

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAYLI EMNİYET VANALARINDA SIZDIRMAZLIĞIN SAĞLANMASI  
İÇİN KAPATMA ELEMANI KOMBİNASYONUNUN DENEYSEL OLARAK  
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Mak. Müh. Mehmet OFLAZ**

**Anabilim Dalı : Mekatronik Mühendisliği**

**Programı : Mekatronik Mühendisliği**

**OCAK 2009**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAYLI EMNİYET VANALARINDA SIZDIRMAZLIĞIN SAĞLANMASI İÇİN  
KAPATMA ELEMANI KOMBİNASYONUNUN DENEYSEL OLARAK  
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Mehmet OFLAZ  
(518061009)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ocak 2009**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Cemal BAYKARA (İTÜ)  
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Levent GÜVENÇ (İTÜ)  
Yrd. Doç. Dr. Cüneyt HELVACI (İÜ)**

**OCAK 2009**

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında; emniyet vanaları başta olmak üzere, genel anlamda vanalarda, sızdırma sorununa çözüm üretmek amaçlanmıştır. Bu amaçla, emniyet vanalarında kullanılan değişik form ve malzemeden imal edilmiş parçaların değişik kombinasyonları ile montajlar ve testler yapılmıştır. Bu testlerin bir kısmında basınçlar sabit tutularak yayların kurma miktarları, bir kısmında ise kurma miktarları sabit tutularak emniyet vanası ayar basınçları ölçülmüştür. Bu ölçümlerle en iyi sızdırmazlık sonucuna ulaşmak için hangi tür malzemeler kullanılmalı, kapatma contaları ve oturma yüzeyleri hangi boyutlarda ve açılarda olmalı, basıncı etkileyen faktörler nelerdir gibi sorulara yanıt bulunmaya çalışılmıştır.

Çalışmalarım boyunca desteğini ve bilgisini esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Cemal Baykara'ya, TÜBİTAK'a, yapmış olduğum testler boyunca yardımlarından ötürü Alfa Mühendislik Makina ve Sanayi Limited Şirketi çalışanlarına ve manevi desteklerinden ötürü aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2009

Mehmet Oflaz

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Vananın Tarihçesi .....	1
1.2 Vanalar Hakkında Genel Bilgi .....	3
1.3 Bağlantı Çeşitleri .....	6
1.3.1 Kaynak bağlantısı .....	6
1.3.2 Vida bağlantısı .....	7
1.3.3 Flanş bağlantısı .....	7
1.3.4 Diğer bağlantı çeşitleri .....	8
1.4 Akış Karakteristikleri .....	9
1.4.1 Lineer akış karakteristiği .....	9
1.4.2 Oransal akış karakteristiği .....	10
1.4.3 Çabuk açma akış karakteristiği .....	10
1.5 Vanalarda Sızdırmazlık .....	11
1.6 Vana Çeşitleri .....	12
1.6.1 Genel vana tipleri .....	12
1.6.1.1 Pistonlu vana .....	12
1.6.1.2 Glob vana .....	13
1.6.1.3 Çekvalf .....	14
1.6.1.4 Küresel vana .....	15
1.6.1.5 Diyafram vana .....	16
1.6.1.6 Kelebek vana .....	17
1.6.1.7 Sürgülü vana .....	18
1.6.1.8 Tapalı vana .....	19
1.6.1.9 İğne vana .....	20
1.6.1.10 Sıkıştırma vanası .....	21
1.6.2 Özel vana tipleri .....	22
1.6.2.1 Akış kontrol vanası .....	22
1.6.2.2 Basınç düşürücü vana .....	22
1.6.2.3 Selenoid vana .....	23
1.6.2.4 Pilot vana .....	23
1.6.2.5 Termostatik karıştırma vanası .....	24
1.6.2.6 Patlama vanası .....	24
1.6.2.7 Kalp vanası .....	25
1.6.2.8 Basınç muhafaza vanası .....	25
1.6.2.9 Gaz basınç ayar vanası .....	26
1.6.2.10 Vakum kırıcı vana .....	26

1.6.2.11 Presta vana & Schrader vana.....	27
1.6.2.12 Saplama vana.....	28
1.6.2.13 Zarp musluğu.....	28
1.6.2.14 Tarak vana.....	29
1.6.2.15 Musluk.....	29
1.6.2.16 Vidalı musluk.....	30
1.6.2.17 Şamandıralı vana.....	30
1.6.2.18 Donma vanası.....	31
1.6.2.19 Gaga vana.....	31
1.6.2.20 Double çekvalf.....	32
1.6.2.21 Pompa emme valfi.....	32
1.6.2.22 Bıçak vana.....	33
1.6.2.23 Döner vana.....	33
<b>2. EMNİYET VANALARI .....</b>	<b>34</b>
2.1 Emniyet Vanaları Hakkında Genel Bilgi.....	34
2.2 Emniyet Vanalarının Dizaynı .....	36
2.3 Emniyet Vanalarının Çalışma Prensibi.....	38
2.4 Emniyet Vanasının Sisteme Eklenmesi.....	39
2.5 Emniyet Vanası Sorunlarının Giderilmesi.....	40
2.6 Emniyet Vanasının Hizmete Alınması .....	41
2.7 Emniyet Vanasının Sızdırmazlığı.....	42
2.8 Emniyet Vanalarıyla İlgili Terimler .....	43
<b>3. TEZDE KULLANILAN EMNİYET VANALARI.....</b>	<b>48</b>
3.1 Emniyet Vanasının Bölümleri.....	48
3.1.1 Gövde .....	48
3.1.2 Oturma yüzeyi .....	49
3.1.3 Bağlantı ağzı.....	49
3.1.4 Kapatma elemanı.....	50
3.1.4.1 Politetrafloroetilen.....	51
3.1.4.2 Florokarbon kauçuk.....	52
3.1.4.3 Etilen propilen kauçuk.....	52
3.1.4.4 AISI304 paslanmaz çelik.....	53
3.1.5 Tabla.....	54
3.1.6 Mil.....	54
3.1.7 Yay .....	55
3.1.8 Yay çanağı.....	68
3.1.9 Yay merkezleme yatağı.....	68
3.1.10 Yay teflonu.....	68
3.1.11 Kapak .....	69
3.1.12 Emniyet kapağı.....	69
3.1.13 Basınç ayar civatası.....	70
3.1.14 Basınç ayar kontra somunu .....	70
3.1.15 Somun .....	70
3.1.16 Bilya .....	71
3.1.17 Pim .....	71
3.1.18 Pul .....	71
3.1.19 O-ringler .....	72
3.2 Emniyet Vanası Montajı.....	72
<b>4. TESTLER .....</b>	<b>77</b>
4.1 Emniyet Vanası Elemanlarını Değiştirerek Yapılan Testler .....	77

4.2 Kapatma Elemanlarının ve Oturma Yüzeylerinin Açılarını Değiştirerek Yapılan Testler .....	79
4.2.1 Oynar tablalı sistem .....	87
4.2.2 Bilyalı sistem.....	91
4.2.3 Bilyalı geniş anaklı sistem.....	96
4.2.4 Bilyalı geniş anaklı sistemde kurma mesafelerine göre basınç ölçümleri.....	100
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>102</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>104</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>109</b>

## KISALTMALAR

<b>PN</b>	: Nominal Pressure (Nominal Basınç)
<b>NPS</b>	: Nominal Pipe Size (Nominal Boru Sınıfı)
<b>DN</b>	: Nominal Diameter (Nominal Çap)
<b>PVC</b>	: Polyvinyl Chloride (Polivinil Klorür)
<b>CPVC</b>	: Chlorinated Polyvinyl Chloride (Klorlanmış Polivinil Klorür)
<b>PP</b>	: Polypropylene (Polipropilen)
<b>PTFE</b>	: Polytetrafluoroethylene (Politetrafloroetilen)
<b>FKM</b>	: Fluorocarbon Rubber (Florokarbon Kauçuk)
<b>EPDM</b>	: Ethylene Propylene Diene M-class Rubber (Etilen Propilen Kauçuk)
<b>NBR</b>	: Nitrile Butadiene Rubber (Nitril Kauçuk)
<b>AV</b>	: Atrio Ventricular
<b>SL</b>	: Semilunar
<b>GG</b>	: Dökme Demir
<b>GGG</b>	: Küresel Grafitli Dökme Demir
<b>CS</b>	: Carbon Steel (Karbon Çeliği)
<b>AISI</b>	: American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir Çelik Enstitüsü)
<b>HRB</b>	: Rockwell B Scale Hardness (Rockwell B Sertliği)

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1.1 : Başlıca vana anma basınçları.. .....	3
Çizelge 1.2 : Vana anma ölçüleri.....	4
Çizelge 3.1 : Tezde kullanılan emniyet vanası yaylarının özellikleri.....	56
Çizelge 3.2 : Tezde kullanılan yayların boyutları ve stroklar sonucu elde edilen kuvvet değerleri .....	58
Çizelge 4.1 : Yayları, tablaları ve sitleri değiştirerek yapılan testlerin ilki .....	77
Çizelge 4.2 : Yayları, tablaları ve sitleri değiştirerek yapılan testlerin ikincisi.....	78
Çizelge 4.3 : Yayın vana içindeki oturma mesafeleri.....	82
Çizelge 4.4 : Basıncın, ilk temas etmiş olduğu çaplar .....	84
Çizelge 4.5 : Oynar tablalı sistemde yayın ayar civatası ile kurulma mesafeleri .....	87
Çizelge 4.6 : Oynar tablalı sistemde yayın toplam kurulma mesafeleri .....	88
Çizelge 4.7 : Oynar tablalı sistemde en iyi kapatma ve oturma yüzeyi açılı.....	89
Çizelge 4.8 : Bilyalı sistemde yayın ayar civatası ile kurulma mesafeleri .....	91
Çizelge 4.9 : Bilyalı sistemde yayın toplam kurulma mesafeleri .....	92
Çizelge 4.10 : Oynar tablalı sistem ile bilyalı sistemin karşılaştırılması.....	93
Çizelge 4.11 : FKM 60° – sit 30° açılı iken ayar basınçları ve kurulma mesafeleri...94	
Çizelge 4.12 : Bilyalı geniş çanaklıda yayın ayar civatası ile kurulma mesafeleri ...	96
Çizelge 4.13 : Bilyalı geniş çanaklı sistemde yayın toplam kurulma mesafeleri .....	97
Çizelge 4.14 : Bilyalı geniş çanaklı sistemde en iyi kapatma ve oturma yüzeyi açılı.....	98
Çizelge 4.15 : PTFE 60° – sit 30° iken ayar basınçları ve kurulma mesafeleri .....	98
Çizelge 4.16 : Bilyalı sistem ile bilyalı geniş çanaklı sistemin karşılaştırılması.....	99
Çizelge 4.17 : Sit ile PTFE kapatma elemanı açılına göre basınç değerleri.....	100
Çizelge 4.18 : Sit ile FKM kapatma elemanı açılına göre basınç değerleri. ....	100
Çizelge 4.19 : Sit ile FKM kombinasyonlarının yüzey temas alanları .....	101

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Kaynak soket bağlantısı.....	6
Şekil 1.2 : Alın altına kaynak bağlantısı.....	6
Şekil 1.3 : Vidalı montaj bağlantısı.....	7
Şekil 1.4 : Ayrık ve bütünleşik flanş montajı.....	8
Şekil 1.5 : Lineer akışa göre kapatma elemanı formu.....	9
Şekil 1.6 : Oransal akışa göre kapatma elemanı formu.....	10
Şekil 1.7 : Çabuk açma akışa göre kapatma elemanı formu.....	10
Şekil 1.8 : Akış karakteristikleri.....	11
Şekil 1.9 : Pnömatik pistonlu vana örneği.....	12
Şekil 1.10 : Pnömatik glob vana örneği.....	13
Şekil 1.11 : Çekvalf örneği.....	14
Şekil 1.12 : Paslanmaz küresel vana örneği.....	15
Şekil 1.13 : Manuel hijyenik diyafram vana örneği.....	16
Şekil 1.14 : Manuel kelebek vana örneği.....	17
Şekil 1.15 : Sürgülü vana örneği.....	18
Şekil 1.16 : Tapalı vana örneği.....	19
Şekil 1.17 : İğne vana örneği.....	20
Şekil 1.18 : Sıkıştırma vanası örneği.....	21
Şekil 1.19 : Sıkıştırma vanasının elastik hortumu.....	21
Şekil 1.20 : Pnömatik aktuatörlü ve akıllı pozisyonerli glob kontrol vanası örneği.....	22
Şekil 1.21 : Basınç düşürücü vana örneği.....	22
Şekil 1.22 : İki yönlü normalde kapalı selenoid vana örneği.....	23
Şekil 1.23 : Pilot vana örneği.....	23
Şekil 1.24 : Termostatik karıştırma vanası örneği.....	24
Şekil 1.25 : Patlama vanaları örneği.....	24
Şekil 1.26 : Kalp vanası örneği.....	25
Şekil 1.27 : Basınç muhafaza vanası örneği.....	25
Şekil 1.28 : Gaz basınç ayar vanası örneği.....	26
Şekil 1.29 : Vakum kırıcı vana örneği.....	26
Şekil 1.30 : Presta&schrader vana örnekleri.....	27
Şekil 1.31 : Saplama vana örneği.....	28
Şekil 1.32 : Laboratuarlarda kullanılan zarp musluk örneği.....	28
Şekil 1.33 : Tarak vana örneği.....	29
Şekil 1.34 : Musluk örneği.....	29
Şekil 1.35 : Vidalı musluk örneği.....	30
Şekil 1.36 : Sifonlarda kullanılan şamandıralı valf örneği.....	30
Şekil 1.37 : Donma vanası örneği.....	31
Şekil 1.38 : Gaga vana örnekleri.....	31
Şekil 1.39 : İkili çekvalf montajı örneği.....	32
Şekil 1.40 : Pompa emme valf örneği.....	32
Şekil 1.41 : Bıçak vana örneği.....	33

Şekil 1.42 : Döner vana örneği .....	33
Şekil 2.1 : Flanşlı emniyet vanası örneği.....	34
Şekil 2.2 : Dişli emniyet vanası örnekleri.....	35
Şekil 2.3 : Emniyet vanası kesit örneği .....	37
Şekil 2.4 : Emniyet vanası test örneği .....	40
Şekil 2.5 : Emniyet vanası bakım örneği .....	41
Şekil 2.6 : Basınç-terim ilişkisi.....	44
Şekil 3.1 : Tezde kullanılan emniyet vanasının gövdesi.....	48
Şekil 3.2 : Tezde kullanılan emniyet vanası oturma yüzeylerinden biri.....	49
Şekil 3.3 : Tezde kullanılan emniyet vanasının bağlantı ağızı .....	49
Şekil 3.4 : Tezde kullanılan emniyet vanasının kapatma elemanları.....	50
Şekil 3.5 : Tezde kullanılan emniyet vanasının PTFE kapatma elemanları .....	51
Şekil 3.6 : Tezde kullanılan emniyet vanasının FKM kapatma elemanları .....	52
Şekil 3.7 : Tezde kullanılan emniyet vanasının EPDM kapatma elemanları .....	52
Şekil 3.8 : Tezde kullanılan emniyet vanasının AISI304 kapatma elemanları .....	53
Şekil 3.9 : Tezde kullanılan emniyet vanasının tablası .....	54
Şekil 3.10 : Tezde kullanılan emniyet vanasının oynar tabla mili.....	54
Şekil 3.11 : Tezde kullanılan emniyet vanasının bilyalı tabla mili.....	54
Şekil 3.12 : Tezde kullanılan emniyet vanasının yayı .....	55
Şekil 3.13 : Tezde kullanılan emniyet vanası yay çizimi .....	57
Şekil 3.14 : Tezde kullanılan vananın 1 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği .....	58
Şekil 3.15 : Tezde kullanılan vananın 1 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.....	59
Şekil 3.16 : Tezde kullanılan vananın 2 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği .....	61
Şekil 3.17 : Tezde kullanılan vananın 2 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.....	61
Şekil 3.18 : Tezde kullanılan vananın 3 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği .....	62
Şekil 3.19 : Tezde kullanılan vananın 3 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.....	63
Şekil 3.20 : Tezde kullanılan vananın 4 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği .....	64
Şekil 3.21 : Tezde kullanılan vananın 4 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.....	64
Şekil 3.22 : Tezde kullanılan vananın 5 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği .....	65
Şekil 3.23 : Tezde kullanılan vananın 5 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.....	66
Şekil 3.24 : Tezde kullanılan emniyet vanası yaylarının kuvvet-strok grafiği.....	66
Şekil 3.25 : Tezde kullanılan emniyet vanası yaylarının katsayı-strok grafiği.....	67
Şekil 3.26 : Tezde kullanılan emniyet vanasının yay çanağı.....	68
Şekil 3.27 : Tezde kullanılan emniyet vanasının yay merkezleme yatakları.....	68
Şekil 3.28 : Tezde kullanılan emniyet vanasının yay teflonu.....	68
Şekil 3.29 : Tezde kullanılan emniyet vanasının kapağı .....	69
Şekil 3.30 : Tezde kullanılan emniyet vanasının emniyet kapağı .....	69
Şekil 3.31 : Tezde kullanılan emniyet vanasının basınç ayar civatası.....	70
Şekil 3.32 : Tezde kullanılan emniyet vanasının basınç ayar kontra somunu .....	70
Şekil 3.33 : Tezde kullanılan emniyet vanasının somunu .....	70
Şekil 3.34 : Tezde kullanılan emniyet vanasının bilyası .....	71
Şekil 3.35 : Tezde kullanılan emniyet vanasının pimi.....	71
Şekil 3.36 : Tezde kullanılan emniyet vanasının pulu.....	71
Şekil 3.37 : Tezde kullanılan emniyet vanasının o-ringleri.....	72
Şekil 3.38 : O-ringin yerleştirilmesi .....	72
Şekil 3.39 : Pul ve somunların montajı.....	72
Şekil 3.40 : Oynar tabla-mil bağlantısı .....	73
Şekil 3.41 : Bilyalı sistemde mil bağlantısı .....	73
Şekil 3.42 : Yay çanağına o-ringin yerleştirilmesi .....	73
Şekil 3.43 : Yay çanağının yerleştirilmesi .....	74

Şekil 3.44 : Tablanın oturma yüzeyine oturtulmuş hali .....	74
Şekil 3.45 : Yay merkezleme yataklarının yaya takılmış hali .....	74
Şekil 3.46 : Yay teflonunun yatağına yerleştirilmiş hali .....	75
Şekil 3.47 : Yayın, yay çanağına oturtulmuş şekli .....	75
Şekil 3.48 : Kapağın vanaya montajı .....	75
Şekil 3.49 : Basınç ayar civatası ile kontra somunun bağlantısı.....	76
Şekil 3.50 : Basınç ayar civatası ile kontra somunun vanaya montajı.....	76
Şekil 3.51 : Emniyet kapağının vanaya yerleştirilmiş şekli.....	76
Şekil 4.1 : Tezde kullanılan vananın 1 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği .....	79
Şekil 4.2 : 0° açılı florokarbon kauçuk kapatma elemanı ve kalıbı .....	79
Şekil 4.3 : 60° açılı florokarbon kauçuk kapatma elemanı ve kalıbı .....	80
Şekil 4.4 : 45° açılı florokarbon kauçuk kapatma elemanı ve kalıbı .....	80
Şekil 4.5 : 30° açılı florokarbon kauçuk kapatma elemanı ve kalıbı .....	80
Şekil 4.6 : Kapatma elemanları.....	81
Şekil 4.7 : Sitler .....	81
Şekil 4.8 : Emniyet vanası yayının oturma mesafesi .....	81
Şekil 4.9 : 0° açılı kapatma elemanı-oturma yüzeyleri değişken.....	82
Şekil 4.10 : 30° açılı kapatma elemanı-oturma yüzeyleri değişken.....	83
Şekil 4.11 : 45° açılı kapatma elemanı-oturma yüzeyleri değişken.....	83
Şekil 4.12 : 60° açılı kapatma elemanı-oturma yüzeyleri değişken.....	83
Şekil 4.13 : FKM 60° – sit 30° açılı iken ayar basınçları ve kurulma mesafeleri .....	94
Şekil 4.14 : Tezde kullanılan vana yayının kuvvet-strok grafiği.....	95
Şekil 4.15 : PTFE 60° – sit 30° açılı iken ayar basınçları ve kurulma mesafeleri .....	98
Şekil 4.16 : Tezde kullanılan vana yayının kuvvet-strok grafiği.....	99
Şekil A.1 : Test 1a ve 1b'de kullanılan emniyet vanasının teknik özellikleri.....	110
Şekil A.2 : Oynar tablalı emniyet vanasının teknik resim örneği.....	111
Şekil A.3 : Bilyalı emniyet vanasının teknik resim örneği .....	112
Şekil A.4 : Bilyalı geniş çanaklı emniyet vanasının teknik resim örneği.....	113
Şekil A.5 : Kapatma elemanları: (a) 0° açılı. (b) 30° açılı. (c) 45° açılı. (d) 60° açılı. ....	114
Şekil A.6 : Oturma yüzeyleri: (a) 0° açılı. (b) 30° açılı. (c) 45° açılı. (d) 60° açılı...115	

## **YAYLI EMNİYET VANALARINDA SIZDIRMAZLIĞIN SAĞLANMASI İÇİN KAPATMA ELEMANI KOMBİNASYONUNUN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ**

### **ÖZET**

Vanalar; akışkanlara yol veren, akışkanın basınç ve sıcaklığını, yönünü veya miktarını değiştirebilen ve akışı durdurabilen mekanik cihazlardır. Sıvı, gaz, buhar, katı partüküller içeren sıvı ve gazlar, un, çimento ve radyoaktif malzemeler, vanalarla kontrol edilebilen akışkanlardan bazılarıdır.

Vanalar; değişik boyut, dizayn, basınç sınıfı, fonkiyon ve uygulamalara sahip olmakla birlikte, çok değişik malzemelerden imal edilirler. Diş, kaynak, flanş, klamp, manşon, nipel, rakor ve kelepçe, bağlantı şekillerinin en önemlileridir. Vanalara; mekanik, hidrolik, pnömatik veya elektriksel olarak kumanda edilebilir. Ayrıca vanalar; lineer, oransal veya çabuk açma akış karakteristiklerinden birine sahiplerdir.

Günümüzde sıklıkla kullanılmakta olan vanalar; emniyet vanaları, glob vanalar, pistonlu vanalar, küresel vanalar, kelebek vanalar, çekvalfler, diyafram vanalar, sürgülü vanalar, tapalı vanalar ve sıkıştırmalı vanalardır.

Emniyet vanaları; sistemin istenilen basıncı aşmasına karşı, koruma amaçlı olarak sisteme monte edilen ve kendiliğinden çalışan vanalardır. Proses hattındaki basınç, normal sınıra indiğinde otomatik olarak kapanırlar. Bu vanalar, dizaynları farklı olmak koşuluyla hem gazlarda hem de sıvılarda kullanılabilirler. Bu vanalar üç sınıf altında toplanabilirler.

Oransal kalkışlı emniyet vanaları, akışkan olarak sıvının kullanmakta olduğu uygulamalarda, akışkan basıncının istenilen limit değeri aşması durumunda, kısmen açılarak, basıncın otomatik olarak istenilen sınıra inmesini sağlarlar.

Tam kalkışlı emniyet vanaları, akışkan olarak gaz veya buharın kullanılmakta olduğu uygulamalarda, akışkan basıncının limit değeri aşması durumunda, aniden tam açık pozisyona gelerek, basıncın hızlıca azalmasını sağlarlar.

Normal kalkışlı emniyet vanaları ise, sıvıların, gazların ve buharın önceden belirlenmiş basıncı aşması durumunda, çabuk açılma sağlayarak, otomatik tahliye sağlarlar.

Emniyet vanalarının iki bağlantı ağzı vardır; bunlardan biri giriş, diğeri ise çıkıştır. Giriş, basıncın olduğu taraf, çıkış ise boşaltma tarafıdır. Oransal ve normal kalkışlı vanalarda giriş ve çıkış aynı anma çapına sahip olmakla birlikte; tam kalkışlı emniyet vanalarında, boşaltma sırasında daha fazla debinin dışarı çıkmasını sağlamak için çıkış, girişe oranla bir veya iki anma çapı daha büyüktür.

Diğer vanalarda da olduğu gibi emniyet vanaları da çok sayıda parçanın bir araya getirilip, montajı sonucunda oluşmaktadır. Bu parçaların başlıcaları; gövde, oturma yüzeyi, bağlantı ağızları, kapatma contası, tabla, mil, yay, yay çanakları, yay teflonu, kapaklar, somunlar, civata, pul, bilya (veya pim) ve o-ringlerdir.

Gövdenin alt kısmında yer alan oturma yüzeyi, kapatma elemanının üstüne oturduğu kısımdır. Emniyet vanalarında proses hattındaki basınç, sınır değer (açma değeri) altında olduğu süre içerisinde, kapatma elemanı oturma yüzeyine basar konumdadır. Bu eleman; politetrafloroetilen (PTFE), florokarbon kauçuk (FKM), etilen propilen kauçuk (EPDM) veya nitril kauçuk (NBR) gibi elastik kauçuk malzemelerden imal edilebileceği gibi metal malzemelerden de imal edilebilir. Kauçuk malzemeler, akma sınırlarının düşük olmaları ve kolay şekil alabilme özelliklerinden ötürü metal malzemelerden yapılmış kapatma elemanlarına göre daha kolay sızdırmazlık sağlarlar.

Bu tez çalışmasında; emniyet vanalarında sızdırmazlığı sağlayan kapatma elemanı – oturma yüzeyi ikilisinden en ideal olanını belirlemek amaçlandı. Bu amaçla, değişik malzeme ve formlarda kapatma elemanları ile farklı formlarda oturma yüzeyi olan alt gövdeler imal edildi. Bu parçaların değişik kombinasyonları ile montajlar ve testler yapıldı. Testlere, beş adet birbirinden farklı sarım sayılarında ve boyutlarda yay, iki adet aynı ölçülerde oynar tabla, üç adet aynı ölçülerde oturma yüzeyi ve açısız (düz) FKM kauçuk kapatma elemanı ile başlandı. Bu testler ikişer kez tekrarlandı ve sonuç değerleri karşılaştırıldı. İkişer kez tekrarlanan bu sonuçların birbirini tutmadığı gözlemlendi. Bu durumun oluşmasında asıl nedeninin merkez kaçıklığı olduğu belirlendi. Ayrıca bu aşamada kullanılmış olan yayların, yay katsayılarının farklı olduğu anlaşıldı. Bu farklılığı gözlemek için, boyları ve sarım sayıları birbirinden farklı olan bu beş adet yay serbest konumlarına göre sırası ile 10, 20, 30, 40 ve 50 mm. sıkıştırıldı. Elde edilen kuvvetler ölçüldü ve bu ölçümler sonucunda lineer karakteristik sergilemeye en yakın olduğu düşünülen yay, bundan sonraki testlerde kullanılmak üzere seçildi.

Testlerin her aşamasında sabit olarak 3,5 bar basınç kullanıldı. Bu aşamadaki testlerin ilki, oynar tabla, değişik açılı kapatma elemanları ve oturma yüzeyleriyle yapıldı. Sızdırma sorununa iyi bir çözüm sağlayamadığı gözlemlendi. Bu durum üzerine testlerde oynar tablalı yerine tablası bilyalı sistem denendi ve sızdırma sorununa daha iyi çözüm olabileceği gözlemlendi. 60° açılı FKM malzemedeki kapatma elemanı ve 30° açılı oturma yüzeyi kullanıldığında ve yay teorik kurma mesafesine sıkıştırıldığında, yayın kuvvet-strok grafiğine benzer bir grafik elde edildi. FKM malzeme yerine PTFE malzemedeki kapatma elemanının kullanıldığı testlerin bazılarında sızdırmazlık sağlansa bile istenilen sonuç elde edilemedi. Ayrıca AISI304 paslanmaz çelik malzemedeki kapatma elemanı kullanıldığında ise, sızdırma sorunu engellenemedi.

Tablası bilyalı sistemde PTFE ve paslanmaz çelik malzemelerden kapatma elemanları kullanılarak istenilen düzeyde sızdırmazlık sağlanamadığının gözlenmesi üzerine tablası bilyalı geniş çanaklı sisteme dönüldü. PTFE malzeme ile yapılan testler sonucunda teorik değere yakın ve emniyet vanalarında kullanılabilecek değerlere ulaşıldı. Metal-metale kapatma durumunda ise, sızdırma sorununa çözüm üretilmedi.

En son olarak da en iyi kapatma elemanı açısı ve buna uygun oturma yüzeyi açısının belirlenmesi için PTFE ve FKM kauçuk malzemelerden imal edilmiş kapatma elemanları kullanılarak ve kurma mesafeleri sabit tutularak testler yapıldı.

Sonuç olarak; sızdırma sorununa karşı en başarılı çözüm, kapatma elemanı – oturma yüzeyi ikilisi kombinasyonlarından, kapatma elemanının 60° açılı, oturma yüzeyinin ise 30° açılı olduğu durumda sağlamıştır. Bunun nedeni merkezlemenin en iyi ve çizgisel temasın en az dolayısıyla ortaya çıkan yüzey alanının en küçük olmasıdır.

# **DETERMINATION OF THE SEAT SEAL COMBINATION EXPERIMENTALLY FOR MAINTAINING THE TIGHTNESS AT SPRING LOADED SAFETY VALVES**

## **SUMMARY**

Valves are the mechanical devices that allow fluids pass through, can stop their flow and change their pressure, temperature, direction or amount. Liquids, gases, steams, the solid particules that contain liquids and gases, flour, cement and radioactive materials are some of the fluids that can be controlled by valves.

Valves have different dimensions, designs, pressure classes, functions and applications. Also they can be manufactured from different kinds of materials. Thread, welding, flange, clamp, coupling, nipple and union are the most important connection types. These are controlled by mechanically, hydraulically, pneumatically or electrically. Also valves have linear, proportional or quick open flow characteristics.

Safety valves, globe valves, piston valves, ball valves, butterfly valves, check valves, diaphragm valves, gate valves, plug valves and pinch valves are the mostly used valves in the daily life.

Safety valves are one of the automatically working valves that are installed to the process for defending the system against overpressure. Process line pressure is shut off automatically after decreasing below the limit pressure. These valves can be used at both liquid and gaseous applications according to their design. They can be classified in three classes.

Proportional-lift safety valves are the safety valves used in liquid applications that open normally in proportion to the increase in pressure over the set pressure.

Full-lift safety valves are the safety valves used in steam and gaseous applications that open rapidly to its final position when the pressure is over the set pressure.

Normal-lift safety valves are the safety valves used in both gaseous, steam and liquid applications that are designed to re-close and prevent further flow after normal conditions have been restored.

Safety valves have two ports; one is the inlet and the other is the outlet. The inlet port is the pressure side and the outlet port is discharging side. Proportional and normal lift safety valves have the same inlet and outlet diameter, but at full-lift safety valves the outlet port is at least one or two dimensions bigger than the inlet port.

Like the all other valves, safety valves are manufactured by assembling a lot of parts. These parts are the body, seat, ports, seat seal, seat holder, stem, spring, spring holders, adjustment washer, covers, nuts, bolt, washer, ball bearing (or pin) and o-rings.

Seat is the part at the body that seat seal sits on. During the process line pressure is lower than the set pressure, seat seal is sitting on the sit. Seat seal can be made from one of the elastomers such as polytetrafluoroethylene (PTFE), fluorocarbon rubber (FKM), ethylene propylene diene M-class rubber (EPDM) or nitrile butadiene rubber (NBR) or can be made from metal material. Seat seals from rubber materials can provide easier and better tightness according to the ones from metal materials because rubber materials have lower yield points and also they can take form easily.

In this thesis study; determining the optimum seat seal – seat cooperation was aimed about the tightness at the safety valves. For this reason, seat seals made from different materials and forms together with seats made from different forms were manufactured. Assemblies and tests were done using different combinations of these parts.

Five springs at different number of coils and dimensions, two seat holders and three seats at the same dimensions and fluorocarbon rubber seating seal with  $0^\circ$  were used in the first tests. These tests were repeated two times and their results were matched. After matching the two results, it was seen that the results did not match. It occurred because the seat seal and the orifice inside the valve were not concentric. Also it was understood that the spring rates were different from each other. For observing the difference, the springs that were at different number of coils and dimensions, were compressed 10, 20, 30, 40 and 50 millimeters from their free positions. The obtained forces were measured and the spring that showed the most linear characteristic, were chosed for the next tests.

3,5 bar was used constantly at each period of the tests. The first period of the tests began with the movable seat holder, seat seals and seats at different angles. It was seen that these tests did not overcome the leakage problem.

After these situation, ball bearing was used instead of movable holder at the tests and it was found out that the valves with the ball bearings were better at leakage problem. When  $60^\circ$  angled seat seal made from FKM and  $30^\circ$  angled seat were used and the spring was compressed to its theoretic compression length, a graphic that was look like the graphic of force-strok, was obtained. When PTFE was used instead of FKM, the leakage problems were sometimes overcome, but the intended results were not obtained. Also when AISI304 stainless steel seat seal was used, leakage problem was still going on.

As seat seals made from PTFE and AISI304 materials did not provide tightness at the safety valve with ball bearing holder, wider spring holder with the ball bearing began to be used at the tests. At the end of the tests by using PTFE as the seat seal material, the values close to the theoretic values were achieved, but solution for the leakage problem using seat seals made from metal could not be found.

As the last step; to determine the optimum and best seat seal angle and its convenient seat angle, the seat seals made from PTFE and FKM were used and tests were done by keeping all the compression lengths the same.

As a result; the best solution against the leakage problem is the combination of the seat seal with  $60^\circ$  and the seat with  $30^\circ$ . Because this combination has the best concentric position and also the smallest linear contact. Therefore the surface area that occurs is the smallest of all.

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Vananın Tarihçesi

Dünya üzerinde vananın yaptığı işi, benzer şekilde yapan metodu ilk bulan çiftçilerdir. Çiftçileri bu arayışa iten su ihtiyacı olup; hava durumu, nehir ve göller ve suyu taşıyan insan ve hayvan gücüyle sağlanır. Çiftçiler, kendi arazilerine suyu taşımaya ve bu suyun kontrolünü sağlamaya çalışıyorlardı. Kopan ağaçların akıntının yönünü değiştirdiği hatta durdurduğunu farkettiler. Bunun sonucu olarak da bu metodla taşıma, depolama ve su kaynağından gelen suyun ulaşımını genişlettiler. Daha sonra sistemlerini biraz daha geliştirip tahtadan veya taştan engeller yaparak bunları kullanmaya başladılar [1].

Mısırlılar, milattan önce 5000'li yıllarda ilkel sürgülü vanayı ve milattan önce 1500'lü yıllarda da yer altındaki kuyulardan yüzeye suyu getirmek ve suyu taşımak amacıyla da tapalı vanayı icat ettiler.

Modern vana dizaynı, 1705 yılında ilk endüstriyel buhar makinasının keşfedilmesiyle ortaya çıkan buhar basıncının iletimini ve kontrolünü sağlamak amacıyla başlamıştır. Bunu takip eden endüstriyel gelişmeler, vanaların çok daha üstün özelliklere sahip olmasını ve endüstride daha yaygın olarak kullanılabilir hale gelmesini sağladı.

1712 yılında, düşük basınçlı buharın bir pistonu ileri sürmesi amacıyla kullanılan atmosferik makinanın icadıyla demirden yapılmış sürgülü vana icat edildi.

1700'lü yılların sonunda, ilk çift etkili makine icat edildi. Bu makine, pistonun inişini ve çıkışını eş zamanlı olarak gerçekleştirerek, buharın pistonun her iki tarafına da ulaşmasını sağladı. Demirden yapılan otomatik vanalar, çift etkili makinalarda kullanılıyordu. Bugünkü teknolojik gelişmeler göz önüne alınırsa, o zamanlar kullanılmakta olan bu vanalar çok basit gözükseler de endüstriyel çağın yolunu açan ve hızlı bir şekilde gelişmesini sağlayan buhar makinelerinin gelişimi açısından bu vanaların fonksiyonları çok önemliydi.

