

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İÇME SUYU TESİSLERİNDE KULLANILAN SÜRGÜLÜ VE KELEBEK  
VANALARIN AKIŞ KARAKTERİSTİKLERİNİN SAYISAL OLARAK  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Makina Mühendisi Hacı Ahmet AYDIN**

**ŞUBAT 2017  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**Trabzon**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalında  
Hacı Ahmet AYDIN Tarafından Hazırlanan**

**İÇME SUYU TESİSLERİNDE KULLANILAN SÜRGÜLÜ VE KELEBEK VANALARIN  
AKIŞ KARAKTERİSTİKLERİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

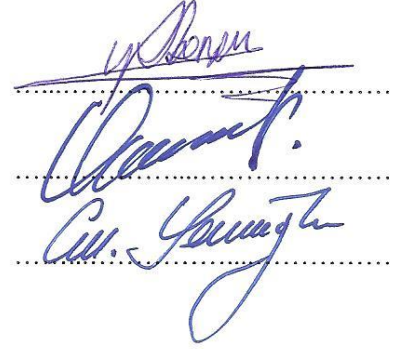
başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10 / 01 / 2017 gün ve 1684 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Doç. Dr. Yahya Erkan AKANSU**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Cevdet DEMİRTAŞ**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU**

The image shows three handwritten signatures in blue ink, each written over a horizontal dotted line. The signatures are: 1. A signature that appears to be 'Y. Erkan' (likely Yahya Erkan Akansu). 2. A signature that appears to be 'C. Demirtas' (likely Cevdet Demirtas). 3. A signature that appears to be 'M. Sarioglu' (likely Mustafa Sarioglu).

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

İçme suyu tesislerinde kullanılan vanalar, suyun sağlıklı, verimli ve sürekli kullanılabilmesi için çok büyük önem taşımaktadır. Bu vanaların seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri de vanaların akış karakteristikleridir. Çalışılan bu tezde içme suyunda yaygın olarak kullanılan sürgülü ve kelebek vanaların akış karakteristikleri incelenmiştir. Bu çalışma, farklı akış hızlarında çalıştırılan sürgülü ve kelebek vanaların akış karakteristikleri hakkında yol gösterici bir kaynak olacaktır.

Öncelikle, çalışmalarım boyunca çalışma heyecanım ve gayretim azaldığında beni cesaretlendirip gayretlendiren ve desteğini benden esirgemeyen, danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU'na ve Arş. Gör. Mehmet SEYHAN'a samimiyetle teşekkürlerimi sunarım.

Çeşitli vana modelleri üzerinde farklı paket programlar ile yaptığım çalışmalarda bana yardımcı olan değerli arkadaşım İlbank A.Ş. Trabzon Bölge Müdürlüğü çalışanı Mak. Müh. Osman DÜZENLİ'ye, çeşitli vana modellerini ve istediğim her dokümanı bana temin eden Doğu Vana ve Döküm San. Tic. Ltd. Şti çalışanlarına özellikle Mak. Yük. Müh. Güvenç GÜVEN'e ve bilgileriyle çalışmama katkı sağlayan Öz-kan Makina Elemanları San. ve Tic. A.Ş. Arge Müdürü Özgür MERT'e çok teşekkür ederim

Ayrıca, çok değerli aileme ve üzerimde emeği olanlara teşekkür etmeyi yapılacak en küçük bir iyilik olarak kabul ederim.

Hacı Ahmet AYDIN

Trabzon 2017

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İçme Suyu Tesislerinde Kullanılan Sürgülü ve Kelebek Vanaların Akış Karakteristiklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 06/02/2017



Hacı Ahmet AYDIN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Araştırması.....	2
1.3. Vanalar Hakkında Genel Bilgiler.....	5
1.3.1. Vanaların Ana Parçaları.....	5
1.3.2. Akış Kontrol Şekline Göre Vanaların Sınıflandırılması.....	6
1.3.2.1. Açma ve Kapama Vanaları.....	6
1.3.2.2. Kısmi ve Kontrol Vanaları.....	7
1.3.2.3. Özel Amaçlı Kullanılan Vanalar.....	7
1.4. İçme Suyu Tesislerinde Kullanılan Vanalar.....	7
1.4.1. Sürgülü Vana.....	7
1.4.1.1. Sürgülü Vananın Çalışma Şekli.....	8
1.4.1.2. Sürgülü Vananın Üstünlükleri.....	8
1.4.1.3. Sürgülü Vananın Zayıf Yönleri.....	9
1.4.2. Kelebek Vana.....	9
1.4.2.1. Kelebek Vananın Üstünlükleri.....	11
1.4.2.2. Kelebek Vananın Zayıf Yönleri.....	11
1.4.3. Küresel Vana.....	12
1.4.3.1. Küresel Vananın Çalışma Şekli.....	13
1.4.3.2. Küresel Vananın Üstünlükleri.....	13

1.4.3.3.	Küresel Vananın Zayıf Yönleri .....	13
1.4.4.	Glob (Oturmalı) Vana.....	14
1.4.4.1.	Glob Vananın Çalışma Şekli .....	15
1.4.4.2.	Glob Vananın Üstünlükleri.....	15
1.4.4.3.	Glob Vananın Zayıf yönleri.....	15
1.4.4.4.	İğne Vana.....	16
1.4.4.5.	İğne Vananın Çalışma Şekli .....	17
1.4.4.6.	İğne Vananın Üstünlükleri .....	17
1.4.4.7.	İğne Vananın Zayıf Yönleri.....	17
1.4.5.	Hava Vanaları .....	18
1.4.5.1.	Tek Küreli-Tek Fonksiyonlu Hava Vanası ve Çalışma Prensibi.....	18
1.4.5.2.	Tek Küreli-Çift Fonksiyonlu Hava Vanası ve Çalışma Prensibi.....	18
1.4.5.3.	Çift Küreli-Üç Fonksiyonlu Hava Vanası ve Çalışma Prensibi .....	19
1.4.5.4.	Çift Küreli-Dört Fonksiyonlu Darbesiz Hava Vanası ve Çalışma Şekli .....	19
1.4.5.5.	Tek Küreli-Dört Fonksiyonlu Darbesiz Hava Vanası ve Çalışma Şekli .....	20
1.4.5.6.	Vakum Vanalarının Özellikleri ve Çalışma Şekli .....	20
1.4.5.7.	Hava Vanalarının Birbirlerine Göre Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri.....	21
1.4.6.	Geri Dönüş Önleme Vanaları (Çekvalfler).....	21
1.4.6.1.	Çapara Çekvalfin Özellikleri ve Çalışma Şekli .....	22
1.4.6.1.1.	Çalpara Çekvalfin Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri .....	22
1.4.6.2.	Tilting (Yalpalı) Çekvalfin Özellikleri ve Çalışma Şekli.....	23
1.4.6.2.1.	Tilting (Yalpalı) Çekvalfin Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri .....	23
1.4.6.3.	Eksenel Yaylı Çekvalfin Özellikleri ve Çalışma Şekli.....	24
1.4.6.3.1.	Eksenel Yaylı Çekvalfin Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri .....	24
1.4.6.4.	Hidrolik Çekvalfin Özellikleri ve Çalışma Şekli.....	24
1.4.6.4.1.	Hidrolik Çekvalfin Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri .....	25
1.4.7.	Kontrol Vanalarının Özellikleri ve Genel Çalışma Prensipleri .....	25
1.4.7.1.	Basınç Düşürücü Vananın Özellikleri ve Çalışma Prensibi .....	28
1.4.7.1.1.	Basınç Düşürücü Vananın Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri.....	29
1.4.7.2.	Basınç Sabitleyici Vananın Özellikleri ve Çalışma Prensibi.....	30
1.4.7.2.1.	Basınç Sabitleyici Vananın Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri .....	30
1.4.7.3.	Debi Kontrol Vanasının Özellikleri ve Çalışma Prensibi.....	30
1.4.7.3.1.	Debi Kontrol Vanasının Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri .....	30

1.4.7.4.	Seviye Kontrol Vanası ve Çalışma Prensibi.....	31
1.4.7.4.1.	Seviye Kontrol Vanasının Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri .....	32
1.4.7.5.	Darbe Önleme Vanası ve Çalışma Prensibi.....	32
1.4.7.5.1.	Darbe Önleme Vanasının Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri.....	32
1.4.7.6.	Basınç Rahatlatma (Relief) Vanasının Özellikleri ve Çalışma Şekli .....	33
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	34
2.1.	İçme Suyu Hatlarındaki Akışın İncelenmesi .....	34
2.2.	İçme Suyu Hatlarındaki Vanalarda Oluşan Yük Kayıpları .....	35
2.2.1.	Akış Katsayıları: $K_v$ , $C_v$ , $K_{vs}$ .....	38
2.3.	Vanalarda Kavite Oluşumu .....	39
2.3.1.	Vanalardaki Kavite Faktörleri ve Potansiyelinin Hesaplanması .....	39
2.4.	Akış Karakteristiklerine Bağlı Vana Seçimi .....	41
2.5.	Akış Karakteristiği İncelenecek Vana Modellerinin Hazırlanması.....	43
2.6.	Vanaların Sayısal Olarak Modellenmesi .....	44
2.6.1.	Sürgülü Vananın Sayısal Olarak Modellenmesi.....	46
2.6.2.	Kelebek Vananın Sayısal Olarak Modellenmesi .....	48
3.	BULGULAR VE İRDELEME.....	51
3.1.	Sürgülü Vana Modeline Ait Hız Dağılım Grafikleri .....	51
3.2.	Sürgülü Vana Modeline Ait Basınç Dağılım Grafikleri.....	55
3.3.	Kelebek Vana Modeline Ait Hız Dağılım Grafikleri .....	59
3.4.	Kelebek Vana Modeline Ait Basınç Dağılım Grafikleri .....	62
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	68
5.	KAYNAKLAR.....	70

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

İÇME SUYU TESİSLERİNDE KULLANILAN SÜRGÜLÜ VE KELEBEK  
VANALARIN AKIŞ KARAKTERİSTİKLERİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Hacı Ahmet AYDIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU  
2017, 72 Sayfa

İçme suyu tesislerinde kullanılan vanaların şebeke sistemine uygun olarak seçimi, sistemin sağlıklı ve etkin çalışmasında önemli rol oynar. Vana seçiminde dikkate alınması gereken en önemli parametrelerden bazıları vanaların akış karakteristikleri olan; işletme basıncı, akış hızı ve yük kaybıdır. Bu tez çalışmasında içme suyu sistemlerinde yaygın olarak kullanılan sürgülü ve kelebek vanaların akış karakteristikleri ANSYS FLUENT programıyla iki boyutlu olarak incelenmiştir. DN 200 sürgülü vananın %10, %20, %40, %50, %60, %80 açıklık oranlarında ve DN 200 çift eksantrik kelebek vananın 20<sup>0</sup>, 40<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup>, 80<sup>0</sup> ve 90<sup>0</sup> klape açıklık derecelerinde 1, 2 ve 3 m/s giriş hızları için bu vanalarda oluşan hız, statik basınç ve yük kaybı katsayısı K değerleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Çalışma neticesinde sürgülü vananın % 10 açıklığında ve 2, 3 m/s giriş hızlarında, kelebek vananın 20<sup>0</sup> klape açısına karşılık gelen % 8 vana açıklığında ve 3 m/s giriş hızında bu vanalar içindeki bazı bölgelerde statik basıncın 20<sup>0</sup>C'deki suyun buharlaşma basıncının altına düştüğü ortaya çıkmıştır. Açıklık oranı % 50'ye kadar kelebek vananın yük kaybı katsayısı, sürgülü vananın yük kaybı katsayısından daha düşüktür. Genel yaklaşımda iki vanaya ait yük kaybı katsayısı grafikleri benzerlik göstermektedir. Giriş hızının artırılması vana kaybı katsayısında bir değişikliğe neden olmamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürgülü vana, Kelebek vana, Vana akış karakteristiği, Yük kaybı katsayısı

Master Thesis

SUMMARY

NUMERICAL ANALYSIS OF GATE AND BUTTERFLY VALVES OF FLOW  
CHARACTERISTICS USED IN DRINKING WATER FACILITIES

Hacı Ahmet AYDIN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Mechanical Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa Sarıoğlu  
2017, 72 Pages

The proper selection of the valves used in drinking water facilities according to the network system plays an important role in the healthy and efficient operation of the system. The most important parameters to consider when selecting a valve are the flow characteristics of the valves: operation pressure, velocity of flow and head loss. In this thesis study, the flow characteristics of gate and butterfly valves which are used widely in drinking water systems have been investigated in two dimensions through ANSYS FLUENT program. The velocity, static pressure and loss coefficient  $K$  values were determined separately in these valves in the valve opening rates 10%, 20%, 40%, 50%, 60%, 80% of DN 200 gate valve and the disc opening angles  $20^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$  and  $90^{\circ}$  of DN 200 double eccentric butterfly valve with 1, 2 and 3 m/s inlet velocities. At the result of the study, it was found out that in some parts of these valves the static pressure falls under the evaporation pressure of the water at  $20^{\circ}\text{C}$  in the opening rate % 8 that corresponding to  $20^{\circ}$  disc opening angle of butterfly valve with the inlet velocity 3 m/s and in the opening rate 10% with the inlet velocities 2 and 3 m/s of gate valve. The head loss coefficient of butterfly valve is lower than that of gate valve up to valve opening rate of 50%. In general approach, the graphics for loss coefficient of both valves show similarity. The increase of input velocity does not cause a change in the valve loss coefficient.

**Key Words:** Gate valve, Butterfly valve, Flow characteristic of valve, Loss coefficient.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Vananın ana parçaları.....	6
Şekil 1.2. Kesiti alınmış sürgülü vana.....	8
Şekil 1.3. Çift eksantrik tasarımlı kelebek vana.....	10
Şekil 1.4. Kesiti alınmış tek parçalı küresel vana.....	13
Şekil 1.5. Pistonlu tip glob vana kesiti.....	15
Şekil 1.6. İğne vana kesit modeli.....	16
Şekil 1.7. Tek küreli-tek ve çift fonksiyonlu hava vanaların modelleri.....	19
Şekil 1.8. Üç ve dört fonksiyonlu vantuzlar.....	20
Şekil 1.9. Çalpara çekvalf ve karşı ağırlıklı modeli.....	22
Şekil 1.10. Tilting çekvalf.....	23
Şekil 1.11. Eksenel yaylı çekvalfin elamanları.....	24
Şekil 1.12. Hidrolik çekvalfin şematik olarak çalışma prensibi.....	25
Şekil 1.13. Diyaframlı bir kontrol vanasındaki etki alanları ve basınçlar.....	26
Şekil 1.14. Kontrol vanasında kapanma anında oluşan kuvvetler dengesi.....	26
Şekil 1.15. Kontrol vanasında açılma anında oluşan kuvvetler dengesi.....	27
Şekil 1.16. Basınç düşürücü vananın çalışma prensibi.....	28
Şekil 1.17. Oransal basınç düşürücü vananın çalışma prensibi.....	29
Şekil 1.18. Debi kontrol vanası.....	31
Şekil 1.19. Seviye kontrol vanası.....	31
Şekil 2.1. Boru hattı içindeki tam gelişmiş laminer ve türbülanslı akış.....	34
Şekil 2.2. Vanada meydana gelen ani daralma durumu.....	36
Şekil 2.3. Vanalardaki kavitasyon oluşum olayı.....	39
Şekil 2.4. Kelebek vana akış karakteristikleri.....	41
Şekil 2.5. Doğuş Vana sürgülü ve kelebek vana modelleri.....	44
Şekil 2.6. Sürgülü vananın sayısal modelinde kullanılan sınır şartları.....	47
Şekil 2.7. Sürgülü vananın sayısal analizinde kullanılan ağ yapısı.....	47
Şekil 2.8. Kelebek vananın sayısal modelinde kullanılan sınır şartları.....	49
Şekil 2.9. Kelebek vananın sayısal analizinde kullanılan ağ yapısı.....	49
Şekil 3.1. Giriş hızı 1 m/s ve belirli vana açıklık oranları için hız dağılımları.....	51

Şekil 3.2.	Vana açıklık oranı %10 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları.....	52
Şekil 3.3.	Vana açıklık oranı %20 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları.....	52
Şekil 3.4.	Vana açıklık oranı %40 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları.....	53
Şekil 3.5.	Vana açıklık oranı %60 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları.....	54
Şekil 3.6.	Vana açıklık oranı %80 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları.....	54
Şekil 3.7.	Vana açıklık oranları için 1, m/s giriş hızına bağlı basınç dağılımları.....	55
Şekil 3.8.	Vana açıklık oranı %10 için giriş hızlarına bağlı basınç dağılımları .....	56
Şekil 3.9.	Vana açıklık oranı %10 için 3 m/s giriş hızındaki basınç dağılım detayı .....	56
Şekil 3.10.	Vana açıklık oranı % 20 için giriş hızına bağlı basınç dağılımları .....	57
Şekil 3.11.	Vana açıklık oranı %20 ve 3 m/s giriş hızı için basınç dağılımının detayı .....	57
Şekil 3.12.	Vana açıklık oranı %40 için giriş hızına bağlı basınç dağılımları .....	58
Şekil 3.13.	Vana açıklık oranı %60 için giriş hızına bağlı basınç dağılımları .....	58
Şekil 3.14.	Vana açıklık oranı %80 için giriş hızına bağlı basınç dağılımları .....	59
Şekil 3.15.	Giriş hızı 1 m/s ve belirli klape açıklık dereceleri için hız dağılımları .....	60
Şekil 3.16.	Klape açısı $20^0$ için farklı giriş hızlarına bağlı hız dağılımları.....	60
Şekil 3.17.	Klape açısı $60^0$ için farklı giriş hızlarına bağlı hız dağılımları.....	61
Şekil 3.18.	Klape açısı $80^0$ için farklı giriş hızlarına bağlı hız dağılımları.....	61
Şekil 3.19.	Giriş hızı 1 m/s ve belirli klape açıklık dereceleri için hız dağılımları .....	62
Şekil 3.20.	Klape açısı $20^0$ için farklı giriş hızlarına bağlı basınç dağılımları .....	63
Şekil 3.21.	Klape açısı $20^0$ için 3m/s giriş hızına bağlı basınç dağılımları .....	63
Şekil 3.22.	Klape açısı $60^0$ için farklı giriş hızlarına bağlı basınç dağılımları .....	64
Şekil 3.23.	Klape açısı $80^0$ için farklı giriş hızlarına bağlı basınç dağılımları .....	64
Şekil 3.24.	Sürgülü vana açıklığına bağlı yük kayıp katsayısı grafiği .....	65
Şekil 3.25.	Kelebek vana klape açısına bağlı yük kayıp katsayısı grafiği.....	65
Şekil 3.26.	Kelebek (a) ve Sürgülü (b) vananın farklı Re sayılarındaki K değerleri.....	66
Şekil 3.27.	Mevcut ve referans sürgülü vana için yük kayıp katsayıları .....	67
Şekil 3.28.	Kelebek ve sürgülü vanaların yük kayıp katsayıları .....	67

## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 2.1. Ani daralma yük kayıp katsayıları .....	36
Tablo 2.2. Farklı vanalara ait K katsayıları .....	37
Tablo 2.3. Çeşitli vanalar için $K_N$ ve $B_N$ katsayıları.....	40
Tablo 2.4. Kelebek vananın çeşitli açıklık oranlarındaki kavitasyon durumu .....	43
Tablo 2.5. Sürgülü vananın ağdan bağımsızlık testi.....	48
Tablo 2.6. Sürgülü vananın kayıp katsayısının deneysel çalışmayla kıyaslaması.....	48
Tablo 2.7. Kelebek vananın ağdan bağımsızlık testi .....	50
Tablo 2.8. Kelebek vana kayıp katsayısının referans sonuçlarla kıyaslanması.....	50

## SEMBOLLER DİZİNİ

CFD	: Computational Fluid Dynamics
HAD	: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
A1	: Vana klape alanı (m <sup>2</sup> )
A2	: Vana diyafram alanı (m <sup>2</sup> )
B <sub>N</sub>	: N kısma oranındaki basınç geri kazanım katsayısı
C <sub>v</sub>	: Galon/ dak
D	: Hidrolik çap (m)
D <sub>1</sub>	: Boru nominal çapı (m)
D <sub>2</sub>	: Daralmış boru çapı (m)
F1	: Klapeye etki eden kuvvet (N)
F2	: Diyaframa etki eden kuvvet (N)
g	: Yer çekimi ivmesi (m/s <sup>2</sup> )
H	: Vanaya eki eden basınç (m)
H <sub>2</sub>	: Vana çıkışındaki basınç (m)
H <sub>3</sub>	: Vanadaki en düşük basınç (m)
K	: Vana yük kayıp katsayısı
k	: Boru hattına ait yük kayıp katsayısı
K <sub>N</sub>	: N kısma derecesinde vana yük kayıp katsayısı
K <sub>v</sub>	: Vana debi kapasite faktörü (m <sup>3</sup> /saat)
K <sub>vs</sub>	: Vana tam açık halde iken debi kapasite faktörü (m <sup>3</sup> /saat)
P1	: Vana giriş basıncı (Pa)
P2	: Vana çıkış basıncı (Pa)
P3	: Üst kontrol haznesi basıncı (Pa)
Q	: Debi (m <sup>3</sup> /saat)
Re	: Reynolds sayısı
V <sub>N</sub>	: N kısma oranında cihaz içindeki akışın anma hızı (m/s)
ρ	: Suyun yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )
ρ <sub>0</sub>	: Suyun referans yoğunluğu (1000 kg/m <sup>3</sup> )
ν	: Suyun kinematik viskozitesi (m <sup>2</sup> /s)

- $\Delta h$  : Vanada oluşan yük kaybı (m)  
 $\Delta P$  : Vana girişi ile çıkışı arasındaki basınç farkı (Pa)  
 $\Delta p$  : Vanada oluşan yük kaybı (bar)  
 $\Delta p_0$  : Vananın referans basıncı (bar)



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Dünyada geliştirilen her teknoloji, insanın yaşam kalitesini ve konforunu artırmak amacıyla yöneliktir. Bu gelişmeler insan yaşamı için vazgeçilmez unsurlar üzerinde olursa daha da önem kazanır. İçme suyu insanoğlu için vazgeçilmesi mümkün olmayan bir yaşam maddesidir. Bu nedenle içme suyunun sağlıklı, sorunsuz ve verimli bir şekilde kullanıcılara ulaştırılmasında vanalar çok büyük önem arz etmektedir.

İçme suyu şebeke hatlarında kullanılan vanalar oldukça fazla türe sahiptir. Bu vanalar farklı amaçlar ve farklı sorunlar için tasarlanmakla beraber aynı amaca yönelik birden fazla vana tipi de mevcuttur. Her bir vana tasarımı, hatta aynı vana içinde yapılan değişik tasarımlar bile vananın özelliklerinde ve akış karakteristiklerinde değişikliklere neden olabilmektedir. Bu nedenle vana tasarımları, genelde açma-kapama, kısma, ayar yapmak ve sistemi korumak üzere farklı gayelerle yapılmaktadır.

İçme suyu tesislerinde kullanılacak vanaların uygun seçimi için vananın akış karakteristik değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu değerler önemsenmeden yapılan vana seçimleri, fayda getirmediği gibi, işletmecileri birçok problemle de karşı karşıya bırakmakta ve vanaların tekrar hizmete alınmasına kadar geçen sürede kullanıcıları mağdur edebilmektedir. Bu nedenle vananın akış karakteristikleri, işletme basıncı, akış hızı, debisi ve basınç kaybı bilinmeden vana tercihi yapmak uygun bir seçim olmamaktadır.

Vanaların akış karakteristikleri sayısal ve deneysel çalışmalar ile belirlenebilmektedir. Vana firmaları bu konuda araştırma ve geliştirme yaparak tasarımlarını en uygun hale getirmek için çalışmaktadır. Vana üreticileri, vanaların akış karakteristiklerini belirleyen paket programlar kullanarak ve bazı vana çapları için deney düzenekleri oluşturarak vanalarını en uygun tasarımda üretmeyi hedeflemektedir. Üretimi yapılan vanaların pazarlanmasında da üreticiler bu değerleri ön plana çıkartarak rakiplerine üstünlük kurma çabası içinde olmaya devam etmektedir.

Bu çalışmada öncelikle içme suyu hatlarında yaygın olarak kullanılan vanalar hakkında araştırma yapılarak hangi amaçlarla kullanıldığı, bu vanaların çalışma prensipleri ile birbirlerine göre üstünlükleri ve zayıf yönleri incelenmiştir. Daha sonra ise vanalardaki akış karakteristiklerini etkileyen faktörlerden bahsedilmiştir. Yapılan çalışmada model

olarak seçilen sürgülü ve çift eksantrik kelebek vanaların çeşitli vana açıklıklarında akış analizleri ANSYS FLUENT paket programında gerçekleştirilmiş ve bu vanalara ait hız, basınç dağılımları ve yük kayıp katsayıları (K değerleri) belirlenmiştir.

## 1.2. Literatür Araştırması

Vanaların akış karakteristikleri hakkında yapılan çalışmalar sürekli artmaktadır. Vanaların akış karakteristiklerini deneysel olarak belirlemek zor ve zahmetlidir, çünkü vanalar, iç akışı dışardan bakıldığında belli olmayan kapalı sistemde çalışan cihazlardır. Önceki yıllarda vanaların akış karakteristiklerinin belirlenmesinde deneysel ve akış görüntüleme ve ölçme tekniklerine dayanan sayısal yöntemler kullanılmıştır. Günümüzde ise yaygın olarak HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) yazılımlı paket programlar kullanılarak üç veya iki boyutlu vana modelleri üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Sarpkaya [1] ideal olarak iki boyutlu eksenel simetrik kelebek vanaların tork ve kavitezyon karakteristikleri üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada kelebek vana modeli, laminer uniform akış koşullarında iki sonsuz levha arasındaki eğik biçimde konumlandırılan bir levha olarak kabul edilmiştir. Sarpkaya bu kabullerle birlikte yarı amprik bağıntılar kullanarak üç boyutlu kelebek vananın hidrodinamik torku, kavitezyonu ve akış katsayıları hakkında yaklaşık çözümler elde etmiştir.

Eom [2] kelebek vanaların akış kontrolündeki performansları üzerinde çalışmıştır. Yapılan çalışmada delikli ve deliksiz kelebek vana diskleri karşılaştırılmış ve bu iki klape performansının  $10^0$  klape açıklığından sonra aynı olduğu görülmüştür. Eom aynı zamanda klape açıklık oranı hakkında da çalışma yapmıştır. Kelebek vana bir kısma vanası olarak kullanıldığında Reynolds sayısının  $10^4$  değeri civarında vananın yük kayıp katsayısının belirlenmesinde oldukça başarılı tahminler yapmıştır.

Huang ve Kim [3] simetrik bir kelebek vanadaki üç boyutlu akışın görüntülenmesini araştırmak için ticari olarak HAD yazılım programını kullanan ilk kişilerdendir. Huang, kararlı ve sıkıştırılamaz akışı görüntülemek için HAD kodlu FLUENT programını k- $\epsilon$  türbülans modeliyle kullanmıştır. Bu çalışmada kelebek vanadaki akış 30, 45, 60, 70 ve 90 derecelik klape açılarında incelenmiştir. Ayrıca akış vanadan geçtikten sonra akışın tam gelişmiş akış koşullarına tekrar dönme mesafesi araştırılmıştır. Huang tarafından yapılan sayısal çalışma, Blevins [4] tarafından yapılan deneysel çalışmayla kıyaslanmış ve iki

çalışma arasında birebir uyum olmamasına rağmen kelebek vananın  $45^0$  klape açısına karşılık gelen sonuçların oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Song ve Park [5] tarafından yapılan çalışmada kelebek vananın basınç kaybı, akış katsayısı, hidrodinamik tork katsayısı HAD kodlu CFX programı ile gerçekleştirilmiş ve sonuçların geçerliliği deneysel olarak incelenmiştir. Türbülans modeli olarak k- $\epsilon$  modeli, diğer modellerin çözüm yaparken ihtiyaç duyduğu karmaşık ve doğrusal olmayan sönümlenme fonksiyonlarına ihtiyaç duymadığından tercih edilmiştir. Genel olarak yapılan çalışmada klape açısı  $20^0$ 'den az olduğu durumlar hariç olmak kaydıyla başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Klape açısı  $20^0$  ve daha az olduğu durumlarda deneysel ve sayısal çalışma arasında yaklaşık % 50 oranında farklar görülmüştür.

Leuthwyler ve Dalton [6] iki ve üç boyutlu simetrik kelebek vananın çeşitli açılarında farklı basınç oranlarında HAD kodlu FLUENT programını kullanarak çalışmışlardır. Yapılan çalışmada çok yönlü ve hesaplama zamanları makul seviyede olduğu için k- $\epsilon$  türbülans modeli tercih edilmiştir.

Chaiworapuek ve arkadaşları [7] sıkıştırılmaz ve türbülanslı akış şartlarında çapları 150 ve 300 mm olan kelebek vananın 15, 30, 45, 60 ve 90 derece klape açıklıklarında araştırma yapmışlardır. HAD kodlu FLUENT programı ve k- $\epsilon$  türbülans modeli kullanılarak yapılan deneysel çalışma doğrulanmıştır. Deney düzeneğinde kelebek vanadan 1D yukarı akış ve 14D aşağı akış mesafesine basınçölçerler yerleştirilmiştir. Chaiworapuek kelebek vana klapesinin uç kısımlarında akışta vortekslerin meydana geldiğini ve bu vortekslerin klape açısı azaldıkça özellikle kapanmaya yakın açılarda daha fazla arttığını belirlemiştir. Vananın yük kayıp katsayısı için deneysel ve sayısal çalışma arasındaki en büyük farkın yaklaşık % 50 olduğu görülmüştür.

Feng ve arkadaşları [8] tarafından 1,2 metre çapındaki çift eksantrik kelebek vana, SIMPLEC basınç hız çifti ve k- $\epsilon$  türbülans modeli tercih edilerek HAD yazılımı ile kaviteasyon ve akış karakteristikleri açısından incelenmiştir. Akış alanı vanadan önce 5D mesafeye kadar uzatılmıştır. Feng çift eksantrik kelebek vananın tek eksantrik veya eksantrik olmayan tipteki vanalara kıyasla akışa karşı daha dinamik bir tepki verdiğini ve sızdırmazlığının da daha iyi olduğunu belirtmiştir.

Tunç [9] tarafından DN 200 simetrik kelebek vananın 1, 2, 3 ve 4 bar basınç farkları altında kaviteasyon durumları CFD Simulation yazılımı kullanılarak incelenmiştir. Yapılan analizde çalışılan basınç farklarında kelebek vananın  $30^0$  ile  $80^0$  klape açıları arasında vanada kaviteasyon bölgeleri görülmüştür.

