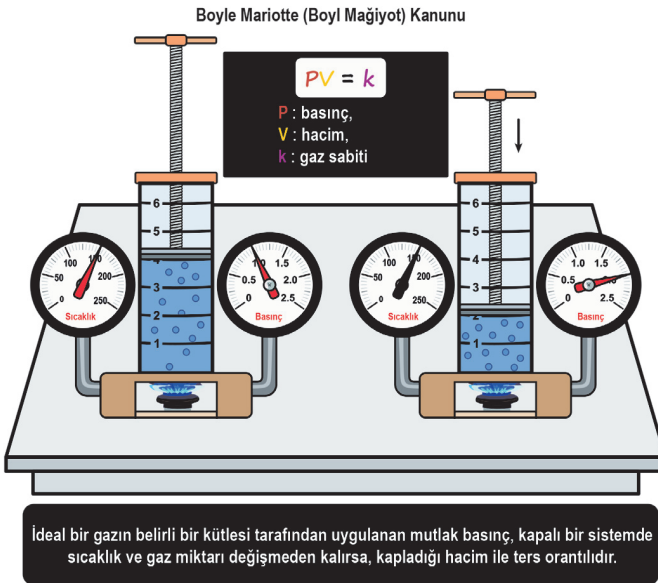
Hacmi (V) ve sıcaklığı (T) sabit tutup molekül sayısını (N) artırırsak basınç artacaktır. Yani kapalı, sabit hacimli bir kaba sabit sıcaklıkta gaz eklenirse basınç artar.

Gazlardaki farklı durumlara göre kurulan denklemlerle hesaplamalar yapılabilir. Hesaplamalarda kullanılan basınç birimleri Tablo 3.1'de verilen değerlerde birbirine dönüştürülebilir.

Tablo 3.1 : Basınç Birimleri Karşılaştırılması

Basınç Birimleri	
1 N/m <sup>2</sup>	1 Pascal (Pa)
1 Bar	100000 Pa
1 Bar	14,5 Psi
1 Atm	1013 mbar

#### 3.1.5.1. Boyle Mariotte (Boyl Mağiyot) Kanunu

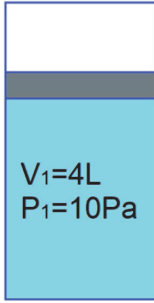


Görsel 3.1: Sabit sıcaklıktaki havanın hacim-basınç ilişkisi

Sıcaklığı sabit tutulan belirli bir miktar gazın, hacmi ile basıncının çarpımı sabittir. Bu ilişkiye Boyle Yasası ya da **Boyle–Mariotte Kanunu** denir. Bu kanuna göre kapalı bir kaptaki bulunan belirli miktar gazın hacmi küçültülürse basıncı artar, hacim büyütülürse gazın basıncı azalır. Basınç ve hacim değişimleri Görsel 3.1'deki denklem ile hesaplanabilir.

## 1. Örnek

Şekilde gösterilen 4 litre hacimdeki piston-silindir düzeneğinde bulunan gaz 10 Pa basınca sahiptir. Bir süre sonra gazın sıcaklığı sabit tutulup piston hareket ettirilerek hacmi 1 litreye düşürülüyor. Son durumda düzeneğin içinde oluşan gazın basıncı kaç Pa olur?



$$P_1 = 10 \text{ Pa}$$

$$V_1 = 4 \text{ L}$$

$$V_2 = 1 \text{ L}$$

$$P_2 = ?$$

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$10 \cdot 4 = P_2 \cdot 1$$

$$40 = P_2$$

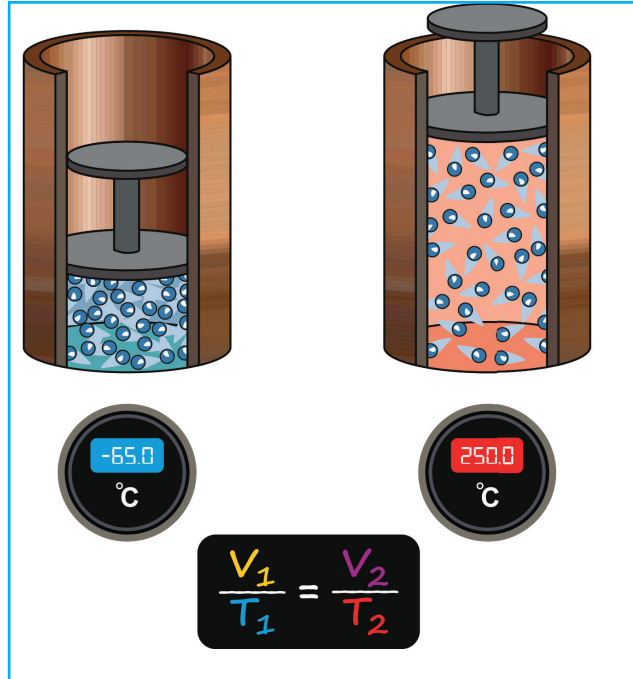
$$P_2 = 40 \text{ Pa bulunur.}$$

## 3.1.5.2. Gay-Lussac (Gey lüsek) Kanunu

Gazlar üzerinde çalışmalar yapan Gay Lussac, gazların sıcaklık değişimleri sonrasında hareketlerini incelemiştir. Gazları oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerjisinin ölçüsüne **sıcaklık** denir. Sıcaklık termometre ile ölçülür ve birim olarak Celcius (°C), Fahrenheit (°F) ve Kelvin (K) birimleri kullanılır. Gazlarda yapılan hesaplamalarda Kelvin sıcaklık birimi kullanılır. 1 Kelvin (K), 273 Celcius'a (°C) eşittir. Gazlardaki sıcaklık değişimi, sabit hacim ya da basınçta olmak üzere iki ayrı durumda incelenmiştir.

## Sabit Basınç Altında Sıcaklık Değişimi

Sabit basınç altındaki gaz ısıtıldığında hacmi artar ve genleşme meydana gelir. Tam tersi sabit basınç altındaki gaz soğutulursa hacmi küçülür ve büzülme meydana gelir. Bu durumda hacmin (V) sıcaklığa (T) bölünmesi gaz sabitine (k) eşit olur. Görsel 3.2'de sıcaklık ve hacim arasındaki ilişkiyi gösteren denklem verilmiştir.



Görsel 3.2: Sabit basınç altında sıcaklık değişimi

**2. Örnek**

Sabit basınçta belirli miktarda bir gazın sıcaklığı 77 °C hacmi 700 mL'dir. Gazın hacminin 800 mL olması için sıcaklığı kaç °C olmalıdır?

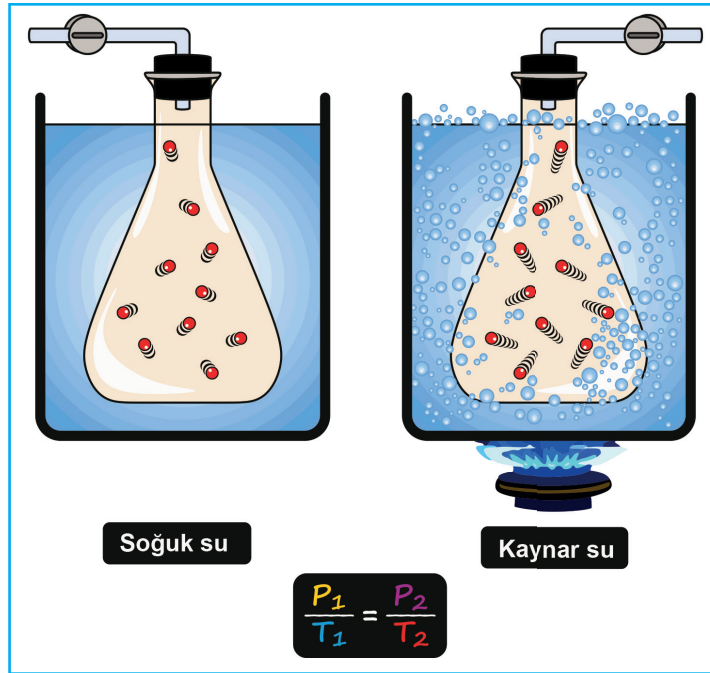
**Çözüm:**

$$T_1 = 77 + 273 = 350 \text{ K}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \frac{700}{800} = \frac{350}{T_2} \quad T_2 = \frac{800 \cdot 350}{700} \quad T_2 = 400 \text{ K} - 273 = 127 \text{ °C}$$

**Sabit Hacim Altında Sıcaklık Değişimi**

Sabit hacim içindeki gaz ısıtıldığında basıncı artar. Tam tersi sabit hacim altındaki gaz soğutulursa hacmi küçülür. Bu durumda basınç (P) sıcaklığa (T) bölünmesi gaz sabitine (k) eşit olur. Görsel 3.3'te sıcaklık ve hacim arasındaki ilişkiyi gösteren denklem verilmiştir.



Görsel 3.3: Sabit hacim altında sıcaklık değişimi

**3. Örnek**

Sabit hacimli bir kaptan 8 atm. basınç yapan bir gazın sıcaklığı 127 °C'tir. Gazın hacmi ve miktarı değiştirilmeden sıcaklığı 27 °C'a düşürüldüğünde basıncı kaç atm. olur?

**Çözüm:**

$$T_1 = 127 \text{ °C} + 273 = 400 \text{ K}$$

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

$$\frac{8}{P_2} = \frac{400}{300}$$

$$P_2 = \frac{300 \cdot 8}{400}$$

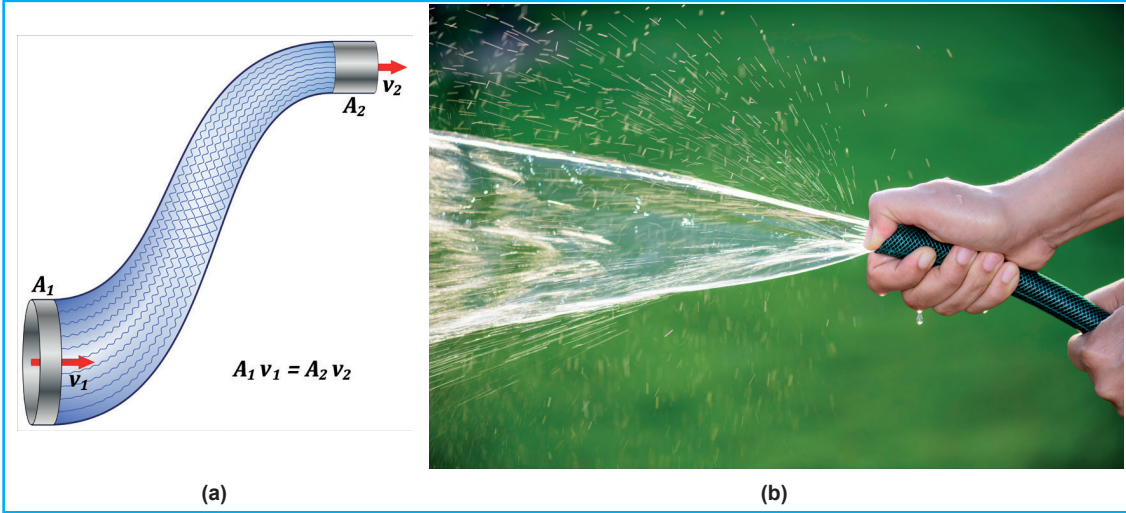
$$P_2 = 6 \text{ atm}$$

$$T_2 = 27 \text{ °C} + 273 = 300 \text{ K}$$

**Sıkıştırılmış Havanın Debisi**

Belirli bir kesitten akan akışkanın miktarına **debi** denir. Belirli bir kesitten geçen havanın debisi, kesit alanı ile havanın kesitten geçme hızının çarpımıyla bulunur (Görsel 3.4:a). Kesitten geçirilen havanın miktarı sabit tutularak kesit alanı küçültülürse havanın geçme hızı artar. Eğer tam tersi yapılarak kesit alanı büyütülürse havanın geçme hızı yavaşlar. Bahçe sularken ya da araba

yıkarken sulama hortumundaki suyun çıktığı kısmın daraltılmasıyla suyun daha hızlı aktığı görülebilir (Görsel 3.4.b). Kesitte değişme olmadığı müddetçe boru içinden akan havanın hızı aynıdır. Kesit alanı büyüdükçe akış hızı azalır, kesit alanı küçüldükçe akış hızı artar. Hava küçük kesitlerde daha hızlı akar denilebilir.



Görsel 3.4.a: Havanın debisi

Görsel 3.4.b: Akışkanın kesit daralması sonucu hız artışı

#### 4. Örnek

Kesit alanı  $0,6 \text{ m}^2$  olan bir borudan  $2 \text{ m/sn.lik}$  hızda hava geçer. Havanın debisi sabit kalmak koşulu ile borunun kesit alanını  $0,4 \text{ m}^2$  küçültülürse havanın hızı kaç  $\text{m/sn.}$  olur?

#### Çözüm:

$$A_1 = 0,6 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 2 \text{ m/s}$$

$$A_2 = 0,4 \text{ m}^2$$

$$V_2 = ?$$

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

$$0,6 \cdot 2 = 0,4 \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{0,6 \cdot 2}{0,4} = 3 \text{ m/s}$$

## 3.2. PNÖMATİK DEVRE ELEMANLARI

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Basıncı hava kullanan bir atölyeyi ziyaret ediniz. Basıncı hava nasıl üretiliyor, nasıl dağıtılıyor inceleyip sınıfta tartışınız.
2. Kompresörü olan bir işletmeyi ziyaret ediniz ve atölyedeki kompresörün özelliklerini sınıfta anlatınız.
3. Basıncı hava neden depolanır? Tartışınız.

Pnömatik sistemler, farklı işleve sahip olan çok sayıda devre elemanının bir araya gelmesiyle oluşur. Sistemin yapacağı işe göre devre elemanları belirlenir. Uygun devre elemanı seçimin yapılabilmesi için pnömatik sistemlerde kullanılan devre elemanlarının iyi tanınması gerekir. Hava, sisteme ilk girişinden, sistemden çıkana kadar sırasıyla şu süreçlerden geçer (Görsel 3.5):

- Basıncı havanın üretilmesi
- Basıncı havanın depolanması
- Basıncı havanın hazırlanması
- Basıncı havanın dağıtılması
- Basıncı havanın şartlandırılması
- Basıncı havanın kullanılması



### 3.2.1. Basıncı Havanın Üretilmesi

Pnömatik sistemlerde kullanılan basıncı havayı kompresörler üretir. Kompresörler dönme hareketlerini, elektrikli ya da içten yanmalı motorlardan alır. Basıncı hava genellikle merkezî bir basınç kaynağından sağlanır ve çok uzun mesafelere boru ya da hortumlarla taşınabilir (Görsel 3.6:a). Böylece her kullanıcı için ayrı bir basınç kaynağı kullanılmaz. İşletmenin ihtiyacına göre hava deposu üzerine monte edilen, elektrik motoruyla çalışan seyyar tip kompresörler de kullanılır (Görsel 3.6:b). İşletmede kullanılacak kompresörün tipi ve kapasitesi, işletmenin ihtiyaç duyduğu havanın debisi ve basıncı hesaplanarak belirlenir. Bunun için sistemlerde kullanılacak pnömatik aletlerin teknik özellikleri bilinmeli, ona göre ihtiyaç duyulan basınç (Bar) ve debi (l/dk., m<sup>3</sup>/dk.) hesaplanmalıdır.



Görsel 3.6.a: Merkezî sabit kompresör



Görsel 3.6.b: Seyyar kompresör

Örneğin bir fabrikada kullanılacak 3 adet pnömatik aletin teknik özellikleri verilenlerde belirtildiği gibi olsun. Bu özelliklere göre fabrikanın tercih etmesi gereken kompresörün basınç ve debi özelliği hesaplanabilir.

1. Alet: Hava tüketimi 450 l/dk. ve ihtiyaç duyulan basınç 5 bar'dır.
2. Alet: Hava tüketimi 550 l/dk. ve ihtiyaç duyulan basınç 4 bar'dır.
3. Alet: Hava tüketimi 1300 l/dk. ve ihtiyaç duyulan basınç 5 bar'dır.

Böyle bir durumda kompresörün basıncı, en yüksek basınç ihtiyacından büyük, yani 6-7 bar civarında olmalıdır ancak kompresörün büyüklüğü (debisi), hava tüketimlerinin toplamı ile elde edilir. Yani "1. Alet + 2. Alet + 3. Alet = Tüketilen toplam hava miktarı" şeklinde belirlenir.

$450 + 550 + 1300 = 2300$  l/dk. fabrikada pnömatik aletlerin tükettiği hava miktarıdır. Bu miktar ihtiyaç olan en az hava debisidir. Eğer 2300 l/dk. hava debisi kapasiteye sahip olan bir kompresör seçilecek olursa kompresör tam güç hiç durmadan çalışacak ve çabuk yıpranacaktır. Bunun için ihtiyacın 1,5 katı kapasiteye sahip kompresör seçimi doğru olacaktır.

$2300 \cdot 1,5 = 3450$  l/dk. =  $3,45$  m<sup>3</sup>/dk. Hava verimi olan bir kompresör yeterli olacaktır.

Pnömatik sistemlerde, çalışma basıncı ve gerekli hava miktarı bakımından değişik tiplerde kompresör kullanılır. Kompresörler, havanın sıkıştırılması ve havanın üflenmesi olmak üzere iki farklı prensipte çalışır.

### 3.2.1.1 Havanın Sıkıştırılması Prensibine Göre Çalışan Kompresörler

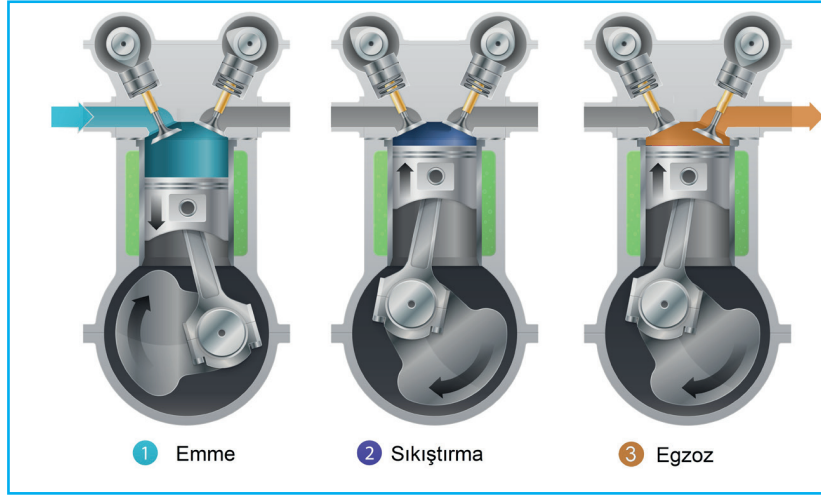
Endüstriyel sistemlerde basınçlı havanın elde edilmesi için sıkıştırma prensibine göre çalışan kompresörler yoğun olarak kullanılır. Sıkıştırma prensibiyle çalışan kompresörlerde hava, belirli oranlarda sıkıştırılarak basınç kazandırılır. Sıkıştırma oranına bağlı olarak havanın basınç değeri artar. Pistonlu, vidalı, paletli ve rotorlu kompresörler bu prensibe göre çalışır.

#### Pistonlu Kompresörler

Gürültülü çalışma ve sık sık arıza yaratma dezavantajı olmasına rağmen fiyatlarının düşük olmasından dolayı küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin tercih ettiği kompresörlerdir. Basınç değerleri 390 bar, güç değerleri 9000 kW üzerine çıkabilir. Küçük tiplerinde devir sayısı 1000 dev/dk. değerine kadar çıkabilir.

## Pistonlu Kompresörler

Silindir içine havanın giriş çıkışını sağlayan mekanizmaya **supap** denir. Silindir boşluğu içinde hareket eden pistonun aşağı hareket etmeye başlamasıyla silindir içinde vakum oluşur ve emme supabı açılır (Görsel 3.7:a). Atmosferden emilen hava, filtreden geçirilir ve silindir içine doldurulur. Piston en alt noktaya gelene kadar emiş işlevi devam eder. Piston yukarı yönde harekete başladığında emme ve egzoz supabı kapalıdır (Görsel 3.7:b). Silindir içine hapsedilen hava, silindirin yukarı hareketiyle sıkışmaya başlar. İstenen orana kadar sıkıştırma işlemi devam eder. İstenilen basınca geldikten sonra egzoz supabı açılır ve basınçlı hava sisteme gönderilir (Görsel 3.7:c).



Görsel 3.7: Pistonlu kompresörün çalışması

## Vidalı Kompresörler



Görsel 3.8: Vidalı kompresör

Vidalı kompresörlerde, üzerinde vidaya benzer helisel olukların olduğu vida grubu adı verilen döner elemanlar kullanılır. Vida grubu döndüğünde emiş ağzında vakum oluşur. Hava çıkış ağzına kadar vida boşluğunda sürüklenir. İstenilen basınca geldiğinde sisteme gönderilir (Görsel 3.8). Vidaların çapı ve uzunluğu kompresörün basıncını ve hava üretim kapasitesini etkiler. Vida boyu uzadıkça elde edilen basınç artar. Vida çapının artmasıyla da basınçlı hava üretim kapasitesi artar.

Vidalı kompresörler geniş kullanım alanına sahiptir. Başlıca kullanım alanları şunlardır:

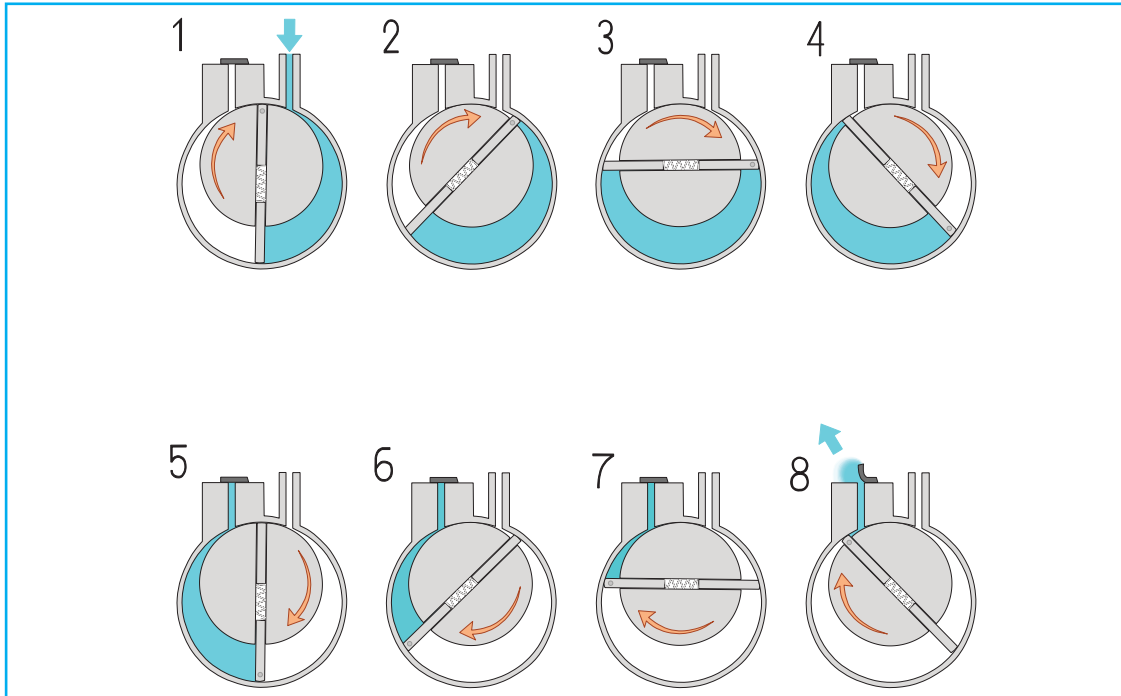
- Doğalgaz ve petrol tesisleri
- Çeşitli kirli ve zehirli gazların sevki
- Genel amaçlı basınçlı hava uygulamaları
- Tekstil, gıda, ilaç, kimya sanayileri
- Soğutucu gazların sevki ve basınçlandırılması
- Buzdolabı kompresörleri

Vidalı kompresörlerin kapasitelerinin yüksek olması ve düşük emme basınçlarında da çalışabilmesi endüstriyel uygulamalarda tercih edilmesini sağlamıştır. Vidalı kompresörlerin, yatak ömürlerinin kısa olması olumsuz özelliğidir. Bunun dışında bazı temel avantajları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Bakımları basit ve ucuzdur.
- Ömürleri uzundur.
- Verilen dış tahriki en verimli şekilde sıkıştırma işleminde kullanır.
- Yüksek sıkıştırma oranı elde edilebilir.
- Değişken hız kontrolü ve düşük titreşimde çalışır.

### Paletli Kompresörler

Paletli kompresörler, motora bağlanmış olan bir rotor ve rotor üzerinde rotor eksenine dik olarak yerleştirilmiş paletlerin havayı sıkıştırması prensibi ile çalışır (Görsel 3.9). Kompresör çalıştırıldığında gövde ekseninden kaçık, basma yüzeyine yakın olarak konumlandırılmış rotor dönmeye başlar. Dönüş hareketi rotor içindeki hareketli paletleri merkezkaç kuvveti etkisiyle dışa doğru savurur. Paletlerin hareketiyle atmosfer basıncı altında basınç (vakum) oluşur ve kompresör içine hava emilir. Silindirik yapıdaki gövdenin yüzeyi ile sürekli temas hâlindeki paletler arasındaki hacim, emiş kısmında basma kısmına yaklaştıkça küçülür. Böylece büyük hacim içerisine alınan havanın hacmi daraltılır ve böylece artan basınç sisteme gönderilir.



**Görsel 3.9:** Paletli kompresör

Paletli kompresörlerde, paletlerin gövde yüzeyi ile temasında sızdırmazlık sağlanabilmesi ve aynı zamanda soğutma sağlanabilmesi için sisteme yağ püskürtülür. Daha sonra bir seperatör (ayırıcı) filtresi yardımıyla sistemdeki yağ ve hava birbirinden ayrıştırılır. Yağ, kompresörün içinde soğutulurken hava radyatörden geçirilerek işletme tesisatına gönderilir.

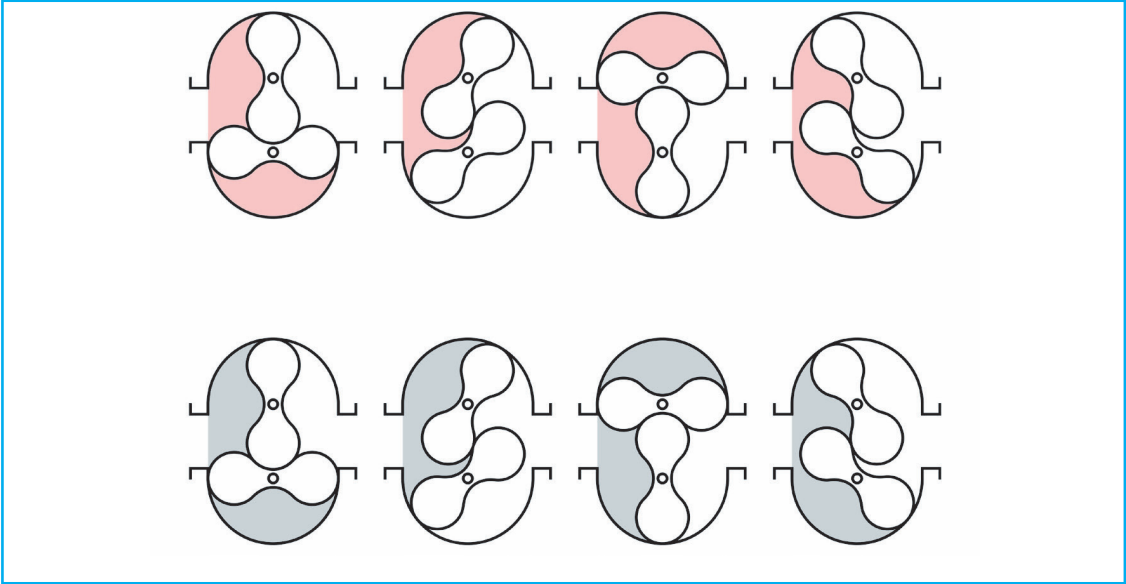
Paletli kompresörlerde havanın akışı düzenlidir. İyi bir emiş özelliği gösterdikleri için paletli kompresörler aynı zamanda vakum yaptırmak amacıyla da kullanılabilir.

Paletlerin gövde yüzeyine sürtünerek çalışıyor olması, aşınmalara ve dolayısıyla verimliliğinin düşmesine neden olur. Bu sebepten pistonlu ve vidalı kompresörlere göre daha çabuk bakım gerektirebilir.

### Rotorlu Kompresörler

Bu kompresörlerin iç yapılarında birbiriyle ters yönde dönen iki rotor mevcuttur (Görsel 3.10). Rotorlardan biri elektrik motorundan aldığı hareketle dönerken diğer rotor serbest döner. Rotorların dönüşü ile emme ağızdan içeri hava emilir ve çıkış ağızına doğru sürüklenerek havaya basınç kazandırılır. Daha sonra basınçlı hava çıkış ağızından sisteme gönderilir.

Rotorlar farklı kesitlere sahip elemanlardan oluşabilir. Bazı kompresörlerde rotor kullanırken bazıları ise üçgen, istavroz vb. profillere sahip elemanlar kullanılır. Düşük basınçlarda çalışan bu kompresörler vakum pompası olarak kullanılır.



Görsel 3.10: Rotorlu kompresör

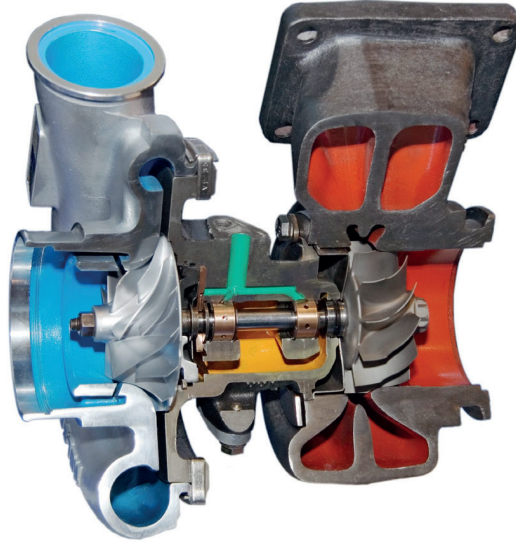
#### 3.2.1.2. Havanın Üflenmesi Prensibine Göre Çalışan Kompresörler

Üfleme prensibine göre çalışan kompresörler, atmosferdeki havanın bir bölgeden alınıp başka bir bölgeye iletilmesi şeklinde çalışır. Bu esnada tıpkı bir vantilatör gibi havaya hız enerjisi kazandırılır. Havaya kazandırılan hız enerjisi, kesitin daralması ve meydana gelen sıkışma sonucu havanın önünde bir direnç oluşturup hız enerjisinin basınç enerjisine dönüştürülmesi sağlanır. Orta ve büyük kapasiteli endüstriyel işletmeler ile motorlu araçlarda kullanılır. Üfleme prensibine göre çalışan kompresörler, merkezkaç (merkezkaç turbo) ve eksenel türbin tipi olmak üzere iki çeşittir.

#### Merkezkaç Türbin Tipi (Merkezkaç Turbo) Kompresör

Turbo kompresörler çoğu zaman düşük basınç ve yüksek debi gerektiren yerlerde tercih edilir. Özel kanatçıkları sayesinde dönme hareketiyle birlikte, atmosferden çekilen hava kanatçıkların dışına merkezkaç kuvvetle savrulur. Hacmin daralması, havanın sıkışmasını ve hızın artmasını sağlar.

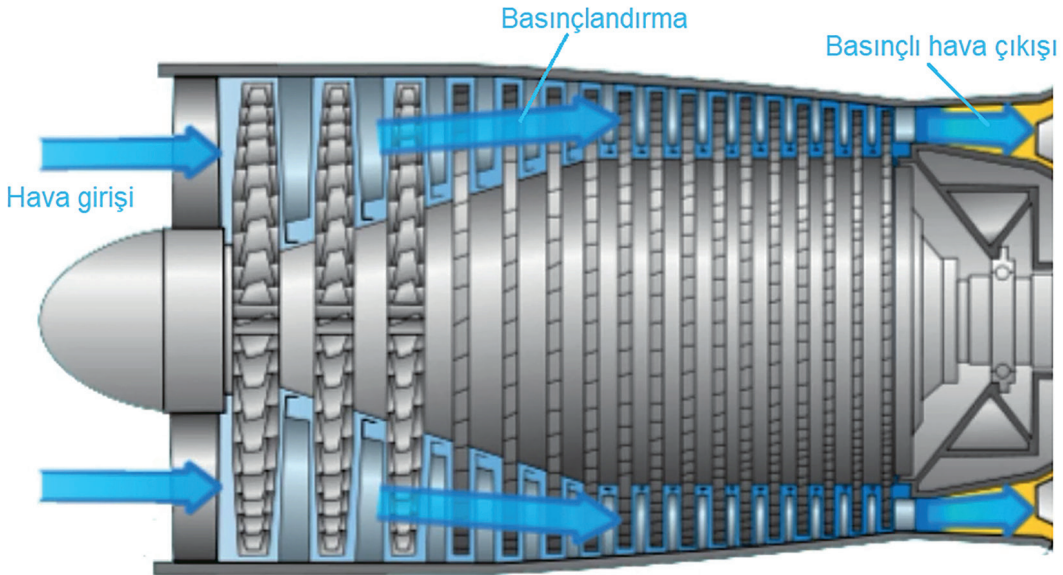
Çıkışta meydana gelen yığılma, kinetik enerjiyi basınç enerjisine dönüştürür. Turbo kompresörlerin sıkıştırma oranı 2:1 kadardır ve genelde iki ya da daha fazla sayıda kademe yapısına sahiptir (Görsel 3.11).



Görsel 3.11: Merkezkaç (santrifüj) turbo kompresör

### Eksenel Türbin Tipi (Eksenel Turbo) Kompresör

Bu tip kompresörlerde 30.000 m<sup>3</sup>/dk. gibi yüksek debilerde hava üretebilir. Üretilen hava miktarı kanatların dönüş hızına bağlı olarak değişir. Genelde çok kademeli olarak yapılır. Çok kademeli türlerde kanat çapları çıkış ağzına doğru küçülür. Hava her kademedan geçtikten sonra hacim daralması nedeniyle sıkışır ve hız enerjisi basınç enerjisine dönüşür. Basınç oranları düşük olduğu için yüksek basınç istenen durumlarda 25 kademeye kadar çıkabilir. Görsel 3.12'de eksenel türbin tipi kompresörün iç yapısı gösterilmiştir.



Görsel 3.12: Eksenel kompresörün genel yapısı

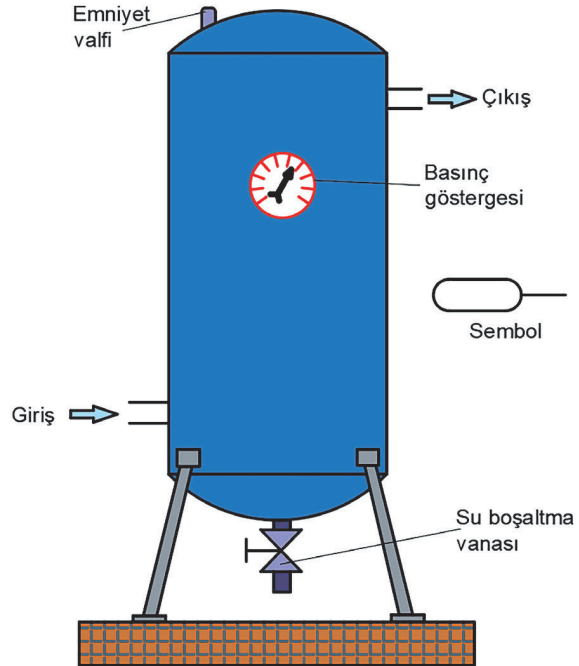
### 3.2.2. Havanın Depolanması

Pnömatik enerjinin depolanması amacıyla kullanılan basınçlı kaplara **hava kazanı** veya **hava tankı** denir. Kompresörler sabit bir kapasiteye sahiptir. Oysa pnömatik sistemin hava tüketimi değişkendir. Kompresörün hava tüketimi, kapasitesinden fazla olduğunda kompresörler bu ihtiyacı karşılayamaz. Bu nedenle de sistemde aşırı basınç düşmeleri meydana gelir. Hava tankları, tüketimin düşük olduğu durumlarda ihtiyaç fazlası basınçlı havanın karşılanmasını sağlar ve aşırı basınç düşüşlerini önler.

