



**T.C.**  
**BATMAN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ORİFİS AKIŞ ÖLÇERLERDE ÜST AKIM MESAFESİNİ KISALTMAK  
İÇİN YENİ TİP BİR AKIŞ ŞARTLANDIRICISININ DEBİ ÖLÇÜM  
DOĞRULUĞUNA OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL YÖNTEMLE  
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ramazan ÇİFTÇİ**

**Danışman Dr. Öğr. Üyesi Hasan DÜZ**

**Ağustos 2022**

**BATMAN**

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ramazan ÇİFTÇİ tarafından hazırlanan “Orifis Akış Ölçerlerde Üst Akım Mesafesini Kısaltmak İçin Yeni Tip Bir Akış Şartlandırıcısının Debi Ölçüm Doğruluğuna Olan Etkisinin Deneysel Yöntemle Araştırılması” adlı tez çalışması 26/08/ 2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Hasan BAYINDIR

.....

#### Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Hasan DÜZ

.....

#### Üye

Dr.Öğr.Üyesi Hasan OKTAY

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Osman PAKMA  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdür V.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ramazan ÇİFTÇİ  
26/08/2022

## ÖZET

# YÜKSEK LİSANS TEZİ ORİFİS AKIŞ ÖLÇERLERDE ÜST AKIM MESAFESİNİ KISALTMAK İÇİN YENİ TİP BİR AKIŞ ŞARTLANDIRICISININ DEBİ ÖLÇÜM DOĞRULUĞUNA OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL YÖNTEMLE ARAŞTIRILMASI

Ramazan ÇİFTÇİ

BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasan DÜZ

2022, 136 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Hasan BAYINDIR

Dr. Öğr. Üyesi Hasan DÜZ

Dr. Öğr. Üyesi Hasan OKTAY

Orifis akış ölçerler: Basit, düşük maliyetli, dayanıklı ve çoğu akış türünde (sıvı, gaz, sıvı+gaz vb.) kullanılabilirliğinden çok tercih edilen bir akış ölçerdir. Fakat uzun boru montajı sınırlı alan akış sistemlerinde kullanılmamasına neden olmuştur. Bir çözüm olarak akış şartlandırıcılar kullanılarak bu uzun boru oldukça kısaltılabilmektedir. Pek çok akış şartlandırıcı geliştirilmesine rağmen akış şartlandırıcılar basınç kaybı ve kısa akım mesafesi açısından halen araştırıldıkları görülmektedir. Bu tezde, kısa akımda yüksek ölçüm doğruluğu sağlayabilmek amacıyla basınç kaybı az, çok delikli akış şartlandırıcı plakalar (1x7, 1x6x12) deneysel olarak araştırıldı. Delik pah açısının basınç kaybı üzerindeki etkisini araştırmak için 1x7 pahsız plaka ve dörtü pahlı (15°, 30°, 45°, 55°) plaka imal edildi. Ayrıca gözeneklik oranı (GO) daha büyük olan bir adet 1x7 (GO=0.25) plakası da imal edildi. Bilinen 1x6x12 Laws plakası karşılaştırma amacıyla kullanıldı. Deneyde bir küresel vananın D aşağı akımında konumlandırılan şartlandırıcı plakanın iki aşağı akım mesafesinde (2D ve 3D) orifis akış ölçer üzerindeki etkileri araştırıldı. Deneyde 52 mm çapındaki test borusuna yerleştirilen orifis plakası ( $\beta=0.346, 0.480$ ) üç farklı debide (1000, 1500, 2000L/h) ve iki vana konumunda test edildi. Deneysel veriler sonucunda debi ölçüm hatası ve şartlandırıcı plaka basınç kayıpları analiz edildi. Analiz sonuçlarına göre minimum basınç kaybı 20° civarındaki pah açılarında oluşmaktaydı ve pahsız plakaya göre basınç kaybı %30 kadar düşüktü. Sonuçlara göre 1x6x12 plakası %50 açık vana konumunda tüm akış testlerinde %0.5 altında bir debi ölçüm hatası göstermesine rağmen vana konumu %20 olduğunda bu hata 5-10 kat artabilmekteydi.  $L_1$  durumunda tüm akış testlerinde vana konumundan daha az etkilendiğinden 1x6x12 göre daha iyi bir akış şartlandırıcısı olduğu görüldü. 30° ve 45° pahlı şartlandırıcı plakalar  $L_2$  durumunda  $\beta=0.346$  orifis plakası takılı iken tüm akış testlerinde %1 altında debi ölçüm hatası göstermelerine rağmen 15° pahlı plaka  $L_2$  durumunda tüm akış testlerinde %1 altında debi ölçüm hatası ile daha iyi bir akış şartlandırıcı özelliği göstermiştir. 15° pahlı plaka 1x6x12 plakasıyla karşılaştırıldığında vana konumundan çok daha az etkilendiğinden  $L_2=3D$  gibi kısa üstakım mesafesinde çok iyi bir akış şartlandırıcısı olduğu bu çalışmanı sınırları dahilinde anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akış ölçer, Akış şartlandırıcı, Debi kayıp katsayısı, Orifis akış ölçer, Orifis, Pah açısı Yerel kayıp katsayısı

## **ABSTRACT**

### **DETERMINING THE EFFECT OF A NEW TYPE FLOW CONDITIONER ON THE ACCURACY OF FLOW MEASUREMENT BY EXPERIMENTAL METHOD TO REDUCE THE UPSTREAM DISTANCE IN ORIFICE FLOW METERS**

**Ramazan ÇİFTÇİ**

**BATMAN UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE AUTOMOTIVE  
ENGINEERING DEPARTMENT**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Hasan DÜZ**

**2022, 136 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Hasan BAYINDIR**

**Asst. Prof. Dr. Hasan DÜZ**

**Asst. Prof. Dr. Hasan OKTAY**

Orifice flow meters: They become the most preferred flow meters since they are of simple use, low budget, durable and can be used in many flow types (liquid, gas, liquid + gas etc.). However, their long pipe installation poses an obstacle for them to be used in the limited space flow systems. Long pipe can be greatly shortened by using flow conditioners as a solution. Although many flow conditioners have been developed, flow conditioners are still being investigated in terms of pressure loss and short flow distance. In this dissertation, multi-hole flow conditioning plates that have low pressure loss (1x7, 1x6x12) were analyzed empirically to ensure the high measurement accuracy. One 1x7 unchamfered plate and four chamfered plates (15°, 30°, 45°, 55°) were manufactured in order to investigate the impact of hole chamfer angle on the pressure loss. Additionally, one 1x7 (Porosity Ratio=0.25) plate that has a bigger porosity ratio was also manufactured. One common 1x6x12 Laws plate was used for comparison purpose. In the experiment, the impacts of a conditioner plate positioned in D downstream of a ball valve on orifice flow meters were investigated at two downstream distances (2D and 3D). Orifice plate ( $\beta=0.346, 0.480$ ) inserted in test pipe of 52 mm in diameter was tested in three different flow rate (1000, 1500, 2000L/h) and at two valve positions. As a result of the empirical data, flow rate measurement error and conditioner plate pressure losses were analyzed. According to analysis results, minimum pressure loss occurred at chamfer angles around 20° and the pressure loss was 30 % less when compared with the unchamfered plate. In reference to results, even though 1x6x12 plate showed a flow rate measurement error below 0.5% in 50 % open valve position in all flow tests, that error could increase 5-10 times when the valve position is 20 %. This showed that velocity profile of 1x6x12 plate is very sensitive to distortion level. 1x7 (porosity ratio=0.25) plate showed very low flow rate measurement error below 0.5 % only when it was in  $L_1$  position and when the  $\beta=0.48$  plate was inserted. It was observed that it is a better flow conditioner when compared with 1x6x12 plate since it was affected from valve position less in  $L_1$  position in all flow tests. Although chamfered conditioner plates of 30° and 45° showed flow rate measurement error below 1 % in all flow tests when  $\beta=0.346$  orifice plate was inserted in  $L_2$  position, 15° chamfered plate showed better flow conditioner quality with flow rate measurement error below 1 % in  $L_2$  position in all flow tests. Since 15° chamfered plate was affected less from the position of valve when compared with 1x6x12 plate, it was understood within the scope of this study that it is a very good flow conditioner within overflow distance like  $L_2=3D$ .

**Key Words:** Bevel angle, Discharge coefficient, Flow conditioner, Flow meters, Minor loss coefficient, Orifice flow Orifice flowmeter,

## ÖNSÖZ

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada çalışmanın her safhasında yardımcı olan kıymetli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hasan DÜZ 'e teşekkürlerimi sunarım. Yazım aşamasında yanımda olan aileme sevgilerimi sunuyorum.

Ramazan ÇİFTÇİ

BATMAN-2022

## İÇİNDEKİLER

|                                                                    |          |
|--------------------------------------------------------------------|----------|
| TEZ KABUL VE ONAYI .....                                           | ii       |
| TEZ BİLDİRİMİ .....                                                | iii      |
| ÖZET .....                                                         | iv       |
| ABSTRACT.....                                                      | v        |
| ÖNSÖZ .....                                                        | vi       |
| İÇİNDEKİLER .....                                                  | vii      |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                      | ix       |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                               | x        |
| TABLolar DİZİNİ.....                                               | xii      |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                              | <b>1</b> |
| 1.1. Temel Bilgiler .....                                          | 2        |
| 1.2. Akışkanların Sınıflandırılması .....                          | 3        |
| 1.2.1. Viskozlu ve viskozlu olmayan akış .....                     | 3        |
| 1.2.2. İç ve dış akışlar .....                                     | 3        |
| 1.2.3. Sıkıştırılabilir ve sıkıştırılamaz akış .....               | 4        |
| 1.2.4. Doğal ve zorlanmış akış .....                               | 4        |
| 1.2.5. Daimi olan ve daimi olmayan akışlar .....                   | 5        |
| 1.2.6. Bir-iki ve üç boyutlu akışlar .....                         | 5        |
| 1.2.7. Laminer ve türbülanslı akışlar .....                        | 5        |
| 1.3. Boru Akışında Tam Gelişmiş Akış.....                          | 8        |
| 1.4. Akış Ölçerler.....                                            | 11       |
| 1.4.1. Akışkan debi ölçümü .....                                   | 11       |
| 1.4.2. Engelli akış ölçerler .....                                 | 13       |
| 1.4.3. Orifis plakalı akış ölçerin temelleri .....                 | 15       |
| 1.4.3.1. Birincil cihaz (orifis plakası) .....                     | 15       |
| 1.4.3.1.1. Orifis akış ölçer akış debisinin ölçülmesi .....        | 17       |
| 1.4.3.1.2. Basınç ölçüm muslukları .....                           | 19       |
| 1.4.3.1.2.1. Flanş basınç muslukları.....                          | 20       |
| 1.4.3.1.2.2. Vena kontrakta basınç muslukları.....                 | 20       |
| 1.4.3.1.2.3. Boru basınç muslukları.....                           | 20       |
| 1.4.3.1.2.4. Köşe basınç muslukları.....                           | 21       |
| 1.4.3.1.2.5. Yarıçap basınç muslukları.....                        | 21       |
| 1.4.3.2. İkincil Cihaz.....                                        | 21       |
| 1.5. Orifis Plakalı Akış Ölçerlerin Avantajları .....              | 21       |
| 1.6. Orifis Plakalı Akış Ölçerin Dezavantajları .....              | 22       |
| 1.7. Akış Şartlandırıcılar .....                                   | 23       |
| 1.7.1. Akış şartlandırıcı çeşitleri .....                          | 24       |
| 1.7.1.1. MHI (Mitsubishi Heavy Industries) akış şartlandırıcı..... | 24       |
| 1.7.1.2. Laws akış şartlandırıcısı.....                            | 25       |
| 1.7.1.3. Spearman (NEL) akış şartlandırıcısı .....                 | 25       |
| 1.7.1.4. Etolie akış şartlandırıcısı.....                          | 26       |
| 1.7.1.5. Kanatlı plaka akış şartlandırıcı.....                     | 26       |

|                                                                                                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1.7.1.6. Tüp demeti akış şartlandırıcısı .....                                                      | 27         |
| 1.7.1.7. Gözenekli akış şartlandırıcıları .....                                                     | 27         |
| 1.7.1.8. Zanker akış şartlandırıcısı .....                                                          | 27         |
| <b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>                                                                  | <b>29</b>  |
| <b>3.MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>                                                                    | <b>34</b>  |
| 3.1. Deneysel Testler.....                                                                          | 35         |
| 3.2. Deney Test Borusu ve Manometrik Hortumlar.....                                                 | 41         |
| 3.3. Orifis Test Plakaları .....                                                                    | 42         |
| 3.3.1. Konsantrik tek delikli orifis test plakaları .....                                           | 43         |
| 3.4. Akış Şartlandırıcı Test Plakaları .....                                                        | 44         |
| 3.4.1. Akış şartlandırıcılar .....                                                                  | 45         |
| 3.4.1.1. 1x7 Akış şartlandırıcı test plakaları .....                                                | 45         |
| 3.4.1.2. 1x6x12 akış şartlandırıcı plaka (Laws akış şartlandırıcısı).....                           | 48         |
| 3.5. Pompanın Özellikleri .....                                                                     | 49         |
| 3.6. Değişken-Alanlı Akış Ölçer (Rotametre) .....                                                   | 50         |
| <b>4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....</b>                                                               | <b>51</b>  |
| 4.1. Standart Orifis Plaka akışında Anlık Basınç Manometrik Yükseklikleri .....                     | 52         |
| 4.2. Akış Şartlandırıcılı ve Akış Şartlandırıcısız Durumda Orifis Plaka Basınç Fark Değerleri ..... | 57         |
| 4.3. Test Plakası Yerel Kayıp Katsayısı.....                                                        | 61         |
| 4.4. Orifis Plakalarda Debi Kayıp Katsayısı .....                                                   | 67         |
| 4.4.1. Debi ölçüm hatasının analiz edilmesi.....                                                    | 71         |
| 4.4.1.1 d=18 mm orifis plakası öncesi $L_1$ ve $L_2$ durumunda debi ölçüm hatası.....               | 71         |
| 4.4.1.2 d=25 mm orifis plakası öncesi $L_1$ ve $L_2$ durumunda debi ölçüm hatası .....              | 76         |
| <b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>                                                                | <b>80</b>  |
| 5.1 Sonuç .....                                                                                     | 80         |
| 5.2.Öneriler.....                                                                                   | 82         |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                                              | <b>84</b>  |
| <b>EKLER .....</b>                                                                                  | <b>87</b>  |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                                                               | <b>136</b> |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

|           |                                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| A         | : Alan                                                                      |
| D         | : boru çapı                                                                 |
| d         | : Orifis çapı                                                               |
| f         | : Darcy sürtünme faktörü,                                                   |
| h         | : Yükseklik, m                                                              |
| $h_g$     | : Orifis plaka öncesi giriş manometrik basınç yüksekliği                    |
| $h_1$     | : Orifis plaka öncesi D mesafesinde ölçülen manometrik basınç yüksekliği    |
| $h_2$     | : Orifis plaka sonrası D/2 mesafesinde ölçülen manometrik basınç yüksekliği |
| $h_c$     | : Orifis plaka sonrası çıkış manometrik basınç yüksekliği                   |
| L         | : Karakteristik uzunluk                                                     |
| $\dot{m}$ | : Kütleli debi, kg/s                                                        |
| V         | : Ortalama akış hızı, m/s                                                   |
| $\dot{V}$ | : Hacimsel debi, m <sup>3</sup> /s                                          |
| $\mu$     | : Akışkan vizkozitesi, kg/m.s                                               |
| $\rho$    | : Kullanılan akışkanın yoğunluğu. kg/m <sup>3</sup>                         |

### Kısaltmalar

|              |                                                                                                         |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $C_d$        | : Debi kayıp katsayısı,                                                                                 |
| $h_k$        | : Tam gelişmiş akışta toplam sürtünme yük kaybı,                                                        |
| $h_{k,s}$    | : Düz boruda akış sürtünme yük kaybı,                                                                   |
| $h_{k,y}$    | : Düz boru dışında borulama sisteminde kullanılan boru armatürleri nedeniyle oluşan sürtünme yük kaybı, |
| GO           | : Gözeneklilik oranı                                                                                    |
| Re           | : Reynolds sayısı,                                                                                      |
| $\epsilon/D$ | : Boru bağıl pürüzlülüğü                                                                                |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. Viskozlu akış ve viskozlu olmayan akış bölgesi .....                                                                               | 3  |
| Şekil 1.2. Laminer ve türbülanslı akışlar (Çengel ve vd.2008) .....                                                                           | 6  |
| Şekil 1.3. Laminer akış (Çengel ve vd.2008) .....                                                                                             | 6  |
| Şekil 1.4. Geçişli akış (Çengel ve vd.2008) .....                                                                                             | 6  |
| Şekil 1.5. Türbülanslı akış (Çengel ve vd.2008) .....                                                                                         | 7  |
| Şekil 1.6. Laminer geçiş ve türbülanslı akışlar (Çengel ve vd. 2008).....                                                                     | 7  |
| Şekil 1.7. Boru girişinden itibaren akışın tam gelişmiş akışa dönüşmesi (Çengel ve vd. 2008) .....                                            | 9  |
| Şekil 1.8. U şeklinde manometre (Çengel ve vd. 2008) .....                                                                                    | 11 |
| Şekil 1.9. Bahçe hortumundan akan suyun debisinin toplanan miktarın zamana oranıyla bulunabilir (Çengel ve vd. 2008). .....                   | 12 |
| Şekil 1.10. Engelli akış ölçer (Çengel ve vd. 2008) .....                                                                                     | 13 |
| Şekil 1.11. Engelli akış ölçerler (Çengel ve vd. 2008) .....                                                                                  | 15 |
| Şekil 1.12. Delikli plaka (Anonim, 2022) .....                                                                                                | 16 |
| Şekil 1.13. Orifis test plakası standart-boyutsal ölçüleri ve sınır değerleri (ISO 5167 standartları) .....                                   | 16 |
| Şekil 1.14. Orifis plakalı boru akışının akım çizgileri ile gösterilmesi ve orifis akışı boyunca statik basıncın değişimi (Anonim, 2022)..... | 17 |
| Şekil 1.15. Orifis plakalı akış ölçer (Anonim, 2022).....                                                                                     | 18 |
| Şekil 1.16. Orifis akış ölçerlerde fark basınç ölçümünde kullanılan basınç ölçüm muslukları (ISO, 1978).....                                  | 19 |
| Şekil 1.17. Kare kenarlı eş merkezli orifis plakası (ISO, 5167).....                                                                          | 22 |
| Şekil 1.18. Akış ölçerlerde akış şartlandırıcısının kullanılması ile üst akım borusunun kısaltılması (Don, 2017).....                         | 24 |
| Şekil 1.19. MHI akış şartlandırıcısı (Laws ve Quazzane, 1995) .....                                                                           | 24 |
| Şekil 1.20. Laws akış şartlandırıcısı (Laws ve Quazzane, 1995) .....                                                                          | 25 |
| Şekil 1.21. Spearman (NEL) akış şartlandırıcısı (Spearman, Sattary ve Reader-Harris, 1996) .....                                              | 25 |
| Şekil 1.22. Etoile akış şartlandırıcı (Laws ve Quazzane, 1995) .....                                                                          | 26 |
| Şekil 1.23. Kanatlı akış şartlandırıcı (Laws ve Quazzane, 1995).....                                                                          | 26 |
| Şekil 1.24. Standart tüp akış şartlandırıcısı (Morrison ve Hall, 1997).....                                                                   | 27 |
| Şekil 1.25. Sırasıyla, tekdüzenli yarıklı akış düzenleyicisi ve Parabolik oluklu delikli akış düzenleyici (Morrison vd., 1997).....           | 27 |
| Şekil 1.26. Zanker düzleştirici akış şartlandırıcı (Lawsand Quazzane, 1992).....                                                              | 28 |
| Şekil 3 1. Orifis plaka öncesi tam gelişmiş akış için deney şeması (standart orifis akışı) .....                                              | 37 |
| Şekil 3. 2. Orifis plaka öncesi tam gelişmiş akış için deney düzeneği (standart orifis akışı) .....                                           | 37 |
| Şekil 3.3. Orifis öncesi akış şartlandırıcılı $L_1$ boruda bozuk akışta deney şeması .....                                                    | 39 |
| Şekil 3.4. Orifis öncesi akış şartlandırıcılı $L_1$ boruda bozuk akış için deney düzeneği..                                                   | 39 |
| Şekil 3.5. Orifis öncesi akış şartlandırıcılı $L_2$ boruda bozuk akışta deney şeması.....                                                     | 40 |
| Şekil 3.6. Orifis öncesi akış şartlandırıcılı $L_2$ boruda bozuk akış için deney düzeneği..                                                   | 40 |
| Şekil 3.7. Deney test borusu .....                                                                                                            | 42 |
| Şekil 3.8. Orifis akış ölçer olarak kullanılacak orifis test plakaları (a, b) .....                                                           | 43 |
| Şekil 3.9. Orifis test plakası ve büyütülmüş pahlı orifis delik kesitinin ölçü detayları ..                                                   | 43 |
| Şekil 3.10. Orifis test plakası geometrik ölçüleri .....                                                                                      | 44 |
| Şekil 3.11. $1 \times 7$ akış şartlandırıcısında plakanın tüm deliklerine aynı açıda verilen pahın                                            |    |

|                                                                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| büyütülmüş delik.....                                                                                                                                                                                         | 46 |
| <b>Şekil 3.12.</b> 1x7 akış şartlandırıcısını ölçülendirilmesi: a) pahlı (GO=0.1) b) pahsız (GO=0.25).....                                                                                                    | 46 |
| <b>Şekil 3.13.</b> 1x7 akış şartlandırıcı plakasından ikisi pahsız ve diğer dördü farklı pah açısında olmak üzere altı ayrı test plakası çekilen fotoğrafları (a,b,c,d,e,f) .....                             | 48 |
| <b>Şekil 3.14.</b> İmal edilen 1x6x12 akış şartlandırıcı test plakası .....                                                                                                                                   | 48 |
| <b>Şekil 3.15.</b> Keskin kenarlı 1x6x12 akış şartlandırıcı test plakası ölçüleri .....                                                                                                                       | 49 |
| <b>Şekil 3.16.</b> Pompaya bağlı elektrik motoru .....                                                                                                                                                        | 49 |
| <b>Şekil 3.17.</b> Rotametre .....                                                                                                                                                                            | 50 |
| <b>Şekil 4.1.</b> d=18 mm orifis plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta 1000 (L/h) debide her dört basınç musluğundan ölçülen anlık basıncın manometrik su yüksekliklerinin zamana bağlı değişimleri ..... | 54 |
| <b>Şekil 4.2.</b> d=18 mm orifis plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta 1500 (L/h) debide her dört basınç musluğundan ölçülen anlık basıncın manometrik su yüksekliklerinin zamana bağlı değişimleri ..... | 55 |
| <b>Şekil 4.3.</b> d=18 mm orifis plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta 2000 (L/h) debide her dört basınç musluğundan ölçülen anlık basıncın manometrik su yüksekliklerinin zamana bağlı değişimleri ..... | 55 |
| <b>Şekil 4.4.</b> 1x7 akış şartlandırıcıların pah açısına bağlı yerel kayıp katsayıları grafiği ...                                                                                                           | 67 |
| <b>Şekil 4.5.</b> d=18 mm orifis plaka üstakımı L <sub>1</sub> boru kullanımında %20 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası .....                                                                  | 72 |
| <b>Şekil 4.6.</b> d=18 mm orifis plaka üstakımı L <sub>1</sub> boru kullanımında %50 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası .....                                                                  | 74 |
| <b>Şekil 4.7.</b> d=18 mm orifis plaka üstakımı L <sub>2</sub> boru kullanımında %20 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası .....                                                                  | 75 |
| <b>Şekil 4.8.</b> d=18 mm orifis plaka üstakımı L <sub>2</sub> boru kullanımında %50 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası .....                                                                  | 76 |
| <b>Şekil 4.9.</b> d=25 mm orifis plaka üstakımı L <sub>1</sub> boru kullanımında %20 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası .....                                                                  | 77 |
| <b>Şekil 4.10.</b> d=25 mm orifis plaka üstakımı L <sub>1</sub> boru kullanımında %50 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası .....                                                                 | 78 |
| <b>Şekil 4.11.</b> d=25 mm orifis plaka üstakımı L <sub>2</sub> boru kullanımında %20 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası .....                                                                 | 79 |
| <b>Şekil 4.12.</b> d=25 mm orifis plaka üstakımı L <sub>2</sub> boru kullanımında %50 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası.....                                                                  | 79 |

## TABLolar DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 3.1.</b> Deneyisel testler için kullanılan koniksel girişli orifis plakalarının ölçüleri .                                                                                 | 44 |
| <b>Tablo 3 2.</b> Deneyisel testler için kullanılan 1x7 konik girişli akış şartlandırıcı plakalarının ölçüleri .....                                                                | 47 |
| <b>Tablo 3.3.</b> Deneyisel testler için kullanılan çok delikli keskin kenarlı 1x6x12 akış şartlandırıcı plakanın ölçüleri .....                                                    | 49 |
| <b>Tablo 3.4.</b> Pompaya bağlı motorun teknik özellikleri.....                                                                                                                     | 50 |
| <b>Tablo 4 1.</b> Orifis plaka öncesi ve sonrası tam gelişmiş akış için zamana bağlı hidrostatik basınç yükseklik Değerleri.....                                                    | 53 |
| <b>Tablo 4.2.</b> Orifis plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta her iki orifis plakası için basınç musluklarından ölçülen zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri .....      | 56 |
| <b>Tablo 4.3.</b> Plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta her akış şartlandırma plakası için basınç musluklarından ölçülen zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri.....       | 56 |
| <b>Tablo 4.4.</b> d=18 mm orifis plaka öncesi L <sub>1</sub> borusu takılı iken D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen manometrik zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri.....  | 58 |
| <b>Tablo 4.5.</b> d=25 mm orifis plaka öncesi L <sub>1</sub> borusu takılı iken D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen manometrik zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri ..... | 59 |
| <b>Tablo 4.6.</b> d=18 mm orifis plaka öncesi L <sub>2</sub> borusu takılı iken D&D/2 basınç musluklarından ölçülen manometrik zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri .....    | 60 |
| <b>Tablo 4.7.</b> d=25mm orifis plaka öncesi L <sub>2</sub> borusu takılı iken D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen manometrik zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri .....  | 61 |
| <b>Tablo 4.8.</b> Giriş ve çıkış basınç muslukları arasında tam gelişmiş bir boru akışı için sürtünme yük kaybı.....                                                                | 64 |
| <b>Tablo 4.9.</b> Orifis ve akış şartlandırıcı plakaların yerel kayıp katsayı değerleri .....                                                                                       | 65 |
| <b>Tablo 4.10.</b> Orifis öncesi standart uzun boru kullanımında orifis plaka ölçüm verileri ve bu verilerden hesaplanan standart debi kayıp katsayısı .....                        | 69 |
| <b>Tablo 4.11.</b> L <sub>1</sub> boru kullanımında d=18 mm orifis plakası takılı iken bulunan debi kayıp katsayısı ve debi ölçüm hatası (%20 açık vana) .....                      | 70 |
| <b>Tablo 4.12.</b> L <sub>1</sub> boru kullanımında d=18 mm orifis plakası takılı iken bulunan debi kayıp katsayısı ve debi ölçüm hatası (%50 açık vana) .....                      | 71 |

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel işlemlerde ve sosyal yaşam alanlarında akışkanlar genellikle boru veya kanal vasıtasıyla taşınmaktadır. Taşınan akışkan miktarının doğru olarak ölçülmesi verim, güç tüketimi ve maliyet açısından büyük önem arz etmektedir. Doğalgazın taşınmasında, debi ölçümlerinde küçük gibi görünen debi ölçüm hataları tedarikçi firmaya veya alıcı firmaya milyon dolar bazında zararlara neden olabilmektedir. Ayrıca üretim proseslerinde kullanılmak üzere gerekli akışkan miktarının belirlenmesi verim ve kalite açısından önemli olmaktadır. Akış sistemlerinde akan akışkanın anlık olarak debisinin veya belirli bir zaman diliminde akan toplam miktarının belirlenmesine ihtiyaç duyulur. Bunun için pek çok akış ölçer geliştirilmiştir. Bu tür ölçümlerde akışkan miktarının yüksek doğrulukta ölçülmesi önemli olduğundan akış ölçerlerin imal edilmesi, kalibre edilmesi ve kurulumları oluşmuş standartlara uyularak gerçekleştirilmektedir.

Akışkan taşıma sistemlerinde akan akışkan debisi, belirli bir akış karakteristiğine göre kalibre edilmiş akış ölçerlerle ölçülmektedir. Uygulamalarda en yaygın görülen akış ölçerler fark basınç ölçerleridir. Bu akış ölçerlerde akış yolu bir engel ile daraltılarak engel öncesi ve sonrası bir basınç farkının oluşması sağlanır ve bu basınç farkı ile akış debisi ölçülmesinde kullanılır. Yapılan pazar araştırmalarına göre endüstride kullanılan akış ölçerlerin yarısından fazlası bu tür akış ölçerlerden oluşmaktadır (Rogers, 2005). İmalatçı firma ürettiği akış ölçerin pratik uygulamada doğru ölçümler yapmasını sağlamak için bu akış ölçeri akış ölçer standartlarına uygun olarak deneysel testlerle kalibre eder. Bu deneysel testler sonucunda akış debisi ile basınç farkı arasında bir bağıntı kurulur. Bu bağıntıya uyacak şekilde akış ölçer kalibre (ayarlama) edilir. Yapılan bu kalibrasyonu ile akış ölçer, ölçtüğü akış debisini dijital veya analog şekilde anlık olarak okuyucuya gösterir. Engelli akış ölçerler, ölçülen debi aralığı, çalışma şartları ve kurulum standartları gözetilerek kurulumları gerçekleştirilir. Standart dışı kurulumlar ise akış ölçerin hatalı debi değerlerini göstermesine sebep olur.

