

**BİR CFD PROGRAMI İLE VANALARDAKİ  
AKIŞIN İNCELENMESİ**

Gökhan TUNÇ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Muhammet YÜRÜSOY

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mart 2014

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİR CFD PROGRAMI İLE VANALARDAKİ AKIŞIN**  
**İNCELENMESİ**

**Gökhan TUNÇ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Muhammet YÜRÜSOY**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Mart 2014**

## TEZ ONAY SAYFASI

Gökhan TUNÇ tarafından hazırlanan “Bir CFD programı ile vanalardaki akışın incelenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 12/03/2014 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Muhammet YÜRÜSOY

<b>Başkan</b>	: Prof. Dr. Muhammet YÜRÜSOY Teknoloji Fakültesi	İmza
<b>Üye</b>	: Yrd. Doç. Dr. Yaşar Önder ÖZGEREN Teknik Eğitim Fakültesi	İmza
<b>Üye</b>	: Doç. Dr. Şükrü KARAKAYA Teknoloji Fakültesi	İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Enstitü Müdürü  
Prof.Dr. Yılmaz YALÇIN

## **BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**

**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı.

**beyan ederim.**

12/03/2014

İMZA

GÖKHAN TUNÇ

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BİR CFD PROGRAMI İLE VANALARDAKİ AKIŞIN İNCELENMESİ

Gökhan TUNÇ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Muhammet YÜRÜSOY

Akışkanların kontrolü amacıyla tesisatlar da yaygın şekilde kullanılan kelebek vanalar mevcut devre elemanlarıyla kullanıldığında olumsuz etki yapmaması, kullanımının kolay olması, kapladıkları hacim olarak az yer tutması ve ucuz olması gibi nedenlerle tercih edilirler.

Bu çalışmada; DN 200 standardın' da kelebek vananın, atmosfere açılan ve sistem içinde devam eden haliyle olmak üzere 1, 2, 3 ve 4 bar basınç farkları altında sonlu hacimler yöntemi kullanan CFD Simulation paket programı yardımıyla kavitasyon oluşan bölgeler tespit edilmiştir. CFD Simulation programı kullanılırken akışkan olarak su seçilmiştir. Vana içindeki klape tam kapalı konumda iken  $\theta=0^\circ$  ' de dir. İlk olarak kelebek vana modeli oluşturulmuş, imalat yöntemlerine göre oluşturulan model ise CFD Simulation programında aynı malzemeler tanımlanarak analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre atmosfere açılan kelebek vanalarda 1, 2, 3 ve 4 bar basınç farkı altında kavitasyon oluşan bölgeler  $30^\circ$  ile  $80^\circ$  arasında olduğu, Yine aynı fark basınç değerleri kullanılarak yapılan analizde ise kavitasyonun genelinin  $60^\circ$  ve  $80^\circ$  arasında yoğunlaştığı görülmüş ve sonuçları tartışılmıştır.

**2014, xv + 85 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Kavitasyon, Kelebek vana, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### **INVESTIGATION OF FLOW IN VALVES WITH A CFD PROGRAM**

Gökhan TUNÇ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Muhammet YÜRÜSOY

Butterfly valves which are commonly used for control of fluids in installations, are preferred in order not to affect negatively when they are used with current circuit elements, since they are easy to use, cheaper and take less space in volume.

In this study, cavitating regions were identified by the help of CFD Simulation software package that uses the finite volume method under 1, 2, 3 and 4 bar pressure difference of a DN 200 standard butterfly valve, opening to the atmosphere and continues in the system. While using the CFD Simulation programs water is selected as the fluid. During totally closed position the valve flaps were in the  $\theta = 0^\circ$ . Firstly, butterfly valve model was created, and the model which was formed according to the manufacturing method was analyzed identifying the same materials in the CFD Simulation program. According to the results of the analysis it is seen and discussed that the cavitating regions were between  $30^\circ$  and  $80^\circ$  under 1, 2, 3 and 4 bar pressure difference in the butterfly valves opening to the atmosphere. Also in the analysis it is seen and discussed that using the same pressure difference values the major of the cavitation became intense between  $60^\circ$  and  $80^\circ$ .

**2014, xv + 85page**

**Key Words:** Cavitation, Butterfly valve, Computational Fluid Dynamics

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Muhammet YÜRÜSOY'a araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Özgür VERİM' e ve Makine Yük. Müh. Ertuğrul Alp BAŞEŞME 'ye her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Gökhan TUNÇ  
AFYONKARAHİSAR, 2014

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
RESİMLER DİZİNİ .....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç .....	2
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ .....	3
2.1. Genel Bilgiler .....	7
2.1.1 Vana çeşitleri ve kullanım alanları .....	7
2.1.1.1 Vananın Tanımı .....	7
2.1.1.2 Vanaların Sınıflandırılması .....	7
2.1.2 Çalışma Prensipleri Yönünden Vanalar.....	8
2.1.2.1 Gate Vanalar .....	8
2.1.2.2 Globe Vanalar.....	9
2.1.2.3 Pistonlu Vanalar .....	11
2.1.2.4 Kelebek Vanalar .....	12
2.2 Kavitasyon.....	14
2.2.1 Kavitasyon tanımı .....	14
2.2.2 Kavitasyon çeşitleri.....	16
2.2.2.1 Uç ve Göbek Kavitasyonu .....	16
2.2.2.2 Kabarcık ( Bubble) Kavitasyonu .....	17
2.2.2.3 Tabaka ( Sheet ) Kavitasyonu.....	18



2.2.2.4 Kök ( Root ) Kavitasyonu.....	19
2.2.2.5 Pervane ve Tekne Girdap Kavitasyonu (PHV).....	20
2.2.3 Kavitasyon Etkileri .....	21
2.2.3.1 Gürültü.....	21
2.2.3.2 Titreşim.....	22
2.2.3.3 Aşınma.....	22
2.2.3.4 Verim kaybı .....	23
3. MATERYAL VE METOD .....	24
3.1 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği .....	24
3.2 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Mantığı ile Çalışan Bilgisayar Programları ...	24
3.2.1 Fluent .....	24
3.2.2 FlowMaster .....	25
3.2.3 Gambit .....	26
3.2.4 Tgrid.....	26
3.2.5 Icepak.....	26
3.2.6 Polyflow .....	27
3.2.7 Mixsim .....	27
3.3 Autodesk Simulation CFD Programının Ara yüzü .....	28
3.3.1 Malzeme.....	32
3.3.2 Sınır Şartları.....	34
3.3.3 Mesh Yapısı .....	35
3.3.4 Çözüm.....	36
4. ANALİZ VE HESAPLAMALAR.....	38
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	82
6. KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	85

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

°C	Santigrat derece
°	Derece
$\Delta p$	Basınç Farkı
H1	Vana girişindeki basınç
H2	Vana çıkışındaki basınç
V	Kesitteki hız
Hatm	Atmosfer basıncı

### Kısaltmalar

---

CFD	Computational Fluid dynamics
HAD	Hesaplmalı akışkanlar dinamiği
CAD	Computer Aided Design
BEM	Boundry Element Method

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1 Hız grafiği sonuçları.....	37
Şekil 3.2 Basınç grafiği sonuçları .....	37
Şekil 4.1 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	38
Şekil 4.2 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar).....	38
Şekil 4.3 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	38
Şekil 4.4 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar).....	39
Şekil 4.5 Klape açıklığı 40° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	39
Şekil 4.6 Klape açıklığı 40° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar).....	39
Şekil 4.7 Klape açıklığı 50° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	39
Şekil 4.8 Klape açıklığı 50° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar).....	40
Şekil 4.9 Klape açıklığı 60° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	40
Şekil 4.10 Klape açıklığı 60° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar).....	40
Şekil 4.11 Klape açıklığı 70° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	40
Şekil 4.12 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar).....	41
Şekil 4.13 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	41
Şekil 4.14 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$ Bar, $P_C = 0$ Bar).....	41
Şekil 4.15 60° deki min. ve max. Basınç .....	42
Şekil 4.16 60° deki min. ve max. Hız.....	43
Şekil 4.17 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	44
Şekil 4.18 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar).....	44

Şekil 4.19 Klape açıklığı 30°'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	44
Şekil 4.20 Klape açıklığı 30°'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	44
Şekil 4.21 Klape açıklığı 40°'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	45
Şekil 4.22 Klape açıklığı 40°'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	45
Şekil 4.23 Klape açıklığı 50°'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	45
Şekil 4.24 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	45
Şekil 4.25 Klape açıklığı 60°'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	46
Şekil 4.26 Klape açıklığı 60° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	46
Şekil 4.27 Klape açıklığı 70° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	46
Şekil 4.28 Klape açıklığı 70° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	46
Şekil 4.29 Klape açıklığı 80° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	47
Şekil 4.30 Klape açıklığı 80° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	47
Şekil 4.31 Klape açıklığı 20° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	48
Şekil 4.32 Klape açıklığı 20° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	48
Şekil 4.33 Klape açıklığı 30° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	49
Şekil 4.34 Klape açıklığı 30° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	49
Şekil 4.35 Klape açıklığı 40° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	49
Şekil 4.36 Klape açıklığı 40° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	49
Şekil 4.37 Klape açıklığı 50° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	50
Şekil 4.38 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	50
Şekil 4.39 Klape açıklığı 60° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	50
Şekil 4.40 Klape açıklığı 60° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	50

Şekil 4.41 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	51
Şekil 4.42 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	51
Şekil 4.43 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	51
Şekil 4.44 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	51
Şekil 4.45 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	53
Şekil 4.46 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	53
Şekil 4.47 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	53
Şekil 4.48 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	53
Şekil 4.49 Klape açıklığı 40° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	54
Şekil 4.50 Klape açıklığı 40° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	54
Şekil 4.51 Klape açıklığı 50° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	54
Şekil 4.52 Klape açıklığı 50° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	54
Şekil 4.53 Klape açıklığı 60° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	55
Şekil 4.54 Klape açıklığı 60° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	55
Şekil 4.55 Klape açıklığı 70° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	55
Şekil 4.56 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	55
Şekil 4.57 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	56
Şekil 4.58 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 0$ Bar) .....	56
Şekil 4.59 Kavitasyon oluşan bölge .....	58
Şekil 4.60 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	60
Şekil 4.61 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	60
Şekil 4.62 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	60

Şekil 4.63 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	60
Şekil 4.64 Klape açıklığı 40° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	61
Şekil 4.65 Klape açıklığı 40° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	61
Şekil 4.66 Klape açıklığı 50° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	61
Şekil 4.67 Klape açıklığı 50° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	61
Şekil 4.68 Klape açıklığı 60° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	62
Şekil 4.69 Klape açıklığı 60° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	62
Şekil 4.70 Klape açıklığı 70° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	62
Şekil 4.71 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	62
Şekil 4.72 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	63
Şekil 4.73 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$ Bar, $P_C = 1$ Bar) .....	63
Şekil 4.74 60° ‘deki Hız değişimi .....	64
Şekil 4.75 60° ‘deki Basınç değişimi .....	64
Şekil 4.76 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	66
Şekil 4.77 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	66
Şekil 4.78 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	66
Şekil 4.79 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	66
Şekil 4.80 Klape açıklığı 40° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	67
Şekil 4.81 Klape açıklığı 40° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	67
Şekil 4.82 Klape açıklığı 50° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	67
Şekil 4.83 Klape açıklığı 50° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	67
Şekil 4.84 Klape açıklığı 60° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	68

Şekil 4.85 Klape açıklığı 60° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	68
Şekil 4.86 Klape açıklığı 70° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	68
Şekil 4.87 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	68
Şekil 4.88 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	69
Şekil 4.89 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$ Bar, $P_C = 2$ Bar) .....	69
Şekil 4.90 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	70
Şekil 4.91 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	70
Şekil 4.92 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	70
Şekil 4.93 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	70
Şekil 4.94 Klape açıklığı 40° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	71
Şekil 4.95 Klape açıklığı 40° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	71
Şekil 4.96 Klape açıklığı 50° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	71
Şekil 4.97 Klape açıklığı 50° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	71
Şekil 4.98 Klape açıklığı 60° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	72
Şekil 4.99 Klape açıklığı 60° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	72
Şekil 4.100 Klape açıklığı 70° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	72
Şekil 4.101 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	72
Şekil 4.102 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	73
Şekil 4.103 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$ Bar, $P_C = 3$ Bar) .....	73
Şekil 4.104 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_C = 4$ Bar) .....	75
Şekil 4.105 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_C = 4$ Bar) .....	75
Şekil 4.106 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_C = 4$ Bar) .....	75

Şekil 4.107 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	75
Şekil 4.108 Klape açıklığı 40° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	76
Şekil 4.109 Klape açıklığı 40° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	76
Şekil 4.110 Klape açıklığı 50° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	76
Şekil 4.111 Klape açıklığı 50° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	76
Şekil 4.112 Klape açıklığı 60° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	77
Şekil 4.113 Klape açıklığı 60° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	77
Şekil 4.114 Klape açıklığı 70° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	77
Şekil 4.115 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	77
Şekil 4.116 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	78
Şekil 4.117 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$ Bar, $P_Ç = 4$ Bar) .....	78
Şekil 4.118 Kavitasyon oluşan bölge .....	80
Şekil 4.119 Çıkış basıncının kavitasyon oluşmasına etkisi.....	81



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1 Hız – Basınç dağılımı.....	37
Çizelge 4.1 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=1$ Bar $P_C=0$ Bar).....	42
Çizelge 4.2 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=1$ Bar $P_C=0$ Bar).....	43
Çizelge 4.3 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=2$ Bar $P_C=0$ Bar).....	48
Çizelge 4.4 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=2$ Bar $P_C=0$ Bar).....	48
Çizelge 4.5 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=3$ Bar $P_C=0$ Bar).....	52
Çizelge 4.6 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=3$ Bar $P_C=0$ Bar).....	52
Çizelge 4.7 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=4$ Bar $P_C=0$ Bar).....	56
Çizelge 4.8 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=4$ Bar $P_C=0$ Bar).....	56
Çizelge 4.9 Suyun farklı sıcaklıklarda buharlaşma basıncı değerleri .....	57
Çizelge 4.10 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=2$ Bar $P_C=1$ Bar).....	65
Çizelge 4.11 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=2$ Bar $P_C=1$ Bar).....	65
Çizelge 4.12 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=4$ Bar $P_C=2$ Bar).....	69
Çizelge 4.13 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=4$ Bar $P_C=2$ Bar).....	69
Çizelge 4.14 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=6$ Bar $P_C=3$ Bar).....	73
Çizelge 4.15 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=6$ Bar $P_C=3$ Bar).....	73
Çizelge 4.16 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=8$ Bar $P_C=4$ Bar).....	78
Çizelge 4.17 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=8$ Bar $P_C=4$ Bar).....	78

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 2.1</b> Gate Vanalar .....	8
<b>Resim 2.2</b> Globe Vanalar .....	10
<b>Resim 2.3</b> Pistonlu Vanalar.....	11
<b>Resim 2.4</b> Kelebek vana.....	12
<b>Resim 2.5</b> Uç Kavitasyon Oluşumu .....	16
<b>Resim 2.6</b> Göbek kavitasyon oluşumu.....	17
<b>Resim 2.7</b> Kabarcık kavitasyonu.....	17
<b>Resim 2.8</b> Pervane etrafındaki kabarcık kavitasyonu .....	18
<b>Resim 2.9</b> Tabaka kavitasyonu .....	19
<b>Resim 2.10</b> Kök kavitasyon .....	20
<b>Resim 2.11</b> PHV kavitasyon .....	21
<b>Resim 3.1</b> Solidworks-Autodesk CFD eklenti durumu .....	28
<b>Resim 3.2</b> Yapılacak analiz için verilmiş değerler.....	29
<b>Resim 3.3</b> Hazırlanan modelin Simulation CFD programına atılması .....	29
<b>Resim 3.4</b> Senaryo menüsü .....	30
<b>Resim 3.5</b> Modelin CFD programına atılmış hali.....	30
<b>Resim 3.6</b> Gruplama işlemi.....	30
<b>Resim 3.7</b> Gruplama ağacı .....	31
<b>Resim 3.8</b> Grup ekleme.....	31
<b>Resim 3.9</b> İşlem ağacı .....	32

<b>Resim 3.10</b> Malzeme ataması .....	33
<b>Resim 3.11</b> Bölge seçimi .....	33
<b>Resim 3.12</b> Simetri Yüzeyi .....	34
<b>Resim 3.13</b> Simetri ilişkisi .....	34
<b>Resim 3.14</b> Giriş ve çıkış sınır şartları .....	35
<b>Resim 3.15</b> Mesh menüsü .....	35
<b>Resim 3.16</b> Akışkanın ve klapenin meshlenmiş hali .....	36
<b>Resim 3.17</b> İterasyon sayısı.....	36
<b>Resim 3.18</b> Akış tipi.....	36

## 1. GİRİŞ

Sanayideki rekabet, kaliteli ürün gelişmesine her zaman zemin hazırlamıştır. Üreticiler 'de pazardaki paylarını korumak hatta arttırmak amacıyla hali hazırda bulunan ürünlerini geliştirmiş veya yeni ürünler tasarlayarak pazara sunulmasını sağlamıştır. Tüm üreticiler rakiplerine göre daha teknolojik, güvenilir, maliyeti daha düşük ve maksimum kaliteye sahip ürünleri tasarlayıp üretme gayreti içindedir. Rekabet edilecek bir ürün ortamı için iyi bir tasarım ve üretim şartları gerekmektedir. Özellikle tasarım çok önemli yere sahiptir. Geliştirilen ürünün pazardaki yeri ve rakiplerine göre sahip olması gereken avantajlar bu safhada araştırılıp yapısal özellikleri belirlenir. Teorik tasarım aşamasından sonra prototip yani ilk örnek ürün yapılıp çeşitli ürün üzerinde farklı teknikte testler uygulanmakta ve sonuçları izlenmektedir. Şayet sonuçlar beklenildiği gibi gelirse, bu koşulları yerine getiren ürünün, seri imalatı ve pazara sunulması için çalışmalara başlanılır. Prototip ürünün üretilmesi ve uygulamalardaki testlerinin yapılması oldukça zaman alan ve maliyetli bir süreçtir. Geliştirilen prototipin'in uygulamadaki alanını görmek, denemek, ve olumsuzlukların giderilmeye çalışması işlemi, zaten maliyetli olan süreci daha' da çıkmaz yola sürükleyerek maliyetleri arttırır. Bunun için tasarımcı kişi prototip safhasına geçmeden önce yaptığı tasarımın ve sonuçlarından emin olması gerekmektedir.

Gelişen bilgisayar teknolojisi ile prototip üretime geçilmeden önce, bilgisayar ortamında ürünün tüm parçaları oluşturulmakta ve gerçekte olduğu gibi montajı yapılmaktadır. Böylece ürünümüzün üretime elverişliliği kontrol edilmektedir. Ayrıca üretilen prototip içinde gerekli teknik resimler oluşturulabilmektedir. Bilgisayar teknolojisinin sunduğu imkânlardan bir başkası' da uzun zaman gerektirecek ve yüksek maliyetli olan ön denemelerin bilgisayar ortamında yapılabilmesidir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği mantığıyla çalışan programlar, ürünlerin akışkan ile ilişkili analizlerini yapmakta, akışın denklemlerini sayısal yöntemler ile çözmekte ve çıkan sonuçları sayısal ve görsel olarak karşımıza sunmaktadır. Bu programlar ürün tasarımında sağladıkları avantajlardan dolayı araştırma geliştirme yapan firmalar için vazgeçilmez hale gelmiştir.

Tesisat elemanları içinde önemli yere sahip olan kelebek vanaların tasarım aşamasından sonra, gerçekteki çalışma koşulları tanımlanarak bilgisayar ortamında sayısal yöntemlerle analizi yapılabilmektedir. Sonlu elemanlar analizleri ile tasarımın müşteri isteklerini karşılayıp karşılamadığı sorusuna fiziksel prototip üretilmeden önce, bu aşamada yapısal olarak cevap aranır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizleri ile' de müşterilerin çalışma koşullarına ve isteklerine göre doğru ürün seçmesine yardımcı olur.

## **1.1 Amaç**

Bu çalışmada DN 200 standardın da ki kelebek vananın, farklı klape açılarında giriş ve çıkış değerleri arasındaki farklar korunarak atmosfere açılan ve açılmayan yani devre içinde devam eden akışkanın hangi açılarda kavitasyon etkisi göstereceği CFD Simulation paket programı yardımıyla hesaplanmıştır. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilerek nümerik olarak çözümlenen modelin, pahalı deney yöntemlerinin yerine geçip geçmeyeceğine karar verilmiştir.

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Birçok mühendislik hesaplamaları içinde kavitasyon üzerine yapılan çalışmaların çok fazla olduğu dikkat çekmektedir. Bunun en önemli nedeni, sözü edilen vana, gemi pervaneleri ve diğer makinelerde yüksek verim artışına paralel olarak kavitasyon olayının çok sık ortaya çıkması ve kaçınılmaz bir durum haline gelmesidir. Kavitasyon ile ilgili çalışmalar vanalar ile olan ilişkisinden ziyade gemi pervanelerinde ki kavitasyon araştırmalarında yoğunlaşmıştır.

Kavitasyon olayının geçmişine bakıldığında, izlerinin 18.yy'ın ortalarına kadar uzandığı görülmektedir. Ünlü İsviçreli matematikçi Euler, 1754 yılında Berlin Bilim ve Sanat Akademisi'nde sunduğu bir makalede, bu konu ile ilgili açıklamalarda bulunmuş, özellikle o dönemde kullanılan su çarklarında meydana gelen ve bu su çarkların performansına da etki eden kavitasyon kavramını ifade etmiştir (Carlton,1994).

Sandalcı, ve ark. Çalışmalarında vana sektöründe tesisatlarda çabuk açma ve kapama durumları için ideal bir tasarım olan kelebek vanalarda, farklı akış hızlarında ve farklı klape açılarında basınç kayıpları ölçülmüş, sonuçları irdelenmiştir (Sandalcı, 2009 ).

Yapılan diğer bir çalışmada, pompalarda kavitasyon ve karakteristiğinin deney ve sonlu hacimler yöntemiyle incelenmiş ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı olan Fluent paket programı ile de karakteristik eğrileri çıkarılmıştır (Değer, 2005).

Başka bir çalışmada ise kelebek vanalardaki sıkıştırılabilir akışları Fluent programı yardımıyla analizleri yapılarak klape yüzeyinde ve etrafında ortaya çıkan kuvvetler açısından değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca klape açıklığının 30° 40° ve 60° olduğu durumda, basınç değerlerinin tahmininde tekrar Fluent programı kullanılarak yaklaşık değerlerin, deneysel sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır (Leutwyler ve Dalton, 2006 ).

Hsiao ve Chahine (2003,2004), kavitasyon kabarcığının küreye benzer bir yapıya sahip olduğu varsayımıyla çekirdek dinamiğini ele almışlardır. Bu model, sıvının sıkıştırılabilirliği, kabarcık bileşeninin sıkıştırılabilirliği, sıcak akışkan ve kabarcık arasındaki kayma hızı ve kabarcık yüzeyi boyunca düzensiz basınç alanı gibi özellikleri kapsamaktadır. Bu araştırmacılar, kabarcık yüzeyi üzerinde oluşan sıvı basınç dağılımını göz önünde bulundurmak için bir model ileri sürmüşlerdir. Bu model, kabarcık merkezinde basıncı kullanan klasik küresel kabarcık modelinin üzerinde önemli bir gelişme olarak kabul edilmiştir. Bu kabarcık modeli; kavitasyon başlangıcı, ölçek, kabarcık yığılması ve kavitasyon kaynaklı gürültü çalışmaları için verimli bir araç olarak irdelenmiştir.

Kabarcık parçalanma davranışının deneysel incelemeleri Choi ve Chahine (2003,2004) ve Rebow ve arkadaşları (2004)'de gerçekleştirilmiştir. Deneysel olarak gözlemlenen bu kabarcık patlaması davranışları, girdap kavitasyonunun başlangıcındaki yüksek gürültü, kabarcıkların parçalanması veya parçalanmadan hemen sonra jet yapıların şekil almasından dolayı meydana gelebilir olduğunu kabul eden bir hipotezi desteklemiştir. Rebow vd. (2004), bir foil gerisinde uzanan uç girdabın akış alanını gösteren ve kabarcıklar üreten bir laser kullanarak deneyler yapmış ve sonuçlarını incelemiştir.

Korkut ve arkadaşları (1999), gemi pervanelerindeki kavitasyon başlangıcı ve gürültü üzerinde viskozite ile ölçek etkilerini sistematik olarak deneysel bir çalışma ile incelemiştir. Bu çalışmada, Meridyen tip bir pervanede oluşan kanat ucu girdap ve tabaka kavitasyonu ve pervane gürültüsü ölçülmüş ve bunlar üzerindeki serbest akım türbülansının, giriş kenarındaki pürüzlülüğün ve sudaki çözünmüş gaz oranının etkileri araştırılmıştır.

Hesaplama akışkanlar dinamiği için doğru veri ihtiyacı, aynı zamanda kavitasyon tüneline yapılan incelemelerde yüksek hızlı video ve kamera teknolojisinin ilerlemesine de katkıda bulunmaktadır. Görüntü işleme yazılımı ve donanımındaki sürekli gelişmeler, klasik video kameralar ile görüntülenemeyen karmaşık ve yüksek hızlı akışlar olarak nitelendirilen akışları inceleme kabiliyetini arttırmaktadırlar.

Sözü edilen akış olayları; kavitasyon başlangıcı, kabarcık gelişimi patlaması ve kavitasyon erozyon gibi yüksek hızlı akışları içermektedir.

Berntsen vd.(2001), tabaka ve uç girdap kavitasyonunu nümerik olarak modellemek için FLUENT paket programını tercih etmişlerdir. Uygulama olarak da iki boyutlu NACA 0015 ve üç boyutlu NACA 662 – 415 profilini ele almışlardır.

Griffin (1998), daha verimli pervane kanatlarına ulaşabilmek için doğrusal olmayan bir optimizasyon metodu ile birlikte kavitasyonlu gemi pervaneleri için kaldırıcı yüzey metodunu kullanarak iki parçadan oluşan bir pervane analiz türü geliştirmiştir.

Avrupa ve Amerika’da 1920 ve 1930’ların başlarında çok daha büyük kavitasyon tünelleri inşa edilmeye başlanmıştır. Bu tarihten itibaren, kavitasyon incelemeleri için gerek kavitasyon tünellerinde yapılan deneyler gerekse sayısal modeller yardımıyla birçok çalışmalar yapılmış ve şuan da bile yapılmaya devam etmektedir. 1950’lerden sonra bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle beraber bu konuda, çok önemli ilerlemeler sağlanmıştır.

En genel anlamda, kaldırıcı yüzeyler ( pervane kanatları vb.) üzerinde görülen kavitasyon olayı ile ilgili olarak yapılan teorik çalışmalar potansiyel akış teorisini temel alan “lineer kavitasyon teorileri” ile “lineer olmayan kavitasyon teorileri” ne dayanmaktadır. Lineer kavitasyon teorisi, ilk olarak Tulin (1953) tarafından ortaya atılmıştır. Tulin, bir hidrofoilin kalınlığının artması ile sabit akış koşulları altında kavitasyon boyu ve büyüklüğünün daima arttığını göstermiştir.

Dang ve Kuiper (1998), iki boyutlu kesitler üzerinde kısmi kavitasyonlu akışı önceden tahmin eden panel metota dayalı bir potansiyeli, re-entrant jet sınır modeli kullanarak incelemiştir. Burada, kavitasyon şekli ve boyu verilen kavitasyon sayısı için belirlenmektedir. Çalışmada, re-entrant jet yüzeyi, kavitasyon tam olarak gelişmiş olduğu için otomatik olarak şekillenmektedir.



Kinnas (1994), kısmi veya süper kaviteyonlu hidrofoiller etrafındaki viskoz ve viskozitesiz akışı, Drela (1989) tarafından geliştirilen bir sınır tabaka çözümü ile BEM'e dayalı viskozite içermeyen çözüm metodundan meydana gelen başka bir metot ile incelemiştir. Bu uygulamada, viskozite içermeyen kaviteyonlu akış modeli, tam olarak lineer olmayan sınır eleman metoduna, viskoz akış modeli ise hidrofoil yüzeyi ile kaviteyon yüzeyinden meydana gelen yüzeye uygulanan sınır tabaka teorisine dayanmaktadır.

## **2.1. Genel Bilgiler**

### **2.1.1 Vana çeşitleri ve kullanım alanları**

#### **2.1.1.1 Vananın Tanımı**

Başta su ve hava olmak üzere, çeşitli akışkanları kontrol altında tutmak, bu akışkanların; geçişini veya durdurulmasını sağlamak, debisini ayarlamak, geri dönüşünü engellemek, akış yönünü değiştirmek, akış basıncını sınırlamak ve akış emniyetini sağlamak gibi amaçlara ulaşmak için kullanılan mekanik cihazlara vana denir.

Genel olarak bir vanadan beklenen temel özellikler;

- İlgili standartlara uygun olarak üretilmesi
- Uygun akış formunun sağlanabilmesi
- Gürültülü çalışmaması
- Sızdırmazlığın sağlanması
- Korozif etkilere karşı dirençli olması
- Kullanımının kolay ve anlaşılır olması
- Ani basınç düşüşlerine maruz bırakmamalı
- Bakım ve onarımının kolay yapılabilir olması

#### **2.1.1.2 Vanaların Sınıflandırılması**

Vanalar akış kontrol şekline, bağlantı şekillerine, akış yönüne, imalat ve malzeme durumuna göre birçok farklı sınıfta değerlendirilir.