Koyunbaba [10] tarafından yapılan çalışmada endüstride yaygın olarak kullanılan küresel ve kelebek vananın akış katsayısı  $K_v$  değerleri ve akım çizgileri sayısal olarak ANSYS CFX programı ile belirlenmiş ve ortaya çıkan grafikler ilgili alanda çalışan üretici firmaların sunduğu değerlerle mukayese edilmiştir. Sayısal çalışmada  $25^{\circ}\text{C}$  ve 1 atm basınç altında olan suyun kararlı ve sıkıştırılmaz akış kabulü yapılarak  $k-\epsilon$  türbülans modelinde vanaların analizi yapılmıştır.

Sandalcı ve arkadaşları [11] tarafından yapılan çalışmada DN65 ve DN80 ölçülerindeki iki vana, standart test metodu ANSI/ISA-75.02-1996'ya göre farklı akış hızları (2, 3 ve 4 m/s) ve çeşitli klape açıklık derecelerine karşılık gelen vana açıklık oranlarına göre (%100, %82,64, %65,80, %50 ve %35,72) göre testler yapılmış ve vanalarda oluşan basınç kayıpları ortaya çıkarılmıştır. Hesaplamalar sonucunda akış katsayısı  $K_v$  ve yük kayıp katsayısı  $K$  değerlerinin akışın vanaya giriş hızından bağımsız olduğu ancak vana açıklık oranıyla doğrudan ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada deneysel verilerdeki ölçüm belirsizlikleri de dikkate alınmış ve belirsizlik analizi ile bu durum ifade edilmiştir.

Duymaz [12] hem FLUENT paket programıyla hem de deneysel olarak simetrik DN 40 kelebek vana, belli bir basınç farkı (50 000 Pa) altında  $0^{\circ}$ 'den  $90^{\circ}$ 'ye kadar  $10^{\circ}$ 'ar derecelik artışla çeşitli klape açıklıklarında ortaya çıkan yük kayıp katsayısı olan  $K$  değerleri çıkarılmıştır. Vana tam açık pozisyonda iken deneysel ve sayısal çalışma arasında %12,41 oranında bir fark görülmüştür. Sayısal çalışmada basınç hız çifti olarak SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations) türbülans modeli olarak ise  $k-\epsilon$  tercih edilmiştir. Akışkan olarak viskozitesi sudan daha büyük olan hidrolik yağ kullanılmıştır.

Yüksel [13] tarafından FLUENT paket programıyla yapılan çalışmada DN 50 sürgülü vananın yük kayıp katsayısı vana açıklığına bağlı olarak iki boyutlu olarak analiz edilmiştir. Yapılan analiz deneysel çalışma ile doğrulanmıştır. Akışkan olarak  $20^{\circ}\text{C}$ 'de kararlı ve sıkıştırılmaz kabul edilen su kullanılmıştır. Sayısal çalışmada basınç hız çifti olarak SIMPLE metodu ve türbülans modeli olarak ise standart  $k-\epsilon$  modeli tercih edilmiştir. DN 50 sürgülü vananın çeşitli basınç farkları altında tam açık pozisyonunda ve belli bir basınç farkı (50 000 Pa) altında çeşitli açıklık oranlarında (%12,5, %25, %50, %62,5, %75, %100) ortaya çıkan yük kayıp katsayısı olan  $K$  değerleri çıkarılmıştır. Vana açıklık oranı azaldıkça sayısal ve deneysel çalışmadan elde edilen yük kayıp değerleri

arasındaki fark artmış ve çalışılan en az açıklıkta (%12,5) bu fark %19,41 olarak tespit edilmiştir.

### 1.3. Vanalar Hakkında Genel Bilgiler

Su, hava veya gaz gibi akışkanların hareketini kontrol eden elemanlara genel olarak vana adı verilmektedir. Vanalar, gövdeleri içinden geçen bir akışkanın kontrolünü akışkanı durdurma, kısma veya akışkanın geri dönüşünü önleme, yönünü değiştirme, basınç ve debisini ayarlama ya da akış güvenliğini ve rahatlığını sağlama görevlerinden birini yaparak gerçekleştirmektedir.

Bir vana, akışkanı kontrol etme işlevini temel olarak dört farklı kapanma hareketiyle gerçekleştirmektedir. Bu hareketler:

- Diskin veya klapenin açılma ve kapanma hareketi.
- Düz, silindirik veya küresel yüzeyin boydan boya kayarak açılma ve kapanma hareketi.
- Disk veya elipsin dairesel elamanın bir kenarından diğerine doğru dönme hareketi.
- Esnek bir malzemenin akış içine doğru geçmesi ile oluşan harekettir [14].

#### 1.3.1. Vanaların Ana Parçaları

Vanaların türlerine göre çok fazla parçaları olabilmektedir. Temel parçalar her vana için hemen hemen aynıdır. Bir vana üzerindeki ana parçalar Şekil 1.1'de gösterilmiş olup bu parçalar görevleri ile birlikte aşağıda anlatılmıştır.

**Gövde:** Vana sistemini taşıyarak sistem elemanlarını dış etkilere karşı korur, vana içindeki akışkanın dışarıya çıkışına izin vermez ve vananın hatta bağlanmasını sağlar.

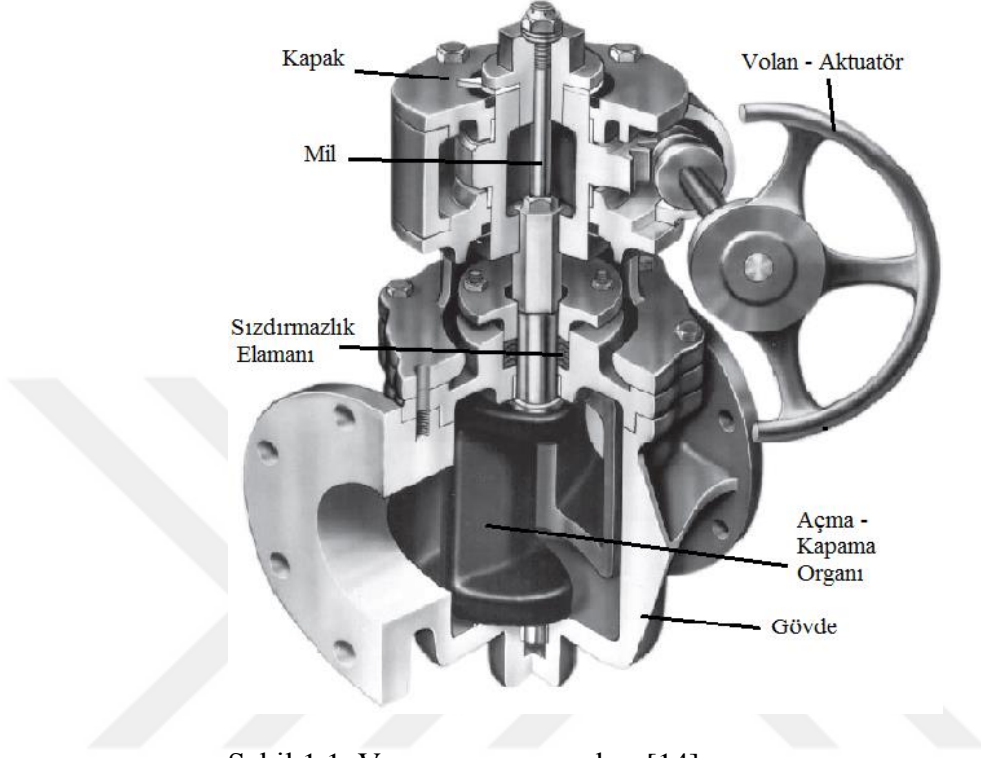
**Kapak:** Vananın kumanda edilmesini sağlayan volan ve volanın bağlı olduğu mile yataklık yapar.

**Açma-kapama mili:** Volana bağlı olan bu mil, volandan aldığı hareketi açma kapama vazifesini gören akış kontrol organına iletir.

**Sızdırmazlık elamanı:** Vana sistemindeki sızdırmazlığı sağlar.

**Açma kapama organı (klape):** Vananın ana görevi olan açma-kapama hareketini gerçekleştirir.

Volan-aktuaör: Açma-kapama organının kumanda edilmesini ve ayarlanmasını sağlar.



Şekil 1.1. Vananın ana parçaları [14].

### 1.3.2. Akış Kontrol Şekline Göre Vanaların Sınıflandırılması

Vanaların sınıflandırılmasında birçok değişken vardır, ancak bu bölümdeki sınıflandırma vanaların akış kontrolünde aldığı işleve göre yapılmıştır.

#### 1.3.2.1. Açma ve Kapama Vanaları

Bu gruptaki vanalar, suyun hat üzerinde istenilen noktada durmasını sağlayarak suyu kontrol etmektedir. Kapandığı zaman tam sızdırmaz bir şekilde kapanır ve bulunduğu noktadan ileriye suyun geçişine izin vermez. Açıldığında ise akışta en az derecede bir kayıp oluştururlar. Bu vanalar sayesinde hatta bulunan su istenilen yöne iletilerek kontrol edilir.

Bu amaçla kullanılmakta olan başlıca vanalar sürgülü vana, küresel vana, kelebek vanadır. Ayrıca glob vana, diyaframlı vana, pinch vana ve plug vanaları hem açma kapama hem de kısma vanası olarak kullanılabilir.

### 1.3.2.2. Kısmı ve Kontrol Vanaları

Boru hattındaki geçen suyun debisi kısılarak su kontrol edilir. Suyun basınç ve debisini düzenlemek üzere tasarlanmış vana çeşididir. Bu gruptaki vanalardan bazıları değişik şartlar altında olan suyun herhangi bir parametresinin sabit tutulmasını da sağlayabilmektedir.

Diyaframalı, iğne, oturmali, pistonlu, pinch vana, plug vana çeşitleri bu sınıfta değerlendirilmektedir.

### 1.3.2.3. Özel Amaçlı Kullanılan Vanalar

Bu vanalar, suyun hareketini durdurma, suyu kısma veya sabitleme işlemlerinin dışında akışta meydana gelen basınç artışlarını ve suyun geri dönüşünü önleme, suyun içinde istenmeyen havanın dışarı atılmasını, sisteme hava emilmesini ve akışkanın emniyetini sağlama gibi özel görevler üstlenmektedir.

Hava vanaları, vakum vanaları, çekvalfler ve emniyet vanaları bu sınıftaki vanalardan en yaygın kullanılanlarıdır.

## 1.4. İçme Suyu Tesislerinde Kullanılan Vanalar

### 1.4.1. Sürgülü Vana

İçme suyu hatlarında kullanılan sürgülü vana, boru hattındaki suyun geçişini doğrusal bir şekilde sağlayan tasarıma sahiptir. Vidalı bir mil bağlantısıyla aşağı yukarı hareket eden sürgü elamanı iki paralel yüzeye veya kama şeklinde bir yüzeye sahiptir. Sürgü sırf metal malzemeden ve Şekil 1.2’de gösterildiği gibi metal sürgünün üzeri epdm kauçuk malzemeyle vulkanize edilerek de yapılabilmektedir. Bu vanalardaki sızdırmazlık, metal-metale veya metal-kauçuk ile sağlanmaktadır.

Vana gövdesi bakır alaşımları (pirinç, bronz), pik döküm GG25, sfero döküm GGG40, paslanmaz çelik malzemeden imal edilebilmektedir. Ancak en yaygın kullanılanları pik (GG 25) ve sfero (GGG 40) malzemeden yapılmış olanlarıdır. Vananın anma çapı DN 600’e kadar ve işletme basıncı PN 40’a kadar dayanan üretimleri yapılmaktadır. Yüksek basınç sınıflarında çelik döküm gövdeler tercih edilmektedir. Çalışma şartları için sıcaklık aralığı  $-200^{\circ}\text{C}$ ’den  $+800^{\circ}\text{C}$  arasında geniş bir aralığı kapsamakta olup yaygın olarak  $-40^{\circ}\text{C}$  ve  $+150^{\circ}\text{C}$  bandında imal edilmektedir [15].



Şekil 1.2. Kesiti alınmış sürgülü vana [16].

#### 1.4.1.1. Sürgülü Vananın Çalışma Şekli

Su bir hat boyunca hareket ederken, iki sızdırmazlık burcu arasında bulunan ve sürgülü vananın kapama elamanı olan sürgü, akışın doğrusal yatay eksenine dik bir şekilde hareket ederek kesitte daralmayı ve dolayısıyla kapanmayı gerçekleştirir. Vidalı bir mil bağlantısıyla aşağı yukarı hareket eden sürgü, el volanı veya aktuatörle kontrol edilir.

#### 1.4.1.2. Sürgülü Vananın Üstünlükleri

- Açık pozisyonda suyun doğrusal akışını bozmadan ve akışta çok düşük yük kaybı oluşturarak suyun düzgün şekilde geçişini sağlar.
- Kapalı pozisyonda suyu keserek her iki yönden tam sızdırmazlık sağlar [17].
- Yüksek basınç ve sıcaklığı olan hatlarda çalışır.
- Vananın elle kumanda edilerek hızlıca kapatılması herhangi bir su darbesi oluşturmaz [18].
- Uzun yıllar boyunca kullanımda olduğundan erişimi oldukça kolay ve ucuzdur.
- Vana boyu (iki flanş arası) kısa olduğundan dar yerlerde montajı mümkündür.
- Yatay veya dikey olarak hat üzerine yerleştirilebilir.
- Suya karışan farklı maddelerin vana içinde takılarak vanayı tıkaması söz konusu değildir.

- Yer altındaki derin mesafelere uygun yükselen milli yer üstündeki noktalara ise zincirli tipler kullanılarak vanaya erişim mümkün hale gelebilir.
- Arıza yapma durumu nadir olduğundan hem işletme hem de bakımları oldukça kolaydır.
- Sistem yapısı oldukça basittir.

#### 1.4.1.3. Sürgülü Vananın Zayıf Yönleri

- Sürgülü vanalar kısma için uygun değildir, vananın 3/4'ü kapatılsa bile akış çok az bir oranda kısılmaktadır. Kısık şekilde çalıştırıldıklarında vana kavitasyona maruz kalabilmektedir. Bu nedenle vananın ya tam açık ya da tam kapalı durumda çalıştırılması gerekmektedir [19].
- Metal-metal sızdırmazlığın sağlandığı vanaların uzun süreli çalışma sonunda aşınma durumu söz konusu olabilir ve aşınan parçaların değişimi hem maliyet açısından hem de işletme açısından sorunlara sebebiyet vermektedir.
- Vana sürgüsü gövde içine doğru hareket ettiğinden vana yüksekliği fazladır.
- Herhangi bir aktarma dişlisi kullanılmadan direk volana irtibatlı vidalı bir mil bağlantısıyla aşağı yukarı hareket eden sürgünün tam kapanması veya açılması fazla zaman gerektirir.
- Özellikle debi ve basıncın yüksek olduğu durumlarda vana yarım açık olduğunda vana sürgüsü titreşime girerek yan sitlere çarpar ve vana elamanları zarar görür [19].
- Büyük çaplarda ağırlıkları ve kapladıkları hacim artar.
- Sürgünün oturacağı yüzey yuvalı bir şekilde yapılırsa kum, çakıl vb. küçük çaplı maddelerin o yuvada toplanmasıyla vananın tam sızdırmaz şekilde kapanması etkilenebilmektedir.

#### 1.4.2. Kelebek Vana

Kelebek vanaların çift flanşlı, wafer ve lug tip olmak üzere üç çeşidi bulunmaktadır. Uygulamada en çok kullanılan tip, dairesel gövde merkezinden geçen mile bağlı bir diskten oluşan çift flanşlı kelebek vanadır. Bu vana tipinde vananın diski dairesel gövde yapısına içten tam oturacak şekilde tasarlanmıştır. Kelebek vananın diskinden kaynaklı akışta ortaya çıkan yük kaybı oldukça düşük mertebededir. Vanadaki sızdırmazlık sistemi

vananın çift eksantriklik yapısıyla sağlanmaktadır. Birinci eksantriklik gövde ile disk arasında, ikincisi ise mil yatağı ile mil arasındadır. Bu tasarımda vana kapalıyken her iki sızdırmazlık elamanı, vana açık haldeyken ise yalnızca mil yatağı ile mil arasındaki sızdırmazlık elamanları işlev görmektedir. Sızdırmazlık sisteminde conta malzemesi olarak çeşitli elastomerler (teflon, tabii kauçuk, vb.), yüksek basınç ve sıcaklık için yapılan tasarımlarda ise metal malzemeler tercih edilmektedir. Şekil 1.3'te verilen kelebek vananın en önemli özelliklerinden birisi tahrik şeklinin sonsuz vida dişli sistemi aracılığıyla gerçekleştirilmesidir. Bu dişli sayesinde kelebek vanaların kapanmasında ihtiyaç duyulan çeyrek tur hareketi sağlanmaktadır. Tahrik kutusunun üstünde bulunan ve volana bağlı olan sonsuz vida milinin alt tarafına diş açılmıştır. Sonsuz vida mili üzerine yerleştirilen bir somun tarafından vananın açma ve kapama sınırları belirlenmektedir. Sonsuz vida tahrik kutuları kilitlenebilir şekilde tasarlandığından akış şartlarında disk üzerine etkiyen kuvvetlerin klapeyi hareket ettirmesine izin verilmemektedir [20].



Şekil 1.3. Çift eksantrik tasarımlı kelebek vana [21].

Kelebek vana, DN 40'tan DN 5000 gibi geniş bir ölçü aralığında üretilmektedir. Vananın imalatında çap büyüdükçe anma basıncı azalmakta, bu vananın PN 10-16 basınç sınıflarında oldukça iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir; ancak PN 40'a kadar çıkan tipleri de kullanılmaktadır. Vananın işletme sıcaklık aralığı  $-200^{\circ}\text{C}$ 'den  $+400^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar geniş bir aralıktadır. Vananın yaygın üretimi ise  $-10^{\circ}\text{C}$  ve  $+120^{\circ}\text{C}$  aralığı içindedir. Vanalar, bakır alaşımları (pirinç, bronz), pik, sfero, çelik ve paslanmaz çelik döküm, titanyum gibi çeşitli malzemelerden imal edilebilmektedirler [15].

Tahrik kutusunun üstünde bulunan ve aktuatör veya volana bağlı olan sonsuz vida milinin alt tarafına diş açılmıştır. Sonsuz vida mili dişli çark ile klape miline monte edilmiştir. Volandan alınan hareket sonsuz vida mili üzerinden klape miline dolayısıyla klapeye aktarılır. Bu sonsuz vida mili üzerine yerleştirilen bir somun tarafından açma ve kapama sınırları belirlenmektedir. Şekil 1.3'te görüldüğü gibi akış eksenini doğrultusunda duran klape çeyrek tur  $90^\circ$  hareket ettirilmesiyle tam kapama ve tam açma işlemi gerçekleştirilmektedir.

#### 1.4.2.1. Kelebek Vananın Üstünlükleri

- Kelebek vanaların sağladığı avantajlardan en önemlisi vananın açılmasında ve kapamasında ortaya çıkan tork değerlerinin düşük olmasıdır. Bu vana sürgülü ve küresel vanalarla kıyaslandığında vanaya uygulanan az bir kuvvetle daha fazla iş yapılır.
- Klapeden dolayı ortaya çıkan basınç kayıpları oldukça düşüktür. Suyun doğal akış formunda önemli bir değişikliğe neden olmazlar.
- Wafer ve lug tiplerinde boyutlar oldukça kısa olduğundan çok hafiftir ve aynı zamanda dar alanlarda kullanımı ve montajı da çok kolaydır.
- Vananın dişli kutusu ile sızdırmazlık elamanları sudan bağımsız olduğundan suyun olumsuz etkilerinden korunmaktadır.
- PN16 basınç sınıfına kadar aynı amaçlarla kullanılan diğer vana tiplerine göre açma kapama performansları çok iyi olduğundan daha kullanışlıdır.
- Vana açık halde iken kilitleme sistemiyle klapesi sabit tutulur.
- Konstrüksiyona bağlı olarak belli sıcaklıkta vananın kendi kendini kilitlemesi mümkündür [22].
- Her türlü aktuatör ile rahat kullanıma elverişlidir.
- Vana klapesinin konum takibi dişli kutusu üzerine yerleştirilen gösterge ile rahatlıkla yapılabilmektedir.
- Açma kapama vanası olarak tasarlandığından kapandığında tam sızdırmazlık sağlar.

#### 1.4.2.2. Kelebek Vananın Zayıf Yönleri

- Kelebek vana kısma vanası olarak belirli oranlara kadar kullanılabilir, düşük

oranlarda kısma işlemleri için kullanıma uygun değildir.

- Yapısı itibarıyla oldukça hassas bir vana türüdür. Açılma ve kapanma işleminin sonlarında fazla zorlandığında vana donanımı zarar görebilir.

- Çok hızlı kapatıldıklarında su darbesi oluşumuna neden olabilirler.

- Mil yataklaması merkezden yapılmış olan vanalarda akış momenti vanayı kapatma yönünde etkileyerek koç darbesine sebebiyet verebilir. Yine bu şekildeki vanalarda sızdırmazlık contası kesintiye uğradığı için vananın yüksek işletme basınçlarına dayanımı sınırlıdır [22].

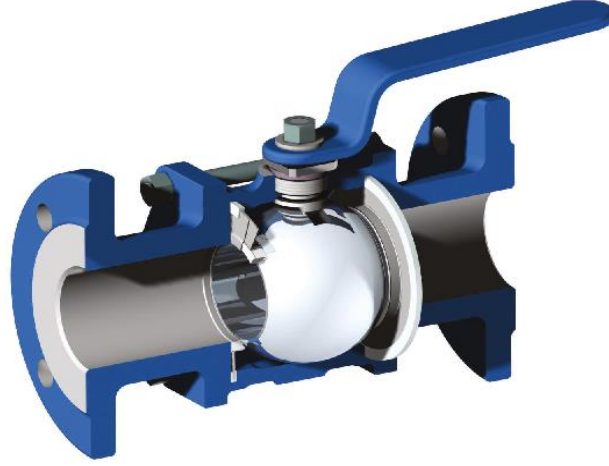
- Su içinde bulunabilecek kılcal yapılar klapeye takılarak vananın sağlıklı çalışmasını etkileyebilmektedir. Bu nedenle hattaki suyun çok temiz olması gereklidir.

- Arıza halinde vananın tamamen hattan sökülüp çıkarılması gerektiğinden bakımı oldukça zahmetlidir.

### 1.4.3. Küresel Vana

Küresel vana plug vana cinsi grubuna ait bir vana türüdür. Kapama organı küre şeklindeki bir yapıya benzediğinden bu isimle anılmaktadır. Yapısı sebebiyle bu vana açma kapama vanası olarak kullanıma uygun olup hassas akış kontrolü ve kısma işlemleri için uygun değildir. Bu vanayı her çeşit boru hattında ve farklı akışkanlar için kullanmak mümkün olduğundan içme suyu tesisleri dışında da sıklıkla kullanılmaktadır [23]. Tam geçişli ve redüksiyon geçişli olmak üzere iki farklı ana tasarımı mevcuttur. Ayrıca tek parçalı, iki parçalı veya üç parçalı gövde üretimi yapılmaktadır. Şekil 1.4'te kesiti alınmış tek parçalı bir küresel vana yer almaktadır.

Vana çapı ölçüleri DN 8'den DN 1500 gibi geniş bir aralıkta olabilmektedir. Uygulamada basınç sınıfı PN 40'a kadar olan vanalar mevcuttur. Çalışma sıcaklığı -275 °C'den +800°C'ye kadar geniş bir aralıktadır. Üretimde ise genelde -20°C'den +150°C'ye olan vana çeşitleri yaygındır. Gövde malzemesinde bakır alaşımları (pirinç, bronz), pik, sfero, çelik ve paslanmaz çelik döküm ile, titanyum, alüminyum ve seramik tercih edilmektedir. Sızdırmazlıkları metal-metal şeklinde sağlanmaktadır. Çeşitli elastomerler özellikle paslanmaz çelik tabaka yay takviye edilmiş teflon, seramik, grafit ve nikel alaşımları sızdırmazlık elemanı olarak kullanılmaktadır [15].



Şekil 1.4. Kesiti alınmış tek parçalı küresel vana [24].

#### 1.4.3.1. Küresel Vananın Çalışma Şekli

Küresel vananın kapama organı olan ve bir eksen boyunca karşılıklı iki tarafı suyun geçişine açık olan kürenin gövde içerisinde  $90^\circ$  sürtünerek döndürülmesiyle kapanma işlevi gerçekleştirilir. Kürenin üst tarafında mil bağlantısı için bir delik açılır. Gövde üzerinden küreye bağlantısı yapılan mil, elle veya aktuatörle tahrik edilerek açma ve kapama görevini sağlamaktadır.

#### 1.4.3.2. Küresel Vananın Üstünlükleri

- Tam açık pozisyonda tam geçişli küresel vanalarda akış çok rahat ve basınç kaybı çok düşüktür.
- Oldukça küçük ölçülerde üretimi mümkün olduğundan diğer vana türlerine kıyasla çok yüksek oranda küçük çaplı hatlarda kullanılmaktadır.
- Kolay bir kullanımı vardır.
- Her iki yönde oldukça iyi sızdırmazlık sağlamaktadır.
- İçme suyu dışında da çok çeşitli endüstriyel işletmelerde özellikle yüksek sıcaklık ve basınç altında çalışabilmektedir.

#### 1.4.3.3. Küresel Vananın Zayıf Yönleri

- Ağır bir yapıya sahiptirler. Özellikle çap yükseldikçe oransal olarak ağırlık daha da artar.

- Anma çapları arttıkça aynı ölçülerde aynı işlevi gören diğer vana çeşitlerine göre fiyatları daha fazladır.
- Küresel yapıdan dolayı gövde içinde ölü hacimler mevcuttur.
- Redüksiyon geçişli tiplerinde akış düzeni bozulduğundan basınç kaybı artmaktadır.
- Akış düzenleyici veya kısma amaçlı kullanıma uygun değildir.
- Ani açma kapama durumlarında suda darbeler oluşturabilir.
- Vananın uzun süre kapalı kalması durumunda su içinde bulunabilecek toprak, kum ve çamur gibi malzemeler kapalı küreye temas ederek küre yüzeyinde bir tabaka oluşumuna sebebiyet verebilir. Bu tabaka da açma kapama koluna gereğinden fazla kuvvet uygulanmasını gerektirerek vananın açılmasını çok zorlaştırdığından vana kolunda ve milinde çeşitli deformasyonlar meydana gelebilmektedir [25].

#### **1.4.4. Glob (Oturmalı ) Vana**

Glob vanalar yaygın olarak açma-kapama ve akış kontrolü için kullanılmaktadır. Bu vana, aşağı yönde düşey olarak hareket ederek metal sitin üzerine oturarak çalışır. Vananın düşey yöndeki bu hareket mesafesi oldukça kısadır. Vananın bu özelliği onun akış ayar vanası olarak kullanılması için oldukça uygun bir tasarımıdır (Şekil 1.5). Vananın klape yapısı değişiklik gösterebilir, bu farklılık sayesinde vana akış karakteristiklerinde de değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Vana içindeki sızdırmazlık, tel örgülü grafit conta veya grafit conta ile, mil çevresindeki sızdırmazlığın sağlanmasında ise elastiki sızdırmazlık ringlerinden oluşan salmastra kutusu kullanılmaktadır [9]. Vana çalışırken vana sızdırmazlık elamanları çok az bir sürtünme ile karşılaştığından sızdırmazlıkları oldukça iyidir [14].

Vana çap ölçüleri DN 15'ten DN 400'e kadar, basınç dayanımı ise PN 300'e kadar geniş bir aralıktadır. Ancak, genelde PN 40'a kadar üretilmektedir. Vana , -200°C'den +400°C'ye kadar çalışma sıcaklığında üretimi mümkün olmasına rağmen daha ziyade olarak -50°C ve +250°C aralığı için üretilirler. Vana gövdesinde çelik, paslanmaz çelik, bakır alaşımları (pirinç, bronz), pik ve sfero malzemeler kullanılmaktadır [15].



Şekil 1.5. Pistonlu tip glob vana kesiti [10].

#### 1.4.4.1. Glob Vananın Çalışma Şekli

Vana mili, piston veya tabaka şeklindeki bir klapeye bağlıdır. Klape suyun geçtiği kısım üzerinde düşey yönde hareket ederek vananın açılmasını ve kapanmasını sağlamaktadır.

#### 1.4.4.2. Glob Vananın Üstünlükleri

- Hassas akış kontrolünde kullanılabilir.
- Tam sızdırmazlık sağlar.
- Yüksek basınç ve sıcaklıkta kullanılabilir.
- Uzun ömürlü ve sık çalışmaya müsaittir.

#### 1.4.4.3. Glob Vananın Zayıf yönleri

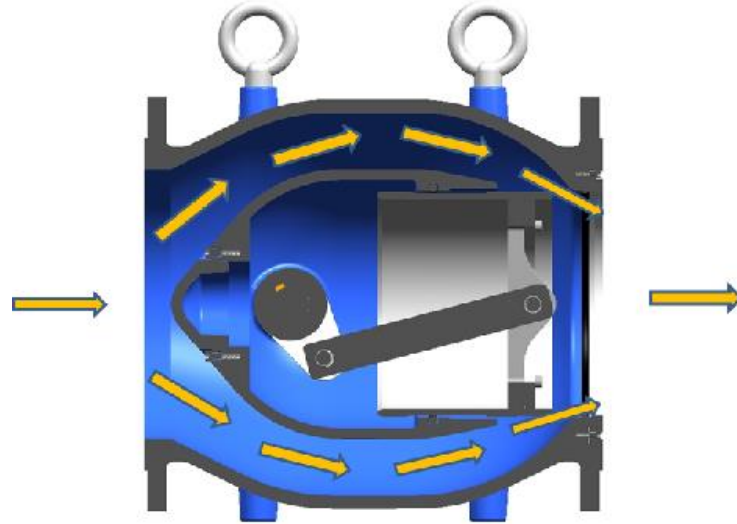
- Tek yönlü akışa müsaade ederler.
- Ölü hacimler içermektedir.
- Mil direkt klapeye bağlandığından tork değerleri yüksek basınç değerlerinde artmaktadır.
- Çeşitli partiküller vana içinde sıkışarak vananın açılması ve kapanması esnasında

vana sızdırmazlık elamanlarına zarar verebilir.

- Yüksek akış direncine maruz kaldıklarından basınç kayıpları fazladır.

