

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EMNİYET VENTİLLERİ, UYGULAMA ALANLARINA  
GÖRE SEÇİM VE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ**

Endüstri Mühendisi Aykut Çağlar ÖZGÜL

**FBE Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Isı Proses Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR**

**İSTANBUL, 2007**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| SİMGE LİSTESİ .....                                       | v    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                        | vii  |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                     | viii |
| ÖNSÖZ .....                                               | ix   |
| ÖZET .....                                                | x    |
| ABSTRACT .....                                            | xi   |
| 1. GİRİŞ .....                                            | 1    |
| 2. EMNİYET VENTİLİ NEDİR? .....                           | 3    |
| 2.1 Emniyet Ventillerinin Genel Çalışma Mekanizması ..... | 4    |
| 3. EMNİYET VENTİLLERİNİN SINIFLANDIRILMASI .....          | 6    |
| 3.1 Uygulama Alanlarına Uygun Sınıflandırılma .....       | 6    |
| 3.2 Açma Karakteristiğine Uygun Sınıflandırma.....        | 6    |
| 3.2.1 Normal Kalkışlı Emniyet Ventilleri.....             | 7    |
| 3.2.2 Tam Kalkışlı Emniyet Ventilleri .....               | 8    |
| 3.2.3 Oransal Kalkışlı Emniyet Ventilleri .....           | 9    |
| 3.2.4 Karşı Basıncılı Emniyet Ventilleri.....             | 10   |
| 3.3 Dizayna Uygun Sınıflandırma.....                      | 11   |
| 3.3.1 Direkt Etkili Emniyet Ventilleri .....              | 11   |
| 3.3.2 Kontrollü Emniyet Ventilleri .....                  | 11   |
| 3.4 Çalışma Basıncı Farkları .....                        | 12   |
| 4. EMNİYET VENTİLİ TİPLERİ .....                          | 14   |
| 4.1 Membranlı Tip Emniyet Ventilleri .....                | 14   |
| 4.2 Ağırlık Yüklemeli Emniyet Ventilleri .....            | 15   |
| 4.3 Yay Yüklemeli Emniyet Ventilleri.....                 | 16   |
| 4.4 Pnömatik Yükleme Ekli Emniyet Ventilleri .....        | 19   |
| 4.5 Pilot Çalışmalı Emniyet Ventilleri .....              | 20   |
| 4.6 Hidrolik İşletimli By-pass Vanaları.....              | 25   |
| 5. EMNİYET VENTİLLERİNDE SORUNLAR, ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ ..... | 28   |
| 5.1 Yumuşak Sızdırmazlık Diskli Emniyet Ventili.....      | 28   |
| 5.2 Isı Ceketli Emniyet Ventili.....                      | 28   |
| 5.3 Dengeleme Körük Sızdırmazlıklı Emniyet Ventili .....  | 29   |

|       |                                                                           |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.4   | Direkt Ağırlık Yüklemeli Emniyet Ventili .....                            | 30 |
| 5.5   | Emniyet Ventillerinde Kullanılan Malzeme Kriterleri .....                 | 31 |
| 5.5.1 | Düşük Sıcaklık .....                                                      | 31 |
| 5.5.2 | Asit Gazlarında Kullanılacak Emniyet Ventilleri.....                      | 32 |
| 5.5.3 | Oksijen Uygulamalarında Kullanılacak Emniyet Ventilleri .....             | 32 |
| 5.6   | Emniyet Ventillerinde Yumuşak Sızdırmazlık Elemanı Uygulama Tipleri ..... | 32 |
| 5.6.1 | Yumuşak Contalı Sitlerin Avantajları.....                                 | 32 |
| 5.7   | Ters Basınç ve Körük .....                                                | 33 |
| 5.7.1 | Ters Basınç Dolayısıyla Boşaltma Miktarındaki Azalma.....                 | 33 |
| 5.7.2 | Çıkış Kısımının Bileşenlerinin Boyutlandırılmasında Güç İlişkisi .....    | 34 |
| 5.7.3 | Körük .....                                                               | 34 |
| 5.8   | Yay Yüklemeli Emniyet Ventilleri ile Pnömatik Yükleme .....               | 35 |
| 6.    | KONTROLLÜ VE KONTROLSÜZ EMNİYET VENTİLLERİ .....                          | 38 |
| 6.1   | KontROLSÜZ Yay Yüklemeli Emniyet Ventillerinin İşlevi .....               | 38 |
| 6.2   | Kontrollü Emniyet Ventillerinin İşlevi.....                               | 38 |
| 6.3   | Kontrollü Emniyet Ventillerinin Seçim Kriterleri.....                     | 41 |
| 6.3.1 | Temel Prensipler.....                                                     | 41 |
| 6.3.2 | Kontrollü Emniyet Ventillerinde Kontrol Prensipleri .....                 | 41 |
| 6.4   | Kontrol Sistemi Uygulamaları.....                                         | 43 |
| 6.4.1 | Pnömatik Yüklemeli Sistemde Kontrol Uygulaması.....                       | 43 |
| 6.4.2 | Elektro-Pnömatik Sistem Uygulaması.....                                   | 45 |
| 7.    | EMNİYET VENTİLLERİNİN SEÇİMİ.....                                         | 48 |
| 7.1   | Emniyet Ventilini Sistem Tipine Göre Seçilmesi .....                      | 48 |
| 7.2   | Teknik Verilere ve Gereksinimlere Uygun Seçim .....                       | 49 |
| 8.    | EMNİYET VENTİLLERİNİN BOYUTLARININ HESAPLANMASI.....                      | 52 |
| 8.1   | AD Merkblatt A2; TRD 421 Standartlarına Uygun Hesaplama .....             | 52 |
|       | Gazlar ve buharlar.....                                                   | 52 |
|       | Su buharı 57                                                              |    |
|       | Sıvılar 59                                                                |    |
|       | Yüksek viskoziteli sıvılar .....                                          | 60 |
|       | Sıcak su 62                                                               |    |
|       | Kızgın buhar kullanılan sistemlerde emniyet ventili hesabı .....          | 64 |
|       | Sıvılaştırılmış gazlar .....                                              | 66 |
| 8.1.1 | Deşarj katsayısı $\alpha_w$ değerinin belirlenmesi .....                  | 66 |
| 8.2   | ASME Koduna ve API Normuna Uygun Hesaplama.....                           | 67 |
|       | Gazlar ve buharlar.....                                                   | 67 |
|       | Doymuş buhar .....                                                        | 68 |
|       | Kızgın buhar .....                                                        | 69 |
| 8.3   | API Normuna Uygun Hesaplama.....                                          | 69 |
|       | Gazlar ve buharlar.....                                                   | 69 |
|       | Sıvılar 71                                                                |    |
|       | Dış ateş 71                                                               |    |
| 8.4   | BS Standardına Uygun Hesaplama.....                                       | 72 |
|       | Doymuş buhar .....                                                        | 73 |
|       | Kızgın buhar .....                                                        | 73 |
|       | Sıkıştırılmış hava .....                                                  | 73 |
| 8.5   | Det Norske Veritas Kazan Kanunu V, Bölüm 6'ya Uygun Hesaplama Yöntemi. 75 |    |

|                |                                                                                                                                 |    |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.6            | Diğer Ülke Seçim Kriterleri .....                                                                                               | 75 |
| 8.7            | Deşarj Hatlarında Oluşan Ters basıncın Hesaplanması .....                                                                       | 77 |
| 8.8            | Akışkan Deşarjı Esnasında Oluşan Reaksiyon Kuvvetinin Hesaplanması.....                                                         | 79 |
| 9.             | SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                                                         | 81 |
| KAYNAKLAR..... |                                                                                                                                 | 82 |
| EKLER .....    |                                                                                                                                 | 83 |
| Ek 1           | Emniyet ventilleri ile ilgili kodlar ve standartlar.....                                                                        | 84 |
| Ek 2-1         | Gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri.....                                                                            | 87 |
| Ek 2-1         | Gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri.....                                                                            | 88 |
| Ek 2-2         | Sıvıların fiziksel karakteristikleri .....                                                                                      | 89 |
| Ek 3           | AD Merkblatt A2'ye uygun, buhar için basınç ortam katsayısı tablosu.....                                                        | 90 |
| Ek 4-1         | Doymuş buhar tablosu .....                                                                                                      | 91 |
| Ek 4-2         | Basınç ve sıcaklığa bağlı su-su buharı yoğunluk tablosu .....                                                                   | 92 |
| Ek 5-1         | Tam kalkışlı emniyet ventilinde gaz ve buharlar için yapısal kalkış sınırına bağlı boşaltma katsayısı $\alpha_w$ çizelgesi..... | 93 |
| Ek 5-2         | Tam kalkışlı emniyet ventilinde gaz ve buharlar için basınç oranına bağlı boşaltma katsayısı $\alpha_w$ çizelgesi .....         | 94 |
| Ek 5-3         | Tam kalkışlı emniyet ventilinde sıvılar için yapısal kalkış sınırına bağlı boşaltma katsayısı $\alpha_w$ çizelgesi .....        | 95 |
| Ek 6           | ASME'ye göre kızgın buhar düzeltme faktörü $K_{SH}$ tablosu .....                                                               | 96 |
| ÖZGEÇMİŞ.....  |                                                                                                                                 | 97 |

## SİMGE LİSTESİ

|                    |                                                                                                                                                                 |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_o$              | Ventil siti önündeki akış alanı(mm <sup>2</sup> )                                                                                                               |
| $A$                | Sit akış alanı(inç <sup>2</sup> )                                                                                                                               |
| $C$                | İzantropik üs k'ya bağlı, gaz ve buhar sabiti                                                                                                                   |
| $d_o$              | Ventil siti önündeki akış çapı(mm)                                                                                                                              |
| $f$                | Dönüştürme katsayısı                                                                                                                                            |
| $K$                | Deşarj katsayısı                                                                                                                                                |
| $g_2$              | Deşarj esnasındaki buharlaşma miktarı                                                                                                                           |
| $h'$               | Ayar basıncında kaynayan sıvının entalpisi                                                                                                                      |
| $h_L''$            | Laval basıncındaki kaynayan sıvının entalpisi                                                                                                                   |
| $h_L'$             | Laval basıncındaki doymuş buharın entalpisi                                                                                                                     |
| $n$                | Buharlaşma oranı                                                                                                                                                |
| $q_m$              | Deşarj debisi                                                                                                                                                   |
| $q_v$              | Hacimsel debi                                                                                                                                                   |
| $q_n$              | Standart hacimsel debi                                                                                                                                          |
| $p$                | Mutlak basınç                                                                                                                                                   |
| $p_a$              | Mutlak ters basınç                                                                                                                                              |
| $p_o=1,1.(p-1)+1$  | Ventil gövdesindeki mutlak basınç, izin verilen çalışma basıncının maksimum değerinin 1,1 katı(normalde ayar basıncına eşit), 1 bar atmosfer basıncına eklenir. |
| $\Delta p=p_o-p_a$ | Basınç farkı                                                                                                                                                    |
| $R$                | Doyma noktasındaki buharlaşma ısısı                                                                                                                             |
| $\alpha_w$         | Deşarj katsayısı                                                                                                                                                |
| $x$                | Basınç ortam katsayısı                                                                                                                                          |
| $\psi$             | Deşarj fonksiyonu                                                                                                                                               |
| $k$                | Ayar basıncındaki ortamın izantropik katsayısı                                                                                                                  |
| $K_N$              | Düzeltilme faktörü                                                                                                                                              |
| $K_{sh}$           | Kızgın buhar düzeltme faktörü                                                                                                                                   |
| $T$                | Ayar basıncındaki ortamın mutlak sıcaklığı                                                                                                                      |
| $M$                | Molar kütle                                                                                                                                                     |
| $W$                | Kütlesel debi                                                                                                                                                   |
| $Z$                | Ayar basıncındaki sistemin sıkıştırılabilirlik Katsayısı                                                                                                        |
| $v$                | Ayar basıncındaki ortamın özgül hacmi                                                                                                                           |
| $\rho$             | Yoğunluk                                                                                                                                                        |
| $\rho_n$           | Standart yoğunluk                                                                                                                                               |
| $t$                | Sıcaklık °C                                                                                                                                                     |
| $c_p$              | Özgül ısı                                                                                                                                                       |
| $\beta$            | Termal genleşme katsayısı                                                                                                                                       |
| $\lambda$          | Isıl iletkenlik                                                                                                                                                 |
| $n$                | Dinamik viskozite                                                                                                                                               |
| $\nu$              | Kinematik viskozite                                                                                                                                             |
| $a$                | Işıma kuvveti                                                                                                                                                   |
| $Pr$               | Prandtl number                                                                                                                                                  |
| $F$                | Çevresel faktör                                                                                                                                                 |
| $A_s$              | Tank iç yüzeyindeki toplam ıslaklık                                                                                                                             |
| $F_R$              | Reaksiyon kuvvet değeri                                                                                                                                         |

## **KISALTMÁ LISTESİ**

|      |                                                           |
|------|-----------------------------------------------------------|
| AEEF | Allami Enerjehkai es Enerjiabiztonsagtechnikai Felugyelet |
| ANSI | American National Standards Institute                     |
| API  | American Petroleum Institute                              |
| ASME | American Society of Mechanical Engineers                  |
| NFE  | Association Francaise de Normalisation                    |
| AS   | Australian Standards Association                          |
| BS   | British Standards Institute                               |
| CSA  | Canadian Standards Association                            |
| DIN  | Deutsche Institut Fur Normung                             |
| CEN  | Comite Europeen de Normalisation                          |
| HEI  | Heat Exchange Institute                                   |
| ISO  | International Organization for Standardisatin             |
| JIS  | Japanese Industrial Standard Committee                    |
| NACE | National Association of Corrosion Engineers               |
| NB   | National Board of Boiler and Pressure Vassel inspectors   |
| NFPA | National Fire Protection Association                      |
| SDVB | Schweizerisher Verein fur Druckbehalterubereachung        |
| TBK  | Den Norske Trykkbeholderkomite                            |
| TUV  | Verband der Technischen Uberwachungs-Vereine              |
| VDI  | Verein Deutscher Ingenieure                               |

## ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Emniyet ventili örneği .....                                                    | 3  |
| Şekil 2.2. Emniyet ventili genel mekanizması .....                                         | 4  |
| Şekil 3.1. Normal emniyet ventili karakteristik eğrileri.....                              | 7  |
| Şekil 3.2. Tam kalkışlı emniyet ventili karakteristik eğrisi.....                          | 8  |
| Şekil 3.3. Oransal emniyet ventili karakteristik eğrisi.....                               | 9  |
| Şekil 3.4. Karşı basıncı önlemek amacı ile körük mekanizması uygulaması.....               | 11 |
| Şekil 3.5. Çalışma basınç farkları diyagramı.....                                          | 12 |
| Şekil 3.6. Sit çapı-ayar basıncı ilişkisi(Bopp&Reuther) .....                              | 13 |
| Şekil 4.1. Membranlı tip emniyet ventili mekanizması .....                                 | 14 |
| Şekil 4.2. Ağırlık yüklemeli emniyet ventili .....                                         | 15 |
| Şekil 4.3. Ağırlık yüklemeli emniyet ventili çalışma prensibi .....                        | 16 |
| Şekil 4.4. Yay yüklemeli emniyet ventili .....                                             | 17 |
| Şekil 4.5. Körük sızdırmazlık mekanizması bulunan emniyet ventili .....                    | 18 |
| Şekil 4.6. Flying piston uygulamalı pnömatik yüklemeli emniyet ventili(Bopp&Reuther) ..    | 19 |
| Şekil 4.7. Pnömatik yüklemeli emniyet ventili .....                                        | 20 |
| Şekil 4.8. Pilot işletimli emniyet ventili temsili .....                                   | 21 |
| Şekil 4.9. Pilot işletimli emniyet ventili mekanizması.....                                | 22 |
| Şekil 4.11. Pilot işletim sistemi mekanizması.....                                         | 22 |
| Şekil 4.12. Diyaframalı ve pistonlu pilot sistemleri .....                                 | 23 |
| Şekil 4.13. Pilot işletimli emniyet ventili karakteristik eğrisi .....                     | 23 |
| Şekil 4.14. Pilot işletimli emniyet ventilinin çalışma prensibi.....                       | 24 |
| Şekil 4.15. Hidrolik kontrol ve by-pass vanası sistem şeması .....                         | 26 |
| Şekil 4.16. By-pass vanası ile emniyet tesisatı.....                                       | 27 |
| Şekil 5.1. Yumuşak sızdırmazlık diskisi.....                                               | 28 |
| Şekil 5.2. Isı ceket uygulaması .....                                                      | 29 |
| Şekil 5.3. Dengeleme körük conta uygulaması .....                                          | 30 |
| Şekil 5.4. Direkt ağırlık yüklemeli emniyet ventili .....                                  | 30 |
| Şekil 5.5. Körük .....                                                                     | 35 |
| Şekil 5.6. Pnömatik yüklemeli emniyet ventili örneği.....                                  | 36 |
| Şekil 5.7. Tek pistonlu pnömatik emniyet ventili.....                                      | 37 |
| Şekil 5.8. Çift flying pistonlu, pnömatik yüklemeli emniyet ventili .....                  | 37 |
| Şekil 6.1. Belleville yayı temsili.....                                                    | 38 |
| Şekil 6.2. Pnömatik kontrol sistemi .....                                                  | 39 |
| Şekil 6.3. Elektro-Pnömatik kontrol sistemi .....                                          | 40 |
| Şekil 6.4. Pnömatik sistem bağlantı şeması .....                                           | 42 |
| Şekil 6.5. Pnömatik kontrollü sistem şeması.....                                           | 44 |
| Şekil 6.6. Elektro-pnömatik sistem şeması .....                                            | 45 |
| Şekil 6.7. Elektro-pnömatik kontrollü sistem şeması .....                                  | 46 |
| Şekil 6.8. Bourdon yayı temsili .....                                                      | 47 |
| Şekil 7.1. Emniyet ventili kullanılan sistemler ve sistem akışkanları tablosu .....        | 48 |
| Şekil 8.1. Alt-kritik basınç oranları için limit değerleri.....                            | 55 |
| Şekil 8.2. Düzeltme faktörü $K_v$ değerinin Reynolds sayısına bağlı olarak bulunması ..... | 61 |
| Şekil 8.3. $K_w$ düzeltme faktörü tablosu.....                                             | 71 |
| Şekil 8.4. Deşarj esnasında oluşan kuvvetler .....                                         | 79 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

## Sayfa

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 5.1. Malzeme-Basınç-Sıcaklık ilişkisi.....                                                                            | 31 |
| Çizelge 6.1. Bağlantı şekilleri çizelgesi .....                                                                               | 43 |
| Çizelge 6.2. Elektro-pnömatik sistem ekipmanları.....                                                                         | 47 |
| Çizelge 7.1. Ortam ve basınca göre ventil tipi belirlenmesi .....                                                             | 49 |
| Çizelge 7.2. Yay yüklemeli emniyet ventillerinde seçim kriterleri .....                                                       | 50 |
| Çizelge 7.3. Pnömatik kontrollü emniyet ventillerinde seçim kriterleri .....                                                  | 50 |
| Çizelge 7.4. Sistem ortamından kontrollü emniyet ventilleri seçim kriterleri .....                                            | 51 |
| Çizelge 7.5. Hidrolik kontrollü emniyet ventilleri seçim kriterleri .....                                                     | 51 |
| Çizelge 8.1. $k$ değerine bağlı $\Psi_{\max}$ değerleri .....                                                                 | 53 |
| Çizelge 8.2. Mutlak basınç aralığı 1,1'den 2,0 bar'a (doymuş buhar için) kadar değerler için<br>basınç ortam katsayıları..... | 57 |
| Çizelge 8.3. 1 bar basınçtaki suyun fiziksel özellikleri.....                                                                 | 59 |
| Çizelge 8.4. Sıcaklık ve basınca bağlı $f$ değeri tablosu.....                                                                | 65 |
| Çizelge 8.5. $k$ 'ya bağlı $C$ değerleri tablosu .....                                                                        | 68 |
| Çizelge 8.6. $F$ , çevresel faktör çizelgesi.....                                                                             | 72 |
| Çizelge 8.7. $K$ değerine bağlı $C$ sabiti tablosu .....                                                                      | 74 |

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam süresince çok değerli önerileri ile katkıda bulunan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR sonsuz saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan ve destek olan IŞIK ENDÜSTRİYEL ÜRÜNLER PAZARLAMA A.Ş. başta Sn. Ender ÖZGÜL ve Sn. Ogün ULUÇ'un şahsında teşekkür ederim.

Çalışmanın her aşamasında yardım ve tavsiyelerini esirgemeyen ve deneyimlerinden çokça faydalandığım, teknik yardım konusunda bilgilerini esirgemeyen Bopp&Reuther Firması adına Mr. Andreas KAEPPELE ve Mr. Olaf FAISST'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen iş arkadaşlarım Sn. Can YENER, Sn. Umut KAYA ve Sn. Sadun SİYAHHAN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımlarını ve arkadaşlıklarını esirgemeyen arkadaşlarım Sn. Hakan ERTAN, Sn. Muzaffer ÖREN, Sn. Barlas TOKGÖZ ve Sn. Kudret MUHZİROĞLU'na teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemi sağlayan, en sıkıntılı anlarımda tecrübeleri ile beni aydınlatan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen AİLEME teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2007

Aykut Çağlar ÖZGÜL

## ÖZET

Emniyet ventiline isminden de anlaşılacağı gibi görevi sistemlere emniyet sağlamaktır. Emniyet, sistem dediğimiz düzenli oluşumlarda meydana gelecek bozukluklar sonucu, oluşacak düzensizlikleri minimize etmektir.

Emniyet ventilleri, sistemlerin düzenli çalışmasını ve çevresel faktörlerin korunmasını sağlar, bunu yaparken sistemden deşarj sağlar ve emniyet özelliğinin yanı sıra boşaltma özelliği de gösterir. Proses endüstrisini baz alırsak, emniyet ventili proses içinde bir elemandır ve temel bilgileri günden güne değişmekte ve gelişmektedir. Endüstrideki ilerleme ve çevre korumasının gün geçtikçe önem kazanması, sanayide ve yerel proseslerdeki basınçlı sistemlerin tümünde emniyet ventili kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu zorunluluk dahilinde sistemlerde kullanılacak emniyet ventilleri sistemlere uygun olarak seçilmeli ve hesaplanmalıdır, ayrıca proseslerde kullanılacak emniyet ventilleri prosesle bir bütün olarak ele alınmalı ve oluşabilecek problemlerin önceden tespiti yapılmalıdır.

Emniyet ventili çok uzun zamandan beri kullanılan bir araçtır ve zaman içinde gelişerek çeşitlenmiştir. Bu gelişim yanında proseslerdeki karmaşıklığı ve problemleri beraberinde getirmiş, insansız sistem gereksinimlerini yaratmıştır. Bu nedenle emniyet ventili teknolojisi prosesler ile bir bütün olarak algılanmalı ve çözüm yöntemleri oluşturulmalıdır. Umuyoruz ki bu ve benzeri çalışmaların artması ile emniyet ventilleri sistem ihtiyacı olduğundan daha çok, bir prosesin tamamlayıcı elemanı olarak değerlendirilecek ve proses bütünlüğü ile sistemlere çözümler bulunacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Emniyet, emniyet ventili, boşaltma, basınçlı kaplar, kazanlar, tam kalkışlı, oransal kalkışlı, yay yüklemeli, ağırlık yüklemeli, pnömatik ek yükleme, proses, pilot işletim

## **ABSTRACT**

The safety valve as can be understood from its name is used for safety duty. , The safety is pronounced and used for minimizing the errors occurred in a system working for regular,

The safety valves are main supply for regular system, and the protection of environmental. If we take the process industry to hand, the safety valve is a main element in the process , and the basis are being updated continuously. Importance of progress in the Industry and the environmental , forced it to be an obligatory of using the safety valves in the pneumatic systems. In this Obligatory progress, the safety valves must be carefully selected and calculated for the unique systems. Additionally, the safety valves must be counted as a whole with the whole process, and the trouble shooting must be done at first

The safety valves are tools, used for a long time in the industry and has been varied in the history. In this revolution process the complication of the process systems brought the troubles within, and revealed the non human systems. That's why the safety valves must be accepted as an entire with the process and must be dealt with. We truly believe that if the researches like this have increased the need for the valves will be seen not as a requirement but as a complementary element of the entire processes, and the whole process solutions will be the key event.

**Keywords:** Safety, safety valve, relief, pressurized tanks, boilers, full-lift, proportional lift, spring loaded, weight loaded, supplementary pneumatic loading, pressure, pilot operated

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada emniyet ventilleri, emniyet ventili seçimleri ve hesaplama yöntemleri ele alınmıştır. Genel anlamda emniyetin amacı, sistem dediğimiz düzenli oluşumlarda meydana gelecek bozukluklar sonucu, oluşacak düzensizlikleri minimize etmektir. Böylece, bu düzensizliklerden doğacak kazaların mümkün olduğunca önlenmesi ve çalışmakta olan sistemlerin mümkün olduğu kadar yüksek verimlerde çalışması sağlanmış olacaktır. Endüstride kurulan sistemlerin emniyetli çalışması konusunda birçok çalışma yapılmaktadır ve emniyet ventilleri bu çalışmalar sonucu ortaya çıkmış, hala geliştirilmeye devam eden bir araçtır.

Emniyet ventilleri çok uzun zamandır bilinmektedir:

- Ağırlıkla çalışan emniyet ventilleri(16. yüzyıl Fransa)
- Yayla çalışan, yaylı emniyet ventilleri(19. yüzyıl'da ilk olarak İngiltere'de)
- Pilot çalışmalı emniyet ventilleri(20. yüzyıl başları, Büyük Britanya)

O tarihlerden beri emniyet sorunları, çevre koruması ve endüstride ilerlemenin etkisi, emniyet ventillerinde hep daha fazla gereksinimler doğurmuştur. Bunun tipik örnekleri, emniyet ventili kullanılan konvansiyonel ve nükleer enerji santrallerinde, aynı zamanda endüstriyel proseslerde karşımıza çıkmaktadır. Geleceğin enerji kaynakları içinde birçok uygulama mevcuttur.

Emniyet ventillerinin amacı, monte edildikleri basınçlı ortamda artan enerji veya azalan besleme sonucunda doğabilecek basınç yükselmelerine karşı korumaktır. Buradan anlaşılacağı üzere emniyet ventilleri basınçla bağımlı olarak yapılandırılırlar, kullanıldıkları proseslere göre değişebilen tiplerde ve yapılarda olabilirler. Basit bazı uygulamalarda gayet sade bir yapıya sahip olabildikleri gibi, kullanılacakları prosesten kaynaklanan gereksinimden dolayı komplike bir halde alabilirler (pnömatik aktuatör destekli sistemler ve kontrol ünitesi ile desteklenen sistemler gibi).

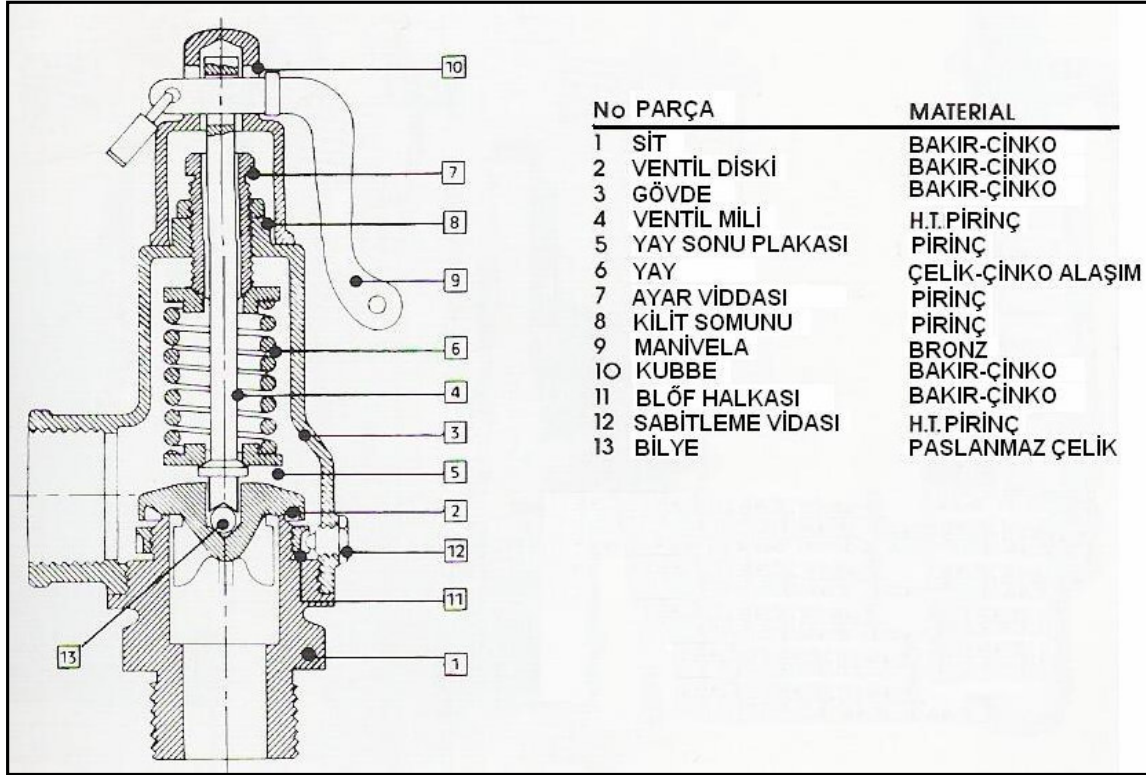
Emniyet ventillerinde temel amaç, sistemin güvenliğini sağlamak olduğu kadar bu işlemin mümkün olduğu kadar efektif ve az maliyetli şekilde yapılması da önemli konulardan biridir. Örnek vermek gerekirse güvenlik sağlanırken sistem basıncının gereğinden fazla düşürülmesi durumunda gerekli basıncı tekrar sağlamak için tekrar bir miktar enerji sarf edilecek ve ek bir maliyete girilmesi gerekecektir.

Sistemin gereksinimlerine göre ve ürün verimliliğine baēlı olarak deēiēen bu ekipmanlarda ulusal ve uluslararası birēok alanda yapılan ēalıēmalarla belirlenmiē kesin kriterler mevcuttur. Bu kriterler yardımıyla oluēan seēim ve hesaplama yōntemlerini ilerideki konularda inceleyeceēiz.

## 2. EMNİYET VENTİLİ NEDİR?

Emniyet ventili, borulama sistemleri, basınçlı tanklar ve kazanlarda meydana gelecek aşırı basınçları önlemeyi sağlar. İnsanların, çalışma alanının(fabrika gibi) ve çevrenin oluşabilecek bir kazada tehlikeye düşmesini önler. Genel anlamda bir relief(boşaltma) vanadır.

Emniyet ventilleri, fabrika çalışma basıncından belirlenen miktarlarda daha yüksek basınçlarda(bu değer sistem donanımları baz alınarak belirlenir) açma yapacak şekilde ayarlanır, böylece sistem basıncı negatif yönde etkilenecek şekilde sistemde ek enerji sarfiyatı engellenmiş olur. Aynı zamanda doğru belirlenen açma basınçlarında sistemle doğrudan (sistem donanımları gibi) veya dolaylı(çevre ve insan faktörü) olarak ilişkide olan elemanlar korunmuş ve emniyette tutulmuş olur.



Şekil 2.1. Emniyet ventili örneği

Aşağıdaki doneler bu bağlamda geliştirilmiş ilk ilkelerdir:

- Emniyet ventili, sistem basıncı ayar basıncını geçtiğinde açmalıdır.
- Eğer açmaya rağmen daha fazla basınç artışı oluyorsa emniyet ventili kontrollü şekilde

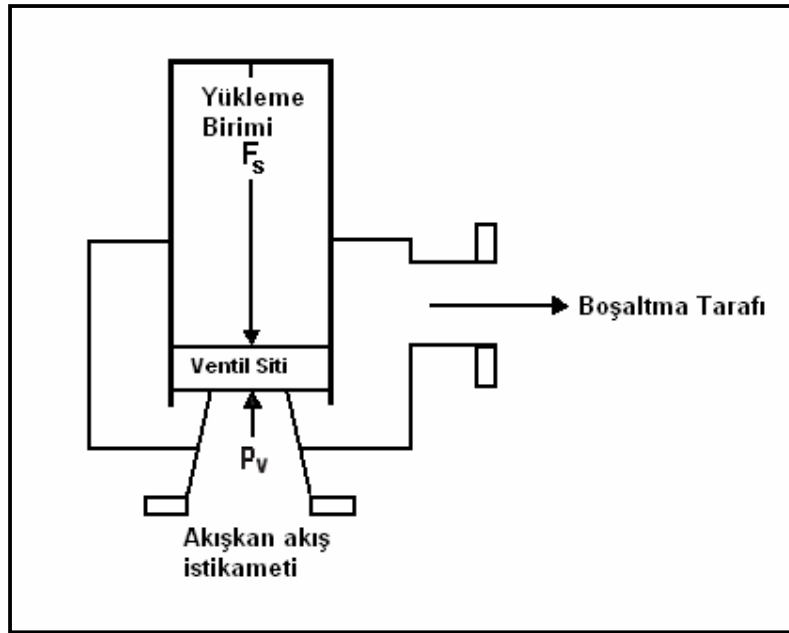
kütle akışı ve deşarjı devam ettirmelidir.

- Sistem basıncı düşerek belirlenen normal değerlere ulaştığında emniyet ventili tekrar kapanmalıdır.

Emniyet ventilleri, üreticilerin ve kullanıcıların; üretim, seçim ve bakım konusunda oluşturdukları bütün şartların zorunlulukları altında aciliyet içeren bütün durumlarda kullanılır. Bu doğrultuda emniyet ventilleri, üretici firmalar tarafından, kullanıcı firmalar tarafından ve otorite merkezleri ile teknik ve bilimsel enstitülerin birlikte çalışmaları sayesinde gelişmiştir ve gelişmeye devam etmektedir.

## 2.1 Emniyet Ventillerinin Genel Çalışma Mekanizması

Emniyet ventillerinin genel çalışma mekanizması aşağıda verilen basit şekildeki gibi kuvvet dengelerine dayanmaktadır. Basit olarak, akışkanın akış istikametinde montajı yapılan ventil içindeki mekanizma  $P_v$  olarak belirtilen sistem basıncının belirlenen değerleri aşması durumunda açacak ve boşaltmayı başlatacaktır.



**Şekil 2.2. Emniyet ventili genel mekanizması**

Ventil siti; milin oturduğu bir yüzey, bir piston veya bir disk olabilir. Burada, yükleme yapan(karşı kuvvet oluşturan) birimin sit denilen oturma yüzeyinde oluşturduğu  $F_s$  karşı kuvveti emniyet ventilinin açma ve kapama işlemini yapmasını sağlar. Normal sistem

şartlarında akışkan sitteki mekanizmayı yukarıya doğru iter ancak bu itme kuvveti yükleme biriminin yarattığı kuvveti yenemediğinden ventil açmaz. Eğer sistem basıncı belirlenen açma basıncına ulaşmaya başlarsa ventil yükleme birimiyle belirlenen açma karakteristiğine uygun olarak açma işlemini yapar ve sistem basıncı istenilen basınca düşürüldükten sonra ise ventil kullanılan yükleme biriminin karakteristiğine göre kapatmayı gerçekleştirir.

### 3. EMNİYET VENTİLLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Emniyet ventilleri literatürde birçok farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Genel olarak ; uygulama alanlarına göre sınıflandırılma, açma karakteristiğine uygun sınıflandırma ve dizayna uygun sınıflandırma olarak sınıflandırılabilirler.

#### 3.1 Uygulama Alanlarına Uygun Sınıflandırılma

Emniyet ventilleri endüstri ve yerel uygulamalarda birçok farklı yerde kullanılmaktadır. Aşağıda bu kullanım alanlarına ait birkaç örnek verilmiştir:

- Isıtma ve sağlıkla ilgili sistem uygulamalarında,
- Kimyasal ve Petrokimya proseslerindeki mühendislik uygulamalarında,
- Endüstrideki ve gemi inşasındaki buhar kazanı uygulamalarında,
- Konvansiyonel ve nükleer enerji santrallerinde

Bütün bu uygulamalarda sistemler hem kendini korumak için, hem de çevre ve insan faktörlerinin zarar görmemesi için güvenli olmak zorundadırlar. Bu sistem uygulamalarında kullanılacak bütün sıkıştırılabilen(Gazlar ve Buharlar) ve sıkıştırılamayan(akışkanlar) için geçerlidir.

Farklı ortam karakteristiklerini temel alınarak sistem doneleri çoğaltılır, böylece sistemde kullanılması gereken fonksiyonel kriterler(örneğin; ani açma, yüksek kapasite ve sızdırmazlık gücünün artırılması gibi) ve sistem gereksinimleri belirlenir.

#### 3.2 Açma Karakteristiğine Uygun Sınıflandırma

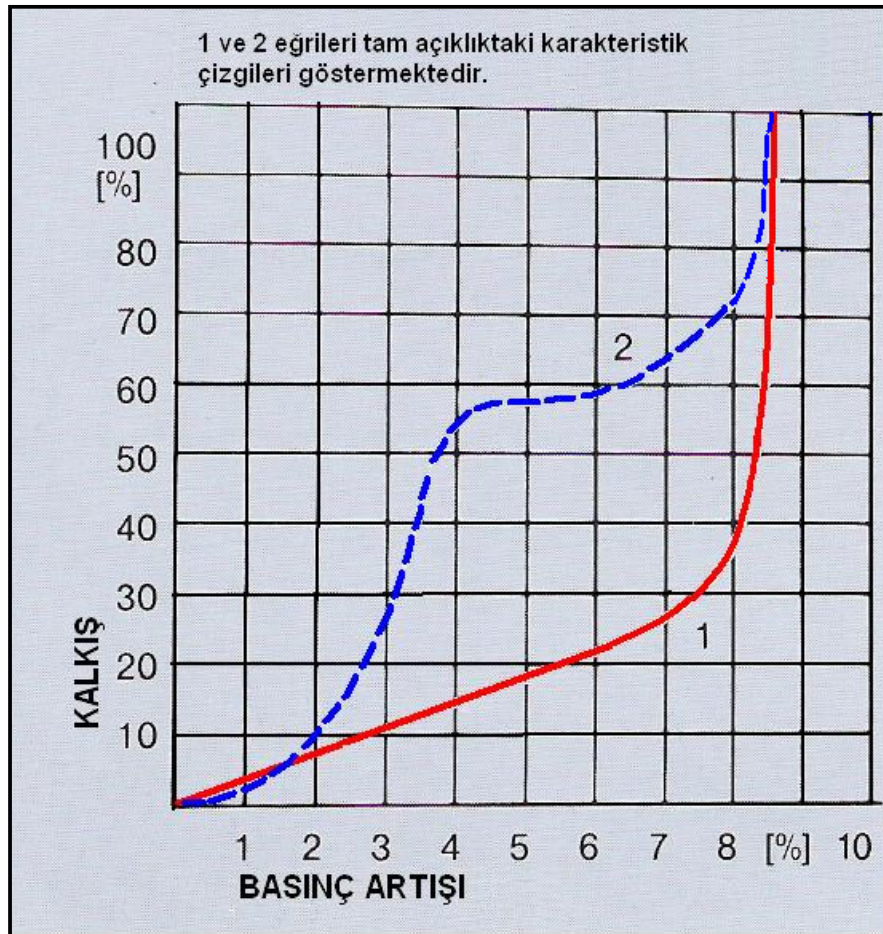
Emniyet ventillerinin kullanım sahasına, sıcaklığa ve ayar basıncına bağlı olarak çeşitli modelleri vardır. Ancak temel olarak AD-A2, TRD421 ve DIN 3320 bölüm1'e uygun sınıflandırmada üç çalışma tarzı değişmez.