Engelli akış ölçerler, geometrik tasarıma bağlı olarak venturi, orifis ve lüle olmak üzere üç farklı tipte sınıflandırılmıştır. Her akış ölçer geometrik tasarımı ve özellikleri ile birbirinde farklılık göstermektedir. Bu akış ölçerler akış yolunu daraltıklarından önemli bir basınç kaybına neden olabilmektedirler. Bu basınç kayıpları önemli bir pompalama gücü gerektirdiğinden akış sisteminde kayda değer bir enerji tüketimi meydana gelir. Basınç kaybı açısından her üç akış ölçer karşılaştırıldığında venturi tipi en düşük basınç

kaybına ve orifis akış ölçer ise en yüksek basınç kaybına neden olur. Fosil enerji tüketim nedenli küresel ısınma problemi ve enerji tüketim maliyetleri düşünüldüğünde akış ölçerlerin tasarlanmasında basınç kaybı önemli bir optimizasyon parametresi olmuştur (Shaaban, 2014; Abdulrazaq ve vd., 2017). Ölçüm doğruluğu açısından her üç tip engelli akış ölçer karşılaştırıldığında venturimetre en yüksek doğruluğu (%0.25 hata) ve orifis akış ölçer ise en düşük doğruluğa (%1 hata) sahiptir. Fakat maliyet açısından düşünüldüğünde kompleks yapıları nedeniyle venturimetre çok pahalı cihazlardır. Bunun aksine basit yapısı nedeniyle de orifis akış ölçer en ucuz olanıdır. Engelli akış ölçerlerin seçiminde aranan başlıca özellikler ise şunlardır: Yüksek ölçüm doğruluğu, düşük basınç kaybı, düşük kurulum maliyeti, kompaktlık, kolay montaj, uzun süreli kullanım, az bakım gerektirmesi, geniş debi ölçüm aralığı vb. özelliklerdir.

Yüksek basınç kaybına rağmen düşük maliyeti, basit kurulumu, az bakım gerektirmesi, dayanıklı ve kompakt olması gibi avantajları ile orifis akış ölçerler ticari ve endüstriyel alanda en çok kullanılan engelli akış ölçerler olmuşlardır (Manish ve vd., 2012). Bunlara ek olarak kurulumunu ve çalıştırılmasını doğrulayan standartlarda kaydedilmiş büyük bilgiye ve tecrübeye donatılmış olması ayrıca bir güven oluşturmuştur (örneğin ISO 5167, API 14.3, BS 1042). Orifis akış ölçerler sıvı veya gaz olsun tek fazlı akışlarda, sıvı+gaz gibi çok fazlı akışlarda, newton tipi akışkan olsun veya olmasın pek çok akış türünde akış debisinin ölçülmesinde kullanılabilmektedir.

### 1.1.Temel Bilgiler

**Mekanik:** Kuvvetler etkisinde durağan ve hareketli cisimlerle ilgilenen fizik biliminin en eski dalıdır. Mekanik iki alt dala ayrılır: statik ve dinamik.

**Statik:** Duran veya sabit hızla hareket eden cisimleri kuvvet ve moment dengesi yönünden inceleyen bilim dalıdır.

**Dinamik:** Hareketli cisimlerde yer değiştirme, hız, ivme ve harekete neden olan kuvvetleri inceler.

**Akışkanlar Mekaniği:** Akışkanların durgun ve hareketli haldeki davranışlarını, fiziksel özelliklerini ve akışkanların; katılar ile diğer akışkanlar ile oluşturdukları sınır yüzeylerindeki etkileşimler ile ilgilenen bir bilim dalıdır. Akışkanlar mekaniği birkaç alt dala ayrılır. Bunlar:

**-Hidrodinamik:** Sıvılar ve düşük hızlardaki gazların hareketleri ile ilgili çalışmaları konu edinir.

**-Gaz Dinamiği:** Gazların yüksek hızlardaki akışları ile ilgilenir.

**-Aerodinamik:** Havanın cisimler üzerindeki (uçak, roket, otomobil) akışları ile ilgilenir.

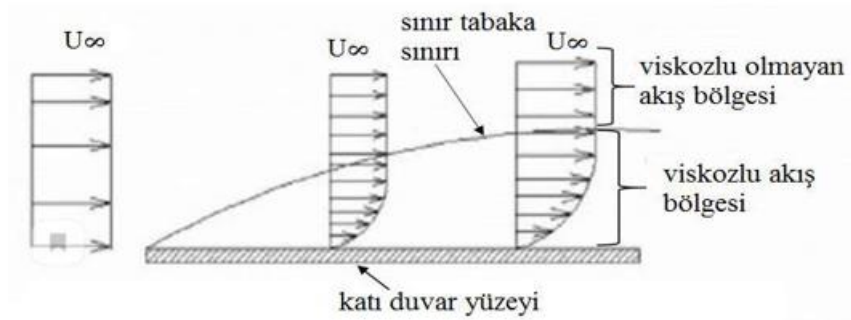
## 1.2. Akışkanların Sınıflandırılması

Uygulamalarda çok çeşitli akışlar ile karşılaşılır. Bunları grup halinde inceleyebilmek için bazı ortak özellikler ile sınıflandırma yapılması gerekmektedir.

### 1.2.1. Viskozlu ve viskozlu olmayan akış

Viskoz kuvvetler, sıvılarda moleküller arasındaki çekim kuvvetleri iken gazlarda moleküllerin birbiriyle çarpışmasından meydana gelen kuvvetlerdir. Bu nedenle her sıvı ve gaz akışkan bir viskoziteye sahiptir.

**Viskozite:** Bir akışkanın akışa karşı gösterdiği iç dirençtir. Örneğin: Hava suya göre daha rahat akarken su yağa göre daha rahat akar. Aynı şekilde suya bırakılan bir bilye, yağ içerisine bırakılan bir bilyeden daha hızlı düşer. Katı bir yüzey üzerinden geçen akışlarda yüzeyin normali yönünde viskoz kuvvetler etkisiyle akış hızında bir değişim olur. Akış hızında değişimin görüldüğü akış bölgesine "**viskozlu akış bölgesi**" denir. Akış hızında değişimin görülmediği veya ihmal edilebildiği akış bölgesine ise "**viskozlu olmayan akış bölgesi**" denir. Şekil 1.1'de viskozlu akış ve viskozlu olmayan akış bölgesi gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Viskozlu akış ve viskozlu olmayan akış bölgesi (Çengel ve vd., 2008)

### 1.2.2. İç ve dış akışlar

**Dış Akış:** Herhangi bir sınırlama olmaksızın bir cisim üzerinde olan akışlara "dış akış" denir. Örnek: Açık kanal akışı, araba üzerinden hava akışı vb.

**İç Akış:** Sınırlandırılmış bir yüzey içerisinden akan akışkanlara ise "iç akış" denir.

Örnek: Boru veya kapalı kanal içerisinde olan akışlara iç akış denir.

### 1.2.3. Sıkıştırılabilir ve sıkıştırılamaz akış

Gaz yoğunluğunun akış boyunca basınç etkisiyle olan değişimi akışı sıkıştırılabilir veya sıkıştırılamaz akış olarak ele alınmasına neden olmuştur.

**Sıkıştırılamaz akış:** Akışkan yoğunluğu akış boyunca değişmiyorsa (basınç veya sıcaklık etkisiyle) veya değişimi ihmal ediliyorsa bu akışa sıkıştırılamaz akış denir. Sıvılar sıkıştırılamaz maddeler olduğundan tüm sıvı akışları sıkıştırılamaz akışlardır. Gazlar ise sıkıştırılabilir maddeler olmasına rağmen bazı gaz akışlarında akış boyunca gazın yoğunluğu ihmal edilecek düzeyde az değiştiğinden sıkıştırılamaz akış olarak ele alınabilmektedirler. Bu gaz akışları genelde düşük hızlı gaz akışlarıdır. Binalarda bulunan doğalgaz tesisatındaki gaz akışı, sıkıştırılamaz gaz akışı olarak ele alınmaktadır.

**Sıkıştırılabilir Akış:** Akışkan yoğunluğu akış boyunca önemli şekilde değişiyorsa (basınç veya sıcaklık etkisiyle) bu tür akışlara sıkıştırılabilir akış denir. Sıkıştırılamaz akışlar için kullanılan denklemler sıkıştırılabilir akışlar için kullanılamamaktadır. Bu nedenle sıkıştırılabilir gaz akışları ayrı olarak incelenen bir akış türüdür.

Yüksek gaz akışları sıkıştırılabilir akışlardır. Örnek: Uçak üzerinden hava akışı, gaz türbinlerindeki gaz akışları, nozzle ve lülelerdeki yüksek hızlı gaz akışları vb. akışlar sıkıştırılabilir akış olarak incelenirler.

### 1.2.4. Doğal ve zorlanmış akış

**Zorlanmış akış:** Bir akışkanın pompa veya fan gibi bir dış kuvvet etkisiyle akmaya zorlanmasına zorlanmış akış denir. Örneğin: Sıvıların borularda pompa ile akmaya zorlanması, klima kanallarında fanla hava akışının sağlanması gibi.

**Doğal akış:** Yerçekimi etkisiyle akış kendiliğinden gerçekleşiyorsa bu akışa doğal akış denir.

**Örnek:** Kalorifer peteği üzerinden ısınan havanın yukarı doğru yükselmesi. Bu akış olayında, petek çevresinde ısınan havanın yoğunluğu çevredeki havadan daha düşük olmakta bu nedenle hafif hava yukarı doğru bir doğal akış oluşturur. Yerçekimi etkisiyle suyun derelerde ve nehirlerde aşağı doğru hep akması doğal bir akış örneğidir. Soğuk duvarda soğuyan havanın aşağı doğru akması gibi pek çok örnek verilebilir.

### 1.2.5. Daimi olan ve daimi olmayan akışlar

Herhangi bir akışta akış içerisinde bir noktada gözlemlenen akış özellikleri (hız, sıcaklık, basınç gibi) zamanla değişmiyorsa bu akışa daimi akış denir. Eğer gözlemlenen akış özellikleri zamanla değişiyorsa bu akışa da daimi olmayan akış denir. Başka bir ifadeyle akış şartlarının zamanla değişmediği akışlara daimi akış, akış şartlarının zamanla değiştiği akışlara ise daimi olmayan akışlardır. Örneğin, debinin zamanla değişmediği sabit debili akışlar daimi akışlardır. Genelde pompa, kompresör, fan ve türbin gibi makinalar çalışırken sağladıkları akış debisi zamanla değişmiyorsa bu tür sistemlerdeki akışlar daimidir. Daimi olmayan akışlara örnek ise: Akış debisinin zamanla değiştiği tüm akışlar, türbülanslı akışlar, damardaki kan akışı vb. pek çok örnek verilebilir.

### 1.2.6. Bir-iki ve üç boyutlu akışlar

Bir akış alanı en iyi şekilde hız dağılımı ile tanımlanabilir. Eğer akış hızı temel boyutlardan birine, ikisine veya da her üçüne göre değişiyorsa akış, sırasıyla, bir boyutlu, iki boyutlu ve üç boyutlu akış olarak tanımlanır. Akış özelliklerinden (hız, basınç, sıcaklık) biriyle akışın bir, iki ve üç boyutlu olduğuna karar verilir. Örneğin; akış hızı sadece bir yönde değişiyorsa bir boyutlu akış, iki yönde değişimi varsa iki boyutlu akış, üç yönde de değişimi varsa üç boyutlu akış denir. Üç boyutlu bir akışta akış simetriligi varsa akış iki boyuta indirgenerek daha basit bir şekilde çözülebilmektedir.

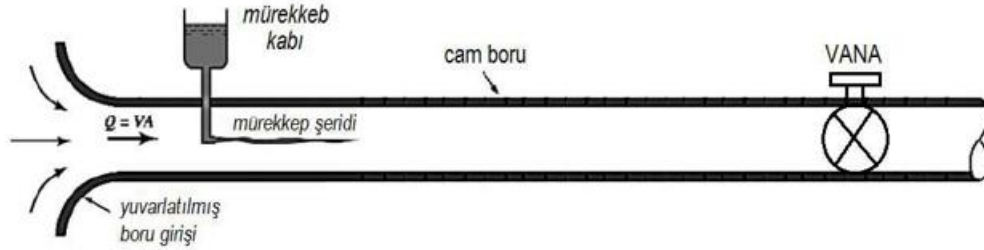
### 1.2.7. Laminer ve türbülanslı akışlar

Bazı akışlar düzenli ve sakin bir şekilde akarken bazı akışlar ise düzensiz ve iç içe karışarak aktıkları görülür. Bu nedenle,

- Sakin ve düzenli akış hareketine laminer akış,
- Düzensiz, iç içe karışarak akan akış hareketine ise türbülanslı akış denir.

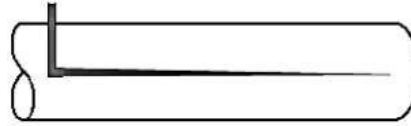
Osborne Reynolds 1800 'lerde bir cam borudaki su akışına mürekkep enjekte ederek bu akış türlerini bulmuştur. Bir vanayla akış hızını artırdığında suya enjekte edilen mürekkebin akış boyunca şeklinin değiştiğini gözlemlemiştir. Mürekkebin akış içerisindeki şeklinin; akışın laminer, geçiş ve türbülanslı bir şekilde akmasının bir

sonucu olduğunu görmüştür. Bu nedenle akışlar laminar, geçiş ve türbülanslı olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 1.2’de laminar ve türbülanslı akışlar gösterilmiştir.



**Şekil 1.2.** Laminar ve türbülanslı akışlar (Çengel ve vd., 2008)

1) Düşük hızlı akışta mürekkep akışa hiç karışmadan düz bir ip şeklinde akış boyunca ilerlemiştir. Bu tür özellik gösteren akışlara laminar akış denir. Laminar akış Şekil 1.3’te gösterilmiştir.



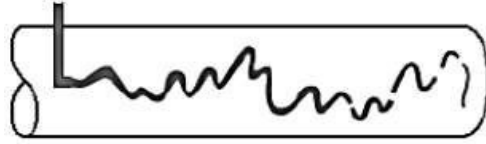
**Şekil 1.3.** Laminar akış (Çengel ve vd., 2008)

2) Vana açılarak akış hızı biraz arttırıldığında mürekkebin düz ip hali bozulmaya başlamış ve mürekkebin akış içerisinde hafif dalgalı bir şekilde akmasına neden olmuştur. Bu akış haline ise geçiş akışı denir. Geçiş akışı kararsız bir akış olup laminar ve türbülanslı akış türüdür. Geçişli akış Şekil 1.4’te gösterilmiştir.



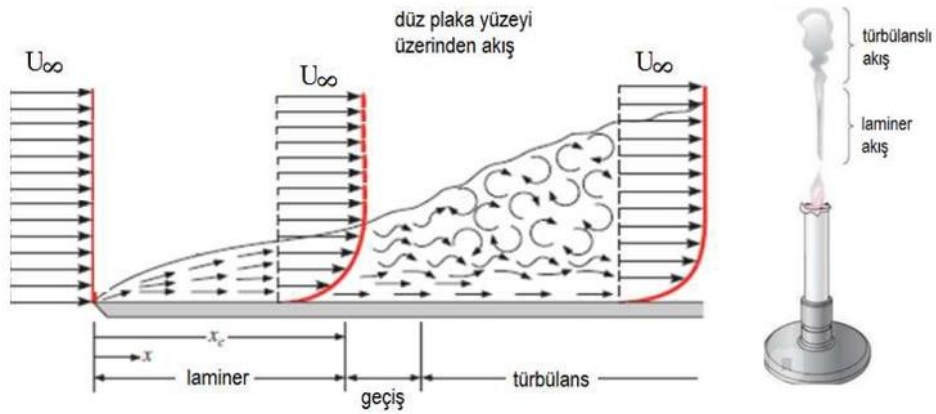
**Şekil 1.4.** Geçişli akış (Çengel ve vd., 2008)

3) Vana daha da açılarak akış hızı belirli bir hız değerini geçtiğinde mürekkep tüm boru akışına karışarak akmıştır. Bu akış türüne de türbülanslı akış denir. Türbülanslı akışta mürekkebin tüm akış kesitine dağılarak akması akışın iç içe karışarak aktığının bir göstergesidir. Türbülanslı akış Şekil 1.5’te gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Türbülanslı akış (Çengel ve vd., 2008)

Sonuç olarak akışın düzensiz ve iç içe karışarak akması türbülans olduğunu, akışın düzenli ve sakin akması ise laminar olduğunu gösterir. Genelde düşük hızlı akışlar laminar akışken bunun dışındaki akışlar ise türbülanslı akışlardır. Aşağıda düz bir plaka yüzeyi üzerinden akışkan akışı ve bir mum alevinden yükselen duman akışı gösterilmiştir. Şekilde gösterildiği gibi laminar başlayan akış daha sonra bozularak türbülanslı akış olmaktadır. Laminar geçiş ve türbülanslı akışlar Şekil 1.6’da gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Laminar geçiş ve türbülanslı akışlar (Çengel ve vd. 2008)

**Reynolds Sayısı (Re) :** Osborne Reynolds yaptığı deneyler sonucunda akışın laminar veya türbülanslı olduğunu bir boyutsuz sayı ile belirlemiştir. Bu boyutsuz sayıya Reynolds sayısı denir. Reynolds sayısı atalet kuvvetlerin viskoz kuvvetlere oranını göstermektedir ve aşağıdaki gibi formülize edilmiştir.

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu} \quad (1.1)$$

Burada;

Re : Reynold sayısı

P: Akışkanın yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

$V$  : Ortalama akış hızı (m/s)

$\mu$ : Akışkanın viskozitesidir (kg/m.s)

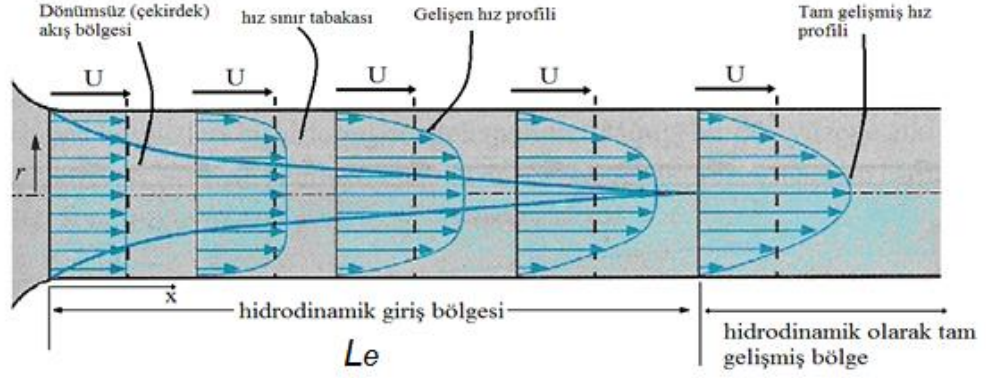
$L$ : Akışa ait karakteristik bir uzunluk (m)

Örneğin boru akışlarında:

- $Re < 2000$  akış laminardır.
- $2300 < Re < 4000$  geçiş akışıdır (laminer veya türbülans arası kararsız akış türüdür).
- $Re > 4000$  türbülanslı akıştır.

### 1.3. Boru Akışında Tam Gelişmiş Akış

Dirsek, vana, redüksiyon, boru bükümü gibi elemanlardan sonra düz bir boruya geçen akışkan uzun bir mesafede sonra tam gelişmiş bir boru akışına dönüşür. Bu gibi elemanlarda çıkan akış simetrik olmayan çarpık bir hız profiline ve çevrinti içeren bozuk bir akış olmaktadır. Bu bozuk akış düz boruda ilerlerken gelişir ve en sonunda tam gelişmiş akış olur. Tam gelişmiş bir boru akışında hız profili merkez çizgisine göre simetrik olup akış boru boyunca değişmemektedir. Tam gelişmiş boru akışının önemli özellikleri sabit bir hız profili ve sabit bir sürtünme faktörüne sahip boru akışına denir. Aşağıdaki şekilde bir tanktan boruya geçen akışkanın tam gelişmiş boru akışına dönüşüncüye kadar hız profilinin değişimleri gösterilmiştir. Boru girişinden tam gelişmiş akışın başladığı akışa gelişen akış ve sonrasına ise tam gelişmiş akış denir. Gelişen akış uzunluğu  $L_e$ , boru akışının laminar veya türbülans olmasına ve üstakım armatür çeşidine göre (dirsek, vana vb.) değişkenlik gösterebilmektedir. Tüm olası durumlar için standartlarda  $100D$  boru uzunluğu tam gelişmiş bir boru akışının oluşması için yeterli görülmüştür. Literatür bildirilen çalışmalarda orifis akış ölçerler için bu değer daha da düşük olabilmektedir. Örneğin API 2530 (1985) orifis akış ölçer standartlarına göre ise orifis çap oranı  $0.75$  olan bir orifis plakanın üst akımında kısma valfi bulunması halinde minimum boru uzunluğu  $45D$  ve orifis plaka aşağı akımında ise minimum  $5D$  boru uzunluğu bırakılmalıdır. Aynı orifis çap oranında üst akımda tek dirsek bulunması halinde tavsiye edilen minimum boru uzunluğu  $17D$  olarak bildirilmiştir. Şekil 1.7’de Boru girişinden itibaren akışın tam gelişmiş akışa dönüşmesi gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Boru girişinden itibaren akışın tam gelişmiş akışa dönüşmesi (Çengel ve vd., 2008)

**Akış Debi:** Belirli bir kesit alandan geçen akışkanın birim zamanda geçen miktarına debi denir. Miktarı kütsel ve hacmsel olarak iki şekilde ölçölür.

**Hacmsel debi:** Belirlenen bir süre içerisinde, belirli bir yüzeyden geçen sıvı veya gazın ölçülen hacmidir ve aşağıdaki formölnden hesaplanır.

$$\dot{V} = A \cdot V \quad (1.2)$$

Burada;

$\dot{V}$  : Hacmsel debi ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$A$  : Yüzey alanı ( $\text{m}^2$ )

$V$  : Ortalama akış hızı ( $\text{m/s}$ )

**Kütsel debi:** Belirlenen bir süre içinde, belirli bir yüzeyden geçen kütle olarak tanımlanır. Ayrıca hacmsel debi ile öz kütselin çarpılması sonucu elde edilir ve aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$\dot{m} = \rho \cdot V = \rho \cdot \dot{V} \quad (1.3)$$

Burada;

$\dot{m}$  : Kütsel debi ( $\text{kg/s}$ )

$\rho$  : Akışkanın yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

$V$  : Ortalama akış hızı ( $\text{m/s}$ ),

$A$  : Akışkanın geçtiği kesit yüzey alanı ( $\text{m}^2$ )

**Yoğunluk:** Birim hacmi dolduran kütle miktarıdır. Birimi  $\text{kg/m}^3$  tür.

**Basınç:** Birim alana gelen kuvvete basınç denir. Akışkanlar kendi ağırlıklarından ve üzerlerine etkiyen dış kuvvetlerin etkisiyle bir basınç oluştururlar. Bu nedenle akışkanlarda basınç önemli bir yer tutmaktadır. SI birim sisteminde basınç birimi Pascal olmasına rağmen bar, atm veya eşdeğer civa veya su sütun yüksekliği (mm, Hg, mss) gibi birimlerde kullanılmaktadır.

1 bar: 100 kPa, 1 atm: 101325 Pa

**Enerji Denklemi:** Akışın daimî olduğu sistemlerde pompa ve fan gibi makineler bir mil işi harcayarak akışa mekanik enerji kazandırırken türbinler ise akıştaki mekanik enerjiyi çekerek mil işine dönüştürürler. Pompa ve fan akışkana mekanik enerji kazandırırken türbin akışkan mekanik enerjisini çekerek akışkan enerjisinin azalmasına neden olur. Ayrıca akışta sürtünmelerde mevcut olduğundan akışkanın bir kısım mekanik enerjisi, akış sürtünmeleri nedeniyle ısı şeklinde kaybolur. Akan bir akışkanın sahip olduğu toplam enerji sahip olduğu potansiyel ve kinetik enerjilerin toplamından oluşur. Akan akışkan hızı nedeniyle kinetik enerjiye sahiptir. Aynı şekilde akan akışkan yerçekimi ve basıncı itibarıyla da toplam bir potansiyel enerjiye sahiptir. Akan akışkanın bu toplam enerjisine mekanik enerjisi denir. Akışkanın bu mekanik enerjisi akış hattı boyunca sürtünmeler nedeniyle azalabilmektedir. Ayrıca akış sistemi üzerinde bulunan pompa ve fan gibi akım makineleri de akış sistemine mekanik enerji kazandırırken türbin gibi makineler akış sisteminden mekanik enerji çekerler. Dolayısıyla bir akış sistemi düşünüldüğünde enerji korunumu yasası gereğince akış sisteminin iki noktası arasında aşağıdaki mekanik enerji eşitliği yazılabilmektedir. Bu denklem akış sistemlerinin çözümlemesinde kullanılan önemli bir denklem olup genel enerji denklemi olarak tanımlanmıştır.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + h_{p,f} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_t + h_k \quad (1.4)$$

Burada;

$P_1$  ve  $P_2$ : 1 ve 2 noktalarında akışkanın mutlak basıncıdır. (Pa)

$h_k$ : Akış sistemlerinde sürtünmelere giden mekanik enerji yük kaybıdır. (m)

$h_p$ : Pompa ile akışkana geçen mekanik enerji yüküdür. (m)

$h_t$ : Akış sisteminden türbine geçen mekanik enerji yüküdür. (m)

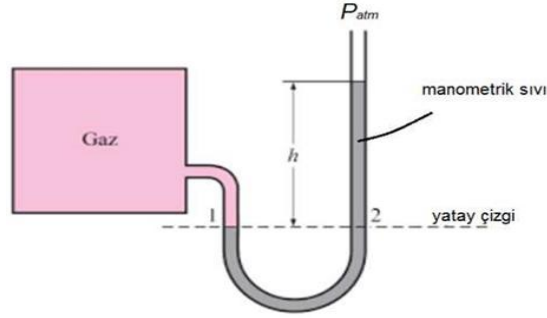
$V_1$  ve  $V_2$ : 1 ve 2 noktalarında akışkanın ortalama akış hızları (m/s)

$Z_1 = Z_2$  1 ve 2 noktalarındaki yükseklik. (m)

$\rho$  : Akan akışkanın yoğunluğudur. ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  : Yerçekimi ivmesidir. ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

**Manometre:** Sıvılarda yatay yönde basınç eşitliğinden yararlanarak akışkanların basınçlarını ölçmek için kullanılan cihazlardır. Plastik veya cam malzemesinden yapılmış U-borusu şeklindeki manometreye U manometresi denir. Basınç ölçmek için civa, su, alkol ve yağ gibi manometrik sıvılar kullanılır. Aşağıdaki şekilde U-manometresi kullanılarak bir gaz tankındaki basınç ölçülmüştür. Şekil 1.8’de U şeklinde manometre gösterilmiştir.



Şekil 1.8. U şeklinde manometre (Çengel ve vd., 2008)

Yatay çizgi üzerinde basınçlar eşit olduğundan

$$P_1 = P_2 \quad P_1 = P_{gaz}$$

$$P_2 = \rho_{sıvı} \cdot g \cdot h \quad (1.5)$$

$$P_{gaz} = \rho_{sıvı} \cdot g \cdot h \quad (1.6)$$

## 1.4. Akış Ölçerler

### 1.4.1. Akışkan debi ölçümü

Akışkanlar mekaniğinin ana uygulama alanlarından biri de akışkanların debilerin belirlenmesidir. Akış ölçerler karmaşıklık, büyüklük, fiyat, doğruluk, çok yönlülük, kapasite, basınç düşüşü ve çalışma ilkeleri seviyelerine göre geniş bir aralıkta farklılık gösterir. Borulardan veya kanallardan akan sıvı veya gazların debilerini ölçmek için

yaygın olarak pek çok ölçüm cihazı kullanılır. Yaygın olarak kullanılan akış ölçerler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Çengel ve vd. 2008).

- \*Engelli Akış Ölçerler
- \*Hacimsel Akış Ölçerler
- \*Değişken-Alanlı Akış Ölçerler
- \*Ultrasonik Akış Ölçerler
- \*Termal Anemometreler
- \*Elektromanyetik akış ölçerler

Çoğu akış ölçer, debiyi dolaylı yoldan ölçmektedir. Bunlar basınç düşüşü ve direnç (voltaj farkı) gibi akış debisi ile ilgili bir büyüklüğü ölçüp akış debisi ile arasındaki bağıntısı elde edilir. Akış ölçerin bu bağıntıya göre kalibre edilmesiyle akışkanın hacimsel debisi ölçülmektedir.

Debi ölçüm yöntemleri çok kaba olanlardan çok zarif olanlara kadar çeşitlilik gösterir. Örneğin bir bahçe hortumundan akan suyun debisi, hacmi bilinen bir kovaya doldurup dolan miktarı dolum zamanına bölmek suretiyle basit bir şekilde ölçülebilir. Bahçe hortumundan akan suyun debisinin toplanan miktarın zamana oranıyla bulunabilir (Çengel, 2006). Şekil 1.9’da verilmiştir.

$$\dot{V} = \frac{V}{t} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1.7)$$



**Şekil 1.9.** Bahçe hortumundan akan suyun debisinin toplanan miktarın zamana oranıyla bulunabilir (Çengel ve vd., 2008)

Akış ölçerler, herhangi bir anda borulardan geçen akışkan miktarını belirlemeye yarayan çok popüler cihazlardır. Akış ölçerler, su, sıvı yakıt, doğal gaz, LPG vb. akışkanların transferlerinde satıcın gerçek akışkan miktarının satıldığından ve elbette alıcının da anlaşılan miktarda akışkan transfer edildiğinden emin olması için büyük öneme sahiptir. Akış ölçer satılan akışkanın gerçek miktarını belirterek ödenen paranın

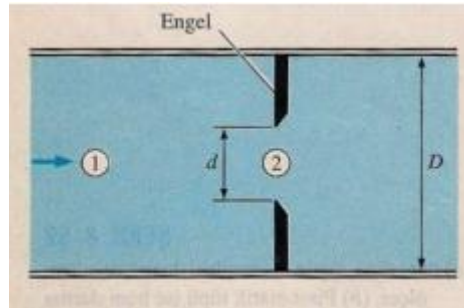
karşılığını sağlamaktadır. Ayrıca birçok endüstriyel kontrol uygulamasında debi ölçümü, kontrol ve belirlenen verim ve kalite hedeflerine ulaşmak için akış ölçerler kritik öneme sahiptir.

Bu nedenle, akış ölçerinizin uygulama alanı ne olursa olsun, akış ölçer için kullanılan terminolojiyi ve cihazın doğruluk seviyesini anlamanız gerekir. Akış ölçer doğruluğu söz konusu olduğunda, akış ölçer imalatçılarının ürünlerini tanımlamak için kullandıkları doğruluk metrik türlerini tam olarak anlamamız gerekir. Bu nedenle, akış ölçerin özelliklerini doğru bir şekilde almanız gerekiyorsa akış ölçer doğruluğunun net bir şekilde anlaşılması gereklidir.

Bu tez çalışması orifis akış ölçerlerin iyileştirilmesi ile ilgili bir araştırma konusu olduğundan engelli akış ölçerlerin çeşitleri, özellikleri ve ölçüm tekniği konusunda ayrıntılı bir şekilde aşağıda yer verilmiştir.