Pistonlu kompresörler sürekli çalışmaya uygun olmadıkları için zaman zaman durdurularak dinlendirilir. Tank içindeki basınç, maksimum ve minimum olmak üzere iki ayrı değere ayarlanır. Basınç, maksimum değere ulaştığında tank üzerinde bulunan elektrikli basınç anahtarı kompresörün çalışmasını durdurur. Tank içinde depolanan hava miktarına göre basınç değişir. Depolanan hava tüketildikçe basınç düşecektir. Hava basıncı minimum değere düştüğünde kompresör, elektrikli basınç anahtarı yardımıyla tekrar çalışmaya başlar ve tanka hava gönderir. Bu şekilde kompresörün sürekli çalışıp zarar görmesi engellenmiş olur.

Vidalı kompresörler sürekli çalışabilecek özelliktedir. Pistonlu kompresörler gibi dur kalk yapmaz. Hava tüketimi azaldığında boşta çalışır ve hava üretmez. Tüketim arttığında yükte çalışmaya başlar.

Endüstriyel sistemlerde kullanılan hava tankları üzerinde, tank içinde yoğunlaşarak sıvı hâle dönüşen birikintinin boşaltılması için bir valf bulunur. Tank içindeki basıncın değeri, basınç göstergesi yardımıyla anlaşılır. Tankın patlama riskini ortadan kaldırmak için her tank üzerine en az 1 adet emniyet valfi konulmalıdır. Biri yedek olmak üzere 2 adet kullanılması önerilir. Emniyet valfinin basınç ayarı, maksimum çalışma basıncının üzerinde (yaklaşık 0,1 bar) bir değere ayarlanmalıdır (Görsel 3.13).



Görsel 3.13: Hava tankı ve pnömatik devre sembolü

### 3.2.3. Basınçlı Havanın Hazırlanması

Nem, atmosferdeki su buharı miktarıdır ve higrometre ile ölçülür. Atmosferdeki nemin kaynağı okyanus, deniz, göl, akarsu ve bitkilerdir. Ancak atmosferdeki nem oranı her yerde aynı değildir. Okyanus ve deniz kıyıları nem bakımından zengin iken çöller, karaların iç kesimleri ve yüksek bölgeler nemin az olduğu alanlardır.

Hava içindeki nem pnömatik sistemin kirlenmesine neden olur ve paslanmalara, tıkanıklara yol açar. Boyama işlemlerinde kaliteyi düşürür. Kimya, elektronik vb. sektörlerde ürünün zarar görmesine neden olur. Bu nedenle nemin sistemden uzaklaştırılması gerekir.

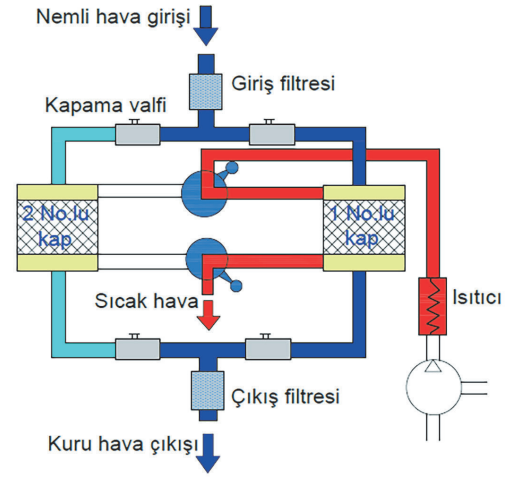
### 3.2.3.1. Havanın Kurutulması

Havadaki nemin alınmasına **havanın kurutulması** denir. Fiziksel, kimyasal ve soğutarak olmak üzere üç farklı hava kurutma yöntemi vardır.

#### Fiziksel Kurutma Yöntemi

Fiziksel kurutmada (adsorpsiyon yöntemi) silikajel adı verilen küçük tanelerden oluşan bir kurutma maddesinin üstünden geçirilen hava, nemini bu tutucu taneciklere bırakır. Bir süre sonra tuttuğu nemle doymuş kurutucu madde sıcak hava ile eski hâline dönerek tekrar kullanılabilir hâle getirilir. Ancak hava akışı kurutucu maddeyi aşındırdığından bu tür kurutucuların çıkışına küçük parçaları tutan filtre konulmalıdır.

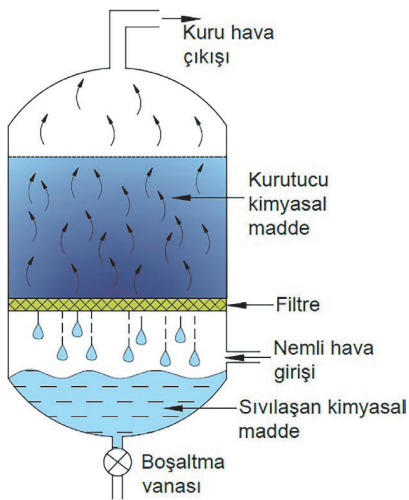
Fiziksel kurutma yönteminde sistemi durdurmamak için 2 ayrı kap kullanılır (Görsel 3.14). Her 2 kapta nemi tutarak bünyesine katan (absorbe eden) silikajel vb. maddeler kullanılır. Hava önce 1 No.lu kaptan geçirilerek kurutulur. Bir süre sonra bu kap içindeki silikajel doyma noktasına gelir ve nem tutamaz. Bu sırada 2 No.lu kap devreye alınır. Hava 2 No.lu kap içinden geçirilirken 1 No.lu kap içinde bulunan silikajel içinden kuru hava geçirilerek nemden arındırma işlemi yapılır. Kapların devreye girme süresi elektronik bir zaman rölesi yardımıyla ayarlanır.



Görsel 3.14: Fiziksel kurutma yöntemi

#### Kimyasal Kurutma Yöntemi

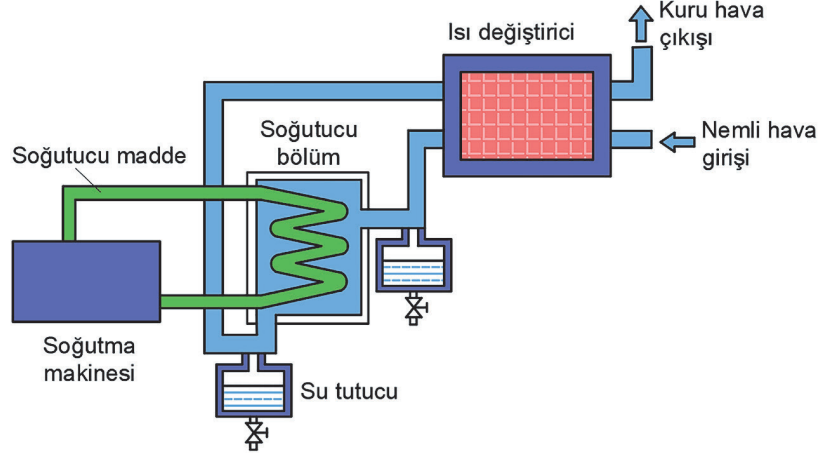
Yaygın olarak kullanılmayan bir yöntem olan kimyasal kurutma yöntemi (absorbtion), çalışma mantığı olarak fiziksel kurutma yöntemine benzer. Görsel 3.15'te kimyasal kurutucunun iç yapısı gösterilmiştir. Kurutucu kimyasal madde, havanın nemi ile bileşime girerek sıvı hâle gelir. Oluşan sıvı, tankın alt kısmında birikir ve düzenli olarak ortamdaki uzaklaştırılmalıdır. Ancak atık madde oluşacağı ve bu maddeyi elden çıkarmanın da ayrı bir maliyet getireceği göz önüne alınmalıdır. Ayrıca kimyasal maddenin miktarı zamanla azalacağından belirli periyotlarda takviye edilmesi gerekecektir.



Görsel 3.15: Kimyasal kurutma yöntemi

### Soğutarak Kurutma Yöntemi

Basıncı havadaki su buharının buhar olmaktan çıkıp sıvı hâle geldiği sıcaklığa **çiğlenme noktası** denir. Soğutarak kurutmada çiğlenme noktasının altına kadar soğutulan havanın içinde bulunan nem yoğuşur ve su tutan bir kaptaki biriktirilir. Biriken suyun arada sırada boşaltılması gereklidir. Hava kurutma yöntemlerinden en çok tercih edilen yöntem, soğutarak kurutmadır (Görsel 3.16).

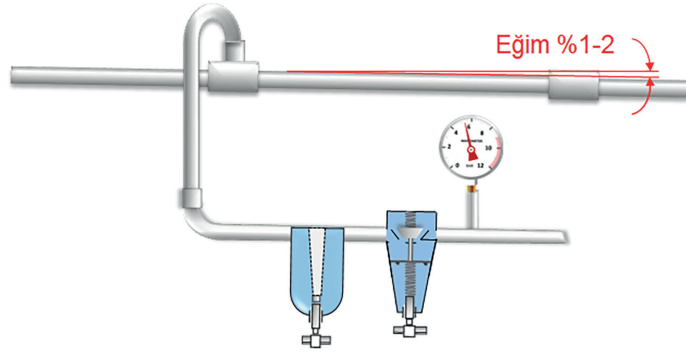


Görsel 3.16: Soğutarak kurutma yöntemi

### 3.2.4. Havanın Dağıtılması (Dağıtım Hattı)

Sistem verimliliği bakımından pnömatik sistemlerde üretilen basınçlı havanın, kayıpları en aza indirecek şekilde dağıtımını sağlanmalıdır. Her ne kadar hava içinde bulunan nemi almak için kurutucu kullanılmış olsa da nemin tamamını almak mümkün değildir. Hava içinde kalan nemin bir kısmı havanın soğuması sonucu tesisatta yoğunlaşır ve kullanıcılara kadar ulaşır. Dağıtım hattında meydana gelen yoğuşmaların havadan ayrıştırılması için bazı önlemler alınabilir. Alınacak önlemler şunlardır:

- Dağıtım hattına havanın akış yönüne göre yaklaşık %1-2 oranında eğim verilmelidir (Görsel 3.17).
- Kullanıcı bağlantı sonlarına, su toplama kapları ve boşaltma düzenekleri konulmalıdır.
- Kullanıcılara yapılacak bağlantı hattın üstünden deveboynu ile ve uygun yarıçaplarda yapılmalıdır (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: Basınçlı hava dağıtım şebekesi

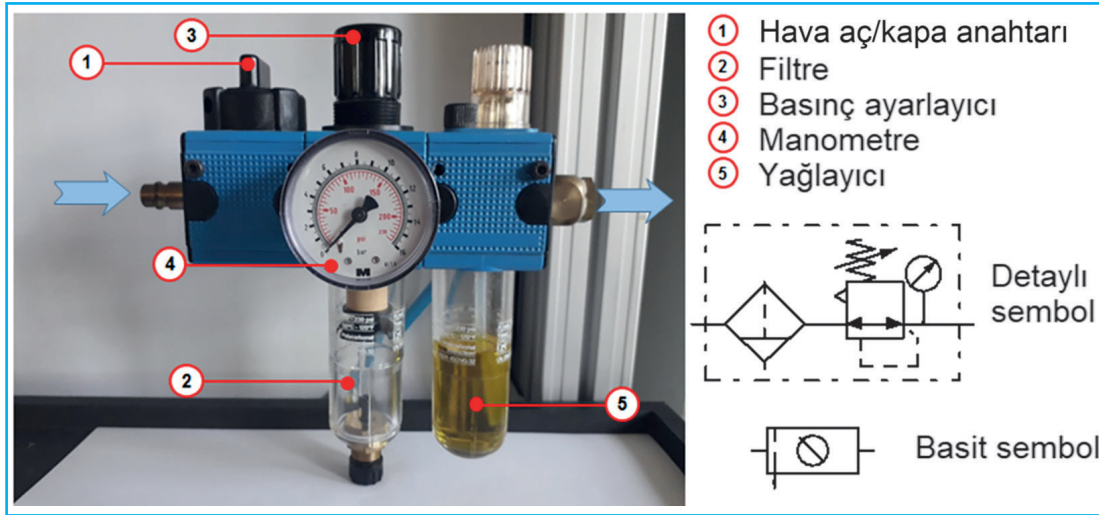
Her makine ve cihaz kendisi için gerekli olan havayı bir boru şebekesi ile kompresörden temin eder. Pnömatik sistemlerde basınçlı havanın dağıtılmasında boru şebekesi önemlidir. Sistemlerin sağlıklı olarak çalışabilmesi için uygun boru çapının seçilmesi gerekir. Boru çapının küçük seçilmesi akış hızını arttırarak önemli bir basınç düşümüne sebep olur. Boru çapının büyük olması ise zaman ve hava kaybına neden olur. İleride sistemin büyütülmesi de düşünülerek ana dağıtım şebeke borularının büyük tutulması uygun olacaktır. Boru çapı belirlenmesinde dikkat edilecek noktalar şunlardır:

- Akış hızı
- Devredeki akışı kısıtlayan eleman sayısı
- Kabul edilebilir basınç düşümü
- Boru uzunluğu
- Çalışma basıncı

Ana boru şebekesinde boru içindeki akış hızı 6-10 m/sn. olmalıdır. Basınç kaynağı ile kullanıcı arasındaki basınç düşümünün işletme basıncının %15'ini aşmaması istenir. Örneğin işletme basıncı 8 bar olan bir sistemde basınç düşümü bu yöntemle göre 1,2 bar'ı aşmamalıdır. Pnömatik sistemde kullanılan valfler, dirsekler, T'ler ve redüksiyonlar gibi devre elemanları akışı kısıtlar. Boru çapı hesabında bunlar da göz önünde bulundurularak çap belirlenmelidir.

### 3.2.5. Basınçlı Havanın Şartlandırılması

Dağıtılan basınçlı havanın kullanılacak devre elemanına girişinden önce istenilen özellikleri kazandıran elemanlara **şartlandırıcı** denir. Hava şartlandırıcılar; filtre, basınç ayarlayıcı ve yağlayıcı olmak üzere üç parçadan oluşur (Görsel 3.18). Filtre havayı temizler. Basınç ayarlayıcı, havanın basıncını devre elemanına göre ayarlar. Yağlayıcı, kullanılacak havayı yağlama işlemini yapar.



Görsel 3.18: Şartlandırıcı ve pnömatik devre sembolü

#### 3.2.5.1. Havanın Filtrelenmesi

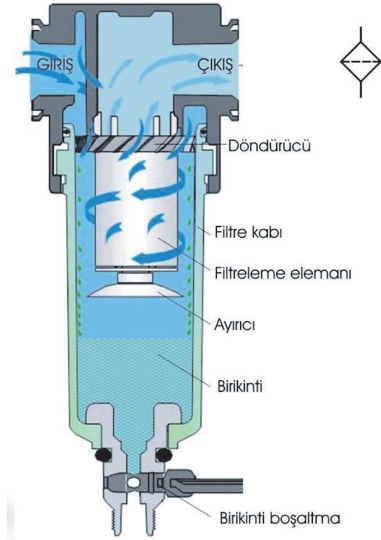
Sisteme zarar veren maddeleri havadan ayrıştıran elemana **filtre** denir. Hava ilk olarak kompresörde filtrelense de kullanım yerine kadar taşınması sırasında tekrar kirlenebilir. Bu sebeple basınçlı havanın kullanılmadan hemen önce hassas bir biçimde filtrelenmesi gerekir. Filtreler, katı parçacıklarla birlikte su tutma işlevine de sahiptir. Filtrenin su tutabilmesi için filtreye giren havaya döndürücü yardımıyla dönme hareketi ve hız kazandırılır.

Oluşan merkezkaç kuvvetiyle hava içindeki nem, kabın çeperine çarparak yoğunlaşır (Görsel 3.19). Bunun çeperine çarparak yoğunlaşır (Görsel 3.19). Bunun içindeki nemin bir kısmını bırakan hava temizlenmiş olarak sisteme gider.

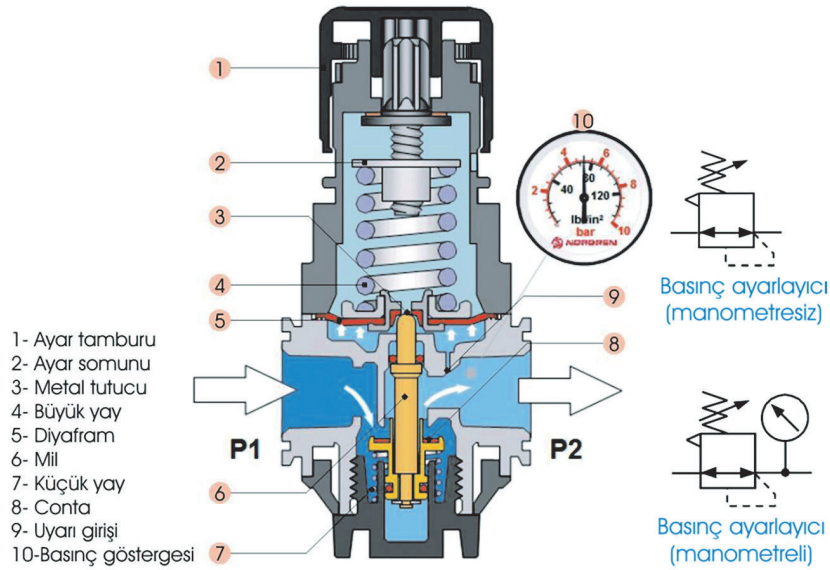
### 3.2.5.2. Hava Basıncının Ayarlanması

Pnömatik sistemlerde kullanılan havanın basıncı, hava tankı içinde depolanan hava miktarına bağlı olarak değişebilir. Sisteme gönderilen havanın basıncındaki kontrolsüz değişimler, sistemin hızını ve kuvvetini etkiler. Bu da pnömatik sistemin doğru çalışmamasına sebep olur. Sisteme sabit basınç gönderilmesi için basınç ayarlayıcı adı verilen pnömatik devre elemanı kullanılır. Basınç ayarlayıcı, hava tankından gelen havanın basıncını düşürerek belirli bir basınçta sisteme geçişini sağlar. Görsel 3.20'de basınç ayarlayıcı ile bunun iç yapısı ve pnömatik devre çizimlerinde kullanılan semboller gösterilmiştir.

Basınç ayarlayıcı üzerinde sisteme gönderilecek havanın basıncını gösteren bir manometre vardır. Basınç ayarı, üstte bulunan ayar vidası ile yapılır. Saat yönünde döndürüldüğünde somun aşağı hareket eder ve Görsel 3.20'de gösterilen 4 No.lu yayı sıkıştırır. Yay, diyaframı ve ona bağlı olan tutucuyu aşağı doğru iter. Tutucu, mili ve ona bağlı olan küçük yayı aşağı doğru itmeye çalışır. Bu sırada Görsel 3.20'de gösterilen 8 No.lu conta hemen üst tarafında bulunan hava geçiş kapısını açık durumda tutar.



Görsel 3.19: Filtre, iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

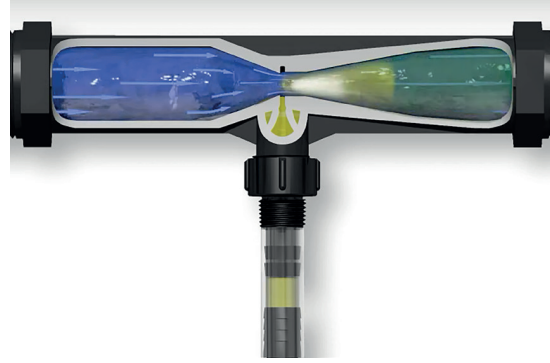


Görsel 3.20: Basınç ayarlayıcı, iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

Çıkış tarafındaki uyarı girişinden geçen basınçlı hava, altta bulunan küçük yaya ilave olarak üstteki diyaframı yukarı doğru itmeye çalışır. Çıkış tarafında basınç arttığında, diyaframa uygulanan kuvvet artar ve diyafram yukarı doğru esner. Diyaframın hareketi ile onu yukarı itmeye çalışan küçük yay ve mil yukarı hareket eder. Böylece hava giriş kapısı kapanmaya başlar. Basınç ayarlanan değere geldiğinde hava geçişi tamamen durur.

### 3.2.5.3. Havanın Yağlanması

Pnömatik sistemlerde; sürtünme kuvvetini azaltmak, devre elemanlarının paslanması önlemek ve sızıntıları engellemek amacıyla sistemin yağlanması gerekir. Basıncı havanın yağlanması amacıyla görev yapan devre elemanlarına **yağlayıcı** denir. Yağlayıcılar "Ventüri ilkesi"ne göre çalışır (Görsel 3.21). Akış kesiti daralan havanın basıncı azalır ve hızı artar. Kesitler arasındaki bu basınç farkından dolayı, daralan kesitten hava içine yağ karışması sağlanır. Yağ damlacıkları daralan kesitte hızı artan hava ile temas ettiğinde zerreciklere ayrılarak havaya karışır. Yeterli hava akımının olmadığı durumda yağlama olmaz. Bu nedenle sistemin hava akımına uygun yağlayıcı seçilmelidir.

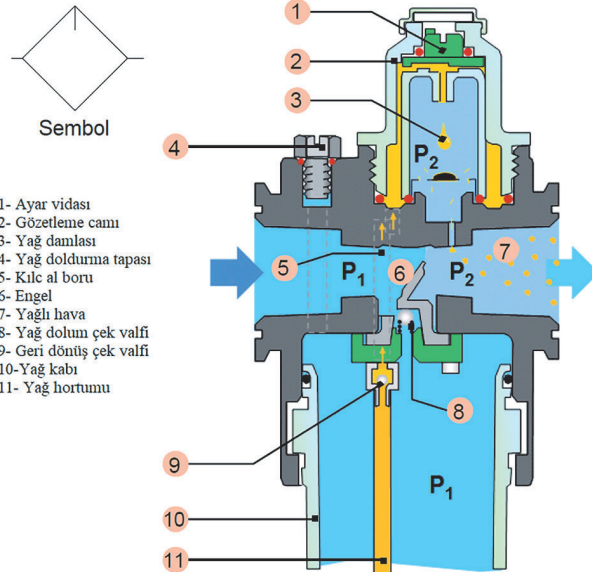


Görsel 3.21: Ventüri ilkesiyle yapılan basınçlı hava yağlaması

Görsel 3.22'de yağlayıcının iç kısmı gösterilmiştir. Yağlayıcı içine giren hava, 6 No.lu engele çarpar. Dar kesitten geçmeye zorlanan havanın hızı artar ve basıncı düşer. Yağ kabının alt tarafında bulunan yağ üzerine  $P_1$  basıncı etki eder. Basınç etkisiyle 11 No.lu hortum içine giren yağ, 9 No.lu çek valften geçer ve 5 No.lu kılcal boru üzerinden yukarı hareketini tamamlar. 2 No.lu gözleme camının üst kısmına gelen yağ, buradan aşağıya damlar. Yüksek hızla akan hava içine karışan yağ damlacıkları küçük parçalara ayrılır. Yağlayıcıyı terk eden hava, yağlanmış olarak sisteme gider. Görsel 3.22'de gösterilen 9 No.lu geri dönüş çek valfinin görevi, kılcal borudan emilen yağın havanın kullanılmadığı sürelerde geri kaçmasını engelleir. Böylece ilk yağlama sırasında kılcal boruda yağın yükselmesi için geçecek zamanda, yağsız hava geçişi engellemiş olacaktır.

Görsel 3.22'de gösterilen 1 No. lu ayar vidası damlayacak yağ miktarının ayarına yarar. Vida sıkılarak ya da gevşetilerek yağlama esnasında geçecek yağın miktarı ayarlanır.

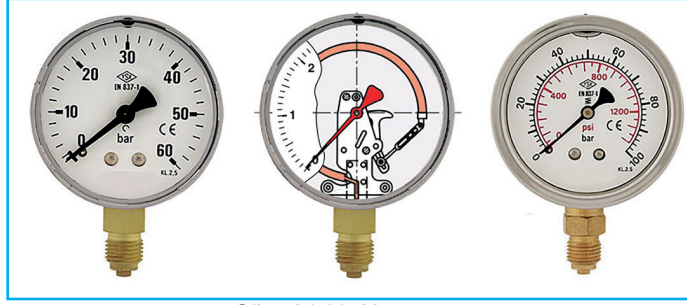
Görsel 3.22'de gösterilen 8 No. lu yağ dolum çek valfi, girişten kavanoza küçük bir sızıntıya izin verir. Bu valf, yağ doldurma tapası açıldığında kavanoza hava girişini keser. Bu sayede giriş havasını kapatmadan ve kavanozu sökmeden yağlayıcıya yağ doldurmak mümkün olur.



Görsel 3.22: Yağlayıcının iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

### 3.2.6. Basınçölçer (Manometreler)

Pnömatik sistemlerde sistemin basıncını ölçmeye yarayan aletlere **manometre** denir. Basıncı, “bar” ya da “psi” birimi cinsinden ayrı ayrı gösterenler olduğu gibi iki birimi aynı anda gösterenleri de mevcuttur (Görsel 3.23). Genel olarak hava tankı ve basınç hattına bağlanır. Elastik ölçüm elemanlı ve sıvılı olmak üzere iki tip manometre vardır. Elastik ölçüm elemanlı manometreler, bir ucu kapalı “C” şeklindeki tüpün basıncı etkisiyle bağlı bulunduğu ibreyi hareket ettirmesiyle ölçüm yapar. Sıvılı manometrelerde basınçlı hava, “U” şeklindeki tüpe doldurulmuş sıvıyı yukarı kaldırmalarıyla basınç ölçümü yapar.



Görsel 3.23: Manometre

### 3.2.7. Susturucu

Pnömatik sistemlerde işi biten basınçlı hava, egzoz hattından atmosfere atılır. Bu sırada insanı rahatsız edici ses çıkarmasını önlemek için havanın çıkışına bağlanan devre elemanına **susturucu** denir. Susturucu içine giren havanın hacmini büyütürken hızını düşürür. Böylece gürültü önemli ölçüde azalmış olur. Susturucular aynı zamanda filtreleme görevi yaparak dışarıya atılan havanın içindeki yağ ve tozların kirliliğe sebep olmasını engeller. Görsel 3.24’te susturucu çeşitleri ve pnömatik devre sembolü gösterilmiştir.

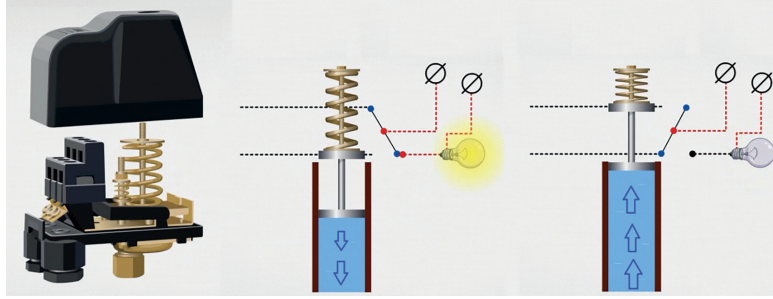


Görsel 3.24: Susturucu ve pnömatik devre sembolü

### 3.2.8. Anahtarlar ve Algılayıcılar

Pnömatik sistemlerde, devre elemanlarının hareketlerini veya hava basıncını algılayıp elektriksel veya pnömatik sinyal verebilen devre elemanına **algılayıcı** denir. Bu sinyaller sayesinde açma kapama işlemi yapan devre elemanlarına da **anahtar** denir. Sistemlerde anahtarlar, elle kumanda

işlemini azaltır ve sistemin otomasyonunu gerçekleştirir. Böylece sistemde oluşabilecek hatalar en aza iner. Görsel 3.25'te basıncın artmasına ve azalmasına bağlı olarak elektrik devresini açan veya kapatan basınç anahtarı gösterilmiştir.



Görsel 3.25: Basınç anahtarı

### 3.2.9. Hortum ve Bağlantı Elemanları

Pnömatik devrelerde havanın devre elemanları arasında taşıma işlevini yerine getiren elemanların tümüne **bağlantı elemanları** denir. Bağlantı elemanları pnömatik devrenin verimliliğini belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Bu nedenle seçim ve kullanım çok önemlidir.

#### 3.2.9.1 Pnömatik Hortumlar

Hortumlar, basınçlı havanın iletimi için gerekli olan pnömatik ekipmanlardır. Sistemin çalışacağı şartlar ve hortumdan geçecek havanın durumuna göre hortum seçimi yapılır. Hortumların poliüretan, polietilen, teflon, polyamid gibi farklı malzeme ve renklerde çeşitleri vardır.

Pnömatik sistemlerde hortumların uzunlukları mümkün olduğunca kısa seçilmelidir. Uzun hareketli, çalışılan yerlerde karışıklığa sebep olmaması için spiral yapılı olanları kullanılır (Görsel 3.26). Kaçaksız sağlam bir bağlantı olabilmesi için hortumların, pnömatik bağlantı ekipmanlarına ve pnömatik devre elemanlarına uyumlu olmaları gerekir. Bunun için özellikle birbirlerine geçecekleri kısımları, ölçü toleranslarına uygun olmalıdır.



Görsel 3.26: Pnömatik devrelerde kullanılan hortumlar

Hortumun iç çapları, verilen formül kullanılarak bulunur. Pnömatik sistemdeki havanın debisi ve hava akış hızına göre belirlenir. Hava akış hızı değeri; emiş, basınç veya dönüş hattı olmalarına göre farklı değerler seçilir. Emiş hattında 0,6 - 1,2 m/sn., basınç hattında 2 - 5,5 m/sn., dönüş hat-

tında 1,5 - 4 m/sn. değerleri arasından belirlenir. Hortum iç çapı küsuratlı sayı çıkması durumunda sayı üst değere yuvarlanır.

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

v = Ortalama hız m/s  
d = Boru iç çapı mm  
Q = Debi miktarı l/dk.  
21= Sabit sayı

### 5. Örnek

Bir pnömatik devrede hava debisi 90 l/dk.dır. Basınç hattında kullanılacak hortumun akış hızının 2,5 m/sn. olması istendiğine göre kullanılacak borunun iç çapını hesaplayınız.

Çözüm:

Q = 90 l/dk.

v = 2,5 m/sn.

d = ?

$$d = \sqrt{\frac{21 \cdot Q}{v}} = \sqrt{\frac{21 \cdot 90}{2,5}} = \sqrt{\frac{1890}{2,5}} = \sqrt{756} = 27,49 \cong 28 \text{ mm}$$

Hortum çaplarının küçük olması akış hızını artırır. Akış hızının artması basıncı düşürür. Tesisatın değişik noktalarında (valf bağlantıları, dirsekler, kesitin daraldığı bölgeler vb.) akış hızı artar. Hava tüketiminin de artmasıyla çok yüksek akış hızları oluşur. Bu kısımlarda basınç düşüşünün yanı sıra sıcaklığın aşırı düşmesi sonucu buzlanmalar oluşabilir. Genel olarak pnömatik sistemlerdeki basınç düşüşünün nedenlerini şu şekilde sıralanabilir:

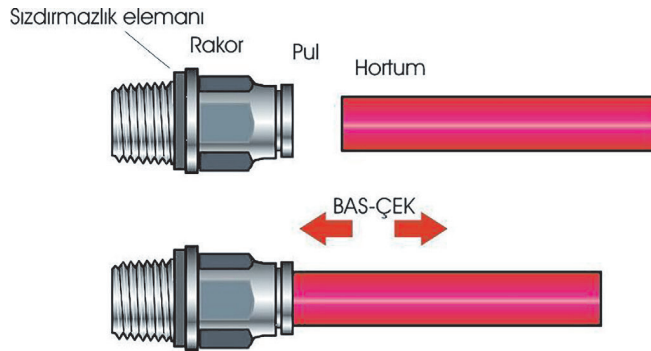
- Hattın uzunluğu ve bağlantı elemanlarının sayısı
- Türbülanslı akış
- İç sürtünmeler (moleküllerin sürtünmesi)
- Yüksek akış hızları

### 3.2.9.1 Hortumların Birleştirilmesi

Hortumların birleştirilmesinde çabuk, vidalı ve yüksüklü bağlantı olmak üzere üç farklı yöntem vardır.

#### Çabuk Bağlantı Yöntemi

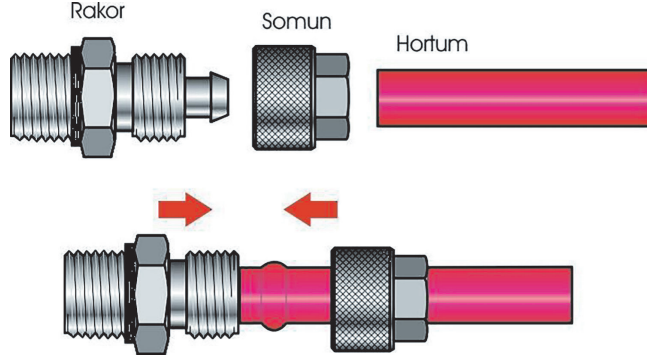
Pnömatik devrelerin büyük çoğunluğunda kullanılan bir bağlantı yöntemidir. Bağlantının ve sökülmenin çok az zaman alması, defalarca söküp takmaya elverişli olması en önemli avantajıdır. Hortum rakor içine itildiğinde bağlantı sağlanır. Sökülmek istendiğinde rakorun ucundaki pula parmak ile bastırılıp hortum geri çekilmelidir (Görsel 3.27).



Görsel 3.27: Çabuk bağlantı yöntemi

### Vidalı Bağlantı Yöntemi

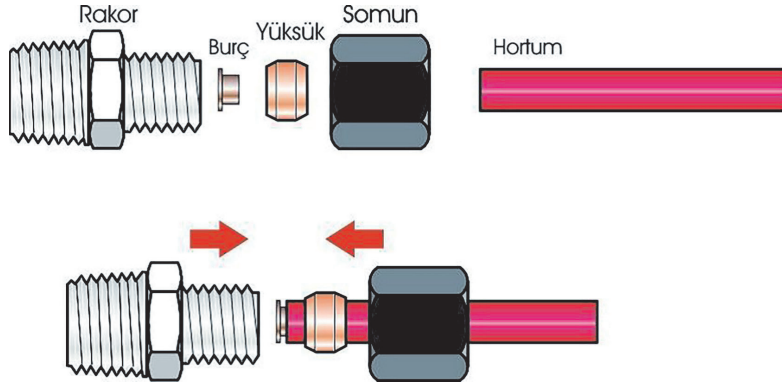
Söküp takma süresi, çabuk bağlantı yöntemine göre daha uzun olduğundan daha az tercih edilen bir yöntemdir. Bağlantı sağlamlığı ve sızdırmazlığı bakımından bazı yerlerde özellikle tercih edilebilir. Hortum uygun ölçüde bir somunun içinden geçirilir. Hortumun ucu rakor üzerinde bulunan bombeli kısımdan rakorun alın yüzeyine temas edecek kadar geçirilir. Somun rakora vidalanır ve sıkılır. Somun rakora doğru ilerledikçe bombeli kısımdan rakora doğru bastırır (Görsel 3.28).



Görsel 3.28: Vidalı bağlantı yöntemi

### Yüksüklü Bağlantı Yöntemi

Basıncın yüksek olduğu tam sızdırmazlığın gerektiği uygulamalarda (yağlama düzenekleri vb.) kullanılır. Bu yöntemde yüksük adı verilen bir elemanın hortumu sıkıca kavraması sağlanır. Somun, hortum içinden geçirilir. Hortumun ucuna yüksük, içine burç takılır. Somun rakora vidalandığında yüksüğü rakora doğru iter. Koniklikten dolayı yüksüğün çapı küçülür ve hortumu sıkıca kavrar. Yumuşak hortum ve borularda iç çapın küçülmemesi için kullanılan burca, sert borularda gerek duyulmaz (Görsel 3.29).