- Normal kalkışlı emniyet ventilleri
- Tam kalkışlı emniyet ventilleri
- Oransal kalkışlı emniyet ventilleri
- Karşı basınçlı emniyet ventilleri

Bu sınıflamaya ait açıklamalar basınç artışı-kalkış miktarlarına ait grafikler aşağıda sunulmaktadır.

### 3.2.1 Normal Kalkışlı Emniyet Ventilleri

Bu emniyet ventilleri gerekli kütle akışları için devreye girer. Deşarj işlemi yandaki grafikte belirtildiği gibi Max. %10 basınç artışında başlar. Açma karakteristiği belirlenirken basınç dışında hiçbir kriter dikkate alınmamıştır. Ani ve oransal kalkışlı emniyet ventillerinin bir karışımı tarzında işlem yapar. Bu tip emniyet ventilleri ayar basıncının %8 üzerine kadar oransal karakteristik gösterirken, ayar basıncının %8 üzerine ulaştığı anda bu değerde anında tam olarak açılır ve %100 stroka kadar gider. Kapanışı ise tam kalkışlı emniyet ventilleri tarzında dır.



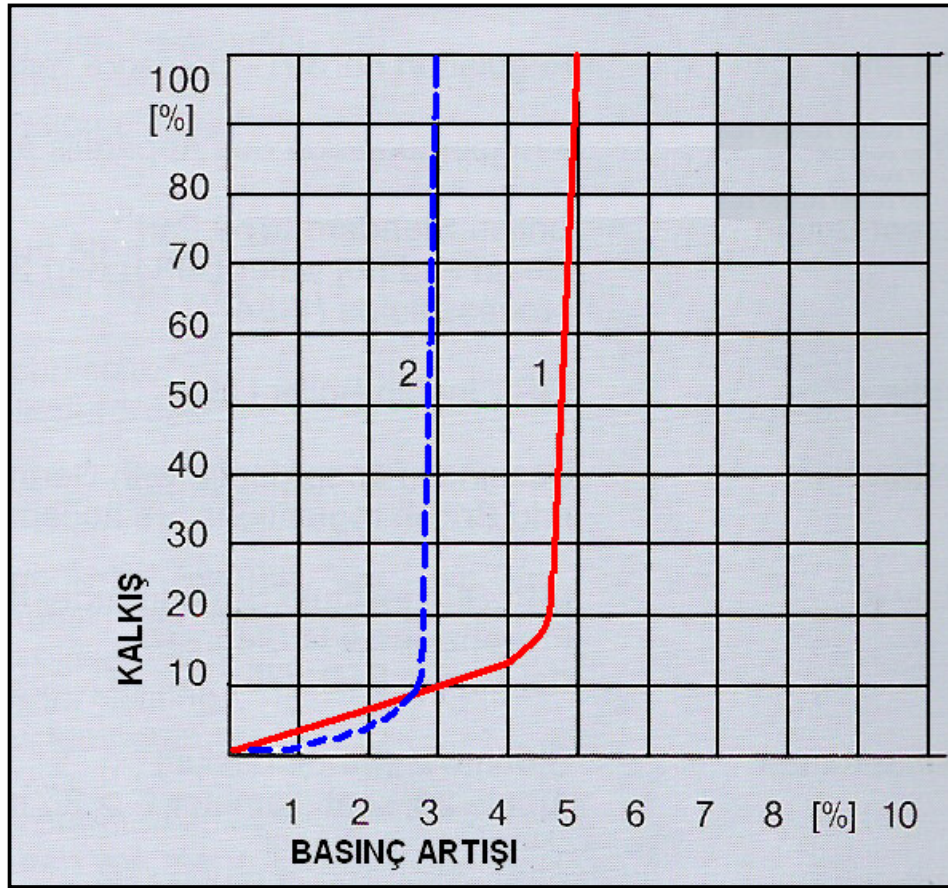
Şekil 3.1. Normal emniyet ventili karakteristik eğrileri

Yukarıdaki grafikte görülen 1(sürekli) ve 2(kesikli) çizgiler emniyet ventilinin oluşturduğu, yönetmeliklerde belirlenmiş karakteristik eğrileridir.

Normal kalkışlı emniyet ventilleri sıvı ve gaz fazının bir arada bulunması ihtimalinin bulunduğu Kimya ve Petrokimya sanayi, yüksek basınçlı buhar jeneratörleri ve yüksek basınç kazanlarındaki dram ve ara aparatlarında kullanılır. Bu tip emniyet ventilleri, eğer belli bir anlık basınç artışı gelmiş ve oransal emniyet ventili karakteristiği basınç yükselmesini düşürmeye yeterli değilse, tam açılışlı karakteristik gösteren bu tip emniyet ventillerinin seçimi doğru karar olur.

### 3.2.2 Tam Kalkışlı Emniyet Ventilleri

Bu emniyet ventilleri verilen isimden de anlaşılacağı gibi ani olarak açma yapar. Emniyet ventili, belirlenen ayar basıncına kadar yavaş ve bu ayar basıncının %5 üzerine çıktığı anda emniyet ventili birden tam olarak açılır ve tahliye işlemine başlar.



Şekil 3.2. Tam kalkışlı emniyet ventili karakteristik eğrisi

Ventil açıldığında basıncı ayar basıncının %8 altına düşürene kadar açık olarak durur ve sonra

\*1Bar'dan düşük uygulamalarda AD-A2 Bölüm2.3 ve TRD 421 Bölüm2.3'te özel yönetmelikler mevcuttur.

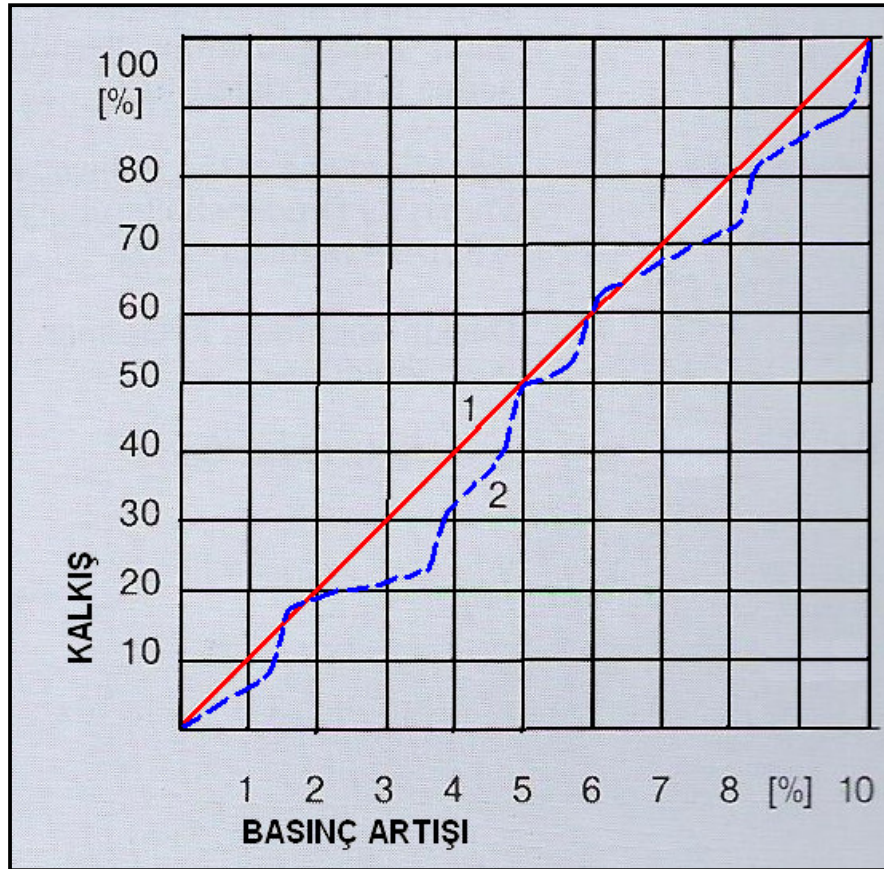
hızla kapanmaya başlar. Bu işlem sonunda sistem tekrar normal çalışma koşullarına geri gelir.

Bu emniyet ventilleri ayar basıncı ile ayar basıncının %5 üzerindeki değer Kalkma oranı, ani kalkışın yapılacağı ayar basıncından(oransal bant) önce toplam açıklığın %20'sinden fazla olamaz.

Tam kalkışlı emniyet ventilleri çıkış çapının giriş çapından büyük olmasıyla kolayca ayırt edilebilir. Bu ventiller kimyasal tesislerde ve basınçlı tanklarda sık kullanılır. Dünyada bu tip ventiller PN16'dan PN400'e kadar uygulamalarda kullanılacak şekilde üretmektedir.

### 3.2.3 Oransal Kalkışlı Emniyet Ventilleri

Bu emniyet ventilleri basınç artışıyla birlikte oransal olarak açma yapar. Bu tip emniyet ventillerinde ani açma işlemi söz konusu değildir, basıncın artış miktarına paralel olarak açma yaptıkları için tam açıklık konumuna basınç ayar basıncının %10 üzerine çıktığında ulaşır.



Şekil 3.3. Oransal emniyet ventili karakteristik eğrisi

Bu emniyet ventilleri gerekli kütle akışları için devreye girer. Aynı hat üzerinde basınç artışına özdeş şekilde sistem akışkanını tahliye eder. Dolayısıyla yandaki grafikte de görüleceği üzere basınç artışı ile ventil açılması arasında oransal bir bağlantı ortaya çıkmaktadır. Emniyet ventili en yüksek açıklığa, basınçlı kaptaki basınç yükselmesi ayar basıncının %10 üzerine çıkması durumunda olacak şekilde projelendirilir. Yayın her ne kadar oransal hatta açıp-kapaması düşünülse de, bu tip emniyet ventilleri yay histerizesi nedeniyle ayar basıncının %2 üzerinde oransal açmaya başlayıp, ayar basıncının %2 altında kapanır.

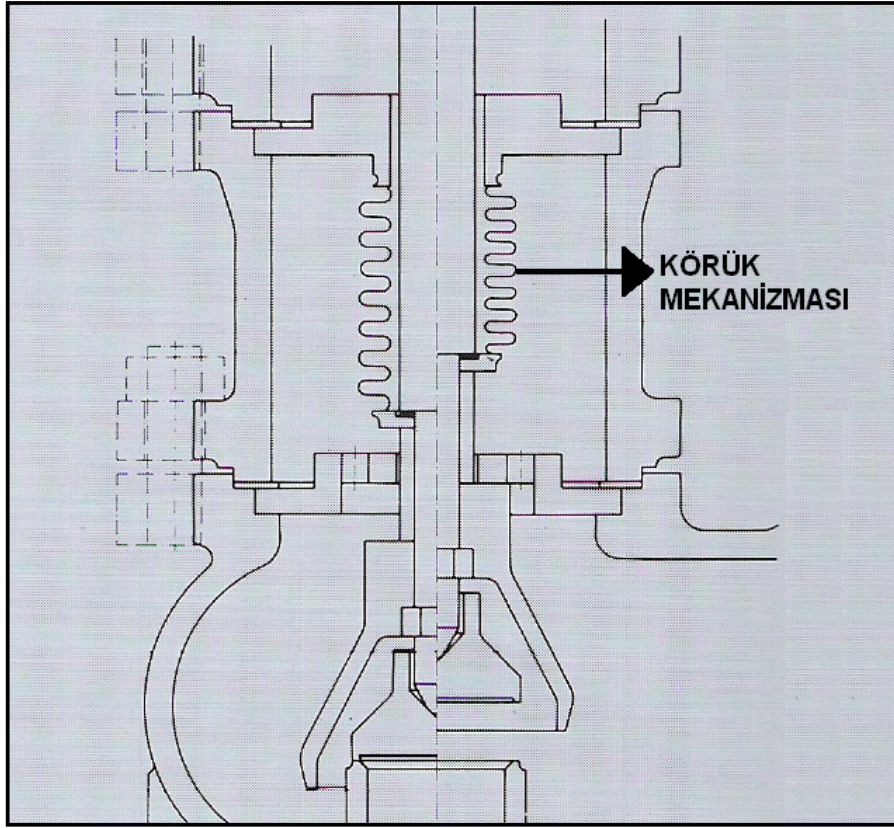
Bu tip emniyet ventilleri dünyada çok farklı sıcaklıklarda(-196° ile 400°C arasında uygulama yapan firmalar mevcut) kullanılmaktadır. Bu ventiller doğru yapılmış basınç ve kapasite seçimlerinde kusursuz çalışmaktadırlar. Oransal kalkışlı emniyet ventilleri sıkıştırılamayan akışkan olan sıvıların bulunduğu basınçlı sistemlerde basınç yükselmelerini önlemek için sık kullanılan bir çözüm aracıdır. Tabiatıyla boyutlandırma ve ventil malzemelerinin seçimi; sıcaklık, basınç, akışkan özelliği ve birim zamanda tahliye edilmesi istenen akışkan miktarına bağlıdır.

Oransal emniyet ventilleri çoğunlukla küçük kütle akışının değişiminin beklediği yerlerde kullanılır. Şekilde görülen fonksiyon eğrisinden de anlaşılacağı gibi madde kayıpları minimum olabilmektedir. Aynı şekilde bu tip emniyet ventilleri çok çeşitli pompa ve tanklı pompa(hidrofor) sistemlerinde de basınç sınırlayıcı olarak kullanılır.

### **3.2.4 Karşı Basınçlı Emniyet Ventilleri**

Eğer emniyet ventili çıkışı bir akışkanın bulunduğu ayrı bir hatta bağlanmışsa, hatta bulunan basınç karşı basınç oluşturacaktır ve bu nedenle buna uygun bir emniyet ventili seçmek gerekmektedir (Karşı basınç atmosfer basıncından daha büyük olduğundan dolayı).

Emniyet ventili karşı basınç ayar basıncının %15'ine kadar seçimlerde bir farklılık meydana getirmez. Eğer karşı basınç bu değerlerin üstüne çıkarsa seçimlere dikkat edilmelidir. Bu nedenle karşı basıncı absorbe etmek için emniyet ventilleri mutlaka körüklü tip olmalıdır.



**Şekil 3.4. Karşı basıncı önlemek amacı ile körük mekanizması uygulaması**

### **3.3 Dizayna Uygun Sınıflandırma**

Dizayna uygun sınıflandırma genel olarak aşağıdaki gibi iki guruba ayrılabilir:

- Direkt etkili emniyet ventilleri
- Kontrollü emniyet ventilleri

#### **3.3.1 Direkt Etkili Emniyet Ventilleri**

Direkt etkili emniyet ventilleri; mekanik yüklemenin(ağırlık, manivelalı ağırlık veya yay) direkt olarak ventil diskinin altına, zıt yönde kuvvet oluşturmasıyla açma yapar. Açma gerçekleşip gereken tahliye sağlandıktan sonra ise kapatma gücü oluşmasını sağlar.

#### **3.3.2 Kontrollü Emniyet Ventilleri**

Kontrollü emniyet ventilleri, ana ventil ve kontrol cihazından oluşan komplike cihazlardır. Kendi başlarına bir sistem olarak ele alınabilirler. Bu sınıflandırma içine ek yükleme

ünitelerine sahip direkt etkili emniyet ventilleri de girmektedir.

Bu ventillerde ayar basıncına ulaşılan kadar, ek yükleme gücü kapatma gücünü takviye eder. Kapatma gücü veya ek yükleme gücü kesintisiz şekilde dışarıdan sağlanan enerjiyle(örneğin; pnömatik, hidrolik veya elektromanyetik) ve/veya sistem ortamındaki kesintisiz şekilde mekanik olarak (örneğin; yaylı uygulamalar) uygulanabilir. Ayar basıncı aşıldığında, kapatma yönünde güç sağlayan sistem otomatik olarak etkisiz hale gelir veya uygulanan güç mertebesi azaltılır. Böylece ana ventil, sistem basıncının ventil diskine etkisi ile açma işlemine başlar veya başka bir ek kuvvetin açma işlemiyle açar. Bu sistemlerdeki ana ventiller, boşaltma prensibinin yüklemesiyle çalışır, kontrol aygıtlarıysa açık veya kapalı döngü prensibinde çalışır.

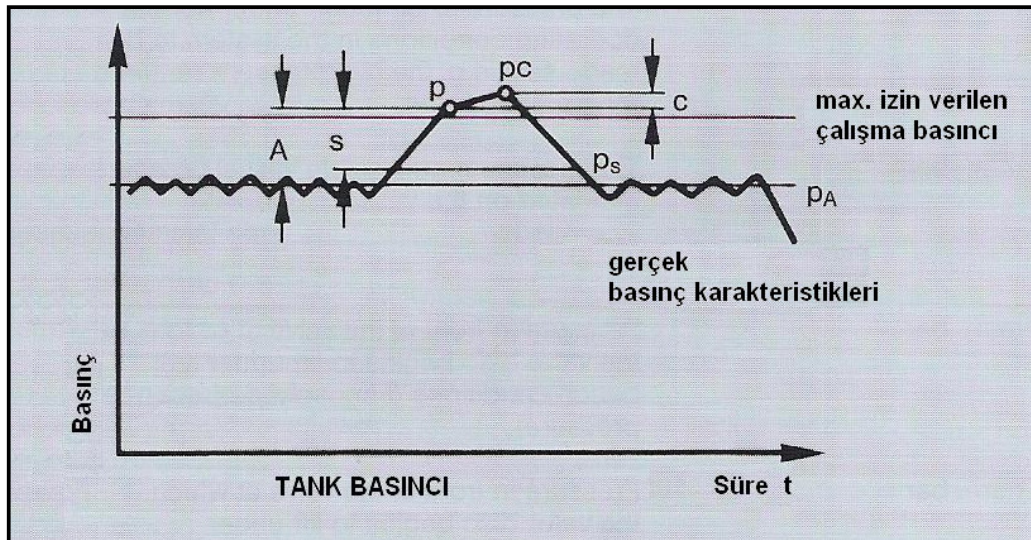
**Yükleme prensibi**, yüklemenin yeterli olduğu noktada ana ventilin açmasıdır.

**Boşaltma prensibi**, yüklemenin kaldırılmasıyla ana ventilin açması olarak tanımlanır.

Kontrolün **kapalı döngü prensibi**, kontrol biriminin ağırlığı tetiklemesidir veya kontrol enerjisi düştüğünde boşaltma yapılmasıdır. Kontrol aygıtı ile ortamda oluşacak basınç düşüşleri, kapalı döngü prensibi içindedir.

Kontrolün **açık döngü prensibi**, kontrol birimi ağırlığı tetiklemez veya kontrol enerjisi düştüğünde sisteme boşaltma işlemi yaptırmaz.

### 3.4 Çalışma Basınç Farkları



Şekil 3.5. Çalışma basınç farkları diyagramı

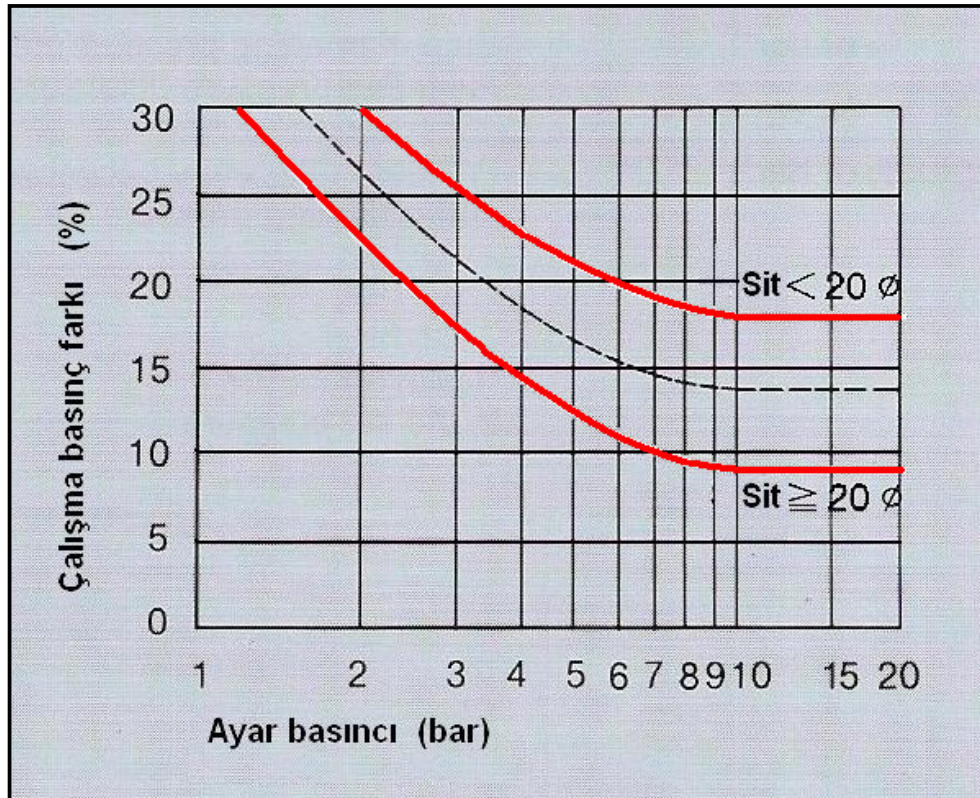
Bu diyagram emniyet ventilinin sızıntı yapmadan sızdırmazlığı için gereken çalışma basıncı farkları yaklaşık olarak gösterilmektedir. Aşağıdaki kriterler ile ayırım yapılabilir:

### Ayar basıncı seviyesi

Daha küçük ayar basınçlarıyla, çalışma basınçları arasında oluşacak olan basınç farkları çoğunlukla daha yüksek ayar basınçlarında oluşacak basınç farklarından daha büyüktür. Bu aşağıda verilen grafikten de kolaylıkla anlaşılabılır.

### Sit çapı

Küçük sit çaplarına sahip sistemler, örneğin 6mm, buna paralel olarak küçük oturma yüzeylerine sahiptirler. Sit çaplarına bağlı olarak elde edilen üretim toleransları, ayar basıncı ve sit sızdırmazlığı üzerinde önemli derecede etkilidir. Sit çapının daralması işletme basıncı ile ayar basıncının arasındaki basınç farkını arttırır, bundan dolayı da belirlenen çalışma basınç farklarını artacaktır. Daralan alan kontrolü zorlaştırır.

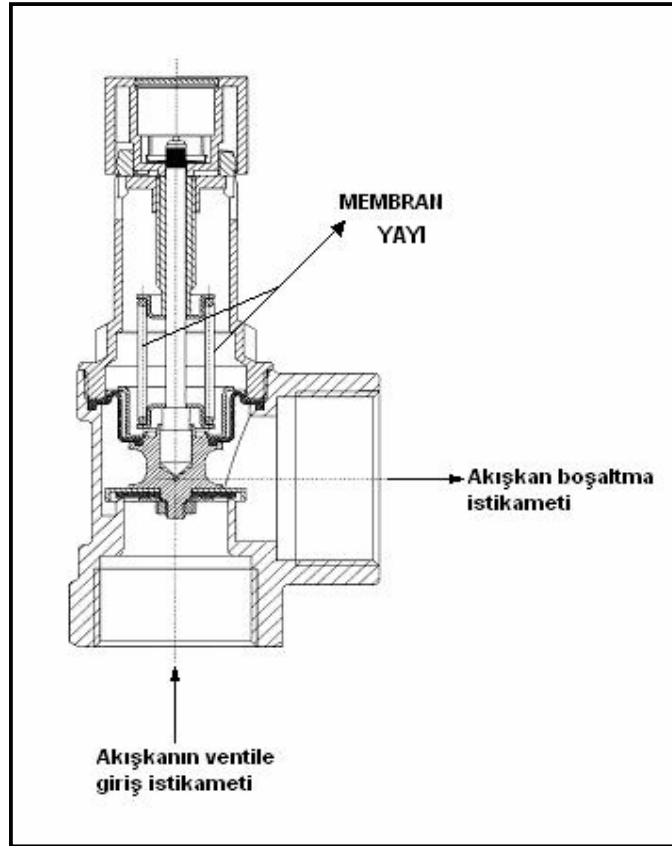


Şekil 3.6. Sit çapı-ayar basıncı ilişkisi(Bopp&Reuther)

## 4. EMNİYET VENTİLİ TİPLERİ

### 4.1 Membranlı Tip Emniyet Ventilleri

Membranlı tip emniyet ventilleri, emniyet ventilleri arasında en basit yapıya sahip ventillerdir. Direkt etkili emniyet ventilleri sınıfındadır. Mevcut yükleme biriminin mekanik işleviyle çalışır. İsimlerinden anlaşılacağı ve aşağıda **Şekil 4.1.** 'da da görülebileceği gibi ventil mili bir membrana bağlıdır. Bu tip emniyet ventillerinin içerisinde veya dışında ayarlanabilecek bir mekanizma olmadığından sonradan ayar yapılarak açma basınçları ayarlanamaz.



**Şekil 4.1. Membranlı tip emniyet ventili mekanizması**

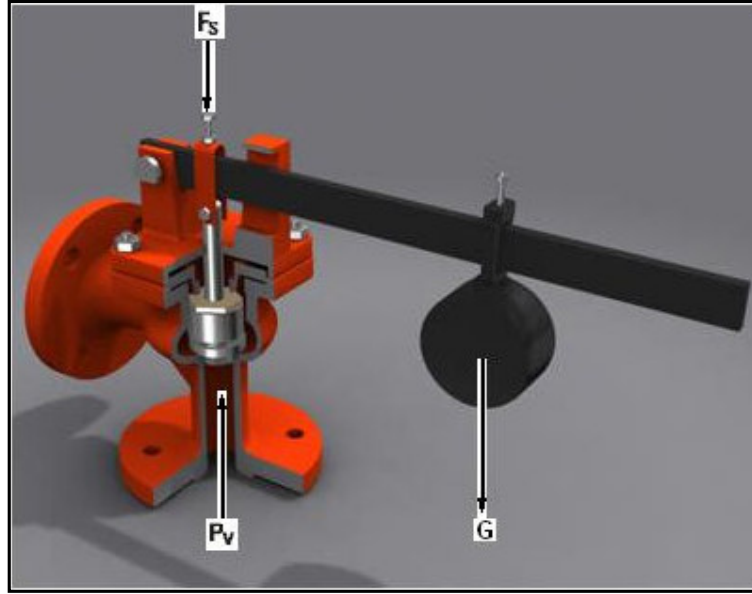
Yukarıda **Şekil 4.1.**'da görüldüğü gibi akışkan ventil milini yukarıya itecek yönde gelerek membrana bağlı mile baskı uygular. Bu baskı membran direncini yendiği anda ventil açılır ve boşaltmaya baslar. Ventilde kullanılacak membran gerilimleri sabittir. Sonradan ayar yapılamamasının sebebi budur.

Basit yapıları sayesinde yatırım maliyetleri de düşüktür. Kapalı devre çalışan sıcak su

sirkülasyon sistemlerinde, güneş enerjisi ile çalışan ısıtma sistemlerinde(DIN 4757 normunda 1. ve 2. bölümlerde tanımlanan şekilde), kullanım sıcak suyu ısıtıcı sistemlerinde, hidrofor çıkışları veya kullanma sularında, yangın suyu ve proses suyu tesisatlarında, yağ içermeyen basınçlı hava tesisatları ve kompresör çıkışlarında, ve burada verilen uygulamalara benzer birçok düşük basınçlı proseste sıkça kullanılır.

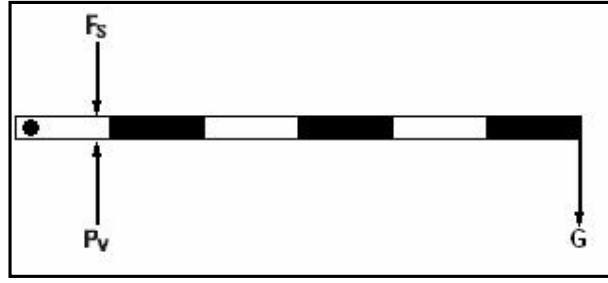
#### 4.2 Ağırlık Yüklemeli Emniyet Ventilleri

Aşağıda **Şekil 4.2.**'da görüldüğü gibi bu tip emniyet ventilleri, ventil sitindeki güç dengesini oluşturmak için bir ağırlıkla yüklenmiştir ve bundan destek almaktadır. Direkt etkili emniyet ventilleri sınıfına girmektedir. Ağırlık direkt olarak ventil açma-kapama işlemi üzerinde etkilidir.



**Şekil 4.2. Ağırlık yüklemeli emniyet ventili**

**Şekil 4.3.**'da da görüleceği gibi bu tip emniyet ventilleri basit bir kaldıraç mantığına sahiptir. Sistemde oluşan  $P_v$  basıncının sit alanına uyguladığı basınçla oluşan kuvvet,  $G$  ağırlığının kaldıraç momentumuyla oluşturduğu  $F_s$  kuvvetini yenmeye çalışır. Akışkan tarafında oluşan kuvvet ventil sitine oturan mekanizmayı yukarıya doğru iter, ancak yükleme elemanının kaldıraç momentumu mantığıyla oluşturduğu kuvvet ventili kapatma yönünde etki eder.



**Şekil 4.3. Ağırlık yüklemeli emniyet ventili çalışma prensibi**

Ağırlık yüklemeli emniyet ventilleri sistem basıncında belirlenen emniyetli artışın(örneğin %10 gibi) geçilmesi durumunda açma işlemini gerçekleştirir ve site oturan mekanizma sonuna kadar açar, böylece deşarj işlemi başlar. Deşarj işlemi boyunca sistem sabit olarak işlem yapar, istenilen değerlere ulaşıldığında kaldırma mantığında çalışan sistem dengeye ulaşır hemen kapatma işlemini gerçekleştirir.

Bu tip emniyet ventillerinde manivela uzunluğu ve yükleme yapılacak ağırlık miktarları dikkatli şekilde seçilmelidir. Aksi takdirde kısa seçilen manivela uygulamasında yeterli moment sağlanamaz ve açma işlemi yapılamaz. Eğer ağırlık hatalı seçilirse toleranslı seçilen manivela uzunluğuyla bu sorun giderilebilir.

Bu emniyet ventilleri endüstride çok uzun zamandır kullanılmaktadır, ancak günümüzde gelişen teknolojilerle beraber yerini geliştirilen ve geliştirilmekte olan yeni tiplere bırakmaktadır. Buna rağmen hala yaygın bir şekilde kullanımı devam etmektedir. Endüstriyel buhar kazanları ve gemi tanklarında kullanımı yaygındır. Modüler, hafif ve kolay ayarlanabilir olması tercih edilme sebeplerindendir, aynı zamanda manivela sayesinde gerektiğinde manual olarak da tahliye yapılabilmesi avantaj sağlayan yapısal özelliklerindendir.

### **4.3 Yay Yüklemeli Emniyet Ventilleri**

Yay yüklemeli emniyet ventilleri ulusal ve uluslar arası birçok farklı teknik alanda kullanılmaktadır.

Bu tip emniyet ventillerinde açma ve kapama işlevi yayın karakteristiğine bağlıdır. Akışkanın sit alanına uyguladığı basınç sayesinde oluşan kuvve yayın gerilimini yendiği anda açma işlemi ventile karakteristiğine bağlı olarak başlar.

Yapısal olarak membranlı tip emniyet ventillerine benzemektedirler, ancak yaylı tip emniyet

ventilleri emniyet uygulamaları gerektiren birçok alanda kullanılır, kullanım alanları daha geniştir. Aynı zamanda modüler yapıları sayesinde kullanılmak istendiği prosese uygun olarak ayarlanabilirler.

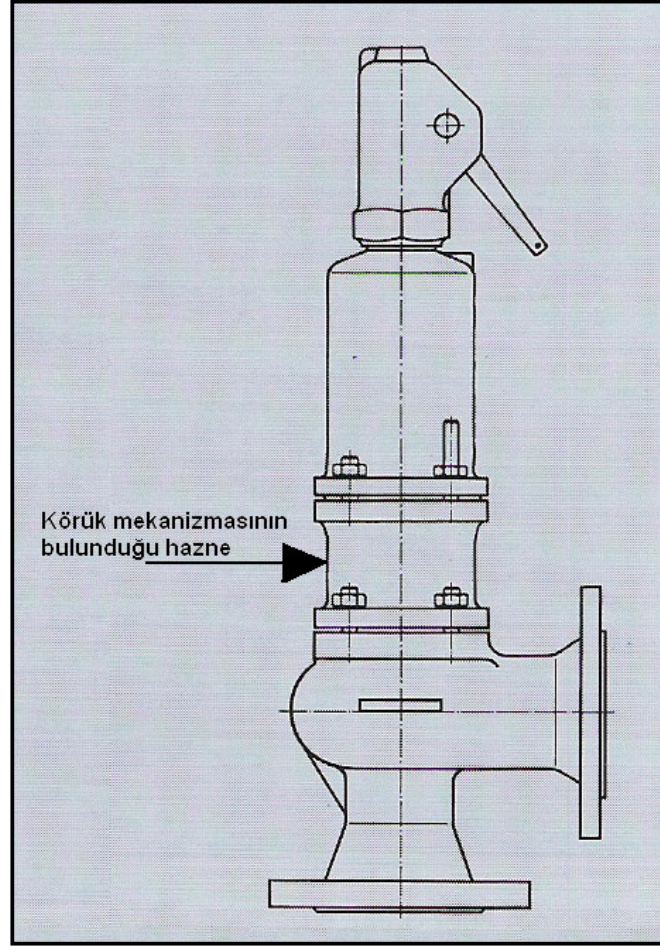
Bu ventiller direkt etkili ventiller sınıfındadır. Tamamen mekanik yapılarıyla işlem yaparlar. Ancak proseslerin gereklerine göre dışarıdan kuvvet sağlayan mekanizmalarla da kullanımları mümkündür.

Bu tip emniyet ventilleri günümüzde çok fazla proseste kullanılmakta ve buna paralel olarak sürekli geliştirilmektedir. Açma-kapama işlemini gerçekleştiren mekanizmaları modüler yapıya sahip olduklarından gelişen yay teknolojisiyle bu ventillerde gelişmektedir. Bir çok kullanıma uygun ayrı komponentlerde boyutlandırılabilir ve dizayn edilebilirler.



**Şekil 4.4. Yay yüklemeli emniyet ventili**

Bu tip ventillerde, ters basınçlı sistemlerde uygulanan körük conta sistemi sayesinde ventil iç haznesinde maksimum sızdırmazlık sağlanır ve ventil elemanları korunur. Aynı zamanda körük sızdırmazlığı ters basınca karşı dengeleme yapar. Körük uygulamaları agresif akışkan uygulamalarında da sık sık karşımıza çıkmaktadır çünkü bu sistem akış bölgesini dışarıya tamamen kapatarak sızdırmazlık işlevi görür.



**Şekil 4.5. Körük sızdırmazlık mekanizması bulunan emniyet ventili**

Şekil 4.5.'da görüldüğü gibi körük sızdırmazlıklı emniyet ventillerinde normal emniyet ventillerine nazaran fazladan bir hazne daha bulunmaktadır ve körük mekanizması burada bulunmaktadır.

Yaylı tip emniyet ventilleri açma işlemi gerçekleştirildikten sonra, kaldırma işlevini sağlayan haznede basınçlandırma işlemi gerçekleştirilir. Sistem basıncıda belirlenen basınçta fazla bir artış(örneğin %5 gibi) meydana geldiğinde ventil sitine oturan mekanizma sabit son pozisyonunu alarak ortamın emniyetli bir şekilde deşarj olmasını sağlar. Bu tip ventillerde bütün kaldırma prosedürü boyunca, site oturan mekanizmanın kalkışa yardımcı olma işlevi akış boyunca durağandır.

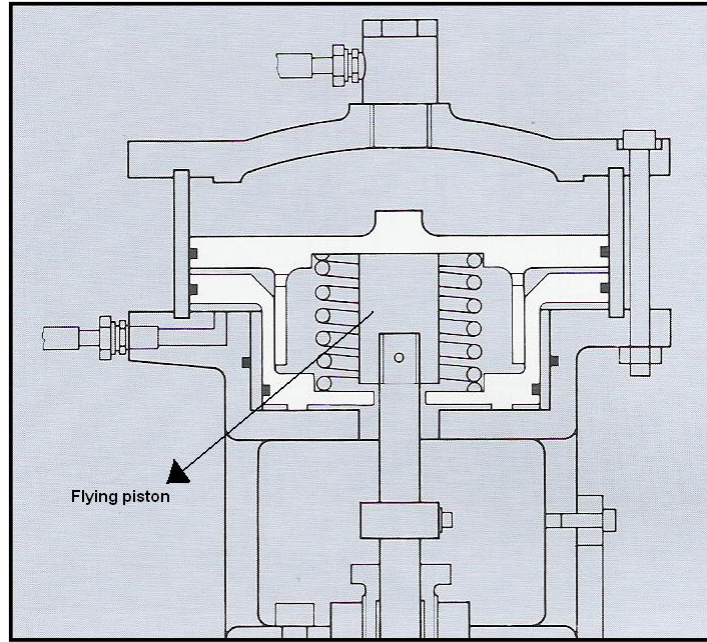
Bu tip emniyet ventilleri ısıtma sistemlerinde kullanıldığında, yay akış alanına belli bir mesafede montajlıdır, böylece yay gerilimleri sürekli sabit kaldığından basınç düşürme işlem

süresi düzenli şekilde uzar.

Yaylı tip emniyet ventilleri de opsiyonel şekilde manual kullanıma uygun dizayn edilebilir. Manual kullanıma uygun dizayn edilen ventiller bir manivelaya sahiptirler ve AD Merkblatt A2 ve TRD 421'e uygun olarak imal edilmelidirler. Bu tip emniyet ventilleri eğer istenirse manivela kullanımı iptal edilerek tamamen kapatılabilir ve gaz sızdırılmaması gereken sistemlerde(metan, propan, dolum tesisler gibi) de kullanılabilirler.

#### 4.4 Pnömatik Yükleme Ekli Emniyet Ventilleri

Yüksek basınçlı sistemlerde sızdırmazlık işlevini arttırmak ve basınç farkı yüksek olan sistemlerde direkt etkili emniyet ventillerinin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılan emniyet ventilleridir.

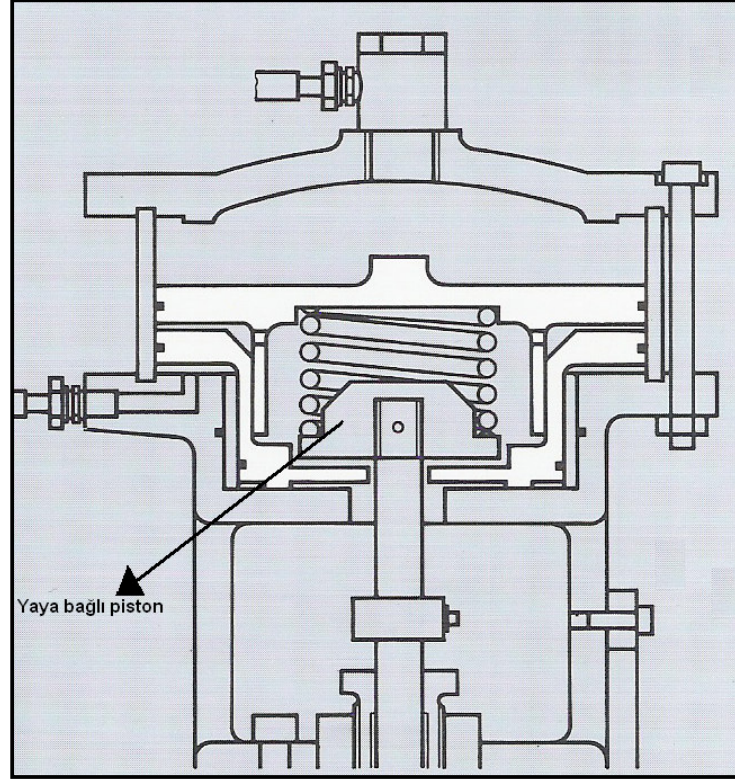


**Şekil 4.6. Flying piston uygulamalı pnömatik yüklemeli emniyet ventili(Bopp&Reuther)**

Pnömatik ek yüklemeye sahip ventillerde uzaktan kontrol edilme imkanı vardır, böylece ventil sistem otomasyonlarına bağlı şekilde işler ve kontrolü arttırılmış olur. Bu özelliği sayesinde, ulaşılması güç yerlerde ve çok büyük sistemlerde sıkça kullanılmaktadır.