## 2.1.2 Çalışma Prensipleri Yönünden Vanalar

### 2.1.2.1 Gate Vanalar

Bu vanalar tam açma ve kapama gerektiren devrelerde kullanılırlar. Açık konumda düzgün akış sağlarlar. Basınç düşüşü bu vana tiplerinde yok denecek kadar azdır. Gate vanalar kısma ve debi ayar amaçlı kullanılmazlar. Yarı açık pozisyonlarda kullanılmaları halinde yüksek akış hızı nedeniyle vibrasyona, sürgünün gövde sızdırmazlık yüzeylerine çarpması nedeniyle kalıcı deformasyonlara neden olurlar.



**Resim 2.1** Gate Vanalar

Adından da anlaşılacağı üzere; akışkan geçişini engelleyen veya izin veren parça kapı (gate) işlevi görür. Vana kolu açma yönünde çevrildiğinde içindeki kapı (gate) parçası yukarı doğru hareket ederek geçişe izin verir. Kol tam tersi yönde çevrildiğinde ise kapı (gate) parçası tekrar aşağı doğru hareket ederek geçişi kapatır.

Avantajları;

- Tam açık vana, akış için direnci oldukça düşük, düzgünce bir geçiş sağlar.
- Her iki taraftan akış için de kullanılabilirler.
- Vana herhangi bir konumda monte edilebilir. Ancak, milin yere dik ve volanın üstte olması tercih edilir.
- Büyük anma ölçülerinde bile kısa vana boyu söz konusudur.
- Ucuzdurlar ve rahat bulunabilirler.

Dezavantajları;

- Kontrol için yarım açık tutulduğunda, sürgü titreşerek gürültü çıkarıp, sitlere çarpabilir.
- Tam sızdırmazlık istenen tesisatlar için uygun değildir.
- Uzun strok yüzünden açma kapama süreleri uzar.
- Ölü hacim içermektedirler. Vana içinde kalıntılar birikebilir. Bu kalıntı birikimi, vananın çalışmasını engelleyecek boyutta olabilir. Bakım ihtiyacı fazladır.
- Yarım açık pozisyonda, debi yüksek ise, sürgü titreşmeye ve gürültü ile yan sitlere çarpmaya başlar. Bu da sızdırmazlık yüzeylerinde bozulmalara yol açar.

### **2.1.2.2 Globe Vanalar**

Globe Vanalar, yüksek basınç ve sıcaklıklarda kullanılmaya uygun vanalardır. Basınç kayıpları diğer vanalara göre daha fazladır. Düşey hareketli sübap ile yatay duran metal sitin, yüzey yüzeye oturmasıyla iç sızdırmazlık sağlanır. Resim 2.2 de globe vananın resmi görülmektedir.



**Resim 2.2** Globe Vanalar

Gövdeden atmosfere olan sızdırmazlık, tel örgülü grafit conta veya grafit conta ile sağlanır. Vananın milinden itibaren olan sızdırmazlık ise, elastiki sızdırmazlık ringlerinden oluşan salmastra kutusu ile sağlanmaktadır.

Globe vanaların kullanıldığı bazı akışkanlar; su, sıcak su, kızgın su, buhar, kızgın yağ, basınçlı hava, akaryakıt, LPG, ısı transfer yağları ve kimyasal akışkanlardır.

Avantajları;

- Hassas olarak akış sağlar
- Yüksek basınçlara ve sıcaklıklara uygun çeşitleri vardır
- Devamlı olarak bakım gerektirmez
- Sürekli olarak açılıp kapanmaya karşı dayanıklıdır
- Sızdırmazlık yüzeylerinde aşınma olmaz

Dezavantajları;

- Basınç kayıpları fazladır.
- Akışa sadece tekyönlü olarak izin verilir.
- Vana içinde kalıntı gerilmelerin oluşma ihtimali yüksektir.

### 2.1.2.3 Pistonlu Vanalar

Pistonlu vanalar, bir milin ucuna bağlı pistonun, akışkan geçiş deliğine yerleştirilmiş, metal olmayan conta paketleri içinden geçirilip, indirilip, kaldırılması ile akışkan geçişini kesip, açarak görevlerini yerine getirirler.



**Resim 2.3** Pistonlu Vanalar

Çalışma sıcaklıkları 100C'den +500C'ye kadar genişleyebilmektedir. Ancak, genellikle 100C ve +3000C aralığı için imal edilmektedirler. Sıcak ve Soğuk Su Tesisatları, Buhar Tesisatları, Kızgın Yağ Tesisatlarında kullanılırlar.

Avantajları;

- Akış kontrolü sağlarlar.
- Metal pistonun, metal olmayan conta paketlerine çevresel sıkı teması ile iyi bir sızdırmazlık sağlanır.
- Pistonun evresi, conta paketleri tarafından açma, kapama sırasında, sıyırılarak ilerlediği için, katı partikül içeren sıvılar için de kullanılabilir.
- Gaz akışkanlar için de uygundur.

- Pistonlar metal olmayan contalar içinde hareket ettiği için, kolay kolay aşınmaz, Aşınan contalar ise kolayca yenilenebilir.

Dezavantajları;

- Yapıları itibarı ile basınç kayıpları fazladır.
- Ölü hacim içermektedirler. Vana içinde kalıntılar birikebilir.
- Büyük anma ölçülerinde, açma kapama miline çok büyük kuvvetler etkimektedir.
- Bu kuvvet, kapamayı zorlaştırmaktadır. DN 65'ten büyük anma ölçülerinde Denge pistonlu tip vanaya geçmek uygundur.

#### 2.1.2.4 Kelebek Vanalar

Kelebek vanalar, ilk üretilmeye başlandıkları 1960'lı yıllardan itibaren önemli bir proses kontrol elemanı olmuş, mükemmel kontrol karakteristikleri, %100 sızdırmazlıkları ve düşük basınç kayıpları gibi özelliklerinden dolayı kullanım alanına göre kısa sürede küresel ve glob vanaların yerini almışlardır. Resim 2.4 de kelebek vana görülmektedir.



**Resim 2.4** Kelebek vana

Akışkan kontrolünde özellikle de su ve sıcak su tesisatlarında yaygın olarak kullanılan kelebek vanalar, adını disk (klape) ve milin kombinasyonunun şeklinden alır. Konstrüksiyonu basittir. Vana gövdesi ile vana iç çapının büyüklüğü birbirine çok yakındır. Disk, dikey eksen boyunca mil ile desteklenmiştir. Disk, akış yönünde dik olarak duruyorsa akışkan durdurulmuştur. Yani vana kapalı pozisyonda demektir. Kelebek vanalar, kullanılacak akışkan ortamı ve çevresel faktörlere göre 'de oldukça geniş malzeme alternatifleri ile kullanıcıya seçim yapabilme olanağı sağlarlar.

Alternatiflerine nazaran hafif ve ekonomik olmaları, sızdırmazlık konusunda güvenilirlikleri, 90° hareketle kolay açılıp kapanmalarından ve otomasyona kolay uygulanabilme özelliklerinden dolayı kısa sürede yaygın olarak kullanılan sürgülü vanaların yerini almışlardır. Kelebek vanaların diğer önemli özelliklerinden biri de çift yönde sızdırmazlık sağlayabilmeleridir.

Kelebek vanaların uygulama sınırları elastomer conta'nın (sit) akışkana gösterdiği direnç ile sınırlıdır. Son dönemlerde geliştirilen yeni conta malzemeleri ve tasarımlar, kelebek vanaları, kritik proses uygulamalarında diğer sürgülü ve glob vanaların yerini alabilecek önemli bir alternatif haline getirmiştir.

Sentetik elastomerlerdeki gelişmeler ve bunların vana conta malzemesi olarak kullanılması kelebek vanaları hem kimyasal direnç ve hem de uygulama sıcaklığı olarak çok geniş bir alanda kullanabilme olanağı sağlamıştır.

Avantajları;

- Daha küçük, daha hafif, daha ekonomiktir
- Açma, kapama ve akış kontrolü yapılıır.
- Çökeltilerden etkilenmez.
- Metal metale sürtünme olmadığı için çizilmez.
- Hidrolik ve Pnömatik kumanda mekanizmaları kolay bir şekilde uygulanır
- Düşük basınç kayıpları oluşur.
- Sıkışma meydana gelmez ve lastik contası kolayca değiştirilir.



Dezavantajları;

- Yüksek basınçlar için uygun değildir.
- Ani açma kapama koç darbeleri yaratabilir.
- Kaplamalı vanalarda, elastomerin sıcaklık dayanımına bağılı olarak, nispeten düşük çalışma sıcaklıkları söz konusudur.

## 2.2 Kavitasyon

### 2.2.1 Kavitasyon tanımı

Bilindiğı üzere akışkanlar belirli bir basınç altında buharlaşır. Buharlaşma basıncıda sıcaklığa bağılı olarak değışir. Akışkan herhangi bir dar kesitten gezerken yüksek hızlara ulaştığı bölgede lokal basınç değışmeleri meydana gelir. Eğer bu basınç değeri buharlaşma basıncı altına düşecek olursa "Kavitasyon" adını verdiğimiz durum meydana gelir. Örnek olarak, pompalar, pervaneler, vana ve türbinlerde sıklıkla karşılaşılan durumdur. Kısaca Kavitasyon, akışkanın kullanıldığı her yerde basınç ve hız değışimleri sonucu karşılaştığımız bir olaydır.

Bernoulli prensibine göre, akışkan içerisindeki hız artışı basıncın azalmasına neden olur. Başka bir deyişle, basınçtaki azalma suyun kaynama noktasını ortam sıcaklığına kadar düşürebilir. Bu durumda içinde su buharı ve erimiş gazlar bulunan, hava kabarcıkları içeren bir tür soğuk kaynama meydana gelir. Bu olay "kavitasyon" olarak bilinir. Kavitasyon, kaynama olayından farklı bir olaydır. Çünkü kaynama olayındaki buharlaşma sabit basınçta sıcaklık artırımı ile meydana gelirken kavitasyon olayındaki buharlaşma ise hemen hemen sabit sıcaklıkta basınç düşümü ile meydana gelir. Buharlaşmanın meydana gelmesi için bir miktar ısı gerekir, ancak kavitasyonlu akışta bu miktar çok küçüktür. Kavitasyonun tesisatta önlenmesi için tesisatta kesit daralmalarını önlemek gerekir. Bunun için redüksiyon gibi parçalar olabildiğince az kullanılmalı, keskin dönüşlü boru ve bağlantı parçalarından ya da yüzeyi düzgün olmayan boru ya da hortumlardan kaçınılmalıdır.

Pompalarda ise emiş borusunun dar, çok uzun ya da dirsekli olmamasına, emiş filtresinin tıkanmamasına, emilecek yağın çok soğuk olmamasına, emiş hattı vanasının tam açık olmasına ve son olarak da tankın hava almamasına dikkat edilmelidir.

#### Kavitasyonun

- Devre içinde (vana, pompa...) metal yüzeylerinde aşınma
- Verim kayıpları
- Gürültü
- Titreşim
- Akışkan özelliğinin bozulması

gibi zararlı etkileri vardır.

Kavitasyonsuz alışma ortamının sağlanması için, devre içinde her koşulda herhangi bir noktadaki basıncın buhar basıncının altına düşmemesi gerekir. Bunun sağlanabilmesi için vananın bağlı olduğu tesisat parametreleri ile tanımlanan  $\sigma$  sayısının, vananın üreticisi tarafından verilen  $\sigma$  kritik sayısından büyük tutulması gerekir. Vana reticileri ürettikleri vanaların  $\sigma$  kritik değerlerini deneylerle bulup tketickiye vermek durumundadırlar. Uygulamada kullanılan tanımlar ve  $\sigma$  kritik değişimi örnek olarak verilmiştir.

$$\sigma = \frac{H_2 + H_{atm}}{(H_1 - H_2) + \frac{v^2}{2g}} \quad [ 1 ]$$

$H_1$ : Vana girişindeki çıkışındaki etkin basıncı ( mms)

$H_2$ : Vana çıkışındaki etkin basıncı (mss)

$H_{atm}$ : Atmosfer basıncı

$V$ : Vana giriş boru kesitindeki hız (m/s)

## 2.2.2 Kavitasyon çeşitleri

### 2.2.2.1 Uç ve Göbek Kavitasyonu

Pervane ucu kavitasyonu aşırı derecede artmış kanat ucu hızlarında kendini gösterir. Kanat ucu kavitasyonları itmeye karşı sorun teşkil etmez. Ama gürültü ve kanat ucunun erozyona uğramasına sebep olur. Genellikle ilk meydana gelen kavitasyon çeşididir. İlk oluştuğu andan itibaren devir sayısının artması ile yavaş yavaş kanat ucuna doğru hareket eder ve sonunda sanki kanat ucunun bir parçası şeklinde bu kısma tutunur, kanat ucu gerisinde kendisini bir helis şeklinde gösterir. Bu kavitasyon çeşidinin başlangıcını tayin etmek kavitasyon incelemeleri içerisinde yer alan en zor problemdir. Çünkü uç girdap kavitasyonu hem çekirdek oluşumuna hem de viskoz ölçek etkilerine hassas bir kavitasyon türüdür. Bu kavitasyon türü özellikle donanma gemilerinde hıza ve ilk harekete geçme anına etki etmektedir. Göbek girdap kavitasyonu ise her bir pervane kanadının kök kısmından göbeğe doğru saçılan ve akış içindeki moleküller arasındaki bağı bozan zayıf bölgeleri oluşturan kavitasyon çekirdekleri ile oluşur (Resim 2.6).



**Resim 2.5** Uç Kavitasyon Oluşumu

Bu kavitasyon tipi aynı zamanda pervane arkasındaki dümene de zarar verebilir. Göbek kavitasyonundan korunmak için, pervane kanatlarına veya dümene pervane göbek finleri konulabilir. Bu finler akım hızını pervaneye doğru arttırarak akımı düzeltir.

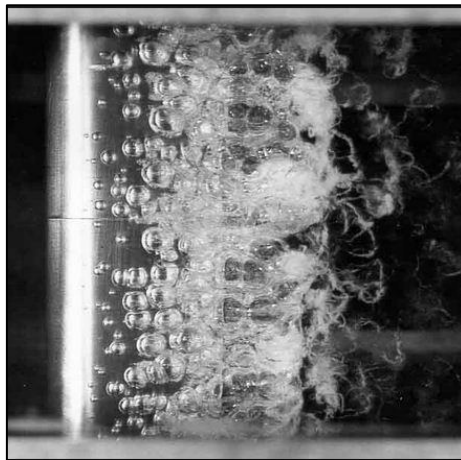


**Resim 2.6** Göbek kavitasyon oluşumu

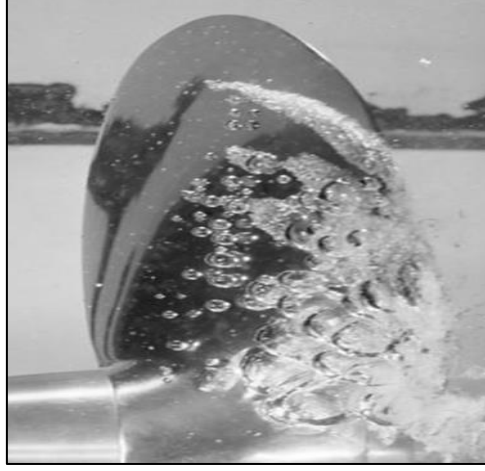
### 2.2.2.2 Kabarcık ( Bubble) Kavitasyonu

Bu tip kavitasyon üzerine ilk çalışma Knopp ve Hollander tarafından 1948 yılında yapılmıştır (Kuiper,1998). Bu araştırmacılar yüksek hızlı fotoğraf tekniğini kullanarak yarı küresel bir yapı üzerinde kabarcık kavitasyonu oluşumunu gözlemlemişlerdir.

Kabarcık kavitasyonu, kanat kesiti üzerinde basıncın en düşük olduğu bölgelerde, kanat ortası civarında oluşur, Kanat kesitinin sehim dağılımı ve kalınlığı kabarcık kavitasyonunun oluşumunda etkilidir. Bu tür kavitasyonda oluşan kabarcıklar büyüyerek kanat yüzeyi üzerinde patlamaya başlarlar. Model ölçeğinde yapılan çalışmalarda, yüksek orandaki kavitasyon çekirdeklerinin etkisi ile bu tip kavitasyonun şiddetli gürültüye sebep olduğu, ancak erozyon yönünden gürültüye göre etkisinin daha az olduğu görülmüştür. Resim 2.7 de kabarcık kavitasyonu'na ait resim verilmiştir.



**Resim 2.7** Kabarcık kavitasyonu



**Resim 2.8** Pervane etrafındaki kabarcık kavitasyonu

### 2.2.2.3 Tabaka ( Sheet ) Kavitasyonu

Büyük hücum açısında çalışan bir pervane kanat kesiti üzerindeki basınç dağılımı şiddetli ve ters bir basınç gradyenine sahip olduğunda akım kesitten ayrılır. Daha sonra kesitin emme tarafında basınç dağılımı değişir ve giriş ucuna yakın bir yerde düşük basınç yüksek bir değere ulaşır. Yani maksimum bir emme meydana gelir. Burada minimum basınç buhar basıncından daha düşük olduğu için tabaka kavitasyonu meydana gelir. Bu şekilde oluşan tabaka kavitasyonu kanat kesitine tutunur ve akım tabaka etrafında hareket eder. Tabaka kavitasyonunun bu şekli “kısmi kavitasyon” olarak da adlandırılır. Şayet oluşan kavitasyon kesitin giriş ucunu geçerek basınç tarafına doğru uzanırsa oluşan bu tabaka kavitasyonu “süperkavitasyon” olarak tanımlanır.

Tabaka kavitasyonunu, uç girdap kavitasyonunu takiben pervane yüklemesinin artması sonucu oluşan bir kavitasyon çeşidi olup, görülen iki etkisi vardır. Bunlardan ilki, bu kavitasyonun gelişmesi ve daha sonra patlaması ile akışkan içinde basınç dalgalanmalarına neden olması, diğeri ise kesitin çıkış ucunda bulut kavitasyonunun oluşumuna öncülük ederek pervane malzemesi üzerinde erozyona neden olmasıdır. Kavitasyon kaynaklı titreşim problemi bu tip kavitasyon nedeniyle oluşur.

Gemi gövdesi, rijit bir yapı olduğundan tabaka kavitasyonunun ürettiği basınç dalgalarını bünyesinde toplar. Böylece, gemi gövdesinde büyük kuvvetlerin dolayısı ile titreşimlerin oluşmasına neden olur. Bu olaya serbest yüzey etkisi de dahil olursa sistem daha karmaşık hale gelir.

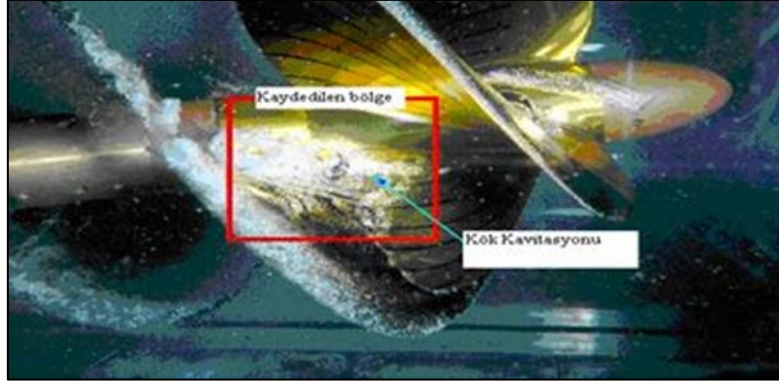


**Resim 2.9** Tabaka kavitasyonu

#### **2.2.2.4 Kök ( Root ) Kavitasyonu**

Bu kavitasyon türü, pervane kanadının kök kısmında meydana gelen ve kama şekline benzer bir yapıya sahip olup genelde nadir görülmektedir. Küçük, aşırı yüklü pervanelerde ve CPP pervanelerinde gözlemlenebilir. Kök bölgesinde, kanat kesitine ait maksimum kalınlık noktasının yakınlığında sırt kısmında oluşabilir.

Kök kavitasyonu, shaft braketleri gibi takıntılardan dolayı oluşan dalga iz etkisi ve eğimli bir shaftın oluşturduğu at nalı şeklindeki girdap akımları nedeni ile meydana gelmektedir. Kök kavitasyonunu önlemenin bir yolu kanat kesitinin basınç tarafından kanat köküne doğru küçük bir delik açılması ve böylece emme tarafının kaldırma etkisini hafifletmektir. Delik, genellikle kökün hemen dışındaki kanat kesitinin kort ortasına yerleştirilmektedir. Bu deliğin çapı, 800-1000 mm arasında değişen çaplara sahip pervanelerde 10 mm civarındadır. Kanatlar arasında deliklerin konumunun dikkatli bir şekilde uyum göstermesi amaçlanmalıdır. Elde edilen tecrübelerle göre, deliğin kanada dik değil, shaft eksenine paralel olacak şekilde açılması ile kök kavitasyonunun önlenileceği belirtilmektedir. Resim 2.10 da kök kavitasyonu'na ait resim verilmiştir.

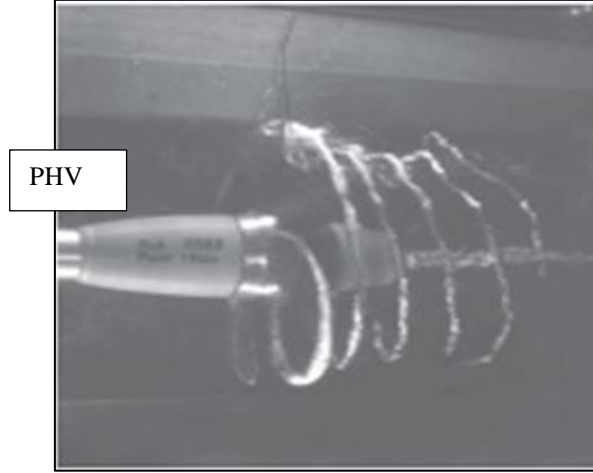


**Resim 2.10** Kök kavitasyon

### **2.2.2.5 Pervane ve Tekne Girdap Kavitasyonu (PHV)**

Girdap kavitasyonunun özel bir şekli olan bu kavitasyon, büyük ve şiddetli bir iz alanı ile pervane etkileşimi sonucunda meydana gelir. Böyle bir durumda, pervane kanadının ucunda meydana gelen girdap tekneye doğru bir şimşek karakterinde sıçrayarak tekne ile birleşir. Kısa bir zaman içinde düzensiz aralıklarla oluşur. Başka bir deyişle, pervanede yüksek oranlarda yük artışı olduğunda pervaneye gelen akım az olur. Bu eksikliği ortadan kaldırmak için pervane dönme esnasında tekne arkasından su çekmeye çalışır. Bu durumda teknedeki pervaneye doğru bir akım hattı oluşur. PHV kavitasyonunun tekneye yakın bölgelerde oluşan farklı akım dağılımları ve türbülans nedeni ile oluştuğu varsayılmaktadır.

PHV kavitasyonunun oluşmasına öncülük eden faktörler; düşük pervane ilerleme katsayısı, pervane ile tekne arasındaki açıklığın düşük olması ve pervane üzerinde düz yüzeylerin bulunmasıdır. Kavitasyonun bu çeşidi, pervane kanadına ve tekneye zarar verir. Geniş bir şekilde yüksek gürültü seviyesine neden olur. PHV kavitasyonu dolgun kışık gemilerde meydana gelebilir. Resim 2.11 de PHV kavitasyonu'na ait resim verilmiştir.



**Resim 2.11** PHV kavitezyon

### **2.2.3 Kavitezyon Etkileri**

Vanalardaki kavitezyon oluşumu, aşağıdaki olumsuzluklara neden olur.

- Gürültü
- Titreşim
- Aşınma (erozyon)
- Verim kaybı

#### **2.2.3.1 Gürültü**

Kavitezyon kabarcığı etrafındaki dış basınç artmaya başladığında kısa bir süre sonra i ve dış bölgelerdeki basınç gradyeni düşer ve kabarcık patlama konumuna gelir. Kavitezyon kabarcıklarının patlaması sonucu yüksek yerel basınçlar oluşur. Bunun sonucu olarak ortaya çıkan şok dalgaları yüksek seviyede gürültü meydana getirir. Başka bir deyişle, kavitezyon başlangıç koşulu gürültü seviyesine etki etmektedir. Kavitezyon gürültüsü, hareket eden kabarcıklar, tabaka kavitezyonu, uç girdap kavitezyonu gibi birçok kavitezyon çeşidi tarafından oluşur. PHV kavitezyonu çok şiddetli gürültü oluşturan bir kavitezyon çeşididir.



Gemi sistemi tarafından üretilen gürültülerin önemli bir bölümü su altında oluşan pervane kaynaklı gürültüdür. Bir gemi pervanesinin su içerisinde basınç dalgaları üretebilmesi ve bir gürültü artışına neden olması için başlıca dört temel mekanizma vardır. Bunlar: Pervane kanat kesitleri tarafından su kütesinin yer değiştirmesi, pervane kanadının dönmesi esnasında emme ve basınç kısımları arasındaki basınç farkı, tekne arkasında pervane kanatlarının değişken iz alanı içinde çalışmasından dolayı oluşan kavitasyon hacminin periyodik olarak değişmesi, bir kavitasyon çekirdeği veya girdabın ani olarak çökmesi, patlamasıdır. İfade edilen oluşumlardan da anlaşılacağı üzere pervane kaynaklı gürültü Kavitasyonsuz pervane gürültüsü ve kavitasyonlu pervane gürültüsü olmak üzere iki kısımdan meydana gelmektedir. Pervane ve özellikle kavitasyon kaynaklı pervane gürültüsü savaş gemileri ve yolcu gemileri için oldukça önemli bir yere sahiptir. Çünkü savaş gemilerinin yerlerinin tespit edilmesine neden olmakta, yolcu gemilerinde ise yolcu ve mürettebatın konforuna olumsuz yönde etki etmektedir.

### **2.2.3.2 Titreşim**

Vana içinde oluşan kavitasyon, vana içinde hacimce büyük bir yere sahiptir. Bu büyük buhar hacminin hareketleri vana içinde şiddetli basınç darbeleri üretir. Hareketli kavitasyon tabakası klape etrafındaki basınç dalgalanmaları, tabakanın vanaya olan mesafesi ile orantılı olarak değişen dalga boylarına sahiptir. Bu nedenle oluşan basınç dalgaları suyun sıkıştırılabilirlik özelliğinden bağımsızdır.

Kavitasyon tarafından indüklenen basınçlar vana içinde titreşimlerinin oluşmasında etkilidir. Klapede oluşan kavitasyon olayının meydana getirdiği bu basınç alanı, kavitasyon göstermeyen bir klapede meydana getirdiği basınç alanından farklıdır. Bu basınç alanları vana boyunca farklı yerlerde farklı zamanlarda hissedilir.

### **2.2.3.3 Aşınma**

Kavitasyon gösteren bir akışkan içerisinde bulunan buhar kabarcıkları düşük bir basınç bölgesinde hareket ederler.

Bu kabarcıkların içindeki basınç, buhar basıncına çok yakın bir basınca ulaştığında kabarcıklar hızlı bir şekilde genişler. Kabarcıklar içindeki basınç dış basınçtan yüksek olduğunda boyutu azalır. Boyutu azalan kabarcığın yüzey gerilimi büyüktür. Bu durum kabarcığın patlamasını hızlandırır. Böylece kavitasyon kabarcıkları şiddetli bir şekilde patlar. Bu olay vana iç yüzeyinde veya yüzeye yakın bir bölgede oluşursa belirli bir zaman sonra vana malzemesinde yerel olarak yorulmalar meydana gelebilir ve küçük parçacıklar halinde klape yüzeyinden veya vana iç yüzeyinden kopmalar olabilir. İşte bu olay kavitasyon erozyonu olarak nitelendirilir. Kavitasyon erozyonu, yüksek dinamik koşullarda genellikle tabaka kavitasyonunda görülmektedir. Korozyon ile erozyon olayını birbirine karıştırmamak gerekir. Korozyon, malzemede meydana gelen kimyasal hasardır. Erozyon ise malzemede oluşan mekanik hasardır. Bir klape üzerinde meydana gelen kavitasyon kaynaklı erozyonun muayenesinde dikkat edilecek birtakım noktalar vardır. Bunlar; erozyonun konumu, erozyonun radyal konumu, erozyonun kort yönündeki konumu (kort ortası veya giriş veya çıkış ucuna olan yakınlığı), erozyona uğrayan alanın büyüklüğü, yüzeyin dokusu ve rengi, ezilme, renkte solma, oyulma veya gözeneklilik durumu, hasarın maksimum derinliği, hasarın tüm kanatlar üzerinde meydana gelip gelmediği, şayet birden fazla kanatta meydana gelmiş ise bu hasarların birbirlerine benzeyip benzemediği gibi durumlardır.

#### **2.2.3.4 Verim kaybı**

Kavitasyon performans kaybına neden oluşunun en güzel örneği 1894 yılında İngiliz destroyerleri "Daring"de görülmüştür. Gemi hızı 27 knot olarak hedeflenmiş iken ancak 24 knot hıza ulaşılmıştır (Carlton, V. 1994).