1800'lü yıllarda, taşıma ve tekstil endüstrilerinde buhar gücünün kullanımı, vanaların çok hızlı bir gelişim göstermesine olanak sağladı. Tahtadan ve yumuşak metalden yapılmış vanaların yerine demirden yapılan vanalar kullanılmaya başlandı, çünkü tahta ve yumuşak metal vanalar yüksek sıcaklık limitlerine dayanacak kapasitede değillerdi. Buhar gücü için daha fazla kömür ihtiyacı, sürgülü vana da dahil olmak üzere daha karmaşık sistemlerin gelişimine yol açtı. Endüstriyel çağ, doğalgazın şehirlerde ısıtma, aydınlanma ve diğer uygulamalarda yakıt olarak kullanılmasını destekledi. Bu uygulamalarda doğalgazın kontrolü için küresel vana gerekiyordu.

1876 yılında, karmaşık otomatik kontrol vanaları kullanılarak Corliss buhar makinasının dizaynı yapıldı. Bu arada ilk defa lineer glob vanalardan söz edilmeye başlandı.

19. yüzyılın başlarında ham petrolün keşfedilmesiyle petrol rafineleri inşa edildi. Rafinelerin yapılmasından sonra diğer proses sanayileri oluştu ve bunlar kimyasal, petrokimyasal, gıda, içecek ve kağıt işleme fabrikalarının kurulmasını sağladı. Bu fabrikalarda çeşitli tiplerde ve çok sayıda proses vanaları ihtiyacı ortaya çıktı.

1930'lu yıllara kadar güç santrallerindeki neredeyse bütün vanalar el kumandalıydı; bu da çalışanların, prosesin ihtiyacına göre vanaları elle açılıp kapanmalarını gerektiriyordu. 1930 yılından sonra otomatik kontrollü vanalar kullanılmaya başlandı. Böylece sistem direkt olarak pnömatik sinyaller yollayarak vananın gerekli konumu otomatik olarak almasını sağladı.

Artan otomasyon ihtiyaçları, daha geniş çalışma sıcaklıkları ve daha yüksek basınçlar vana dizaynındaki gelişmeleri hızlandırdı. 1950'li yılların sonlarına kadar vana imalatçıları, endüstriyel ve askeri alanlarda kullanılmak üzere vana imalatı yapıyorlardı.

Uzay uygulamaları ve araştırmaları, daha ileri teknoloji gerektiren metodlar kullanılmasını gerektirdi. Ayrıca akışkanların kontrolü özellikle ileri teknoloji gerektiren uygulamalar olan füzelerde, uçaklarda ve uzay araçlarında büyük önem kazandı.

Bugün değişik tipte ve boyutta çok fazla sayıda vana mevcut olup, bu vanalardan çok değişik alanlarda ve çok değişik uygulamalarda yararlanılmaktadır. Bu uygulamaların kullanıldığı alanların bazıları; taşıma, askeri, yerleşim ve ticari projeler olarak sıralanabilir.

## 1.2 Vanalar Hakkında Genel Bilgi

İnsanoğlunun başta su ve hava olmak üzere çeşitli akışkanlara hükmetmek, bu akışkanların; geçişini veya durdurulmasını sağlamak, debisini ayarlamak, geri dönüşünü engellemek, akış yönünü değiştirmek, akış basıncını sınırlamak ve akış emniyetini sağlamak gibi amaçlara ulaşmak için kullandığı mekanik cihazlara vana denir [2].

Diğer bir tanımlama ile de vanalar; akışkanlara yol veren, onları durduran, karıştıran veya akışkanın yönünü ve/veya miktarını, basınç ve sıcaklığını değiştirebilen mekanik bir cihazdır. Bu amaçlarla kontrol edilebilen akışkanlar; sıvı, gaz, buhar, radyoaktif malzeme, katı partiküller içeren sıvı ve gaz olabileceği gibi, un ve çimento gibi katı tozlarda olabilir.

**Çizelge 1.1 : Başlıca vana anma basınçları.**

Basınç Sınıfı (pf/in <sup>2</sup> )	Nominal Basınç (PN) (bar)
125	10
150	16
250	25
300	40
600	100
900	160
1500	250
2500	400
4500	700

Mekanik tesisatlarda kullanılan vanalar; işletme arızaları, imalat hataları, mamul ve enerji kayıpları, su kirlenmesi ve yangın tehlikesi gibi problemlerin olmaması için sızdırmaz olmalı, aynı zamanda basınç ve sıcaklık şartlarına uygun olarak da yeteri kadar mukavemet göstermelidir.

Bugün, değişik tipte vanalarda; değişik boyut, dizayn, basınç sınıfları, fonksiyon ve uygulamaları mevcuttur ve kullanılan vanalar çok ufak boyutlardan çok büyük boyutlara kadar değişiklik gösterebilir. Ayrıca vana fiyatları; özellikle kullanılma yerinin özelliği ve malzeme çeşidine göre değişiklik arz etmektedir. Vanaların çoğu ucuz olmakla birlikte bazı vanalarda oldukça pahalıdır.

Vanalar çok çeşitli malzemelerden imal edilebilirler. Bu malzemelerin en önemlileri; alaşımlı veya düşük alaşımlı çelikler, çelik döküm, küresel grafitli pik döküm (sfreo döküm-GGG), lamel grafitli pik döküm (GG), bronz, plastik veya özel alaşımlardır.

Vanalar; vakum bölgesinden, 10000 bar gibi yüksek basınçlara, -200°C soğuktan, ergimiş metal sıcaklıklarına kadar kullanılabilir. Ömürleri bakımından ise; sadece bir kez açma kapama yapabilen vanalar olduğu gibi, bakım ve onarım gerektirmeden binlerce kez açma kapama yapabilen vanalar da mevcuttur.

**Çizelge 1.2 : Vana anma ölçüleri.**

Nominal Boru Sınıfı (NPS) (inches)	Nominal Çap (DN) (bar)
1/4"	6
3/8"	10
1/2"	15
3/4"	20
1"	25
1 1/4"	32
1 1/2"	40
2"	50
2 1/2"	65
3"	80
4"	100
5"	125
6"	150
8"	200
10"	250
12"	300
14"	350
16"	400
18"	450
20"	500
24"	600
30"	750
36"	900
42"	1000
48"	1200

Vanalar akış yönüne göre; düz, köşe, üç yollu, dört yollu veya çok yollu olabilmekte birlikte gövde yapılarına göre; tek parçalı, iki parçalı, üç parçalı veya çok parçalı olabilirler.

Vana gövdesinin diğer ekipmanlarla olan bağlantıları, çeşitli bağlantı şekillerinden biriyle sağlanır. Bunların başlıcaları; kaynak bağlantı, vida bağlantı, flanş bağlantı, klamp bağlantı, manşon bağlantı, nipel bağlantı, rakor bağlantı, kelepçe bağlantı, sert lehim bağlantı ve sıkıştırmalı bağlantıdır.

Vanalar akış kontrol şekline göre; kapama vanaları, kısma ve kontrol vanaları ve istenmeyen işletme şartlarının önlenmesini sağlayan vanalar olarak üç ana gruba ayrılırlar. Kapama vanaları; akışkanın istenilen yerde olup olmasını kontrol eder, akışkanların birbirine karışmasına izin verir veya engeller, acil durumlarda akışı keser.

Kısma ve kontrol vanaları; debinin zamana bağlı olarak değiştirilmesi veya ayarlanması istendiğinde kullanılırlar. Manuel veya aktüatör ile akış debisini, basıncını ve sıcaklığını düzenlerler.

İstenmeyen işletme şartlarının önlenmesini sağlayan vanalar; istenmeyen basınç artışlarını önleme ve bir hatta akışın geri dönüşünü veya bir hattan, diğer hatta akışkanın karışmasını önlemekle görevlilerdir.

Vanalar fonksiyonlarına göre; kapama, boşaltma, basınç ayar, basınç düşürme, debi ayar, seviye ayar, sıcaklık ayar ve karıştırma görevlerinden birini veya birkaçını gerçekleştirebilirler. Kapama elemanının iş hareketine göre ise; doğrusal veya akış yönüne dik ekseninde dönerek görevlerini yerine getirirler.

Bugünün teknolojisiyle vanalar çeşitli alternatiflerle kontrol edilebilmektedir. Bunlar; mekanik kumanda, hidrolik kumanda, pnömatik kumanda ve elektriksel kumandadır.

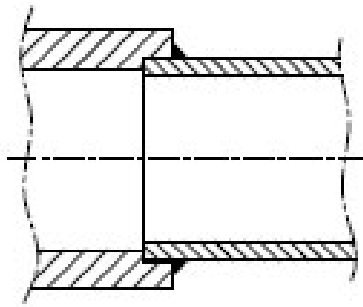
Kontrol vanasının çalışması, dijital (vana tarafından ayarlanarak bir konumdan öbür konuma hareket ettiği) veya analog (vananın kontrol elemanı kontrol sinyalinin gücüne ve değerine dayandığı) olabilir. 2 ve 3 yollu manivela kumandalı yön kontrol vanaları dijital vanalara, emniyet vanaları ise analog kontrol vanalarına örnek olarak gösterilebilir.

Glob vanalar, çekvalfler, emniyet vanaları, küresel vanalar, kelebek vanalar ve tapalı vanalar, sıkıştırma vanaları, diyafram vanalar ve sürgülü vanalar, bugün yoğun olarak kullanılmakta olan vanalardır.

### 1.3 Bağlantı Çeşitleri

#### 1.3.1 Kaynak bağlantısı

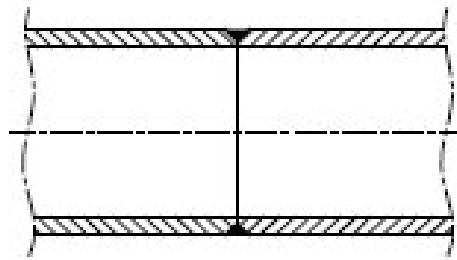
Sızdırmazlığın gerekli olduğu durumda (çevresel, emniyet, hijyen veya verimlilik nedenlerinden ötürü) boru vanaaya kaynatılıp tek parça olarak konstrüksiyonu gerçekleştirilmiş olur. Genellikle yüksek basınç uygulamalarında, özellikle de yüksek sıcaklık mevcut ise, kalıcı bir bağlantı gerekmektedir. Güç endüstrisindeki buhar ve su uygulamalarının neredeyse tümünde kaynak bağlantısı mevcuttur. Kaynak bağlantısı, kaynak soketli ve alın kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılır.



Şekil 1.1 : Kaynak soket bağlantısı.

Kaynak soketli bağlantı; DN 50 ve altı anma ölçülerinde yüksek basınç – yüksek sıcaklıkta kullanılmaktadır. Bu dizaynda vana gövdesinin ucundan içeriye önceden belirlenmiş derinlikte soket yuvası açılır. Sonrasında boru bu kısımdan içeriye sokete oturacak şekilde yerleştirilir ve en son olarak da boru dış çapı ile gövde yüzü arasına kaynak uygulanır.

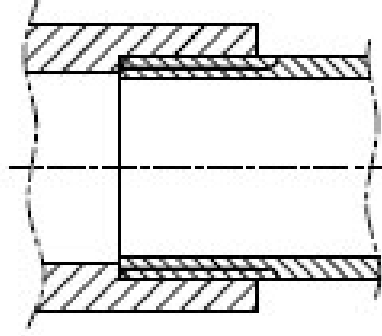
Daha büyük vanalarda (DN 80 ve üzeri) yüksek basınç - yüksek sıcaklık uygulamalarında alın kaynak yöntemi kullanılmaktadır. Vana ile boru arasında bir V formu oluşturulur ve akebinde bu form kaynakla doldurulur. DN 65 ve üstü anma ölçülerinde kullanılır.



Şekil 1.2 : Alın altına kaynak bağlantısı.

### 1.3.2 Vida bağlantısı

Vidalı bağlantılar genellikle küçük boyutlu vanalarda (DN 40 ve daha ufaklarında) kullanılır. Eğer sızdırma kaygısı taşınmıyor ise DN 100 boyutuna kadar kullanılabilirler.



Şekil 1.3 : Vidalı montaj bağlantısı.

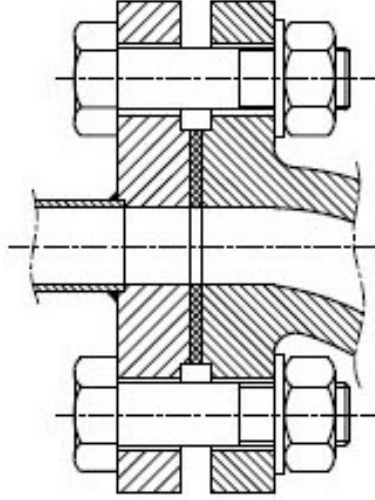
Vanalar ufak boyutlarda kullanıldıklarında vanaların gerek ufak gerekse hafif olmalarından ötürü vidalı bağlantıların monte edilmesi oldukça kolaydır. Bu; vana ile boru bağlantısının sağlanmasında kolaylık sağlar.

### 1.3.3 Flanş bağlantısı

Vanalarda kullanılmakta olan flanşlar genellikle DN 65 ve üstü anma ölçülerinde kullanılırlar. Flanş bağlantılılar, vidalı bağlantılara oranla montaj bakımından daha kolaydır, çünkü vananın yüzü boru ya da vanayı hiçbir döndürme yapmadan boru ve cıvata ile tuturmaya uygundur. Flanşlar sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda bile kullanılabilirler. Fakat sıcaklık arttıkça yüksek basınçlar için bazı kısıtlamalar meydana gelmektedir.

Flanşın cıvata ile tutturulması sonucu elde edilen kuvvet ile flanşlar arasındaki conta sayesinde bağlantı sızdırmazlığı sağlanır. Flanşlar; hizmet çeşidine, malzeme gereksinimine, maksimum çalışma sıcaklığına ve basınca göre sınıflandırılırlar. Flanş kullanmanın beraberinde getirdiği temel avantaj, vananın hattan kolayca sökülebilmesidir. Ana dezavantaj ise, ısıl çarpılma ve şoka uğramaya meyilli olmalarıdır. Eğer sıcaklık değişimleri sürekli gerçekleşiyor ise, kaynak bağlantısı alternatif olarak düşünülmelidir.

İki tip flanş dizaynı mevcuttur. Bunlar; bütünleşik flanş ve ayrık flanştır. Bütünleşik flanştaki delikler, işlenerek ya da vana gövdesinin dökümü sırasında oluşturulurlar. Ayrık flanşlar ise, vana gövdesine sonradan bağlantıları yapılan flanşlardır.



**Şekil 1.4 :** Ayrık ve bütünleşik flanş montajı.

Ayrık flanşın bütünleşik flanşa göre üstün yönü, yanlış hizalanmış boru flanşının üstesinden gelmekte hareket sınırları geniştir. Flanşın yanlış hizalanmasının düzeltilebilme özelliği sayesinde vananın döndürülebilmesine ve değişik bir pozisyonda sabitlenebilmesine imkan tanır.

Ayrık flanş dizaynı daha ucuz ve çok yönlü olmasına rağmen dezavantajı da bulunmaktadır. Bu dezavantaj; flanşın civata ile düzgün bir şekilde sıkıştırılmadığı durumda ortaya çıkıp, yerçekimi kuvvetleri veya aşırı hat titreşimleri gibi durumlar sonucunda özellikle de vananın ağır bir aktuatöre sahip olması durumunda, vana istenmeden dönebilir. Bu problemin üstesinden gelmek için, montaj esnasında kaynaklama yapılarak flanş veya gövdenin dönmesi engellenir.

#### **1.3.4 Diğer bağlantı çeşitleri**

Rakor bağlantılı; vidalı bağlantılı vanaların boruların geri sökülmesi gibi sorunlu işlemlere yol açmadan monte edilip, sökülmesini sağlayan ara bağlantı şeklindedir.

Sıkıştırılmalı (sandviç tip) bağlantılı; kendisinde herhangi bir bağlantı parçası olmayıp, flanşlı armatür ve/veya tesisat flanşları arasında sıkıştırılarak monte edilebilen, vana boyut ve ağırlığında ciddi küçülmeler sağlayan bir bağlantı şeklindedir. Bu bağlantı şeklinin, kolay monte edilebilme ve sökülebilmeye avantajı vardır.

Sert lehim bağlantılı; genelde bakır ve bakır alaşımı malzemeden imal edilmiş vanaların, yine aynı malzemelerden borulara bağlantısı için kullanılır. Kolay sayılabilecek bir bağlantı şeklidir. Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç uygulamalarında kullanılmaz.

Kelepçe bağlantılı ise; hortumların vanaya bağlantısı için kullanılmakla birlikte yüksek basınçlar için uygun değildir.

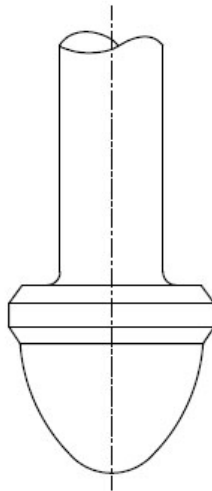
PVC ve CPVC den yapılmış vanalar ise erkek-dişi soket bağlantıları ile sağlanmakta olup, kaynak soketli dizayna benzemektedir.

Malzemesi demir olan vanalar; klamp, manşon, nipel ve benzeri bağlantılar kullanılarak borulara bağlanabilirler. Hijyenik vanalar sisteme monte edilirken özel klamp bağlantıları kullanılır. Bu özel klamp bağlantıları, sistemin düzenli olarak temizlenebilmesi için kolay demonte edilebilmeyi sağlar.

## 1.4 Akış Karakteristikleri

### 1.4.1 Lineer akış karakteristiği (Linear flow)

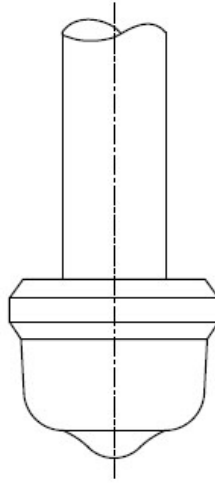
Lineer akış karakteristikli vanalarda, vana strokunun her bir ufak değişimine karşı vananın pozisyonundan bağımsız olarak akışta eşit değişimler oluşur. Bu tür karakteristikli vanaların kullanım yeri genellikle basınç kayıplarının vana boyunca gerçekleştiği proses sistemleridir. Lineer akış karakteristikli vanalar, bütün strokları boyunca oransal karakteristiklere göre daha iyi akış kapasitesi sağlarlar [3].



Şekil 1.5 : Lineer akışa göre kapatma elemanı formu.

#### 1.4.2 Oransal akış karakteristiği (Equal percentage flow)

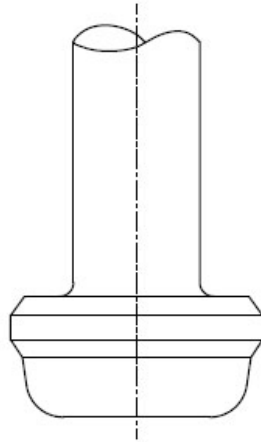
Oransal karakteristik genellikle kısma vanaları için kullanılmaktadır. Vananın strokunun ufak bir değişimine karşı akıştaki değişim direkt olarak değişiklikten önceki akışla orantılıdır. Oransallığın doğal karakteri olarak, strokun başlangıcında debi düşük, sonlarında ise yüksektir. Bu da, strokun ilk yarısında proses kuvvetlerinin, kapatma elemanını etkilemesinin önüne geçerek iyi bir kontrol sağlar. Diğer taraftan da, strokun ikinci yarısında akış kapasitesini arttırarak gerekli akış miktarının vanadan geçmesine olanak sağlar.



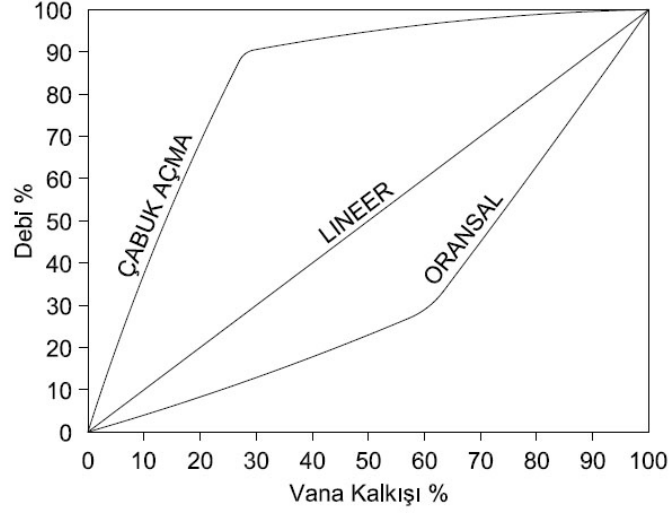
Şekil 1.6 : Oransal akışa göre kapatma elemanı formu.

#### 1.4.3 Çabuk açma akış karakteristiği (Quick open flow)

Çabuk açma karakteristikli vanalar çoğunlukla on-off uygulamalarda vananın açılmaya başladığı andan itibaren maksimum akışın çabucak sağlanması için kullanılırlar.



Şekil 1.7 : Çabuk açma akışa göre kapatma elemanı formu.



Şekil 1.8 : Akış karakteristikleri.

### 1.5 Vanalarda Sızdırmazlık

Bir vananın görevi; yeteri kadar uzun bir işletme ömrü süresince işletmecinin isteği doğrultusunda ve zamanda güvenli şekilde akışkanın hareketini engellemektir. Vanada meydana gelebilecek bir iç sızdırma; malzeme kaybı, malzeme karışması ve patlama tehlikesi gibi problemleri beraberinde getirir. Ayrıca dış ortama olabilecek olan kaçaqlar nedeniyle zehirlenme, patlama veya yangın gibi tehlikeler de olasıdır.

Karşılıklı olarak çalışan metal sızdırmazlık yüzeylerinde metal yüzeylerin pürüzlülüğünden ötürü çok iyi derecede sızdırmazlık elde etmek oldukça güçtür. Bu yüzden metal metale kapatmaya uygun olmayan vanalarda elastomer malzmeden yapılmış kapatma elemanları kullanarak kesin sızdırmazlık sağlanabilir. Elastomerlerin kullanıldığı sistemlerin dezavantajı ise; akışkanın kimyasal özelliği, basıncı ve sıcaklığı gibi parametrelere bağlı olarak sınırlı uygulama alanına sahip olmalarıdır. Sızdırmazlık sistemi; işletme sıcaklığı ve basıncında, ayrıca tesisata takılma sırasında vanaya uygulanacak montaj kuvvetleri altında deforme olmamalıdır.

Diğer bir önemli nokta ise, vananın dış ortama olan sızdırmazlığıdır. Patlayıcı, yanıcı akışkanlar ile tehlikeli kimyasalların çevreye ve çalışanlara verebilecekleri zararlara karşı sızdırmazlık oldukça önem kazanmaktadır. Vanadan çevreye sızıntı olmasını kesin olarak engellemek amacıyla, vanalarda ek olarak körük veya membranlı salmastra kullanılabilir [4].

## 1.6 Vana Çeşitleri

### 1.6.1 Genel vana tipleri

#### 1.6.1.1 Pistonlu vana (piston valve)

Pistonlu vana, hat boyunca akışkanın hareketinin kontrol edilmesini sağlar. Açılmalı pistonlu vana (angle seat valve) ise, pnömatrik kontrollü bir vana olup, pistonlu aktuatörü ile, kapatma elemanının oturma yüzeyinden uzaklaşarak lineer bir hareket ile akışkan geçişini kesmesini veya açmasını sağlar. Kapatma elemanı, sitinden uzakta iken, maksimum miktarda akış sağlanır. Özellikle yüksek sıcaklık ve debinin gerekli olduğu ve akışkan olarak su veya buharın kullanıldığı uygulamalarda kullanılırlar [5].



**Şekil 1.9** : Pnömatrik pistonlu vana [6].

Pnömatrik vanalar, genellikle sıkıştırılmış basınçlı pilot hava ile çalıştırılırlar. Basınçlı pilot hava aktuatör silindiriindeki delikten içeri girer ve piston üzerine etki yapar. Piston da kapatma elemanının yerinden kalkmasını mil vasıtasıyla sağlar. Kapatma elemanının eski yerine geri dönmesi; ya pnömatrik aktuatörde bulunun geri dönüş yayı ya da vana çift etkili yapılarak, basınçlı pilot havanın ikinci bir konumdan verilmesi ile sağlanır [7].

Basınç sınırları; pilot havaya, akışın yönüne, delik çapına, aktuatörün piston çapına ve yay kuvveti gibi vana parametrelerine bağlıdır.

Pistonlu vanalar genellikle pik, sfero ve çelik gibi malzemelerden imal edilmekle birlikte, tesisata bağlantı şekli olarak ise; soket, flanş ve kaynak tercih edilir.

### 1.6.1.2 Glob vana (globe valve)

Glob vana, milin ucuna bağı klapenin akışkan geçiş deliğinin üstüne oturtulması veya kaldırılması ile akışkan geçişini kesip açarak görevini yerine getirir. Klapeler normalde bir tabak şeklindedirler. Kontrol vanalarında klapelerin uçlarında geçiş deliğinin içine uzanan parabolik çıkıntılar bulunur [8].



**Şekil 1.10 :** Pnömatik glob vana [9].

Otomatik glob vanaların açılması ve kapanması sırasında hareketli mil kullanılmakta olup, milin bu hareketi aktuatör tarafından kumanda verilerek sağlanır. Eğer vana manuel olarak kullanılacak ise tepesinde bulunan volanın döndürülmesi ile milin dönmesi sağlanır.

Eski zamanlarda glob vanalar küresel gövdeye sahip olmaları dolayısıyla bu ismi almış olsalar da günümüzdeki glob vanalar küresellikten oldukça uzaktırlar. Yine de bu vanaların iç mekanizmalarına benzer mekanizması bulunan vanalar için glob vana terimi kullanılmaktadır [10].

Glob vanalarda kullanılacak malzeme; basınç, sıcaklık, kontrollü ortam özelliklerine göre seçilir. Gövde malzemeleri ise; bakır alaşımları (pirinç, bronz), pik, sfero, çelik ve paslanmaz çelik döküm ile çelik ve paslanmaz çelik, PVC ve PP'dir.

Özellikle sıcak ve soğuk su tesisatları, buhar tesisatları, kızgın yağ tesisatları, petrokimya tesisleri, makina imalatı, özel araç imalatı, vb. alanlarda kullanılırlar.

### 1.6.1.3 Çekvalf (check valve)

Çekvalfler, kendi kendilerine işleyen emniyet amaçlı vanalar olup, gazların ve sıvıların geri akışını önlemek amacıyla sadece tek bir yönde akışa izin verirler. Bundan dolayı da tek yönlü akış vanaları sınıfına girerler. İstenilen yöndeki akış vanayı açarken, ters yönde herhangi bir akış gerçekleşmez. Ayrıca dışarıdan herhangi bir güç kaynağına veya sinyale de ihtiyaç duymazlar. Çalışmaları, sadece prosesin akış yönüne bağlı olup, bu durum bir pompa veya basınç düşüşüyle sağlanabilir [11].

Çoğu çekvalfte oturma yüzeyinin üzerine oturan küre bulunur ve sadece tek bir geçiş deliğine sahiptir. Küre, geçiş deliğine göre biraz daha büyük çapa sahiptir. Oturma yüzeyinin arkasındaki basınç, kürenin üstündeki basıncı aşar ise; vana boyunca sıvının akışına izin verilir. Eğer kürenin üzerindeki basınç oturma yüzeyinin altındaki basıncı aşar ise küre, oturma yüzeyindeki yerine geri dönerek ters yönde akışı önleyecek şekilde oturma yüzeyine oturur.



Şekil 1.11 : Çekvalf örneği [12].

Küresel çekvalf, diyafram çekvalf, çalpara çekvalf, kalkışlı çekvalf ve ikili çekvalf bu valflerin en önemli tipleridir. Bu valfler petrol, gaz, su, arıtma, güç ve kimyasal uygulamalar başta olmak üzere çok sayıda değişik uygulamada kullanılırlar [13].

Çekvalfler; vana boyutu, basınç sınıflandırması, ortam sıcaklığı ve vana akış katsayısı gibi özelliklere göre sınıflandırılabilir. Birlikte; paslanmaz çelik, çelik, pirinç, bronz, dökme demir, sünek demir, alüminyum, bakır, PTFE, PVC, polietilen, polipropilen, asetal polimer ve kauçuk gibi malzemelerden imal edilirler.

#### 1.6.1.4 Küresel vana (ball valve)

Küresel vana, çeyrek turla açılıp kapanan vana grubunda yer almaktadır. Milin ucuna yerleştirilmiş ortasında bir veya birden fazla delik olan, iki conta arasında dengelenmiş bir kürenin akışkan geçiş ekseninde 90° döndürülmesi ve deliklerin geçişe açık veya kapalı konuma getirilmesi ile akışkan geçişini kesip, açarak görevlerini yerine getirirler. Hassas akış kontrolü için uygun olmayıp, sadece sıkı kapamanın gerekli olduğu durumlarda on-off olarak çalışmaları tercih edilir [14].

Sıcak ve soğuk su tesisatları, doğal gaz-petrol taşıma ana hatları, gaz dağıtım tesisatları, basınçlı hava tesisatları, petrokimya tesisleri, makine imalatı, özel araç imalatı, kağıt imalatı, vb. uygulamalar küresel vanaların kullanım yerlerindedir.

Küresel vanalar; manuel, pnömatik, hidrolik ya da elektrik (motor) ile tahrik edilirler. Aktuatör kumandası ile, bu vanalar on/off ya da akış kontrol amaçlı kullanılabilirler.



Şekil 1.12 : Paslanmaz küresel vana örneği [15].

Küresel parça kanalı açmış, giriş ve çıkış portlarıyla aynı hat hizasında ise, vanadan akış kesiksiz şekilde devam eder. Eğer vana tam geçişli ise, basınç düşüşü minimum seviyede olur. Eğer vana dar geçişli ise, basınç düşüşü artacaktır. Vana çeyrek tura ulaştığında, kanal tamamen akışa dik yönde olarak akışı engeller [16].

Tek parçalı, iki veya üç parçalı ve tam kaynaklı tipler; küresel vananın gövde yapısına göre sınıflandırmanın sonucudur. Diğer bir sınıflandırma da vananın akış yönüne göre olup, buna göre; iki yollu, üç yollu ve dört yollu olarak sınıflandırılırlar.

Bu vanalar; paslanmaz çelik ve diğer çelik çeşitleri, metal alaşımları, pirinç, bronz, bakır, alüminyum, dökme demir, sünek demir, seramik, PVC, PP ve PTFE gibi plastikler gibi malzemeleri bünyesinde içerebilir.

### 1.6.1.5 Diyafram vana (membranlı vana) (diaphragm valve) (membrane ventile)

Diyafram vana, bir membranın akış yönüne dik olarak hareket ettirilerek, sızdırmazlık yüzeyine oturtulması ile görevini yerine getirir. Genellikle hijyenik uygulamalarda kullanılan bir vana olup ağırlıklı olarak fermantasyon, gen araştırma, gıda ve içecek endüstrisinde, farmasötik ve biyoteknolojik endüstrilerinin içinde yer aldığı proses sistemlerinde kapama vanası olarak kullanılır [17].

Diyafram vanalar, giriş çıkışı aynı hatta bulunan yani arada 180° açı farkı bulunan ya da 90° açı farkı bulunan olarak ikiye ayrılır. Giriş ile çıkışı arasında 180° açı farkı bulunan diyafram vanaları, genellikle proses uygulamalarında kullanılırlar.



**Şekil 1.13** : Manuel hijyenik diyafram vana örneği [18].

Diyafram vanalarda genellikle iki bağlantı ağzı bulunmasına rağmen, üç ya da daha fazla sayıda bağlantı ağzına sahip olanlar da mevcuttur. Bu vanaların bağlantı ağzları üçden fazla ise, genellikle birden fazla diyaframa ihtiyaç duyarlar. Yine de özel dual aktuatörler, tek bir diyaframla daha çok sayıda çıkışı sağlayabilirler.

Diyafram vanalar, manuel veya otomatik olarak kontrol edilebilirler. Pnömatik kontrollü diyafram vanalar hızın gerekli olduğu yerlerde, hidrolik kontrollüler ise yüksek basınç ve düşük hız çalışma şartlarında kullanılırlar [19].

Elastomer kaplanmış pik ve çelik döküm; diyafram vanalarının gövdelerinde sıklıkla kullanılan malzemelerdir. Sızdırmazlıkta kullanılan malzemeler ise EPDM, PTFE, Ultraz, Silikon, Viton, NBR, FKM olup sıcaklık, basınç ve kimyasal dayanıma göre uygulama alanları değişiklik gösterir.

### 1.6.1.6 Kelebek vana ( butterfly valve)

Kelebek vana, çeyrek turlu vana grubunda yer alır. Merkezinden veya eksantrik olarak yataklanmış düz bir diskin akışkan geçiş deliği ortasında 90° döndürülmesi ile akışkan geçişini kesip açarak görevlerini yerine getirirler. Borunun ortasına yassı dairesel bir plaka yerleştirilmiştir. Aktuatör döndürülerek, plaka akışa paralel veya dik konuma gelir. Vana kapatıldığında ise disk döndürülür böylece geçiş yolu tamamen tıkanır. Vana tamamen açıldığında ise, disk 90° dönerek akışın tam geçişine izin verir. Ayrıca vana, akışı ayarlamak amacıyla azar azar da açılabilir. Kontrol için kullanılmaları gerektiğinde; klapenin ancak 15° ile 75° arasında hareket sahasında kontrolü mümkündür [20].



**Şekil 1.14 :** Manuel kelebek vana örneği [21].

Bu vanaların avantajı, yer sıkıntısının yaşandığı alanlarda özellikle de kimyasal alanlarda ufak boyutlu olarak yüksek debi değerleri sağlamalarıdır. Bu vanaların dezavantajları arasında temizlenmelerinin kolay olmaması ve hassas kontrol edilememeleri gösterilebilir. Bundan dolayı da kelebek vanaları steril, tıbbi ve yiyecek proses uygulamalarında kullanılmaktan kaçınılır. Ayrıca bu vanalar, su dağıtım ve atık su proseslerinde de sıkça kullanılır [22].

Bakır alaşımları (pirinç, bronz), pik, sfero, çelik ve paslanmaz çelik döküm, titanium, alüminyum, PVC ve PP, kelebek vanalarda kullanılan başlıca gövde malzemeleri olmakla birlikte, EPDM, PTFE, NBR, tabii kauçuk başta olmak üzere çeşitli elastomerler ve yüksek basınç ve sıcaklık için metaller ise sızdırmazlık elemanı malzemesi olarak kullanılırlar.

### 1.6.1.7 Sürgülü vana (gate valve) (schieber ventil)

Sürgülü vana, akışkan geçişini iki sızdırmazlık halkası arasında geçiş yönüne dik olarak kayan sürgü ile açıp kapatarak görevini yerine getirir. Sürgü, tek parça olabileceği gibi çok parçalı da olabilir. Tam açık veya tam kapalı olarak çalışmaları tercih edilir. Hassas debi kontrolü için uygun olmamakla birlikte, vana boyunca basınç düşüşü minimum olacak şekilde dizayn edilirler [23].



**Şekil 1.15 :** Sürgülü vana örneği [24].

Sürgülü vanalar, dizayn olarak paralel sürgülü ve kama sürgülü olarak ikiye ayrılırlar. Paralel sürgülü vana, biri yukarı akış diğeri de aşağı akış olmak üzere iki paralel sit arasında yassı disk sürgüyü kullanır. Kama sürgülü vana ise, iki eğimli sit ve bir hafif eğimli sürgü kullanır, bu da sıkı kapatmayı sağlar. Ayrıca sürgülü vanalar millerinin hareketine göre de tanımlanabilirler. Bu durumda ilk grup yükselen milli olup vananın pozisyonu kolayca gözlemlenebilir. İkinci grup ise yükselmeyen milli (dişli) olup, limitli düşey alanın mevcut olduğu durumlarda kullanılırlar. Sürgülü vanalar, manuel olarak kumanda edilebileceği gibi elektrik ya da pnömatik olarak da kumanda edilebilir [25].

Bu vanalar ağır yağ, gres yağ, vernik, pekmez, bal, krema ve diğer yanmaz vizkoz sıvıların da içinde yer aldığı uygulamalarda kullanılırlar. Ayrıca sıcak ve soğuk su tesisatları, buhar tesisatları, petrokimya tesisleri ve petrol taşıma hatları kullanım yerlerine örnek olarak gösterilebilir.

Döküm demir, döküm karbon çeliği, silah metali, paslanmaz çelik, çelik alaşımları ve dövme çelikler, sürgülü vanaların imalatında kullanılan malzeme çeşitlerindedir.