Pnömatik yüklemeli emniyet ventillerinde bazılarında, direkt etki mekanizmasından ayrı, bağımsız olarak, serbest çalışabilecek piston uygulamasına sahiptir. Böylece pnömatik

sistemdeki hava beslemesinde oluşabilecek bir problem durumunda bu piston sayesinde azaltılmış olan sistem direnci ile piston kolaylıkla açma işlemini gerçekleştirir ve sistem tehlikesi azaltılmış olur.



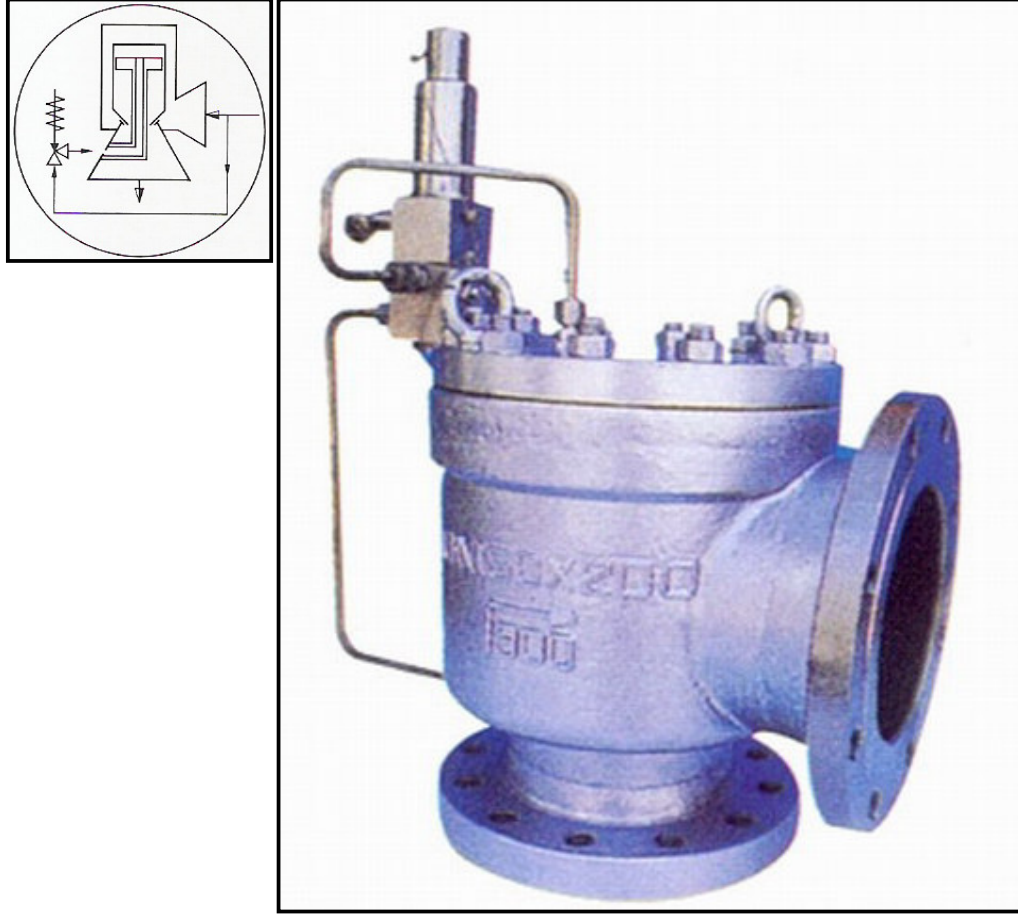
**Şekil 4.7. Pnömatik yüklemeli emniyet ventili**

Pnömatik tipteki emniyet ventilleri, konvansiyonel sistemlerde ve güç santrallerinde sıkça tercih edilen çözüm araçlarıdır.

#### **4.5 Pilot Çalışmalı Emniyet Ventilleri**

Bu tip emniyet ventilleri sistemleri basınçtan koruma işlevinin yanı sıra boşaltma vanası özelliği de gösterir. Ventil, bir ana vana ve diyafram yada piston ile çalışan bir pilot mekanizmasından meydana gelir. Pilot işletimli emniyet ventillerinin modülasyonu minimum sıvı kaybını ve sisteme emniyet ventilinin yarattığı şokları minimuma indirmeyi öngörür. Basınç yaratılması gereken sistemlerde , buhar jeneratörlerinde, buhar kazanlarında ve basınçlandırılmış su reaktörlerindeki taze buhar boru hatlarında, temiz işletim gerektiren alanların genelinde, hava ve endüstriyel gaz içeren petrol rafinerilerinde, deniz suyu kullanılan uygulamalarda, kimyasal proseslerde, kağıt hamuru ve kağıt fabrikalarında

kullanılır. Buhar türbin uygulamalarında sisteme sağladığı hızlı koruma ile sıkça tercih edilen bir çözüm aracıdır.



**Şekil 4.8. Pilot işletimli emniyet ventili temsili**

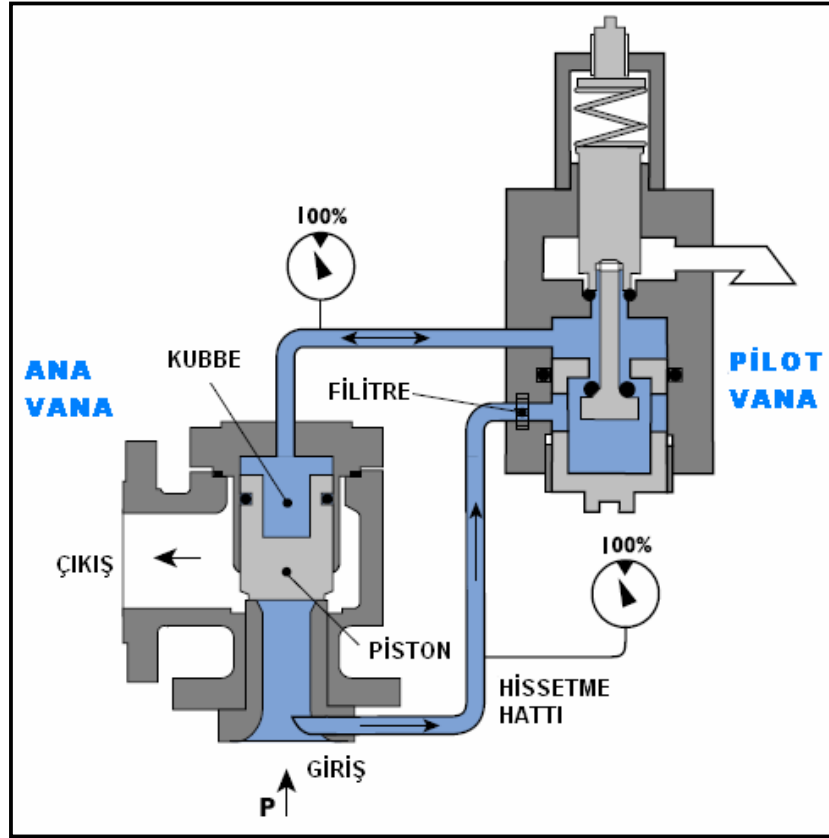
Bu tip ventillerin avantajları aşağıda listelendiği gibidir:

- Yüksek deşarj kapasitesine sahiptir
- Çok hızlı tepkime süresi ve pozisyon alma
- Sistemdeki basınç ne olursa olsun sabit açma ve kapama karakteristiği
- Pilot işlevli vanalar, bünyelerinde bulunan kontrol vanaları sayesinde çok yönlü ayarlanabilme özelliği sağlar
- Bu tip emniyet ventilleri de diğer ventiller gibi mekanik, hidrolik, elektrikli veya pnömatik olarak çalışabilir
- Yapısal özelliği ve işlevleri göz önüne alındığı zaman çok küçük yer kaplamaktadır.
- Bağlı olduğu sistemlerde yapısal özelliği sayesinde çok fazla salınım yaparak sisteme ve kendine zarar vermez.

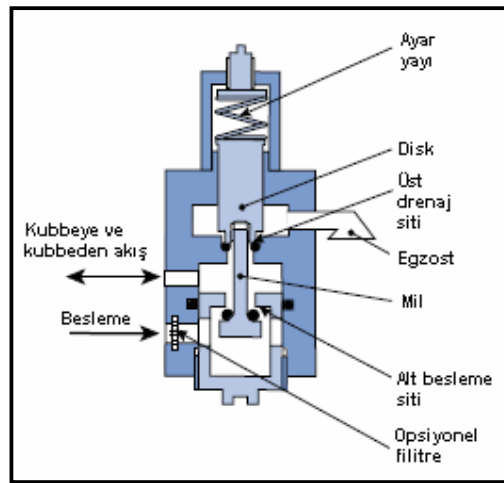
Bu özellikteki madde kontrollü emniyet ventilleri, dünyadaki bütün nükleer ve konvansiyonel enerji santrallerinde kullanılmaktadır.

Sistem, kontrollü emniyet ventili yükleme prensibine uygun olarak çalışır. Normal çalışma

şartlarında pilot piston boşluğunda meydana gelen basınca izin verir.

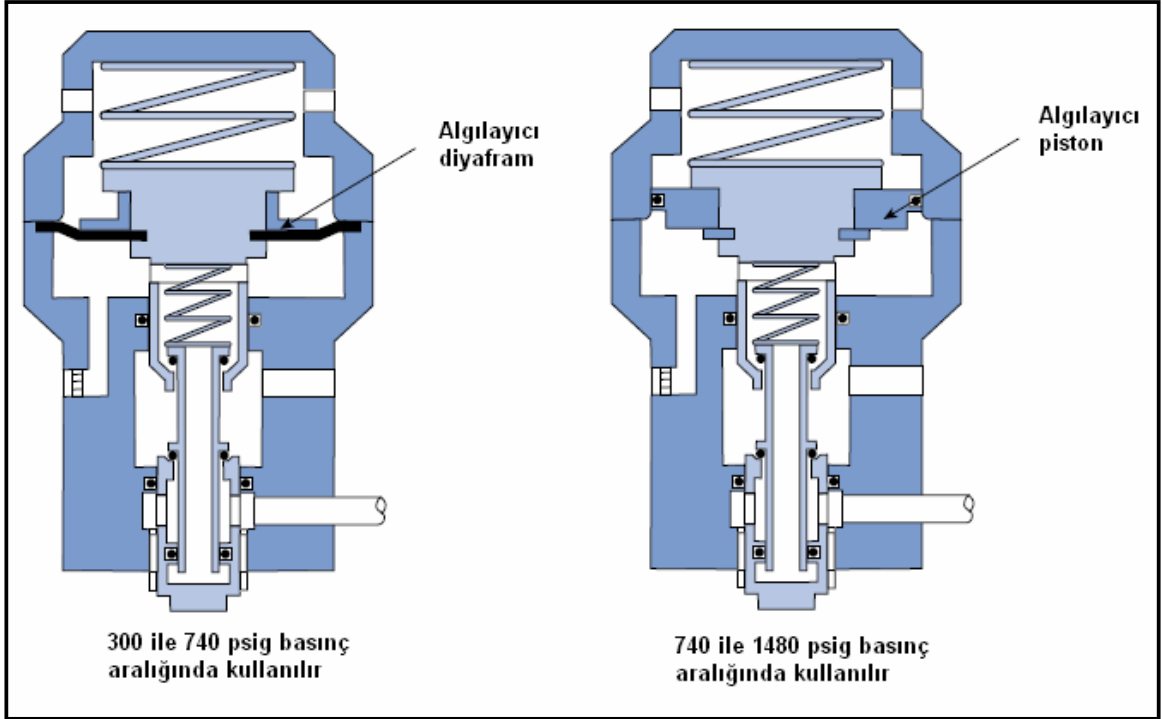


Şekil 4.9. Pilot işletimli emniyet ventili mekanizması

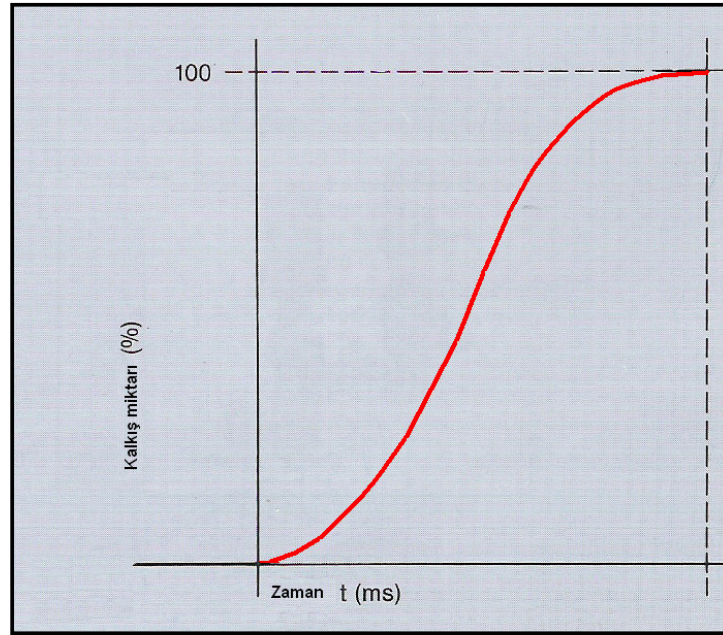


Şekil 4.11. Pilot işletim sistemi mekanizması

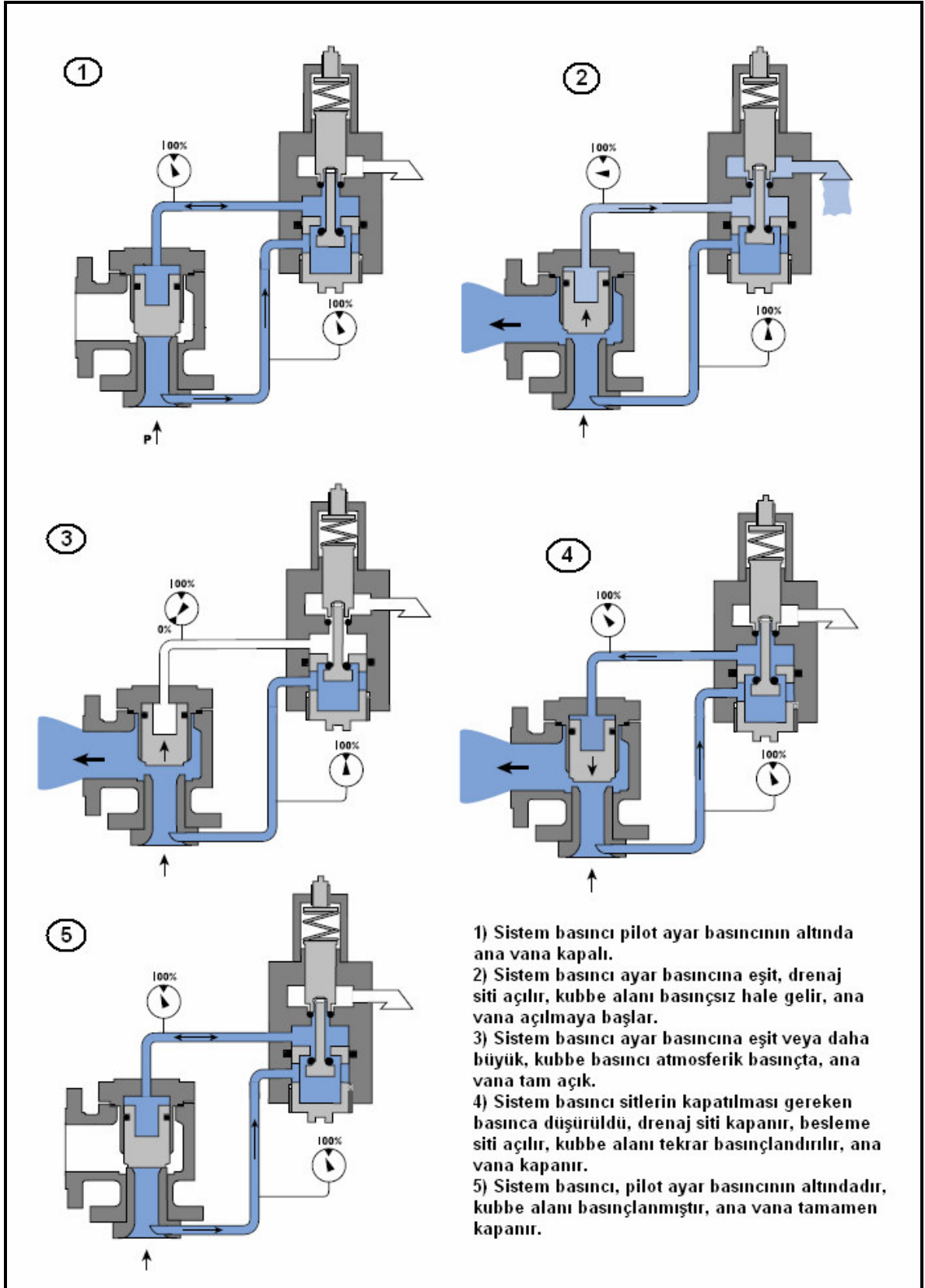
Piston yüzeyi sit yüzeyinden daha geniş olduğundan dolayı, basınç artışı ayar yayının kuvvetli şekilde kalkmasını sağlar.



Şekil 4.12. Diyaframalı ve pistonlu pilot sistemleri



Şekil 4.13. Pilot işletimli emniyet ventili karakteristik eğrisi



Şekil 4.14. Pilot işletimli emniyet ventilinin çalışma prensibi

Ayar basıncı geçildiğinde, pilot mekanizması harekete geçerek sistem akışkanını piston alanına kapatır ve buna eş zamanlı olarak ana vanadan tahliye işlemi başlar. Sistem basıncının düşürülmesinden sonra, kontrol vanası otomatik olarak kapanır.

Sistem basıncı yükseldiğinde kapatma pozisyonundaki disk tuta kuvvet artar. Bu özellik ana vanadaki tahliye esnasında ayar basıncının %5 üzerine kadar sistem basıncını artmasına izin verir, bu süreçte bir nevi oransal özellik gösterir. Pilot işletimli emniyet ventilleri ayar basıncında tam açıklığa ve kapalıyken de çok düşük blöfe ayarlanabilir.

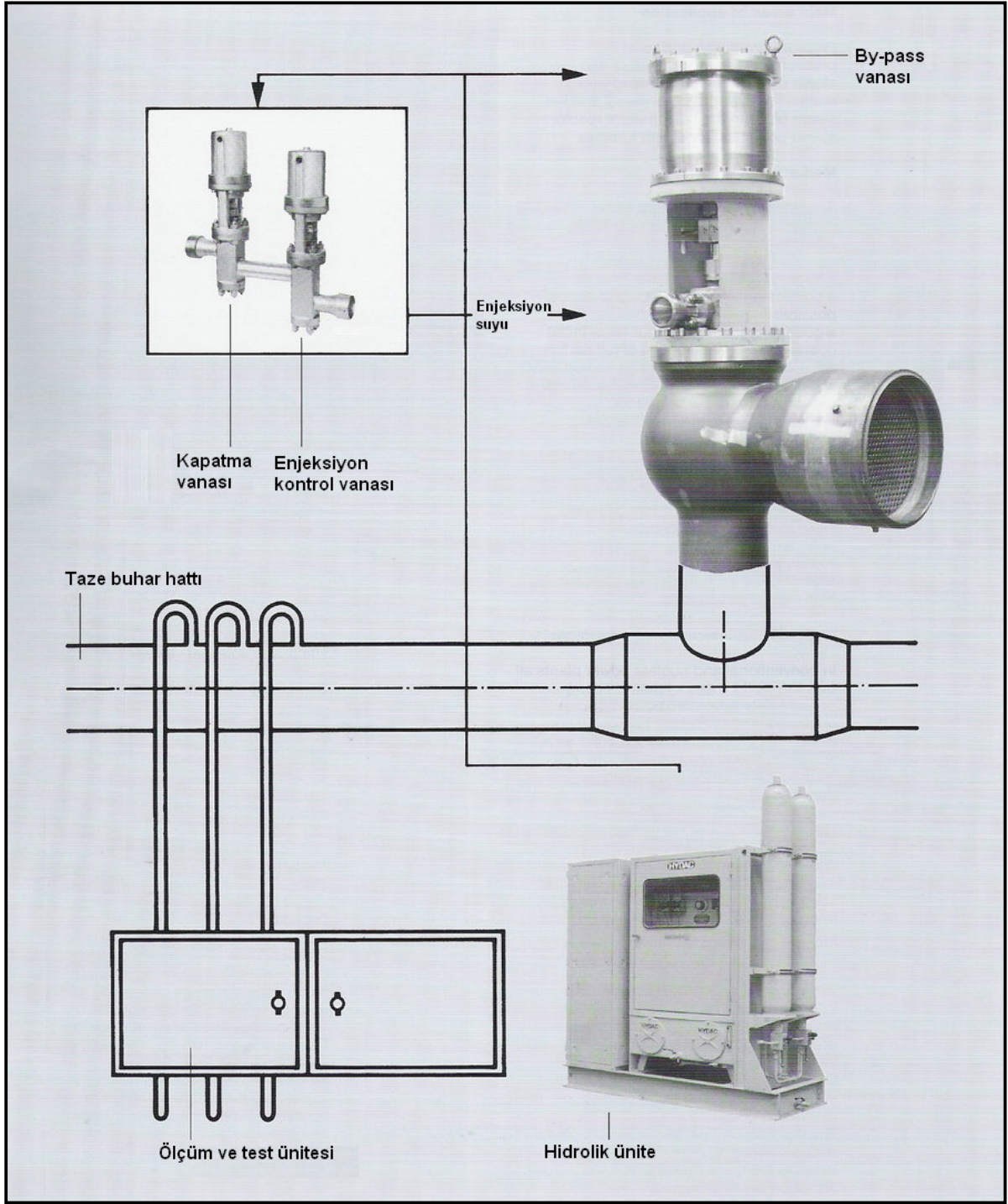
Ventil yüksek basınçlarda kullanıldığından dolayı gövde içerisindeki ventil sızdırmazlığı korumalıdır ve maksimum sızdırmazlık sağlar,  $10^{-3}$  mbar.l/s mertebelerinde sızdırmazlık sağlanabilir.

#### **4.6 Hidrolik İşletimli By-pass Vanaları**

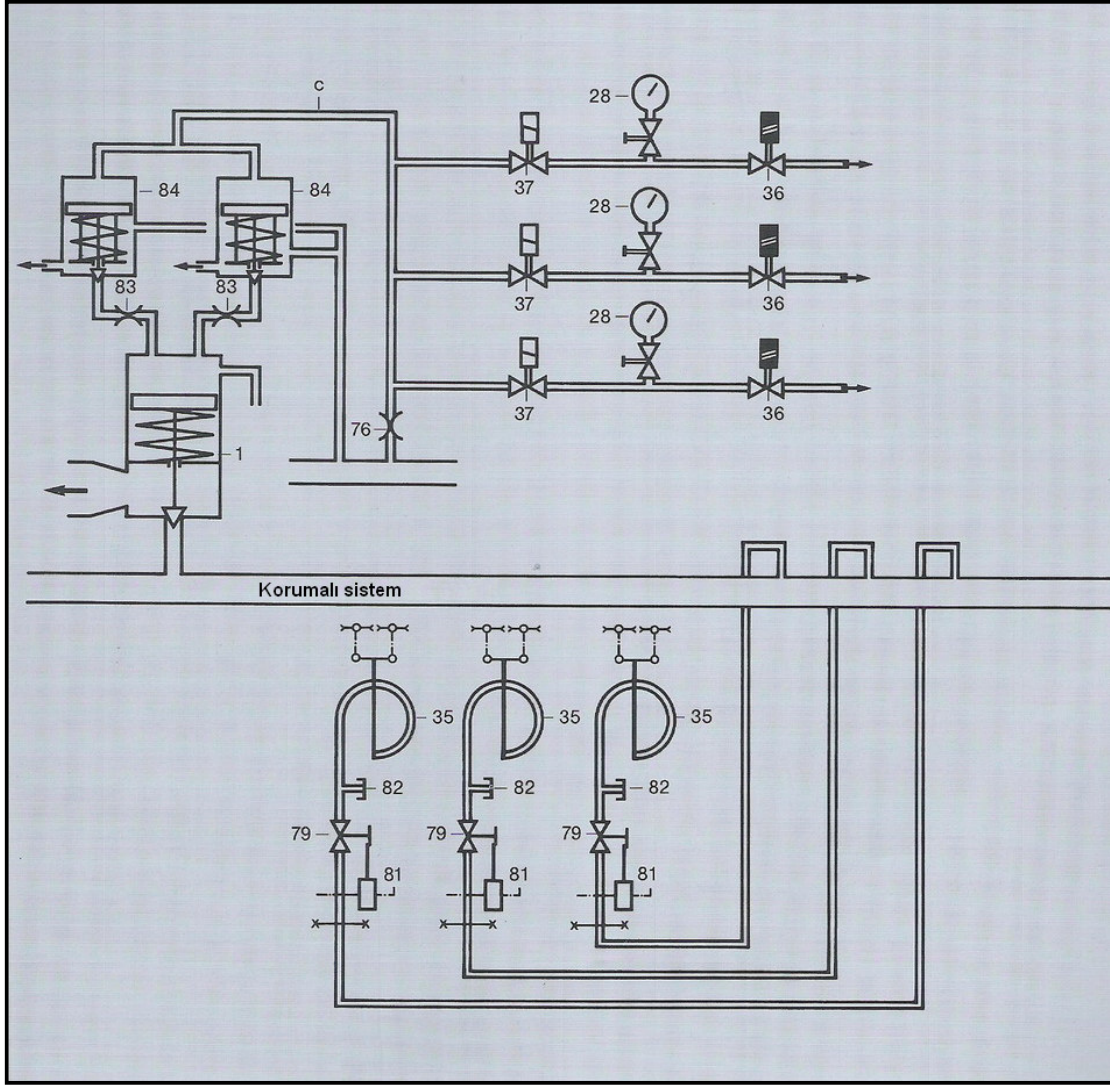
Buhar güç santrallerinde sıkça kullanılan by-pass vanaları koruma karakteristikleri sayesinde emniyet ventili sınıfına girmektedir. Bu vanalar asıl olarak sistem soğutması, boşaltma ve kapatma işleminde kullanılırlar, aynı zamanda süratli çalışma ve basınç koruması özelliğine de sahiptirler. Boşaltma yeteneği sayesinde bu vanalar birer relief vanadır, bununla birlikte basınç koruması yaptığından dolayı da bir emniyet ventildir.

Bu tip vanalar, büyük deşarj kapasitelerine sahip olup maksimum basınç ve sıcaklıklarda, boşaltma kontrolü gerektiren sistemlerde, vanada bulunan enjeksiyon vanaları sayesinde soğutma gerektiren noktalarda kullanılırlar.

Hidrolik kontrollü by-pass vanaları, hidrolik yükleme sayesinde çok yüksek yükleme kapasitelerine sahiptir. Bu sayede birçok termik santral ve endüstriyel buhar güç santrallerinde emniyet ventili olarak bu sistemler kullanılır.



Şekil 4.15. Hidrolik kontrol ve by-pass vanası sistem şeması



**Şekil 4.16. By-pass vanası ile emniyet tesiatı**

Yukarıda şekil 4.12.'deki tesiat şemasında bulunan ekipmanlar aşağıdaki gibidir:

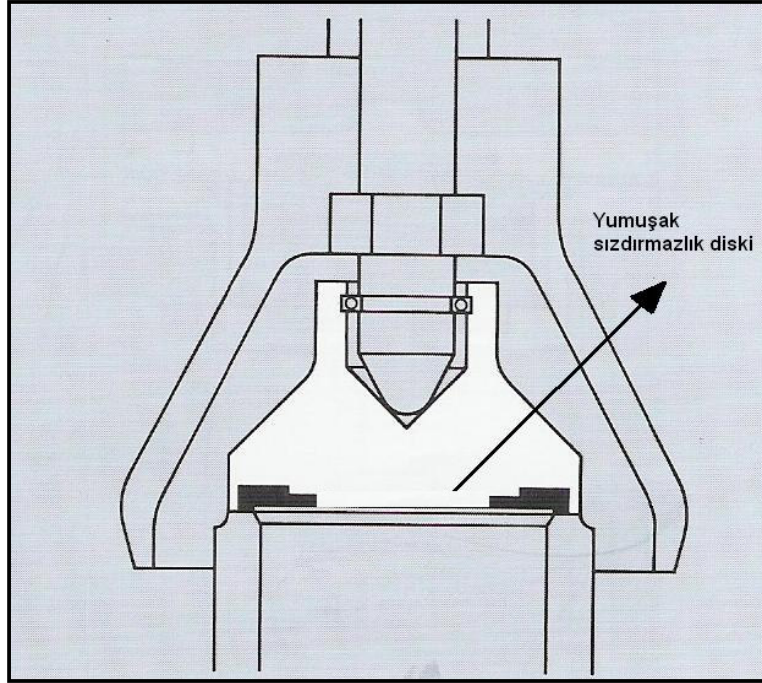
|    |                                |    |                                  |
|----|--------------------------------|----|----------------------------------|
| 1  | Ana vana                       | 79 | Kapatma cihazı                   |
| 28 | Manometreli kapatma vanası     | 81 | Kilitleme selenoid sistemi       |
| 35 | Basınç şalteri                 | 82 | Test bağlantısı                  |
| 36 | Emniyet selenoid vanası        | 83 | Sabitlenmiş orifis(Geniş ağızlı) |
| 37 | Test selenoid vanası           | 84 | Hızlı açmalı vanalar             |
| 76 | Sabitlenmiş orifis(Dar ağızlı) |    |                                  |

## 5. EMNİYET VENTİLLERİNDE SORUNLAR, ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Çok özel durumlarda, bu temel tiplere ait teknik bilgilere uygun olarak ventillerin geliştirilmesi veya yeni ventillerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu özel dizaynlar, mevcut emniyet ventillerinin temel elemanları üzerine inşa edilirler. Böylece birçok teknik probleme geniş çözümler bulunmaktadır.

### 5.1 Yumuşak Sızdırmazlık Diskli Emniyet Ventili

Çok yüksek sızdırmazlık gerektiren proseslerde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Modüler gövdeli emniyet ventillerinde akışkan geliş istikametinde bulunan bağlantı alanları, yumuşak bir sızdırmazlık elemanı(O-ring, conta vs.) kullanılarak ventil sızdırmazlığı maksimum seviyeye ulaşmıştır.



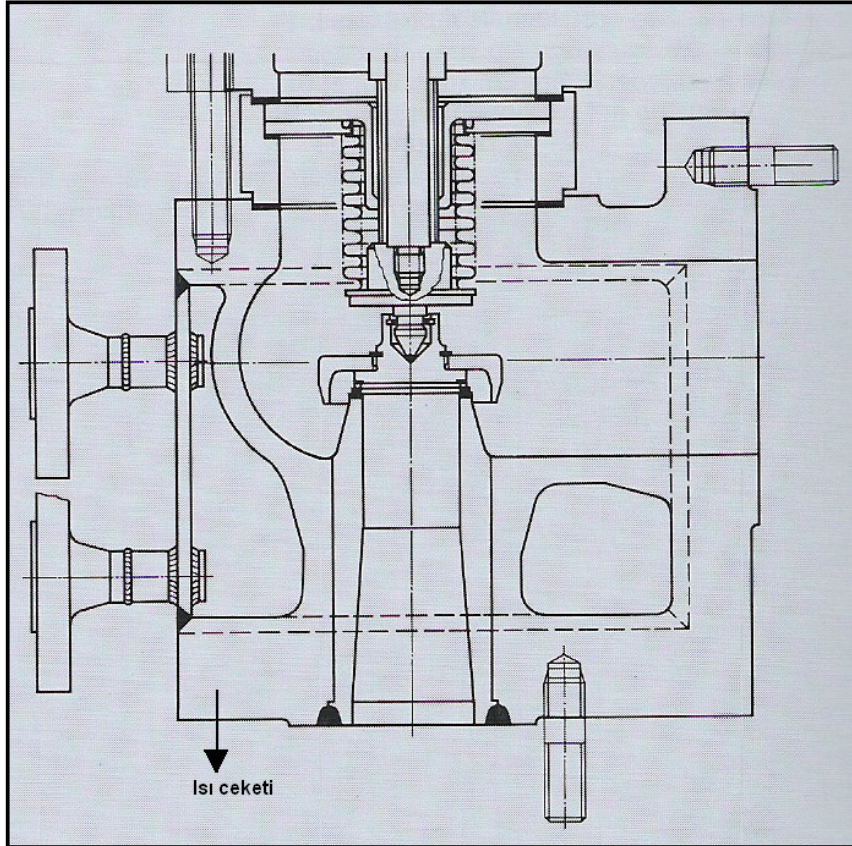
**Şekil 5.1. Yumuşak sızdırmazlık diskli**

Bu tip emniyet ventilleri genelde metan bütan ve benzeri patlayıcı karakteristikteki akışkanların geçtiği hatlarda ve dolum tesislerinde kullanılır.

### 5.2 Isı Ceketli Emniyet Ventili

Bu emniyet ventilleri; basınç düşürme süresince, yapılan boşaltma işlemi esnasında ve

öncesinde, ortam sıcaklığının korunması ve donma tehlikesinin engellenmesi için geliştirilmiş bir dizayndır. Bu uygulama gaz buharlarında sıkça kullanılır. Amaç, emniyet ventilini sistemdeki maddeden korumaktır. Sorun, bazı gaz buharların(örneğin karbondioksit) ani basınç düşüşleri ile beraber kristal halini alması veya yüksek kinematik viskoziteli sıvıların, yapışkan sıvıların, kalıntıların kristal halini alması ve emniyet ventillerinin sit alanını kapatarak boşaltmayı engellemesidir. Özellikle soğuk ülkelerde(Rusya, Finlandiya vs.) bu tip kullanımlara sıkça rastlanmaktadır.

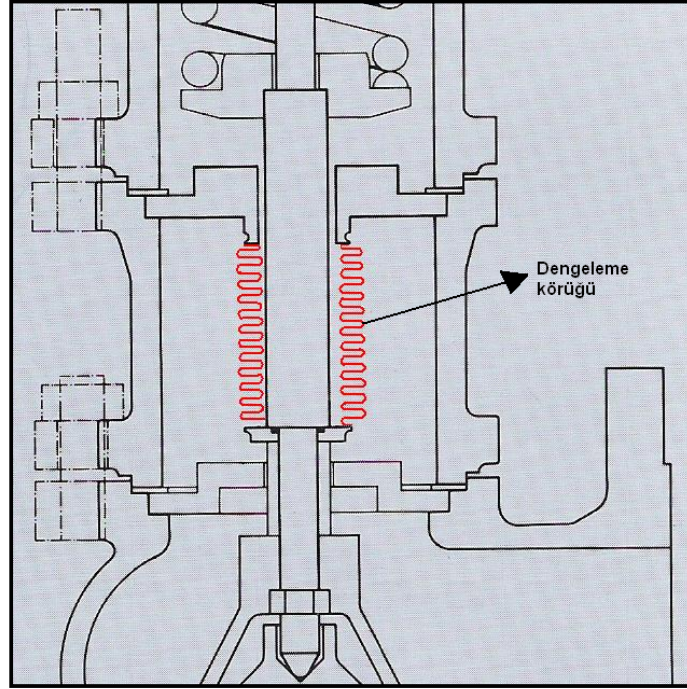


**Şekil 5.2. Isı ceket uygulaması**

### 5.3 Dengeleme Körük Sızdırmazlıklı Emniyet Ventili

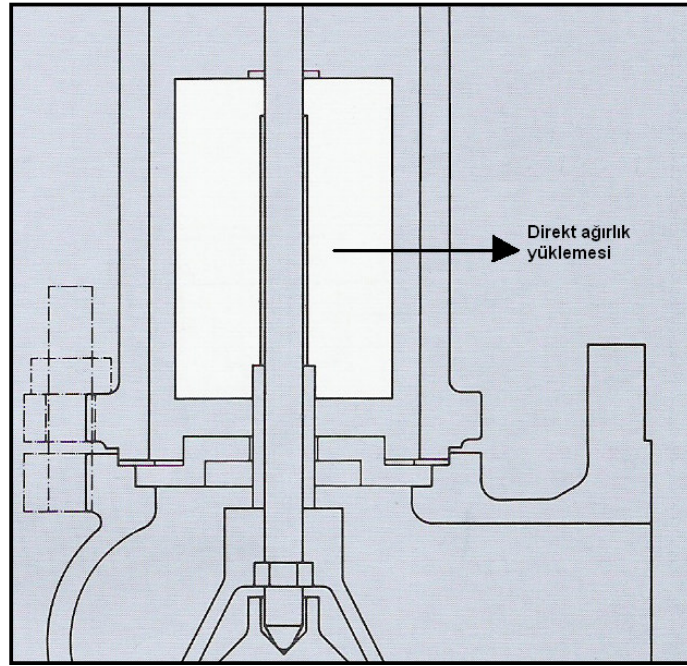
Ters basıncı dengelemek yada aşırı ters basıncı engellemek için sıkça kullanılan bir emniyet ventildir. Bu ventilin iç dizaynında **Şekil 5.3.**'da görüldüğü gibi bir körük mevcuttur. Emniyet ventilin dışarıya yüksek sızdırmazlık oluşturmasını sağlar ve emniyet ventili çalışma mekanizmalarını zararlı etkilere karşı korur. Bu emniyet ventilleri sızdırmazlığın

önemli olduğu yüksek basınç ve sıcaklıktaki buhar sistemleri, agresif akışkan kullanılan proseslerde sistemlerde sıkça kullanılır.



Şekil 5.3. Dengeleme körük conta uygulaması

#### 5.4 Direkt Ağırlık Yüklemeli Emniyet Ventili



Şekil 5.4. Direkt ağırlık yüklemeli emniyet ventili

Bu emniyet ventilleri, ayar açma basıncı ile sistem çalışma basıncı arasında çok küçük farklar olması durumunda kullanılmak üzere dizayn edilmiştir.

**Şekil 5.4.**'da görüldüğü gibi ventil mekanizmasında bir ağırlık yüklemesi mevcuttur. Bu tip emniyet ventilleri yaklaşık 0,1-0,5 bar arası fark basınçları olan uygulamalarda kullanılmaktadırlar.

## 5.5 Emniyet Ventillerinde Kullanılan Malzeme Kriterleri

Emniyet ventilleri üzerinde kazanılan tecrübeler sonucunda ulusal ve uluslar arası birçok standartta emniyet ventillerinde kullanılacak malzemeler ile ilgili açıklamalar bulunmaktadır. Aşağıda malzeme standardının belirlendiği koşullar ve malzeme cinsleri ile ilgili bilgiler başlıklar altında verilmiştir.

### 5.5.1 Düşük Sıcaklık

Düşük sıcaklıktaki proses ortamları için AD-Merkblatt W10'da belirtilen minimum mukavemetli malzeme uygulaması CrNi alaşımlı çeliktir.

Eğer emniyet ventili malzemesi dökme çelik olarak uygulanırsa AD-Merkblatt W10'a uygun olarak emniyet ventili kullanım sahası da artar. Bu bağlamda normal sıcaklıklardan daha düşük “-“ sıcaklıklarda maksimum ayar basıncına nazaran daha düşük ayar basınçlarında kullanım mümkündür. Bunun sebebi sistemin yarattığı dirence karşı gereken mukavemetin yanında, sistem sıcaklığından kaynaklanan direnç için gereken mukavemettir.