Tek bir klape profili üzerinde meydana gelen kısmi kavitasyonun uzunluğu kort uzunluğunun büyük bir kısmını kapladığı zaman profilin sehimini arttırabilir ve bu nedenle profilin kaldırma kuvvetini de arttırabilir. Profil üzerindeki ortalama basınç arttığında azalan kavitasyon kaldırma kuvvetinde de azalmaya neden olur. Bu azalma derece derece ve oldukça hızlı olur. Buna bağlı olarak, Vana içindeki farklı klape kesitleri, farklı koşullarda kaldırma kuvvetindeki azalmadan etkilenecektir.

### **3. MATERYAL VE METOD**

#### **3.1 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği**

Hesaplamalı akışkanlar mekaniği, uzun süreçler isteyen akışkanlar mekaniği problemlerini bilgisayar ortamında matrisler oluşturularak çözümlenmesi işlemidir. Sonlu farklar, sonlu elemanlar, sonlu hacimler gibi metotlar kullanılarak yapılan çözümler ile karmaşık ve uzun soluklu problemlerin bilgisayar performansına bağlı olarak hızlı ve etkili olarak çözülmesi sağlanır. Son yıllarda bilgisayar teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişim, HAD paket programlarının da gelişmesine katkıda bulunmuştur.

CFD, karmaşık akış çözümleri için mükemmel bir programdır, ancak bu programın kullanılmasının da, sayısal ağ oluşturulmasından, gerçeğe uygun sınır koşulları tanımlanmasına ve sonuçların yorumlanmasına kadar olan süreçte, bir miktar sanat, bilgi, dikkat ve deneyim gerektirdiği unutulmamalıdır (Karamanoğlu, Y. 2006).

#### **3.2 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Mantığı ile Çalışan Bilgisayar Programları**

##### **3.2.1 Fluent**

Fluent sonlu hacimler yöntemini kullanan bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımıdır. 1983 ten bu yana dünya çapında birçok endüstri dalında kullanılan ve günden güne gelişerek tüm dünyadaki HAD piyasasında en çok kullanılan yazılım durumuna gelen Fluent, en ileri teknolojiye sahip ticari HAD yazılımı olarak kullanıcılarının en zor problemlerine kolay ve kısa sürede elde edilen çözümler sunmaktadır.

Fluent, genel amaçlı bir HAD yazılımı olarak, otomotiv endüstrisi, havacılık endüstrisi, beyaz eşya endüstrisi, turbo makine (fanlar, kompresörler, pompalar, türbinler vb.) endüstrisi, kimya endüstrisi, yiyecek endüstrisi gibi birbirinden farklı birçok endüstriye ait akışkanlar mekaniği ve ısı transferi problemlerinin çözümünde kullanılabilir.

Bu özelliği sayesinde kullanıcılarına birbirinden farklı birçok probleme aynı ara yüzü kullanarak çözüm alma olanağı sağlar. Fluent, sahip olduğu ileri çözücü teknolojisi ve bünyesinde barındırdığı değişik fiziksel modeller sayesinde laminar, geçişsel ve türbülanslı akışlara, iletim, taşınım ve radyasyon ile ısı geçişini içeren problemlere, kimyasal tepkimeleri içeren problemlere, yakıt pilleri, akustik, akış kaynaklı gürültü, çok fazlı akışları içeren problemlere hızlı ve güvenilir çözümler üreterek, AR-GE bölümlerinin tasarım esnasındaki en güvenilir aracı olmaya adaydır.

Fluent 6 sıkıştırılmaz (düşük sabsonik), orta sıkıştırılabilir (transonik) ve yüksek sıkıştırılabilir (süpersonik ve hipersonik) akışlar için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği çözücüsüdür. Yakınsamayı hızlandıran çoklu ağ metoduyla beraber çoklu çözücü seçenekleri ile Fluent 6 geniş hız rejimleri aralıklarında optimum çözüm etkinliği ve hassasiyeti getirir. Fluent 6'daki fiziksel modellerin zenginliği, laminar, geçiş ve türbülanslı akışların, ısı transferinin, kimyasal tepkimelerin, çokfazlı akışların ve diğer olguların sayısal ağ esnekliği ve çözüm tabanlı ağ uyarlaması ile hassas çözümlerine olanak sağlar.

### **3.2.2 FlowMaster**

FEMA onaylı FlowMaster uygulamalarında boru, açık kanallar, ızgaralar ve savaklara kadar çeşitli tiplerinin hidrolik hesaplamasını çabucak yapmak için kullanılır. Bilinmeyen özellikler için çözüm, istenen herhangi bir karakteristiği tasarlayıp detaylı raporları ve değerlendirme eğrilerini hemen üretmenize imkân sağlar. FlowMaster ara yüzü, bugüne kadar kullandığınız en kolay model olacak kadar basit hem de çok güçlüdür, bu sayede birkaç dakika içinde gerçek sorunları çözmenize yardımcı olur.

#### **Tasarımı Yapılabilecek Elemanlar**

- Izgara ve hendekler
- Basınçlı Borular
- Verilere göre otomatik olarak boru uzunluğu, başlangıç ve bitiş kotları, basınçlar, debi, çap ve pürüzsüzlük çözümleri yapılabilir.

- Kutu, dairesel, elips, parabolik ve düzensiz şekillerini içeren açık yüzey boru tasarım ve analizleri yapılabilir.

### **3.2.3 Gambit**

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve sonlu hacimler analizlerinde model hazırlama ve sayısal ağ oluşturma işlemleri için ön işlemci olarak kullanılan bir yazılımdır.

Gambit, kendisine ait “sanal geometri” kavramıyla dışarıdan alınmış modellerdeki en büyük sorun olan geometri temizleme işlemini kolaylaştırarak, sayısal ağ oluşumuna uygun modellerin elde edilmesine olanak sağlar. Gambit, iki boyutta dörtgen ve üçgen elemanların, üç boyutta ise altı yüzlü, dört yüzlü ve geçiş elemanları olarak kama tipi ve piramit tipi mesh elemanların kullanımına izin vererek istenilen tipteki sayısal ağın basit ve hızlı bir şekilde oluşturulması için kullanılır. Bununla beraber, “boyut fonksiyonu” ve “sınır tabaka aracı” gibi araçları yardımıyla model içinde ve kritik noktalarda eleman yoğunluğunun ve kalitesinin kontrol altında tutulmasını sağlar.

### **3.2.4 Tgrid**

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve sonlu hacimler analizlerinde, ön işlemci olarak kullanılan yazılımlardan biridir. Tgrid, otomatik sayısal ağ oluşturma kabiliyeti sayesinde kaliteli dört yüzlü veya karışık tipteki (altı yüzlü, kama tipi, piramit tipi) elemanlardan oluşan sayısal ağlara sahip olmak için kullanılır. Tgrid yapısı gereği yüzeysel sayısal ağlardan hacimsel sayısal ağlara geçiş yapabilen bir program olduğundan, geometri transferi sırasında oluşan uyumsuzlukları ve geometri temizleme gereksinimini tamamen ortadan kaldırır.

### **3.2.5 Icepak**

Elektronik sektörü için geliştirilmiş tam etkileşimli, nesne tabanlı ısı analiz yazılımıdır ve yüksek performanslı elektronik sistemlerin tasarım maliyetlerini düşürme ve proje sürelerini kısaltma olanaklarını sağlar.

Icepak, kendine özgü, dörtgensel olmayan geometriler için modelleme olanağı, kontak direnç modellemesi, doğrusal olmayan fan eğrileri, harici ısı değıştiricileri ve otomatik radyasyon şekil faktörleri hesaplaması gibi birçok özelliğı standart olarak sunar.

### **3.2.6 Polyflow**

Viskoelastik akışları da içeren karmaşık, newtonyen olmayan akışkanlar için hesaplamalı akışkanlar dinamiğı çözücüsüdür. Polimer cam sanayindeki akışların karmaşıklığına yönelik sonlu elemanlar yöntemini kullanır.

### **3.2.7 Mixsim**

Karıştırma tanklarındaki akışları simule etmek için geliştirilmiş tam etkileşimli analiz yazılımıdır. Mixsim, sayısal ağ oluşturucusu olarak Gambiti kullanır. Çok fazlı karıştırma analizleri, serbest yüzey çalkalanması, ısı transferi ve türbülans gibi parametreleri zamandan bağımsız veya zamana bağımlı olarak çözer.

### 3.3 Autodesk Simulation CFD Programının Ara yüzü

Bu bölümdeki analizlerde kullanılan Simulation CFD programının ara yüzü örnek bir soru yardımıyla anlatılacaktır.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) analizleri sayesinde pompalar, fanlar, vanalar, elektronik cihazlar, binalar, havalandırma sistemleri, vb. içindeki akış ve ısı transferi olayları en iyi şekilde anlaşılabilen, problemlerin çözümü ve ürün optimizasyonu, zaman alıcı ve masraflı fiziksel testler ve deneme yanılmaları yerine, bilgisayar ortamında yapılabilmektedir. Endüstriyel akış ve ısı transferi problemlerinin çözümü konusunda yerli ve yabancı birçok şirket adına çok sayıda proje başarı ile tamamlanmış; Autodesk Simulation CFD yazılımı sayesinde birçok şirket akış ve ısı transferi problemlerini kendi başına çözebilir, daha iyi ve daha hızlı ürün tasarlayabilir hale gelmiştir.

Autodesk Simulation CFD, tüm CAD sistemleri ile uyumlu olarak çalışan, öğrenmesi ve kullanması çok kolay, sektör lideri, hızlı ve güvenilir öncü analiz yazılımıdır. Simulation CFD, akış ve ısı transferi olaylarının en iyi şekilde anlaşılması ve olası problemlerin daha tasarım aşamasındayken tespit edilip çözülmesinde kullanılan, öğrenimi ve kullanımı kolay, güvenilir bir analiz yazılımıdır.

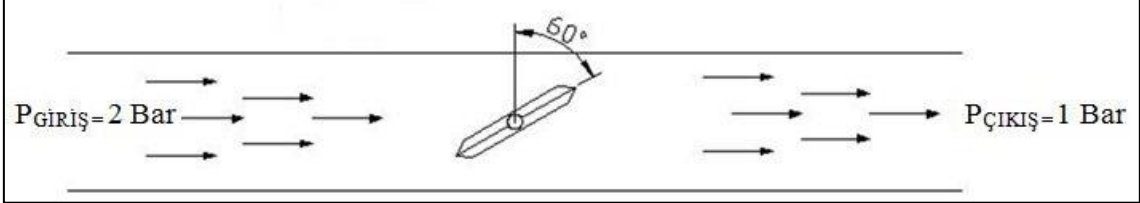
Simulation CFD 'ye birçok Cad yazılım programlarında doğrudan ulaşmak mümkündür. Resim 3.1' de SolidWorks programındaki eklenti durumu örnek olarak verilmiştir. Kısaca çizilen bir cad dosyasını kolaylıkla Simulation CFD ye aktarıp istenilen türdeki analizler gerçekleştirilebilir.



**Resim 3.12** Solidworks-Autodesk CFD eklenti durumu

### Örnek 1:

Giriş basıncı 2 bar, çıkış basıncı 1 bar olan kelebek vana içindeki, klapenin  $60^\circ$  açık pozisyonda meydana gelen akışkanın hız ve basınç sonuçlarını çıkarıldığında;



**Resim 3.13** Yapılacak analiz için verilmiş değerler

Analize başlamadan önce model istenilen herhangi bir CAD programında hazırlanmaktadır. ve Simulation CFD programına aktarılmaktadır. Solidworks programında çizilmiş bir modelin analize atılması aşağıda gösterildiği gibi yapılmaktadır.



**Resim 3.14** Hazırlanan modelin Simulation CFD programına atılması

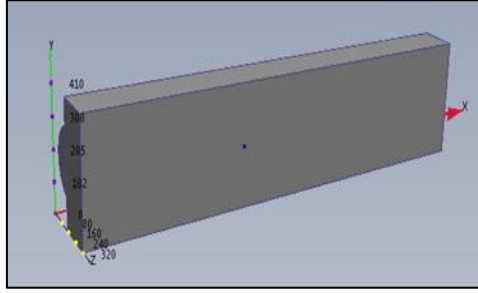
Resim 3.3'de gösterildiği gibi SolidWorks programından Simulation CFD ye geçmek için çizilmiş modeli kaydederek, programı hiç kapatmadan, eklenti ikonunda bulunan Simulation CFD menüsü altındaki > Active model diyerek modelimiz atılmış olur.



New design study	
Study name:	Kelebek Vana Montaj-CFD DENEME
Design name:	CFD DENEME
Scenario name:	CFD DENEME

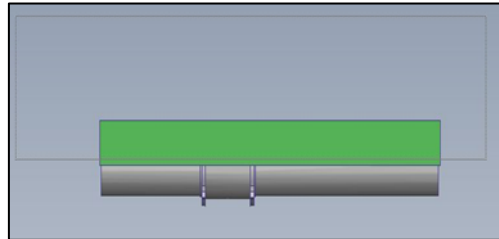
**Resim 3.15** Senaryo menüsü

Açılan ekranda Çalışma isimleri, senaryo isimleri gibi yerler girilerek > Launch ikonu seçilerek model analize hazırlanır. Çok sayıda analiz yapılacaksa karıştırılmaması açısından bu bölümde ilgili yerlerin önemi büyüktür.



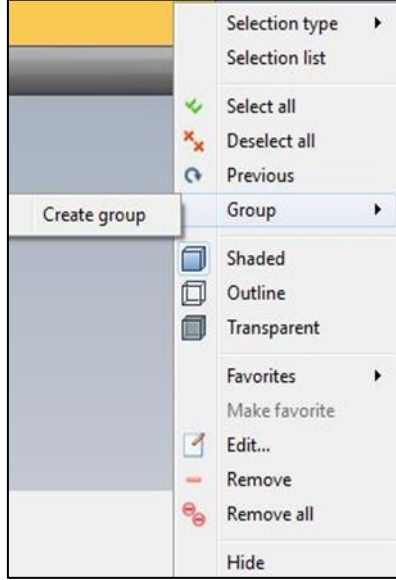
**Resim 3.16** Modelin CFD programına atılmış hali

Modelimiz artık Simulation CFD programına tamamıyla aktarılmıştır. Bu aşamadan sonra modelin kesiti seçilerek ( Resim 3.6 ) farklı bir katı cismin içinde kalacak şekilde gruplanır ve bu grup gizli olarak analiz yapılır.

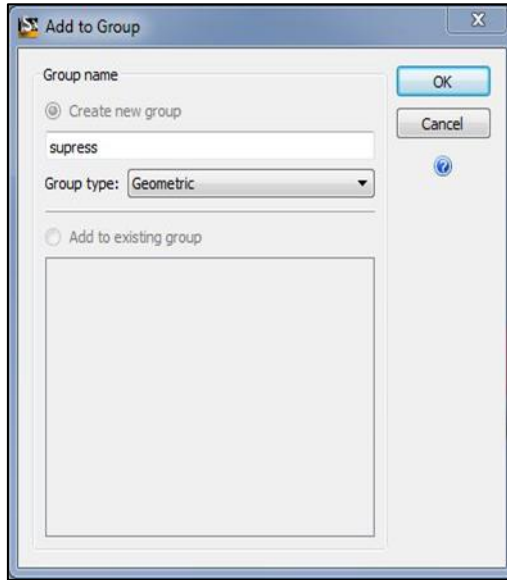


**Resim 3.17** Gruplama işlemi

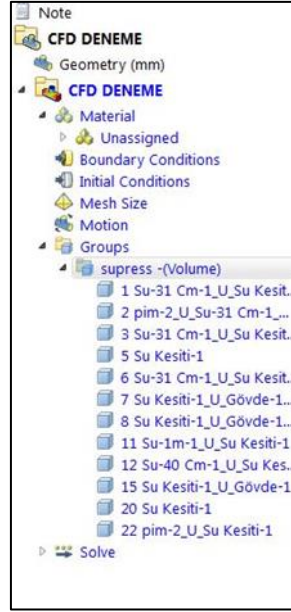
Resim 3.6' dan başlayarak aşağıdaki resimlerle gösterildiği gibi modelin simetri ekseninden geçen diğer kısım seçilerek farklı şekilde gruplanır. Bu işlemin amacı analiz yaparken çözüm süresini kısaltmak.



**Resim 3.18** Gruplama ağacı



**Resim 3.19** Grup ekleme

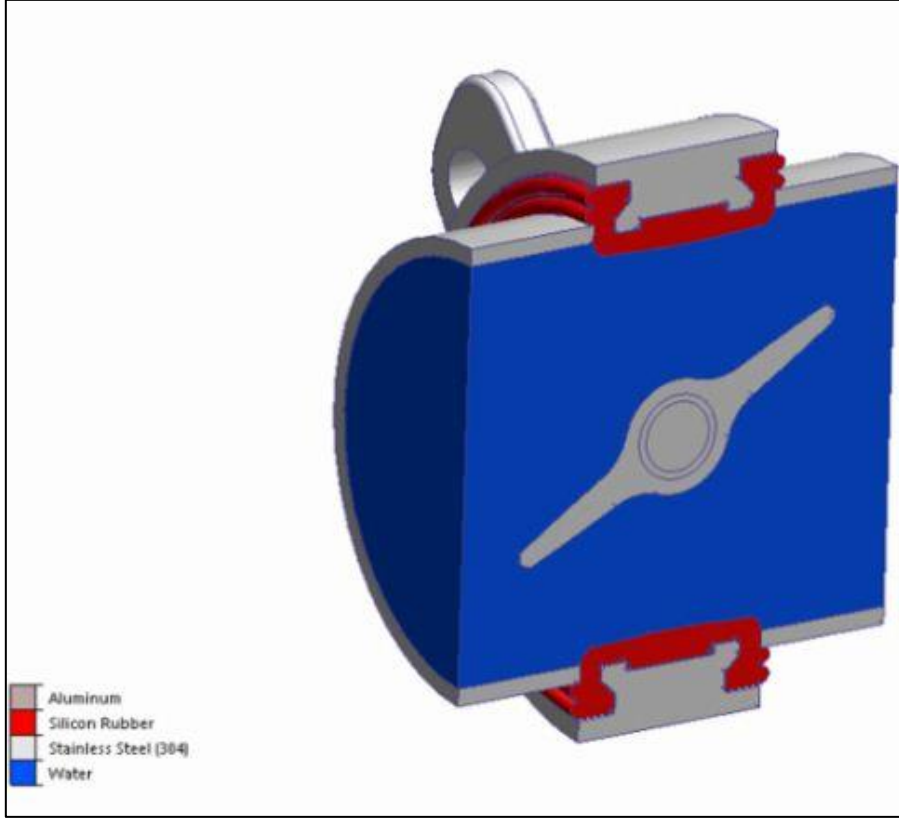


**Resim 3.20** İşlem ağacı

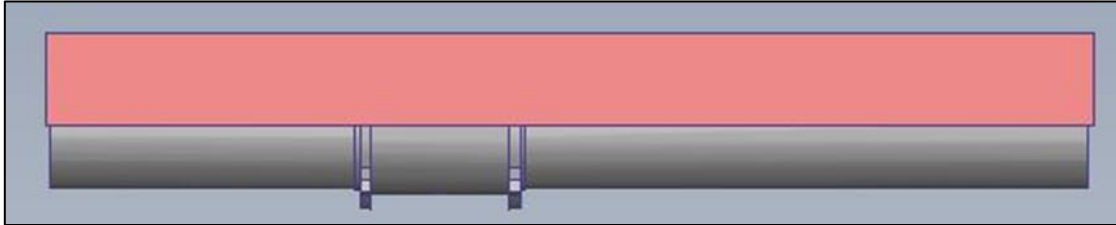
Yukarıdaki şekillerle gösterildiği gibi, kesit alan gruplanır. Gruplanan bu kısımda işlem ağacı bölümünde yer alır (Resim 3.9). Analize grupladığımız kısım gizlenerek devam edilir.

### 3.3.1 Malzeme

Simulation CFD içerisinde çok geniş bir malzeme kütüphanesi bulunmaktadır. Bu da analizlerimizin kolaylıkla yapılmasına imkân sağlamaktadır. Malzemelerin akma, çekme mukavemetleri, termal iletkenlikleri gibi tüm değerleri tablolar halinde verilmiştir. Simulation CFD programına da atılan her modelin analizine başlanmadan önce, tüm parçalara muhakkak bir malzeme ile tanımlaması yapılmalıdır. Aksi takdirde analiz başlamaz. Kelebek vana analizinde modelimizde kullandığımız malzemeler aşağıda verilmiştir. (Resim 3.10 ). Malzeme tanımlaması işlemi aşağıdaki şekillerle anlatılmıştır.



**Resim 3.21** Malzeme ataması

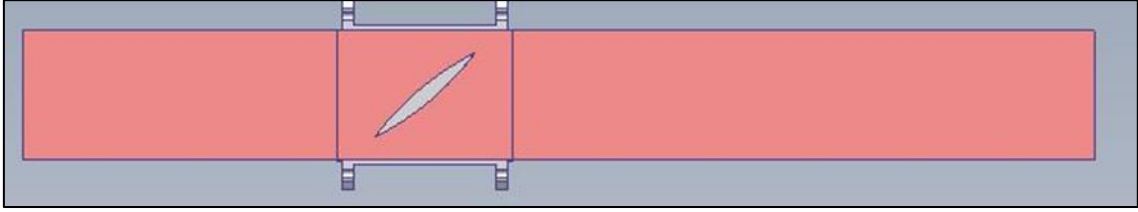


**Resim 3.22** Bölge seçimi

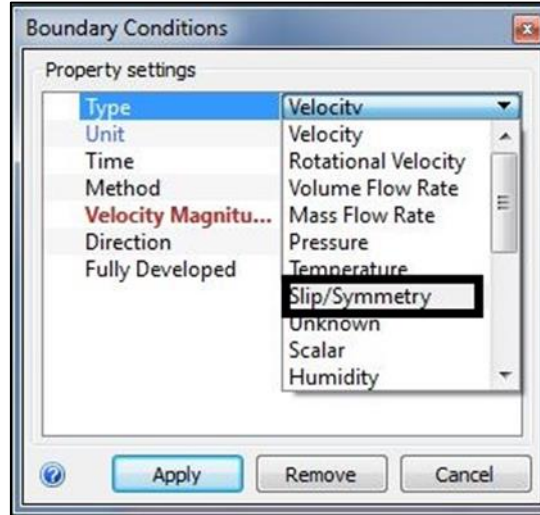
Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi malzeme tanımlaması yapacağımız bölge seçilerek Edit menüsü altından ilgili yerler doldurularak malzeme tanımlaması yapılır.

### 3.3.2 Sınır Şartları

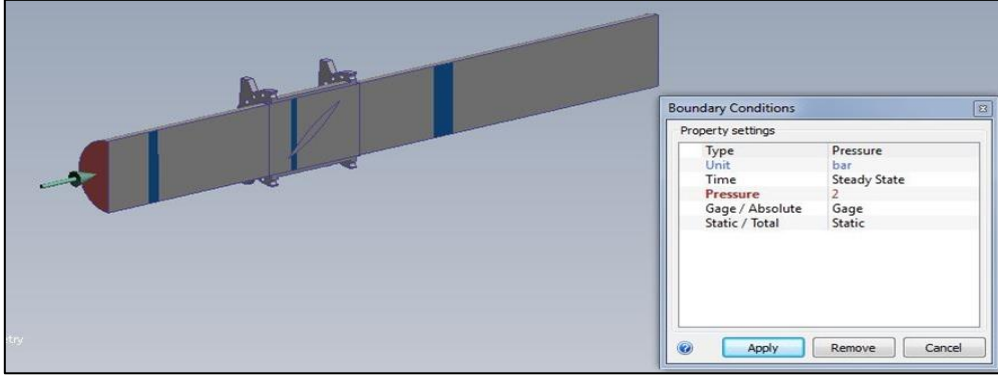
Kelebek vana modelimiz simetrik çizim olduğundan, ilk olarak simetri yüzeyine simetri ilişkisi vermemiz gerekmektedir (Resim 3.12). Bu işlemi yapmadan önce simetri ekseninin dışında kalan kısım gizlenerek yüzeyler seçilir. Seçim işlemi yaparken, işaretlenecek bölge hacimsel değil, yüzeysel olarak seçilir. Daha sonra giriş ve çıkış yüzeylerine gerekli basınç, girdileri verilerek bir sonraki aşamaya geçilir (Resim 3.14). Sınır şartlarının belirlememiz gereken yerlerde sınır değerler girilmezse programımız bunu bir duvar olarak algılar ve sonuçlar beklendiği gibi çıkmaz. O yüzden analizin temeli sınır şartlarını iyi belirlemekten geçmektedir.



**Resim 3.23** Simetri Yüzeyi



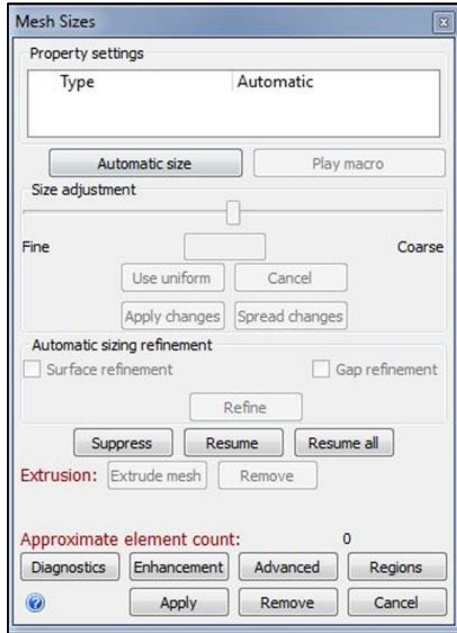
**Resim 3.24** Simetri ilişkisi



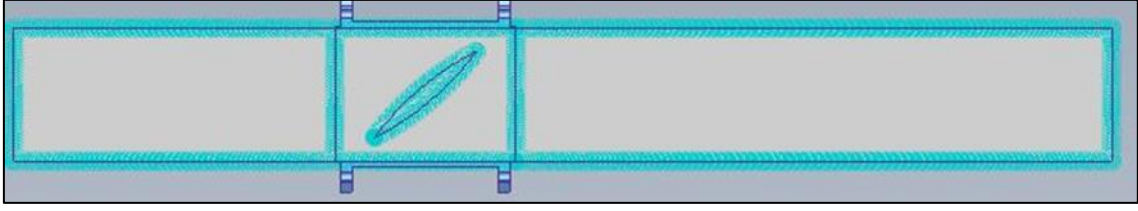
**Resim 3.25** Giriş ve çıkış sınır şartları

### 3.3.3 Mesh Yapısı

Mesh size bölümünde, grupladığımız simetrik kısım gizlenir. Geri kalan kısımda mesh size > advanced mesh ayarları yapılarak eleman sayısı ve düğüm sayısı artırılır. Üçgen yapıda oluşan mesh yapısında, eleman ve düğüm sayısı ne kadar sık olursa sonuçlarımızın gerçeğe bir o kadar yakın olur. Mesh atama menüsü resim 3.15’de gösterilmiştir. Modelimizde akışkana ve klapeye mesh oluşturulmuştur.



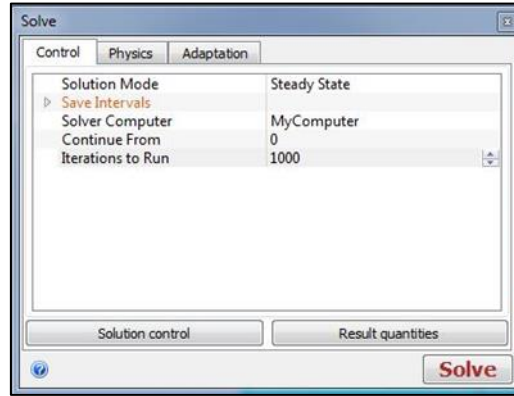
**Resim 3.26** Mesh menüsü



**Resim 3.27** Akışkanın ve klapeenin meshlenmiş hali

### 3.3.4 Çözüm

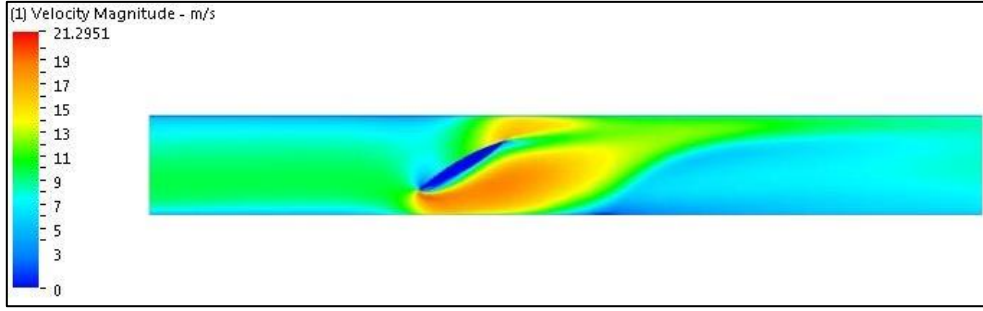
Analizimizin artık son kısmı olan Solve menüsü yani hesaplama da, iterasyon sayıları (Resim 3.17) akışımızın türü (laminer, türbilanslı) (Resim 3.18) de değerler girilerek analizimiz başlatılır.