#### 1.4.2. Engelli akış ölçerler

Çapı  $D$  olan yatay borudaki akışkanın sıkıştırılmaz dami akışını göz önüne alınsın. Şekilde gösterildiği gibi akış, çapı  $d$  olan akış alanına kadar daraltılmıştır. Daralmadan önceki yer (1. nokta) ile daralmanın olduğu yer (2. nokta) arasında kütle dengesi ve Bernoulli denklemi eşitliği Şeil 1.8’de verilmiştir.



Şekil 1.10. Engelli akış ölçer (Çengel ve vd., 2008)

Kütle dengesi:

$$\dot{V} = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad V_1 = \frac{A_2 \cdot V_2}{A_1} = \left(\frac{d}{D}\right)^2 \cdot V_2 \quad (1.8)$$

$$\text{Bernoulli denklemi } (Z_1 = Z_2): \quad \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (1.9)$$

$$\text{Engelli akış ölçerler: } \dot{V} = A_0 \cdot C_d \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(1 - \beta^4)}} \quad (1.10)$$

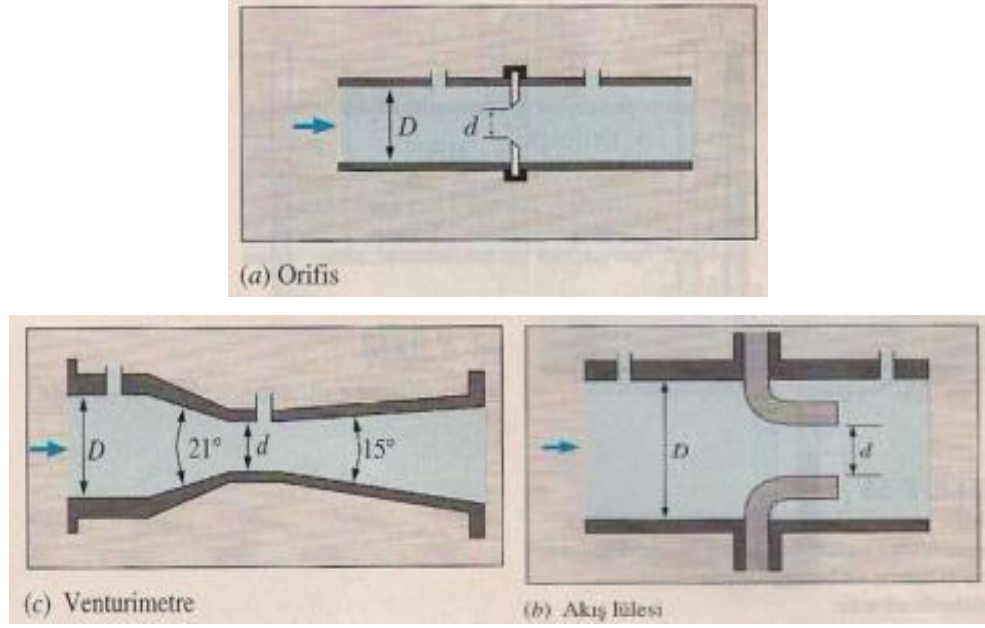
$$A_0 = A_2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

Burada;

$C_d$ : Debi kayıp katsayısıdır.

$\beta$ :  $d/D$  çap oranıdır.

**Not:** Debi formülü ideal sürtünmesiz bir akış varsayımıyla bulunmuştur. Bilindiği gibi Bernoulli denklemi viskoz olmayan ideal akışlara uygulanabilen teorik bir denklemdir. Debi formülünde ( $P_1 - P_2$ ) Bernoulli denkleminde hız farkından bulunabilen basınç farkı olup aynı şartlarda gerçek akışta ölçülenden farklı olmaktadır. Aynı akış şartları düşünüldüğünde gerçek bir akış ölçerinde ölçülen basınç farkı Bernoulli ile bulunandan daha büyük olmaktadır. Bunun nedeni gerçek akışta 1 ve 2 noktaları arasında sürtünmeler nedeniyle basınç kaybının olmasıdır. Dolayısıyla gerçek akışta 2 noktasındaki basınç değeri teorik olandan daha düşük olacaktır. Ölçüm cihazı ( $P_1 - P_2$ ) gerçek akış değerleri kullanılacaksa debi formülasyonu bir debi kayıp katsayısı  $C_d$  düzeltilir. Bu düzeltme faktörü ( $C_d$ ) göz önüne alınarak iki nokta arasındaki kayıp hesaba katılabilir. Düzeltme faktörünün değeri (1'den küçük) deneysel olarak bulunur. Orifislerde Akış boyunca iki nokta arasındaki basınç düşüşü, fark basınç dönüştürücü veya manometre ile kolayca ölçülebilir. Basit bir debi ölçüm cihazı, akışı engellemek suretiyle yapılabilir. Bu ilkeye dayanan akış ölçerlere engelli akış ölçerler denir. Bu cihazlar gaz ve sıvıların debilerini ölçmede yaygın olarak kullanılır. Pek çok engelli akış ölçer arasında en yaygın olarak kullanılanları Orifisler, Akış lüleleri ve Venturimetrelerdir. Düzeltme faktörü engelli akış ölçerin tipine göre farklılık göstermektedir ve belirli Reynold sayı aralıkları için yaklaşık olarak sabit bir değere sahiptir. Yüksek Reynolds sayılı ( $Re > 30000$ ) akışlar için  $C_d$ 'nin değeri, akış lülelerinde 0.96 ve orifislerde 0.62 alınabilir. Yüksek  $C_d$  değeri akış ölçerin basınç kaybının az olduğunu düşük değeri ise çok olduğunu göstermektedir.  $C_d=1$  değer basınç kaybının olmadığı ideal bir akış içindir. Akım çizgili tasarımlarından dolayı Venturimetrelerin debi katsayıları çok yüksektir ve çoğu akış için 0.95 ile 0.99 arasında değişir (yüksek değerler yüksek Reynolds sayıları içindir). Belirli bir veri yoksa Venturimetreler için  $C = 0.98$  alınabilir. Şekil 1.11'de engelli akış ölçerler gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Engelli akış ölçerler (Çengel ve vd., 2008)

### 1.4.3. Orifis plakalı akış ölçerin temelleri

Akış enstrümantasyonunda tartışıldığı gibi ilkeler ve formüller, bir boruda bir akış kısıtlaması olduğunda kısıtlama yoluyla daha sonra hacimsel akış hızı ile ilişkilendirilebilecek bir fark basınç oluşmaktadır. Diferansiyel basınç (fark basınç) yaratan bu akış kısıtlama ilkesi; sıvıların, gazların ve sıvı +gaz karışımların akış debisini ölçmek için orifis akış ölçerle kullanılan bir yöntem olmuştur.

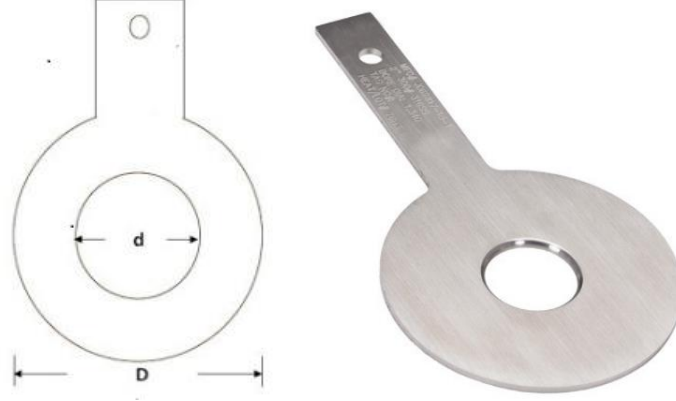
Orifis akış ölçerler temel olarak içerdikleri:

- (a) Birincil cihaz, akış kısıtlaması yaratan orifis plakası
- (b) Orifis plakası tarafından yaratılan fark basıncı ölçen ikincil cihaz.

#### 1.4.3.1. Birincil cihaz (orifis plakası)

Orifis plakası temelde ortasında bir delik bulunan ince bir metal plakadan (1.5 mm – 6 mm arası kalınlıkta) oluşur. Orifis plakasının bir tarafında plakanın teknik özelliklerinin damgalandığı baskılı bir etiket vardır. Orifis plakasının yukarı akıma bakan tarafı genellikle keskin kare bir kenara sahiptir. Aşağıda, Şekil 1.12’de tipik tek delikli konsantrik bir orifis plakasını göstermektedir. Orifis çapının ( $d$ ) boru iç çapına ( $D$ )

oranına Beta oranı ( $\beta$ ) denir ( $\beta = d / D$ ). Beta oranı 0.4: Orifis delik  $\phi$ apının boru i $\phi$   $\phi$ apının %40 kadarı olduğunu göstermektedir. Şekil 1.12’de delikli plaka gösterilmiştir.



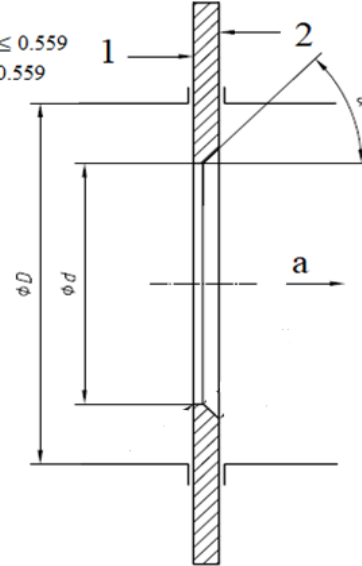
Şekil 1.12. Delikli plaka (Anonim)

Orifis akış ölçerler için oluşan standartlara göre (ISO 5167) kullanılacak orifis plakası için belirlenen standart geometrik ölçüler ve kullanım sınır değerleri aşağıda Şekil 1.13’te verilmiştir.

Kullanım limiti:

- $d \geq 12.5 \text{ mm}$
- $50 \text{ mm} \leq D \leq 1000 \text{ mm}$
- $0.1 \leq \beta \leq 0.75$
- $Re_D \geq 5000$  için  $0.1 \leq \beta \leq 0.559$
- $Re_D \geq 16000 \beta^2$  için  $\beta > 0.559$

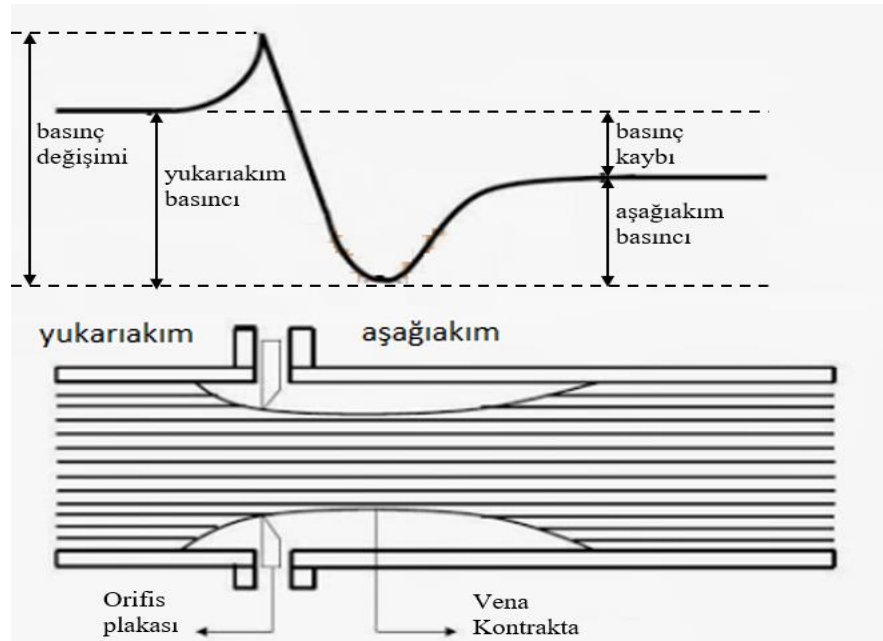
- 1- Yukarı akım  
2- Aşağı akım  
a- Akış yönü



Şekil 1.13. Orifis test plakası standart-boyutsal ölçüleri ve sınır değerleri (ISO 5167 standartları)

#### 1.4.3.1.1. Orifis akış ölçer akış debisinin ölçülmesi

Akışa karşı yerleştirilmiş bir orifis plakası, kısıtlaması ile dar bir akış alanı yaratır. Orifis dar alanında geçmeye zorlanan akışkanın hızı artar. Bernouli ilkesi ile hız artan akışkanın basıncı da düşer. Burada orifis plakasından önce akışkanın sahip olduğu basınç enerjisinin bir kısmı orifis plakasında artan hız ile kinetik enerjiye dönüşmüştür. Bunun sonucunda orifis plakasından sonra akış düşük bir basınca sahip olur. Bu durum plaka öncesi ve sonrası arasında bir fark basıncın (diferansiyel basınç) oluşmasına neden olur. Orifis plakası ile üretilen fark basınç miktarı, orifis plakasının beta oranı ile ilgilidir. Beta oranı ne kadar küçükse üretilen diferansiyel basınç o kadar yüksek olur. Uygulamada beta oranı seçimi, istenen diferansiyel basınç ile gerekli akış hızı arasında bir uzlaşma ile yapılmaktadır.



Şekil 1.14. Orifis plakalı boru akışının akım çizgileri ile gösterilmesi ve orifis akışı boyunca statik basıncın değişimi (Anonim, 2022)

Şekil 1.14 'te orifis plaka ile daraltılan bir boru akışının şematik resmi ve merkez çizgisi boyunca basıncın değişim grafiği verilmiştir. Şekilde gösterildiği gibi orifis plaka hemen öncesi yaklaşan akışın statik basıncı biraz arttığı görülür. Orifis ile daraltılan kesit alandan geçen akışkanın hızı arttığından akışkanın statik basıncı da keskin bir şekilde azalmıştır. Orifis plakasında akış hızı maksimum olmayıp hemen sonrasında 'Vena Kontrakta' denilen bir noktada akış hızı maksimum olur. Vena kontrakta da statik basınç

bir minimum değere ulaşmaktadır. Vena Kontraktadan itibaren aşağı akımda ise statik basınç yavaş artarak düzelmeye başlar ama asla yukarı akış değerine ulaşmaz. Yani orifis plaka kurulumu ile her zaman kalıcı bir basınç kaybı oluşur. Basınç kaybına ek olarak, basınç enerjisinin bir kısmı da ses ve ısıya dönüşmüş olur. Ayrıca orifis plakaya karşı ölçülecek fark basıncın miktarı basınç noktasına veya basınç musluğu yerleşim yerine bağlı olduğu basınç değişim grafiğinden de anlaşılabilmektedir. Burada orifis plaka sonrası basınç musluk yerinin önemli olduğu görülmektedir.

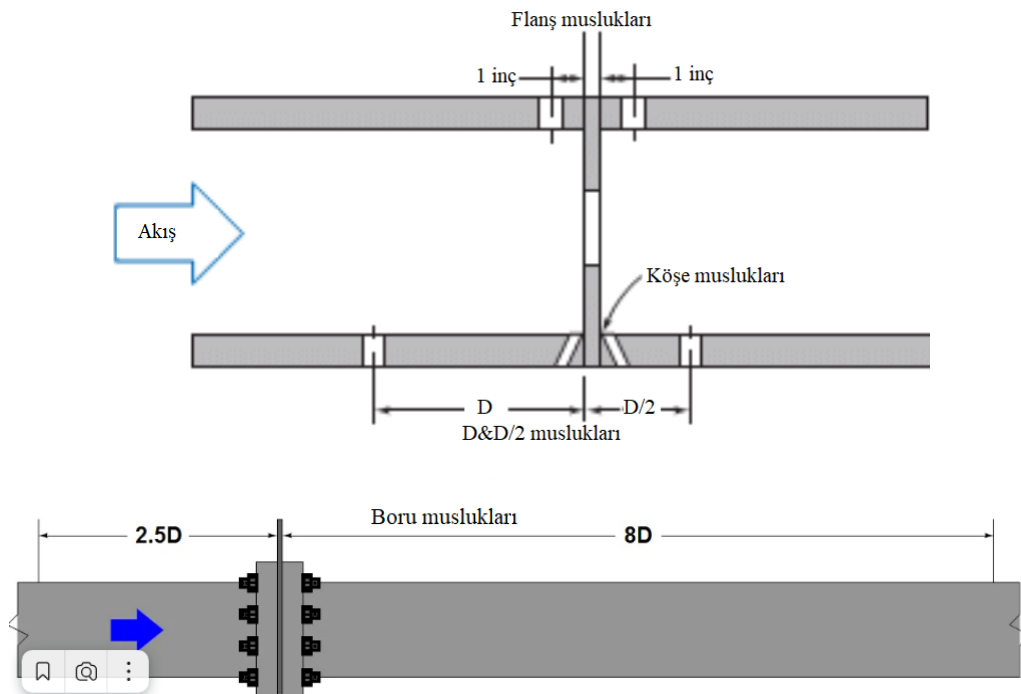
Şekil 1.15'te bir orifis akış ölçerin montaj resmini göstermiştir. Orifis akış ölçerler tam gelişmiş boru akışının olduğu akış kısmında çalıştırılan cihazlardır. Bu nedenle dirsek, vana, redüksiyon gibi boru armatürlerinden sonra uzun düz bir boru tam gelişmiş akışın oluşması için monte edilmelidir. Standartlarda bu değer akışkan türüne, armatür tipine ve Reynolds sayısına bağlı olarak değişebilmektedir. Dolayısıyla her orifis akış ölçer için üst akım düz boru uzunluğu montaj için belirtilmektedir. Akış ölçer Standartlarında bu değerler bildirilmiştir (ISO 5167, BS 1042). Düz boru uzunluğu 30D-100D arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Orifis akış ölçerden sonrada bir kısım düz boru kurulum mesafesi standartlarda belirtildiği gibi bırakılmalıdır. Bu da aşağı akımda dirsek ve vana gibi akış bozan etkenlerin üst akımlarında bulunan akış ölçerin akış yapısına etkilerinin olabilmesidir. Bu da hatalı ölçümlere neden olabilmektedir. Akış ölçerin aşağıakım borusu üstakım borusundan çok daha kısadır.



**Şekil 1.15.** Orifis plakalı akış ölçer (Anonim, 2022)

#### 1.4.3.1.2. Basınç ölçüm muslukları

Orifis debimetre kurulumunda, fark basıncı ölçmek için açılan orifis plaka öncesi ve sonrasında boru duvarına delikler açılır. Bu deliklerden basıncın doğru bir şekilde ölçülmesi için açılan delik çapı  $d = 0.08D$  tercihen 12 mm'den küçük olmalıdır (BS 1042). Burada D boru iç çapıdır. Açılan delikler dairesel olmalı ve delik merkez çizgisi boru merkez çizgisi ile çakışacak şekilde boru duvarı delinmelidir. Açılan deliklerin iç tarafı çapaklardan iyice temizlenmelidir. Deliğin boru iç yüzeyindeki düzleminden itibaren delik çapının 2.5 katı kadar bir yüksekliğe silindirik bir bağlantı ile basınç musluğu oluşturulmalıdır. Basınç ölçümü için manometrik hortum bu basınç musluğuna takılır (BS 1042). Orifis akış ölçerin basınç fark manometrik hortumları orifis plakanın her iki tarafında bulunan basınç musluklarına bağlanarak fark basıncın ölçülmesi sağlanır. Açılan basınç deliklerinin orifis plakasına göre yerleşim yerleri boru çapı, akışkan türü ve akış şartları gibi etkenlerle değişebilmektedir. Şekil 1.16'da Orifis akış ölçerde fark basınç ölçümünde kullanılan basınç ölçüm muslukları verilmiştir. Basınç ölçüm musluklarının yerleşim yerine göre sınıflandırılması aşağıda verilmiştir.



**Şekil 1.16.** Orifis akış ölçerde fark basınç ölçümünde kullanılan basınç ölçüm muslukları (ISO, 1978)

- \* Flanş basınç ölçüm muslukları (2 inçten büyük boru çapı)
- \* Vena Kontrakta basınç ölçüm muslukları (6 inçten büyük boru çapı)
- \* Yarıçap basınç ölçüm muslukları (D ve D/2 basınç muslukları)
- \* Boru basınç ölçüm muslukları (veya tam akış muslukları)
- \* Köşe basınç ölçüm muslukları (2 inçten az)

#### **1.4.3.1.2.1. Flanş basınç muslukları**

Flanşlı basınç ölçüm muslukları en yaygın olanlardır ve genellikle 2 inç ve daha büyük çaplı borular için kullanılırlar. İmalat aşamasında flanş tepesinden delinerek bir basınç ölçüm musluğu açılır. Flanşlı musluklar, ana boruda delme ve kılavuz çekme gibi işlemleri montaj aşamasında elimine ettiğinden uygun bir alternatiftir.

#### **1.4.3.1.2.2. Vena kontrakta basınç muslukları**

Vena kontrakta basınç musluğu, 6 inçten (152.4 mm) daha büyük boru çaplarına sınırlandırılmıştır. Bu sınırlama esas olarak flanştan musluğun yeterli açıklığını sağlamak için uygulanır. Vena kontrakta, akışkan akışının en küçük kesit alanına sahip olduğu ve aynı zamanda en düşük basınca sahip olduğu yerdir. Vena kontrakta basınç ölçüm muslukları maksimum bir fark basıncına ulaşmak için tasarlanmıştır. Burada amaç fark basınç yükselterek ölçüm doğruluğunun artırılmasıdır. Vena kontrakta akış debisine ve boru çapına bağlıdır. Bu parametrelerden herhangi birinin değişmesi durumunda yeri değişebilir. Bu nedenle, akış hızı veya boru çapı değiştiğinde vena kontrakta muslukları etkilenir.

#### **1.4.3.1.2.3. Boru basınç muslukları**

Boru muslukları, orifis plakasının yukarı akımında 2.5D ve aşağı akımında 8D boru çapı alınarak basınç muslukları açılır. Boru muslukları tipik olarak Yarıçap ve Vena Kontrakta muslukların kullanılmadığı tesisatlarda kullanılırlar. Ölçüm, akış hızından veya açılan basınç musluğunun delik boyutundan etkilenmediğinden, büyük ölçüde değişen akış uygulamalarında kullanılırlar. Mevcut maksimum fark basıncı ölçmediklerinden doğrulukları diğer basınç musuklarına göre daha azdır.

#### 1.4.3.1.2.4. Köşe basınç muslukları

Köşe muslukları, orifis plakası ile boru duvarı arasındaki köşedeki basıncı ölçer. Köşe musluklarının kullanımları 2 inçten (50.8mm) küçük boru çaplarına sahip tesisatlarda bulunur.

#### 1.4.3.1.2.5. Yarıçap basınç muslukları

Yarıçap basınç muslukları, aşağıakım basınç musluğunun orifis plakasından yarım boru çapına ( $D/2$ ) yerleştirildiği musluklarda yapılan bir değişikliktir. Bu, orifis plakasından hemen sonra oluşan kararsız bölgeyi önlemek içindir. Basınç musluğunun yerini basitleştirildiğinden, yarıçap musluğu genellikle vena kontrakta yerine tercih edilir.

#### 1.4.3.2. İkincil Cihaz

Daha önce belirtildiği gibi, orifis ölçerin diğer ana bileşeni ikincil cihazdır. İkincil cihaz, akışı ölçmek için kurulduğunda, genellikle akış vericisi olarak adlandırılan bir diferansiyel basınç vericisidir. Akış vericisi, orifis plakası tarafından oluşturulan fark basıncı ölçer. Bu fark basınç orifis plaka aşağı akımına ve yukarı akımına yerleştirilen basınç musluklarına bağlı manometrik bağlantı hattı ile ölçülür. Bu bağlantı hatları vericinin yüksek ve düşük basınç portlarına bağlıdır. Verici bu fark basınç ölçümlerini daha sonradan analog veya dijital bir sinyale dönüştürür. Bu sinyaller işlenerek anlık akış debisinin göstergede gösterilmesi sağlanır.

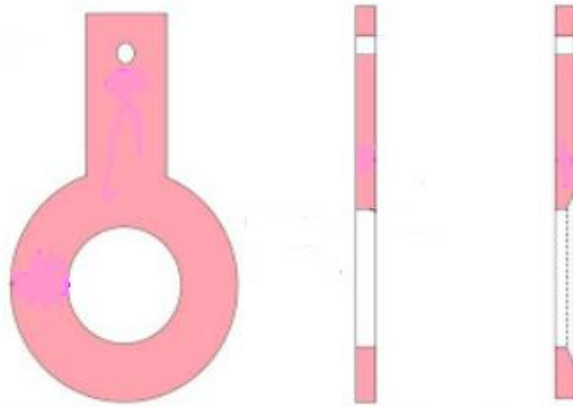
#### 1.5. Orifis Plakalı Akış Ölçerlerin Avantajları

- \* Basit bir geometrik yapıya sahiptirler.
- \* Ucuzdurlar.
- \* Flanşlar arasına kolayca takılırlar.
- \* Hareketli parçaları yoktur.
- \* Geniş bir boyut aralığına sahiptirler.
- \* Çoğu gaz ve sıvı için uygundurlar.
- \* İyi anlaşılmış ve kanıtlanmıştır.
- \* Fiyat, boyutla önemli ölçüde artmaz.

### 1.6. Orifis Plakalı Akış Ölçerin Dezavantajları

- \* Tipik olarak %1 aralığında bir ölçüm hatasına sahiptir.
- \* Doğrulukları yoğunluk, basınç ve viskozite dalgalanmalarından etkilenir.
- \* Kısıtlayıcıya olan erozyon ve fiziksel hasar ölçüm doğruluğunu etkiler.
- \* Geri dönüşü olmayan bir miktar basınç kaybına neden olur.
- \* Akışkan viskozitesi ölçüm aralığını sınırlar.
- \* Doğruluğun korunduğundan emin olmak için düz boru bağlantısına ihtiyaç duyar.
- \* Özellikle sıvı debisi ölçümünde boru içi sıvı ile dolu olmalıdır.

Şekil 1.17’de gösterildiği gibi, kare kenarlı konsantrik bir orifis plakasının yandan görünümü, orifisteki keskin kenarları (90 derecelik köşeler) göstermektedir. Orifis plakasında orifisin keskin kare kenarı, orifisten geçen hızlı sıvı hareketinin orifis duvarına tutunmasının en aza indirgenmesinde yardımcı olur. Herhangi orifis plakasının sapı üzerine basılmış bir metin etiketi, geleneksel olarak bu plakanın yukarı akış tarafını tanımlar. Kare kenarlı delikli orifis plaka durumunda, plakanın hangi tarafının yukarı yönde olduğu önemli değildir. Bir orifis plakasının hangi yöne takılması gerektiğinin tek kesin göstergesi olduğundan, orifis plakası üzerindeki metin etiketine dikkat etmek gerekir.



**Şekil 1.17.** Kare kenarlı eş merkezli orifis plakası (ISO, 5167)

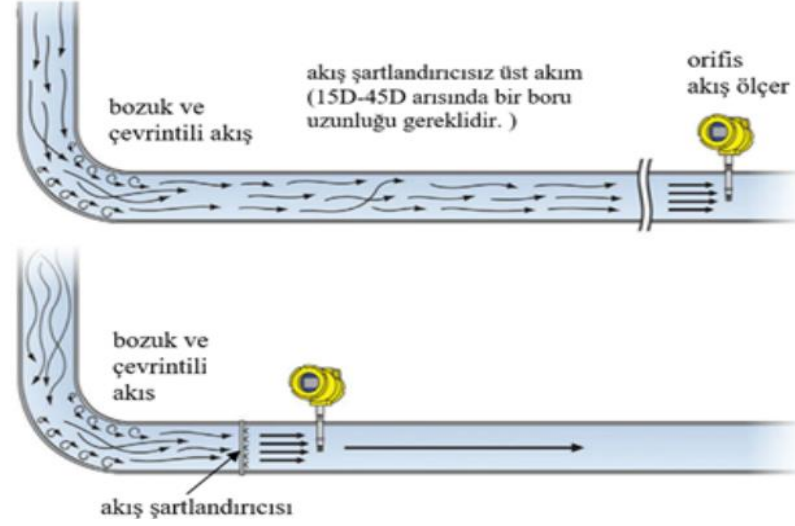
Şekil 1.17’de ayrıca orifisin bir kenarının eğimli olduğu keskin kare kenarlı konsantrik bir orifis plakasının yandan görünüşü gösterilmektedir. Orifis plaka nispeten

kalınsa (1/8 inç veya 1 inç veya daha fazla) plakanın akış aşağı tarafı 45 derece ile pahlanır (ISO 5167, BS 1042). Yapılan bu pah, orfisten geçen sıvının plaka duvarına yapışma olasılığını önlemeye yardımcı olur. Bu pah yapılmadığında sıvının duvara tutunması ve bırakması gibi akış dengesizliği oluşmaktadır. Vena kontrakta bu akış dengesizliğinden etkilendiğinden basınç farkının etkilenmesine ve dolayısıyla hatalı debi ölçümlerine neden olan bir durumdur. Pahlı orifis plakaları açıkça tek yönlüdür ve pah kenar aşağı akıma bakarken orifis keskin kenarı yukarı akıma bakacak şekilde kurulmalıdır.

### 1.7. Akış Şartlandırıcılar

Orifis akış ölçerlerde debi ölçüm doğruluğunun tam sağlanması için akış ölçerin üst akımında standartlar gereği uzun bir borunun kullanılması (30D-100D) gereklidir. Uzun boru kullanımı alan sınırlaması olan uygulamalar için pratik olmamaktadır. Bu nedenle uzun boru kullanımı yerine standartların kabul ettiği diğer bir seçenek ise orifis plaka üstakımında kısa boru kullanılabilmesi için bir akış şartlandırıcısı kullanılmasıdır. Akış şartlandırıcısı gelen üst akım akış bozukluklarına karşı standart orifis akış ölçerin ölçüm doğruluğunu (%1'den düşük hata) arasında koruduğu müddetçe kullanılabilir.

Akış şartlandırıcı, akış ölçerin yukarı akımında gerekli kanal uzunluğunu azaltırken akışa engel oluşturduğundan, bir miktar kalıcı basınç kaybına da neden olur. Akış ölçer standartlarında önerilen akış şartlandırıcısının kullanılmasına yönelik teknik bilgiler verilmektedir (ISO 5167, API 14.3, BS 1042). Akış şartlandırıcı seçiminde basınç kaybı az, üst akım borusu daha kısa, ucuz, uzun ömürlü ve az bakım gerektiren tipleri aranır. Bu nedenle akış şartlandırıcıların geliştirilmesi ve iyileştirilmesi ticari ve bilimsel alanda araştırma konusu haline gelmiştir. Literatürde bu akış şartlandırıcılarla ilgili çalışmalar 1990'lardan beri devam etmektedir. Bu çalışmalarda çeşitli akış şartlandırıcılar, özellikle gaz endüstrisi için deneysel ve sayısal olarak test edilmişlerdir (Erdal, 1997; Gordeeva vd., 2014; Gallagher vd., 1996; Guo vd., 2013; Laws ve Ouazzane., 1995; Laribil ve Aichouni., 2003; Morrison vd., 1997). Şekil 1.18. Akış ölçerlerde akış şartlandırıcısının kullanılması ile üst akım borusunun kısaltılması gösterilmiştir. Uygulamalarda kullanılan bazı akış şartlandırıcı tipleri aşağıda açıklanmıştır.