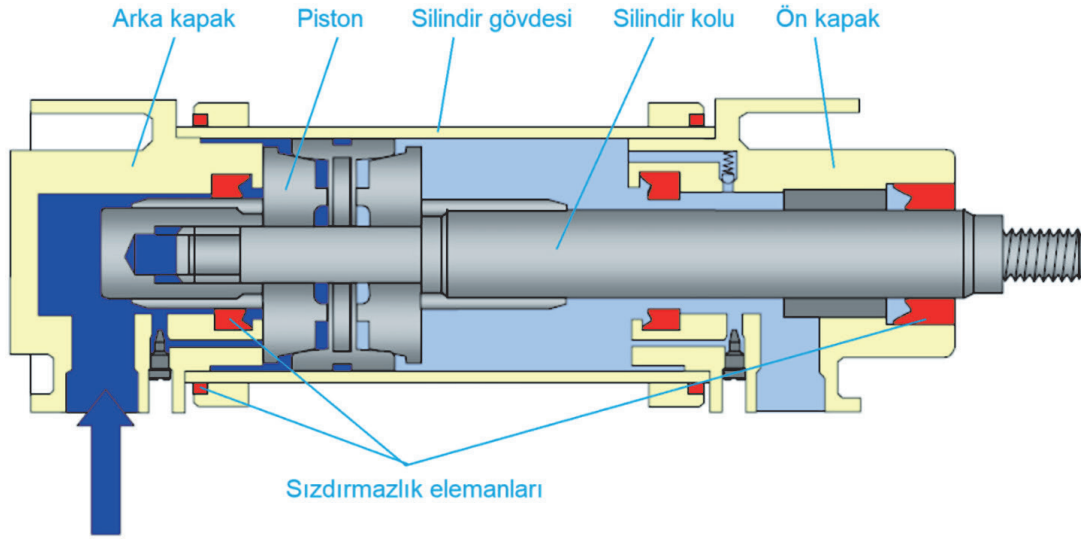
Görsel 3.29: Yüksüklü bağlantı yöntemi

### 3.3. PNÖMATİK SİLİNDİRLER

#### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Pnömatik sistemler nasıl hareketler üretir? Tartışınız.
2. Çalışan pnömatik sistemlerde neden ses çıkar? Tartışınız.

Pnömatik enerjiden doğrusal veya açısız hareket enerjisi üreten devre elemanlarına **pnömatik silindir** denir. Genel uygulamalar için üretilen silindirler 10 bar'lık çalışma basınçlarına kadar dayanabilir. Daha yüksek basınçlar için özel üretilmiş pnömatik silindirler kullanılır. Pnömatik silindirler genel olarak görsel 3.30'da gösterilen kısımlardan oluşur.



Görsel 3.30: Pnömatik silindir kısımları

#### Silindir Gövdesi

Silindir gövdeleri; çinko kaplı alüminyum ve alüminyum alaşımlarından yapılır. Asitli ortamlar, gıda sektörü, kimyasal buharlar vb. gibi özel durumlarda paslanmaz çelik, pirinç, bronz, plastik vb. malzemeler kullanılır. Sızdırmazlık ve verim açısından iç yüzeyinin kalitesi yüksek olmalıdır.

#### Piston

Hava basıncının etkisiyle hareket eden kısımdır. Hareket sırasında üzerinde bulunan sızdırmazlık elemanlarından dolayı silindir borusuna temas etmez. Yataklama elemanı sayesinde silindir gövdesi içinde düzgün hareket sağlanır. Piston malzemeleri alüminyum, bronz ve pirinçten yapılır. Büyük ölçüde olanlar, dökme demir veya dökme çelikten yapılır. Çelik ve hafif alaşımlardan yapılanlar, yuvarlanma yöntemiyle parlatılır. Dış etkenlerden korumak amacıyla sert kromla kaplanır. Üzerindeki sızdırmazlık elemanlarının aşınması durumunda kaçaklar meydana gelir ve iş verimi düşer. Bu gibi durumlarda aşınan elemanların yenisiyle değiştirilmesi gerekir.

#### Piston Kolu

Silindirik çubuk şeklindedir ve pistonla bağlıdır. Basıncı havanın pistonu oluşturduğu kuvvet etkisiyle hareketi piston dışına taşır. Çeşitli aparatların takılabilmesi için ucuna vida açılmıştır. Piston kolu aşırı yüklere dayanıklı alaşımlı çeliklerden yapılır.

### Ön ve Arka Yatak Kapağı

Bu kapaklar, alüminyum veya dövülebilir demir dökümden yapılır. Gövdeye vidalarla ya da flaşlarla bağlanır. Silindire basınçlı hava giriş çıkış hatları, kapaklar üzerine açılan vidalı deliklere bağlanır.

### Sızdırmazlık Elemanları (Keçeler)

Sızdırmazlık elemanları nitril, poliüretan ve viton türü kauçuk malzemelerden yapılır. İş verimini arttırmak ve dış ortamda bulunan toz ve kirlerin silindir içine girmesini önlemek amacıyla kullanılır. Silindirler üzerinde piston, boğaz (piston kolu) ve toz keçesi olmak üzere 3 çeşit keçe bulunur.

- Boğaz keçesi, silindir içinden basınçlı havanın silindir dışına çıkmasını önlemek amacıyla kullanılır.
- Toz keçesi piston kolu üzerine yapışan toz ve kirlerin silindir içine girmesini önlemek amacıyla kullanılır.
- Piston keçeleri ise pistonun bir tarafından diğer tarafına hava geçişini önlemek amacıyla kullanılır. Pistonun iki tarafında maksimum basınç farkı oluşturur.

Piston sızdırmazlık elemanı seçiminde silindirin çalışma şekline göre karar verilir. Tek etkili silindirlerde basınçlı hava sadece bir tarafta olacağı için tek taraflı sızdırmazlık için tasarlanan keçe yeterli olacaktır. Çift etkili silindir için her iki tarafa sızdırmazlık sağlayacak keçelerin kullanılması maksimum sızdırmazlığı sağlayacaktır.

### 3.3.1. Pnömatik Silindir Çeşitleri

Çok geniş kullanım alanına sahip olan pnömatik sistemler için farklı ihtiyaçlara cevap verecek şekilde silindir tasarımları yapılır. Bu nedenle çok çeşitli tipte ve yapıda silindirler kullanılır. Çalışma yapıları bakımından kullanılan silindir çeşitleri şunlardır:

- Tek etkili silindirler
- Tandem silindirler
- Döner silindirler
- Çift etkili silindirler
- Teleskobik silindirler
- Özel silindirler

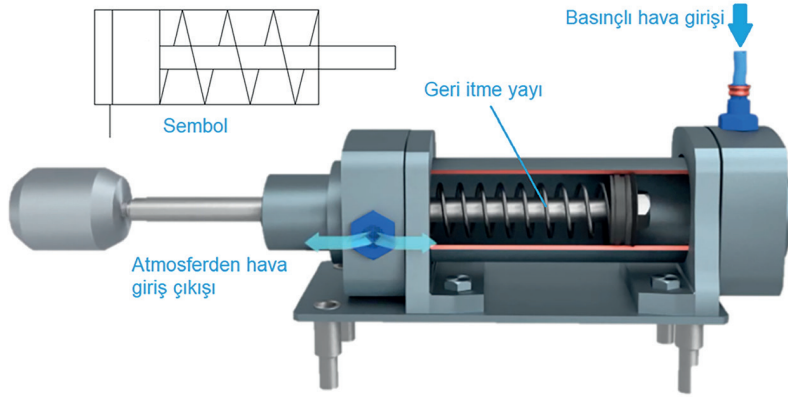
Yaygın olarak kullanılan pnömatik silindirler ve devre sembolleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.2:** Pnömatik Silindirler ve Pnömatik Devre Sembolleri

Tek etkili (yay geri dönüşlü)		Yastıklı (çift taraflı yastıklı ayarlanabilir)	
Tek etkili (ağırlık geri dönüşlü)		Yastıklı (çift taraflı yastıklı ayarlanamaz)	
Çift etkili		Teleskobik (tek etkili)	
Tandem		Teleskobik (çift etkili)	
Çift kollu		Döner silindir	

### 3.3.1.1. Tek Etkili Silindir

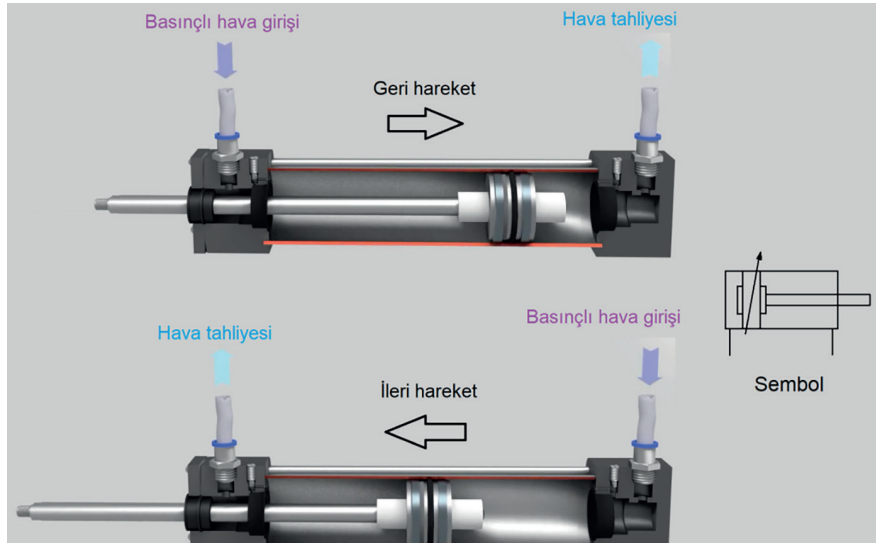
Tek etkili bir silindirde, pistonun yalnızca bir tarafından basınçlı hava girişi vardır. Basınçlı hava pistonu ileri doğru hareket ettirir. Pistona verilen basınçlı hava geri çekildiğinde piston kendi ağırlığıyla ya da bir yay yardımıyla eski konumuna geri gelir. Pistonun geri gelme hareketi bir yay yardımıyla gerçekleşiyorsa buna, **yay geri dönüşlü silindir** denir. Yay geri dönüşlü silindirlerde, ileri hareket yapılırken yay kuvvetini de yenmek gerektiğinden bir miktar kuvvet kaybı oluşur. Pistonun basınçlı hava giriş kısmının diğer tarafında, vakum oluşmaması için atmosfere açılan atık hava deliği vardır. Pistonun ileri geri hareketi esnasında o delikten hava giriş çıkışı olur. GörSEL 3.31'de normalde geri tek etkili silindir ve pnömatik devre sembolü gösterilmiştir.



GörSEL 3.31: Yay geri dönüşlü tek etkili silindir ve pnömatik devre sembolü

### 3.3.1.2. Çift Etkili Silindir

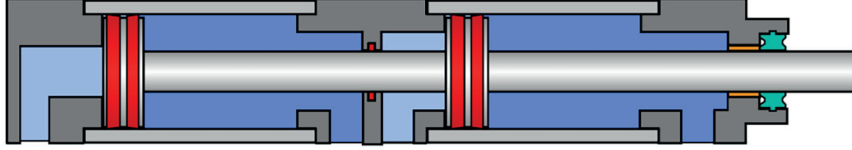
Çift etkili silindirin iki yöndeki hareketi basınçlı hava ile sağlanır. Pnömatik sistemlerde en fazla kullanılan silindir türüdür. Bu tür silindirler hem ileri hem de geri gelirken iş yapabilir (GörSEL 3.32). Silindire bir taraftan basınçlı hava girdiğinde diğer taraftan hava, yön kontrol valfine oradan da atmosfere bırakılır.



GörSEL 3.32: Çift etkili silindir ve pnömatik devre sembolü

### 3.3.1.3. Tandem Silindir

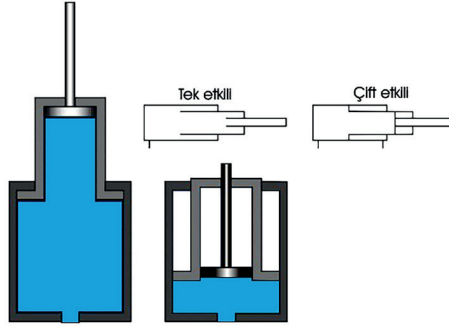
Yüksek itme kuvvetlerinin elde edilmesi amacıyla kullanılan silindir çeşididir. Aynı silindir bloku içinde eşit kurslara sahip silindirler yerleştirilir ve tek bir silindir kolunu itmesi istenir. Her bir pistonun ayrı basınçlı hava girişi olduğu için piston sayısı kadar silindirin kuvveti katlanır. Silindir sayısına bağlı olarak giriş çıkış sayısı değişir. Tandem silindirleri geri konuma getirirken hava tüketimini azaltmak için silindirlere sadece birine hava gönderilmesi yeterlidir (Görsel 3.33).



Görsel 3.33: Tandem silindir ve pnömatik devre sembolü

### 3.3.1.4. Teleskobik Silindir

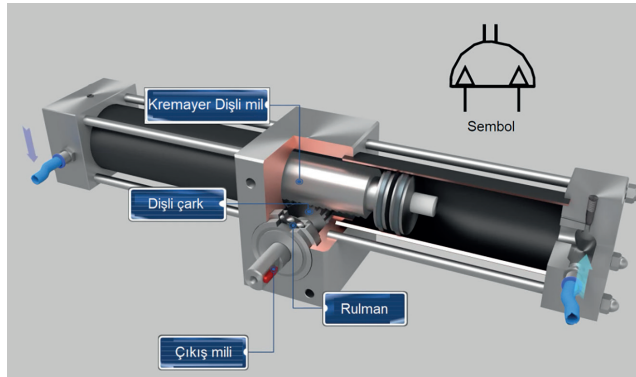
Bu silindirler, iç içe geçmiş farklı çaplı silindirlere meydana gelir (Görsel 3.34). Silindir boyunun kısa, kurs boyunun uzun olması gerektiği yerlerde kullanılır. Tek etkili ya da çift etkili olarak yapılabirler. İlk çıkış hareketindeki etki yüzeyi küçüktür, dolayısıyla düşük kuvvetler elde edilir.



Görsel 3.34: Teleskobik silindir ve pnömatik devre sembolü

### 3.3.1.5. Döner Silindir

Bu silindirlerde piston kolu dişli bir profile sahiptir. Böylece piston kolu bir dişli çarkı tahrik eder ve her iki yönde doğrusal hareket dairesel harekete çevrilmiş olur (Görsel 3.35). Genellikle 45°, 90°, 180°, 270°, 720° gibi açsal değerlerde hareket üretilir. Bu silindirler; boruların bükülmesi, iş parçalarının çevrilmesi, klima cihazlarının kumandası, büyük boyutlu valflerin açılıp kapatılması, gibi açsal hareket gereken yerlerde kullanılır.



Görsel 3.35: Döner silindir ve pnömatik devre sembolü

### 3.3.1.6. Özel Silindirler

Şimdiye kadar anlatılan silindirlerin çalışma yapılarına kısmen de olsa benzerlik gösteren bu silindirler özel amaçlar için üretilirler. Kullanım alanları sınırlıdır. Üretim miktarı düşük olduğu için fiyatları yüksektir. Kumaş, kâğıt vb. ince kesitli malzemelerin kesilmesinde, taşıma işlemleri, robotlar, otomatik montaj makinelerinde vb. yerlerde kullanılır. Özel amaçlar için üretilen başlıca silindirler şunlardır:

- Çift milli silindir
- Kilitli silindirler
- Körüklü silindirler
- Piston kolsuz silindirler
- Yataklı silindirler

#### Çift Milli Silindir

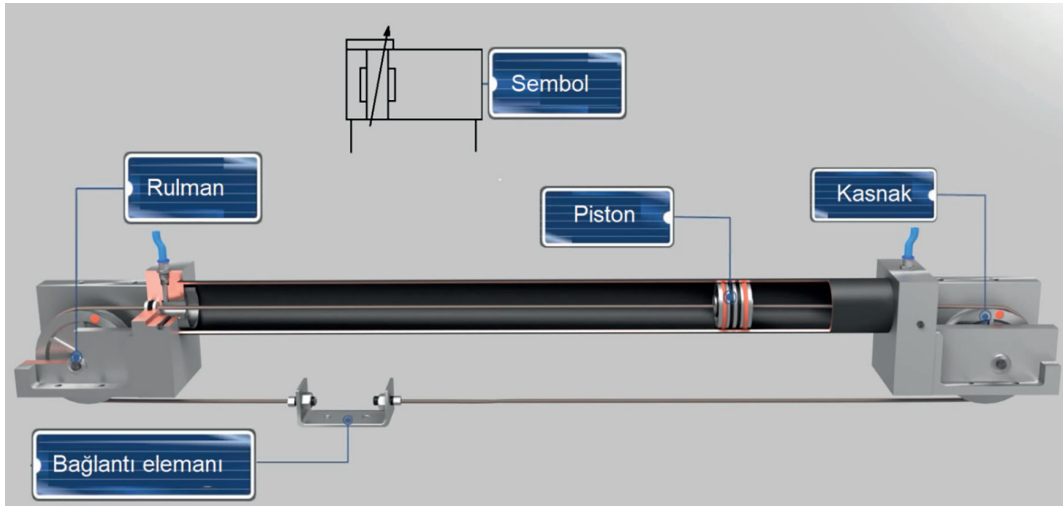
Bu silindirde piston kolu, silindirin her iki tarafına da çıkar (Görsel 3.36). Bunun sayesinde silindir her iki tarafta da iş yapabilir. Pistonun iki tarafında da eşit yüzey olacağı için elde edilen kuvvetler ve hızlar birbirir



Görsel 3.36: Çift milli silindir ve pnömatik devre sembolü

#### Piston Kolsuz Silindirler

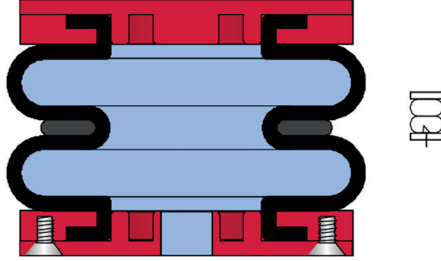
Bu silindirlerde piston, silindir gövdesi dışındaki bir elemana çeşitli şekillerde bağlanır (Görsel 3.37). Pistonun ileri geri hareketi ile pistonu bağlı piston gövdesindeki eleman da hareket eder. Böylece piston dışındaki elemanla iş yapılır. Uzun kursların ve hassas hareketlerin istendiği uygulamalarda, piston kolsuz silindirler kullanılır. 4-5 m kurslara sahip olabilir.



Görsel 3.37: Piston kolsuz silindir ve pnömatik devre sembolü

### Körüklü Silindirler

Bu silindirlerde, silindir içine hava dolduğunda körük şişer ve ileri hareket gerçekleşir (Görsel 3.38). Ağırlık geri dönüşlü tek etkili silindir gibi çalışır. Keçe piston vb. elemanlar olmadığı için bakım gerektirmez. Küçük kurs boylarında yüksek kuvvetlerin gerektiği kaldırma, sıkma vb. işlemlerin yapılmasında kullanılan silindir çeşididir (Görsel 3.38).



Görsel 3.38: Körüklü silindir ve pnömatik devre sembolü

### Kilitli Silindirler

Silindirin ön tarafına, basınçlı hava durdurulduğunda silindir kolunun hareketsiz kalmasını sağlayacak bir kilit düzeneği eklenir (Görsel 3.39). Silindire basınçlı hava verilmediği sürece kilit devrededir ve frenleme görevi yaparak silindirin hareketini önler. Silindire basınçlı hava verildiğinde kilit açılır ve silindirin hareket etmesi sağlanır. Kilitli silindirler yardımıyla silindirin ara konumlarda emniyetli olarak durdurulması mümkündür. Özellikle dik çalışan ve yük kaldıran silindirlerin konumlarını güvenli bir şekilde koruması için kullanılır.



Görsel 3.39: Kilitli silindir ve pnömatik devre sembolü

### Yataklı Silindirler

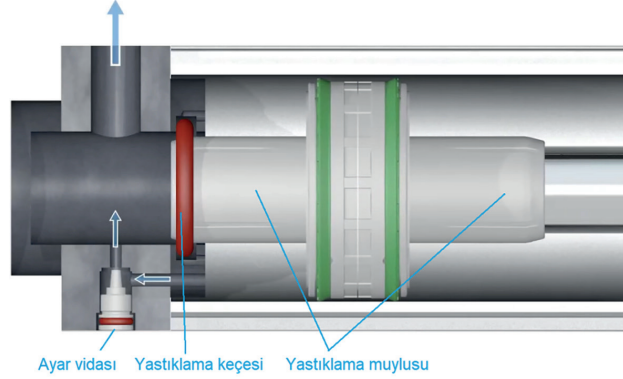
Yataklı silindirler hareket sırasında hassasiyet sağlar (Görsel 3.40). Aynı zamanda piston kolunun dönmesinin istenmediği durumlarda kullanılır. Piston koluna dik gelen kuvvetlerin karşılanmasını sağlar. Boğaz keçesinin, boğaz yataklamasının ve piston kolunun ömrünü artırır. Yataklama düzeneği nedeniyle fiyatları normal silindirlere göre daha yüksektir.



Görsel 3.40: Yataklı silindir ve pnömatik sembolü

### 3.3.2. Silindirlerde Yastıklama İşlemi

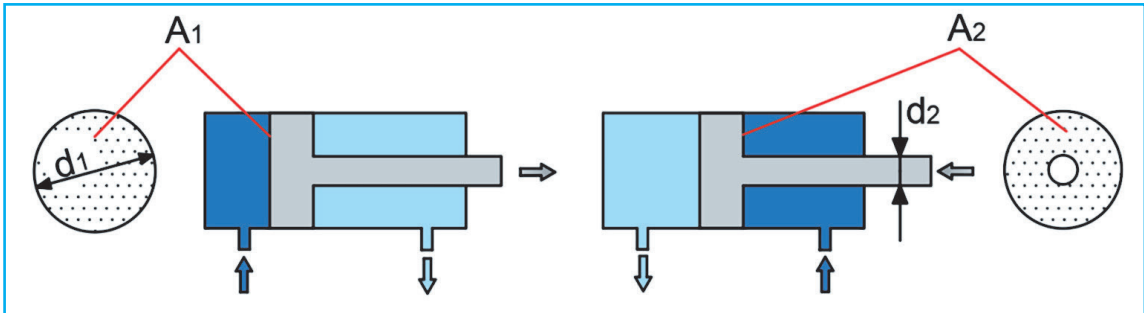
Silindirlerdeki piston hızlarının fazla olduğu durumlarda ya da ağır yükleri hareket ettiren piston kurs sonuna geldiğinde silindire çarparak darbe oluşur. Bunu engellemek için kurs sonundaki basıncı ayarlanabilen yastıklı silindirler kullanılır. Aksi takdirde silindir çabuk deforme olur. Piston kurs sonunda yavaşlayarak vuruntuyu tamamen giderir. Görsel 3.41'de gösterildiği gibi piston kurs sonuna yaklaştığında yastıklama muylusu yastıklama keçesi içine girer ve havanın geçişini engeller. Silindir içinde kalan hava yastıklama vidası üzerinden dışarı atılır. Ayar vidası ile yastıklama ayarı yapılabilir.



Görsel 3.41: Silindirlerde yastıklama

### 3.3.3. Silindirlerin Kuvvet Hesapları

Pnömatik sistemlerde silindirlerin ileri geri hareketleri sonucu bir itme kuvveti açığa çıkar. Bu kuvvet; piston yüzey alanına, havanın basıncına ve sürtünme kuvvetinin etkisine bağlı olarak değişir. Ayrıca silindirin tek ya da çift kollu olması itme kuvvetini etkiler. Tek kollu pistonlarda kolun bulunduğu kısımdaki piston yüzey alanı, kolsuz kısmın piston yüzey alanından küçük olur (Görsel 3.42). Bu sebeple kolsuz kısımdaki itme kuvveti daha düşük olur.



Görsel 3.42: Tek kollu silindirlerde piston yüzey alanı

Tek Kollu Silindirlerde Meydana Gelen kuvvet

$$F = P \cdot A, \quad P = F/A, \quad F_1 = P \cdot A_1 \cdot \eta, \quad F_2 = P \cdot A_2 \cdot \eta$$

$$P = \text{Basınç (bar)} \quad F = \text{Piston itme kuvveti (kgf)}$$

$$A_1 = \text{Silindir kesit alanı (mm}^2\text{)} \quad (A_1 = \pi \cdot D^2 / 4)$$

$$A_2 = \text{Silindir piston kolu tarafı kesiti (mm}^2\text{)} \quad (A_2 = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4)$$

$$D = \text{Piston çapı (mm)} \quad d = \text{Piston kol çapı (mm)}$$

$$F_s = \text{Sürtünme kuvveti ((\%3-10) \cdot F) kgf}$$

$$\eta = \text{Verim}$$

**6. Örnek**

Piston çapı 80 mm, piston kolu çapı 20 mm olan çift etkili bir pnömatik devrenin basıncı 6 bardır. %90 verimle çalışan bu devrede, sürtünme kuvveti ihmal edilerek silindirin ileri geri hareketlerinde oluşan itme kuvvetlerini hesaplayınız.

$F_1 = ?$  (silindirin ileri hareketi)

$F_2 = ?$  (silindirin geri hareketi)

$P = 6 \text{ bar}$ ,  $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ N/mm}^2$  olduğuna göre  **$P=0,6 \text{ N/mm}^2$**  alınır.

$D = 80 \text{ mm}$

$d = 20 \text{ mm}$

$\eta = \%90$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow \frac{\pi \cdot 80^2}{4} = 5024 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \Rightarrow \frac{\pi \cdot (80^2 - 20^2)}{4} = 4710 \text{ mm}^2$$

$$F_1 = P \cdot A_1 \cdot \eta \Rightarrow 0,6 \cdot 5024 \cdot 0,9 = \underline{\underline{2712,96 \text{ N}}}$$

$$F_2 = P \cdot A_2 \cdot \eta \Rightarrow 0,6 \cdot 4710 \cdot 0,9 = \underline{\underline{2543,40 \text{ N}}}$$

### 3.4. PNÖMATİK MOTORLAR

#### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Hava ile çalışan el aleti gördünüz mü? Tartışınız.
2. Oto lastikçilerin teker söküp takarken kullandıkları havalı tabancalar nasıl çalışıyor hiç düşündünüz mü? Tartışınız

Basıncı hava enerjisini mekanik dönme enerjisine dönüştüren elemana **pnömatik motor** denir. Elektrikli motorlara alternatif olarak kullanır. Bu motorların tercih edilme nedenleri şunlardır:

- Hız ayarı sınırsızdır.
- Devir sayısı çok yüksektir (350.000 dev/dk).
- Bakımı kolaydır.
- Dönüş yönü hareket devam ederken değiştirilebilir.
- Fiyatı ucuzdur.
- Her türlü ortamda rahatlıkla kullanılabilir (kirli, nemli, yanıcı).
- Hafiftir ve boyutları küçüktür.
- Fazla yüklenildiğinde yavaşlar ya da durur.
- Değişik konumlarda çalışabilir.

#### 3.4.1. Pnömatik Motor Çeşitleri

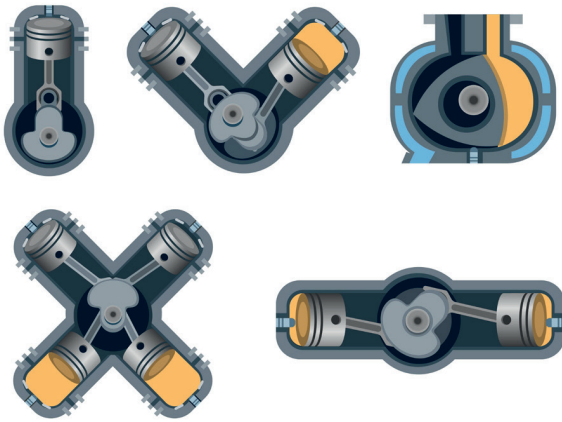
Çalışma biçimlerine göre pnömatik motor çeşitleri şunlardır:

- Pistonlu pnömatik motorlar
- Paletli pnömatik motorlar
- Radyal pistonlu motorlar
- Dişli çarklı pnömatik motorlar
- Eksenel pistonlu motorlar
- Türbin tipli pnömatik motorlar

##### 3.4.1.1. Pistonlu Pnömatik Motorlar

Pnömatik motorlarda bulunan silindirlere, sırasıyla basınçlı hava gönderilir ve pistonlara etki eden bu hava sayesinde doğrusal hareket oluşur. Oluşan bu hareketten dairesel hareket elde etmek için pistonların dizilimine göre iki tip pnömatik motor vardır. Bunlar, radyal ve eksenel pistonlu motorlardır.

##### Radyal Pistonlu Motorlar

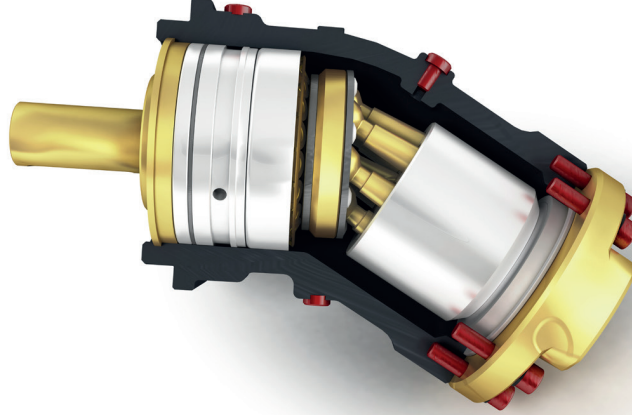


Bu motorlarda pistonlar, krank milinin etrafında mil eksenine dik olacak şekilde dizilir (Görsel 3.43). Basınçlı hava sırasıyla silindirlere dolar ve pistonları hareket ettirir. Pistonlar da hareketlerini krank miline ileterek milde dönme hareketi oluşturur. Radyal pistonlu motorlar 500-1500 dev/dk ile çalışma yeteneğine sahiptir.

Görsel 3.43: Radyal pistonlu pnömatik motor

### Eksenel Pistonlu Motorlar

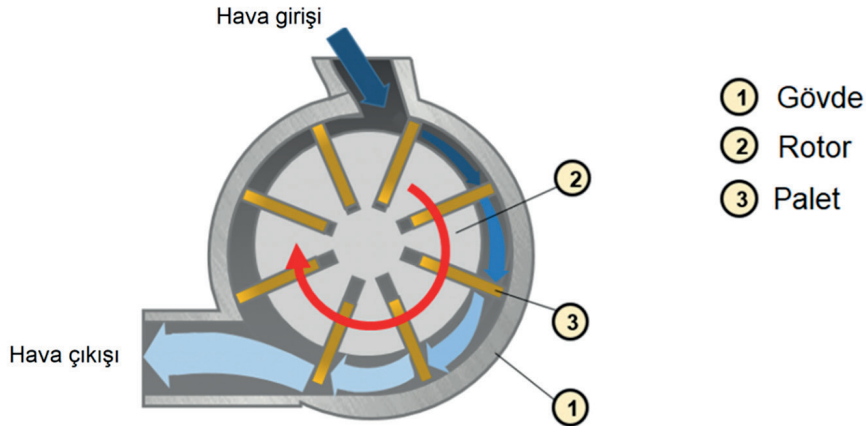
Bu motorlarda pistonlar, motor miline paralel olarak yerleştirilir (Görsel 3.44). Basıncı hava sırasıyla silindirlere dolar ve pistonları hareket ettirir. Dönme hareketi pistonlar tarafından eğik bir plaka vasıtasıyla oluşturulur. Piston sayısı, 5 ya da daha fazladır ve tek sayıda olmalıdır. Yükteki devir sayıları 2500-3000 dev/dk.dır. Güç aralığı 1,5~20 kW'tır. Kullanım alanı sınırlıdır. Vinç, beton kırma ve delme gibi ağır yükler gerektiren yerlerde kullanılırlar.



Görsel 3.44: Eksenel pistonlu pnömatik motor

#### 3.4.1.2. Paletli Pnömatik Motorlar

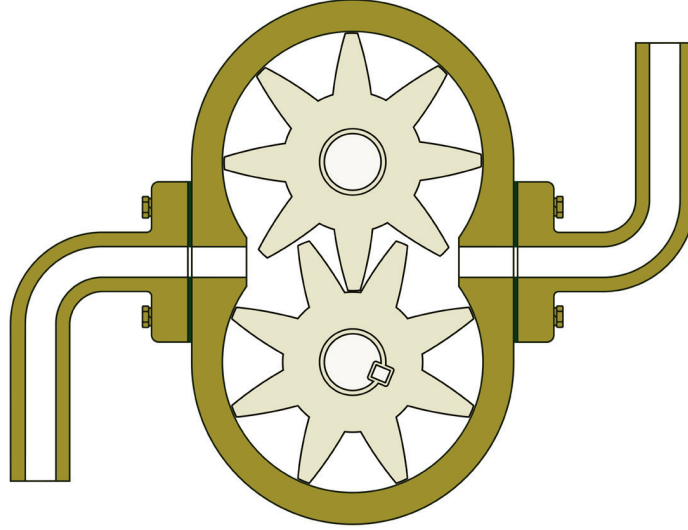
Silindirik bir gövde içerisine merkezden kaçık olarak yerleştirilen bir rotorun etrafına dizilmiş palet şeklinde kanatlardan oluşur (Görsel 3.45). Motorun içine giren basınçlı hava kanatlara çarparak rotorda dönme hareketi oluşturur. Motorun çalışması sırasında kanatlar, merkezkaç kuvvetin etkisiyle silindirik hacim iç çeperine doğru hareket eder. Bu şekilde kanatlarla silindir yüzeyi arasında sızdırmazlık sağlanır. Bu motorların devir sayısı 3000 ile 9000 dev/dk arasında değişir. Düşük moment, yüksek dönüş hızı gereken durumlarda kullanılır. Yapıları basit ve hafiftir.



Görsel 3.45: Paletli pnömatik motor

### 3.4.1.3. Dişli Çarklı Pnömatik Motorlar

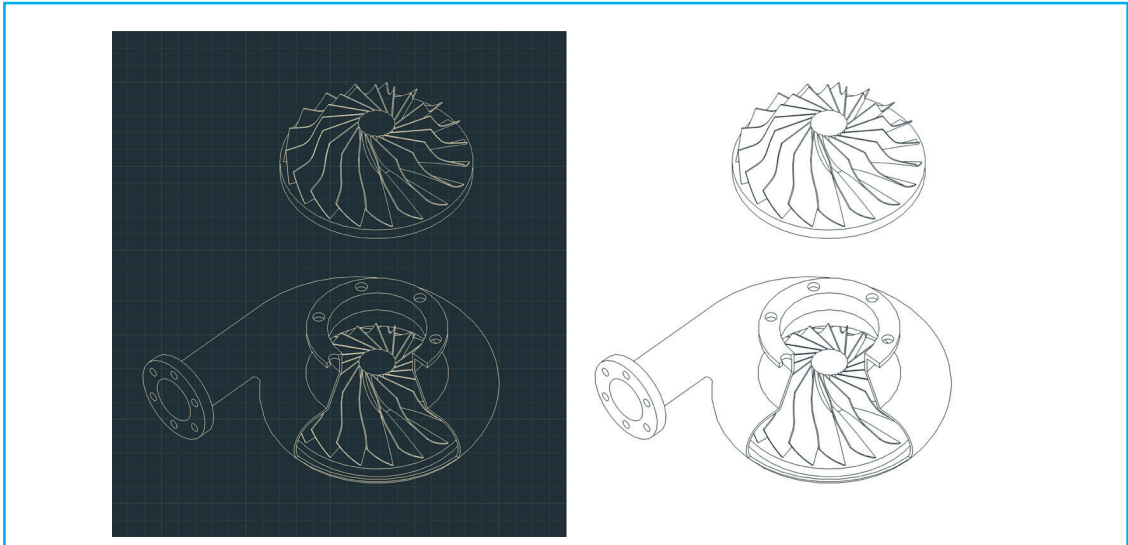
Bu motorlar, birbirine hareket veren iki dişli çarktan oluşur (Görsel 3.46). Dişlilerden biri hareket çıkış miline bağlanmıştır. Motora giren basınçlı hava dişlileri döndürerek motoru terk eder. Motorda, düz, helisel, çift helisel biçiminde dişli çarklar kullanılabilir. Bu motorlar, düşük devirli ve yüksek torkludur. Güçleri 45 kW gibi yüksek değerlere çıkabilir. Büyük moment ihtiyacı olan yerlerde kullanılır.