#### 1.4.4.4. İğne Vana

İğne vanalar şekilsel yönden açılı ve glob vanalara benzemektedir. Tahrik mekanizması tarafından kumanda edilen krank-biyel mekanizmasına bağlı ve damla formunda olan klapenin aksel hareketiyle açma ve kapama işlemi sağlanır. Şekil 1,6'da gösterildiği gibi iğne vanaların bu damla formdaki tasarımı sürekli ayar yapmaya ve akış kontrolüne gayet müsaittir. Bu vanaya akış halka şeklinde girer ve çıkışa kadar düzgün bir şekilde daralan gövde içerisinde geçer. Kapatma işlemi boyunca akıştaki halka kesiti korunur. Pistonun aksel hareketi, vananın çıkış ağzını doğrusal olarak kontrol etmektedir. Bu vananın önemli özelliklerinden birisi de, su içerisinde oluşan buhar kabarcıklarının vana merkezine yönlendirilmesidir. Bu sayede kavitasyon hasarına neden olan kabarcıkların vana cidarı ve diğer parçalar ile teması engellenmektedir. Vana merkezine sevk edilen kabarcıklar, su jetlerinin çarpışmasıyla yükselen basınç altında zararsız bir şekilde yok edilirler [26].



Şekil 1.6. İğne vana kesit modeli [21].

İğne vana yekpare bir gövdeden üretilmektedir. Gövde genelde GGG 40 sfero malzemedir yapılırken gövde içindeki klape ve diğer bağlantı elamanları paslanmaz çelik

malzemedan imal edilmektedir. Vanadaki sızdırmazlık, biri gövde diğeri klape üzerine yerleştirilen iki yumuşak metal halka ile sağlanmaktadır. Ayrıca DN 80 – DN 1200 çaplarında üretimi yapılmakta olup çalışma sıcaklıkları ise  $-10^{\circ}\text{C}$  ile  $+80^{\circ}\text{C}$  arasında olabilmektedir [17].

#### **1.4.4.5. İğne Vananın Çalışma Şekli**

Tahrik kutusu üzerinden gövde üzerindeki akışa paralel uzanan mile hareket iletilir. Bu mil üzerindeki dönme hareketi krank biyel mekanizması tarafından doğrusal harekete dönüştürülür. Klafenin (pistonun) akış yönünde aksenal hareketiyle vananın çalışması sağlanmaktadır.

#### **1.4.4.6. İğne Vananın Üstünlükleri**

- Akışı çok iyi yönlendirirler ve hassas akış kontrolü için uygundur.
- İç aksamaları paslanmaz çelikten üretilmiştir ve kavitasyon dirençleri yüksektir.
- Sızdırmazlık ringleri kavitasyon bölgesi dışında kalır ve uzun ömürlü olur.
- Bakım ve yağlama gerektirmeyen burçlar ile tahrik mili çift taraflı olarak yataklanmıştır.
- Yüksek basınçlı yerlerde kullanıldığında ayar ve basınç kırıcı özelliği mükemmeldir.
- Düşük tork değerleriyle çalışır ve bütün klape açıklıklarda aynı tork değerini kullanır.
- Uygulamada basınç düşürücü, hızlı tahliye, debi kontrol gibi birçok amaca yönelik olarak kullanılabilir.
- Pisliklere karşı yüksek dayanımlıdır [17].

#### **1.4.4.7. İğne Vananın Zayıf Yönleri**

- Diğer vanalarla kıyaslandığında daha ağır ve maliyetlidir.
- Üretimi çok yaygın değildir. Her yerde her zaman bulunması kolay değildir.

### **1.4.5. Hava Vanaları**

Hava vanaları, genel bir tanımlama ile kapalı sistem olan içme suyu hatlarının akciğerleri olarak ifade edilmektedir. Bu vanalar, kapalı durumda vanadan dışarıya su çıkışına izin vermezken açık durumda ise şebeke sistemine hava emerler ya da sistemden dışarıya hava tahliyesi yaparlar.

Hava vanalarının sınıflandırması genel olarak işlevlerine göre yapılmaktadır. Her bir vananın farklı bir fonksiyonu bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla tek küreli-tek fonksiyonlu, tek küreli-çift fonksiyonlu, çift küreli-üç fonksiyonlu, tek ve çift küreli-dört fonksiyonlu darbesiz hava vanası ve vakum vanalarıdır. Hava vanaların bir diğer adı da vantuzdur.

#### **1.4.5.1. Tek Küreli-Tek Fonksiyonlu Hava Vanası ve Çalışma Prensibi**

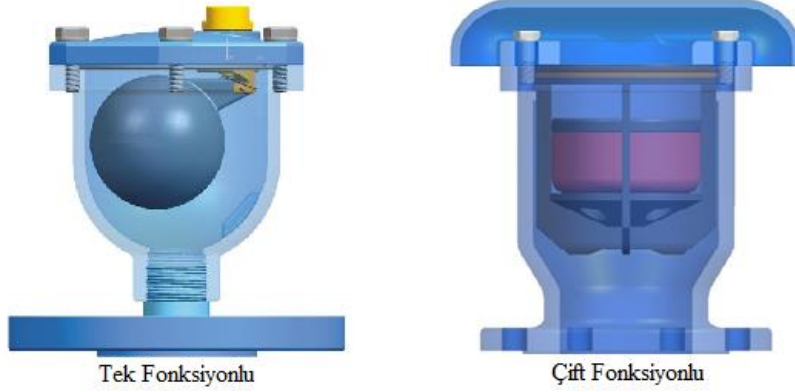
Bu vanalar, küre şeklindeki bir adet yüzer top yapısından oluşan ve tek bir fonksiyonu olan hava vanasıdır. Bu vana kullanılarak şebekede oluşan hava kabarcıkları sistemden tahliye edilir. Şebekede oluşan hava kabarcıkları birleşerek sistemde hava ceplerini oluşturur. Oluşan hava cepleri yüzer topa ulaşır ve top aşağı düşerek havanın tahliye işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra ise top tekrar yükselir ve vana sızdırmaz bir şekilde kapanır. Büyük miktarlardaki hava emme ve tahliye işlemi bu vanayla yapılamamaktadır [27].

#### **1.4.5.2. Tek Küreli-Çift Fonksiyonlu Hava Vanası ve Çalışma Prensibi**

Bu vanalar, küre şeklindeki bir adet yüzer top yapısından oluşan ve bünyesinde iki ayrı işlevi gerçekleştiren vanalardır. Vananın birinci işlevi, şebeke sistemi suyla dolarken sistemde mevcut olan büyük miktarlardaki hava kütlelerini sistemden dışarı atmak, ikinci işlevi ise şebeke sistemi boşaltılırken büyük miktarlardaki havayı sisteme emmektir. Şekil 1.7’de tek küreli-tek ve çift fonksiyonlu vanaların modelleri ayrı ayrı gösterilmiştir [17].

Şebeke sistemi su ile doldurulurken sistemde bulunan hava, bu vantuza ulaştığında havadan ağır sudan hafif olan yüzer top kapalı pozisyonundan aşağı doğru hareket eder ve vanadan hava tahliye edilir. Suyla dolan şebekede su, bu vantuza ulaşır ulaşmaz yüzer top sızdırmazlık elamanlarına baskı yaparak kapanır ve dışarıya suyun çıkışına izin vermez. Şebeke sistemindeki su boşaltılırken ise su kütlesi vananın bulunduğu noktadan ayrılır ayrılmaz, yüzer top aşağıya düşer ve içeriye hava emilir. Bu vana, sistem çalışırken oluşan

küçük hava kabarcıklarını tahliye etme özelliğine sahip değildir ve böyle bir amaç için kullanılmamalıdır [17].



Şekil 1.7. Tek küreli-tek ve çift fonksiyonlu hava vanalarının modelleri [21].

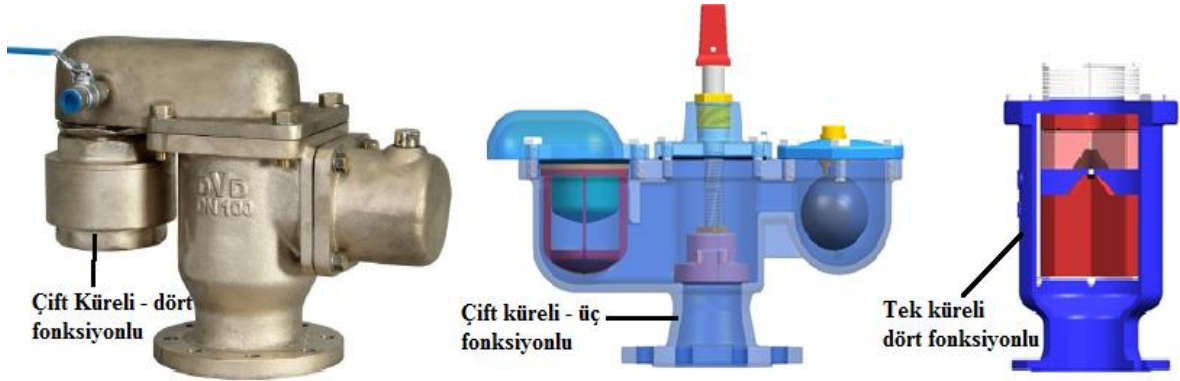
#### 1.4.5.3. Çift Küreli-Üç Fonksiyonlu Hava Vanası ve Çalışma Prensibi

Çift küreli-üç fonksiyonlu hava vanaları, tek küreli-çift fonksiyonlu hava vanalarında olduğu gibi bir gövde yapısına sahiptir. Ancak bu vantuzda ana küreden başka küçük bir küre daha sisteme ilave edilmiştir. Tek küreli-tek fonksiyonlu vantuzda olduğu gibi bu vantuz da, bir taraftan boru hattı suyla dolarken sistemde mevcut olan büyük miktarlardaki hava kütlelerini sistemden dışarı atılmasını diğer taraftan da boru hattındaki su boşaltılırken büyük miktarlardaki havanın sisteme alınmasını ve aynı zamanda çalışma esnasında sistem içerisinde oluşan hava kabarcıklarının küçük küreyle sistemden dışarı atılmasını sağlamaktadır (Şekil 1.8) [17].

#### 1.4.5.4. Çift Küreli-Dört Fonksiyonlu Darbesiz Hava Vanası ve Çalışma Şekli

Darbesiz hava vanaları, çift küreli-üç fonksiyonlu vantuzların özelliklerine ilave olarak darbesiz kapanma özelliğine sahiptir. Su kütlelerinin yüksek hızlara ulaşması sonucunda şebekedeki hava da yüksek hızlara ulaşır. Hızlanan hava kütlesi vantuzdan dışarı atılırken şebeke içerisinde negatif basınç oluşmasına neden olur ve şebekedeki suyun hızı daha da artar. Böyle bir durumda hızla vantuza çarpan su kütlesi, sistemde darbe oluşmasına neden olur. Bu şekilde darbe altında çalışan hava vanaları için günümüzde en iyi çözüm, darbesiz olan hava vana türleridir. Şekil 1.8'de gösterilen ve çift küreli yapıda olan bu vananın önündeki özel darbe klapesi yüksek hızlarda kapanır ve hava tahliyesi

daha küçük olan ikinci bir orifisten yapılır. Bu şekilde hava tahliyesinin hızı düşürülür ve şebeke içerisinde hava yastığı meydana getirilir. Hızı artmış olan su kütlesi ise ivme kaybederek darbesiz bir şekilde sistemdeki hareketine devam eder [27].



Şekil 1.8. Üç ve dört fonksiyonlu vantuzlar[24].

#### 1.4.5.5. Tek Küreli-Dört Fonksiyonlu Darbesiz Hava Vanası ve Çalışma Şekli

Darbesiz dinamik vantuz olarak da isimlendirilen bu vantuz, iki parçadan oluşan tek küreli yapıda imal edilmektedir (Şekil 1.8). Bu vantuzun işlevi, çift küreli-dört fonksiyonlu darbesiz hava vanasına benzer şekilde gerçekleşmektedir. Ancak burada iki parçalı olan küre hızlı tahliye anında birbirinden ayrılarak üst tarafta kalan küçük küre içindeki delikten hava tahliyesi yapılmaktadır. Bu şekilde daha dinamik bir davranış sergilenmektedir. Bu vanalar, özellikle su geçiş hızının yüksek olduğu ve olası ani su kesintilerinin yaşanması mümkün olan derin kuyu pompa sistemlerinde kullanılmaktadır [17].

#### 1.4.5.6. Vakum Vanalarının Özellikleri ve Çalışma Şekli

Vakum vanaları, içerisinde yüzer top sistemi barındırmayan ve ana organları klape ve karşı ağırlık düzeneği olan bir hava vanasıdır. Boru hattında oluşacak negatif basınçları engelleme amaçlı kullanılır. Bu vanada klapeye bağlı bir kol ve karşı ağırlık bulunmaktadır. Kol ve ağırlık klapeyi dengede tutarak herhangi bir basınç değişimi durumunda klape aşağı yönde hareket ederek sisteme hava emmektedir. Kritik durum aşıldıktan sonra su tekrar vanaya ulaşır ve klapeyi kapanması sağlanır. Klape yapısı itibarıyla bu vantuz, diğer hava vanalarına oranla daha hızlı bir şekilde daha çok havayı sisteme dâhil edebilmektedir. Böylece sistem negatif basınçlardan korunmaktadır. Su

kütlesi ayrışmalarında ve ani pompa kapanma durumlarının olduğu yerlerde çözüm amaçlı olarak tercih edilmektedir. Bu vanaların hava tahliye görevi olmadığından bunlar sadece acil emniyet vanası olarak tasarlanmıştır [27].

#### **1.4.5.7. Hava Vanalarının Birbirlerine Göre Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri**

Tek küreli-tek fonksiyonlu hava vanaları, boru hattının üst noktalarındaki hava kabarcıklarının tahliyesini sağlar, ancak diğer hava vanaları gibi büyük miktarlardaki hava tahliyesini ve emmesini gerçekleştirememektedir.

Tek küreli-çift fonksiyonlu hava vanaları, sistemden büyük miktarda hava tahliyesini ve sisteme büyük miktarda hava emilmesini sağlar, ancak şebekedeki hava kabarcıklarını sistemden uzaklaştırılmaz.

Çift küreli-üç fonksiyonlu hava vanaları, tek küreli-çift fonksiyonlu vantuzun yapamadığı sistemden hava kabarcıklarını uzaklaştırma işlevini de yapar. Ayrıca herhangi bir arıza anında yapısındaki izolasyon vanası sayesinde hattın tamamen sökülmeden onarımı yapılabilmektedir.

Çift küreli-dört fonksiyonlu hava vanaları, çift küreli çift fonksiyonlu vantuzla ilave olarak yapısında bulunan ve nispeten daha küçük olan küreyi kullanarak sistemi darbelerden korur.

Tek küreli-dört fonksiyonlu hava vanaları, çift küreli-dört fonksiyonlu vanaya kıyasla daha hafiftir. Düşük debilerde kararlı biçimde çalışır ve tepki süresi hızlıdır [17].

#### **1.4.6. Geri Dönüş Önleme Vanaları (Çekvalfler)**

İçme suyu hatlarında belli noktalara yerleştirilerek akışın geri dönüşünü engelleyen bu ekipmana çekvalf veya geri dönüş önleme vanası adı verilmektedir. Çekvalfler yalnızca bir yönde akışa müsaade ederler. Genelde içme suyu tesislerinde boru hattından kuyuya doğru ters akışı önlemek üzere pompa önlerine yerleştirilmektedir. Çekvalfler çalışma prensibi açısından değerlendirildiğinde paralel, radyal veya hidrolik tahrikli vana tipleri olarak sıralanabilir. Çok fazla türü bulunmakla beraber uygulamada en çok kullanılan türleri; çalpara, tilting, eksenel yaylı, lift ve hidrolik çekvalftir [18].

### 1.4.6.1. Çalpara Çekvalfin Özellikleri ve Çalışma Şekli

Uygulamada en çok kullanılan tiptir. Şekil 1.9'dan görüleceği üzere gövde yapısı kapak ve gövde olmak üzere iki kısımdır. Klape, gövde üst kısmından bir muylu ile yataklanmıştır. Gövdenin üst kısmı, klape açıldığında klapeyi kapağın altına alacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu tasarımla akışta minimum değişiklik sağlanmaktadır. Sızdırmazlıkları metal-metal şeklinden daha ziyade klape çevresine halkasal olarak yerleştirilen çeşitli elastik malzemelerle sağlanabilmektedir [18].



Şekil 1.9. Çalpara çekvalf ve karşı ağırlıklı modeli [21].

Çalpara çekvalf, sistemde herhangi bir akış hareketi olmadığında sızdırmaz olarak kapalı pozisyonda beklemektedir. Suyun akışı ile beraber çekvalfin boydan boya menteşe muylusu ile sabitlenmiş klapesi açılır ve akışkanın geçişine izin verilir. Su kesildiğinde ise klape kapanarak suyun geri dönüşü önlenmektedir [18].

#### 1.4.6.1.1. Çalpara Çekvalfin Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri

- Tam geçiş sağlayarak akışta minimum basınç kaybı oluşturur.
- Su içerisindeki katı maddelerin geçişine izin verir.
- Karşı ağırlık veya yay kullanılarak darbeye karşı önlem alınabilir.
- Yapısı oldukça basittir, çok çeşitli çaplarda ve basınç sınıflarında bulunabilir.
- Kapandığında tam sızdırmazlık sağlar.
- Yerinde bakım kolaylığına imkân tanır.
- Lastik contalar zamanla aşındığından değiştirilmesi gerekir.
- Karşı ağırlık olmadığında gürültülü çalışarak darbeye sebebiyet verebilirler.

### 1.4.6.2. Tilting (Yalpalı) Çekvalfin Özellikleri ve Çalışma Şekli

Tilting çekvalf yapısı itibariyle kelebek vanaya benzer şekilde tasarlanmıştır. Tek parçalı bir gövde yapısı ve bu yapı içerisinde kaçık merkezli bir eksen etrafında dönen klapeden oluşmaktadır. Mil, akış ekseninin üst tarafına 0,25D kadar mesafede yerleştirilmiştir. Klape alanının yaklaşık %80'nini klape alt tarafı oluşturmaktadır (Şekil 1.10). Sızdırmazlıkları metal-metal veya disk etrafına yerleştirilen elastik halkasal contalarla sağlanmaktadır [18].



Şekil 1.10. Tilting çekvalf [28].

Suyun çekvalfe ulaşmasıyla su, çekvalfin alt kısmına üst kısmından daha fazla akış kuvveti uygulayarak baskı yapar ve çekvalf açılır. Suyun kesilmesi durumunda ise alt kısma gelen kuvvet daha fazla olduğundan çekvalf kapanır. Çekvalfin üst kısmındaki klape alanı akışa ters etki yaparak daha yumuşak açılmayı ve kapanmayı sağlamaktadır [18].

#### 1.4.6.2.1. Tilting (Yalpalı) Çekvalfin Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri

- Kısa gövdeli, küçük hacimli ve hafiftir.
- Açılma ve kapanmaları çalpara çekvalflere kıyasla daha yumuşaktır.
- Bakım gerektirmeyen bir tasarıma sahiptir.
- Karşı ağırlığa ihtiyaç duymadan çalışabilme imkanı sağlayan tipleri mevcuttur.
- Klape yapısından dolayı partiküllerin geçişinde olumsuz sonuçlar doğurabilir.

### 1.4.6.3. Eksenel Yaylı Çekvalfin Özellikleri ve Çalışma Şekli

Gövde içerisindeki klape, eksenel yönde hareket eden bir milin ve üzerine yay yerleştirilen sistemden oluşan geri dönüş önleme vanasıdır. Bu çekvalfin en önemli özelliği darbesiz ve hızlı hareket edebilmesidir. Su klapeye ulaştığında klapeye dolayısıyla yaya baskı yapar ve yay sıkışarak klapeden suyun geçişini sağlamaktadır. Su kesildiğinde ise potansiyel olarak enerjisi mevcut olan yay, kapama işlevini su vanaya ulaşmadan sağlar. Şekil 1.11’de eksenel yaylı çekvalf elamanlarıyla birlikte verilmiştir.



Şekil 1.11. Eksenel yaylı çekvalfin elamanları [21]

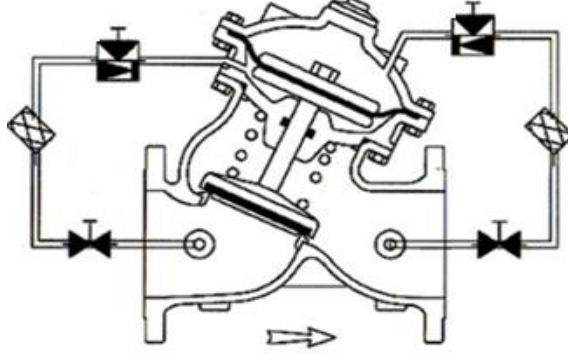
#### 1.4.6.3.1. Eksenel Yaylı Çekvalfin Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri

- Yüksek hızlı akışkanlara uygundur ve darbesiz çalışır.
- Kesin sızdırmazlık sağlar.
- Hareketli parçaların ağırlığı düşük olduğundan hızlı hareket kabiliyeti ve uzun ömürlü olması önemli bir avantajdır.
- Küçük ve hafiftir.
- Bakım için vananın hattan tamamen sökülmesi gerekir.
- Çok yüksek çaplarda üretimi yaygın değildir [28].

### 1.4.6.4. Hidrolik Çekvalfin Özellikleri ve Çalışma Şekli

Y gövde yapısındaki hidrolik çekvalf, üst kısmında bir diyafram ve bu diyaframın hareketiyle çalışan bir klapeden ibarettir. Şekil 1.12’den de anlaşılacağı gibi normal akış koşulları boyunca klapeye baskı yapılır ve diyaframdaki su boşalır. Su kesildiğinde ve vana çıkışındaki suyun basıncı daha yüksek hale geldiğinde ise su ince bir boru hattı ile

diyafram üzerine yönlendirilerek vana kapatılır. Vana yapısına selenoid ilave edilerek vana uzaktan kumanda ile pompalarla entegre bir şekilde çalışabilmektedir.



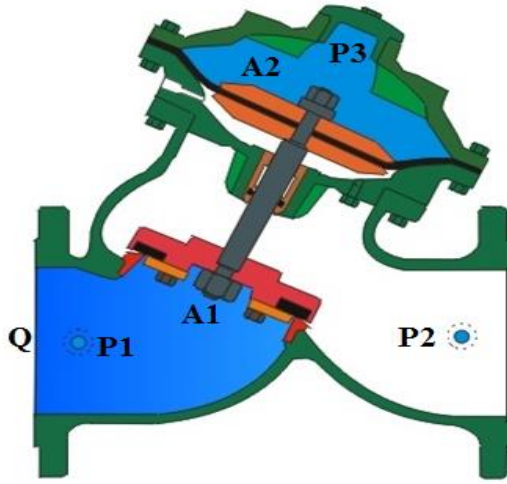
Şekil 1.12. Hidrolik çekvalfin şematik olarak çalışma prensibi [17].

#### 1.4.6.4.1. Hidrolik Çekvalfin Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri

- Hidrolik çekvalfin üzerindeki hidrolik devreler değişik amaçlar için kullanılabilir.
- Çekvalfin bakımı üst kapak sayesinde kolaydır.
- Selenoid kontrollü tipi pompa kaynaklı açma kapama darbelerinden sistemi korur.
- Açılma ve kapanma hızları ayarlanabilir.
- Geri dönüşte tepki vermesi yavaş olabilir bu nedenle bir miktar suyu geri geçirebilir.

#### 1.4.7. Kontrol Vanalarının Özellikleri ve Genel Çalışma Prensipleri

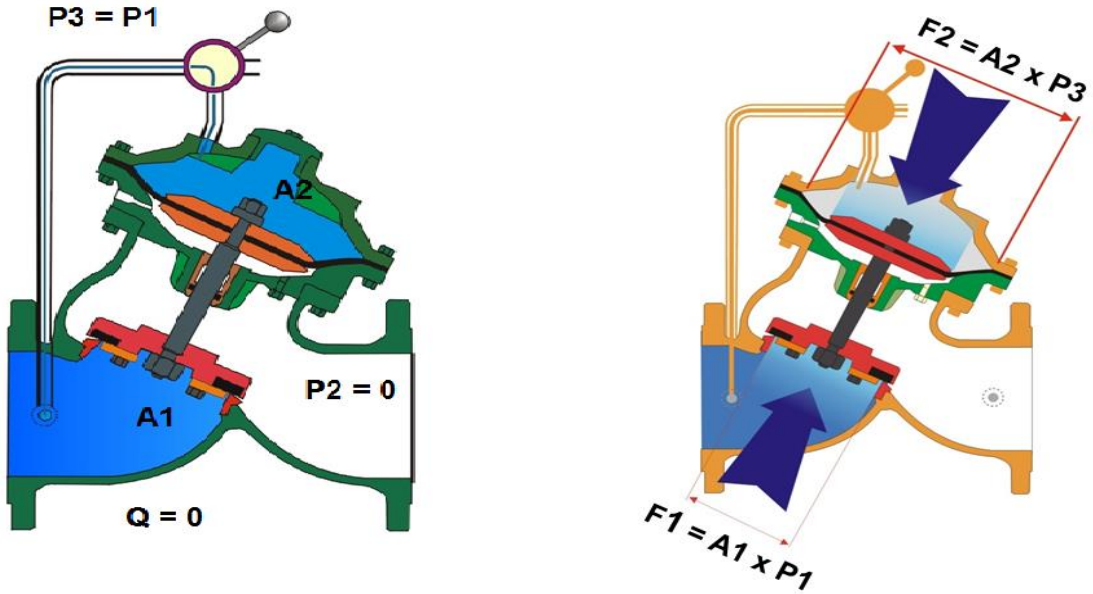
Kontrol vanaları içme suyu şebeke sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu vanalar, sistemdeki suyun basıncının ve debisinin dolayısı ile su akışının kontrol edilmesine imkân tanımaktadır. Su temin sisteminde istenilen amaca uygun olarak bu vanalar el ile veya uzaktan kumanda edilerek yarı otomatik olarak çalıştırılmaktadır. Tüm kontrol vanaları akış kısma prensibine göre çalışmaktadır. Bu vanalar genelde paralel, glob, Y, açılı ve radyal tipte ortaya çıkmaktadır. Ancak uygulamada en çok diyaframlı Y tipli vana çeşidi kullanılmaktadır. Basınç düşürücü kontrol vanası, basınç sabitleyici kontrol vanası, debi kontrol vanası, seviye kontrol vanası ve darbe önleme vanası en çok kullanılan kontrol vanalarıdır. Şekil 1.13'te diyaframlı bir kontrol vanasının açılma ve kapanmasına etki eden basınç ve alanlar gösterilmiştir [18].



- A1 = Klape Alanı  
 A2 = Diyafram Alanı  
 P1 = Giriş Basıncı  
 P2 = Çıkış Basıncı  
 P3 = Üst Kontrol Haznesi Basıncı  
 Q = Debi  
 $\Delta P = P1 - P2$

Şekil 1.13. Diyaframlı bir kontrol vanasındaki etki alanları ve basınçlar [21].

Şekil 1.14'te vananın tam sızdırmaz biçimde kapanma hali vananın şematik resmi üzerindeki kuvvetlerle birlikte gösterilmiştir. Vananın kapanmasında ortaya çıkan denklemler de aşağıda ifade edilmiştir



Şekil 1.14. Kontrol vanasında kapanma anında oluşan kuvvetler dengesi [21]

$$F1 = (P1)(A1) \quad (1.1)$$

$$F2 = (P3)(A2) \quad (1.2)$$

$$A2 > A1 \quad (1.3)$$

$$P1 = P3 \quad (1.4)$$

$$(P1)(A1) < (P3)(A2) \quad (1.5)$$

$$F1 < F2 \quad (1.6)$$

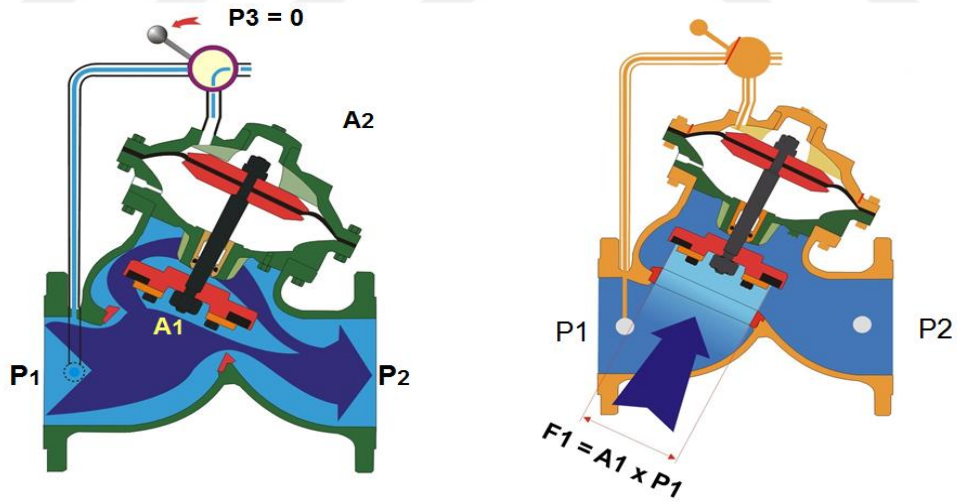
Denklem 1.6 vananın tam sızdırmaz bir şekilde kapandığını belirtmektedir.

Şekil 1.15'te vananın açılması için gerekli kuvvet ve vana üzerindeki basınç ve alanlar, kontrol vanasının şematik resmi üzerinde verilmiştir. Vananın açılmasında oluşan kuvvetler ve basınç dengesi:

$$(P1)(A1) < (P3)(A2) \quad (1.7)$$

$$F1 > F2 \quad (1.8)$$

$$P3 = 0 \quad (1.9)$$



Şekil 1.15. Kontrol vanasında açılma anında oluşan kuvvetler dengesi [21].

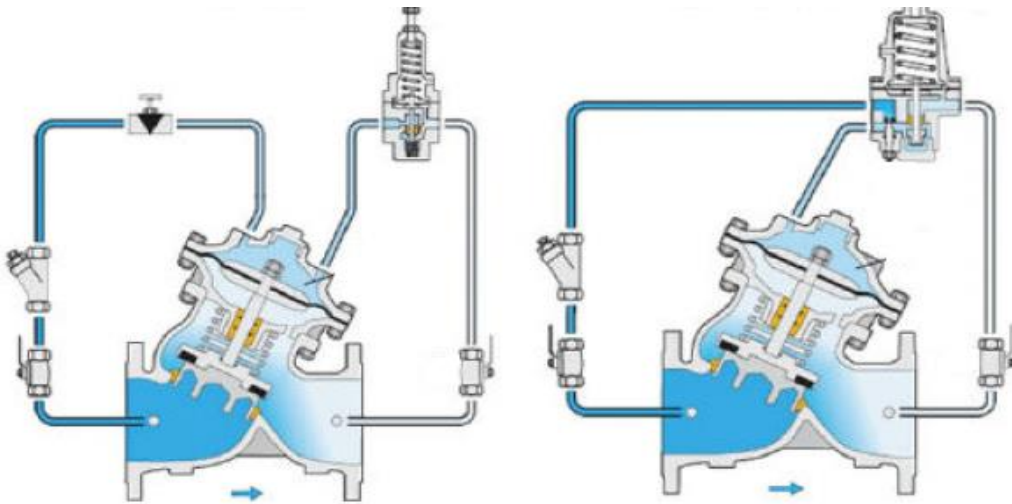
Denklem 1.10 kontrol vanasının ayar pozisyonunda olduğunu belirtmektedir.

$$P2 = P1 - \Delta P \quad (1.10)$$

### 1.4.7.1. Basınç Düşürücü Vananın Özellikleri ve Çalışma Prensibi

İçme suyu şebeke hatları belli bir üst basınca göre projelendirilir. Projelendirilen basıncın aşılması, sistemdeki boru ve elamanlarında çeşitli hasarlara neden olmaktadır. Bu nedenle şebeke sisteminde basınç düşürücü vana kullanılmaktadır. Bu vana, basıncın ayarlanan değere düşürülmesi ve oransal olarak basıncın düşürülmesi şeklinde iki farklı biçimde tasarlanmaktadır.