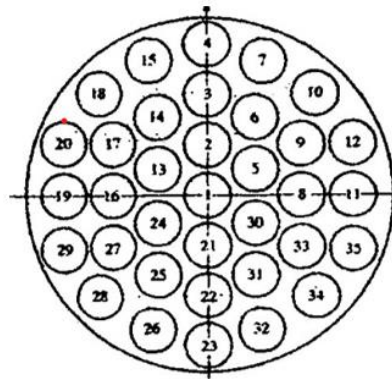


**Şekil 1.18.** Akış ölçerlerde akış şartlandırıcısının kullanılması ile üst akım borusunun kısaltılması (Don, 2017)

### 1.7.1. Akış şartlandırıcı çeşitleri

#### 1.7.1.1. MHI (Mitsubishi Heavy Industries) akış şartlandırıcı

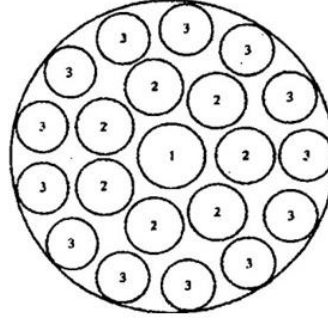
MHI akış şartlandırıcısı, merkezden daha fazla akışa izin vermek için kademeli şekilde konumlandırılmış 35 delikten oluşur. Bu tip tam gelişmiş akış hız profilinin üretilmesine yardımcı olur. Gözeneklilik oranı yaklaşık %59'dur ve yerel kayıp katsayısı  $K=1-1.7$  aralığındadır (kayıp katsayısının değeri, pahnın kullanılıp kullanılmadığına bağlıdır). Bu akış şartlandırıcısı şematik olarak Şekil 1.19'da gösterilmiştir (Laws ve Quazzane, 1995).



**Şekil 1.19.** MHI akış şartlandırıcısı (Laws ve Quazzane, 1995)

### 1.7.1.2. Laws akış şartlandırıcısı

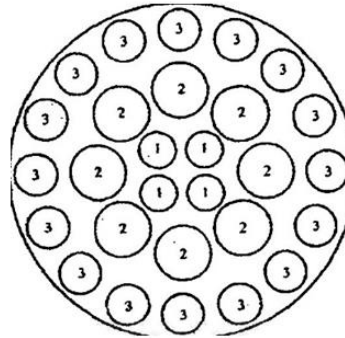
Laws akış şartlandırıcısı son yıllarda popüler hale gelmiştir. Oldukça büyük bir merkezi deliğe ve bunu çevreleyen daha küçük deliklerden oluşan bir iç halkaya ve bunun dışında da daha da küçük deliklerden oluşan bir dış halkaya sahiptir. Laws, iç ve dış halkalarda çeşitli sayıda delik içeren bir dizi şartlandırıcı önerdi. Önerilen tasarım  $K = 2.7$  değerine dayanıyordu. Bu akış şartlandırıcısı şematik olarak Şekil 1.20'de gösterilmiştir (Laws ve Quazzane, 1995).



Şekil 1.20. Laws akış şartlandırıcısı (Laws ve Quazzane, 1995)

### 1.7.1.3. Spearman (NEL) akış şartlandırıcısı

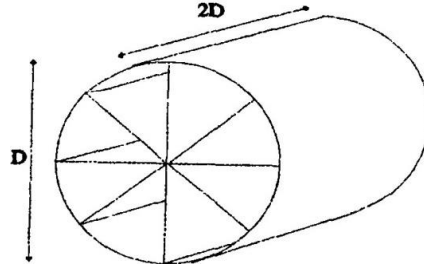
Spearman akış şartlandırıcısı Şekil 1.21'de gösterilmiştir. 16 delikli bir dış halkaya, sekiz delikli bir iç halkaya ve merkezde kare şeklinde düzenlenmiş dört delik içerir. Gözenekliliği %47.5'tir. Akış şartlandırıcısı, 2.7'ye yakın bir  $K$  değerine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır (Spearman, Sattary ve Reader-Harris, 1996; Erdal, 1997; Laws ve Quazzane, 1995).



Şekil 1.21. Spearman (NEL) akış şartlandırıcısı (Spearman, Sattary ve Reader-Harris, 1996)

#### 1.7.1.4. Etoile akış şartlandırıcısı

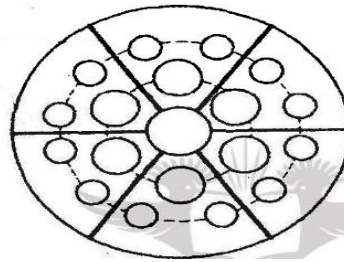
Etoile akış düzgünleştiricisi, önerilen iki boru çapı uzunluğunda kullanılır. Şekil 1.22'de gösterildiği gibi, uzunluğun ünite performansı üzerindeki etkisine yönelik bir araştırma yapılmıştır. Araştırmalar, bazı durumlarda daha kısa bir ünite uzunluğunun (örneğin uzunluk olarak  $1/8D$ ) tercih edilebileceğini göstermektedir. Bir girdap sönümleyicisi olarak (dönerek ilerleyen akış) Etoile ünitesinin etkinliği de doğrulanmıştır (Laws ve Quazzane, 1995).



Şekil 1.22. Etoile akış şartlandırıcısı (Laws ve Quazzane, 1995)

#### 1.7.1.5. Kanatlı plaka akış şartlandırıcısı

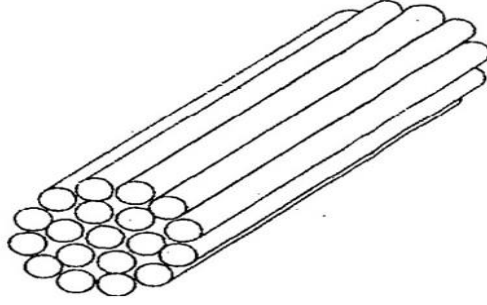
Kanatlı plaka akış şartlandırıcılar, dereceli delikli bir plakanın akış yukarısına bir dizi kanadın yerleştirildiği hibrit bir cihazdan oluşmaktadır. %50 gözenekliliğe sahip Laws plakası 1:6:12 delikli plaka düzenini oluşturacak şekilde imal edilmiştir. İç ve dış halkadaki delikler, altı kanattan oluşan bir set olacak şekilde yuvalanmıştır. Kanatlar plakanın  $0.5 D$  yukarı akımında konumlandırılmış olup plakadaki delikleri hiçbirini kesmemektedir. Kanatlar girdaplı akışı düzgünleştirilmesinde delikli plaka ise simetrik olmayan bozuk hız profilinin düzeltilmesinde sorumludur. Bu akış şartlandırıcısı şekil 1.23'te gösterilmiştir (Laws ve Quazzane, 1995).



Şekil 1.23. Kanatlı akış şartlandırıcısı (Laws ve Quazzane, 1995)

#### 1.7.1.6. Tüp demeti akış şartlandırıcısı

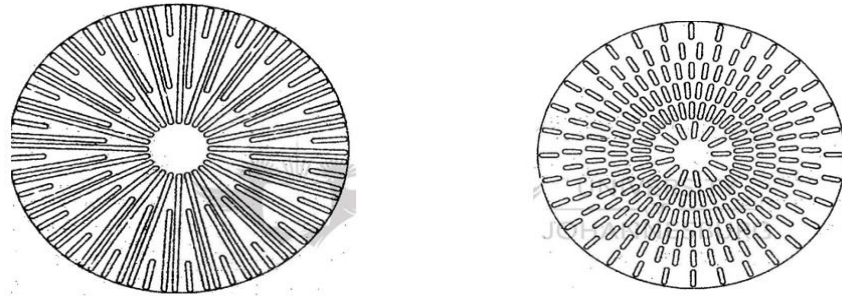
Standart 19 tüp demeti şekil 1.24'te gösterilmektedir. 19 adet uzun düz borudan oluşmaktadır. Tüp demeti daha çok girdaplı akışın giderilmesinden etkin rol oynayan bir bir akış düzgünleştirme elemanıdır (Morrison vd., 1997).



Şekil 1.24. Standart tüp akış şartlandırıcısı (Morrison ve Hall, 1997)

#### 1.7.1.7. Gözenekli akış şartlandırıcıları

Şekil 1.25'te gösterilen gözenekli akış şartlandırıcılar düzgün bir hız profili (Şekil 1.25) ve parabolik bir hız profili ve kısa aşağıyakım mesafelerinde oluşturmak için tasarlanmışlardır (Morrison vd., 1997).

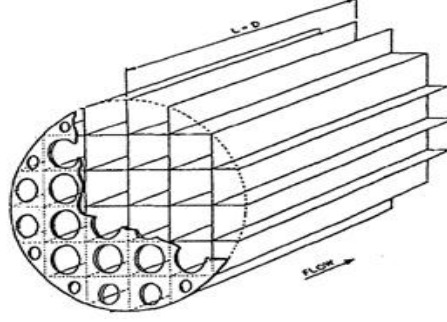


Şekil 1.25. Sırasıyla, tekdüzenli yarıklı akış düzenleyicisi ve Parabolik oluklu delikli akış düzenleyici. (Morrison vd., 1997)

#### 1.7.1.8. Zanker akış şartlandırıcısı

Zanker akış şartlandırıcısı, ISO 5167'ye dahil olan akış şartlandırıcı cihazlarından biridir. Dereceli delikli plaka ve ardından bir boru çapı uzunluğunda dikdörtgen petek şeklindeki bir bölümden oluşur. Zanker, plakayı tam gelişmiş akış koşulları üretecek

şekilde tasarladı ve girdapları gidermek için peteği dahil etmiştir. Bu akış şartlandırıcı Şekil 1.26'da gösterilmiştir (Laws ve Quazzane, 1992).



Şekil 1.26. Zanker düzleştirici akış şartlandırıcı (Laws ve Quazzane, 1992)

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu tez çalışmasında orifis plaka öncesi gerekli standart düz boru uzunluğunu kısaltmak için akış şartlandırıcı plakalar deneysel olarak test edilecektir. Akış şartlandırıcı test plakasının geometrik boyutları, şartlandırıcı için gerekli düz boru mesafesi ve Reynolds sayısı analiz parametreleri olarak seçilmiştir. Bu parametreler kullanılarak en iyi akış şartlandırıcı tipi belirlenmeye çalışılacaktır. Akış şartlandırıcısının orifis akış ölçerin debi ölçüm doğruluğu üzerindeki etkileri ve neden olduğu basınç kaybı deneysel veriler elde edilerek araştırılacaktır. Tanımlanan iyi bir akış şartlandırıcısı basınç kayıpları az, eksenel boyutları küçük ve düşük maliyetli bir akış şartlandırıcısı olmalıdır Çarpınlioğlu&Özahi (2010). Çalışılacak bu tez konusunun önemli, güncel ve araştırmaya yönelik bir konu olduğunu göstermek ve bildirilen çalışmalardan teknik veriler elde etmek için literatürde yayınlanmış çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Laws ve Ouazzane (1995) yaptıkları çalışmada, ISO 5167 standart orifis akış gereksinimlerini 6D gibi bir üstakım boru uzunluğu ile sağlayabilmek için kanatlı ve delikli plaka şartlandırıcılarını bütünleşik kullanılması ile ilgili deneysel bir çalışma yapmışlardır. Deneysel çalışmada, orifis plakasının 6D üst akımına yerleştirilen bir küresel vananın farklı açıklık oranları (%50 %60 %70) ile oluşan akış bozukluklarının orifis akış ölçerin doğruluğu üzerindeki etkileri akış şartlandırıcısı varken ve yokken ölçülmeye çalışılmıştır.

Gallagher vd. (1996) yaptıkları çalışmada, orifis akış ölçerler için standartlar dahilinde kabul görülen akış şartlandırıcıları arasından yeni hibrid bir akış şartlandırıcısı önermişlerdir. Gaz akışlarının ölçülmesiyle yapılan deneysel çalışmada önerilen akış şartlandırıcısının standart orifis üstakım mesafesini önemli ölçüde düşürdüğü bildirilmiştir.

Erdal (1997) yaptığı çalışmasında, delikli bir plaka akış şartlandırıcısını oluşturmak için plaka gözeneklik oranı, ıslak delik uzunluğu, delik çapı, delik sayısı ve düzeni gibi parametreleri kullanarak plaka aşağıakım akış karakteristikleri üzerindeki etkiler sayısal yöntemle araştırmışlardır. Sayısal çalışmada akış şartlandırıcısı çevrinti ve asimetriclik hız profili içermeyen tam gelişmiş bir üst akım ile test edilmiştir. Çalışmada hız profili üzerinde etkili olan türbülans kinetik enerjisinin akış şartlandırıcılar için önemli olduğu vurgulanmıştır.

Morrison vd. (1997) yaptıkları çalışmada, standart tüp ve çok delikli üç ayrı plaka akış şartlandırıcılarını, akış şartlandırıcısının aşağı akımı, ortalama hız ve türbülans yoğunluk yönünden lazer doppler anamometre ile araştırılmıştır. Deneysel çalışmaya ek olarak aşağı akım akış karakteristikleri deney paralelinde gerçekleştirilen sayısal bir çalışmayla da araştırılmıştır. Deneysel çalışmayla tam gelişmiş akış sağlamak için standart tüp tipi akış şartlandırıcısının orifisin hangi üst akım mesafesinde yerleştirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Ouazzane ve Barigou (1999) yaptıkları çalışmada, orifis girişinde asimetrik hız profillerinin orifis performansına etkisini akış şartlandırıcılı ve akış şartlandırıcısız olarak deneysel yöntemle araştırmışlardır. Çalışmada asimetrik hız profilleri orifis öncesi köresel bir vana ile üretilmiştir. Deneyler sonucunda kullanılan akış şartlandırıcısının iyi bir akış düzenleyicisi ve türbülans sönümleyici olduğu halde verimli bir akış şartlandırıcısı olmadığı tespit etmişlerdir.

Morrov vd. (2000) yaptıkları çalışmada, Amerika'da yeni standart revizyonların gerektirdiği minimum 145D üst akım düz boru mesafesini kısaltmak için farklı akış düzenleyicilerini, orifis çap oranı 0.67 olan bir orifis plaka akışında  $12 \times 10^5$  ile  $35 \times 10^5$  Reynolds sayı aralığında deneysel yöntemle test etmişlerdir.

Laribil vd. (2003) yaptıkları çalışmada, düzlemleri birbirine dik iki dirsek tarafından üretilen akış bozukluklarının orifis akış ölçerin debi ölçüm hatasına olan etkilerini geniş bir Reynolds aralığı için deneysel yöntemle araştırmışlardır. Çalışmalarında debi ölçüm hatalarını iyileştirmek için üstakıma bırakılan üç farklı akış şartlandırıcısının (etoile, tüp tipi, delikli plaka) etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda tüp tipi akış şartlandırıcısının girdap gidermede, etoile tipinin türbülansı iyileştirmede ve çok delikli plaka tipinin ise akış profilini düzeltmede iyi olduğu belirlenmiştir.

Manshoor vd. (2011) yaptıkları çalışmada, desenli bir akış şartlandırıcısının standart ve standart olmayan orifisli akış ölçerlerdeki etkisini sayısal ve deneysel yöntemlerle araştırmışlardır. Çalışmalarında beta oranı 0.5 olan bir orifis akış ölçerin 5D üstakım mesafesine monte ettikleri %58.8 gözenekliğe sahip bir akış şartlandırıcısını orifis debi katsayısına olan etkisini asimetrik ve girdaplı bir akış için incelemişlerdir.

Çarpınlioğlu ve Özahi (2011) yaptıkları çalışmada, kompresör çıkışında bozulan hava akışını kısa akış mesafesinde tam gelişmiş akışa dönüştürmek için üç farklı akış şartlandırıcısını deneysel yöntemle test etmişlerdir. Deneyler  $345 < Re < 9000$  aralığında

düşük Reynolds sayılarında yapılmıştır. Akış şartlandırıcıları gözeneklik oranı ( $0.49 < B < 0.74$ ) ve boyutsuz eksenel uzunluk ( $0.123 < L_e/d < 2$ ) parametreleri ile analiz edilmişlerdir. Deneylerde şartlandırıcı aşağı akımında boyutsuz hız profili ve türbülans değerleri ve ayrıca şartlandırıcının basınç kayıpları ölçülmüştür. Sonuç olarak iki akış şartlandırıcısının iyi bir hız profili düzenleyicisi ve diğerinin ise iyi bir türbülans girdap gidericisi olduğu belirlenmiştir.

Gordeeva vd. (2014) yaptıkları çalışmada, uluslararası füzyon malzeme ısıtma tesisi için nozzle çıkışında az türbülanslı ve düzgün hız profiline sahip kararlı bir sıvı lityum akışını sağlamak için nozzle öncesi dirsekli boru akışında bir akış şartlandırıcısını kullanmışlardır. Akış şartlandırıcılı akış sayısal çözümle simule edilmiştir. Akış şartlandırıcısı dirsek nedeniyle bozulan hız profilini düzeltmek ve girdapları gidermek için kullanılmıştır. Sayısal çalışmada üç farklı türbülans modeli kullanılmış ve simülasyon doğrulukları karşılaştırılmıştır.

İdeal olmayan hava giriş şartları VAV iklimlendirme ünitesinde %45'e varan debi ölçüm hatalarına neden olabilmektedir. Bu da önemli enerji kayıplarına ve yetersiz iklimlendirmeye neden olduğundan Ran ve ark., (2014) ölçüm doğruluğunu artırmak için bir VAV akış şartlandırıcısının potansiyeli bu çalışmada araştırmışlardır. Akış şartlandırıcısının tüm giriş akış şartlarında VAV debi okuma hatalarını % 5'e kadar azalttığı rapor edilmiştir.

Aydın (1996) yaptığı çalışmada; debi, hız, sürtünme kayıpları ve bunlara etki eden faktörler deneysel olarak incelenmiştir. Daralan kesitten akış yöntemi ile ölçme tekniklerinden olan; Orifis metre incelenmiş, yapım teknikleri araştırılmıştır. Bu amaca uygun olarak laboratuvar şartlarında kullanılabilecek bir orifis metre imal edilmiştir. Bu cihaz üzerinde debi ve hız ölçümleri yapıldığı gibi borularda meydana gelen basınç kayıpları da Reynolds sayısına bağlı olarak ölçülebilmektedir. Yapılan bu cihaz üzerinde orifis ölçümleri ve borudaki basınç kayıpları, depodaki su seviyesi değiştirilerek alınmış ve sonuçlar manometreden okunmuştur. Cihazdan alınan sonuçlar teorik sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Tahtalı (2008) bu çalışmanın amacı, değişik tipteki orifislerin akış, hız ve daralma katsayılarının analizini yapmaktır. Bu çalışma teorik ve deneysel olmak üzere iki grupta toplanabilir. Teorik çalışmada orifis katsayılarının Bernoulli ve Toricelli Teoremlerinden türetilmesinden bahsedilmiştir. Deneysel çalışmada üçgen, dörtgen, beşgen, altıgen,

yedigen ve daire orifis üretimi yapılmıştır. İmalatı yapılan 6 çeşit orifisin hız, daralma ve debi katsayıları deneysel olarak bulunmuştur.

Ekmen (2019) Bu çalışmada, pahlı tek delikli bir orifis plakasının daimi, sıkıştırılamaz ve izotermal boru akışı üzerindeki etkileri sayısal yöntemle araştırılmıştır. Yapılan çalışma ile orifis plaka basınç kayıplarının azaltılması ve orifis üstakım düz borunun kısaltılması amaçlanmıştır. Burada orifis plakasına verilen pah açısının (0, 15, 30, 45, 60) plaka basınç kaybına ve debi ölçüm hatasına olan etkileri 5000, 15000, 25000, 40000 ve 100000 Reynolds sayılarında araştırılmıştır. Çıkan sayısal sonuçlara göre  $33^\circ$  civarındaki pah açılarında basınç kaybının en düşük ve  $45^\circ$  civarındaki pah açılarında ise debi okuma hatasının en düşük olduğu gözlemlendi. Çalışmada ayrıca orifisli ölçerde basınç fark ölçüm noktalarının debi okuma hatası üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Basınç fark ölçüm noktaları orifisten uzaklaştıkça debi okuma hatasının azaldığı görülmüştür.

Gürsoy (1999) bu çalışmada; orifis, lüle ve venturimetrenin yerleştirildiği bir boruda, laminar ve türbülanslı akış ortamında; akış yönünde cidar statik basınç dağılımının, debi katsayısı ve basınç kaybı deneysel olarak Reynolds sayısına ve debi ölçerlerin geometrisine göre değişimi araştırılmıştır. Mevcut sonuçların, literatürden alınan sonuçlar ile mukayesesi de yapılmıştır.

Yukarıda verilen çalışmalar dışında Swapan, 2019; Erdal ve Anderson, 1997; Guo vd., 2013; Schlüter ve Merzkirch, 1996; Wendt vd., 1996 ve Wei vd., 2003, akış şartlandırıcılarla testler ve analizler yapmışlardır.

Yukarıda verilen literatür çalışmalarında görüldüğü gibi orifis akış ölçerlerde standartlarda belirtildiği gibi tam gelişmiş bir üst akış sağlamak için kullanılan üst akım boru uzunluğu yer kapladığından çoğu uygulamalarda akış kullanılmasına ve tercih edilmesine engeldir. Orifis akış ölçerlerde üst akım borusunu kısaltmak için akış şartlandırıcılarla ilgili çalışmalar 1990'lerden beri sürmektedir. Yapılan çalışmalarda geliştirilen bazı önemli akış şartlandırıcıların üst akım akış bozukluklarını önemli dercede düzelttikleri ve kısa boru mesafesinde orifis akış ölçer standartlarına uyan tam gelişmiş bir akış oluşturabildikleri bildirilmiştir. Akış ölçer standartlarına da dahil edilmiş bu akış şartlandırıcılar pek çok uygulamada kullanılabilmektedirler. Fakat bu akış şartlandırıcılar, deneyle belirlenmiş ve standartlarda yer almış bazı sınırlamalar dahilinde kullanılabilmektedirler. Bu nedenle akış şartlandırıcılardaki bu sınırlamaların azaltılması farklı akış şartlandırıcıların geliştirilmesi gibi akış şartlandırıcılar geniş bir araştırma alanına

sahiptir. Ayrıca akış şartlandırıcılar kompresör çıkışında bozulan akışın düzeltilmesi, nozzle öncesi dirsekli boru akışının düzeltilmesi, fan-coil cihazı öncesi kullanım düzgün laminer akışın sağlanamsı gibi değişik alanlarda da kullanıldıkları görülmektedir (Çarpınhoğlu ve Özahi, 2010; Gordeeva vd., 2014; Ran vd., 2014).

Burada akış şartlandırıcılarda düz boru uzunluğunun kısaltılması, Reynolds sayı aralığının artırılması, akış şartlandırıcı basınç kaybının ve maliyetinin düşürülmesi, basitlik ve kompaktlığın sağlanması ve uzun süreli kullanım gibi iyileştirme sağlayan etkenler düşünülerek akış şartlandırıcılar pek çok sayısal ve deneysel çalışmayla ticari ve bilimsel alanda araştırılmaktadır. Bu nedenle önemli bir araştırma sahası haline gelmiştir.

Bu nedenle bu tez çalışmasında bilinen çok delikli plaka akış şartlandırıcısının geliştirilmesine yönelik plaka geometrik parametreleri ve akış parametreleri kullanılarak deneysel yöntemle test plakalarının orifis akış ölçer üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Burada amaç orifis akış ölçer için kısa bir üst akım borusu sağlamaktır. Çalışmada 1x7 delikli plaka kullanılmıştır. Plakaların neden oldukları basınç kayıpları da önemli olduğundan plaka deliklerine farklı açılarda pah verilmiş olup farklı pah açılarında dört ayrı plaka oluşturulmuştur. Burada plakaların testi için akış debisi (1000, 1500, 2000 L/h) ve akış bozukluk derecesi (iki farklı küresel vana açıklık oranı) araştırılan akış parametreleri olurken orifis akış ölçer düz akım boru uzunluğu ( $L_1$  ve  $L_2$  uzunluklu borular ile), delik pah açısı (pahsız, 15°, 30°, 45° ve 55° pahlı 1x7 plakaları) ve plaka gözeneklik oranı (pahsız iki ayrı 1x7 plakası ile) ve araştırılan geometrik parametreler olmuştur. Karşılaştırma amacıyla bir adet 1x6x12 çok delikli Laws akış şartlandırıcısı da test edilmiştir. Deneyler beta oranı farklı iki farklı orifis plakası için ( $\beta=0.35$  ve  $\beta=0.48$ ) tekrarlanmıştır. Deneylerden elde edilen veriler test plakalarının birbiriyle karşılaştırılması ile analiz edilmiş ve tartışılmıştır.

### 3.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında orifis akış ölçerlerin üst akım boru uzunluğunu kısaltmak için plakalı akış şartlandırıcılar deneysel yöntemle araştırıldı. Kullanılan akış şartlandıcı plakaların orifis akış ölçerin debi ölçüm doğruluğuna olan etkilerini ölçmek için bir deney düzeneği hazırlandı. Test akışkanı olarak su kullanıldı. Oluşturulan deney düzeneğinde orifis öncesi uzun düz bir boru kullanılarak ilk önce standart orifis akışları (Deney 1) gerçekleştirildi. Burada uzun düz boru kullanımı standartların gerektirdiği şekilde orifis akış ölçeri tam gelişmiş bir boru akışında test etmek için kullanılmıştır. Deney 1’de ( $\beta=0.35$  ve  $\beta=0.48$ ) standart orifis akışları ölçmek için iki orifis plakası kullanıldı. Burada orifis plakasına karşı oluşan basınç farkını ölçmek için orifis öncesi ve sonrası basınçlar manometrik yükseklik kullanıldı. Deney 1’de akış şartlandırıcıların performanslarını ortaya çıkarmak için kullanılacak orifis akış ölçer standart debi kayıp katsayı (Cd) değerlerini elde etmek için ilk önce iki ayrı orifis plakası flanşlar arasına yerleştirilerek fark basınçları (P1-P2) üç farklı akış debisi için ölçüldü. Bu testlerde bulunan orifis plaka basınç fark değerleri akış şartlandırıcı plakaları debi ölçüm hatalarını belirlemek için kıyaslama amacıyla kullanılan kalibrasyon değerleri olmaktadır. Ayrıca her iki orifis plakasının neden olduğu basınç kaybı da orifis plaka uzak üst akımına ve uzak aşağı akımına yerleştirilmiş basınç musluklarından elde edilen basınçlar (Pg-Pç) ile ölçüldü. Daha sonra her akış şartlandırıcı plakanın neden olduğu basınç kaybını hesaplamak için her bir plaka flanşlar arasına yerleştirilerek uzak akım basınçları belirlenen her üç akış debisi için ölçüldü. Orifis plaka öncesi uzun boru mesafesini kısaltmak için  $L1=10.5$  cm ve  $L2=16.5$  cm olan iki üstakım borusu kullanılarak sırasıyla Deney 1 ve Deney 2 isimlendirmesiyle deneysel ölçümler yapıldı. Deney 1 ve Deney 2’de orifis plakası orifis akış ölçer noktasında ve akış şartlandırıcı plakası ise orifis akış ölçer üst akımında flanşlar arasına monte edilerek deneyler gerçekleştirildi. Akış şartlandırıcı plakasını bozuk bir akışa karşı test etmek için şartlandırma plakası üst akımında bir küresel vana yerleştirildi. Küresel vana ve akış şartlandırıcı arası (4 cm) mesafe tüm deneylerde sabit tutulmuştur. Her akış şartlandırma plakası, küresel vananın %20 açıklık oranı ile üç ayrı akış debisinde (1000, 1500, 2000 L/h) ve %50 açıklık oranı ile yine üç ayrı akış debisinde (1000, 1500, 2000 L/h) test edildi. Akış bozukluklarının orifis akış ölçer doğruluğu üzerindeki etkileri, akış şartlandırıcısı yokken ve akış şartlandırıcı plaka yerleşik iken deneysel akışlar gerçekleştirildi. Yapılan tüm deneyler orifis akış ölçer fark basınçları D ve D/2 tipi basınç

prizleri ile ölçüldü. Deneyler sonucunda elde edilen basınç farklarından orifis debi kayıp katsayısı ( $C_d$ ) ve plaka basınç kayıp katsayıları ( $C_p$ ) hesaplandı. Basınç ölçümünde kullanılan manometrik su yükseklikleri zamana bağlı çok değiştiğinden her manometrik su yüksekliği cep telefonu kamerası kullanılarak 25 saniyelik bir zaman dilimi için kaydedilmiştir. Daha sonra kamera kayıtlarından 5s-20s arasında her saniyede bir görüntü çıkarıldı. Her kamera kaydından alınan 15 tane görüntüden manometrik su yüksekliği değeri okunarak kaydedildi. Alınan bu değerlerin zaman ortalaması alınarak manometrik su yüksekliği hesaplandı. Her deneysel test için istenen basınç farkları bu ortalama değerlerden hesaplandı.