Görsel 3.46: Dişli çarklı pnömatik motor

### 3.4.1.4. Türbin Tipli Pnömatik Motorlar

Türbin tipli pnömatik motorlar, bir rotor üzerine yerleştirilmiş kanatlar ve bir gövdeden oluşur (Görsel 3.47). Basınçlı hava motora girdiğinde kanatlara çarparak dönme hareketi oluşturur. Bu motorlar yüksek devirde (350.000 dev/dk.) çalışır fakat küçük kuvvet üretir. Makine ve imalat sektöründe yüksek dönüş hızı gereken yerlerde ve diş hekimlerince kullanılır. Diğer motorlarla kıyaslandığında çok daha küçük boyutlara sahiptir.



Görsel 3.47: Türbin tipli pnömatik motor

## 3.5. PNÖMATİK VALFLER

### HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Pnömatik sistemlerle açılıp kapanan otobüs kapıları nereden ve nasıl açılıyor? Araştırınız.
2. Pnömatik sistemlerle açılıp kapanan otobüs kapıları, çok hızlı açılıp kapanırsa ne olur? Tartışınız.

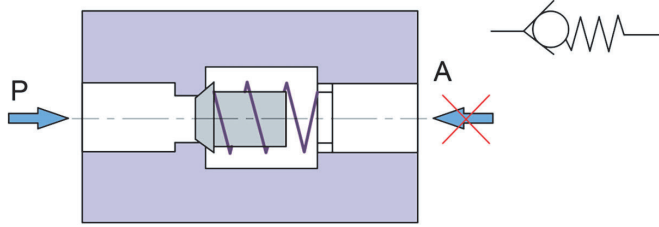
Pnömatik sistemlerde havanın akışını, yönünü ve basıncını kontrol etmekte kullanılan elemanların tümüne **valf** denir. Valfler yaptıkları işler bakımından akış kontrol, yön kontrol ve basınç kontrol valfleri olmak üzere üçe ayrılır.

### 3.5.1. Akış Kontrol Valfleri

Akış kontrol valfleriyle havanın akışı kontrol edilir. Üç farklı akış kontrol valfi vardır.

#### 3.5.1.1. Tek Yönlü Akış Kontrol Valfi (Çek Valf)

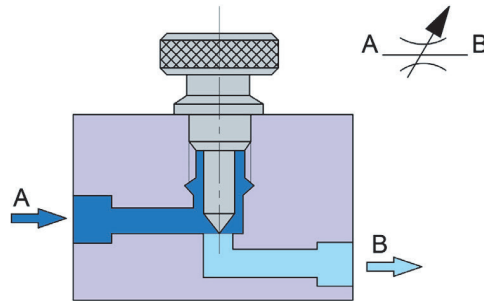
Çek valfler, havanın sadece tek yönde geçmesine izin verir. Hava geçtikten sonra aynı hat üzerinden geri dönmesine izin vermez. Bilyeli ya da kapakçıklı tipli olarak imal edilirler. İlk konumunda bir yay, kapakçığı geçiş kesitine doğru iter. Çek valf kapalı konumdadır. Geçişe izin verdiği yönde gelen hava, yay kuvvetini yenerek kapağı geriye doğru iter ve hava geçişi gerçekleşir. Hava geçişine izin vermediği yönde havanın gelmesi durumunda, yay kuvveti ile kapalı olan kapakçığa kesiti kapatacak yönde kuvvet uygular ve kapağın kapalı kalmasını sağlar. Bu şekilde havanın geçişine izin vermemiş olur (Görsel 3.48).



Görsel 3.48: Çek valf ve pnömatik devre sembolü

#### 3.5.1.2. Ayarlanabilen Akış Kontrol Valfi (Akış Kısma Valfi)

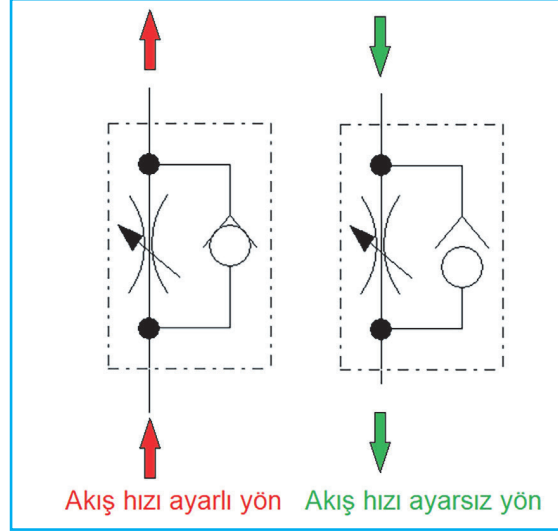
Akış kısma valfi pnömatik devrelerde silindir, motor vb. alıcıların hızlarını çift yönde ayarlamak amacıyla kullanılır. Uç kısmı konik ayar vidası, saat ibresi yönünde döndürülmesiyle konik uç kısmı, havanın geçeceği yola doğru hareket eder ve hava geçişini sınırlar. Sonuna kadar döndürülmesi durumunda hava geçişi durur. Ters yöne çevirerek hava geçişi artırılabilir. Görsel 3.49'da akış kısma valfinin iç yapısı ve sembolü gösterilmiştir.



Görsel 3.49: Akış kısma valfi iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

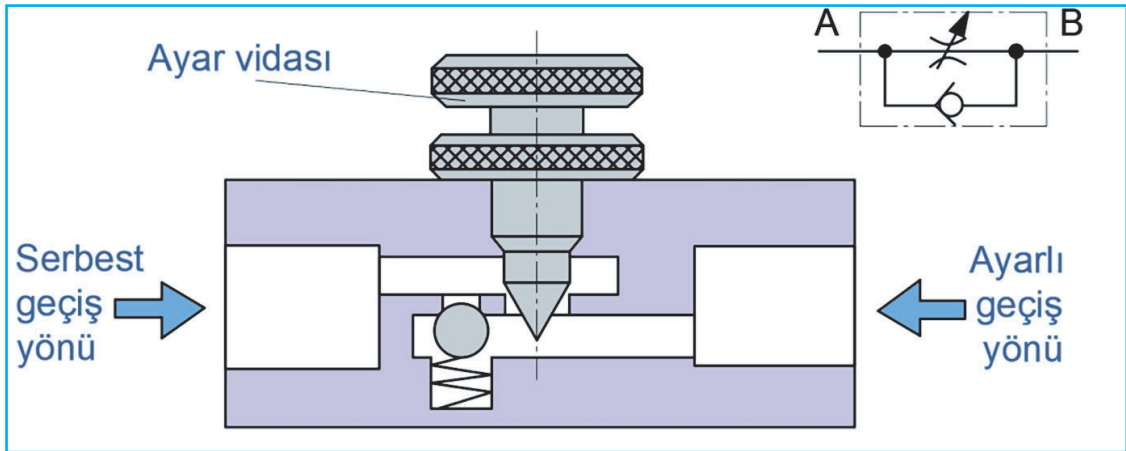
### 3.5.1.3. Çek Valfli Ayarlanabilen Akış Kontrol Valfi (Çek Valfli Akış Kısma Valfi)

İçinde çek valfi bulunduğu için tek yönde geçiş kesitini daraltarak akış hızını ayarlayan valftir. Çek valfin geçişe müsaade etmediği yönde akışkan, bir ayar vidası ile ayarlanabilen kesitten geçmeye zorlanır. Ters yönde akış hâlinde çek valf açılır ve herhangi bir kısma olmadan akışkan yoluna devam eder. Görsel 3.50'de akış hızı ayarlı ve ayarsız yönleri, pnömatik sembol üzerinde gösterilmiştir.



Görsel 3.50: Çek valfli akış kısma valfi, akış yönleri

Görsel 3.51'de görüldüğü üzere A yönünden giren hava, hem ayar vidasının bıraktığı boşluktan hem de çek valfin bilyesini iterek çek valf yolundan geçebilir. Ayar vidası tam kapalı olsa bile hava geçişi mümkündür. B yönünden gelen hava, çek valf yolundan geçemeyeceği için ayar vidasının izin verdiği ölçüde geçebilecektir.



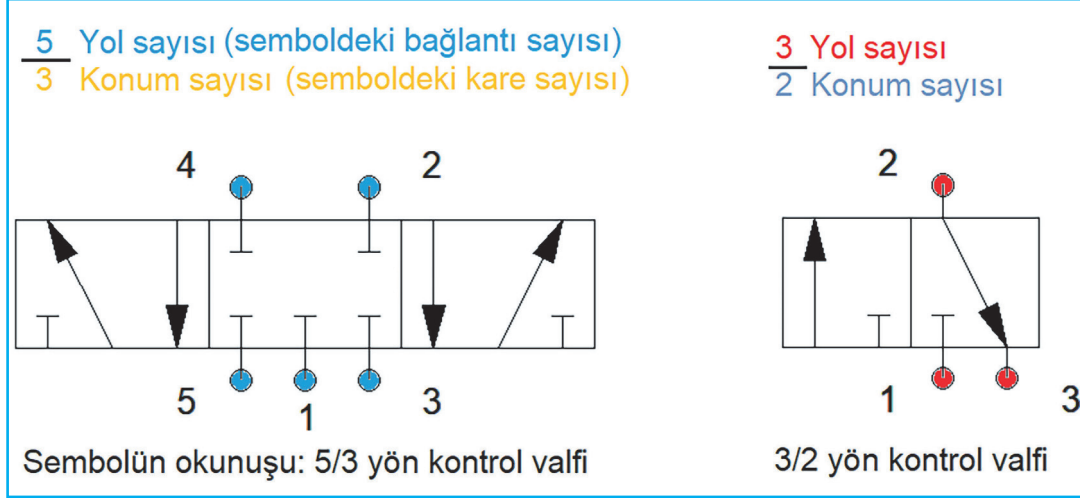
Görsel 3.51: Çek valfli akış kısma valfi iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

### 3.5.2. Yön Kontrol Valfleri

Hava geçişini sağlayan, havanın akış yönünü belirleyen, işi biten havanın atmosfere atılmasını sağlayan devre elemanına **yön kontrol valfi** denir.

### 3.5.2.1. Yön Kontrol Valflerinin Yol ve Konumları

Konum ve yol sayıları;  $3/2$ ,  $4/2$ ,  $5/3$  gibi kesirli ifadelerle isimlendirilir. Görsel 3.52'de  $3/2$  ve  $5/3$  yön kontrol valfleri sembolleri üzerinden yol ve konum bilgileri gösterilmiştir. Sayılarla gösterilen küçük daireler, bağlantı sayısını gösterir. İsimlerinde bulunan kesirli ifadenin pay kısmına toplam bağlantı sayısı yazılır. Sembolde gösterilen kare sayısı da valfin konum sayısını gösterir. İsimlerindeki kesirli ifadenin payda kısmına konum sayısı yazılır.



Görsel 3.52: Yön kontrol valfi, konum ve yol sayısı

Valfteki sayılar bağlantı noktasını gösterir. Bunlara **valfin yol sayısı** da denir. Tablo 3.3'te valf bağlantı girişlerinde gösterilen sayıların hangi hatta ait olduğu belirtilmiştir.

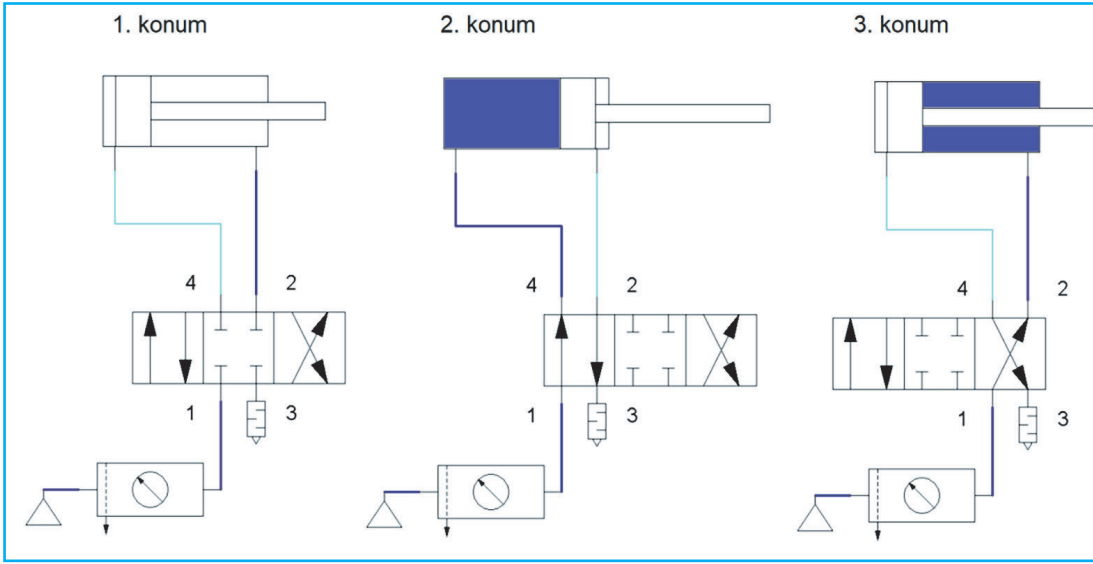
Tablo 3.3: Yön Kontrol Valfi Bağlantı Hatları

Hattın Adı	Rakamla	Harfle
Basınç hattı	1	P
İş (çalışma) hatları	2-4	A-B
Egzoz hatları	3-5	R-S
Sinyal hatları	10-12-14	X-Y-Z

Basınçlı havanın gideceği hattı, yön kontrol valfinin konumu belirler.

1. Konumda: Sayılarla gösterilen bağlantı hatları arasında geçiş yoktur. Silindirin pistonu hareketsiz kalır.
2. Konumda: 1 numaralı basınç hattından 4 numaralı iş hattına geçiş vardır. Silindirin arka kısmına basınçla hava dolar ve pistonu ileri hareket ettirir. Aynı zamanda 2 ve 3 No.lu bağlantılar arasında geçiş vardır. Bu bağlantıyla, silindirin ön kısmında bulunan hava atmosfere bırakılır.
3. Konumda: 1 numaralı basınç hattından 2 numaralı iş hattına geçiş vardır. Silindirin ön kısmına basınçla hava dolar ve pistonu geriye hareket ettirir. Aynı zamanda 4 ve 3 No.lu bağlantılar arasında geçiş vardır. Bu bağlantıyla, silindirin arka kısmında bulunan hava atmosfere bırakılır.

Görsel 3.53'te 4/3 yön kontrol valfinin 3 farklı konumu gösterilmiştir.



Görsel 3.53: 4/3 yön kontrol valfi konumları

### 3.5.2.2. Yön Kontrol Valflerinin İç Yapıları

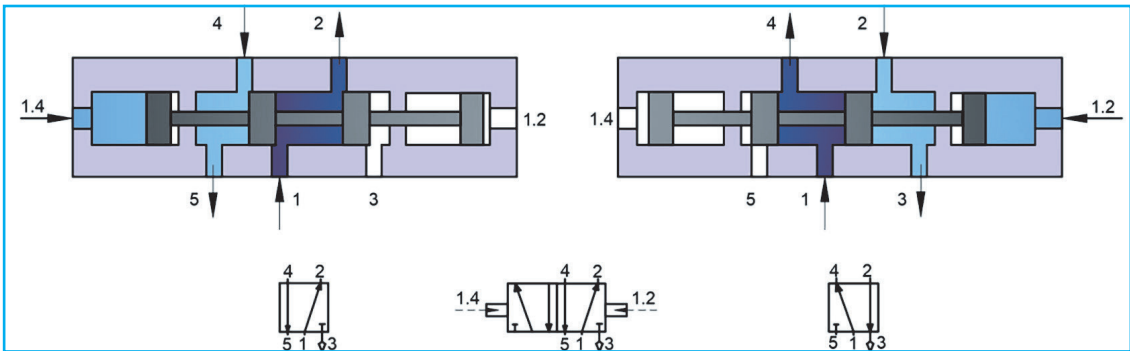
Yön kontrol valfleri, sürgülü ve oturtmalı olmak üzere 2 farklı yapıda çalışır.

#### A. Sürgülü Tip Valfi

Sürgülü tip valflerde bir kumanda ile valfin içindeki piston hareket ettirilir. Pistonun kanallı yapısı sayesinde konumuna göre bazı akış hatlarının birleşmesini sağlarken bazı akış hatlarını kapatır. Görsel 3.54'te 5/2 basınç uyarı kumandalı yön kontrol valfinin iki farklı konumu gösterilmiştir.

**Birinci Konumda:** 1.2 numaralı uyarı basınç kumandası pistonu ileri iterek, 4 ve 5 bağlantı hatlarıyla 1 ve 2 bağlantı hatlarını birleştirecek şekilde konumlanmıştır. Aynı zamanda 3 numaralı bağlantı hattını kapatarak hiçbir bağlantı hattıyla birleşmemesini sağlamıştır.

**İkinci Konumda:** 1.4 numaralı uyarı basınç kumandası pistonu ileri iterek, 1 ve 4 bağlantı hatlarıyla 2 ve 3 bağlantı hatlarını birleştirecek şekilde konumlanmıştır. Aynı zamanda 5 numaralı bağlantı hattını kapatarak hiçbir bağlantı hattıyla birleşmemesini sağlamıştır.



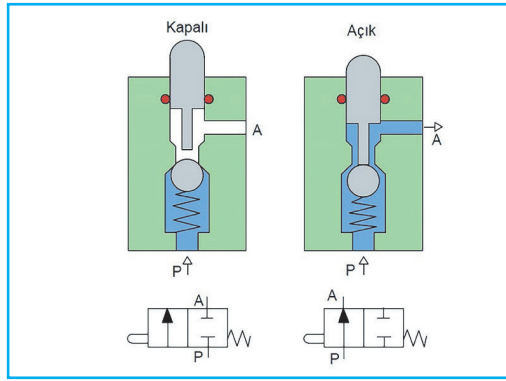
Görsel 3.54: Sürgülü tip yön kontrol valfi

## B. Oturtmalı Valfler

Oturtmalı valflerde geçiş kesiti bilye, disk, plaka veya takoz ile kapatılır. Sızdırmazlık için keçe kullanılır. İçinde birbiri ile sürtünerek çalışan eleman olmadığından uzun ömürlü olur. Pislik ve toza karşı hassas değildirler. Valfi çalıştıracak uyarı kuvvetlerinin şiddeti içindeki yayın sertliğine göre değişir. Bilyeli ve diskli olmak üzere iki farklı oturtmalı valf vardır.

### a) Bilyeli Tip Oturtmalı Valf

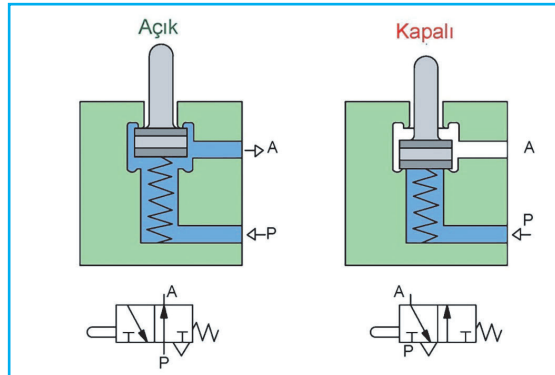
Valfin ilk durumunda hava geçişinin kapalı olduğu valflere normalde **kapalı valf** denir. Görsel 3.55'te 2/2 normalde kapalı yön kontrol valfi gösterilmiştir. Bilye, yayın itme kuvvetiyle hava geçiş yolunu kapatır konumdadır. Aynı zamanda hava akış yönünü de bilyeyi kesiti kapamaya zorlayacak konumdadır. Bu valfte hava geçişini sağlayabilmek için uyarı pimi ileriye doğru hareket ettirilir. Böylece pim, bilyeyi kesitten uzaklaştırır ve hava geçişi sağlanır. Pim ileri konumunda olduğu sürece hava geçişi devam eder. Pimin serbest bırakılması durumunda bilye tekrar kesiti kapatır ve hava geçişi durur.



Görsel 3.55: Bilyeli tip oturtmalı valf

### b) Disk Oturtmalı Valf

Valfin ilk durumunda hava geçişinin açık olduğu valflere normalde **açık valf** denir. Görsel 3.56'da 2/2 normalde açık disk oturtmalı yön kontrol valfi iç yapısı ve pnömatik devre sembolü gösterilmiştir. Bu valflerde hava geçiş hattı içinde hareket edebilen, üzerine sızdırmazlık elemanı yerleştirilmiş disk bulunur. İlk anda yay uyguladığı kuvvetle disk hava geçiş kesitini açmış konumdadır. Pime bir kuvvet uygulayıp diski, hava geçiş kesitini kapatacak şekilde hareket ettirilmesi durumunda hava geçişi durur. Pime kuvvet uygulandığı sürece valf kapalı konumda olur ve hava geçişini engeller. Pime uygulanan kuvvet kaldırıldığında yay kuvveti diski iter ve hava geçişi başlar.



Görsel 3.56: Disk oturtmalı yön kontrol valfi iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

### 3.5.2.3. Kumanda Çeşitleri

Yön kontrol valflerinin konumunu değiştiren elemanlara **kumanda** denir. Kurulan sistemin çalışma yapısına göre valflerin kumanda etme yöntemleri belirlenir. Kumandalar manuel, mekanik, basınçlı ve bobinli (solenoid) olmak üzere dört grupta incelenir. Tablo 3.4'te kumanda çeşitleri ve pnömatik devre sembolleri gösterilmiştir.

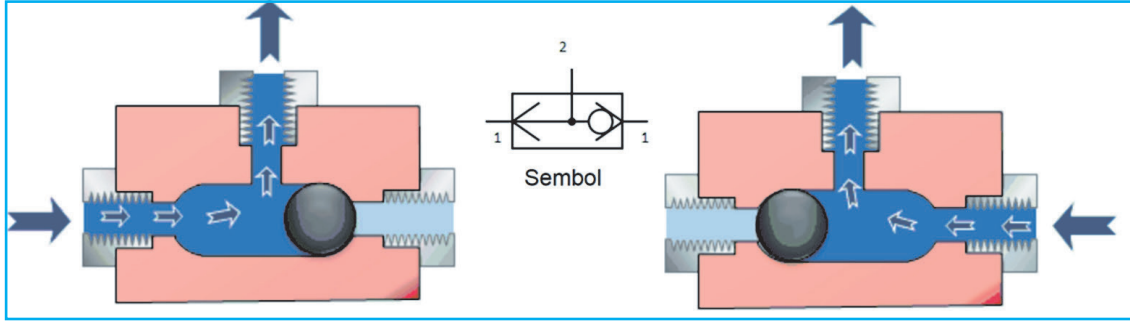
Tablo 3.4: Yön Kontrol Valfi Kumanda Çeşitleri

ISO'ya Göre Sembol	Tanım	Çalıştırma Tipi
	Elle kumanda	Manuel Kumanda
	Çekme ve basma butunlu ile manuel kumanda	
	Basma butunlu manuel olarak kumanda	
	Çekme butunlu manuel olarak kumanda	
	Kol tahrikli kumanda	
	Pedal tahrikli kumanda	
	İki çalışma yönlü ile pedal kumanda	
	Pimli kumanda	Mekanik Kumanda
	Makaralı kumanda	
	Tek yönlü makaralı kumanda	
	Yay geri dönüşlü kumanda	
	Genel olarak basınçla kumanda	Basınçla Kumanda
	Basınç tarafından tahrikli kumanda	
	Ön yükselticili pnömatik tahrikli kumanda	
	Basma butunlu veya ön yükselticili pnömatik tahrikli kumanda	Bobinli (solenoid) Kumanda
	Soleoid kumanda	
	Soleoid ve ön yükselticili pnömatik tahrikli kumanda	
	Elektrik motoru ile tahrikli kumanda	

Mantık valfleri olarak da adlandırılan bu tip valfler mantıksal ya da özel uygulamalarda kullanılır. Farklı valfler birleştirilerek sistemin ihtiyacına uygun valf tasarlanabilir.

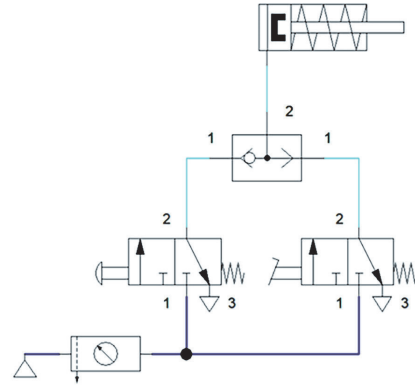
#### VEYA Valfi

Veya valfi, alternatif kumanda seçeneği ile sistemi harekete geçirmek istenen durumlarda kullanılan valftir. VEYA valflerinde iki hava girişi ve bir de hava çıkışı bağlantı kapısı vardır. İki giriş kapısının herhangi birinden basınçlı hava gelmesi durumunda diğer giriş kapısı kapatılır ve havanın çıkış kapısından çıkmasını sağlar (Görsel 3.57).



Görsel 3.57: VEYA valfi iç yapısı ve pnömatik sembolü

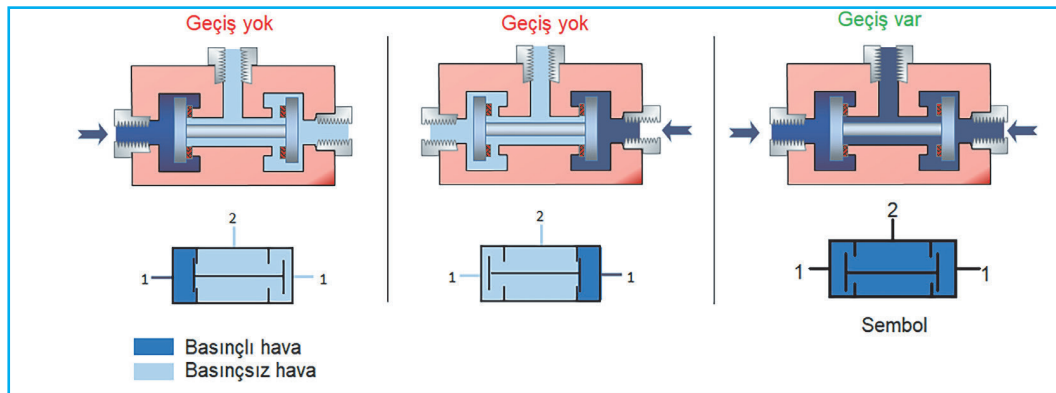
Görsel 3.58'de gösterilen pnömatik devrede iki adet 3/2 yön kontrol valfi ile tek etkili bir silindir hareket ettirilir. Yön kontrol valflerinin biri el butonlu diğeri ise ayak pedalıdır. Kullanılan VEYA valfi sayesinde yön kontrol valflerinden herhangi birine basıldığı anda silindir ileriye doğru hareket edecektir.



Görsel 3.58: VEYA valfli örnek pnömatik devre

### VE Valfleri

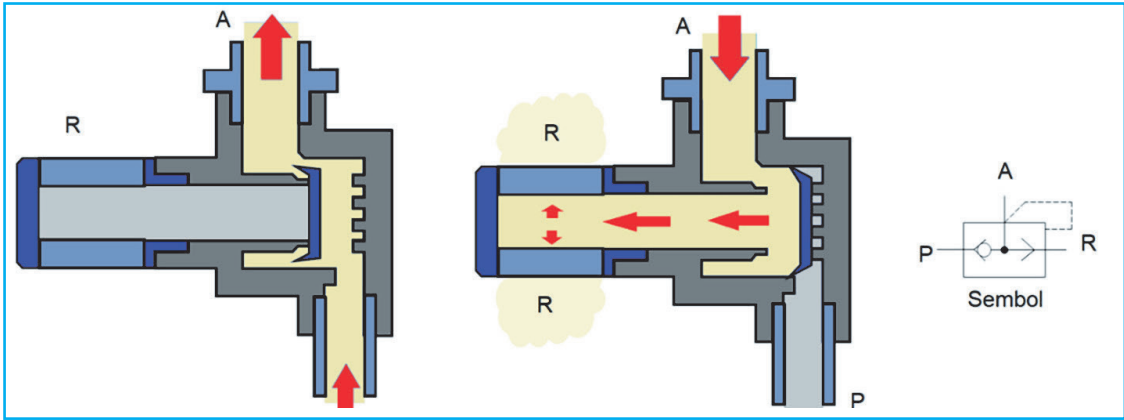
İki ayrı kumandaya aynı anda basılmasıyla sistemi harekete geçirmek istenen durumlarda kullanılan valftir. Yapı olarak "VEYA" valfine benzer. İki giriş, biri çıkış olmak üzere üç bağlantı kapısı vardır. Görsel 3.59'da VE valfinin iç yapısı gösterilmiştir. Sadece tek giriş hattından hava gönderilecek olursa sürgü hava girişini kapatır ve basınçlı hava geçmez. "VE" valfinden çıkış alabilmenin tek şartı, basınçlı havanın her iki giriş kapısından aynı anda verilmesidir. Genel olarak güvenlik amacıyla kullanılan valf türüdür. Örneğin operatörün ellerinin zarar görmemesi istenilen bir makinede iki farklı yere yön kontrol valfi konulur. Operatör makineyi çalıştırmak için iki kumandaya iki elini de kullanarak basmak zorunda kalır. Böylelikle makine çalıştığında eller valf butonunun üzerinde olacağından zarar görmesi engellenmiş olur.



Görsel 3.59: VE valfi iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

### Çabuk Boşaltma (Egzoz) Valfleri

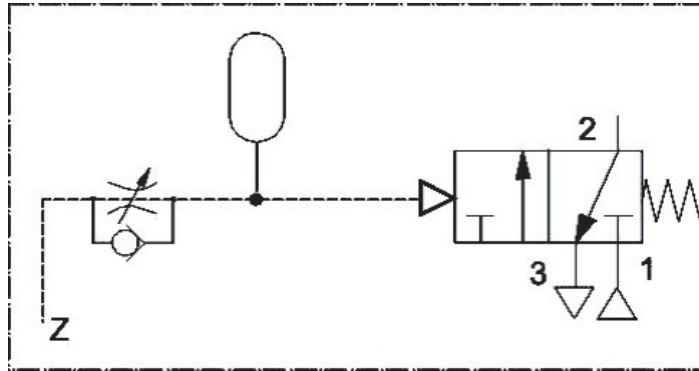
Silindirde işini bitiren hava yön kontrol valfinden geçerek atmosfere bırakılır. Egzoz adı verilen bu işlem sırasında hortumlar ve yön kontrol valfi havanın hızını keser ve silindirin yavaş çalışmasına neden olur. Çabuk boşaltma valfi, silindirde işi biten havanın en kısa yoldan hızlı bir şekilde boşaltılmasını sağlar. Bunun için doğrudan silindirin hava girişine bağlanması gerekir. Çabuk boşaltma valfine susturucu eklenerek gürültü yapmasının önüne geçilir. Görsel 3.60'da görüldüğü gibi bir basınçlı hava girişi (P), bir silindir bağlantı kapısı (A) ve bir de atmosfere çıkış kapısı (R) bulunur. P'den basınçlı hava geldiğinde esnek kapama elemanı, R kapısını kapatır ve havanın doğrudan silindire geçmesini sağlar. Silindirdeki hava boşalacağı zaman, A kapısından hava valfe girer. Esnek kapama elemanını iterek P kapısı kapanır ve havanın hızlı bir şekilde R kapısından çıkması sağlanır.



Görsel 3.60: Çabuk boşaltma valfi iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

### Zaman Geciktirme Valfleri (Pnömatik Zaman Rölesi)

Bu valfler, pnömatik uyarıların geciktirilmesi amacıyla kullanılır. Ayarlanabilen çek valfli akış kontrol valfi, tank ve 3/2 yön kontrol valfi olmak üzere üç elemanın birleşmesinden oluşur. Normalde açık veya normalde kapalı tipleri vardır. Akış kontrol valfi üzerinde bulunan ayar vidasıyla bekleme zamanı ayarlanır. Görsel 3.61'de zaman geciktirme valfi gösterilmiştir. Valfe Z hattından gelen hava, akış kontrol valfinden ayarlanan hızda geçer. Sonra tankın içi dolmadan yön kontrol valfini hareket ettirecek basınca ulaşamayacağı için tank dolana kadar zaman geçer. Tank dolduktan sonra yeterli basınca ulaşılır ve yön kontrol valfinin konumu değiştirilir. Böylece gecikme sağlanarak valf kumanda edilmiş olur. Z hattındaki hava kesilince tanktaki hava boşalır ve yön kontrol valfi yay geri itmesiyle eski konumuna gelir.

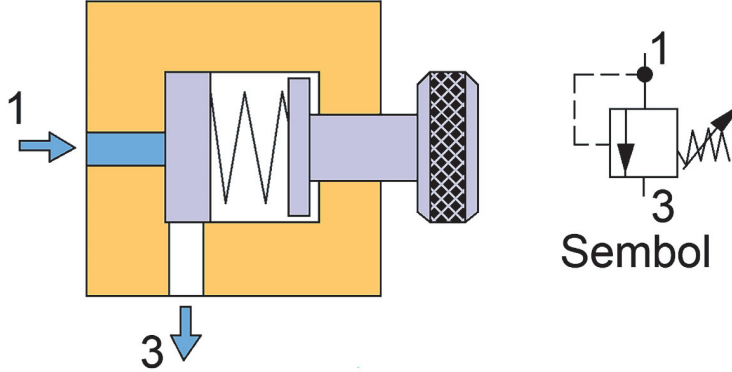


Görsel 3.61: Zaman geciktirme valfi pnömatik devre sembolü

### 3.5.2.4. Basınç Kontrol Valfleri

#### Basınç Sınırlama Valfi (Emniyet Valfi)

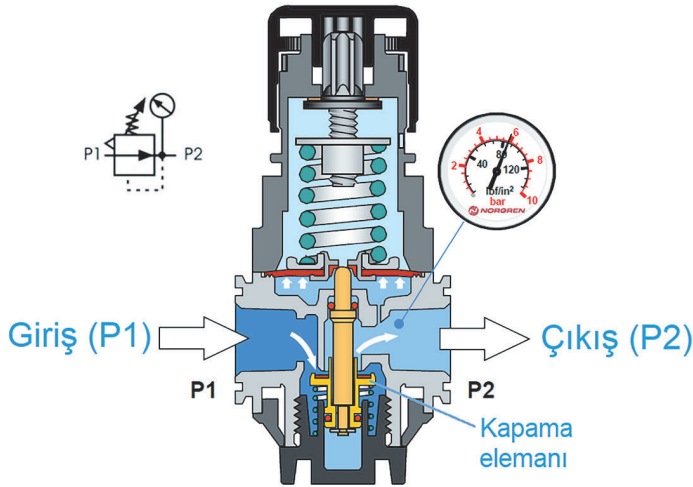
Basınç sınırlama valfleri, pnömatik sistemlerdeki havanın basıncını kontrol altında tutarak aşırı basınçtan doğabilecek zararları engeller. Normalde kapalı konumda olan bu valfler, basınç ayarlanan değere ulaştığında açılır ve havanın dışarı atılmasını sağlar. Basınç düştüğünde valf kapalı konuma geçer. Görsel 3.62’de basınç sınırlama valfinin iç yapısı ve pnömatik devre sembolü gösterilmiştir. Yay kuvveti ile sistemdeki havanın atmosfere çıkış yolu kapalı tutulur. Ayar vidası ile sistem basıncı ayarlanır. Sistemdeki basınç ayarlanan basıncın üzerine çıkması durumunda basınçlı hava, yayı iter ve atmosfere çıkar. Ayarlanan basınç seviyesine gelene kadar tahliye devam eder.



Görsel 3.62: Basınç sınırlama valfi iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

#### Basınç Ayar Valfi (Kapama Valfi)

Basınç ayar valfi, devre elemanlarının basınçlarını ayarlamak amacıyla kullanılır. Görsel 3.63’te iç yapısı gösterilmiştir. Valf içindeki yayın itme kuvvetiyle hava geçiş yolu açıktır (normalde açık valf). P1 Basıncından gelen hava, basınç ayar valfinden geçer. Çıkış tarafında basınç arttığında diyaframa uygulanan kuvvet artar ve yayı geri iter. Böylece kapama elemanı aşağı hareket ederek hava geçişini durdurur. Çıkış tarafında basınç düştüğünde valf açılır ve hava geçişine izin verir. Manometre çıkış basıncını gösterir. En altta bulunan ayar vidası ile çıkış basıncı artırılır ya da azaltılır.