**Örnek:**

**Çizelge 5.1. Malzeme-Basınç-Sıcaklık ilişkisi**

| Malzeme   | I<br>$p_{max}$ | II<br>%50 $p_{max}$ | III<br>%25 $p_{max}$ |
|-----------|----------------|---------------------|----------------------|
| GP 240H   | -10°C          | -60°C               | -85°C                |
| GS-21Mn5V | -50°C          | -100°C              | -130°C               |

### 5.5.2 Asit Gazlarında Kullanılacak Emniyet Ventilleri

Asit gazı kullanılan uygulamalarda, emniyet ventilinin malzemesi belirlenirken bazı ölçümler alınmalıdır. Aşağıda alınması gereken ölçümler ve kullanılması gereken malzemeler ile ilgili maddeler mevcuttur.

- Analiz sınırlaması yapılmalıdır(karbon, sülfür, fosfor)
- Isıl karakteristiğe ait sınırlamalara mutlaka uyulmalıdır. Eğer uygulamada gerekiyorsa sisteme zararsız materyal analizi yapılmalıdır. Isıl karakteristiğe uyulmaz ve bu bağlamda materyal analizi yapılmaz ise asit gazının patlayıcı özelliği ciddi kazalara ve hasarlara yol açabilir.
- Akışkan ortamıyla temasa girecek olan tüm yüzeyler standartlarda belirtildiği üzere en azından CrNi alaşımlı çelik olmalıdır. Aksi takdirde temas elemanları koroze olacaktır ve mukavemetini kaybedecektir.
- Asit gazında kullanılması gereken emniyet ventilleri kapalı boneli olmalıdır. Böylece asit gazının ortamla teması kesilmiş olur. Kapalı boneli emniyet ventillerinde, bone ve gövde arasındaki bağlantıyı sağlayan bağlantı elemanları en azından A2 malzemeden imal edilmelidir.

### 5.5.3 Oksijen Uygulamalarında Kullanılacak Emniyet Ventilleri

Oksijen yanıcı bir gazdır ve patlama riski bulunmaktadır. Oksijen uygulamalarında kullanılacak emniyet ventilleri “yağ ve gres” içermemelidir. Bütün bunların sebebi yanma riskini ortadan kaldırmaktır. Bundan dolayı oksijende kullanılacak emniyet ventilleri yüksek dayanıma ve yüksek sızdırmazlık özelliğine sahip olmalıdır. Bu uygulama için gerekli doneler UV Sauerstoff-VBG 62 standartlarında belirlenmiştir.

## 5.6 Emniyet Ventillerinde Yumuşak Sızdırmazlık Elemanı Uygulama Tipleri

Yumuşak sızdırmazlık elemanı, sızdırmazlık gereksinimi çok yüksek olan uygulamalarda, örneğin; enerji santralleri, gaz dolum tesisleri ve su tedarik sistemlerindeki proses teknolojilerinde, metal sitli emniyet ventillerinin yerine kullanılırlar.

### 5.6.1 Yumuşak Contalı Sitlerin Avantajları

- Yumuşak sızdırmazlıklı emniyet ventilleri, genel olarak metal sitli emniyet ventillerine nazaran 100 kat daha fazla sızdırmazlık sağlamaktadır.

- Metal sitli ventillere nazaran kirlenmeden daha az etkilenir ve yumuşak conta ile çevrelenmiş sit bu sayede akışkan içinde gelebilecek katı partiküllerden etkilenmez.
- Açma ve kapa sırasında sit yüzeyine uygulanan darbeler yumuşak conta tarafından absorbe edilerek sit yüzeyinin aşınması engellenmiş olur. Böylece süreç içerisinde aşınma ile oluşan sızdırmazlıktaki azalma, daha uzun bir sürece yayılmış olur

Yumuşak conta sadece sızdırmazlık işlevine sahiptir, herhangi bir mekanik direnç yada kuvvet yaratmaz. Emniyet ventili her zamanki gibi metal mekanizma sayesinde işlem yaparken, conta bu sırada ventil işletimine yardımcı olur.

### 5.7 Ters Basınç ve Körük

DIN 3320 normuna uygun tanımlamada, oluşan ters basınç ile ek ters basınç arasında hesaplama yapılır. Oluşan ters basınç, ventilin çıkışında mevcut bulunan statik basınçtır, bu basınç deşarj sürecinde üretilir. Bunun anlamı oluşan ters basıncın, sadece ventil açıkken ve deşarj hattının direncine bağlı olarak üretildiğidir. Deşarj hatlarının direnci, uzunluklara ve nominal ölçülere bağlı olarak oluşur, dirsekler ve diğer bileşenler ile sondan bir önceki susturucunun oluşturur.

Ek ters basınç, ventil çıkışında oluşan basınçtır, tam olarak ventilin kapandığı sırada oluşur, basınç sistemi içerisine, patlama hattı boyunca, eklenir.

Gerekli olan fark hesabı, sabit ek ters basınç ile değişken ek ters basınç arasında hesaplanır. Sabit ek ters basınçlı uygulamalarda körük sızdırmazlığı olmayan yay yüklemeli emniyet ventiline fark basıncı ( $p_{af}$ ) olarak ayarlanmalıdır, burada sonuç olarak test basıncı( $p_e$ ) ile yayın ön gerilimi hesaplanır ve bu değer ayar basıncı olacak olan ( $p$ ) basıncından daha küçüktür.

Değişken ek ters basınçlı uygulamalarda, emniyet ventili ayar basıncına ayarlanmalıdır(yani test basıncı ayar basıncına eşittir). Körük sızdırmazlığı kullanılmayan tam kalkışlı emniyet ventillerinde, değişken ek ters basınç tehlikesine karşı, ayar basıncının %5 üzerinde maksimum değerinde olmalıdır. Değişken ek ters basıncın %0 ile %30 arasında olduğu durumlarda, körük sızdırmazlığı kullanımı zorunludur. Bu uygulama ventil açma konumundayken oluşacak olan ters basıncın yaratacağı etkiyi dengeler.

#### 5.7.1 Ters Basınç Dolayısıyla Boşaltma Miktarındaki Azalma

$$P_a = P_{ae} + P_{af}$$

Akışkan ortamına bağlı olarak, emniyet ventilinin akış katsayısı  $\alpha_w$ , değişmez sabittir ve deşarj miktarındaki azalma boyutlandırma denklemi içerisine basınç farkı  $(p-p_a)$  eklenerek bulunur. Gaz ve buhar ortamlarında deşarj miktarındaki düşüş  $p_a/p > 0,25$  aşağıdaki işlemler ile elde edilir:

- Boyutlandırma denklemindeki basınç oranına  $(p_a/p)$  bağlı olarak akış katsayısı  $\alpha_w$  eklenerek veya,
- Boyutlandırma denklemindeki basınç oranına  $(p_a/p)$  bağlı olarak deşarj fonksiyonu  $\Psi$  eklenerek elde edilir.

(Bu bağlamda basınç oranına  $(p_a/p)$ , mutlak basınç oranıdır!).

Bu durumlar için, fonksiyonel emniyet varsayılır, yani emniyet ventilindeki kaldırma işlemi kesinmiş gibi kabul edilir.

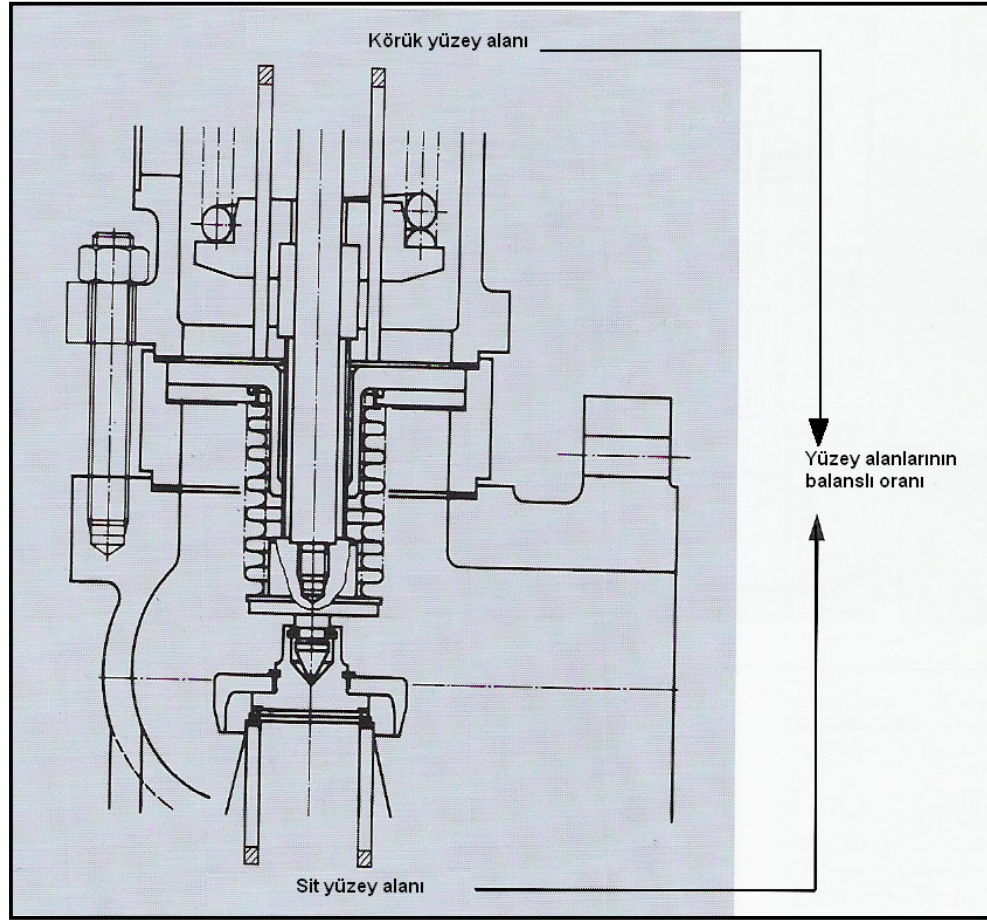
### 5.7.2 Çıkış Kısımının Bileşenlerinin Boyutlandırılmasında Güç İlişkisi

Emniyet ventillerinin çıkış kısmının dayanıklılığı (gövde parçaları, bağlantı elemanları ve körük contası) malzemeye, basınca ve sıcaklığa bağlıdır. Üretici firmalar tarafından ters basınca bağlı olarak bunların işleme katılması gerekmektedir, gerektiğinde özel dizaynlar yaratılmaktadır. Tekli veya çoklu körük contaları kullanımı sıcaklık seviyesi ve ters basınca bağlı olarak belirlenir, tıpkı körük ölçüsünün ve malzemenin belirlendiği gibi.

### 5.7.3 Körük

Körük, aşağıdaki sebeplerden dolayı emniyet ventillerine eklenmiştir:

- Ortamdaki zarar verici etkilere karşı emniyet ventili iç aksamını korumak,
- Atmosfere sızdırmazlığı çok yüksek seviyede sağlamak,
- Ek ters basınçtan veya aşırı basınçtan kaynaklanan etkilerin dengelenmesinde.

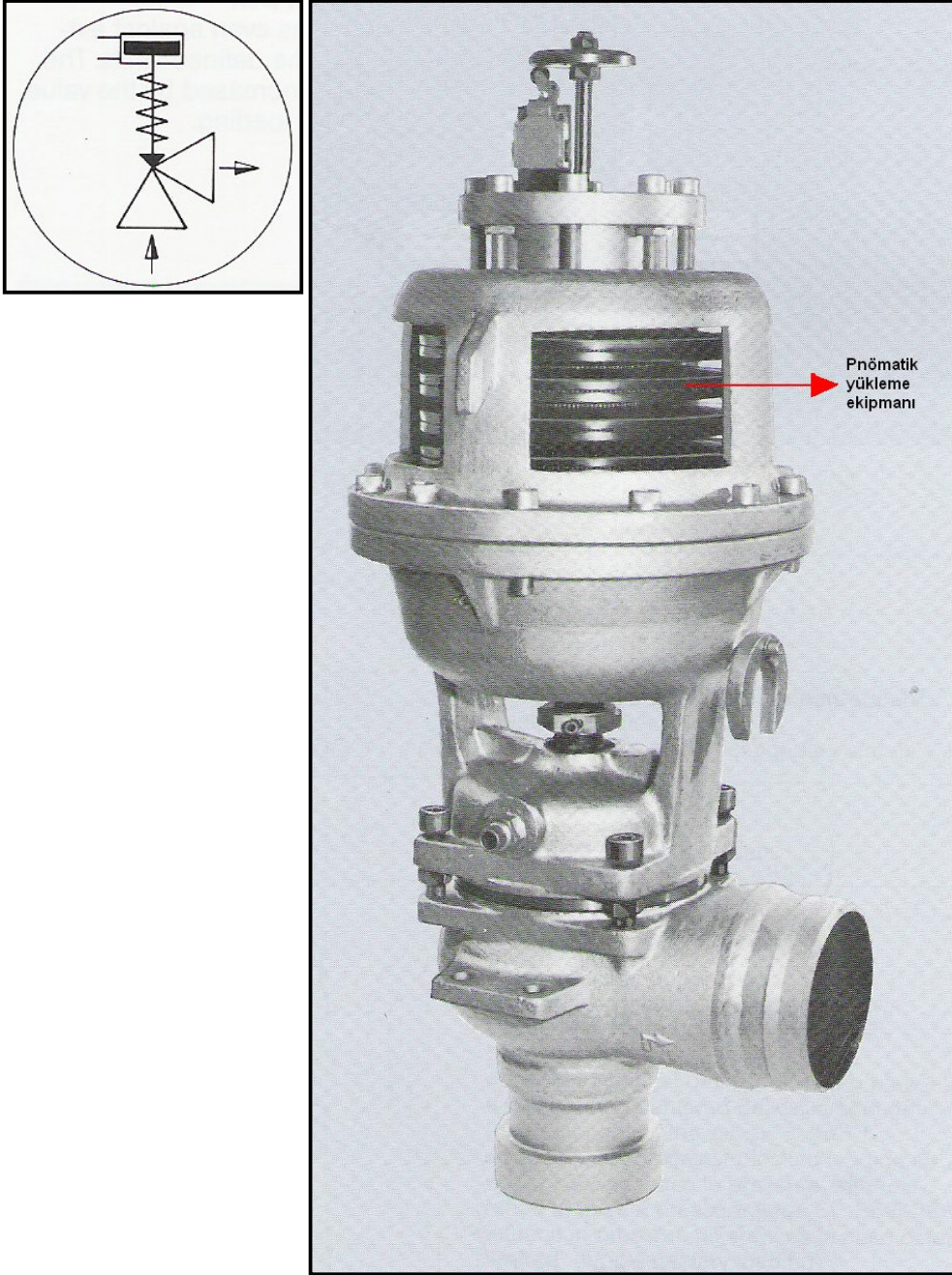


**Şekil 5.5. Körük**

Körüğün ana çapı, emniyet ventili sitinin çapına uyarlanılarak, senkronize edilir. Körük içerisindeki boşluk atmosfere açılır ve sit ile körüğün benzer yüzey alanları sayesinde ters basınç etkisi dengelenir. Ayar basıncı, ventil mekanizmasının açmaya ayarlandığı basınçtır.

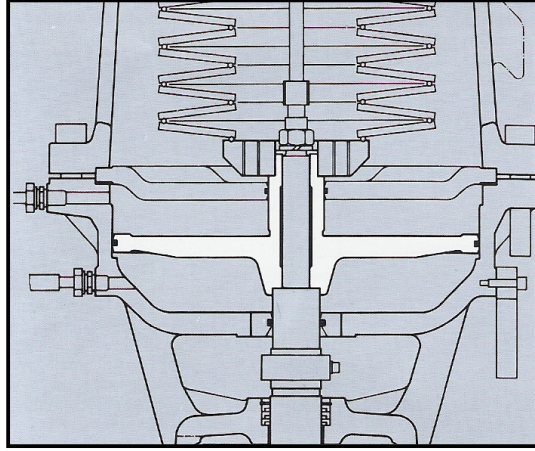
### **5.8 Yay Yüklemeli Emniyet Ventilleri ile Pnömatik Yükleme**

Çok yüksek basınç ve deşarj miktarları gerektiren uygulamalarda pnömatik yüklemeli emniyet ventilleri kullanılır. Bu emniyet ventilleri pistonlu sit mekanizmalarıyla çalışır, sit alanını kapatan bir piston mekanizması mevcuttur. Piston, sistem kritik basınca ulaştığında pnömatik yükleme tarafından kaldırılır ve deşarj sağlanır. Pnömatik yüklemeli sistemler deşarj sırasında sabit işlev görürler.



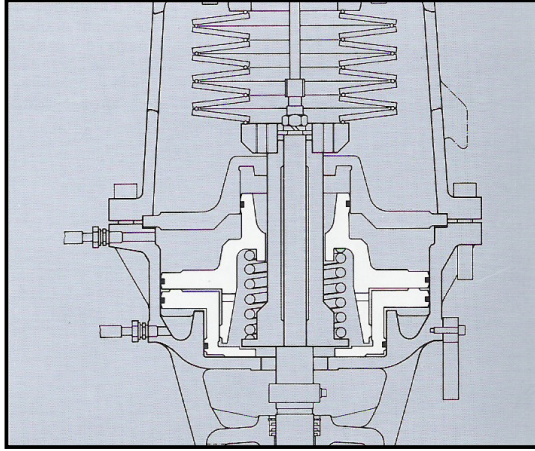
**Şekil 5.6. Pnömatik yüklemeli emniyet ventili örneği**

- Tek pistonlu ek yükleme: Bu tip emniyet ventilleri elektro-pnömatik kontrol aracılığı ile limitsiz ek yükleme sağlar. Sistem yüküne göre kontrol gerektiren proseslerde kullanılır.



**Şekil 5.7. Tek pistonlu pnömatik emniyet ventili**

- Limitli ek yükleme, ikili flying piston: Bu emniyet ventili, sit yüzeyine oturan birbirinden bağımsız hareket edebilen iki adet pistonlu mekanizmaya sahiptir. Sistemdeki aşırı basınç, pnömatik ekipmanda yüklü olan havaya karşı pistonları iter.



**Şekil 5.8. Çift flying pistonlu, pnömatik yüklemeli emniyet ventili**

Bir piston pnömatik yükleme ile işlev görürken, diğer piston yay yüklemesi ile çalışır. Bu emniyet ventilleri ek yükleme değerine göre ayarlanır.

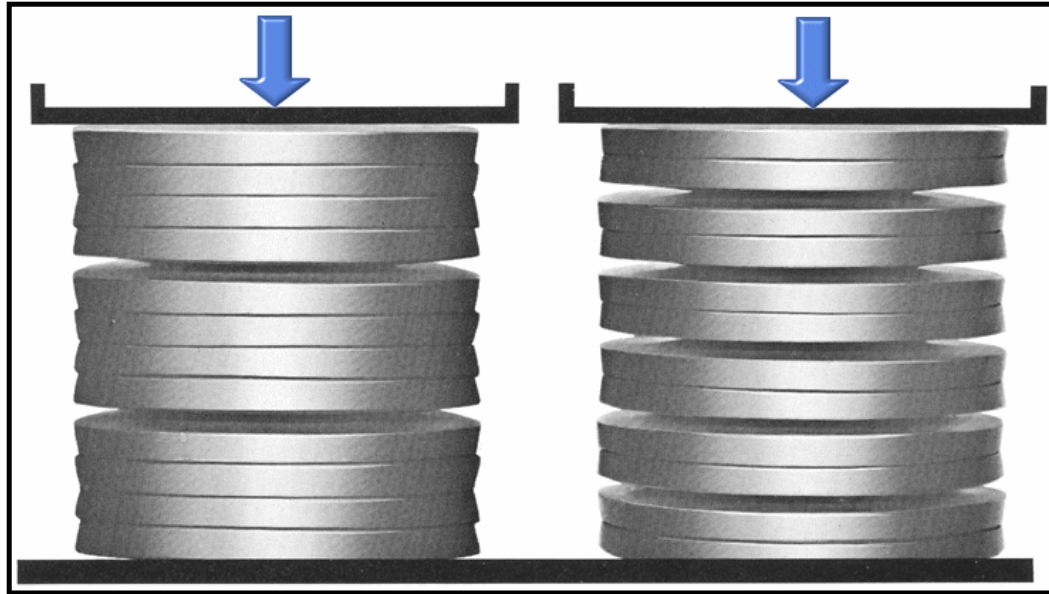
Pnömatik yüklemeli emniyet ventilleri, kullanılacağı sistemin kurulum ağırlığını azaltır. Pistonlu sistemleri sayesinde, sismik karakteristikleri prosesi olumsuz etkilemez.

## 6. KONTROLLÜ VE KONTROLSÜZ EMNİYET VENTİLLERİ

### 6.1 Kontrolsüz Yay Yüklemeli Emniyet Ventillerinin İşlevi

Yay yüklemeli emniyet ventillerinde yayın gerilimi, basınca ve site oturan konik mekanizmanın altındaki akış kuvvetlerine karşı direnç uygular.

Kalkma alanının tam üzerindeki bu kuvvetlerin koordinasyonu ve kapasite alanındaki optimal adaptasyon(dışa akış) sayesinde yay yüklemeli emniyet ventilleri başarılı şekilde çalışır. Yay yüklemeli emniyet ventillerinde kullanılan yay Belleville adı verilen özel bir yaydır. Bu yay bilye merkezli olduğundan kendi kendini ortalama refleksine sahiptir, bu özelliği sayesinde sitte bir balanslama işlevi görür.



Şekil 6.1. Belleville yayı temsili

Şekil 5.1.'da görüldüğü gibi Belleville yayı özel olarak dizayn edilmiş bir yaydır ve ventile ek yükleme kuvveti sağlar. Yay yapısal karakteristiği gereği dengeli bir kuvve kontrolü sağlar.

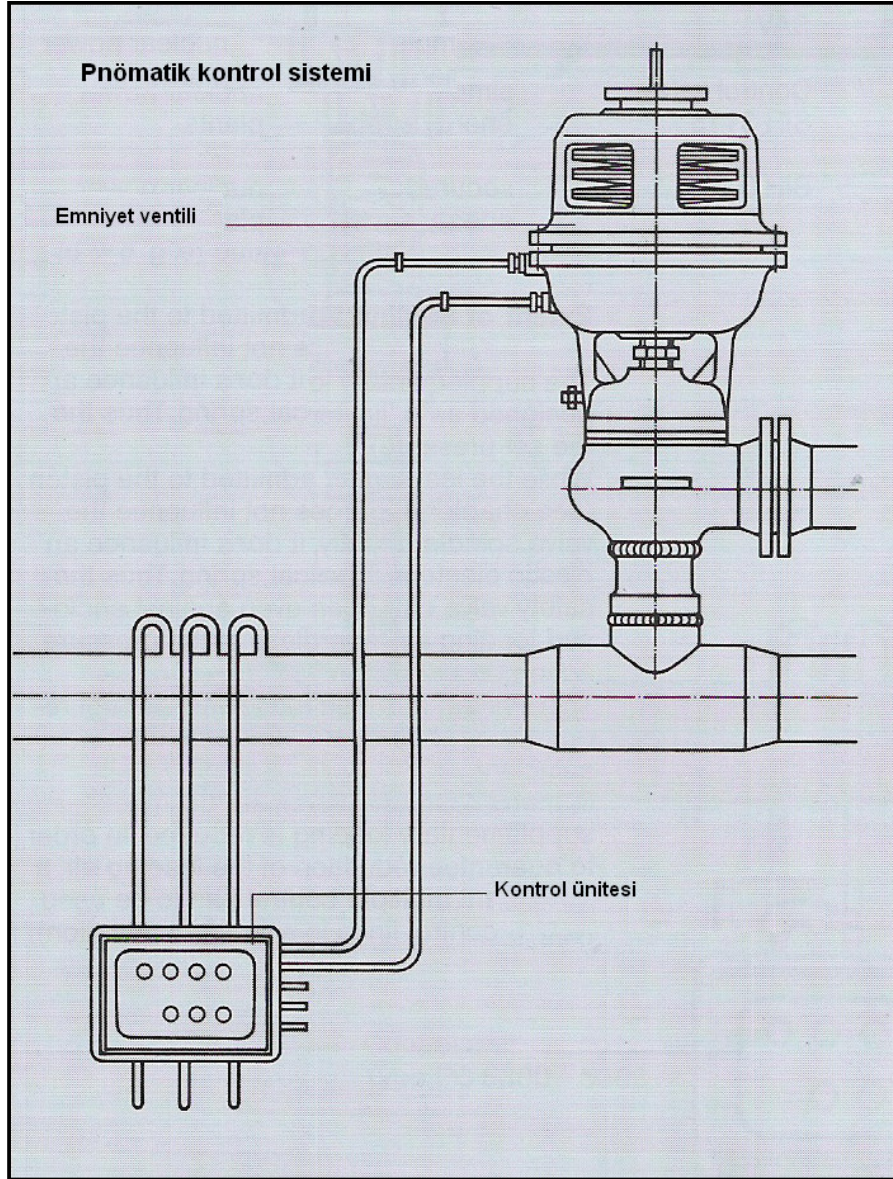
Bu tip ventiller tamamen mekanik yapıya sahip olduklarından, mekanik olarak işlev görürler ve ventillerin kontrolleri ancak manuel olarak yapılabilir. Bundan dolayı bu sistemler kontrolsüz olarak nitelendirilir.

### 6.2 Kontrollü Emniyet Ventillerinin İşlevi

Kontrollü emniyet ventilleri tepki derecesini arttırmak için kullanılırlar. Kontrollü emniyet

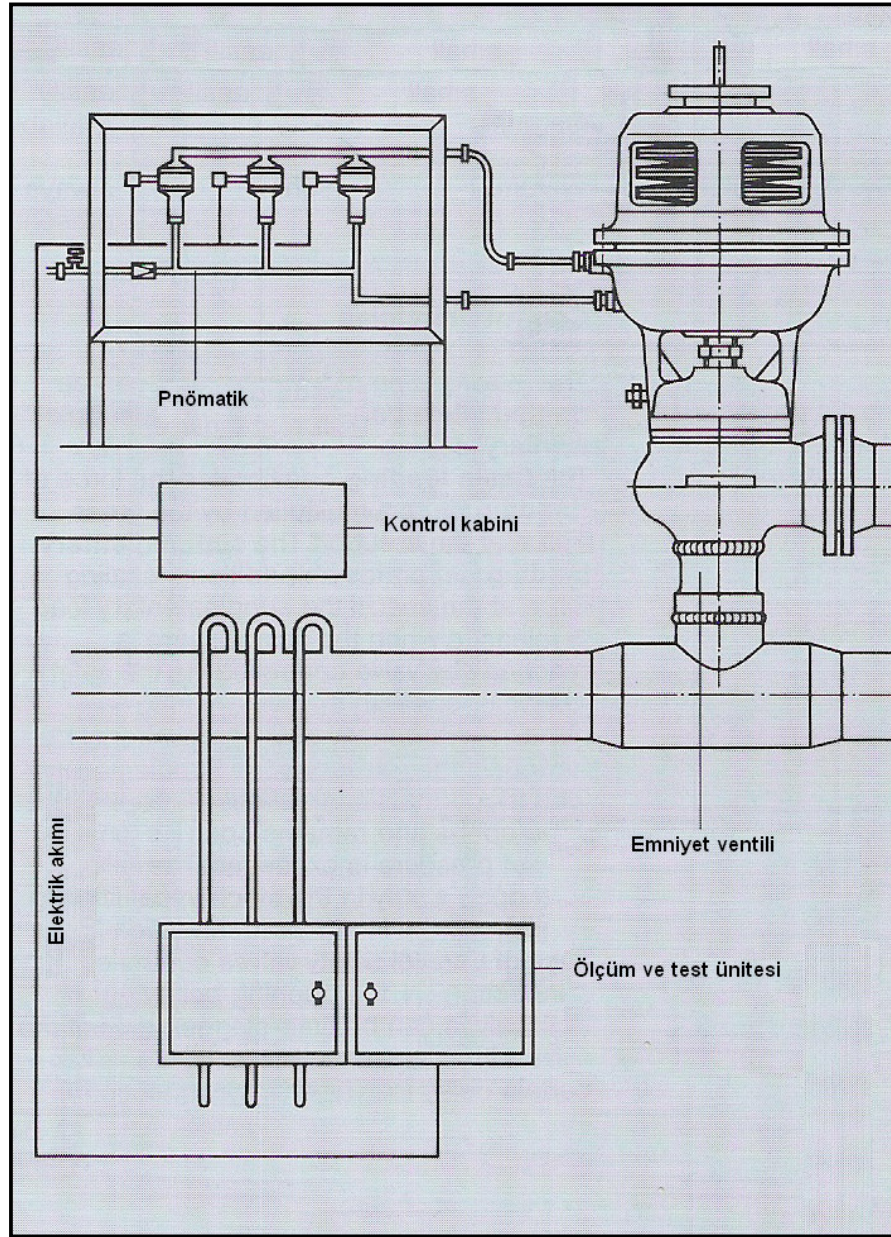
ventilleri sayesinde sabit açma ve kapama işlemi sağlanmış olur.

Pnömatik eklemeli sistemlerde, piston üzerine yüklenen hava sayesinde ek sızdırmazlık, pistonun altına yüklenen havayla ayar basıncı altındaki basınçlarda ventilin açma ve kapaması sağlanır.



**Şekil 6.2. Pnömatik kontrol sistemi**

Selonoid vana aracılığı ile pnömatik yüklemeli sistemler elektro-pnömatik hale getirilebilir, bu tip ventiller selonoid eklenti sayesinde yüklemeye bağlı kontrol yapabilirler.



**Şekil 6.3. Elektro-Pnömatik kontrol sistemi**

Kısaca kontrollü emniyet ventilleri şu şekilde tanımlanabilir:

Ayar basıncına ulaşıldığında, emniyet ventilindeki pistonun üzerinden yüklenen hava basıncı kontrol ünitesi tarafından azaltılır ve piston açma işlemine başlar. Emniyet ventili hava basıncı azaltıldığı sırada açık veya pistonun altında hava yüklemesi ile kaldırma olmaksızın

kontrol mekanizmasına bağılıdır.

Sistem basıncı istenilen değerlere düşürüldükten sonra, kontrol ünitesi pnömatik sisteme tekrar hava yüklemeye başlar piston üzerine uygulanan basınç kuvveti ile sit alanına oturarak ventili kapatır. Böylece ventil deşarj işlemini keser ve yüklenen havanın yarattığı kuvvet ile ek sızdırmazlık sağlanır.

Emniyet ventilleri kontrol kurallarına göre; kontrol komutu sinyalleri en az üst üste 3 defa yapılarak ventilin açılmasını gerektirir. Bunun sebebi anlık basınç yükselmelerinden sistemin etkilenmesini engellemek ve kontrol mekanizmasında oluşacak arızaların sistem dinamiğini engellemesinin önüne geçmektir.

### **6.3 Kontrollü Emniyet Ventillerinin Seçim Kriterleri**

#### **6.3.1 Temel Prensipler**

Genel olarak iki önemli sebep kontrollü emniyet ventillerinin kullanımında karşımıza çıkmaktadır.

- Statik durumların gelişmesi; örneğin, arttırılmış sızdırmazlık, tepki zamanında doğruluk, ayar değerlerinin arttırılabilmesi gibi.
- Dinamik durumların gelişmesi; örneğin, açma sayısının azalması ve belirlenen basınç farkları ile deşarj prosedürünün sabitleştirilmesi, ayar değerlerinin altındaki değerlerde istendiğinde kontrollü deşarj ve ventildeki ayarlama ve bakımlarda kontrol kolaylığı.

Ek olarak, yüksek basınç veya ventilin boyutları kontrollü emniyet ventillerinin kullanımını gerektirir.

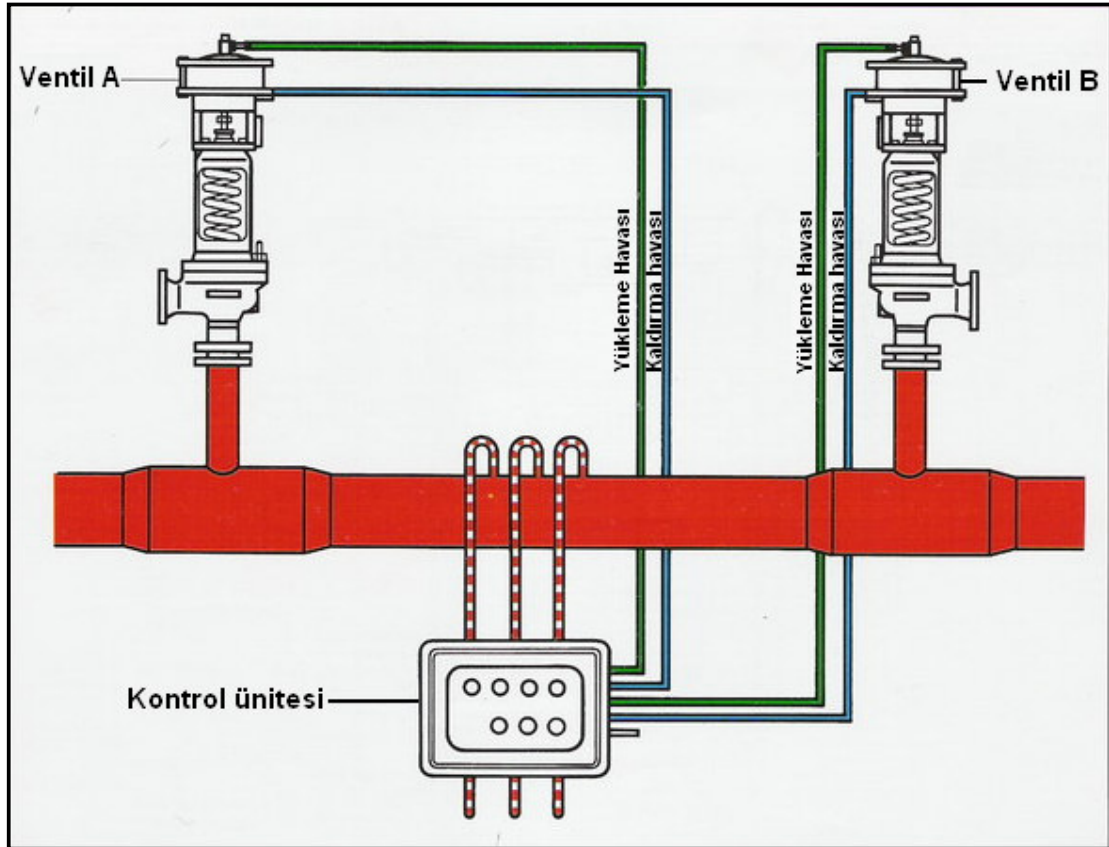
#### **6.3.2 Kontrollü Emniyet Ventillerinde Kontrol Prensipleri**

Emniyet ventillerinde akış kuvvetlerine ve basınç kuvvetine karşı yüklenen kuvvetlerin toplamı, temel yükleme ve ek yükleme arasında bölüştürülür.

Temel yükleme, ayar basıncı ile kapatma esnasında oluşan kesit alanının çarpılması ile elde edilen kuvvete eşittir. Ek yüklemenin amacı, sitteki sızdırmazlık derecesini arttırmaktır. Ek yüklemeli emniyet ventillerinde sızdırmazlık derecesi limitli değerlerle dizayn edilir, örneğin ayar basıncının yüzdesi olarak bu değerler belirlenir. Bu belirlenen değer mili ve sit alanını deforme etmemelidir, bunun için genelde yüksek basınçlı yükleme havası ile çalışan sistemlerde yumuşak sızdırmazlık ekipmanı kullanılır. Ayar basıncına ulaşıldığında ek

yüklemeye serbest bırakıldığında, ventil açma karakteristiğine bağlı olarak (Normal, tam kalkışlı, oransal kalkışlı) açma işlemine başlar ve emniyet ventili kontrolör aracılığı ile kontrol edilir. Eğer ek yüklemenin serbest bırakılması, kalkış kontrolünü tetikleyecek şekilde senkronize edilirse, ventil açılır ve açıldığı noktada durur, bu işlem ayar basıncına ulaşıncaya kadar devam eder. Ventil, kaldırma havası vasıtası ile (N bağlantı) mekanik kaldırma duruş pozisyonunda kararlı şekilde sabit tutulur. Eğer proseste paralel emniyet ventili uygulaması yapılacak ise TN bağlantı yapılır, paralel bağlantılı emniyet ventillerinde her iki ventilde açma karakteristikleri aynı olmalıdır. TN bağlantıda sistem birbirine yedekli şekilde çalışır.

Kontrolör önce N bağlantılı ventili açar, bu esnada T bağlantıdaki ventil beklemede kalır ve gerektiğinde oda devreye girerek boşaltma işlemine yardım eder. Eğer N bağlantılı ventil gerektiğinde açılmıyorsa (arıza dolayısıyla) yedeği olan T bağlantıdaki ventil boşaltma işlemini üstlenir.



Şekil 6.4. Pinömatik sistem bağlantı şeması

**Çizelge 6.1. Bağlantı şekilleri çizelgesi**

| <b><u>Bağlantı Tipi</u></b> | <b><u>Ventil A</u></b> | <b><u>Ventil B</u></b> |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>N</b>                    | Kaldırma havalı        | -----                  |
| <b>T</b>                    | Kaldırma havasız       | -----                  |
| <b>N2</b>                   | Kaldırma havalı        | Kaldırma havalı        |
| <b>T2</b>                   | Kaldırma havasız       | Kaldırma havasız       |
| <b>TN</b>                   | Kaldırma havasız       | Kaldırma havalı        |

Kontrollü emniyet ventillerinin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ventil açma doğruluğu daha yüksektir ve açma istendiği anda çok hızlı olarak işlem gerçekleştirilebilir.
- Kontrollü emniyet ventillerinin kontrollü yönetimi ek yükleme üzerinden yapılır ve bu ek yüklemeler ayar basıncına ulaşıncaya kadar ventilde ek sızdırmazlık sağlar.
- Kontrol ekipmanı için gerekli olacak ek yükleme pnömatik veya selonoid vana yardımı ile kullanılabilir.
- Kontrollü emniyet ventilleri direkt etkili ventillere(mekanik ventiller) nazaran daha geniş basınç aralıklarında kullanılabilir.