### 1.6.1.8 Tapalı (konik-silindirik) vana (plug valve)

Tapalı vana, çeyrek turlu bir vana olup akış eksenine dik konik veya silindirik bir yuvaya oturtulmuş ve ortası delik konik veya silindirik bir parçanın 90° döndürülmesi ve deliğin geçişe açık veya kapalı konuma getirilmesi ile akışkan geçişini kesip açarak görevini yerine getirir [26].

Bu vanalar, on-off ya da kısılma yapabilecek şekilde kullanılırlar. Tapalı vanalar ilk olarak sürgülü vanaların yerini almaları için dizayn edilmiş olup, çeyrek turlu olmalarından ötürü bir sürgülü vanaya kıyasla daha çabuk açılıp kapanabilirler.



**Şekil 1.16 :** Tapalı vana örneği.

En basit ve genel tapalı vana tipi, iki yollu olanı olup, akışa izin veren açık pozisyon ve akışı engelleyen kapalı pozisyondan oluşmaktadır. Bu açıklıklar genellikle gövdenin karşılıklı uçlarında olduğundan açık pozisyondan kapalı pozisyona değiştirmek için çeyrek dönüş yeterli olur. Bu da bu çeşit tapalı vanaların çeyrek turlu vana sınıfında olmasının nedenidir [27].

Bu vanalarda ikiden fazla sayıda bağlantı ağzı olması da mümkündür. Üç yollu bir tapalı vanada, birinci yoldaki akış, ikinci yada üçüncüye yönlendirilebilir. Bu yollar ikili ikili aynı anda çalışabileceği gibi üç yolun aynı anda çalışması da mümkündür.

Daha çok düşük sıcaklık ve basınçlarda kullanılmalarına rağmen daha yüksek sıcaklık ve daha yüksek basınçlarda kullanılanları da mevcuttur. Genellikle kimya, petrol, petrokimya, gaz taşıma ana hatlarında by-passda ve farmakimyasal uygulamalarda kullanılırlar. Pik, sfero, çelik, paslanmaz çelik ve bronz döküm, cam, PVC, PP ve PTFE en çok kullanılan gövde malzemelerindendir.

### 1.6.1.9 İğne vana (needle valve)

İğne vanaların mili ince ve konik uçlu olup akışı sınırlamak ve engellemek için sit boyunca alçaltılmıştır. Vana içinden geçen akış 90° dönerek orifisten geçer. Mile iyi bir dişli bağlantı sağlanması ve geniş sit alanı, akışa karşı hassas direnç sağlanmasına izin verir.

İğne vanalarda genellikle iğne metal (pirinç, bronz, paslanmaz veya alaşım çelikleri) olup, elastomer (PVC, PTFE, vb.) bir sit kullanılır. Bunların yanı sıra metal-metal, plastik-plastik ve plastik-metal iğne ve sit uygulamaları da mevcuttur. Bu tür malzemelerin kullanılması özel uygulamaların yapılacağı durumlarda özellikle de korozyon, yüksek veya düşük sıcaklık veya fazla aşınmanın oluşabileceği durumlarda kullanılır [28].



Şekil 1.17 : İğne vana örneği [29].

İğne vanalar çok hassas ve gerektiğinde çok küçük miktarlarda dozajlama yapmak için tasarlanmışlardır. Strok ayarı sayesinde dozaj ayarı yapmak çok kolaydır. Bakımı kolay ve pratiktir. Küçük boyutu ve montaj vidası sayesinde kullanılması çok kolaydır. Ayarlanabilir türlerinde kapama yay ile yapılabileceği gibi pnömatik olarak da yapılabilir. Küresel vananın tersine, vananın kolunun pozisyonuna bakarak açık ya da kapalı olduğunu söylemek mümkün değildir.

Bu ufak vanalar, hem on-off hem de kısma hizmetlerde düşük debilerde buhar, hava, gaz, yağ, su ve diğer viskoz olmayan akışkanların debisini ayarlama için kullanılmaktadır. Karbüratörlü araçlardaki rölantide yakıt akışı iğne vananın kullanıldığı yerlere örnek olarak gösterilebilir.

#### 1.6.1.10 Sıkıştırma vanası (pinch valve)

Sıkıştırma vanalar, ortam akışkanının elastik dokunmuş kumaştan yapılmış hortumdan geçişini kontrol eder. Adından da anlaşılacağı gibi bu vanalar, elastik hortumun karşı duvarlarının sıkışarak ortam akışkanının geçemeyeceği şekilde engelleme prensibiyle çalışırlar [30]. Ortam ile vana parçaları arasında hiçbir temas olmadığından sterilliğin ve temizliğin zorunlu olduğu uygulamalar için ideallerdir.



**Şekil 1.18 :** Sıkıştırma vanası örneği.

Sıkıştırma işlevselliği, bir aktüatör ile bir sıkıştırma mekanizmasının tek bir ünite gibi bütünleşik çalışmasıyla kazanılır. Sıkıştırma mekanizması, boru şeklindeki dokunmuş kumaşı zaptederek sabit bir sıkıştırma yüzeyi sağlar. Yay, aktüatörün sağladığı kuvvetin ters yönünde kuvvet sağlar. Bu vanaları kısıtlayan en önemli etmen, elastomerin dayanabileceği basınç ve sıcaklık değerleridir. Sıkıştırma vanalar genellikle DN 50 ile DN 300 boyutları arasındalardır [31].

Çimento, seramik, çamur, kireç, alçı, toz cevherler, asitler ve südkostik eriyikler, sıkıştırma vanalarının sıklıkla kullanıldığı uygulama alanlarıdır.



**Şekil 1.19 :** Sıkıştırma vanasının elastik hortumu.

## 1.6.2 Özel vana tipleri

### 1.6.2.1 Akış kontrol vanası (flow control valve)

Akış kontrol vanası, bir akışkanın debisini ya da basıncını ayarlamakta kullanılır. Kontrol vanaları, normalde debimetre ve termometre gibi bağımsız kaynaklar tarafından üretilen sinyallere cevap verirler. Kontrol vanaları genellikle aktuatörlerle ve pozisyonerlerle birlikte bulunurlar. Pnömatik kontrollü glob vanaları başta olmak üzere küresel ve kelebek vanalar da endüstriyel alanlarda kontrol amaçlı kullanılan vanaların başını çekerler. Kontrol vanaları, hidrolik aktuatörlerle birlikte de çalışabilmekte olup, bunlara otomatik kontrol vanaları denir. Hidrolik aktuatörler, basınç ya da debideki değişime göre vanayı açarak ya da kapayarak cevap verirler.



Şekil 1.20 : Pnömatik aktuatörlü ve akıllı pozisyonerli glob kontrol vanası örneği.

### 1.6.2.2 Basınç düşürücü vana (pressure reducing valve)

Basınç düşürücü vana (basınç regülatörü), sıvı ya da gazın basıncını, proses tamamlanana kadar, başlangıç değerinden son belirlenen değere düşürür. Genellikle sıcak su ve alan ısıtma sistemlerinde kullanılır [32].



Şekil 1.21 : Basınç düşürücü vana örneği [33].

### 1.6.2.3 Selenoid vana (solenoid valve)

Selenoid vana, selenoid arasından elektrik akımı geçirilerek elektrik sinyali ile açılıp kapanan elektromekanik kontrol vanasıdır. Çalışma prensibi ise elektrik anahtarıninkine oldukça benzeyen bu vanalar, hava veya suyun akışını kontrol ederken, elektrik anahtarı ise elektrik akışını kontrol eder [34].



**Şekil 1.22** : İki yöllü normalde kapalı selenoid vana örneği.

Selenoid vana iki ana kısımdan oluşur. Bunlar; selenoid ve vana. Selenoid, elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirir ve böylece vananın konumunu değiştirir. Selenoid vanaların iki ya da daha fazla bağlantı ağzı olabilir. Eğer iki bağlantı ağzı var ise, akış açık veya kapalı konumu ifade eder ve hatta normalde açık veya normalde kapalı olarak monte edilir. Bu vanaya elektrik verildiğinde normalde açık ise kapalı konuma, normalde kapalı ise açık konuma gelir [35].

### 1.6.2.4 Pilot vana (pilot valve)

Diğer vanalara gidecek olan akışkanın debisini ve basıncını ayarlayan bu vanalar, ufak ve kolayca çalışan ve gelen besleme sayesinde daha yüksek basınç veya debiyi kontrol ederler. Eğer pilot vanalar olmasaydı, çalışma amacıyla daha fazla kuvvet gerekecekti. Ayrıca acil durum ve güvenlik kontrolü gibi kritik uygulamalarda da kullanılıp, direkt insan tarafından çalıştırılırlar [36].



**Şekil 1.23** : Pilot vana örneği [37].

### 1.6.2.5 Termostatik karıştırma vanası (thermostatic mixing valve)

Bu vana, sıcak su ile soğuk suyu karıştırarak sabit sıcaklıklar elde eder. Böylece suyun sıcaklığının ayarlanmasını sağlar. Bu sayede de soğuk veya sıcak tedarik sırasında oluşabilecek hataların sonucunda meydana gelecek termik şok veya haşlanmaya karşı korur. Ayrıca bu vanalar için bazı kriterler belirlenmiştir. Depolanmış suyun 60°C'nin üzerinde ve dağıtım yapılacak suyun da 50°C'nin altında olması bu kriterlerden biridir [38].



Şekil 1.24 : Termostatik karıştırma vanası örneği.

### 1.6.2.6 Patlama vanası (blast valve)

Patlama vanası, sığınak içindeki ani dış basınç değişimlerine karşı dayanma amacıyla kullanılmakta olup, özellikle yaralanma ve ölümlerle sonuçlanan durumlara karşı korur. Yakın bir alan içinde meydana gelen nükleer patlama veya benzeri patlamalar sonucu ani basınç değişimi oluşabilir. Bu vanalar, normalde açık pozisyonda hava giriş/çıkış borularının içine yerleştirilir. Fakat ani ve güçlü bir basınç değişimi meydana geldiğinde otomatik olarak patlama vanası kendini kapatır [39]. Patlama vanası uzun süreli patlamalarda 20 bar, kısa süreli patlamalarda 60 bar basınca dayanabilirler.



Şekil 1.25 : Patlama vanaları örneği [40].

### 1.6.2.7 Kalp vanası (heart valve)

Kalbin içinde yer alan kalp vanaları açılıp kapanarak taraflar arasındaki basınç farklılığından da yararlanarak kanın tek yönlü akışını ayarlarlar. Kalp kası büzülüp gevşedikçe vanalar açılır ve kapanır, böylelikle kanın akışına izin verir. Kalpte dört adet vana mevcuttur. Bunlardan iki tanesi atrioventricular (AV) vana diğer ikisi ise semilunar (SL) vanadır. Atrioventricular (AV) vanalar, kanın kulakçıktan karıncıklara akışını sağlar. Semilunar (SL) vanalar ise kalpten çıkan atardamarların içinde bulunup, atardamardan karıncıklara kanın geri akışını engeller [41].



Şekil 1.26 : Kalp vanası örneği [42].

### 1.6.2.8 Basınç muhafaza vanası (pressure sustaining valve)

Basınç muhafaza vanası (karşı basınç regülatörü), basıncı önceden ayarlanmış olan üst akış seviyesine ayarlar. Boru montajı sırasında yararlanılır. Esasen su borusu içindeki minimum çalışma basıncıyla denkleşebilir, üst akış basıncı ile alt akış basıncını dengeleyerek, boru hattındaki basıncı sabit tutar. Eğer üst akış basıncı artar ise pilottaki pasajlar daha fazla açılarak basıncı düşürürler [43].



Şekil 1.27 : Basınç muhafaza vanası örneği [44].

### 1.6.2.9 Gaz basınç ayar vanası (gas pressure regulating valve)

Gaz basınç regülatörleri, gaz basıncını kontrol etmek, sabit tutmak ve alt akış tesisatının zarar görmesini engellemek ve belli basınçtaki gazın akışını otomatik olarak keserek kontrol etmek de kullanılırlar. Eğer gaz kaynağının basıncı gerekli basınçtan fazla ise akışı keser. Bu durumda vana açılır ve basınç düştüğünde tesisat basıncı tekrar yükselene kadar akışa izin verir.



Şekil 1.28 : Gaz basınç ayar vanası örneği.

### 1.6.2.10 Vakum kırıcı vana (vacuum breaker valve)

Vakum kırıcı vana, vakum seviyesi vananın ayarlanmış olduğu değerin üstüne çıktığında atmosferle temas sağlanmasına izin vererek sistemdeki vakum seviyesinin kontrol edilmesini sağlar. Vananın içinde yer alan disk veya şamandıra, yukarı doğru hareket ederek hava menfezini kapatıp, sıvının vanadan geçerken akışına izin verir. Akış durduğunda ise disk otomatik olarak yüzeye oturur, böylece dikey doğrultuyu atmosfere açarken, düşey doğrultuda çekişin engellenmesini sağlar. Sonuç olarak bu vana, genellikle kirli suyun geri çekilmesini engelleyerek basınçlı içilebilir su kaynağına karışmasını engelleme amacıyla kullanılır [45].

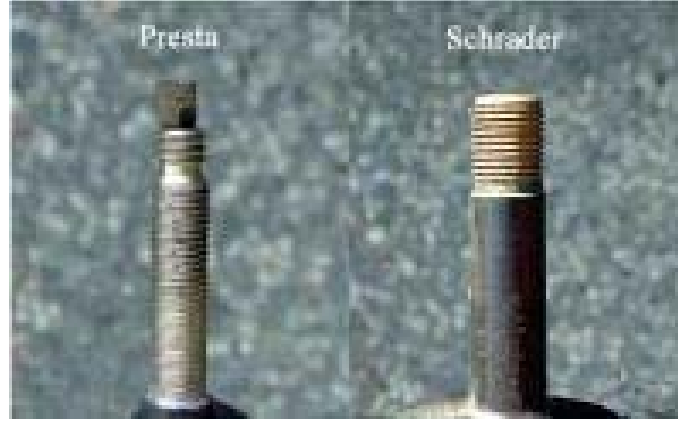


Şekil 1.29 : Vakum kırıcı vana örneği.

### 1.6.2.11 Presta vana & Schrader vana (presta valve & schrader valve)

Presta vana, genellikle dağ bisikletlerinin yüksek basınçlı lastiklerinde bulunur. Bu vana üç ana elemandan oluşur. Bunlar; supap gövdesi, dişli supap sapı ve kilitleme somunudur [46].

Schrader vana ise, bütün otomobil lastiklerinde ve düşük basınçlı bisiklet lastiklerinde kullanılan ve bir yay tarafından desteklenen vanadır [47]. Ayrıca bu vanalar, bazı direkt yakıt püskürtmeli motorlarda ve otomobil klima sistemlerde kullanılır. Oyuk silindirik metal tüpten oluşur ve dış ucu dişlidir. Genellikle prınç malzeme kullanır. İç ucunaysa gerçekleştirilecek uygulamaya uygun şekil verilir. Dış ucunun ortasında bulunan pime basılarak vananın açılması sağlanır. Vananın içindeki yay, pim serbest bırakıldığında vanayı kapatmak amacıyla pimi dışarıya doğru iter.



Şekil 1.30 : Presta & Schrader vana örnekleri [48].

Presta ve schrader vanalar, yüksek basınçlarda kapatma yaparken aynı derecede başarılıdırlar. Dış boyutları, düşük basınçlarda kapatmadaki güvenilirlik ve şişkinliğe karşı gösterdikleri iç direnç iki vana arasındaki ana farklardır. Bisiklet lastiklerinde kullanılan schrader vanalar, presta vanalara göre daha büyük çapa sahiptirler. Schrader vanalar için daha geniş delik gerekir; bu da dar tekerlek jantlarının uygun olmadığını gösterir. Bu nedenden ötürü schrader vanalar, dağ bisikletlerinin geniş tekerlek jantlarında, presta vanalar ise daha dar tekerlek jantı gerektiren yarış bisikletlerinde kullanılırlar. Schrader vananın temel dezavantajı; lastik şişirilirken pompanın hem lastik basıncını hem de yay tarafından yüklü vana sızdırmazlığının iç direncini yenmesi gerekmektedir. Yüksek lastik basınçlı yarış bisikletlerinde fazladan şişirme direci istenilmez. Bu yüzden de presta vanalarda yay kullanılmaz. Schrader vanadaki yayın getirdiği avantaj ise, çok düşük basınçta bile vananın kapanmasıdır.

### 1.6.2.12 Saplama vana (saddle valve)

Saplama vana, düşük debi ve basıncın gerekli olduğu durumlarda kullanılmakta olup, genellikle doğrudan hortuma monte edilir. Bunun için ilk olarak vana hatta düzgün bir biçimde yerleştirilmeli, sonrasında su hattını delip geçene kadar saat yönünde döndürülmelidir. Eğer vana açılmak isteniyor ise, vananın sapı saat yönünün tersine döndürülmelidir. Vananın hatta montajı sırasında ana su kaynağının kesilmesine gerek yoktur. Genellikle nemlendirici cihazlara ve donduruculardaki buz yapıcı cihazlara soğuk su sağlama amacıyla kullanılır [49].



Şekil 1.31 : Saplama vana örneği [50].

### 1.6.2.13 Zarp musluğu (stopcock)

Zarp musluğu, boru içinden geçen sıvının ya da gazın akışının sınırlandırılması ya da engellenmesi amacıyla kullanılır. Genellikle laboratuarlarda, buhar makinelerinde ve bir de su baskını gibi olaylarla karşılaşıldığında yerel su sistemlerine suyun akmasının engellenmesinde kullanılır [51].



Şekil 1.32 : Laboratuarlarda kullanılan zarp musluk örneği.

#### 1.6.2.14 Tarak vana (reed valve)

Tarak vana, basit bir tek yönlü vana olmakla birlikte iki ya da daha çok esnek malzemenin uzunluklarıncı birlikte preslenmeleriyle oluşmaktadır. [52]. Bu sayede vananın zıt taraflarında basıncı değiştirirken açılır ve kapanır böylece gazların akışının tek yönde olması sağlanır. İki stroklu motorlar, kompresörler ve bazı jet motorları tarak vanaların kullanıldığı uygulamalara örnek olarak gösterilebilirler.



Şekil 1.33 : Tarak vana örneği.

#### 1.6.2.15 Musluk (tap)

Musluk, evlerde kullanılan ve su debisinin ayarlanmasını sağlayan basit bir vanadır. Sıvı veya gazın tahliyesini kontrol eder. Lavabo, küvet, laboratuvar ve bira muslukları örnek olarak verilebilir. Lavabo ve küvet gibi yerlerde sıcak ve soğuk su için birer adet musluk bulunur. Sıcak su için kırmızı, soğuk su için ise mavi renktedir. Özellikle mutfaklarda soğuk ve sıcak su, musluğa gelmeden karıştırılıp istenilen sıcaklığa getirilir, böylece tek bir musluk kullanılması yeterli olur [53].



Şekil 1.34 : Musluk örneği.

### 1.6.2.16 Vidalı musluk (bibcock)

Vidalı musluk, binaların dışında hortumla su kaynağı arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla kullanılır. Özellikle araba yıkama ve bahçe sulama bu tür vanalardan en sık yararlanılan uygulamalardır. Bu vananın tepesinde manuel kumanda etmek amacıyla kontrol anahtarı bulunur. Bu anahtar açma veya kapama yönünde çevirilerek suyun akması veya kesilmesi sağlanır [54].



Şekil 1.35 : Vidalı musluk örneği [55].

### 1.6.2.17 Şamandıralı valf (fill valve) (ballcock)

Şamandıralı valf, su depolarının dolumu sırasında su seviye kontrolünü yapmak ve taşmayı önlemek amacıyla kullanılır. Genellikle tuvaletlerdeki sifonlarda bulunur. Mekanizmanın en önemli elemanı olan vana, şamandıraya bağlı olup tankın en üst kısmına yakın bir yerde bulunur. Vana, suyun geldiği kaynağa bağlanmış olup bir manivela yardımıyla açılıp kapanır. Eğer su seviyesi dolun seviyesine ulaşmış ise, şamandıra vanayı kapatmaya zorlar. Bu da vananın, suyun akışını kesmesine neden olur. Tanktaki su seviyesi azaldığında ise, şamandıra alçalıp şamandıralı valfi harekete geçirir ve tanka su tekrar dolmaya başlar. Bu dolun, belli bir seviyeye ulaşınca kadar devam eder [56].



Şekil 1.36 : Sifonlarda kullanılan şamandıralı valf örneği [57].

### 1.6.2.18 Donma vanası (freeze valve)

Tek fazlı akışkanlar için olan donma vanası, bir akış alanının içinden soğuk ve sıcak kaynaktan gelen akışkanı alacak şekilde dizayn edilmiş bir boru içerir. Soğuk kaynak ve sıcak kaynak, boru ile termal kontak sağlayacak şekilde yerleştirilirler. Bu şekilde borudan geçen akışkanın ya donmasına izin vererek boru içindeki pasajı kapar ya da akışkanı ısıtarak pasajın açılmasını sağlar. Sonuç olarak; donma vanası hem donmayı hem de erimeyi sağlayarak geçişi engeller veya geçişe izin verir [58].



Şekil 1.37 : Donma vanası örneği [59].

### 1.6.2.19 Gaga vana (duckbill valve)

Kauçuk ve sentetik elastomerler, başlıca gaga vana malzemeleridir. Bu vananın gaga vana diye isimlendirilmesinin nedeni şeklinin ördek gagasına benzemesidir. Akışkan kaynak hattından pompalandığında vananın yassı ucu açılır böylece basınçlı suyun geçişine izin verir. Basınç kalktığında ise, vananın ucu tekrar yassılaşıyor geri akmayı engeller [60]. Bu vanalar genellikle tıbbi uygulamalarda geri akmadan kaynanabilecek olan mikropları engellemekte kullanılırlar.



Şekil 1.38 : Gaga vana örnekleri.

### 1.6.2.20 Duple çekvalf (double checkvalve)

Duple çekvalf, geri akışı engelleyerek su kaynaklarını kirlenmekten korur. İki adet çekvalfin tek bir gövde içinde bir araya getirilmesinden ve test valfleri ve kapama (shut off) vanalarından oluşur [61]. Test valfleri, ikili çekvalfin işlevselliğini test etmek amacıyla kullanılırlar. Gıda proses ekipmanları, combi-boiler sistemleri ve bahçe musluk sistemleri duple çekvalflerin kullanıldığı yerlere örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 1.39 : İkili çekvalf montajı örneği [62].

### 1.6.2.21 Pompa emme valfi (foot valve)

Pompa emme valfi, özel bir çekvalf olup pompanın bağlı olduğu emme borusunun alt kısmına yerleştirilmiştir [63]. Pompa, suyun emme borusuna girişine izin verdiğinde bu valf açılır. Pompa, suyun emme borusundan dışarı akmasını engellemek amacıyla kapandığında ise vana da kapanır [64].



Şekil 1.40 : Pompa emme valfi örneği [65].

### 1.6.2.22 Bıçak vana (knife valve)

Bıçak vana, gövdesindeki silindirik mil, yanal akış pasajının açılıp kapanması için bir sit ve uzunlamasına hareket edebilen bir bıçak ağzından oluşmaktadır. Bu bıçağın ağzının yukarı aşağı hareketi sonucunda vana açılır ve kapanır [66].

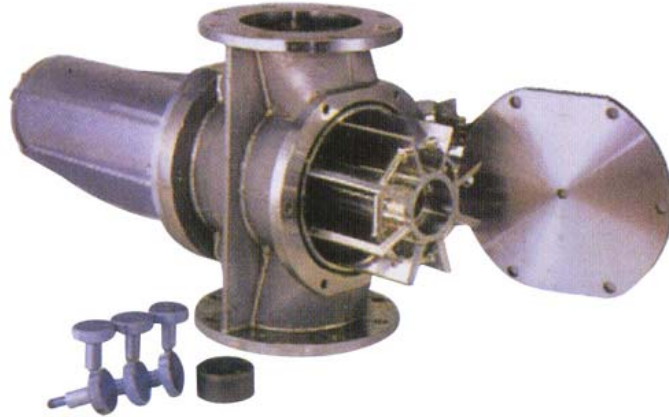
Lifli akışkanlar, kağıt, atık su hatları, toz, silis kumları bıçak vanaların en sıklıkla kullanıldığı alanlardır. Gövde malzemesi olarak ise en çok GG 22 pik döküm, sfero, CS 45 , AISI 304 ve AISI 316 paslanmaz çelik kullanılmaktadır.



Şekil 1.41 : Bıçak vana örneği [67].

### 1.6.2.23 Döner vana (rotary valve)

Döner vana, mil çevrilerek kontrol edilir. Vana ve mil, dişli olabilir öyle ki mil vanaya bir yönde çevrilerek içten veya dıştan vidalanabilir. Böylece vananın içerisinde diski geri veya ileri hareket ettirir [68].



Şekil 1.42 : Döner vana örneği.

## 2. EMNİYET VANALARI

### 2.1 Emniyet Vanaları Hakkında Genel Bilgi

Emniyet vanaları, sistemin istenilen basıncı aşmasına karşı koruma amaçlı olarak prosese monte edilen ve kendiliğinden çalışan vanalardır. Hat basıncı limit değerini üstüne çıkmaya çalışır ise fazla basıncı azaltır. Emniyet vanaları, fazla basıncın borularda ve ekipmanlarda patlama problemi yaratabileceğinin veya anormal çalışma durumlarının proses elemanına zarar verebileceğinin düşünüldüğü proses sistemlerine yerleştirilir. Proses hattındaki basıncın güvenli ya da normal sınıra inmesini takiben emniyet vanası otomatik olarak kapanır. Böylece sistemin normal çalışmasına izin verir. Emniyet vanaları, dizaynları farklı olmak koşuluyla gazlar ve sıvılar için kullanılabilirler [69,70].



**Şekil 2.1 :** Flanşlı emniyet vanası örneği.

Emniyet vanaları, iki genel yöntemden biriyle hareketlendirilir. İlk yöntem; direkt etkili emniyet vanası (direct-acting pressure-relief valve) olup, önceden belirlenmiş yay kuvveti kapatma elemanının ters tarafına bir kuvvet uygularken proses basıncı da kapatma elemanının diğer tarafına etki eder. Doğru yay oranı, emniyet relief vanasının işlevine göre kritik hal alır. Hat basıncı azami sınırına eriştiğinde basınç kuvveti yay kuvvetini yenerek yayın ve diskin geri çekilmesini sağlayıp, basıncın önceden belirlenmiş debide sukbeden geçmesine izin verir.

İkinci harekete geçirme metodu ise; pilot hareketlendirme (pilot pressure-relief valve) olup, bir pilot vana mekanizması sistem basıncını gözlemleyip basınç limitini aştığında ana vanayı açmak için tetikler. Bazı pilot hareketlendirme dizaynları, pilot mekanizmasını vananın içine yerleştirirse de çoğunun mekanizması dış yüzeye bağlıdır. Ayrıca pilot mekanizması, vananın çalışma karakteristiğine karar verir. Pilot emniyet vanalarında, kapatma elemanı, proseste kullanılan akışkan ya da dış güç kaynağı ya da her ikisinin kombinasyonu tarafından sitinde kalması sağlanır.



**Şekil 2.2 :** Dişli emniyet vanası örnekleri [71].

Emniyet ve tahliye vanaları, uygulama alanlarına göre üç gruba ayrılırlar. Tahliye vanaları (relif valves), akışkan olarak sıvının kullanmakta olduğu uygulamalarda sıvıların önceden belirlenmiş olan basınç değerini aşması durumunda kısmen açılarak akışkanın otomatik olarak boşalmasını sağlar. Bunun nedeni sıvıların sıkıştırılmaz olmasıdır. Bu vanalar set basıncının üstündeki basınçlarda vananın oransal olarak açılarak akışkanın tahliye olmasını sağlarlar. Ayrıca bu vanalar, oransal kalkışlı vana (proportional-lift valve) olarak da adlandırılmaktadır.

İkinci grup ise; emniyet vanaları (safety valves) olup, vananın kapatma elemanı sitinden biraz kalktığı anda vananın aniden tam açık pozisyona gelmesini ve hattaki basıncın hızla azalmasını sağlar. Emniyet vanasının kullanılmakta olduğu uygulamalarda gaz ve buhar kullanılan akışkanlardır. Bu vanalar, tam kalkışlı vana (full-lift valve) olarak da adlandırılmaktadır.

Üçüncü ve son grup ise; emniyet tahliye vanaları (safety relief valves) olup, gazların, buharın veya sıvıların önceden belirlenmiş olan basınç değerini aşması durumunda otomatik tahliyei sağlarlar. Çabuk açılma karakteristikleri vardır. Bu vanalar, normal kalkışlı vana (normal-lift valve) olarak da adlandırılmaktadır.

Emniyet ve tahliye vanalarının anma boyutları 0.25" (DN 6) ile 20" in (DN 500) arasında olmakla birlikte pirinç, bronz, pik, çelik ve paslanmaz çelik başlıca kullanılan gövde malzemeleridir [72].

## **2.2 Emniyet Vanalarının Dizaynı**

Vanada biri giriş, diğeri ise çıkış olmak üzere iki bağlantı ağzı bulunmaktadır. Giriş; basınçlı taraf, çıkış ise; boşaltma tarafı olup genellikle atmosfere açık olduğundan atmosfer basıncına sahiptir. Emniyet vanasının çıkışı, girişine göre her zaman bir ya da iki anma çapı daha büyüktür. Böylece boşalma sırasında daha fazla debinin dışarı çıkmasını sağlar. Tahliye ve emniyet tahliye vanalarda ise vananın çıkışı, girişiyle aynı anma çapına sahiptir. Ayrıca emniyet ve tahliye vanalar genellikle dik gövde dizaynını kullanırlar. Gövdenin üzerinde yer alan kapak, yay ve ayar vidasını dış ortamdan ayırır. İçinde yer alan ayar vidası ise, yayı gevşeterek ve sıkıştırarak vananın ayar basıncının ayarlanmasını sağlar.

Emniyet ve tahliye vanalarda genellikle iki tip kapak kullanılmaktadır. Bunlar; açık kapak ve kapalı kapaktır. Açık kapak, yayın atmosfer ile temasına izin verir ve yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılır. Yaylarla alakalı ana sorunlardan biri, ısıtıldıklarında kuvvetlerini kaybetmeleridir. Açık kapak kullanılarak yayın soğuk kalması, böylece de sertliğinin korunması sağlanır. Açık kapak dizaynında kapak ile gövde arasında tam bir sızdırmazlık sağlanamadığı için akışkanın çok büyük bir kısmı gövde bağlantı ağzından kaçacak olmasına rağmen bir kısım sıvı veya gaz, kapak boşluğundan dışarı sızabilir. Bu çeşit kapaklar, özellikle buhar kazanının kullanıldığı uygulamalarda tercih edilirler.

Kapalı kapak (basınçlı kapak) ise, gaz sızdırmayan ve proses ortamının dış çevre ile temasını önleyen blöf mekanizmasını içerir. Atmosfer ile teması bulunmayan dizayn, zararlı gazların atmosfere sızmasını engelleme amacıyla kullanılır. Yüksek sıcaklıklarda yay sertliğinin bozulmasından ötürü bu kapak düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmalıdır [73].

Yay, yay çanakları arasına yerleştirilir. Alt yay çanağı, mildeki pozisyonu sabitlenmiş olmasına rağmen yayın dinamik sonu olan kapatma elemanı miline monte edilmiştir. Üst yay çanağı sabitlenmiş olup, emniyet tahliye vanasının çalışması sırasında hareket etmemekle birlikte konumu, yayın sıkıştırılmasını ayarlayan ayar vidasının döndürülmesi ile değiştirilebilir.

Bazı daha küçük boyutlarda veya düşük basıncılarda kapatma elemanındaki kapatma kuvvetini sağlamak amacıyla yayların yerine ölçülü ağırlıklar kullanılabilir. Ölçülü ağırlıklı vanaların özellikle daha büyük boyutlarda ve basıncılarda kullanılmaları pratik değildir, çünkü bunlar çok ağır olup, geniş kapak alanları gerektirirler. Dikkatlice düşünüldüğünde yay katsayısının daha geniş ve uzun yaylarla değiştirilebilirliği, yaylıların en büyük avantajıdır.



**şekil 2.3 :** Emniyet vanası kesit rneği [74].

Sistemin doğru çalıştığından emin olmak için vananın testi periyodik olarak yapılmalı veya manuel olarak hattın basıncı alınmalıdır. Özellikle tehlikeli gazları içeren sistemlerde emniyet vanasının düzgün olarak çalışıp çalışmadığının kontrolü için blöf mekanizmalı emniyet vanası kullanılmalıdır. Blöf kolu, vanaya bağlı olup, hareket ettirilerek kapatma elemanını oturma yüzeyinden yükseltir, böylece emniyet tahliye vanası harekete geçirilmiş olunur.

### 2.3 Emniyet Vanalarının Çalışma Prensibi

Emniyet ve tahliye vanaları, sistemin çalışma basıncında olduğu süre boyunca kapalı kalacak şekilde dizayn edilirler. Bu noktada, sıkıştırma tarafından meydana gelen kapatma elemanı üzerindeki aşağı yönlü kuvvet, kapatma elemanına karşı gelmeye çalışan basıncın yarattığı yukarı yönlü kuvvetten daha büyüktür.

Her bir emniyet vanasının kendine ait bir ayar basıncı mevcut olup, bu basınç değeri; sistemdeki basıncın yükselmesinin yay kuvvetinin sitin kırıdamasını engellediği kuvveti yenmeye başladığı noktadaki değerdir. Ayar basıncına ulaşıldığında emniyet tahliye vanası açılmaya başlar. Oturma basınç farkı, çalışma basıncı ile ayar basıncı arasındaki farktır. Hassasiyet ve tehlike içeren uygulamalarda oturma basınç farkının oldukça küçük olması gerekmektedir. Genel uygulamalarda ise ayar daha yüksek olabilir, böylece basıncın çok az yükselmesinde vana açılmayacak ve dolayısıyla da prosesi etkilemeyecektir. Akışkan olarak gazın kullanıldığı durumlarda oturma basınç farkı genellikle yüzde 1 ila 5 arasına ve akışkan olarak sıvı kullanıldığında ise yüzde 5 ila 20 arasına ayarlanır. Oturma basınç farkı, prosesin ihtiyaçlarına ve sistemin güvenlik gerekliliklerine göre ayarlanmalıdır. Çünkü emniyet tahliye vanasını harekete geçirmek prosesi olumsuz yönde etkileyebilir ve sorunlara neden olabilir [75,76].

Oransal kalkışlı vanalarda ayar basıncına ulaşıldığında vana hızlıca tam açık konumuna gitmez. Bunun yerine vana tamamen açılmadan sistem basıncının daha yüksek seviyede olması gerekmektedir. Bu nokta açılma basıncı olarak adlandırılır. Tahliye (oransal kalkışlı) vanalar, genellikle lineer bir karakteristikle sadece sistemin mevcut basıncını devam ettirebileceği kadar açılma gerçekleştirirler.

Sistemdeki aşırı basınç azaldıkça yayın aşağı yönlü kuvveti, akışkan basıncının yukarı yönlü kuvvetinin üstesinden gelerek kapatma elemanının alçalmasını ve sonunda da kapatma elemanının site oturmasını sağlar. Basıncın bu ulaştığı ve kapatma elemanının site yeniden oturduğu noktaya yeniden oturma basıncı denir. Aşırı basınç yükselmesi vananın açık bir konuma hareket etmesine neden olur ki bu durumda vana sitine tekrar oturana kadar rahatlar. Bu duruma da blöf adı verilir. Ayar basıncı ile yeniden oturma basıncı arasındaki farka basınç farkı denir. Bazı kullanıcılar, akışkan kaybını olabildiğince engellemek ve daha verimli çalışmak için blöfün mümkün olduğunca kısa sürmesini tercih ederler. Yine de blöf çok kısa

olduğu takdirde, vana kararsız olmaya başlayabilir. Eğer yüksek sayıda blöf bekleniyor ise, imalat kaybına neden olacaktır. Bundan dolayı daha kısa blöfler daha uygundur. Eğer blöfler nadiren gerçekleşiyor ise, vananın stabilitesi sağlanabiliyorsa daha uzun blöfler daha uygundur. Blöflerin ortalama sayısı ayarlanabilir. Örnek olarak, blöf halkasını yükseltmek blöfü azaltır. Blöf halkasını indirmek ise blöfü arttırır. Eğer ayrı bir sukbe gövdeye vidalanır ise, yukarı aşağı ayarlanabilir. Ancak bu da ters yönde olarak açma basınç farkını etkiler. Kapatma elemanının arka tarafına etkiyecek kuvvetleri ayarlaması için kısma regülatörü de sisteme eklenebilir.