Görsel 3.63: Basınç ayar valfi iç yapısı ve pnömatik devre sembolü

### 3.6. PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMLERİ


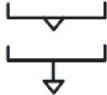

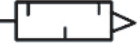








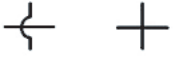

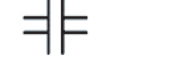





Öğrenilen bilgi ve becerilerin geliştirilmesi için pnömatik devre elemanlarıyla devre çizimleri çok önemlidir. Benzetim (simülasyon) programlarıyla ve çizim olarak yapılacak çalışmalar hidrolik devre elemanlarının daha iyi öğrenilmesini sağlayacaktır. Hidrolik devre çalıştırılmadan çizimlerinin yapılması devre kurulumunun daha verimli ve güvenli şekilde olması için yol gösterecektir.

#### 3.6.1. Pnömatik Devre Elemanlarının Sembolleri

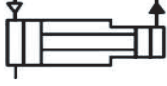
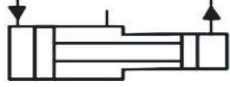
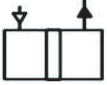
Devre elemanlarının sembolleri çizime başlamadan önce iyi öğrenilmelidir. Doğru ve kaliteli bir çizim yapmak için devre elemanlarının sembol bilgisini iyi bilmek gerekir. Pnömatik devre çizimlerinde kullanılan semboller şu şekilde gruplandırabiliriz.

- Enerji nakli ve düzenlemesi (Tablo 3.5)
- Hidro-Pnömatik semboller (Tablo 3.6)
- Basınçlı havanın elde edilmesi ve pnömatik motorlar (Tablo 3.7)
- Silindir sembolleri (Tablo 3.8)
- Basınç kontrol valfleri (Tablo 3.9)
- Yön kontrol valfleri (Tablo 3.10)
- Basınçlı havanın hazırlanması (Tablo 3.11)
- Tek yönlü valfler (Tablo 3.12)
- Ölçme aletleri (Tablo 3.13)
- Akış kontrol valfleri (Tablo 3.14)

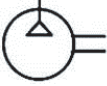

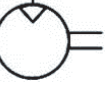
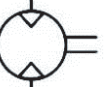


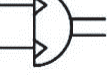
**Tablo 3.5:** Enerji Nakli ve Düzenlemesi

Adı/Açıklaması	Sembol	Adı/Açıklaması	Sembol
Çalışma hattı, dönüş hattı, besleme hattı		Atık hava yolu Bağlantı için özel bir tertibat yok. Bağlantı için vida açılmış.	
Pilot (uyan, sinyal) hattı		Susturucu	
Sızıntı hattı		Basınç kaynağı	
Esnek boru (hortum)		Kapama valfi	
Elektrik hattı		Elektrik motoru	
Boru hattı bağlantısı		İçten yanmalı motor	
Boru hattı çakışması		Hava tankı	
Kavrama		Hidrolik Pnömatik	
Kor tapa		Donuş yönü-Akiş yönü	
Bağlantı yapılabilir		Çabuk bağlantı elemanı	

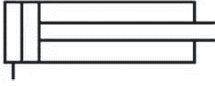
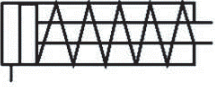
Tablo 3.6: Hidro-Pnömatik Semboller

Adı/Açıklaması	Sembol
Basınç arttırıcı iki farklı akışkan (hava-yağ)	
Basınç arttırıcı (yükseltici) aynı tür akışkan	
Hidro-pnömatik dönüştürücü	

Tablo 3.7: Basıncılı Havanın Elde Edilmesi Ve Pnömatik Motorlar

Adı/Açıklaması	Sembol
Kompresör	
Vakum pompası	
Tek yönlü hava motoru	
Çift yönlü hava motoru	
Tek yönlü hava motoru (değişken kapasiteli)	
Çift yönlü hava motoru (değişken kapasiteli)	
Döner silindir (salınlımlı hava motoru)	

Tablo 3.8: Silindir Sembolleri

Adı/Açıklaması	Sembol
Tek etkili silindir (ağırlık etkisiyle geri dönüş)	
Tek etkili silindir (yay geri dönüşlü)	


Tablo 3.8: Silindir Sembolleri (devamı)

Çift etkili silindir	
Tek tarafı yastıklı silindir	
Tek tarafı yastıklı ayarlanabilir silindir	
Çift tarafı yastıklı silindir	
Çift tarafı yastıklı ayarlanabilir silindir	
Çift kollu silindir	
Teleskobik silindir (tek etkili)	
Teleskobik silindir (çift etkili)	
Tandem silindir	
Diferansiyel silindir	

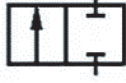
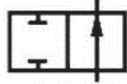



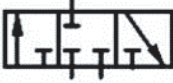



Tablo 3.9: Basınç Kontrol Vafleri

Adı/Açıklaması	Sembol
Emniyet valfi	
Sıralama valfi	
Basınç regülatörü (tahliyeli)	



Tablo 3.9: Basınç Kontrol Valfleri (devamı)

Oransal basınç regülatörü	
---------------------------	--

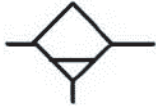




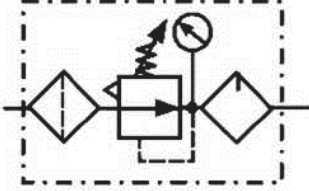

Tablo 3.10: Yön Kontrol Valfleri

Adı/Açıklaması	Sembol
2/2 Yön kontrol valfi (normalde kapalı)	
2/2 Yön kontrol valfi (normalde açık)	
3/2 Yön kontrol valfi (normalde kapalı)	
3/2 Yön kontrol valfi (normalde açık)	
4/2 Yön kontrol valfi	
3/3 Yön kontrol valfi (merkez konumu kapalı)	
5/3 Yön kontrol valfi (merkez konumu kapalı)	
5/2 Yön kontrol valfi	
5/4 Yön kontrol valfi	

Tablo 3.11: Basınçlı Havanın Hazırlanması

Adı/Açıklaması	Sembol
Kurutucu ünite (örneğin kimyasal metodla)	
Filtre veya süzgeç	

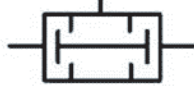
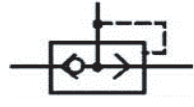
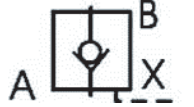
Tablo 3.11: Basınçlı Havanın Hazırlanması (devamı)

Adı/Açıklaması	Sembol
Su tutucu (elle boşaltmalı)	
Su tutucu (otomatik boşaltmalı)	
Otomatik boşaltmalı filtre	
Su tutuculu filtre	
Yağlayıcı	
Şartlandırıcı ünitesi ayrıntılı sembol	
Şartlandırıcı ünitesi kısaltılmış sembol	





Tablo 3.12: Tek Yönlü Valfler

Adı/Açıklaması	Sembol
Yaysız çek valf	
Adı/Açıklaması	Sembol
Yaylı çek valf	
Veya valfi	




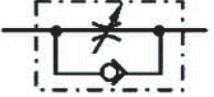
Tablo 3.12: Tek Yönlü Valfler (devamı)

Ve valfi	
Çabuk atık (egzos) valfi	
Pilot kumandalı çek valf	

Tablo 3.13: Ölçme Aletleri

Adı/Açıklaması	Sembol
Manometre (basınç ölçer)	
Termometre (sıcaklık ölçer)	
Debimetre (akış ölçer)	
Basınç anahtarı	

Tablo 3.14: Akış Kontrol Valfleri

Adı/Açıklaması	Sembol
Hassas kısma	
Akış kontrol valfi (sabit debili)	
Adı/Açıklaması	Sembol
Akış kontrol valfi (ayarlanabilir debili)	
Çek valfli ayarlanabilir akis kontrol valfi	

### 3.6.2. Pnömatik Devreler ve Çizim Kuralları

Pnömatik devre ve devre elemanlarının şemaları çizilirken hidrolik devrelerde uygulanan çizim kuralları uygulanır. Devre sembolleri verilen tablodan veya benzetim programı üzerinden seçilerek çizimler yapılır. Devrenin isimlendirilmesi, numaralandırılması, devre elemanı katmanları, devre çiziminde uyulacak temel kurallar hidrolik devrelerde olduğu gibidir.

### 3.6.3. Pnömatik Devre Tasarımı

Devrelere açma kapama valfi konulması güvenlik ve kontrol açısından uygundur. Valf birden fazla silindiri kontrol ediyorsa silindirlerin hızları düşer. Bunun için devre bağlantılarının hesaplanarak uygun çaplarda birleştirilmesi gerekir.

Temel pnömatik devre uygulamaları şunlardır:

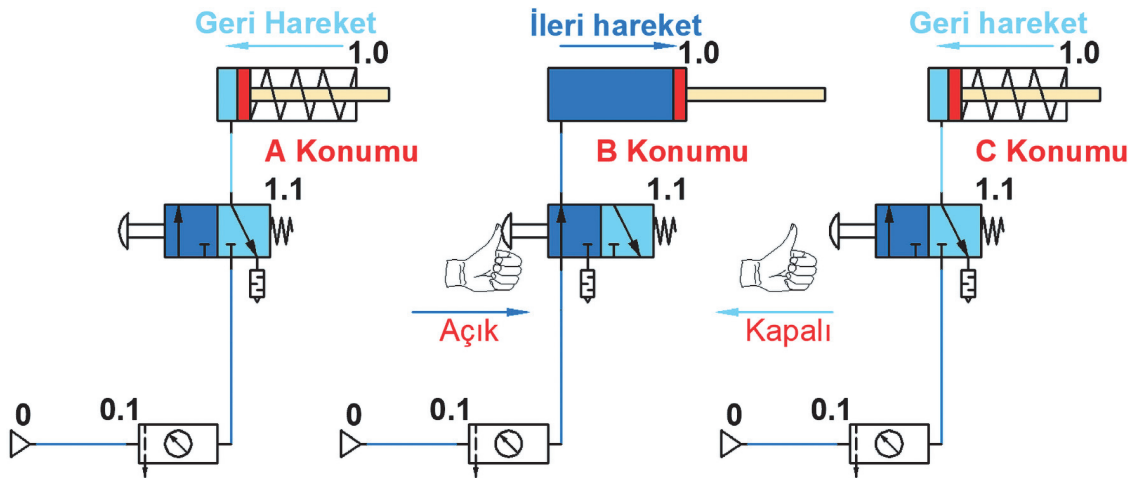
- Konuma bağlı kontrollü pnömatik devreler
- Hız kontrollü pnömatik devreler
- Basınç kontrollü pnömatik devreler
- Zaman kontrollü pnömatik devreler
- Saymaya bağlı kontrollü pnömatik devreler
- VE valf kontrollü pnömatik devreler
- VEYA valf kontrollü pnömatik devreler
- Mühürleme kontrollü pnömatik devreler
- Merkez konumlu valf kontrollü pnömatik devreler
- Sinyal çakışması engellemeli pnömatik devreler
- Elektrik elektronik kontrollü pnömatik devreler

#### 3.6.3.1. Konuma Bağlı Kontrollü Pnömatik Devreler

Alıcıların konumlarına göre yön kontrol valfleri ve diğer devre elemanlarıyla kontrol edilen devrelerdir. Bu işlem alıcıların çalıştırılması ve durdurulması için yapılır. Yön kontrol valflerinin kumanda şekilleri tercihe bırakılmıştır. İki çeşit konuma bağlı kontrollü devre çeşidi vardır. Doğrudan ve dolaylı olarak kontrol yapılır. Yön kontrol valfi ve silindirin bağlantı hattı aynı kapasitede olmalıdır.

#### A. Tek Etkili Silindirin 3/2 Yön Kontrol Valfiyle Doğrudan Kontrolü

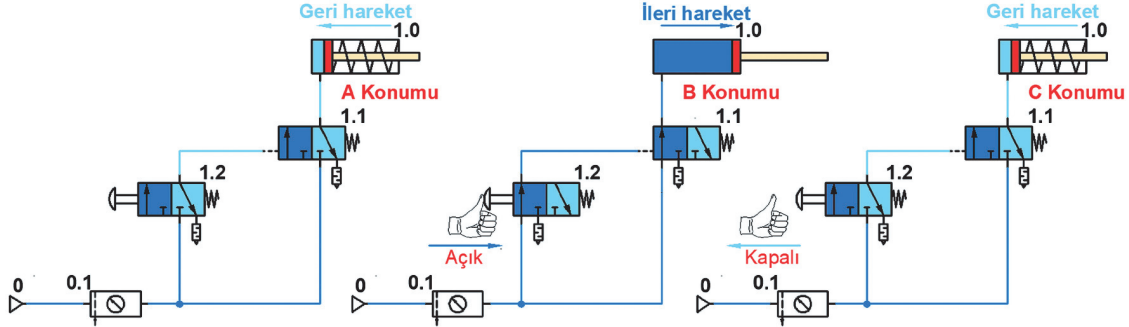
Görsel 3.64'te tek etkili silindirin doğrudan kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin A konumunda devre kapalı ve silindir pistonu içerdedir. B konumunda 1.1 (3/2) yön kontrol valfi butonuna basıldığında piston ileriye hareket edecektir. C konumunda 1.1 (3/2) yön kontrol valfi butonu üzerindeki baskı kalktığında piston içeriye girecektir.



Görsel 3.64: Tek etkili silindirin doğrudan kontrolü

### B. Tek Etkili Silindirin 3/2 Yön Kontrol Valfiyle Dolaylı Kontrolü

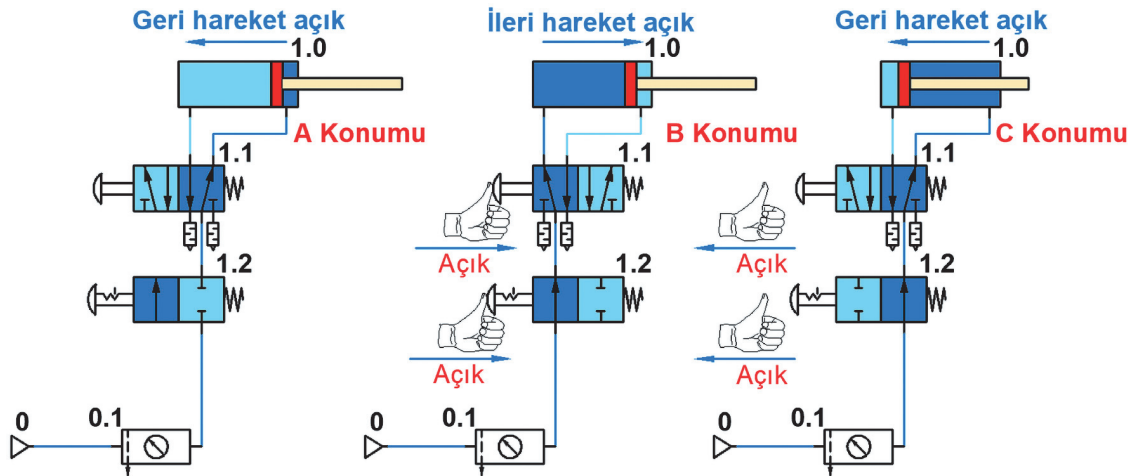
Görsel 3.65'te tek etkili silindirin dolaylı kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin A konumunda devre kapalı ve silindir pistonu içerdedir. B konumunda 1.2 (3/2) yön kontrol valfi butonuna basıldığında 1.1 (3/2) yön kontrol valfinin sol tarafına akışkanla sinyal gidecektir. 1.1 (3/2) yön kontrol valfinin konumu değişecek ve silindir pistonu ileriye hareket edecektir. C konumunda 1.2 (3/2) yön kontrol valfi butonu üzerindeki baskı kalktığında 1.1 (3/2) yön kontrol valfi yay etkisiyle konum değiştirecektir. Piston geriye doğru hareket edip içeriye girecektir.



Görsel 3.65: Tek etkili silindirin dolaylı kontrolü

### C. Çift Etkili Silindirin 5/2 Yön Kontrol Valfiyle Doğrudan Kontrolü

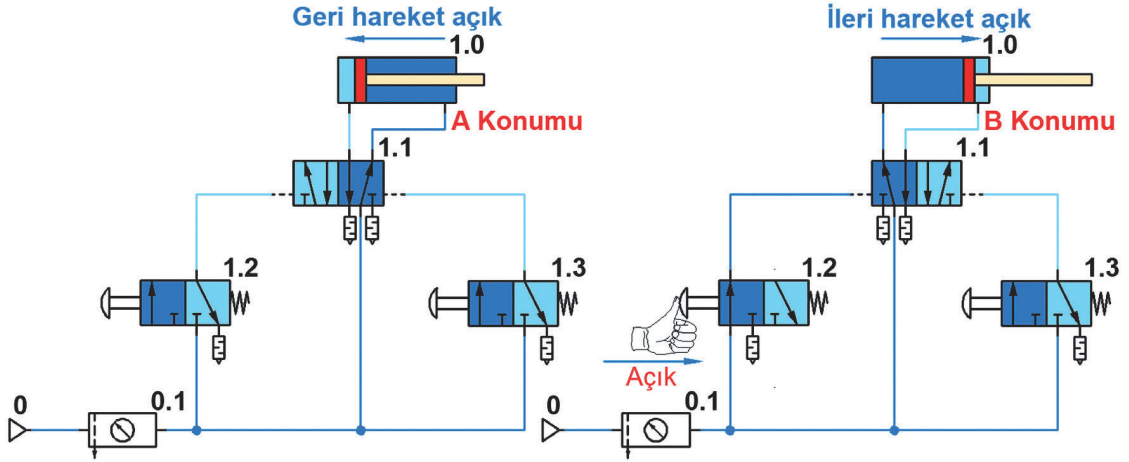
Görsel 3.66'da çift etkili silindirin doğrudan kontrolü gösterilmiştir. Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde dönüş yolu açık butonlu yay geri dönüşlü 5/2 yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Devre 2/2 normalde kapalı butonlu tırnaklı yay geri dönüşlü valfle çalıştırılacaktır. A konumunda devre kapalı ve silindir pistonu içerdedir. B konumunda 1.2 (2/2) yön kontrol valfi tırnaklı butonuna basıldığında 1.1 (5/2) yön kontrol valfi üzerinden silindirin ön tarafına akışkan gidecektir. Silindir pistonu geride durmaya devam edecektir. 1.1 (5/2) yön kontrol valfi butonuna basılında valf konum değiştirecek ve piston ileriye hareket edecektir. C konumunda 1.1 (5/3) yön kontrol valfi butonu üzerindeki baskı kalktığında 1.1 (5/2) yön kontrol valfi konum değiştirecek ve piston içeriye girecektir. 1.2 (2/2) yön kontrol valfi tırnaklı butonuna basıldığında valf kapalı konuma gelecek ve devre duracaktır.



Görsel 3.66: Çift etkili silindirin doğrudan kontrolü

### D. Çift Etkili Silindirin 5/2 Yön Kontrol Valfiyle Dolaylı Kontrolü

Görsel 3.67'de çift etkili silindirin dolaylı kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin A konumunda devre kapalı ve silindir pistonu içerdedir. B konumunda 1.2 (3/2) yön kontrol valfi butonuna bir defa basıldığında 1.1 (5/2) yön kontrol valfinin sol tarafına akışkanla sinyal gidecektir. 1.1 (5/2) yön kontrol valfinin konumu değişecek ve silindir pistonu ileriye hareket edip ileride duracaktır. B konumunda 1.3 (3/2) yön kontrol valfi butonuna bir defa basıldığında 1.1 (5/2) yön kontrol valfinin sağ tarafına akışkanla sinyal gidecektir. 1.1 (5/2) yön kontrol valfinin konumu değişecek ve silindir pistonu geriye hareket edip geride duracaktır.



Görsel 3.67: Çift etkili silindirin dolaylı kontrolü

#### 3.6.3.2. Hız Kontrollü Pnömatik Devreler

İş yapan alıcıların hızları, kullanma durumlarına göre farklılıklar gösterir. Her iki yöne de aynı hızla çalıştırılabilirler. Bir yönde normal hızla çalışırken diğer yönde yüksek veya düşük hızda çalışması gerekebilir. Devrenin ve alıcıların hızını kontrol etmek için üç yöntem vardır.

- Alıcılar ileriye doğru çalışırken hız ayarı
- Alıcılar geriye doğru çalışırken hız ayarı
- Çabuk boşaltma valfi

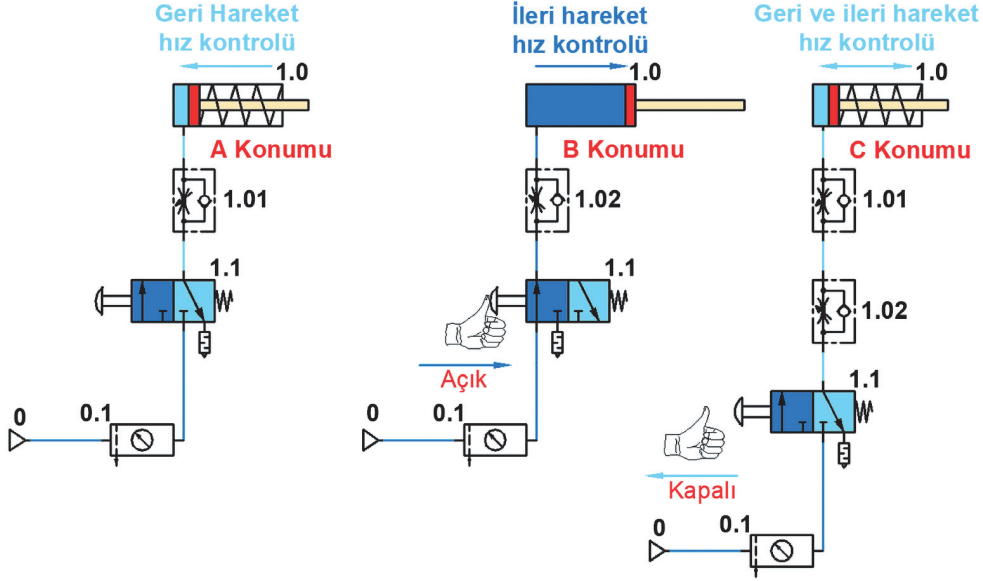
Kurulan devrelerde yapılan işlemin durumuna göre hız ayarlama valfleri uygun yönlere takılmaktadır. Devreler kurulurken işin durumuna göre akış kısma valfi seçmek önemlidir. Bazı devrelerde hızı ayarlamak için çeşitli türde hız ayar valfi kullanmak gerekir. Yapılan devrenin durumuna göre üç çeşit valf grubu kullanılır.

- Sabit ayarlanamaz hız ayar valfi
- Strok boyunca sabit ayarlanabilir hız ayar valfi
- Strok boyunca sürekli ayarlanabilir hız ayar valfi

#### A. Tek Etkili Silindirlerde Hız Ayarı

Tek etkili bir silindirin hız ayarı sadece pistonun ileri hareketinde yapılabilir. Bunun için silindire giren hava kısılır. Piston ileri giderken diğer yönde hava olmadığı için çabuk boşaltma valfi kullanarak hız artırılmaz. İlerleme ve dönüş hızının ayarları ayrı ayrı yapılabilir.

Görsel 3.68'de tek etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin A konumunda piston geri dönerken 1.01 hız ayar valfi konmuştur. B konumunda piston ileri giderken 1.02 hız ayar valfi konmuştur. C konumunda piston ileri giderken 1.02 hız ayar valfi, piston geri dönerken 1.01 hız ayar valfi konmuştur.

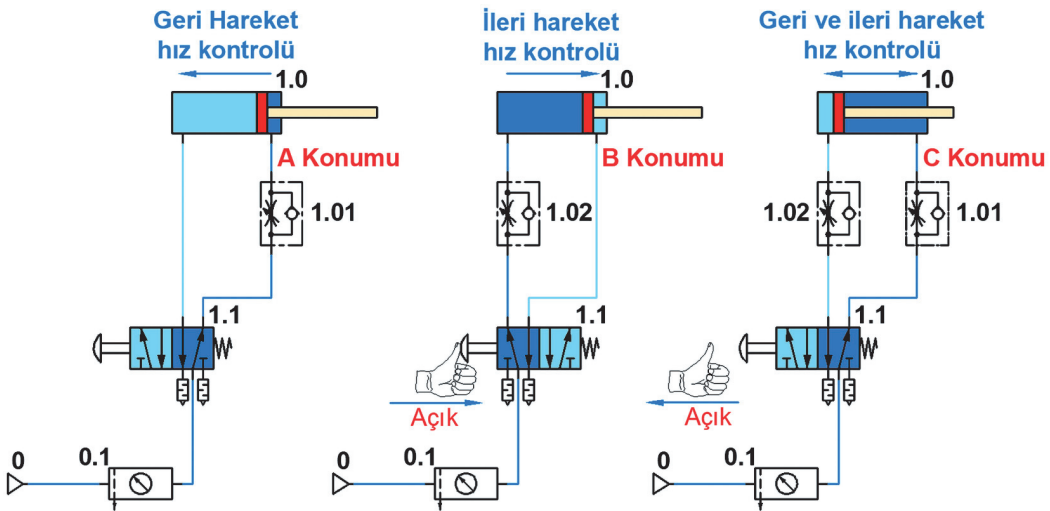


Görsel 3.68: Tek etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü

### B. Çift Etkili Silindirlerde Hız Ayarı

Çift etkili silindirlerde pistonun ileri ve geri hareketinde hız ayarı yapılabilir. Bu silindirlerde hız ayarlama işlemlerinin hepsi yapılabilir. Kurulan devrenin ihtiyacına göre seçilen akış kontrol yöntemi devreye uygulanır.

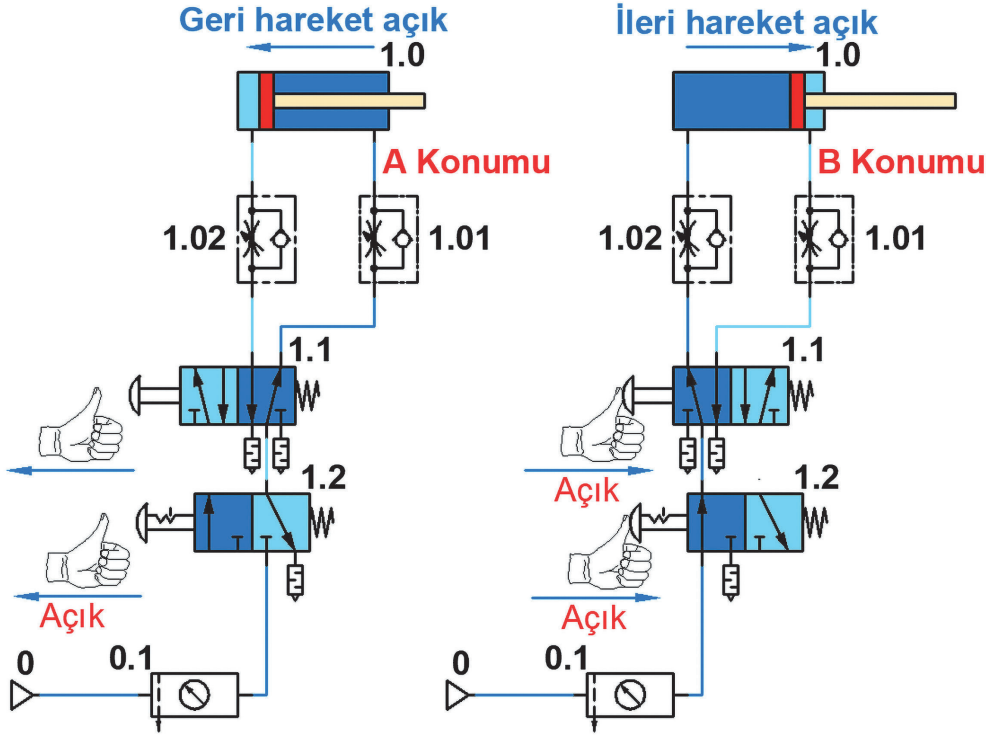
Görsel 3.69'da çift etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü gösterilmiştir. Çizilen devrenin A konumunda piston geri dönerken 1.01 hız ayar valfi konmuştur. B konumunda piston ileri giderken 1.02 hız ayar valfi konmuştur. C konumunda piston ileri giderken 1.02 hız ayar valfi, piston geri dönerken 1.01 hız ayar valfi konmuştur.



Görsel 3.69: Çift etkili silindirin ileri ve geri hareket hız kontrolü

## 7. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde dönüş yolu açık butonlu yay geri dönüşlü 5/2 yön kontrol valfiyle doğrudan çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku 100 mm'dir. İki adet hız ayar valfi kullanılarak pistonun ileri ve geri hareket hızlarının farklı olması istenir. Pistonun ileri hareketinde hızı %30, geri hareketindeki hızı %50 olması istenir. Devre butonlu tırnaklı yay geri dönüşlü 3/2 yön kontrol valfiyle açılıp kapatılacaktır. A konumunda piston geride durur. Görsel 3.70'de çift etkili silindirin doğrudan kontrollü ileri ve geri hız kontrolü gösterilmiştir.



Görsel 3.70: Çift etkili silindirin doğrudan kontrollü ileri ve geri hız kontrolü

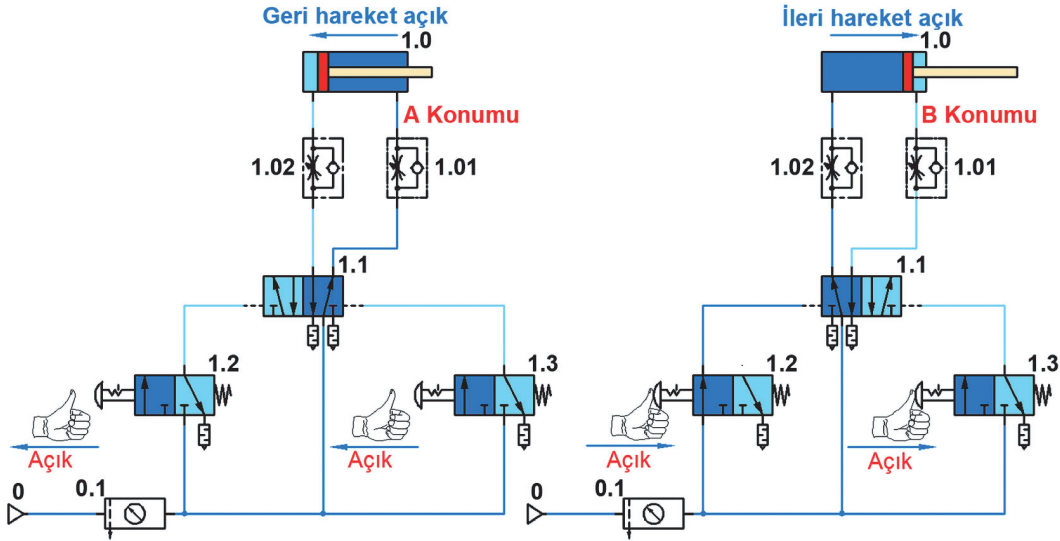
Devreyi çalıştırmak için B konumunda 3/2 (1.2) yön kontrol valfine bir defa basılır. Sonra 5/2 (1.1) yön kontrol valfine basılır. Baskı durduğu sürece piston %30 (1.02) hızla ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Pistonu geri getirmek için 5/2 (1.1) yön kontrol valfi üzerindeki baskı kaldırılır. Piston %50 (1.01) hızla geri hareket edip strok sonunda duracaktır.

## 8. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde dönüş yolu açık 5/2 her iki taraftan da pilot uyarılı yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku 100 mm'dir. İki adet hız ayar valfi kullanılarak pistonun ileri ve geri hareket hızlarının farklı olması istenir. Pistonun ileri hareketinde hızı %30, geri hareketindeki hızı %50 olması istenir. Pistonun strok başında ve sonunda yön değiştirmesi, elle kumandalı normalde kapalı 3/2 butonlu tırnaklı yay dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. A konumunda piston geride durur.

Devreyi çalıştırmak için B konumunda 3/2 (1.2) yön kontrol valfine bir defa basılır. 5/2 (1.1) yön kontrol valfinin sol tarafına sinyal gider. Bu sinyalle valfin konumu değişecek ve piston %30 (1.02) hızla ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Pistonu geri getirmek için 3/2 (1.3) yön kontrol valfine bir defa basılır. Piston hareket etmeyecek ve dengede kalacaktır. Pistonun

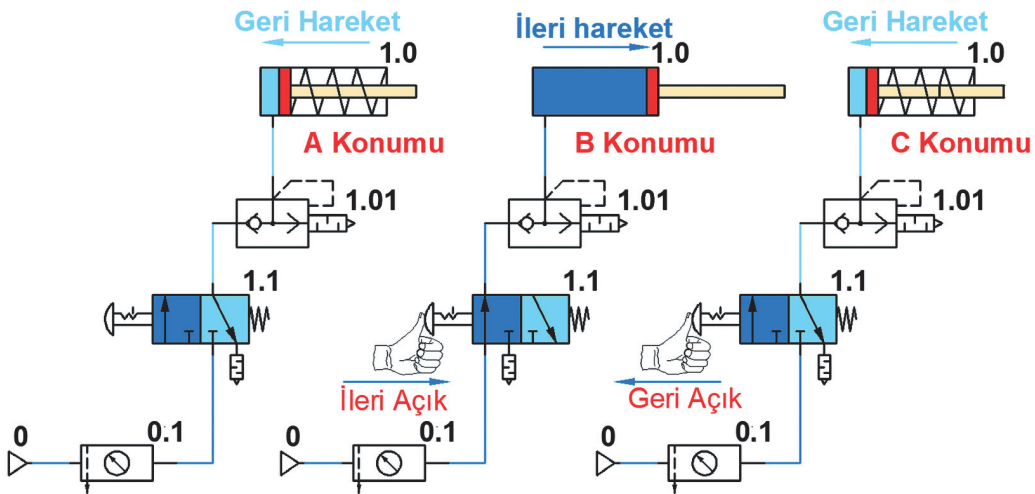
geri gelmesi için 3/2 (1.2) yön kontrol valfine bir defa basılır. 5/2 (1.1) yön kontrol valfinin sağ tarafına sinyal gider. Bu sinyalle valfin konumu değişecek ve piston %50 (1.01) hızla geriye hareket edip strok sonunda duracaktır. [Yanlışlıkla 3/2 (1.3) yön kontrol valfine basılırsa sistem çalışmayacaktır. Pistonun ileri gitmesi için tekrar 3/2 (1.3) yön kontrol valfine basılması gerekir. Bu işlem ters bir çalıştırma şeklidir ve kullanılmamalıdır.] Görsel 3.71'de çift etkili silindirin dolaylı kontrollü ileri ve geri hız kontrolü gösterilmiştir.



Görsel 3.71: Çift etkili silindirin dolaylı kontrollü ileri ve geri hız kontrolü

### C. Çabuk Boşaltma (Egzoz) Valfi

Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek normalde kapalı 3/2 butonlu tırnaklı yay dönüşlü yön kontrol valfleriyle kontrol edilerek çalıştırılmak isteniyor. Geri dönüşte çabuk boşaltma valfiyle hız kontrolü yapılacaktır. Tek etkili silindirin stroku 100 mm'dir. A konumunda piston geride durur. Görsel 3.72'de tek etkili silindirin çabuk boşaltma valfiyle hız kontrolü gösterilmiştir.



Görsel 3.72: Tek etkili silindirin çabuk boşaltma valfiyle hız kontrolü

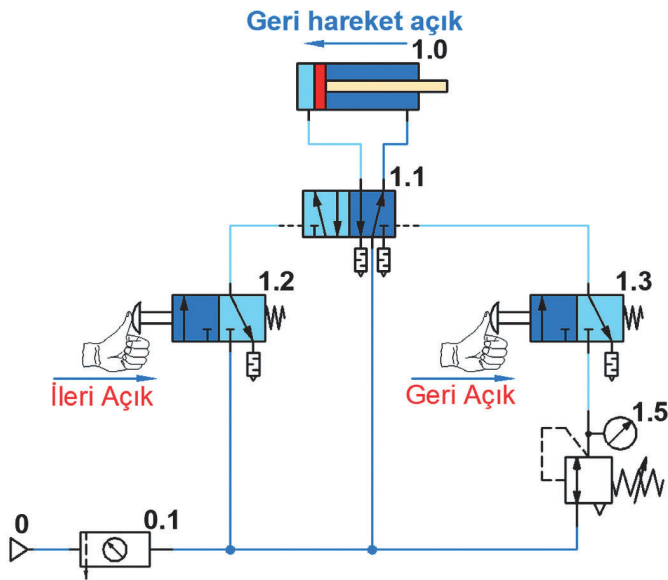
Devreyi çalıştırmak için B konumunda 3/2 (1.1) yön kontrol valfine basılır. Piston çabuk boşaltma valfinden geçerek normal hızda ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. C konumunda pistonu geri getirmek için tekrar 3/2 (1.1) yön kontrol valfi butonuna basılır. Çabuk boşalma valfi üzerinden akışkan hızla geçer, piston geri konuma gelir ve durur.