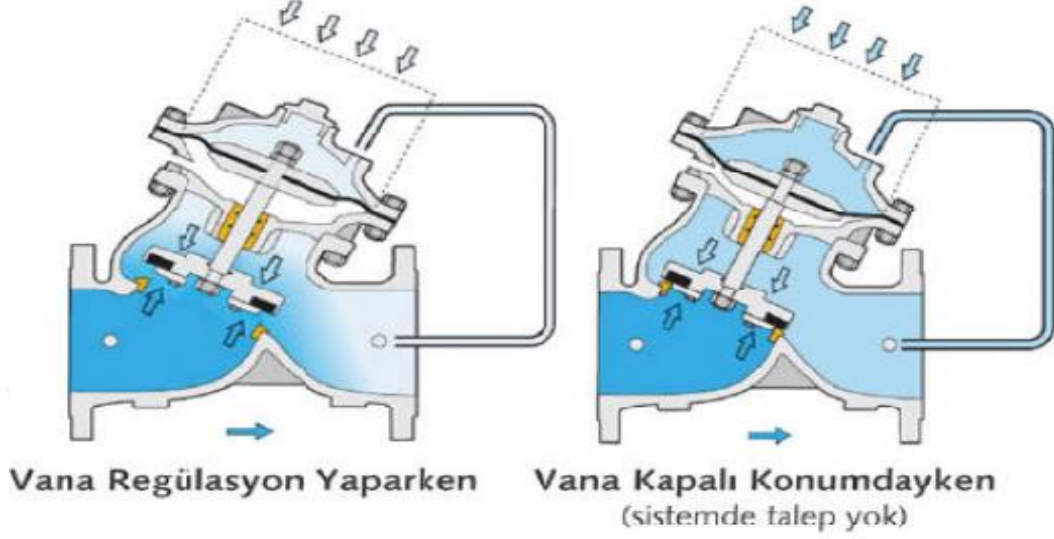
Basıncı ayarlanmış değerde tutmak için Y tipi diyaframlı vanalar üzerine bir pilot konumlandırılır. Bu pilot mekanizması ile vananın girişi, çıkışı ve diyaframın üstünde bulunan hazne kısmı birbirleriyle irtibatlandırılmıştır. Pilot, yaylı üç yollu bir vana. Yay üzerindeki ayarlar ile pilot belli bir basınç değerinde devreye girerek ana işlevini gerçekleştirmektedir. Vana açık pozisyonda çalışırken şebekedeki basınç, ayarlanan basınç değerini aşmış ise pilot bunu algılamakta ve vananın üst haznesindeki basıncın artmasını sağlamaktadır. Çıkış basıncı ayarlanan basınca getirilene kadar diyafram aşağı doğru itilir ayarlanan basınca eriştiğinde ise o değeri muhafaza edecek konumda kalır. Vana kapalı veya kısık halde çalışırken çıkış basıncı, ayarlanan basıncın altına düşerse diyaframın üst haznesinde bulunan basınçlı su alçak basınç tarafı olan çıkış kısmına tahliye edilerek vanadaki basınç ayarlanmaktadır (Şekil 1.16) [17].



Şekil 1.16. Basınç düşürücü vananın çalışma prensibi [17].

Şekil 1.17'de verilen oransal basınç düşürücü vanada pilot mekanizması yoktur. Bu vana da diyaframlı yapıda olduğundan burada da diyafram üstündeki hazne görev yapar. Bu vanadaki hazne bir boru ile sadece çıkışa irtibatlandırılmıştır. Dolayısı ile haznedeki

basınç, çıkış basıncıdır. Giriş basıncı hangi değerde olursa olsun klape ve diyafram etki alanları arasındaki oran ile giriş basıncı düşürülmektedir.



Şekil 1.17. Oransal basınç düşürücü vananın çalışma prensibi [17].

#### 1.4.7.1.1. Basınç Düşürücü Vananın Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri

- Şebeke basıncı ile çalışırlar.
- Şebekedeki boru patlamalarını engeller.
- Şebekenin bakım maliyetlerini azaltmaktadır.
- Oransal basınç düşürücü vana daha sade ve uzun ömürlüdür.
- Vanayı hattan sökmeden bakım kolaylığı vardır.
- Y gövde tasarımı sayesinde yarı doğrusal akışa sahiptir.
- Vanada v port klape kullanılarak düşük debilerde kararlı çalışma sağlanır.
- Basınç düşürücü vana hassastır. Sık sık bakım ve ayar yapmak gerekebilir.
- Vanaya özellikle pilota giren partiküller vanada arızaya neden olabilir.
- Vananın çalışması kesintiye uğradığında hattaki basıncın azaltılmasında basınç rahatlatma vanasına ihtiyaç duyar.
- Çok düşük debilerde çalışması zordur.

### **1.4.7.2. Basınç Sabitleyici Vananın Özellikleri ve Çalışma Prensibi**

Basınç sabitleme vanaları giriş potansiyeline ve sistemdeki basınç değişimlerine bağlı kalmadan daha önceden ayarlanmış olan sabit basınç değerini korumak üzere tasarlanmıştır. Şebekenin depo ile beslenmesi durumunda şebekeyi basınç bölgelerinin önemine göre ayırmaya ve öncelikli olarak suyun ulaşacağı noktaların belirlenmesine olanak tanır [17]. Sistemde meydana gelen aşırı basınçların tahliye edilmesini ve hattın boşalmasını önleme vazifesini üstlenir. Çalışma şekli basınç düşürücü vanada olduğu gibidir. Tek farkı pilot mekanizmasının ayarlandığı basınç değeri vananın giriş tarafındaki basınç değeridir.

#### **1.4.7.2.1. Basınç Sabitleyici Vananın Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri**

- Şebeke basıncı ile çalışır ve harici bir enerji kaynağına gerek duymaz.
- Şebekeyi önem derecesine göre basınç bölgelerine ayırır.
- Boru hattının kontrollü doldurulmasını sağlar ve boşalmasını engeller.
- Pompayı aşırı yüklerden muhafaza eder, kavitasyona karşı pompayı korur ve şebeke debisinin minimum pompa debisinden daha az olmasını önler [17].
- Basınç düşürücü vanadakine benzer olan zayıf yönleri mevcuttur.

### **1.4.7.3. Debi Kontrol Vanasının Özellikleri ve Çalışma Prensibi**

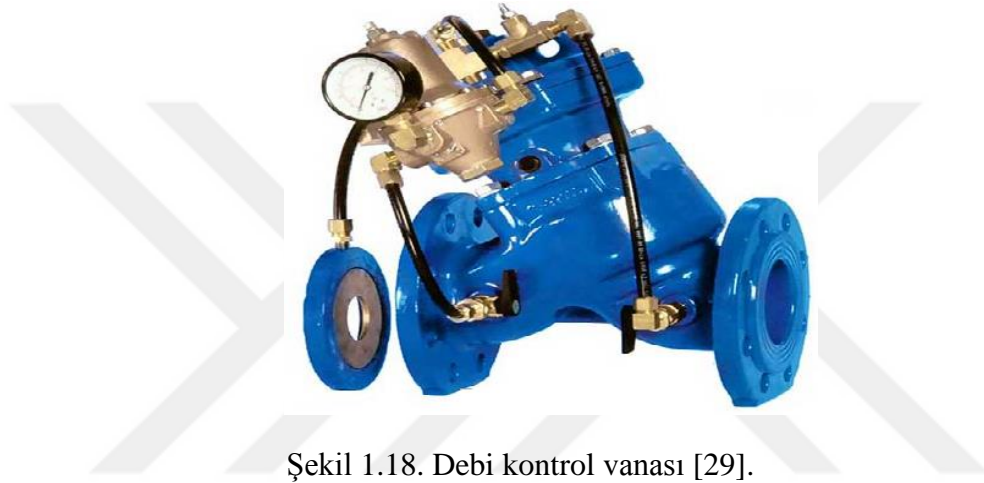
Debi kontrol vanaları, giriş veya çıkış basınçlarından etkilenmeden belli bir noktadan geçen debiyi istenen değerde sabit tutmak için tasarlanmaktadır. Şebekede dengeli su dağıtımı ve pompadan çıkacak debiyi sınırlandırmak üzere kullanılmaktadır [17].

Bu vananın çalışması basınç düşürücü vanaya benzer biçimdedir, ancak farklı olarak vana sisteminde bulunan çift kontrollü pilot ve orifis mevcuttur. Pilot ile, orifis plakasının her iki yüzeyi arasındaki basınç değerinin sabit kalması sağlanmaktadır [17].

#### **1.4.7.3.1. Debi Kontrol Vanasının Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri**

- Vana, şebeke ana hattına öncelik tanıyarak şebekedeki suyun dengeli dağılımını sağlar.
- Pompa çıkışına yerleştirildiğinde pompayı aşırı yük ve kavitasyondan korur [21].

- Tüketicilerinin aşırı taleplerini kısıtlar.
- Proje hesaplarındaki debi kıstaslarının gerçekleştirilmesini sağlar.
- Diğer kontrol vanalarına oranla karmaşık bir yapıya sahiptir.
- Hassastır, bakımı ve ayarlanması önemlidir.
- Vana çıkışında debiyi gösteren herhangi bir ekipman olmadığından vananın (Şekil 1.18) sürekli düzenli çalışıp çalışmadığının kontrolünün yapılması ayrı bir maliyet gerektirir.



Şekil 1.18. Debi kontrol vanası [29].

#### 1.4.7.4. Seviye Kontrol Vanası ve Çalışma Prensibi

İçme suyu tesislerindeki depolarda veya maslaklarda suyun israf olmaması için hazne doldurulduktan sonra su akışının kesilmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak kullanılan ve hidrolik olarak çalışan vana, flatörlü seviye kontrol vanasıdır (Şekil 1.19).



Şekil 1.19. Seviye kontrol vanası [30].

Bu vana hazne giriş borusu üzerine ve hazneye oldukça yakın bir yere yerleştirilir. Vana sisteminde Şekil 1.19'da gösterildiği gibi giriş kısmından T şeklinde bir boruyla vana diyaframının üst kısmına ve hazne içine akış sağlanır. Hazne içinde bulunan yüzer top, pilot ile irtibatlı çalışmaktadır. Yüzer top (flatör), hazne içinde önceden belirlenmiş konumda tespit edilmiştir. Flatör su seviyesine bağlı olarak aşağı yukarı yönde hareket ederek vananın açılmasını ve kapanmasını temin etmektedir. Su flatör ile belirlenen seviyeye ulaştığında pilot mekanizması suyu diyafram üzerine yönlendirir ve akış kesilir [30].

#### **1.4.7.4.1. Seviye Kontrol Vanasının Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri**

- Hidrolik olarak çalışmaları en önemli avantajlarıdır.
- Diğer kontrol vanalarının genel üstünlüklerine sahiptir.
- Yüzer top zamanla aşınabilir.
- Düşük debilerde çalışmaya elverişli değildir.
- Pilot valf üzerinden yoğun biçimde akış geçtiğinden zamanla çeşitli parçacıklar sistemin çalışmasını engelleyebilmektedir.

#### **1.4.7.5. Darbe Önleme Vanası ve Çalışma Prensibi**

Pompa sistemlerinde enerji dalgalanmalarına ve pompanın çalışma ve durmasına bağlı olarak su hızında ani değişimler ortaya çıkmaktadır. Bu değişimler koç darbesi diye bilinen basınç dalgalanmalarına sebebiyet verir. Bu vana, basınç dalgalanmalarını hissedip kendini açık pozisyona alarak hattaki basınç önceden belirlenen basınç değerine ulaşana kadar hattaki suyu tahliye eder. Sistemde yüksek ve alçak basınçlı olmak üzere iki ayrı pilot valf mevcuttur. Sistem terfi hattına bir boru ile bağlandığında bu bağlantı ile basınç değişimleri algılanarak vanadaki işlev gerçekleştirilmektedir. [17].

#### **1.4.7.5.1. Darbe Önleme Vanasının Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri**

- En önemli görevi sistemi koç darbelerinden korumaktır.
- Vananın çalışıp çalışmadığı sistem üzerinden kolaylıkla anlaşılabilir.
- Kapandığında tam sızdırmazlık sağlar.
- Karmaşık bir yapısı vardır.

#### **1.4.7.6. Basınç Rahatlatma (Relief) Vanasının Özellikleri ve Çalışma Şekli**

Ani basınç yükselmelerinde hızla açılarak aşırı basınçların tahliyesini gerçekleştirerek sistemin korunmasına direkt etki eder. Vana sistemi tahliye işlemi yapan diğer vanalara benzer şekildedir. Bu vana, genellikle basınç düşürücü vanalarla birlikte basınç düşürücü vanadan önce kullanılmaktadır.

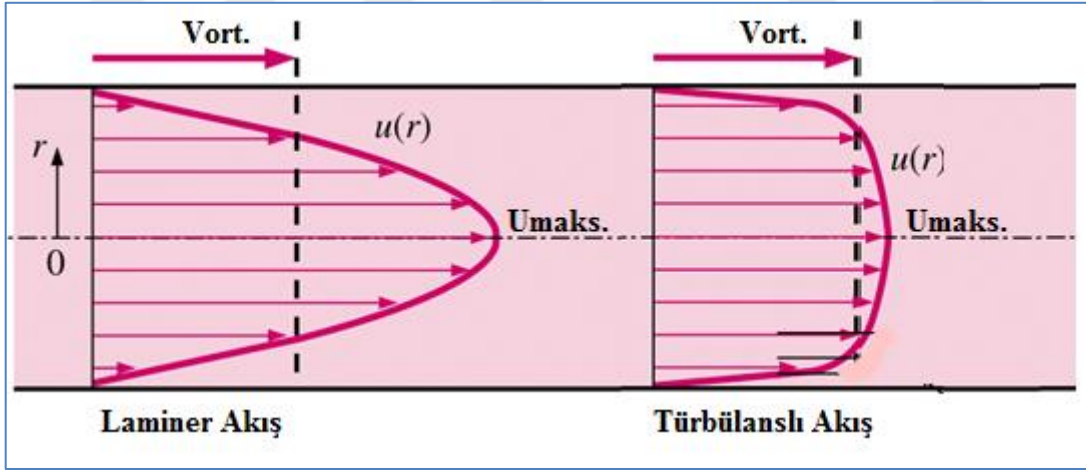


## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. İçme Suyu Hatlarındaki Akışın İncelenmesi

İçme suyu tesislerinde suyun bir yerden bir yere taşınması için borular kullanılmakta ve vanalar da bu boru hatları üzerine yerleştirilmektedir. Bu nedenle boru içindeki akış hakkında fikir sahibi olmadan hattaki vanalarla ilgili çalışmalar yapmanın mümkün olmadığı bilinmektedir.

Borulardaki akışta boru kesiti, akış tarafından tamamen doldurulmuş olarak düşünülür. Bu nedenle uygulamalarda basınç altında sıvı nakleden kapalı akış hatlarına “boru” denilmektedir. Boruların çeşitli geometrik kesitlerle imal edilmesi mümkün olsa da uygulamada yaygın olarak dairesel kesitli boru tipi kullanılır. Boruların bu şekilde dairesel kesitli tasarlanmalarının nedenlerinden biri de akıştaki sürtünmeden ortaya çıkan enerji kayıplarını en aza indirmektir. Mühendislik tasarımlarında borudan geçecek debinin en ekonomik şekilde taşınması amaçlanmaktadır. Bir boru içindeki tam gelişmiş laminer ve türbülanslı akış, Şekil 2.1’de görülmektedir [15].



Şekil 2.1. Boru hattı içindeki tam gelişmiş laminer ve türbülanslı akış [31].

Şekil 2.1’de iki farklı akış görülmektedir. Bunlar sırasıyla; laminer ve türbülanslı akıştır. Laminer akışta, eksene doğru gidildikçe akışkan tanecikleri arasında viskoz etkiler azalır ve eksende maksimum hıza ulaşılır. Bu akışta, proje hesaplarında kullanılan ortalama hız maksimum hızın 1/3’üne karşılık gelmektedir [18]. Bu akışın hız dağılımı

parabolik bir biçimdedir. Akıştaki herhangi bir noktadan geçen her akışkan parçacığının takip ettiği hız aynıdır. Viskozite bu akıştaki en önemli faktördür [32].

Türbülanslı akışta akışkan tanecikleri laminer akışın aksine düzgün olmayan yörüngelerde hareket eder. Bu akışta da maksimum hız akış ekseninde meydana gelmesine karşın hız dağılımı laminer akışa göre daha basık, üniform halde ve logaritmiktir.

Reynolds sayısı genel olarak atalet kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranı şeklinde tanımlanan boyutsuz bir sayıdır [18]. Su akışının laminer veya türbülanslı olduğu bu sayı ile belirlenir. Hız ( $V$ ), boru çapı ( $D$ ), kinematik viskozite ( $\nu$ ) olmak üzere Reynolds sayısı eşitlik 2.1 ile bulunur.

$$Re = \frac{V D}{\nu} \quad (2.1)$$

Reynolds sayısı 2300'den küçük ise akış laminer büyük ise türbülanslıdır. Reynolds sayısının 2000 değerinin hemen üzerinde akış geçici rejime girer. Bu değer daha da artarsa sonunda tamamen türbülanslı bir akış ortaya çıkar. Son derece pürüzsüz bir yapıya sahip plastik borularda akış kısmen türbülanslı kalır ve akıştaki yük kaybı daha az olur [18].

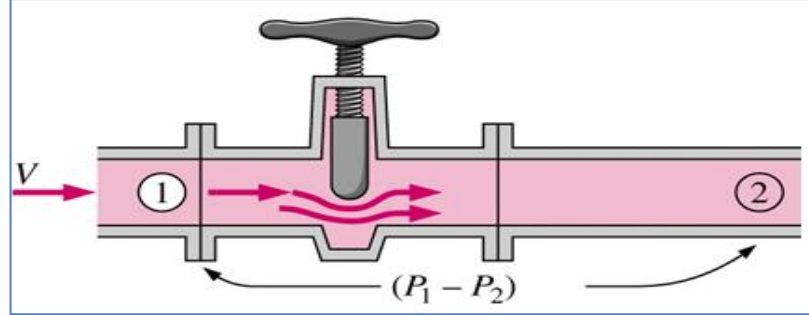
## 2.2. İçme Suyu Hatlarındaki Vanalarda Oluşan Yük Kayıpları

Akışkan hareket halindeyken enerjisinin bir miktarının ısıya dönüşmesi yük kaybı olarak tanımlanır [13]. Genel olarak içme suyu hatlarında ortaya çıkan yük kaybının başlıca iki nedeni vardır. Birincisi sürtünme kaynaklı sürekli yük kayıpları, ikincisi ise yersel kaynaklı yük kayıplarıdır. Akış kontrol elamanı olan vanalardaki kayıplar yersel kaynaklıdır. Vanalar içinde kaybolan enerji ya doğrudan ya da titreşim ve gürültüyle ısıya dönüşerek dağılır.

Boru hattı üzerindeki vanalar boru kesitine göre ani daralma oluşturmaktadır (bkz. Şekil 2.2). Vanalar genel yapıları itibarıyla bir orifis şeklindedir. Bu cihazlardaki yük kaybının akış hızının karesiyle doğrudan orantılı olduğu varsayılır. Bu durum aşağıdaki eşitliklerle ifade edilir [18].

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} \quad (2.2)$$

$$\Delta p = K \frac{V^2 \rho}{2} \quad (2.3)$$



Şekil 2.2. Vanada meydana gelen ani daralma durumu [31].

Eşitlik 2.2 ve 2.3'te verilen  $V$ , akışkan hızını,  $\Delta h$  ve  $\Delta p$  vanadan dolayı oluşan yük kaybını,  $g$ , yerçekimini,  $K$  ise vananın tip ve yapısına bağlı olan ancak vananın büyüklüğünden bağımsız olduğu varsayılan boyutsuz bir sayıyı ifade etmektedir.  $K$ , vanadaki sürtünme kaybından ortaya çıkan ve hız yükü cinsinden ifade edilen değerdir. Vanalar akışı kısarak ani daralmalarla çalıştıkları için herhangi bir vana için kısma kademeleri için sabit bir  $K$  değerinden söz etmek doğru değildir. Burada çeşitli kısma kademeleri için yük kayıp katsayısı ile değişen farklı  $K$  değerleri ortaya çıkmaktadır. Ani daralma yük kayıp katsayısı Tablo 2.1'de çaplar arasındaki oranlara göre verilmiştir [18]. Tablodaki  $D_2$ , boru hattındaki nominal çapı,  $D_1$  ise vananın kısıklık derecesine bağlı daralmış çapı ifade etmektedir.

Tablo 2.1. Ani daralma yük kayıp katsayıları [33].

$D_2 / D_1$	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
$K$	0,18	0,25	0,32	0,38	0,42	0,46	0,5

Herhangi bir vana için  $K$  katsayıları, deneysel veya sayısal çalışmalarla elde edilen değerlerin kullanılmasıyla aşağıdaki eşitliklerden bulunmaktadır.

$$K = 2g \frac{\Delta h}{V^2} \quad (2.4)$$

$$K = 2 \frac{\Delta p}{\rho V^2} \quad (2.5)$$

Eşitlik 2.4 ve 2.5 tek fazlı Newtonyen sıvılarda hem türbülanslı hem de laminer akış için kullanılmakta olan denklemlerdir. [34].

Farklı imalatçılar tarafından aynı boyut ve tipte üretilen vanaların akış özellikleri benzer olmayabilir. Değişik boyutlarda ve aynı tipte üretilen vananın akış özellikleri de aynı değildir. Tablo 2.2 çeşitli imalatçılar tarafından aynı boyut ve tipte üretilen vanaların farklı tasarımında ve çeşitli vanalarda, K değerlerinin birbirinden farklı olacağını ifade etmektedir. Buradaki K değerleri  $Re > 10^4$  için geçerlidir [34].

Tablo 2.2. Farklı vanalara ait K katsayıları [34]

Tip ve Özellik	K Katsayısı
<b>Glob Vana, Standart Tip</b>	
Tam Geçişli, Çelik	4,0 - 10
Tam Geçişli, Döküm ( Sadece küçük boyutlar için)	5,0 - 13,0
<b>Glob Vana, Eğik Tip</b>	
Tam geçişli, Çelik	1,0 - 3,0
<b>Glob Vana, Açılı Tip</b>	
Tam Geçişli, Çelik	2,0 - 5,0
Tam Geçişli, Döküm (Sadece küçük boyutlar için)	1,5 - 3,0
<b>Sürgülü Vana</b>	
Tam Geçişli Sürgülü Vana	0,1 - 0,3
<b>Küresel Vana</b>	
Tam Geçişli Küresel Vana	0,1
<b>Kelebek Vana</b>	
Kelebek Vana (Klape kalınlığına göre değişken olarak)	0,2 - 1,5
<b>Diyaframlı Vana</b>	
Tümsek Geçişli Tip	2,0 - 3,5
Düz Geçişli Tip	0,6 - 0,9
<b>Çekvalf</b>	
Çalpara Tip	1,00
Tilting Tipi	1,00

Bu K değeri, vana boyunca çeşitli noktalardaki sürtünme kayıplarını, iç çeper pürüzlülüğünü, akış doğrultusundaki değişimleri, vorteksleri, gerçek akış alanını değişimini içine almak kaydıyla vananın akışa karşı oluşturduğu toplam direncin ifadesidir [18].

### 2.2.1. Akış Katsayıları: $K_v$ , $C_v$ , $K_{vs}$

Akış katsayısı  $K_v$ , sıcaklığı 5°C ile 40°C arasında olan suda, 1 bar basınç kaybı ile belirli bir oranda açık vanadan geçen debiyi m<sup>3</sup>/saat olarak ifade etmektedir. Bu  $K_v$  değerinin tespitinde akış, bir doğrultuda sabit tutularak ölçümler yapılır [34].

$$K_v = Q \sqrt{\frac{\Delta p_0 \rho}{\Delta p \rho_0}} \quad (2.6)$$

$K_v$  : Vana debi kapasite faktörü (m<sup>3</sup>/saat)

$Q$  : Debi (m<sup>3</sup>/saat)

$\Delta p$  : Çalışma şartlarındaki diferansiyel basınç (bar)

$\Delta p_0$  : Referans diferansiyel basınç (1 bar)

$\rho_0$  : Suyun referans yoğunluğu (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$\rho$  : Suyun yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

$$K_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p 1000}} \quad (2.7)$$

$C_v$  (Valve Coefficient) değerinin farklı olması birim sisteminden kaynaklanmaktadır. Amerikan Birim Sistemine göre alınan basınç farkı 1,0 psi (0,07 bar) ve akışkan sıcaklığı 60°F olmak üzere US-Galon/ dak cinsinden debi tanımıdır [19].

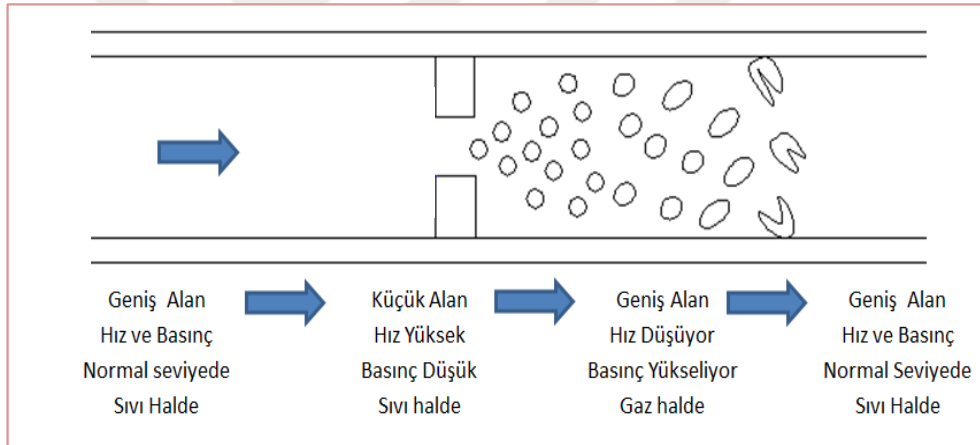
$$C_v = 1,17 K_v \quad (2.8)$$

$K_{vs}$  değeri, vana üreticileri tarafından vananın tam açık pozisyonunda verilen değerdir. Vana seçimlerinde dikkate alınması gereken durum şöyledir. Değişken çalışma koşullarında mümkünse her koşul için  $K$  değeri farklı olarak hesaplanmalı ve bu değerlerden elde edilen en büyük  $K_v$  değeri ise uygun bir katsayı (1,25-1,3) ile çarpılarak bir  $K_{vs}$  değeri bulunmalıdır. Vana seçiminde belirlenen bu  $K_{vs}$  değerine eşit olan vana tercih edilmelidir [19].

$$K_{vs} = (1,25 \div 1,3) K_v \quad (2.9)$$

### 2.3. Vanalarda Kaviteasyon Oluşumu

Bir boru hattındaki su, vanaya kadar normal akış koşullarıyla gelir. Vana açık halde iken akış fazla etkilenmez ve yoluna devam eder. Ancak vanadaki kısılma olayı başladığında vananın tasarımına bağlı olarak akışta değişimler olur. Kısılan vanada öncelikle akış kesiti daraldığından suyun hızı artar ve yerel basıncı düşer. Daralan kesit aşıldıktan sonra akış yavaşlar ve basınç tekrar artmaya başlar. Vanadaki yerel basıncın suyun buharlaşma basıncının altına düşmesiyle su içinde kabarcıklar oluşur. Bu kabarcıklar suyla beraber hareket ederek düşük basınç bölgesinden yüksek basınç bölgesine geçtiğinde büyük miktarda enerji bırakarak patlar. Bu patlama vana cidar ve klapelerinde ciddi aşınmalara neden olur. Bu olaya kaviteasyon denilmektedir. Kaviteasyon olayının gelişimi Şekil 2.3'te gösterilmiştir [18].



Şekil 2.3. Vanalardaki kaviteasyon oluşum olayı [21].

#### 2.3.1. Vanalardaki Kaviteasyon Faktörleri ve Potansiyelinin Hesaplanması

Vanaların kaviteasyon performansı her vana için ayrı ayrı belirlenmektedir. Bir vanada oluşabilecek kaviteasyon faktörünü önceden tahmin edebilmek için vananın kaviteasyon verileriyle birlikte vananın akış koşullarının da bilinmesi gerekmektedir. Boru sisteminin maruz kaldığı şartlar aynı zamanda vananın çalışma karakteristiğini de etkilemektedir. Eşitlik 2.10 ile bu durum ifade edilmektedir [18].

$$V_N = \sqrt{\frac{2gH}{K_N + k}} \quad (2.10)$$

Akış hızı  $V_N$ 'nin N kısılma derecesine ve sistemin hidrolik direnci olan k değerine bağlı olduğu denklemden anlaşılmaktadır. Burada verilen hız ( $V_N$ ) kısılmış halde vana nominal kesitinden geçen akışkanın ortalama hızı olarak dikkate alınmaktadır. Kısılma işleminin en önemli nedenlerinden biri de vananın çıkış tarafındaki  $H_2$  basıncıyla alakalıdır.  $H_2$  basıncının düşürülmesi için vananın kısılması gerekir, fakat kısılma işlemi de vanada kavitasyon oluşturabilir. Bu çelişki tasarımcılar tarafından dikkate alınarak kısılmayla kavitasyon problemine neden olmayan vanalar dizayn edilmektedir. Kısılma esnasında, basınç enerjisi kinetik enerjiye dönüşmektedir. Kısılmadan sonraki genişlemeyle bu kinetik enerji tekrar basınç enerjisine dönüşürken sürtünmeye bağlı bir miktar enerji kaybolmaktadır. Bu kayıplar için aşağıdaki eşitlik 2.11 kullanılır ve vananın kavitasyon potansiyeli belirlenir [18].

$$H_3 = H_2 - B_N \frac{V_N^2}{2g} \quad (2.11)$$

Bu denklemden kullanılan  $H_3$ , kavitasyon şartlarının oluşması için hesaplanan minimum basıncı,  $B_N$  ise vana çıkışındaki  $P_2$  basıncı ile kısma noktasında ortaya çıkan kritik  $P_3$  basıncı arasında oluşan farkın anma dinamik oranıdır [18].