#### **2.4 Emniyet Vanasının Sisteme Eklenmesi**

Eğer vana kaldırma kollu ise kullanıcı kolu asla sıklıkla kullanmamalıdır, çünkü bu durum oturma yüzeylerinin birbirine sürtünüp durmasına ve bunun sonucunda da potansiyel sızıntı yolu oluşmasına neden olur. İleride kaza sonucu oluşabilecek bir boşalmaya karşı önlem olarak kol gövdeye tel ile bağlanabilir [77].

Vana monte edilmeden önce hat kir, kaynak artıkları ve benzeri pisliklerden temizlenmelidir. Vana, boru veya flanşları arasına yerleştirilirken conta yüzeylerinin zedelenmediğine emin olunmalıdır. Genellikle emniyet vanalarının gövdeleri üst tarafta olacak şekilde montajları yapılır. Boşaltma bağlantı ağzı mümkün olduğunca kısa ve insanların yürüyüş yolundan ve çalışma alanlarından mümkün olduğunca uzak olmalıdır. Bütün durumlar için, boşaltma bağlantı ağzı yakındaki bir şeye yaslanmalı, böylece özellikle blöf sırasında oluşacak titreşime karşı korunmalıdır.

Vananın bulunduğu ortam, vanaya gerektiğinde kolaylıkla ulaşılabilmeye ve sökülebilmeye elverişli olmalıdır. Eğer vana kaldırma kollu ise, kolun hareketi boyunca herhangi bir ekipman tarafından hareketinin engellenmemesi sağlanmalıdır.

Vananın montajının hemen akebinde sistem çalıştırılmalı ve ayar basınç noktasına kadar test edilerek aşırı basınç artışının vananın açılmasını sağlayıp sağlamadığı ve sonrasında da blöfün düzgünce gerçekleşip gerçekleşmediği gözlenmelidir. Eğer ayar basıncında ya da yeniden oturma basıncında yanlışlık varsa, mümkünse imalatçının kalibrasyon prosedürü uygulanmalıdır. Emniyet vanalarındaki çoğu ayarlama çok hassas olup, ayarda büyük bir oynama vananın çalışmasını tamamen altüst edebilir.

## 2.5 Emniyet Vanası Sorunlarının Giderilmesi

Düzenli çalışmayı garanti etmek amacıyla emniyet vanasının belli aralıklarla kontrolü yapılmalıdır. Prosedüre göre; contaların sağlam olduklarından emin olunmalıdır. Aylık olarak vananın kaldırma kolu ile ya da sistemin yüksek basınç seviyesine getirilmesi ile vananın açması test edilmelidir. Hizmetteki vanalardan aşırı derecede korozif ortamda çalışacak olanlar, tutma ve yapışma gibi problemlerle karşılaşmamak için düzenli aralıklarla kontrole gereksinim duyarlar [78].



Şekil 2.4 : Emniyet vanası test örneği [79].

Emniyet vanalarının genel problemi, vana açılırken ya da açıkken kapatma elemanının çarpma eğilimidir. Vana açık ve sukbeden uzakta iken kapatma elemanının dalgalanması ile ya da kapatma elemanı sukbeden uzaklaştığında ise tıkırtı oluşmasıyla karşılaşılabilir. Takırtı ve titreşimin en genel nedeni; vananın fazla büyük olmasıdır. Kullanıcı ya da imalatçı vanayı boyutlandırırken emniyet faktörlerini de eklediğinde, bu durumla sıklıkla karşılaşılır.

Takırtı veya titreşimin oluşma nedenlerinden bir başkası da basınç dalgalanmalarına veya proseste türbülansa neden olacak proses malzemesinin bir kısmının yakınlığıdır. Pompalar, kompresörler, delik plakalar ya da basınç düşürücü vanaların hepsi böyle dalgalanmalara neden olabilir. Böyle bir dalgalanmanın etkilerinden korunmak için emniyet vanası problemleri ekipmandan mümkün olduğunca uzakta bulunmalıdır. Bu tür dalgalanmalar, tamamen olmasa bile uzaklık ile yok olma eğilimine sahiptirler. Diğer bir seçenek ise emniyet vanasının daha yüksek blöf ayarına veya daha yüksek ayar basıncına ayarlanmasıdır.

Takırtı ve titreşim başka faktörlerden de kaynaklanabilir. Karşı basınç, vananın ayar basıncından yüksek olabilir. Açılma basınç farkı, düşük bir ayara getirilmiş olabilir. Bu da standart sızıntı akışının vanayı açmasına yetmiştir. Belki de kompresör ya da pompayla emniyet vanası arasında bir basınç kaybı söz konusu olabilir. Son olarak da vana maksimum akış için dizayn edilmiş olup, basınç değişimleri çok ufak değerlerle sınırlı olup, vananın tam açık pozisyonuna erişmesine izin vermemekte olabilir. Bu durumda da var olan maksimum akış vanasından önce başka bir tane emniyet tahliye vanası monte edilerek ufak proses sıkıntılarının üstesinden gelinebilir.

Yüksek boşalma, emniyet vanasının kendisinin ayarı ile alakalı bir problemdir. Gaz veya buhar halindeki akışkan düşüşünün varlığı ile veya karşı basıncın büyümesi ile zamanla arttırabilir [80].

## 2.6 Emniyet Vanasının Hizmete Alınması

Emniyet vanasının demontajında vananın proses hattından çıkarılması gerekmektedir. Vanayı hat dışına almadan önce mutlaka hattın basıncı kesilmeli ve gerekli ise temizleme işlemi yapılmalıdır. Proses akışkanları hatta kalmamalıdır. Genellikle vana gövdesi proses hattına civatarla bağlanmış şekilde kalır. Eğer gövde veya sukbe için servis ya da yenilenme gerekli ise vana tamamen hattan çıkarılır [81].



Şekil 2.5 : Emniyet vanası bakım örneği [82].

Vananın demontajında ilk aşama vana mühürlü ise, mührü kırmak ve sonrasında kapağı çıkarmaktır. Çünkü yay sıkışık vaziyetteyken çıkarılmaya çalışılır ise, yaralanmalara ya da vanada hasara neden olabilir. Yay gevşetilene kadar kapak civatası çıkarılmamalıdır. Tabi ki bu durum dizayna göre çeşitlilik gösterir. Yine de en genel yöntem; ayar vidasını döndürerek çıkarmaktır. Bu noktada en iyi yöntem; vananın montajının tekrardan kolaylıkla yapılabilmesi için ayar vidasının üst nokrasının sabit bir yüzeye olan uzaklığının ölçülmesidir. Ayar vidası döndürülerek yayı gevşetilir. Yay tamamen gevşetilmiş olsa bile vidanın tümünden çıkartılması gerekebilir. Yay gevşetildikten sonra kapak çıkartılabilir. Bu noktada, disk ve sukbe oturma yüzeyleri hasara ve aşınmaya karşı denetlenmelidir. Eğer disk çıkartılmışsa, milden ayrı olmalıdır. Disk çıkartıldığında, klavuzlar, yay çanakları ve yay (veya yaylar) sökülmelidir [83].

Bütün oynak ve basınç tutucu parçalar aşınmaya ve sürtünme sonucu oluşabilmesi muhtemel hasar izleri için kontrol edilmeli ve sonrasında bütün parçalar temizlenmelidir.

Tüm contalar, o-ringler veya diğer elastomer sızdırmazlık malzemeleri yenilenmelidir. Eğer diskin ve sukbenin oturma yüzeyleri çok az düzeyde aşınmış veya hasar görmüş ise zımpara bezi veya benzer malzeme kullanılarak bu sorun giderilebilir, fakat bu aşınma ve hasar yüksek düzeyde ise bu parçalar yenilenmelidir.

Temizleme ve yağlamadan sonra kullanıcı parçaları demontaja göre ters sıralama ile dikkatlice yeniden monte etmelidir. Daha sonra vana proses hattına yerleştirilir ve aşırı basınç tutma işlemi gerçekleştirilerek vananın doğru ayar basıncında çalışıp çalışmadığı test edilir. Bu aşamada doğru basınç değerinde değil ise, basınç değerinin ayar basıncının altında ya da üstünde olmasına göre basınç ayar civatası gevşetilerek ya da sıkılarak ayarı yapılır.

## **2.7 Emniyet Vanası Sızdırmazlığı**

Emniyet vanalarında sızdırmazlık, metal metale kapatma ya da yumuşak kapatma ile sağlanır. Metal metale kapatmada sit ve sertleştirilmiş klape yüzeyleri hassas olarak işlenmelidir. Karşılıklı olarak çalışan metal sızdırmazlık yüzeylerin pürüzlülüğünden ötürü sızdırmazlık sağlamak oldukça güçtür. Yumuşak kapatma da ise, yumuşak temas yüzeyli klapeleler daha iyi sızdırmazlık sağlamakta olup, alternatif olarak

elastomerler kullanılabilir. Metal metale kapatmada çekilen güçlükler, elastomer kapatma elemanı kullanılarak ortadan kaldırılabilir. Vanalarda belli başlı kullanılan elastomer malzemeler; politetrafloroetilen (teflon) (PTFE), etilen propilen kauçuk (EPDM) ve florokarbon kauçuk (FKM)'dur.

Yumuşak sızdırmazlığın metal metale kapatmaya göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar; kirletici akışkanlara karşı duyarsız olmaları, vana siti hafifçe zarar gördüğünde dahi sızdırmazlığı sağlamaları, çalışma tekrarlandığında dahi sızdırmazlığın sürmesi ve vakum koşulları altında da kullanılabilmesidir. Yumuşak sızdırmazlığın metal metale kapatmaya göre dezavantajı ise; akışkanın kimyasal özelliği, basıncı ve sıcaklığı (min -45°C / max 230°C) gibi parametrelere bağlı olarak sınırlı uygulama alanına sahip olmalarıdır.

## **2.8 Emniyet Vanalarıyla İlgili Terimler**

Birikme - toplanma (accumulation); emniyet vanası boşaltmasını yaparken bir kabın veya sistemin maksimum güvenli çalışma basıncının üzerinde bir basınç yükselişine denir. Amaç vananın değil, kap veya sistemin korunmasıdır.

Ayar basıncı (set pressure); emniyet vanasının açmaya başlayana kadar ki vana girişinde ölçülen en yüksek basınçtır.

Aşırı basınç (overpressure); boşalma kapasitesine erişildiğinde vana girişindeki ayar basıncının üzerindeki basınç artışıdır.

Tekrar oturma basıncı (re-seat pressure); emniyet vanası kapandığında vana girişinde ölçülen basınçtır.

Boşalma (blow-down); ayar basıncı ile tekrar oturma basıncı arasındaki fark olup, yüzdesel veya basınç farkı olarak ifade edilir.

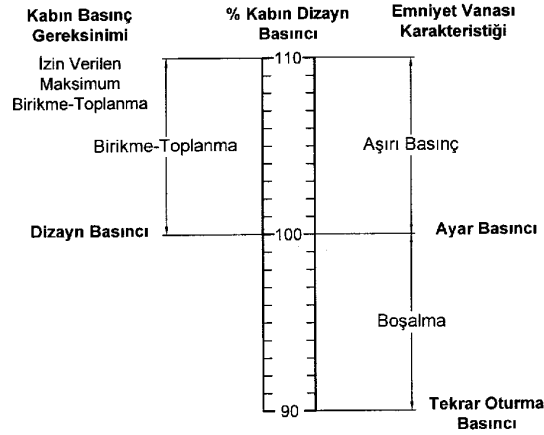
Simmer (simmer); vana ayar basıncı ile patlama basıncı arasındaki basınç bölgesidir. Bu bölge içinde vana çok az açılarak kapasitesinin ufak bir yüzdesini boşaltır.

Patlama basıncı (popping pressure); vana kapatma elemanının hızlı bir şekilde biraz açık pozisyondan (simmer bölgesinden) tam açık pozisyona ulaştığı basınçtır.

Geliştirilmiş karşı basınç (built up back pressure); vana içinden geçen ve imha etme sistemine gitmekte olan akıştan ötürü vananın çıkışındaki mevcut basınçtır.

Birleştirilmiş karşı basınç (superimposed back pressure); atmosfer basıncından yüksek olan emniyet vanası çıkışındaki basınçtır. Bu basınç, emniyet vanalarının veya aygıtlarının genel imha etme sistemlerine boşalma sonucu veya özel dizayn gereksiniminin sonucu olarak ortaya çıkar. Karşı basınç, çalışma şartlarına bağlı olarak sabit veya değişken olabilir.

### BASINÇ TERİM İLİŞKİSİ



**Not :** Sistemin çalışma basıncı, her zaman tekrar oturma basıncından düşük olmalıdır.

**Şekil 2.6 :** Basınç – terim ilişkisi.

Fark ayar basıncı (differential set pressure); ayar basıncı ile sabit birleştirilmiş karşı basınç arasındaki farktır. Standart tipte emniyet vanası, sadece sabit birleştirilmiş karşı basınca karşı boşaltma yaptığı zaman geçerlidir. (Emniyet vanasının karşı basınç oluşmayacak biçimde ayarlanması sırasındaki basınçtır.)

Soğuk fark test basıncı (cold differential set pressure); vananın yüksek sıcaklık uygulamaları için tasarlandığı basınç olup, ortam sıcaklığında bir test akışkanı kullanılarak ayarlanmasıdır. Vanadaki yükseltilmiş sıcaklığın etkisini karşılamak amacıyla soğuk fark test basıncı, ayar basıncından daha yüksek olacaktır.

Tahliye kapasitesi (discharge capacity); kütleli veya hacimsel akış terimleriyle ifade edilebilen boşalmanın hakiki hızıdır.

Eşdeğer kapasite (equivalent capacity); Test akışkanlarının kütleli veya hacimsel akış olarak hesaplanmasıdır. Test amaçlı kullanılan bu akışkanlar genellikle buhar, hava ve sudur.

Vana kalkışı (valve lift); vana rahatlamaktayken, vananın kapatma elemanının sitten uzaklaşması sırasındaki hakiki harekettir.

Basınç düşüşü (pressure drop); üst akış basıncı ile alt akış basıncı arasındaki fark olup, bu basınç düşüşü, proses süresince akışkanın üst akış tarafından alt akış tarafına akmasına izin verir. Teorik olarak bakıldığında, basınç düşüşü ne kadar fazla olursa, o oranda daha yüksek akış miktarı vandan geçer.

Akış kapasitesi (flow capacity); en çok uygulanan boyutlandırma katsayısının vana katsayısı ( $C_v$ ) olduğu bilinmekle birlikte 16°C'deki 3.8 litre suyun 0.07 bar'lık basınç düşüşüne sahip olan vana içinden akması olup, (2.1) no'lu denklemden hesaplanmaktadır.

$$C_v = Q \sqrt{\frac{S_g}{\Delta P_1}} \quad (2.1)$$

$C_v$  = vana için gerekli olan akış katsayısı

$Q$  = debi (litre/min)

$S_g$  = akışkanın özgül ağırlığı

$\Delta P$  = basınç düşüşü (bar)

Asıl basınç düşüşü (actual pressure drop);  $\Delta P$ , giriş basıncı ile çıkış basıncı arasındaki farktır. Kısık ve asıl basınç düşüşleri kıyaslandığında, asıl basınç düşüşü daha ufak değerlerde olup,  $C_v$  boyutlandırma denkleminde kullanılır.

Kısık akış (choked flow); akışkan olarak sıvının kullanıldığı uygulamalarda kavitasyon veya flashing akışkanın özgül hacmini genişletir. Hacim artışı, basınç düşüşünden kaynaklanan akışın artmasından daha hızlıdır. Bu noktada, alt akış basıncı düşürülse bile vana ek bir akışın geçmesine izin veremez. Gaz ve buharın kullanıldığı uygulamalarda ise; akışkanın hızı, vana gövdesinde veya alt akış borusunun herhangi bir noktasında sonik seviyelere ulaştığında kısık akış gerçekleşir. Kütle ve enerjinin temel kurallarına göre, kısıtlamalardan geçiş sırasında vananın içindeki basınç azalırken, hız ve akışkanın özgül hacmi tam tersine sonik hıza erişildiği noktaya kadar artacaktır.

Kısık basınç düşüşü (choked pressure drop);  $C_v$  denklemini denetlendiği takdirde, basınç düşüşü artıyor ise, akışın oransal olarak artması gerektiği varsayımı yapılabilir. Bir noktaya gelindikten sonra basınç düşüşünde ne kadar artma olursa olsun vananın debisi değişmeyecektir. Bu durum genellikle kısık akış olarak

adlandırılır. Sabit bir giriş basıncına sahip sıvı uygulamalarda akış debisi  $Q$ , basınç düşüşü ve  $C_v$  ile orantılıdır. Vana daralmaya başladığında debi eğrisi lineerlikten uzaklaşır. Kısık durumdan ötürü sıvılardaki kavitasyonun veya gazlardaki sonik hızın varlığına bağlı olarak debi maksimuma ulaşacaktır.

Müsaade edilir basınç düşüşü (allowable pressure drop);  $\Delta P_a$ , asıl basınç düşüşü ya da kısık basınç düşüşünün küçüğü olarak seçilir ve doğru  $C_v$ 'nin kararlaştırılmasında kullanılır. Akışkan olarak sıvının kullanıldığı uygulamalarda  $C_v$  belirlenirken ilk olarak; eğer giriş basıncı  $P_1$  buharlaşma basıncına yakın ise, ikinci olarak; eğer çıkış basıncı  $P_2$  buharlaşma basıncına yakın ise ve üçüncü olarak da; eğer asıl basınç düşüşü, giriş basıncı ile kıyaslandığında çok büyük ise, izin verilebilir basınç düşüşünün kullanılabilmesi düşünülmelidir. Eğer yukarıdaki durumdan herhangi biri mevcutsa izin verilebilir basınç düşüşü hesaplanmalı ve en küçük değer kullanılarak asıl basınç düşüşüyle kıyaslanmalıdır.

Sıvı basınç düzeltme faktörü (liquid pressure recovery factor); sıvıların boyutlandırılmasında kritik elemanlardan biri olan sıvı basınç düzeltme faktörü  $F_L$ , en dar nokta ile gövde çıkışı arasında oluşan basınç düzeltmesinin miktarını tahmin eder.  $F_L$  faktörü, imalatçı tarafından akış testleri yaparken saptanır ve vananın iç dizaynına bağlı olarak değişiklikler gösterebilir. Aynı tip vanaların iç dizaynları aynı olsa bile imalatçıdan imalatçıya farklı değerler görülebilir.

Sıvı kritik basınç oranı faktörü (liquid critical pressure ratio factor);  $F_F$ , sıvıların boyutlandırılmasında önemli bir faktördür. Çünkü vanadan geçiş sırasında maksimum etkili basınç düşüşü oluştuğunda en dar noktadaki teorik basıncı tahmin eder.

Reynolds sayısı çarpanı (reynolds-number factor); bazı prosesler, laminer akışın var olduğu yani türbülanslı akışın olmadığı durumlar ile tanımlanır. Laminer akışkanlar yüksek viskoziteye sahiplerdir ve düşük hızlarda çalışırlar. Bu yüzden de son derece küçük akış kapasitesi gereksinimi gösterirler.

Genişleme çarpanı (expansion factor); akışkan olarak gazın kullanıldığı uygulamalarda gazın üst akış borusundan ve vananın içinden hareket ederken özgül ağırlığı değişir. Genişleme çarpanı  $Y$ , gazın özgül ağırlığındaki bu değişikliğin etkilerini telafi etmek amacıyla kullanılır. Genişleme çarpanı, bu alanda basınç düşüşü değişikliği olduğunda hesaba katılır.

Boru geometrisi çarpanı (piping-geometry factor); bir vananın akış kapasitesi standart olmayan boru konfigürasyonlarından etkilenebilir. Bu durum  $C_v$  denkleminde boru geometri çarpanı  $F_p$  kullanılarak düzeltilmelidir.

Özgül ısı oranı çarpanı (ratio of specific heat factor); gazlar için  $C_v$  denklemi havaya göre belirlendiği için diğer gazlar için bazı ayarlamalar yapılmalıdır. Özgül ısı oranı çarpanı  $F_K$ ,  $C_v$  denklemini gazların bireysel karakteristiğini ayarlama amacıyla kullanılır.

Sıkıştırılabilirlik faktörü (compressibility factor); gazların yoğunluğu, akışkanın sıcaklığına ve basıncına bağlı olarak değiştiğinden akışkanın sıkıştırılabilirliği  $C_v$  denkleminde yerini almalıdır. Bundan dolayı sıkıştırılabilirlik faktörü  $Z$ , sıcaklık ve basıncın bir fonksiyonudur.

Sınır basınç düşüşü oranı (terminal pressure drop ratio); Akışkan olarak gazın kullanıldığı uygulamalarda vananın kısık olduğu nokta, terminal basınç düşüşü oranı  $x_T$  tarafından tahmin edilir. Birçok yönden sıvı basınç düzeltme çarpanına  $F_L$ 'ye benzemekle birlikte terminal basınç düşüşü oranı, vana gövdesinin geometrisinden etkilenir. Ayrıca vananın stiline ve boyutuna göre de değişiklik gösterir.

Kavitasyon (cavitation); akışkan olarak sıvının kullanıldığı uygulamalarda akışkan, vananın en dar noktasından geçerken, hız artarken basınç azalmaktadır. Eğer basınç, buhar basıncının altına düşer ise, buhar kabarcıkları oluşmaya başlar. Sonrasında akışkan daha geniş bir alana hareket eder ise basınç belli bir miktar yükselir. Bu durum, basıncın buharlaşma basıncının üstüne çıkmasını sağlayarak kabarcıkların sönmesine neden olur. Bu iki adımlı proses olayına kavitasyon denir. Vananın metal yüzeylerinin erozyonu şeklinde zarar görmesine neden olur.

Flashing sorunları (flashing issues); alt akış basıncı buhar basıncının üstüne yeniden çıkamadığı durumda buhar kabarcıkları akışkanda kalır ve vanadan alt akışa ilerleyerek sıvı ile gaz karışımı oluşturur. Bu olaya flashing denir. Flashing ile alakalı problemler genellikle yüksek hız ve vana parçalarının erozyona uğraması sonucu ortaya çıkar.

### 3. TEZDE KULLANILAN EMNİYET VANALARI

#### 3.1 Emniyet Vanasının Bölümleri

Bilindiği üzere vanalar çok sayıda, çeşitli parçalardan oluşmaktadır. Bu parçaların malzemeleri, boyutları ve diğer özellikleri; sistemdeki akışkanın cinsine, ortam koşullarına ve bazı diğer parametrelere göre değişiklik gösterir. Tezde kullanılan emniyet vanasının başlıca bölümleri; gövde, oturma yüzeyi, bağlantı ağızları, kapatma elemanı, tabla, mil, yay, yay çanakları, yay teflonu, kapaklar, somunlar, basınç ayar civatası, basınç ayar kontra somunu, pullar, bilya, pim ve o-ringlerdir.

##### 3.1.1 Gövde

Vananın büyük bir kısmını oluşturan gövde, genellikle döküm ya da kaynak konstrüksiyonlu olup, vananın içinden akan akışkanı kontrol altına alır. Başta paslanmaz çelik, bronz ve alüminyum olmak üzere çeşitli metal malzemeler emniyet vanalarında sıklıkla kullanılırlar. Ayrıca vana kapalı konumda iken, kapatma elemanının üstüne oturarak sızdırmazlık sağladığı siti de alt kısmında barındırır.



**Şekil 3.1** : Tezde kullanılan emniyet vanasının gövdesi.

Tezde kullanılan emniyet vanasının gövde malzemesi, AISI316 paslanmaz çelik olup, hassas döküm yoluyla imal edilmiştir.

### 3.1.2 Oturma yüzeyi

Gövdenin alt kısmında yer alan oturma yüzeyi, kapatma elemanının üstüne oturduğu kısımdır. Emniyet vanalarında mil ve kapatma elemanı lineer olarak hareket ettiği için vana kapalı konuda iken, kapatma elemanı sit yüzeyine basar konumdadır.



**Şekil 3.2 :** Tezde kullanılan emniyet vanası oturma yüzeylerinden biri.

Tezde kullanılan emniyet vanasının oturma yüzeyi ile kapatma elemanı arasındaki sızdırmazlığı sağlamak amacıyla, birbirinden farklı sit kalınlıkları ve oturma yüzeyi açılımları seçilerek sızdırmazlık testleri yapılmıştır.

### 3.1.3 Bağlantı ağzı

Emniyet vanalarının gövdesinde iki adet açıklık yani bağlantı ağzı bulunup, bunlardan akışkanının gövdeye giriş yaptığı açıklığa giriş bağlantı ağzı, gövdeden çıkış yaptığı açıklığa ise, çıkış bağlantı ağzı denir.



**Şekil 3.3 :** Tezde kullanılan emniyet vanasının bağlantı ağzı.

Emniyet vanalarında her zaman giriş ile çıkış arasında 90° açı bulunmaktadır. Bu giriş ve çıkış, emniyet vanasının bağlanacağı sisteme bağlı olarak; nipel, manşon, flanş veya boru uçlu olabilir. Bağlantının yapılabilmesi için vanalar çoğunlukla dış çaplarından ölçülüp, bağlanacakları parçaların ölçüleri de ona uygun olmalıdır. Mesela 1” vana, 1” dış çapa sahip boruya bağlanacak şekilde olmalıdır.

Tezde kullanılan emniyet vanasının bağlantı şekli; hem giriş hem de çıkışta manşon uçlu olup DN 15 (1”) boyutundadır.

### 3.1.4 Kapatma elemanı

Vana gövdesinin alt kısmında yer alan site oturarak temas halinde bulunan ve sızdırmazlığı sağlayan kapatma elemanı, vanadan geçen akışı kısar ya da tamamen engeller. Akış sırasında vananın gövdesi sabit kalmasına rağmen kapatma elemanı, tablası ve mil ile birlikte lineer hareket ederek akışı kontrol eder.

Emniyet vanasının kullanılacağı yere, içinden geçecek olan akışkan cinsine bağlı olarak kauçuk malzemeler kullanılabilir gibi metaller de kullanılabilir. Kauçuk malzemelerin başında politetrafloroetilen (PTFE), florokarbon kauçuk (FKM), etilen propilen kauçuk (EPDM) ve tabii kauçuk (NBR) gelir.



**Şekil 3.4 :** Tezde kullanılan emniyet vanasının kapatma elemanları.

Tezde kullanılan emniyet vanasında kapatma elemanı olarak politetrafloroetilen, florokarbon kauçuk, etilen propilen kauçuk ve AISI304 tipi paslanmaz çelik malzemeler çeşitli açılarda işlenerek formlar verilmiş ve testlerde kullanılmışlardır.

Şekil 3.4’de de görüldüğü gibi paslanmaz çelik (AISI304), florokarbon kauçuk ve politetrafloroetilen malzemeden yapılmış olan kapatma elemanları 0°, 30°, 45° ve 60° açılı, etilen propilen kauçuk ise sadece 0° açılı olacak şekilde işlenmişlerdir.

### 3.1.4.1 Politetrafloroetilen (PTFE) (Teflon)

Teflon, politetrafloroetilenin ticari adı olup, florlanmış etilen polimeridir. Flor atomları ile doymuş uzun ve düz bir karbon zincirinden meydana gelmiş moleküler yapı, atomlar arasındaki kuvvetli bağlar sebebiyle oldukça inert özelliklere sahiptir.

Yüksek ısıya dayanıklı conta, keçe, bant, vana seti, salmastra, taşıyıcı bant ve merdaneler, kimyevî maddelere dayanıklı boru, karıştırıcı, laboratuvar cihazları, filtre, diyafram, elektrik gerilimlerine dayanıklı kablo yalıtkanı, izolatör, elektrikî âletlere gerekli muhtelif yalıtkan parçalar ve makina sanâyinde sürtünmeye dayanıklı yağsız yataklar ve burçlar, köprü ve binâlar için kayar yataklar ve segmanlar, teflonun sıklıkla kullanıldığı yerlere örneklerdir [84-86].

PTFE kimyasal olarak inert ve zararsız olmasına rağmen,  $-240^{\circ}\text{C}$ 'lik kriyojenik sıcaklığın altında ve  $260^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerindeki sıcaklıklarda bozulmaya başlamakla birlikte erime sıcaklığı ise  $327^{\circ}\text{C}$  olup,  $350^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde yapısı tamamen bozulur .



**Şekil 3.5 :** Tezde kullanılan emniyet vanasının PTFE kapatma elemanları.

PTFE'nin avantajları arasında; çoğu termoplastik ve elastomerlere nazaran sıcaklığa rağmen özelliklerini daha iyi koruması, yüksek erime noktası ve kendiliğinden ateşleme sıcaklığı çok yüksek olmasından ötürü, yüksek sıcaklığa ve aleve karşı yüksek dirence ve en düşük sürtünme katsayısına sahip katı maddelerden biri olması, kimyasal olarak saf ve inert olup proses akışkanlarını bozucu herhangi bir madde içermemesi, kriyojenik sıcaklık değerlerinde dahi özelliklerini çoğu polimerden daha iyi koruması ve korozyona karşı mükemmel kimyasal dirençli olması gösterilebilir.

### 3.1.4.2 Florokarbon Kauçuk (FKM) (Viton)

Viton veya flourel ticari isimli bu malzeme,  $-30^{\circ}\text{C}$  ile  $225^{\circ}\text{C}$  arasında yüksek sıcaklık ve yüksek devir (sürtünme) gerektiren ortamlarda ve ağır iş makinalarında kullanılır. Gres, yağ, yakıt, çözücü ve kimyasal maddelerin büyük çoğunluğuna ve deterjanlara dayanıklıdır. Alev almayan bir kauçuktur. Düşük gaz geçirgenliği istenildiğinde ve vakum sistemlerinde çok iyi sonuç verir. Yüksek sıcaklık ve yüksek devirli ortamlarda kullanılır, ancak pahalı bir malzemedir. Keton, amin, ester, eter içeren akışkanlara dayanımı iyi değildir [87-89].



**Şekil 3.6 :** Tezde kullanılan emniyet vanasının FKM kapatma elemanları.

### 3.1.4.3 Etilen Propilen Kauçuk (EPDM)

Etilen propilen kauçuk, çok geniş kullanım alanı olan bir elastomer çeşidi olup, vibratör ve conta; radyatör, bahçe hortumu; çamaşır makinesi; kayış ve elektriksel izolasyon başta olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılır [90].



**Şekil 3.7 :** Tezde kullanılan emniyet vanasının EPDM kapatma elemanı.

EPDM;  $-50^{\circ}\text{C}$  ile  $150^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklık değerlerinde kimyasal özelliği değişmeden rahatça kullanılabilir.

Ayrıca fosfata ve ateşe dayanıklı hidrolik akışkanlara, ketona, sıcak ve soğuk suya, alkalilere, ester akışkanlarına, otomotiv fren yağlarına ve buhara karşı direnci çok iyidir. Ozon, oksijen, su buharına, açık hava şartlarına mukavimdir. Bununla birlikte çoğu yağa, benzine, gaz yağına, aromatiğe, alifatik hidrokarbonlara, halojenlenmiş çözücülere ve yoğun asitlere karşı direnci yok denecek düzeydedir [91].

EPDM'in başlıca avantajları; elektriksel özelliklerinin iyi olması, düşük sıcaklık esneklikleri olması, ısıya dayanımının oldukça iyi olması ve fiyatının çoğu elastomere göre uygun olması gösterilebilir.

EPDM'in başlıca dezavantajlarına; hidrokarbona karşı dayanımının zayıf olması, yüksek sıcaklık değerlerinde yapısının bozulması ve aleve karşı dayanımının düşük olması gösterilebilir.

#### **3.1.4.4 AISI304 Paslanmaz çelik**

900°C'ye kadar yüksek mukavemeti sağlamakla birlikte, mekanik direnci ve sürtünme mukavemeti çok iyidir. Bütün sıcaklıklarda işlenebilir derecede yumuşaktır. Isıl işlem yapılmadan kaynak yapılabilir, bükülebilir ve genişletilebilir.

600-800°C arasında özellikle oksitli ve sıcak nemli klorid ortamlarda iç yapı gerilme korozyon çatlama sebebiyet verir.



**Şekil 3.8 :** Tezde kullanılan emniyet vanasının AISI304 kapatma elemanları.

Başlıca uygulama alanları arasında; kimya, petro-kimya, gıda, mutfak, otomotiv, tıp endüstrisi, boyler ve eşanjör üretimi gösterilebilir.

Tezdeki emniyet vanalarında kapatma elemanı malzemesi olarak kullanılan AISI304 paslanmaz çelik malzemenin, akma sınırının yüksekliğinden ve sertliğinden ötürü, kauçuk malzemelere oranla sızdırmazlık sağlaması oldukça güçtür.

### 3.1.5 Tabla

Mil ile birlikte kapatma elemanının lineer olarak yukarı veya aşağı hareket etmesini böylelikle emniyet vanasının kısmen ya da tamamen açılıp kapanmasını sağlayan vana parçasıdır.



Şekil 3.9 : Tezde kullanılan emniyet vanasının tablası.

Tezdeki emniyet vanalarında kullanılan tablaların mil ile olan bağlantısını sağlamak ve oynarlığı gerçekleştirmek amacıyla testlerde pim ya da bilya kullanılmıştır.

### 3.1.6 Mil

Mil, kapatma elemanının kendisi ile birlikte yukarı veya aşağı hareket etmesini sağlayarak, vanadan geçen akışı tamamen ya da kısmen engeller. Eğer vanada tek bir mil varsa, mil genellikle vana kapağının arasından geçip durur. Mil tarafından iletilen hareket, lineer itme veya çekme şeklinde olabilir.



Şekil 3.10 : Tezde kullanılan emniyet vanasının oynar tabla mili.



Şekil 3.11 : Tezde kullanılan emniyet vanasının bilyalı tabla mili.

### 3.1.7 Yay

Yaylar, yapıldıkları malzemelerin özellikleri ve şekillerinin uygunluğu ölçüsünde şekil değiştirme yeteneğine sahip olan, dış etkiler ortadan kalkınca tekrar şekil ve konumlarına geri dönebilen makine elemanlarıdır.

Darbe yutucu ve titreşim sönümleyici, enerji depolayıcı, hareketlerin kontrolü ve iletimi, kuvvet ve basınç ölçümü, sürekli kuvvet bağı oluşturma, yayların başlıca kullanım alanları arasında yer alır.

Yay malzemeleri; metal yay malzemeleri ve metal olmayan yay malzemeleri olarak ikiye ayrılırlar. Yay çelikleri, metal yayların en önemlileri olup, kalite çelikler ve asal çelikler olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Kauçuk ise, metal olmayan yay malzemelerinin başını çeker. Diğer metalik olmayan yay malzemeleri ise; mantar, çeşitli sıvı ve hava titreşim sönümleme ve darbe yutma amacıyla kullanılan malzemelerdir [92,93].

Yaylar arasında yapılan sınıflandırmalar ise dış görünüşüne göre ve zorlanma türüne göre diye ikiye ayrılır. Dış görünüşüne göre yaylar; helisel yaylar, konik yaylar, yaprak yaylar, çubuk yaylar ve spiral yaylar olarak beş gruba ayrılır. Zorlanma türüne göre ise; bası yayları, çeki yayları, eğilme yayları ve burulma yayları olarak dört ana gruba ayrılır.



Şekil 3.12 : Tezde kullanılan emniyet vanasının yayı.

Ayrıca yaylardan bazı özellikleri sağlamaları beklenmektedir. Bunlar; statik ve dinamik yüklere karşı yüksek mukavemet, büyük bir elastik şekil değiştirme yeteneği, sertleştirme işleminden önce kolayca bükülebilmeleri, uzayıp büzülebilmeleri, şekillendirme işleminden sonra kolayca su alıp şartleşebilmeleri, ısı işlemleriyle özelliklerinin kolayca iyileştirilebilmesidir [94,95].

Basıya çalışacak helisel yayların son sarımları düzlemsel bir yüzeye oturabilecek şekilde taşlanmıştır.

Yay bir bası kuvveti yaratabilmek için öngörülen sınıra kadar sıkıştırıldığında dahi sarımlar arasında belli bir boşluk kalmalıdır. Böyle bir boşluk, sarımların birbirine sürtünerek aşınmasını ve araya sıkışabilecek yabancı maddelerin kötü etkisini ortadan kaldırır.