### 3.6.3.3. Basınç Kontrollü Pnömatik Devreler

Bu devrelerde amaç, aynı çaptaki silindirlerle farklı baskı kuvvetleri uygulamaktır. Aynı çaptaki silindirlerle çok fazla işlem yapılmış olur. Genelde basınç düşürme ve yükselme valfleri kullanılır. Yapılan devrelerde istenilen basıncı ayarlayabilecek kapasitede basınç kontrol valflerinin kullanılması gerekir.

Zaman kontrollü, saymaya bağlı kontrollü vb. devre elemanları ile devrelerde karma olarak da uygulama imkânları vardır. Devrenin korunması için pnömatik şartlandırıcılardan sonra devreye bağlanır.

#### 9. Örnek



Görsel 3.73: Çift etkili silindirin basınç kontrol valfiyle dolaylı çalışması

Bir adet çift etkili silindir, elle kumanda edilerek 5/2 her iki taraftan da pilot uyarılı yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku 100 mm'dir. Pistonun strok başında ve sonunda isteğe bağlı yön değiştirmesi istenir. Devrenin genel çalışma basıncı 6 bar'dır. Geri dönüş hareketi 4 bara ayarlı basınç kontrol valfinin yol vermesiyle gerçekleşecektir. Devre 2 adet 3/2 yön kontrol valfiyle çalıştırılacaktır. Görsel 3.73'de çift etkili silindirin basınç kontrol valfiyle dolaylı çalışması gösterilmiştir.

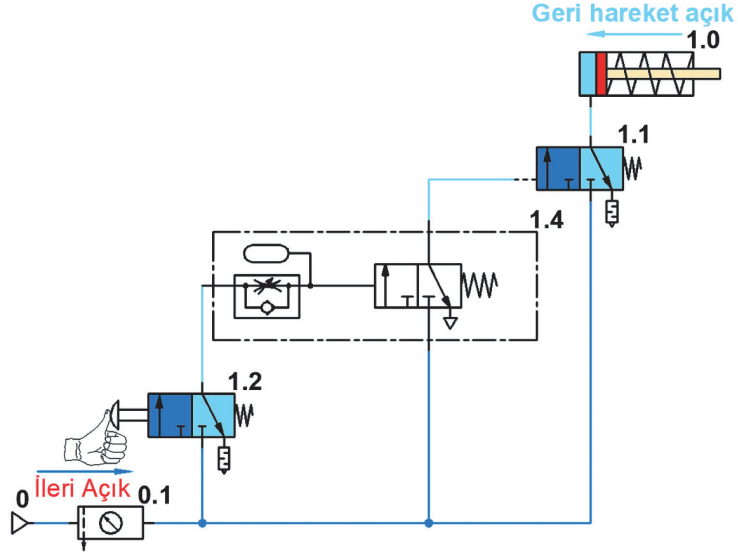
Devreyi çalıştırmak için 3/2 (1.2) yön kontrol valfine bir defa basılır. 5/2 (1.1) yön kontrol valfinin sol tarafına sinyal gönderilir. 5/2 (1.1) yön kontrol valfi konum değiştirir. Silindirin pistonu ileriye hareket ederek strok sonunda duracaktır. Pistonu geri getirmek için 3/2 (1.3) yön kontrol valfine bir defa basılır. 4 bar değeri sağlanınca 3/2 (1.3) yön kontrol valfi üzerinden 5/2 (1.1) yön kontrol valfinin sağ tarafına sinyal gönderilir. 5/2 (1.1) yön kontrol valfi konum değiştirir. Piston geri hareket ederek strok sonunda durur.

#### 10. Örnek

İki adet çift etkili silindir, aynı anda elle kumanda edilerek bir adet 5/2 her iki taraftan da pilot uyarılı yön kontrol valfiyle çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindiri stroku 100 mm'dir. Pistonun strok başında ve sonunda isteğe bağlı yön değiştirmesi istenir. Devrenin genel çalışma basıncı 6 bar'dır. Geri dönüş hareketi 4 bar'a ayarlı basınç kontrol valfinin yol vermesiyle gerçekleşecektir. Devre 2 adet 3/2 yön kontrol valfiyle çalıştırılacaktır. Görsel 3.74'te çift etkili iki silindirin basınç kontrol valfiyle dolaylı çalışması gösterilmiştir.



Görsel 3.75'te tek etkili silindirin zaman geciktirme valfiyle dolaylı çalışması gösterilmiştir.

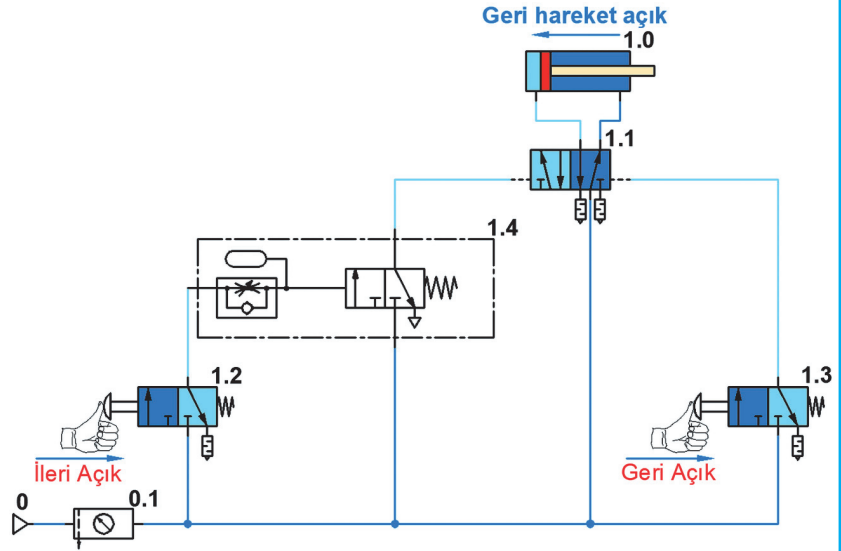


Görsel 3.75: Tek etkili silindirin zaman geciktirme valfiyle dolaylı çalışması

## 12. Örnek

Bir adet çift etkili silindir 5/2 çift taraftan pilot uyarılı yön kontrol valfiyle çalıştırılacaktır. Pistonun ileri hareketinde yön 5/2 kontrol valfi 4 sn. süreye ayarlı zamanlayıcının pilot uyarısı ile devreye girecektir. Çalıştırma valfi olan 3/2 (1.2) yön kontrol valfine en az 4 sn. basılması gerekir. Görsel 3.76'da çift etkili silindirin zaman geciktirme valfiyle dolaylı çalışması gösterilmiştir.

Devreyi çalıştırmak için 3/2 (1.2) yön kontrol valfine en az 4 sn. basılır. Bu sürenin sonunda zaman süreli 3/2 (1.4) yön kontrol valfi açılır. Pilot kontrollü 5/2 (1.1) yön kontrol valfine sinyal gönderir. 5/2 (1.1) yön kontrol valfi konum değiştirir. Silindirin arka kısmına akışkan dolar ve piston ileri gider.



Görsel 3.76: Çift etkili silindirin zaman geciktirme valfiyle dolaylı çalışması

Buton üzerindeki baskı kalksa da piston ileri konumda durmaya devam edecektir. Pistonun geri gelmesi için 3/2 (1.3) yön kontrol valfi butonuna bir defa basılır. Pilot kontrollü 5/2 (1.1) yön kontrol valfine sinyal gönderir. 5/2 (1.1) yön kontrol valfi konum değiştirir. Silindirin ön kısmına akışkan dolar ve piston geri giderek strok sonunda sabitlenir.

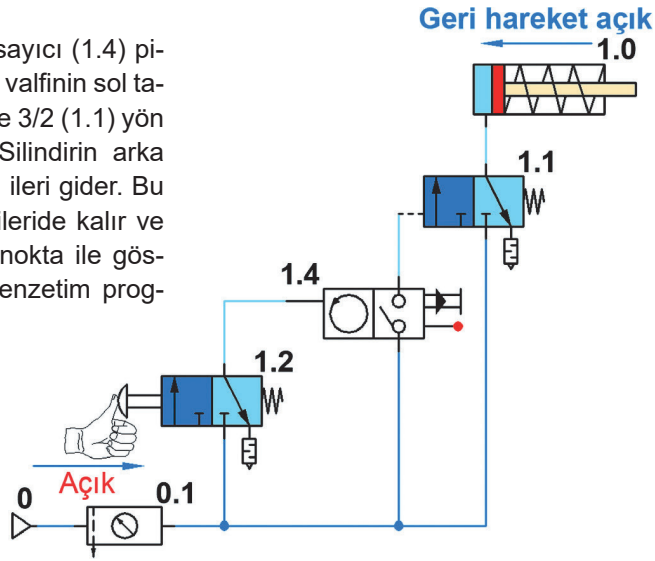
### 3.6.3.5. Saymaya Bağlı Kontrollü Pnömatik Devreler

Sayıcı röle kullanılarak istenilen sayma işlemi gerçekleştirilir. Silindir çıkışına bağlanacak kızıl ötesi, manyetik, optik, indüktif, kapasitif sensörlerden veya herhangi birinden alınan elektrik verileri (palsler), sayıcı röleye iletilir. Sayma işlemi gerçekleştirilir. Sensör, ayarlanan değeri sayınca elektromanyetik kumandalı valfin enerjisini keser ve sistem durur. Sensör, fiziksel büyüklükleri (ısı, kuvvet, basınç vb.) algılayan ve bunları elektriksel işaretlere dönüştüren elemandır.

#### 13. Örnek

Tek etkili bir silindir pnömatik sayıcı ile saymaya bağlı ve dolaylı elle kontrolle çalıştırılmak istenir. Silindir tek tarafı pilot uyarılı diğer tarafı yay geri dönüşlü 3/2 yön kontrol valfiyle çalıştırılacaktır. Sayıcı tek tek 3 basmaya göre ayarlanmıştır. Çalıştırma valfi olan 3/2 yön kontrol valfine tek tek 3 defa basılması gerekir. Görsel 3.77'de tek etkili silindirin pnömatik sayıcı valfle dolaylı çalıştırılması gösterilmiştir. Devreyi çalıştırmak için 3/2 (1.2) yön kontrol valfine tek tek 3 defa basılır.

Son basma işleminin sonunda sayıcı (1.4) pilot kontrollü 3/2 (1.1) yön kontrol valfinin sol tarafına sinyal gönderir. Bu sinyalle 3/2 (1.1) yön kontrol valfi konum değiştirir. Silindirin arka kısmına akışkan dolar ve piston ileri gider. Bu devrede işlem sonunda piston ileride kalır ve geri gelmez (Sayıcının kırmızı nokta ile gösterilen bağlantısı boşa kalır. Benzetim programında uygulama çalıştırıldığında birleştirilmemiş bağlantı için ikaz verir. İkaz kutusuna evet işaretlenerek benzetim programı çalıştırılmalıdır.).



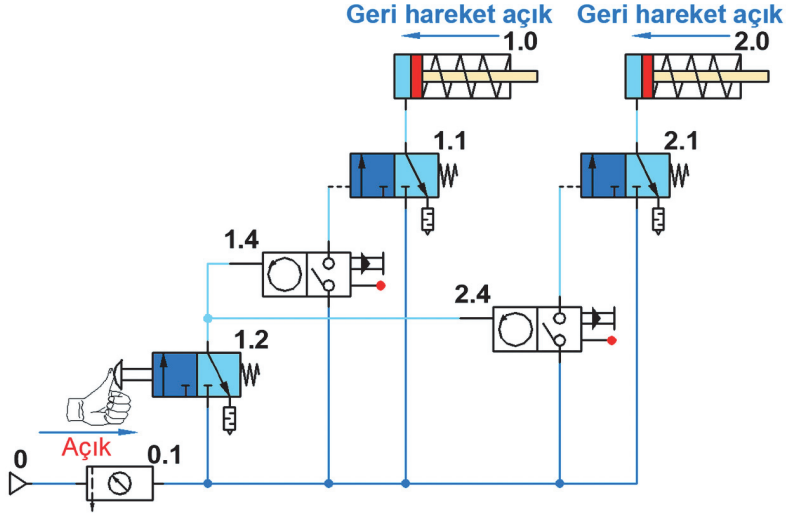
Görsel 3.77: Tek etkili silindirin pnömatik sayıcı valfle dolaylı çalıştırılması

#### 14. Örnek

İki adet tek etkili silindir pnömatik sayıcı ile pilot uyarılı yay geri dönüşlü 3/2 yön kontrol valfiyle dolaylı kontrolle çalıştırılacaktır. 1.0 numaralı silindirin sayıcısı tek tek 2 basmaya göre ayarlanmıştır. 2.0 numaralı silindirin sayıcısı tek tek 3 basmaya göre ayarlanmıştır. İki silindirin çalışması için çalıştırma valfi olan butonlu yay geri dönüşlü 3/2 yön kontrol valfine tek tek 3 defa basılması gerekir.

Devreyi çalıştırmak için 3/2 yön kontrol valfine tek tek 2 defa basılır. Sayıcı pilot kontrollü 3/2 yön kontrol valfine yol verir. 1.0 numaralı silindirin arka kısmına akışkan dolar ve piston ileri gider. Tekrar 3/2 yön kontrol valfine 1 defa basılır. Sayıcı pilot kontrollü 3/2 yön kontrol valfine yol verir. 2.0 numaralı silindirin arka kısmına akışkan dolar ve piston ileri gider. Bu devrede işlem sonunda pistonlar ileride kalır ve geri gelmez (Sayıcının kırmızı nokta ile gösterilen bağlantısı boşa kalır. Benzetim programında uygulama çalıştırıldığında birleştirilmemiş bağlantı için ikaz verir. İkaz kutusuna evet işaretlenerek benzetim programı çalıştırılmalıdır.).

Görsel 3.78'de tek etkili iki silindirin pnömatik sayıcı valflerle dolaylı çalıştırılması gösterilmiştir.



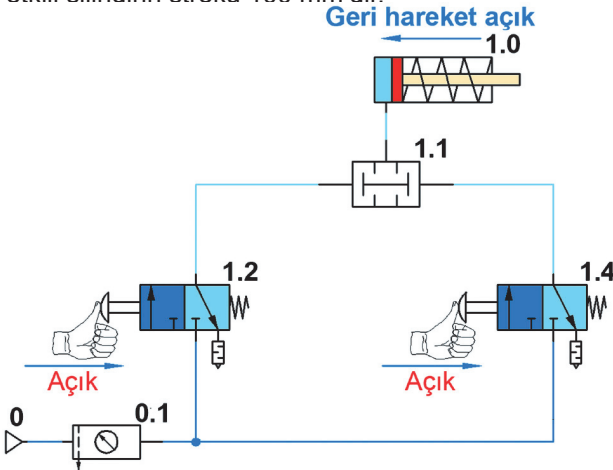
Görsel 3.78: Tek etkili iki silindirin pnömatik sayıcı valflerle dolaylı çalıştırılması

### 3.6.3.6. VE Valf Kontrollü Pnömatik Devreler

Pnömatik ve hidrolik devrelerde VE mantığı VE valfi kullanılmadan da gerçekleştirilebilir. Bunun için sinyal üretici butonlu ikinci valfin; 1. hava girişi, birinci valfin 2. hava çıkışına bağlanır. Bu bağlantıya **seri bağlama** denir. Böylece 1. valfin butonuna basılması hâlinde açılan hava yolu ile 2. valfe hava gidecek, böylece ve şartı oluşacaktır. VE valfleri; sistemde sinyal üretici valflerin hemen üstünde, ikinci katta yer alır. Butonlu valflerden aldıkları havayı, istenilen şarta uygun olarak yönlendirirler.

#### 15. Örnek

Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek VE valfiyle doğrudan çalıştırılmak istenir. Tek etkili silindirin stroku 100 mm'dir.



Görsel 3.79: Tek etkili silindirin VE valfiyle doğrudan çalıştırılması

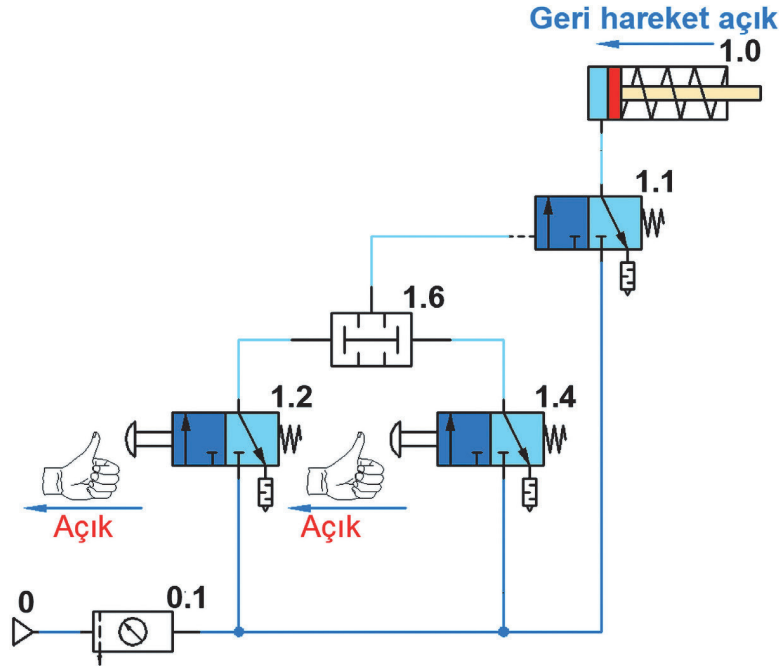
Güvenlik nedeniyle pistonun ilerlemesi 2 adet butonlu elle kumandalı 3/2 yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Piston geri konumda durur. Görsel 3.79'da tek etkili silindirin VE valfiyle doğrudan çalıştırılması gösterilmiştir.

Devreyi çalıştırmak için 3/2 (1.2) ve 3/2 (1.4) yön kontrol valflerine birlikte basılır. VEYA valfinin (1.1) konumu değişir. Silindirin arka kısmına akışkan dolar. İki butondaki baskı kuvveti devam ettiği sürece piston ileriye hareket edip strok sonunda

duracaktır. Pistonu geri getirmek için herhangi bir 3/2 (1.2 veya 1.4) yön kontrol valfi butonu serbest kalırsa piston geri konuma gelir ve durur.

**16. Örnek**

Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek VE valfiyle dolaylı olarak çalıştırılmak istenir. Tek etkili silindirin stroku 100 mm'dir. Güvenlik nedeniyle pistonun ilerlemesi 2 adet butonlu elle kumandalı 3/2 yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Silindir geri strokta sabit durur. Görsel 3.80'de tek etkili silindirin VE valfiyle dolaylı çalıştırılması gösterilmiştir.



Şekil 3.80: Tek etkili silindirin VE valfiyle dolaylı çalıştırılması

Devreyi çalıştırmak için 3/2 (1.2) ve 3/2 (1.4) yön kontrol valflerine birlikte basılır. VEYA valfinin (1.6) konumu değişir. 3/2 (1.1) yön kontrol valfinin sol tarafına sinyal iletilir. 3/2 (1.1) yön kontrol valfinin konumu değişir. Silindirin arka kısmına akışkan dolar. İki butondaki baskı kuvveti devam ettiği sürece piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Pistonu geri getirmek için herhangi bir 3/2 (1.2 veya 1.4) yön kontrol valfi butonu serbest kalırsa piston geri konuma gelir ve durur.

**3.6.3.7. VEYA Valf Kontrollü Pnömatik Devreler**

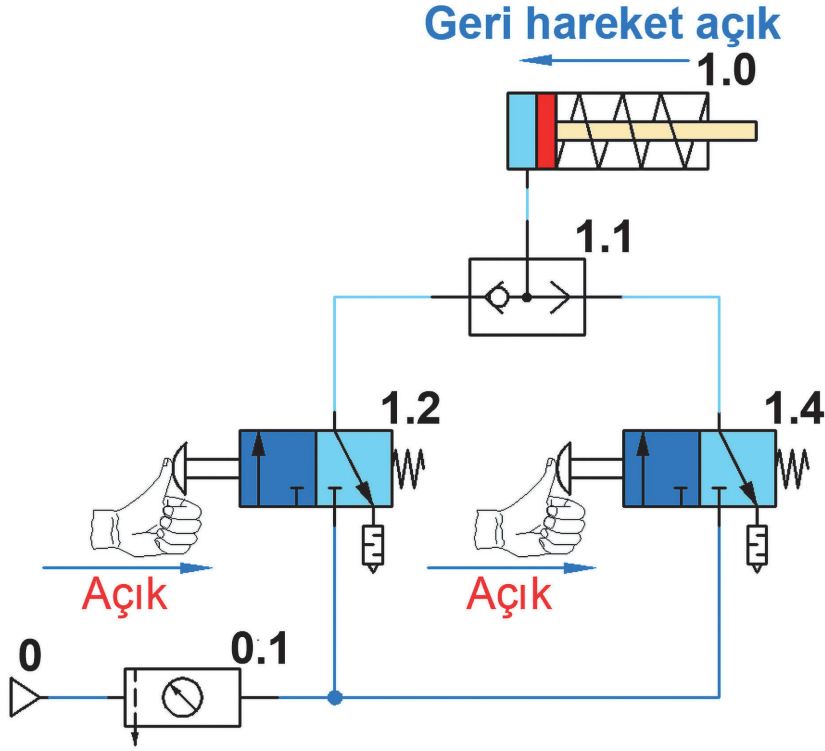
Veya; dilimizde birbirinden bağımsız iki şarttan herhangi birisinin bir faaliyet yaptığı ya da yapacağı durumlarda kullanılan bir kelimedir. Hidrolik için bu, silindirin pistonu içerden veya dışardan butona basılırsa ileri gidip kapıyı kapatsın olabilir. Hidrolik sistemler için istenen veya şartlarının yerine getirilmesi için de VEYA mantığına cevap verecek valfler geliştirilip VEYA valfi olarak adlandırılmıştır. Veya valfleri, sistemde sinyal üretici valflerin hemen üstünde ikinci katta yer alır. Butonlu valflerden aldıkları havayı, istenilen şarta uygun yönlendirir.

**17. Örnek**

Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek ileri ve geri hareketi VEYA valfi yardımıyla doğrudan çalıştırılmak istenir. Silindirin kontrolü VEYA (1.1) valfiyle sağlanacaktır. Tek etkili silindirin stroku 100 mm'dir. Devrede pistonun ileri hareketi 2 adet butonlu elle kumandalı 3/2 yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır.

**18. Örnek**

Silindir pistonu geride ve strok sonunda durur. Görsel 3.81'de tek etkili silindirin VEYA valfiyle doğrudan çalıştırılması gösterilmiştir.



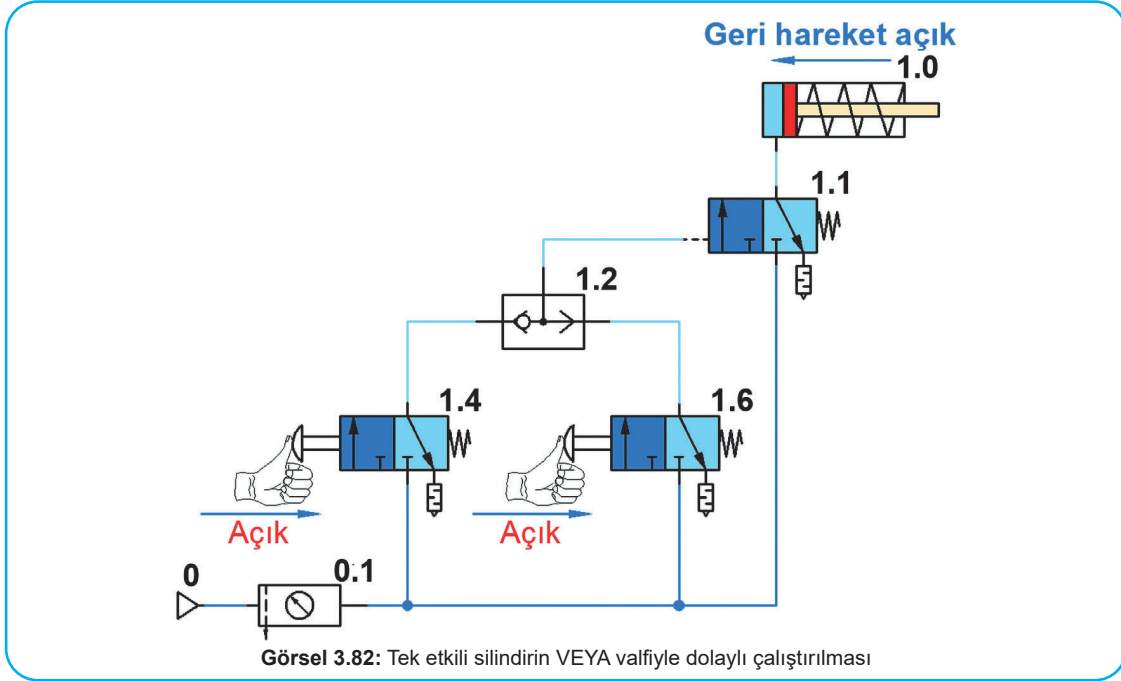
Görsel 3.81: Tek etkili silindirin VEYA valfiyle doğrudan çalıştırılması

Devreyi çalışmak için 3/2 (1.2) veya 3/2 (1.4) yön kontrol valflerinden birine basılır. Buton üzerindeki baskı devam ettiği sürece VEYA (1.1) valfi açık kalacak ve silindirin arka tarafına akışkan dolacaktır. Piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Buton üzerindeki baskı kalktığında piston geri gelerek strok sonunda duracaktır.

**19. Örnek**

Bir adet tek etkili silindir elle kumanda edilerek ileri ve geri hareketi VEYA valfi yardımıyla dolaylı kontrolle çalıştırılmak istenir. Silindirin kontrolü 3/2 (1.1) pilot uyarılı yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle sağlanacaktır. Tek etkili silindirin stroku 100 mm'dir. Devrede pistonun ileri hareketi 2 adet butonlu elle kumandalı 3/2 (1.4 ve 1.6) yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Devrede silindir pistonu geride ve strok sonunda durur.

Devreyi çalışmak için 3/2 (1.4) veya 3/2 (1.6) yön kontrol valflerinden birine basılır. Buton üzerindeki baskı devam ettiği sürece VEYA (1.2) valfi açık kalacak ve silindirin arka tarafına akışkan dolacaktır. Piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Buton üzerindeki baskı kalktığında piston geri gelerek strok sonunda duracaktır (Bu tür devreler çift yerden çalıştırıldıkları için uzun mesafelerde iş yapan tezgâhlara uygulanır. Çalışan kişi tekrar başlangıç butonunun yanına gitmeden devreyi çalıştırır.). Görsel 3.82'de tek etkili silindirin VEYA valfiyle dolaylı çalıştırılması gösterilmiştir.

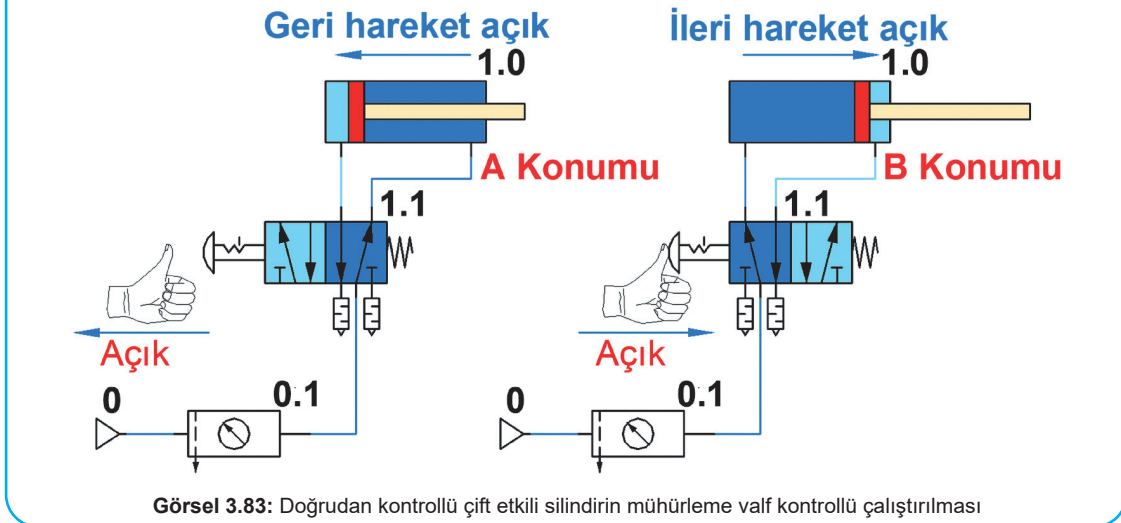


### 3.6.3.8. Mühürleme Kontrollü Pnömatik Devreler

Mühürleme, işlemi iş elemanlarının konumlarını sabitleme işlemidir. Mühürleme işlemi yapılan bir devre kendi kendine açılmaz. Mühürlemeler doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilir. Mühürleme devresi kurmak için gerekli çizimler benzetim programlarında çizilerek denemeleri yapılır. Devre doğru çalışıyorsa gerçek ortamda montaj işlemleri yapılır.

#### 20. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde dönüş yolu açık 4/2 bir tarafı tırnaklı buton, diğer tarafı yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle doğrudan mühürlemeli olarak çalıştırılmak istenir. Çift etkili silindirin stroku 100 mm'dir. A konumunda piston içeride ve mühürlenmiş olarak durur. Görsel 3.83'te doğrudan kontrollü çift etkili silindirin mühürleme valf kontrollü çalıştırılması gösterilmiştir.

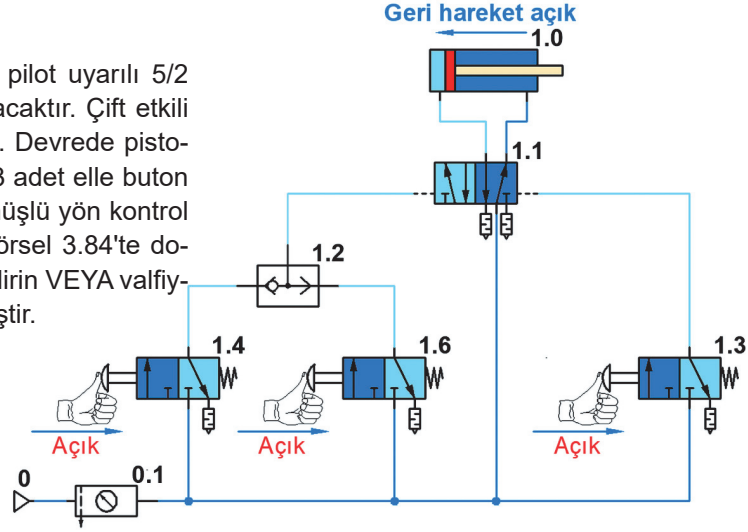


Devreyi çalışmak için B konumunda 5/2 (1.1) yön kontrol valfine bir defa basılır. Piston ileriye hareket edip strok sonunda durup mühürlenecektir. Pistonu geri getirmek için 5/2 (1.1) yön kontrol valfine bir defa daha basılır ve valfin konumu değişir. Piston geriye hareket edip strok sonunda durup mühürlenecektir. Bu tür devreler basit makine ve aparatların çalıştırılması için çok uygundur.

### 21. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek ileri ve geri hareketi VEYA valfi yardımıyla dolaylı mühürleme devresiyle çalıştırılmak istenir.

Silindirin kontrolü iki tarafı pilot uyarılı 5/2 yön kontrol valfiyle sağlanacaktır. Çift etkili silindirin stroku 100 mm'dir. Devrede pistonun ileri ve geri ilerlemesi 3 adet elle buton kumandalı 3/2 yay geri dönüşlü yön kontrol valfleriyle sağlanacaktır. Görsel 3.84'te dolaylı kontrollü çift etkili silindirin VEYA valfiyle mühürlenmesi gösterilmiştir.



Görsel 3.84: Dolaylı kontrollü çift etkili silindirin VEYA valfiyle mühürlenmesi

Devreyi çalışmak için 3/2 (1.2) veya 3/2 (1.4) yön kontrol valflerinden birine basılır. Piston ileriye hareket edip strok sonunda duracaktır. Pistonun devamlı basınç altında kalmasıyla mühürleme işlemi gerçekleştirilmiş olacaktır. Pistonu geri getirmek için 3/2 (1.3) yön kontrol valfi butonuna basılır. Piston geri gelerek ilk konumunda mühürlenerek durur.

### 3.6.3.9. Merkez Konumlu Valf Kontrollü Pnömatik Devreler

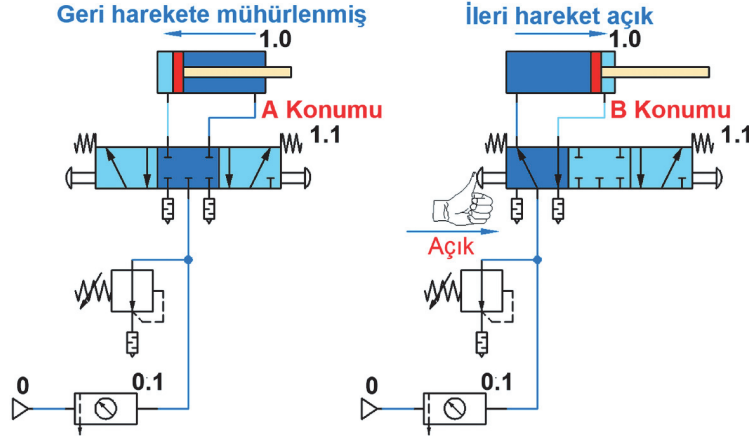
Bu tür devreler genellikle iş makineleri ve imalat tezgâhlarında çok sık kullanılır. Pistonun istenilen yerde durdurulması ve tekrar çalıştırılması kolaydır. Merkez konumları değişik birçok valf vardır. Bu valfler de işin özelliğine göre seçilerek ve istenilen kumanda çeşitleri kullanılarak da devreye bağlanır.

### 22. Örnek

Bir adet çift etkili silindir elle kumanda edilerek normalde kapalı merkez konumlu 5/3 iki tarafı butonlu ve yay geri dönüşlü yön kontrol valfiyle doğrudan çalıştırılmak istenir. Devreyi yüksek basınçtan korumak ve kompresörün zorlanmasını engellemek için ayarlanabilir basınç kontrol valfi kullanılması gerekir. Piston başlangıçta geri konumda durur. Çift etkili silindirin stroku 100 mm'dir. A konumunda devre mühürlenmiş ve piston kolu içeridedir. Görsel 3.85'te çift etkili silindirin 5/3 kapalı merkez konumlu valfle çalıştırılması gösterilmiştir.