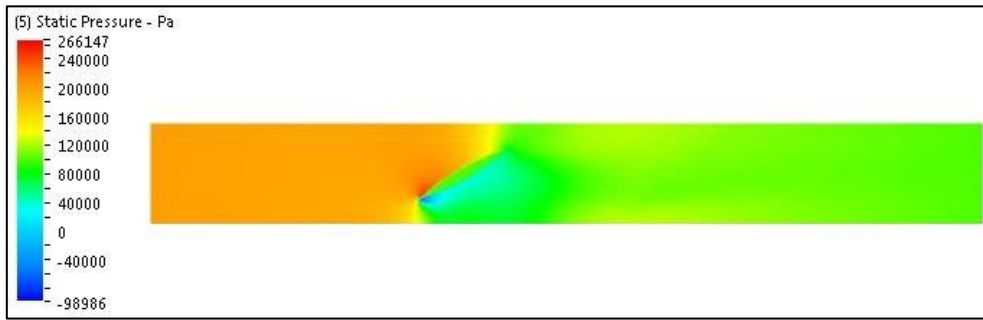
**Resim 3.28** İterasyon sayısı



**Resim 3.29** Akış tipi



Şekil 3.1 Hız grafiği sonuçları



Şekil 3.2 Basınç grafiği sonuçları

Örnek sorumuza ait, kelebek vananın 1 bar basınç farkı altında meydana getirdiği hız ve basınç değişimleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmektedir.

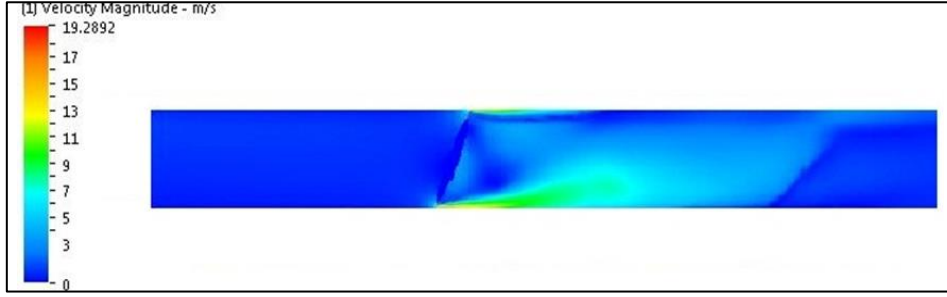
Çizelge 3.1 Hız – Basınç dağılımı

	Max.	Min.
Hız	21.3 m/s	0 m/s
Basınç	266147 pa	-98986 pa

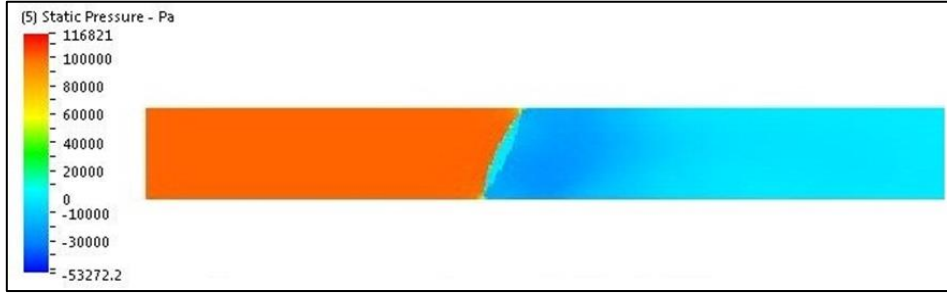
Sonuçlar incelendiğinde hız dağılımında, hız değişimlerinin farklı bölgelerde çok değiştiği gözlemlenmiş, basınç değeri ise giriş ve çıkışlara yaklaşıldıkça, düzgün bir yol izlerken en büyük farklılığı da klape arkasında ve önünde görülmektedir.



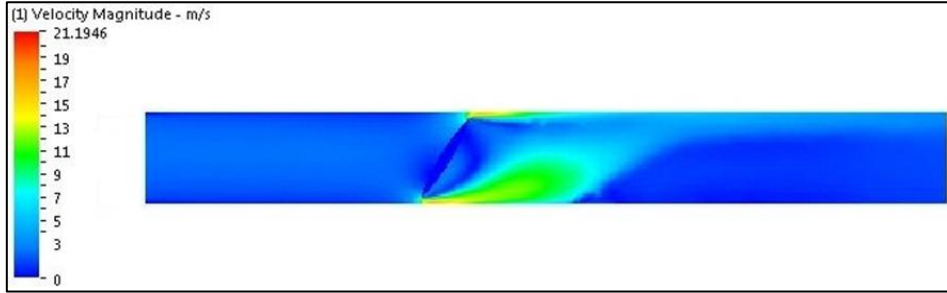
#### 4. ANALİZ VE HESAPLAMALAR



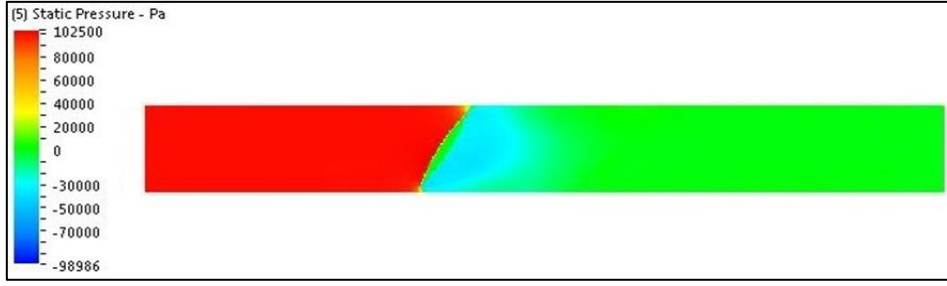
Şekil 4.3 Klape açıklığı 20° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



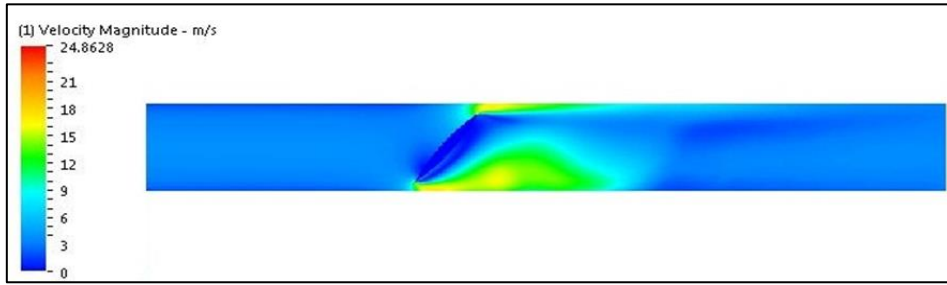
Şekil 4.4 Klape açıklığı 20° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



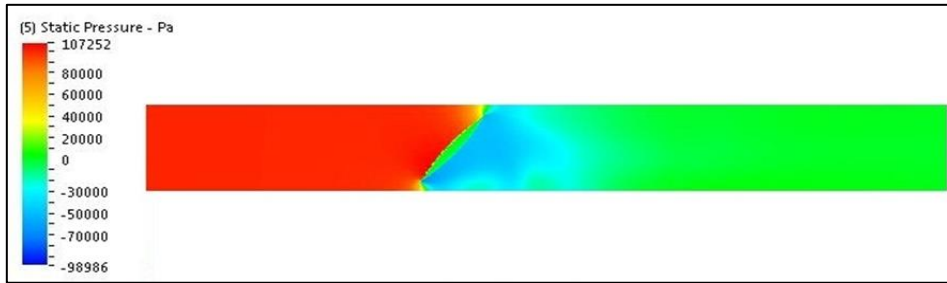
Şekil 4.5 Klape açıklığı 30° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



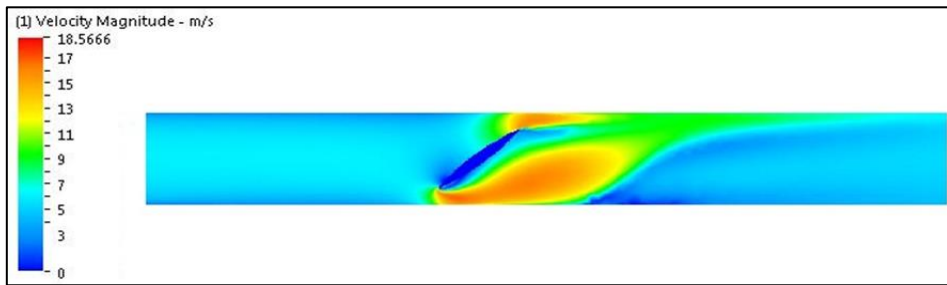
Şekil 4.6 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



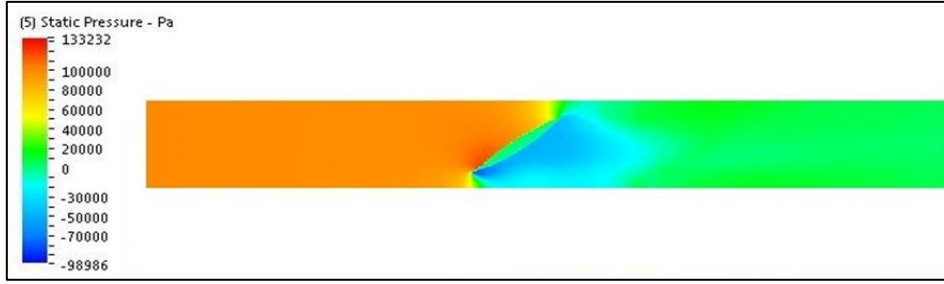
Şekil 4.7 Klape açıklığı 40° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



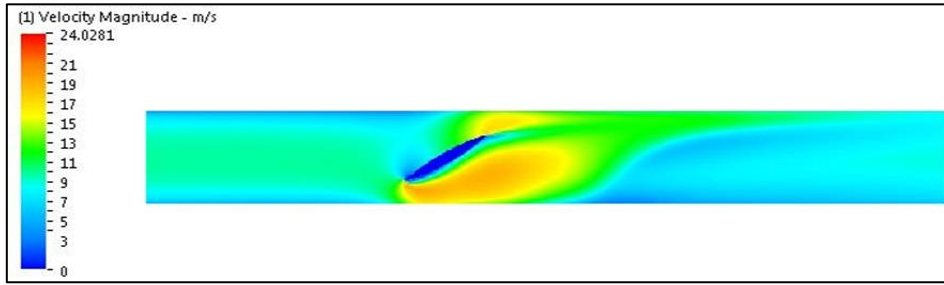
Şekil 4.8 Klape açıklığı 40° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



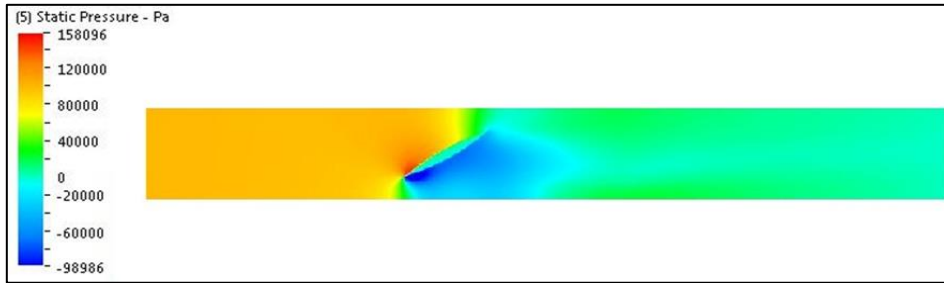
Şekil 4.9 Klape açıklığı 50° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



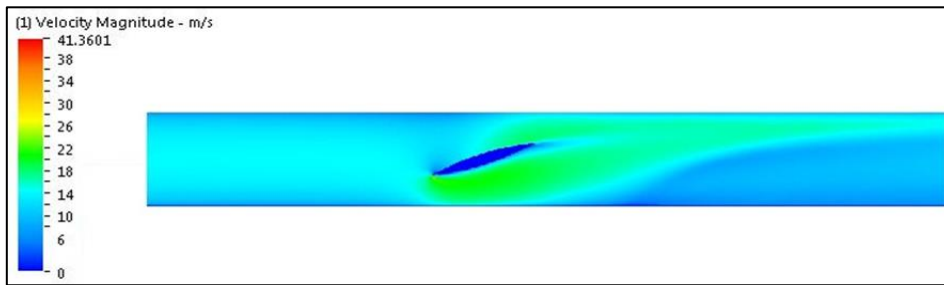
Şekil 4.10 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



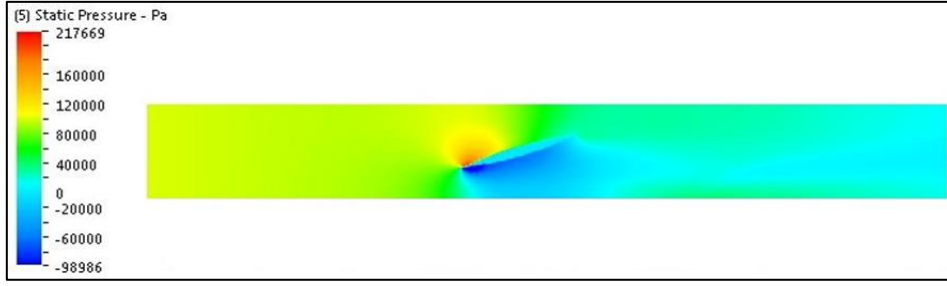
Şekil 4.11 Klape açıklığı 60° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



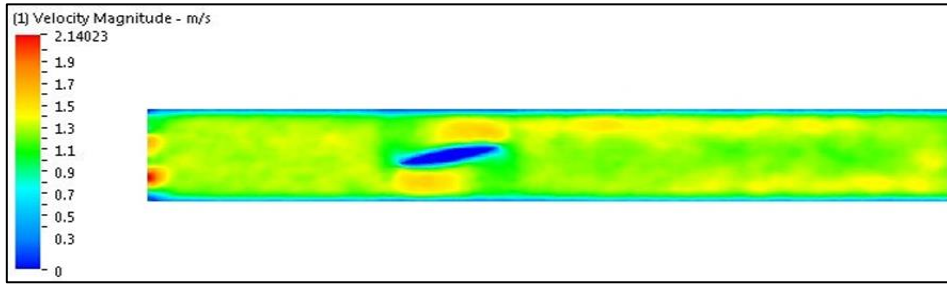
Şekil 4.12 Klape açıklığı 60° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



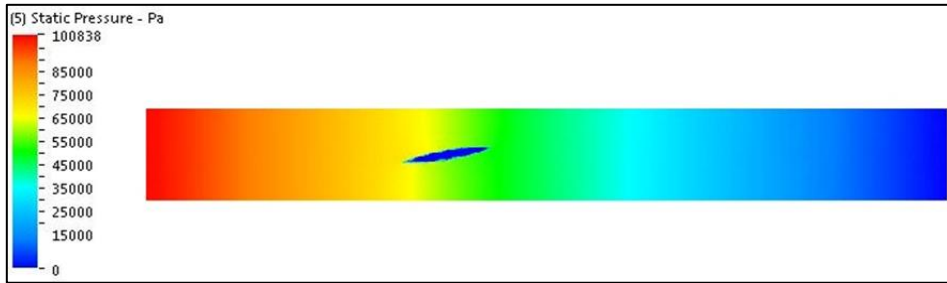
Şekil 4.13 Klape açıklığı 70° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.14 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.15 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

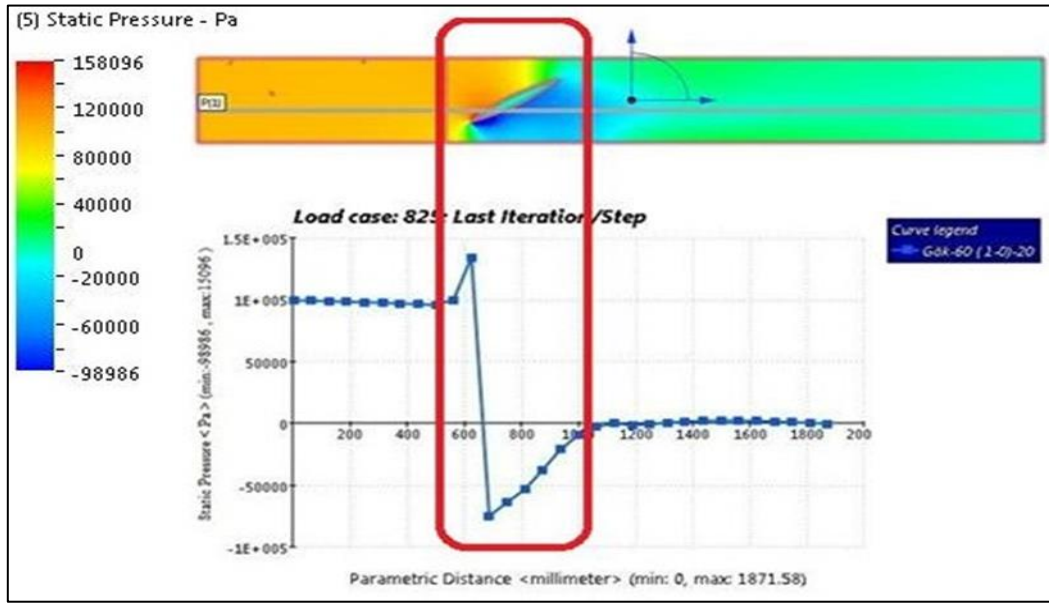


Şekil 4.16 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 1$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

Kelebek vananın modellenmesi sonucunda elde edilen hız ve basınç gradyenleri yukarıdaki şekillerde gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ilk etapta 1 bar basınç farkı altında atmosfere açılan kelebek vanalar incelenmiştir.

Modellenen kelebek vanada akışkanın geçtiği kesitteki basınç, klapenin açısına bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Hız değeri ise düzenli bir yol izlememiş klape açısına göre inişli çıkışlı farklar olduğu görülmüştür.

Bunun neticesinde 1 bar basınç farkı altında suyun buharlaşma basıncına ulaştığı bölgeler 30° 40° 50° 60° 70° ve 80° şeklinde tespit edilmiştir. Bu bölgelerdeki kavitasyon incelendiğinde, klapenin 60° ve 70° olduğu konumda, klapenin sırt yüzeyinde en fazla olduğu görülmektedir. Örneğin 60° deki analiz sonucunu inceleyecek olursak maksimum basıncın klape ön bölgesinde, minimum basıncın ise klape arka bölgede oluştuğu görülmektedir.

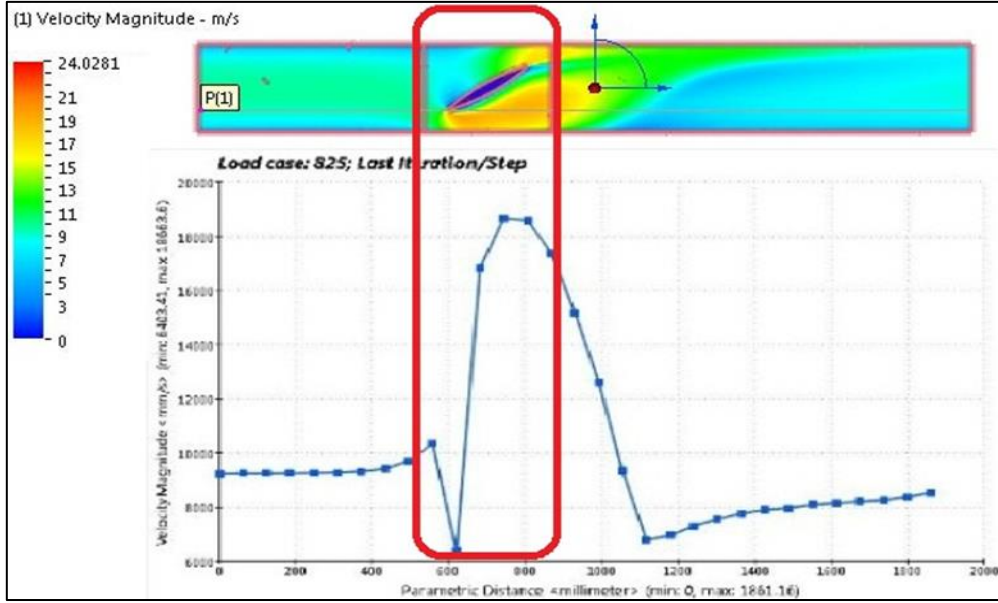


Şekil 4.17 60° deki min. ve max. Basınç

Şekil 4.15 incelendiğinde, klapenin 30° açılması durumunda vananın giriş kesitine kadar basınç değişiminin normal olduğu, açılan vananın daralan kesitin ön kısmında basınç değerinin maksimum değere ulaştığı ve vana içinde, klapenin hemen arka kısmında ise basınç ciddi şekilde düşmekte, vana çıkışına doğru ise tekrar artmakta olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=1$  Bar  $P_C=0$  Bar)

	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	-53273	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986
Max.	116821	102500	107252	133232	158096	217669	

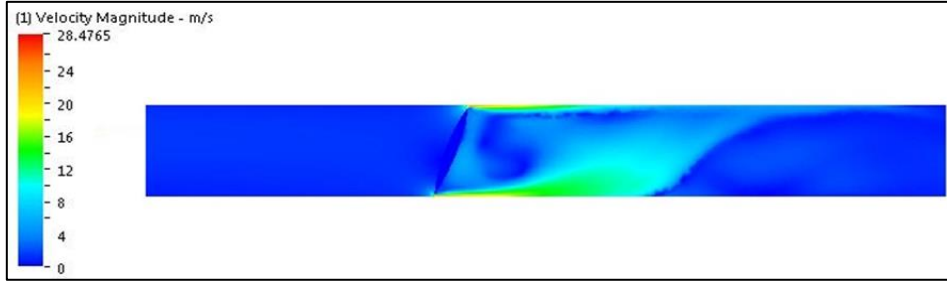


Şekil 4.18 60° deki min. ve max. Hız

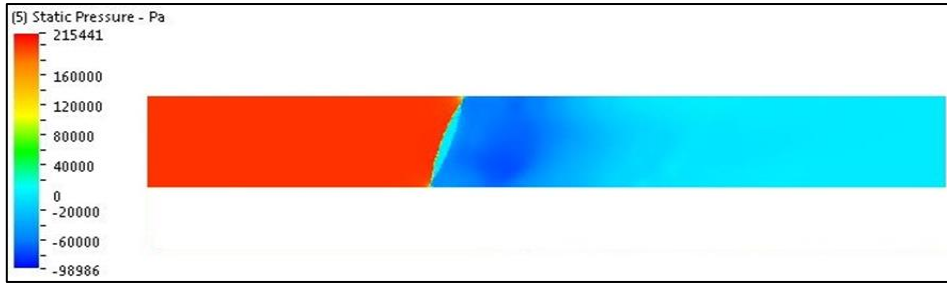
Şekil 4.16 incelendiğinde klapenin 30° açıldığında hız dağılımı gösterilmiştir. Vana giriş kısmına kadar basınç değeri gibi normal yol izlemiş, fakat klapenin etrafına gelince zıt bir etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Klapenin ön yüzünde hız düşmüştür, arkasında oluşan kavitasyonun etkisiyle de hız değeri maksimum değerini almıştır. Çıkışa doğru gittikçe, vana içindeki akışkan artık daha düzenli hale geldiğinden tekrar eski hızına doğru yükselmeye başladığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.3 Klapenin derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri (P<sub>G</sub>=1 Bar P<sub>C</sub>=0 Bar)

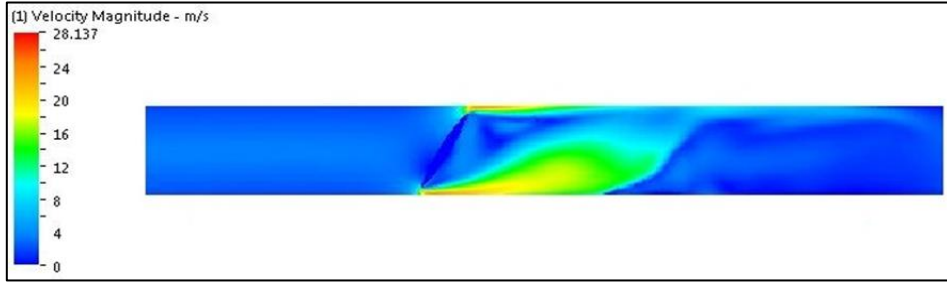
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	0	0	0	0	0	0	0
Max.	19.28	21.19	24.86	18.56	24.02	41.36	



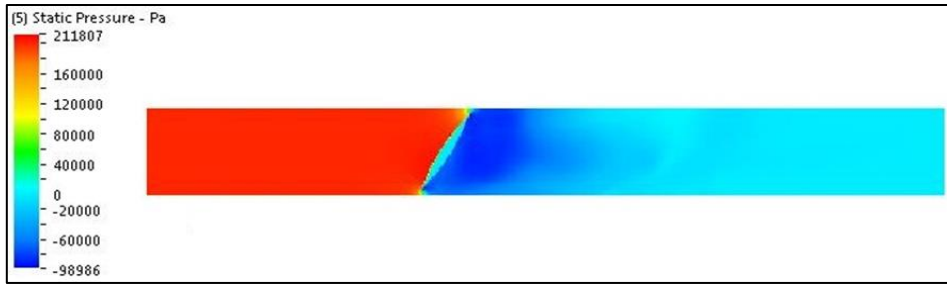
Şekil 4.19 Klape açıklığı  $20^\circ$  'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



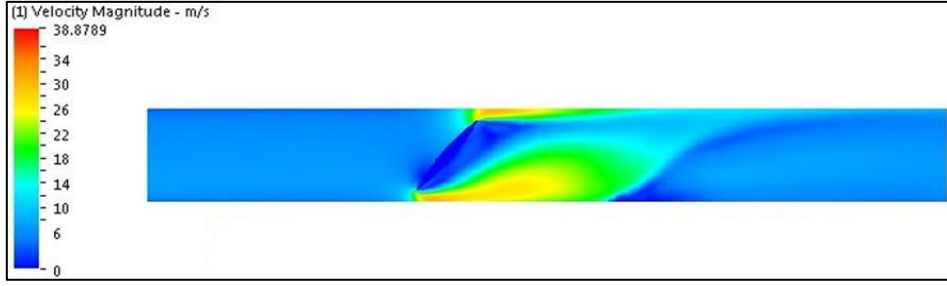
Şekil 4.20 Klape açıklığı  $20^\circ$  'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



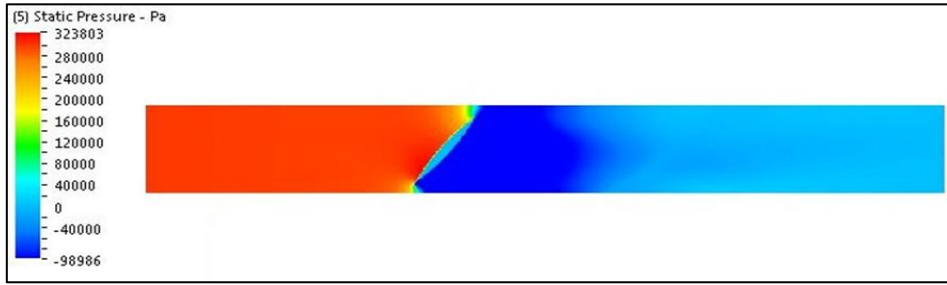
Şekil 4.21 Klape açıklığı  $30^\circ$  'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



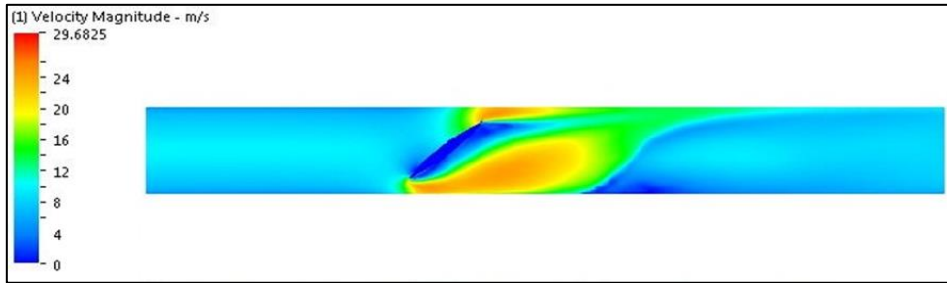
Şekil 4.22 Klape açıklığı  $30^\circ$  'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



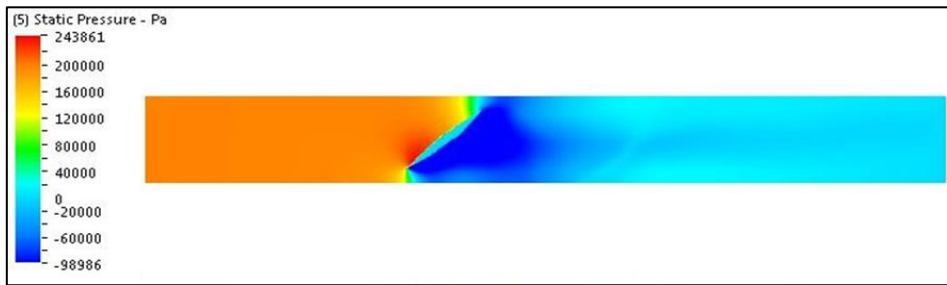
Şekil 4.23 Klape açıklığı 40°'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.24 Klape açıklığı 40°'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

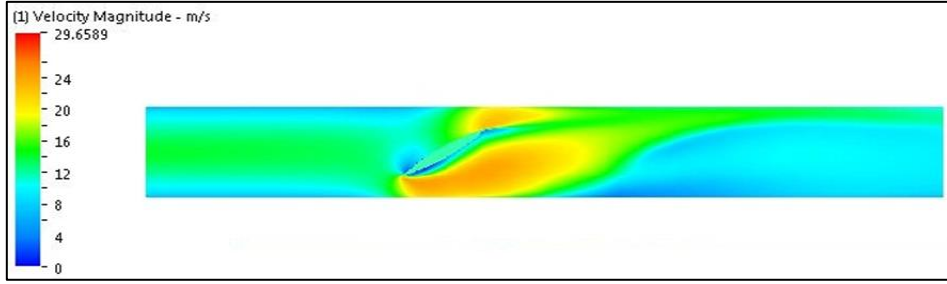


Şekil 4.25 Klape açıklığı 50°'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