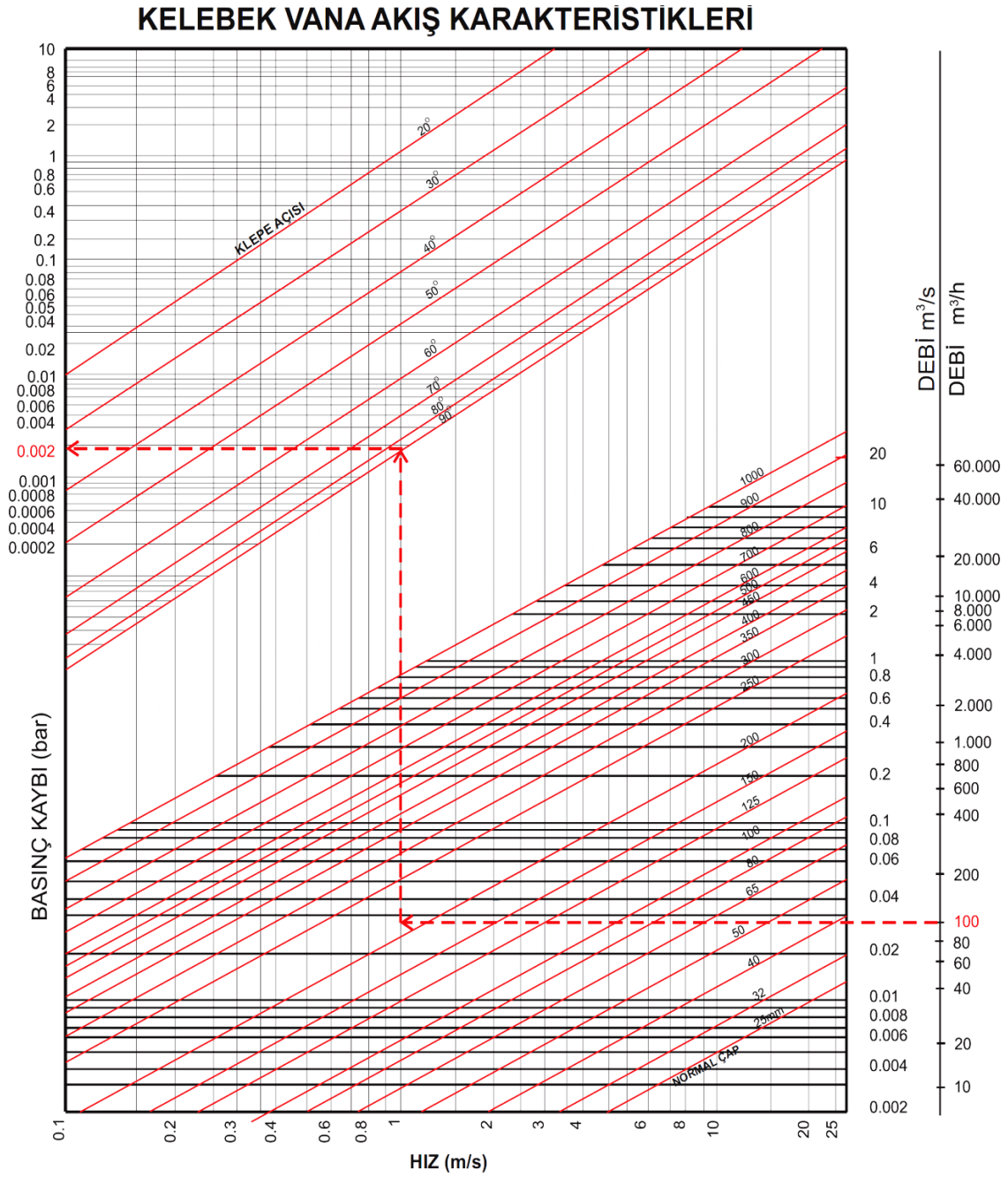
Tablo 2.3'te üç farklı vana tipinin bazı kısılma kademelerine ait yük kaybı katsayısı  $K_N$  ve minimum basınç katsayısı  $B_N$  değerleri verilmiştir. Bu katsayılar, İngiltere'deki Glenfield Laboratuvarı'nda deneysel olarak belirlenmiştir [18].

Tablo 2.3. Çeşitli vanalar için  $K_N$  ve  $B_N$  katsayıları [18].

N Açıklık Oranı	Tablalı Vana		Kelebek Vana		Sürgülü Vana	
	$K_N$	$B_N$	$K_N$	$B_N$	$K_N$	$B_N$
Açık	6	3,8	0,2	3		
0,9	6,5	4	0,5	4	0,1	0,7
0,8	8	4,5	0,9	4,6	0,2	1,2
0,7	9	5,5	1,8	7	0,5	2
0,6	12	6,8	5	10	0,8	3,5
0,5	18	11	9	16	2	4,5
0,4	25	20	22	25	3,8	7
0,3	85	55	50	40	6,5	8
0,2	300	250	120	75	13	18
0,1			400	250		

## 2.4. Akış Karakteristiklerine Bağlı Vana Seçimi

Vana seçimi, vananın sızdırmazlığı, malzemesi, kapladığı yer ve ağırlığı, yük kaybı, enerji ihtiyacı, geçirdiği debi miktarı, kavitasyona ve basınç darbelerine maruz kalma durumu gibi birçok kıstas açısından yapılabilmektedir. Bu çalışmada vananın akış karakteristikleriyle alakalı seçim üzerinde durulacaktır. Şekil 2.4, bir firmaya ait kelebek vananın sayısal çalışma sonucunda tespit edilmiş akış karakteristiklerini göstermektedir.



Şekil 2.4. Kelebek vana akış karakteristikleri [35].

Her vana tipinde çalışma şartlarına göre bir miktar yük kaybı meydana gelir. Bu yük kayıplarının önemli olduğu durumlarda düşük yük kaybına sahip vanalar tercih edilmektedir. Şekil 2.4'teki grafikten, vana klapesinin  $20^\circ$  ile  $90^\circ$  arasındaki hareketlerinde vanada oluşan yük kayıpları (basınç cinsinden bar olarak) suyun debisi veya hızına bağlı olarak belirlenebilmektedir. Bu grafik, bütün kelebek vanalar için değil sadece üretici firmanın verdiği tasarım için geçerlidir. Ancak benzer kelebek vana tasarımlarında da birbirine yakın sonuçlar elde edilmektedir. Bu vananın akış karakteristiklerini belirlemek için  $20^\circ\text{C}$ 'deki su kullanılmıştır. Kullanılan suyun  $1\text{ m/s}$  hızı ve  $100\text{ m}^3/\text{h}$  debisi için  $90^\circ$  klape açıklığında DN 200 çapında ortaya çıkan basınç cinsinden yük kaybı,  $\Delta p=0,002$  bardır. Bu kayıp eşitlik 2.5'te yerine yazıldığında vananın yük kayıp katsayısı  $K=0,4$  değerinde olmaktadır [35].

Vanalar için önemli akış karakteristiklerinde biri de debi faktörüdür. Aynı ölçülerdeki farklı vana tipleri, yapıları itibariyle aynı debi geçişine müsaade etmeyebilir. Her vanaya ait debi faktörü, o vanaya ait  $K_v$  değerleriyle ifade edilmektedir.

Vana seçiminde dikkate alınması gereken önemli olaylardan biri de akış şartları için vananın kaviteasyona uğrayıp uğramadığının bilinmesidir. Vanadaki suyun basıncı suyun buharlaşma basıncının altına düşmesiyle meydana gelen kaviteasyon olayı genelde vanaların kısık şekilde veya ayar amaçlı çalıştırılmasında ortaya çıkmaktadır. Bu durumdan sakınmak için ayar amaçlı kullanılacak vanaların seçiminde üretici firmaların kısık şekilde çalıştırmaya onay vermediği vanalar tercih edilmemelidir. Küresel, sürgülü vanalar kısık çalıştırmaya müsait vanalar değilken, kelebek vanalar belli oranlara kadar kısık çalışmaya müsaittir. İğne ve diyaframli kontrol vanaların ise kısık veya ayar amaçlı kullanımda problem oluşturmadığı uygulamadan ve üretici firma verilerinden anlaşılmaktadır. Tablo 2.4'te kelebek vanaya ait kaviteasyon değerleri bir örnek üzerinden verilmektedir. Bu tablodaki  $K_N$  ve  $B_N$  değerleri Tablo 2.3'ten alınmıştır.

Örnek: İki depo arasında DN 200 çapında 2500 metrelik bir hat üzerinde çalışan bir kelebek vana ile suyun debisi ayarlanmaktadır. Üst depo + 100m kotunda alt depo ise deniz seviyesindedir. Kelebek vana alt noktadaki deponun giriş kotunda, depo girişine yerleştirilmiştir. Kelebek vananın hangi açıklık oranlarına kadar kaviteasyona uğramadan çalışmaya müsait olduğunun hesaplanması istenmektedir. Suyun buharlaşma basıncı etkin olarak  $-10\text{ mss}$  ve borunun hidrolik direncinin metre başına  $k=0,085$  olduğu kabul edilmektedir [18].

Problem incelendiğinde akışın oluşturacağı toplam basınç  $H=100$  mss'dir. Vana alt deponun hemen girişine ve depo ile aynı kota yerleştirildiğinden vana çıkışındaki  $k_2$  ve  $H_2$  değerleri problemde herhangi bir etkiye neden olmamaktadır. Vanadaki suyun akış hızı  $V_N$  ve suda oluşan minimum basınç  $H_3$  sırasıyla vananın her açıklık durumu için eşitlik 2.10 ve 2.11 ile ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Tablo 2.4. Kelebek vananın çeşitli açıklık oranlarındaki kavitasyon durumu

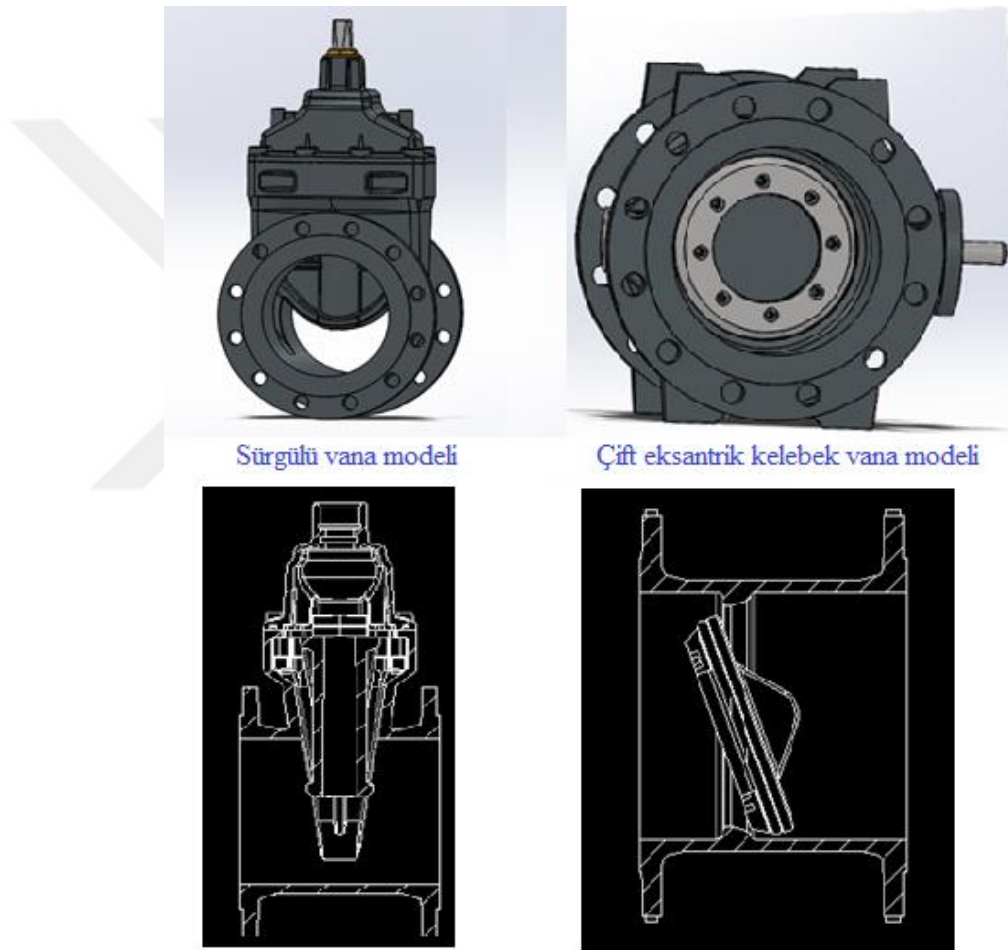
N Açıklık Oranı	Kelebek Vanaya Ait Kavitasyon Değerleri			
	$K_N$	$B_N$	$V_N$	$H_3$
Açık	0,2	3	2,77	-1,18
0,9	0,5	4	2,77	-1,57
0,8	0,9	4,6	2,77	-1,80
0,7	1,8	7	2,76	-2,73
0,6	5	10	2,75	-3,85
0,5	9	16	2,73	-6,06
0,4	22	25	2,66	-9,03
0,3	50	40	2,54	<b>-13,11 kavitasyon</b>
0,2	120	75	2,29	<b>-20,00 kavitasyon</b>
0,1	400	250	1,73	<b>-38,17 kavitasyon</b>

Tablo 2.4 incelendiğinde vananın %30 açıklık oranında kavitasyonun başlayabileceği anlaşılmaktadır. Vananın açıklık oranı daha da azaltılırsa ciddi kavitasyon olayı ile karşı karşıya kalınabilir. Bu durumda vananın %30 açıklık oranından daha da kısık şekilde çalıştırılmaması gerekmektedir.

## 2.5. Akış Karakteristiği İncelenecek Vana Modellerinin Hazırlanması

İçme suyu hatlarında en yaygın kullanılan sürgülü vana ve çift eksantrik kelebek vana, çalışılacak model olarak seçilmiştir. Vana modellerinin üç boyutlu teknik resmi bu vanaların üretimini yapan bir vana firmasından temin edilmiştir. Şekil 2.5'te akış analizi yapılan DN 200 sürgülü ve çift eksantrik kelebek vanaların iki ve üç boyutlu modelleri verilmiştir.

Çalışılan vana modellerinin gerçek vana modellerine uyumlu olması için üretimi yapılan vana örnekleri tercih edilmiştir. Gerçek modeller üzerinden sürgülü vananın açıklık oranına, kelebek vananın ise klape açısına bağlı olarak iki boyutlu teknik resimler çıkarılmıştır. Üç boyutlu akış analizi yapmak hem uzun süreler hem de nitelikli bilgisayarlar gerektirdiğinden akış analizleri iki boyutlu modeller üzerinde yapılmıştır. İki boyutlu teknik resimler üzerinde vananın orijinal halini muhafaza edecek şekilde bir takım sadeleştirmeler yapılmıştır.



Şekil 2.5. Doğuş Vana sürgülü ve kelebek vana modelleri [36].

## 2.6. Vanaların Sayısal Olarak Modellenmesi

Bu tez çalışmasında bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı kullanılmıştır. Kullanılan paket programda sürgülü ve kelebek vanalar iki boyutlu modellendikten sonra

akış analizleri yapılmıştır. Bu vanalara ait modelleme aşamaları ve sınır şartları sırasıyla bölüm 2.6.1 ve 2.6.2’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Vanaların akış karakteristiklerinin incelenmesi sonlu hacim metodunu kullanan ANSYS programı bünyesindeki FLUENT paket programı yardımıyla iki boyutlu Navier-Stokes denklemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Zaman bağımsız (Steady), sıkıştırılamaz ve türbülanslı akıştaki süreklilik ve momentum denklemlerinin çözülmesinde Navier-Stokes denklemi olarak Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes (Reynolds-averaged Navier-Stokes, RANS) denklemi kullanılmaktadır. Bu denklemin kullanılmasının nedeni türbülanslı akışta meydana gelen tedirginliklerin hız, sıcaklık ve basınç değerlerinde ciddi değişimlere neden olmasıdır. Akıştaki değişkenlerin anlık değeri, ortalamalı ve çalkantı bileşeninin toplamına eşit olmaktadır. Eğer hız ve basınç zaman ortalamalı ve çalkantı terimleri denklemlerde yer alırsa, süreklilik ve momentum denklemleri eşitlik 2.12.ve 2.13’ te verildiği gibi kullanılmaktadır.

Bu denklemlerdeki üst çizgi ortalama değerleri, kesme işaretli üst sembol, çalkantı değerlerini ifade etmektedir. Akıştaki türbülans gerilmeleri ise  $\overline{\rho u'_i u'_j}$  terimi ile verilmektedir.

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial \overline{\rho u_i}}{\partial x_i} = 0 \quad (2.12)$$

Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\overline{\rho u_i u_j}) = \rho g_i - \frac{\partial \overline{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \right) - \overline{\rho u'_i u'_j} \right] \quad (2.13)$$

ANSYS 16 içinde çeşitli türbülans modelleri olmasına rağmen bu çalışmada türbülans modeli olarak iki denklemlilik standart k-ε modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada k-ε modelinin kullanılması, basit bir model olmasından, sadece başlangıç ve sınır koşullarına ihtiyaç duymasından ve endüstride yaygın olarak kullanılmasından ayrıca sürgülü vananın modellenmesinde referans alınan Yüksel’in [13] bu modeli tercih etmesinden kaynaklanmaktadır. Standart k-ε türbülans modelinin ifadesi, eşitlik 2.14 ve 2.15’te verilen taşınım denklemleri ile çıkarılmaktadır.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + 2\mu_t S_{ij} S_{ij} - \rho \epsilon \quad 2.14$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \epsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} 2\mu_t S_{ij} S_{ij} - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} \quad 2.15$$

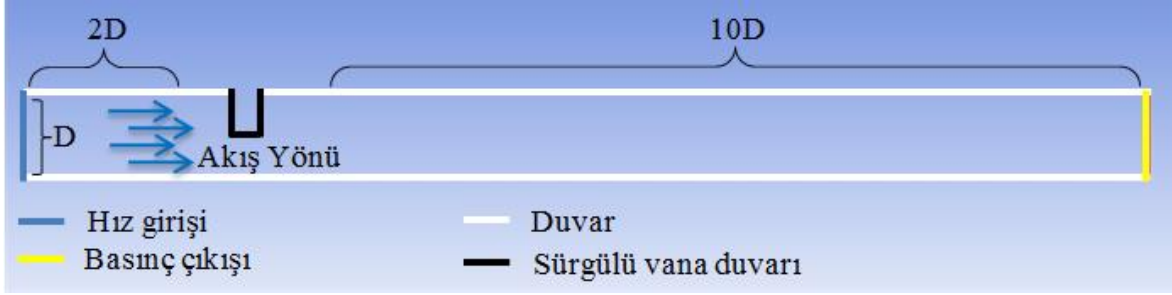
Bu denklemlerde verilen  $C_{1\epsilon}, C_{2\epsilon}, C_\mu, \sigma_k, \sigma_\epsilon$  terimleri ampirik katsayılardır. Türbülans viskozitesi terimi ise  $\mu_t$  olarak denklem 2.16'da verilmektedir.

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\epsilon} \quad 2.16$$

Basınç hız çifti (Pressure-Velocity coupling) için çözüm metodu olarak Yüksel'in [13] tez çalışmasında kullandığı SIMPLE algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma modelinde yüksek momentum, türbülans kinetik enerjisi (k) ve yutulma ( $\epsilon$ -dissipation) ayrıklaştırılmasında ikinci dereceden ileri fark (second order upwind) ayrıklaştırma yöntemi kullanılmıştır. Yakınsama kriteri (convergence criteria), süreklilik, x ve y yönü hızları, k ve  $\epsilon$  için  $10^{-6}$  olarak belirlenmiştir.

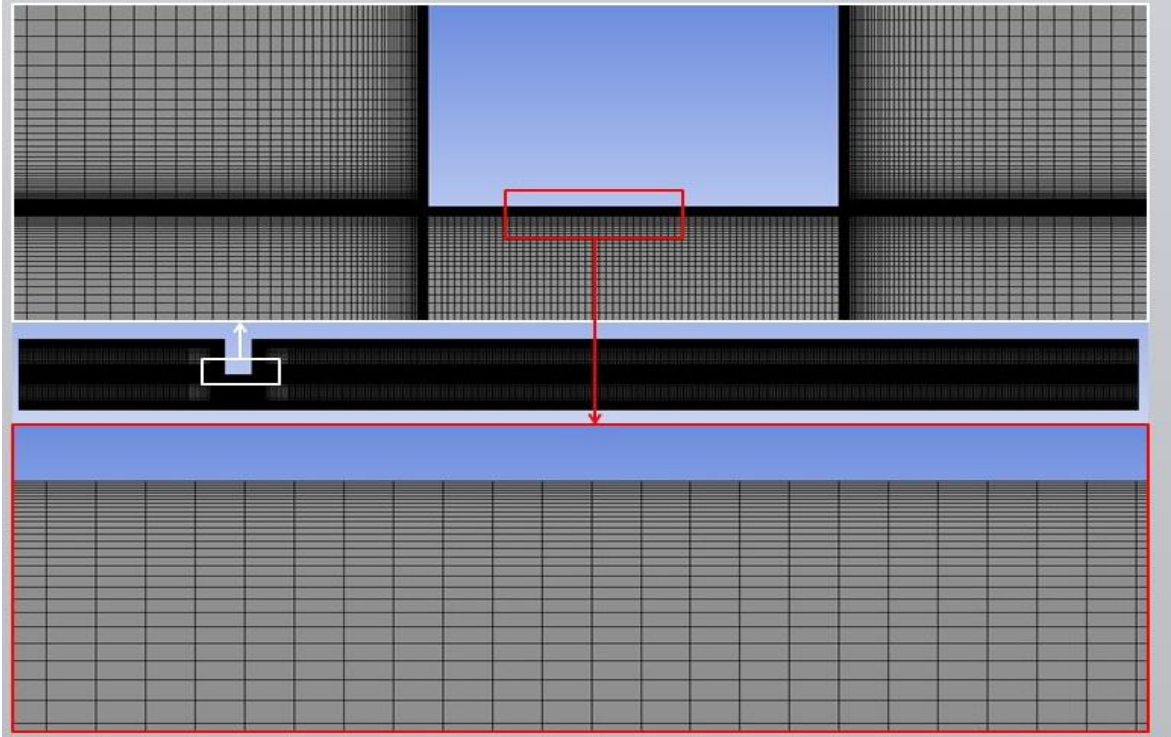
### 2.6.1. Sürgülü Vananın Sayısal Olarak Modellenmesi

DN 200 ölçüsünde sürgülü vananın %10, %20, %40, %50, %60, %80 ve %90 açıklık oranlarında iki boyutlu modellenmesi yapılmıştır. Belirlenen açıklık oranlarında vanadaki akış, zaman bağımsız, sıkıştırılmaz ve türbülanslı şartlar altında sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal analizde sürgülü vananın sınır şartlarının verildiği şematik görünüm Şekil 2.6'da görülmektedir. Sınır şartları girişte; hız girişi (velocity inlet) 1 m/s hız ve 2 bar gösterge basıncı, çıkışta; basınç çıkışı (pressure outlet) 1 bar gösterge basıncı, duvar cidarlarında ve sürgülü vana duvarında kaymama koşulu (non-slip condition) uygulanmıştır. Giriş hızı olarak 1m/s çalışılan tüm açıklık oranlarında kullanılırken, 2 ve 3 m/s giriş hız koşulları %10, %20, %40, %60 ve %80 vana açıklık oranlarında kullanılmıştır. Bu sayede farklı hızların yük kayıp katsayısı üzerindeki ve kaviteasyon oluşumundaki etkisi incelenmiştir. Çalışma basıncı (operating pressure) olarak 10 bar ayarlanmıştır. Akışkan olarak 20°C sıcaklıkta 998.2 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa sahip su kullanılmıştır. Sürgülü vananın sayısal modelinde kullanılan sınır şartları Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Sürgülü vananın sayısal modelinde kullanılan sınır şartları

Sayısal çözümlene, sürgülü vananın geometrisi basit olduğundan dolayı yapılandırılmış ağ yapısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.6'da verilen %50 vana açıklık oranına sahip sürgülü vananın akış alanının çözümlenmesinde kullanılan yapılandırılmış ağ yapısı Şekil 2.7'de verilmiştir. Bu ağ yapısında boru cidarı ve sürgülü vana klapesine yakın bölgelerdeki değişimi yakalamak için sınır tabaka ağ yapısı kullanılmıştır.



Şekil 2.7. Sürgülü vananın sayısal analizinde kullanılan ağ yapısı

Sürgülü vanada kullanılan ağ yapısının ağdan bağımsızlığının analizini yapmak için model %62,5 açıklık oranında farklı ağ sayılarında oluşturulmuş ve elde edilen K değerleri

birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamada elde edilen değerlerin deneysel sonuçlarla karşılaştırılabilmesi için Yüksel'in [13] tez çalışmasındaki %62,5 açıklık oranındaki sürgülü vananın sayısal sonuçları kullanılmıştır. Yüksel [13] tez çalışmasında DN 50 boru çapı için deneysel çalışmayı gerçekleştirdiği için ağdan bağımsızlık testinde çalışılan model vana DN 50 olarak seçilmiştir. Tablo 2.5'te verilen ağ sayısına bağlı K değerlerinin değişimine göre 136835 ağ sayısında çözümün ağdan bağımsız olduğuna karar verilerek analiz yapılmıştır.

Tablo 2.5. Sürgülü vananın ağdan bağımsızlık testi

Ağ Sayısı	K Değerleri
77600	2.45
82367	2.457
96575	2.461
106709	2.46
<b>136835</b>	<b>2.47</b>
174512	2.476
194597	2.477
388751	2.471

Sürgülü vananın %62,5 açıklık oranında elde edilen K değerleri Tablo 2.6'da referans [13] çalışmayla karşılaştırılmış ve iki çalışma arasındaki hata oranı yüzdesi çıkarılmıştır.

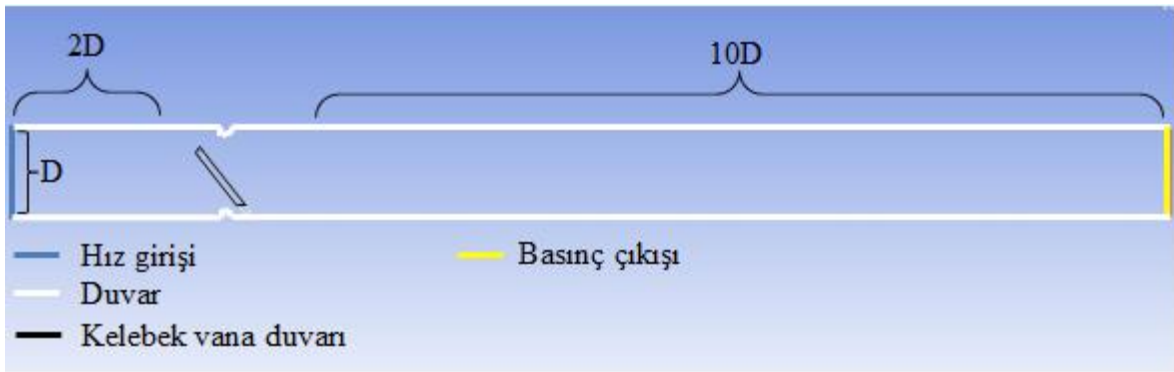
Tablo 2.6. Sürgülü vananın kayıp katsayısının deneysel çalışmayla kıyaslaması

Vana Açıklık Oranı	Referans (K) Deneysel [13]	Referans (K) Sayısal [13]	Mevcut Çalışma (K)	% Hata Deneysel	% Hata Sayısal
<b>%62,5</b>	2,68	2,34	2,47	7,8	5,5

### 2.6.2. Kelebek Vananın Sayısal Olarak Modellenmesi

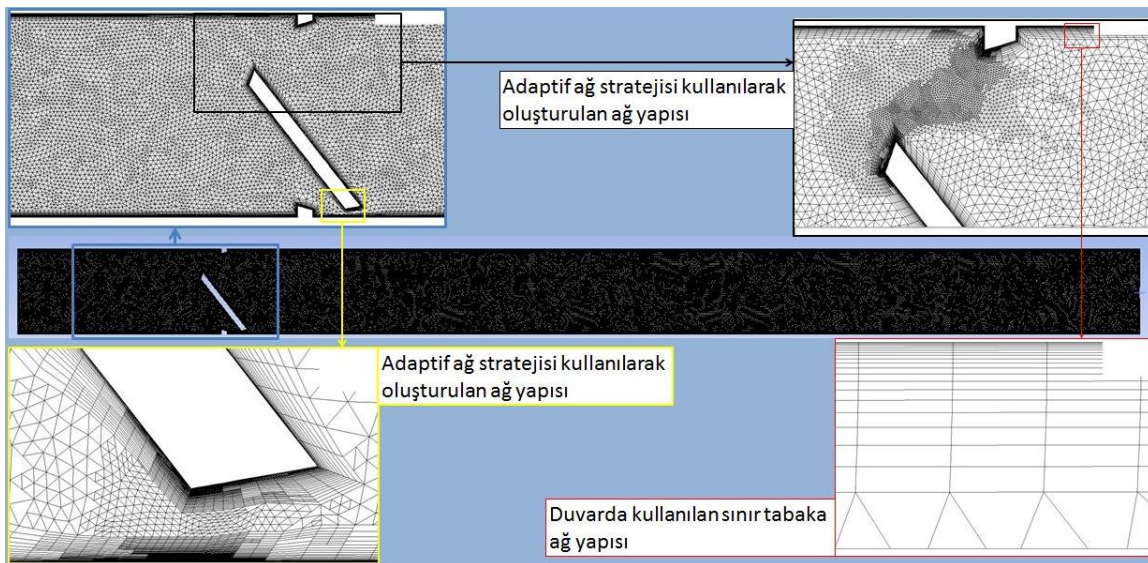
DN 200 çift eksantrik kelebek vana, 20°, 40°, 60°, 80° ve 90° klape açılarında iki boyutlu olarak modellenmiştir. Belirlenen klape açılarında vanadaki akış, zaman bağımsız, sıkıştırılmaz ve türbülanslı şartlar altında sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal analizde kelebek vananın sınır şartlarının verildiği şematik görünüm Şekil 2.8'de görülmektedir. Sınır şartları girişte; hız girişi (velocity inlet) 1 m/s hız ve 2 bar gösterge basıncı, çıkışta;

basınç çıkışı (pressure outlet) 1 bar gösterge basıncı, duvar cidarlarında ve kelebek vana duvarında kaymama koşulu (non-slip condition) uygulanmıştır. Giriş hızı olarak 1m/s, çalışılan tüm klape açılarında kullanılırken, 2 ve 3 m/s giriş hız şartı ise 20°, 60° ve 80° klape açılarında hızdaki değişimin yük kayıp katsayısı üzerindeki ve kavitasyon oluşumundaki etkisini incelemek için uygulanmıştır. Çalışma basıncı (operating pressure) olarak 10 bar ayarlanmıştır. Akışkan olarak 20°C sıcaklıkta 998.2 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa sahip su kullanılmıştır.