Devreyi çalıştırmak ve pistonun ileriye gitmesi için B konumunda 5/3 (1.1) yön kontrol valfinin solundaki butona basılır. Piston ileriye hareket eder. Piston son konuma geldiğinde baskı kuvveti kaldırılır ve strok sonunda piston durup mühürlenecektir. Bu arada yay etkisiyle valfin konu-

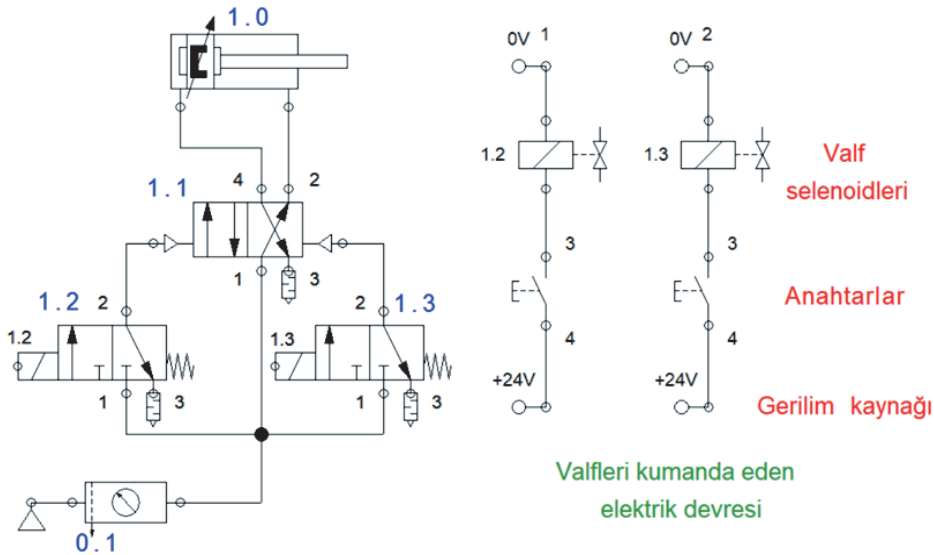
mu tekrar kapalı merkez konumuna geçecektir. Pistonu geri getirmek için 5/3 (1.1) yön kontrol valfinin sağ tarafındaki butona basılır ve valfin konumu değişir. Piston geriye hareket eder. Piston son konuma geldiğinde baskı kuvveti kaldırılır ve strok sonunda piston durup mühürlenenecektir. Bu arada yay etkisiyle valfin konumu tekrar kapalı merkez konumuna geçecektir (Kapalı merkez konumlu valflerle pistonun istenilen bir yerde sabit edilme özelliği kazandırılmıştır.).



Görsel 3.85: Çift etkili silindirin 5/3 kapalı merkez konumlu valfle çalıştırılması

### 3.6.3.10. Elektro-Pnömatik Devreler

Pnömatik, elektrik, elektronik, mekanik kontrol tekniklerinin bir arada kullanıldığı sistemlere **elektro pnömatik** denir. Hidrolik ve pnömatik akışkanlarla beraber elektrik teknolojisinin bir arada kullanılması, endüstriyel otomasyon çözümlerinin uygulamalarında önemli rol oynar. Bu tür bir çözüm ile daha kısa sürede, ucuz ve güçlü bir üretim sistemine ulaşılır. Elektrik ve elektroniğin mekanik kontrol teknikleriyle bir arada kullanıldığı sistemlere **elektro-hidrolik** ve **elektro pnömatik sistemler** denir. Elektrik akımının hızının yüksek olması ve çok uzak mesafelere sorunsuz olarak iletilmesi, hidrolik ve pnömatik sistemlerde elektriğin kumanda sinyali olarak kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Elektro-Pnömatik devre, pnömatik ve elektrik kontrol devresi olarak iki devreden oluşur. Güç devresi ve kontrol devresi ayrı ayrı çizilir (Görsel 3.86).

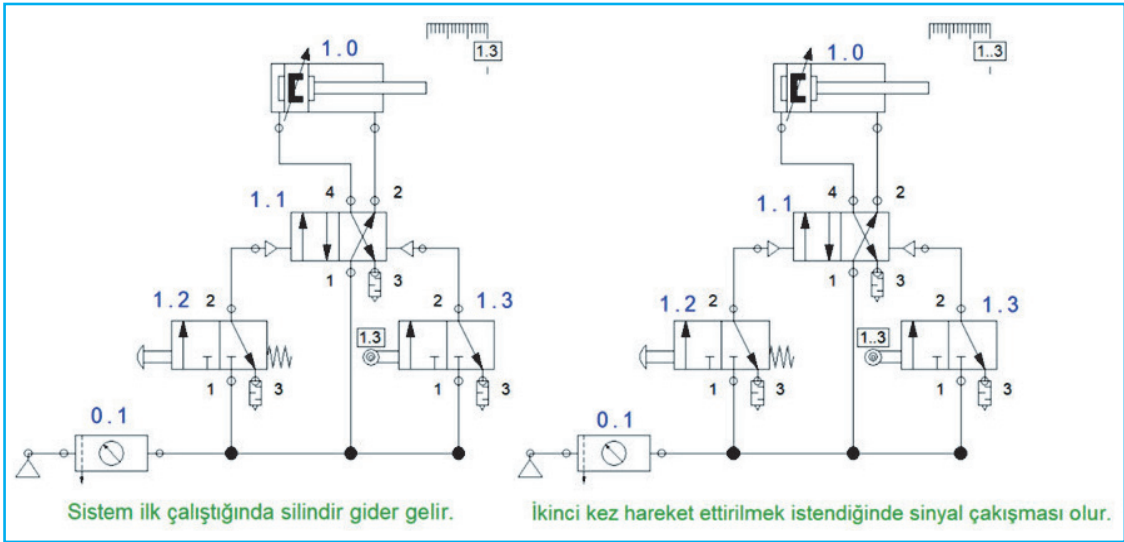


Görsel 3.86: Elektro-Pnömatik devre

**Devrenin Çalışması:** Selenoid valfler, elektrik enerjisi ile valfin konumunu değiştirirler. Devrede 1.2 ve 1.3 numaralı valfler selenoidlerle kumanda edilir. Bu iki valfi kumanda etmek için iki ayrı elektrik devresi mevcuttur. Bu devrelerden 1.2 numaralı valf selenoidi 1.2 numaralı valfi, 1.3 numaralı valf selenoidi 1.3 numaralı valfi kumanda eder. Normalde açık kontaklı bağlanmış elektrik anahtarlarını kapatarak elektrik akımının geçmesi sağlanır. Bu şekilde selenoidler bağlı oldukları valfin konumunu değiştirir. Anahtarın açılmasıyla yay geri itmeli valfler eski konumuna gelir.

### 3.6.4. Pnömatik Devrelerde Sinyal Çakışması

Pnömatik devrelerde kullanılan sinyal valfleri, silindirin ileri ve geri hareketini sağlar. Eğer bu sinyalleri üreten iki valf aynı anda farklı yönlerde hareket ettirmek için sinyal gönderirse, silindiri kontrol eden yön kontrol valfi hareketsiz kalır ve mevcut konumunu korur. Bu da sistemin çalışmaması demektir. Devreler tasarlanırken sinyal çakışmasının olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer çakışan sinyal varsa çakışma giderilmelidir. Örneğin Görsel 3.87'de 1.3 numaralı makaralı sinyal valfi, yay geri itmeli olmadığından silindirden aldığı hareketle sinyal üreten konuma geçer. İleri konumdaki silindirin geri gitmesini sağlar. 1.2 numaralı sinyal valfiyle sinyal gönderilmesi durumunda, 1.1 numaralı valfe iki taraftan da sinyal geldiğinden hareketsiz kalır ve silindir ileri harekete geçmez. Böyle bir durumda 1.3 numaralı makaralı valfi yay geri itmeli yapılırsa sorun ortadan kalkar. Buradan da anlaşılacağı üzere çakışmanın durumuna göre çakışmayı önleyecek tedbir alınmalıdır.



Görsel 3.87: Sinyal çakışması olan pnömatik devre

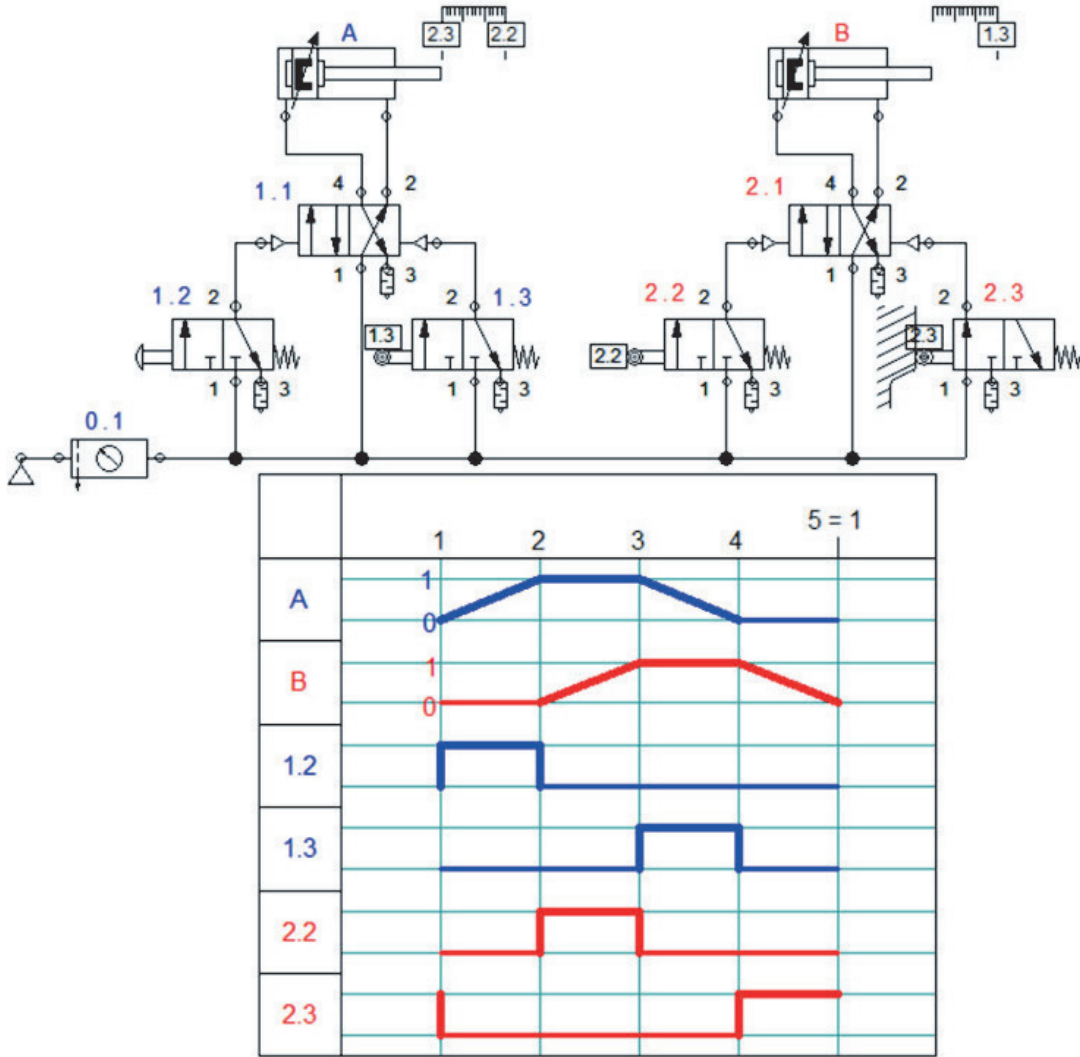
### 3.6.5. Hareket Kontrol Diyagramı

Pnömatik devrelerde kullanılan silindirlerin ve o silindirlere sinyal üreten valflerin hareketlerinin gösterildiği diyagrama **hareket kontrol diyagramı** denir. Bu diyagramda silindir ve sinyalcilerin hareketlerini görebildiğimiz gibi sinyal çakışmasının olup olmadığı da kontrol edilebilir.

Hareket ve kontrol (sıralama) diyagramında silindirler ve valfler için birer satır çizilir. Silindirlerin geri hareketini alt satır, ileri hareketini üst satır gösterir. Sinyal valflerinde ise alt satır valfin sinyal-siz normal konumunu, üst satır uyarı verdiğinde ulaştığı konumunu gösterir. Silindirler hareketlerini belirli bir zaman içinde yaptıkları için, hareketleri eğik bir çizgiyle gösterilir. Her bir hareket için bir sütun çizilir. Aynı silindire sinyal veren valfler alt alta çizilir.

Görsel 3.88'de iki silindri bir pnömatik devre ve hareket kontrol diyagramı gösterilmiştir.

Sinyal çakışması olup olmadığı, hareket ve kontrol diyagramında aynı silindir için sinyal oluşturan valflerin (1.2 ile 1.3 ve 2.2 ile 2.3) çıkışlarının herhangi bir sütunda aynı anda 1 olup olmadığına bakılır. Eğer sinyaller aynı sütunda 1 olmuşsa çakışma var demektir. Görsel 3.88'e bakıldığında sinyal çakışması olmadığı görünür.



Görsel 3.88: Pnömatik devre ve hareket kontrol diyagramı

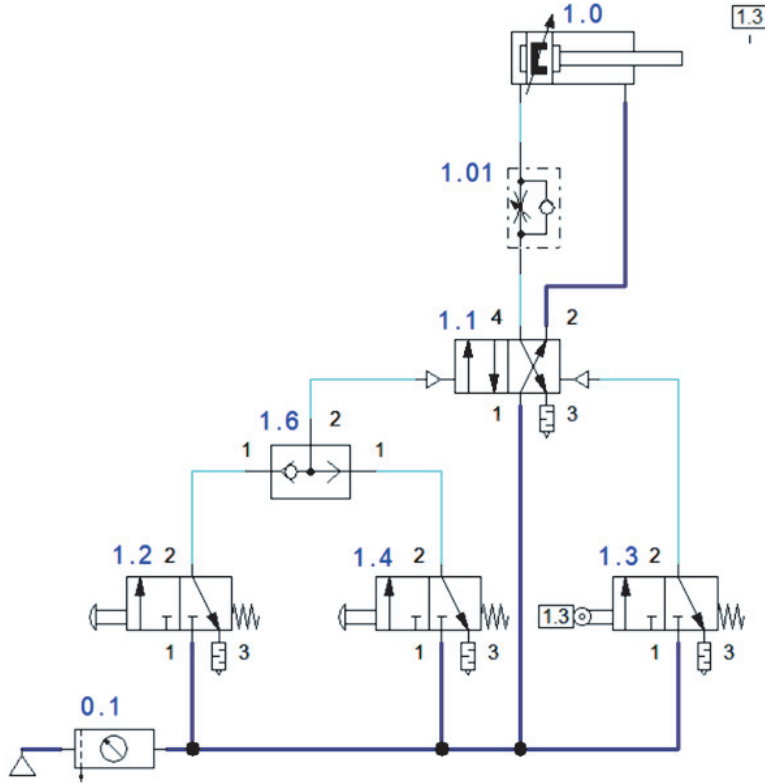
### 3.6.6. Pnömatik Devre Çizim Örnekleri

İstenilen hareketlere göre devre tasarlayabilmek için pnömatik valflerin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Farklı hareketler için tasarlanacak örnek devreleri inceleyerek valflerle neler yapılacağı hakkında fikirler oluşacaktır.

## 23. Örnek

Sağ veya sol el ile butona basılması durumunda silindir, yavaş bir şekilde ileriye hareket edecek, piston ileri son konuma vardığında otomatik olarak kendisin geri geleceği pnömatik devre çiziniz.

Görsel 3.89'da istenilen hareketleri sağlayacak devre çizilmiştir. İleri ve geri hareket kontrol dâhilinde olması gerektiği için çift etkili silindir (1.0) kullanılmıştır. İleri ve geri hareket sinyalleri üretilerek kontrol sağlanacağı için, her iki taraftan pnömatik kontrollü 4/3 yön kontrol valfi (1.1) kullanılmıştır. 2 adet 2/3'lük butonlu yön kontrol valfi (1.2 ve 1.4) ile ileri hareket sağlanmıştır. İleri hareket için kullanılacak bu iki valften, herhangi biriyle hareket ettirilebilmesi istendiği için VEYA valfi (1.6) kullanılmıştır. İleri hareketin yavaş olması istendiği için de silindirin arka girişine çek valfli ayarlanabilir akış kontrol valfi (1.01) takılmıştır. Piston ileri son konumunda otomatik geri gelmesi istendiği için makaralı 2/3 yön kontrol valfi (1.3) kullanılmıştır. Devrede sinyal çakışmasını önlemek için sinyalcı valflerin üçünü de yay geri itmeli seçilmiştir.



Görsel 3.89: Örneğin pnömatik devresi

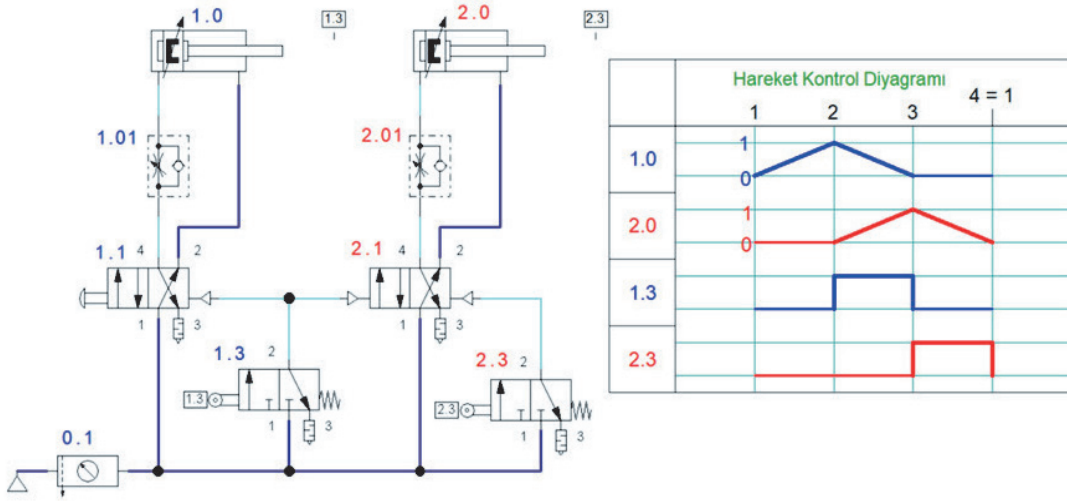
### Devrenin Çalışması

- 1.2 veya 1.4 sinyalcı valflerinden herhangi birine basılır ve 1.1 numaralı valfe sinyal gider.
- 1.1. numaralı valften geçen hava çekvalfli akış kontrol valfine girer ve ayarlanan hızda havanın geçmesini sağlar.
- 1.0 numaralı silindir ileri doğru harekete geçer. İleri son konuma geldiğinde, 1.3 numaralı valfin yönünü değiştirir.
- 1.3 numaralı valf, 1.1 numaralı valfe sinyal göndererek konumunun değişmesini sağlar.

## 24. Örnek

Bir mengeneye bağlanan lama, iki operasyonla bükülecektir. 1. Silindir bükme yapıp geri hareketine başladığında, 2. Silindir bükmek için ileri gidip geri gelmesi istenir. Her iki silindirin ileri hareketi yavaş geri hareketi hızlı olması gerekir. Lama mengeneye bağlandıktan sonra bir butona basılarak hareket başlayacak şekilde pnömatik devre tasarlayınız.

Görsel 3.90'da istenilen hareketleri sağlayacak devre ve hareket kontrol diyagramı gösterilmiştir. Sırayla iki silindirin ileri geri yapması istendiğinden 2 adet çift etkili silindir kullanıldı. Her iki silindirde ileri hareketini yavaş yapması istendiğinden silindirlerin arka giriş hatlarına çek valfli ayarlanabilir akış kontrol valfi takıldı. 1.0 numaralı silindir ilk hareketi yapacak silindir olması için ileri hareketi butonlu geri hareketi pnömatik sinyalli 4/3 yön kontrol valfi takıldı. 2.0 numaralı silindirin hareket kontrolü için her iki tarafı pnömatik sinyalli 4/3 yön kontrol valfi kullanıldı. 1.0 numaralı silindir ileri son konumuna gelip dönmesi ve aynı zamanda 2.0 numaralı silindirin ileri harekete başlaması için 1.3 numaralı 2/3 sinyal valfi kullanıldı. 2.0 numaralı silindirin ileri son konumuna gidip geri dönmesi içinde 2.3 numaralı 2/3'lük sinyal valfi kullanıldı.



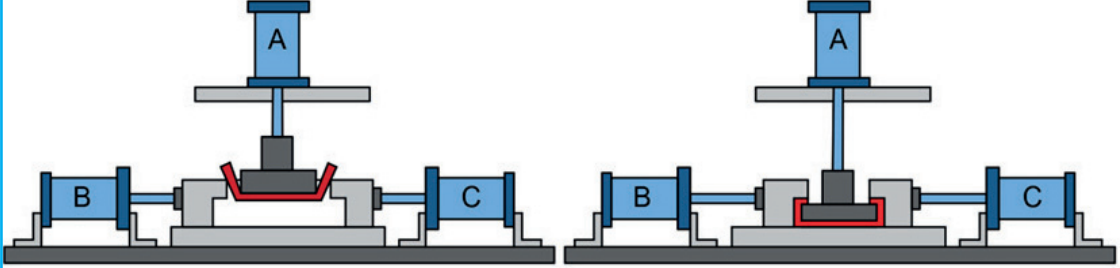
Görsel 3.90: Örneğin pnömatik devresi

## Devrenin Çalışması

- 1.1 numaralı el butonuna basıldığında 1.0 numaralı silindir ileri doğru hareket eder.
- 1.0 numaralı silindir son konumuna geldiğinde 1.3 numaralı sinyal valfinin konumunu değiştirir.
- 1.3 numaralı valf, 1.1 ve 2.1 numaralı valflerin konumunu değiştirir.
- 1.0 numaralı silindir geriye, 2.0 numaralı silindiri ileriye hareket eder.
- 2.0 numaralı silindir son konumuna geldiğinde, 2.3 numaralı sinyal valfinin konumunu değiştirir.
- 2.3 numaralı valf, 2.1 numaralı valfe sinyal göndererek konumunu değiştirir.
- 2.0 numaralı silindir geri hareketini yaparak ilk konumuna gelir. Böylece çevrim tamamlanmış olur.

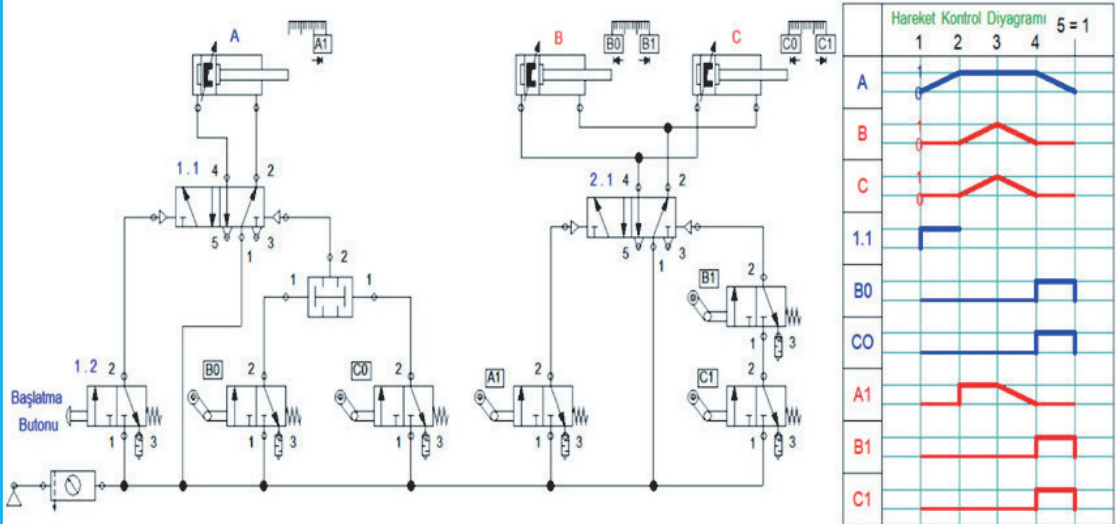
## 25. Örnek

Görsel 3.91'de gösterilen düzenekte sac malzemeye iki aşamada bükme işlemi uygulanıyor. Bu işlemi yapabilmek için A, B ve C adlarında 3 adet silindir kullanıyor. 1. aşamada A silindiri zemine kadar iterek U şeklinde bükülmesini sağlıyor. 2. aşamada B ve C silindirleri ileri hareket ederek sacın uç kısmını büküyor. Tek butona basılmasıyla hareket başlayacaktır. B ve C silindirleri ilk konumuna geldikten sonra A silindiri geri hareketini yapacak ve çevrim tamamlanacaktır. Bunu uygun pnömatik devre tasarımını yapınız.



Görsel 3.91: Sac malzemeye iki aşamada bükme işlemi uygulanması

Görsel 3.92'de istenilen hareketleri sağlayacak devre ve hareket kontrol diyagramı gösterilmiştir. B ve C silindirleri birlikte A silindiri ayrı hareket edeceği için 2 adet 5/2'lik yön kontrol valfi kullanıldı. A silindirine sinyal üretmesi için; ikisi mafsallı, biri butonlu olmak üzere 3 adet 2/3'lük sinyal valfi kullanıldı. A silindiri geri dönüşünü, B ve C silindirleri geri dönüş yaptıktan sonra yapacağı için VE valfi kullanıldı. B ve C silindirlerinin yön kontrol valfine sinyal üretmesi için, 3 adet mafsallı 3/2'lik valf kullanıldı.



Görsel 3.92: Örnek 3'ün pnömatik devresi ve hareket kontrol diyagramı

### Devrenin Çalışması

1.2 numaralı valfin butonuna basılır. 1.1 numaralı valfe sinyal gider ve konumu değişir. Böylece çevrim başlamış olur.

1.1 numaralı valften basınçlı hava geçer ve A silindirinin ileri doğru hareket etmesini sağlar.

A silindiri ileri son konumuna yaklaştığında (ileri son konumda sinyal gönderirse A1 aktif kalır ve sinyal çıkışı oluşur.), A1 sinyal valfini tetikler.

A1 sinyal valfi 2.1 numaralı valfin konumunu değiştirerek, B ve C silindirlerinin ileriye doğru hareket etmesini sağlar.

B ve C silindirleri ileri son konumlarına vardığında, B1 ve C1 valflerini tetikler ve sinyal oluşturmalarını sağlar.

B1 ve C1 valfleri, 2.1 numaralı valfe sinyal göndererek konumunu değiştirir. Böylece B ve C silindirleri geri harekete geçer. B1 ve C1 valfleri, silindirlerin ikisi de ileri son noktaya gitmeden dönmelerini diye seri bağlanmıştır.

B ve C silindirleri, geri hareketini tamamlamadan hemen önce (geri hareketi tamamlandıktan sonra sinyal göndermeleri durumunda sinyal çakışması olur.) B0 ve C0 valflerini sinyal üretmesi için tetikler.

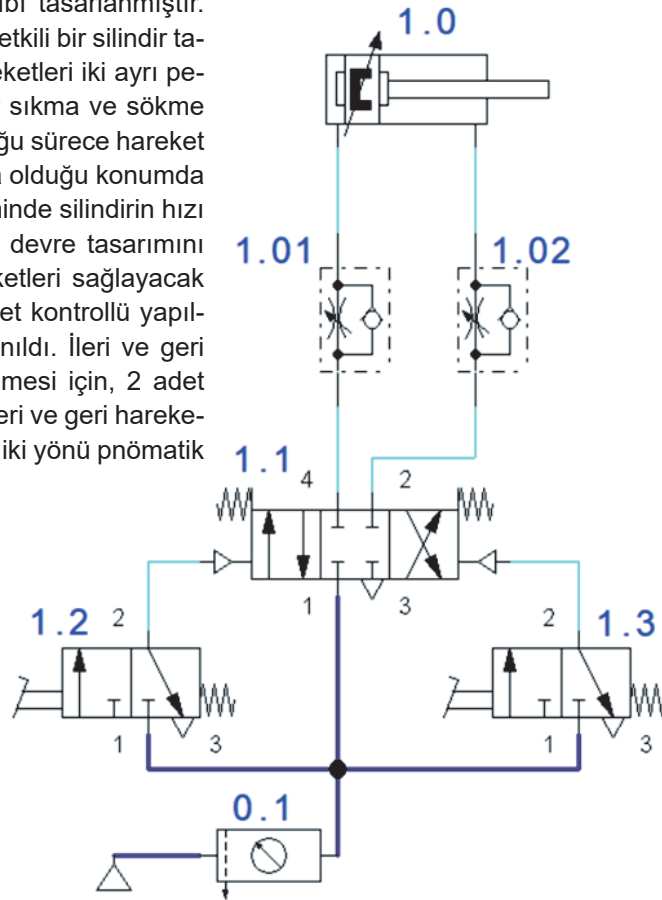
B0 ve C0 valfleri 1.1 numaralı valfe sinyal göndererek konumunu değiştirir. B ve C silindirlerinin ikisini de geride olduğunda, A silindirinin geri hareketine başlaması gerektiği için, B0 ve C0 valflerinin sinyalleri VE valfinden geçecek şekilde bağlandı. Bu şekilde B0 ve C0 valflerinden aynı anda sinyal gelmezse 1.1 numaralı valfin konumu değişmez.

A silindiri de geri hareketini tamamlar ve çevrim bitmiş olur.

## 26. Örnek

Bir CNC tezgâhında seri imalata yapılacaktır. İş parçalarını bağlamak için bir bağlama kalıbı tasarlanmıştır. Bu kalıpta, sıkma ve sökme işlemi çift etkili bir silindir tarafından yapılacaktır. İleri ve geri hareketleri iki ayrı pedallı kumanda ile yapılacaktır. Silindir sıkma ve sökme işlemi yapılırken, pedala basılı tutulduğu sürece hareket etmesi, pedaldan baskı kaldırıldığında olduğu konumda kalması istenir. Sıkma ve sökme işleminde silindirin hız ayarlanabilir olacak şekilde pnömatik devre tasarımını yapınız. Görsel 3.93'te istenilen hareketleri sağlayacak devre gösterilmiştir. İki yöndeki hareket kontrollü yapıldığı için 1 adet çift etkili silindir kullanıldı. İleri ve geri hareketlerde hız ayarlaması yapılabilmesi için, 2 adet tek yönlü akış kontrol valfi kullanıldı. İleri ve geri hareketi iki farklı kumanda ile yapılacağı için, iki yönü pnömatik kumandalı sinyal alıcı valf kullanıldı.

Valfe gelen sinyal kesildiğinde silindirin hareketsiz kalmasını sağlayabilmek için, orta konumu hava geçişsiz 3 konumlu 4/3 yön kontrol valfi seçilmiştir. Bu valf, sinyalsiz durumda geçişi kesmesi için her iki taraftan yay geri getirmelidir. Sinyal üretici olarak, 2 adet pedal kumandalı, yay geri getirmeli 3/2 yön kontrol valfi seçilmiştir.



Görsel 3.93: Örnek 4'ün pnömatik devresi

### Devrenin Çalışması

İş parçasını sıkmak için 1.2 numaralı pedallı valfe basılır. 1.2 valfi 1.1 valfine sinyal gönderir ve valfin konumunu değiştirir.

1.1 numaralı valf, 1.2 numaralı valften sinyal geldiği sürece, silindiri ileri hareket ettirecek şekilde hava geçişini sağlar.

1.2 numaralı valften sinyal kesildiğinde, 1.1 numaralı valf yay geri itme sayesinde orta konumuna gelerek hava geçişini keser.

Aynı işlemler geri dönüş hareketi için 1.3 numaralı sinyal valfi ile sağlanır.

### UYGULAMA FAALİYETİ

İki sac parçaya, bir pres tezgahında perçinleme işlemi yapılacaktır. Sac parçaları ve perçini, presi kullanacak kişi yerleştirecektir. Perçinleme işlemi 2 silindirle yapılacaktır. 1. silindir iş parçasını sabitleme işlemi yaptıktan sonra 2. silindir perçin çakma işlemi yapacaktır. Perçinleme işlemi bitene kadar sabitleme silindiri iş parçasını bırakmaması gerekir. Perçinleme bittikten sonra her iki silindirde bir sonraki iş için ilk konumuna dönmelidir. Çalışanın güvenliği açısından iki eliyle iki farklı butona basmasıyla silindirler hareket etmesi gerekir. Ayrıca iki silindirinde ileri hızı ayarlanabilmelidir. Perçin çakma işlemi bittiğinde her iki silindir de bir sonraki perçinlemeyi yapmak üzere ilk konumuna dönmelidir. Bu şartları sağlayacak pnömatik devreyi ve hareket kontrol diyagramını aşağıdaki boşluğa çiziniz (Süre: 40 dakika).

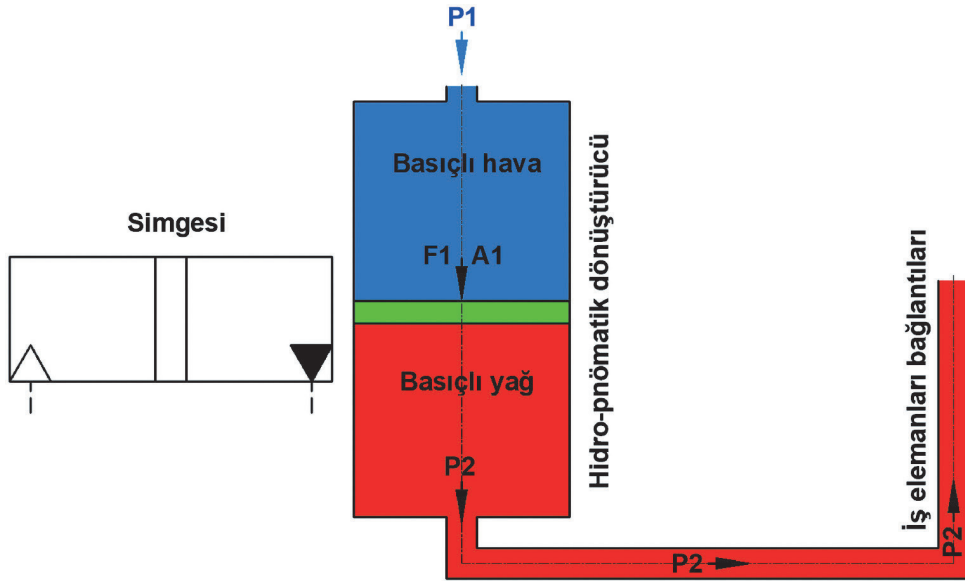
Ölçütler	Evet	Hayır
1. İstenilen şartlara uygun, hareket kontrol diyagramını çizer.		
2. Pnömatik devrede kullanılacak devre elemanlarını seçer.		
3. Pnömatik devre elemanlarını uygun şekilde yerleştirir.		
4. Pnömatik devre elemanlarını uygun şekilde adlandırır.		
5. Devre elemanları arasındaki bağlantıları çizer.		

### 3.7. HİDRO-PNÖMATİK DEVRELER VE ÇİZİMLERİ

Hidrolik ve pnömatik devrelerin birlikte çalışmasıyla oluşturulan devrelere **hidro-pnömatik devreler** denir. Bazı ortamlarda, devrelerde hidrolik ve pnömatik sistemlerin kullanılması verimli olmayabilir. Hidrolik sistemler genellikle kirlilik yaratan, pnömatik sistemler ise yüksek güç üretemeyen sistemlerdir. Bu ve buna benzer durumları ortadan kaldırmak için hidro-pnömatik devreler tasarlanmıştır. Yapıları hidrolik güç yükseltici ve hidrolik krikolara benzer. Genel olarak hidro-pnömatik devrelerde hava basınç kaynağı, yön kontrol valfi ve birleşik pnömatik-hidrolik silindir bulunur. İhtiyaca göre devre elemanları veya hidrolik silindir ilave etme imkânları vardır. Hız ve güç kontrolü gerektiren işlerde yüksek verimlilikle kullanılır. Preslerde, ağır iş tezgâhlarında, iş makinelerinde, otomotiv sektöründe, basınç yükseltme işlemleri vb. yerlerde kullanılır.