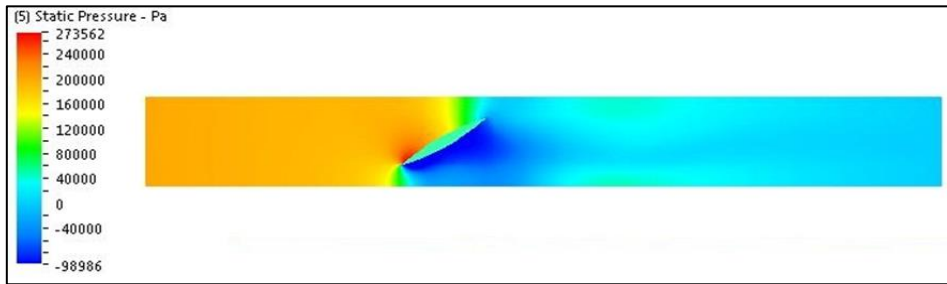


Şekil 4.26 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

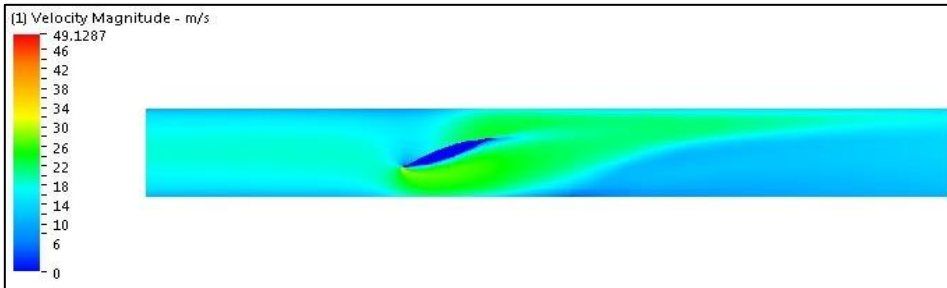




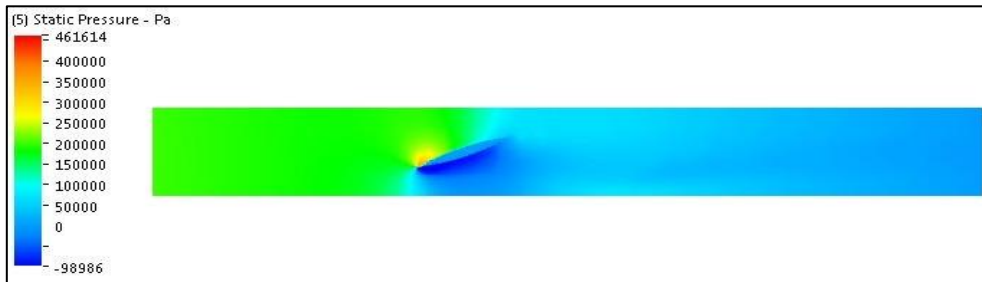
Şekil 4.27 Klape açıklığı 60°'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



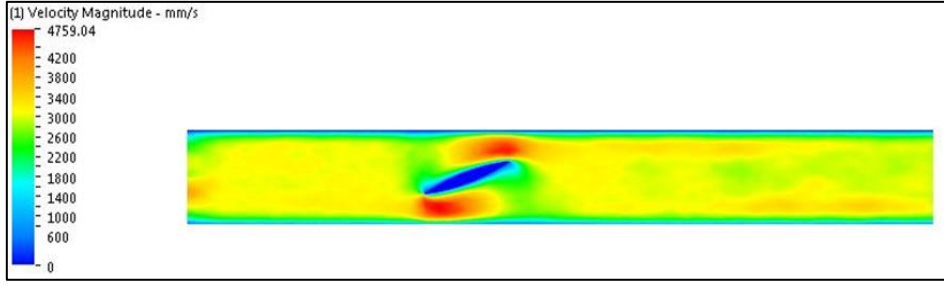
Şekil 4.28 Klape açıklığı 60° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



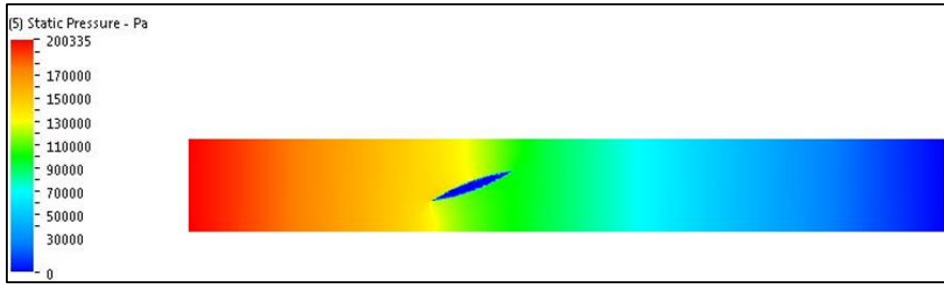
Şekil 4.29 Klape açıklığı 70° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.30 Klape açıklığı 70° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.31 Klape açıklığı 80° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.32 Klape açıklığı 80° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

Basınç farkının 2 bar olduğu durumdaki analiz sonuçları yukarıdaki şekillerde gösterilmiştir. Basınç farkının artmasından dolayı, vana içindeki akışkan artık daha düzensiz hale geldiği görülmüş, hız ve basınç değerlerinin klape'nin hemen ön ve arka kısmından daha çok, yakın bölgelerde maksimum ve minimum değerleri gözlemlenmiştir.

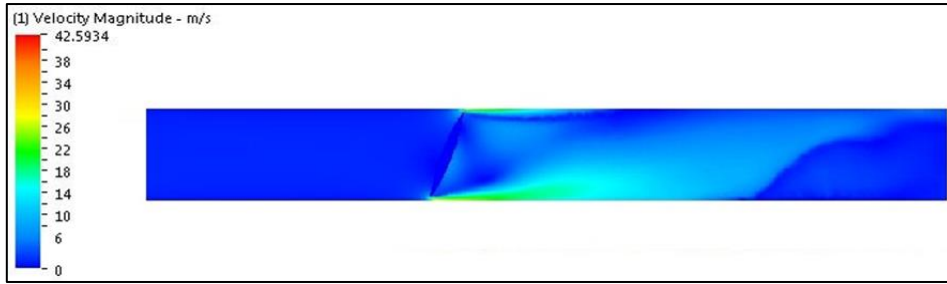
Şekil 4.29 'da görüldüğü gibi klape ile boru yüzeyi arasındaki 20° açıklıktan çok az debide bir akış geçmektedir. Şekil 4.30 'de ise bu akışın, çıkış basıncında herhangi bir dalgalanmaya ve değişimlere neden olamayacak kadar düşük miktarda olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.4** Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=2$  Bar  $P_C=0$  Bar)

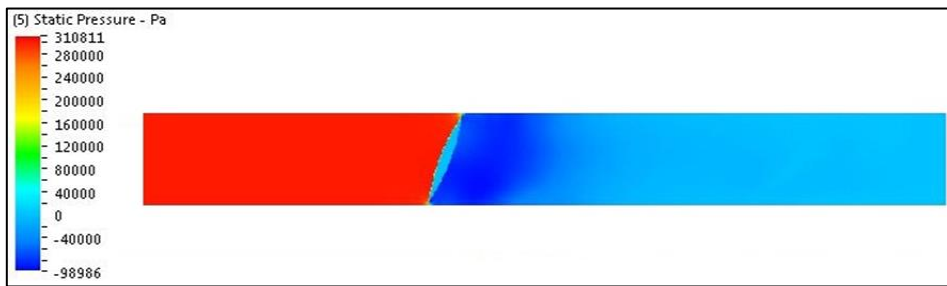
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986
Max.	215441	211807	323803	243861	273562	461614	

**Çizelge 4.5** Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=2$  Bar  $P_C=0$  Bar)

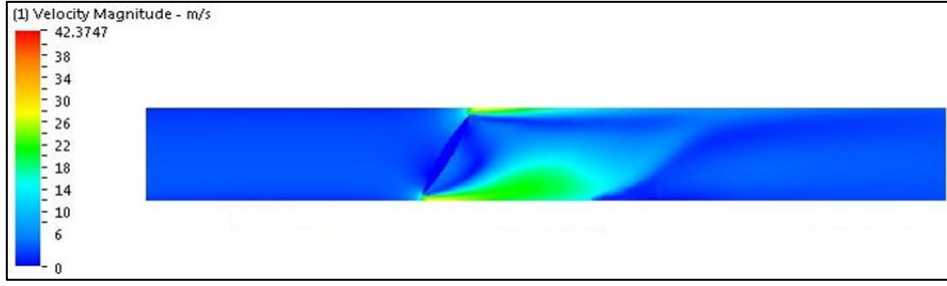
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	0	0	0	0	0	0	0
Max.	28.48	28.14	38.88	29.69	29.66	49.13	



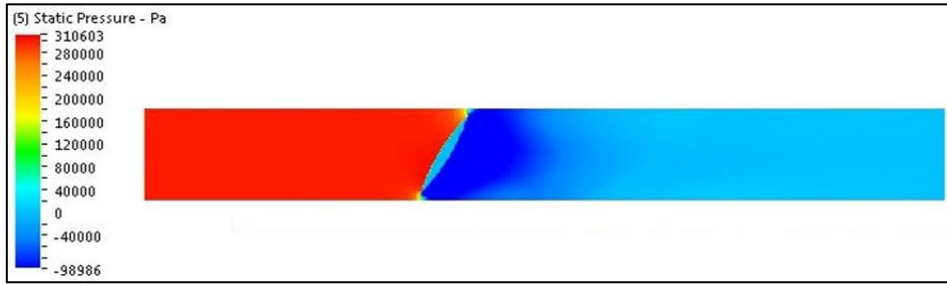
**Şekil 4.33** Klape açıklığı 20° 'deki Hız gradyeni ( $P_G=3$  Bar,  $P_C=0$  Bar)



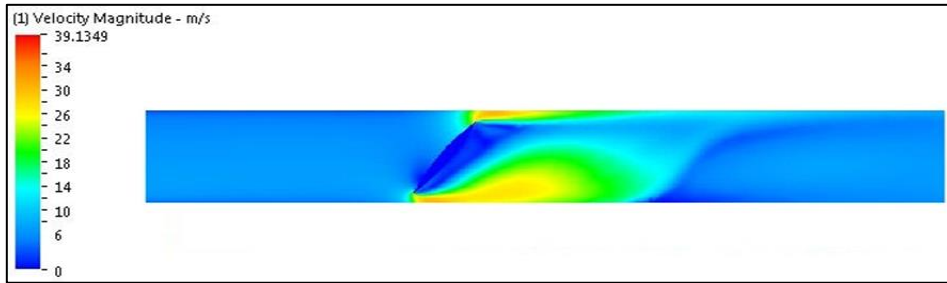
**Şekil 4.34** Klape açıklığı 20° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G=3$  Bar,  $P_C=0$  Bar)



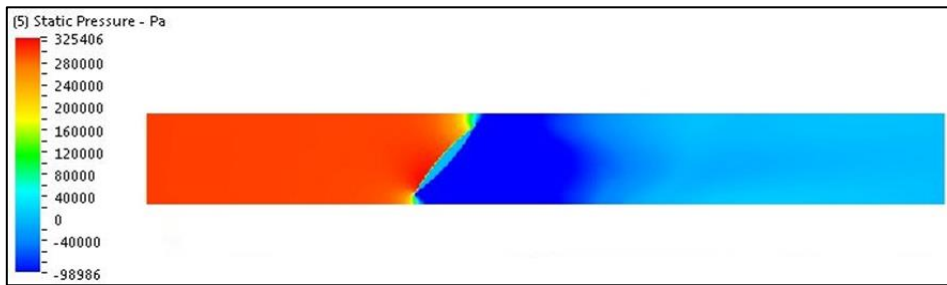
Şekil 4.35 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



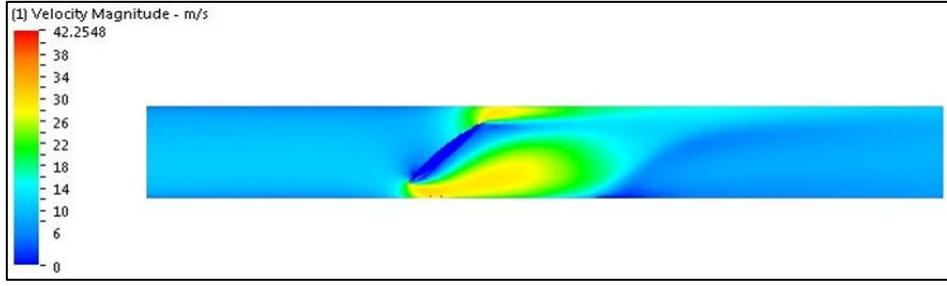
Şekil 4.36 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



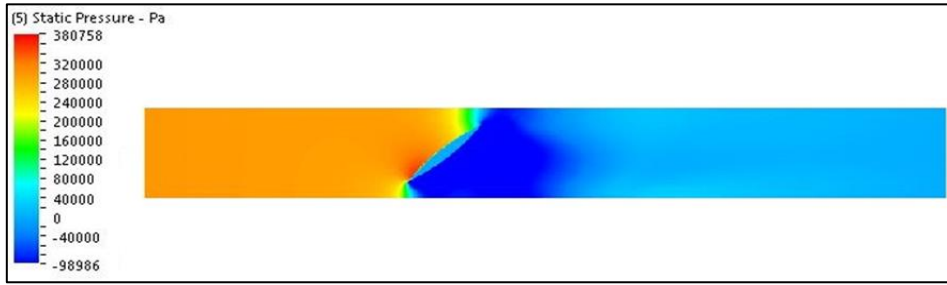
Şekil 4.37 Klape açıklığı 40° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



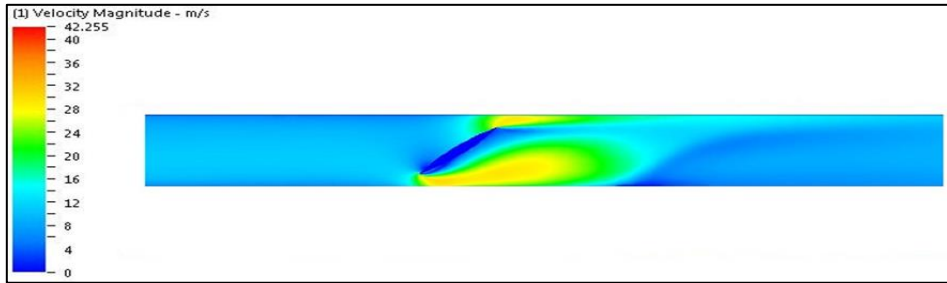
Şekil 4.38 Klape açıklığı 40° ‘deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



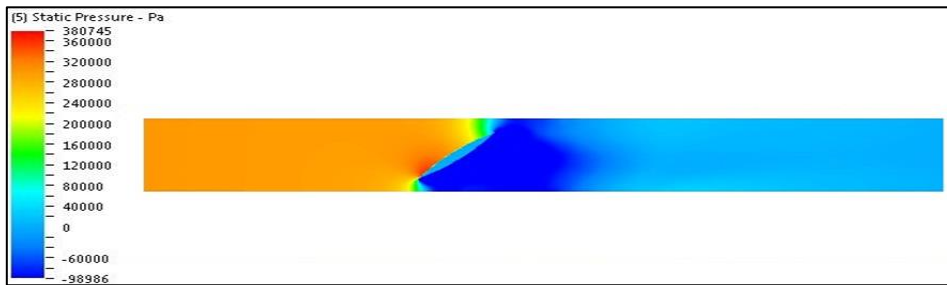
Şekil 4.39 Klape açıklığı 50° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



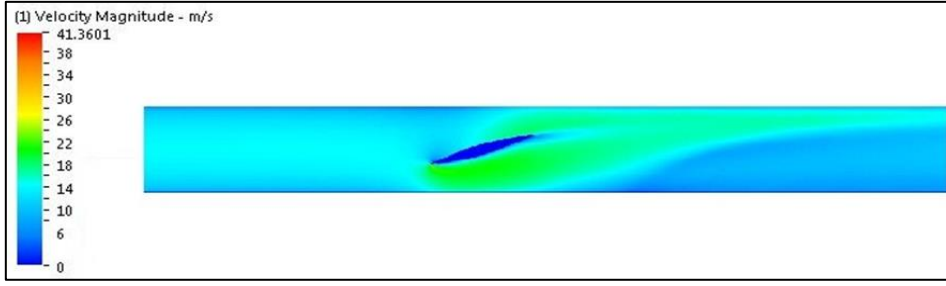
Şekil 4.40 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



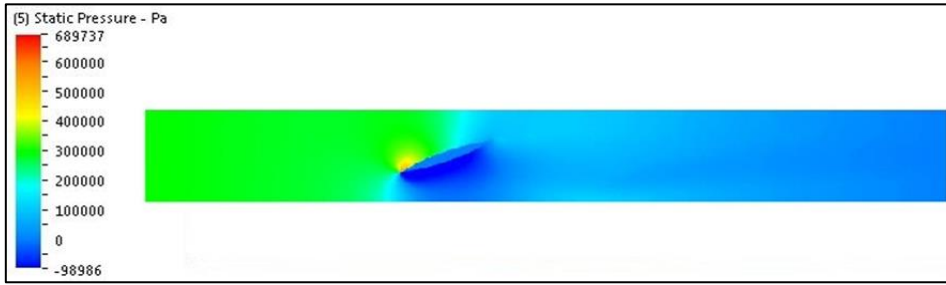
Şekil 4.41 Klape açıklığı 60° 'deki Hız gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



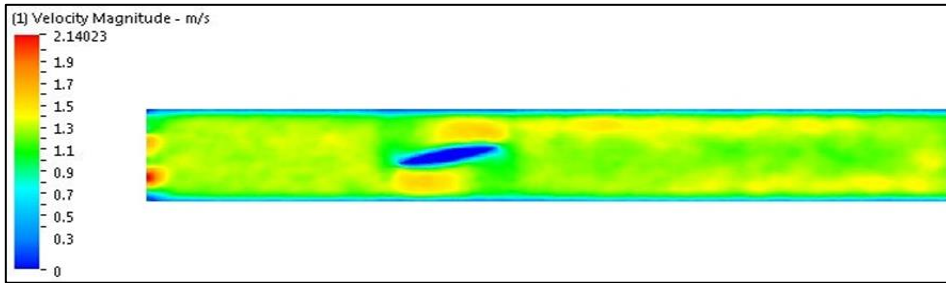
Şekil 4.42 Klape açıklığı 60° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



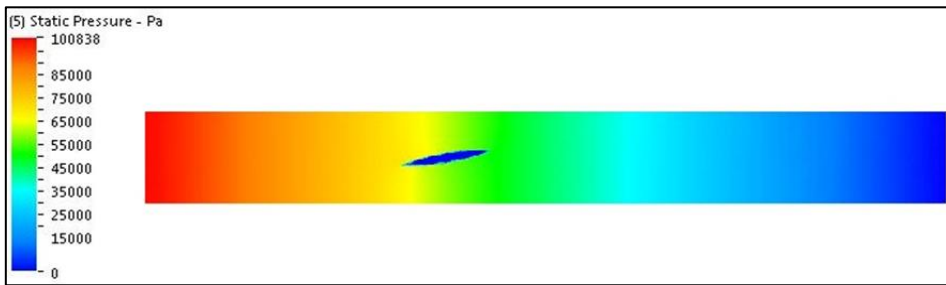
Şekil 4.43 Klape açıklığı 70° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.44 Klape açıklığı 70° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.45 Klape açıklığı 80° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.46 Klape açıklığı 80° 'deki Basınç gradyeni ( $P_G = 3$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

Giriş ve çıkış basınç farkının artmasından dolayı, arada meydana gelen boşlukta kaviteyonlu bölgelerin alanlarında artma olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölgelerde hızında etkisiyle meydana gelecek aşınmalar ve vana içinde buharlaşmalardan ötürü patlamaların oluşması kaçınılmazdır.

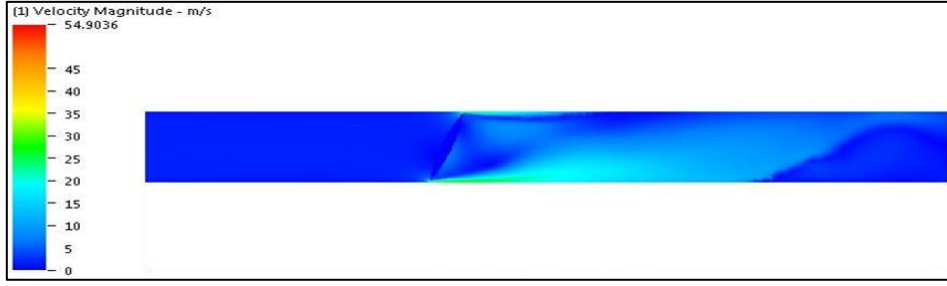
Klape ile boru arasından geçen akışkanın miktarı  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$  ve  $40^{\circ}$  'de debinin' de az olmasıyla, basınç dalgalanmalarının çok fazla olmadığı görülmektedir. Fakat  $50^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  ve  $70^{\circ}$  de akışkanın içinde kalabileceği ölü bölgelerin artmasından dolayı kaviteyon oluşan bölgelerin alanlarında gözle görünür farklar ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 4.6** Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=3$  Bar  $P_C=0$  Bar)

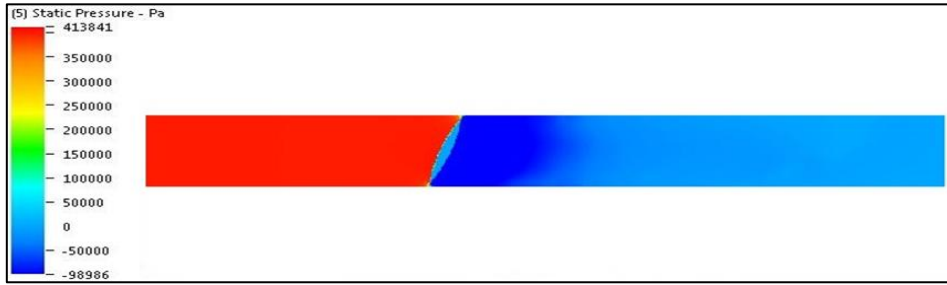
	$20^{\circ}$	$30^{\circ}$	$40^{\circ}$	$50^{\circ}$	$60^{\circ}$	$70^{\circ}$	$80^{\circ}$
Min.	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986
Max.	310811	310603	325406	380758	380745	689737	

**Çizelge 4.7** Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=3$  Bar  $P_C=0$  Bar)

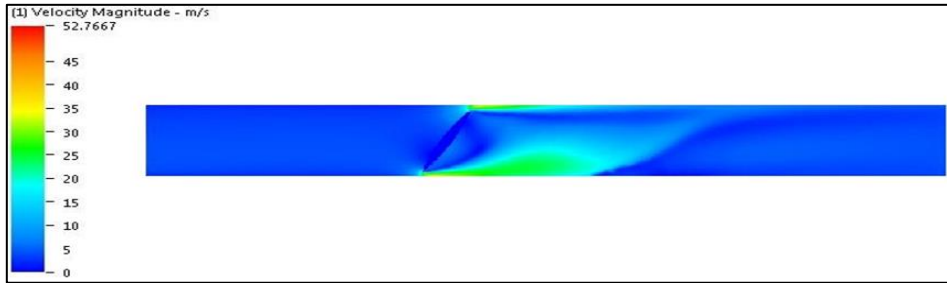
	$20^{\circ}$	$30^{\circ}$	$40^{\circ}$	$50^{\circ}$	$60^{\circ}$	$70^{\circ}$	$80^{\circ}$
Min.	0	0	0	0	0	0	0
Max.	42.60	42.38	39.14	42.26	42.26	41.36	



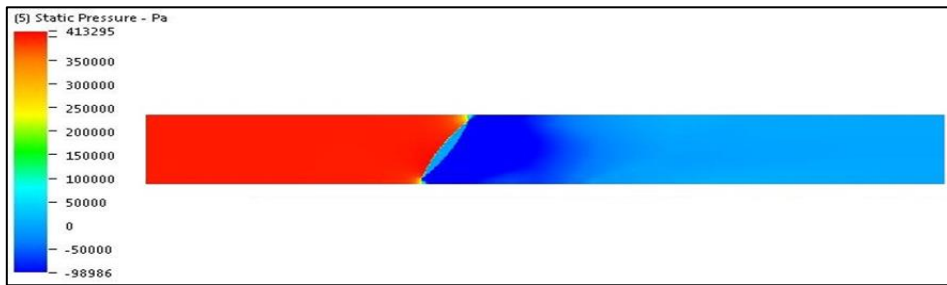
Şekil 4.47 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.48 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

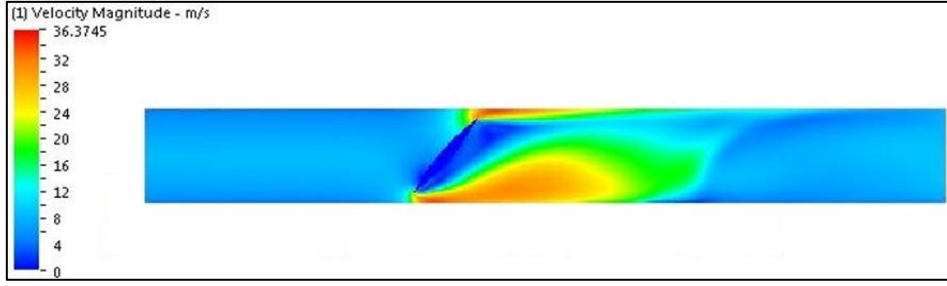


Şekil 4.49 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

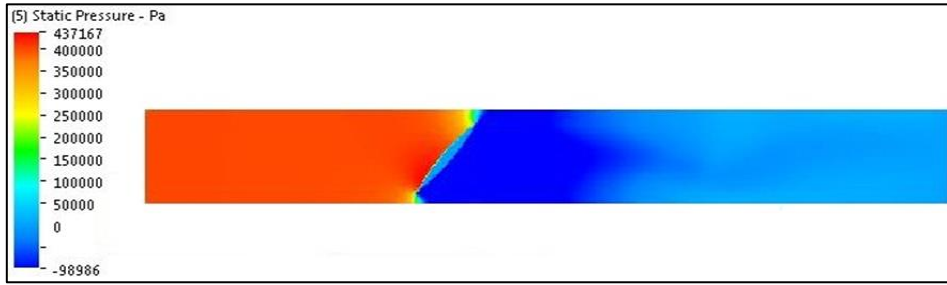


Şekil 4.50 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

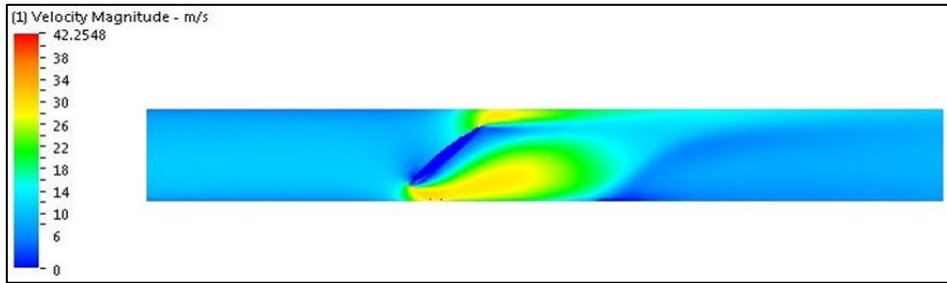




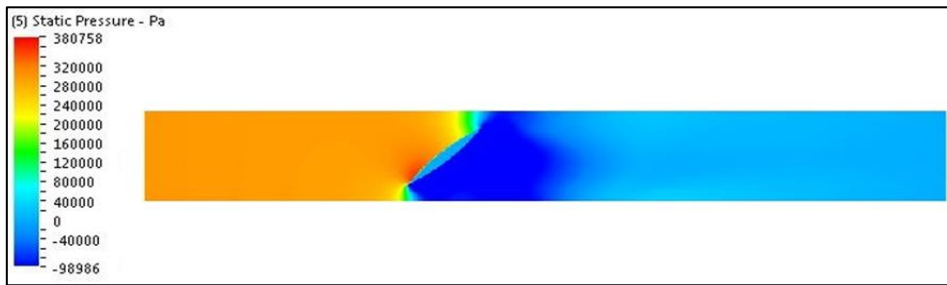
Şekil 4.51 Klape açıklığı 40° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



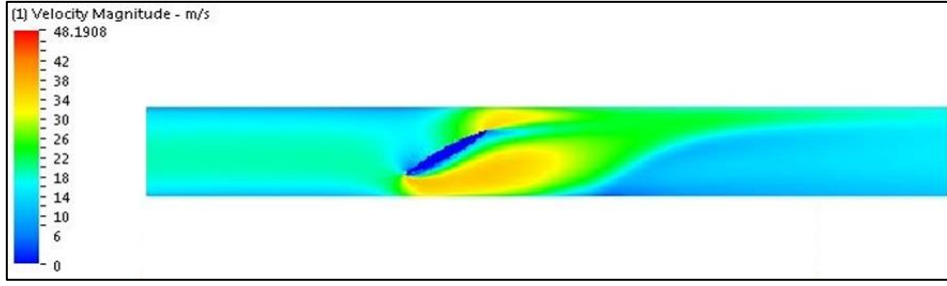
Şekil 4.52 Klape açıklığı 40° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