### 3.1. Deneysel Testler

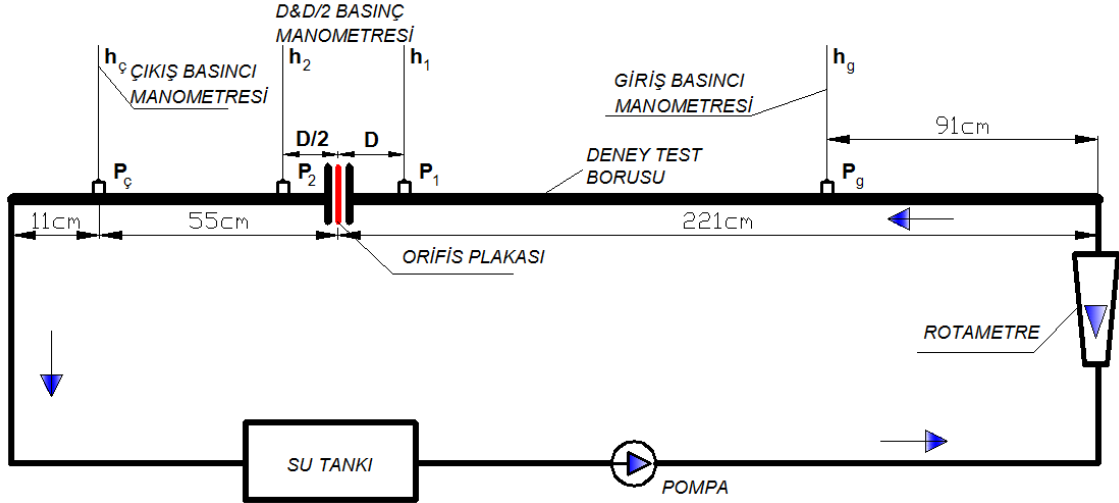
#### Deney 1: Standart Orifis Plaka akışı

Bu deneyde amaç, standart orifis plakalı akışta orifis plakasının neden olduğu basınç farkını ölçmek ve bu basınç farkı ile orifis plaka debi kayıp katsayısını hesaplamaktır. Orifis plakaların yapısı çok basit olmasına rağmen orifisteki akış davranışı çok karmaşık, anlaşılması güç olabilmektedir. Bu nedenle orifis akış karakteristikleri üstakım akış bozukluklarına karşı çok hassastırlar. Bu nedenle akış debisi ölçümlerinde kabul edilebilir bir doğruluğu sağlamak için standart bir orifis akışında orifis plaka öncesi yaklaşan akışın girdap içermeyen ve simetrik bir hız profiline sahip tam gelişmiş bir akış olması gerekmektedir. Tam gelişmiş akış şartların sağlandığı bir orifis akış ölçerinde bile debi ölçüm doğruluğu %0.5 ve %1 arasında değişebilmektedir (Çengel ve vd. 2006). Orifis öncesi tam gelişmiş bir akış ise ancak uzun bir boru akışı sonunda oluşabilmektedir. Çünkü orifis üst akımında bulunan vana, dirsek, kompresör, pompa vb. akış bozan ve karıştıran elemanlar asimetric bir hız profiline ve girdap içeren bir akış oluşmasına neden olur. Kısa üst akım borusu uygulamalarında standart hız profili çoğu durumda tam gelişmiş hız profilinden çok uzak olur. Bu durum akış ölçerinde akış debi ölçüm hatasına neden olur. Uygulamalarda bu problemi gidermek için ya tam gelişmiş akışı sağlamak için orifis öncesi yeteri uzunlukta düz bir boru kullanılmalı ya da orifis öncesi akış şartlandırıcı kullanmak gerekmektedir.

Deney 1’de standart orifis akışı yaratmak için Şekil 3.1’de gösterildiği gibi orifis plaka öncesi uzun düz bir boru kullanılmıştır. Deneylerde iç çapı 52 mm olan çelikten

imal edilmiş bir test borusu kullanıldı. Orifis plakalar ve akış şartlandırıcı plakalar uzun düz borudan sonra iki flanş arasına konularak test edilmişlerdir. Orifis plakasının yerleştirilmesiyle oluşan basınç farkı akış debisinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Bu basınç farkını ölçmek için orifis plaka öncesi D ve sonrası D/2 mesafesinde çapı 10 mm olan küçük delikler boru duvarına açıldı. Standart orifis akışlarında basınç farkını ölçmek için farklı basınç muslukları kullanılabilir. Burada boru çapı ve Reynolds sayısı göz önünde tutularak D ve D/2 basınç fark ölçümü tercih edildi. Standart orifis plaka akışını test etmek için açılan bu basınç deliklerinden statik basınçlar ölçülmüştür. Şekil 3.1’de gösterildiği gibi manometrik şeffaf plastik hortum kullanılarak ölçülen su yüksekliklerinde boru duvarına etki eden bu statik basınçlar ölçüldü. Daha sonra D ve D/2 basınç farkları kullanılarak standart orifis akışındaki debi kayıp katsayıları hesaplanmıştır.

Şekil 3.1’de gösterildiği gibi iki flanş arasına yerleştirilen orifis plakaların ve akış şartlandırıcıların neden olduğu basınç kaybı ise  $P_g$  ve  $P_\phi$  basınçları ölçülerek bulundu. Burada  $P_g$  ve  $P_\phi$  basınçları akışın tam gelişmiş olduğu orifis plakadan yeterince uzaklıkta aşağıakım ve yukarıakım basınç musluklarından ölçülmüştür. Burada farklı beta oranlarına sahip ( $\beta=0.346$  ve  $\beta=0.480$ ) iki orifis plakası ve yedi adet akış şartlandırıcı plaka tam gelişmiş bir boru akışında test edildi. Deneylerde test akışkanı olarak su kullanıldı. Boru içerisine yerleştirilen her plaka 1000, 1500 ve 2000 L/h olmak üzere üç farklı akış debisinde test edildi. Deneylerde su kapalı döngüde olduğundan ve test ölçümleri uzun sürdüğünden deney süresince su sıcaklığı akış sürtünmesinden dolayı değişebilmekteydi. Bu nedenle her test ölçümünde depodaki su sıcaklığı ayrıca ölçüldü. Tüm yapılan deneyler göz önünde bulundurulduğunda deneysel testler  $25\text{ }^\circ\text{C} < T < 47\text{ }^\circ\text{C}$  aralığında değişen su sıcaklıkları ile gerçekleştirildi. Deneylerde her test plakasının test edildiği üç debi değeri aynı olmasına rağmen akışkan sıcaklığı değiştiğinden Reynolds sayısı da değişmektedir. Çünkü Reynolds sayısı Denklem (1.7)’de verildiği gibi akışkan yoğunluğuna ve viskozitesine bağlıdır. Bu değişkenlerde akışkan sıcaklığı ile değiştiğinden Reynolds sayısı her test akışında farklı değerler alabilmekteydi. Yapılan tüm deneylerde hesaplanan Reynolds sayılarına göre  $7600 < Re < 23600$  Reynolds sayı aralığında borulu su akışları deneylerde gerçekleşmiştir. Deney 1’de kullanılan deney düzeneği ve test borusu boyutları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Orifis plaka öncesi tam gelişmiş akış için deney şeması (standart orifis akışı)

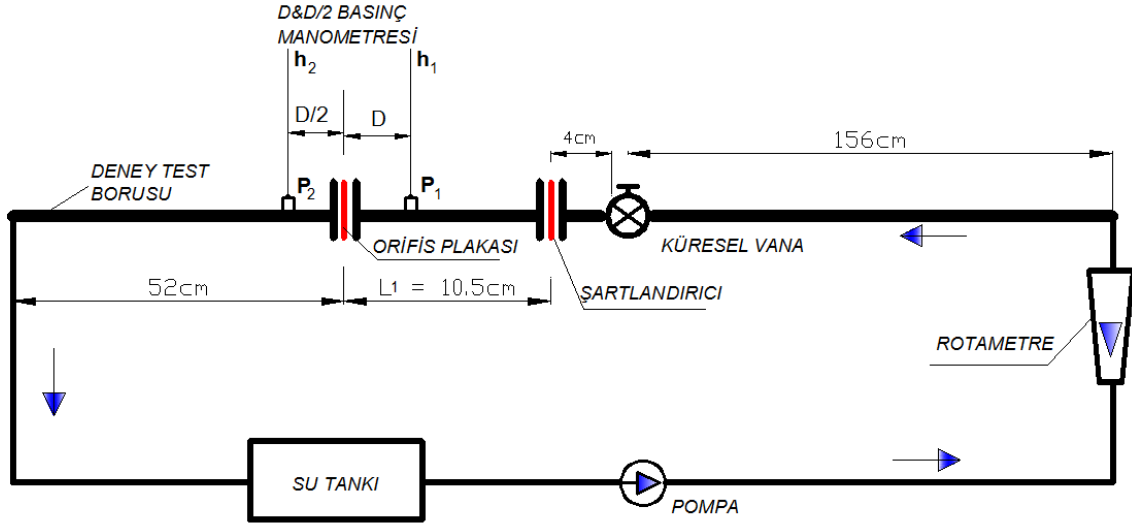


Şekil 3.2. Orifis plaka öncesi tam gelişmiş akış için deney düzeneği (standart orifis akışı)

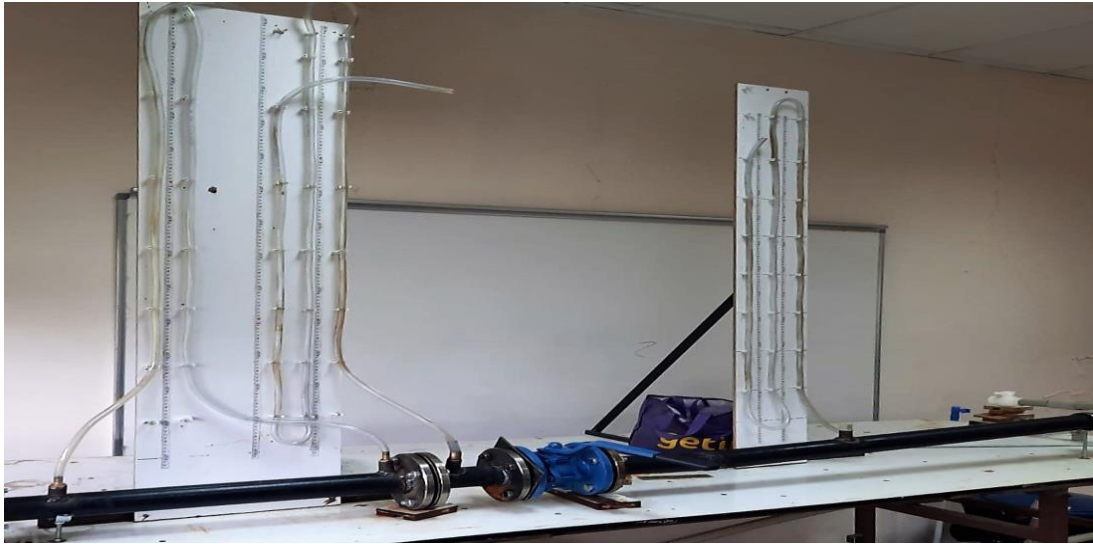
## Deney 2: $L_1$ kısa boru akışında şartlandırıcı ve şartlandırıcısız durumda orifis plaka deneysel testleri

Akış sistemlerinde yer darlığı orifis akış ölçerlerin kullanılamamasına neden olmuştur. Bir çözüm olarak akış şartlandırıcılar kullanılarak uzun yukarıakım borunun kısaltılması düşünüldü. Yapılan deneysel çalışmalar sayesinde bazı akış şartlandırıcıların geliştirilmesiyle kısa boru kullanımı mümkün hale getirildi. Maliyet, enerji kaybı (basınç kaybı), basitlik, kompaktlık, dayanıklılık, üstakım borusunun daha da kısaltılması ve yeni

akış şartlandırıcıların tasarlanması araştırılma konusu haline gelmiştir. Bu nedenle Deney 2 ve Deney 3 ile amaçlanan, akış şartlandırıcı test plakalarının orifis akış ölçerin debi doğruluğu üzerindeki etkilerini incelemek ve optimum plakayı belirlemek olmuştur. Daha önceden bahsedildiği gibi akış şartlandırıcılar gelen bir bozuk akışı kısa bir aşağıyakım boru mesafesi ile tam gelişmiş akışa dönüştüren akış elemanları olarak tanımlanmıştır. Bu deneyde orifis plaka yukarı akımında kısa boru kullanılarak orifis plakanın yaklaşan tam gelişmemiş bir akışa karşı debi ölçüm doğruluğu tespit edilmeye çalışıldı. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te gösterildiği gibi kısa boru girişinde küresel bir vana monte edilerek bozuk akış yaratıldı. İlk önce akış şartlandırıcı kullanılmadan orifis plaka yukarı akımında  $L_1$  kısa borusu (10.5 cm) kullanılarak orifis plakaya karşı fark basınçlar ( $P_1-P_2$ ) üç farklı debi akışı ile ölçüldü (1000 L/h, 1500L/h, 2000L/h). Küresel vananın tam çıkışı ile küresel vananın çıkış flanşı arası mesafenin 4 cm olduğu ölçüldü. Dolayısıyla orifis plakanın tam küresel vana çıkışına olan uzaklığı  $L_1+4$  cm olmuştur. Daha sonra küresel vana ve kısa boru bağlantı flanşı arasına akış şartlandırma plakası yerleştirilerek akış şartlandırıcı durum test edildi. Yerleştirilen her akış şartlandırma plakası için üç farklı akış debisinde orifis plaka fark basınçları ölçüldü. Orifis plaka ve akış şartlandırma plakaları takıldıktan sonra küresel vana %20 açık iken üç akış debisinde ve küresel vana %50 açık iken yine üç farklı debide basınç fark ölçümleri yapılmıştır. Burada vana simetrik olmayan çarpık bir hız profili ve çevrinti içeren bozuk bir akış üretmektedir. Vananın farklı açıklık oranı ile zayıf ve güçlü olmak üzere iki farklı bozuk akış yaratılmıştır. Örneğin küresel vananın %20 açık durumu simetrik parabolik hız profilinden çok sapmış çarpıklığı yüksek bir hız profiline ve çevrintiye sahip bir akış üretilmektedir. Vananın iki farklı açık durumu ile akış şartlandırma plakasının iki farklı çevrinti içeren çarpık hız profiline karşı testleri gerçekleştirildi.



Şekil 3.3. Orifis öncesi akış şartlandırıcılı  $L_1$  boruda bozuk akışta deney şeması



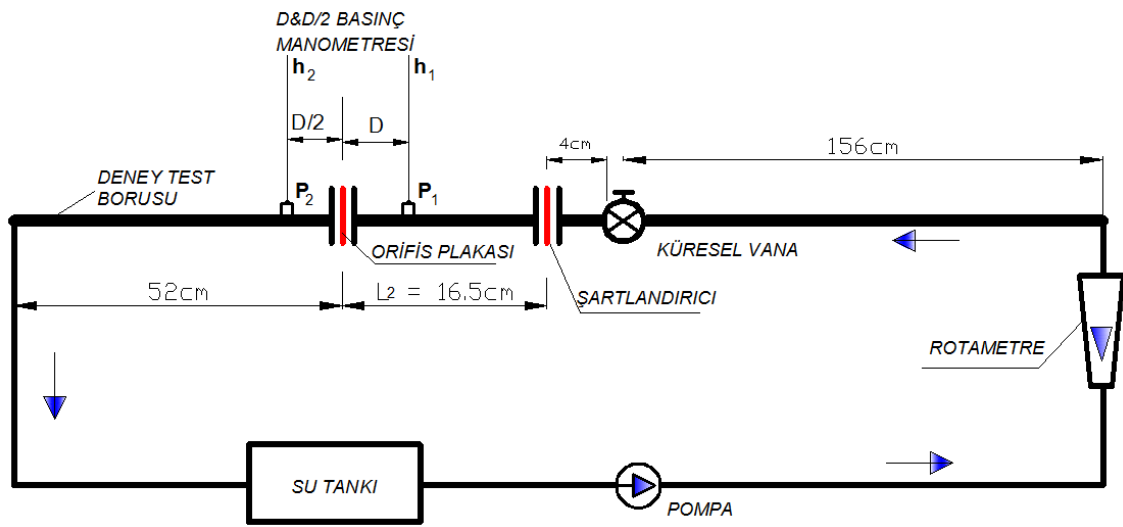
Şekil 3.4. Orifis öncesi akış şartlandırıcılı  $L_1$  boruda bozuk akış için deney düzeneği

### Deney 3: $L_2$ kısa boru akışında şartlandırıcılı ve şartlandırıcısız durumda orifis plaka deneysel testleri

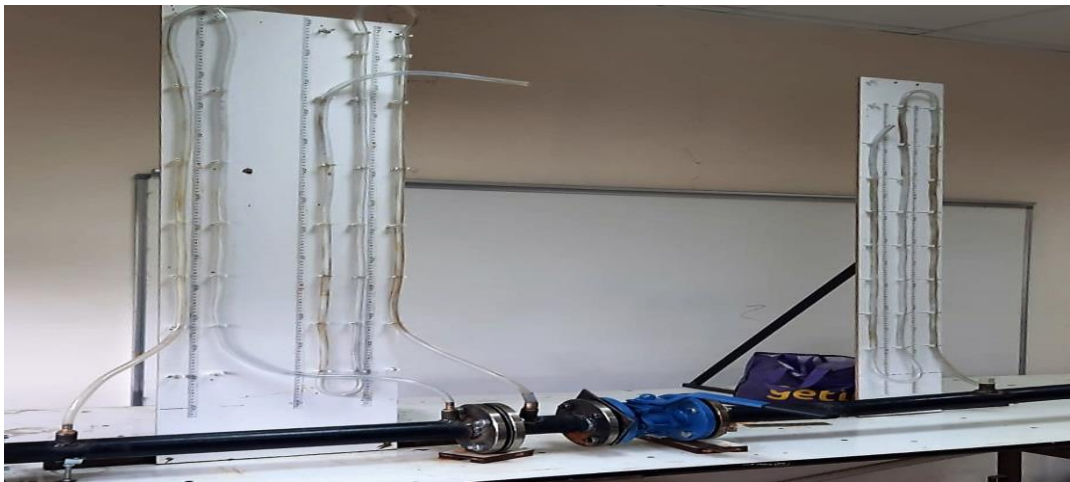
Deney 3 Deney 2'nin bir tekrarı olmuştur. Şekil 3.5'te gösterildiği gibi sadece orifis plaka ve küresel vana arasındaki  $L_1$  borusu daha uzun olan  $L_2=16.5$  cm'lik borusu ile değiştirilmiştir. Burada akış şartlandırma plakasının bozuk akışı tam gelişmiş boru akışına dönüştürme performansı aşağı akımında bulunan borunun uzunluğu ile ilişkilidir. Bazı akış şartlandırma plakaları çok kısa boru mesafesinde tam gelişmiş düzgün akış

sağlayabilirken bazıları ise çok daha uzun boru mesafeleri gerektirmektedir. Bazı durumlarda ise kritik bir boru mesafesinden önce tam gelişmiş hız profili sağlanmasına rağmen bir kritik uzunluktan sonra akış tekrardan bozulabilmektedir. Bu da hız profilinin tam gelişmiş olmasının yeterli olmadığı ve ayrıca akışın türbülans yönündende tam gelişmiş olmasının gerektiği bazı literatür çalışmalarında bildirilmiştir (Erdal, 1997; Ouazzane ve Barigou, 1999; Wendt ve vd., 1996; Wei, Kathrin ve Wolfgang., 2003).

Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da orifis plaka öncesi  $L_2$  borusunun takılı olduğu deney düzeneğinin şematik çizimi ve görüntü resmi gösterilmiştir.



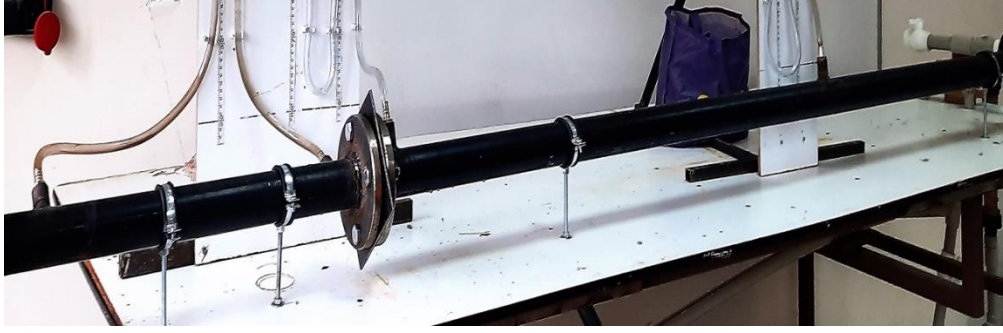
Şekil 3.5. Orifis öncesi akış şartlandırıcılı  $L_2$  boruda bozuk akışta deney şeması



Şekil 3.6. Orifis öncesi akış şartlandırıcılı  $L_2$  boruda bozuk akış için deney düzeneği

### 3.2. Deney Test Borusu ve Manometrik Hortumlar

Deneyleri gerçekleştirmek için iç çapı 52 mm olan (2 inçlik boru) çelik malzemeden üretilmiş bir test borusu kullanıldı. Şekil 3.15'te gösterildiği gibi boru birleşimlerinde flanşlı bağlantı kullanıldı. Basınçları ölçmek için boru duvarına 10 mm çapında delikler açıldı. Ölçülen basınçların, açılan delikteki çapaklardan etkilenmemesi için çapaklar giderildi. Açılan delikler üzerine 30 mm yüksekliğinde içi vidalı ve çapı delik çapının iki katı olan silindirik bir parça boruya kaynak edildi. Burada orifis standartlarında belirtilen boru iç yüzeyinden itibaren delik çapının 2.5 katı bir silindirik yükseklik sağlanmış oldu. Bu silindirik parçalara bir ucu dıştan vidalı ve bir ucu tırtıllı olan 3 cm uzunluğundaki silindirik basınç muslukları vidalı keçe bağlantı şekliyle takıldı. Tırtıllı kısım manometrik şeffaf plastik hortumun sıkıca basınç musluğuna bağlanmasını sağlar. Boru duvarında oluşturulan basınç musluklarına ise uzun manometrik şeffaf plastik hortumlar geçirildi. Manometrik hortumlarda su borudaki basıncı kadar bir yüksekliğe çıkabilmektedir. Bu nedenle hortumlar dik tutulan ince bir tahta üzerine tutturuldu ve hortumun yan tarafına su yükseklik değerini gösterecek şeritli metre yapıştırıldı. Yüksek su basıncında uzun manometrik bir yükseklik olacağından borudan itibaren hortumlar 150 cm yüksekliğine çıkacak şekilde tahta üzerine tutturuldu. Orifis plaka öncesi D musluğundaki basınç, sonrası D/2 musluğuna göre çok yüksek olduğundan orifis plaka öncesi D basınç musluğundaki hortum bir U oluşturucak şekilde tahta üzerine tutturuldu. Özellikle  $d=18$  mm olan orifis plaka kullanıldığında D musluğundaki basınç 150 cm yüksekliği aşabilmekteydi. D musluğundaki basınç U hortumun her iki kolundaki toplam su yükseklikleri olarak ölçüldü. İç çapı 1.5 cm olan şeffaf plastik hortum kullanıldı. Plastik hortumlarda kılcallık etkisi oluşmaması için hortum iç çapının 1 cm büyük olmasına dikkat edildi. Borular bağlandığında boru iç yüzeyinin pürüzsüz ve temiz olduğuna dikkat edildi. Kullanılan deney test borusu Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Deney test borusu

### 3.3. Orifis Test Plakaları

Orifis plakası boruya kolayca takılabilen basit cihazlardandır. Maliyet açısından uygun olması nedeniyle diğer akış ölçerlerden daha sık kullanılır. Orifis akış ölçer standartlarına göre standart paslanmaz çelikten imal edilir. Yine orifis standartlarına göre orifis plaka merkezinde açılacak orifis (deliğin) çapının 12.5 mm'den küçük olmaması ve orifis çapının boru çapına oranı olan beta oranı ( $\beta = d/D$ ) seçiminde ise  $0.1 < \beta = d/D < 0.75$  aralığı gözetilmesi gerektiği bildirilmiştir. Akış şartlandırma plakasının orifis plaka üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak için deneyde orifis çapı  $d=18$  mm ( $\beta=0.346$ ) ve  $d=25$  mm ( $\beta=0.480$ ) olan iki orifis plakası kullanıldı. Orifis plakalar 4 mm kalınlığındaki paslanmaz çelikten imal edildi. Ayrıca orifisin aşağıya bakan kenarı  $45^\circ$  açı ile pahlandı. Orifis plaka standartlarına göre 3 mm'den büyük orifis plakalar  $45^\circ$  pahlı olmalıdır. Pah kısmı aşağıya bakacak şekilde orifis plaka boru içerisinde kullanılmıştır. Dairesel orifis plaka merkezinin boru merkeziyle çakışacak şekilde konsantrik yerleşmesi için orifis plaka delikleri ile flanş delikleri aynı olmasına dikkat edildi. Flanş cıvataları kullanılarak plakalar boruya yerleştirildi.

Batman Organize Sanayi bölgesinde bulunan Tiger Ltd. Şti imalat şirketinde flanş çapında 4 mm kalınlığındaki metal plakalar temin edildi. Daha sonra Batman Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında CNC tezgahında bu plakalara delikler açılarak gerekli orifis plakalar ve akış şartlandırma plakaları imal edildi. 1x7 çok delikli akış şartlandırma plakalarının delikleri CNC tezgahında açı verilerek gerekli pahlı plakalar imal edildi.

İmal edilen test plakaların çekilen fotoğrafları ve geometrik ölçüleri ise aşağıda verilmiştir.

### 3.3.1. Konsantrik tek delikli orifis test plakaları

Deneylerde kullanılmak üzere  $t=4$  mm kalınlığındaki orifis çapı  $d=25$  mm ve  $d=18$  mm olan  $45^\circ$  pahlı orifis plakaları çekilen fotoğrafları ve geometrik ölçüleri Şekil 3.8-3.9’da verilmiştir. Kullanılan orifis plakalar pah kısmı aşağı akıma bakacak şekilde boru içerisine takıldı. Orifis test plakasının pahlı orifis kesitinin büyütülmüş hali ise Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Tablo 3.1’de her iki orifis plakasının tüm geometrik ölçüleri verilmiştir.

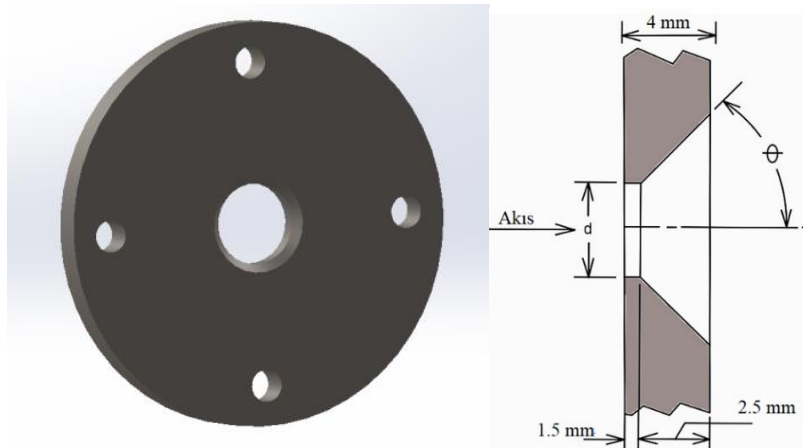


a)  $d=25$  mm

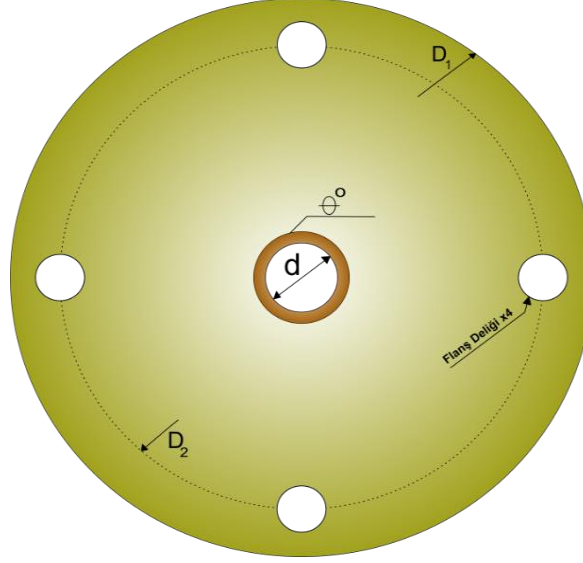


b)  $d=18$  mm

Şekil 3.8. Orifis akış ölçer olarak kullanılacak orifis test plakaları (a, b)



Şekil 3.9. Orifis test plakası ve büyütülmüş pahlı orifis delik kesitinin ölçü detayları



Şekil 3.10. Orifis test plakası geometrik ölçüleri

Tablo 3.1. Deneysel testler için kullanılan koniksel girişli orifis plakalarının ölçüleri

| D = 52 mm boru içerisine yerleştirilmiş orifis plaka ölçüleri |               |               |                            |                  |                 |                      |               |      |
|---------------------------------------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|------------------|-----------------|----------------------|---------------|------|
| Plaka No                                                      | D Orifis çapı | θ konik açısı | Flanş delikleri halka çapı | Flanş delik çapı | Plaka kalınlığı | (β) Orifis çap Oranı | D1 Plaka çapı | Adet |
| 1                                                             | 18 mm         | 45°           | 126 mm                     | 23 mm            | 4 mm            | 0.34                 | 163 mm        | 1    |
| 2                                                             | 25 mm         | 45°           | 126 mm                     | 23 mm            | 4 mm            | 0.48                 | 163 mm        | 1    |

### 3.4. Akış Şartlandırıcı Test Plakaları

Akış şartlandırıcılar akış çeşitli nedenlerle bozulan akışı kısa mesafede düzenleyip tekrar tam gelişmiş akışa dönüştürmek için kullanılır. Böylece, akış şartlandırıcının yukarı akımındaki, hız ve basınç ölçümlerini olumsuz etkileyecek girdaplı akış yapıları ortadan kaldırılır. Akış şartlandırıcı, akış ölçerin yukarı akımında gerekli kanal uzunluğunu azaltırken akışa engel oluşturduğundan, bir miktar kalıcı basınç kaybına da neden olan elemanlardır.

Bu tez çalışmasında amaç, basınç kaybı az ve orifis akış ölçerin yukarıakımında daha kısa boru sağlayabilen yeni tip bir akış şartlandırıcı plakası bulunmaya çalışılmıştır.

İmal edilen akış şartlandırma plakaları iki farklı kısa yukarıakım düz boru uzunlukları için orifis akış ölçerin ölçüm doğruluğu üzerindeki etkileri deneysel yöntemle araştırıldı.

Deneylerde 1x7 pahsız keskin kenarlı, 1x7 (GO=0.25) keskin kenarlı, 1x7 (15<sup>0</sup> pahlı), 1x7 (30<sup>0</sup> pahlı), 1x7 (45<sup>0</sup> pahlı), 1x7 (55<sup>0</sup> pahlı), 1x6x12 Laws akış şartlandırıcı plakaları kullanıldı. Akış şartlandırıcıların pahlı kısmı boru içerisine yerleştirilirken yukarı akıma bakacak şekilde deneylerde kullanılmıştır.

### 3.4.1. Akış şartlandırıcılar

Akış şartlandırıcılar akış kanallarında hız ve basınç ölçümü yapılan kesitlerin yukarı akımında, çeşitli nedenlerle bozulan akışı kısa mesafede düzenleyip tekrar tam gelişmiş akış elde etmek için kullanılır. Böylece, akış şartlandırıcının yukarı akımındaki, hız ve basınç ölçümlerini olumsuz etkileyecek girdaplı akış yapıları ortadan kaldırılır. Akış şartlandırıcı, akış ölçerin yukarı akımında gerekli kanal uzunluğunu azaltırken akışa engel oluşturduğundan, bir miktar kalıcı basınç kaybına da neden olur.