#### 3.7.1. Hidro-Pnömatik Dönüştürücüler

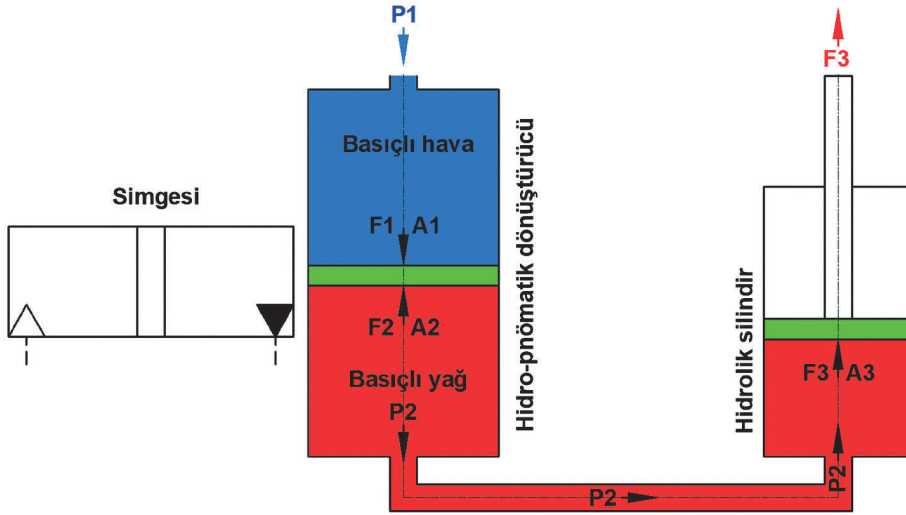
Hidrolik akışkanla çalışan sistemi pnömatik, pnömatik akışkanla çalışan sistemi hidrolik sisteme döndüren devre elemanlarına **hidro-pnömatik dönüştürücü** denir. Bu şekilde kullanım çeşitliliği elde edilir. Temel olarak çalıştırma ve kontrol özelliklerini iyileştirmek için tasarlanır. Oluşturulan dönüştürücü ile gerekli olan iş elemanlarının çalışması sağlanır. Bu tür dönüştürücüler istenen amaçlar için küçük veya büyük boyutlarda tasarlanabilir. Hidro-pnömatik dönüştürücüler yapılacak işin nitelikleri bilinerek tasarlanmalıdır. Aksi takdirde verim elde etmek imkânsız olur. Görsel 3.94'te hidro-pnömatik dönüştürücü örneği ve sembolü gösterilmiştir.



Görsel 3.94: Hidro-pnömatik dönüştürücü örneği ve sembolü

#### 3.7.2. Hidro-Pnömatik Kriko Tarzı Basınç Yükselticiler

Hidro-pnömatik kriko tarzı basınç yükselticiler, birçok işlem için tercih edilen ve sık kullanılan bir devre elemanıdır. Normal hidrolik kriko ve mungenenin çalışma sistemine benzer. Tek etkili veya çift etkili olarak tasarlanabilir. Genel olarak yapılacak işin niteliğine göre devreye yerleştirilir. Bu tür devreler hem güç yükseltme hem de devre elemanlarının kontrolü amaçlı çalıştırılır. Görsel 3.95'te hidro-pnömatik kriko tarzı basınç yükseltici gösterilmiştir.



Görsel 3.95: Hidro-pnömatik kriko tarzı basınç yükseltici

Sistem incelendiğinde kompresörden gelen  $P_1$  basınçlı hava  $A_1$  kesitli pistonu baskı yaparak  $F_1$  kuvvetinin oluşmasını sağlar.  $A_1$  kesitinin her iki tarafta aynı olması sebebiyle  $P_1 = P_2$  basıncı oluşur. Bu basınç doğrudan hidrolik silindirin  $A_2$  kesit alanına baskı yaparak  $F_2$  kuvvetinin oluşmasını sağlar.

$P_1$  = Pistona etki eden hava basıncı (Pa)

$A_1$  = Hidro-pnömatik dönüştürücü piston yüzey alanı ( $m^2$ )

$F_1$  = Hidro-pnömatik dönüştürücü pistonu etki eden kuvvet (N)

$P_2$  = Hidro-pnömatik dönüştürücü pistonun ürettiği yağ basıncı (Pa)

$A_2$  = Hidrolik silindir piston yüzey alanı ( $m^2$ )

$F_2$  = Hidrolik silindir pistonuna etki eden kuvvet (N)

Hidro-pnömatik dönüştürücü piston alanı ve hidrolik silindir piston alanının eşit olması hâlinde  $F_1 = F_2$  olacaktır. Bu tip hidro-pnömatik sistemlerin hesaplamaları.

$F_1 = P_1 \cdot A_1$  ve  $F_2 = P_2 \cdot A_2$

$P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2$  veya  $P_1/P_2 = A_2/A_1$  şeklinde olacaktır.

### 27. Örnek

Bir pnömatik devrede hidro-pnömatik kriko tarzı basınç yükseltici kullanılır. Basınç yükselticinin basınçlı hava kısmına 200 kPa basınçlı hava girer. Aradaki pistonun alanı  $60 \text{ cm}^2$  ve devrede kullanılan iş silindirinin piston alanı  $20 \text{ cm}^2$ 'dir. Buna göre

- Basınçlı havanın üreteceği  $F_1$  ve  $F_2$  kuvveti,
- İş silindirinin oluşturacağı  $F_3$  kuvveti, aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır:

#### Verilenler

$P_1 = 200 \text{ kPa} = 200.000 \text{ Pa}$

$A_1 = 60 \text{ cm}^2 = 0,0060 \text{ m}^2$

$A_2 = 20 \text{ cm}^2 = 0,0020 \text{ m}^2$

#### İstenenler

$F_1 = ?$

$F_2 = ?$

$P_2 = ?$

$F_3 = ?$

**Çözüm**

- a)  $F_1 = P_1 \cdot A_1 = 200.000 \cdot 0,0060 = 1.200 \text{ N}$ ,  $F_1 = F_2$  olduğu için  $F_2 = 1.200 \text{ N}$  olur.  
Yine  $P_1 = P_2$  olduğu için  $P_2 = 200.000 \text{ Pa}$  olur.
- b)  $F_3 = P_2 \cdot A_3 \Rightarrow F_3 = 200.000 \cdot 0,0020 \Rightarrow F_3 = 400 \text{ N/cm}^2 \text{ (Pa)}$

**28. Örnek**

Bir pnömatik devrede hidro-pnömatik kriko tarzı basınç yükseltici kullanılır. Basınç yükselticinin basınçlı hava kısmına 400 kPa basınçlı hava girer. Aradaki pistonun alanı 80 cm<sup>2</sup> ve devrede kullanılan iş silindirin piston alanı 20 cm<sup>2</sup> dir. Buna göre:

- a) Basınçlı havanın üreteceği  $F_1$  ve  $F_2$  kuvveti,  
b) İş silindirin oluşturacağı  $F_3$  kuvveti, aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır.

**Verilenler**

$$P_1 = 400 \text{ kPa} = 400.000 \text{ Pa}$$

$$A_1 = 80 \text{ cm}^2 = 0,0080 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 20 \text{ cm}^2 = 0,0020 \text{ m}^2$$

**Çözüm**

$$c) F_1 = P_1 \cdot A_1 = 400.000 \cdot 0,0080 = 3.200 \text{ N}, F_1 = F_2 \text{ olduğu için } F_2 = 3.200 \text{ N olur.}$$

$$\text{Yine } P_1 = P_2 \text{ olduğu için } P_2 = 400.000 \text{ Pa olur.}$$

$$F_3 = P_2 \cdot A_3 \Rightarrow F_3 = 400.000 \cdot 0,0020 \Rightarrow F_3 = 800 \text{ N/cm}^2 \text{ (Pa)}$$

**İstenenler**

$$F_1 = ?$$

$$F_2 = ?$$

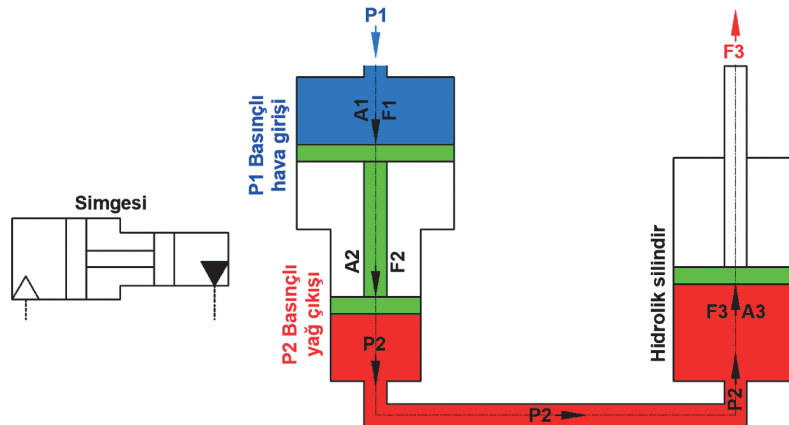
$$P_2 = ?$$

$$F_3 = ?$$

**3.7.3. Hidro-Pnömatik Tandem Basınç Yükselticiler**

Tandem tarzı basınç yükselticiler pompa basıncının yeterli olmadığı yerlerde kullanılan devre elemanıdır. Bu uygulamadaki amaç dönüştürücülerden farklı olarak iş elemanlarına gönderilen akışkana yüksek basınç kazandırmaktır. Tek etkili ve çift etkili olarak tasarlanabilir. Ayrıca açık devre ve kapalı devre olarak da çalıştırılabilir.

Büyük çaplı silindir arkada, küçük çaplı silindir önde olacak şekilde ve her iki silindirin pistonları aynı kolla bağlanarak çalışır. Çapları birbirinden farklı iki silindirde pistonlar bir piston kolu ile birleştirilmiştir. Büyük piston tarafına hava basıncı uygulanarak küçük piston tarafında bulunan akışkan yağ ile yüksek basınç oluşması sağlanır. Görsel 3.96'da hidropnömatik tandem basınç yükseltici ve simgesi gösterilmiştir.



Görsel 3.96: Hidro-pnömatik tandem basınç yükseltici ve simgesi

Sistem incelendiğinde kompresörden gelen  $P_1$  basınçlı hava  $A_1$  kesitli pistonu baskı yaparak  $F_1$  kuvvetinin oluşmasını sağlar. İki silindir pistonu aynı kola bağlı olduğundan  $F_1=F_2$  olur.  $A_2$  kesitli piston  $F_1=F_2$  kuvvetiyle akışkan yağı sıkıştırarak  $P_2$  basıncının oluşmasını sağlar. Oluşturulan basınç  $A_3$  piston alanlı iş silindirinin piston kolunda  $F_3$  kuvvetinin oluşmasını sağlar.

$P_1$  = Büyük pistonu etki eden hava basıncı (Pa)

$A_1$  = Hidro-pnömatik dönüştürücü piston yüzey alanı ( $m^2$ )

$F_1$  = Hidro-pnömatik dönüştürücü pistonu etki eden kuvvet (N)

$A_2$  = Küçük hidrolik silindir piston yüzey alanı ( $m^2$ )

$F_2$  = Hidrolik silindir pistonuna etki eden kuvvet (N)

$P_2$  = Hidro-pnömatik dönüştürücü pistonun ürettiği yağ basıncı (Pa)

$A_3$  = İş hidrolik silindiri piston yüzey alanı ( $m^2$ )

$F_3$  = İş hidrolik silindir pistonunda elde edilen kuvvet (N)

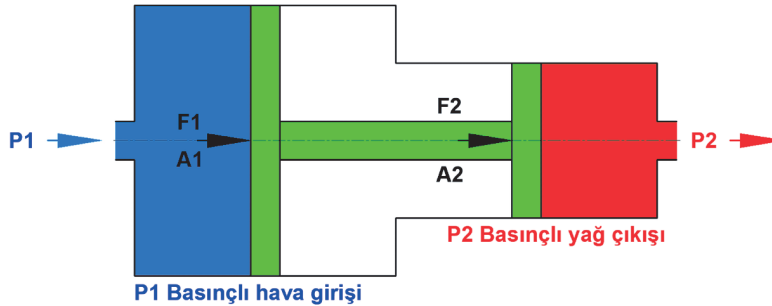
Hidro-pnömatik tandem basınç yükseltici piston alanı ve hidrolik silindir piston alanının eşit olması hâlinde  $P_1 = P_2$  ve  $F_1 = F_2$  olacaktır. Bu tip hidro-pnömatik sistemlerin hesaplamaları.

$F_1 = P_1 \cdot A_1$  ve  $F_2 = P_2 \cdot A_2$

$P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2$  veya  $P_1/P_2 = A_2/A_1$  şeklinde olacaktır.

### 29. Örnek

Görsel 3.97'de hidro-pnömatik tandem basınç yükseltici gösterilmiştir. Burada büyük çaplı itme pistonuna uygulanan hava basıncı 600 kPa'dır. Büyük pistonun alanı  $20 \text{ cm}^2$  ve küçük pistonun alanı  $10 \text{ cm}^2$ 'dir. Buna göre



Görsel 3.97: Hidro-pnömatik tandem basınç yükseltici

- Büyük ve küçük pistonu etki eden  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetleri,
- Küçük pistonun oluşturduğu basınç  $P_2$ , aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır.

#### Verilenler

$P_1 = 600 \text{ kPa} = 600.000 \text{ Pa}$

$A_1 = 20 \text{ cm}^2 = 0,0020 \text{ m}^2$

$A_2 = 10 \text{ cm}^2 = 0,0010 \text{ m}^2$

#### Çözüm

a)  $F_1 = P_1 \cdot A_1 = 600.000 \cdot 0,0020 = 1.200 \text{ N}$ ,

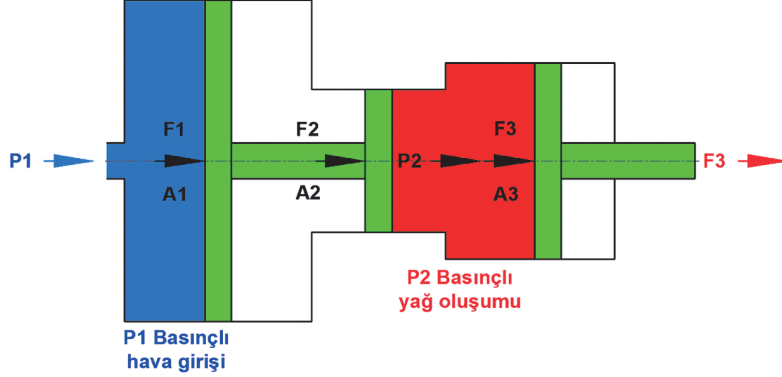
$F_1 = F_2$  olduğu için  $F_2 = 1.200 \text{ N}$  olur.

b)  $F_2 = P_2 \cdot A_2 \Rightarrow 1.200 = P_2 \cdot 0,0010$

$P_2 = 1.200/0,0010 \Rightarrow 1.200.000 \text{ N/cm}^2 \text{ (Pa)}$

## 30. Örnek

Görsel 3.98'de hidro-pnömatik tandem basınç yükseltici ve iş silindiri gösterilmiştir. Burada büyük çaplı itme pistonuna uygulanan hava basıncı 800 kPa'dır. Büyük pistonun alanı 40 cm<sup>2</sup>, küçük pistonun alanı 10 cm<sup>2</sup> ve iş silindiri pistonunun alanı 30 cm<sup>2</sup>'dir. Buna göre



Görsel 3.98: Hidro-pnömatik tandem basınç yükseltici ve iş silindiri

- Hava pistonu tarafında oluşacak F1 kuvveti,
- Küçük pistonun oluşturacağı yağın basıncı P2,
- İş silindirinin oluşturacağı F3 kuvveti, aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır.

## Verilenler

$$P1 = 800 \text{ kPa} = 800.000 \text{ Pa}$$

$$A1 = 40 \text{ cm}^2 = 0,0040 \text{ m}^2$$

$$A2 = 10 \text{ cm}^2 = 0,0010 \text{ m}^2$$

$$A3 = 30 \text{ cm}^2 = 0,0030 \text{ m}^2$$

## Çözüm

$$a) F1 = P1 \cdot A1 = 800.000 \cdot 0,0040 = 3.200 \text{ N}, F1 = F2 \text{ olduğu için } F2 = 3.200 \text{ N olur.}$$

$$b) F2 = P2 \cdot A2 \Rightarrow 3.200 = P2 \cdot 0,0010 \Rightarrow P2 = 3.200/0,0010 \Rightarrow 3.200.000 \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

$$c) F3 = P2 \cdot A3 \Rightarrow 3.200.000 \cdot 0,0030 \Rightarrow 9.600 \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

## İstenenler

$$F1=?$$

$$F2=?$$

$$P2=?$$

$$F3=?$$

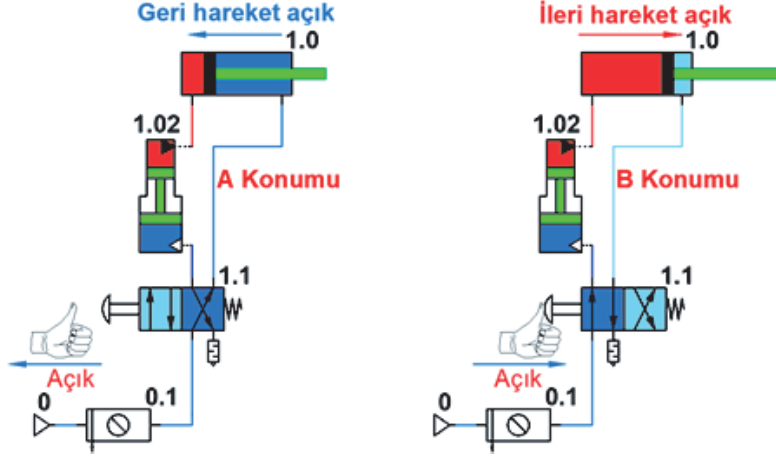
## 3.7.4. Hidro-Pnömatik Devre Çizimleri

Hidro-pnömatik devreler normal devre çizimlerindeki kurallara göre çizilir. Tek farkı hidro-pnömatik devre simgelerinin bu devrelerde kullanılmasıdır. Şekil 3.31'de hidro-pnömatik dönüştürücü ile çizilen devre gösterilmiştir.

## 31. Örnek

Çift etkili bir silindir 4/2 yön kontrol valfiyle kontrol edilerek hidro-pnömatik bir dönüştürücüyle çalıştırılmak istenir. Görsel 3.99'da hidro-pnömatik dönüştürücü ile çalıştırılan devre gösterilmiştir. Devre incelendiğinde A konumunda 4/2 (1.1) valfi butonu üzerindeki baskı kalktığında 4/2 (1.1) valfi üzerinden geçen hava silindirin ön kısmına dolmakta ve pistonu geriye iter. Piston geriye gelerek strok sonunda duracaktır. B konumunda 4/2 (1.1) yön kontrol valfi butonuna

basıldığında yön kontrol valfi konum değiştirecektir. 4/2 (1.1) yön kontrol valfi üzerinden geçen hava hidro-pnömatik dönüştürücünün (1.02) arka kısmına dolacaktır. Hidro-pnömatik dönüştürücünün pistonu ileri giderek önündeki yağı silindirin arka kısmına dolduracak ve piston ileri hareket edip strok sonunda duracaktır.

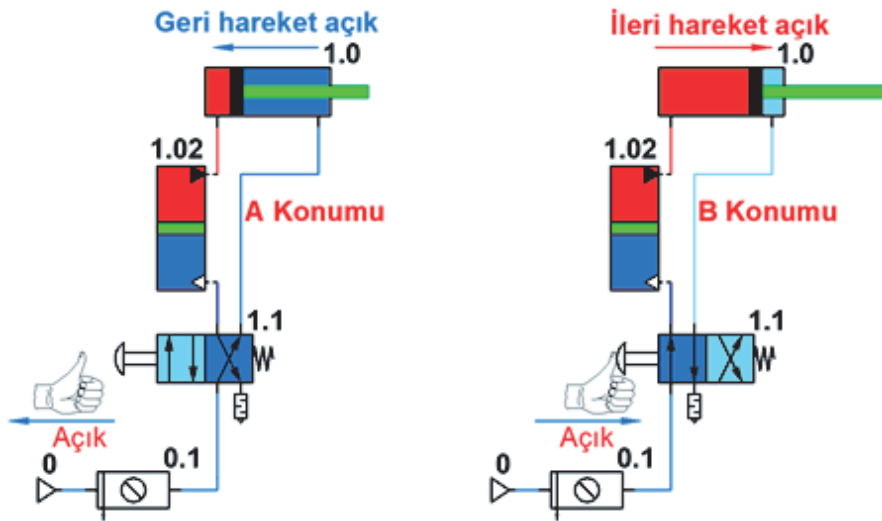


Görsel 3.99: Hidro-pnömatik dönüştürücü ile çalıştırılan devre

### 32. Örnek

Çift etkili bir silindir 4/2 yön kontrol valfiyle kontrol edilerek hidro-pnömatik tandem basınç yükselticiyle çalıştırılmak istenir. Görsel 3.100'de hidro-pnömatik tandem basınç yükselticiyle çalıştırılan devre gösterilmiştir.

Devre incelendiğinde A konumunda 4/2 (1.1) valfi butonu üzerindeki baskı kalktığında 4/2 (1.1) valfi üzerinden geçen hava silindirin ön kısmına dolmakta ve pistonu geriye iter. Piston geriye gelerek strok sonunda duracaktır. B konumunda 4/2 (1.1) yön kontrol valfi butonuna basıldığında yön kontrol valfi konum değiştirecektir. 4/2 (1.1) yön kontrol valfi üzerinden geçen hava hidro-pnömatik tandem basınç yükselticinin (1.02) arka kısmına dolacaktır. Hidro-pnömatik tandem basınç yükselticinin pistonu ileri giderek önündeki basıncını arttırdığı yağı silindirin arka kısmına dolduracak ve piston ileri hareket edip strok sonunda duracaktır.



Görsel 3.100: Hidro-pnömatik tandem basınç yükselticiyle çalıştırılan devre

## KONTROL LİSTESİ

Aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri “Evet”, kazanamadığınız becerileri “Hayır” kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Gözlenecek Davranışlar/Ölçütler	EVET	HAYIR
Pnömatik sistemlerin üstünlükleri ve olumsuz yönleri hakkında bilgi verir.		
Pnömatikte kullanılan birimlerin dönüştürülmesini sağlar.		
Pnömatik sistemlerin kullanım alanlarını açıklar.		
Basıncın tanımını yapar ve basıncı etkileyen parametreleri açıklar.		
Basınç, sıcaklık ve hacim arasında bağıntı kurarak hesaplamalar yapar.		
Debi hesaplamalarını yapar.		
Pnömatik sistemin kısımlarını açıklar.		
Pnömatik sistemlerde kullanılan şartlandırıcının görevini açıklar.		
Pnömatik silindirlerin görevlerini bilir.		
Yapılacak işin niteliğine göre pnömatik silindir seçimi yapar.		
Pnömatik silindirlerin kuvvet hesaplamalarını yapar.		
Pnömatik motorların çalışma prensibini ve pnömatik motor çeşitlerini bilir.		
Pnömatik sistemlerde kullanılan valflerin çalışmalarını ve görevini bilir.		
Pnömatik sistemlerde kullanılan devre elemanlarının sembollerini çizer.		
Pnömatik sistemlerin devre şemasını çizer.		
Hidro-Pnömatik sistemlerin devre şemasını çizer.		

### DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmediğiniz veya eksik olduğunuzu düşündüğünüz konularda öğretmeninizden yardım alınız.

**A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.**

1. Atmosfer havasının ağırlığından oluşan basınca ..... adı verilir.
2. Belirli bir kesitten akan akışkanın debisi, ..... ve .....bağlı olarak değişir.
3. Basıncı hava üreten makinelere ..... adı verilir.
4. Şartlandırıcı üzerinde ....., ..... ve ..... olmak üzere 3 adet eleman kullanılır. Pnömatik devrenin özelliğine göre bu sayı değişebilir.
5. Basınç maksimum değere ulaştığında kazan üzerinde bulunan ..... kompresörün çalışmasını durdurur
6. .... yüksek itme kuvvetlerinin elde edilmesi amacıyla kullanılan silindir çeşididir.
7. Yüksek hızlarda çalışan silindirlerin kurs sonlarında pistonun silindir kapaklarına çarpması sonucu darbe oluşur. Silindirler üzerinde oluşan darbenin alınması için yapılan işleme ..... adı verilir.
8. .... silindir içinden silindir dışına çıkmak isteyen basınçlı havanın sızıntılarını önlemek amacıyla kullanılır.
9. .... pistonun bir tarafından diğer tarafına hava geçişini önlemek amacıyla kullanılır.
10. .... silindirin iki yöndeki hareketi basınçlı hava ile sağlanır. Pnömatik sistemlerde en fazla kullanılan silindir türüdür.
11. Pistonlu pnömatik motorlar belirli sayıdaki pistonu ..... kazandırdığı doğrusal hareketin, ..... harekete dönüştürülmesi prensibine göre çalışır.
12. Radyal pistonlu motorda dönme hareketi pistonlar tarafından ..... vasıtasıyla oluşturulur.
13. .... pnömatik devrelerde alıcıların hızlarını tek yönlü ayarlamak amacıyla kullanılır.
14. Hava geçişini sağlayan, havanın akış yönünü belirleyen, işi biten havanın atmosfere atılmasını sağlayan devre elemanına .....denir.
15. Valf yüklü konuma alındığında hava geçişi sağlanır. Bu konumda .....kapalıdır.
16. Basınç ayar valfi (kapama valfi) devre elemanlarının ..... ayarlamak amacıyla kullanılır.
17. Hidrolik akışkanların sıkıştırılmaz özellikte olması, piston hareketi hızının ..... olmasını sağlar.
18. .... bakımda hava kazanı altında bulunan boşaltma musluğunu açık konuma getirerek birikintinin boşaltılmasını sağlayın.
19. .... bakımda şartlandırıcı üzerinde ya da bağımsız olarak kullanılan yağlayıcıların yağ seviyeleri kontrol edilip tamamlanmalıdır.
20. Silindir hareketsizken yön kontrol valflerinin egzoz çıkışlarından hava geliyorsa ..... ya da ..... sorun var demektir.

B) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Pnömatik sistemler aşağıdakilerden hangisinin istendiği durumda tercih edilmez?
  - A) Büyük güç
  - B) Emniyet
  - C) Hız
  - D) Temizlik
  - E) Uzun mesafelerde
2. Yeryüzünü çevreleyen hava tabakasının, yeryüzüne yapmış olduğu basınç aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Alçak basınç
  - B) Atmosfer basıncı
  - C) Mutlak basınç
  - D) Normal basınç
  - E) Yüksek basınç
3. Atmosferden emdikleri havayı sıkıştırarak basınçlı hâle getiren devre elemanları aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Depo
  - B) Filtre
  - C) Kompresör
  - D) Kurutucu
  - E) Valf
4. 1 bar'ın Pascal cinsinden değeri aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) 100
  - B) 1000
  - C) 10000
  - D) 100000
  - E) 1000000
5. Basınçlı havayı temizleyerek sisteme kirletici parçacıkların gitmesini engelleyen devre elemanı aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Çekvalf
  - B) Filtre
  - C) Kompresör
  - D) Kurutucu
  - E) Yağlayıcı
6. Üzerinde filtre, basınç ayarlayıcısı ve yağlayıcı bulunduran, basınçlı havayı istenen çalışma şartlarına hazırlayan pnömatik devre elemanı aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) Basınç Kontrol Valfi
  - B) Kompresör
  - C) Manometre
  - D) Şartlandırıcı
  - E) Valf
7. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik sistemlerdeki havanın yağlanması nedenlerinden değildir?
  - A) Sürtünme kuvvetini azaltmak
  - B) Pnömatik elemanların korozyondan korumak
  - C) Pnömatik sistemdeki sızıntıları önlemek
  - D) Pnömatik sistemin basıncına azaltmak
  - E) Pnömatik sistemde basınç kaybını engellemek
8. Sabit hacimdeki bir silindir içinde bulunan gaza ısı verildiğinde aşağıdaki durumlardan hangisi gerçekleşir?
  - A) Basınç artar
  - B) Hacim artar
  - C) Silindir genişler
  - D) Kütle azalır
  - E) Basınç azalır
9. Taban alanı  $0,1 \text{ m}^2$  ve ağırlığı  $50 \text{ kg}$  olan bir cismin tabanına uyguladığı basınç kaç  $\text{N/m}^2$ 'dir (Yerçekimi ivmesi  $a=10 \text{ m/s}^2$  alınacaktır.)?
  - A) 500
  - B) 2000
  - C) 2500
  - D) 4000
  - E) 5000

10. Aşağıdakilerden hangisi, piston geri çekilme hızının kontrolünü sağlamakta kullanılan devre elemanıdır?

- A) Kompresör
- B) Akış kısma valfi
- C) Yön kontrol valfi
- D) Silindir
- E) VE valfi

11. Pnömatik sistemlerde kullanılan havanın iş yaptıktan sonra yönlendirildiği yer aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Atmosfere
- B) Kompresöre
- C) Silindire
- D) Son soğutucuya
- E) Tanka

12. Dört bağlantı noktası ve iki iş yapacak olan yön kontrol valfi, aşağıdakilerden hangisiyle adlandırılır?

- A) 3/2
- B) 2/4
- C) 4/2
- D) 5/2
- E) 5/3

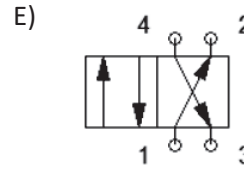
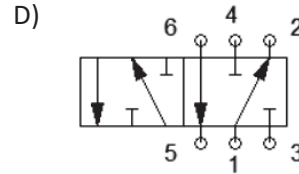
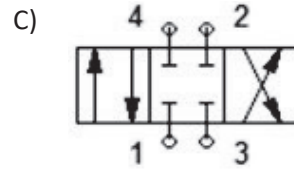
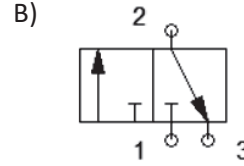
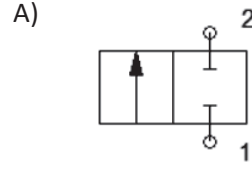
13. Pnömatik şartlandırıcı üzerinde aşağıdaki elemanlardan hangisi bulunmaz?

- A) Basınç ayarlayıcı
- B) Filite
- C) Manometre
- D) Motor
- E) Yağlayıcı

14. Aşağıdakilerden hangisi kompresör çeşidi değildir?

- A) Eksenel turbo
- B) Pistonlu
- C) Rotorlu
- D) Tamburlu
- E) Vidalı

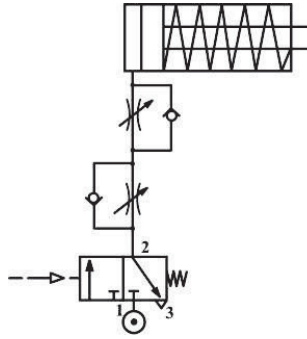
15. Aşağıdaki sembollerden hangisi 3/2 valfe aittir?



16. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik valflerle kontrol edilemez?

- A) Basınç
- B) Hız
- C) Konum
- D) Sıcaklık
- E) Yön

17.



Yukarıdaki şekilde silindir için 2 adet çek valfli akış kontrol valfi kullanımının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?

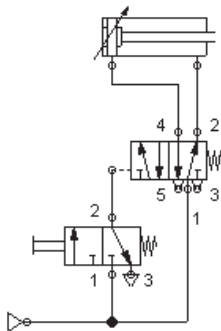
- A) İleri hareket hızını ayarlamak.
- B) Geri hareket hızını ayarlamak.
- C) İleri ve geri hareket hızlarını birbirinden bağımsız ayarlamak.
- D) Piston itme kuvvetini azaltmak.
- E) Pistonun itme kuvvetini artırmak.

18. Aşağıdakilerden hangisi basınç kontrol elemanıdır?

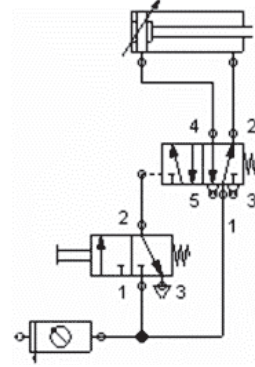
- A) Zaman gecikme valfi
- B) 3/2 yön kontrol valfi
- C) VE valfi
- D) Tahliyeli basınç ayar valfi
- E) VEYA valfi

19. Aşağıdaki devrelerden hangisinde kompresör ve şartlandırıcının bulunduğu, 3/2 yön kontrol valfiyle 5/2 yön kontrol valfini tetikleyen ve çift etkili silindiri ileri doğru hareket ettiren sistem kurulmuştur?

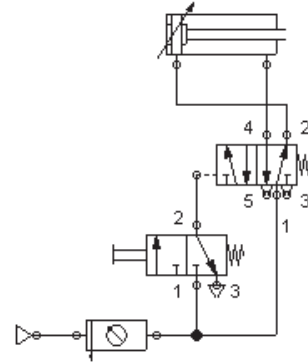
A)



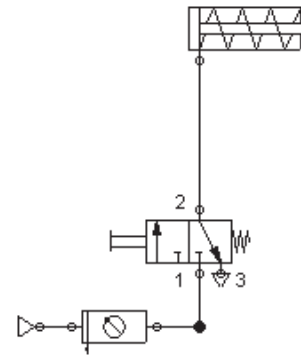
B)



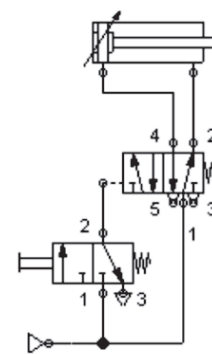
C)



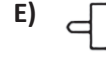
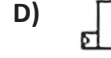
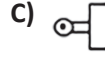
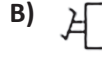
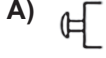
D)



E)



20. Aşağıdaki sembollerden hangisi butonlu kumandaya aittir?



C) Aşağıda verilen soruların cevaplarını yazınız.

1. Pnömatik sistemlerin üstünlükleri nelerdir? Maddeler halinde yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Atmosfer basıncı nedir?

.....

.....

.....

3. Havayı pnömatik sistemde kullanıma hazır hâle getiren elemanları yazınız.

.....

.....

.....

4. 8 bar basıncındaki hava 1 m<sup>3</sup> lük bir silindir içerisinde tutulmaktadır. Silindir içerisindeki piston geriye doğru hareket ettirilerek içerisindeki havayı 4 m<sup>3</sup> lük bir alana yayılması sağlanmıştır. Sıcaklık değiştirilmeden varılan son durumda silindir içindeki basınç kaç bar olur?

.....

.....

.....

.....

.....

5. Pnömatik sistemlerin hidrolik sistemlerden üstünlükleri nelerdir?

.....

.....

.....

.....

.....

## 1. ÖĞRENME BİRİMİ

A)

1.Y	2.D	3.D	4.D	5.D
-----	-----	-----	-----	-----

B)

1.pascal	2. süreklilik	3. köpüklenme	4.madeni- ateşe dayanıklı
----------	---------------	---------------	---------------------------

C)

1.B	2.E	3.C	4.B
-----	-----	-----	-----

## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

A)

1.D	2.Y	3.Y	4.D	5.D
-----	-----	-----	-----	-----

B)

1. Pompa	2.Katmanlı-Türbülanslı	3. yönkontrol valfi	4. Pistonlu-dişli-paletli
----------	------------------------	---------------------	---------------------------

C)

1.D	2.C	3.B	4.D	5.D
-----	-----	-----	-----	-----

## 3. ÖĞRENME BİRİMİ

A)

1. Atmosfer basıncı	2. kesitalanına,akışkan hızına	3. kompresör
4. Manometre, filtre, yağlayıcı	5. elektrikli basınç anahtarı	6. tandem
7. yastıklanma	8. piston keçeler	9. boğaz keçesi
10. çift etkili silindir	11. basınçlı havanın dairesel	12. krank mili
13. çekvalfli ayarlanabilen akış kontrol valfi	14. yön kontrol valfi	15. normalde
16. Basıncını	17. dengeli	18. haca tankı

19. pnömatik devre	20. basınçta, yönkontrol valfinde
--------------------	-----------------------------------

**B)**

1.A	2.B	3.C	4.D	5.B	6.D	7.D	8.A	9.E	10.B
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

11.A	12.C	13.D	14.D	15.B	16.D	17.C	18.D	19.C	20.A
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Kıran, C., & Özgener, L. (2015). Kompresör Tasarımı Ve Maliyet Analizi. Celal Bayar Üniversitesi Makine Mühendisliği Uygulamaları. Manisa.

Üçüncü, K. (2016). Hidrolik Ve Pnömatik Sistemler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü. Trabzon.

Akgün, M. A. (2011). Dört Kademeli Pistonlu Tip Bir Co2 Kompresör Sisteminde Enerji ve Ekserji Analizi. Harran Üniversitesi Fen Bölümleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.

Aykaç, E. S. (2011). Pnömatik – Hidrolik. TMMOB Makine Mühendisleri Odası. Ankara Şubesi.

Sakızcı, M. A. (1993). Pnömatik Elemanlar, Sistemleri ve Sanayide Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

## GÖRSEL KAYNAKÇASI



<http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2144>