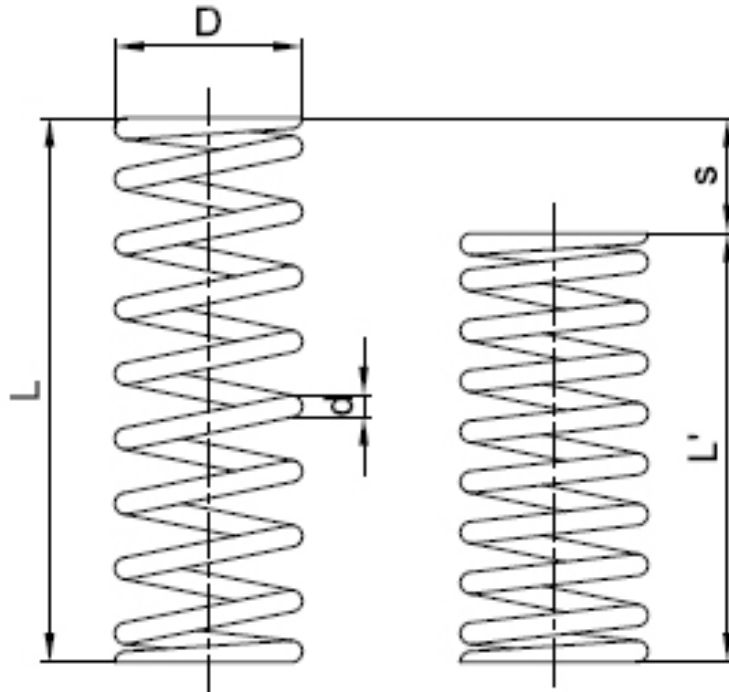
**Çizelge 3.1 :** Tezde kullanılan emniyet vanası yaylarının özellikleri [96].

Kolon A	Kolon B
Kalite	ISI 302 tip
Katagori	Çelik
Sınıf	Paslanmaz çelik
Tip	Ostenitli standart
Genel isim	Krom-Nikel çelik
Element	Ağırlık
C	0.15
Mn	2.00
Si	1.00
Cr	17.0-19.0
Ni	8.0-10.0
P	0.045
S	0.03
Mekanik Özellikler	Değerler
Yoğunluk ( $\times 1000\text{kg/m}^3$ )	8
Poisson Oranı	0.27-0.3
Elastiklik Modülü (GPa)	193
Çekme Dayanımı (MPa)	515
Akma Dayanımı (MPa)	205
Uzama (%)	40
Alandaki Küçülme (%)	50
Sertlik (HRB)	88 (max)
Termal Özellikler	Değerler
Termik Genişleme ( $10^{-6}/^\circ\text{C}$ )	17.2
Termik İletkenlik (W/m-K)	16.2
Özgül Isı (J/kg-K)	500
Elektriksel Özellikler	Değerler
Elektrik Özdirenci ( $10^{-9}\text{W-m}$ )	720

Yay, geri dönüşlü emniyet vanalarında, diski yani kapatma elemanı, mil ve tablayı varsayılan pozisyona ötelere, fakat diskin yeni pozisyonuna geçmesini kontrole izin verir. Emniyet vanalarında yay genellikle vanayı kapalı tutmak amacıyla kullanılır, ama aşırı basıncın vanayı yay kuvvetine karşı açmaya zorlamasına izin verir.

Tezde kullanılmak üzere belirlenen beş adet yayın malzemeleri dolayısıyla da bütün teknik özellikleri aynıdır. Bu özellikler çizelge 3.2’de görülmektedir. Yaylar, hassas terazili test düzeneği ile onar milimetre aralıklarla sıkıştırılarak çizelge 3.3’deki kgf’lik kuvvet değerleri elde edilmiştir. Bu kuvvet ve strok değerlerinden elde edilecek sonuç, ileri ki kısımlarda teorik değerler ile karşılaştırılmış ve sapma miktarı hesaplanmıştır.

Yayların sıkıştırılması sonucu elde edilen kuvvetler ve stroklar arasındaki lineerlik derecesi ne kadar yüksek ise, yayın katılığı (sertliği) o derece düzenli demektir. Ayrıca çizelge 3.3’de yayların dış çapları, tel çapları, sarım sayıları ile boyları ve yapılan stroklar sonucu elde edilen kuvvetler görülmektedir. Tablodaki kuvvetler, “kgf” birimindedir.  $1 \text{ kgf} = 9,806 \text{ N}$  olduğundan tablodaki değerler 9,806 ile çarpılarak “N” birimine çevrilerek çizelge 3.2’ye göre hesaplarda kullanılacaktır.



**Şekil 3.13 :** Tezde kullanılan emniyet vanası yayı.

Şekil 3.13’de görüldüğü üzere basıya çalışan yayların son sarımları düzlemsel bir yüzeye oturabilecek şekilde taşlanmıştır.

**Çizelge 3.2 :** Tezde kullanılan yayların boyutları ve stroklar sonucu elde edilen kuvvet değerleri.

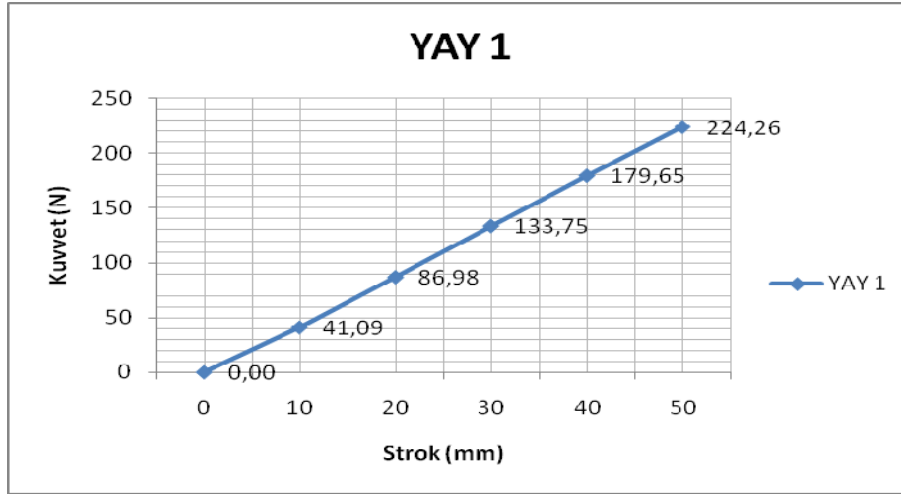
Yay numaraları	Dış çap (D) (mm)	Tel çapı (d) (mm)	Sarımlar sayısı (N)	Boy (L) (mm)	Strok (s) (mm) Kuvvet (kgf)				
					10	20	30	40	50
Yay no 1	27.85	3	10.90	83.30	4.19	8.87	13.64	18.32	22.87
Yay no 2	28.05	3	10.90	83.30	3.95	8.52	12.98	17.42	22.38
Yay no 3	27.90	3	10.90	83.30	4.14	8.86	13.35	18.14	23.12
Yay no 4	27.60	3	10.95	87.30	4.07	8.66	13.44	18.42	23.51
Yay no 5	27.90	3	10.90	88.00	4.14	8.80	13.37	18.05	23.00

$$F(N) = F(kgf) * g(N/kgf) \quad (3.2)$$

F = kuvvet (N)

F = kuvvet (kgf)

g = yer çekimi ivmesi (N/kgf)



**Şekil 3.14 :** Tezde kullanılan vananın 1 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği.

$$F_{10} = f_{10} * g = 0,00 * 9,806 = 0,00 N$$

$$F_{11} = f_{11} * g = 4,19 * 9,806 \cong 41,09 N$$

$$F_{12} = f_{12} * g = 8,87 * 9,806 \cong 86,98 N$$

$$F_{13} = f_{13} * g = 13,64 * 9,806 \cong 133,75 N$$

$$F_{14} = f_{14} * g = 18,32 * 9,806 \cong 179,65 \text{ N}$$

$$F_{15} = f_{15} * g = 22,87 * 9,806 \cong 224,26 \text{ N}$$

$$k(N / mm) = F(N) / s(mm) \quad (3.2)$$

k = yayın katılık katsayısı (N/mm)

s = strok (mm)

$$k_{11} = F_{11} / s_1 = 41,09 / 10 \cong 4,11 \text{ N / mm}$$

$$k_{12} = F_{12} / s_2 = 86,98 / 20 \cong 4,35 \text{ N / mm}$$

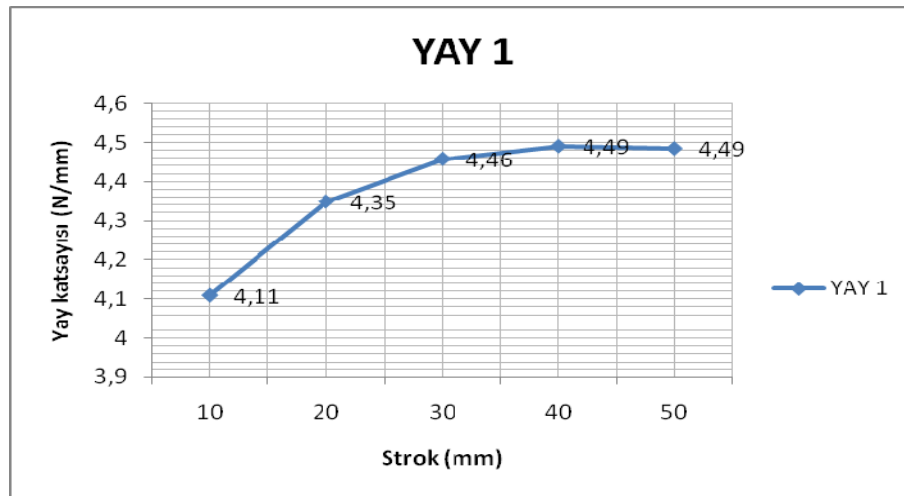
$$k_{13} = F_{13} / s_3 = 133,75 / 30 \cong 4,46 \text{ N / mm}$$

$$k_{14} = F_{14} / s_4 = 179,65 / 40 \cong 4,49 \text{ N / mm}$$

$$k_{15} = F_{15} / s_5 = 224,26 / 50 \cong 4,49 \text{ N / mm}$$

$$k_{ort} = (k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5) / 5 \quad (3.4)$$

$$k_{ort} = (k_{11} + k_{12} + k_{13} + k_{14} + k_{15}) / 5 = (4,11 + 4,35 + 4,46 + 4,49 + 4,49) / 5 = 4,38 \text{ N / mm}$$



Şekil 3.15 : Tezde kullanılan vananın 1 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.

Aktif sarım sayısı, toplam sarım sayısından yaklaşık olarak 1,5 ile 2 sarım daha az olup, (3.5) no'lu denklemden elde edilebilir.

$$n_c \cong N - 2 \quad (3.5)$$

$$k = \frac{G * d_c^4}{8 * n_c * D_{mc}^3} \quad (3.6)$$

$$k_1 = \frac{G * d_{c1}^4}{8 * n_{c1} * D_{mc1}^3} = \frac{57900 * 3^4}{8 * (10,9 - 2) * (27,85 - 3)^3} = 4,29 \text{ N / mm}$$

G = yayın elastiklik modülü (N/mm<sup>2</sup>)

d<sub>c</sub> = yayın tel çapı (mm)

N = yayın toplam sarım sayısı

n<sub>c</sub> = yayın aktif sarım sayısı

D = yayın dış çapı (mm)

D<sub>mc</sub> = yayın eksen çapı (mm)

$$F_{20} = f_{20} * g = 0,00 * 9,806 = 0,00 \text{ N}$$

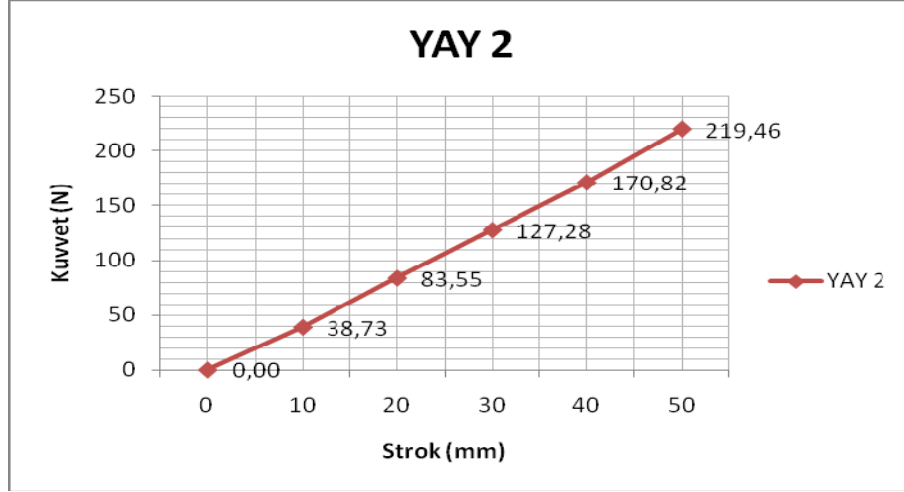
$$F_{21} = f_{21} * g = 3,95 * 9,806 \cong 38,73 \text{ N}$$

$$F_{22} = f_{22} * g = 8,52 * 9,806 \cong 83,55 \text{ N}$$

$$F_{23} = f_{23} * g = 12,98 * 9,806 \cong 127,28 \text{ N}$$

$$F_{24} = f_{24} * g = 17,42 * 9,806 \cong 170,82 \text{ N}$$

$$F_{25} = f_{25} * g = 22,38 * 9,806 \cong 219,46 \text{ N}$$



Şekil 3.16 : Tezde kullanılan vananın 2 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği.

$$k_{21} = F_{21} / s_1 = 38,73/10 \cong 3,87 \text{ N/mm}$$

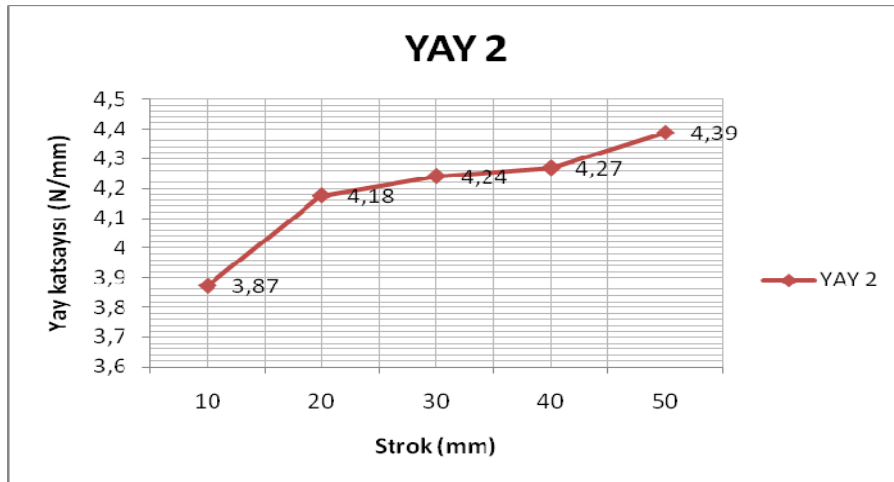
$$k_{22} = F_{22} / s_2 = 83,55/20 \cong 4,18 \text{ N/mm}$$

$$k_{23} = F_{23} / s_3 = 127,28/30 \cong 4,24 \text{ N/mm}$$

$$k_{24} = F_{24} / s_4 = 170,82/40 \cong 4,27 \text{ N/mm}$$

$$k_{25} = F_{25} / s_5 = 219,46/50 \cong 4,39 \text{ N/mm}$$

$$k_{2ort} = (k_{21} + k_{22} + k_{23} + k_{24} + k_{25}) / 5 = (3,87 + 4,18 + 4,24 + 4,27 + 4,39) / 5 = 4,19 \text{ N/mm}$$



Şekil 3.17 : Tezde kullanılan vananın 2 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.

$$k_2 = \frac{G * d_{c2}^4}{8 * n_{c2} * D_{mc2}^3} = \frac{57900 * 3^4}{8 * (10,9 - 2) * (28,05 - 3)^3} = 4,19 \text{ N / mm}$$

$$F_{30} = f_{30} * g = 0,00 * 9,806 = 0,00 \text{ N}$$

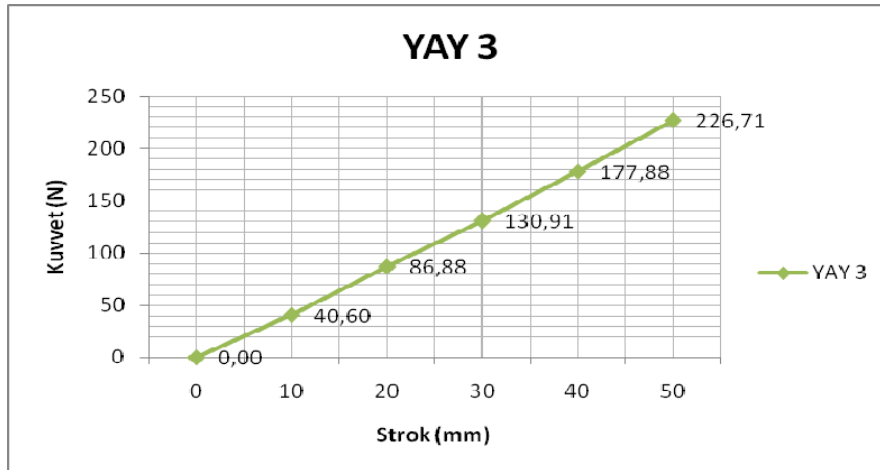
$$F_{31} = f_{31} * g = 4,14 * 9,806 \cong 40,60 \text{ N}$$

$$F_{32} = f_{32} * g = 8,86 * 9,806 \cong 86,88 \text{ N}$$

$$F_{33} = f_{33} * g = 13,35 * 9,806 \cong 130,91 \text{ N}$$

$$F_{34} = f_{34} * g = 18,14 * 9,806 \cong 177,88 \text{ N}$$

$$F_{35} = f_{35} * g = 23,124 * 9,806 \cong 226,71 \text{ N}$$



**Şekil 3.18 :** Tezde kullanılan vananın 3 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği.

$$k_{31} = F_{31} / s_1 = 40,60 / 10 \cong 4,06 \text{ N / mm}$$

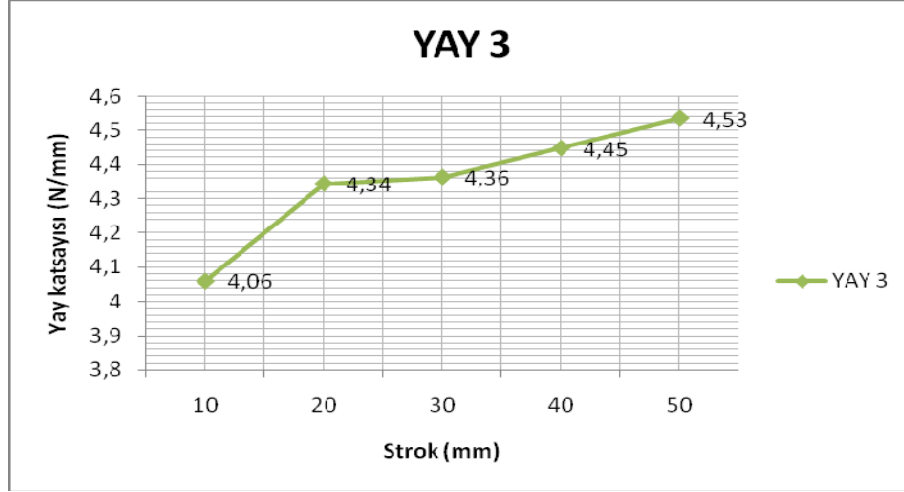
$$k_{32} = F_{32} / s_2 = 86,88 / 20 \cong 4,34 \text{ N / mm}$$

$$k_{33} = F_{33} / s_3 = 130,91 / 30 \cong 4,36 \text{ N / mm}$$

$$k_{34} = F_{34} / s_4 = 177,88 / 40 \cong 4,45 \text{ N / mm}$$

$$k_{35} = F_{35} / s_5 = 226,71 / 50 \cong 4,53 \text{ N / mm}$$

$$k_{3ort} = (k_{31} + k_{32} + k_{33} + k_{34} + k_{35}) / 5 = (4,06 + 4,34 + 4,36 + 4,45 + 4,53) / 5 = 4,35 \text{ N / mm}$$



Şekil 3.19 : Tezde kullanılan vananın 3 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.

$$k_3 = \frac{G * d_{c3}^4}{8 * n_{c3} * D_{mc3}^3} = \frac{57900 * 3^4}{8 * (10,9 - 2) * (27,90 - 3)^3} = 4,27 \text{ N / mm}$$

$$F_{40} = f_{40} * g = 0,00 * 9,806 = 0,00 \text{ N}$$

$$F_{41} = f_{41} * g = 4,07 * 9,806 \cong 39,91 \text{ N}$$

$$F_{42} = f_{42} * g = 8,66 * 9,806 \cong 84,92 \text{ N}$$

$$F_{43} = f_{43} * g = 13,44 * 9,806 \cong 131,79 \text{ N}$$

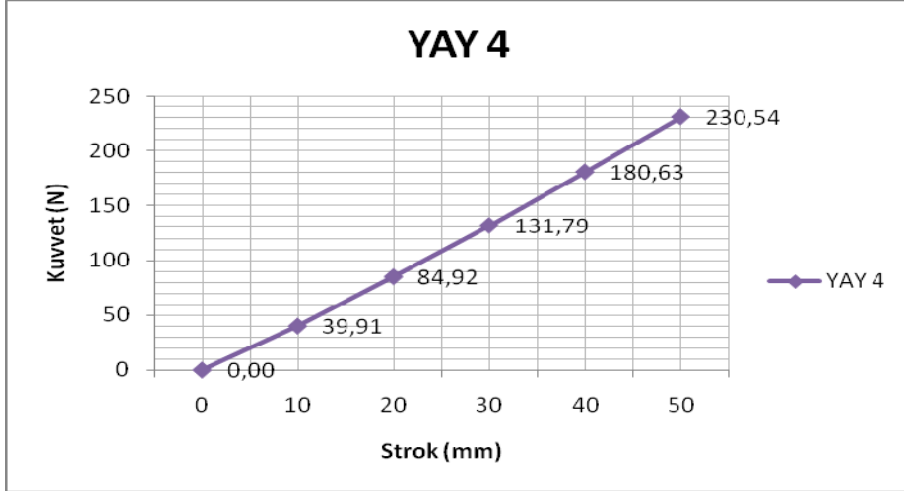
$$F_{44} = f_{44} * g = 18,42 * 9,806 \cong 180,63 \text{ N}$$

$$F_{45} = f_{45} * g = 23,51 * 9,806 \cong 230,54 \text{ N}$$

$$k_{41} = F_{41} / s_1 = 39,91 / 10 \cong 3,99 \text{ N / mm}$$

$$k_{42} = F_{42} / s_2 = 84,92 / 20 \cong 4,25 \text{ N / mm}$$

$$k_{43} = F_{43} / s_3 = 131,79 / 30 \cong 4,39 \text{ N / mm}$$

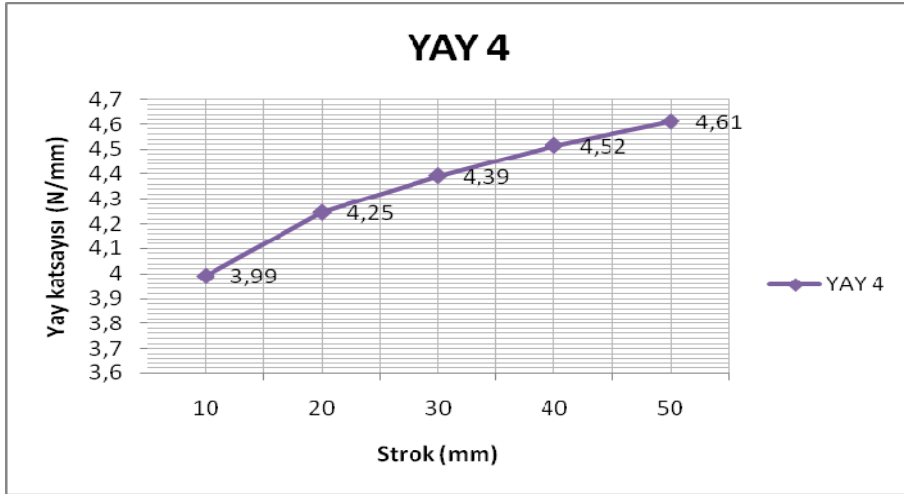


Şekil 3.20 : Tezde kullanılan vananın 4 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği.

$$k_{44} = F_{44} / s_4 = 180,63 / 40 \cong 4,52 \text{ N / mm}$$

$$k_{45} = F_{45} / s_5 = 230,54 / 50 \cong 4,61 \text{ N / mm}$$

$$k_{4ort} = (k_{41} + k_{42} + k_{43} + k_{44} + k_{45}) / 5 = (3,99 + 4,25 + 4,39 + 4,52 + 4,61) / 5 = 4,39 \text{ N / mm}$$



Şekil 3.21 : Tezde kullanılan vananın 4 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.

$$k_4 = \frac{G * d_{c4}^4}{8 * n_{c4} * D_{mc4}^3} = \frac{57900 * 3^4}{8 * (10,95 - 2) * (27,60 - 3)^3} = 4,40 \text{ N / mm}$$

$$F_{50} = f_{50} * g = 0,00 * 9,806 = 0,00 \text{ N}$$

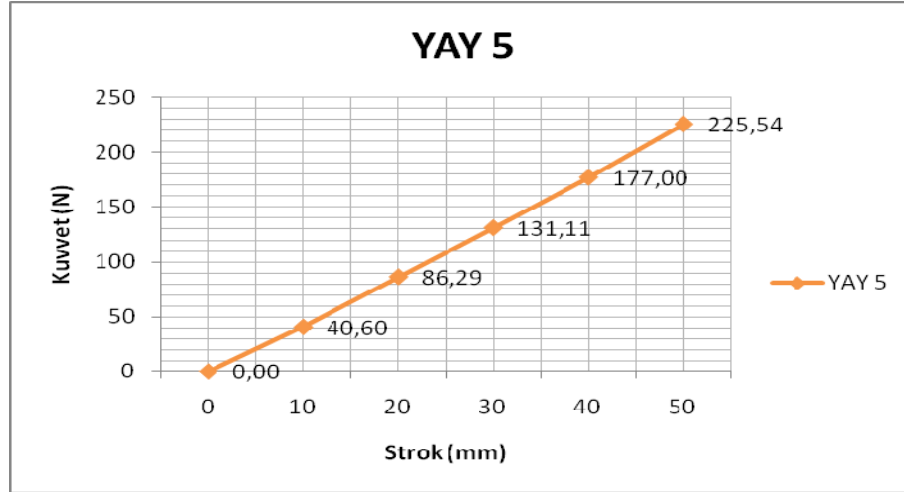
$$F_{51} = f_{51} * g = 4,14 * 9,806 \cong 40,60 \text{ N}$$

$$F_{52} = f_{52} * g = 8,80 * 9,806 \cong 86,29 \text{ N}$$

$$F_{53} = f_{53} * g = 13,37 * 9,806 \cong 131,11 \text{ N}$$

$$F_{54} = f_{54} * g = 18,05 * 9,806 \cong 177,00 \text{ N}$$

$$F_{55} = f_{55} * g = 23,00 * 9,806 \cong 225,54 \text{ N}$$



Şekil 3.22 : Tezde kullanılan vananın 5 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği.

$$k_{51} = F_{51} / s_1 = 40,60 / 10 \cong 4,06 \text{ N / mm}$$

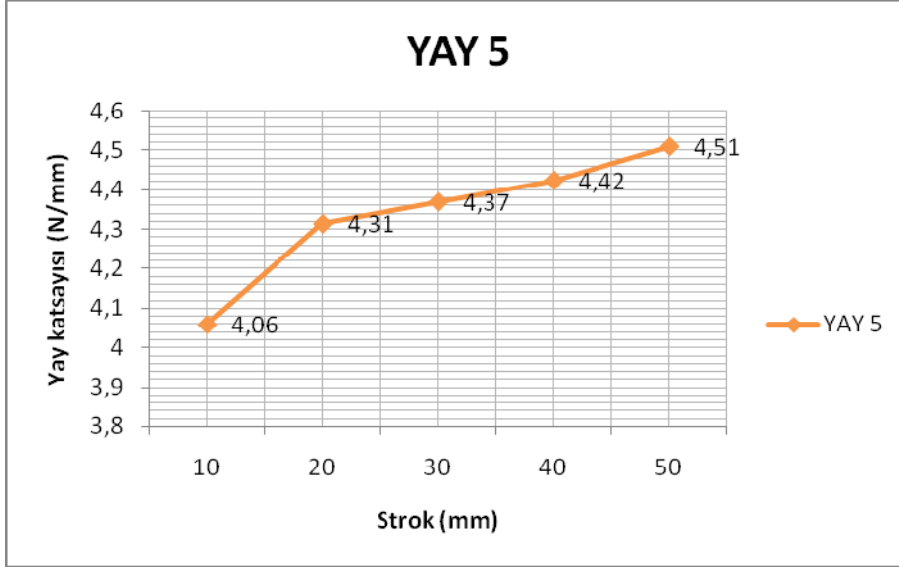
$$k_{52} = F_{52} / s_2 = 86,29 / 20 \cong 4,31 \text{ N / mm}$$

$$k_{53} = F_{53} / s_3 = 131,11 / 30 \cong 4,37 \text{ N / mm}$$

$$k_{54} = F_{54} / s_4 = 177,00 / 40 \cong 4,42 \text{ N / mm}$$

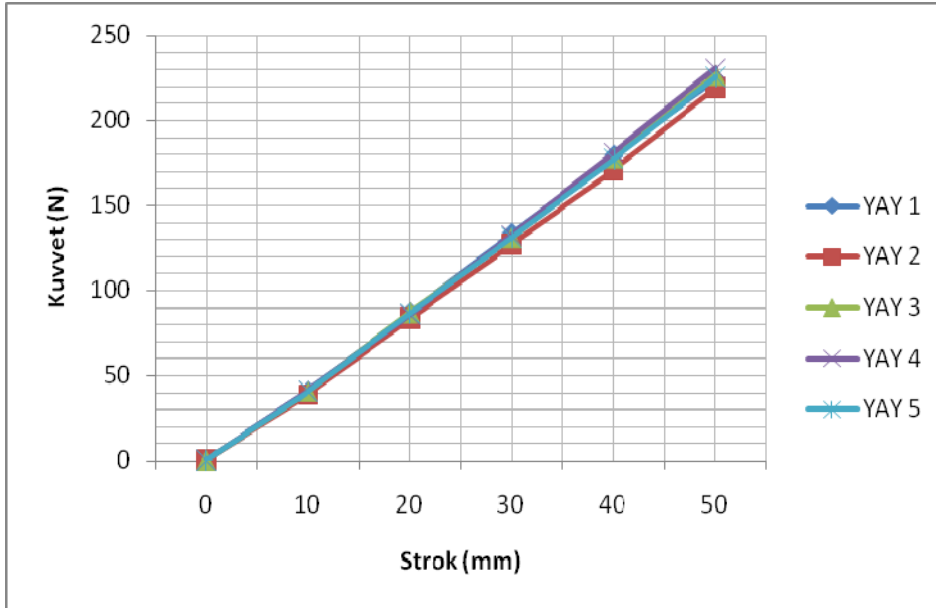
$$k_{55} = F_{55} / s_5 = 225,54 / 50 \cong 4,51 \text{ N / mm}$$

$$k_{\text{Sort}} = (k_{51} + k_{52} + k_{53} + k_{54} + k_{55}) / 5 = (4,06 + 4,31 + 4,37 + 4,42 + 4,51) / 5 = 4,34 \text{ N / mm}$$



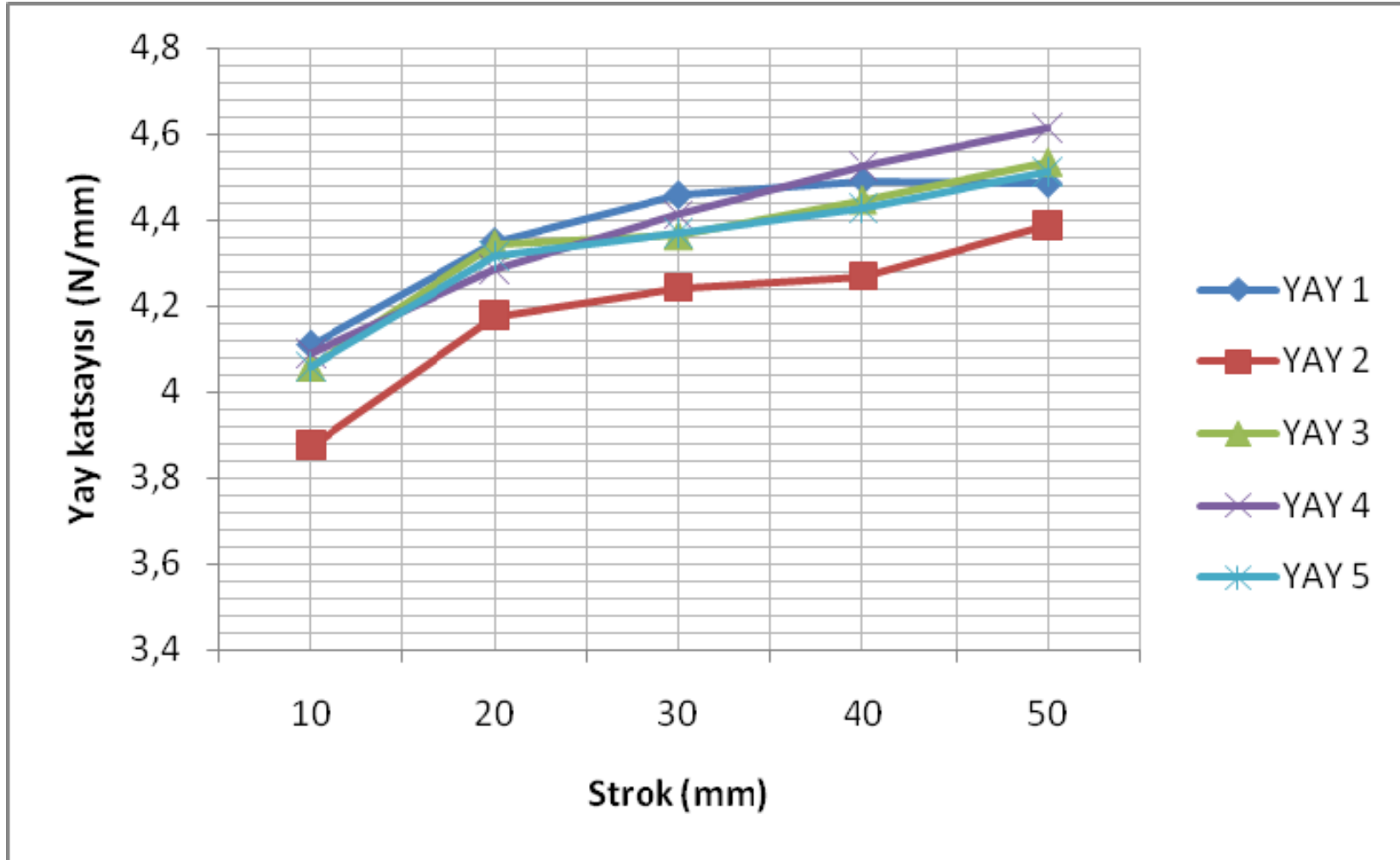
Şekil 3.23 : Tezde kullanılan vananın 5 no'lu yayının katsayı-strok grafiği.

$$k_5 = \frac{G * d_{c5}^4}{8 * n_{c5} * D_{mc5}^3} = \frac{57900 * 3^4}{8 * (10,9 - 2) * (27,90 - 3)^3} = 4,27 \text{ N / mm}$$



Şekil 3.24 : Tezde kullanılan emniyet vanası yaylarının kuvvet-strok grafiği.

Şekil 3.24'de yayların lineerliklerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bundan dolayı Şekil 3.25'deki gibi yay kuvvetlerinden ve stroklardan yararlanılarak, yay katsayısı (katılığı) hesaplanmıştır. Buradan elde edilen değerler göz önünde bulundurulduğunda 1 numaralı yayın lineerliğinin diğerler yaylarından daha iyi olduğu şeklinde değerlendirilmiş ve kapatma elemanı ile sit arasındaki sızdırma testlerinde 1 no'lu yayın kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 3.25 : Tezde kullanılan emniyet vanası yaylarının katsayı-strok grafiği.