Şekil 2.8. Kelebek vananın sayısal modelinde kullanılan sınır şartları

Kelebek vana için sayısal çözümde, geometrinin yapılandırılmış ağ kullanmaya çok uygun olmamasından dolayı yapılandırılmamış üçgen ağ yapısı kullanılmıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Kelebek vananın sayısal analizinde kullanılan ağ yapısı

Şekil 2.9’da verilen 40° klape açısına sahip kelebek vananın akış alanının hesaplanmasında kullanılan yapılandırılmamış ağ yapısı ve çözümü iyileştirmede kullanılan adaptif ağ stratejisinin uygulanmış hali verilmiştir. Boru cidarı ve sürgülü vana duvarına yakın bölgelerdeki değişimi yakalamak maksadıyla sınır tabaka ağ yapısı kullanılmıştır.

Klape açısı 40° olan kelebek vanada kullanılan ağ yapısının ağdan bağımsızlığının analizini yapmak için model farklı ağ sayılarında koşturularak elde edilen K değerleriyle kıyaslanmıştır. Ağ yapısının iyileştirilmesi, basınç gradyanının en fazla değiştiği bölgelerde adaptif ağ metodu kullanılarak o bölgelerdeki ağ sayısının artırılmasıyla yapılmıştır

Yapılan sayısal analizde elde edilen K değeri referans [35] değerle kıyaslanmıştır. Tablo 2.7’de verilen ağ sayısına bağlı oluşan K değerlerinin değişimine göre 332079 ağ sayısında çözümün ağdan bağımsız olduğuna karar verilerek analiz yapılmıştır.

Tablo 2.7. Kelebek vananın ağdan bağımsızlık testi

Ağ Sayısı	K Değeri
78952	20.452
80193	20.037
85577	19.728
92597	19.598
100107	19.512
<b>332079</b>	<b>19.07</b>
370305	18.8
451565	18.82

Tablo 2.8’de 40° klape açısı için mevcut çalışma sonuçlarının referans [35] çalışma sonuçlarıyla kıyaslanması görülmektedir. Bu kıyaslama neticesinde iki çalışma arasında mutlak hata % 5,35 değerinde ortaya çıkmıştır.

Tablo 2.8. Kelebek vana kayıp katsayısının referans sonuçlarla kıyaslanması

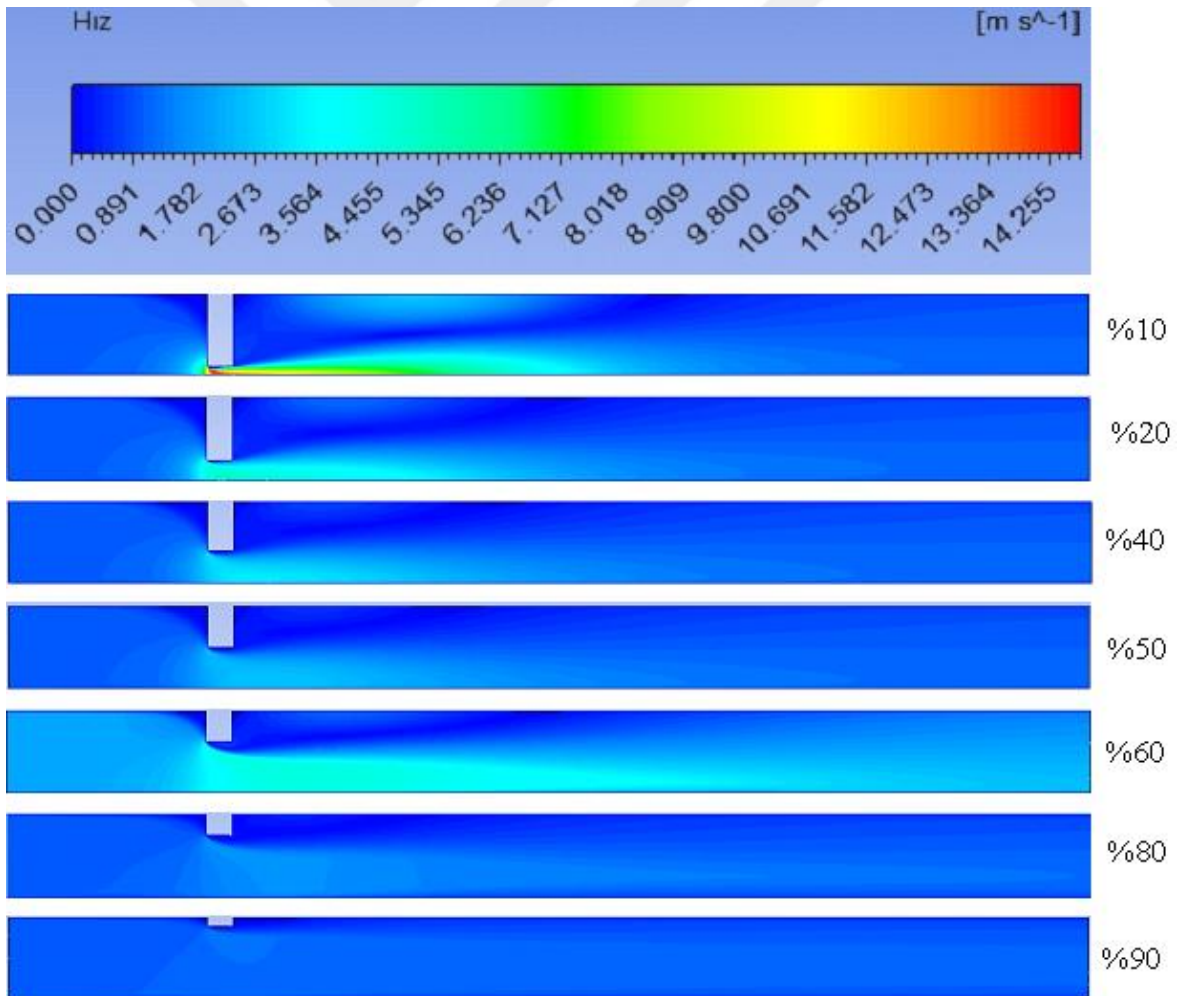
Klape Açıklık Derecesi	Referans (K) Çalışma [35]	Mevcut Çalışma (K)	[%Hata]
<b>40°</b>	18,1	19,07	5,35

### 3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu bölümde hazırlanan modellere ait akış analizlerinin sonuçları verilmiştir. Analizler sonucunda sürgülü vananın belirli açıklık oranları ve kelebek vananın çeşitli klape açıklık dereceleri için hız ve basınç dağılım grafikleri çıkarılmıştır. Çıkarılan grafiklerden her iki vanaya ait yük kayıp katsayısı olan K değerleri farklı durumlar için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

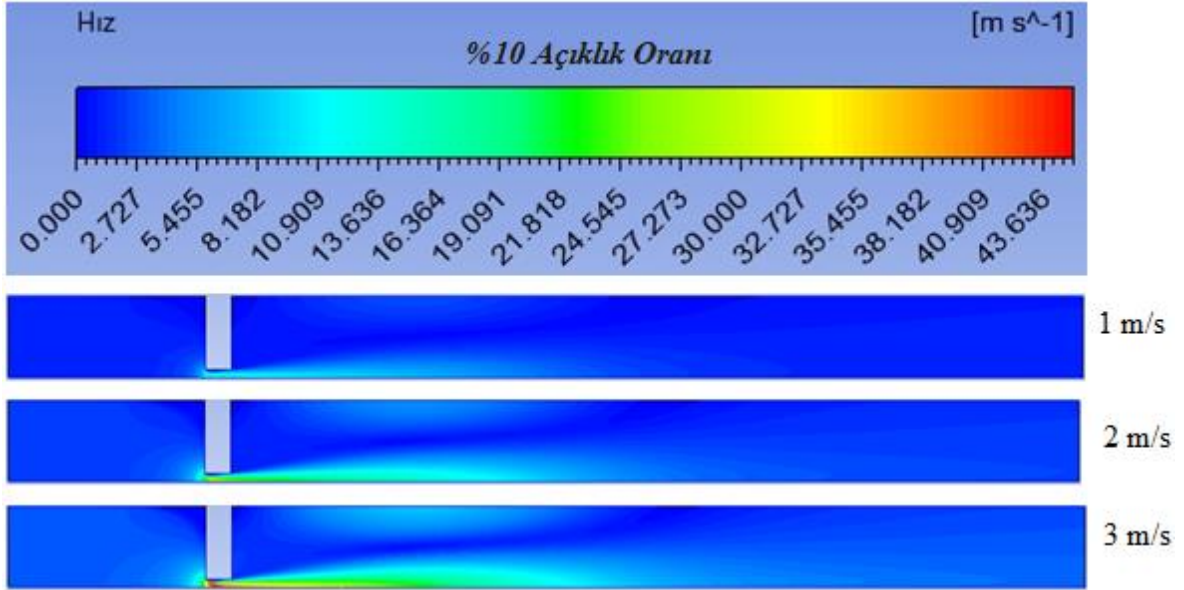
#### 3.1. Sürgülü Vana Modeline Ait Hız Dağılım Grafikleri

Şekil 3.1'de giriş hızı 1m/s ve belirli açıklıklar için vanada oluşan hızlar verilmiştir.

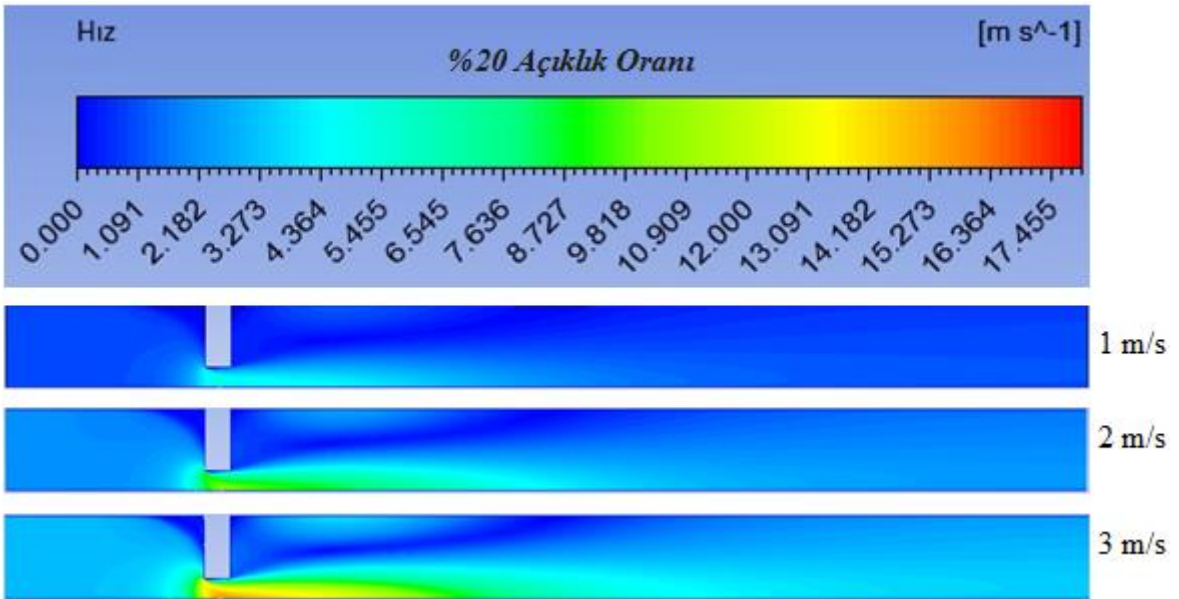


Şekil 3.1. Giriş hızı 1 m/s ve belirli vana açıklık oranları için hız dağılımları

Şekil 3.1’de gösterilen farklı açıklık oranlarındaki sürgülü vanada 1 m/s giriş hızında vana açıklık oranı arttıkça hız değerlerindeki değişimler de azalmaktadır. Özellikle vananın %10 açıklık oranında 1 m/s giriş hızında vanaya giren su, vana içerisinde 14 m/s mertebelerine kadar ulaşabilmektedir. Şekil 3.2 ve 3.3’te vana açıklık oranı sırasıyla % 10 ve % 20’de 1, 2 ve 3 m/s giriş hızına bağlı hız dağılımları gösterilmektedir.



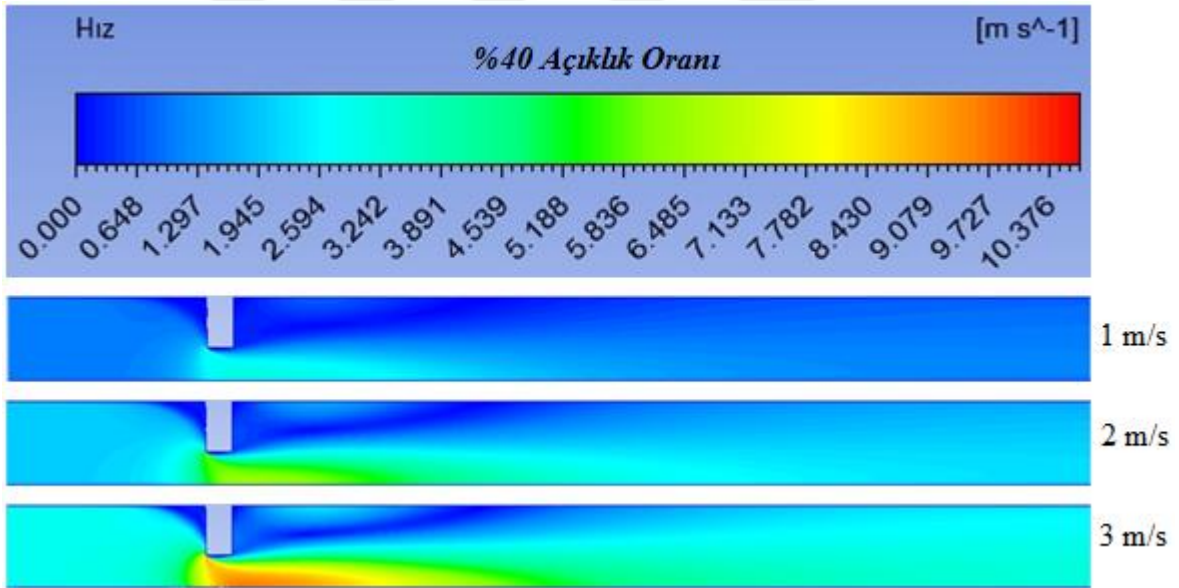
Şekil 3.2. Vana açıklık oranı %10 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları



Şekil 3.3. Vana açıklık oranı %20 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları

Vana açıklık oranı %10 değerindeyken giriş hızı artırıldığında klape eksenindeki hız önemli miktarda artış göstermektedir. Giriş hızı 3 m/s olduğunda akış hızı 40 m/s seviyesini aşmaktadır. Vana açıklık oranı %20 olduğunda da benzer şekilde giriş hızına bağlı olarak akış hızında artışlar meydana gelmektedir. Ancak bu açıklık oranında görülen hızlar daha düşük seviyede ortaya çıkmaktadır. Ayrıca giriş hızı yükseldikçe vanadan sonraki hız artışından etkilenen boru boyu mesafesi 5D uzunluğa kadar genişlemektedir.

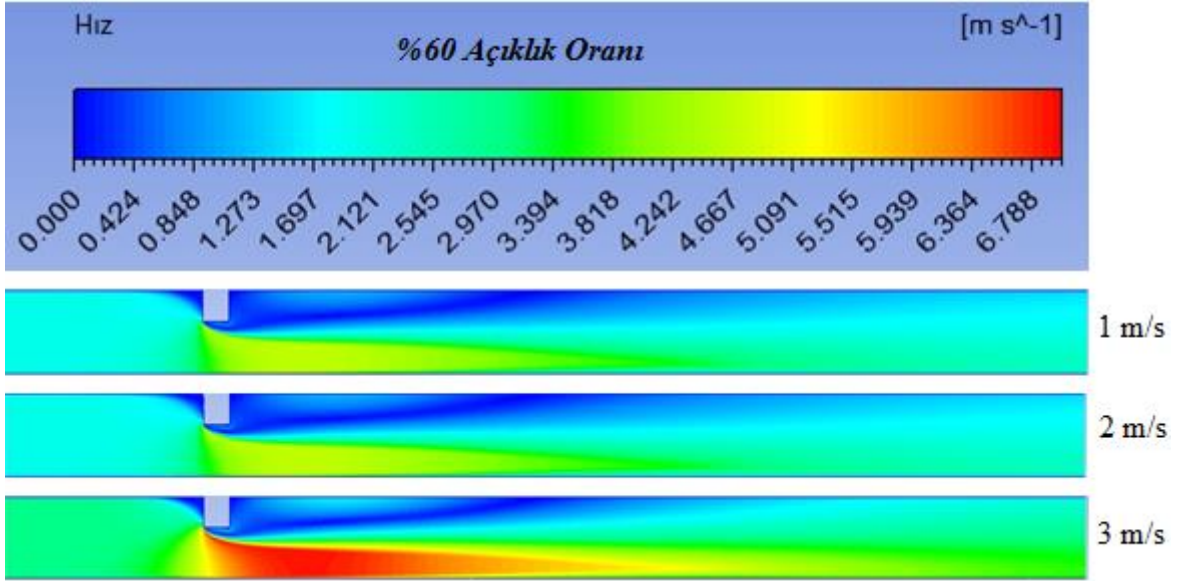
Şekil 3.4'te vana açıklık oranı sırasıyla % 40 için 1,2 ve 3 m/s giriş hızına bağlı olarak akıştaki hız dağılımları gösterilmiştir. Açıklık oranı % 40 değerinde akıştaki hız dağılımları incelendiğinde, hız değerlerinde oluşan değişimlerin 1 m/s giriş hızı için 1-3 m/s, 2 m/s giriş hızı için 2-6 m/s, 3 m/s giriş hızı için 3-10 m/s olduğu ve bu değişim aralıklarının %10 ve %20 açıklık oranlarındaki değerlere göre daha az olduğu görülmektedir.



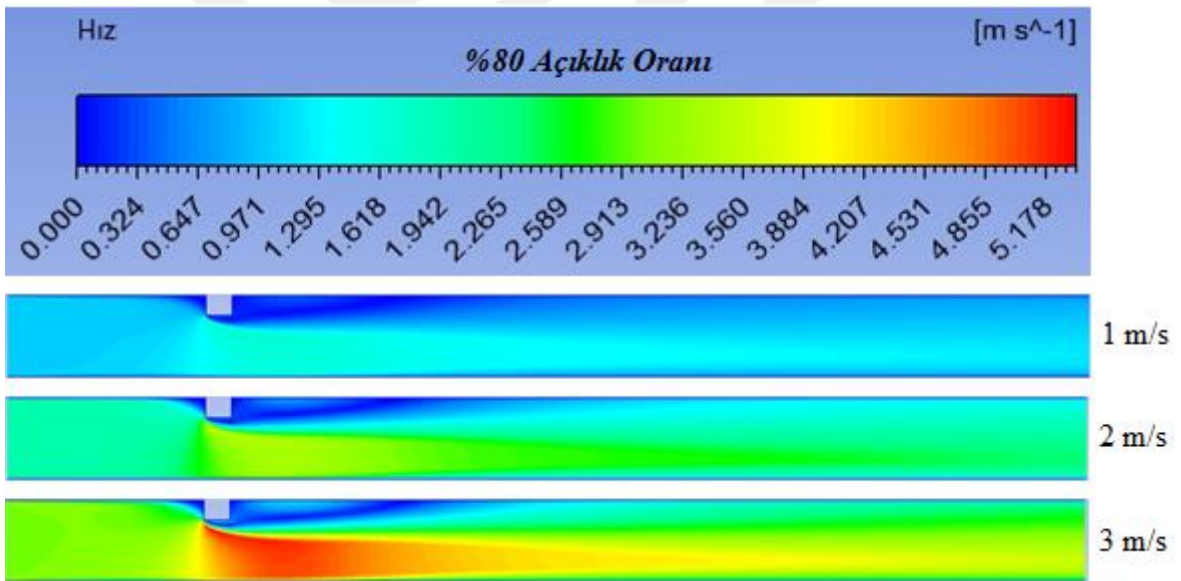
Şekil 3.4. Vana açıklık oranı %40 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları

Vana açıklık oranı % 60 olduğunda hız değişimleri arasındaki farklar daha da azalmaktadır. Bu açıklıktaki klapeye çarpan akışta daha keskin hız ayrımları oluşmaktadır. Klape'nin hemen altında görülen yüksek hızlı akış bölgesi üçgen formunda ve akış yönünde gittikçe daralan bir yapıda olduğu Şekil 3.5'ten rahatlıkla anlaşılabilir.

Vana açıklık oranı % 80 için hız dağılımları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Vana açıklık oranı %60 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları



Şekil 3.6. Vana açıklık oranı %80 için giriş hızlarına bağlı hız dağılımları

Vana açıklık oranı % 80 olduğunda hız değişimleri arasındaki farklar önemli derecede azalmaktadır. Bu açıklık oranı için hızlar arasındaki en büyük değişim 2 m/s civarında olmaktadır.

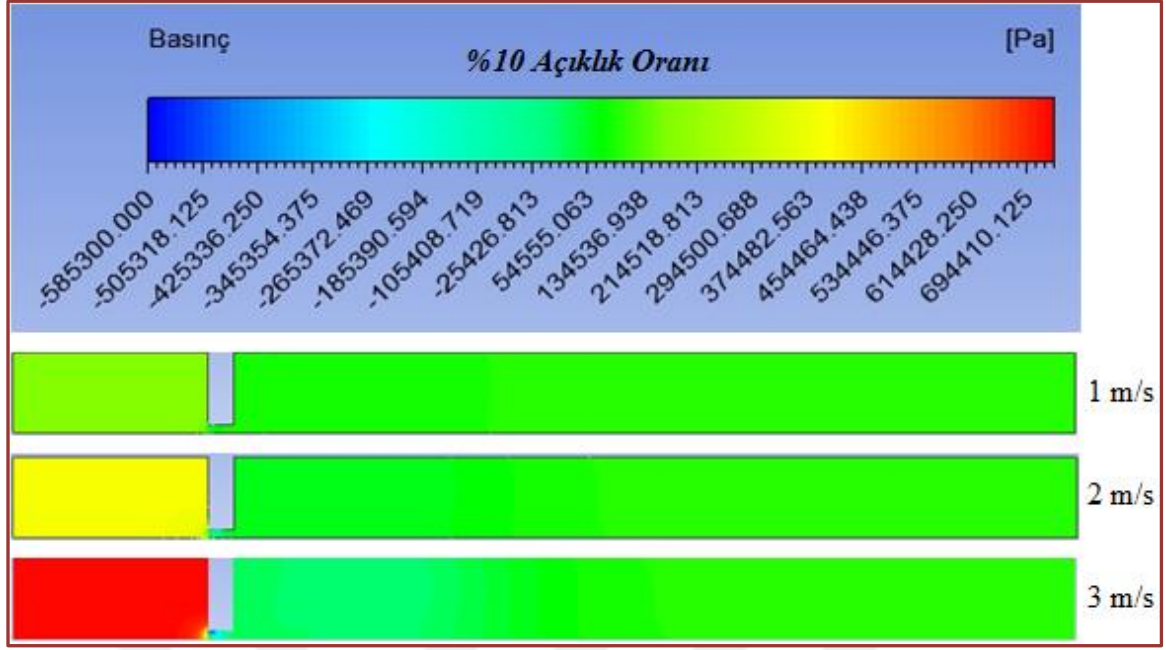
Hız dağılımları için genel bir değerlendirme yapıldığında, vana açıklık oranı arttıkça vana girişi ve çıkışı arasındaki hız dağılımı birbirine yaklaşmakta ve hız değişimleri arasındaki fark azalmaktadır.

### 3.2. Sürgülü Vana Modeline Ait Basınç Dağılım Grafikleri

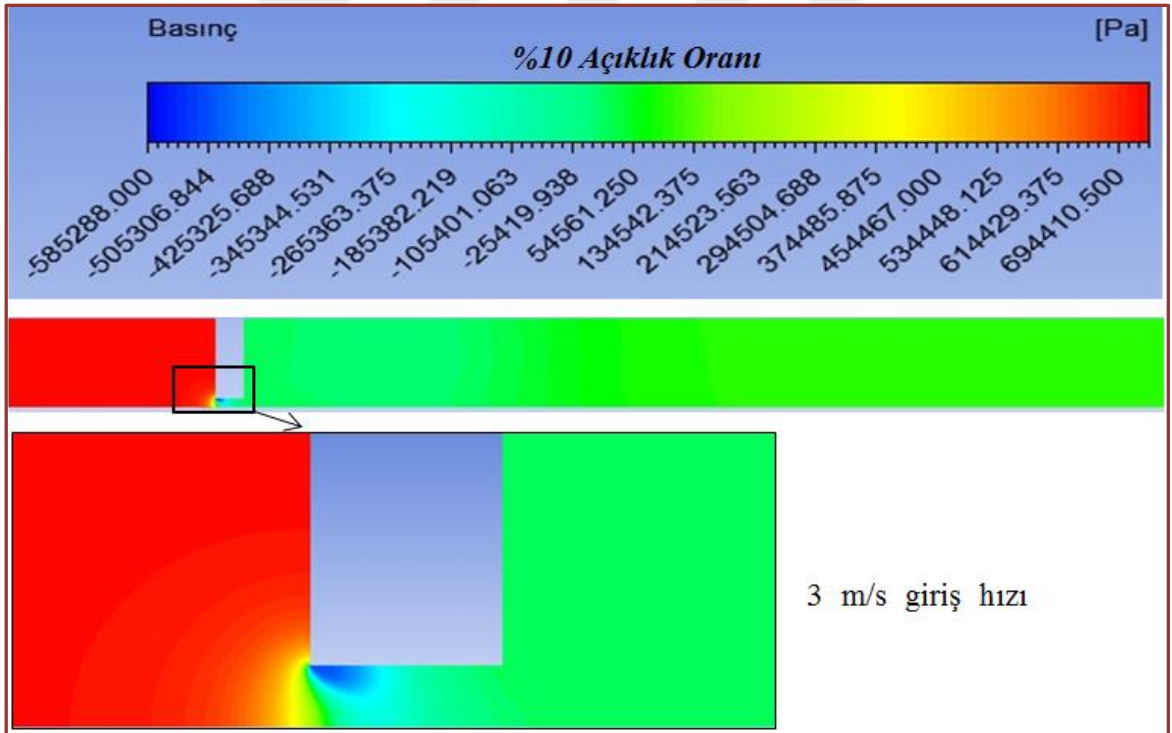
Sürgülü vanaya ait çeşitli açıklık oranlarında ve farklı giriş hızlarında statik basınç dağılım grafikleri Şekil 3.7-3.14'te verilmiştir. Vanadan kaynaklı basınç dağılımı, klapenin çeşitli açıklık oranlarında farklı giriş hızlarında birbirinden farklı dağılımlara sahip olduğu görülmektedir. Giriş hızı 1 m/s değerinde vananın %10, %20, %40, %50, %60, %80 ve %90 açıklık oranları için aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.7). Bu grafik dikkatlice incelendiğinde %10 ve %20 vana açıklığında basınç değişimlerinde dikkate değer değişimlerin olduğu görülmektedir. Bu nedenle buradaki değişimler daha detaylı incelenmiştir.



Şekil 3.7. Vana açıklık oranları için 1 m/s giriş hızına bağlı basınç dağılımları



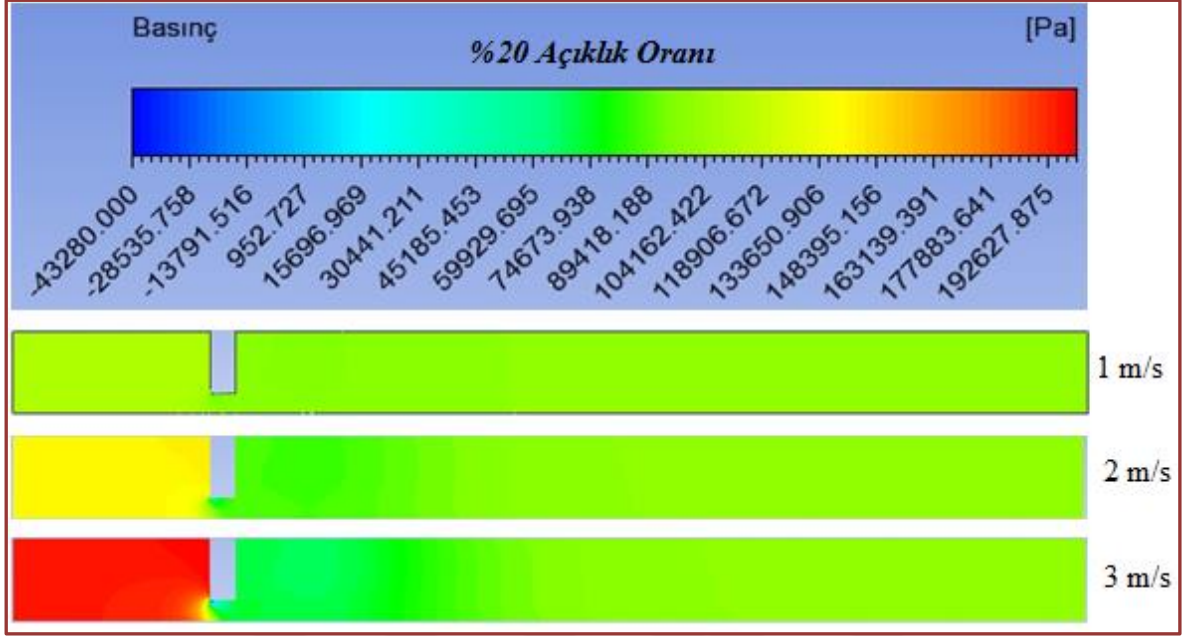
Şekil 3.8. Vana açıklık oranı %10 için giriş hızlarına bağlı basınç dağılımları



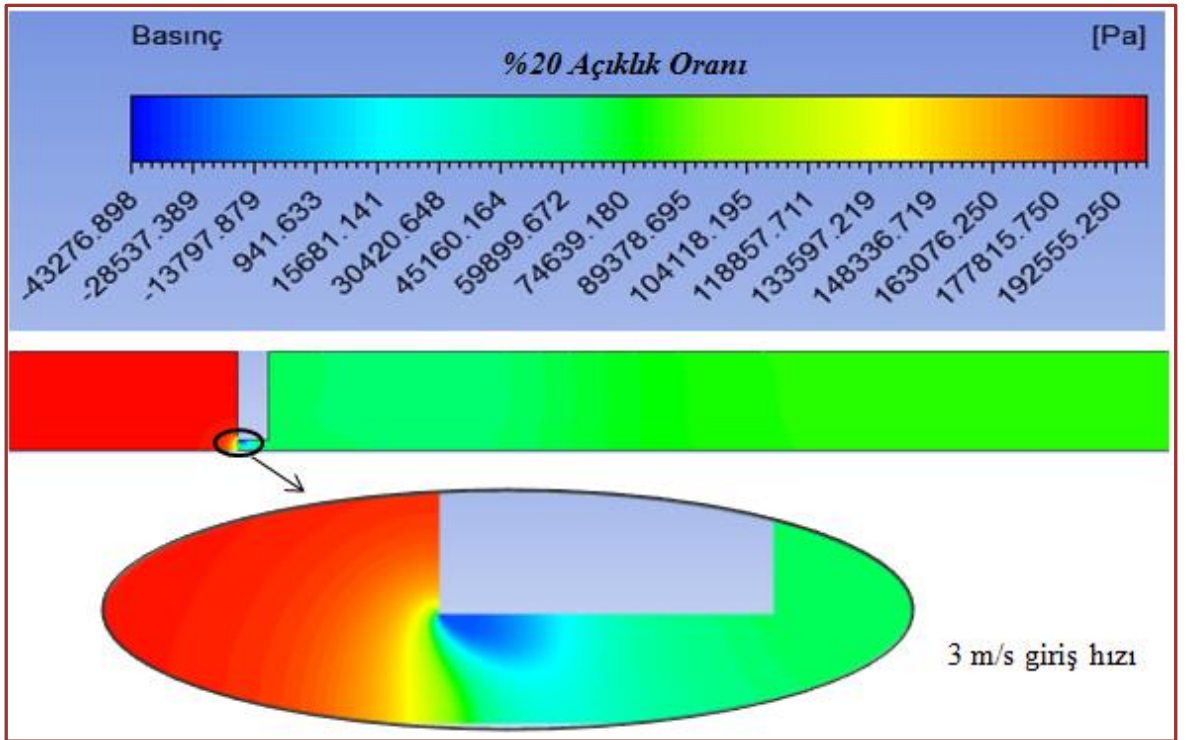
Şekil 3.9. Vana açıklık oranı %10 için 3 m/s giriş hızındaki basınç dağılım detayı

Vana açıklık oranı % 10 için 2 m/s hız değerlerinden başlamak üzere özellikle 3 m/s hız değerlerinde basınç yerel olarak önemli seviyede azalmıştır. 20<sup>0</sup>C'deki suyun

buharlaşma basıncı olan -98 985 Pa değerinin altına düştüğü Şekil 3.8 ve 3.9'daki basınç dağılım grafiklerinden belirlenebilmektedir.