## **6.4 Kontrol Sistemi Uygulamaları**

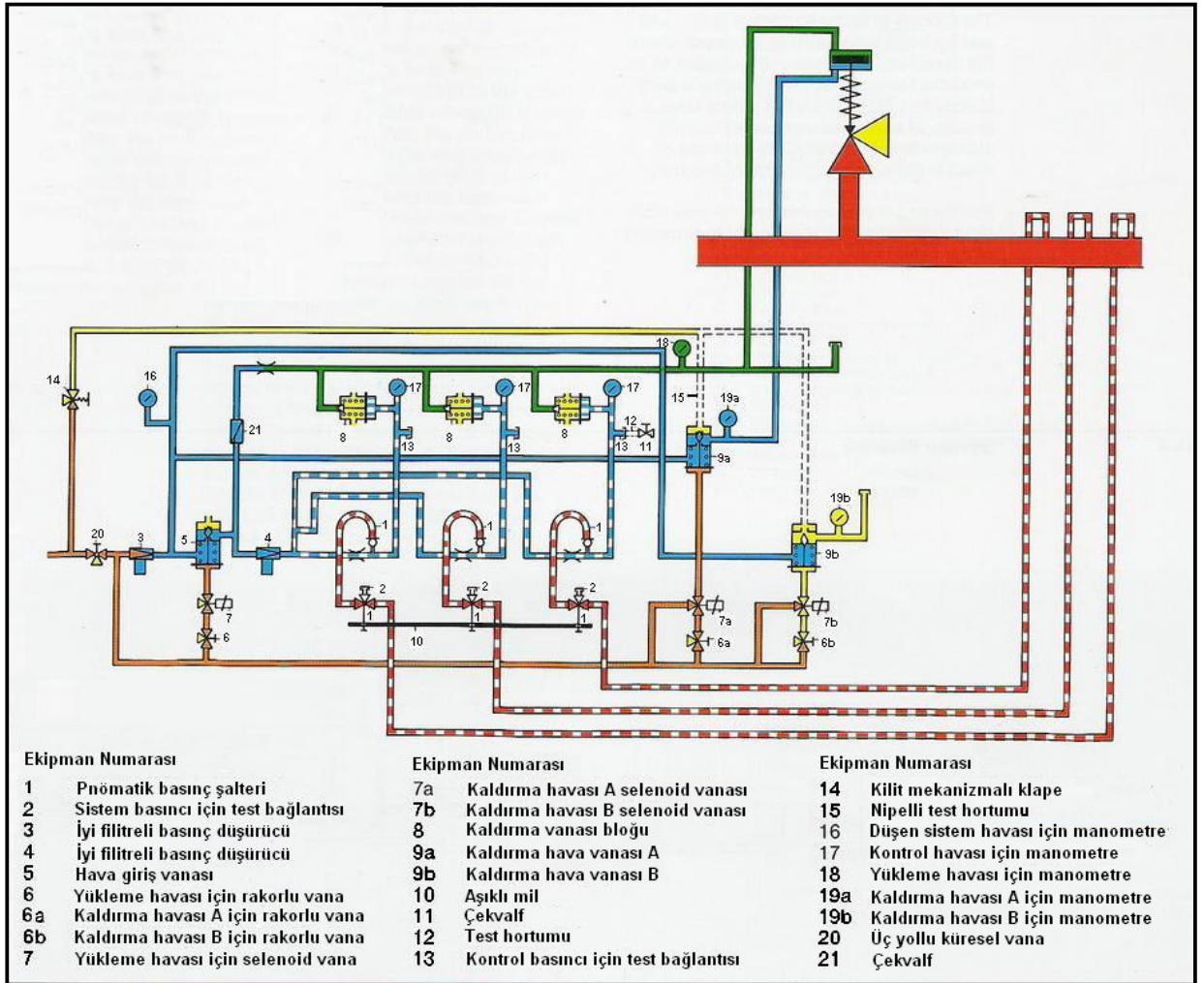
### **6.4.1 Pnömatik Yüklemeli Sistemde Kontrol Uygulaması**

Sistem kontrolü bir kapalı devre içerisinde sağlanmakta, gerekli hava ise prosesteki sıkıştırılmış hava sisteminden temin edilir.

Sistem havasının basıncı belirlenen basıncın altına düştüğünde, yüksek basınç ana vananın altında açma etkisi ile kaldırma havası tarafında sağlanır. Kaldırma havası vanalar aracılığı ile tesisata bağlanabilir(6a+6b), böylece kaldırma havası uygulamalı çalışma sağlanır veya vanalarla kaldırma vanasının bağlantısı kesilerek kaldırma havası uygulaması olmadan sistem kullanılabilir. Aynı yöntem ile selonoid vanalar kullanılarak(7a+7b) uzaktan kontrol ve işletim sağlanabilir. Kapatma istikametinde etki eden yükleme havası hava giriş vanasından

sonra(5) dallara ayrılır ve rakorlu vana(6) kullanılarak on-off kullanım sağlanabilir veya uzaktan kontrol sağlamak için (7) selenoid vana kullanılır.

Eğer ayar basıncı basınç şalterleri(1) ile ayarlanıyorsa ve ayar basıncı değeri aşılsa, menfez vanasındaki(8) kontrol basıncı düşürülür, böylece yüklenmiş olan hava açıklıktan deşarj olur. Hava giriş tarafından sonraki hava miktarı, menfez hava bloğu(8) içerisine entegre edilmiş klape ile sınırlandırılır; böylece menfez vanalarının(8) deşarj kesit alanı daha çok genişler, sonuç olarak basınç düşüşü etkisiz kalır. Kontrol hava basıncı iyi filtreli(4) basınç düşürücü kullanılarak yüksek basınçlı olarak ayarlanır. Atım(pulse) hatlarının tepki düzeni kontrol havası için konulan basınç göstergesinde(manometre 18) gösterilir. Aynı zamanda kontrol havası manometreleri basınç şalterlerinin(1) ayarlanmasında kullanılır.



Şekil 6.5. Pnömatik kontrollü sistem şeması

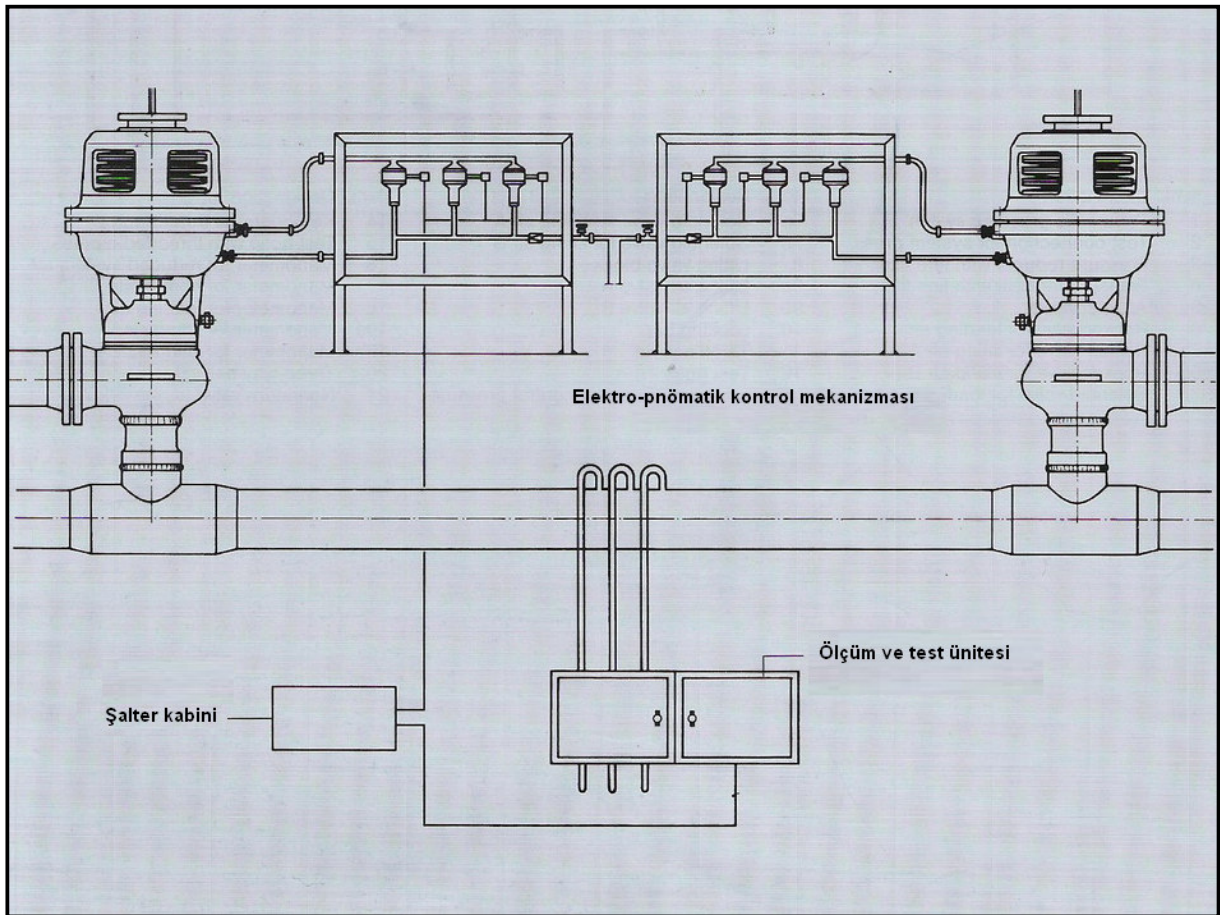
Yükleme ve kaldırma ventilleri (6,6a,6b) kullanıldığında aşağıdakiler olmalıdır:

- Ana vana ayar basıncı altında açılır(yükleme havası “off” , kaldırma havası ”on”)
- Ventilde kaldırma havası uygulaması yapılıp yapılmayacağı ön saptamalar dışında belirlenir.

Kontrollü sistemlerinde kontrolör üzerinden ventil çalışma karakteristiği ayarlanabilir.

#### 6.4.2 Elektro-Pnömatik Sistem Uygulaması

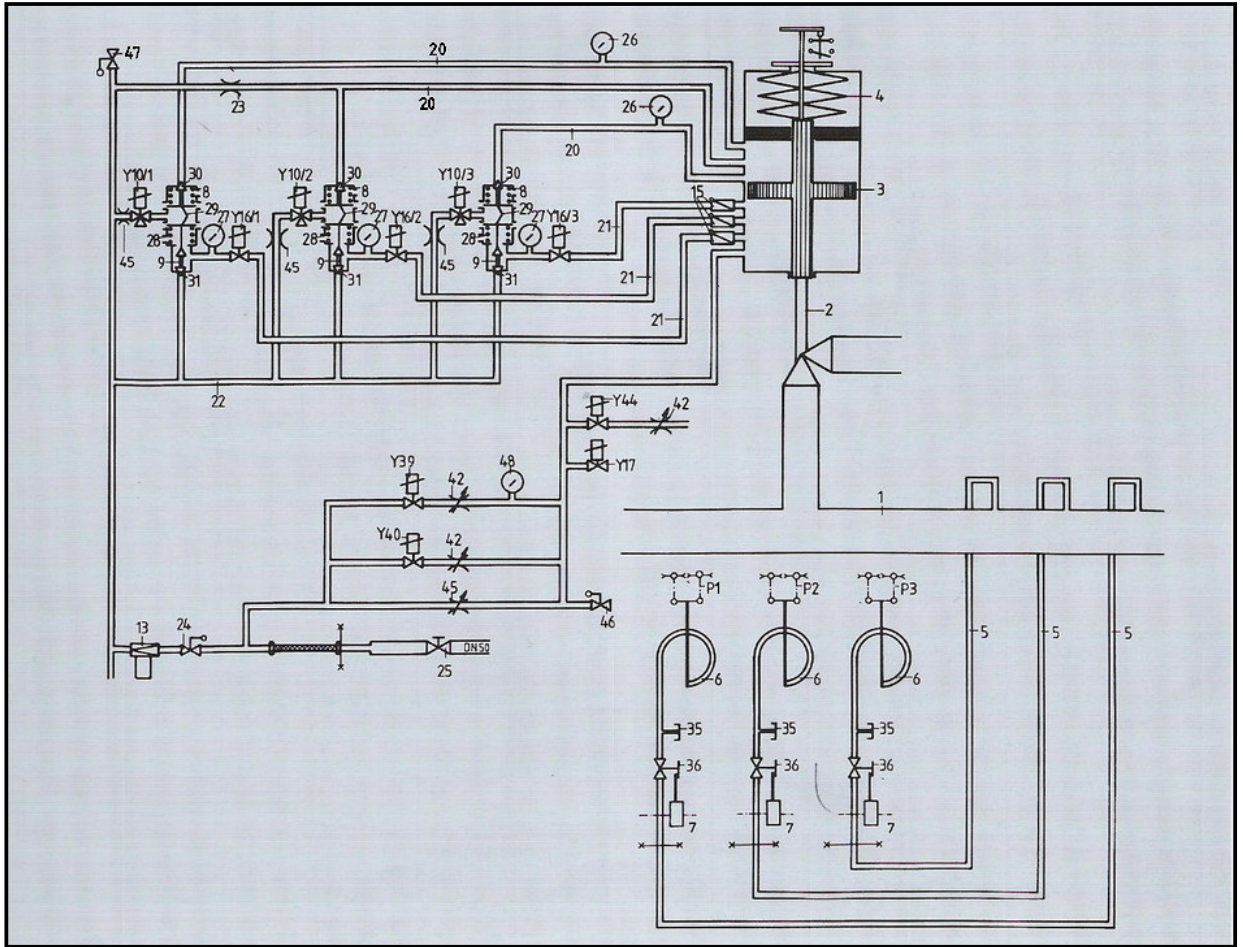
Elektro-Pnömatik kontrol sistemleri, her türlü koşulda ve büyük ventil ünitelerinde kullanılır. Sistemlerin dinamik davranışlı olduğu durumlarda, emniyet ventili özellikle hızlı reaksiyon gereksinimiyle eş zamanlı olarak koruma sağlar, örneğin buhar jeneratörlerinde bir yandan üretilen buhar diğer yandan tüketilmektedir ve depolama imkanı yoktur, bu durumda büyük kaynak kapasitesi çok kısa bir sürede küçük hacimde, yani boru sisteminde, bulunmaktadır. Böyle sistemlerde koruma işlemi çok hızlı şekilde sağlanmalı ve sistem emniyete alınmalıdır.



Şekil 6.6. Elektro-pnömatik sistem şeması

Yukarıda **Şekil 5.6.**'da elektro-pnömatik sistem genel olarak şema ile gösterilmiştir. Bu şekilde de görüldüğü üzere ventillerin üzerindeki pnömatik yükleme üniteleri elektro-pnömatik bir tesisata bağlıdır ve sistem kontrolü bu tesisat üzerinden yapılmaktadır. Ölçüm ve test ekipmanında sistemden pitot tüpü prensibi ile alınan değerler şalter kabinine gönderilir. Şalter kabininde birçok şalter bulunmaktadır ve her şalter bir anahtar görevi görür, ölçüm ekipmanından gelen değerler bu kabindeki şalterlere bir akım olarak gelir. Gelen akım açık yada kapalı konumda bulunan şalterlerde bir yol izler ve bu akım elektro-pnömatik sisteme ulaşarak burada değerlendirilir. Bu üniteye yapılan değerlendirme sonucunda kontrol ünitesinden pnömatik yükleme ekipmanlarına açma veya kapama yönünde hava yüklemesi yapılması komutu gelir.

Elektro-pnömatik sistemin detaylı şeması aşağıdaki gibidir :



**Şekil 6.7. Elektro-pnömatik kontrollü sistem şeması**

**Çizelge 6.2. Elektro-pnömatik sistem ekipmanları**

| Ekipman No. | Ekipman Tanımı                  | Ekipman No. | Ekipman Tanımı                                     |
|-------------|---------------------------------|-------------|----------------------------------------------------|
| 1           | Sistem Koruması                 | 20          | Yükleme havası hattı                               |
| 2           | Emniyet Ventili                 | 21          | Kaldırma havası hattı                              |
| 3           | Pnömatik piston                 | 22          | Hava hattı                                         |
| 4           | Disk yayı                       | 23          | Yükleme hava kaynağı klapesi                       |
| 5           | Basınç sinyal hattı             | 24          | Küresel vana                                       |
| 6           | Bourdon yayı                    | 26          | Yükleme havası manometresi                         |
| 7           | Kilitleme miknatısı             | 27          | Kaldırma havası manometresi                        |
| 8           | Yükleme havası diyafram vanası  | 28          | Diyafram vana içindeki basınç yayları              |
| 9           | Kaldırma havası diyafram vanası |             |                                                    |
| 10          | 3 Yollu selenoid vana           | 29          | Diyaframlar                                        |
| 13          | Basınç düşürücü vana            | 30          | Yükleme havası için diyafram vanadaki tekli koni   |
| 15          | Çekvalf                         | 31          | Kaldırma havası için diyafram vanadaki çiftli koni |
| 16          | İç akış selenoid vanası         | 42          | Ayarlanabilir klape                                |
| 17          | İç akış selenoid vanası         | 44          | İç-akış selenoid vanası                            |
| 19          | Mikroşalterler                  | 45          | Kontrol hava kaynağı klapesi                       |

Yukarıda verilmiş olan sistem şemasında boru içinden(20) hava girişi(yaklaşık olarak 4 bar) pnömatik sisteme yükleme yapmak için ana ventilin(2) pistonu üzerinden sisteme verilir. Pistonun altındaki boşluk diyafram vana(9) ve selenoid vana(17) yoluyla atmosfere bağlanır. Dizayn basıncına ulaşıldığında, Bourdon yayı(6) (Şekil 5.8.'da temsili fotoğrafı bulunmaktadır) ve mikro şalterlerden oluşan pulse elemanı 3 yollu selenoid vana(10) ile bağlantıya geçer.

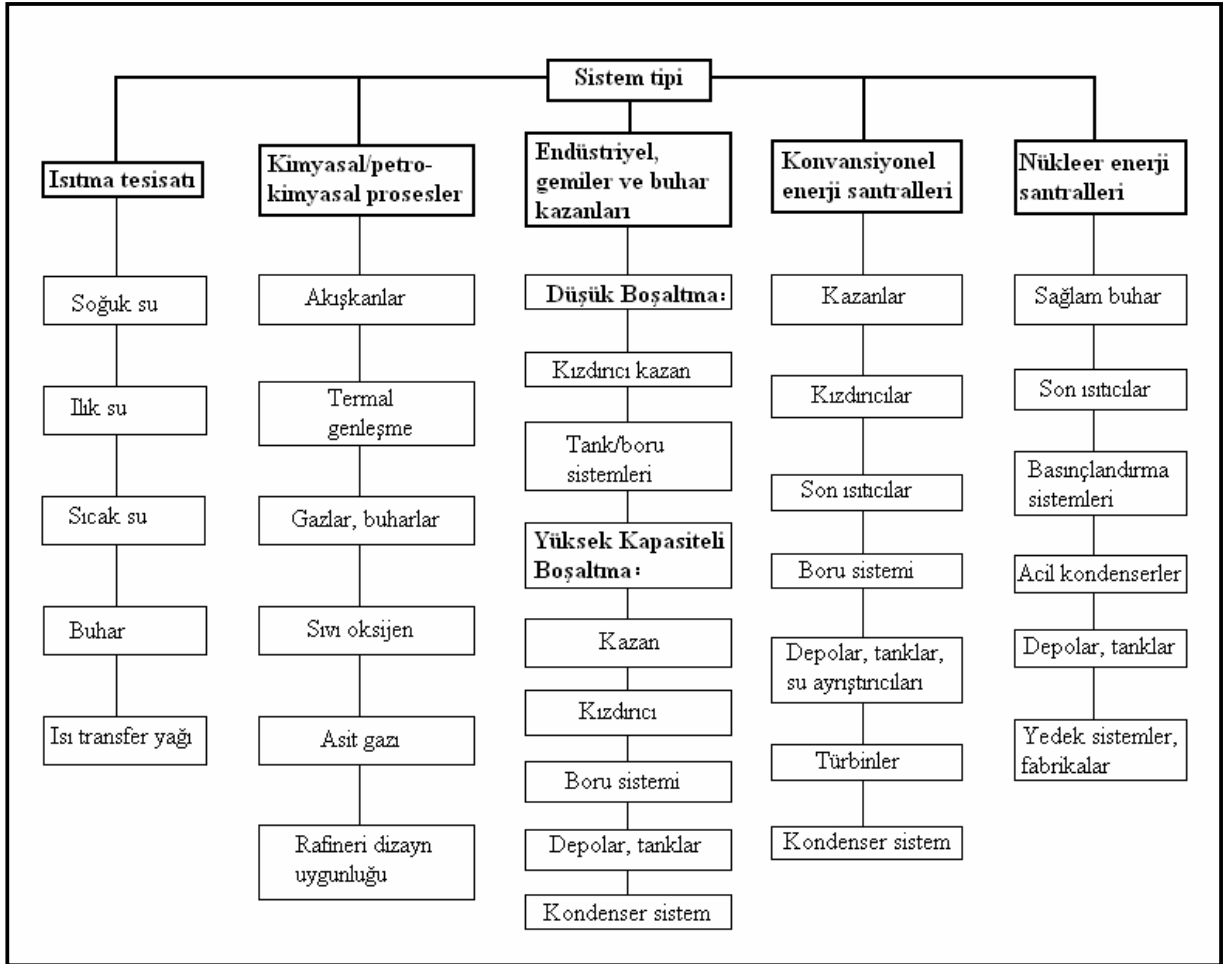
**Şekil 6.8. Bourdon yayı temsili**

## 7. EMNİYET VENTİLLERİNİN SEÇİMİ

Emniyet ventili seçimlerinde sistemde bulunan bütün gereksinim ve özelliklere dikkat edilmelidir. Emniyet ventilleri geniş kullanım alanları için modüler olarak dizayn edilirler, uygun emniyet ventilleri de olabilecek en geniş teknik gereksinimler belirlenerek seçilmelidir. Bundan önceki ünitelerde anlatılan emniyet ventili özellikleri emniyet ventili seçimlerinde ilk kriterdir.

### 7.1 Emniyet Ventilini Sistem Tipine Göre Seçilmesi

Emniyet ventilleri sistemde bulunan akışkana uygun olarak seçilmelidir, bu emniyet ventili tipinin belirlenmesinde en kolay yöntemdir. **Şekil 7.1.**'daki şemada değişik sistem tipleri bir tablo halinde verilmiş, sistemlerde olabilecek akışkanlar belirtilmiştir.



**Şekil 7.1. Emniyet ventili kullanılan sistemler ve sistem akışkanları tablosu**

## 7.2 Teknik Verilere ve Gereksinimlere Uygun Seçim

Tip seçimleri açma ve kapama karakteristiklerine göre aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Çizelge 7.1. Ortam ve basınca göre ventil tipi belirlenmesi**

| Ortam    | Basınç  | Yay yüklemeli ventiller     |                              | Oransal emniyet ventilleri | Kontrollü ventiller         |                                 | Reaktör dizaynı                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|----------|---------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
|          |         | Standart emniyet ventilleri | Tam kalkışlı emniyet ventili |                            | Standart emniyet ventilleri | Tam kalkışlı emniyet ventilleri | Yaylı tam kalkışlı emniyet ventili | Kontrollü tam kalkışlı emniyet ventili | Yaylı tam kalkışlı emniyet ventili | Kontrollü tam kalkışlı emniyet ventili | Ek yüklemeli blokeli emniyet ventili |
|          |         |                             |                              |                            |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
| Buharlar | ≤ 3 bar | +10%                        | + 5%                         | +10%                       |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          |         | -0,3 bar                    | -0,3 bar                     | -0,3 bar                   |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          | ≥ 3 bar | +10%                        | +5%                          | +10%                       | +3%                         | +3%                             | +5%                                | +3%                                    | +3%                                | +1%                                    | +7%                                  |
|          |         | -10%                        | -10%                         | -10%                       | -4%                         | -4%                             | -10%                               | -4%                                    | -7%                                | -4%                                    | -2,5%                                |
| Gazlar   | ≤ 3 bar | +10%                        | + 5%                         | +10%                       |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          |         | -0,3 bar                    | -0,3 bar                     | -0,3 bar                   |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          | ≥ 3 bar | +10%                        | +5%                          | +10%                       | +3%                         | +3%                             | +5%                                | +3%                                    |                                    |                                        |                                      |
|          |         | -10%                        | -10%                         | -10%                       | -4%                         | -4%                             | -10%                               | -4%                                    |                                    |                                        |                                      |
| Sıvılar  | ≤ 3 bar | +10%                        | +10%                         | +10%                       |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          |         | -0,6 bar                    | -0,6 bar                     | -0,6 bar                   |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          | ≥ 3 bar | +10%                        | +10%                         | +10%                       |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          |         | -20%                        | -20%                         | -20%                       |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
| Sıcak su | ≤ 3 bar | +0,3                        |                              |                            |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          |         | -0,3                        |                              |                            |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          | ≥ 3 bar | +10                         |                              |                            |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |
|          |         | -10                         |                              |                            |                             |                                 |                                    |                                        |                                    |                                        |                                      |

1 bar'dan küçük ayar basınçları için maksimum açma basınç farkı genel kullanımdaki her türlü emniyet ventili için 0,1 bardır.

3 bar'dan küçük ayar basınçları için maksimum açma basıncı farkı DIN 4750 ve DIN 4751 normlarında belirtilen emniyet ventilleri için +0,3 bar'dır.

Emniyet ventilleri seçim kriterleri:

- Uygulama alanları
- Yapısal karakteristikler
- Basınç aralığı
- Nominal boyutlar
- Kontrol tipi'dir.

**Çizelge 7.2. Yay yüklemeli emniyet ventillerinde seçim kriterleri**

| Uygulama alanı                                                                                                          | Yapısal karakteristik                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Düşük deşarj miktarları/gazlar/buharlar/sıvılar için -196°C ile +400°C arası termal basınçlı sistemlerde                | Kapalı başlıklı, dişli yada flanşlı bağlantılı bir ventil tercih edilir                               |
| Sıvılar, düşük deşarj miktarları, büyük kütle akış aralığı ve düşük depolama kapasitesi (boru hatları) olan sistemler   | Kapalı başlıklı, dişli yada flanşlı bağlantılı, oransal kalkışlı bir ventil tercih edilir             |
| Düşük deşarj miktarları/gazlar/buharlar/sıvılar için -196°C ile +400°C arası termal basınçlı sistemlerde, rafinerilerde | Kapalı başlıklı, dişli bağlantılı bir ventil tercih edilir                                            |
| Düşük basınçlı buhar jenaratörleri ve düşük basınç aralığındaki genişleme tankları için                                 | Kapalı başlıklı, flanşlı bağlantılı, direkt yüklemeli, tam kalkışlı bir emniyet ventili tercih edilir |
| Gazlar/buharlar/sıvılar, en yüksek debilerde -196°C ile +530°C aralığında                                               | Açık başlıklı, flanşlı yada kaynak bağlantılı tam kalkışlı bir emniyet ventili tercih edilir          |
| Gazlar/buharlar/sıvılar, en yüksek debilerde -196°C ile +530°C aralığında                                               | Kapalı başlıklı, flanşlı yada kaynak bağlantılı tam kalkışlı bir ventil tercih edilir                 |
| Gazlar/buharlar/sıvılar, maksimum kapasitelerde -238°C ile +538°C aralığında                                            | Kapalı başlıklı, API 526 normuna uygun, tam kalkışlı bir ventil seçilmelidir.                         |

Emniyet ventillerinde basınç sınıfı seçilirken, çalışma sıcaklığı ve malzemenin uygunluğuna dikkat edilmelidir.

**Çizelge 7.3. Pnömatik kontrollü emniyet ventillerinde seçim kriterleri**

| Uygulama alanı                                                                                                                          | Yapısal karakteristik                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Endüstriyel buhar kazanları, güç istasyonları, konvansiyonel enerji santrallerindeki termal proseslerde, nükleer sistemlerde(FD-sistem) | Ek pnömatik yüklemeli, Belleville yaylı, küresel rulman merkezli, flanşlı veya kaynak bağlantılı, yüksek basınçlı sistemlere uygun tam kalkışlı emniyet ventilleri tercih edilir |
| Endüstriyel buhar kazanları, konvansiyonel enerji santralleri(manuel)                                                                   | Ek pnömatik yüklemesi uygulanmış yay yüklemeli emniyet ventilleri kullanılır                                                                                                     |
|                                                                                                                                         | Pnömatik kontrol ünitesi                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                         | Elektro-pnömatik kontrol ünitesi                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                         | Ölçüm ve test ünitesi                                                                                                                                                            |

\*Emniyet ventilleri seçimi yapılırken basınç aralıkları sit çapına bağlı olarak değişmektedir.

**Çizelge 7.4. Sistem ortamından kontrollü emniyet ventilleri seçim kriterleri**

| Uygulama alanı                                                                     | Yapısal karakteristik                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Basınçlı ve kızgın su reaktörlerinin primer ve sekonder kısımlarının emniyeti için | Sistem ortamından kontrollü emniyet ventili, yükleme prensibi ile çalışan mekanizma |
|                                                                                    | Pilot işletimli vana, yay yüklemeli ayrıca pnömatik veya selenoid yükleme eklentili |
|                                                                                    | Selenoid vana                                                                       |

**Çizelge 7.5. Hidrolik kontrollü emniyet ventilleri seçim kriterleri**

| Uygulama alanı                                                                                                                    | Yapısal karakteristik                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Türbin by-pass sistemlerinde dış akış kontrolü, boşaltma ve kapatma kontrolünde; enerji santrallerinde, konvansiyonel sistemlerde | Yüksek basınç artışlarını düşürme ve hidrolik yükleme ile boşaltma, direkt enjeksiyon, kanaklı bağlantı       |
|                                                                                                                                   | Öncü kapatma vanası ile enjeksiyon kontrol vanası kombinasyonu, hidrolik aktüatörlü sistem, kaynaklı bağlantı |
|                                                                                                                                   | Hidrolik ünite                                                                                                |
|                                                                                                                                   | Ölçüm ve test ünitesi                                                                                         |

## 8. EMNİYET VENTİLLERİNİN BOYUTLARININ HESAPLANMASI

Emniyet ventillerinin boyutları hesaplanırken standartların belirlediği formüller ve üretici firmaların, ürettikleri ventiller için belirledikleri teknik veriler kullanılır. Emniyet ventili boyutlandırma işleminde esas alınan sit ölü akış alanının hesabıdır.

### 8.1 AD Merkblatt A2; TRD 421 Standartlarına Uygun Hesaplama

AD Merkblatt A2; TRD 421 standardı TUV normunda bir standarttır. Bu yöntemle yapılan hesaplamalarda SI birim sistemi kullanılır.

#### Gazlar ve buharlar

Aşağıdaki formül bu standarda uygun olarak gazlar ve buharlar için ventil siti önündeki akış alanının hesaplanış yöntemini göstermektedir.

$$A_0 = 0,1791 \cdot \frac{q_m}{\Psi \cdot \alpha_w \cdot p_0} \cdot \sqrt{\frac{T \cdot Z}{M}} \quad (8.1)$$

Burada  $A_0$  ventil sitindeki akış alanını,  $q_m$  kütleli debiyi,  $\Psi$  deşarj fonksiyonunu,  $\alpha_w$  deşarj katsayısını,  $p_0$  ventil gövdesindeki mutlak basıncı,  $T$  ayar basıncındaki ortamın mutlak sıcaklığını,  $Z$  ayar basıncındaki ortamın sıkıştırılabilirlik katsayısını,  $M$  molar kütleyi belirtmektedir. Burada  $\Psi$ , basınç oranı  $p_a/p_o$ 'ye ve izantropik katsayı  $k$ 'ya bağlı bir fonksiyondur. Kritik altı basınç oranları için basınç oranı ve deşarj fonksiyonu:

$$\frac{p_a}{p_o} > \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (8.2)$$

$$\Psi = \sqrt{\frac{k}{k-1}} \cdot \sqrt{\left( \frac{p_a}{p_o} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_a}{p_o} \right)^{\frac{k+1}{k}}} \quad (8.3)$$

Çok yüksek kritik basınç oranları için ise deşarj fonksiyonunun maksimum değeri kullanılır.

Süper kritik basınç oranları için deşarj fonksiyonu:

$$\frac{p_a}{p_o} \leq \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad \text{olduğu durumda,} \quad (8.4)$$

$$\Psi = \Psi_{\max} = \sqrt{\frac{k}{k+1}} \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \quad \text{olur.} \quad (8.5)$$

Kritik ve çok kritik basınç oranlarında  $\Psi = \Psi_{\max}$ ’tır. Sık kullanılan gaz ve buhar akışkanlarına ait bilgiler **EK 2-1**’deki “Gazlar ve Buharların Fiziksel Karakteristikleri” tablosundan alınarak kullanılabilir.

**Çizelge 8.1. k değerine bağlı  $\Psi_{\max}$  değerleri**

| k    | $\Psi_{\max}$ | k    | $\Psi_{\max}$ | k    | $\Psi_{\max}$ |
|------|---------------|------|---------------|------|---------------|
| 1,01 | 0,4305        | 1,26 | 0,4666        | 1,52 | 0,4980        |
| 1,02 | 0,4321        | 1,28 | 0,4693        | 1,54 | 0,5002        |
| 1,04 | 0,4352        | 1,30 | 0,4718        | 1,56 | 0,5023        |
| 1,06 | 0,4383        | 1,32 | 0,4744        | 1,58 | 0,5045        |
| 1,08 | 0,4413        | 1,34 | 0,4769        | 1,60 | 0,5066        |
| 1,10 | 0,4443        | 1,36 | 0,4793        | 1,62 | 0,5087        |
| 1,12 | 0,4473        | 1,38 | 0,4818        | 1,64 | 0,5108        |
| 1,14 | 0,4502        | 1,40 | 0,4842        | 1,66 | 0,5128        |
| 1,16 | 0,4530        | 1,42 | 0,4866        | 1,68 | 0,5148        |
| 1,18 | 0,4558        | 1,44 | 0,4889        | 1,70 | 0,5168        |
| 1,20 | 0,4586        | 1,46 | 0,4912        | 1,80 | 0,5265        |
| 1,22 | 0,4613        | 1,48 | 0,4935        | 2,00 | 0,5443        |
| 1,24 | 0,4640        | 1,50 | 0,4957        | 2,20 | 0,5604        |

Formüllere göre yapılan hesaplamalar sonucunda dikkat edilmesi gereken ilk unsur, kritik altı basınç oranındaki nümerik değerin düşüş miktarıdır.

Eğer;

$$\left( \frac{p_a}{p_0} \right) > \left( \frac{p_a}{p_0} \right)_{Kr} \quad \text{ise, bu alt kritik basınç oranıdır.} \quad (8.5)$$

İzantropik  $\kappa$ , deşarj fonksiyonu  $\Psi$  'nin hesaplanabilmesi için basınç ve sıcaklığa bağlı olarak kullanılan bir değerdir. Bu değer malzeme değerlerine bağlı olarak VDI Richtlinien 2040'ta çizelge 4'ten alınır veya operatörler tarafından belirlenir, sık kullanılan gaz ve buharlara ait “ $\kappa$ ” değerleri **EK 2-1**'de verilmiştir. Eğer izantropik  $\kappa$  değerine ulaşamıyor ise 1,0135 bar ve 15°C'deki değer kullanılabilir.

Yüksek basınç ve sıcaklıklarda, izantropik  $\kappa$  değerleri tabloda verilen değerlerden önemli şekilde farklıdır.

Örneğin;

Standard ortam sıcaklığı ve basıncıda havanın izantropik üssü  $\kappa=1,40$  ve  $\Psi=0,484$  iken, 100 bar'da ve 293 K'de havanın izantropik üssü 1,60 ve  $\Psi=0,507$ 'dir.

Tablodaki değişken değerler için sıkıştırılabilme faktörü Z sadece standart sıcaklık ve basınç şartlarında 1,0 alınarak ihmal edilebilir, eğer bu değer bilinmiyorsa sıkıştırılabilme faktörü 1,0 alınabilir. Bu değer değişken basınç ve sıcaklıklarda 1,0'dan farklıdır.

Örneğin; 30 bar ve 20°C'deki etilen için Z değeri 0,8'dir.

Basınç ve sıcaklığa bağlı olarak sıkıştırılabilme katsayısı “Z” VDI Richtlinien 2040'ta çizelge 4'ten alınır veya operatörler tarafından belirlenir.

### Örnek 1 :

Tablo değerlerine uygun olarak sit alanının belirlenmesi :

Ortam :  $H_2$  –gaz(hidrojen gazı)

Sıcaklık (t) : +45°C

Debi ( $q_m$ ) : 12000kg/h

Ayar basıncı, mutlak (p) : 26 bar

Ters basınç ( $p_a$ ) : Atmosfer basıncı

İzantropik  $\kappa$  (k) : 1,41 (Ek 2-1'de “gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri” tablosundan)

$$p_o = 1,1 \cdot (26-1) + 1 = 28,5 \text{ bar}$$

$$\text{buna göre } \left( \frac{p_a}{p_o} \right) = \frac{1}{28,5} = 0,0351 < 0,527 \left( \frac{p_a}{p_o} \right)_{Kr} \quad \text{kritik basınç oranı tablodan alınır.}$$

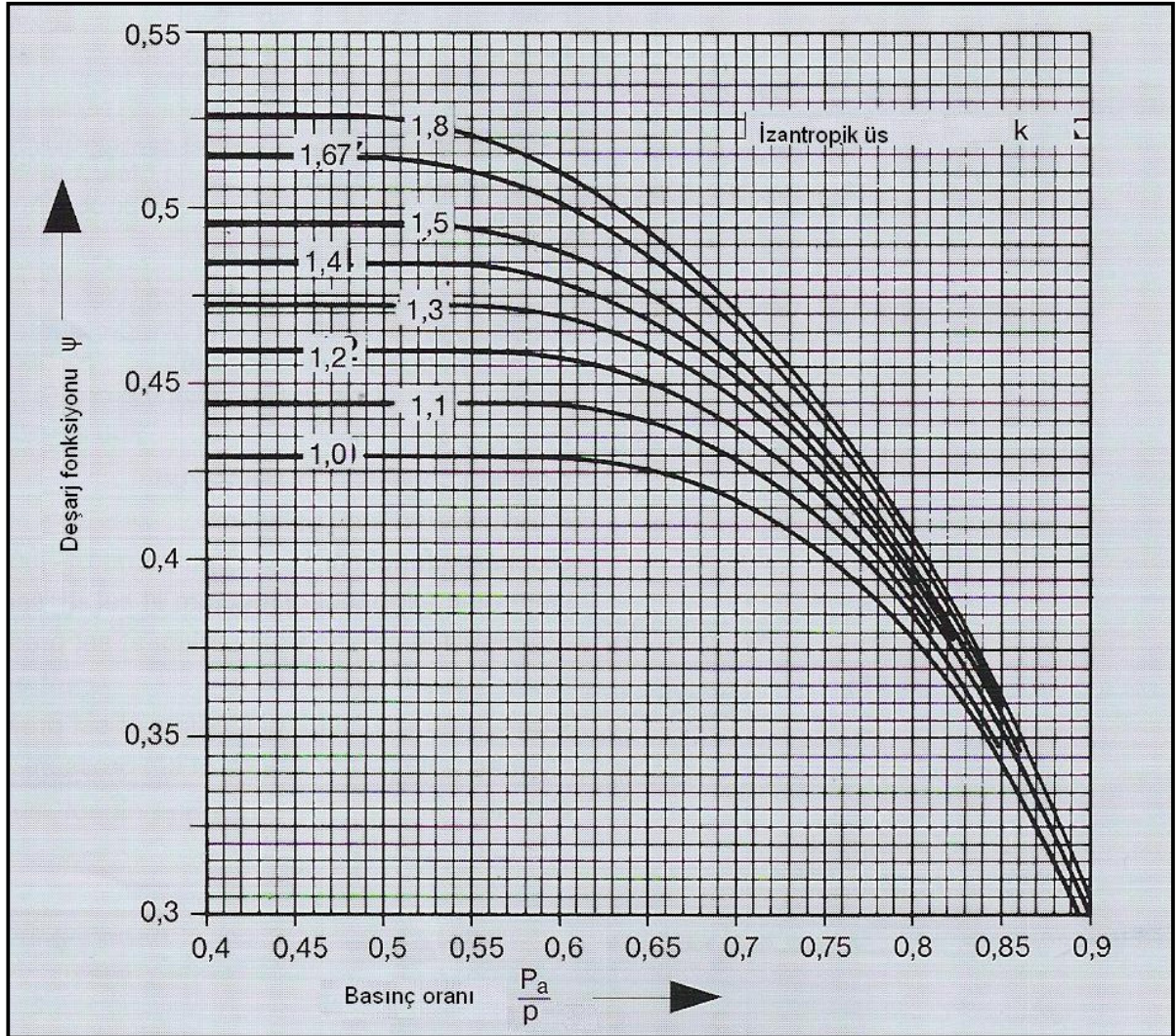
Deşarj fonksiyonu ( $\Psi = \Psi_{\max}$ ) : 0,485 (Ek 2-1’de “gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri” tablosundan)

Moleküler kütle  $M$  : 2 (Ek 2-1’de “gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri” tablosundan)

Sıkıştırılabilirlik faktörü  $Z$  : 1,023 (VDI 2040, çizelge 4’ten)

Deşarj katsayısı  $\alpha_w$  : 0,78 (**EK 5**’teki  $\alpha_w$  eğrilerinden alınır.)

$$A_0 = 0,1791 \cdot \frac{12000}{0,485 \cdot 0,78 \cdot 28,5} \cdot \sqrt{\frac{(273 + 45) \cdot 1,023}{2}} = 2541 \text{ mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 8.1. Alt-kritik basınç oranları için limit değerleri

**Örnek 2:**

Deşarj fonksiyonu hesaplanılarak ölçü belirlenmesi :

Ortam : Metan(CH<sub>4</sub>)

Sıcaklık (t) : +100°C= 100+273= 373K

Kütleli debi (q<sub>m</sub>) : 4500kg/h

Ayar basıncı, mutlak p : 1,7 bar

Ters basınç p<sub>a</sub> : Atmosfer basıncı

İzantropik üs k : 1,31 (Ek 2-1’de “Gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri” tablosundan)

$$p_o = 1,7+0,1=1,8$$

$$\left( \frac{p_a}{p_o} \right) = \frac{1}{1,8} = 0,556 > 0,544 \left( \frac{p_a}{p_o} \right)_{Kr} \text{ kritik basınç oranı tablodan alınır.}$$

Bundan sonra deşarj fonksiyonu hesaplanır :

$$\Psi = \sqrt{\frac{1,31}{1,31-1}} \cdot \sqrt{\left( \frac{1,0}{1,8} \right)^{\frac{2}{1,31}} - \left( \frac{1,0}{1,8} \right)^{\frac{1,31+1}{1,31}}} = 0,473 \text{ görüldüğü gibi } \Psi=\Psi_{\max} \text{ olmuştur ve}$$

çıkan değer tablodaki değer ile aynıdır.