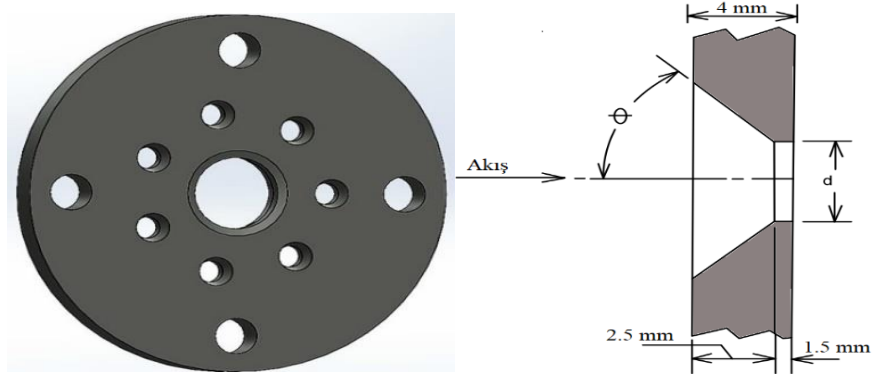
Bu çalışmadaki amaç, basınç kaybını dahada iyileştirmek ve üst akım mesafesi kısa olan bir akış şartlandırıcısını oluşturmak için yeni tip bir akış düzenleyici tasarlanmaya çalışıldı. Tasarlanan yeni akış şartlandırıcıları üst akım akış bozukluklarına karşı orifis akış ölçerin ölçüm doğruluğu üzerindeki etkileri deneysel yöntemle araştırıldı.

Deneylerde 1x6x12 keskin kenarlı, 1x7 pahsız keskin kenarlı, 1x7 (GO=0.25) keskin kenarlı, 1x7 (15<sup>0</sup> pahlı), 1x7 (30<sup>0</sup> pahlı), 1x7 (45<sup>0</sup> pahlı), ve 1x7 (55<sup>0</sup> pahlı), olan akış şartlandırıcıları kullanıldı. Akış şartlandırıcıları Batman Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında CNC tezgahında imal edilmiştir. Akış şartlandırıcıların pahlı kısmı boru içerisine yerleştirilirken yukarı akıma bakacak şekilde deneylerde kullanılmıştır.

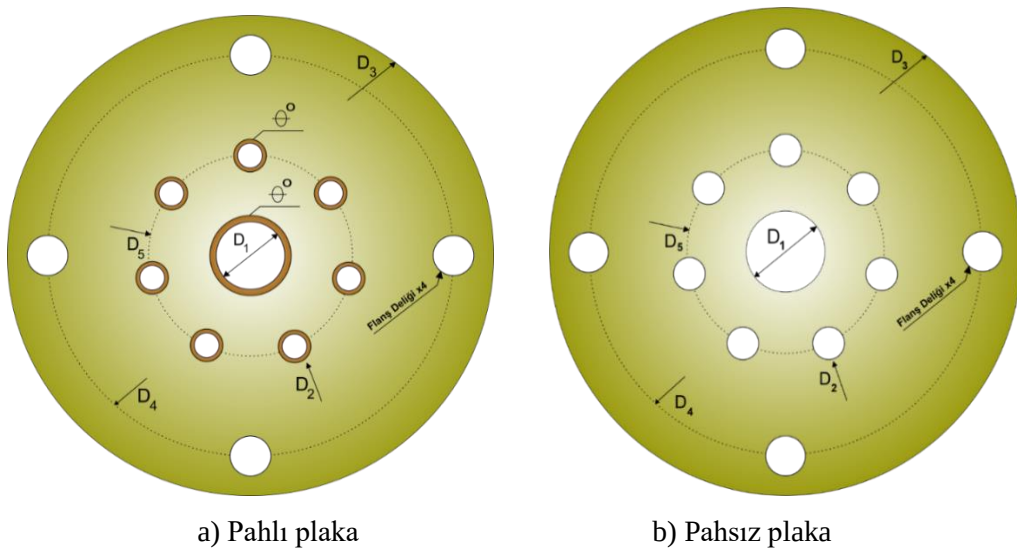
#### 3.4.1.1. 1x7 Akış şartlandırıcı test plakaları

Deneylerde test edilmek üzere akış şartlandırma plakası olarak 1x7 akış şartlandırıcı plakalar imal edildi. Şekil 3.11'de gösterildiği gibi merkezde büyük çaplı delik ve onu çevreyelen yedi küçük delikten oluşan bir plakadır. 1x7 akış şartlandırıcı plakasında delik pah açısının orifis akış ölçer üzerindeki etkisini ve basınç kaybına olan etkisini test etmek için akış şartlandırıcı plakanın tüm delikleri aynı açıda pah edildi. İmal edilen dört ayrı pahsız plaka CNC'de işlenerek 1x7 (15<sup>0</sup> pahlı), 1x7 (30<sup>0</sup> pahlı), 1x7

( $45^\circ$  pahlı) ve 1x7 ( $55^\circ$  pahlı) plakalar imal edildi. Şekil 3.11’de gösterildiği gibi 4 mm kalınlığındaki 1x7 akış şartlandırıcı plaka delikleri pah edilirken 2.5 mm derinlikte pah verildi. Pahlı kenarı yukarı akıma bakacak şekilde test plakaları boru içerisine yerleştirildi. Üretilen bu plakaların gözeneklik oranı 0.1’dir. Ayrıca gözeneklik oranı daha büyük olan (0.25) bir adet pahsız 1x7 plakası imal edildi. Bunun amacı gözeneklik oranının orifis akış ölçer üzerindeki etkisini ölçmek ve basınç kaybı daha az olan bir akış şartlandırma plakasını üretmek olmuştur. Şekil 3.12’de 1x7 plakaların geometrik ölçülendirme bilgisi ve Şekil 3.13’de ikisi pahlı ve diğer dördü farklı pah açısında olmak üzere altı ayrı 1x7 akış şartlandırıcı test plakasının çekilen fotoğrafları gösterilmiştir (a,b,c,d,e,f). Tablo 3.2’de ise bu test plakaların ölçü değerleri verilmiştir.



Şekil 3.11. 1x7 akış şartlandırıcısında plakanın tüm deliklerine aynı açıda verilen pahın büyütülmüş delik Görüntüsü

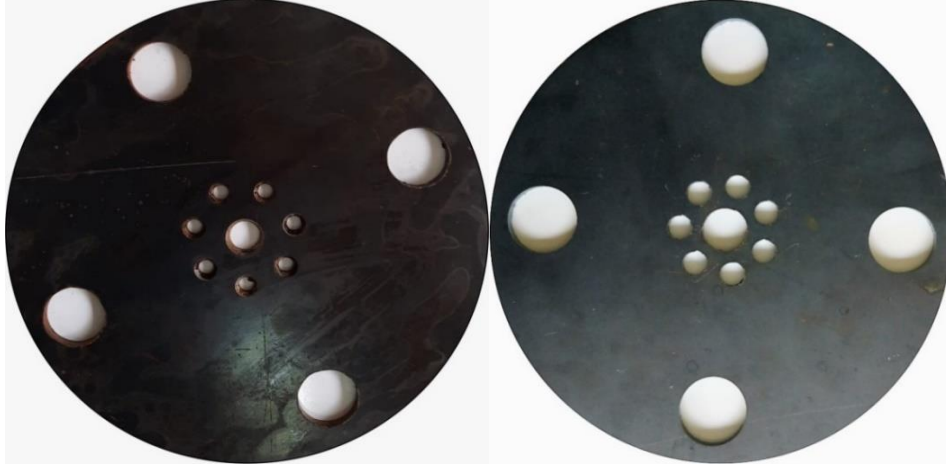


Şekil 3.12. 1x7 akış şartlandırıcısının ölçülendirilmesi: a) pahlı (GO=0.1) b) pahsız (GO=0.25)

**Tablo 3 2.** Deneysel testler için kullanılan 1x7 konik girişli akış şartlandırıcı plakalarının ölçüleri

| D=52 mm boru içerisine yerleştirilmiş 1x7 konik akış şartlandırıcıları |                 |                                   |                                             |                           |                                              |                                          |                   |                    |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Plaka no                                                               | Delik pah açısı | D <sub>1</sub> Merkezi delik çapı | D <sub>2</sub> Çevresel delik çapı (7 tane) | D <sub>3</sub> Plaka çapı | D <sub>4</sub> Flanş delikleri çevresel çapı | D <sub>5</sub> Çoklu delik Çevresel çapı | T Plaka kalınlığı | Gözeneklilik oranı |
| 1                                                                      | Pahsız          | 10 mm                             | 5 mm                                        | 163 mm                    | 126 mm                                       | 34 mm                                    | 4 mm              | 0.1                |
| 2                                                                      | 15°             | 10 mm                             | 5 mm                                        | 163 mm                    | 126 mm                                       | 34 mm                                    | 4 mm              |                    |
| 3                                                                      | 30°             | 10 mm                             | 5 mm                                        | 163 mm                    | 126 mm                                       | 34 mm                                    | 4 mm              |                    |
| 4                                                                      | 45°             | 10 mm                             | 5 mm                                        | 163 mm                    | 126 mm                                       | 34 mm                                    | 4 mm              |                    |
| 5                                                                      | 55°             | 10 mm                             | 5 mm                                        | 163 mm                    | 126 mm                                       | 34 mm                                    | 4 mm              |                    |
| 6                                                                      | Pahsız          | 15 mm                             | 8 mm                                        | 163 mm                    | 126 mm                                       | 32 mm                                    | 4 mm              | 0.25               |

**a)** 1x7 (pahsız) akış şartlandırıcı plaka**b)** 1x7 (15° pahlı) akış şartlandırıcı plaka**c)** 1x7 (30° pahlı) akış şartlandırıcı plaka**d)** 1x7 (45° pahlı) akış şartlandırıcı plaka



e) 1x7 (55° pahlı) akış şartlandırıcı plaka

f) 1x7 akış şartlandırıcı plakası (GO=0.25)

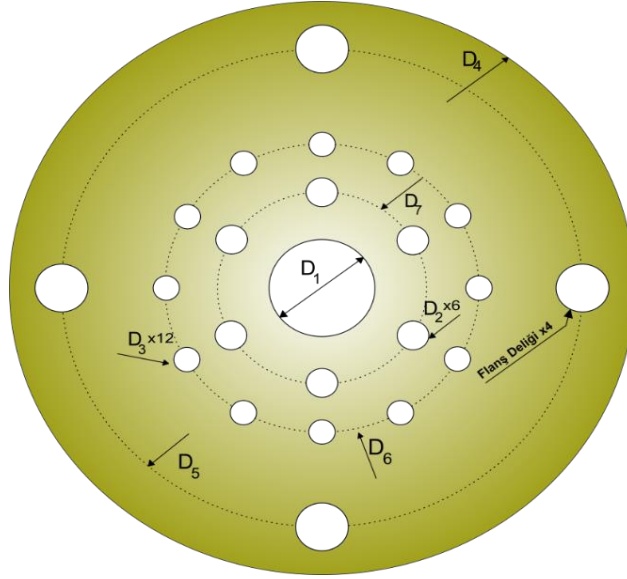
**Şekil 3.13.** 1x7 akış şartlandırıcı plakasından ikisi pahsız ve diğer dördü farklı pah açısında olmak üzere altı ayrı test plakası çekilen fotoğrafları (a,b,c,d,e,f)

#### 3.4.1.2. 1x6x12 akış şartlandırıcı plaka (Laws akış şartlandırıcısı)

Deneylerde kayaslama amacıyla Laws akış şartlandırıcı plakası da test plakası olarak kullanıldı. Şekil 3.13'te gösterildiği gibi 1x6x12 Laws akış şartlandırıcı plaka merkezde bir delik ve onu çevreleyen 6 adet çevresel delik ve onuda çevreleyen 12 çevresel delikten oluşan bir plakadır. Plakanın ölçülendirme bilgisi Şekil 3.15'te ve ölçü değerleri ise Tablo 3.3'te verilmiştir.



**Şekil 3.14.** İmal edilen 1x6x12 akış şartlandırıcı test plakası



**Şekil 3.15.** Keskin kenarlı 1x6x12 akış şartlandırıcı test plakası ölçüleri

**Tablo 3.3.** Deneyisel testler için kullanılan çok delikli keskin kenarlı 1x6x12 akış şartlandırıcı plakanın ölçüleri

| Plaka no | D <sub>1</sub> merkezi delik çapı | D <sub>2</sub> 1.halka delik çapı (6 tane) | D <sub>3</sub> 2.halka delik çapı (12 tane) | D <sub>4</sub> plaka çapı | D <sub>5</sub> Flanş plaka çapı | D <sub>6</sub> 2.halka çevresel çapı | D <sub>7</sub> 1.halka çevresel çapı | T Plaka kalınlığı | Gözeneklilik oranı |
|----------|-----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|
| 1        | 7 mm                              | 6 mm                                       | 5 mm                                        | 163 mm                    | 126 mm                          | 44 mm                                | 22 mm                                | 4 mm              | 0.29               |

### 3.5. Pompanın Özellikleri

Deneylerde pump jet-100L marka pompa kullanılmıştır. Pump jet-100L marka pompa deney için gerekli debiyi sağlayan özelliktedir. Deneyde kullanılan pompa Şekil 3.16’da gösterilmiştir. Deneyde kullanılan pompasının teknik özellikleri Tablo 3.5’te gösterilmiştir.



**Şekil 3.16.** Pompaya bağlı elektrik motoru

**Tablo 3.4.** Pompaya bağlı motorun teknik özellikleri

| Kullanılan Motorun Modeli Adı | PUMP JET-100L     |
|-------------------------------|-------------------|
| Maximum Yükseklik             | 60 metre          |
| Maximum Debi                  | 70 Litre / dakika |
| Motor Beslemesi               | 1 Faz 220 volt    |
| Frekans                       | 50 Hz.            |
| Motorun Gücü                  | 1.5 Kw            |
| Beygir Gücü                   | 2 Beygir          |
| Motor Akımı                   | 9.6 Amper         |
| Kondansatör Kapasitesi        | 45 Mikro Farad    |

### 3.6. Değişken-Alanlı Akış Ölçer (Rotametre)

Değişken alanlı akış ölçerler, diğer adıyla rotametreler veya mantarlı ölçerler; basit, güvenilir, ucuz, kurulumu kolay, basınç kaybı düşük, sıvılar ve gazlar için geniş bir aralıkta debiyi elektrik bağlantıları olmadan doğrudan doğruya veren akış ölçerler olarak bilinir. Değişken alanlı akış ölçer cam veya plastikten yapılan konik, şeffaf bir tüpten oluşmaktadır. Akışkan konik tüpün içinden akarken tüp içerisindeki mantar belirli bir seviyeye kadar yükselir. Konik şeffaf tüpün dışındaki taksimatlı akış ölçeğine karşılık gelen mantarın konumuna bakılarak debi kolayca okunur.

Rotametrelerin doğrulukları genel olarak  $\pm 5\%$ 'tir. Bu nedenle hassas ölçümlerin gerektiği uygulamalar için uygun değildir. Bunun yanında, bazı imalatçılar  $\pm 1\%$  mertebesinde doğruluklar vermektedir. (Çengel ve vd. 2008 s.372-373).

Yapılan deneyde 1000 debi (L/h), 1500 debi (L/h), 2000 debi (L/h), değerlerinde çalışıldı. Deneylerde kullanılan rotametre Şekil 3.17'de gösterilmiştir.

**Şekil 3.17.** Rotametre

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tezin amacında basınç kaybı az ve geniş bir Reynolds sayı aralığında orifis yukarı akım boru uzunluğunu kısaltabilen çok delikli akış şartlandırma plakaları deneysel yöntemle araştırıldı. Deney 1 Deney 2 ve Deney 3 ile yapılan test akışlarından elde edilen anlık basınç verileri analiz edilmek üzere bilgisayar ortamına aktarıldı. Sonuç ve değerlendirme kısmında elde edilen anlık basınç değerleri ve bunların zaman ortalama değerleri tablo şeklinde verilmiştir. Basınç musluklarından ölçülen zaman ortalama basınç değerleri kullanılarak önce orifis fark basıncı ( $P_1-P_2$ ) hesaplandı. Orifis basıncında orifis plakasının debi kayıp katsayısı hesaplandı. Her plakanın neden olduğu yerel basınç kaybıda giriş çıkış musluklarından ölçülen zaman ortalama basınçların farkı alınarak ( $P_g-P_c$ ) hesaplandı. Bulunan yerel basınç kaybı değeriyle yerel basınç kayıp katsayısı hesaplandı ve tablo şeklinde bu kısımda sunuldu.

İlk önce plakaların yerel basınç kayıpları grafiksel olarak incelendi ve değerlendirildi. Daha sonra orifis debi kayıp katsayısı kullanılarak akış şartlandırma plakalarının debi ölçüm doğruluğu üzerindeki etkileri grafikler kullanılarak analiz edildi. Debi ölçüm hata analizinde  $L_1$  ve  $L_2$  uzunlukları, küresel vana açıklık oranı, plaka pah açısı, plaka gözeneklik oranı, plaka delik sayısı gibi akış ve geometrik parametreler kullanılarak debiyle olan değişimler grafiksel yöntemle incelendi ve gerekli değerlendirmeler yapıldı. Bu kısmın sonucunda, deneysel verilerin analizleri sonucunda çıkan değerlendirme sonuçları derlendi ve karşılaştırmalar yapılarak plaka optimum değerleri ortaya çıkarılmaya çalışıldı.

1000 debi (L/h), 1500 debi (L/h) ve 2000 debi (L/h) olmak üzere 3 farklı debide gerçekleşen her deney testinden elde edilen  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_g$  ve  $h_c$  anlık basınç yükseklik değerlerinin tablolar halinde tezin sonunda bulunan ekler kısmında bütünüyle verilmiştir. Anlık basınç yüksekliklerinin zaman ortalama değerleri ise son satırda verilmiştir. Eklerde verilen tablolarda bu değerle satır halinde verilmiştir. Ayrıca her test akışında ölçülen su sıcaklıkları da yine bu tablolarda ilk satırda verilmiştir. Su sıcaklıklarına göre her akışın Reynolds sayısı hesaplanmıştır. Bu tablolardan sonra, giriş çıkış zaman ortalama basınç değerlerinden bulunan yerel basınç kayıp katsayı ( $K$ ) değerleri ayrı bir tablo olarak ekler kısmında verilmiştir. Bunlardan sonra zaman ortalama basınç değerlerinden hesaplanan debi kayıp katsayıları ( $C_d$  ve  $C_{d,s}$ ) tablolar şeklinde ekler kısmında yer verilmiştir. Debi kayıp katsayısı kullanılarak bulunan debi ölçüm hatası da

aynı tabloda son sutunda verilmiştir. Örnek amaçlı bazı tablolar bu kısımda verilmiş gerekli analizler yapılmıştır.

Orifis plaka öncesi tam gelişmiş boru akışından elde edilen veriler Ekler 1 kısmında A<sub>1</sub>-A<sub>9</sub> tabloları olarak, L<sub>1</sub> boru akışındaki elde edilen veriler Ekler 2 kısmında B<sub>1</sub>-B<sub>16</sub> tabloları olarak ve L<sub>2</sub> boru akışındaki elde edilen veriler ise Ekler 3 kısmında C<sub>1</sub>-C<sub>16</sub> tabloları olarak verilmiştir.

#### 4.1. Standart Orifis Plaka akışında Anlık Basınç Manometrik Yükseklikleri

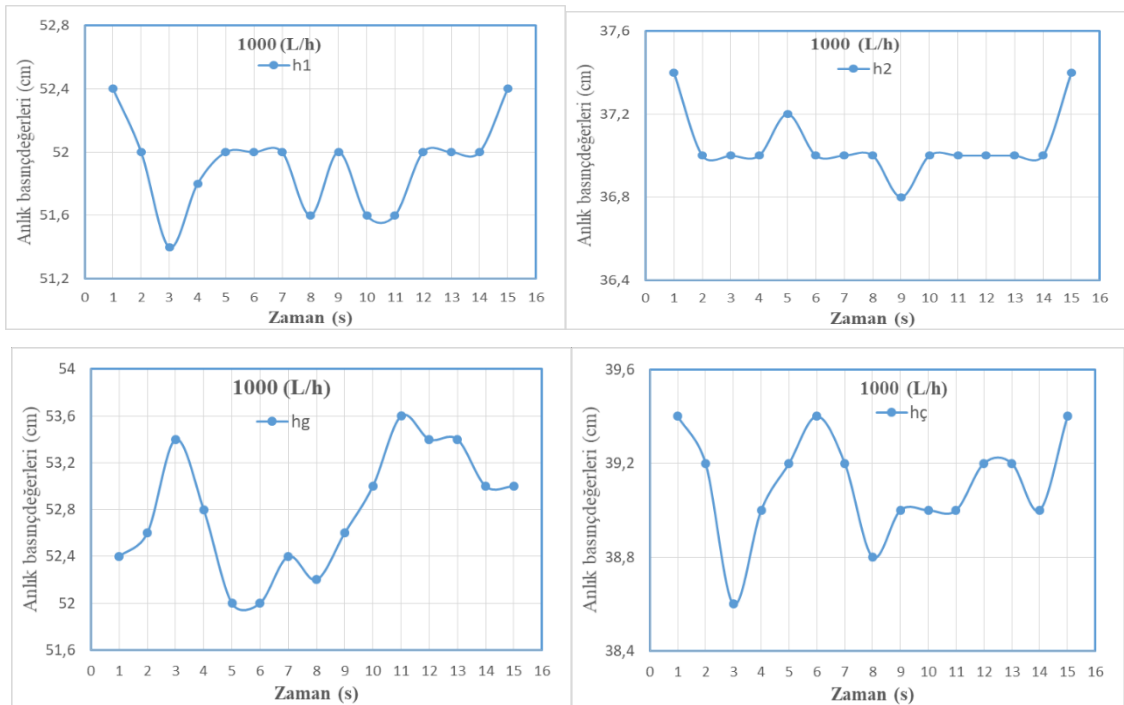
Orifis plaka öncesi tam gelişmiş boru akışında hidrostatik basınç yükseklik değerleri ( $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_g$ ,  $h_c$ ) 1000 (L/h), 1500 (L/h) ve 2000 (L/h) debilerinde ölçüldü. Deney esnasında ölçümü alınmak istenen manometrik su yüksekliği sabit olmayıp çalkantı halinde dalgalandığında herhangi bir değer alınamamaktaydı. Bu durumdan dolayı deney esnasında monometrik hortumdaki su yüksekliği 25 saniyelik bir zaman dilimi için cep telefonu kamerasıyla kaydedildi. Anlık manometrik su yükseklik değerleri her test akışında çekilen bu kamera çekimlerinden elde edildi. Kamera çekimlerinden ard arda her saniyede çıkarılan görüntülerden anlık yükseklik değerleri okundu. 5s-20s arası kamera çekiminden 15 görüntü alındı ve 15 adet anlık değer okundu. 15 adet anlık değerlerin zaman ortalaması alınarak basınç musluğundaki ortalama basınç yüksekliği hesaplandı. Hortumdaki su yüksekliği izlendiğinde 1-2 saniye içerisinde hızlı bir yükselme veya alçalma görülebilmekteydi. Maksimum ve minimum yükseklikler ise maksimum 5-6 s içerisinde oluşabilmekteydi. Dolayısıyla her saniyede yükseklik değerleri alındı. Çalkantılar zaman içerisinde benzerlik gösterdiğinden zaman ortalamalı yükseklik değerlerinin hesaplanması için 15 saniyelik zaman dilimi yeterli görüldü.

Tablo 4.1’de her saniyede basınç musluklarından ölçülen manometrik basınç yüksekliklerinin değerleri verilmiştir. Tablo 4.1’de orifis plaka öncesi standart tam gelişmiş boru akışının olduğu deney test akışında d=18 mm orifis plakası için ölçülen manometrik su yükseklik değerleri örnek olarak verilmiş olup, diğer test plakaları için bulunan değerler ise Ekler 1 kısmında Tablo A<sub>1</sub>-A<sub>9</sub> arasında verilmiştir. Tablo 4.1’de en son satırda manometrik yüksekliklerin zaman ortalama değerleri verilmiştir. Zamana bağlı anlık basınç yükseklik değer grafikleri örnek olarak gösterilmiştir.

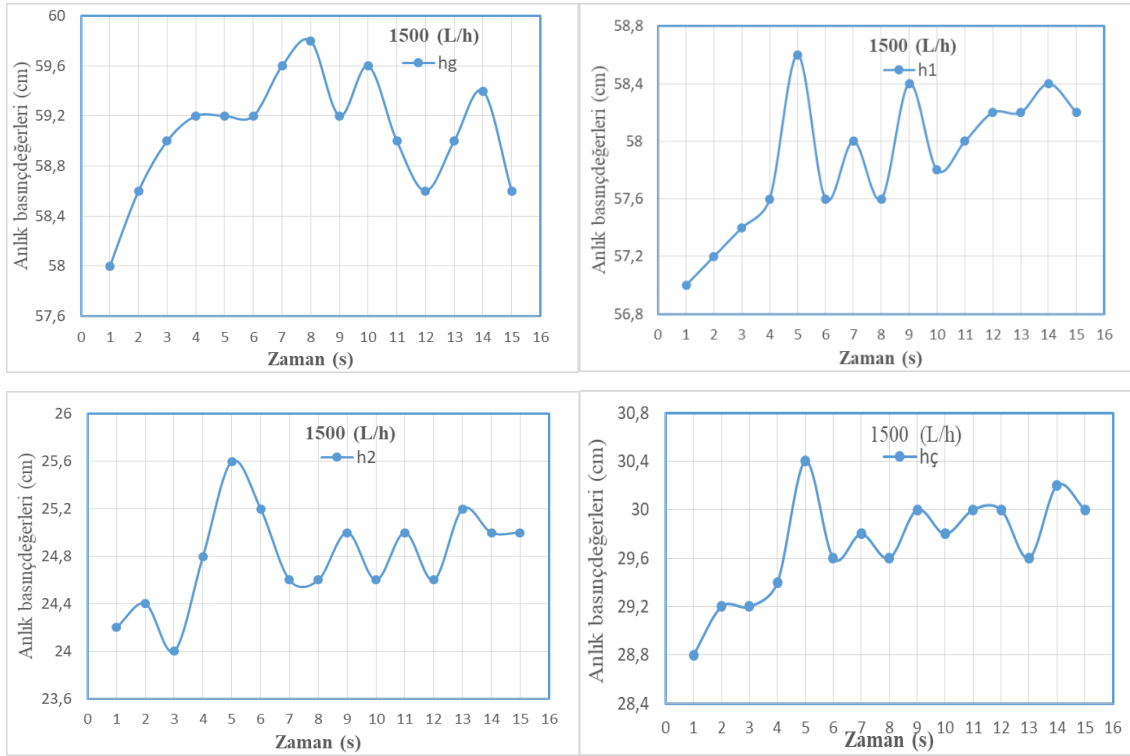
**Tablo 4 1.** Orifis plaka öncesi ve sonrası tam gelişmiş akış için zamana bağlı hidrostatik basınç yükseklik Değerleri

| Orifis plakası ( $\beta=0.346$ ) |               |              |              |              |
|----------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 1000 L/h                         |               |              |              |              |
| Zaman                            | $h_e$ (cm)    | $h_1$ (cm)   | $h_2$ (cm)   | $h_c$ (cm)   |
| 1                                | 52.4          | 52.4         | 37.4         | 39.4         |
| 2                                | 52.6          | 52           | 37           | 39.2         |
| 3                                | 53.4          | 51.4         | 37           | 38.6         |
| 4                                | 52.8          | 51.8         | 37           | 39           |
| 5                                | 52            | 52           | 37.2         | 39.2         |
| 6                                | 52            | 52           | 37           | 39.4         |
| 7                                | 52.4          | 52           | 37           | 39.2         |
| 8                                | 52.2          | 51.6         | 37           | 38.8         |
| 9                                | 52.6          | 52           | 36.8         | 39           |
| 10                               | 53            | 51.6         | 37           | 39           |
| 11                               | 53.6          | 51.6         | 37           | 39           |
| 12                               | 53.4          | 52           | 37           | 39.2         |
| 13                               | 53.4          | 52           | 37           | 39.2         |
| 14                               | 53            | 52           | 37           | 39           |
| 15                               | 53            | 52.4         | 37.4         | 39.4         |
| <b>Ortalama</b>                  | <b>52.79</b>  | <b>51.92</b> | <b>37.05</b> | <b>39.11</b> |
| 1500 L/h                         |               |              |              |              |
| 1                                | 58            | 57           | 24.2         | 28.8         |
| 2                                | 58.6          | 57.2         | 24.4         | 29.2         |
| 3                                | 59            | 57.4         | 24           | 29.2         |
| 4                                | 59.2          | 57.6         | 24.8         | 29.4         |
| 5                                | 59.2          | 58.6         | 25.6         | 30.4         |
| 6                                | 59.2          | 57.6         | 25.2         | 29.6         |
| 7                                | 59.6          | 58           | 24.6         | 29.8         |
| 8                                | 59.8          | 57.6         | 24.6         | 29.6         |
| 9                                | 59.2          | 58.4         | 25           | 30           |
| 10                               | 59.6          | 57.8         | 24.6         | 29.8         |
| 11                               | 59            | 58           | 25           | 30           |
| 12                               | 58.6          | 58.2         | 24.6         | 30           |
| 13                               | 59            | 58.2         | 25.2         | 29.6         |
| 14                               | 59.4          | 58.4         | 25           | 30.2         |
| 15                               | 58.6          | 58.2         | 25           | 30           |
| <b>Ortalama</b>                  | <b>59.07</b>  | <b>57.88</b> | <b>24.79</b> | <b>29.71</b> |
| 2000 L/h                         |               |              |              |              |
| 1                                | 100           | 98.6         | 40.2         | 48.6         |
| 2                                | 100.2         | 100.2        | 40.2         | 48.6         |
| 3                                | 99.6          | 99.6         | 41           | 49.4         |
| 4                                | 100.4         | 98.8         | 40           | 48.4         |
| 5                                | 100.2         | 97.6         | 39.6         | 48.2         |
| 6                                | 100.4         | 97.8         | 39           | 47.6         |
| 7                                | 100           | 97.6         | 39.8         | 48.4         |
| 8                                | 99.8          | 98.8         | 40.4         | 48.6         |
| 9                                | 100.2         | 99           | 40.2         | 48.8         |
| 10                               | 101           | 99.2         | 40.2         | 48.8         |
| 11                               | 100.6         | 99.4         | 41           | 49           |
| 12                               | 101           | 98.6         | 40.4         | 48.8         |
| 13                               | 101.4         | 99.2         | 40.2         | 49.2         |
| 14                               | 100.6         | 98.2         | 40           | 49.4         |
| 15                               | 101.4         | 98.2         | 40           | 48.6         |
| <b>Ortalama</b>                  | <b>100.45</b> | <b>98.72</b> | <b>40.15</b> | <b>48.69</b> |

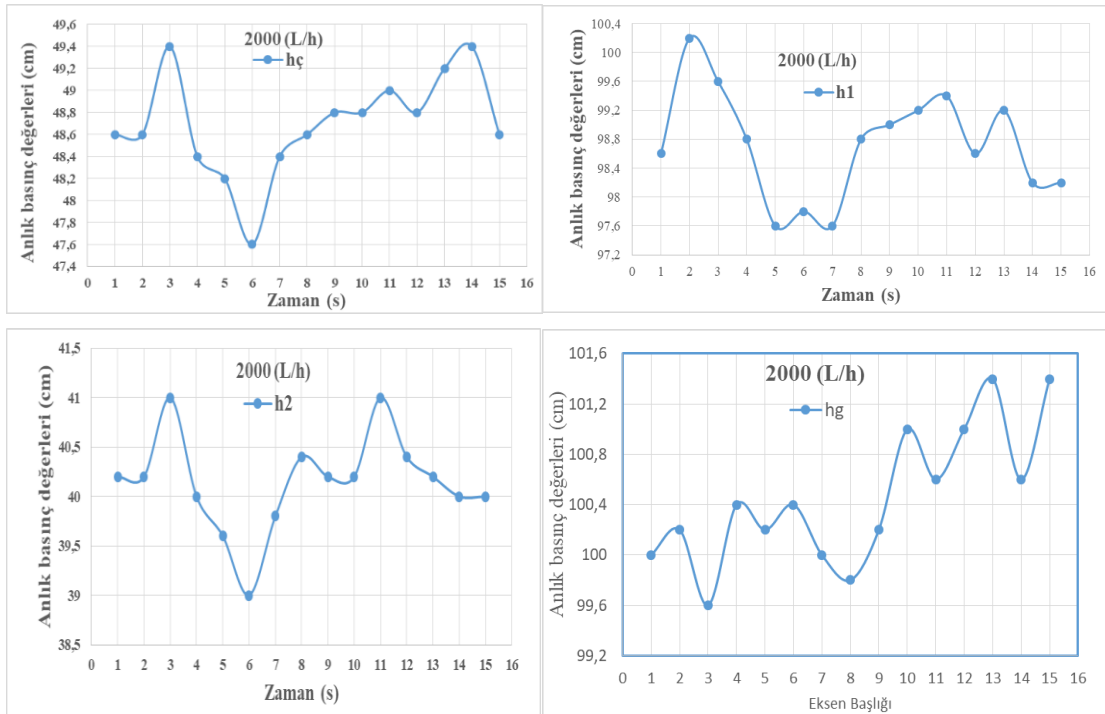
Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te ise Tablo 4.'de verilen yükseklik değerlerinin zamana bağlı değişim grafikleri verilmiştir. Orifis plaka öncesi tam gelişmiş akış için 1000 (L/h), 1500 (L/h) ve 2000 (L/h) için zamana bağlı anlık basınç yüksekliklerinin grafikleri örnek olarak gösterilmiştir. Verilen bir debide yükseklik değerleri ölçülürken  $h_1$ ,  $h_2$  ve  $h_c$  eş zamanlı ölçülen değerler olmuştur; çünkü değerleri tek bir kamera çekiminden okunmuşlardır. Şekil 3.2'de gösterildiği gibi; çünkü her üç basınç musluğunun manometrik hortumları yanyana olup aynı ölçüm tahtası üzerindeyken  $h_g$  ölçen hortum başka ölçüm tahtası üzerindeydi. Her debideki test akışında iki kamera çekimi yapıldı. İlk başta  $h_g$  manometrik hortum kamera çekimi yapıldı ve ardından diğer üç manometrik hortumun kamera çekimi yapıldı. Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 incelendiğinde basıncın zamanla çok değişkenlik gösterdiği ve aynı debide her basınç musluğunda çalkantının olduğu görülebilmektedir. Her üç şekilden de görülebildiği gibi minimum-maksimum basınç dalgalanma aralığının debiyle arttığı görülmektedir. Basınç dalgalanmalarının incelenmesi bu tezin ana amacı dışında olduğundan basınç dalgalanmaları ayrı bir çalışmada daha detaylı incelemesi yapılabilir.