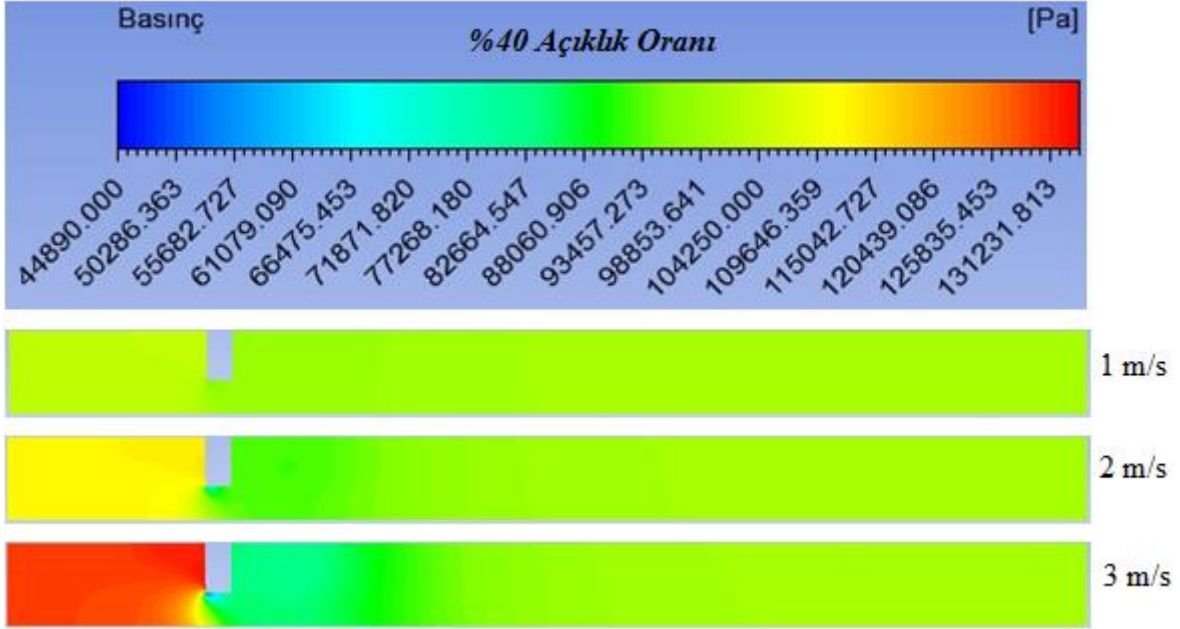


Şekil 3.10. Vana açıklık oranı % 20 için giriş hızına bağlı basınç dağılımları

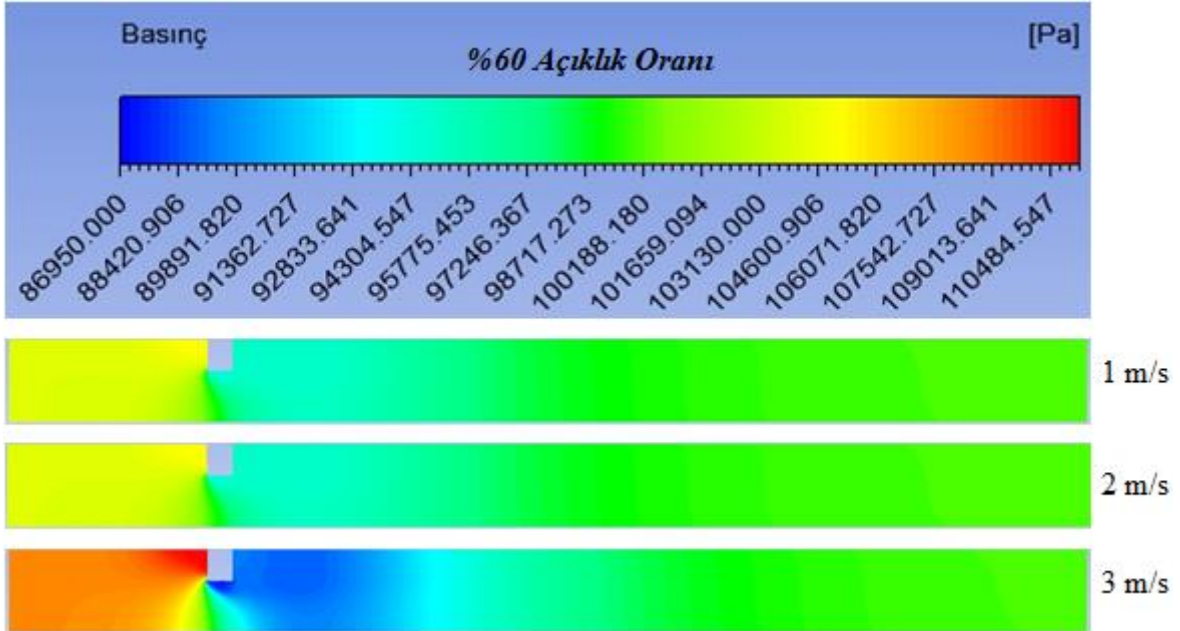


Şekil 3.11. Vana açıklık oranı %20 ve 3 m/s giriş hızı için basınç dağılımının detayı

Vana açıklık oranı %20 değerine ulaştığında %10 açıklık oranına göre basınç dağılımları arasındaki farklar da azalmalar görülmektedir. 3 m/s giriş hızında bu açıklık oranında yerel basıncın buharlaşma basınç değerine (-98 985 Pa) yaklaştığı görülmektedir.

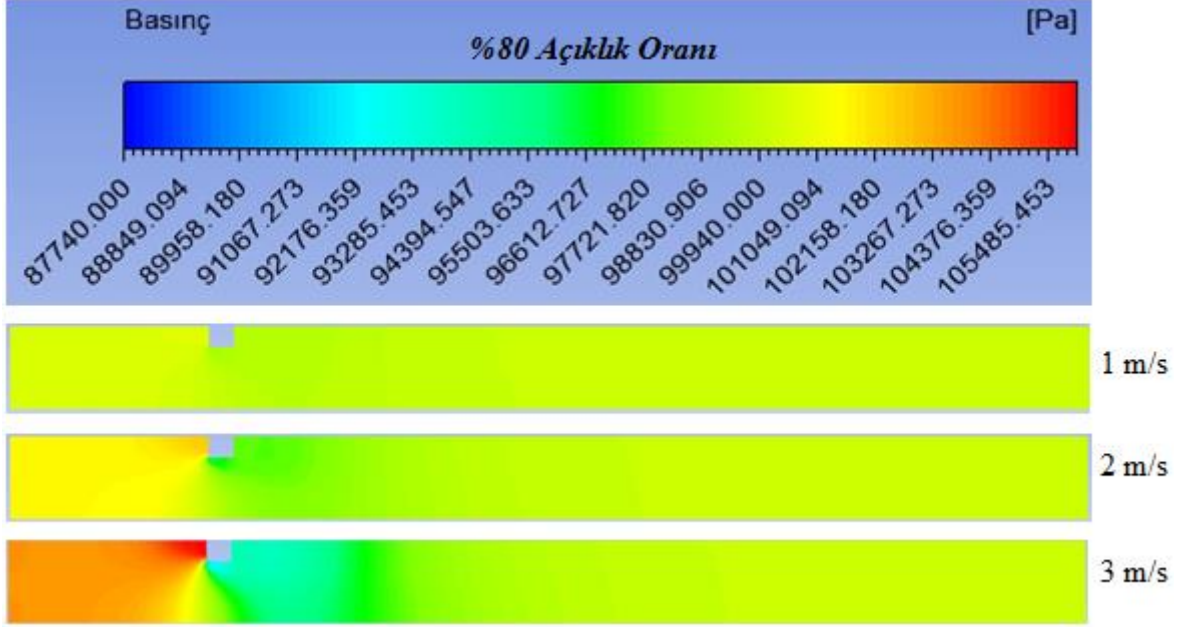


Şekil 3.12. Vana açıklık oranı %40 için giriş hızına bağlı basınç dağılımları



Şekil 3.13. Vana açıklık oranı %60 için giriş hızına bağlı basınç dağılımları

Klape etrafındaki basınç dağılımları incelendiğinde klapenin alt yüzeyinde basıncın daha fazla düştüğü, vana açıklık oranı %60 ve % 80 olduğunda ise düşük basınç bölgelerinin klapenin çıkışı tarafında yoğunlaştığı görülmektedir.

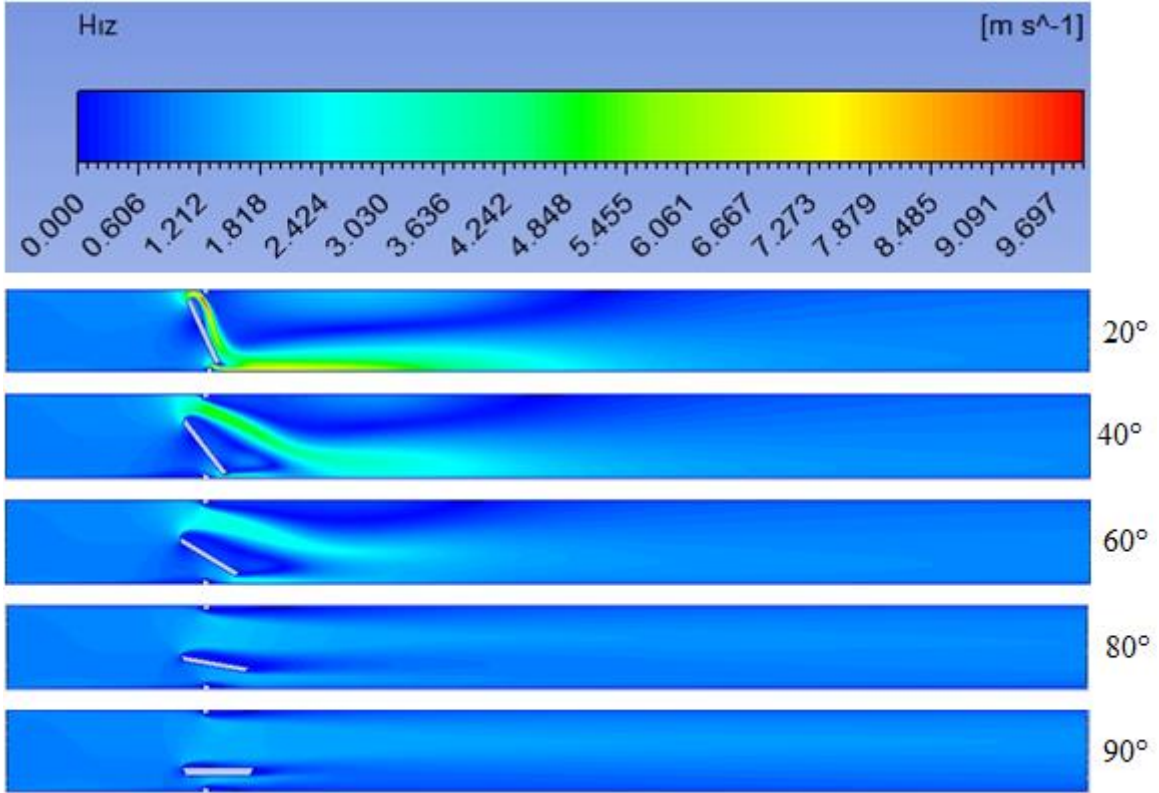


Şekil 3.14. Vana açıklık oranı %80 için giriş hızına bağlı basınç dağılımları

Sürgülü vana etrafındaki basınç dağılımları genel olarak değerlendirildiğinde vanadaki kısılmalar sebebiyle hızın artış gösterdiği bölgelerde basınçta yerel olarak düşüşler izlenmiştir. Özellikle %10 vana açıklığında ve 2-3 m/s hızlarda vanadaki basıncın buharlaşma basıncının altına (-98 985 Pa) düşmesi kavitasyon olayının göstergesidir.

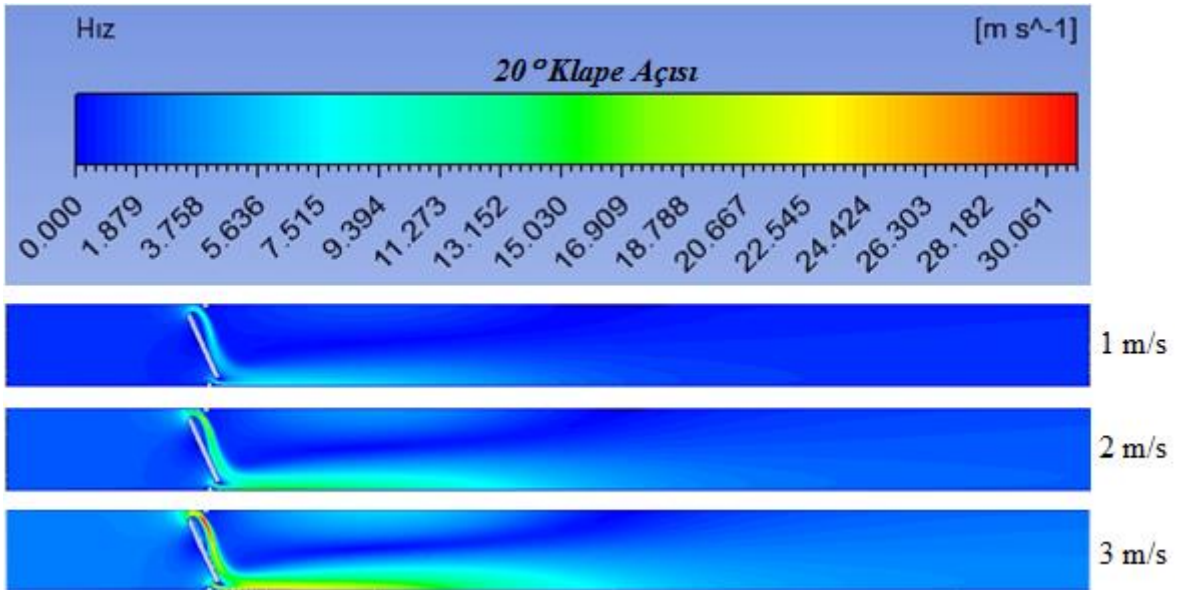
### 3.3. Kelebek Vana Modeline Ait Hız Dağılım Grafikleri

Bu çalışmada çift eksantrik kelebek vana modelinde yapılan akış analizleri klape açısına bağlı olarak yapılmıştır. Klapenin  $20^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$  ve  $90^{\circ}$  açılarında 1 m/s hız giriş hızında;  $20^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  ve  $80^{\circ}$  açılarında ise 2 ve 3 m/s giriş hızlarında da hız dağılım grafikleri çıkarılmıştır. Şekil 3.15'te giriş hızı 1m/s ve belirlenen açıklıklar için vanada oluşan hız dağılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten  $20^{\circ}$  klape açısında hızların diğer açılardaki hızlardan daha yüksek değerlere ulaştığı okunmaktadır. Diğer klape açıları için sırasıyla açı arttıkça akışta görülen maksimum hız değeri azalmaktadır. Örneğin  $20^{\circ}$  klape açısında en yüksek hız 9 m/s civarındayken,  $80^{\circ}$  için 2 m/s değerindedir.



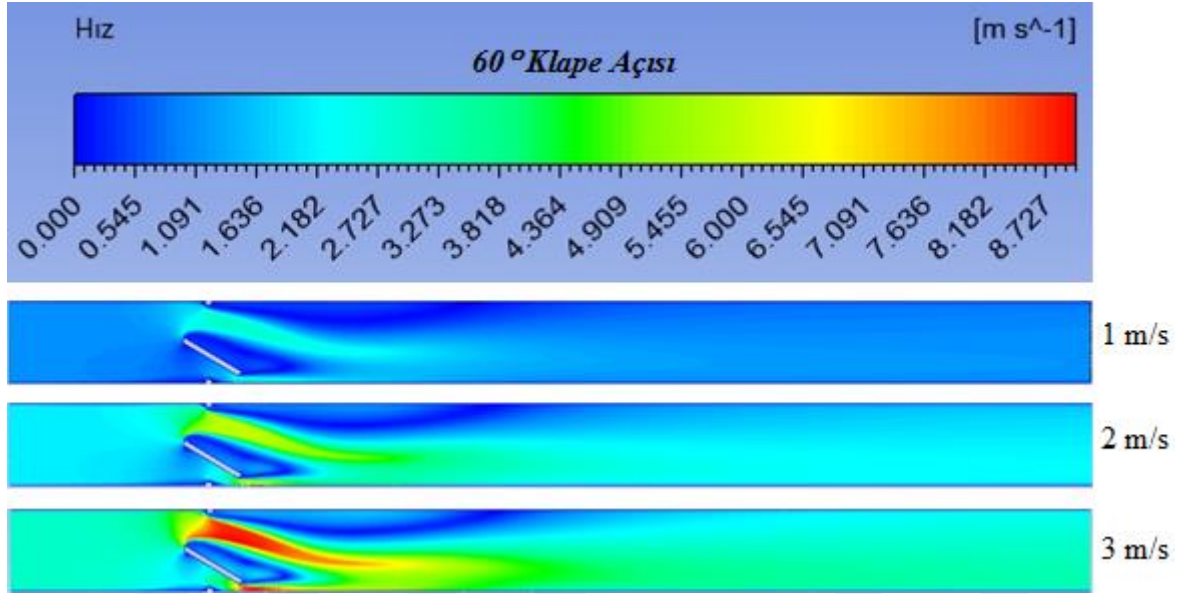
Şekil 3.15. Giriş hızı 1 m/s ve belirli klape açıklık dereceleri için hız dağılımları

Klape açısı 40° ve 1, 2 ve 3 m/s giriş hızında oluşan grafikler Şekil 3.16'da verilmiştir.

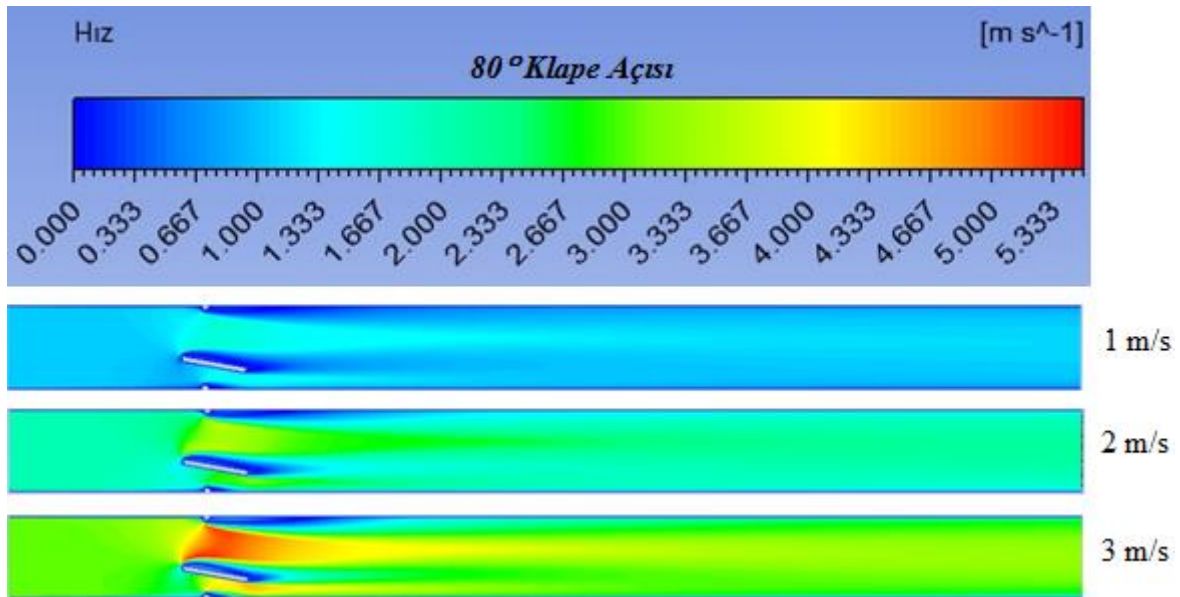


Şekil 3.16. Klape açısı 20° için farklı giriş hızlarına bağlı hız dağılımları

Kelebek vananın giriş hız değeri artırıldığında klape etrafında oluşan hız değerlerinde ciddi artışlar meydana gelmektedir.  $20^\circ$  açıda 1, 2 ve 3 m/s giriş hızları için sırasıyla yaklaşık olarak 8, 15 ve 30 m/s hız değerleri grafikten okunmaktadır. Şekil 3.17 ve 3.18'de  $60^\circ$  ve  $80^\circ$  derece klape açıları ve 1,2 ve 3 m/s giriş hızları için hız dağılım grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.17. Klape açısı  $60^\circ$  için farklı giriş hızlarına bağlı hız dağılımları

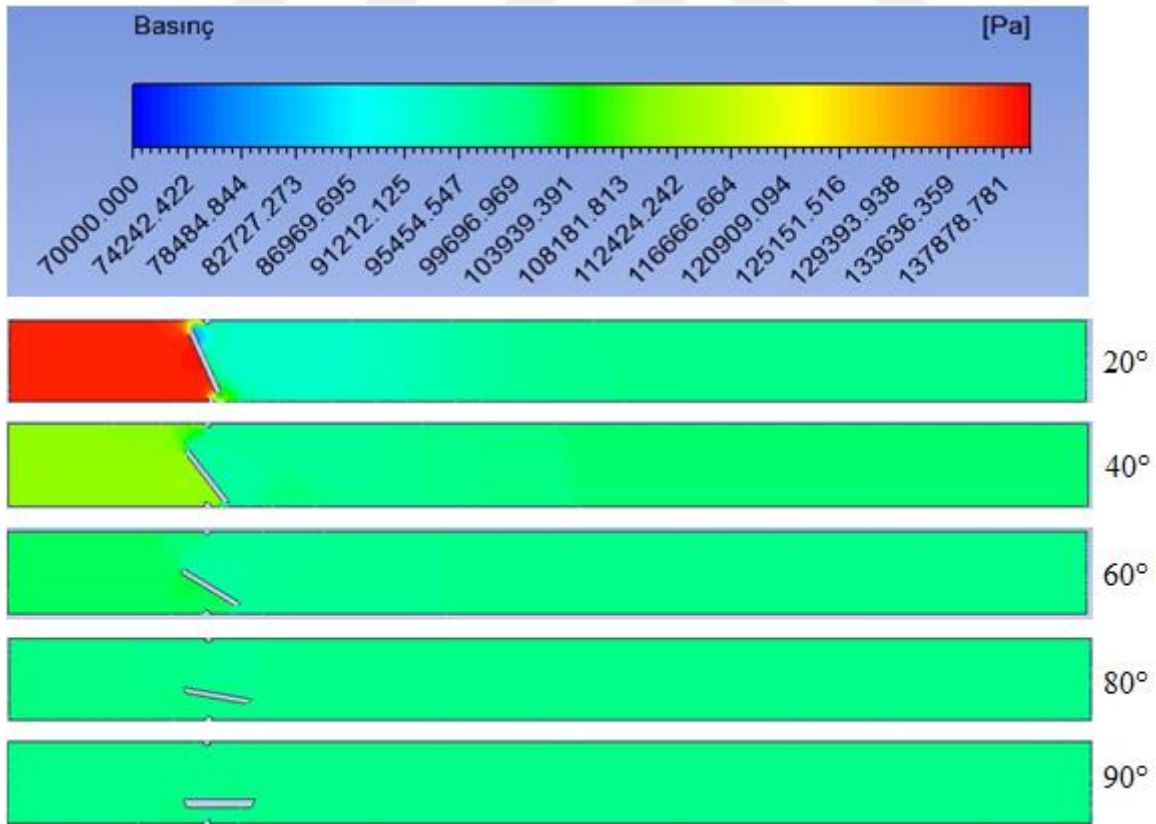


Şekil 3.18. Klape açısı  $80^\circ$  için farklı giriş hızlarına bağlı hız dağılımları

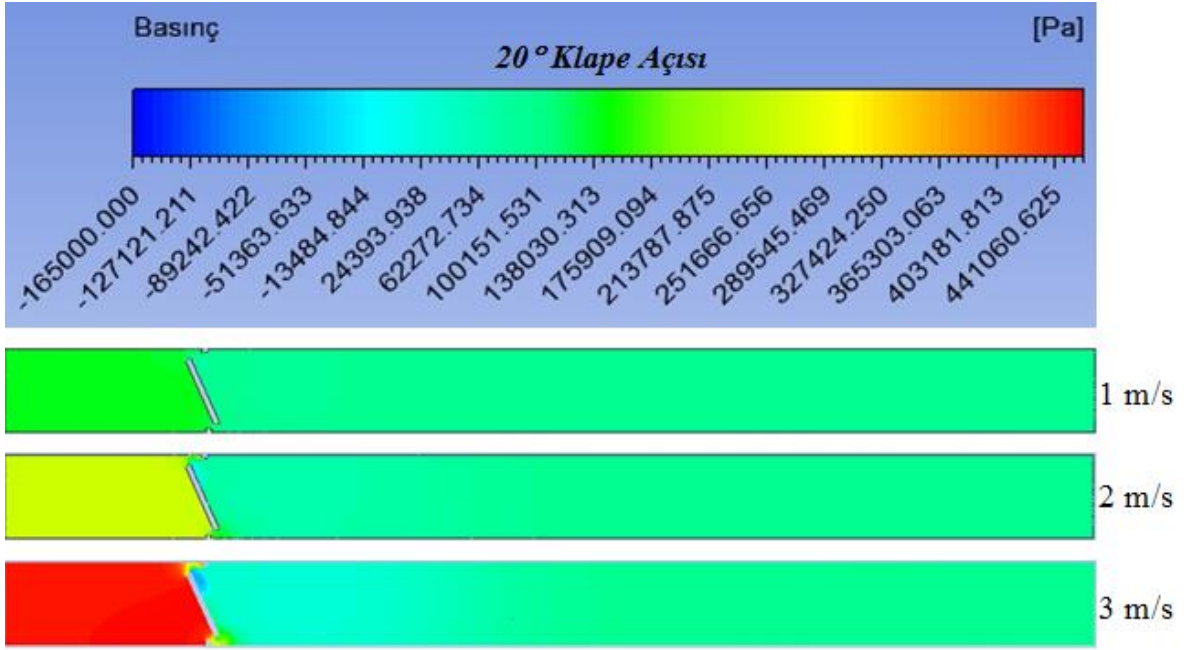
Klape açısı  $60^{\circ}$  olduğunda klape etrafındaki akışta hız dağılım bölgeleri daha da belirginleşmektedir. Yüksek hızlı akış bölgesi,  $20^{\circ}$ 'de klapenin oturacağı çıkıntılarının yönlendirmesiyle klape üzerinden boru tabanına doğru yoğunlaşırken,  $60^{\circ}$  ve  $80^{\circ}$  değerlerinde klapeden ayrılarak klapenin hem üstünde hem de altında iki farklı bölge olarak görülmektedir.  $60^{\circ}$  ve  $80^{\circ}$  değerlerinde klape arkasındaki hız değerinin sıfıra yaklaştığı düşük hızlı akış bölgesi oluşmaktadır.