Moleküler kütle M: 16 (Ek 2-1’de “gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri” tablosundan)

Sıkıştırılabilirlik faktörü Z : 1,0 (VDI 2040, çizelge 4’ten)

Deşarj katsayısı α<sub>w</sub> : 0,665 (EK 5’teki α<sub>w</sub> eğrilerinden alınır.)

$$A_o = 0,1791 \cdot \frac{4500}{0,473 \cdot 0,665 \cdot 1,8} \cdot \sqrt{\frac{373 \cdot 1,0}{16}} = 6874 \text{ mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

### Su buharı

Aşağıdaki formül AD Merkblatt A2; TRD 421 standardına uygun olarak su buharı için ventil siti önündeki akış alanının hesaplanış yöntemini göstermektedir.

$$A_o = \frac{x \cdot q_m}{\alpha_w \cdot p_o} \quad (8.6)$$

Yukarıdaki formülde  $A_o$  ventil siti önündeki akış alanını,  $x$  basınç ortam katsayısını,  $q_m$  kütleli debiyi,  $\alpha_w$  deşarj katsayısını,  $p_o$  mutlak basıncı belirtmektedir.

Basıncılı madde katsayısı  $x$  basınç ve sıcaklığa bağlı olarak süper-kritik genleşme için tablodan alınır. 1 ile 2 bar arasındaki mutlak basınçlar ve atmosferik ters basınç  $p_a=1$  bar için basıncılı madde katsayısı  $x$  aşağıdaki çizelgede verilmiştir:

**Çizelge 8.2. Mutlak basınç aralığı 1,1'den 2,0 bar'a (doymuş buhar için) kadar değerler için basınç ortam katsayıları**

| Ortam basıncı<br>$p_o$ (mutlak) bar | 1,1    | 1,2    | 1,3    | 1,4    | 1,5    | 1,6    | 1,7    | 1,8    | 1,9    | 2      |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Basınç ortam katsayısı $x$          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| h.mm <sup>2</sup> .bar              | 2,4731 | 2,2477 | 2,0203 | 1,9125 | 1,8591 | 1,8345 | 1,8279 | 1,8302 | 1,8333 | 1,8361 |
| kg                                  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

Basıncılı madde katsayısı  $x$  değeri tablo ve diyagram değerlerinin yanı sıra aşağıdaki formülle de hesaplanabilir.

$$x = \frac{0,6211}{\Psi} \cdot \sqrt{p_o \cdot v} \quad (8.7)$$

Bu fonksiyonda;  $\Psi$  deşarj fonksiyonunu,  $p_o$  mutlak basıncı ve  $v$ 'de özgül hacmi belirtmektedir. Deşarj fonksiyonu için gerekli olan  $k$  değeri VDI buhar tablolarında 8. tablodan (doymuş buhar için ıslak buhar tarafı kullanılır) alınır. Özgül hacim  $v$ 'de buhar tablosundan alınabilir.

### Örnek 1:

Diyagram değerine uygun olarak boyut belirlenmesi:

Ortam : Doymuş buhar

|                                               |                                                                        |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Kütlesel debi                                 | $q_m : 2500 \text{ kg/h}$                                              |
| Ayar basıncı(Mutlak)                          | $p : 4,0 \text{ bar}$                                                  |
| Ters basınç                                   | $p_a : \text{Atmosfer basıncı}$                                        |
| Deşarj katsayısı                              | $\alpha_w : 0,78$ ( <b>EK 5</b> 'teki $\alpha_w$ eğrilerinden alınır.) |
| Basıncılı madde katsayısı                     | $x : 1,88$ (x-değeri diyagramından, Ek 3)                              |
| $p_o = 1,1 \cdot (4-1) + 1 = 4,3 \text{ bar}$ |                                                                        |

$$A_o = \frac{1,88 \cdot 2500}{0,78 \cdot 4,3} \cong 1400 \text{ mm}^2 \text{ olarak sit önündeki akış alanı bulunur.}$$

### Örnek 2:

Hesaplama yapılarak boyut belirlenmesi:

|                                               |                                                                        |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Ortam                                         | : Doymuş buhar                                                         |
| Kütlesel debi                                 | $q_m : 2.500 \text{ kg/h}$                                             |
| Ayar basıncı(Mutlak)                          | $p : 4,0 \text{ bar}$                                                  |
| Ters basınç                                   | $p_a : 2,5 \text{ bar}$ değişken                                       |
| Deşarj katsayısı                              | $\alpha_w : 0,63$ ( <b>EK 5</b> 'teki $\alpha_w$ eğrilerinden alınır.) |
| İzantropik üs                                 | $k : 1,14$                                                             |
| $p_o = 1,1 \cdot (4-1) + 1 = 4,3 \text{ bar}$ |                                                                        |

$$\frac{p_a}{p_o} = \frac{2,5}{4,3} = 0,581 > 0,576 = \left( \frac{p_a}{p_o} \right)_{Kr} = \left( \frac{2}{1,41 + 1} \right)^{\frac{1,14}{1,14-1}}$$

buradan alt kritik değerle  $\Psi$  hesaplanır:

$$\Psi = \sqrt{\frac{1,14}{1,14-1}} \cdot \sqrt{\left( \frac{2,5}{4,3} \right)^{\frac{2}{1,14}} - \left( \frac{2,5}{4,3} \right)^{\frac{1,14+1}{1,14}}} = 0,451$$

Tablodan özgül hacim  $0,4622 \text{ kg/m}^3$  olarak alınır, buradan basınç ortam katsayısı hesaplanır:

$$x = \frac{0,6211}{0,451} \cdot \sqrt{4,3 \cdot 0,4622} = 1,9415$$

$$A_o = \frac{1,9415 \cdot 2500}{0,63 \cdot 4,3} \cong 1.792 \text{ mm}^2 \text{ olarak sit önündeki akış alanı bulunur.}$$

### Sıvılar

Aşağıdaki formül AD Merkblatt A2; TRD 421 standardına uygun olarak sıvılar için ventil siti önündeki akış alanının hesaplanış yöntemini göstermektedir.

$$A_o = 0,6211 \cdot \frac{q_m}{\alpha_w \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \rho}} \quad (8.8)$$

**Çizelge 8.3. 1 bar basınçtaki suyun fiziksel özellikleri**

| t<br>°C | ρ<br>kg/m <sup>3</sup> | c <sub>p</sub><br>kJ/kg K | β<br>10 <sup>-3</sup> /K | λ<br>10 <sup>-3</sup> W/mK | n<br>10 <sup>6</sup> kg/ms | v<br>10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s | a<br>10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s | Pr<br>- |
|---------|------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------|
| 0       | 999,8                  | 4,217                     | -0,0852                  | 569                        | 1750                       | 1,75                                    | 0,135                                   | 13,0    |
| 10      | 999,8                  | 4,192                     | +0,0823                  | 587                        | 1300                       | 1,30                                    | 0,140                                   | 9,28    |
| 20      | 998,4                  | 4,182                     | 0,2067                   | 604                        | 1000                       | 1,00                                    | 0,144                                   | 6,94    |
| 30      | 995,8                  | 4,178                     | 0,3056                   | 618                        | 797                        | 0,800                                   | 0,148                                   | 5,39    |
| 40      | 992,3                  | 4,179                     | 0,3890                   | 632                        | 544                        | 0,656                                   | 0,153                                   | 4,30    |
| 50      | 988,1                  | 4,181                     | 0,4623                   | 643                        | 643                        | 0,551                                   | 0,156                                   | 3,54    |
| 60      | 983,2                  | 4,185                     | 0,5288                   | 654                        | 463                        | 0,471                                   | 0,159                                   | 2,96    |
| 70      | 977,7                  | 4,190                     | 0,5900                   | 662                        | 400                        | 0,409                                   | 0,162                                   | 2,53    |
| 80      | 971,6                  | 4,196                     | 0,6473                   | 670                        | 351                        | 0,361                                   | 0,164                                   | 2,20    |
| 90      | 965,2                  | 4,205                     | 0,7018                   | 676                        | 311                        | 0,322                                   | 0,166                                   | 1,94    |

Yoğunluk “ρ” sistemlerde sıklıkla kullanılan sıvılar için **Ek 2-2**’de “Sıvıların fiziksel özellikleri” tablosunda verilmiştir veya bu değer emniyet ventilinin kullanılacağı prosesteki kullanıcılar tarafından belirlenir.

Suyun yoğunluğu sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişir, bundan dolayı sıvı olarak su kullanılan sistemlerde sıcaklık ve basınç dikkate alınarak su özellikleri tablolarından yararlanılmalıdır.

**Örnek 1:**

Diyagram değerine uygun olarak boyut belirlenmesi:

Ortam : Su

Sıcaklık  $t : 50^{\circ}\text{C}$

Kütleli debi  $q_m : 12.000 \text{ kg/h}$

Ayar basıncı(Mutlak)  $p : 6 \text{ bar}$

Ters basınç, mutlak  $p_a : 2 \text{ bar}$

Basınç farkı  $\Delta p = p_0 - p_a$  ,  $p_0 = 1,1 \cdot (6 - 1) + 1 = 6,5$

$$\Delta p = 6,5 - 2 = 4,5 \text{ bar}$$

Deşarj katsayısı  $\alpha_w : 0,25$  (**EK 5**'teki  $\alpha_w$  eğrilerinden alınır.)

Yoğunluk  $\rho : 988 \text{ kg/m}^3$  (Su özellikleri tablosundan)

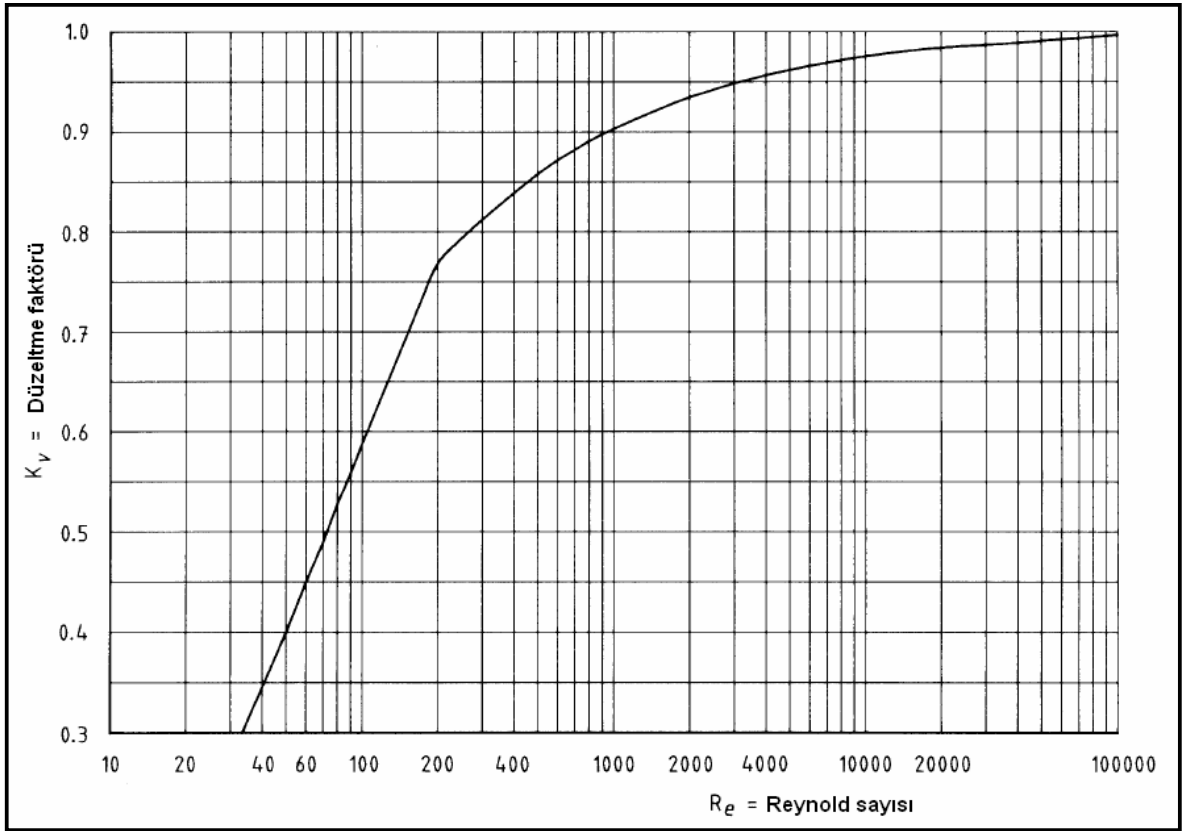
$$A_o = 0,6211 \cdot \frac{12000}{0,25 \cdot \sqrt{4,5 \cdot 988}} = 447 \text{ mm}^2 \text{ olarak sit önündeki akış alanı bulunur.}$$

**Yüksek viskoziteli sıvılar**

Kinematik viskozitesi  $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 'ye eşit veya bu değeri aşan sıvılar için düzeltme faktörü  $K_v$  değeri kullanılır. Akış alanı  $A_o$ ,  $K_v$  değerine bölünerek genişletilmiş gerçek alan değeri bulunur. Bu faktör tablodan alınır veya formül ile hesaplanır.

Kinematik viskozitesi  $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 'den daha düşük olan sıvılar için  $K_v$  değeri hesaplanmaz 1,0 olarak alınır. Viskozitesi yüksek sıvıların deşarjı için emniyet ventillerinin akış alanları iki basamakta hesaplanır. İlk adım, akışkanı su gibi varsayarak ventil akış alanının hesaplanmasıdır. İkinci adım, Reynolds sayısının hesaplanmasıdır. Reynolds sayısının bulunmasından sonrada verilen formül ile  $K_v$  değeri hesaplanır.

Hesaplanmış olan  $A_o$  değeri bulunan  $K_v$  düzeltme faktörüne bölünerek genişletilmiş yeni  $A_o$  değeri elde edilir.



**Şekil 8.2. Düzeltilme faktörü  $K_v$  değerinin Reynolds sayısına bağlı olarak bulunması**

Reynolds sayısının hesabı aşağıdaki formül ile yapılır:

$$Re = 0,3134 \cdot \frac{q_v}{v \sqrt{A_o}} \quad (8.9)$$

Bu formülde Re Reynolds sayısını,  $q_v$  hacimsel debiyi,  $v$  kinematik viskoziteyi,  $A_o$  AD-Merkblatt A2'ye uygun hesaplanan ilk akış alanını belirtmektedir.

Bulunan Re değerleri aşağıda verildiği gibi yorumlanır,

$$34 \leq Re \leq 200 \quad \text{ise} \quad K_v = -0,6413 + 0,2669 \cdot \ln(Re)$$

$$200 < Re \leq 60000 \quad \text{ise} \quad K_v = -0,5735 + 0,4343 \cdot \ln(Re) - 0,04093 \cdot \ln^2(Re) + 0,001308 \cdot \ln^3(Re)$$

$$Re > 60000 \quad \text{ise} \quad K_v \text{ değeri } 1 \text{ olarak alınır.}$$

Bulunan bu değer ilk bulunan akış alanı değerine bölünerek olması gereken gerçek akış alanı bulunur.

### Sıcak su

Kaynayan sıvılar(örneğin; sıcak su, likit gaz gibi) için emniyet ventili boyutlandırılırken, yapılacak olan hesaba mutlaka gerçekleşmesi beklenen buharlaşma miktarı da katılmalıdır. Bunun için, başlangıç noktasında madde likit fazdadır, ventil akış alanı  $A_o$ 'a gelene kadar bu durum korunur. Ventil açıldığı anda ise, sıvının bir kısmı vanadaki basınç düşüşü ile beraber buharlaşır. Dolayısıyla, bu noktada ventil akış alanı hesaplanırken iki fazlı akış dikkate alınmalı ve boyutlandırma yapılmalıdır. Hesaplamanın temeli Vd TÜV-Merkblatt-Sicherheits ventile 100/2-“Bemessungsvorschlag für Sicherheitsventile für Gase in flüssigem Zustand” standardından alınır (Sıvı-gaz karışımli sistemlerde kullanılan emniyet ventillerinin boyutlandırılmasında hesap yöntemleri).

AD-A2'ye uygun, boyutlandırma kuralları kaynayan akışkanlar için hazırlanmıştır, ters basıncın düşmesi ile meydana gelen genleşme sonucu meydana çıkan gazlar yada buharları göz önünde bulundurur.

Standartlarda belirlenen bütün bu hesaplamalar belirlenmeden önce oluşan belirsizlikten dolayı iki fazlı akış oranları bulunmalıdır. Buradaki belirsizlik aşağıda verilen örnekteki gibi çözülür:

Emniyet ventilinin açıldığı varsayıldığı durum, sıvının genleşmesinin istenmediği en kötü durumdur. Açma esnasında emniyet ventili ayar basıncı atmosferik basınca(1 bar g) veya ters basınç seviyesine düşecektir ve bir genleşme meydana gelecektir. Bunun için buhar ve sıvı miktarları belirlenir.

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| Ortam                | : Sıcak su           |
| Sıcaklık             | t : 200°C            |
| Kütleli debi         | $q_m$ : 100.000 kg/h |
| Ayar basıncı(Mutlak) | p : 20 bar           |
| Ters basınç, mutlak  | $p_a$ : Atmosfer     |
| Ventildeki basınç    | $p_o$ : 21,9 bar     |

Boyutlandırma için tek akış alanındaki, kısmi kütle akışlarına ait bilgiler gerekmektedir.

$$q_{m,toplam} = q_{m,F} + q_{m,D} \quad (8.10)$$

$$q_{m,D} = n.q_{m,toplam} \quad (8.11)$$

Burada D buharı, F sıvıyı, n ise buharlaşma oranını belirtmektedir.

$$n = \frac{h' - h''}{r} \quad (8.12)$$

$h' \cong 852 kJ/kg$  (Ventil önündeki suyun entalpisi, 200°C sıcaklıktaki değer)

$h'' \cong 417 kJ/kg$  (Ventilden sonraki suyun entalpisi, 1 bar mutlak basınçtaki ters basıncın, doyma noktasındaki entalpi değeri)

$r \cong 2.258 kJ/kg$  (Ventilden sonraki basınçta, doyma noktasındaki buharlaşma ısısı)

Sıcak su için  $h'$ ,  $h''$  ve  $r$  değerleri su buharı tablosundan elde edilir. Diğer bütün sıvılar için bu değerler kullanıcılar tarafından belirlenir.

$$n = \frac{852 - 417}{2258} = 0,1926 \text{ (yani \%19,3 oranında buharlaşma söz konusu olacaktır)}$$

Buradan ters basınç şartlarında oluşacak buhar oranı şöyledir:

$$q_{m,D} = 100000 kg/h \cdot 0,1926 = 19260 kg/h$$

Sıvı oranı:

$$q_{m,D} = 100000 kg/h - 19260 kg/h = 80740 kg/h$$

Bulunan bu kütleli debi oranları ile, kısmi akış alanları hesaplanabilir ve diğerleri ile birlikte hesaplanır.

Gazlar ve buharlar için deşarj katsayısı  $\alpha_w = 0,78$  (**EK 5**'teki  $\alpha_w$  eğrilerinden alınır.)

Sıvılar için deşarj katsayısı  $\alpha_w = 0,6$  (**EK 5**'teki  $\alpha_w$  eğrilerinden alınır.)

Sıvının 200°C /20 bar'daki yoğunluğu  $865 kg/m^3$  (Basınç ve sıcaklığa bağlı su-su buharı yoğunluk tablosu)

Basınç farkı  $\Delta p = 21,9 bar - 1 bar = 20,9 bar$

Basınç ortam katsayısı (21,9 bar/doymuş buhar sıcaklığında)  $x = 1,96$  (Tablodan)

Kısmi akış alanlarının hesaplanması, sıvı alanı:

$$A_{0,F} = \frac{0,6211 \cdot q_{m,F}}{\alpha_w \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \rho}}$$

$$A_{0,F} = \frac{0,6211 \cdot 80740}{0,6 \cdot \sqrt{20,9 \cdot 865}} = 621,61 \text{ mm}^2 \text{ sıvı akış alanı.}$$

Kısmi akış alanı, buhar:

$$A_{0,D} = \frac{x \cdot q_{m,D}}{\alpha_w \cdot p_0}$$

$$A_{0,D} = \frac{1,96 \cdot 19260}{0,78 \cdot 21,9} = 2209,91 \text{ mm}^2 \text{ buhar akış alanı.}$$

$A_0 = A_{0,F} + A_{0,D}$  formülünden,

$A_0 = 621,61 \text{ mm}^2 + 2209,91 \text{ mm}^2 = 2831,52 \text{ mm}^2$  olarak toplam akış alanı bulunur.

### **Kızgın buhar kullanılan sistemlerde emniyet ventili hesabı**

Kızgın buharda kullanılacak emniyet ventillerinin boyutları belirlenirken, kızgın buharın kütleli debisi doymuş buhardaki eşlenik debi miktarına dönüştürülür ve bunun için “f” dönüştürme faktörü kullanılır. Bulunacak olan “f” değeri kızgın buharın kütleli debisine bölünerek doymuş buhardaki eşlenik kütleli debi değeri bulunur, böylece doymuş buharda kullanılan boyutlandırma formülleri ile ventill boyutlandırılabilir.

$$f = \frac{x_{\text{Doymuş buhar}}}{x_{\text{Kızgın buhar}}} \quad (8.13)$$

x değerleri **EK 3**'teki x değerleri tablosundan alınır.

f değeri ya formül 8.13'te belirtilen denklemden çıkartılır veya tablodan alınır.

Çizelge 8.4. Sıcaklık ve basınca bağlı  $f$  değeri tablosu

| Basınç<br>bar/bar g | Sıcaklık °C |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|---------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                     | 160         | 170  | 180  | 190  | 200  | 220  | 240  | 260  | 280  | 300  | 320  | 340  | 360  | 380  | 400  | 420  | 440  | 460  | 480  | 500  | 520  | 540  | 560  |  |
| 0,5                 | 0,98        | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,93 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,72 | 0,71 | 0,70 |  |
| 0,1                 |             | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,93 | 0,92 | 0,90 | 0,88 | 0,86 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,72 | 0,71 |  |
| 2                   |             |      | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,94 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,72 |  |
| 3                   |             |      |      | 0,99 | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,92 | 0,90 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,73 |  |
| 5                   |             |      |      |      | 0,99 | 0,97 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,90 | 0,89 | 0,86 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 |  |
| 7                   |             |      |      |      |      | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,76 | 0,76 | 0,75 |  |
| 10                  |             |      |      |      |      |      | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,92 | 0,90 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,78 | 0,76 | 0,75 |  |
| 15                  |             |      |      |      |      |      | 0,99 | 0,97 | 0,94 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 |  |
| 20                  |             |      |      |      |      |      |      | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,93 | 0,90 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,78 | 0,76 |  |
| 25                  |             |      |      |      |      |      |      | 0,99 | 0,97 | 0,94 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,76 |  |
| 30                  |             |      |      |      |      |      |      |      | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |  |
| 40                  |             |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,96 | 0,93 | 0,93 | 0,90 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |  |
| 50                  |             |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,76 |  |
| 60                  |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,96 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,76 |  |
| 70                  |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,98 | 0,93 | 0,92 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 |  |
| 80                  |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,97 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,76 | 0,75 |  |
| 90                  |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,76 | 0,75 |  |
| 100                 |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,96 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,75 | 0,74 |  |
| 120                 |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,99 | 0,93 | 0,90 | 0,86 | 0,84 | 0,81 | 0,79 | 0,79 | 0,77 | 0,75 | 0,74 | 0,73 |  |
| 140                 |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,94 | 0,90 | 0,86 | 0,83 | 0,80 | 0,79 | 0,77 | 0,75 | 0,74 | 0,72 | 0,71 |  |
| 160                 |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,96 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,79 | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,71 | 0,70 | 0,68 |  |
| 180                 |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,89 | 0,83 | 0,79 | 0,76 | 0,74 | 0,72 | 0,70 | 0,68 | 0,67 | 0,66 |  |
| 200                 |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,89 | 0,81 | 0,76 | 0,72 | 0,70 | 0,68 | 0,66 | 0,65 | 0,63 | 0,62 |  |
| 219                 |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,82 | 0,70 | 0,66 | 0,62 | 0,60 | 0,58 | 0,56 | 0,54 | 0,63 | 0,52 |  |

**Örnek 1 :** 5000kg/h kızgın buhar debisine sahip, 10 bar(g) ve 400°C’de çalışan bir emniyet ventili için; düzeltme faktörü  $f$  0,84’tür.

Buradan ,  $\frac{5000kg/h}{0,84} = 5952kg/h$  olarak kızgın buharın, doymuş buhardaki eşlenik debisini

bulmuş oluruz. Bundan sonra yapılacak işlemler doymuş buhar için seçilen vanada uygulanan yol ile aynıdır.

### Örnek 2 :

Diyagram değerine uygun olarak boyut belirlenmesi:

Ortam : Kızgın buhar

Sıcaklık  $t$  : 300°C

Kütleli debi  $q_m$  : 10000 kg/h

Ayar basıncı(Mutlak)  $p$  : 16 bar

Ters basınç  $p_a$  : Atmosfer basıncı

Deşarj katsayısı  $\alpha_w$  : 0,78 (EK 5’teki  $\alpha_w$  eğrilerinden alınır.)

Basıncılı madde katsayısı  $x$  : 2,10 ( $x$ -değeri diyagramından, Ek 3)

Dönüştürme faktörü  $f: 0,93$  (tablodan)

$$p_o = 1,1 \cdot (16-1) + 1 = 17,5 \text{ bar}$$

$$q_m = \frac{10000 \text{ kg} / \text{h}}{0,93} \cong 10753 \text{ kg} / \text{h}$$

$$A_o = \frac{2,10 \cdot 10753}{0,78 \cdot 17,5} = 1654,31 \text{ mm}^2 \text{ olarak sit önündeki akış alanı bulunur.}$$

### Sıvılaştırılmış gazlar

Sıvılaştırılmış gaz kullanılan sistemlerde, deşarj sırasında akışkanda buharlaşma meydana gelir. Bu nedenle minimum akış alanı hesaplanırken iki fazında hesabı ayrı yapılır. Minimum akış alanı hesaplanırken buharlaşma değeri sıvı ve gaz fazlarında bulunan akışkanların kütleli debisine bağlı olarak hesaplanır. Bu debi değerleri esas alınarak gaz ve sıvılar için kullanılan formüller ile  $A_{0F}$  ve  $A_{0D}$  alanları bulunur. Son olarak bu iki alan toplanarak 1,2 katsayısı ile çarpılır. Bu katsayı değeri TÜV normunda belirlenmiş olan sapma faktörüdür.

$$g_2 = \frac{h' - h'_L}{h''_L - h'_L} \quad (8.14)$$

Bu formülde  $g_2$  deşarj sırasında meydana gelen buharlaşma miktarını belirtir.  $h'$  ayar basıncında kaynayan sıvının entalpisi,  $h'_L$  Laval basıncındaki kaynayan sıvının entalpisi,  $h''_L$  Laval basıncındaki doymuş buharın entalpisidir.

$$q_m = q_{mF} + q_{mD} \quad (8.15)$$

$$q_{mD} = g_2 \cdot q_m, \quad q_{mF} = q_m - q_{mD} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bu formüllerde  $q_m$  toplam kütleli debi,  $q_{mF}$  sıvı fazının kütleli debisi ve  $q_{mD}$  gaz fazının kütleli debisidir.

#### 8.1.1 Deşarj katsayısı $\alpha_w$ değerinin belirlenmesi

Her emniyet ventilinin deşarj katsayısı  $\alpha$  testler ile belirlenir. Belirlenen değerler testlerin sonuçlarıdır, bu değerler uygun toleransların gözden geçirilmesi ile belirlenir.

$$\alpha = \frac{\text{ölçülen kütleli debi}}{\text{teorik kütleli debi}} \quad (8.16)$$

Teorik kütleli debi mükemmel açıklıktaki kütleli debidir.

Ölçülen  $\alpha$  değeri emniyet faktörü 1,1 ile bölünerek %10 miktarında azaltılarak  $\alpha_w$  değeri elde edilir.

## 8.2 ASME Koduna ve API Normuna Uygun Hesaplama

ASME kodu, Amerikan Makine Mühendisleri Odası'nın belirlediği bir standarttır. Bu yöntemde hesaplamalar Pound/inch birim sistemine göre yapılır.

### Gazlar ve buharlar

Aşağıdaki formül bu standarda uygun olarak gazlar ve buharlar için ventil siti önündeki akış alanının hesaplanış yöntemini göstermektedir.

$$A = \frac{W}{C.K.p\sqrt{\frac{M}{T.Z}}} \quad (8.17)$$

Burada; A sit alanını belirtir, birimi inç<sup>2</sup>'dir; W kütleli debiyi belirtir, birimi lbs./hr'tir; C izantropik üs k'ya bağlı bir sabittir; K deşarj katsayısını belirtir; p mutlak basıncı belirtir, birimi psia'dır; M molar kütleyi belirtir, birimi kg/mol'dür; T sıcaklığı belirtir, değeri R'dür; Z ayar basıncındaki maddenin sıkıştırılabilirlik katsayısıdır.

C sabiti aşağıda verilen formül ile hesaplanır veya tablodan alınabilir.  $k \leq 1$  değerleri için C değeri 315 olarak alınır.

$$C = 520 \cdot \sqrt{k \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (8.18)$$

C değeri, k değerinin 1'den küçük olduğu durumlarda 315 olarak alınır. Hidrokarbon buharları için, izantropik üs k değerinin gerçek değeri bilinemediği yerde, konservatif değer  $k=1,001$  olarak alınarak C değeri belirlenir.

**Çizelge 8.5. k'ya bağlı C değerleri tablosu**

| k    | C   | k    | C   | k    | C   |
|------|-----|------|-----|------|-----|
| 1,01 | 316 | 1,26 | 343 | 1,52 | 366 |
| 1,02 | 318 | 1,28 | 345 | 1,54 | 368 |
| 1,04 | 320 | 1,3  | 347 | 1,56 | 369 |
| 1,06 | 322 | 1,32 | 349 | 1,58 | 371 |
| 1,08 | 324 | 1,34 | 351 | 1,6  | 372 |
| 1,1  | 327 | 1,36 | 352 | 1,62 | 374 |
| 1,12 | 329 | 1,38 | 354 | 1,64 | 376 |
| 1,14 | 331 | 1,4  | 356 | 1,66 | 377 |
| 1,16 | 333 | 1,42 | 358 | 1,68 | 379 |
| 1,18 | 335 | 1,44 | 359 | 1,7  | 380 |
| 1,2  | 337 | 1,46 | 361 | 1,8  | 387 |
| 1,22 | 339 | 1,48 | 363 | 2    | 400 |
| 1,24 | 341 | 1,5  | 364 | 2,2  | 412 |

Gaz ve buharlar için mutlak basınç değeri hesaplanırken %10 arttırılır.

$$p = p_0 + \%10 = p_0 \cdot 1,1$$

Sıkıştırılabilirlik faktörü Z kullanılan maddeye göre belirlenir, eğer Z değeri bilinmiyorsa 1,0 olarak alınır.

K değeri gaz ve buharlar için 0,975'tir.

### **Doymuş buhar**

Doymuş buhar için gerekli sit alanı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$A = \frac{W}{51,45 \cdot K \cdot p \cdot K_N} \quad (8.19)$$

Bu formülde, A sit alanını, W kütleli debiyi, K deşarj katsayısını, p mutlak basıncı ve  $K_N$  'de düzeltme faktörünü belirtir. Formüldeki K değeri su buharı için 0,975'tir.

Doymuş buhar için mutlak basınç değeri hesaplanırken, enerji kazanları için %3, basınçlı tanklar için %10 arttırılır.

$$p = p_0 + \%3 = p_0 \cdot 1,03 \text{ enerji kazanları için ,}$$

$$p = p_0 + \%10 = p_0 \cdot 1,1 \text{ basınçlı tanklar için.}$$

$K_N$  değeri, hesaplanan mutlak basınca bağlı bir değerdir ve aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$p \leq 1515 \text{ psi}$  olduğu durumlar için  $K_N = 1,0$  olarak alınır.

$1515 \text{ psi} < p_0 \leq 3215 \text{ psi}$  olduğu durumlarda,

$$K_N = \frac{(0,1906.p_0 - 1000)}{(0,2292.p_0 - 1061)} \quad (8.20)$$

formülü kullanılarak  $K_N$  değeri hesaplanır.

### Kızgın buhar

Kızgın buhar için gerekli sit alanı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$A = \frac{W}{51,45.K.p.K_N.K_{SH}} \quad (8.21)$$

Bu formülde, A sit alanını, W kütleli debiyi, K deşarj katsayısını, p mutlak basıncı,  $K_N$  düzeltme faktörünü ve  $K_{SH}$ 'da kızgın buhar düzeltme faktörünü belirtir.

Kızgın buhar için mutlak basınç değeri hesaplanırken, enerji kazanları için %3, basınçlı tanklar için %10 arttırılır.

$$p = p_0 + \%3 = p_0.1,03 \text{ enerji kazanları için ,}$$

$$p = p_0 + \%10 = p_0.1,1 \text{ basınçlı tanklar için.}$$

Formülde bulunan  $K_{SH}$  değeri, aynı giriş basıncında verilen kızgın buhar giriş şartları için maksimum izantropik işlem hacminin, kuru doymuş buhar şartları için işlem hacmine oranıdır. Bu değer **Ek 6**'daki tablodan alınabilir.

### 8.3 API Normuna Uygun Hesaplama

API normu ise Amerikan Petrol Enstitüsünün belirlediği standartları içerir.

#### Gazlar ve buharlar

Aşağıdaki formül bu standarda uygun olarak gazlar ve buharlar için akış alanının hesaplanış yöntemini göstermektedir. Akış alanı kütleli debiye, molar kütle ile hacimsel debiye ve yerçekimi ile hacimsel debiye bağlı olarak bulunabilir.

Kütleli debiden;

$$A = \frac{W.\sqrt{T.Z}}{C.K.p.K_b.\sqrt{M}} \quad (8.22)$$

Molar kütle ve hacimsel debiden;

$$A = \frac{V.\sqrt{T.Z.M}}{632.C.K.p.K_b} \quad (8.23)$$

Yerçekimi ve hacimsel debiden,

$$A = \frac{V.\sqrt{T.Z.G}}{1,175.C.K.p.K_b} \quad (8.24)$$

Yukarıdaki formüllerde alanını, W kütleli debiyi, K deşarj katsayısını, p mutlak basıncı, Z mutlak ayar basıncındaki maddenin sıkıştırılabilirlik katsayısını, T sıcaklığı, M molar kütleyi, C izantropik üsse bağlı katsayısı,  $K_b$  ters basınç düzeltme faktörünü, V hacimsel debiyi ve G yerçekimini belirtir.

C değeri çizelge 8.5'ten alınabilir, Z sistemde kullanılan her maddeye göre değişim gösterir.  $K_b$  değeri buhar ve akışkanlar için belirlenmiş olan ters basınç düzeltme faktörüdür, efektif deşarj alanının hesaplanmasında kullanılır. Bu değer dengeleme körüğü kullanılan ventillerde kullanılmaz. Bu değer aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\frac{P_{a0}}{P_0} \leq \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad \text{ise,} \quad K_b = 1,0 \quad \text{olarak alınır.}$$

Eğer yukarıdaki denklemde verilen değer aşırsa:

$$K_b = \frac{735.F_2.\sqrt{(1-r)}}{C} \quad (8.25)$$

Formülünden bu değer hesaplanır. Formülde bulunan  $F_2$  ve r değerleri de aşağıda verilmiş olan denklemler ile hesaplanır:

$$F_2 = \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right) \cdot r^{\frac{2}{k}} \cdot \frac{1-r^{\frac{k-1}{k}}}{1-r}} \quad \text{ve} \quad r = \frac{p_{a0}}{p_0} \quad (8.26)$$

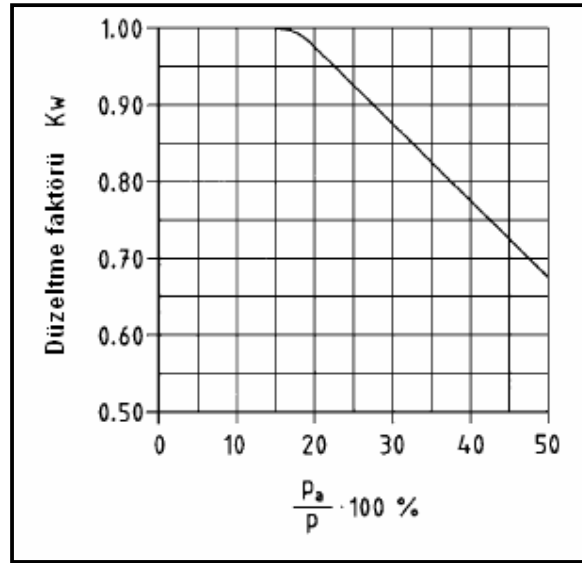
### Sıvılar

$$A = \frac{Q}{38 \cdot K \cdot K_p \cdot K_w \cdot K_v} \cdot \sqrt{\frac{G}{1,25 \cdot p - p_a}} \quad (8.27)$$

Bu formülde Q hacimsel debiyi,  $K_p$  %25'ten daha küçük basınç artışları için kapasite düzeltme faktörü,  $K_w$  değişken ters basınçlarda sıvılar için kapasite düzeltme faktörü,  $K_v$  viskoz maddeler için düzeltme faktörüdür. Formül 8.26 sıvılar için ve sadece tam kalkışlı emniyet ventilleri için geçerlidir. Sadece API standardına özgü bir formüldür.

$K_v$  değeri bölüm 8.1.3.1'den alınabilir.

$K_w$  düzeltme faktörü atmosferik basınç veya sabit ters basınçta ve dengeleme körüğü olmayan ventillerde bu değer 1,0 olarak alınabilir. Diğer şart ve durumlar için bu değer aşağıdaki tablodan alınabilir.



Şekil 8.3.  $K_w$  düzeltme faktörü tablosu

### Dış ateş

API normuna göre dışarıdan ısı alan basınçlı kaplarda kullanılacak olan emniyet ventilleri için, bu ısı emniyet ventili hesabına katılmalıdır.

$$q = 21000.F.A_s^{-0,18} \quad (8.28)$$

$$Q = 21000.F.A_s^{0,82} \quad (8.29)$$

Bu formüllerde, q birim yüzeyin ısı girdisini, Q toplam ısı girdisini, F çevresel faktörü ve  $A_s$  25feet<sup>2</sup> 'ye kadar tankların iç yüzeyinin toplam ıslaklığıdır.