**Şekil 4.1.**  $d=18$  mm orifis plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta 1000 (L/h) debide her dört basınç musluğundan ölçülen anlık basıncın manometrik su yüksekliklerinin zamana bağlı değişimleri



**Şekil 4.2.**  $d=18$  mm orifis plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta 1500 (L/h) debide her dört basınç musluğundan ölçülen anlık basıncın manometrik su yüksekliklerinin zamana bağlı değişimleri



**Şekil 4.3.**  $d=18$  mm orifis plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta 2000 (L/h) debide her dört basınç musluğundan ölçülen anlık basıncın manometrik su yüksekliklerinin zamana bağlı değişimleri

Orifis plaka öncesi tam gelişmiş akışta her test plakası için 1000 L/h, 1500 L/h, 2000 L/h akış debilerinde basınç musluklarından ölçülen zaman ortalamalı manometrik basınç yükseklik değerleri ise Tablo 4.2 ile Tablo 4.3'te verilmiştir. Her debideki test akışında ölçülen su sıcaklık değerine son sütunda yer verilmiştir. Zaman ortalamalı bu basınç değerleri ileride debi kayıp katsayısının ve yerel basınç kayıp katsayısının hesaplanmasında kullanılacaktır.

**Tablo 4.2.** Orifis plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta her iki orifis plakası için basınç musluklarından ölçülen zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri

| Orifis plaka | Debi (L/h) | $h_g$ (cm) | $h_1$ (cm) | $h_2$ (cm) | $h_c$ (cm) | T (°C)  |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|
| d=18 mm      | 1000       | 52.8       | 51.9       | 37.1       | 39.1       | T=35 °C |
|              | 1500       | 59.1       | 57.9       | 24.8       | 29.7       |         |
|              | 2000       | 100        | 98.7       | 40.2       | 48.7       |         |
| d=25 mm      | 1000       | 31.6       | 30.9       | 27.2       | 28.1       | T=37 °C |
|              | 1500       | 60.2       | 59.6       | 51.6       | 53.5       |         |
|              | 2000       | 63         | 62.2       | 47.9       | 51.5       |         |

**Tablo 4.3.** Plaka öncesi tam gelişmiş standart akışta her akış şartlandırma plakası için basınç musluklarından ölçülen zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri

| Akış şartlandırıcı | Debi (L/h) | $h_g$ (cm) | $h_1$ (cm) | $h_2$ (cm) | $h_c$ (cm) | T (°C)  |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|
| 1x6x12             | 1000       | 36.81      | 36.47      | 34.45      | 34.55      | T=35 °C |
|                    | 1500       | 48.47      | 48.04      | 43.73      | 43.73      |         |
|                    | 2000       | 67.65      | 67.08      | 59.61      | 59.83      |         |
| 1x7(GO=0.25)       | 1000       | 65.84      | 66.44      | 65.31      | 64.83      | T=42 °C |
|                    | 1500       | 50.41      | 49.99      | 46.08      | 46.69      |         |
|                    | 2000       | 64.13      | 64.07      | 56.33      | 57.48      |         |
| 1x7pahsız          | 1000       | 65.44      | 64.29      | 63.09      | 53.23      | T=30 °C |
|                    | 1500       | 66.68      | 65.45      | 39.91      | 40.57      |         |
|                    | 2000       | 88.97      | 87.6       | 43.51      | 44.95      |         |
| 1x7(15°pahlı)      | 1000       | 50.57      | 50.47      | 41.12      | 41.56      | T=25 °C |
|                    | 1500       | 51.51      | 51.23      | 32.09      | 32.83      |         |
|                    | 2000       | 86.79      | 85.12      | 53.21      | 54.73      |         |
| 1x7(30°pahlı)      | 1000       | 49.16      | 48.973     | 39.48      | 40.52      | T=30 °C |
|                    | 1500       | 56.81      | 56.84      | 35.8       | 37.57      |         |
|                    | 2000       | 83.2       | 82.37      | 45.56      | 48.84      |         |
| 1x7 (45° pahlı)    | 1000       | 44.67      | 44.69      | 33.4       | 33.83      | T=35 °C |
|                    | 1500       | 79.41      | 78.59      | 54.91      | 55.71      |         |
|                    | 2000       | 90.12      | 91.24      | 48.57      | 50.16      |         |
| 1x7 (55° pahlı)    | 1000       | 49.95      | 49.36      | 37.57      | 37.8       | T=30 °C |
|                    | 1500       | 78.32      | 78.34      | 52.2       | 52.81      |         |
|                    | 2000       | 90.76      | 90.97      | 45.44      | 47.13      |         |

#### 4.2. Akış Şartlandırıcılı ve Akış Şartlandırıcısız Durumda Orifis Plaka Basınç Fark Değerleri

Bu deneyde orifis plaka küresel vana ile oluşturulan bozuk bir akışa karşı test edilmiştir. Küresel vana ile orifis plaka arasında  $L_1$  ve  $L_2$  kısa boruları kullanılarak testler gerçekleştirilmiştir. Kısa boru kullanıldığında orifis plaka öncesi akış tam gelişmiş bir akıştan uzak kalmaktadır. Standartlara uymayan bu tam gelişmemiş bozuk akış orifis akış ölçerin kalibrasyon değerlerine uymadığından debi ölçümlerinde hataya neden olmaktadır. Küresel vana ile orifis plaka arasında akış şartlandırma plakası kullanıldığında ise debi ölçüm hatası çok düşürülebilmektedir. Çünkü akış şartlandırma plakası kısa boru mesafesinde tam gelişmiş akış şartları sağlayabilmektedirler. Debi ölçüm hatası ise akış şartlandırma plakasının kısa boru mesafesinde tam gelişmiş akış üretme performansına bağlıdır. Bu testlerle akış şartlandırma plakalarının debi ölçüm doğruluğu üzerindeki etkileri araştırılmış ve en iyi akış şartlandırma plakaları bulunmaya çalışılmıştır.

Bu testlerde önce  $L_1$  borusu kullanıldı ve boruda yerleşik orifis plakası için akış şartlandırma plakası yokken ve akış şartlandırma plakası varken 1000 (L/h), 1500 (L/h) ve 2000 (L/h) debilerinde test akışları gerçekleştirildi. Her debideki test akışında ise küresel vana %20 açıkken ve %50 açıkken orifis plaka D ve D/2 basınç musluklarındaki monometrik yükseklikler ölçüldü. Sonra  $L_2$  borusu takıldı ve  $L_1$  ile yapılan tüm akışlar aynen tekrarlandı.

Orifis plaka öncesi  $L_1$  boru akışında D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen monometrik basınç yüksekliklerinin zaman ortalamalı değerleri Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te verilmiştir. Tablo 4.4  $\beta = 0.346$  olan orifis plakası takılı iken ve Tablo 4.5'te  $\beta = 0.48$  olan orifis plakası takılı iken ölçülen değerleri göstermektedir. Her iki tabloda %20 açık vana ve %50 açık vana değerleri iki ayrı sütunda verilmiştir. Test akışlarında ölçülen su sıcaklığı son sütunda verilmiştir. Örneğin ilk satırın son sütununda verilen  $T (\%20) = 28$  °C ifadesi vana %20 açık iken su sıcaklığının 28 °C olduğunu göstermektedir.

Orifis plaka öncesi  $L_1$  borusu takılı iken D ve D/2 basınç musluklarından zamana bağlı ölçülen anlık manometrik basınç yüksekliklerinin değerleri Ekler 2 kısmında Tablo B<sub>1</sub>'den Tablo B<sub>16</sub>'ya kadar sıralanan tablolarda verilmiştir. Tablo B<sub>1</sub>'den Tablo B<sub>8</sub> kadar olan tablolarda  $d=18$  mm orifis plakası ( $\beta = 0.346$ ) takılı iken ve Tablo B<sub>9</sub>'dan Tablo

B<sub>16</sub>'ya kadar olan tablolar d=25 mm orifis plakası ( $\beta=0.48$ ) takılı iken değerleri göstermektedir.

**Tablo 4.4.** d=18 mm orifis plaka öncesi L<sub>1</sub> borusu takılı iken D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen manometrik zaman ortalama basınç yükseklik değerleri

| Orifis plakası ( $\beta = d/D = 0.346$ d=18 mm D=52 mm) |          |                     |                     |                     |                     |                                    |
|---------------------------------------------------------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| Şartlandırıcı plakası                                   | Debi L/h | %20                 |                     | %50                 |                     | Sıcaklık (°C)                      |
|                                                         |          | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |                                    |
| 1x6x12                                                  | 1000     | 54.45               | 39.93               | 54.85               | 39.93               | T (%20) = 28 °C<br>T (%50) = 31 °C |
|                                                         | 1500     | 81.09               | 49.52               | 65.67               | 32.68               |                                    |
|                                                         | 2000     | 94.28               | 39.09               | 85.27               | 26.21               |                                    |
| 1x7(GO = 0.25)                                          | 1000     | 33.99               | 19.51               | 46.21               | 31.4                | T (%20) = 40 °C<br>T (%50) = 40 °C |
|                                                         | 1500     | 54.63               | 23.09               | 67.29               | 35.16               |                                    |
|                                                         | 2000     | 80.05               | 24.91               | 82.17               | 25.51               |                                    |
| 1x7 (pahsız)                                            | 1000     | 54.95               | 40.19               | 49.64               | 35.35               | T (%20) = 37 °C<br>T (%50) = 38 °C |
|                                                         | 1500     | 68.61               | 37.97               | 55.23               | 24.15               |                                    |
|                                                         | 2000     | 80.41               | 27.28               | 77.39               | 23.13               |                                    |
| 1x7 (15° pahlı)                                         | 1000     | 51.52               | 41.75               | 51.15               | 36.44               | T (%20) = 35 °C<br>T (%50) = 34 °C |
|                                                         | 1500     | 51.41               | 20.29               | 56.79               | 24.32               |                                    |
|                                                         | 2000     | 85.68               | 31.84               | 85.01               | 28.61               |                                    |
| 1x7 (30° pahlı)                                         | 1000     | 49.07               | 34.4                | 50.39               | 36.15               | T (%20) = 31 °C<br>T (%50) = 32 °C |
|                                                         | 1500     | 68.24               | 37.2                | 49.56               | 19.05               |                                    |
|                                                         | 2000     | 88                  | 33.85               | 85.07               | 31.61               |                                    |
| 1x7 (45° pahlı)                                         | 1000     | 46.09               | 32.17               | 47.81               | 33.71               | T (%20) = 27 °C<br>T (%50) = 27 °C |
|                                                         | 1500     | 52.79               | 21.8                | 70.32               | 40.05               |                                    |
|                                                         | 2000     | 85.56               | 28.23               | 85.99               | 32.31               |                                    |
| 1x7 (55° pahlı)                                         | 1000     | 30.97               | 16.04               | 39.56               | 25.05               | T (%20) = 26 °C<br>T (%50) = 26 °C |
|                                                         | 1500     | 65.25               | 33.05               | 69.23               | 38.43               |                                    |
|                                                         | 2000     | 91.04               | 33.8                | 89.12               | 35.81               |                                    |
| Şartlandırıcısız                                        | 1000     | 47.75               | 34                  | 50.29               | 35.63               | T (%20) = 37 °C<br>T (%50) = 37 °C |
|                                                         | 1500     | 80.24               | 51.44               | 67.56               | 36.77               |                                    |
|                                                         | 2000     | 87.2                | 36.15               | 87.43               | 31.79               |                                    |

**Tablo 4.5.** d=25 mm orifis plaka öncesi L<sub>1</sub> borusu takılı iken D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen manometrik zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri

| Orifis plakası ( $\beta=d/D=0.480$ d=25 mm D=52 mm) |            |                     |                     |                     |                     |                                    |
|-----------------------------------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| Şartlandırıcı plaka                                 | Debi (L/h) | %20                 |                     | %50                 |                     | Sıcaklık (°C)                      |
|                                                     |            | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |                                    |
| 1x6x12                                              | 1000       | 39.99               | 36.2                | 39.01               | 35.39               | T (%20) = 42 °C<br>T (%50) = 42 °C |
|                                                     | 1500       | 59.99               | 52.32               | 59.73               | 51.76               |                                    |
|                                                     | 2000       | 86.99               | 73.45               | 72.51               | 58.15               |                                    |
| 1x7 (GO=0.25)                                       | 1000       | 33.63               | 30                  | 26.63               | 22.85               | T (%20) = 40 °C<br>T (%50) = 40 °C |
|                                                     | 1500       | 59                  | 50.96               | 55.36               | 47.29               |                                    |
|                                                     | 2000       | 76.63               | 62.28               | 72.28               | 57.92               |                                    |
| 1x7 pahlısız                                        | 1000       | 39.36               | 36.17               | 40.44               | 36.77               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                     | 1500       | 57.35               | 50.36               | 53.57               | 47.36               |                                    |
|                                                     | 2000       | 53.24               | 41.67               | 66.97               | 55.83               |                                    |
| 1x7 (15° pahlı)                                     | 1000       | 37.13               | 34.05               | 32.21               | 29.09               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                     | 1500       | 35.84               | 29.28               | 55.52               | 48.68               |                                    |
|                                                     | 2000       | 89.64               | 78.43               | 49.64               | 37.59               |                                    |
| 1x7 (30° pahlı)                                     | 1000       | 51.56               | 48.19               | 54.33               | 51.03               | T (%20) = 48 °C<br>T (%50) = 48 °C |
|                                                     | 1500       | 80.47               | 73.09               | 69.55               | 62.37               |                                    |
|                                                     | 2000       | 50.24               | 37.71               | 76.99               | 64.28               |                                    |
| 1x7 (45° pahlı)                                     | 1000       | 54.97               | 51.53               | 77.81               | 74.40               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                     | 1500       | 55.91               | 46.69               | 46.97               | 39.51               |                                    |
|                                                     | 2000       | 52.36               | 39.87               | 48.24               | 35.11               |                                    |
| 1x7 (55° pahlı)                                     | 1000       | 54                  | 50.39               | 55.36               | 52.08               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                     | 1500       | 60.08               | 52.17               | 51.57               | 44.65               |                                    |
|                                                     | 2000       | 50.73               | 36.32               | 58.99               | 46.69               |                                    |
| Şartlandırıcısız                                    | 1000       | 29.19               | 26.11               | 34.4                | 31.01               | T (%20) = 38 °C<br>T (%50) = 37 °C |
|                                                     | 1500       | 32.09               | 25.64               | 58                  | 50.68               |                                    |
|                                                     | 2000       | 59.97               | 49.05               | 88.89               | 75.91               |                                    |

Orifis plaka öncesi L<sub>2</sub> boru akışında D&D/2 basınç musluklarından ölçülen monometrik basınç yüksekliklerinin zaman ortalamalı değerleri ise Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de verilmiştir. Tablo 4.6’da  $\beta=0.346$  olan orifis plakası takılı iken ve Tablo 4.5’te  $\beta=0.48$  olan orifis plakası takılı iken ölçülen değerleri göstermektedir. Her iki tabloda %20 açık vana ve %50 açık vana değerleri iki ayrı sütunda verilmiştir. Orifis plaka öncesi L<sub>2</sub> borusu takılı iken D&D/2 basınç musluklarından zamana bağlı ölçülen anlık manometrik basınç yüksekliklerinin değerleri Ekler 3 kısmında Tablo C<sub>1</sub> den Tablo C<sub>16</sub>

ya kadar olan tablolarda verilmiştir. Tablo C<sub>1</sub>'den Tablo C<sub>8</sub> kadar olan tablolar d=18 mm orifis plakası ( $\beta = 0.346$ ) takılı iken ve Tablo C<sub>9</sub>'den Tablo C<sub>16</sub>'ye kadar olan tablolar d=25 mm orifis plakası ( $\beta = 0.346$ ) iken değerleri göstermektedir.

**Tablo 4.6.** d=18 mm orifis plaka öncesi L<sub>2</sub> borusu takılı iken D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen manometrik zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri

| Orifis plakası: ( $\beta = d/D = 0.346$ d=18 mm D=52 mm) |            |                     |                     |                     |                     |                                    |
|----------------------------------------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| Şartlandırıcı plaka                                      | Debi (L/h) | %20                 |                     | %50                 |                     | Sıcaklık (°C)                      |
|                                                          |            | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |                                    |
| 1x6x12                                                   | 1000       | 48.97               | 34.63               | 51.06               | 36.23               | T (%20) = 44 °C<br>T (%50) = 44 °C |
|                                                          | 1500       | 69.37               | 37.65               | 69.30               | 35.97               |                                    |
|                                                          | 2000       | 84.54               | 30.36               | 84.8                | 26.26               |                                    |
| 1x7(GO=0.25)                                             | 1000       | 46.36               | 31.53               | 46.80               | 32                  | T (%20) = 45 °C<br>T (%50) = 45 °C |
|                                                          | 1500       | 70.60               | 37.65               | 71.31               | 39.2                |                                    |
|                                                          | 2000       | 88.58               | 30.30               | 85.86               | 29.18               |                                    |
| 1x7 pahlızsız                                            | 1000       | 36.22               | 21.26               | 37.96               | 22.95               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                          | 1500       | 62.52               | 30.68               | 69.14               | 36.48               |                                    |
|                                                          | 2000       | 76.56               | 21.2                | 88.65               | 29.29               |                                    |
| 1x7 (15° pahlı)                                          | 1000       | 58.71               | 43.67               | 55.83               | 40.92               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                          | 1500       | 86.46               | 53.74               | 69.14               | 35.84               |                                    |
|                                                          | 2000       | 86.06               | 28.48               | 87.65               | 27.94               |                                    |
| 1x7 (30° pahlı)                                          | 1000       | 51.24               | 36.54               | 50.01               | 35.04               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                          | 1500       | 71.72               | 39.06               | 72.38               | 39.59               |                                    |
|                                                          | 2000       | 89.25               | 31.82               | 90.81               | 33.20               |                                    |
| 1x7 (45° pahlı)                                          | 1000       | 54.500              | 39.73               | 51.17               | 36.34               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                          | 1500       | 69.98               | 37.13               | 48                  | 15.31               |                                    |
|                                                          | 2000       | 84.94               | 26.81               | 88.81               | 31.44               |                                    |
| 1x7 (55° pahlı)                                          | 1000       | 54.93               | 40.44               | 69.34               | 54.82               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                          | 1500       | 69.86               | 38.6                | 71.75               | 40.08               |                                    |
|                                                          | 2000       | 85.76               | 30.46               | 88.41               | 32.38               |                                    |
| Şartlandırıcısız                                         | 1000       | 46.30               | 32.6                | 52.52               | 36.90               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                          | 1500       | 64.48               | 34.76               | 68.85               | 36.48               |                                    |
|                                                          | 2000       | 90.16               | 38.48               | 91.21               | 31.35               |                                    |

**Tablo 4.7.** d=25mm orifis plaka öncesi L<sub>2</sub> borusu takılı iken D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen manometrik zaman ortalamalı basınç yükseklik değerleri

| Orifis plakası: ( $\beta=d/D=0.480$ d=25 mm D=52 mm) |            |                     |                     |                     |                     |                                    |
|------------------------------------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| Şartlandırıcı plaka                                  | Debi (L/h) | %20                 |                     | %50                 |                     | Sıcaklık (°C)                      |
|                                                      |            | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |                                    |
| 1x6x12                                               | 1000       | 36.99               | 33.21               | 38.56               | 34.89               | T (%20) = 42 °C<br>T (%50) = 42 °C |
|                                                      | 1500       | 58.32               | 50.69               | 74.09               | 65.93               |                                    |
|                                                      | 2000       | 75.08               | 62.03               | 50.08               | 35.43               |                                    |
| 1x7 (GO=0.25)                                        | 1000       | 38.79               | 35.48               | 41.24               | 37.55               | T (%20) = 38 °C<br>T (%50) = 37 °C |
|                                                      | 1500       | 71.15               | 64.28               | 55.68               | 47.43               |                                    |
|                                                      | 2000       | 64.67               | 52.72               | 45.76               | 32.16               |                                    |
| 1x7 pahsız                                           | 1000       | 55.07               | 51.39               | 35.72               | 32.15               | T (%20) = 25 °C<br>T (%50) = 25 °C |
|                                                      | 1500       | 73.33               | 65.19               | 47.21               | 39.04               |                                    |
|                                                      | 2000       | 59.52               | 45.28               | 49.96               | 35.97               |                                    |
| 1x7 (15° pahlı)                                      | 1000       | 45.29               | 41.63               | 45.32               | 41.73               | T (%20) = 26 °C<br>T (%50) = 26 °C |
|                                                      | 1500       | 48.84               | 40.96               | 45.72               | 37.71               |                                    |
|                                                      | 2000       | 69.03               | 55.57               | 65.97               | 51.57               |                                    |
| 1x7 (30° pahlı)                                      | 1000       | 34.48               | 30.95               | 36.73               | 33.11               | T (%20) = 27 °C<br>T (%50) = 27 °C |
|                                                      | 1500       | 48.71               | 41.16               | 65.48               | 57.43               |                                    |
|                                                      | 2000       | 51.11               | 38.03               | 78.99               | 65.03               |                                    |
| 1x7 (45° pahlı)                                      | 1000       | 38.13               | 34.52               | 40.56               | 36.91               | T (%20) = 32 °C<br>T (%50) = 30 °C |
|                                                      | 1500       | 52.46               | 44.73               | 47.72               | 39.92               |                                    |
|                                                      | 2000       | 73.27               | 60.11               | 47.91               | 34.51               |                                    |
| 1x7 (55° pahlı)                                      | 1000       | 38.77               | 35.09               | 35.35               | 31.96               | T (%20) = 34 °C<br>T (%50) = 35 °C |
|                                                      | 1500       | 55.69               | 48.07               | 54.95               | 47.75               |                                    |
|                                                      | 2000       | 46.53               | 33.64               | 49.87               | 37.16               |                                    |
| Şartlandırıcısız                                     | 1000       | 54.13               | 51.15               | 56.93               | 53.21               | T (%20) = 47 °C<br>T (%50) = 47 °C |
|                                                      | 1500       | 52.09               | 46.03               | 50.53               | 42.71               |                                    |
|                                                      | 2000       | 46.29               | 36                  | 66.85               | 53.12               |                                    |

#### 4.3. Test Plakası Yerel Kayıp Katsayısı

Boru içi akışlarda akış sürtünmelerinden dolayı basınç kayıpları oluşur. Bu kayıplar ikiye ayrılır bunlar: Düz boruda oluşan sürekli basınç kayıpları ( $h_k$ , sürekli), düz boru dışında dirsek, vana, boru bükümü, redüksiyon vb. bağlantı elemanlarından kaynaklı yerel basınç kayıplarıdır ( $h_k$ , yerel). Basınç kayıpları genel olarak kaybolan eşdeğer

manometrik “h” yükseklik olarak “metre” cinsinden ifade edilirler. Sürekli kayıplar tam gelişmiş bir boru akışında oluşan basınç kayıplarıdır.

Deneylerde kullanılan test plakaları borudaki akışa engel oluşturduğunda önemli yerel basınç kayıplarına neden olmaktadır. Basınç kayıpları pompa güç tüketimine ve dolayısıyla enerji tüketimine neden olmaktadır. Basınç kayıplarının azaltılması ile enerji tüketimi azalmaktadır. Enerji tüketiminin azaltılması çevre dostu olduğundan ve enerji maliyetini düşürdüğünden önemli bir iyileştirme sağlamaktadır. Plakanın neden olduğu basınç kayıpları boyutsuz olarak yerel kayıp katsayısı ile ifade edilmektedir. Her plakanın yerel kayıp katsayısını ölçmek için plakanın neden olduğu basınç kayıpları bulunmalıdır. Test plakası öncesi standart tam gelişmiş akışlarda giriş ve çıkış basınç musluklarından ( $h_g$ ) ve ( $h_c$ ) manometrik su yükseklikleri ölçüldü (Şekil 3.1 bakılabilir). Bu iki basınç farkı ( $h_g - h_c$ ) iki musluk arasındaki akışın neden olduğu basınç kaybıdır. Giriş ve çıkış muslukları akışın tam gelişmiş olduğu boru noktalarına takılmıştır. Bu iki nokta, takılı test plakasının akış üzerindeki etkilerinin olmadığı noktalardır.  $h_g - h_c$  basınç kaybı giriş ve çıkış muslukları arasındaki düz boru sürekli basınç kaybının ( $h_{k, sürekli}$ ) ve plakanın yerel basınç kaybının ( $h_{k, yerel}$ ) bir toplamıdır. Plakanın yerel basınç kaybını bulmak için sürekli kayıp hesaplanmalıdır. Bu gibi durumlarda iki musluk arasında düz boru akışı tam gelişmiş olduğu varsayılır ve sürekli basınç kaybı aşağıdaki Denklem 4.2 kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Denklem 4.2’deki “ $f$ ” Darcy sürtünme faktörüdür ve değeri Mody diyagramından boru bağıl pürüzlülük oranı ( $\mathcal{E}/D$ ) ve Reynold sayısı kullanılarak bulunabilmektedir. Moody diyagramı boru akışları deneylerinden elde edilen ampirik (deneysel) değerleri veren çok önemli bir diyagramdır. Deneylerde akış sürtünmelerinden dolayı su sıcaklığı değiştiğinden her test akışında su sıcaklıkları bir termometre ile ölçüldü. Su sıcaklıklarına bağlı olarak hesaplanan Reynolds sayısı her test akışı için farklı olabilmekteydi. Çünkü Reynolds sayısı akışkan viskozitesine bağlıdır. Suyun viskozitesi ise sıcaklık arttıkça düşmektedir.

$$h_k = h_{k, sürekli} + h_{k, yerel} \quad (4.1)$$

$$h_{k, sürekli} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (4.2)$$

$$h_{k, yerel} = K \frac{V^2}{2g} \quad (4.3)$$

Burada;

$h_k$  : Toplam sürtünme yük kaybıdır (m)

$h_{k, sürekli}$  : Tam gelişmiş boru akışında sürtünme yük kaybıdır (m)

$h_{k, yerel}$  : Düz boru dışında borulama sisteminde oluşan yerel sürtünme yük kaybıdır (m)

$K$  : Yerel kayıp katsayısı, boyutsuz parametre

$f$  : Darcy sürtünme faktör, boyutsuz parametre

$V$  : borudaki ortalama akış hızıdır (m/s)

$D$  : Boru çapıdır (m)

$L$ :  $h_g$  ve  $h_c$  arasındaki boru mesafesidir (m)

$g$  :  $9.81 \text{ m/s}^2$  Yerçekimi ivmesidir

Tablo 4.8’de her test akışında sürekli yük kaybının hesaplanması için gerekli değerler ve son sutunda sürekli yük kaybının hesaplanan değeri verilmiştir. Her plakanın yerel sürtünme yük kaybı sürekli yük kaybı Denklem (4.1)’de yerine yerleştirilerek hesaplandı. Denklem (4.3) kullanılarak yerel kayıp katsayıları hesaplandı. Tablo 4.9’da yerel kayıp katsayısının hesaplanmasında kullanılan değerleri ve son sutunda bu değerlerden bulunan yerel kayıp katsayısı olarak  $K$  değerleri verilmiştir.