### 3.1.8 Yay anağı

Yayın s¼rekli olarak hem ¼stten hem de alttan oturduğu kısımdır. Dolayısıyla da her vanada iki adet yay çanağı bulunmaktadır.



Şekil 3.26 : Tezde kullanılan emniyet vanasının yay çanağı.

### 3.1.9 Yay merkezleme yatağı

Yay merkezleme yatağı, yayı gerek ¼stten gerekse alttan sararak, yayın merkezinde çalışmasını sağlar.



Şekil 3.27 : Tezde kullanılan emniyet vanasının yay merkezleme yatakları.

### 3.1.10 Yay teflonu

Yayın kurulması sırasında basınç ayar civatasının yay ile direkt olarak temas etmesini engelleyerek yayın burulmaya uğramasını ve ayarının bozulmasını engeller.



Şekil 3.28 : Tezde kullanılan emniyet vanasının yay teflonu.

### 3.1.11 Kapak

Vana gövdesini kaplamakla ve korumakla görevli kısım olup, genellikle gövdeye vidalanmıştır. Vananın imalatı sırasında vananın iç kısmındaki parçalar gövdeye yerleştirilir ve sonrasında iç kısımda bulunan parçaları tutması için kapağın montajı yapılır. Vananın içerisindeki parçalara ulaşabilmek için kullanıcı öncelikli olarak kapağı çıkarmalıdır.



Şekil 3.29 : Tezde kullanılan emniyet vanasının kapağı.

### 3.1.12 Emniyet kapağı

Emniyet vanasının istenilen basınca ayarlanmasını sağlamakta olan basınç ayar cıvatasının üstünü kaplar. Bu sayede basınç ayar cıvatasının ayarının kolaylıkla değiştirilmesini engeller.



Şekil 3.30 : Tezde kullanılan emniyet vanasının emniyet kapağı.

### 3.1.13 Basınç ayar cıvatası

Emniyet vanasının istenilen basınca ayarlanmasını sağlamakla görevlidir.



Şekil 3.31 : Tezde kullanılan emniyet vanasının basınç ayar cıvatası.

### 3.1.14 Basınç ayar kontra somunu

Emniyet vanasının istenilen basınca ayarlanmasından sonra, gevşemeyi engelleyerek bu ayarın sabit kalmasını sağlamak amacıyla kullanılan parçadır.



Şekil 3.32 : Tezde kullanılan emniyet vanasının basınç ayar kontra somunu.

### 3.1.15 Somun

Somun, erkek olan dişli kısma geçirilir ve pulun üstüne oturur. Böylece kapatma elemanının sabit kalmasını, dolayısıyla da çalışma esnasında merkez kaçıklığının oluşmasını engeller. Bu sabitliği sağlamak amacıyla biri tam ve diğeri de yarım olmak üzere iki somun kullanılır. Bu somunlar birbirlerine ters yönlerde sıkılarak sıkı bir bağlantı elde edilmiş olur.



Şekil 3.33 : Tezde kullanılan emniyet vanasının somunu.

### 3.1.16 Bilya

Mil ile tabla arasındaki parça olup geometrik olumsuzluklara karşı pim yaptığı görevi yerine getirir. Diğer bir deyişle kapatmanın düzgün bir şekilde yapılmasını ve merkezlemeyi sağlar.



Şekil 3.34 : Tezde kullanılan emniyet vanasının bilyası.

### 3.1.17 Pim

Mil ile tablanın birlikte hareket etmesini ve geometrik olumsuzluklara karşı tolerans sağlamasını sağlar.



Şekil 3.35 : Tezde kullanılan emniyet vanasının pimi.

### 3.1.18 Pul

Pul, kapatma elemanı ile somun arasında yer alan parça olup, kapatma elemanının zarar görmesini engellemek ve somunları sıkarken kapatma elemanının yanlış oturmasını engellemek amacıyla kullanılır.



Şekil 3.36 : Tezde kullanılan emniyet vanasının pulu.

### 3.1.19 O-ringler

Tezde kullanılmakta olan O-ringlerin başlıca görevi sızdırmazlığı sağlamaktır. Bu amaçla kullanılan ufak o-ring, milin aşağı ve yukarı yönlerde hareket ederken yataklama parçasına temas etmesi sonucunda metal metale sürtünmeyi ve milin aşınmasını engeller. Büyük olan o-ring ise, gövde ile yay arasında sızdırmazlığı sağlar.



Şekil 3.37 : Tezde kullanılan emniyet vanasının o-ringleri.

### 3.2 Emniyet Vanasının Montajı

- I. İlk olarak büyük o-ring gövdeye yerleştirilir.



Şekil 3.38 : O-ringin yerleştirilmesi.

- II. Tablaya önce kapatma elemanı, sonra pul, daha sonra da sırayla somunlar yerleştirilir. En son olarak da bu iki somun birbirlerine ters yönde sıkılırlar ve gevşeme engellenmiş olur.



Şekil 3.39 : Pul ve somunların montajı.

- III. Eğer emniyet vanasında oynar tablalı sistem kullanılmakta ise, tablanın 6nceden delinmiş deliklerine mil ile oynar tabla birleşecek şekilde pim çakılır. Bu şekilde oynarlık sağlanmış olur.



**Şekil 3.40** : Oynar tabla-mil bağlantısı.

Eğer bilyalı sistem kullanılmakta ise, bilya 6nceden tabla 6zerinde hazırlanmış olan yuvasına yerleştirilir ve 6st6ne uygun şekilde form verilmiş mil yerleştirilir.



**Şekil 3.41** : Bilyalı sistemde mil bağlantısı.

- IV. Yay anağının 6nceden açılmış olan kanalına ufak o-ring yerleştirilir.



**Şekil 3.42** : Yay çanağına o-ringin yerleştirilmesi.

V. Tabla-mil bağlantısına yay çanağı yerleştirilir.



Şekil 3.43 : Yay çanağının yerleştirilmesi.

VI. Mil, tablası ile birlikte gövdenin alt kısmındaki oturma yüzeyine oturtulur.



Şekil 3.44 : Tablanın oturma yüzeyine oturtulmuş şekli.

VII. Yay merkezleme yataklarından biri yaya üstten, diğeri ise alttan takılır.



Şekil 3.45 : Yay merkezleme yataklarının yaya takılmış hali.

VIII. Yay teflonu, üstteki merkezleme yatağındaki yerine yerleştirilir.



**Şekil 3.46 :** Yay teflonunun yatağına yerleştirilmiş hali.

IX. Daha sonra da yay, yay teflonu yukarıda kalacak şekilde çanağına oturtulur.



**Şekil 3.47 :** Yayın, yay çanağına oturtulmuş şekli.

X. Yayı sıkıştırarak şekilde kapak yerleştirilir ve saat yönünde döndürülerek sıkılır.



**Şekil 3.48 :** Kapağın vanaya montajı.

XI. Basınç ayar kontra somunu, basınç ayar cıvatasına yerleştirilir.



**Şekil 3.49 :** Basınç ayar cıvatası ile kontra somununun bağlantısı.

XII. Basınç ayar cıvatası döndürülerek kapağın üstündeki yerine yerleştirilir.



**Şekil 3.50 :** Basınç ayar cıvatası ile kontra somununun vanaya montajı.

XIII. Vana istenilen ayar basıncına göre kurulur.

XIV. En son olarak da vananın emniyet kapağı yerleştirilir ve sonuna kadar döndürülerek sıkılır.



**Şekil 3.51 :** Emniyet kapağının vanaya yerleştirilmiş şekli.

## 4. TESTLER

### 4.1 Emniyet Vanası Elemanlarını Değiştirerek Yapılan Testler

Tezde kullanılmak üzere üç adet ölçüleri aynı oturma yüzeyi, iki adet oynar tabla, beş adet boyutları birbirinden farklı yay ve bir adet de florokarbon kauçuk (FKM) kapatma elemanı kullanılarak testlere başlanmıştır. Bu testlerde yayları hiç kurmadan, 5 mm kurarak ve 10 mm kurarak bir takım sonuçlar elde edilmiştir. Testlerin bütün aşamaları ikişer kez tekrarlanmıştır. İlk ölçülen değerler çizelge 4.1'e, sonrakiler ise çizelge 4.2'ye işlenmiştir (Teknik resim, Ek A.1'dedir).

**Çizelge 4.1 : Yayları, tablaları ve siteleri değiştirerek yapılan testlerin ilki.**

SİT 5	Sit 5 (0)		Sit 5 (+5)		Sit 5 (+10)	
	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2
Yay 1	2,03	1,78	1,73	3,38	3,02	4,65
Yay 2	2,35	2,63	3,20	3,20	4,13	4,25
Yay 3	1,48	2,00	2,39	2,92	3,07	3,88
Yay 4	2,78	3,19	3,82	4,10	5,11	5,33
Yay 5	3,13	3,00	4,02	3,88	5,20	4,80
SİT 6	Sit 6 (0)		Sit 6 (+5)		Sit 6 (+10)	
	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2
Yay 1	2,05	2,08	2,28	2,38	3,23	2,55
Yay 2	2,25	2,35	3,30	3,10	4,20	4,17
Yay 3	2,45	2,25	3,28	3,30	4,23	4,10
Yay 4	2,47	3,40	3,40	4,30	4,51	5,27
Yay 5	2,98	2,98	3,88	3,90	4,95	4,73
SİT 7	Sit 7 (0)		Sit 7 (+5)		Sit 7 (+10)	
	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2
Yay 1	2,20	2,15	3,35	3,20	4,35	4,15
Yay 2	2,20	2,25	2,80	3,13	3,87	4,05
Yay 3	1,95	2,00	2,80	3,13	3,81	4,00
Yay 4	2,70	3,03	3,32	4,10	4,49	4,80
Yay 5	3,20	3,05	3,93	4,00	5,08	5,00

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere; yay 1, yay 2, yay 3, yay 4 ve yay 5’in yatay hizasındaki değerler birbirinden farklılık göstermiştir. Bunun esas nedeni, yay katsayılarının ve boyutlarının birbirinden farklı olmasıdır. Diğer bir değerlendirme de sadece tablaları değiştirerek yapılmış, bu durumda da bazı bölgelerde daha düşük basınç değerleri, bazısında ise daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

Üçüncü bir değerlendirme ise sit 5, sit 6 ve sit 7’deki değerler düşeyde incelenerek yapılmıştır. Bu incelemeye göre; aynı yay ve tabla kullanıldığında dahi bütün ölçüleri aynı olan sitlerin değiştirilmesi sonucunda farklı değerler elde edilmiştir.

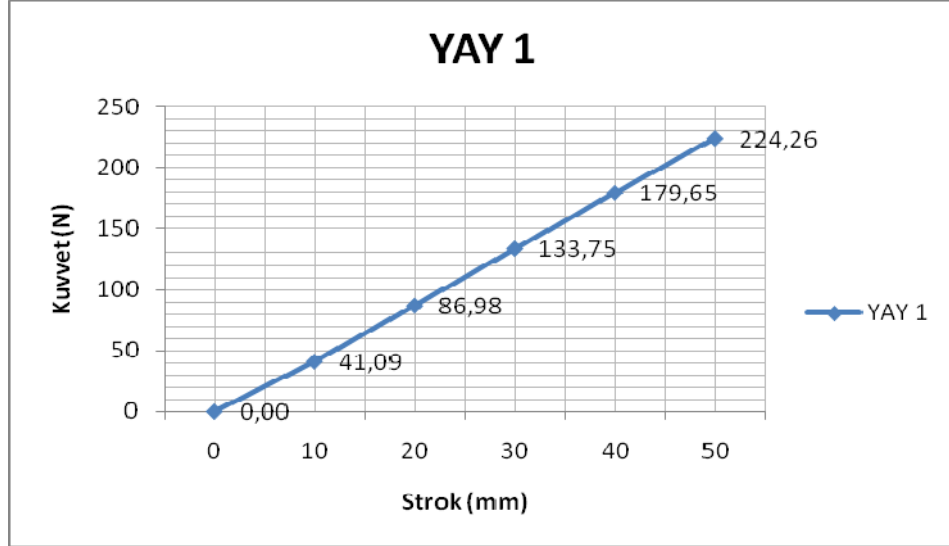
**Çizelge 4.2 :** Yayları, tablaları ve sitleri değiştirerek yapılan testlerin ikincisi.

SİT 5	Sit 5 (0)		Sit 5 (+5)		Sit 5 (+10)	
	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2
Yay 1	2,83	2,20	3,75	2,87	4,55	4,58
Yay 2	2,15	2,45	3,10	3,25	4,00	4,10
Yay 3	1,63	1,72	2,85	2,88	3,67	3,75
Yay 4	2,85	3,20	3,95	4,25	5,00	5,20
Yay 5	3,00	3,05	4,10	3,95	5,15	4,95
SİT 6	Sit 6 (0)		Sit 6 (+5)		Sit 6 (+10)	
	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2
Yay 1	1,28	2,10	2,33	3,10	3,25	4,11
Yay 2	2,33	2,40	3,26	3,45	4,15	4,37
Yay 3	2,35	2,30	3,15	3,25	4,10	4,15
Yay 4	2,50	2,39	3,45	3,40	4,50	4,25
Yay 5	3,05	3,00	3,95	3,90	4,95	4,85
SİT 7	Sit 7 (0)		Sit 7 (+5)		Sit 7 (+10)	
	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 1	Tabla 2
Yay 1	2,40	2,33	3,28	3,35	4,20	4,13
Yay 2	2,10	2,25	2,95	3,05	3,90	4,00
Yay 3	2,05	2,00	3,01	3,05	3,85	3,95
Yay 4	2,95	3,05	3,80	4,10	4,90	4,95
Yay 5	3,10	3,05	4,05	4,03	5,10	5,05

Daha sonra çizelge 1, çizelge 2 ile karşılaştırıldığında bazı noktalarda birbirine çok yakın veya aynı sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen, çoğunlukla farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca sapma miktarlarının oldukça fazla olduğu gözlenmiştir. Bütün bu sonuçlar karşılaştırıldığında bir tutarsızlık olduğu açıkça görülmüştür.

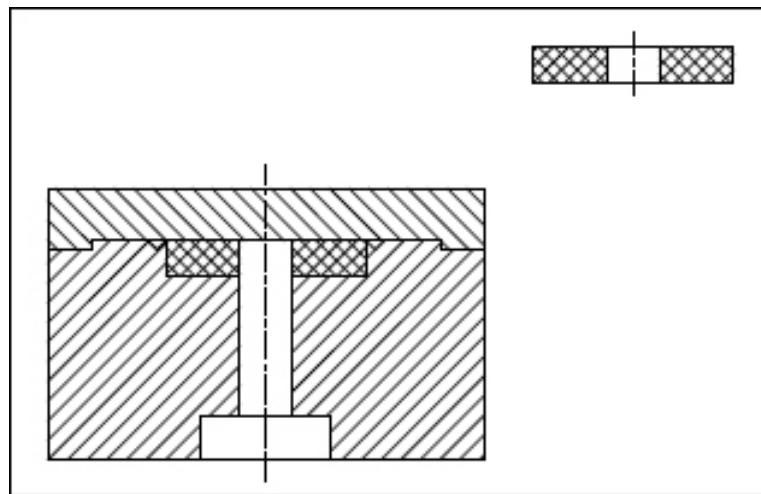
## 4.2 Kapatma Elemanlarının ve Sitlerin Açılarını Değiştirerek Yapılan Testler

Yaylar, 3.1.7 yaylar başlığı altında incelenmiş ve yapılmış olan testler sonucunda lineerlik karakteristiğine en yakın olan yayın 1 no'lu yay olduğu belirlenmiştir.

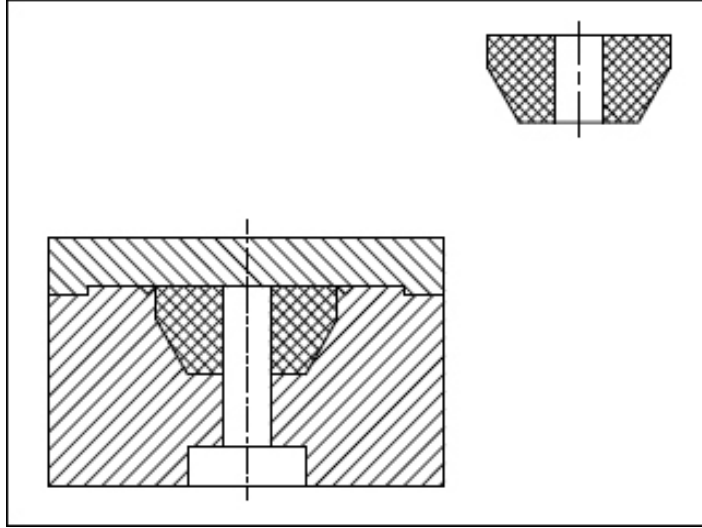


Şekil 4.1 : Tezde kullanılan emniyet vanasının 1 no'lu yayının kuvvet-strok grafiği.

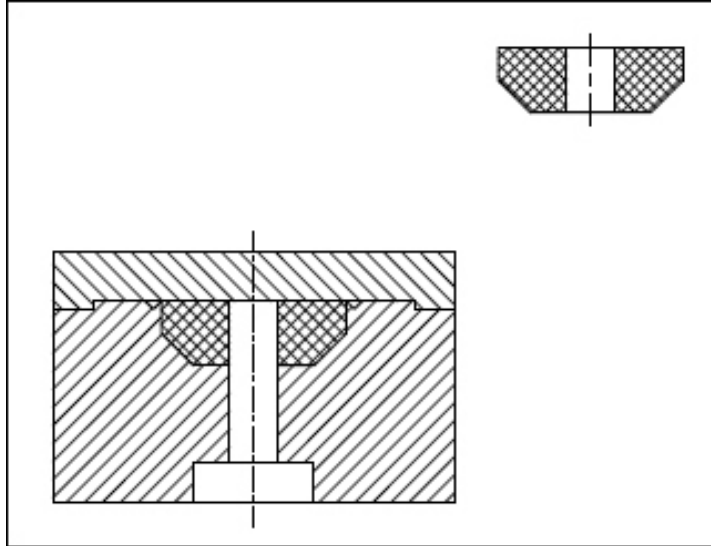
Kapatma elemanı olarak kullanılmak istenen politetrafloroetilen ve AISI304'den imal edilmiş olan kapatma elemanlarına tornada  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  ve  $60^\circ$  açılarda formlar verilecek şekilde işlenmiş ve teste hazır hale getirilmişlerdir. PTFE ve AISI 304'e oranla oldukça yumuşak olan Florokarbon kauçuk ise, tornada şekillendirilemeyecek düzeyde yumuşak bir malzeme olması dolayısıyla istenen formlar verilememiştir. Bu nedenden ötürü, şekil 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5'deki paslanmaz çelikten yapılmış olan kalıplar, tornada ayrı ayrı hazırlanmış ve sonrasında da bu kalıplarda döküm yolu ile elde edilmişlerdir.



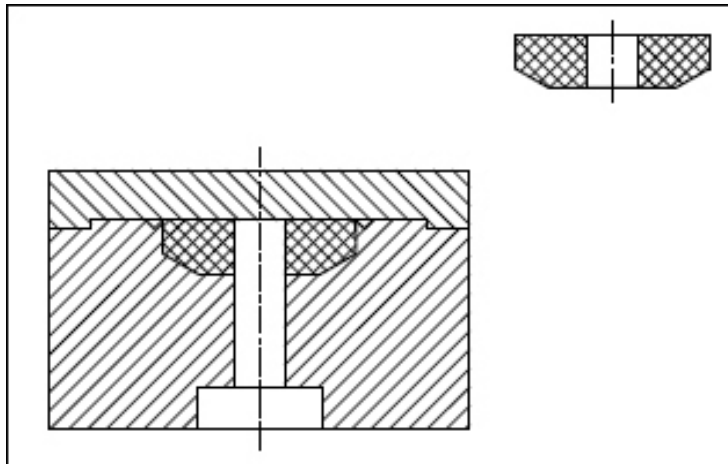
Şekil 4.2 :  $0^\circ$  açılı florokarbon kauçuk kapatma elemanı ve kalıbı.



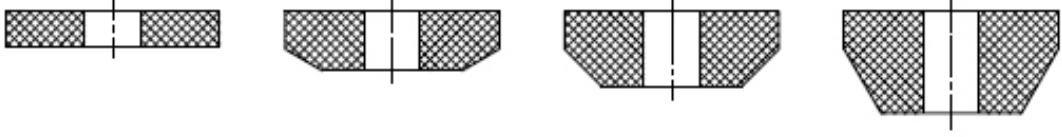
Şekil 4.3 : 60° açılı florokarbon kauçuk kapatma elemanı ve kalıbı.



Şekil 4.4 : 45° açılı florokarbon kauçuk kapatma elemanı ve kalıbı.

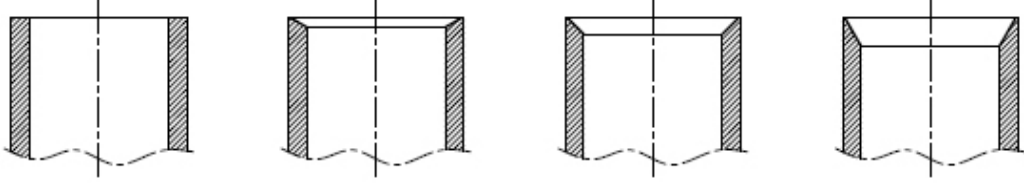


Şekil 4.5 : 30° açılı florokarbon kauçuk kapatma elemanı ve kalıbı.



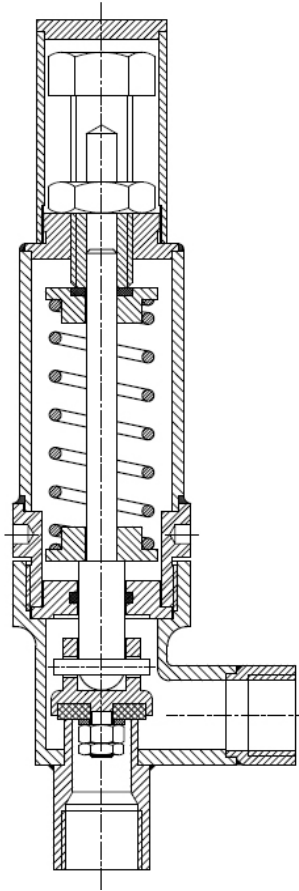
**Şekil 4.6 :** Kapatma elemanları.

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere kapatma elemanları  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  ve  $60^\circ$  açılı olacak şekillerde hazırlanmışlardır (Teknik resimler, Ek A.5’dedir).



**Şekil 4.7 :** Oturma yüzeyleri.

Şekil 4.7’de ise paslanmaz çelik malzemeden yapılmış olan oturma yüzeyleri, ilk olarak gövdeye kaynatılmış, sonrasında da tornada  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  ve  $60^\circ$  açılarda formlar verilmiştir (Teknik resim, Ek A.6’dadır).



**Şekil 4.8 :** Emniyet vanası yayının oturma mesafesi.

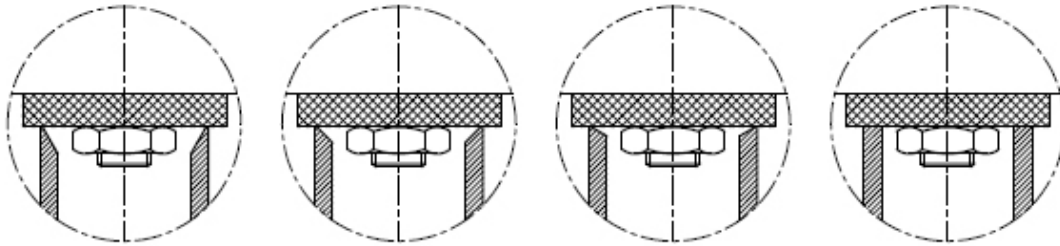
Yayın vana içinde serbest konumdayken, yani yay kurulmadan önceki oturma mesafeleri çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3 :** Yayın vana içinde oturma mesafeleri.

Oturma Yüzeyleri	Kapatma 0°	Kapatma 30°	Kapatma 45°	Kapatma 60°
Oturma Yüzeyi 60°	69 mm	65 mm	66,7 mm	67,7 mm
Oturma Yüzeyi 45°	69 mm	63,7 mm	66,7 mm	67,7 mm
Oturma Yüzeyi 30°	69 mm	63 mm	66 mm	67,7 mm
Oturma Yüzeyi 0°	69 mm	62 mm	65 mm	66,7 mm

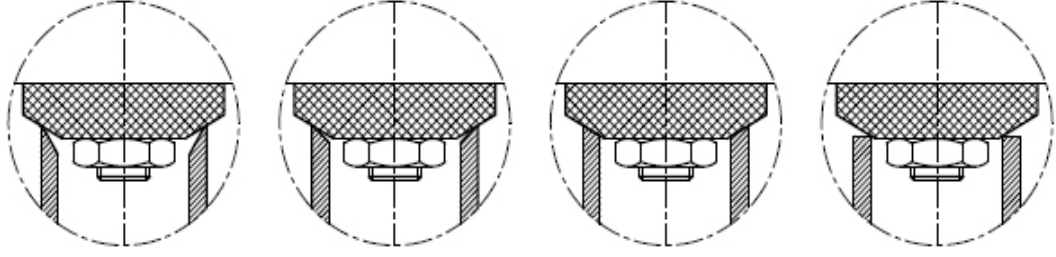
İstenilen ayar basıncının elde edilmesi için oturma mesafelerine basınç ayar civatası sıkılarak elde edilen kurma mesafeleri de eklenir. Böylece yayın toplam kurulma mesafesi kolayca hesaplanabilir.

Tezdeki testler 3,5 bar ayar basıncına göre yapılmıştır. Bunun nedeni, Alfa Mühendislik Makine Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi’ne gelen talepler incelendiğinde, emniyet vanalarının set basınçlarının çoğunlukla 3, 3.5 ve 4 bar’a ayarlanmalarının istenmesidir.



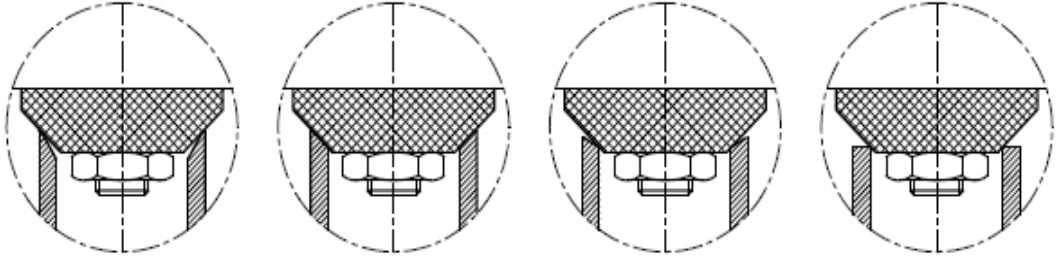
**Şekil 4.9 :** 0° açılı kapatma elemanları-oturma yüzeyleri değişken.

Şekil 4.9’da kapatma elemanının 0° açılı olduğu durumlar görülmektedir. Bu durumlar arasında kapatma elemanı gibi oturma yüzeyinin de 0° açılı olduğu durumda, akışkanın kapatma elemanına ilk temas ettiğiindeki çap 15 mm olan normal boyutundadır. Oturma yüzeyinin 30°, 45° ve 60° açılı olduğu durumlarda ise, bu çap 18,5 mm’ye genişlemiştir. Bu durumlarda alan 1,52 katına çıkmış, dolayısıyla da 3,5 bar’lık bir ayar basıncı için yayın normalin 1,5 katı kadar bir kuvvet üretmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Bu da yayın daha fazla kurulması gerektiğini göstermiştir.



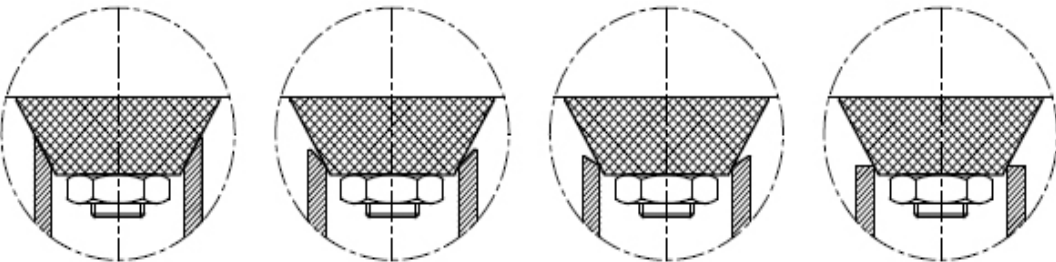
**Şekil 4.10 :** 30°açılı kapatma elemanları–oturma yüzeyleri değişken.

Şekil 4.10’da kapatma elemanının 30° açılı olduğu durumlar görülmektedir. Oturma yüzeyinin 0° ve 30° açılı durumlarda çap 15 mm’ye yakın değerlerde, oturma yüzeyinin 45° ve 60° açılı olduğu durumlarda ise, kapatma elemanının ezilmesine bağlı olarak yaklaşık olarak 18,5 mm kadardır.



**Şekil 4.11 :** 45°açılı kapatma elemanları–oturma yüzeyleri değişken.

Şekil 4.11’de kapatma elemanının 45° açılı olduğu durumlar görülmektedir. Oturma yüzeyinin 60° açılı olmadığı durumlarda (0°, 30° ve 45° açılı olduğu durumlarda) çap 15 mm, oturma yüzeyinin 60° açılı olduğu durumda ise 18,5 mm’ye genişlemiştir.



**Şekil 4.12 :** 60°açılı kapatma elemanları–oturma yüzeyleri değişken.

Şekil 4.12’de kapatma elemanının 60° açılı olduğu durumlar görülmektedir. Bu durumların hepsinde vananın giriş çapı 15 mm normal boyutunda olup, diğer kapatma elemanının bir kısmında olduğu gibi yayın daha fazla sıkıştırılmasına gerek kalmamıştır.

Kapatma elemanlarının açıları ile oturma yüzeylerinin açılmasına göre vana girişinde akışkanın ilk temasta bulunacağı çaplar ile yayın teorik olarak sıkıştırılması gereken mesafeler aşağıda hesaplanacaktır. Bu aşamaların ilki olan yay katsayısı (4.1) ve (4.2) denklemleri kullanılarak hesaplanabilmektedir.

**Çizelge 4.4 :** Basıncın, ilk temas etmiş olduğu çaplar.

Açılar	O.Y. 0°	O.Y. 30°	O.Y. 45°	O.Y. 60°
Kapatma Elemanı 0°	15 mm	18,5 mm	18,5 mm	18,5 mm
Kapatma Elemanı 30°	15 mm	15 mm	18,5 mm	18,5 mm
Kapatma Elemanı 45°	15 mm	15 mm	15 mm	18,5 mm
Kapatma Elemanı 60°	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm

$$k = \frac{G * d_c^4}{8 * n_c * D_{mc}^3} \quad (4.1)$$

k = yayın katılık katsayısı (N/mm)

G = yayın elastiklik modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$$G = E * \eta \quad (4.2)$$

E = elastiklik modülü (N/mm<sup>2</sup>)

E = 193 GPa

$\eta$  = poisson oranı

$\eta = 0,27 - 0,30$

Tezde yapılan hesaplarda poisson oranı 0,30 olarak kabul edilmiştir.

$$G = 193 \text{ GPa} * 0,30 = 57900 \text{ N / mm}^2$$

d<sub>c</sub> = yayın tel çapı (mm)

d<sub>c</sub> = 3 mm

Aktif sarım sayısı, toplam sarım sayısından yaklaşık 1,5 ile 2 sarım azdır. Dolayısıyla (4.3) no'lu denklemden hesaplanabilir.

$$n_c \cong N - 2 \quad (4.3)$$

$N =$  yayın toplam sarım sayısı

$N = 10,9$  sarım

$n_c =$  yayın aktif sarım sayısı

$n_c = 10,9 - 2 = 8,9$  sarım

Yayın eksen çapı; yayın dış çapı ile tel çapı arasındaki farka eşit olup (4.4) no'lu denklem yardımıyla hesaplanır.

$$D_{mc} \cong D - d_c \quad (4.4)$$

$D_{mc} =$  yayın eksen çapı (mm)

$D =$  yayın dış çapı (mm)

$D = 27,85$  mm

$D_{mc} = 27,85 - 3 = 24,85$  mm

$$k_{Teorik} = \frac{57900 * 3^4}{8 * 8,9 * 24,85^3} = 4,29 \text{ N / mm}$$

$$k_{Test} = 4,38 \text{ N / mm}$$

Hesaplanan 4,29 N/mm'lik yay katsayısı teorik olan değeri. Halbuki gerçek ölçümler sonucu elde edilen değer ise 4,38 N/mm idi. Görüldüğü üzere teorik değer ile gerçek değer birbirine oldukça yakın çıkmıştır.

Yayın toplam sıkışma miktarı; ayar basıncına, vana girişi çapına ve yay katılığına bağlı olarak (4.5) no'lu denklemden hesaplanır.

$$x = P_b * \frac{\pi * D_v^2}{4 * k} \quad (4.5)$$

$x =$  yayın sıkışma mesafesi (mm)

$P_b =$  vananın blowoff basıncı (bar)

$P_b = 3,5$  bar

$D_v =$  Vananın giriş çapı (mm)

$$D_{v1} = 15 \text{ mm}$$

$$D_{v2} = 18,5 \text{ mm}$$

$$x_1 = P_b * \frac{\pi * D_v^2}{4 * k} = 3,5 \text{ bar} * \frac{3,14 * 15^2 \text{ mm}^2}{4 * 4,335 \text{ N / mm}} = 14,260 \text{ mm}$$

$$x_2 = P_b * \frac{\pi * D_v^2}{4 * k} = 3,5 \text{ bar} * \frac{3,14 * 18,5^2 \text{ mm}^2}{4 * 4,335 \text{ N / mm}} = 21,692 \text{ mm}$$

Yukarıdaki  $x_1$  ve  $x_2$  değerleri, yayın toplam kurulması gereken mesafelerdir. Yayın katılmış boyu ise, aktif sarım sayısı ve tel çapına bağlı olarak (4.6) no'lu denklemden hesaplanır.

$$h_{ss} = (n_c + 1) * dc \quad (4.6)$$

$h_{ss}$  = katılmış boy (mm)

$$h_{ss} = (8,9 + 1) * 3 = 29,7 \text{ mm}$$

Yaydaki maksimum boy değişimi ise, yayın toplam boyu ile katılmış boy arasındaki fark olup (4.7) no'lu denklemden hesaplanır.

$$x_{max} = L - h_{ss} \quad (4.7)$$

$L$  = yayın boyu (mm)

$x_{max}$  = yayda meydana gelebilecek maksimum boy değişimi (mm)

$$x_{max} = 83,3 - 29,7 = 53,6 \text{ mm}$$

Yayda meydana gelebilecek maksimum boy değişimi, yukarıdaki hesaplardan da anlaşılacağı üzere 53,6 mm'dir. Yayın bu değerden fazla strok yapması mümkün değildir. Ayrıca yay sarımlarının birbirine temas etmemesi gerekmektedir, çünkü temas sonucunda yayda aşınma dolayısıyla da yay katsayısından az da olsa sapma gözlemlenebilir. Bu nedenden ötürü yay sarımları arasında minimum 1 mm boşluk bırakılmalıdır. Yayın aktif sarım sayısı 8,9 olduğu için, vananın yapabileceği güvenli strok 45 milimetre kadardır.