Yukarıda verilen formüller ateş(dış ateş) içindeki tankın absorbe ettiği ısıyı bulmakta kullanılır. Bu bağlamda, kütleli debi W sıvıyla ısıtılan tank duvar yüzeyinden oluşan buharlaşmaya bağlı olarak bulunur; ventiller dizayn edilirken mutlaka bu hesaplama hesaba katılmalıdır. F faktörü aşağıdaki çizelgeden alınabilir:

**Çizelge 8.6. F, çevresel faktör çizelgesi**

|         |                                            |
|---------|--------------------------------------------|
| F=1,0   | İzolasyonsuz tank                          |
| F=0,3   | 25mm kalınlığında izolasyonlu tank         |
| F=0,15  | 50mm kalınlığında izolasyonlu tank         |
| F=0,075 | 100mm kalınlığında izolasyonlu tank        |
| F=0,03  | Zemin üzerinde, etrafı toprakla kaplı tank |
| F=0,0   | Yeraltındaki tank                          |

$$W = \frac{Q}{r} \quad (8.30)$$

Bu formülde, W kütleli debiyi, Q toplam ısı girişini ve r buharlaşma ısısıdır.

Yukarıdaki formülden hesaplanan kütleli debiye bağlı olarak sıvılar için seçim formülleri ile sit alanı hesaplanır.

#### 8.4 BS Standardına Uygun Hesaplama

BS standardı, İngiliz standardıdır ve diğer birçok ülkeye ait standartları içerir. BS standartına göre sistemlerde 2 veya daha fazla ventil kullanılır.

**Doymuş buhar**

$$E = C_m \cdot p \cdot A \quad (8.31)$$

Bu formülde, E doymuş buharın kütleli debisi, p kazan üzerinde montajlı olan bütün vanaların maksimum ayar basıncı,  $C_m$  doymuş buhar için kapasite sabiti ve A sit alanıdır.

$C_m$  değeri standart emniyet ventillerinde 0,13, tam kalkışlı emniyet ventillerinde 0,4 olarak alınabilir.

**Kızgın buhar**

$$E_s = \frac{E}{\sqrt{1 + \frac{2,7 \cdot T_s}{1000}}} \quad (8.32)$$

Bu formülde,  $E_s$  kızgın buharın kütleli debisi ve  $T_s$  buharın kızgınlık derecesini belirtir. Buhar kızgınlık derecesi sıcaklık farkına bağlıdır.

Yukarıdaki formül, çok kritik basınçlarda emniyet ventili kapasitesinin bulunması için kullanılır. Bunun gibi bir durum için buharın doyma sıcaklığı 375°C olarak alınabilir. Bu formül ile bilinen  $E_s$  değerinden gidilerek E değeri bulunur ve doymuş buhar formülünde yerine konularak sit alanı değerine ulaşılabilir.

**Sıkıştırılmış hava**

$$E_a = \frac{E}{0,62} \quad (8.33)$$

Bu formülde  $E_a$  sıkıştırılmış havanın kütleli debisini simgeler.

Yukarıdaki formül sadece, yaklaşık 15°C ortam sıcaklığındaki havanın deşarj kapasitesinin hesaplanması için geçerlidir. Bu formül ile E değeri bulunarak, doymuş buhar formülünde işleme konulur ve sit alanı hesaplanır.

**Gazlar ve buharlar**

$$E_{vg} = E \cdot \frac{C \sqrt{\frac{M}{T}}}{51,5} \quad (8.34)$$

Bu formülde,  $E_{vg}$  gaz ve buhar için kütleli debiyi,  $C$  özgül ısı oranlarına bağlı gaz ve buhar sabitini,  $M$  molar kütleyi ve  $T$  ise sıcaklığı belirtir.

$C$  değeri aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$C = 388 \cdot \sqrt{K \cdot \left[ \frac{2}{K+1} \right]^{\frac{K+1}{K-1}}} \quad (8.35)$$

Bu formülde  $K$  değeri özgül ısıların birbirine oranıdır ve aşağıdaki gibi formülize edilebilir:

$$K = \frac{C_p}{C_v} \quad (8.36)$$

$C_p$ = Sabit basınçtaki özgül ısı ,  $C_v$ = Sabit sıcaklıktaki özgül ısı

**Çizelge 8.7. K değerine bağlı C sabiti tablosu**

| K    | C   | K    | C   | K    | C   |
|------|-----|------|-----|------|-----|
| 1,02 | 237 | 1,28 | 257 | 1,54 | 274 |
| 1,04 | 238 | 1,30 | 258 | 1,56 | 275 |
|      |     |      |     |      |     |
| 1,06 | 240 | 1,32 | 260 | 1,58 | 276 |
| 1,08 | 242 | 1,34 | 261 | 1,60 | 277 |
| 1,10 | 244 | 1,36 | 263 | 1,62 | 278 |
|      |     |      |     |      |     |
| 1,12 | 245 | 1,38 | 264 | 1,64 | 280 |
| 1,14 | 246 | 1,40 | 265 | 1,66 | 281 |
| 1,16 | 248 | 1,42 | 266 | 1,68 | 282 |
|      |     |      |     |      |     |
| 1,18 | 250 | 1,44 | 267 | 1,70 | 283 |
| 1,20 | 251 | 1,46 | 268 | 2,00 | 298 |
| 1,22 | 252 | 1,48 | 270 | 2,20 | 307 |
|      |     |      |     |      |     |
| 1,24 | 254 | 1,50 | 271 | -    | -   |
| 1,26 | 255 | 1,52 | 272 | -    | -   |

### 8.5 Det Norske Veritas Kazan Kanunu V, Bölüm 6'ya Uygun Hesaplama Yöntemi

Bu standart bir Norveç standardıdır. Bu standartta seçilecek olan emniyet ventilleri kapalı başlıklı olmalıdır. 10m<sup>2</sup>'den daha ufak ısıtma yüzeyine sahip buhar jeneratörleri veya buhar kazanları için emniyet ventili seçimi yapılabilir. Bütün emniyet ventilleri ayar basıncının değiştirilebilmesine karşı korumalı olmalıdır ve bir ayar zıvanası muhteva etmelidir.

#### Doymuş buhar

$$A_1 = \frac{K.E}{p + 1} \quad (8.37)$$

Bu formülde, A<sub>1</sub> doymuş buharın akış alanı, K akış faktörü, E kütleli debi ve p ayar basıncıdır.

K değeri tam kalkışlı emniyet ventilleri için 2,5 ve yumuşak kalkışlı diğer emniyet ventilleri için ise 7,8 olarak alınabilir.

#### Kızgın buhar

$$A_2 = A_1.(1 + 0,013.T) \quad (8.38)$$

Bu formülde, A<sub>2</sub> kızgın buhar akış alanıdır ve T kızgın buhar ile doymuş buhar arasındaki °C olarak sıcaklık farkıdır.

Kızgın buhar için hesaplama yapılırken değerler doymuş buhar gibi hesaba katılır ve daha sonra formül 8,38 kullanılarak düzeltme yapılır.

### 8.6 Diğer Ülke Seçim Kriterleri

#### Belçika

Belçika kazan kanunlarına göre;

- Kazanlarda en az 2 adet emniyet ventili kullanılmalıdır.
- Toplam kütle akışına uygun hesaplama yapılırken, n-1 ventil ele alınmalıdır.
- Akış çapları 20≤d<sub>0</sub>≤100mm arasında alınmalıdır.
- Basınç hesapları yapılırken %10'luk basınç artışları dikkate alınmalıdır.

- Sıvılar için belirlenecek olan emniyet ventilleri için,  $d_0 \geq 40\text{mm}$  geçerlidir.
- Deşarj verimliliğinde düşüş olmadan, yani  $\alpha_w.1,1$  uygulanarak, AD-A2'ye uygun hesaplama uygundur.

### **Danimarka**

Danimarka kazan kanunlarına göre;

- Kazanlarda en az 2 adet emniyet ventili kullanılmalıdır.
- Akış çapları  $21\text{mm} \leq d_0$  olmalıdır.
- Alman normlarına uygun seçimler Danimarka normlarına da uygundur.
- Emniyet ventili basınç ayarlarının değiştirilebilmesi için her ventilde bir tane tespit zıvanası olmalıdır.

### **Fransa**

Réglementation des Appareils Vapeur normlarına göre;

- Sistemlerde kullanılacak emniyet ventilleri en az 2 adet olmalıdır.
- 1 veya 2 adet emniyet ventili kullanılan sistemlerde, deşarj kapasiteleri ele alınmalı ve mutlaka aynı boyutlarda bir yedek ventil temin edilmelidir.
- 3 veya daha fazla emniyet ventilinin bulunduğu sistemlerde, deşarj kapasiteleri ele alınmalıdır ve aynı boyutlardaki 2 adet yedek ventil sisteme sağlanmalıdır. Hesaplama, deşarj verimliliğini düşürmeyecek şekilde AD-A2'ye uygun olarak yapılabilir.
- Sistemde izin verilen %10'luk basınç artışı hesaplamalara katılmalıdır.

### **Norveç**

- Sistemde kullanılacak emniyet ventili sayısı en az 2 olmalıdır.
- Akış çapları  $25 \leq d_0 \leq 100\text{mm}$  arasında alınmalıdır.
- Emniyet ventili basınç ayarlarının değiştirilebilmesi için her ventilde bir tane tespit zıvanası olmalıdır. Boyut hesaplaması Det Norske Veritas'a uygun olmalıdır, fakat Alman tüzüklerine uygun hesaplamalarda kabul edilir.

## İsveç

Buhar kazanları için;

- Sistemde kullanılacak emniyet ventili sayısı en az 2 olmalıdır.
- Hesaplama Alman tüzüklerine uygun olarak yapılabilir.

Basıncılı tanklar;

- Hesaplamalarda Alman normları kabul edilir, ama  $\alpha=\alpha_w.1,1$  olarak alınmalıdır.

## İsviçre

Schweizerischer Verein für Druckbehälterüberwachung(SVDB)'ye göre;

- Akış çapı  $d_0 \geq 25\text{mm}$  (buhar kazanları) olarak alınmalıdır.
- Akış çapı  $d_0 \geq 6\text{mm}$  (basıncılı tanklar) olarak alınmalıdır.
- Emniyet ventili diskinin site tekrar oturma basıncı sistem basıncının maksimum %10 altında olmalıdır.
- Hesaplamalar, Alman tüzüklerine uygun olarak yapılabilir.

## İspanya

- Sistemde kullanılacak emniyet ventili sayısı en az 2 olmalıdır.
- Akış çapı  $d_0 \geq 15\text{mm}$  olmalıdır.
- Emniyet ventili diskinin site tekrar oturma basıncı sistem basıncının maksimum %7 altında olmalıdır.
- Alman tüzüklerine uygun olarak yapılan hesaplamalar geçerlidir.

### 8.7 Deşarj Hatlarında Oluşan Ters basıncın Hesaplanması

Deşarj hattı, deşarj emniyet ventilinin akış yönünde bağlı olduğunda, “ters basınç meydana gelir”. Eğer bu deşarj hattı daha büyük, basıncılı bir sistemin bir parçası ve sisteme hakim basınç atmosferik basınçtan daha yüksek ise bu basınç ek bir ters basınç oluşturur.

Meydana gelen ters basınç, emniyet ventilinin deşarjı sırasında üretilir ve emniyet ventilinin performans karakteristiğine etki eder. Her emniyet ventili için izin verilen ters basınç miktarı

emniyet ventili üreticileri tarafından belirlenir. Genel olarak emniyet ventillerinde uygulanabildiği sürece, ayar basıncının %15 düşüğüne kadar ek ters basınca izin verilir.

Kabul edilemez ters basıncın etkileri:

- Ventil kalkışı >>>belirlenmiş deşarj katsayısı değerine ulaşamaz
- Çalışma karakteristiklerine etkisi>>>Ventil ani açma ve kapatma yapan bir ventil ise, emniyet ventili belli bir düzende çalışamayabilir.  
Olması muhtemel olan titreşim etkileri, çekiç darbeleri ve diğer eylemler iyi bilinmelidir.

Aşağıdaki kriterlerin bilinmesi halinde, deşarj hattında meydana gelen ters basıncın seviyesi belirlenebilir:

- Deşarj hattı çapı ve uzunluğu
- Bağlantı sayıları ve özellikleri
- Emniyet ventiline tepki basıncı
- Akışkan
- Emniyet ventiline deşarj edebileceği kütsel debi

Bu değerlerin bilinmesi halinde, deşarj boyunca oluşacak ters basınç aşağıdaki formül ile temin edilebilir.

$$\frac{p_{ao}}{p_o} = \sqrt{\left(\frac{p_{no}}{p_o}\right)^2 + 2 \cdot \left( \lambda \cdot \frac{L_a}{d} + \sum \xi + \frac{2}{k} \cdot \ln \frac{p_{ao}}{p_{no}} \right) \cdot \Psi^2 \cdot \alpha^2 \cdot \left(\frac{d_o}{d}\right)^4} \quad (8.39)$$

yukarıdaki, formülde;  $p_{ao}$  mutlak ters basınç= $p_{ae} + p_{af} + p_u$ 'dır,  $p_{ae}$  oluşan ters basıncı,  $p_{af}$  ek ters basıncı,  $p_u$  ise mutlak ortam basıncını simgeler;  $p_o$  basınç odasındaki mutlak basınçtır ve ayar basıncı,  $p_u$  ve açma basınç farkının toplamına eşittir;  $p_{no}$  deşarj hattının sonundaki mutlak basınçtır;  $\lambda$  boru sürtünme katsayısıdır;  $L_a$  deşarj hattı uzunluğudur;  $d$  deşarj hattının iç çapıdır;  $\sum \xi$  direnç katsayıları toplamıdır;  $k$  izantropik üs ve  $d_o$  akış çapıdır.

Deşarj hattı sonundaki mutlak basınç,  $p_{no}$  aşağıdaki şekilde formülize edilebilir:

$$p_{no} = p_o \cdot \frac{2 \cdot \Psi \cdot \alpha}{\sqrt{k \cdot (k + 1)}} \cdot \left(\frac{d_o}{d}\right)^2 \quad (8.40)$$

Bu formülde  $\Psi$  akış katsayısını simgeler.

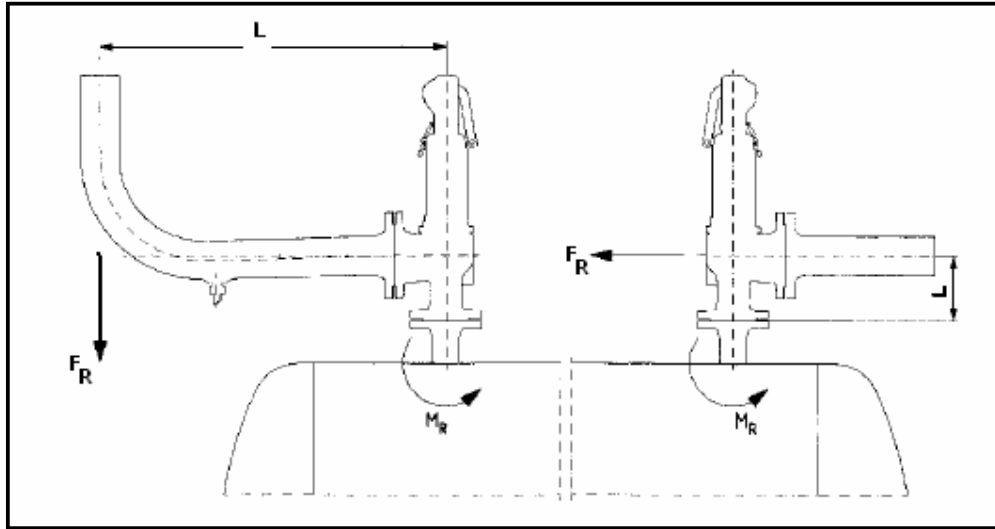
Yukarıdaki formül  $p_{no} \geq p_u + p_{af}$  olduğu durumlar için geçerlidir.

### 8.8 Akışkan Deşarjı Esnasında Oluşan Reaksiyon Kuvvetinin Hesaplanması

Emniyet ventillerinin bağlantı noktaları belirlenirken, reaksiyon kuvvetinin belirlenmesi önemlidir. Yanlış seçim yapılmış emniyet ventillerinde bağlantı noktalarından ve ventil bağlantısından patlama riski vardır.

Şu bilinmelidirki çalışma hatlarına bağlı emniyet ventilleri statik ekipmanlar değildir, çalışma hatlarındaki dinamik veya termal stresler ventile iletilir.

Reaksiyon gücünün istikameti, deşarj istikametinin tam tersinedir.



Şekil 8.4. Deşarj esnasında oluşan kuvvetler

Su buharı ve gazlar için:

$$p_n = p_o \cdot \frac{2 \cdot \Psi \cdot \alpha}{\sqrt{k \cdot (k + 1)}} \cdot \left( \frac{d_o}{d} \right)^2 \quad (8.41)$$

Bu formülde  $p_n$  çıkış hattının sonundaki mutlak basınç,  $p_o$  basınç odasındaki mutlak

basıncıdır ve ayar basıncı,  $p_u$  ve açma basınç farkının toplamına eşittir,  $\Psi$  akış katsayısını simgeler,  $\alpha$  deşarj katsayısını,  $k$  izantropik üs,  $d$  çıkış hattının iç çapı ve  $d_o$  akış çapıdır.

$p_n > p_u$  olduğu durumlarda ( $p_u$  mutlak ortam basıncıdır):

$$F_R = \frac{\pi}{40} \cdot \left( \Psi \cdot \alpha \cdot d_o^2 \cdot p_o \cdot \left( \sqrt{2k} + \sqrt{\frac{2}{k}} \right) - d^2 \cdot p_u \right) \quad (8.42)$$

formülü kullanılarak  $F_R$  reaksiyon kuvvet değeri hesaplanabilir.

Eğer farklı şartlarda  $p_n > p_u$  değeri sağlanıyorsa aşağıdaki formül kullanılır:

$$F_R = \frac{\pi}{20} \cdot \Psi^2 \cdot \alpha^2 \cdot \frac{d_o^4}{d^2} \cdot p_o \quad (8.43)$$

sıvılar için aşağıdaki formül kullanılır:

$$F_R = \frac{\pi}{20} \cdot \alpha^2 \cdot \frac{d_o^4}{d^2} \cdot (p_o - p_u) \quad (8.44)$$

Eğer deşarj ortamında bir ters basınç söz konusu ise ortam mutlak basınç değerine ters basınç değerleri de eklenerek işlem yapılır.

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstride ve yerel kullanımlarda emniyet ventilleri çeşitlilik göstermektedir. bu nedenle, endüstride ve yerel sistemlerde, prosesler bir bütün olarak ele alınmalı ve her proses başlı başına değerlendirilmelidir. Emniyet ventilleri tek başlarına sistem yarabilecek ekipmanlar değildir bir proses elemanıdır.

Günümüzde emniyet ventilleri geniş bir kullanım alanına sahiptir ve kullanılacakları sistemler için standartları birçok alanda belirlenmiştir. Genel olarak bakıldığında zaman, eğer bir emniyet ventili kullanıldığı prosesin emniyetini sağlıyorsa emniyet ventili görevini yerine getiriyor demektir. Ancak şu asla unutulmamalıdır ki, emniyet sağlamak kadar bu işlemi verimli ve hızlı şekilde yapmakta önemlidir, aksi takdirde yapılan işin faydasından fazla zararı olacaktır. Emniyet ventillerinde verimlilik sistem çalışması esnasında emniyeti sağlamak, emniyet sağlanırken de yapılacak olan deşarjı minimuma indirmek ve bu işlemi hızlı yapmaktır. Bu bağlamda ülkemizde hala kullanımı devam etmekte olan ağırlık yüklemeli emniyet ventillerinin yerini, zaman içinde yay yüklemeli ve pilot işletimli emniyet ventillerinin alınması gerekmektedir.

Belirttiğimiz gibi emniyet ventilleri prosesle birlikte bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Emniyet ventilleri kullanıldıkları sistemlerin içinde statik ekipmanlarıymış gibi görülseler de aslında üzerlerindeki dinamik ve termal stresler dolayısı ile dinamik özellik gösterirler ve gelişi güzel seçilen(prosesle bütün olarak değerlendirilmeyen) emniyet ventilleri hem konuldukları bölgeye hem de kendilerine zarar verir.

Emniyet ventili seçimlerinde, sadece basınçlı her sistemde olması gerekli bir ekipman olduğu için değil, mümkün olduğu kadar fazla done ele alınarak en uygun ventil seçilmelidir.

**KAYNAKLAR**

P. I. Barton, C. C. Pantelides,” Modeling of combined discrete/continuous processes”, AIChE Journal, England, June 1994

S. Muschelknautz, A. Wellenhofer, “Flow Reaction Forces upon Blowdown of Safety Valves”, July, 2003, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

T.Christopher Dickenson, “Valves, Piping& Pipelines Handbook”, Elsevier Advanced Technology, 1999 England

Robert D'Alessandro P.E., “Thrust force calculations for pressure safety valves”, September 2006, American Institute of Chemical Engineers (AIChE)

Ralf Diener, Jürgen Schmidt , “Sizing of throttling device for gas/liquid two-phase flow part1: Safety valves” 2004 American Institute of Chemical Engineers (AIChE)

V. M. Krasil'shchikov, “New design of safety valve”, Springer New York, 2006 Chemical and Petroleum Engineering

Sean C. Parks , Lawrence J. H. Schulze,” Process Safety Progress”, 1998 American Institute of Chemical Engineers

Ron Darby, Kamyar Molavi,” Viscosity correction factor for safety relief valves”, 1997 American Institute of Chemical Engineers

Dr.-Ing. Jürgen Schmidt, Dr.-Ing. Frank Westphal , “Praxisbezogenes Vorgehen bei der Auslegung von Sicherheitsventilen und deren Abblaseleitungen für die Durchströmung mit Dampf/Flüssigkeits-Gemischen – Teil” , 1997 VCH-Verlagsgesellschaft, mbH

**INTERNET KAYNAKLARI**

[1] [www.boppureuther.com](http://www.boppureuther.com)

[2] [www.leser.com/about.aspx](http://www.leser.com/about.aspx)

[3] [www.safetysystemsuk.com](http://www.safetysystemsuk.com)

[4] [end.synanto.de/shop/main.php?Lang=EN](http://end.synanto.de/shop/main.php?Lang=EN)

[5] [www.spiraxsarco.com/navigation/library.asp](http://www.spiraxsarco.com/navigation/library.asp)

[6] [www.gsi.de/informationen/wti/library/scientificreport2000/Chemistry/14/Vahle\\_2\\_2.pdf](http://www.gsi.de/informationen/wti/library/scientificreport2000/Chemistry/14/Vahle_2_2.pdf)  
[www.gsi.de](http://www.gsi.de)

[7] [www.daidoseimitu.co.jp/english/products/products\\_sara.htm](http://www.daidoseimitu.co.jp/english/products/products_sara.htm)

[8] [en.wikipedia.org/wiki/Safety\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Safety_valve)

[9] <http://kontakt.tu-harburg.de/de/gen/ab3-02.html>

**EKLER**

|        |                                                                     |
|--------|---------------------------------------------------------------------|
| Ek 1   | Emniyet ventilleri ile ilgili kodlar ve standartlar                 |
| Ek 2-1 | Gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri                     |
| Ek 2-2 | Sıvıların fiziksel karakteristikleri                                |
| Ek 3   | AD Merkblatt A2'ye uygun, buhar için basınç ortam katsayısı tablosu |
| Ek 4-1 | Doymuş buhar tablosu                                                |
| Ek 4-2 | Basınç ve sıcaklığa bağlı su-su buharı yoğunluk tablosu             |
| Ek 5-1 | Boşaltma katsayısı $\alpha_w$ çizelgeleri                           |
| Ek 6   | Kızgın buhar düzeltme faktörü $K_{SH}$ tablosu                      |

**Ek 1 Emniyet ventilleri ile ilgili kodlar ve standartlar**

| <b>Düzenlemenin Yapıldığı Bünye</b>                                                                                                                                            | <b>Kodlar ve Standartlar</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Allami Energerhkai es<br>Energiabiztonsagtechnikai Feleugyelet<br>(AEEF)<br>(Enerji, Yönetim ve Emniyet Yetkili<br>Merkezi)<br>Budapeşte VIII<br>Kostarsasag ter 7, Macaristan | Emniyet Ventili 22/1969/VI.12(mod)<br>29/1960/VI .7(Orijini)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Amerikan Ulusal Standart Enstitüsü<br>1430 Broadway<br>New York, NY 10018, USA                                                                                                 | B16.34 Çelik Vanalar, Flanşlı ve Alın Kaynaklı<br>Montajlar<br>B16.5 Çelik Boru Flanşları ve Flanşlı<br>Bağlantılar<br>B31.1 Enerji Sistemleri Boru Hatları<br>B31.3 Kimyasal Santraller ve Petrol<br>Rafinerileri Boru Hatları<br>B31.4 Likit Petrol Transfer Boru Hattı<br>Sistemleri<br>B95.1 Basın Boşaltma Cihazları Terminolojisi<br>ANSI/ASME PTC 25.3 Performans Test Kodu,<br>Emniyet ve Boşaltma Ventilleri                                                                                                                                                                                                                |
| Amerikan Petrol Enstitüsü<br>2101 L Street Northwest Washington,<br>DC 230037, USA                                                                                             | API RP 510 Basıncılı Tanklar Denetleme Kodu<br>API RP 520 Rafinerilerdeki Basınç Boşaltma<br>(Düşürme) Sistemlerinin Dizaynları ve<br>Kurulumları için Tavsiye Edilen Pratikler:<br>Bölüm I:Dizayn, Bölüm II: Kurulum<br>API RP 521 Basınç Boşaltma ve Basınç<br>Düşürme Sistemleri Kılavuzu<br>API Standart 526 Flanşlı Çelik Emniyet<br>Boşaltma Ventilleri<br>API Standart 527 Metal Metale Oturma Yüzeyli<br>Emniyet Ventillerinin Sit Sızdırmazlığı<br>API 2000 Atmosferik ve Düşük Basınç<br>Depolayan Tankların Korunması<br>Rafineri Ekipmanlarının Denetlenmesi için API<br>Kılavuzu Kısım XVI-Basınç Boşaltma<br>Cihazları |
| Verband der Technischen<br>Überwachungs-Vereine e. V(TUV)<br>Kurfürstenstraße 56<br>4300 Essen 1, Almany                                                                       | TRD 421 AD-Merkblatt A2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| <b>Düzenlemenin Yapıldığı Bünye</b>                                                                                        | <b>Kodlar ve Standartlar</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amerikan Makine Mühendisleri Odası<br>Birleşik Mühendislik Binası 345 East 47th<br>Street New York, NY 10017,USA           | Kazanlar ve Basıncılı tank Kodu<br>Bölüm I – Enerji Kazanları<br>Bölüm II – Malzemeler<br>Bölüm IV – Isıtma Kazanları<br>Bölüm VII – Enerji Kazanlarının Güvenliği<br>Bölüm VIII – Basıncılı Tanklar<br>Bölüm IX – Kaynaklama ve Pirinç<br>Özellikleri                                  |
| Francaise de Normalisation Kurumu<br>Tour Europe Cedex 7<br>F-92049 Paris La Defence, Fransa                               | NFE 29-410’la 420 arası                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Avustralya Standartlar Kurumu<br>No.1 The Cerescent Homebush<br>New South Wales 2140, Avustralya                           | AS1271 Emniyet Ventilleri, Diğer Vanalar,<br>Likit Seviye Gazları ve Kazanlar için Diğer<br>Bağlantı Ekipmanları ve Yanmaz Basıncılı<br>Tanklar 1990 Yayını<br>AS1210 Yanmaz Basıncılı Tanklar(EAA<br>Yanmaz Basıncılı Tank Kodu) 1989 Yayını<br>AS1200 Basıncı Ekipmanları 1994 Yayını |
| İngiliz Standartları Enstitüsü<br>389 Chiswick High Road London W4 4AL,<br>İngiltere                                       | BS6759 1,2 ve 3. Bölümler Emniyet<br>Ventilleri                                                                                                                                                                                                                                         |
| Kanada Standartlar Kurumu<br>178 Rexdale Boulevard<br>Toronto, Ontario M9W 1R3, Kanada                                     | CSA Z299.2.85 (R1991)-Kalite Güvence<br>Programı- Kategori 1<br>CSA Z299.3.85 (R1991)-Kalite Güvence<br>Programı- Kategori 3<br>CSA Z299.4.85 (R1991)-Kalite Güvence<br>Programı- Kategori 4                                                                                            |
| Chlorine Enstitüsü Inc.<br>2001 L Street, NW<br>Washington, DC 20036, USA                                                  | Broşür Tip 1-1/2” JQ<br>Broşür 41 Tip 4” JQ                                                                                                                                                                                                                                             |
| CC NASTHOL<br>Shenogina Street<br>123007 Moskova, Rusya                                                                    | GOST R Sertifika Sistemi                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Deutsche Institut Fur Normung<br>Burggrafenstrasse 6 D-10787 Berlin,<br>Almanya                                            | DIN 50049 Malzeme Test Sertifikaları                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Comite Europeen de Normalisation<br>(European Committee de Standardisation)<br>rue de Stassart 36 B-1050 Brussels, Belçika | CEN: Emniyet Ventili Basıncı Ekipmanları<br>Direktifi İçin Standartlar                                                                                                                                                                                                                  |

| <b>Düzenlemenin Yapıldığı Bünye</b>                                                                                                                                     | <b>Kodlar ve Standartlar</b>                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Isı Dönüştürme Enstitüsü, Inc.<br>1300 Sumner Avenue Cleveland, OH 44115,<br>USA                                                                                        | HEI: Kapalı Besleme Suyu Isıtıcıları için<br>Standartlar                                                                                                           |
| Uluslararası Standartlaştırma Organizasyonu<br>Case Postale 56 CH-1211<br>Geneve 20, İsviçre                                                                            | ISO-900 Kalite Sistemi<br>ISO-4126 Emniyet Ventilleri-Genel Tüzükler                                                                                               |
| I.S.C.I.R. Merkezi<br>Bucuresti Frumoasa nr. 26, Romanya                                                                                                                | Romanya Basıncılı Tank Standartları                                                                                                                                |
| Japon Endüstriyel Standart Komitesi<br>Japon Standartları Kurumu<br>1-24, Akasaka 4-chome, Minato-ku<br>Tokyo 107 Japonya                                               | JIS B8210 Buhar Kazanları ve Basıncılı<br>Tanklar için Yay Yüklemeli Emniyet<br>Ventilleri                                                                         |
| Ventil ve Bağlantı Ekipmanları Enstitüsünün<br>İmalatçılar Standart Oluşturma Kurumu<br>1815 North Fort Myer Drive Arlington,<br>VA 22209, USA                          | SP-6 Flanş Bitişli Bağlantının Kontak<br>Yüzeylerinin Sonları<br>SP-9 MSS Temas Yeri Standartları<br>SP-55 Çelik Dökme için Kalite Standartları                    |
| Ministrie Van Sociale Zaken En<br>Werkgelegenheid Directoraat General Van<br>De Arbeid Dienst Voor Het Stoomwezen<br>2517 KL Gravenhage Eisenhowerlaan 102,<br>Hollanda | Stoomwezen Şartnameleri A1301                                                                                                                                      |
| Korozyon Mühendisleri Ulusal Toluluğu<br>P.O.Box 1499<br>Houston, TX 77001, USA                                                                                         | NACE MR0175                                                                                                                                                        |
| Kazan ve Basıncılı Tank Denetleme Ulusal<br>Platformu<br>1055 Crupper Avenue Colombus,<br>OH 43229,USA                                                                  | NB-25 Ulusal Platform Denetleme Kodu<br>NB-65 Yenilenmiş Ulusal Platform Ruhsatı<br>ASME ve Ulusal Platformu Emniyet<br>Ventilleri ve Boşaltma Vanalarını Mühürler |
| Ulusal Yangın Güvenliği Kurumu<br>Batterymarc-Park<br>Quincy, MA 02269, USA                                                                                             | NFPA 30 Yanabilen ve Tutuşabilen<br>Akışkanların Kodları                                                                                                           |
| Schweizerischer Verein für<br>Druckbehälterüberwachung(SDVB)<br>Postfach 35<br>8030 Zurich, İsviçre                                                                     | Şartnameler 602-Kazanlar ve Basıncılı<br>Tanklar için Emniyet Ventilleri                                                                                           |
| Den Norske Trykbeholderkomite(TBK)<br>Norsk Verkstedsindustri<br>Standardiseringsentral Oscarsgate 20, Oslo,<br>Norveç                                                  | TBK Basıncılı Tanklar Genel Kanunları                                                                                                                              |

**Ek 2-1 Gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri**

| Ortam                | Kimyasal formül                  | Moleküler kütle M | Yoğunluk $\rho_n$ kg/Nm <sup>3</sup> | Gaz sabiti R (N.m)/(K.kg) | İzentropik Üs k |
|----------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Asetilen             | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>    | 26,1              | 1,172                                | 319                       | 1,23            |
| Amonyak              | NH <sub>3</sub>                  | 17,0              | 0,771                                | 488                       | 1,31            |
| Argon                | Ar                               | 39,9              | 1,784                                | 208                       | 1,65            |
| Etan                 | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>    | 30,1              | 1,357                                | 276                       | 1,20            |
| Etilen               | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>    | 28,1              | 1,260                                | 296                       | 1,25            |
| Benzol buharı        | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>    | 78,1              | 3,485                                | 106                       | 1,12            |
| Bütan                | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>   | 58,1              | 2,732                                | 143                       | 1,11            |
| Bütilen              | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>    | 56,1              | 2,503                                | 148                       | 1,20            |
| Klor                 | Cl <sub>2</sub>                  | 70,9              | 3,214                                | 117                       | 1,34            |
| Hidrojen klorür      | HCl                              | 36,5              | 1,639                                | 228                       | 1,39            |
| Difenil              | C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>  | 154,1             | 6,880                                | 54                        | —               |
| Difenil-difeniloksit | —                                | 165,7             | 3,800                                | 50                        | 1,05            |
| Doğal gaz            | —                                | 16,6              | 0,740                                | 500                       | 1,30            |
| Florin               | F <sub>2</sub>                   | 37,8              | 1,690                                | 219                       | —               |
| Freon 12             | CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>  | 120,9             | 5,400                                | 69                        | 1,14            |
| Jeneratör gazı       | —                                | 23,5              | 1,130                                | 354                       | 1,39            |
| Helyum               | He                               | 4,0               | 0,179                                | 2077                      | 1,63            |
| Hekzan               | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>   | 86,1              | 3,940                                | 97                        | 1,06            |
| Karbondioksit        | CO <sub>2</sub>                  | 44,0              | 1,977                                | 189                       | 1,30            |
| Karbonmonoksit       | CO                               | 28,0              | 1,250                                | 297                       | 1,40            |
| Linyit fırını gazı   | —                                | 11,8              | 0,540                                | 701                       | 1,34            |
| Hava                 | —                                | 29,0              | 1,293                                | 287                       | 1,40            |
| Metan                | CH <sub>4</sub>                  | 16,0              | 0,717                                | 518                       | 1,31            |
| Metanol              | CH <sub>3</sub> OH               | 32,0              | 1,430                                | 259                       | 1,24            |
| Metanklorür          | CH <sub>3</sub> Cl               | 50,5              | 2,308                                | 165                       | —               |
| Pentan               | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>   | 72,1              | 3,450                                | 115                       | 1,08            |
| Propan               | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>    | 44,1              | 2,010                                | 189                       | 1,14            |
| Propilen             | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>    | 42,1              | 1,915                                | 198                       | 1,14            |
| Oksijen              | O <sub>2</sub>                   | 32,0              | 1,429                                | 260                       | 1,40            |
| Sülfür dioksit       | SO <sub>2</sub>                  | 64,1              | 2,926                                | 130                       | 1,278           |
| Hidrojen sülfat      | HS <sub>2</sub>                  | 34,1              | 1,536                                | 244                       | 1,33            |
| Ağır su              | D <sub>2</sub> O                 | 20,0              | 0,890                                | —                         | —               |
| Hava gazı            | —                                | 11,8              | 0,540                                | 701                       | 1,34            |
| Nitrojen             | N <sub>2</sub>                   | 28,0              | 1,251                                | 297                       | 1,40            |
| Vinilklorit          | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl | 62,5              | 2,780,                               | 127                       | 1,29            |
| Hidrojen             | H <sub>2</sub>                   | 2,0               | 0,0899                               | 4124                      | 1,41            |

\*Yoğunluklar 0°C ve 1 bar'da elde edilen değerlerdir.

### Ek 2-1 Gazlar ve buharların fiziksel karakteristikleri

| Ortam                | Kritik basınç<br>oranı | Deşarj<br>fonksiyonu<br>$\Psi$ max. | Kaynama<br>noktası<br>°C | Buharlaştırma<br>ısısı<br>kJ | Kritik sıcaklık<br>°C | Kritik basınç<br>bar abs. |
|----------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Asetilen             | 0,558                  | 0,463                               | - 83,6                   | 883.                         | 35,5                  | 64,1                      |
| Amonyak              | 0,542                  | 0,474                               | - 33,4                   | 1383.                        | 132,4                 | 115                       |
| Argon                | 0,486                  | 0,514                               | - 186                    | 159.                         | - 117,6               | 52,3                      |
| Etan                 | 0,564                  | 0,459                               | - 88,6                   | 490.                         | 32,1                  | 50,4                      |
| Etilen               | 0,555                  | 0,465                               | - 103,7                  | 523.                         | 13,0                  | 51,7                      |
| Benzol buharı        | 0,581                  | 0,447                               | 80,1                     | 395.                         | 288,5                 | 49,5                      |
| Bütan                | 0,583                  | 0,446                               | - 0,5                    | 386.                         | 153                   | 38,7                      |
| Bütlen               | 0,564                  | 0,459                               | - 6,3                    | 403.                         | 146,4                 | 41                        |
| Klor                 | 0,539                  | 0,477                               | - 34                     | 268.                         | 146                   | 78,4                      |
| Hidrojen klorür      | 0,530                  | 0,483                               | - 85                     | 444.                         | 51                    | 84,1                      |
| Difenil              | —                      | —                                   | 256                      | 311.                         | 495                   | 32,9                      |
| Difenil-difeniloksit | 0,595                  | 0,444                               | 256                      | 289.                         | —                     | —                         |
| Doğal gaz            | 0,548                  | 0,472                               | —                        | —                            | —                     | —                         |
| Florin               | —                      | —                                   | - 188                    | 159.                         | - 129                 | 55                        |
| Freon 12             | 0,576                  | 0,450                               | - 29,8                   | 167.                         | 111,5                 | 39,6                      |
| Jeneratör gazı       | 0,530                  | 0,483                               | —                        | —                            | —                     | —                         |
| Helyum               | 0,442                  | 0,510                               | - 269                    | 31.                          | - 267,9               | 2,38                      |
| Hekzan               | 0,593                  | 0,438                               | 68,7                     | 336.                         | 235                   | 31,0                      |
| Karbondioksit        | 0,546                  | 0,472                               | - 78,4                   | 574.                         | 31,0                  | 75,5                      |
| Karbonmonoksit       | 0,529                  | 0,484                               | - 191,6                  | 318.                         | - 138,7               | 35,7                      |
| Linyit fırını gazı   | 0,539                  | 0,477                               | —                        | —                            | —                     | —                         |
| Hava                 | 0,528                  | 0,484                               | - 193                    | 197.                         | - 140,7               | 38,4                      |
| Metan                | 0,544                  | 0,473                               | - 161,5                  | 511.                         | - 81,5                | 47,1                      |
| Metanol              | 0,557                  | 0,464                               | 64,7                     | 1161.                        | 232,8                 | 81,3                      |
| Metanklorür          | —                      | —                                   | - 23,7                   | 427.                         | 141,5                 | 68,1                      |
| Pentan               | 0,589                  | 0,441                               | 36,1                     | 359.                         | 197,2                 | 34,1                      |
| Propan               | 0,576                  | 0,450                               | - 42,1                   | 427.                         | 95,6                  | 43,5                      |
| Propilen             | 0,576                  | 0,450                               | - 47,8                   | 440.                         | 97,0                  | 47,1                      |
| Oksijen              | 0,528                  | 0,484                               | - 183                    | 214.                         | - 118,0               | 50,5                      |
| Sülfür dioksit       | 0,550                  | 0,469                               | - 10                     | 402.                         | 157,3                 | 80,4                      |
| Hidrojen sülfat      | 0,540                  | 0,476                               | - 60,4                   | 546.                         | 99,6                  | 95,0                      |
| Ağır su              | —                      | —                                   | 101,4                    | 2069.                        | 371,5                 | 214,4                     |
| Hava gazı            | 0,539                  | 0,477                               | —                        | —                            | —                     | —                         |
| Nitrojen             | 0,528                  | 0,484                               | - 195,7                  | —                            | - 146,7               | 32,5                      |
| Vinilklorit          | —                      | 0,471                               | - 14                     | —                            | —                     | —                         |
| Hidrojen             | 0,527                  | 0,485                               | - 252,8                  | 461.                         | - 239,9               | 13,2                      |

$$\rho = \rho_n \cdot \frac{p \cdot 273K}{1,013bar \cdot T}, q_v = q_n \cdot \frac{1,013bar \cdot T}{p \cdot 273K}, q_m = q_n \cdot \rho_n, \rho_n \approx \frac{M}{22,4} \text{ 'dir.}$$

\*Kaynama noktaları 1 bar'da elde edilen değerlerdir.