### 3.4. Kelebek Vana Modeline Ait Basınç Dağılım Grafikleri

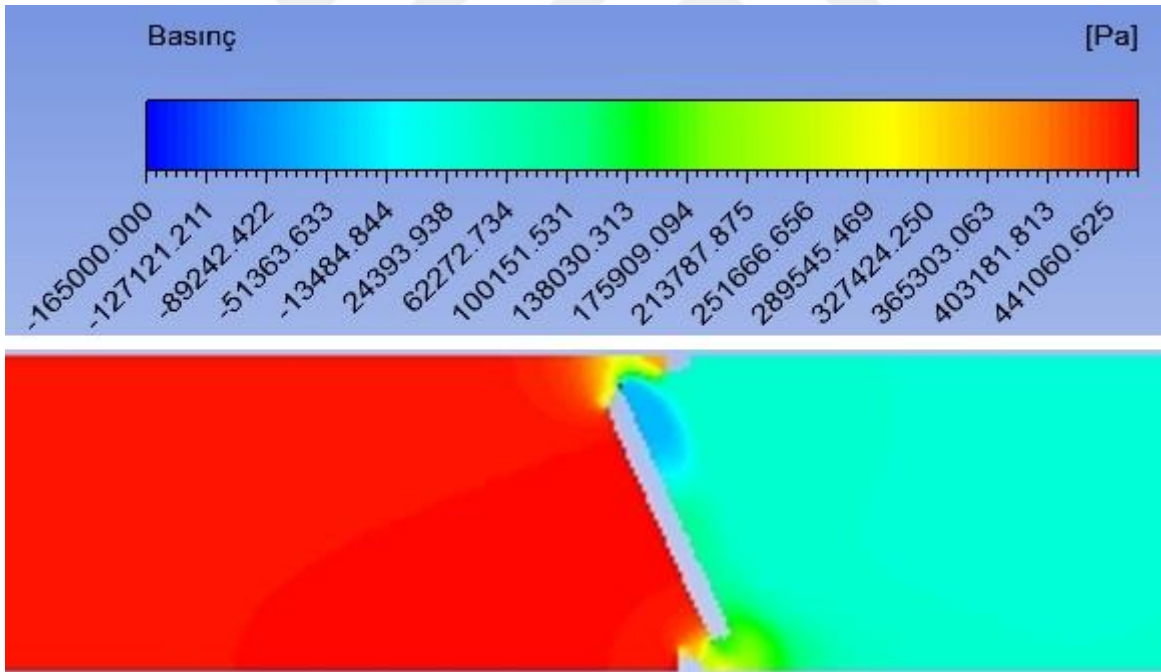
Kelebek vanaya ait çeşitli klape açılarında ve farklı giriş hızlarında statik basınç dağılım grafikleri Şekil 3.19-3.23'te verilmiştir. Giriş hızı 1 m/s değerinde vananın  $20^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$  ve  $90^{\circ}$  klape açıklık dereceleri için aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 3.19). Bu grafik dikkatlice incelendiğinde klape açıklığı  $20^{\circ}$  olduğunda akışta önemli basınç değişimleri görülmektedir.



Şekil 3.19. Giriş hızı 1 m/s ve belirli klape açıklık dereceleri için hız dağılımları

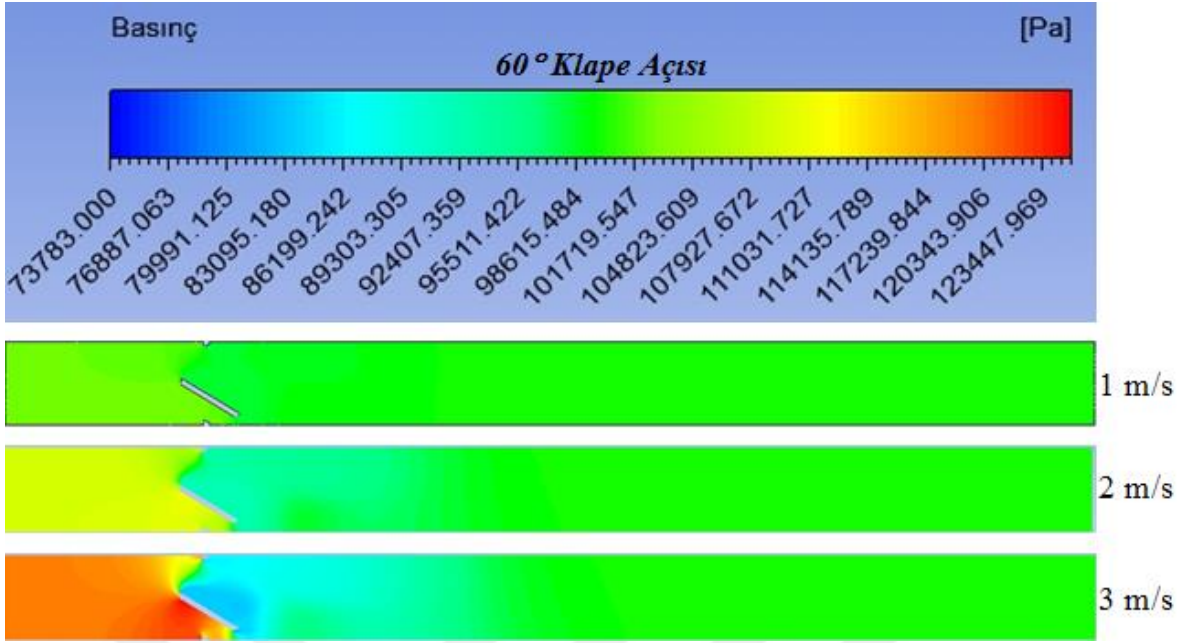


Şekil 3.20. Klape açısı 20° için farklı giriş hızlarına bağlı basınç dağılımları

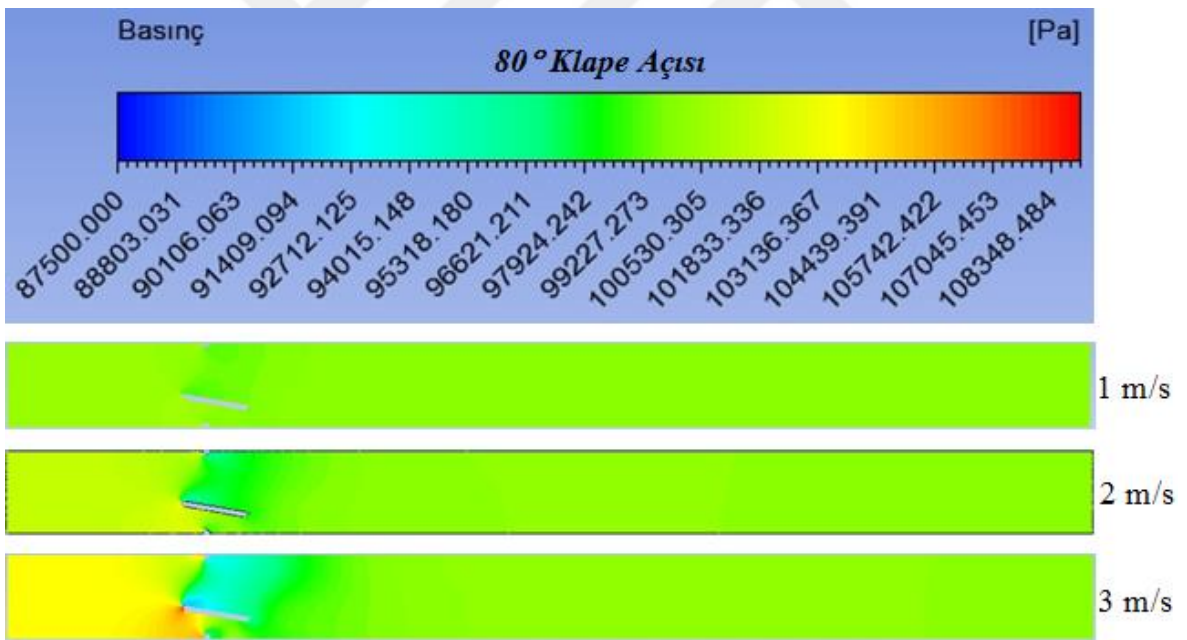


Şekil 3.21. Klape açısı 20° için 3m/s giriş hızına bağlı basınç dağılımları

Kelebek vana klape açısı 20° olduğunda vananın giriş hızının artmasına bağlı olarak basınçta azalmalar artmaktadır. Giriş hızı 3 m/s değerine ulaştığında vanadaki en düşük basınç suyun buharlaşma basıncının (-98 985 Pa) altına düştüğü gözlemlenmektedir.



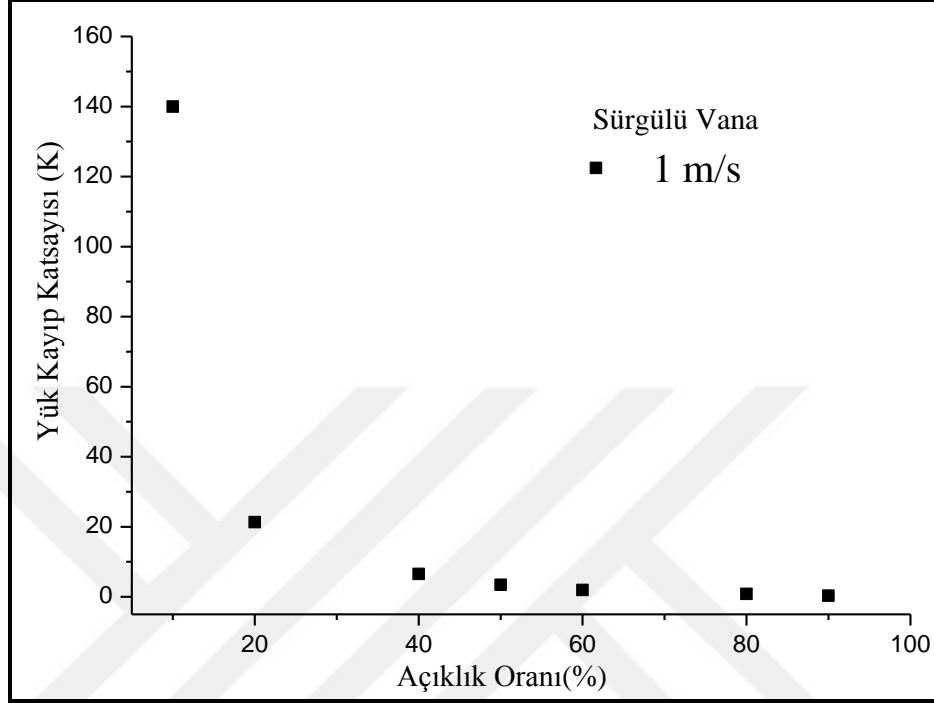
Şekil 3.22. Klapa açısı 60° için farklı giriş hızlarına bağlı basınç dağılımları



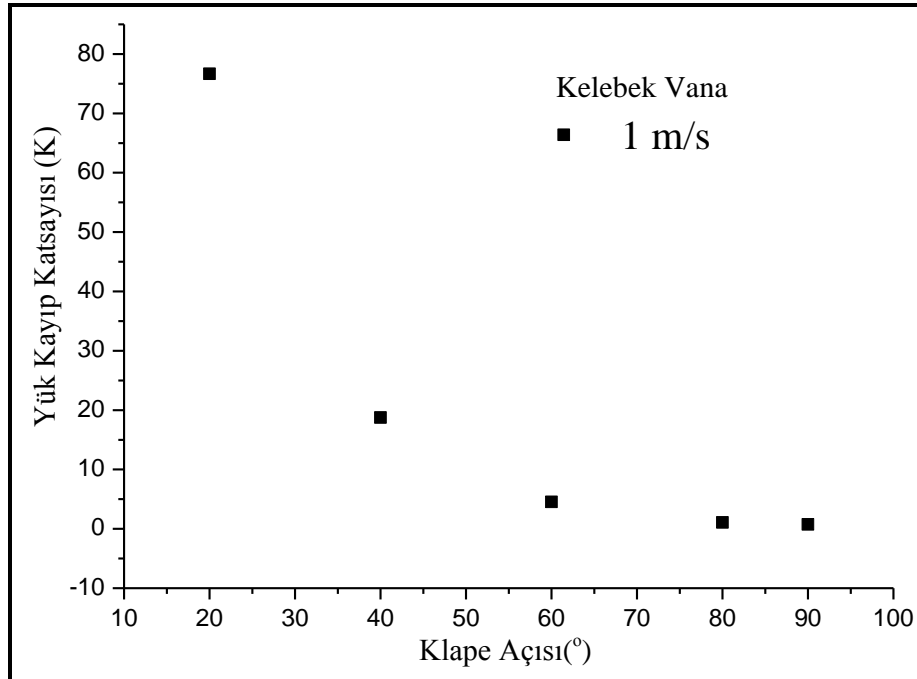
Şekil 3.23. Klapa açısı 80° için farklı giriş hızlarına bağlı basınç dağılımları

Klapa açısı 60° değerinde klapa etrafındaki basınçta azalmalar meydana gelmesine rağmen çalışılan şartlarda suyun buharlaşma basıncının altına düşmeyeceği anlaşılmaktadır (Şekil 3.23). 80° klapa açısında vana girişi ve çıkışı arasındaki basınç farkının önemli miktarlarda azaldığı Şekil 3.23'ten anlaşılmaktadır.

Şekil 3.24 ve 3.25'te sürgülü vanadaki yük kaybı katsayısı değerleri (K), vana açıklığına; kelebek vanada ise klape açılarına göre 1 m/s giriş hızı için verilmiştir.



Şekil 3.24. Sürgülü vana açıklığına bağlı yük kaybı katsayısı grafiği

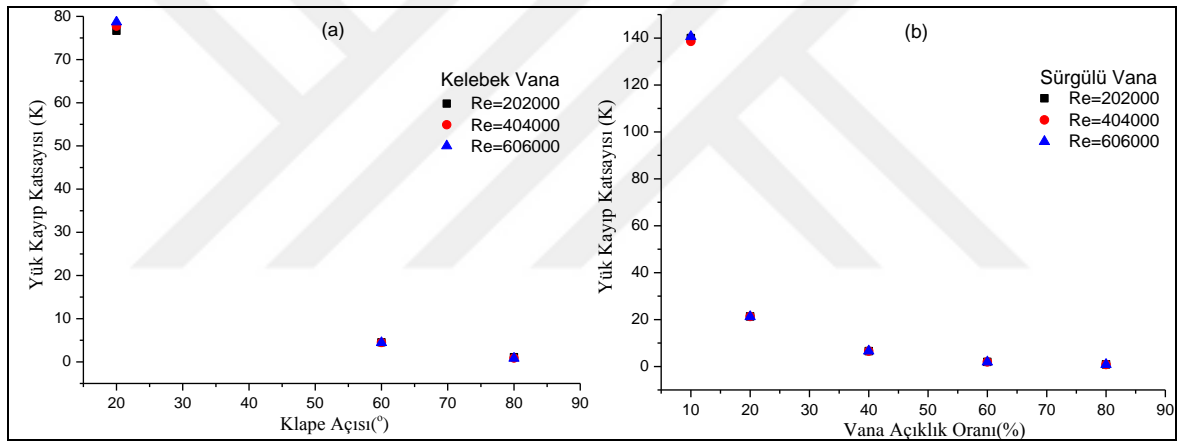


Şekil 3.25. Kelebek vana klape açısına bağlı yük kaybı katsayısı grafiği

Sürgülü vananın % 10 vana açıklığında yük kaybı katsayısının 140 değerine ulaştığı görülmektedir. Vana açıklık oranı arttıkça % 20 açıklık oranına kadar K katsayısı değerleri hızla düşüş göstermekte ve % 50 açıklık oranından sonra vana açıklık oranı arttıkça K katsayısındaki değişim farkı azalmaktadır.

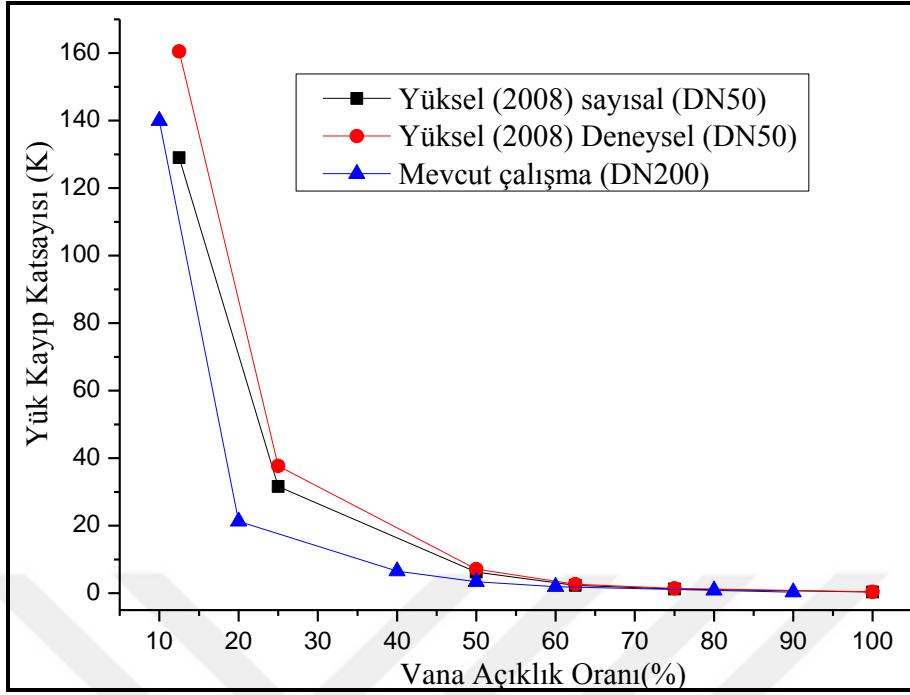
Kelebek vana klape açısına bağlı K katsayılarının değişimi (Şekil 3.25) incelendiğinde, klape açısı arttıkça K değerlerinde görülen azalmaların sürgülü vanaya benzer şekilde azaldığı görülmektedir.  $60^{\circ}$  klape açısından sonra bu vanada klape açısının artmasıyla yük kaybı katsayısının azalmasındaki değişim oranı yavaşlamaktadır.

Sürgülü ve kelebek vananın farklı Reynolds sayılarına karşılık gelen 1, 2 ve 3 m/s hızlar için analiz yapıldığında, aynı açıklık oranı için farklı hızlarda yük kaybı katsayısının değişmediği Şekil. 3.26'dan görülmektedir.

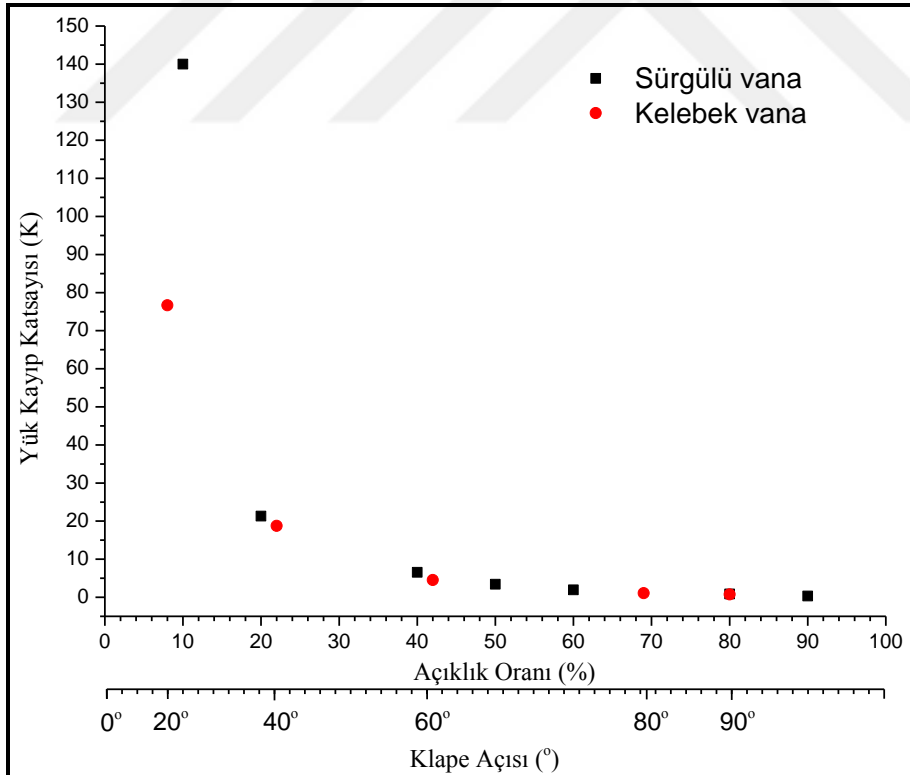


Şekil 3.26. Kelebek (a) ve sürgülü (b) vananın farklı Re sayılarındaki K değerleri

Sürgülü vanadaki yük kaybı katsayıları referans olarak alınan Yüksel'e ait çalışmanın deneysel ve sayısal sonuçlarıyla, her iki vanadaki yük kaybı katsayıları beraber verilmiştir (Şekil 3.27 ve 3.28). Mevcut çalışma ile referans çalışmadaki yük kaybı katsayısı değerlerinin birbirine yakın olduğu özellikle %60 vana açıklığından sonraki K değerlerinin birbirine örtüştüğü görülmektedir. İki çalışma arasında görülen farklılıklar, bu çalışmalarda kullanılan vana çaplarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.27. Mevcut ve referans sürgülü vana için yük kaybı katsayıları



Şekil 3.28. Kelebek ve sürgülü vanaların yük kaybı katsayıları

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada DN 200 çapında sürgülü ve kelebek vana modellerinin akış karakteristikleri, suyun vanaya giriş hızı 1,2 ve 3m/s hızları ve 10 bar çalışma basıncı şartlarında sürgülü vananın farklı açıklık oranlarına (%10, %20, %40, %50, %60, %80) ve kelebek vananın ise klape açıklık derecelerine (20<sup>0</sup>, 40<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup>, 80<sup>0</sup> ve 90<sup>0</sup>) göre ANSYS FLUENT paket program kullanılarak incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda bu vanalardaki akış hızları, statik basınçlar ve basınç kayıplarına bağlı yük kaybı katsayısı olarak ifade edilen K değerleri belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada hem sürgülü hem de kelebek vananın açıklık oranı azaldıkça vana etki bölgesinde özellikle vana klapesi etrafında hız artmakta, basınç yerel olarak düşmekte ve vanaların yük kaybı katsayısı artmaktadır.

Sürgülü vananın % 10 açıklığında 2 ve 3 m/s giriş hızlarında vana klapesinin alt kısımlarına yakın bölgede yerel basınç suyun buharlaşma etkin basıncı olan -98 985 Pa değerinin altına düşmektedir. Basıncıdaki bu düşüş vana içinde özellikle klapede kaviteasyona neden olmaktadır. Bu nedenle sürgülü vana içme suyu tesislerinde sadece açma ve kapama vanası olarak kullanılmalı, ayar amaçlı kullanımda tercih edilmemelidir.

Kelebek vananın 20<sup>0</sup> klape açısına karşılık gelen % 8 vana açıklığında 3 m/s giriş hızı için kaviteasyona uğrayacağı anlaşılmıştır.

Kelebek vananın yük kaybı katsayısı % 40 açıklık oranına kadar daha düşük olması, kelebek vana tasarımından kaynaklanmaktadır. Kelebek vana sürgülü vana gibi akış doğrultusuna dik pozisyonda çalışmadığından bu vanada daha düşük yük kayıpları oluşmaktadır.

Kelebek ve sürgülü vanalar, kısık çalıştırılma performansları açısından kıyaslandığında kelebek vananın bu konuda bir miktar daha iyi olduğu, ancak bu vanayı da özellikle düşük açıklık oranlarında ayar amaçlı kullanmanın mümkün olmadığı görülmüştür.

Uygulamada herhangi bir vana seçimi yapılacağı zaman vananın akış karakteristikleri dikkate alınmadan vana tercihi yapılmamalıdır. Ayar amaçlı kullanılacak vanaların kaviteasyon performansları incelenmelidir.

İşletmeciler tarafından yapılan vana tercihlerinde vana üretici firmaları tarafından verilen katalog değerleri dikkatle incelenmelidir. Kullanıcılar vana seçimi yaparken

vananın çalıştırılacağı noktadaki suyun debisi, işletme basıncı ve boru hattının çapı hakkında yeterli bilgileri üreticilere vererek içme suyu tesisleri için en uygun vananın seçilmesine katkı sağlamalıdırlar.



## 5. KAYNAKLAR

1. Sarpkaya, T., Torque and Cavitation Characteristics of Butterfly Valves, Journal of Fluids Engineering, 28,4 (1961) 511–518.
2. Eom, K., Performance of Butterfly Valves as a Flow Controller, Journal of Fluids Engineering, 110,1 (1988) 16–19.
3. Huang, C. ve Kim, R. H., Three-dimensional Analysis of Partially Open Butterfly Valve Flows, Journal of Fluids Engineering, 118,3 (1996) 562–568.
4. Blevins, R. D., Applied Fluid Dynamics Handbook, First Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1974.
5. Song, X. ve Park, Y. C., Numerical Analysis of Butterfly Valve - Prediction of Flow Coefficient and Hydrodynamic Torque Coefficient, In Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, Kasım 2007, San Francisco, 759–763.
6. Leutwyler, Z. ve Dalton, C. A, Computational Study of Torque and Forces Due to Compressible Flow on a Butterfly Valve Disk in Mid-Stroke Position, Journal of Fluids Engineering, 128,5 (2006) 1074–1082.
7. Chaiworapuek, W., Champagne, J., El Hajem, M. ve Kittichaikan, C., An Investigation of the Water Flow Past the Butterfly Valve, AIP Conference Proceedings, Temmuz 2010, 1225, 249–262.
8. Feng, W., Xiao, G. ve Song, L., Numerical Simulation of the Flow Field to the Double Eccentric Butterfly Valve and Performance Prediction, In Power and Energy Engineering Conference, Mart 2009, 1–4.
9. Tunç, G., Bir CFD Programı ile Vanalardaki Akışın İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 2014.
10. Koyunbaba, E., Computational Fluid Dynamics Application For Determining Flow Characteristics of Valves, Master Thesis, Dokuz Eylül University, Naturel and Applied Sciences, İzmir, 2008.
11. Sandalci, M., Mançuhan, E., Alpman, E. ve Küçükada, K., Effect of The Flow Conditions and Valve Size On Butterfly Valve Performance, Journal of Thermal Science and Technology, 30, 21 (2010) 03–112.
12. Duymaz, B. A., Kelebek Vana Kayıp Katsayısının Sonlu Hacimler Yöntemiyle ve Deneysel Olarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2008.

13. Yüksel, B., Sürgülü Vana Kayıp Katsayısının Sonlu Hacimler Yöntemiyle ve Deneysel Olarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2008.
14. Valentine, M., Distribution Valves: Selection, Installation, Field Testing, and Maintenance, <http://www.awwa.org/store/productdetail.aspx?productid=51319025>. 10 Kasım 2016.
15. Pirinççiler, M., Hidrolik Kumandalı Vana Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2008.
16. <http://www.avkfittings.co.uk/page.avk?aW50UGFnZSUzRDIxJTI2UEhQU0lEJTNEzIyOTk1NjQ5YWNmMWE1NjJiZWwYzJlODM0NjU5OTI=>, AVK Syddal : Quality. 09-Eki-2016.
17. <http://www.dogusvana.com.tr/index.php?p=catalog> Dvd Valves : Catalog. 5 Eylül 2016.
18. Dvir, Y., Akış Kontrol Cihazları, Özgür C., Birinci Baskı, 339, Pompsad Yayınları, Ankara, 2010.
19. Gürel, S., Vanalar, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi, Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki, 26 (2003) 1-15.
20. [http://www.oz-kan.com.tr/wp-content/uploads/2016/11/TR\\_kelebek\\_vanalar\\_v2-2.pdf](http://www.oz-kan.com.tr/wp-content/uploads/2016/11/TR_kelebek_vanalar_v2-2.pdf) Kataloglar : Kelebek Vana Kataloğu, 29 Kasım 2016.
21. Doğuş Vana ve Döküm San. Tic. Ltd. Şti, Su Şebekeleri İçin Profesyonel Çözümler, Sunum Notları, 1-378, İzmir, 2015.
22. M.M.O. Ankara Şubesi, Kelebek Vanalar, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 84 (2004) 73-75.
23. Dursun, O., Vana Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2008.
24. [http://www.yakacikvalf.com.tr/resimler/61K5MI1vana\\_kuresel.pdf](http://www.yakacikvalf.com.tr/resimler/61K5MI1vana_kuresel.pdf) Yakacık Küresel Valf, 09 Mayıs 2016.
25. Akcan, K., Yüksek Sıcaklık Altında Çalışacak Küresel Vananın Optimum Tasarımı, Dayanım Analizi, İmalatı ve Maliyetinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2013.
26. [http://www.oz-kan.com.tr/wp-content/uploads/2016/11/TR\\_igne\\_vana\\_v2.pdf](http://www.oz-kan.com.tr/wp-content/uploads/2016/11/TR_igne_vana_v2.pdf) Kataloglar : İgne Vana Kataloğu, 29 Kasım 2016.
27. Güven, G., Boru Hatlarında Hava Vanalarının Seçimi ve Konumlandırma Kiriterleri, [http://www.dogusvana.com.tr/dogus/upload\\_pdfdogus/763e8b318eeb5931709b19f648a9969382eb6292f45d931ac2cb0da947f1f4be.pdf](http://www.dogusvana.com.tr/dogus/upload_pdfdogus/763e8b318eeb5931709b19f648a9969382eb6292f45d931ac2cb0da947f1f4be.pdf) 10 Ocak 2016.

28. [http://www.oz-kan.com.tr/wp-content/uploads/2016/11/TR\\_cekvalfler\\_v2.pdf](http://www.oz-kan.com.tr/wp-content/uploads/2016/11/TR_cekvalfler_v2.pdf)  
Kataloglar : Çekvalf Kataloğu, 29 Kasım 2016.
29. <http://www.dky.com.tr/otomatik-kontrol-vanalari#1451086399844-b6f75cc5-ecfc>  
Otomatik Kontrol Vanaları : Dky Water Control Sys. Inc., 09 Aralık 2016.
30. <http://www.arnas.com.tr/trTR/Product/Groups/XPLk92i41sw87ufGFs41sw87U5LPduKQ1h8i6q1h8i6q/Su-Dagitim-Hidrolik-Kontrol-Vanalari-800-Serisi-Kontrol-Vanalari/FL-Flatorlu-Seviye-Kontrol-Vanasi>, Hidrolik Kontrol Vanaları 800 Serisi Kontrol Vanaları, 05 Kasım 2016.
31. Cigal, M., Archive for Category Fluid Mechanics : Sakarya Üniversitesi Ders Notu. <https://mustafacigal.files.wordpress.com/2013/07/bc3b6lc3bcm-8.ppt>, 10 Aralık 2016.
32. Yalçın, K., Hacımsal ve Santrifüj Pompalar, Birinci Baskı, 585, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1998.
33. Şen, M., Santrifüj Pompalar ve Pompa Tesisatları, Mas Pompa Sanayi A.Ş., İstanbul, 2006.
34. Zappe, R. W. ve Smith, P., Valve Selection Handbook, Fifth Edition, 399, Elsevier Incorporation, Burlington , 2004.
35. [http://asteknikvana.com/images/vana\\_notlari/3\\_14.pdf](http://asteknikvana.com/images/vana_notlari/3_14.pdf), 05 Kasım 2016.
35. Doğuş Vana ve Döküm San. Tic. Ltd. Şti, DN 200 Sürgülü Vana ve Çift Eksantrik Kelebek Vana Modelleri, İzmir, 2016.

## ÖZGEÇMİŞ

Ordu iline bağlı Aybastı ilçesinde dünyaya gelen Hacı Ahmet AYDIN, Lise eğitimini İstanbul Kağıthane (Y.D.A.) Lisesinde 2002-2006 yılları arasında birincilikle, Lisans öğrenimini ise Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde tamamlamıştır. 2011-2012 yılları arasında bir yıl Nehir Yapı Denetim Ltd. Şti.'de kontrol mühendisi olarak çalışan AYDIN Mayıs 2013'ten itibaren İbank A.Ş. Trabzon Bölge Müdürlüğü'nde Makina Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babası olan AYDIN iyi derece İngilizce bilmektedir.