#### 4.2.1 Oynar tablalı sistem

**Çizelge 4.5 :** Oynar tablalı sistemde yayın ayar cıvatası ile kurulma mesafeleri.

Oynar Tablalı 3,5 bar	PTFE 0°	PTFE 60°	PTFE 45°	PTFE 30°	FKM 0°	FKM 60°	FKM 45°	FKM 30°	EPDM 0°	SS304 0°	SS304 60°	SS304 45°	SS304 30°
Sit 60° - Test 1	K	K	5,4	K	10,3	-5,6	-1,6	4,3	10,4	K	K	K	K
Sit 60° - Test 2	K	K	14,6	11,6	10,1	-4,2	-2,0	-1,2	17,5	K	K	K	K
Sit 60° - Test 3	K	K	21,6	10,3	9,9	-2,7	-1,3	2,7	10,8	K	K	K	K
Sit 60° - Test 4	K	K	18,0	14,8	10,0	-5,0	-0,8	1,4	10,1	K	K	K	K
Sit 45° - Test 1	K	10,1	K	K	9,5	-7,5	0,6	1,6	7,0	K	K	K	K
Sit 45° - Test 2	K	-2,0	K	27,0	8,3	-8,0	0,7	1,9	17,7	K	K	K	K
Sit 45° - Test 3	K	0,0	K	22,6	14,6	-7,1	1,0	1,8	11,6	K	K	K	K
Sit 45° - Test 4	K	13,2	K	K	2,0	-8,1	2,2	0,3	K	K	K	K	K
Sit 30° - Test 1	K	5,8	5,7	K	8,7	-10,8	-4,3	0,5	13,2	K	K	K	K
Sit 30° - Test 2	K	-2,3	20,1	K	6,5	-7,8	-4,6	0,6	16,5	K	K	K	K
Sit 30° - Test 3	K	-5,5	11,9	K	7,5	-3,7	-3,9	1,7	16,3	K	K	K	K
Sit 30° - Test 4	K	-2,5	17,1	K	7,1	-5,3	1,0	2,5	6,8	K	K	K	K
Sit 0° - Test 1	K	15,0	11,2	13,3	13,9	-10,5	2,6	0,9	11,4	K	K	K	K
Sit 0° - Test 2	K	1,7	13,3	28,0	11,6	-6,7	-3,1	1,7	10,2	K	K	K	K
Sit 0° - Test 3	K	5,7	18,9	15,5	9,6	-6,0	-3,0	-9,5	15,7	K	K	K	K
Sit 0° - Test 4	K	2,3	10,5	16,6	7,3	-5,0	-2,9	-9,3	16,0	K	K	K	K

**Çizelge 4.6 : Oynar tablalı sistemde yayın toplam kurulma mesafeleri.**

Oynar Tablalı 3,5 bar	PTFE 0°	PTFE 60°	PTFE 45°	PTFE 30°	FKM 0°	FKM 60°	FKM 45°	FKM 30°	EPDM 0°	SS304 0°	SS304 60°	SS304 45°	SS304 30°
Sit 60° - Test 1	K (45)	K (45)	22,0	K (45)	24,6	12,7	15	19,9	24,7	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 2	K (45)	K (45)	31,2	27,2	24,4	14,1	14,6	14,4	31,8	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 3	K (45)	K (45)	37,2	25,9	24,2	15,6	15,3	18,3	25,1	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 4	K (45)	K (45)	34,6	30,4	24,3	13,3	15,8	17,0	24,4	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 1	K (45)	30,0	K (45)	K (45)	23,8	12,1	17,2	17,2	21,3	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 2	K (45)	17,6	K (45)	42,6	22,6	11,6	17,3	17,5	32	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 3	K (45)	19,6	K (45)	38,2	28,9	12,5	17,6	17,4	25,9	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 4	K (45)	32,8	K (45)	K (45)	16,3	11,5	18,8	15,9	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 1	K (45)	26,1	23	K (45)	23,0	9,5	13,0	16,1	27,5	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 2	K (45)	18,0	37,4	K (45)	20,8	12,5	12,7	16,6	30,8	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 3	K (45)	14,8	29,2	K (45)	21,8	16,6	13,4	17,3	30,6	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 4	K (45)	17,8	34,4	K (45)	21,4	15,0	18,3	18,1	21,1	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 1	K (45)	36,3	29,5	29,9	28,2	10,8	20,9	17,5	25,7	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 2	K (45)	23,0	31,6	44,6	27,9	14,6	15,2	18,3	24,5	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 3	K (45)	27,0	37,2	32,1	23,9	15,3	15,3	17,1	30,0	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 4	K (45)	23,6	28,8	33,2	21,6	16,3	15,4	17,3	30,3	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)

Bu anlamda çizelge 4.5 ve 4.6 dikkatlice incelendiği takdirde kapatma elemanı olarak PTFE'nin 0° açılı olarak kullanıldığı durumların hiçbirinde; vana ne kadar sıkılırsa sıkılsın sızdırmazlık sağlanamamıştır. Aynı şekilde PTFE'nin kullanıldığı, oturma yüzeyi ile kapatma elemanının aynı açıda olduğu durumlarda da sızdırma sorununun önüne geçilememiştir (Teknik resim, Ek A.2'dedir).

Oturma yüzeyinin kapatma elemanı üzerinde bıraktığı izlerin çoğunlukla merkezden kaçık olduğu göz önünde bulundurulduğunda sızdırmazlık sorununun temel nedeninin merkezleme olduğu söylenebilir. Ayrıca merkez kaçıklığının yarattığı dezavantajı minimize etmesi beklenen yumuşak kapatma elemanı yerine kauçuk malzemeler içinde en sert ve yüksek akma gerilmelerinden birine sahip olan PTFE'nin kullanılması, sızdırma sorununun önündeki en büyük engeldir.

**Çizelge 4.7 :** Oynar tablalı sistemde en iyi kapatmalar ve oturma yüzeyi açıları.

Kapatma Elemanı	Minimum Kurma	Maksimum Kurma	Sapma Miktarı	O.Y Açısı
PTFE 0°	K (45)	K (45)	K (45)	-
PTFE 60°	14,8	26,1	11,3	30°
PTFE 45°	28,8	37,2	8,4	0°
PTFE 30°	29,9	44,6	14,7	0°
FKM 0°	24,2	24,6	0,4	0°
FKM 60°	11,5	12,5	1,0	45°
FKM 45°	14,6	15,8	1,2	0°
FKM 30°	17,1	18,3	1,2	0°
EPDM 0°	24,5	30,3	5,8	0°
AISI304 0°	K (45)	K (45)	K (45)	-
AISI304 60°	K (45)	K (45)	K (45)	-
AISI304 45°	K (45)	K (45)	K (45)	-
AISI304 30°	K (45)	K (45)	K (45)	-

Bu amaçla 4.7 no'lu oynar tablalı sistemde en iyi kapatmalar ve oturma yüzeyi açıları çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgeye göre; PTFE'nin 60° açılı olduğu durumda en iyi sızdırmazlık, oturma yüzeyinin 30° açılı olduğu durumda elde edilmekle birlikte, PTFE'nin 30° ve 45° açılı olduğu durumda ise en az sapmalı ve düşük değerler oturma yüzeyinin açısız (0° açılı) olduğu durumda elde edilmiştir.

PTFE'nin 30°, 45° ve 60° açılı olduğu durumlarda sapmalar, yani maksimum kurma ile minimum kurma arasındaki farklar yüksek olduğundan, bu üç durumun herhangi

birinin emniyet vanasında kullanılması uygun görülmemiştir. Ayrıca PTFE'nin 30° açılı olduğu durumda maksimum kurma miktarı, limit kurma sınırı olan 45 milimetreye oldukça yakın olması da emniyet vanası için uygunluk teşkil etmemiştir.

FKM'nin kapatma elemanı olarak kullanıldığı durumların hepsinde sızdırmazlık başarıyla sağlanmıştır. Kapatmanın 0°, 30° ve 45° açılı olduğu durumlarda en iyi sızdırmazlık, oturma yüzeyi 0° açılı olduğunda sağlanır. FKM 60° açılı olduğunda ise en iyi sızdırmazlık, oturma yüzeyinin 45° açılı olduğunda gerçekleşmiştir.

FKM'de elde edilen sapmalar oldukça düşük değerde olmakla birlikte teorik kurma miktarı olan 14,3 milimetrenin dışında kalmışlardır. Yine de FKM'de elde edilen değerlerin PTFE'ye oranla daha iyi sonuç vermesinin nedeni, FKM'nin akma sınırının ve sertliğinin daha düşük olmasından kaynaklanmıştır.

Etilen Propilen Kauçuk, 140°C sıcaklığın üstünde dayanımının zayıf olmasından ötürü emniyet vanalarında nadiren kullanılan bir kapatma elemanı malzemesidir. Yine de testlerde yer alan EPDM, en iyi sızdırmazlığını oturma yüzeyinin açısız daha sonra da 60° açılı olduğunda sağlamıştır. FKM'de olduğu gibi EPDM'de de oturma yüzeyinin açısı ne olursa olsun sızdırmazlık sağlanabilmiştir. Bunun temel sebebi, malzemenin yumuşak ve akma sınırının düşük olmasıdır.

AISI304'ün kapatma elemanı olarak kullanıldığı durumların hiçbirinde, diğer bir deyişle metal-metale kapatmanın gerçekleştirilmeye çalışıldığı durumların hiçbirinde, sızdırma sorunu giderilememiştir. Bunun başlıca nedenleri, merkez kaçıklığı ve yüksek akma sınırına ve sertliğe sahip olan kapatma elemanının yüzeyindeki pürüzlerin düşük kuvvetlerde ezilememesidir.

Kısacası bu bölümde; oynar tablalı sistem kullanılmış, kapatma elemanları ve oturma yüzeyleri değiştirilmeden testler dörder kez tekrarlanmıştır. Bu testler sonucunda elde edilen sızdırmazlık değerlerinin genel anlamda beklentileri karşılamadığı kanısına varılmıştır. Bundan dolayı da bir sonraki testlerde oynar tablalı sistem yerine bilyalı sistemde testler tekrarlanmıştır. Bilyalı sistemin oynar tablalı sisteme göre avantajı, açılmal hareket edebilme kabiliyetinin daha fazla olmasıdır. Bu sayede de merkezlemenin daha iyi yapılabileceği ve bunun sonucu olarak da sızdırma sorununda aşama kaydedilebileceği düşünülmüştür.

#### 4.2.2 Bilyalı sistem

**Çizelge 4.8 :** Bilyalı sistemde yayın ayar cıvatası ile kurulma mesafeleri.

Bilyalı Sistem 3,5 bar	PTFE 0°	PTFE 60°	PTFE 45°	PTFE 30°	FKM 0°	FKM 60°	FKM 45°	FKM 30°	EPDM 0°	SS304 0°	SS304 60°	SS304 45°	SS304 30°
Sit 60° - Test 1	K	K	K	K	6,0	-0,8	3,2	7,0	12,7	K	K	K	K
Sit 60° - Test 2	K	K	17,2	K	6,3	-3,6	4,0	7,2	11,4	K	K	K	K
Sit 60° - Test 3	K	K	8,5	11,3	5,8	-1,5	1,0	6,4	7,5	K	K	K	K
Sit 60° - Test 4	K	K	10,8	K	6,4	-1,2	-2,7	6,1	12,5	K	K	K	K
Sit 45° - Test 1	K	14,7	K	22,7	8,3	-4,2	2,8	7,4	7,7	K	K	K	K
Sit 45° - Test 2	K	2,4	K	K	7,3	-3,7	4,6	7,9	6,1	K	K	K	K
Sit 45° - Test 3	K	3,4	K	K	6,6	-3,9	3,0	5,9	14,9	K	K	K	K
Sit 45° - Test 4	K	13,1	K	K	6,0	-4,9	3,0	5,7	8,8	K	K	K	K
Sit 30° - Test 1	K	-5,2	17,4	K	5,5	-6,3	-1,4	8,8	9,9	K	K	K	K
Sit 30° - Test 2	K	2,7	13,0	27,4	5,6	-5,7	-0,7	10,7	11,0	K	K	K	K
Sit 30° - Test 3	K	-2,2	14,8	26,2	7,4	-5,8	-1,3	10,8	10,3	K	K	K	K
Sit 30° - Test 4	K	0,2	9,9	K	6,8	-6,1	-1,3	9,2	5,3	K	K	K	K
Sit 0° - Test 1	K	-2,5	14,1	K	7,1	-3,2	-1,8	1,3	8,8	K	K	K	K
Sit 0° - Test 2	K	0,7	6,4	K	7,6	-3,6	-1,8	1,1	5,4	K	K	K	K
Sit 0° - Test 3	K	-0,9	17,0	K	8,0	-5,4	-4,2	0,8	7,5	K	K	K	K
Sit 0° - Test 4	K	0,0	9,8	K	7,9	-3,7	-4,4	1,5	4,0	K	K	K	K

**Çizelge 4.9 : Oynar tablalı sistemde yayın toplam kurulma mesafeleri.**

Oynar Tablalı 3,5 bar	PTFE 0°	PTFE 60°	PTFE 45°	PTFE 30°	FKM 0°	FKM 60°	FKM 45°	FKM 30°	EPDM 0°	SS304 0°	SS304 60°	SS304 45°	SS304 30°
Sit 60° - Test 1	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)	20,3	17,5	19,8	22,6	27,0	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 2	K (45)	K (45)	33,8	K (45)	20,6	14,7	20,6	22,8	25,7	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 3	K (45)	K (45)	25,1	26,9	20,1	16,8	17,6	22,0	21,8	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 4	K (45)	K (45)	27,4	K (45)	20,7	17,1	13,9	21,7	26,8	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 1	K (45)	34,3	K (45)	38,3	22,6	15,4	19,4	23,0	22,0	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 2	K (45)	22,0	K (45)	K (45)	21,6	15,9	21,2	23,5	20,4	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 3	K (45)	23,0	K (45)	K (45)	20,9	15,7	19,6	21,5	29,2	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 4	K (45)	32,7	K (45)	K (45)	20,3	14,7	19,6	21,3	23,1	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 1	K (45)	15,1	34,7	K (45)	19,8	14,0	15,9	26,4	24,2	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 2	K (45)	23,0	30,3	43,0	19,9	14,6	16,6	26,3	25,3	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 3	K (45)	18,1	32,1	41,8	21,7	14,5	16,0	26,4	24,6	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 4	K (45)	20,5	27,2	K (45)	21,1	14,2	16,0	24,8	19,6	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 1	K (45)	18,8	32,4	K (45)	21,4	18,1	16,5	17,9	23,1	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 2	K (45)	22,0	24,7	K (45)	21,9	17,7	16,5	17,7	19,7	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 3	K (45)	20,4	35,3	K (45)	22,3	15,9	14,1	17,4	21,8	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 4	K (45)	21,3	28,1	K (45)	22,2	17,6	13,9	18,1	18,3	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)

Bu anlamda çizelge 4,8 ve 4.9 dikkatlice incelendiği takdirde kapatma elemanı olarak PTFE'nin 0° açılı olduğu durumların hiçbirinde vana ne kadar sıkılırsa sıkılsın sızdırmazlık sağlanamamıştır. Aynı şekilde kapatma elemanı olarak PTFE'nin kullanıldığı ve oturma yüzeyi ile kapatma elemanının 45°-45° ve 60°-60° açılarda olduğu durumlarda da sızdırmazlık sorununun önüne geçilememiştir. Bu durumlar arasında açılar 30°-30° olduğunda ise, % 50 ihtimalle basınç ayar civatası limit değere kadar sıkıldığında 3,5 bar elde edilebilmiştir (Teknik resim, Ek A.3'dedir).

**Çizelge 4.10 : Oynar tablalı sistem ile bilyalı sistemin karşılaştırılması.**

Kapatma Elemanı	Oynar Tablalı Sistem				Bilyalı Sistem			
	Min.	Maks.	Sapma	O.Y.	Min.	Maks.	Sapma	O.Y.
PTFE 0°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-
PTFE 60°	14,8	26,1	11,3	30°	18,8	22,0	3,2	0°
PTFE 45°	28,8	37,2	8,4	0°	27,2	34,7	7,5	30°
PTFE 30°	41,8	43,0	1,2	30°	29,9	44,6	14,7	0°
FKM 0°	24,2	24,6	0,4	0°	20,1	20,7	0,6	60°
FKM 60°	11,5	12,5	1,0	45°	14,0	14,6	0,6	30°
FKM 45°	14,6	15,8	1,2	0°	15,9	16,6	0,7	30°
FKM 30°	17,1	18,3	1,2	0°	17,4	18,1	0,7	0°
EPDM 0°	24,5	30,3	5,8	0°	18,3	23,1	4,8	0°
SS304 0°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-
SS304 60°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-
SS304 45°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-
SS304 30°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-

Bilyalı sistemde PTFE'nin gerek 30° gerek ise 60° açılı iken, en iyi sızdırmazlık ve minimum sapmalar oturma yüzeyinin açısız olduğu sonrasında ise 30° olduğunda sağlanmakla birlikte, 45° açılı olması durumunda, oturma yüzeyinin 30° olduğu durumda sağlanmıştır.

PTFE'nin 60° açılı olduğu durumda sapma 3,2 milimetre olarak şuna kadar yapılan testler içinde en ufak değerini almıştır. Kapatma 30° ve 45° olduğunda ise sapma limit değerinin oldukça üzerindedir. Bu noktada en iyi kapatmanın 60° açılıda sağlanmasının temel sebebi, kapatma elemanının açısı ne kadar fazla olursa, o oranda kapatma elemanı ile oturma yüzeyinin temas yüzeyi azalır. Böylece birim alana düşen kuvvet artar.

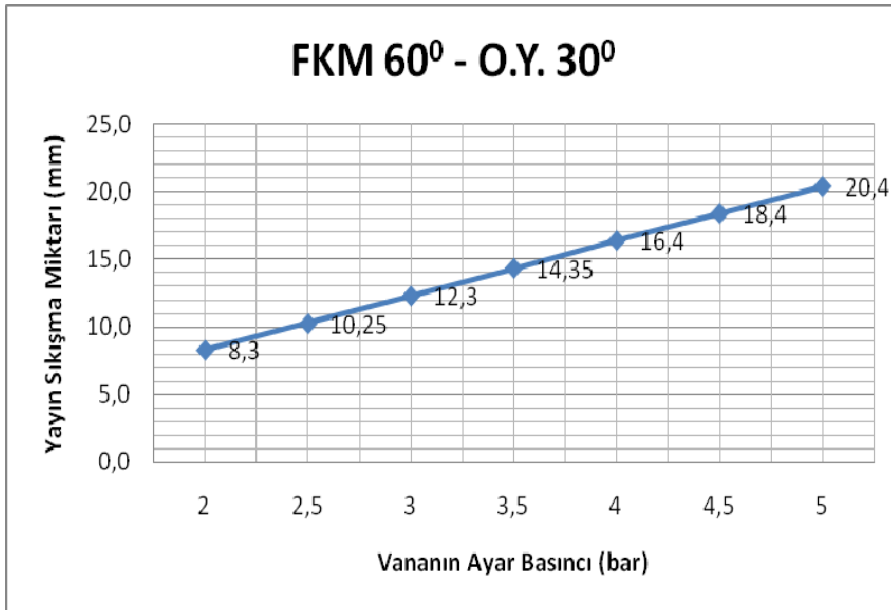
Kapatma elemanı olarak FKM kullanıldığında bütün durumlarda sızdırmazlık, oynar tablalı sisteme oranla daha başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir. FKM 0° – oturma yüzeyi 60°, FKM 45° ve 60° – oturma yüzeyi 30° ve FKM 30° – oturma yüzeyi açısız olduğu durumlarda en iyi sızdırmazlıklar elde edilmiştir.

Elde edilen sapmalar 0,6 ile 0,7 mm civarında olduğundan, bu değerler emniyet vanalarında kullanmak için uygunlardır. Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere kapatmanın 0° ve 30° olduğu durumlarda 14,3 mm olan teorik kurma miktarından oldukça fazla sapmalar göstermişlerdir. Halbuki 45° açılıdaki 14,4 ila 15,1 mm ve 60° açılıdaki 14 ila 14,6 mm arasında değişmekte olan kurma miktarları gayet başarılı sonuçlardır. Bu değerler emniyet vanaları için yeterli olmakla birlikte, kapatma elemanının 60° ve oturma yüzeyinin 30° açılı olduğu kombinasyonda elde edilen 14 ila 14,6 mm aralığı, 14,3 mm olan teorik kurma miktarını birebir karşılamıştır.

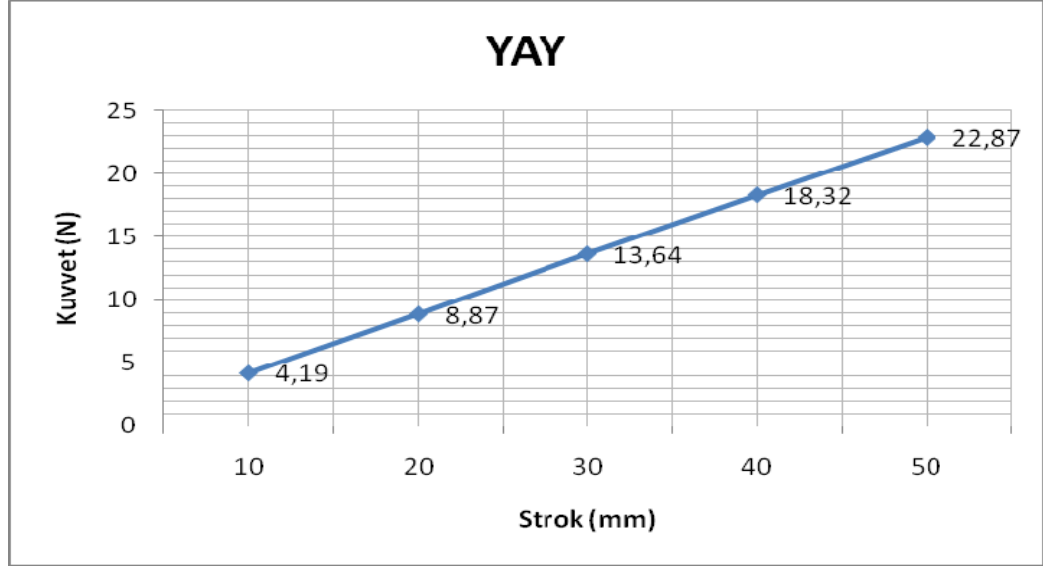
Bu elde edilen değerlerin emniyet vanasında lineer olarak istenilen sonuçları verip vermediğini incelemek için kapatma elemanının 60° ve oturma yüzeyinin 30° açılı olduğu kombinasyon, bilyalı emniyet vanasının ayar basıncı 2 bar ile 5 bar arasında 0,5 bar'lık artışlar verilerek test edilmiş ve sonucunda elde edilen milimetre cinsinden sonuç değerleri çizelge 4.11'e işlenmiştir.

**Çizelge 4.11 :** FKM 60° – O.Y. 30° açılı iken ayar basınçları ve kurulma mesafeleri.

Bilya Sistem	2 bar	2,5 bar	3 bar	3,5 bar	4 bar	4,5 bar	5 bar
FKM 60° O.Y. 30°	7,85	10,10	12,25	14,35	16,40	18,40	20,40



**Şekil 4.13 :** FKM60° – O.Y. 30° açılı iken ayar basınçları ve kurulma mesafeleri.



**Şekil 4.14 :** Tezde kullanılan emniyet vanası yayının kuvvet-strok grafiği.

Şekil 4.13 dikkatlice incelendiğinde yayın sıkışma miktarı ile vananın ayar basıncı arasında, testlerde kullanılan yayın kuvvet-strok grafiğine benzer bir lineer bağlantı olduğu görülmektedir. Ayrıca 5 bar ayar basıncına çıkıldığında dahi 20,4 milimetrelik kurma mesafesine erişmek 45 milimetre strok yapabilme imkanı olan bu vanada rahatlıkla 10 bar'lık ayar basıncı elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Bu durumda da testlerde kullanılan yay ile imal edilecek emniyet vanalarında 0 ila 10 bar arasında istenilen ayar basıncı sağlanabilecektir.

EPDM kapatma elemanı kullanıldığında ise, oynar tablalı sistemde olduğu gibi bilyalı sistemde de en iyi sızdırmazlık oturma yüzeyinin açısız daha sonrasında da 60° açılı olduğunda sağlanmıştır. Yine de oturma yüzeyi açısı ne olursa olsun sızdırmazlık bütün durumlarda sağlanabilmiştir. Çizelge 4.10'da da görüldüğü üzere bilyalı emniyet vanasındaki EPDM kapatma, oynar tablalı emniyet vanasına oranla gerek kurma gerek ise sapma miktarı bakımından daha iyi sonuçlar vermiştir.

Oynar tablalı sistemde olduğu gibi bilyalı sistemde de metal-metale kapatmanın gerçekleştirilmeye çalışıldığı durumların hiçbirinde sızdırmazlık sorununun önüne geçilememiştir. Bu bakımdan ileriki bölümde metal-metale kapatmada sızdırma sorunu üzerinde çalışmalara ve testlere devam edilecektir.

Sızdırma sorununu minimize etmek için bilyalı sistemde kullanılan yay çanağı, yerini iki milimetre daha geniş çapta olan geniş yay çanağına bırakmıştır. Yay çanağının daha geniş yapılmasındaki amaç, kapatma elemanının merkezden kaçışını dolayısıyla da merkez kaçıklığını zorlaştırmaktır.

### 4.2.3 Bilyalı geniş çanaklı sistem

**Çizelge 4.12 :** Bilyalı geniş çanaklıda yayın ayar civatası ile kurulma mesafeleri.

Bilyalı Geniş Çanaklı Sistem 3,5 bar	PTFE 0°	PTFE 60°	PTFE 45°	PTFE 30°	FKM 0°	SS304 0°	SS304 60°	SS304 45°	SS304 30°
Sit 60° - Test 1	K	K	16,4	K	5,7	K	K	K	K
Sit 60° - Test 2	K	K	12,2	K	7,2	K	K	K	K
Sit 60° - Test 3	K	K	15,7	K	5,9	K	K	K	K
Sit 60° - Test 4	K	K	14,3	K	6,6	K	K	K	K
Sit 45° - Test 1	K	15,2	K	K	6,5	K	K	K	K
Sit 45° - Test 2	K	14,3	K	K	8,4	K	K	K	K
Sit 45° - Test 3	K	9,7	K	K	7,1	K	K	K	K
Sit 45° - Test 4	K	11,8	K	K	8,4	K	K	K	K
Sit 30° - Test 1	K	-3,5	7,7	K	4,3	K	K	K	K
Sit 30° - Test 2	K	-3,3	11,2	K	5,3	K	K	K	K
Sit 30° - Test 3	K	-3,0	16,3	K	7,9	K	K	K	K
Sit 30° - Test 4	K	-3,2	17,1	K	7,2	K	K	K	K
Sit 0° - Test 1	K	7,4	13,9	K	7,0	K	K	K	K
Sit 0° - Test 2	K	4,7	17,1	K	6,7	K	K	K	K
Sit 0° - Test 3	K	7,9	18,1	K	6,8	K	K	K	K
Sit 0° - Test 4	K	6,3	12,8	K	7,5	K	K	K	K

**Çizelge 4.13 : Bilyalı geniş çanaklı sistemde yayın toplam kurulma mesafeleri.**

Bilyalı Geniş Çanaklı Sistem 3,5 bar	PTFE 0°	PTFE 60°	PTFE 45°	PTFE 30°	FKM 0°	SS304 0°	SS304 60°	SS304 45°	SS304 30°
Sit 60° - Test 1	K (45)	K (45)	33,0	K (45)	20,0	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 2	K (45)	K (45)	28,8	K (45)	21,5	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 3	K (45)	K (45)	32,3	K (45)	20,2	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 60° - Test 4	K (45)	K (45)	30,9	K (45)	20,9	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 1	K (45)	34,8	K (45)	K (45)	20,8	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 2	K (45)	33,9	K (45)	K (45)	22,7	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 3	K (45)	29,3	K (45)	K (45)	21,4	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 45° - Test 4	K (45)	31,4	K (45)	K (45)	22,7	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 1	K (45)	16,8	25,0	K (45)	18,6	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 2	K (45)	17,0	28,5	K (45)	19,6	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 3	K (45)	17,3	33,6	K (45)	22,2	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 30° - Test 4	K (45)	17,1	34,4	K (45)	21,5	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 1	K (45)	28,7	32,2	K (45)	21,3	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 2	K (45)	26,0	35,4	K (45)	21,0	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 3	K (45)	29,2	36,4	K (45)	21,1	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)
Sit 0° - Test 4	K (45)	27,6	31,1	K (45)	21,8	K (45)	K (45)	K (45)	K (45)

**Çizelge 4.14 :** Bilyalı geniş çanaklı sistemde en iyi kapatmalar ve O.Y. açıları.

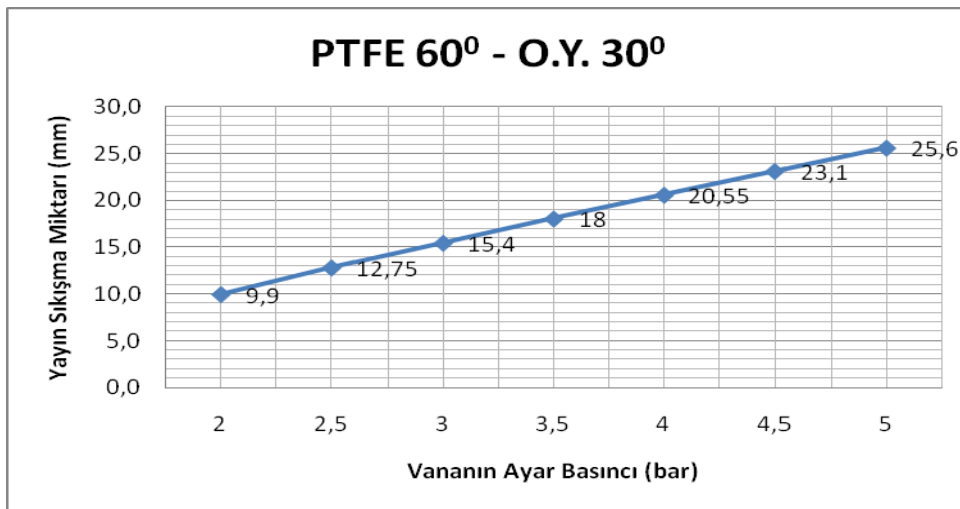
Kapatma Elemanı	Minimum Kurma	Maksimum Kurma	Sapma Miktarı	O.Y Açısı
PTFE 0°	K (45)	K (45)	K (45)	-
PTFE 60°	16,8	17,3	0,5	30°
PTFE 45°	25	34,4	9,4	30°
PTFE 30°	K (45)	K (45)	K (45)	-
FKM 0°	21	21,8	0,8	0°
AISI304 0°	K (45)	K (45)	K (45)	-
AISI304 60°	K (45)	K (45)	K (45)	-
AISI304 45°	K (45)	K (45)	K (45)	-
AISI304 30°	K (45)	K (45)	K (45)	-

PTFE 45° ve 60° açılı iken; en iyi sızdırmazlık oturma yüzeyinin 30° açılı olduğunda sağlanmıştır. PTFE 30° açılı olduğunda ise, bilyalı sistemde olduğu gibi sızdırma sorunlarıyla karşılaşmıştır (Teknik resim, EkA.4'dedir).

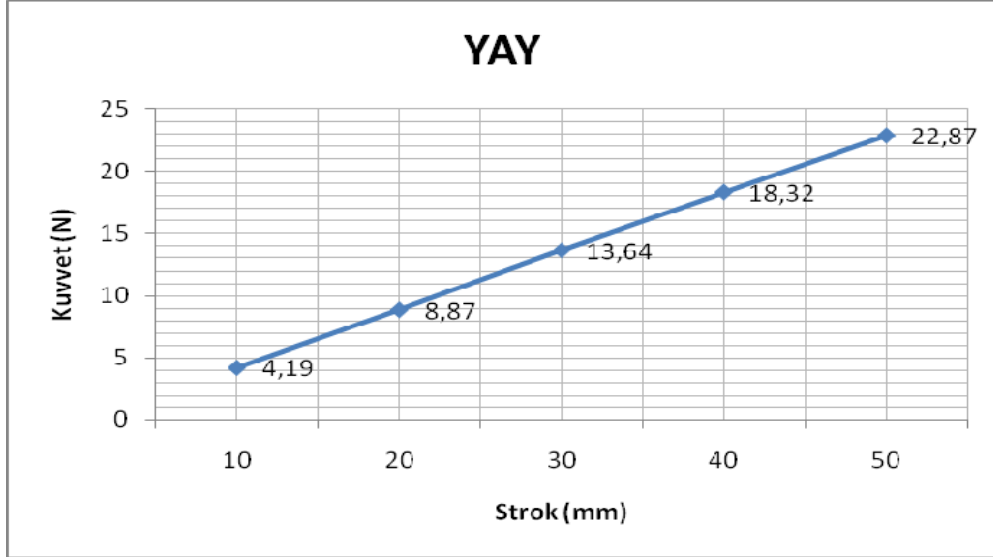
Kapatma elemanı 45° açılı forma sahip iken 9,4 mm'lik sapma, limit değerinde oldukça üstündedir. Kapatmanın 60° olduğu durumda ise; 16,8 ila 17,3 aralığında şu ana kadar ki en ufak sapma değeri olan 0,5 milimetre değerini almış ve sonucunda elde edilen değerler çizelge 4.14'e işlenmiştir.

**Çizelge 4.15 :** PTFE 60° – O.Y. 30° açılı iken ayar basınçları ve kurulma mesafeleri.

Geniş Çanaklı Sistem	2 bar	2,5 bar	3 bar	3,5 bar	4 bar	4,5 bar	5 bar
PTFE 60° O.Y. 30°	9,90	12,75	15,40	18,00	20,55	23,10	25,60



**Şekil 4.15 :** PTFE 60° – O.Y. 30° açılı iken ayar basınçları ve kurulma mesafeleri.



Şekil 4.16 : Tezde kullanılan emniyet vanası yayının kuvvet-strok grafiği.

Şekil 4.15 dikkatlice incelendiği takdirde, yayın sıkışma miktarı ile vananın ayar basıncı arasında yayın kuvvet-strok grafiğine benzer lineer bir bağıntı olduğu görülmektedir. Ayrıca 5 bar ayar basıncına çıkıldığında dahi 25,6 milimetre kurma mesafesine erişmek, 45 milimetre strok yapabilme imkanı olan bu vanada 8 bar'lık ayar basıncı elde edilebileğini anlamına gelmektedir. Bu durumda da testlerde kullanılan yay ile imal edilecek emniyet vanalarında 0 bar ile 8 bar arasında istenilen ayar basıncı elde edilebilecektir.

Çizelge 4.16 : Bilyalı sistem ile bilyalı geniş çanaklı sistemin karşılaştırılması.

Kapatma Elemanı	Bilyalı Sistem				Bilyalı Geniş Çanaklı Sistem			
	Min.	Maks.	Sapma	O.Y.	Min.	Maks.	Sapma	O.Y.
PTFE 0°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-
PTFE 60°	18,8	22	3,2	0°	16,8	17,3	0,5	30°
PTFE 45°	27,2	34,7	7,5	30°	25	34,4	9,4	30°
PTFE 30°	29,9	44,6	14,7	0°	K (45)	K (45)	K (45)	-
FKM 0°	20,1	20,7	0,6	0°	21	21,8	0,8	0°
SS304 0°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-
SS304 60°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-
SS304 45°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-
SS304 30°	K (45)	K (45)	K (45)	-	K (45)	K (45)	K (45)	-

FKM 0° ve oturma yüzeyi 0° açılı olduğunda, bilyalı ufak çanaklı sistemin limit değerlerine ve sapmasına yakın değerler elde edilmesi nedeniyle düz kapatmada pek bir gelişme elde edilememiştir. Diğer testlerde olduğu gibi bilyalı geniş çanaklı vanada da metal-metale kapatmada sızdırma sorunu devam etmiştir.

#### 4.2.4 Bilyalı geniş çanaklı sistemde kurma mesafelerine göre basınç ölçümleri

Önceki testlerde 3,5 bar'lık ayar basıncını sağlayan kurma mesafeleri ölçülmüştü. Bu testlerde ise FKM kapatma elemanlı emniyet vanası yayı sıra ile 15 mm, 20 mm ve 25 mm, PTFE kapatma elemanlı olan ise sıra ile 15 mm, 25 mm ve 35 mm kurulmuştur. Vananın yayı bu kurma mesafelerine kadar sıkıştırıldığında, vananın sızdırmaya başladığı basınç değerleri ölçülmüş ve çizelge 4.17 ve 4.18'e işlenmiştir.