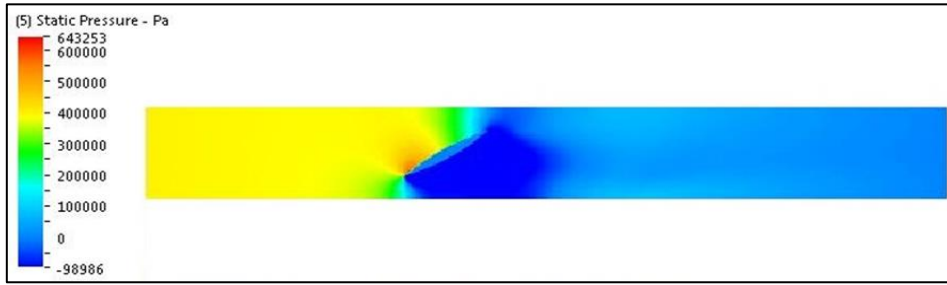
Şekil 4.53 Klape açıklığı 50° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



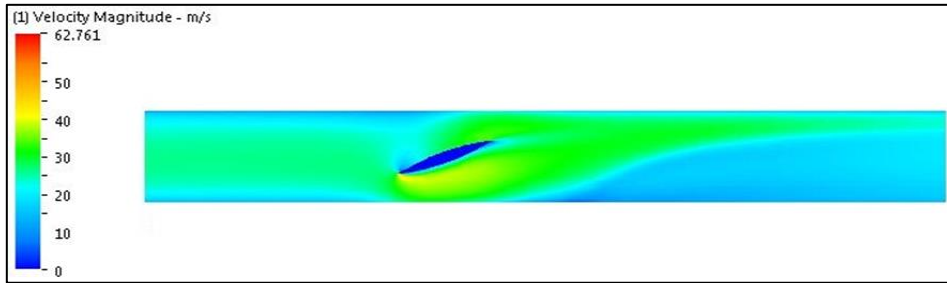
Şekil 4.54 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



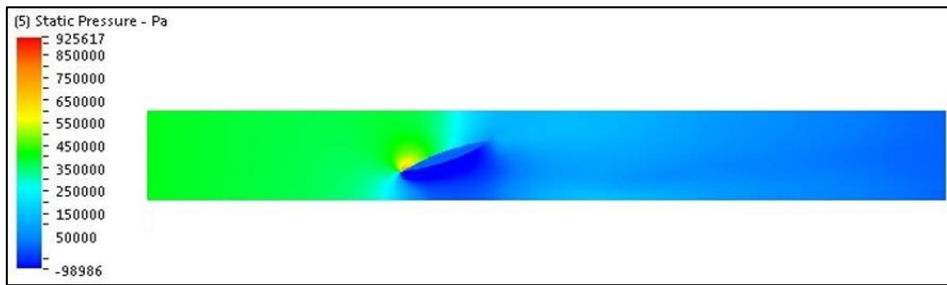
Şekil 4.55 Klape açıklığı  $60^\circ$  'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



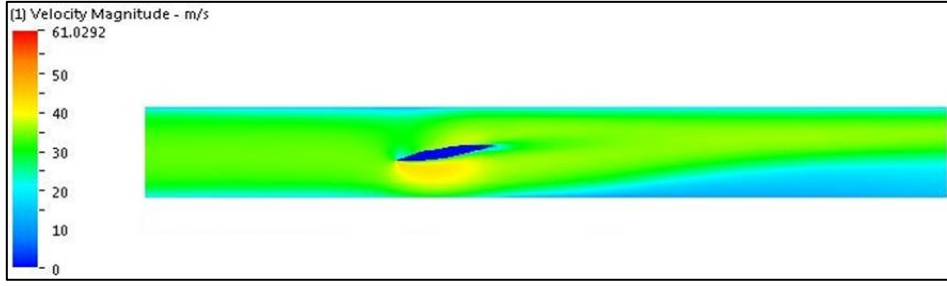
Şekil 4.56 Klape açıklığı  $60^\circ$  'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



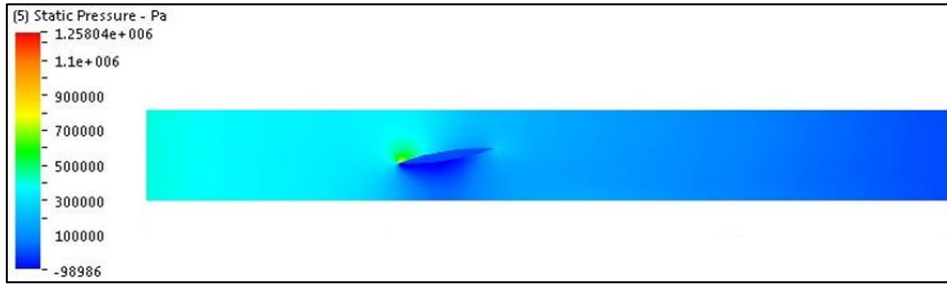
Şekil 4.57 Klape açıklığı  $70^\circ$  'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.58 Klape açıklığı  $70^\circ$  'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.59 Klape açıklığı 80° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)



Şekil 4.60 Klape açıklığı 80° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 0$  Bar)

Çizelge 4.8 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=4$  Bar  $P_C=0$  Bar)

	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	-98986	-98986	-98986	yaz	-98986	-98986	-98986
Max.	413841	413295	437167	yaz	643253	925617	1.25 e+006

Çizelge 4.9 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=4$  Bar  $P_C=0$  Bar)

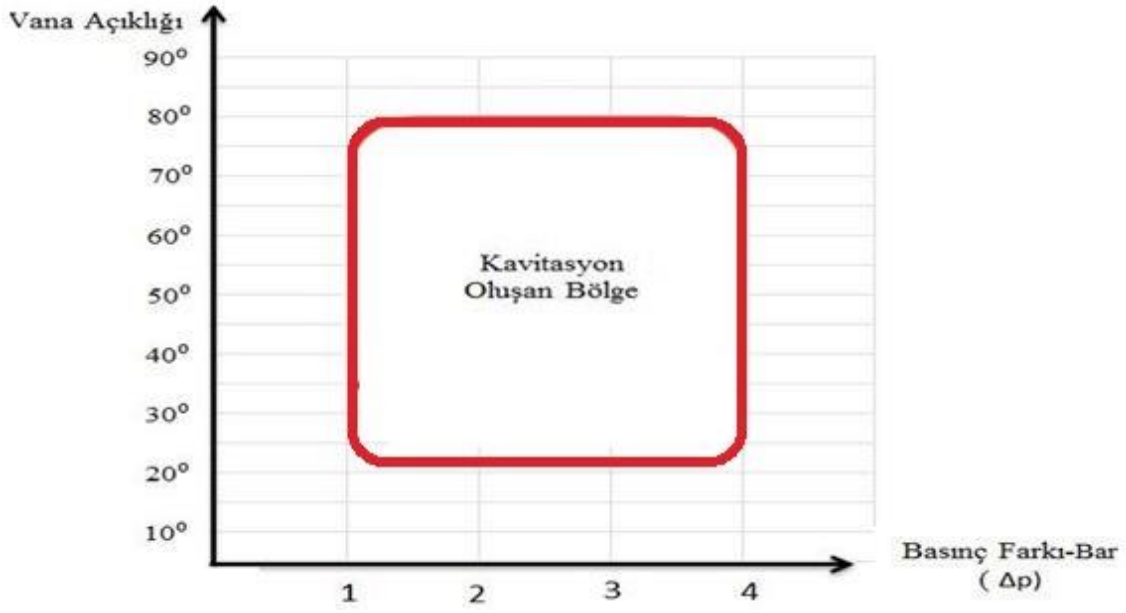
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	0	0	0	yaz	0	0	0
Max.	54.90	52.76	36.37	yaz	48.19	62.76	61.02

Sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 bar basınç farkı altında atmosfere açılan kelebek vanaların analiz sonuçları yukarıda verilmiştir. Analiz sonuçlarında ortak noktanın; Akışkanın klape etrafında geçtiği alandaki ve arkasındaki hız maksimum değerine ulaşmakta olup, kelebek vana mil arkasında ve ölü bölgelerde basınç değerinin ters etki yaptığı görülmüştür.

Yaptığımız analizlerde akışkan olarak 20 °C deki su kullanılmıştır. Çizelge 4.9'da farklı sıcaklıktaki suların buharlaşma basınçları verilmiştir. Şekil 4.59'da ise analiz sonuçlarımıza göre, az ya da çok kavitasyon oluşan tüm bölgeler gösterilmiştir.

**Çizelge 4.10** Suyun farklı sıcaklıklarda buharlaşma basıncı değerleri

Sıcaklık ( °C )	Pv (N/m) <sup>2</sup>
0 <sup>0</sup>	610.8
10 <sup>0</sup>	1227.1
20 <sup>0</sup>	2336.9
30 <sup>0</sup>	4241.4
40 <sup>0</sup>	7374.6
50 <sup>0</sup>	12334.8
60 <sup>0</sup>	19917.3
70 <sup>0</sup>	31155.7
80 <sup>0</sup>	47356.3



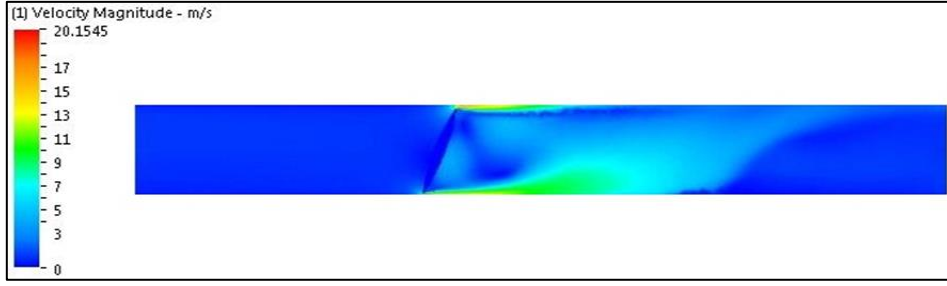
**Şekil 4.61** Kavitasyon oluşan bölge

Ayar ve kontrol uygulamalarında önemli bir faktör de kavitasyon riskidir. Zorlu çalışma şartlarında kontrol vanaları yüksek basınç farklarına maruz kalırlar. Akış hızı vana içerisinde akış yolu boyunca artar ve hızdaki bu artışa paralel olarak basınç düşer. Eğer akışkanın basıncı, buharlaşma basıncının altına düşer ise akış içerisinde buhar kabarcıkları gelişir.

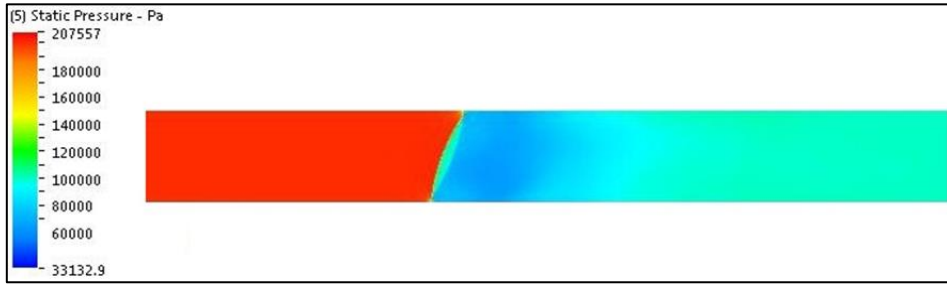
Vananın çıkışında akışkan basıncı tekrar yükselir ve buhar kabarcıkları patlayarak mikro jetler ve şok dalgaları oluşturur. Bu şok dalgalarının ve mikro jetlerin yüzeylere çarpmasıyla kavitasyon hasarları oluşur.

Uzun bir hat üzerinde; kelebek vana içindeki klapenin açılıp, kapanması veya pompaların devreye girip, çıkmaları ile akışkan hızında oluşacak ani hız değişiklikleri, büyük basınç dalgalanmalarına yol açarak, kelebek vanalar ile borularda koç darbelerine 'de yol açmaktadır. Hatlarda, basınç ve hız değişiklikleri her iki yönde, ses hızı ile yayılır ve düzgün olmayan vana, dirsek, redüksiyon gibi kesitlerden geriye yansıtılır. Basınç dalgalarının üst üste çakışması, tahmin edilemeyecek büyüklükte, pozitif veya negatif basınçlar oluşturabilir. Çevrilen kolun 90° hareketi ile tam açık veya tam kapalı konuma gelebilen Küresel, Konik veya Kelebek vanaların bu avantajları, uzun hatlarda Koç darbesi ve kavitasyon problemleri yaşanmasına sebep olabilir.

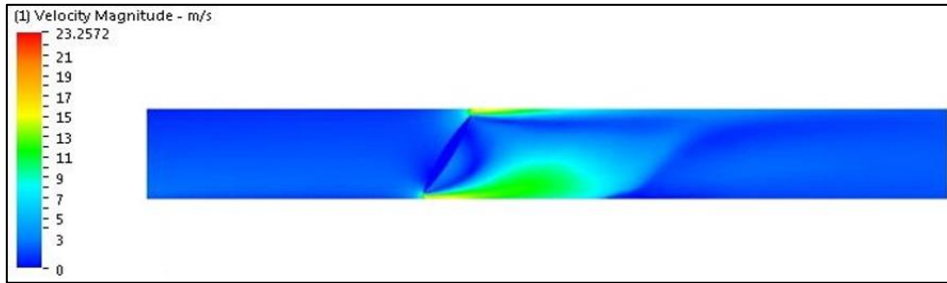
Bu dezavantaj, bu tür vanaların elle kumanda edilmeleri yerine, açma, kapama süresinin uzatıldığı aktüatörler kullanılarak, giderilebilir. Yüksek basınç farklarında oluşan kavitasyon, akışkanın kontrolünde kullanılan kelebek vanaların çalışma ömrü azaltarak kısa sürede hasarların oluşmasına neden olacaktır. Analiz sonuçlarımızdan elde edilen verilere göre kavitasyon oluşan bölgelerin aralığı Şekil 4.59'da verilmiştir.



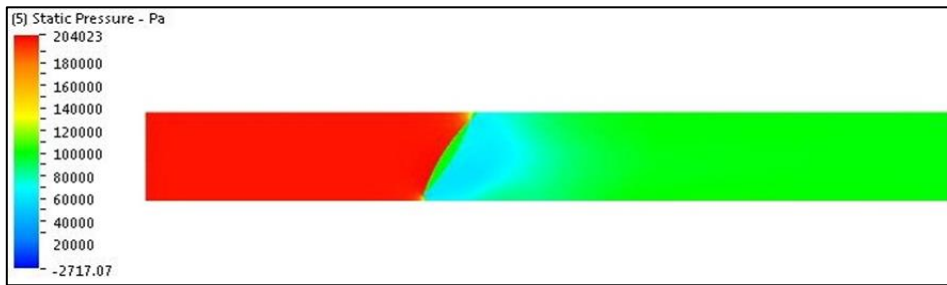
Şekil 4.62 Klape açıklığı 20° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 1$  Bar)



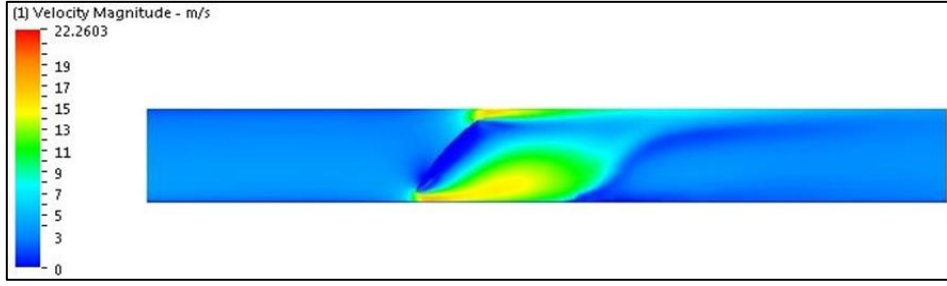
Şekil 4.63 Klape açıklığı 20° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 1$  Bar)



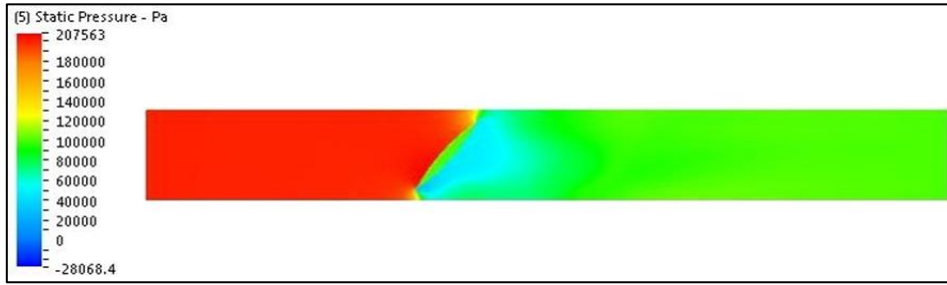
Şekil 4.64 Klape açıklığı 30° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 1$  Bar)



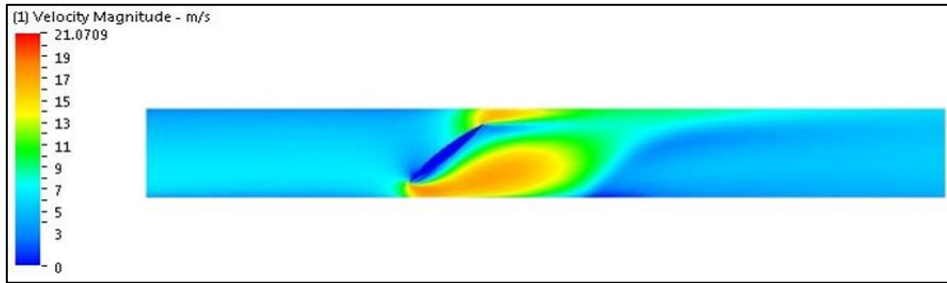
Şekil 4.65 Klape açıklığı 30° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 1$  Bar)



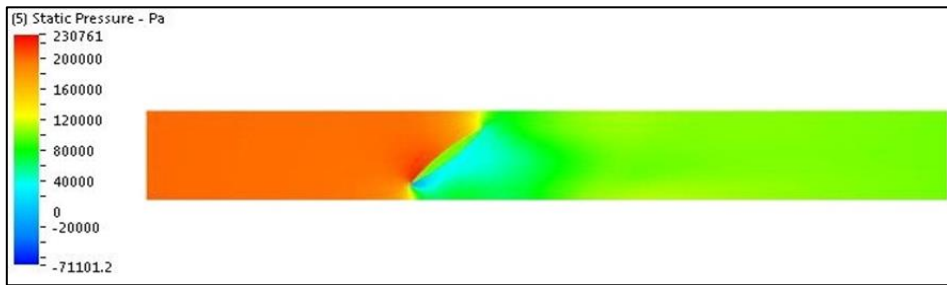
Şekil 4.66 Klape açıklığı 40° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_Ç = 1$  Bar)



Şekil 4.67 Klape açıklığı 40° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_Ç = 1$  Bar)

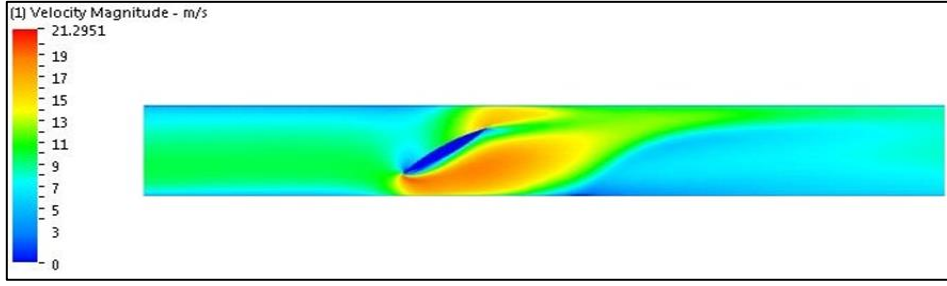


Şekil 4.68 Klape açıklığı 50° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_Ç = 1$  Bar)

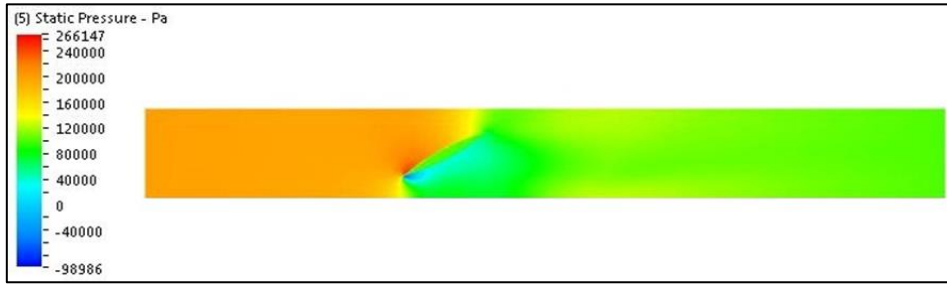


Şekil 4.69 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_Ç = 1$  Bar)

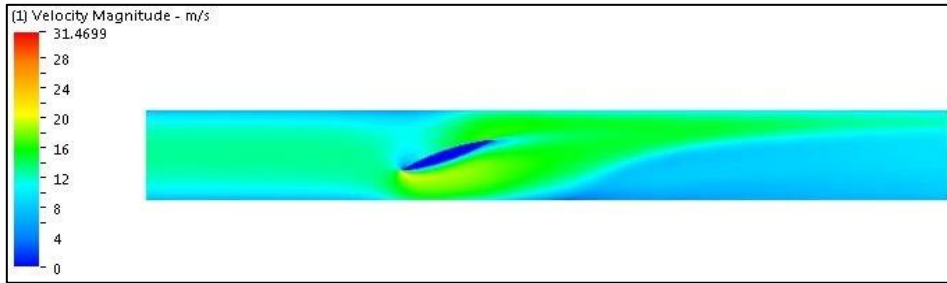




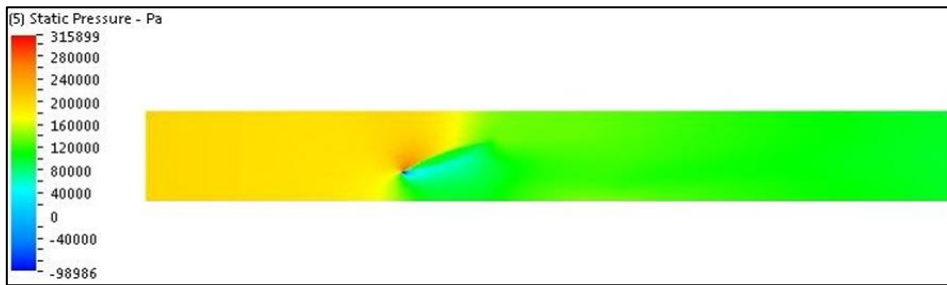
Şekil 4.70 Klape açıklığı 60° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_Ç = 1$  Bar)



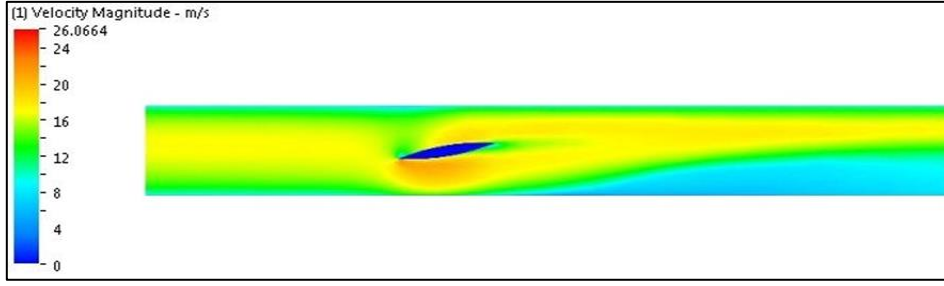
Şekil 4.71 Klape açıklığı 60° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_Ç = 1$  Bar)



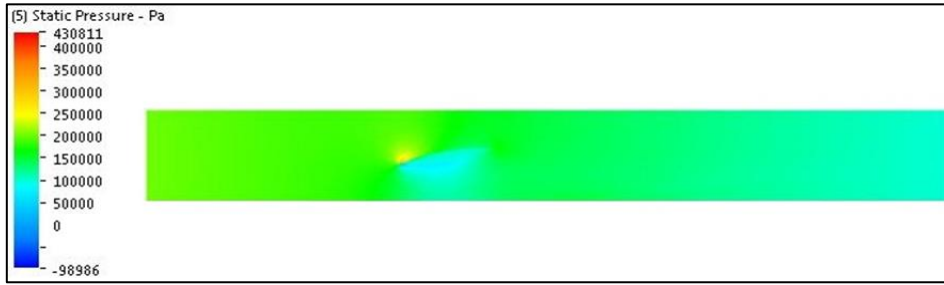
Şekil 4.72 Klape açıklığı 70° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_Ç = 1$  Bar)



Şekil 4.73 Klape açıklığı 70° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_Ç = 1$  Bar)



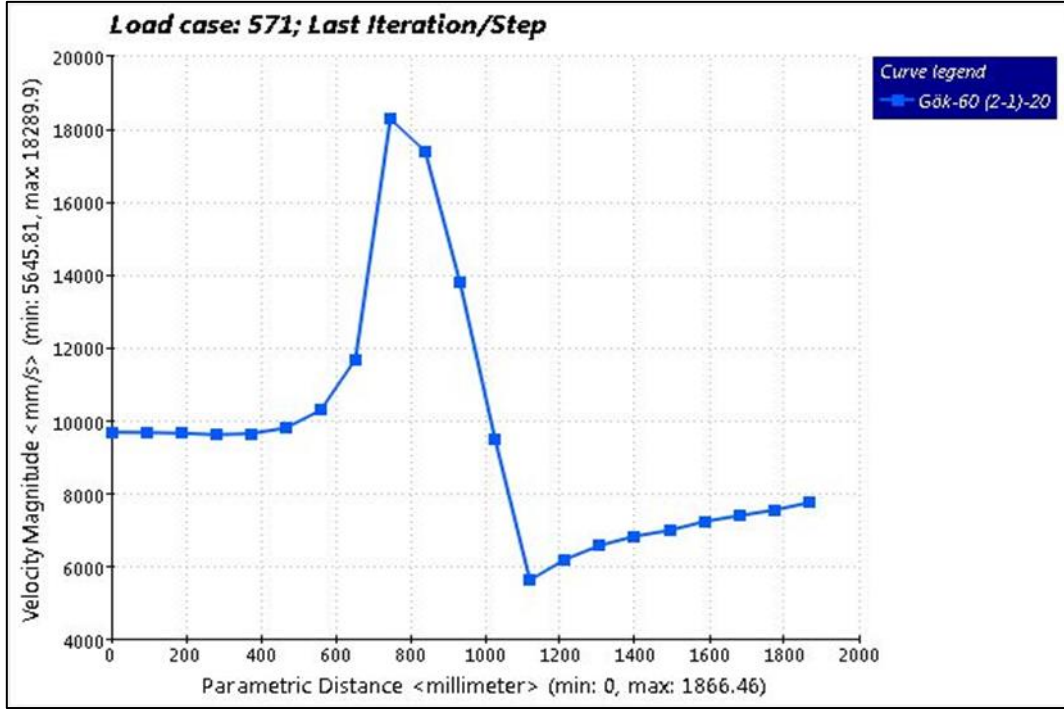
Şekil 4.74 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 1$  Bar)



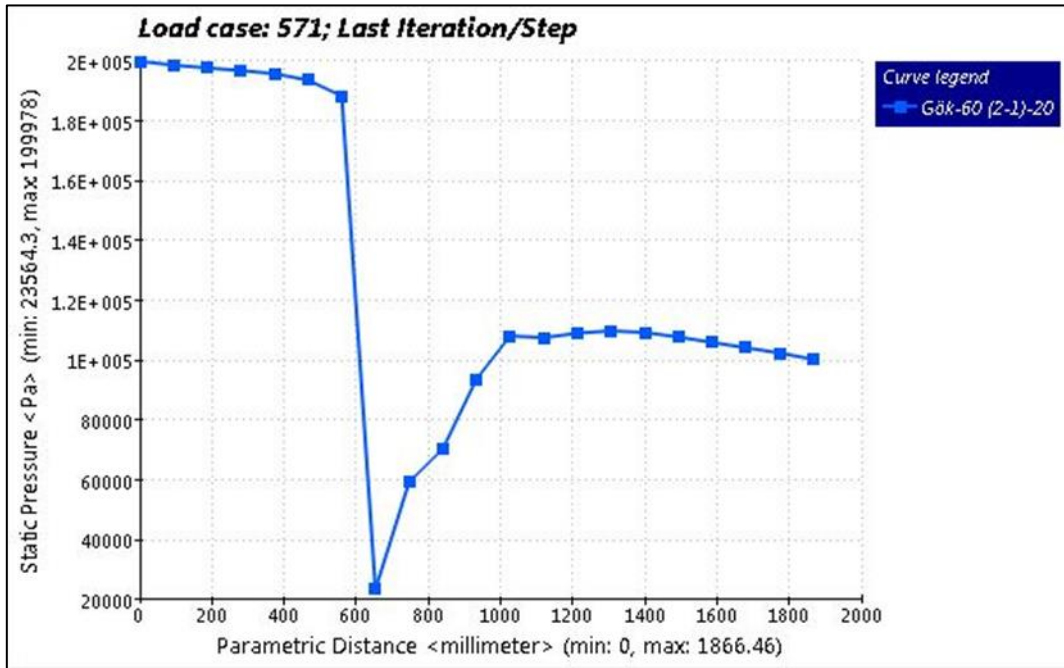
Şekil 4.75 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 2$  Bar,  $P_C = 1$  Bar)

İlk yaptığımız analizde 1 bar basınç farkı altındaki atmosfere açılan kelebek vanaları incelemiştik, bu kez yine 1 bar basınç farkı altında, fakat devre içinde devam eden akışkan tanımlanarak, kelebek vanaların davranışlarını inceledik.