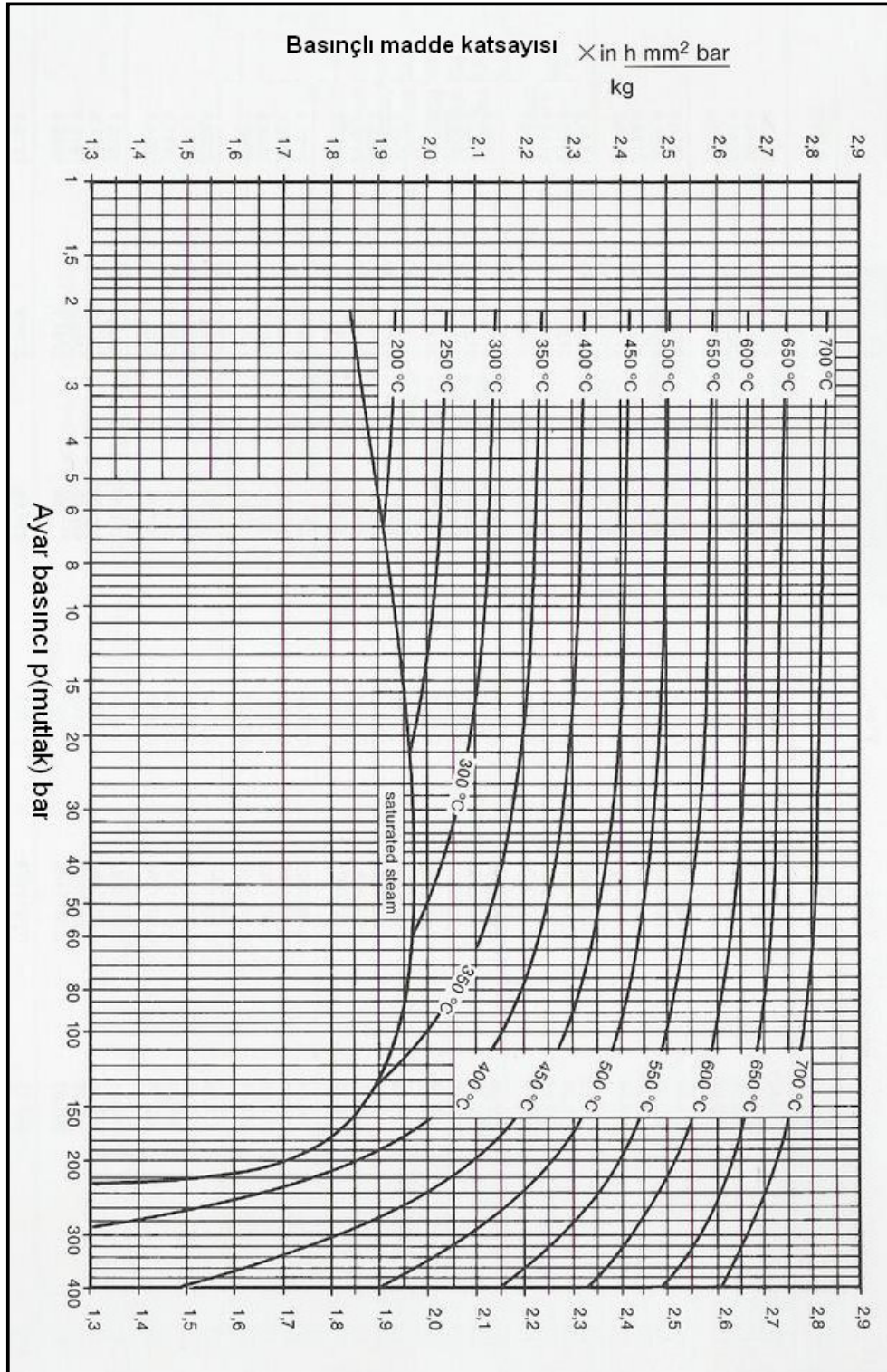
\*\* Buharlaştırma ısısı, kanama noktasındaki buharlaştırma enerjisidir.

### Ek 2-2 Sıvıların fiziksel karakteristikleri

| Ortam                         | Kimyasal formül                               | Yoğunluk $\rho_n$<br>kg/Nm <sup>3</sup> | Kaynama noktası<br>760 Torr °C |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
| Etan                          | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>                 | 326                                     | -88,6                          |
| Etilen                        | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>                 | 346                                     | -103,7                         |
| Etil klorür                   | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl              | 892                                     | 12,5                           |
| Amonyak                       | NH <sub>3</sub>                               | 609                                     | -33,4                          |
| Aseton                        | CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>             | 917                                     | 56                             |
| Benzin                        | —————                                         | 680                                     | 80-130                         |
| Benzol                        | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                 | 880                                     | 80                             |
| Bütan                         | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>                | 580                                     | -0,5                           |
| Bütlen                        | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>                 | 600                                     | -6,3                           |
| Dizel yağ                     | —————                                         | 880                                     | 175                            |
| Difenil-difeniloksit          | —————                                         | 1060                                    | 256                            |
| Uçak yakıtı-JP 4              | —————                                         | 670                                     | 70-90                          |
| Freon 12                      | CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>               | 1330                                    | -29,8                          |
| Glikol                        | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> OH <sub>2</sub> | 1140                                    | —————                          |
| Gliserin                      | CHO <sub>4</sub>                              | 1260                                    | 290                            |
| Isıtma yağı(hafif)            | —————                                         | 850                                     | 175                            |
| Isıtma yağı(ağır)             | —————                                         | 950                                     | 220-350                        |
| Potasyum hidroksit            | KOH                                           | 1188                                    | —————                          |
| Makine yağı                   | —————                                         | 910                                     | 380                            |
| Metanol                       | CH <sub>3</sub> OH                            | 792                                     | 64,7                           |
| Sodyum hidroksit solüsyon %20 | NaOH                                          | 1220                                    | —————                          |
| Naftalin                      | C <sub>10</sub> H <sub>6</sub>                | 1145                                    | 218                            |
| Lamba yağı                    | —————                                         | 810                                     | 150-300                        |
| Propan                        | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                 | 500                                     | -42,1                          |
| Propilen                      | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                 | 550                                     | -47,8                          |
| Nitrik asit                   | HNO <sub>2</sub>                              | 1560                                    | 86                             |
| Sülfürik asit                 | H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                | 1400                                    | 338                            |
| Trikloretilen                 | C <sub>2</sub> GCl <sub>3</sub>               | 1470                                    | 87                             |
| Su                            | H <sub>2</sub> O                              | 998                                     | 100                            |
| Ağır su                       | D <sub>2</sub> O                              | 1100                                    | 101,4                          |

\*Yoğunluklar 20°C'teki değerlerdir, etilenin yoğunluğu ise 0°C'deki yoğunluktur .

Ek 3 AD Merkblatt A2'ye uygun, buhar için basınç ortam katsayısı tablosu



Burada verilen doymuş buhar çizgisi sadece x-değeri belirlenmesinde ve doymuş buhar sıcaklığı olmadan kullanılır.

Ek 4-1 Doymuş buhar tablosu

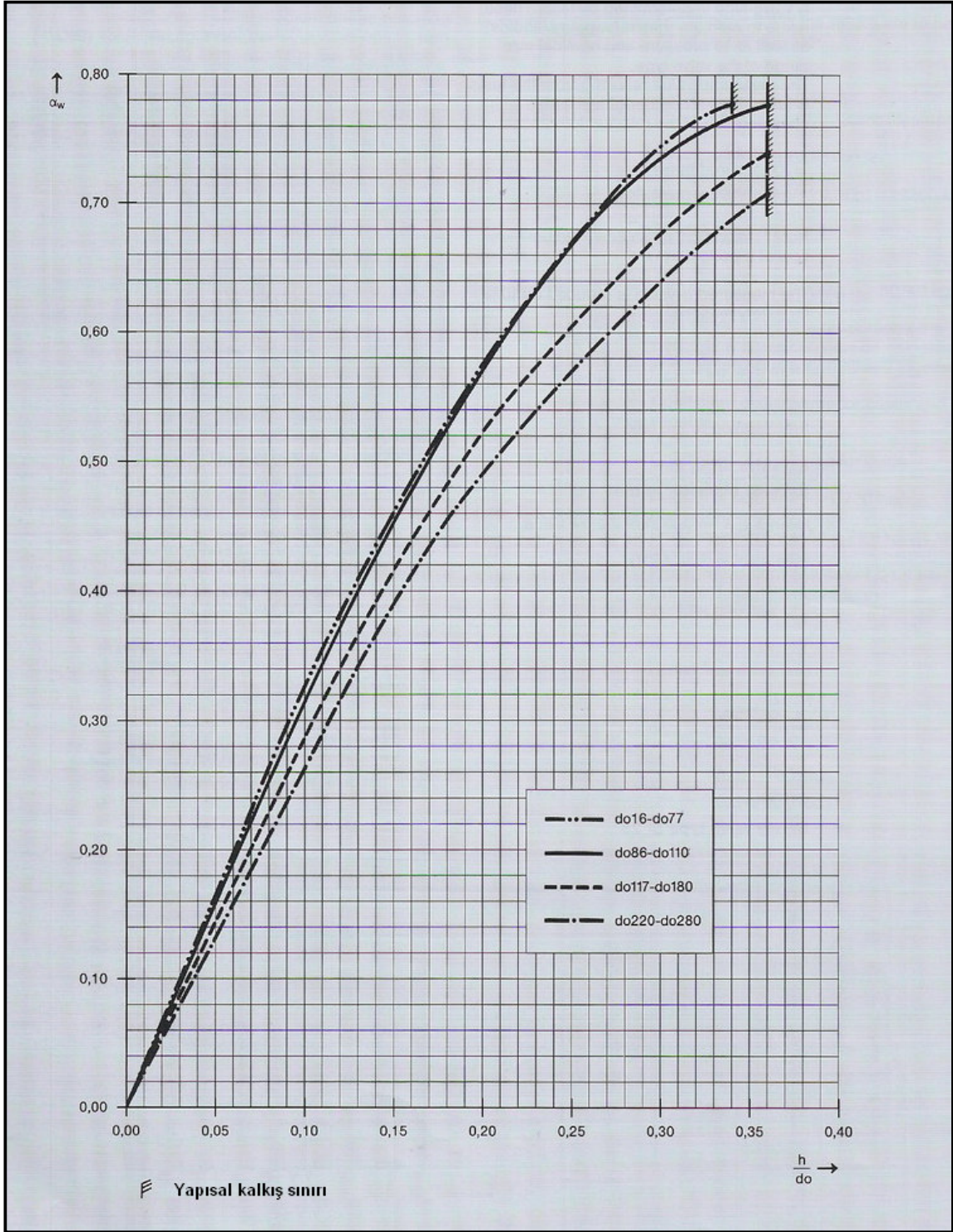
| Mutlak basınç<br>P<br>(bar g) | Sıcaklık<br>t <sub>g</sub> C | Suyun özgül hacmi V'<br>(m <sup>3</sup> /h) | Buharın özgül hacmi V''<br>(m <sup>3</sup> /h) | Buharın yoğunluğu ρ<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Suyun entalpisi h'<br>kJ/kg | Buharın entalpisi h''<br>kJ/kg | Buharlaştırma ısısı r<br>kJ/kg |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0,10                          | 45,833                       | 0,0010102                                   | 14,67                                          | 0,06814                                     | 191,83                      | 2584,8                         | 2392,9                         |
| 0,15                          | 53,997                       | 0,0010140                                   | 10,02                                          | 0,09977                                     | 225,97                      | 2599,2                         | 2373,2                         |
| 0,20                          | 60,086                       | 0,0010172                                   | 7,650                                          | 0,1307                                      | 251,45                      | 2609,9                         | 2358,4                         |
| 0,25                          | 64,992                       | 0,0010199                                   | 6,204                                          | 0,1612                                      | 271,99                      | 2618,3                         | 2346,4                         |
| 0,30                          | 69,124                       | 0,0010223                                   | 5,229                                          | 0,1912                                      | 289,30                      | 2625,4                         | 2336,1                         |
| 0,40                          | 75,886                       | 0,0010265                                   | 3,993                                          | 0,2504                                      | 317,65                      | 2636,9                         | 2319,2                         |
| 0,50                          | 81,345                       | 0,0010301                                   | 3,240                                          | 0,3086                                      | 340,56                      | 2646,0                         | 2305,4                         |
| 0,60                          | 85,954                       | 0,0010333                                   | 2,732                                          | 0,3661                                      | 359,93                      | 2653,6                         | 2293,6                         |
| 0,70                          | 89,959                       | 0,0010361                                   | 2,365                                          | 0,4229                                      | 376,77                      | 2660,1                         | 2283,3                         |
| 0,80                          | 93,512                       | 0,0010387                                   | 2,087                                          | 0,4792                                      | 391,72                      | 2665,8                         | 2274,0                         |
| 0,90                          | 96,713                       | 0,0010412                                   | 1,869                                          | 0,5350                                      | 405,21                      | 2670,9                         | 2265,6                         |
| 1,0                           | 99,632                       | 0,0010434                                   | 1,694                                          | 0,5904                                      | 417,51                      | 2675,4                         | 2257,9                         |
| 1,5                           | 111,37                       | 0,0010530                                   | 1,159                                          | 0,8628                                      | 467,13                      | 2693,4                         | 2226,2                         |
| 2,0                           | 120,23                       | 0,0010608                                   | 0,8854                                         | 1,129                                       | 504,70                      | 2706,3                         | 2201,6                         |
| 2,5                           | 127,43                       | 0,0010675                                   | 0,7184                                         | 1,392                                       | 535,34                      | 2716,4                         | 2181,0                         |
| 3,0                           | 133,54                       | 0,0010735                                   | 0,6056                                         | 1,651                                       | 561,43                      | 2724,7                         | 2163,2                         |
| 3,5                           | 138,87                       | 0,0010789                                   | 0,5240                                         | 1,908                                       | 584,27                      | 2731,6                         | 2147,4                         |
| 4,0                           | 143,62                       | 0,0010839                                   | 0,4622                                         | 2,163                                       | 604,67                      | 2737,6                         | 2133,0                         |
| 4,5                           | 147,92                       | 0,0010885                                   | 0,4138                                         | 2,417                                       | 623,16                      | 2742,9                         | 2119,7                         |
| 5,0                           | 151,84                       | 0,0010928                                   | 0,3747                                         | 2,669                                       | 640,12                      | 2747,5                         | 2107,4                         |
| 5,5                           | 155,46                       | 0,0010869                                   | 0,3426                                         | 2,920                                       | 655,78                      | 2751,7                         | 2095,9                         |
| 6,0                           | 158,84                       | 0,0011009                                   | 0,3155                                         | 3,170                                       | 670,42                      | 2755,5                         | 2085,0                         |
| 7,0                           | 164,96                       | 0,0011082                                   | 0,2727                                         | 3,667                                       | 697,06                      | 2762,0                         | 2064,9                         |
| 8,0                           | 170,41                       | 0,0011150                                   | 0,2403                                         | 4,162                                       | 720,94                      | 2767,5                         | 2046,5                         |
| 9,0                           | 175,36                       | 0,0011213                                   | 0,2148                                         | 4,655                                       | 742,64                      | 2772,1                         | 2029,5                         |
| 10,0                          | 179,88                       | 0,0011274                                   | 0,1943                                         | 5,147                                       | 762,61                      | 2776,2                         | 2013,6                         |
| 11,0                          | 184,07                       | 0,0011331                                   | 0,1774                                         | 5,637                                       | 781,13                      | 2779,7                         | 1998,5                         |
| 12,0                          | 187,96                       | 0,0011386                                   | 0,1632                                         | 6,127                                       | 798,43                      | 2782,7                         | 1984,3                         |
| 13,0                          | 191,61                       | 0,0011438                                   | 0,1511                                         | 6,617                                       | 814,70                      | 2785,4                         | 1970,7                         |
| 14,0                          | 195,04                       | 0,0011489                                   | 0,1407                                         | 7,106                                       | 830,08                      | 2787,8                         | 1957,7                         |
| 15,0                          | 198,29                       | 0,0011539                                   | 0,1317                                         | 7,596                                       | 844,67                      | 2789,9                         | 1945,2                         |
| 16,0                          | 201,37                       | 0,0011586                                   | 0,1237                                         | 8,085                                       | 858,56                      | 2791,7                         | 1933,2                         |
| 17,0                          | 204,31                       | 0,0011633                                   | 0,1166                                         | 8,575                                       | 871,84                      | 2793,4                         | 1921,5                         |
| 18,0                          | 207,11                       | 0,0011678                                   | 0,1103                                         | 9,065                                       | 884,58                      | 2794,8                         | 1910,3                         |
| 19,0                          | 209,80                       | 0,0011723                                   | 0,1047                                         | 9,555                                       | 896,81                      | 2796,1                         | 1899,3                         |
| 20,0                          | 212,37                       | 0,0011766                                   | 0,09954                                        | 10,05                                       | 908,59                      | 2797,2                         | 1888,6                         |
| 21,0                          | 214,85                       | 0,0011809                                   | 0,09489                                        | 10,54                                       | 919,96                      | 2798,2                         | 1878,2                         |
| 22,0                          | 217,24                       | 0,0011850                                   | 0,09065                                        | 11,03                                       | 930,95                      | 2799,1                         | 1868,1                         |
| 25,0                          | 223,94                       | 0,0011972                                   | 0,07991                                        | 12,51                                       | 961,96                      | 2800,9                         | 1839,0                         |
| 30,0                          | 233,84                       | 0,0012163                                   | 0,06663                                        | 15,01                                       | 1008,4                      | 2802,3                         | 1793,9                         |
| 40,0                          | 250,33                       | 0,0012521                                   | 0,04975                                        | 20,10                                       | 1087,4                      | 2800,3                         | 1712,9                         |
| 50,0                          | 263,91                       | 0,0012858                                   | 0,03943                                        | 25,36                                       | 1154,5                      | 2794,2                         | 1639,7                         |
| 60,0                          | 275,55                       | 0,0013187                                   | 0,03244                                        | 30,83                                       | 1213,7                      | 2785,0                         | 1571,3                         |
| 70,0                          | 285,79                       | 0,0013513                                   | 0,02737                                        | 36,53                                       | 1267,4                      | 2773,5                         | 1506,0                         |
| 80,0                          | 294,97                       | 0,0013842                                   | 0,02353                                        | 42,51                                       | 1317,1                      | 2759,5                         | 1442,8                         |
| 90,0                          | 303,31                       | 0,0014179                                   | 0,02050                                        | 48,79                                       | 1363,7                      | 2744,6                         | 1380,9                         |
| 100,0                         | 310,96                       | 0,0014526                                   | 0,01804                                        | 55,43                                       | 1408                        | 2727,7                         | 1319,7                         |
| 120,0                         | 324,65                       | 0,0015268                                   | 0,01428                                        | 70,01                                       | 1491,8                      | 2689,2                         | 1197,4                         |
| 140,0                         | 336,64                       | 0,0016106                                   | 0,01150                                        | 86,99                                       | 1571,6                      | 2642,4                         | 1070,7                         |
| 160,0                         | 347,33                       | 0,0017103                                   | 0,009308                                       | 107,4                                       | 1650,5                      | 2584,9                         | 934,3                          |
| 180,0                         | 356,96                       | 0,0018399                                   | 0,007498                                       | 133,4                                       | 1734,8                      | 2513,9                         | 779,1                          |
| 200,0                         | 365,70                       | 0,0020370                                   | 0,005877                                       | 170,2                                       | 1826,5                      | 2418,4                         | 591,9                          |
| 220,0                         | 373,69                       | 0,0026714                                   | 0,003728                                       | 268,3                                       | 2011,1                      | 2195,6                         | 184,5                          |
| 221,2                         | 374,15                       | 0,0031700                                   | 0,003170                                       | 315,5                                       | 2107,4                      | 2107,4                         | 0,000                          |

**Ek 4-2 Basınç ve sıcaklığa bağlı su-su buharı yoğunluk tablosu**

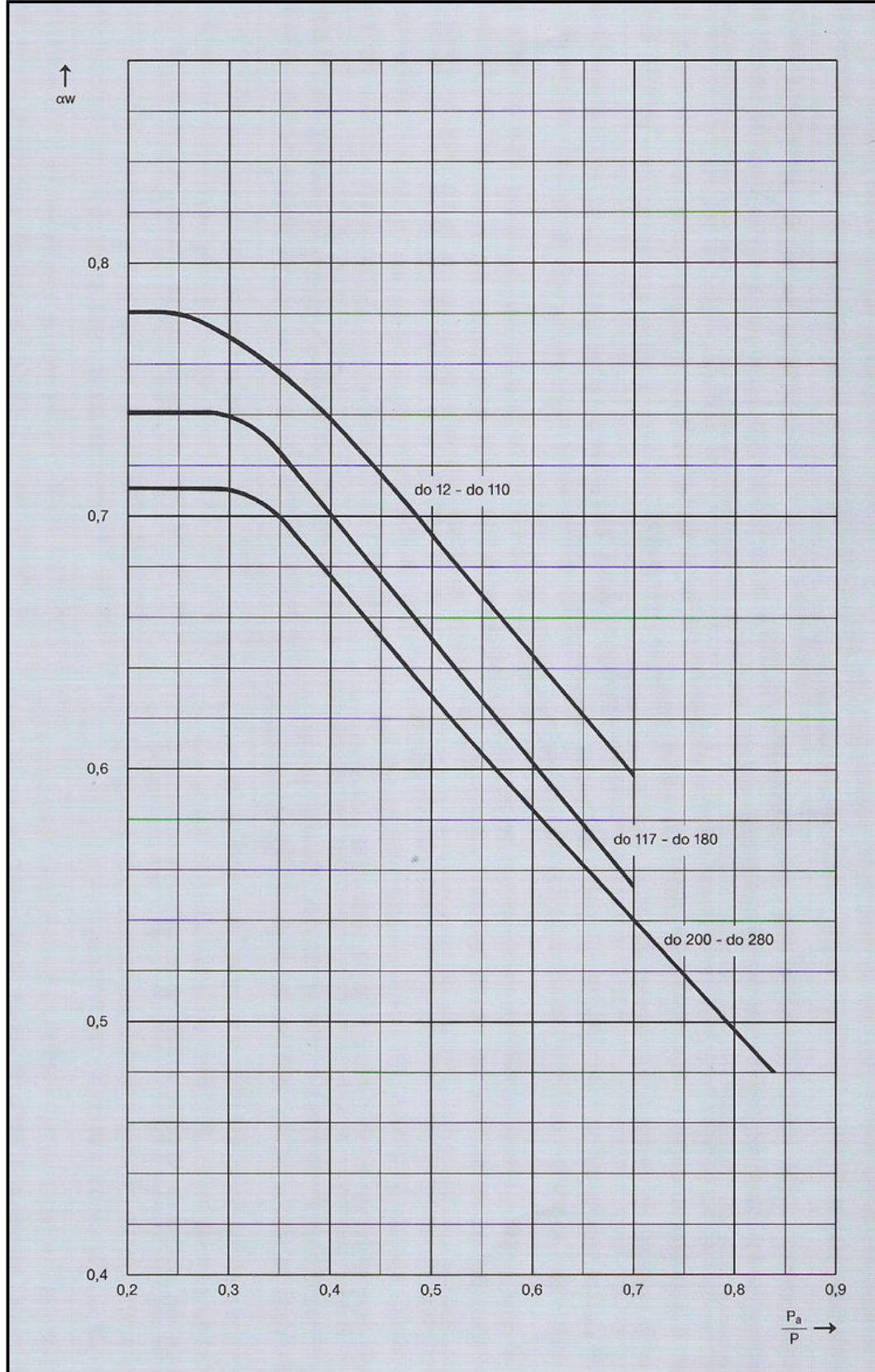
| Basınç<br>,bar | Sıcaklık,<br>°C |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                | 0               | 20     | 50     | 100    | 150    | 200    | 250    | 300    | 350    |
| 1              | 999,9           | 998,4  | 998,1  | 0,5895 | 0,5163 | 0,4156 | 0,4156 | 0,3789 | 0,3483 |
| 5              | 1000,1          | 998,6  | 988,3  | 958,4  | 916,8  | 2,353  | 2,108  | 1,913  | 1,754  |
| 10             | 1000,2          | 998,8  | 988,5  | 958,6  | 917,1  | 4,856  | 4,297  | 3,876  | 3,540  |
| 20             | 1000,7          | 999,2  | 988,9  | 959,0  | 917,7  | 865,0  | 8,972  | 7,969  | 7,217  |
| 30             | 1001,2          | 999,8  | 989,4  | 959,6  | 918,3  | 865,8  | 14,17  | 12,32  | 11,04  |
| 40             | 1001,7          | 1000,1 | 989,8  | 960,0  | 918,8  | 866,6  | 799,2  | 16,99  | 15,05  |
| 50             | 1000,2          | 1000,5 | 990,2  | 960,5  | 919,4  | 867,3  | 800,4  | 22,06  | 19,25  |
| 60             | 1002,7          | 1001,0 | 990,7  | 961,0  | 920,0  | 868,1  | 801,6  | 27,65  | 23,68  |
| 70             | 1003,2          | 1001,4 | 991,1  | 961,4  | 920,5  | 868,9  | 802,7  | 33,94  | 28,38  |
| 80             | 1003,7          | 1001,9 | 991,5  | 961,9  | 921,1  | 869,6  | 803,8  | 41,24  | 33,38  |
| 90             | 1004,2          | 1002,3 | 991,9  | 962,4  | 921,7  | 870,4  | 804,9  | 713,1  | 38,77  |
| 100            | 1004,7          | 1002,8 | 992,4  | 962,8  | 922,2  | 871,1  | 806    | 715,4  | 44,60  |
| 150            | 1007,2          | 1005,0 | 994,5  | 965,1  | 925,0  | 874,7  | 811,4  | 725,8  | 87,07  |
| 200            | 1009,6          | 1007,2 | 996,6  | 967,5  | 927,7  | 878,2  | 816,5  | 735,0  | 600,3  |
| 250            | 1012,1          | 1009,3 | 998,7  | 969,7  | 930,4  | 881,6  | 821,3  | 743,4  | 624,9  |
| 300            | 1014,5          | 1011,5 | 1000,7 | 971,9  | 933,0  | 884,9  | 826    | 751,0  | 643,4  |
| 350            | 1016,9          | 1013,6 | 1002,7 | 974,1  | 935,6  | 888,1  | 830,4  | 758,1  | 658,5  |
| 400            | 1019,2          | 1015,8 | 1004,7 | 976,2  | 938,1  | 891,3  | 834,7  | 764,7  | 671,4  |
| 450            | 1021,5          | 1017,9 | 1006,7 | 978,3  | 940,5  | 894,3  | 838,8  | 771,0  | 682,7  |
| 500            | 1023,8          | 1019,9 | 1008,7 | 980,5  | 943,0  | 897,3  | 842,8  | 776,9  | 692,9  |
| 600            | 1028,4          | 1024,0 | 1012,6 | 984,5  | 947,7  | 903,1  | 850,3  | 787,7  | 710,7  |
| 700            | 1032,9          | 1028,1 | 1016,4 | 988,5  | 952,3  | 908,6  | 857,5  | 797,5  | 725,9  |
| 800            | 1037,2          | 1032,1 | 1020,1 | 992,4  | 956,7  | 914,0  | 864,2  | 806,7  | 739,3  |
| 900            | 1041,4          | 1036,0 | 1023,8 | 996,3  | 961,1  | 919,2  | 870,6  | 815,2  | 751,5  |
| 1000           | 1045,5          | 1039,9 | 1027,4 | 1000,0 | 965,3  | 924,2  | 876,7  | 823,2  | 762,5  |
| Basınç<br>,bar | Sıcaklık,<br>°C |        |        |        |        |        |        |        |        |
|                | 400             | 450    | 500    | 600    | 700    | 800    |        |        |        |
| 1              | 0,3223          | 0,2999 | 0,2804 | 0,2483 | 0,2227 | 0,2019 |        |        |        |
| 5              | 1,62            | 1,505  | 1,406  | 1,244  | 1,115  | 1,010  |        |        |        |
| 10             | 3,262           | 3,027  | 2,824  | 2,493  | 2,233  | 2,023  |        |        |        |
| 20             | 6,615           | 6,117  | 5,694  | 5,011  | 4,48   | 4,053  |        |        |        |
| 30             | 10,06           | 9,274  | 8,611  | 7,554  | 6,741  | 6,092  |        |        |        |
| 40             | 13,62           | 12,50  | 11,57  | 10,12  | 9,016  | 8,138  |        |        |        |
| 50             | 17,30           | 15,80  | 14,59  | 12,71  | 11,30  | 10,19  |        |        |        |
| 60             | 21,10           | 19,19  | 17,66  | 15,33  | 13,60  | 12,25  |        |        |        |
| 70             | 25,05           | 22,65  | 20,79  | 17,98  | 15,92  | 14,32  |        |        |        |
| 80             | 29,14           | 26,21  | 23,97  | 20,65  | 18,25  | 16,40  |        |        |        |
| 90             | 33,41           | 29,87  | 27,21  | 23,35  | 20,60  | 18,48  |        |        |        |
| 100            | 37,87           | 33,62  | 30,52  | 26,08  | 22,96  | 20,57  |        |        |        |
| 150            | 63,87           | 54,20  | 48,09  | 40,17  | 34,97  | 31,15  |        |        |        |
| 200            | 100,5           | 78,71  | 67,69  | 55,05  | 47,36  | 41,92  |        |        |        |
| 250            | 166,4           | 109,0  | 89,86  | 70,78  | 60,12  | 52,87  |        |        |        |
| 300            | 356,4           | 148,6  | 115,2  | 87,44  | 73,27  | 64,00  |        |        |        |
| 350            | 474,6           | 201,8  | 144,4  | 105,0  | 86,79  | 75,30  |        |        |        |
| 400            | 523,4           | 270,6  | 178,1  | 123,7  | 100,6  | 86,76  |        |        |        |
| 450            | 554,3           | 343,0  | 216,0  | 143,3  | 114,9  | 98,37  |        |        |        |
| 500            | 577,3           | 402,0  | 257,0  | 163,8  | 129,5  | 110,1  |        |        |        |
| 600            | 611,6           | 479,4  | 338,7  | 207,0  | 159,4  | 133,9  |        |        |        |
| 700            | 637,4           | 528,1  | 406,1  | 251,7  | 190,2  | 158,0  |        |        |        |
| 800            | 658,6           | 563,2  | 457,0  | 295,8  | 221,2  | 182,2  |        |        |        |
| 900            | 676,6           | 590,6  | 496,4  | 337,1  | 251,9  | 206,3  |        |        |        |
| 1000           | 692,3           | 613,2  | 528,0  | 374,6  | 281,9  | 230,1  |        |        |        |

Kritik nokta verileri:  $p_c=221,20$  bar ;  $t_c=374,15^\circ\text{C}$  ;  $T_c=647,30$  K ;  $\rho_c=315$  kg/m<sup>3</sup>

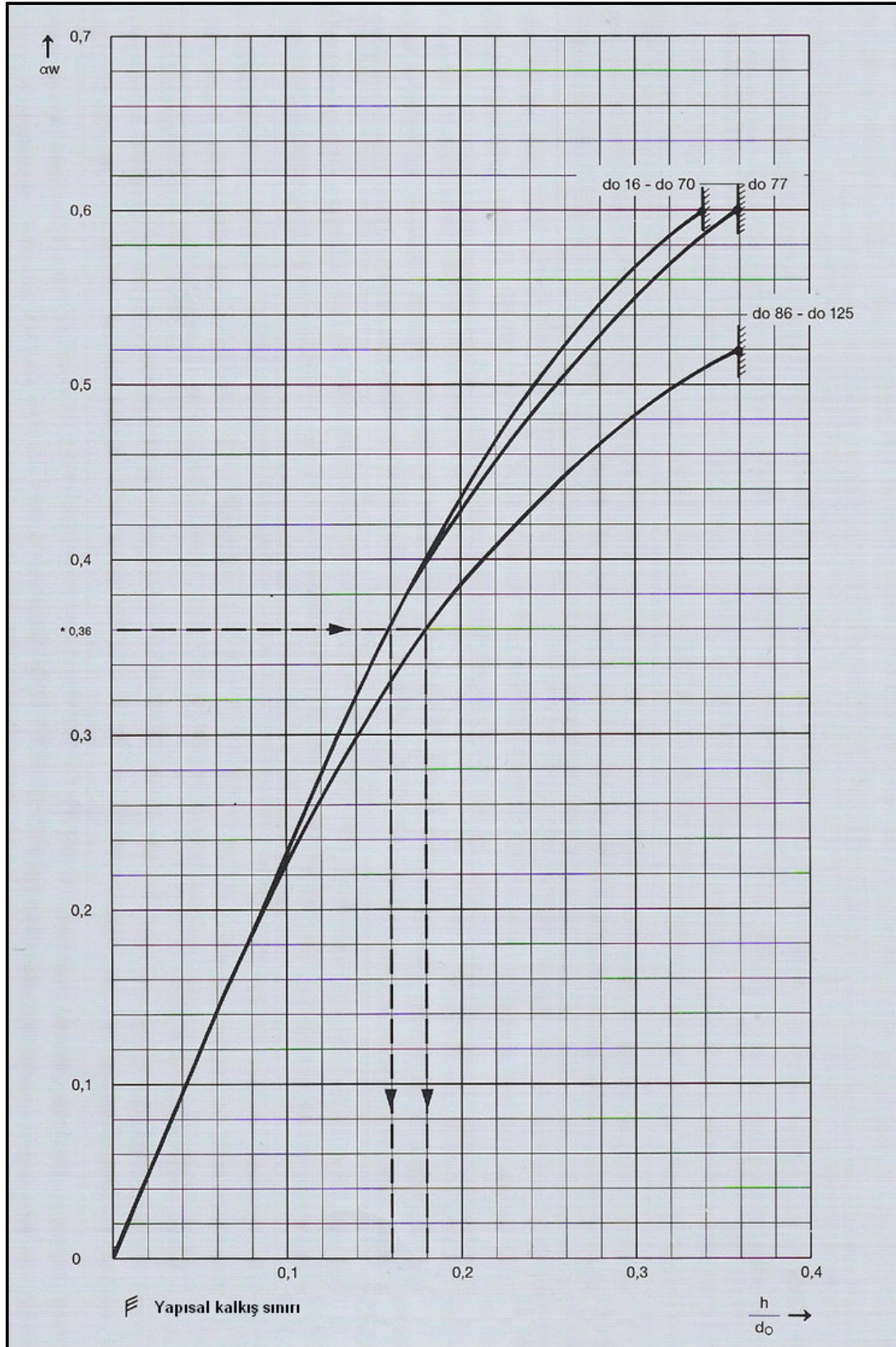
**Ek 5-1 Tam kalkışlı emniyet ventiline gaz ve buharlar için yapısal kalkış sınırına bağlı boşaltma katsayısı  $\alpha_w$  çizelgesi**



**Ek 5-2 Tam kalkışlı emniyet ventiline gaz ve buharlar için basınç oranına bağlı boşaltma katsayısı  $\alpha_w$  çizelgesi**



**Ek 5-3 Tam kalkışlı emniyet ventiline sıvılar için yapısal kalkış sınırına bağlı boşaltma katsayısı  $\alpha_w$  çizelgesi**



**Ek 6 ASME'ye göre kızgın buhar düzeltme faktörü  $K_{SH}$  tablosu**

| Basınç<br>psi g | Sıcaklık °F |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 | 300         | 400  | 500  | 600  | 700  | 800  | 900  | 1000 | 1100 | 1200 |
| 15              | 1,00        | 0,98 | 0,93 | 0,88 | 0,84 | 0,80 | 0,77 | 0,74 | 0,72 | 0,70 |
| 20              | 1,00        | 0,98 | 0,93 | 0,88 | 0,84 | 0,80 | 0,77 | 0,74 | 0,72 | 0,70 |
| 40              | 1,00        | 0,99 | 0,93 | 0,88 | 0,84 | 0,81 | 0,77 | 0,74 | 0,72 | 0,70 |
| 60              | 1,00        | 0,99 | 0,93 | 0,88 | 0,84 | 0,81 | 0,77 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 80              | 1,00        | 0,99 | 0,93 | 0,88 | 0,84 | 0,81 | 0,77 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 100             | 1,00        | 0,99 | 0,94 | 0,89 | 0,84 | 0,81 | 0,77 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 120             | 1,00        | 0,99 | 0,94 | 0,89 | 0,84 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 140             | 1,00        | 0,99 | 0,94 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 160             | 1,00        | 0,99 | 0,94 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 180             | 1,00        | 0,99 | 0,94 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 200             | 1,00        | 0,99 | 0,95 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 220             | 1,00        | 0,99 | 0,95 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 240             |             | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 260             |             | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 280             |             | 1,00 | 0,96 | 0,90 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 300             |             | 1,00 | 0,96 | 0,90 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 350             |             | 1,00 | 0,96 | 0,90 | 0,86 | 0,82 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 400             |             | 1,00 | 0,96 | 0,91 | 0,86 | 0,82 | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 |
| 500             |             | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,86 | 0,82 | 0,78 | 0,75 | 0,73 | 0,70 |
| 600             |             | 1,00 | 0,97 | 0,92 | 0,87 | 0,82 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,70 |
| 800             |             |      | 1,00 | 0,95 | 0,88 | 0,83 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,70 |
| 1000            |             |      | 1,00 | 0,96 | 0,89 | 0,84 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,71 |
| 1250            |             |      | 1,00 | 0,97 | 0,91 | 0,85 | 0,80 | 0,77 | 0,74 | 0,71 |
| 1500            |             |      |      | 1,00 | 0,93 | 0,86 | 0,81 | 0,77 | 0,74 | 0,71 |
| 1750            |             |      |      | 1,00 | 0,94 | 0,86 | 0,81 | 0,77 | 0,73 | 0,70 |
| 2000            |             |      |      | 1,00 | 0,95 | 0,86 | 0,80 | 0,76 | 0,72 | 0,69 |
| 2500            |             |      |      | 1,00 | 0,95 | 0,85 | 0,78 | 0,73 | 0,69 | 0,66 |
| 3000            |             |      |      |      | 1,00 | 0,82 | 0,74 | 0,69 | 0,65 | 0,62 |

**ÖZGEÇMİŞ**

|               |            |                                                                                                      |
|---------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum tarihi  | 06.08.1982 |                                                                                                      |
| Doğum yeri    | İstanbul   |                                                                                                      |
| Lise          | 1996-1999  | Bostancı Hayrullah Kefoğlu Lisesi                                                                    |
| Lisans        | 1999-2003  | İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fak.<br>Endüstri Mühendisliği Bölümü                               |
| Yüksek Lisans | 2003-2006  | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü<br>Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı |

**Çalıştığı kurum(lar)**

2006 Işık Endüstriyel Ürünler Pazarlama A.Ş.