**Çizelge 4.17 :** O.Y. ve PTFE kapatma elemanı açılına göre basınç değerleri.

	0° 15	0° 25	0° 35	30° 15	30° 25	30° 35	45° 15	45° 25	45° 35	60° 15	60° 25	60° 35
0°	K	K	K	K	K	K	K	0,65	5,43	1,90	3,20	4,10
30°	K	K	K	K	K	K	K	0,70	5,65	2,15	3,80	4,87
45°	K	K	0,85	K	K	K	K	0,50	2,98	1,95	3,35	4,13
60°	K	K	1,15	K	K	K	K	0,58	4,35	1,65	2,43	3,05

Çizelgede 4.17'de PTFE 0° açılı olduğunda en iyi değerler, 60° açılı oturma yüzeyinde elde edilmiştir. Kapatma 30° açılı iken, yay 35 mm kurulduğunda dahi hiçbir oturma yüzeyinde sızdırmazlık sağlanamamıştır. Kapatma, 45° ve 60° açılı olduğunda ise; 0'dan farklı basınç değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar içinde en yüksek basınç, kapatma elemanının 60°, oturma yüzeyinin ise 30° formda olduğu kombinasyonda gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4.18 :** O.Y. ve FKM kapatma elemanı açılına göre basınç değerleri.

FKM O.Y.	0° 15	0° 20	0° 25	30° 15	30° 20	30° 25	45° 15	45° 20	45° 25	60° 15	60° 20	60° 25
0°	1,8	2,5	3,2	2,7	3,8	4,7	3,1	4,4	5,8	3,2	4,5	5,8
30°	2,0	2,8	3,6	2,0	2,7	3,4	3,2	4,5	5,8	3,7	5,1	6,5
45°	2,1	2,9	3,8	2,1	2,8	3,6	2,3	3,2	4,2	3,3	4,5	5,9
60°	2,3	3,2	4,1	2,4	3,1	3,9	2,6	5,6	4,7	2,8	3,8	4,8

PTFE’de olduğu gibi, FKM’ye de 0°, 30°, 45° ve 60° açılarda formlar verilmiş ve sonrasında değişik oturma yüzeyi açılarıyla olan kombinasyonlar sonucunda elde edilen basınç değerleri ölçülmüştür. FKM, PTFE’ye oranla daha yumuşak malzeme olması sebebiyle çizelge 4.18’deki değerler, çizelge 4.17’ye göre yüksektir.

Çizelge 4.18’de de kapatma elemanının 60°, oturma yüzeyinin ise 30° açılı olduğu kombinasyonda en iyi sızdırmazlık ve en yüksek basınç değeri elde edilmiştir.

**Çizelge 4.19 : O.Y. ile FKM kapatmaların yüzey temas alanları.**

FKM O.Y.	0° 15	0° 20	0° 25	30° 15	30° 20	30° 25	45° 15	45° 20	45° 25	60° 15	60° 20	60° 25
0°	3,5	3,6	3,7	2,2	2,3	2,4	1,9	2,0	2,0	1,9	1,9	2,0
30°	3,0	3,1	3,2	3,1	3,2	3,4	1,9	1,9	2,0	1,6	1,7	1,8
45°	2,9	3,0	3,1	2,9	3,1	3,2	2,7	2,7	2,8	1,8	1,9	2,0
60°	2,7	2,7	2,8	2,6	2,8	3,0	2,4	2,4	2,5	2,2	3,3	2,4

Çizelge 4.19’deki alan değerleri cm<sup>2</sup> biriminde olup, basıncın en düşük olduğu kapatma elemanı ile sit kombinasyonunda en büyük yüzey temas alanı değerini almıştır. Basıncın en yüksek olduğu kombinasyonda ise, en küçük yüzey temas alanı oluşmuştur. Oluşan bu ters orantının anlamı; kurma mesafesinin sabit olması, yaya etkileyen kuvvetin sabit olması demektir. Kuvvet sabit ise, alan ile basınç birbirlerine ters orantılı olurlar. Bu yüzden de oturma yüzeyi ile kapatma elemanının yüzey temas alanı ne kadar küçülürse, birim alana düşen kuvvet de (basınç da) o oranda artar. Birim alana düşen kuvvetin artması da sızdırmazlığın artmasını beraberinde getirir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Emniyet vanalarında ayar basıncının belirlenmesinde birçok faktör etkili olmaktadır. Bu faktörlerden birincisi; yay seçimi ve yay seçiminde etken olan yay katsayısıdır. Yay katsayısı ise; tel çapı, eksen çapı ve sarım sayısı gibi parametrelere bağlıdır. Bir anlamda yay katsayısı seçilerek, yay üzerine etkiyen kuvvete göre yayın sıkışma miktarı, dolayısıyla da vananın basınç değeri belirlenir. Bu bakımdan yay, emniyet vanasının çalışma basıncı değerlerini ve limitlerini belirleyen en önemli etkenlerden biridir.

Diğer bir faktör ise, emniyet vanasının çalışmasındaki etken parçaların aynı ekseninde merkezlemesinin sağlanmasıdır. Merkezlemede yaşanan problemler, bütün vanalarda olduğu gibi emniyet vanalarında da sızdırma sorununa neden olur. Bu sorunun üstesinden gelmek için vananın iç kısmında bulunan ve kapatma yüzeyini oluşturan parçalar ile yataklamanın mutlaka eş merkezli olacak ve aynı ekseninde çalışacak şekilde işlenmesi ve montajı gerekmektedir. En ufak bir merkez kaçıklığı bile (özellikle sert malzemedен yapılmış) kapatma elemanının oturma yüzeyine düzgün şekilde ve tam oturamamasına neden olur. Bu da sızdırma sorununu doğurur.

Emniyet vanalarının ayar basıncını; çalışma performansının etkileyen faktörlerden biri olan kapatma elemanları, kauçuk gibi oldukça düşük basma mukavemetine sahip yumuşak malzemelerden yapılabileceği gibi paslanmaz çelik gibi sertliği ve basma mukavemeti yüksek malzemelerden de imal edilebilir. Malzemenin sertliği ve basma mukavemeti arttıkça, sızdırmanın engellenmesi de o oranda zorlaşmaktadır. Bunun nedenleri, çok az da olsa bir merkez kaçıklığı olması ya da yüzeyi sert olan malzemenin yüzey pürüzlülüğünün yok denecek kadar az olmamasıdır. Bu durumlarda yüzeyler birbirini tam olarak öpememekte ve yüzey pürüzlülüğü dolayısıyla da tam kapatma yapamamaktadır.

Bu nedenle emniyet vanalarında özellikle 250°C'nin altındaki sıcaklıklarda kauçuk esaslı kapatma elemanları tercih edilebilir. Kauçuk malzemelerin yüksek sıcaklıklara dayanamamaları nedeni ile yüksek sıcaklıklarda paslanmaz çelik ve benzeri metal malzemelerden yapılmış kapatma elemanları kullanılabilir.

Yapılmış olan çalışmalar sırasında, oturma yüzeyinin açısız yani düz olduğu konum yerine 30° açılı olduğu durumda sızdırmazlığın en iyi ve çalışma basıncının en yüksek olduğu değerler sağlanmıştır. Bunun nedeni, düz sitin kapatma elemanını tam olarak merkezleyememesidir. Halbuki sitin 30° açılı olduğu konumda, açılı yüzeyler kapatma elemanını merkeze yönlendirecek, böylece daha rahat bir merkezleme sağlanacaktır.

Kapatma elemanı, yüzey açısı büyüdüğü oranda merkeze daha düzgün bir biçimde oturmaktadır. Ayrıca oturma yüzeyinin açısı azaldıkça, oturma yüzeyinin kapatma elemanı ile olan temas yüzey alanı da o oranda azalmakta, dolayısıyla da kapatma yüzey alanı azalmaktadır. Temas yüzey alanının küçük olması, aynı kuvvete karşında birim alana düşen kuvvetin artmasını yani basıncın artmasını sağlar. Yapılan çalışmalar sırasında en yüksek basınç değerine ve minimum kurma mesafesine; 60° açılı kapatma elemanı ile 30° açılı oturma yüzeyi kombinasyonunda erişilmiştir. Sonuç olarak, en iyi sızdırmazlık, temas yüzey alanının en küçük olduğu ve merkezlemenin en düzgün olduğu konumda sağlanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Skousen, P.L., 1998. Valve Handbook: The History of Valves, p. 2-6, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [2] Gülgün, E., 1992. Vanaların Sınıflandırılması İmalat Proseslerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Skousen, P.L., 1998. Valve Handbook: Flow Characteristics, p. 18-19 printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [4] Skousen, P.L., 1998. Valve Handbook: The History of Valves, p. 22-27, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [5] Url-1 <<http://en.wikipedia.org/wiki/Valve>>, alındığı tarih 29.04.2008.
- [6] Url-2 <[http://en.wikipedia.org/wiki/Piston\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Piston_valve)>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [7] Url-3 <<http://www.alfanox.com/401.htm>>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [8] Url-4 <[http://en.wikipedia.org/wiki/Globe\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Globe_valve)>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [9] Url-5 <<http://www.alfanox.com/702.htm>>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [10] Skousen, P.L., 1998. Valve Handbook: Manual Globe Valves, p. 132-138, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [11] Url-6 <[http://en.wikipedia.org/wiki/Check\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Check_valve)>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [12] Url-7 <<http://www.alfanox.com/480.htm>>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [13] Skousen, P.L., 1998. Valve Handbook: Check Valves, p. 177-179, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [14] Url-8 <[http://en.wikipedia.org/wiki/Ball\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Ball_valve)>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [15] Url-9 <<http://www.northernbrewer.com>>, alındığı tarih 11.05.2008.
- [16] Skousen, P.L., 1998. Valve Handbook: Manual Ball Valves, p. 101-106, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [17] Url-10 <<http://en.wikipedia.org/wiki/Valve>>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [18] Url-11 <<http://www.alfanox.com/830.htm>>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [19] Skousen, P.L., 1998. Valve Handbook: Manual Diaphragm Valves, p. 170-173, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.

- [20] **Url-12** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Valve>>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [21] **Url-13** <<http://www.valvescenter.com>>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [22] **Skousen, P.L.**, 1998. Valve Handbook: Manual Butterfly Valves, p. 111-121, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [23] **Url-14** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Gate\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Gate_valve)>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [24] **Url-15** <<http://fibco.ir/images/products/valve>>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [25] **Skousen, P.L.**, 1998. Valve Handbook: Manual Gate Valves, p. 147-154, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [26] **Url-16** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Plug\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Plug_valve)>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [27] **Skousen, P.L.**, 1998. Valve Handbook: Manual Plug Valves, p. 87-92, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [28] **Url-17** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Needle\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Needle_valve)>, alındığı tarih 01.05.2008.
- [29] **Url-18** <<http://www.indanc.com>>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [30] **Url-19** <<http://www.pneutechonline.com>>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [31] **Skousen, P.L.**, 1998. Valve Handbook: Manual Pinch Valves, p. 161-167, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [32] **Url-20** <<http://en.wikipedia.org/wiki>>, alındığı tarih 12.09.2008.
- [33] **Url-21** <<http://www.arrowvalves.co.uk>>, alındığı tarih 12.09.2008.
- [34] **Url-22** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid_valve)>, alındığı tarih 12.09.2008
- [35] **Url-23** <[http://www.mindman.com.tw/MUW\\_s.jpg](http://www.mindman.com.tw/MUW_s.jpg)>, alındığı tarih 13.09.2008.
- [36] **Url-24** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Pilot\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Pilot_valve)>, alındığı tarih 16.09.2008.
- [37] **Url-25** <<http://www.pneuaire.com/vy1d00-1m5.html>>, alındığı tarih 16.09.2008.
- [38] **Url-26** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Valve>>, alındığı tarih 12.09.2008.
- [39] **Url-27** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Blast\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Blast_valve)>, alındığı tarih 12.09.2008.
- [40] **Url-28** <<http://www.naval-technology.com/contract>>, alındığı tarih 27.09.2008.
- [41] **Url-29** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Heart\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Heart_valve)>, alındığı tarih 12.09.2008.
- [42] **Url-30** <<http://bme.biomed.dal.ca:16080/mlee>>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [43] **Url-31** <<http://www.pneuaire.com/vy1d00-1m5.html>>, alındığı tarih 10.10.2008.
- [44] **Url-32** <<http://www.floval.co.za>>, alındığı tarih 12.10.2008.
- [45] **Url-33** <<http://www.cashvalve.com/vacuum.asp>>, alındığı tarih 12.10.2008.

- [46] **Url-34** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Presta\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Presta_valve)>, alındığı tarih 06.05.2008.
- [47] **Url-35** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Schrader\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Schrader_valve)>, alındığı tarih 06.05.2008
- [48] **Url-36** <<http://reviews.ebay.com>>, alındığı tarih 11.09.2008.
- [49] **Url-37** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Saddle\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Saddle_valve)>, alındığı tarih 12.09.2008.
- [50] **Url-38** <<http://www.thewaterexchange.net/saddle>>, alındığı tarih 11.08.2008.
- [51] **Url-39** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Stopcock>>, alındığı tarih 16.09.2008.
- [52] **Url-40** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Reed\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Reed_valve)>, alındığı tarih 16.09.2008.
- [53] **Url-41** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Tap\\_\(valve\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tap_(valve))>, alındığı tarih 16.09.2008.
- [54] **Url-42** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Bibcock>>, alındığı tarih 16.09.2008.
- [55] **Url-43** <<http://www.brassproductsco.com>>, alındığı tarih 20.09.2008.
- [56] **Url-44** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Ball\\_cock](http://en.wikipedia.org/wiki/Ball_cock)>, alındığı tarih 23.09.2008.
- [57] **Url-45** <<http://www.ashireporter.org/400a.gif>>, alındığı tarih 23.09.2008.
- [58] **Url-46** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Freeze\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Freeze_valve)>, alındığı tarih 23.09.2008.
- [59] **Url-47** <<http://www.tecmarindustriesinc.com>>, alındığı tarih 25.09.2008.
- [60] **Url-48** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Duckbill\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Duckbill_valve)>, alındığı tarih 27.09.2008.
- [61] **Url-49** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Valve>>, alındığı tarih 27.09.2008.
- [62] **Url-50** <<http://www.mountairy.org/images/ps/ccc/>>, alındığı tarih 01.10.2008.
- [63] **Url-51** <<http://www.homefirefightingsystems.com>>, alındığı tarih 01.10.2008.
- [64] **Url-52** <[http://www.northerntool.com/10817\\_lg.jpg](http://www.northerntool.com/10817_lg.jpg)>, alındığı tarih 01.10.2008.
- [65] **Url-53** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Foot\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Foot_valve)>, alındığı tarih 03.10.2008.
- [66] **Url-54** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Knife\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Knife_valve)>, alındığı tarih 03.10.2008.
- [67] **Url-55** <<http://img.en.china.cn/0,e1bfce7a.jpg>>, alındığı tarih 03.10.2008.
- [68] **Url-56** <[http://en.wikipedia.org/wiki/Rotary\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_valve)>, alındığı tarih 03.10.2008.
- [69] **Öztürk, R.**, 2003. Hidrolik - Pnömatik: Hidrolik Valfler, p.37-46, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi Matbası, İstanbul.
- [70] **Emerson G. B.**, 1975. Selecting and Sizing Valves For Safety, *Determination of Flow Losses in Inlet and Discharge Headers Associated with Safety Relief Valves, Report 02-0175-128*, Anderson Greenwood & Co., Houston, Tex.

- [71] **Url-57** <<http://www.advancevalve.com>>, alındığı tarih 12.10.2008.
- [72] **Woolfolk W. H. and Sanders R. E.**, 1987. Dynamic Testing and Maintenance of Safety Relief Valves, *PPG Industries*, dated 26.10.1987
- [73] **Kern R.**, 1977. Pressure-Relief Valves For Process Plants, *Chem. Eng.*, dated 28.02.1977, pp. 187-194.
- [74] **Url-58** <<http://www.advancevalve.com/526.html>>, alındığı tarih 12.10.2008.
- [75] **Mukerji A.**, 1980. How to Size Relief Valves, *Chem. Eng.*, dated 02.06.1980, pp. 79-86.
- [76] **Van B. A.**, 1982. Sensitivity of Relief Valves to Inlet and Outlet Line Lengths, *Chem. Eng.*, dated 23.08.1983, pp. 77-82.
- [77] **Emerson G. B.**, 1985. Selecting Pressure Relief Valves, *Chem. Eng.*, dated 18.03.1985, pp. 195-200.
- [78] **Skousen, P.L.**, 1998. Valve Handbook: Pressure Relief Valves, p. 209-220, printed and bound by R.R Donnelley & Sons Company, Newyork.
- [79] **Url-59** <<http://www.clevelandvalve.com/images/Safety%20Valve%20Test%20-%20Fiasco%20Cropped.jpg>>, alındığı tarih 14.10.2008.
- [80] **Pearson G. H.**, 1978. Valve Design: Safety and Relief Valves, p. 155-210, Mechanical Engineering Publications Ltd, London.
- [81] **Lesser Broşürü**, 2003. Emniyet Ventilleri, Gedik Döküm ve Vana Sanayi ve Ticaret A.Ş., p. 4-31.
- [82] **Url-60** <<http://leopetrochem.com/safety-valve2.gif>>, alındığı tarih 14.10.2008.
- [83] **Bailey Brochure**, 2005. Bailey 700 Series Safety Relief Valves, IMI Bailey Birkett Ltd, p. 1-24.
- [84] **Url-61** <[http://www.epm.com/ptfe\\_specs.htm](http://www.epm.com/ptfe_specs.htm)>, alındığı tarih 12.07.2008.
- [85] **Url-62** <<http://www.lenntech.com/teflon.htm>>, alındığı tarih 12.07.2008.
- [86] **Url-63** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Polytetrafluoroethylene>>, alındığı tarih 12.07.2008.
- [87] **Url-64** <<http://www.mengesroller.com/viton.htm>>, alındığı tarih 15.07.2008.
- [88] **Url-65** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Viton>>, alındığı tarih 15.07.2008.
- [89] **Url-66** <<http://www.azom.com/details.asp?I822>>, alındığı tarih 15.07.2008.
- [90] **Url-67** <<http://www.liquid-roof.com/technical.html>>, alındığı tarih 15.07.2008.
- [91] **Url-68** <<http://en.wikipedia.org/wiki/EPDM>>, alındığı tarih 16.07.2008.

- [92] **Bozacı, A.**, 2000. Makina Elemanlar: Yaylar, Seç Yayın Dağıtım, cilt 1, 8.1-8.15.
- [93] **Bozacı, A.**, 2001. Makina Elemanlarının Projelendirilmesi: Yaylar, Çağlayan Kitabevi, 8/1-8/16.
- [94] **McKeen L. W.**, 2008. The Effect of Temperature and Other Factors on Plastics and Elastomers: Introduction to Plastics and Elastomers, Second Edition, p. 1-35, William Andrew Publications, Cansas.
- [95] **Chironis N. P.**, 1961. Spring Design and Application: Helical Springs-Dynamic and Stress Considerations, p. 55-84, McGraw-Hill Book Company Inc, Houston.
- [96] **Url69**<[http://www.efunda.com/materials/alloys/stainless\\_steels/show\\_stainless.cfm?ID=AISI\\_Type\\_302&prop=all&Page\\_Title=AISI%20Type%2030](http://www.efunda.com/materials/alloys/stainless_steels/show_stainless.cfm?ID=AISI_Type_302&prop=all&Page_Title=AISI%20Type%2030)>, alındığı tarih 15.08.2008.

## **EKLER**

**EK A.1** : Test 1a ve 1b’de kullanılan emniyet vanasının teknik resmi

**EK A.2** : Oynar tablalı emniyet vanasının teknik resim örneği

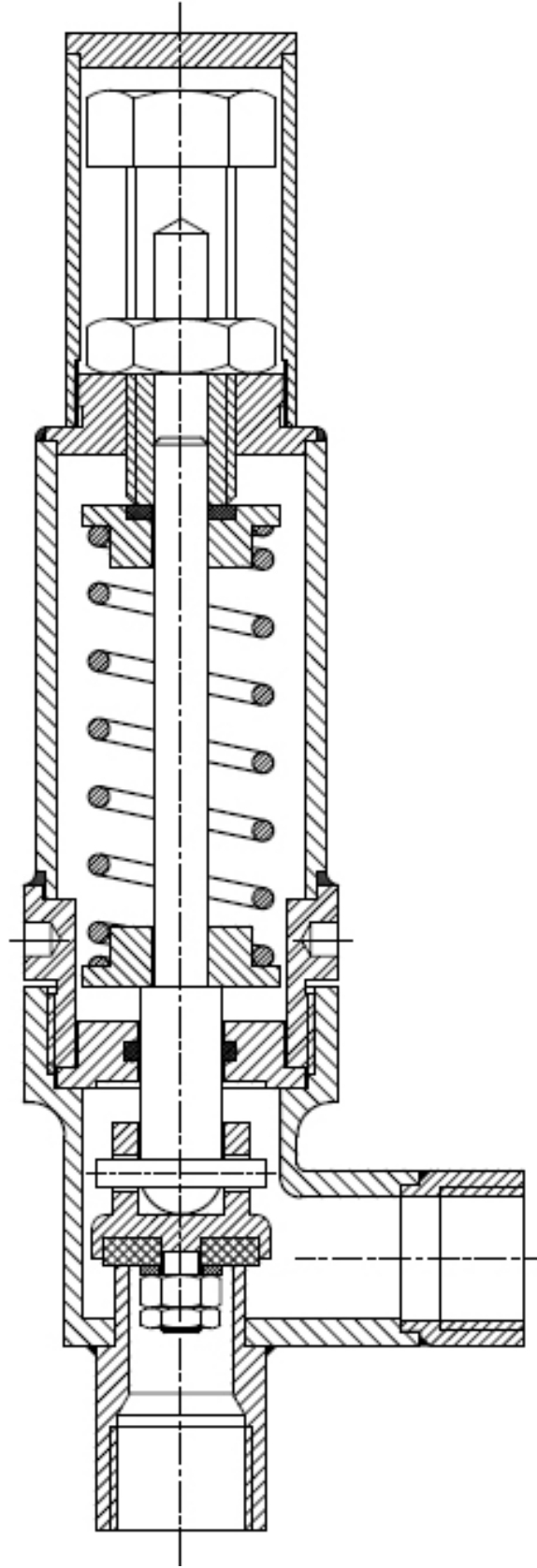
**EK A.3** : Bilyalı emniyet vanasının teknik resim örneği

**EK A.4** : Bilyalı geniş çanaklı emniyet vanasının teknik resim örneği

**EK A.5** : Kapatma elemanları

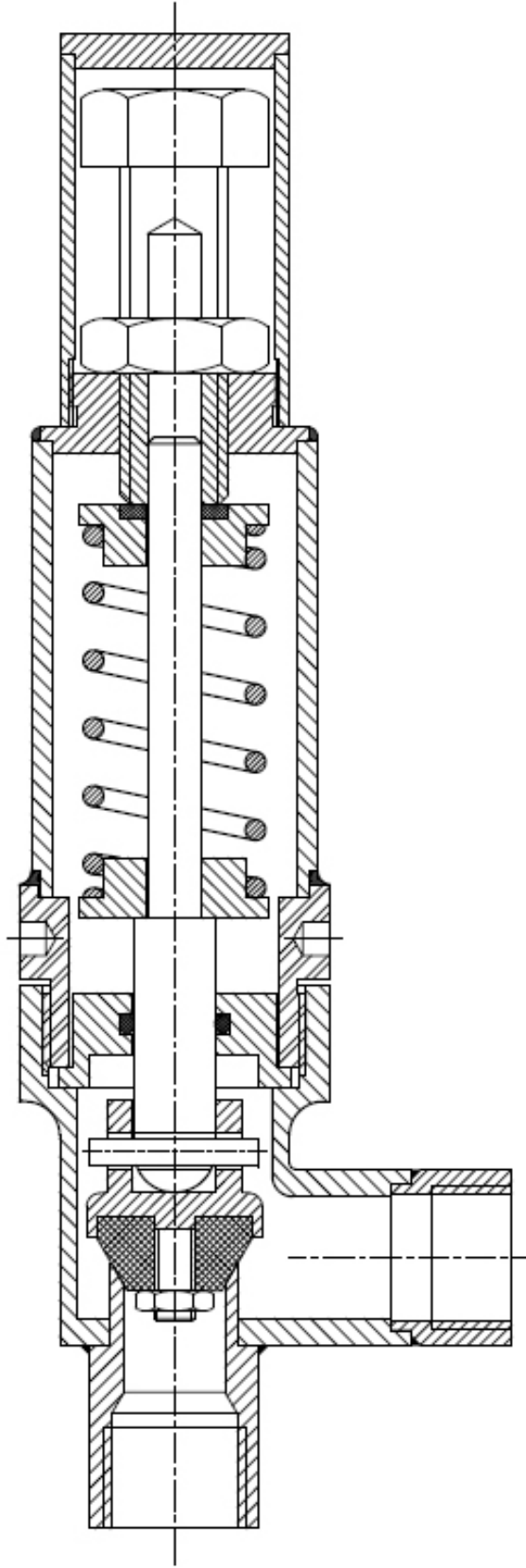
**EK A.6** : Oturma yüzeyleri

**EK A.1**



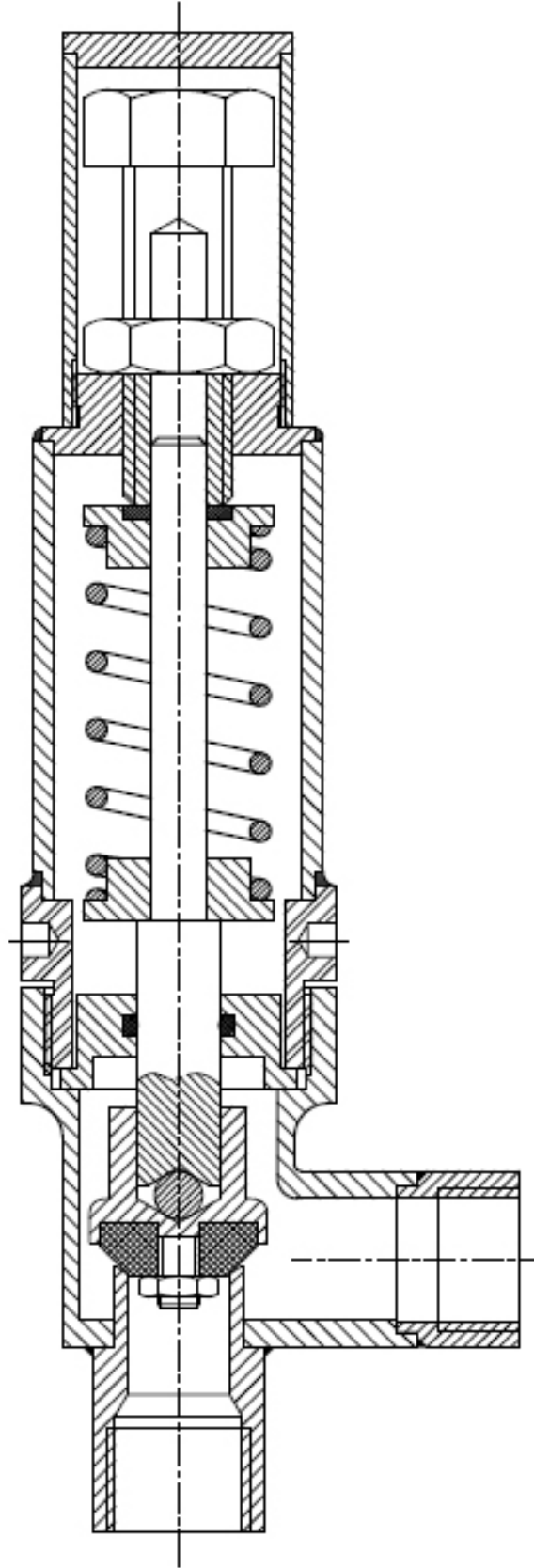
**Şekil A.1** : Test 1a ve 1b’de kullanılan emniyet vanasının teknik resmi.

**EK A.2**



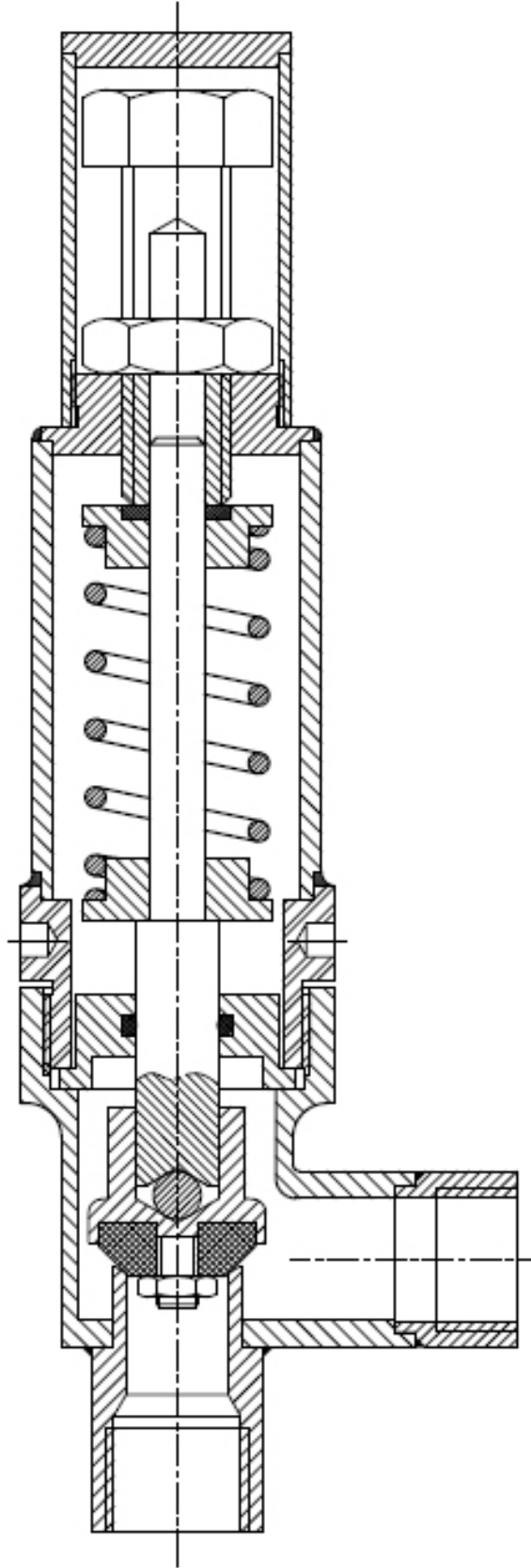
**Şekil A.2 :** Oynar tablalı emniyet vanasının teknik resim örneği.

EK A.3



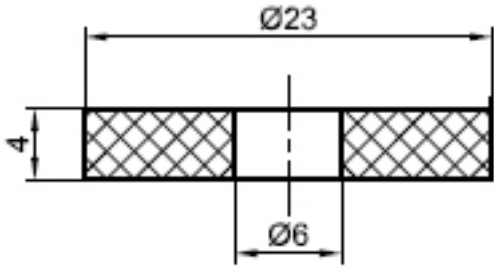
Şekil A.3 : Bilyalı emniyet vanasının teknik resim örneği.

**EK A.4**

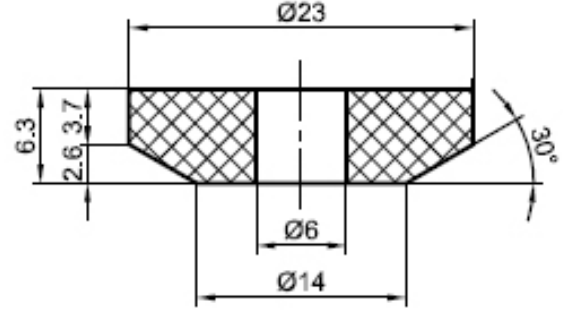


**Şekil A.4 :** Bilyalı geniş çanaklı emniyet vanasının teknik resim örneği.

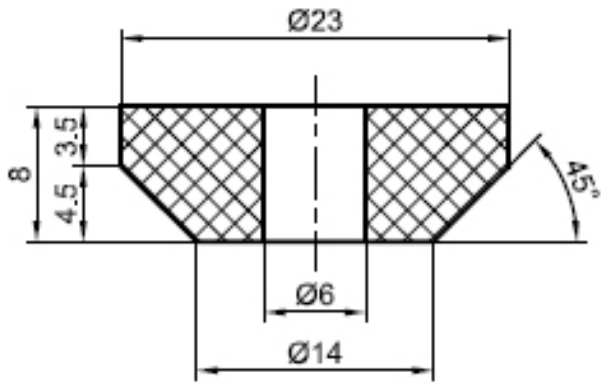
## EK A.5



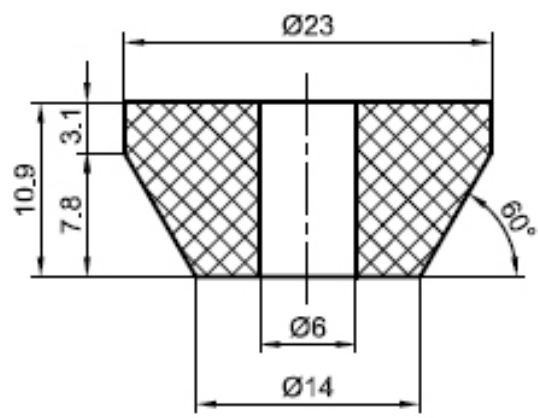
(a)



(b)



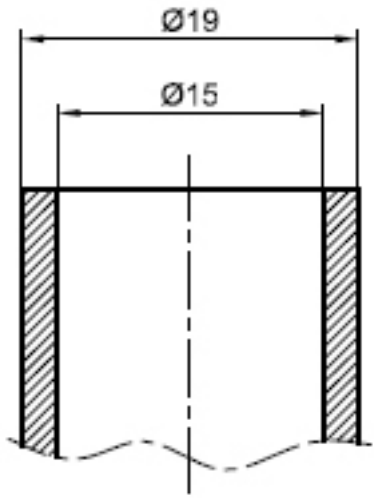
(c)



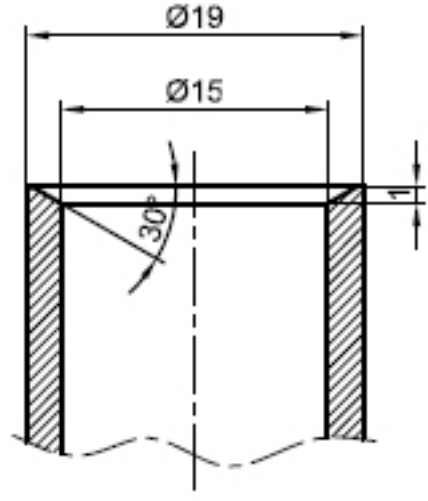
(d)

Şekil A.5 : Kapatma elemanları: (a)0° açılı. (b) 30° açılı. (c) 45° açılı. (d) 60° açılı.

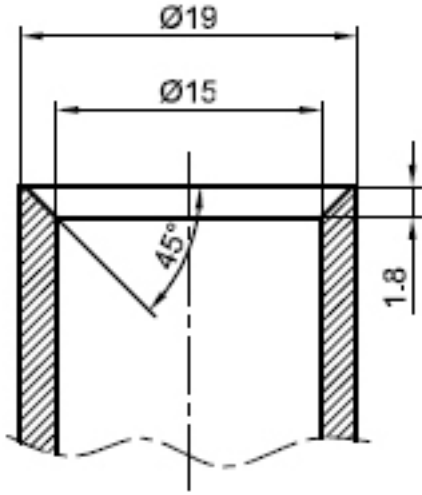
EK A.6



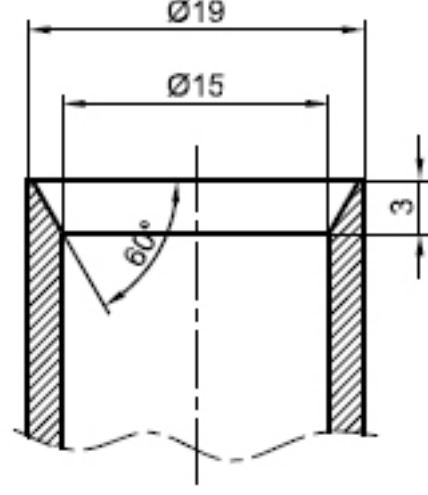
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil A.6 : Oturma yüzeyleri: (a)0° açılı. (b) 30° açılı. (c) 45° açılı. (d) 60° açılı.

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad Soyad:** Mehmet Oflaz  
**Doğum Yeri ve Tarihi:** İstanbul, 1983  
**Adres:** Ressam Namık İsmail sok. No:18/9 Bahçelievler  
İstanbul  
**Lisans Üniversitesi:** Yıldız Teknik Üniversitesi - Makine Mühendisliği