Akışkanın devre içinde devam ettiği durumda, giriş basıncı daha yüksek olmasına rağmen debide azalma olduğu görülmüş, buna bağlı olarak basınç dalgalanmaları daha düzenli hale gelmiştir. Yine akışkanın geçtiği kesitteki basınç ve hız değerleri maksimum noktaya buralarda ulaştığı görülmüştür. Atmosfere açılan kelebek vanaların  $P_{Giriş}$ : 1 Bar,  $P_{Çıkış}$ : 0 Bar, olduğu durumda suyun buharlaşma basıncına ulaştığı bölgelerin 30° 40° 50° 60° 70° ve 80° şeklinde olduğu bilinmektedir. Çıkış basıncının 1 bar artmasından dolayı kavitasyon oluşan bölgelerde farklılıklar olmuştur. Buna göre  $P_{Giriş}$ : 2 Bar,  $P_{Çıkış}$ : 1 Bar olduğu durumda kavitasyon oluşan bölgeler 60° 70° ve 80° şeklinde değişmiştir.



Şekil 4.76 60° 'deki Hız değişimi



Şekil 4.77 60° 'deki Basınç değişimi

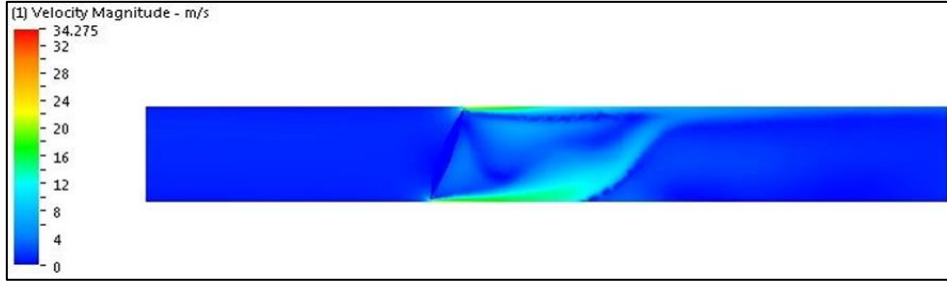
Kavitasyonun en çok görüldüğü yer, yani klapenin 60° açık olduğu konumdaki hız ve basınç değişimleri şekil 4.74 ve 4.75’de verilmiştir. Alınan bu sonuç grafikleri aynı noktadan geçen doğru üzerinden çıkarılmıştır. Hızın arttığı yerde (klapenin ön kısmında) basıncın düştüğü gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.11** Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=2$  Bar  $P_C=1$  Bar)

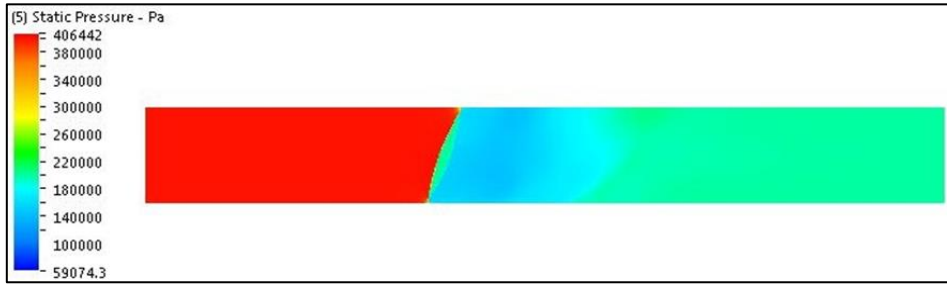
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	33133	-2717	-28068	-71101	-98986	-98986	-98986
Max.	207527	204023	207563	230761	266147	315899	430811

**Çizelge 4.12** Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=2$  Bar  $P_C=1$  Bar)

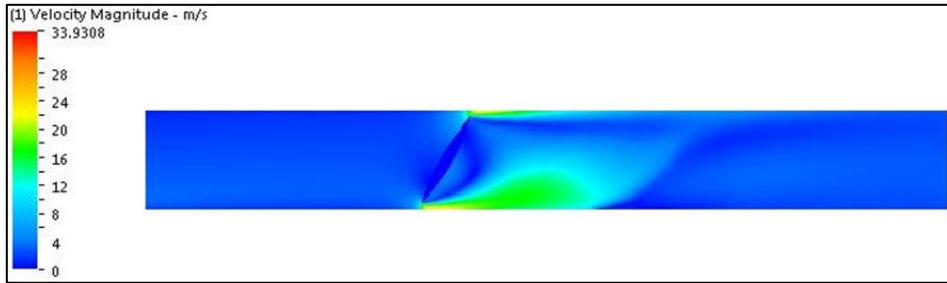
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	0	0	0	0	0	0	0
Max.	20.15	23.25	22.26	21.07	21.29	31.46	26.06



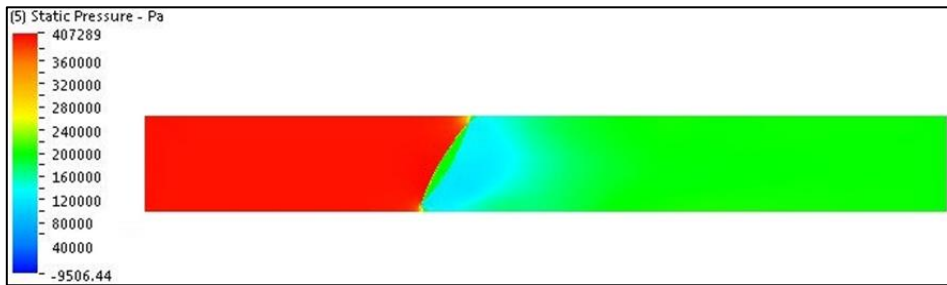
Şekil 4.78 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



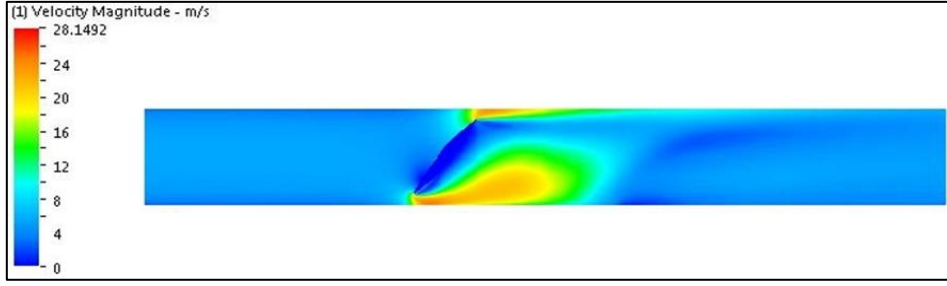
Şekil 4.79 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



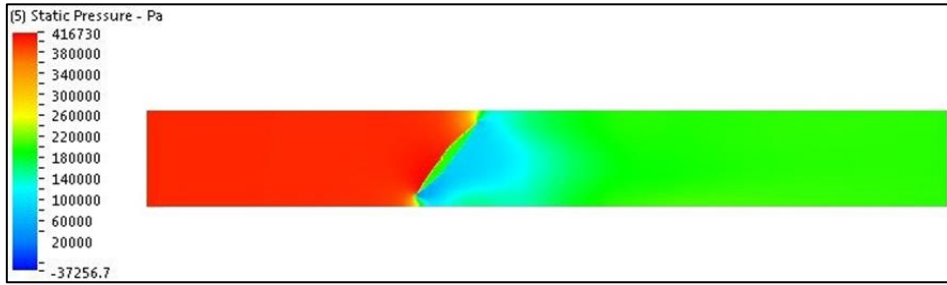
Şekil 4.80 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



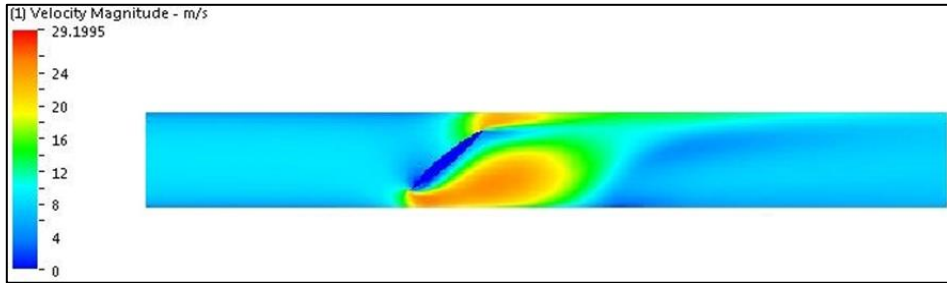
Şekil 4.81 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



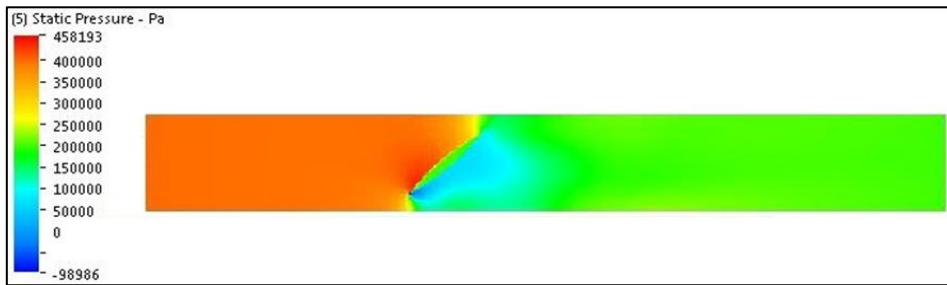
Şekil 4.82 Klape açıklığı 40° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



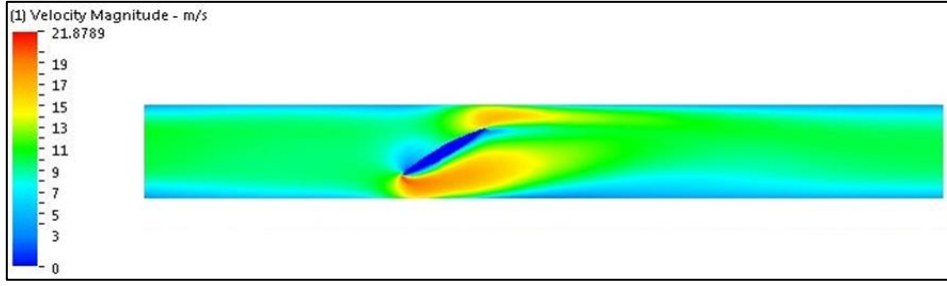
Şekil 4.83 Klape açıklığı 40° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



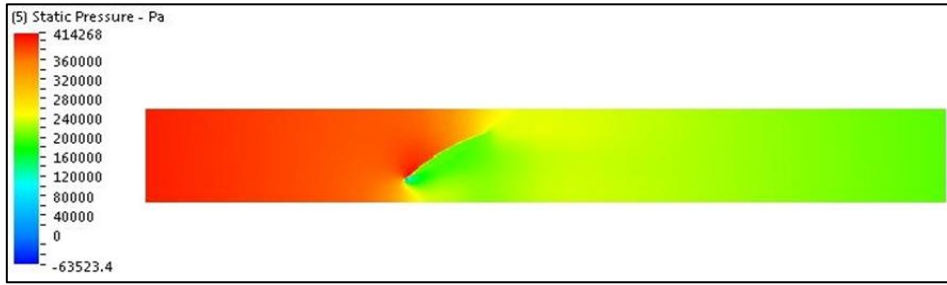
Şekil 4.84 Klape açıklığı 50° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



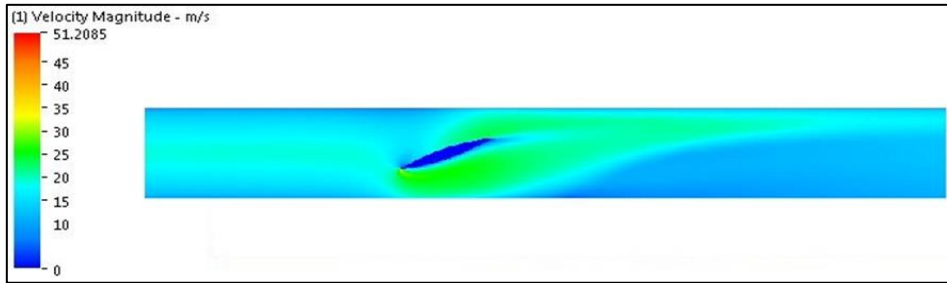
Şekil 4.85 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



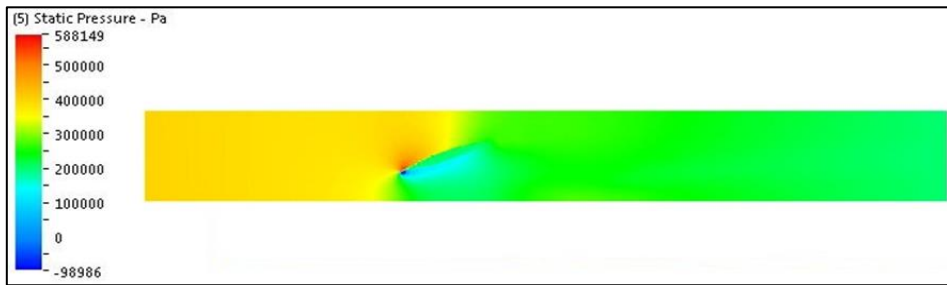
Şekil 4.86 Klape açıklığı 60° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



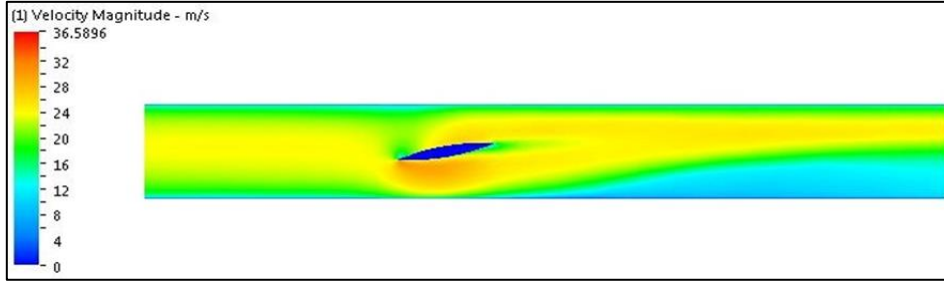
Şekil 4.87 Klape açıklığı 60° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



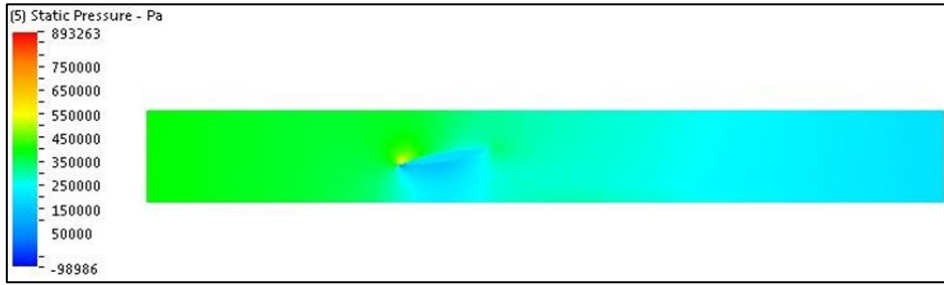
Şekil 4.88 Klape açıklığı 70° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



Şekil 4.89 Klape açıklığı 70° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_Ç = 2$  Bar)



Şekil 4.90 Klape açıklığı 80° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 2$  Bar)



Şekil 4.91 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 4$  Bar,  $P_C = 2$  Bar )

Giriş basıncının artmasıyla oluşan basınç hız değişim sonuçları yukarıda verilmiştir. Bir önceki analiz sonuçlarında kavitasyonlu bölge klapenin 60° ‘de olduğu konumda başlarken, 2 bar basınç farkı altındaki kelebek vanalarda, 50° de başladığı görülmüştür.

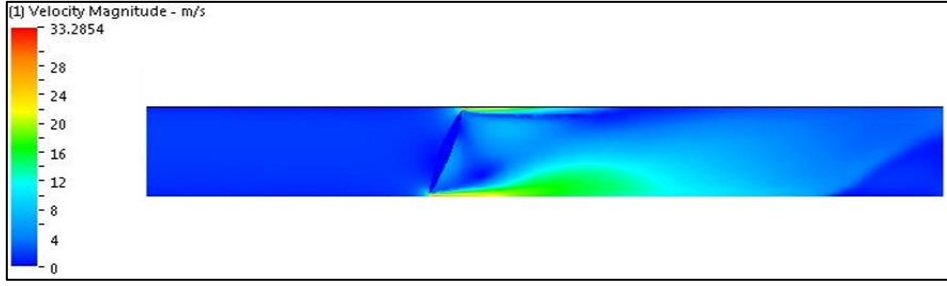
Çizelge 4.13 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=4$  Bar  $P_C=2$  Bar)

	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	59074	-9506	-37256	-98986	-63523	-98986	-98986
Max.	406442	407289	416730	458193	414268	588149	893263

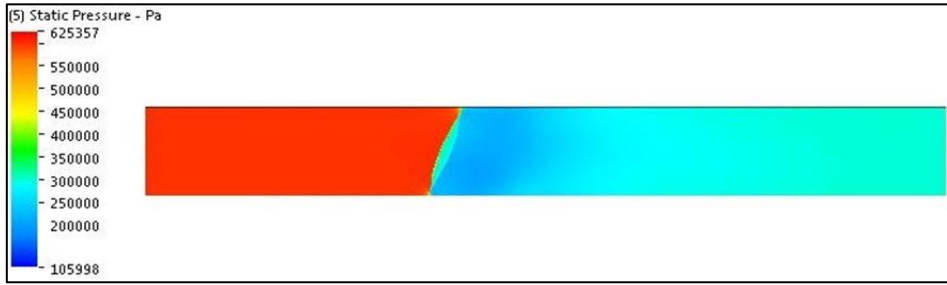
Çizelge 4.14 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=4$  Bar  $P_C=2$  Bar)

	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	0	0	0	0	0	0	0
Max.	34.27	33.93	28.14	29.19	21.87	51.20	36.58

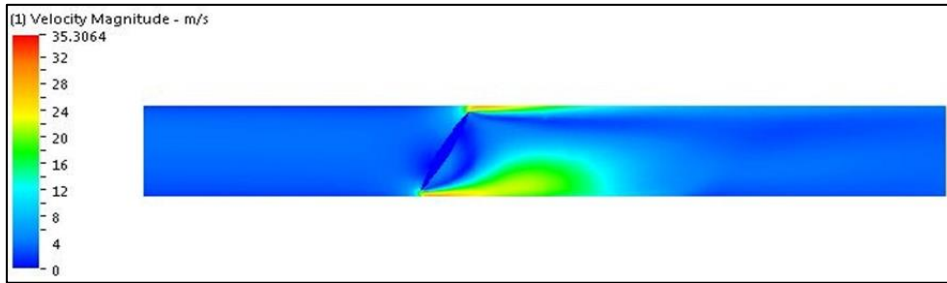




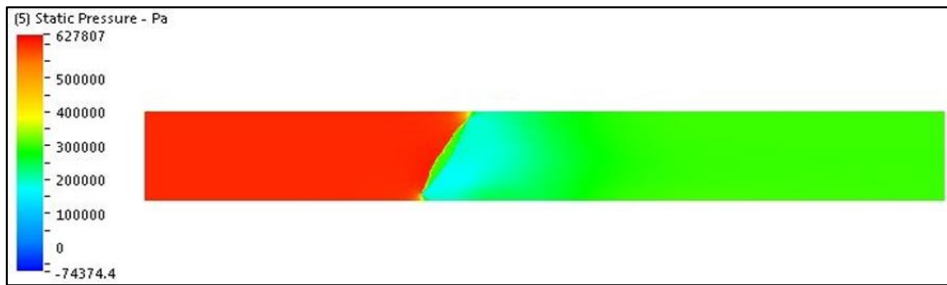
Şekil 4.92 Klape açıklığı 20° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



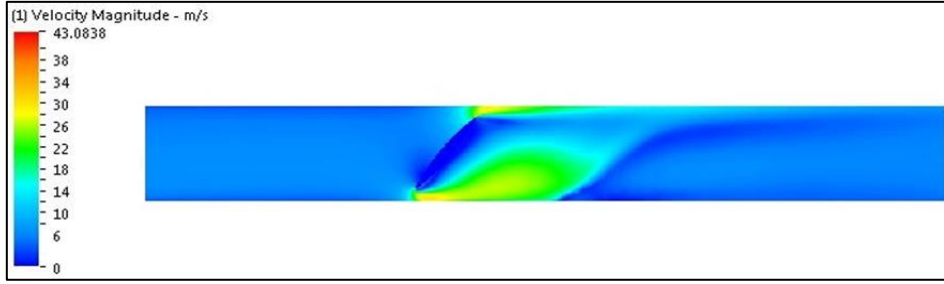
Şekil 4.93 Klape açıklığı 20° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



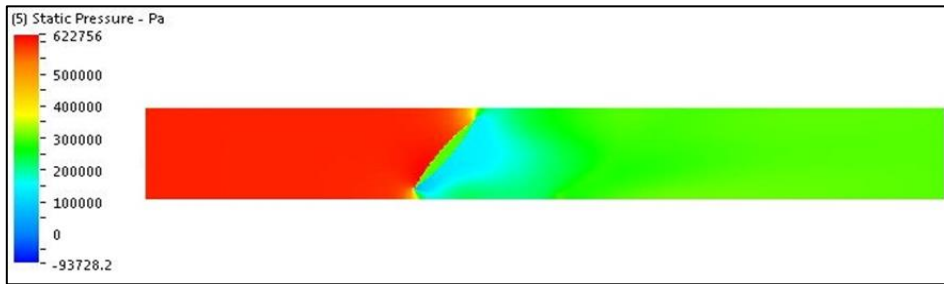
Şekil 4.94 Klape açıklığı 30° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



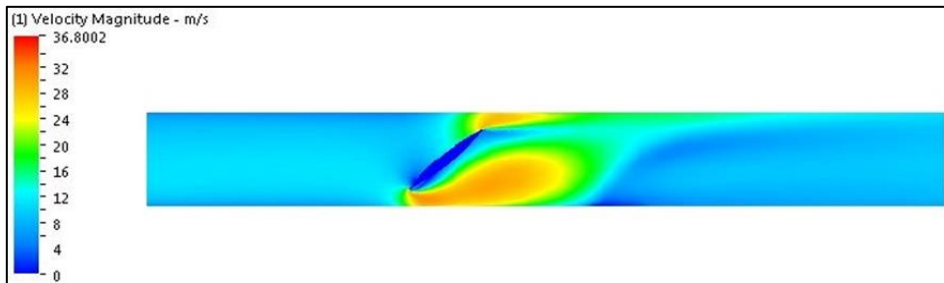
Şekil 4.95 Klape açıklığı 30° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



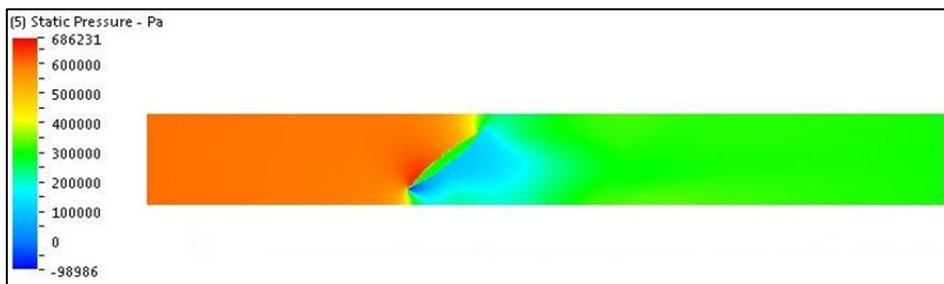
Şekil 4.96 Klape açıklığı 40° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



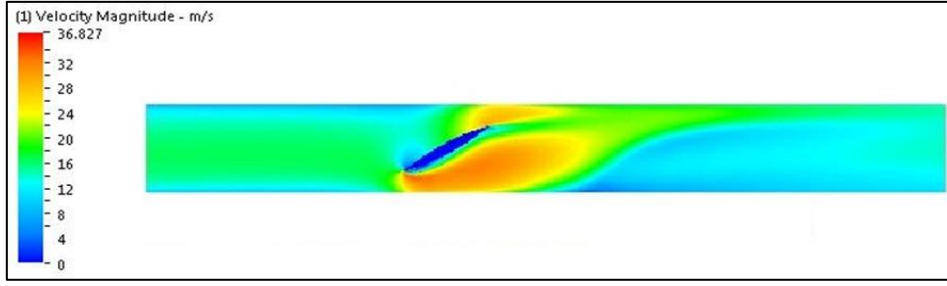
Şekil 4.97 Klape açıklığı 40° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



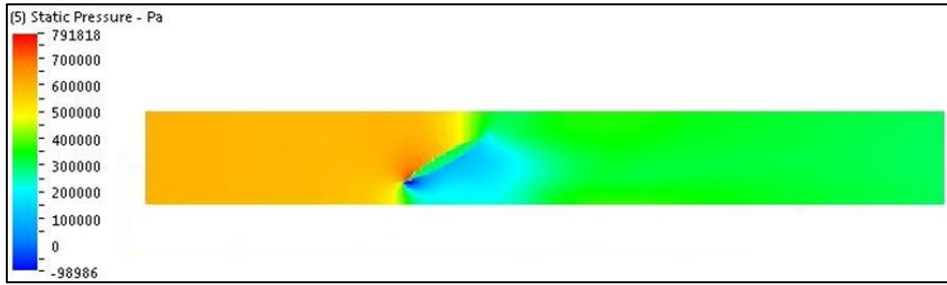
Şekil 4.98 Klape açıklığı 50° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



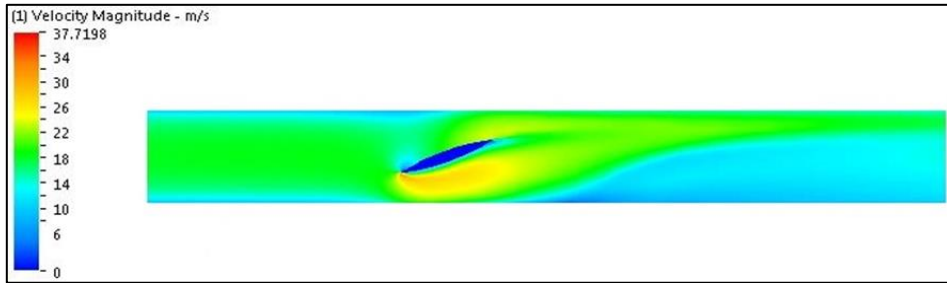
Şekil 4.99 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



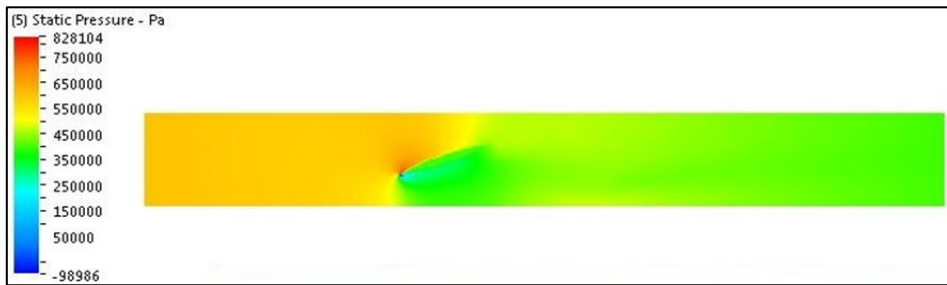
Şekil 4.100 Klape açıklığı 60° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



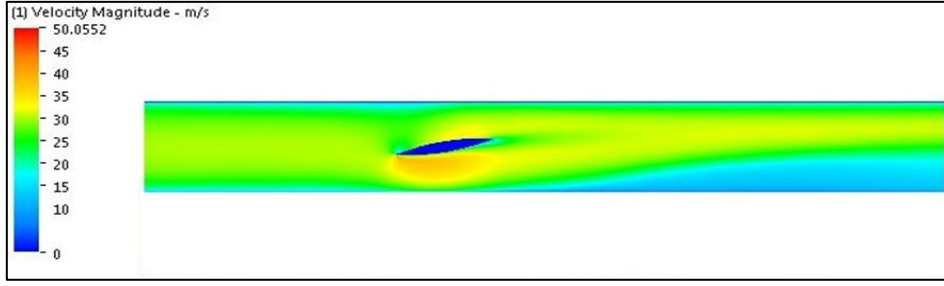
Şekil 4.101 Klape açıklığı 60° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



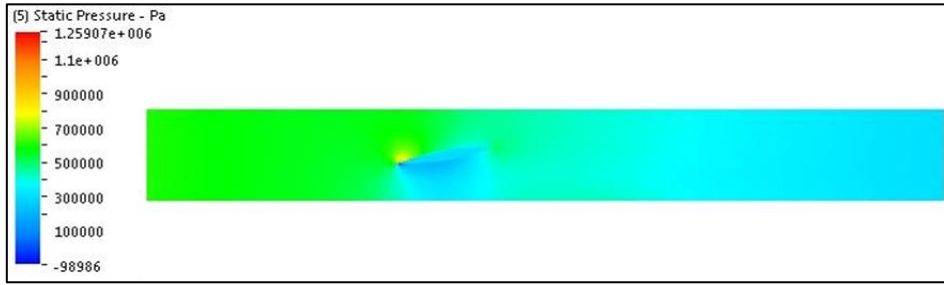
Şekil 4.102 Klape açıklığı 70° ‘deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



Şekil 4.103 Klape açıklığı 70 °‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



Şekil 4.104 Klape açıklığı 80 °’deki Hız gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)



Şekil 4.105 Klape açıklığı 80° ‘deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 6$  Bar,  $P_C = 3$  Bar)

Çizelge 4.15 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=6$  Bar  $P_C=3$  Bar)

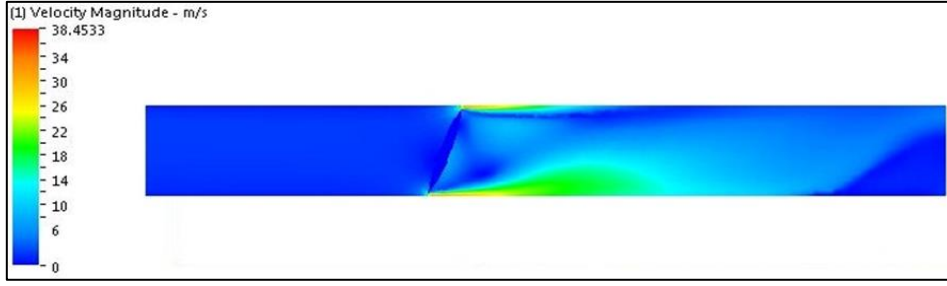
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	105998	-74374	-93728	-98986	-63523	-98986	-98986
Max.	625357	627807	622756	686231	791818	828104	1.25 e+006

Çizelge 4.16 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=6$  Bar  $P_C=3$  Bar)

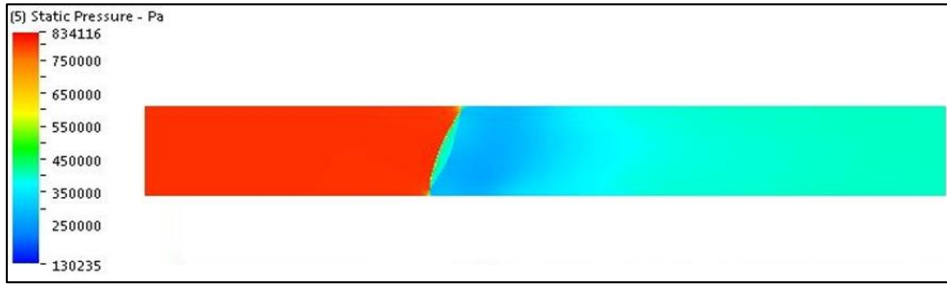
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	0	0	0	0	0	0	0
Max.	33.28	35.30	43.08	36.80	36.82	37.71	50.05

Giriş basıncının artmasıyla birlikte kavitasyon oluşan bölge hala 40<sup>0</sup>de başlamakta olup, 30<sup>0</sup> ye çok yaklaştığı görülmektedir. Şekil 4.99 incelendiğinde vananın 60<sup>0</sup> açılması durumunda basınç değişiminin nasıl olduğu gösterilmiştir. Giriş basıncı 600.000 Pa iken çıkış basıncı 400.000 Pa' a düşmektedir.

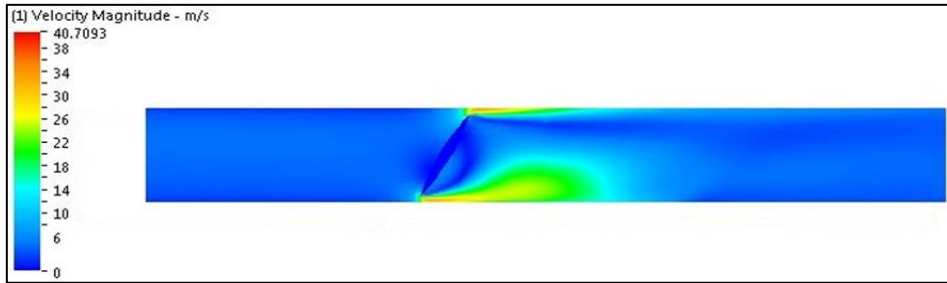
Şekil 4.102'te görüldüğü gibi vana 80<sup>0</sup> açık iken yani tam açık pozisyona en yakın kısımda, vananın giriş ve çıkış kesitleri arasında çok belirgin bir hız farkı ortaya çıkmaktadır.



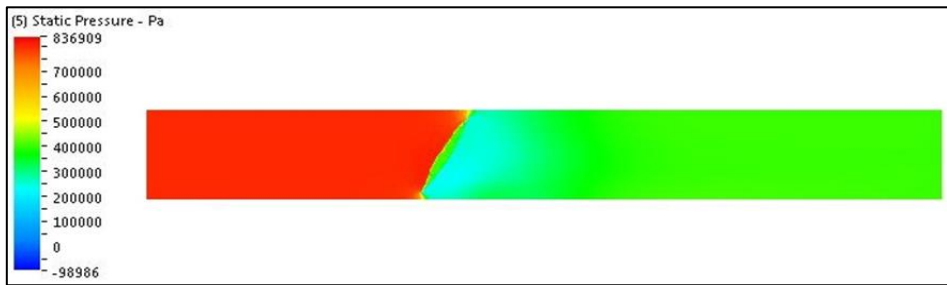
Şekil 4.106 Klape açıklığı 20° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



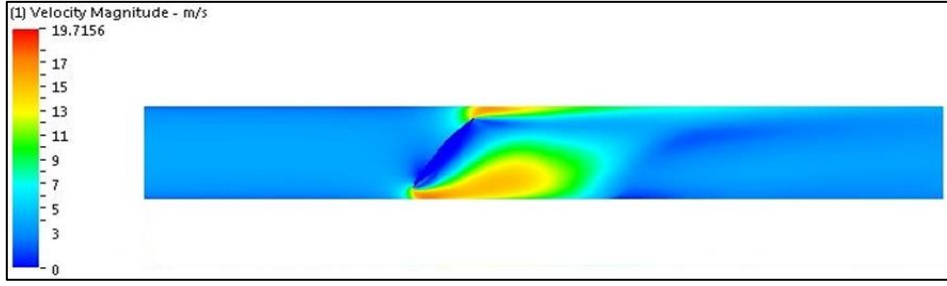
Şekil 4.107 Klape açıklığı 20° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



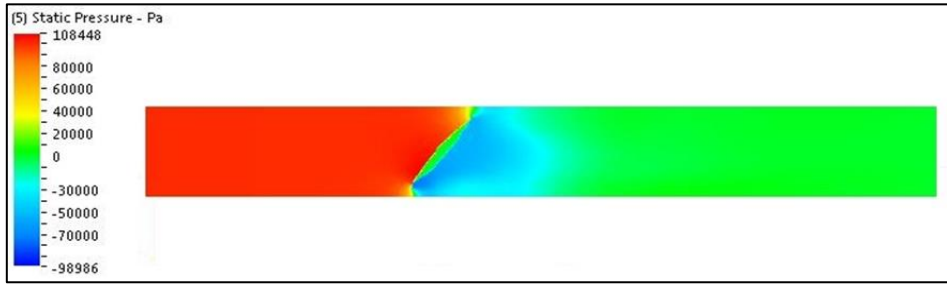
Şekil 4.108 Klape açıklığı 30° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



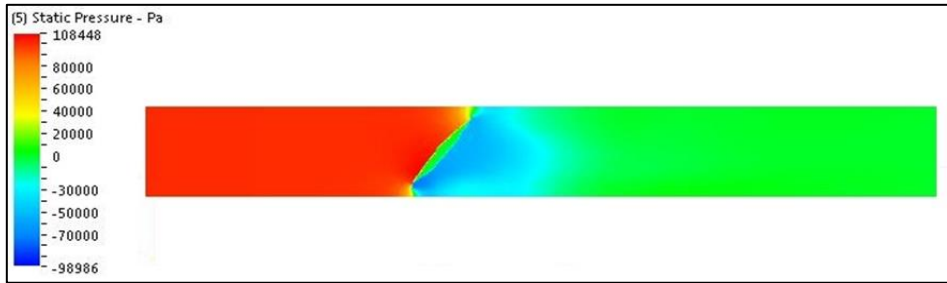
Şekil 4.109 Klape açıklığı 30° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



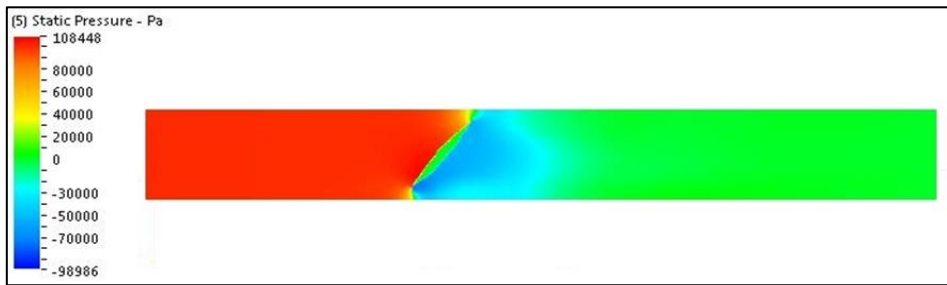
Şekil 4.110 Klape açıklığı 40° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



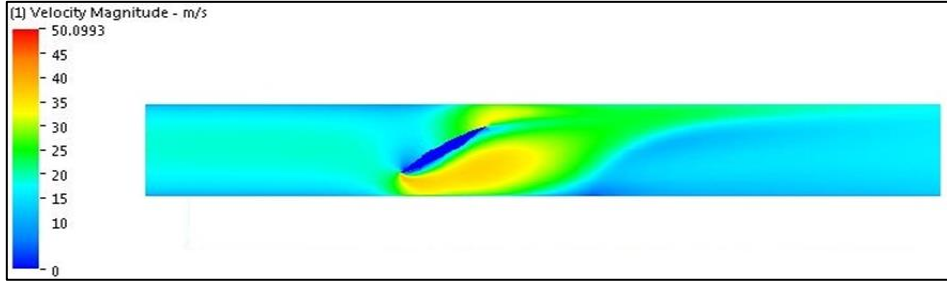
Şekil 4.111 Klape açıklığı 40° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



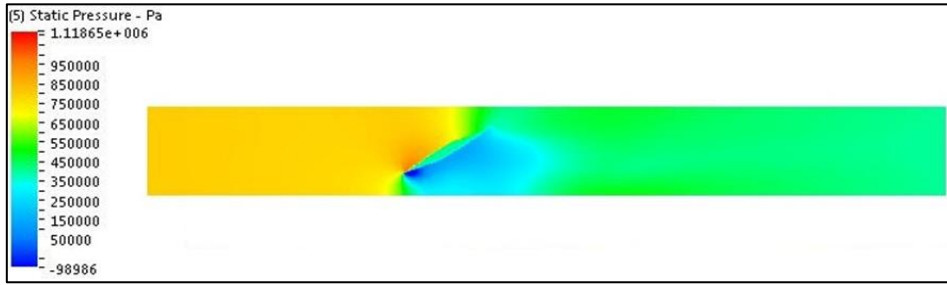
Şekil 4.112 Klape açıklığı 50° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



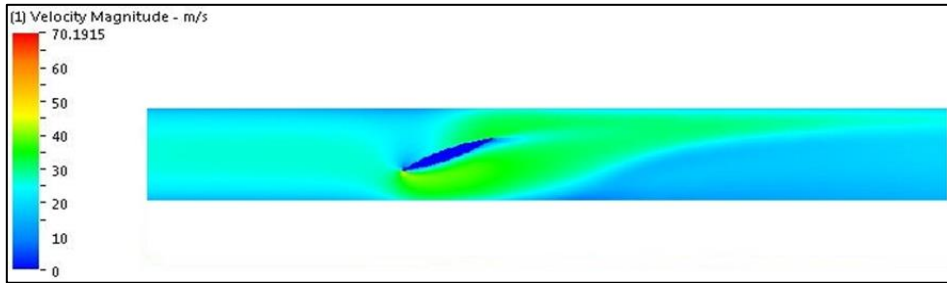
Şekil 4.113 Klape açıklığı 50° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



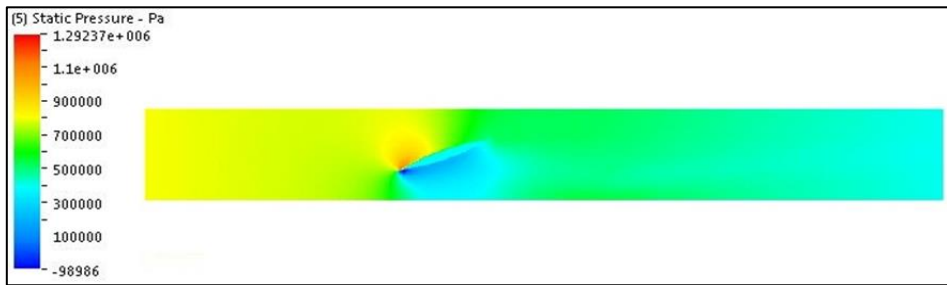
Şekil 4.114 Klape açıklığı 60° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)



Şekil 4.115 Klape açıklığı 60° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)

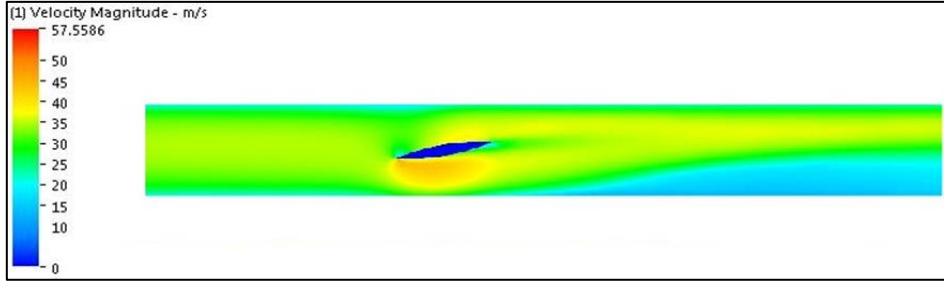


Şekil 4.116 Klape açıklığı 70° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)

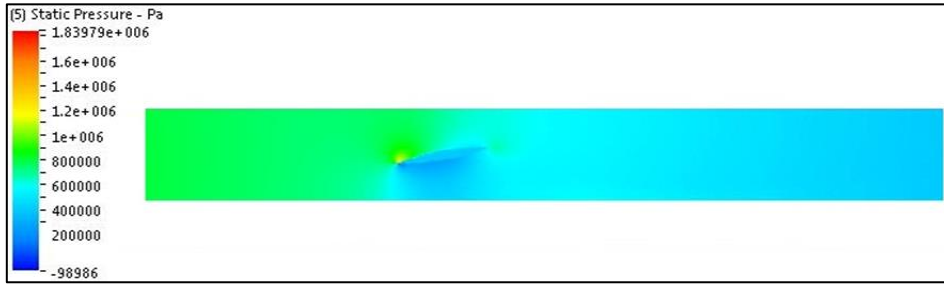


Şekil 4.117 Klape açıklığı 70° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_Ç = 4$  Bar)





Şekil 4.118 Klape açıklığı 80° 'deki Hız gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_C = 4$  Bar)



Şekil 4.119 Klape açıklığı 80° 'deki Basınç gradyeni. ( $P_G = 8$  Bar,  $P_C = 4$  Bar)

Çizelge 4.17 Klape derecesine göre Basınç ( Pa ) değerleri ( $P_G=8$  Bar  $P_C=4$  Bar)

	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	130235	-74374	-98986	-98986	-98986	-98986	-98986
Max.	834116	836909	108448	888218	1.11 e+006	1.29 e+006	1.83 e+006

Çizelge 4.18 Klape derecesine göre Hız ( m/s ) değerleri ( $P_G=8$  Bar  $P_C=4$  Bar)

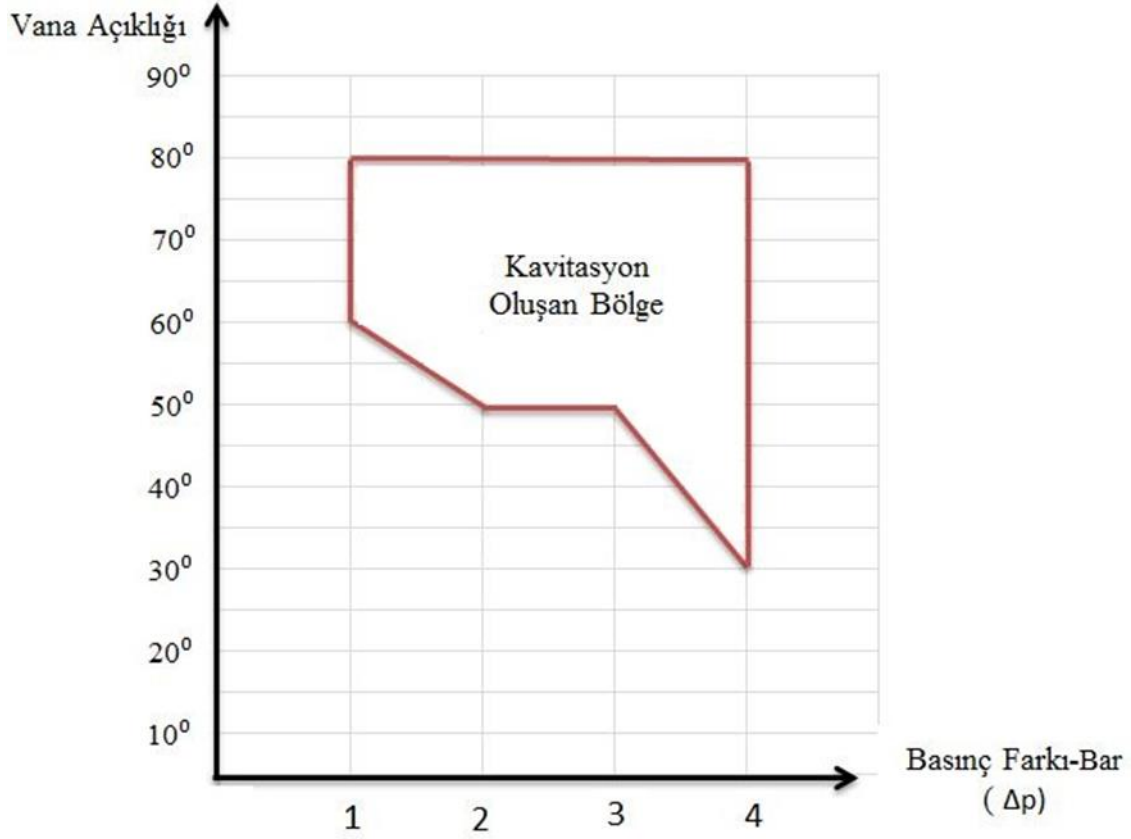
	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Min.	0	0	0	0	0	0	0
Max.	38.45	40.70	19.71	46.38	50.09	70.19	57.55

Modellenen kelebek vanamızın, sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 bar basınç farkı altında bu kez sistemin içinde devam eden akışkan ile analizleri yapılarak sonuçları çıkarılmıştır.

Vana içinde devam eden akışkanların analiz sonuçlarında ortak noktanın; atmosfere açılan ve aynı basınç farkları altında analizleri yapılan model ile aynı etki oluşturduğu görülmüştür. Yani Akışkanın klape etrafında geçtiği alanda, klape önündeki hız değerinin maksimuma ulaştığı, aynı bölge içindeki basınç değerinin ise minimum olduğu gözlemlenmiştir.

Buna göre; akışkanın devre içinde devam ettiği durumda meydana gelecek kavitasyon oluşması muhtemel bölge aşağıdaki grafik üzerinde gösterilmiştir. ( Şekil 4.118 ). 1 bar basınç farkı altında  $60^{\circ}$   $70^{\circ}$  ve  $80^{\circ}$  de, 2 bar basınç farkı altında iken  $50^{\circ}$   $60^{\circ}$   $70^{\circ}$  ve  $80^{\circ}$  de, 3 bar basınç farkı altında iken aynı etki, son olarak 4 bar basınç farkı altında ise  $40^{\circ}$   $50^{\circ}$   $60^{\circ}$   $70^{\circ}$  ve  $80^{\circ}$  de kavitasyon olduğu görülmüştür.

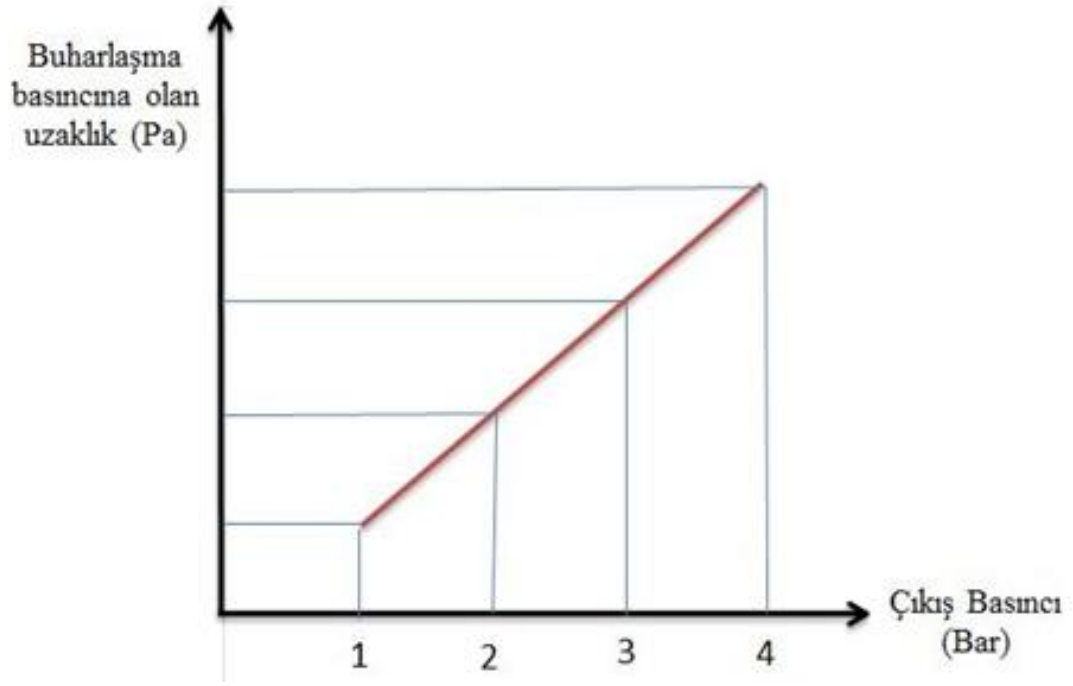
Atmosfere açılan kelebek vanaların aynı basınç farklarında kavitasyon oluşan bölge ile sistem içinde devam eden akışkanın oluşturduğu kavitasyonlu bölge yarı yarıya indirgenmiş olduğu görülmüştür. Çıkan bu sonuçlara göre, giriş değeri aynı tutularak çıkış basıncının değeri kademe kademe arttırılarak tekrar analizler yapılmıştır. Bu analize ilişkin sonuçlar Şekil 4.118 de verilmiştir.



Şekil 4.120 Kavitasyon oluşan bölge

Analiz sonuçlarımızı inceleyecek olursak kavitasyon etkisinin en çok görüldü bölge klapenin  $60^\circ$  açık olduğu konumudur. Bu bölgede analizi bir adım daha öteye götürerek; giriş basıncı sabit tutulup çıkış basınçları 1, 2, 3 ve 4 bar şeklinde arttırılmıştır.

Çıkan sonuca göre basınç farkı çıkış yönünde arttığında buharlaşma basıncına olan uzaklıkta artmıştır. Bu demek oluyor ki çıkış basıncı belirli alan içinde arttırıldığında kavitasyon riskinin de azalmış olduğu görülmektedir. ( Şekil 4.119 )



Şekil 4.121 Çıkış basıncının kavitasyon oluşmasına etkisi

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gelişen teknolojiyle birlikte tasarımları ve kullanım alanları sürekli artan kelebek vanalar birçok arge çalışmasını' da beraberinde getirmiştir ve devam etmektedir. Durum böyle olunca daha kaliteli daha verimli ürünler çıkmasına zemin hazırlamıştır.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde DN200 standartlı bir kelebek vananın modeli yapılmış ve gerçekteki sınır şartlarına bağlı olarak hız ve basınç değerlerinin gradyanları çikartılmıştır. İlk olarak atmosfere açılan kelebek vanalarda çıkış basıncı sabit tutularak giriş basınçları arttırılmış ve hız basınç değişimleri gözlemlenmiştir. Çıkan sonuçların neticesinde farklı bir kanıya varılarak bunun üzerine gidilmiş ve bu kez hem giriş hemde çıkış basınçları doğrusal olarak arttırılmıştır. Burada çıkan sonuçlar irdelendiğinde ise çıkış basıncının arttırılmasıyla kavitasyon tehlikesinden uzaklaştığı sonucuna varılmıştır.

Yaptığımız çalışmada da basınç farkları aynı kalmak şartıyla, giriş ve çıkış değerlerini değiştirerek kavitasyon oluşan bölgeler tespit edilmiştir.

Sonuç olarak Nümerik yöntemin, pahalı deneysel yöntemin yerine kullanılabilceği ve optimum model değerine ulaşıldığında da deneylerin yapılmasının gerekli olduğu bilgisine ulaşılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

Anonim, 2008 a., Vana Kataloğu, Duyar Vana Makine San. ve Tic., İstanbul

Anonim, 2008 b., Vana Kataloğu, Burçelik Vana San. ve Tic. A.Ş., İstanbul

Anonim, 2001 c., Tesisat Mühendisliği Uygulama Kitabı, Vana ve Armatürler, **7**: 293-315

Berntsen, G.S., Kjeldsen, M. and Arndt, R.E.A., (2001), Numerical Modeling of Sheet and Tip Vortex Cavitation with *FLUENT 5*, *CAV2001*, **5**: 54-76.

Carlton, J.S., (1994), Marine Propellers & Propulsion, *Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, UK*. **16**: 65-68.

Dang, J. and Kuiper, G., (1998), Re-entrant jet Modelling of Partial Cavity Flow on Two Dimensional Hydrofoils, Proceedings: *Third International Symposium on Cavitation, Grenoble, France*, **87**: 463-472.

Drela, M., (1989), An analysis and design system for low Reynolds number airfoils. In Lecture Notes in Engineering, Vol.24, *Low Reynolds Number Aerodynamics*, New York, Springer Verlag. **24**: 1490-1520.

Franc, J. and Michel, J., (1985), Attached Cavitation and the Boundary Layer: *Experimental Investigation and Numerical Treatment*, *Journal of Fluid Mechanics*, **154**: 63-90.

Griffin, P., (1998), Computational Techniques for the Design and Analysis of Cavitating Propeller Blades, *MSc, UT Austin, Department of Civil Engineering, May.Oxford, UK*. **12**: 245-290.

- Hsiao, C.T. and Chahine, G.L., (2003), Effect of Vortex/Vortex Interaction on Bubble Dynamics and Cavitation Noise, *CAV2003*, **43**: 23-29.
- Hsiao, C.T. and Chahine, G.L., (2004a), Prediction of Vortex Cavitation Inception Using Coupled Spherical and Non-Spherical Models and Navier-Stokes Computations, *Journal of Marine Science and Engineering*, **8**: 3-5.
- Korkut, E., Atlar, M. ve Odabasi, A.Y., (1999), Serbest Akim Türbülansının Pervanelerdeki Kaviteasyon Baslangıcının ve Gürültü Üzerindeki Ölçek Etkisi, *Gemi İnsaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi dergisi*, **154**: 78-88.
- Karamanoğlu, Y., Mobedi, M., Ertöz, A.Ö., 2006, Pompa Tasarımının Geliştirilmesinde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin Kullanılması, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, **91**: 46-55.
- Leutwyler, Z. and Dalton, C., 2006, 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**: 1074-1082.
- Özdamar, A., Gürsel, T., Pekbey, Y., ve Çelikağ, B., 2004, Küresel Vana Kayıp Katsayısının Sonlu Hacimler Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Araştırma Projesi*, **36**: 2002-2017.
- Sandalcı, M., Mançuhan, E., Alpman, E. & Küçükada, K. (2010). Effect of the flow conditions and valve size on butterfly valve performance. *Journal of Thermal Science and Technology*. **30**: 103-112.
- Tulin, M., (1953), Steady Two-Dimensional Cavity Flows About Slender Bodies, *Technical Report 834, DTMB (David Taylor Model Basin), May, Washington*. **89**: 34-38.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Gökhan TUNÇ  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : İSTANBUL / 27.11.1989  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**İletişim (Telefon/e-posta)** : 0 (541) 383 30 85 / g.tunc34@gmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

**Lise** : Mehmet Rüştü Uzel T.L (TEKİRDAĞ) – Makine Bölümü (2007)  
**Lisans** : Afyon Kocatepe Üniversitesi – Makine Res. ve Konst. Öğrt. (2011)  
**Yüksek Lisans** : Afyon Kocatepe Üniversitesi – Makine Mühendisliği (2014)