**Tablo 4.8.** Giriş ve çıkış basınç muslukları arasında tam gelişmiş bir boru akışı için sürtünme yük kaybı

| Tam gelişmiş boru akışında $h_g-h_c$ arası sürtünme yük kaybı ( $h_s$ ) |       |                                  |                       |            |          |       |                        |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------|-----------------------|------------|----------|-------|------------------------|
| Orifis plaka/<br>Şartlandırıcı                                          | T(°C) | Yoğunluk<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Viskozite<br>(kg/m.s) | V<br>(m/s) | Re       | f     | $h_k$ , sürekli<br>(m) |
| Orifis plaka<br>(d=18 mm)                                               | 35    | 994                              | 0.00072               | 0.1308     | 9390.11  | 0.034 | 0.0010                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 14085.17 | 0.031 | 0.0021                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 18780.23 | 0.03  | 0.0037                 |
| Orifis plaka<br>(d=25 mm)                                               | 37    | 993                              | 0.00068               | 0.1308     | 9932.47  | 0.034 | 0.0010                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 14898.71 | 0.031 | 0.0021                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 19864.94 | 0.03  | 0.0037                 |
| 1x6x12                                                                  | 35    | 994                              | 0.00072               | 0.1308     | 9390.11  | 0.034 | 0.0010                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 14085.17 | 0.032 | 0.0022                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 18780.23 | 0.03  | 0.0037                 |
| 1x7 (GO=0.25)                                                           | 42    | 991                              | 0.00062               | 0.1308     | 10871.73 | 0.032 | 0.0009                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 16307.60 | 0.31  | 0.0216                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 21743.47 | 0.029 | 0.0035                 |
| 1x7 pahlızsız                                                           | 30    | 996                              | 0.00079               | 0.1308     | 8575.30  | 0.034 | 0.0010                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 12862.95 | 0.032 | 0.0022                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 17150.60 | 0.031 | 0.0038                 |
| 1x7 (15° pahlı)                                                         | 25    | 997                              | 0.00089               | 0.1308     | 7619.42  | 0.035 | 0.0010                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 11429.13 | 0.032 | 0.0022                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 15238.85 | 0.031 | 0.0038                 |
| 1x7 (30° pahlı)                                                         | 30    | 996                              | 0.00079               | 0.1308     | 8575.30  | 0.034 | 0.0010                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 12862.95 | 0.032 | 0.0022                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 17150.60 | 0.031 | 0.0038                 |
| 1x7 (45° pahlı)                                                         | 35    | 994                              | 0.00072               | 0.1308     | 9390.11  | 0.034 | 0.0010                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 14085.17 | 0.032 | 0.0022                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 18780.23 | 0.03  | 0.0037                 |
| 1x7 (55° pahlı)                                                         | 30    | 996                              | 0.00079               | 0.1308     | 8575.30  | 0.034 | 0.0010                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.1962     | 12862.95 | 0.032 | 0.0022                 |
|                                                                         |       |                                  |                       | 0.2616     | 17150.60 | 0.031 | 0.0038                 |

**Tablo 4.9.** Orifis ve akış şartlandırıcı plakaların yerel kayıp katsayı değerleri

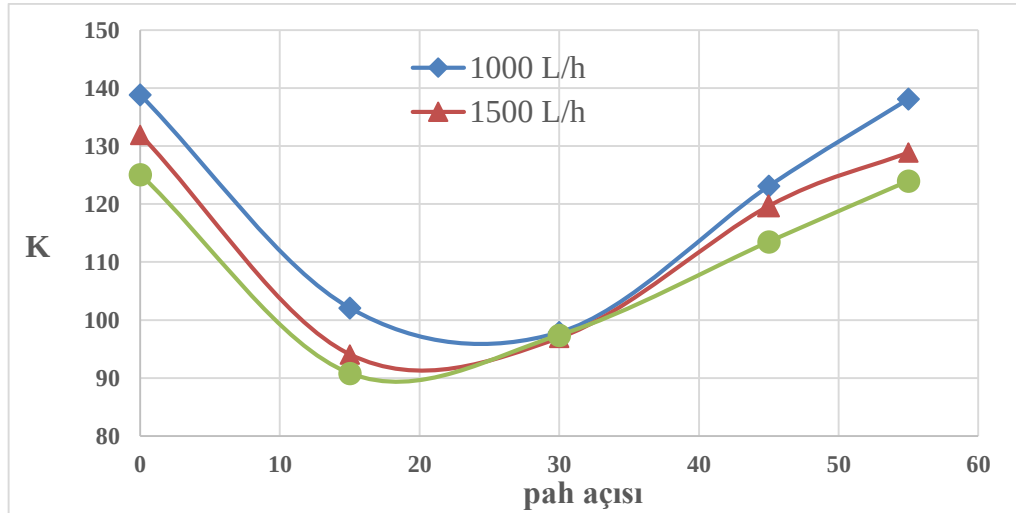
| Orifis plaka/<br>Şartlandırıcı | debi<br>(L/h) | V (m/s) | $h_g$<br>(cm) | $h_c$<br>(cm) | $h_k$<br>(cm) | $h_{k, \text{sürekli}}$<br>(cm) | $h_{k, \text{yerel}}$<br>(m) | K      |
|--------------------------------|---------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------|------------------------------|--------|
| Orifis plaka<br>(d=18 mm)      | 1000          | 0.1308  | 52.79         | 39.11         | 13.68         | 0.0011                          | 0.1357                       | 155.66 |
|                                | 1500          | 0.1962  | 59.07         | 29.71         | 29.36         | 0.0022                          | 0.2914                       | 148.53 |
|                                | 2000          | 0.2616  | 100.45        | 48.69         | 51.76         | 0.0037                          | 0.5139                       | 147.32 |
| Orifis plaka<br>(d=25 mm)      | 1000          | 0.1308  | 31.55         | 28.13         | 3.42          | 0.0011                          | 0.0331                       | 38.00  |
|                                | 1500          | 0.1962  | 60.19         | 53.48         | 6.71          | 0.0022                          | 0.0649                       | 33.09  |
|                                | 2000          | 0.2616  | 63            | 51.45         | 11.55         | 0.0037                          | 0.1118                       | 32.04  |
| 1x6x12                         | 1000          | 0.1308  | 36.81         | 34.55         | 2.26          | 0.0011                          | 0.0215                       | 24.70  |
|                                | 1500          | 0.1962  | 48.47         | 43.73         | 4.74          | 0.0022                          | 0.0452                       | 23.01  |
|                                | 2000          | 0.2616  | 67.65         | 59.83         | 7.82          | 0.0037                          | 0.0745                       | 21.35  |
| 1x7<br>(GO=0.25)               | 1000          | 0.1308  | 65.84         | 64.83         | 1.01          | 0.0010                          | 0.0091                       | 10.44  |
|                                | 1500          | 0.1962  | 50.41         | 46.69         | 3.72          | 0.0216                          | 0.0156                       | 7.93   |
|                                | 2000          | 0.2616  | 64.13         | 57.48         | 6.65          | 0.0036                          | 0.0629                       | 18.03  |
| 1x7 pahlısız                   | 1000          | 0.1308  | 65.44         | 53.23         | 12.21         | 0.0011                          | 0.1210                       | 138.80 |
|                                | 1500          | 0.1962  | 66.68         | 40.57         | 26.11         | 0.0022                          | 0.2589                       | 131.93 |
|                                | 2000          | 0.2616  | 88.97         | 44.95         | 44.02         | 0.0038                          | 0.4364                       | 125.09 |
| 1x7 (15° pahlı)                | 1000          | 0.1308  | 50.57         | 41.56         | 9.01          | 0.0011                          | 0.0890                       | 102.07 |
|                                | 1500          | 0.1962  | 51.51         | 32.83         | 18.68         | 0.0022                          | 0.1846                       | 94.06  |
|                                | 2000          | 0.2616  | 86.79         | 54.73         | 32.06         | 0.0038                          | 0.3168                       | 90.80  |
| 1x7 (30° pahlı)                | 1000          | 0.1308  | 49.16         | 40.52         | 8.64          | 0.0011                          | 0.0853                       | 97.87  |
|                                | 1500          | 0.1962  | 56.81         | 37.57         | 19.24         | 0.0022                          | 0.1902                       | 96.92  |
|                                | 2000          | 0.2616  | 83.2          | 48.84         | 34.36         | 0.0038                          | 0.3398                       | 97.40  |
| 1x7 (45° pahlı)                | 000           | 0.1308  | 44.67         | 33.83         | 10.84         | 0.0011                          | 0.1073                       | 123.09 |
|                                | 1500          | 0.1962  | 79.41         | 55.71         | 23.7          | 0.0022                          | 0.2348                       | 119.65 |
|                                | 2000          | 0.2616  | 90.12         | 50.16         | 39.96         | 0.0037                          | 0.3959                       | 113.49 |
| 1x7(55° pahlı)                 | 1000          | 0.1308  | 49.95         | 37.8          | 12.15         | 0.0011                          | 0.1204                       | 138.12 |
|                                | 1500          | 0962    | 78.32         | 52.81         | 25.51         | 0.0022                          | 0.2529                       | 128.87 |
|                                | 2000          | 0.2616  | 90.76         | 47.13         | 43.63         | 0.0038                          | 0.4325                       | 123.97 |

Şekil 4.4'te gözeneklilik oranı 0.1 olan 1x7 akış şartlandırıcı plakalar için yerel kayıp katsayısının pah açısına bağlı değişimi gösterilmiştir. Şekilde gösterildiği eğriler pah açısına bağlı olarak parabolik bir eğriye sahip olmuşlardır. Her akış debisi için eğriler incelendiğinde 18°-25° pah açılarında minimum değerlerin olduğu görülmektedir. Debinin artmasıyla minimum değer düşük pah açısına doğru kaymaktadır. Pahlısız 1x7 plakası ile (0°) ile 55° plakalar için yerel kayıp katsayılarının birbirlerin çok yakın olduğu

görülmektedir. Grafik genel olarak incelendiğinde tüm akış debilerinde pah açısına bağlı olarak eğrilerin hemen birbirine paralel oldukları görülür. Şekilde yerel kayıp katsayısında azalma ve artma gözlemlenmektedir. Ayrıca tüm plakalar incelendiğinde debinin artmasıyla kayıp katsayısının azaldığı görülmektedir. Şekilde 30° pah açılı plaka 1000 L/h, 1500 L/h ve 2000 L/h debilerinde aynı yerel kayıp katsayısına sahip olmuştur.

Ayrıca 18°-25° arası pah açılarındaki minimum yerel kayıp katsayı değerleri pahsız plaka değerleriyle karşılaştırıldığında %30 oranında basınç kayıplarının azaldığı görülmektedir. Bu durumda pah açısının akış şartlandırıcılar plakalarda basınç kayıplarının önlenmesinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Sonuç olarak çok delikli akış şartlandırıcı plakalarda basınç kayıplarının azaltmak için en uygun açının 20° pah açısına yakın olduğu söylenebilir. Şekil’de görüldüğü gibi delikler pah edilmelidirler. 4 mm kalınlıkla plakalarda 2.5 mm derinlikli kenarları pah edildi. Bu derinliğin değiştirilmesiyle uygun pah açısının pahsız duruma göre ne kadar iyileştirme sağlayacağı ayrı bir sayısal çalışma gerektirmektedir. Ayrıca deneysel çalışma ile bulunan pah açısı ile değişim eğrilerinin (Düz, 2021)’ün sayısal çalışmasında tek delikli orifis plakası için bulduğu değişim eğrileri ile benzerlik göstermektedir. Bu sayısal çalışmada geniş bir Reynolds sayı aralığında (5000, 18400, 91100, 240000) orifis pah açısının basınç kaybına olan etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak (Düz, 2021) çalışmasında minimum yerel kayıp katsayılarının Reynolds sayısına bağlı olarak 20°-30° arasında oluştuğunu rapor etmişti. Literatürde çok delikli plakalarda basınç kaybının azaltmak için deliklerin 45° pah açısında pahlandığı görülmektedir (Gallagher ve vd., 1996; Guo ve vd., 2013).

Bu çalışmasında bulunan bulgular ise 45° pah açısının minimum yerel kayıp katsayısını üretmediği yerine 20° dolayında bir pah açısının daha iyi sonuçlar ürettiği göstermiştir. Bu deneysel çalışmada bulunan veriler düşük Reynolds sayıları için bulunmuş değerlerdir. Fakat optimum pah açısının Reynolds sayısı ile değişiminin pek fazla olmayacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.4. 1x7 akış şartlandırıcıların pah açısına bağlı yerel kayıp katsayıları grafiği

#### 4.4. Orifis Plakalarda Debi Kayıp Katsayısı

Orifis plaka öncesi tam gelişmiş bir akış sağlayan uzun boruyu kısaltmak için bu çalışmada akış şartlandırıcı plakalar deneysel olarak test edildi. Bu akış şartlandırıcı plakaların performansları ise orifis akış ölçerin debi ölçüm doğruluğu üzerindeki etkileriyle ölçüldü. Orifis akış ölçerlerin kullanılabilmesi için orifis plakasına yaklaşan akışın tam gelişmiş bir boru akışı olması gerektiği akış ölçer standartlarında bildirilmiştir. Yaklaşan akış tam gelişmiş akıştan uzak olması durumunda ise orifis akış ölçerin kalibre değerleri bozulacağından akış ölçer hatalı debi değerleri gösterecektir. Akış şartlandırma plakaları kısa boru mesafelerinde tam gelişmiş boru akış üretebilen cihazlardır. Kısa boru mesafesi ise akış şartlandırma plakasının geometrik tasarımına çok bağlıdır.

Bu tez çalışmasında seçilen akış şartlandırma plakaların orifis plaka debi ölçüm doğruluğuna olan etkileri orifis plakasının kısa boru kullanımında ölçtüğü basınç fark değerleri ile standart uzun boru kullanımda ölçtüğü basınç fark değerleriyle karşılaştırılarak ortaya çıkarılmıştır. Bunun için ilk önce orifis plaka üstakımında uzun bir boru kullanılarak orifis plakanın standartlarda belirtilen tam gelişmiş bir akış ile test edilmesi sağlandı. Bu standart orifis plaka akışlarında D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen basınç fark değerleri kullanılarak orifis plakanın debi kayıp katsayısı ( $C_{d,100D}$ ) hesaplandı. Literatürde bildirilen pek çok çalışmada uzun borulu standart orifis akışları için  $C_{d,100D}$  terimi kullanıldığından standart orifis akış ölçer için bu terim kullanıldı. Orifis akış ölçer standartlarında orifis öncesi tam gelişmiş bir akış sağlamak için minimum 100D

boru uzunluğu tavsiye edilmiştir (ISO 5167 ve BS 1042). Standartlar olası tüm akış durumları için bu boru uzunluğunu tavsiye etmişlerdir. Halbuki pek çok deneysel çalışmada minimum 30D boru uzunluğuna kadar da tam gelişmiş akışın sağlandığı bildirilmiştir. Tam gelişmiş akış için boru uzunluğu akış türüne (laminer ve türbülans) ve Reynolds sayısına bağlı olarak değişebilmektedir (Çengel vd. 2008). Orifis akış ölçerler bu uzunluklarda da standartlara uyan doğrulukta debiyi ölçebilmektedirler. Daha sonra orifis plaka üst akımında kısa borular kullanılarak orifis plaka şartlandırıcısız ve şartlandırıcılı bir akışa karşı test edildi. Bu testlerde ise orifis plakanın D ve D/2 basınç musluklarından ölçülen basınç fark değerleri kullanılarak orifis plakanın bu test akışındaki debi kayıp katsayısı ( $C_d$ ) hesaplandı. Akış şartlandırma plakasının kullanımı ile bulunan bu  $C_d$  değerleri  $C_{d,100D}$  ile karşılaştırıldı ve yüzdelik sapma miktarı hesaplandı. Bu sapma miktarı akış şartlandırıcılı durumda orifis akış ölçerin debi ölçümünde oluşacak hatayı göstermektedir. Bu kısımda, hesaplanan debi ölçüm hataları kullanılarak akış şartlandırma plakaları performans yönünden incelenmiştir.

Orifis plaka debi kayıp katsayıları Denklem (4.4) kullanılarak hesaplandı.

$$\dot{V} = A_o \cdot C_d \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{(1 - \beta^4)}} \quad (4.4)$$

Burada;

$\dot{V}$  : Hacimsel akış debisidir (  $m^3 / s$  )

$A_o$  : Orifis kesit alanıdır (  $m^2$  )

$C_d$  : Debi kayıp katsayısıdır

$g$  : Yerçekimi ivmesidir (  $9,81 m/s^2$  )

$h_1$  : D mesafesinde hidrostatik basınç yükseklik değeridir (cm)

$h_2$  : D/2 mesafesinde hidrostatik basınç yükseklik değeridir (cm)

$\beta$  : Orifis plaka çapının boru çapına oranıdır ( $d/D$ )

Tablo 4.10 orifis öncesi standart uzun boru kullanımında orifis plaka akışından elde edilen verilerden hesaplanan debi kayıp katsayıları gösterilmiştir. Kısa boru kullanımında orifis plaka ile yapılan ölçümlerden oluşacak debi ölçüm hatası aşağıdaki denklemden hesaplanmıştır.

$$\text{Debi ölçüm hatası (\%)} = \frac{C_d - C_{d,100D}}{C_{d,100D}} \times 100 \quad (4.5)$$

Tablo 4.11 ve 4.12’de orifis öncesi  $L_1$  kısa boru kullanımında ve  $d=18$  mm orifis plakası takılıyken akış şartlandırıcısız ve akış şartlandırıcılı durumlar için  $D$  ve  $D/2$  basınç musluklarından elde edilen verilerden hesaplanan debi kayıp katsayıları ve debi ölçüm hatası örnek amaçlı verilmiştir.  $L_1$  ve  $L_2$  kısa boru kullanımlarında  $d=18$  mm ve  $d=25$  mm orifis plakaları ile gerçekleştirilen test akışlarından elde edilen veriler ve bu verilerden hesaplanan debi kayıp katsayıları ve debi ölçüm hataları ise Ekler 4 kısmında  $D_1$ - $D_{10}$  arası tablolarda verilmiştir.

**Tablo 4.10.** Orifis öncesi standart uzun boru kullanımında orifis plaka ölçüm verileri ve bu verilerden hesaplanan standart debi kayıp katsayısı

| Orifis plaka öncesi standart tam gelişmiş boru akışı ile sağlanan veriler |            |            |                          |                     |                     |                                     |                     |               |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|------------|--------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------|
| Orifis plaka                                                              | Beta (d/D) | Debi (L/h) | Debi (m <sup>3</sup> /s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> -h <sub>2</sub> (cm) | C <sub>d,100D</sub> | Sıcaklık (°C) |
| d=18 mm                                                                   | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 51.92               | 37.05               | 0.14                                | 0.634               | T=35 °C       |
|                                                                           | 0.346      | 1500       | 0.000416                 | 57.88               | 24.78               | 0.33                                | 0.637               |               |
|                                                                           | 0.346      | 2000       | 0.000555                 | 98.72               | 40.15               | 0.58                                | 0.639               |               |
| d=25 mm                                                                   | 0.480      | 1000       | 0.000277                 | 30.87               | 27.23               | 0.03                                | 0.652               | T=37 °C       |
|                                                                           | 0.480      | 1500       | 0.000416                 | 59.55               | 51.55               | 0.08                                | 0.660               |               |
|                                                                           | 0.480      | 2000       | 0.000555                 | 62.19               | 47.89               | 0.14                                | 0.658               |               |

**Tablo 4.11.**  $L_1$  boru kullanımında  $d=18$  mm orifis plakası takılı iken bulunan debi kayıp katsayısı ve debi ölçüm hatası (%20 açık vana)

| (Orifis plaka: $d=18$ mm, $L_1=10.5$ cm ) %20 açık vana |                   |               |                     |               |               |                     |       |             |             |
|---------------------------------------------------------|-------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------|-------|-------------|-------------|
| Şartlandırıcı                                           | Beta<br>( $d/D$ ) | Debi<br>(L/h) | debi<br>( $m^3/s$ ) | $h_1$<br>(cm) | $h_2$<br>(cm) | $h_1 - h_2$<br>(cm) | $C_d$ | $C_{d,10D}$ | Hata<br>(%) |
| 1x6x12                                                  | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 54.45         | 39.93         | 0.14                | 0.642 | 0.634       | 1.198       |
|                                                         |                   | 1500          | 0.000416            | 81.09         | 49.52         | 0.31                | 0.653 | 0.638       | 2.384       |
|                                                         |                   | 2000          | 0.000555            | 94.28         | 39.09         | 0.55                | 0.659 | 0.639       | 3.017       |
| 1x7(GO=0.25)                                            | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 33.99         | 19.51         | 0.14                | 0.643 | 0.634       | 1.338       |
|                                                         |                   | 1500          | 0.000416            | 54.63         | 23.09         | 0.31                | 0.653 | 0.638       | 2.433       |
|                                                         |                   | 2000          | 0.000555            | 80.05         | 24.91         | 0.55                | 0.659 | 0.639       | 3.063       |
| 1x7 pahsız                                              | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 54.95         | 40.19         | 0.14                | 0.637 | 0.634       | 0.372       |
|                                                         |                   | 1500          | 0.000416            | 68.61         | 37.97         | 0.30                | 0.663 | 0.638       | 3.926       |
|                                                         |                   | 2000          | 0.000555            | 80.41         | 27.28         | 0.53                | 0.671 | 0.639       | 4.995       |
| 1x7 (15° pahlı)                                         | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 55.52         | 41.75         | 0.13                | 0.659 | 0.634       | 3.917       |
|                                                         |                   | 1500          | 0.000416            | 51.41         | 20.29         | 0.31                | 0.658 | 0.638       | 3.122       |
|                                                         |                   | 2000          | 0.000555            | 85.68         | 31.84         | 0.53                | 0.667 | 0.639       | 4.300       |
| 1x7 (30° pahlı)                                         | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 49.07         | 34.4          | 0.14                | 0.639 | 0.634       | 0.679       |
|                                                         |                   | 1500          | 0.000416            | 68.24         | 37.2          | 0.31                | 0.659 | 0.638       | 3.255       |
|                                                         |                   | 2000          | 0.000555            | 88            | 33.85         | 0.54                | 0.665 | 0.639       | 4.001       |
| 1x7 (45° pahlı)                                         | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 46.09         | 32.17         | 0.13                | 0.656 | 0.634       | 3.356       |
|                                                         |                   | 1500          | 0.000416            | 52.79         | 21.8          | 0.31                | 0.659 | 0.638       | 3.338       |
|                                                         |                   | 2000          | 0.000555            | 85.56         | 28.23         | 0.57                | 0.646 | 0.639       | 1.076       |
| 1x7 (55° pahlı)                                         | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 30.97         | 16.04         | 0.14                | 0.633 | 0.634       | 0.201       |
|                                                         |                   | 1500          | 0.000416            | 65.25         | 33.05         | 0.32                | 0.647 | 0.638       | 1.378       |
|                                                         |                   | 2000          | 0.000555            | 91.04         | 33.8          | 0.57                | 0.647 | 0.639       | 1.155       |
| Şartlandırıcısız                                        | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 47.75         | 34            | 0.13                | 0.660 | 0.634       | 3.993       |
|                                                         |                   | 1500          | 0.000416            | 80.24         | 51.44         | 0.28                | 0.684 | 0.638       | 7.195       |
|                                                         |                   | 2000          | 0.000555            | 87.2          | 36.15         | 0.51                | 0.685 | 0.639       | 7.112       |

**Tablo 4.12.**  $L_1$  boru kullanımında  $d=18$  mm orifis plakası takılı iken bulunan debi kayıp katsayısı ve debi ölçüm hatası (%50 açık vana)

| (Orifis plaka: $d=18$ mm, $L_1=10.5$ cm) %50 açık vana |                   |               |                     |               |               |                   |       |              |             |
|--------------------------------------------------------|-------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|-------------------|-------|--------------|-------------|
| Şartlandırıcı                                          | Beta<br>( $d/D$ ) | Debi<br>(L/h) | debi<br>( $m^3/s$ ) | $h_1$<br>(cm) | $h_2$<br>(cm) | $h_1-h_2$<br>(cm) | $C_d$ | $C_{d,100D}$ | Hata<br>(%) |
| 1x6x12                                                 | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 54.85         | 39.93         | 0.1492            | 0.633 | 0.634        | 0.168       |
|                                                        |                   | 1500          | 0.000416            | 65.67         | 32.68         | 0.3299            | 0.639 | 0.638        | 0.156       |
|                                                        |                   | 2000          | 0.000555            | 85.27         | 26.21         | 0.5906            | 0.637 | 0.639        | 0.416       |
| 1x7(GO=0.25)                                           | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 46.21         | 31.4          | 0.1481            | 0.336 | 0.634        | 0.202       |
|                                                        |                   | 1500          | 0.000416            | 67.29         | 35.16         | 0.3213            | 0.647 | 0.638        | 1.488       |
|                                                        |                   | 2000          | 0.000555            | 82.17         | 25.51         | 0.5666            | 0.650 | 0.639        | 1.672       |
| 1x7 pahsız                                             | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 49.64         | 35.35         | 0.1429            | 0.647 | 0.634        | 2.009       |
|                                                        |                   | 1500          | 0.000416            | 55.23         | 24.15         | 0.3108            | 0.658 | 0.638        | 3.188       |
|                                                        |                   | 2000          | 0.000555            | 77.39         | 23.13         | 0.5426            | 0.664 | 0.639        | 3.896       |
| 1x7(15° pahlı)                                         | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 51.15         | 36.44         | 0.1471            | 0.638 | 0.634        | 0.542       |
|                                                        |                   | 1500          | 0.000416            | 56.79         | 24.32         | 0.3247            | 0.644 | 0.638        | 0.955       |
|                                                        |                   | 2000          | 0.000555            | 85.01         | 28.61         | 0.564             | 0.651 | 0.639        | 1.906       |
| 1x7(30° pahlı)                                         | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 50.39         | 36.15         | 0.1424            | 0.648 | 0.634        | 2.188       |
|                                                        |                   | 1500          | 0.000416            | 49.56         | 19.05         | 0.3051            | 0.664 | 0.638        | 4.148       |
|                                                        |                   | 2000          | 0.000555            | 85.07         | 31.61         | 0.5346            | 0.669 | 0.639        | 4.670       |
| 1x7(45° pahlı)                                         | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 47.81         | 33.71         | 0.141             | 0.651 | 0.634        | 2.694       |
|                                                        |                   | 1500          | 0.000416            | 70.32         | 40.05         | 0.3027            | 0.667 | 0.638        | 4.560       |
|                                                        |                   | 2000          | 0.000555            | 85.99         | 32.31         | 0.5294            | 0.668 | 0.639        | 4.456       |
| 1x7(55° pahlı)                                         | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 39.56         | 25.05         | 0.1451            | 0.642 | 0.634        | 1.233       |
|                                                        |                   | 1500          | 0.000416            | 69.23         | 38.43         | 0.308             | 0.661 | 0.638        | 3.656       |
|                                                        |                   | 2000          | 0.000555            | 89.12         | 35.81         | 0.5331            | 0.670 | 0.639        | 4.817       |
| Şartlandırıcısız                                       | 0.346             | 1000          | 0.000277            | 50.29         | 35.63         | 0.1466            | 0.639 | 0.634        | 0.714       |
|                                                        |                   | 1500          | 0.000416            | 67.56         | 36.77         | 0.3079            | 0.661 | 0.638        | 3.673       |
|                                                        |                   | 2000          | 0.000555            | 87.43         | 31.79         | 0.5564            | 0.656 | 0.639        | 2.599       |

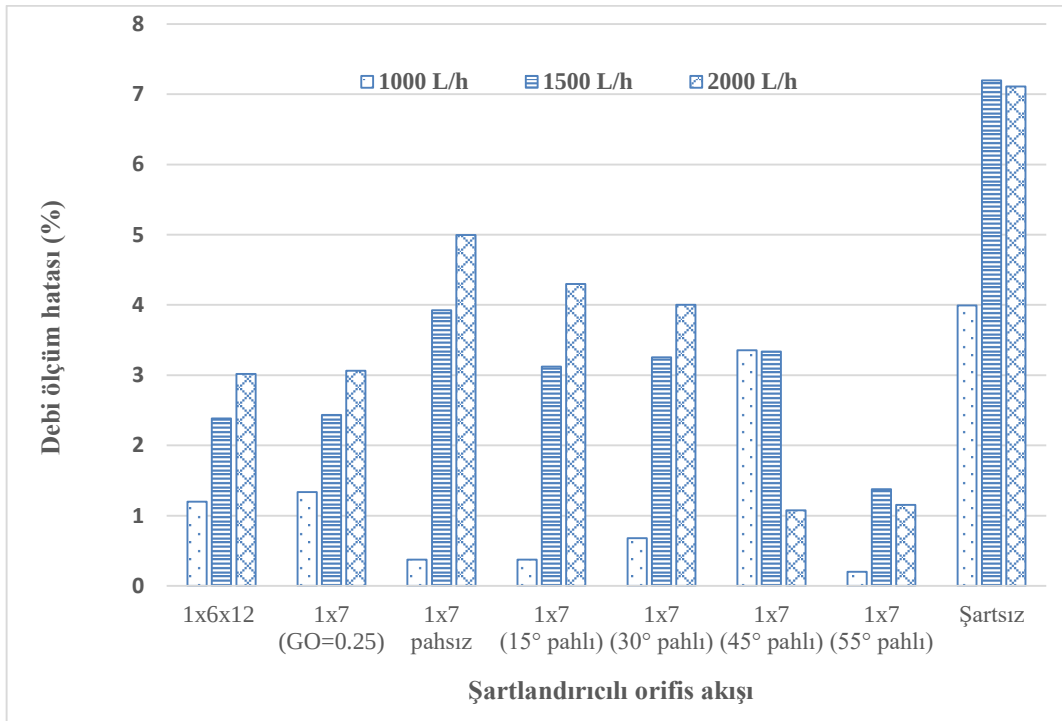
#### 4.4.1. Debi ölçüm hatasının analiz edilmesi

##### 4.4.1.1 $d=18$ mm orifis plakası öncesi $L_1$ ve $L_2$ durumunda debi ölçüm hatası

Bu kısımda ekler kısmında  $D_1$ - $D_{10}$  arası tablolarında verilen orifis plaka debi ölçüm hataları grafiksel yöntem kullanılarak görselleştirilmiş ve analiz edilmiştir. Grafiksel yöntemde akış şartlandırma plakaların orifis plaka ölçüm doğruluğu üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Burada kısa boru mesafesi, açık vana durumu

ve orifis beta oranı ile olan değişimler gözlemlenmiş ve şartlandırıcısız duruma göre akış şartlandırma plakasının debi ölçüm doğruluğu üzerindeki performansı belirlenmeye çalışılmıştır.

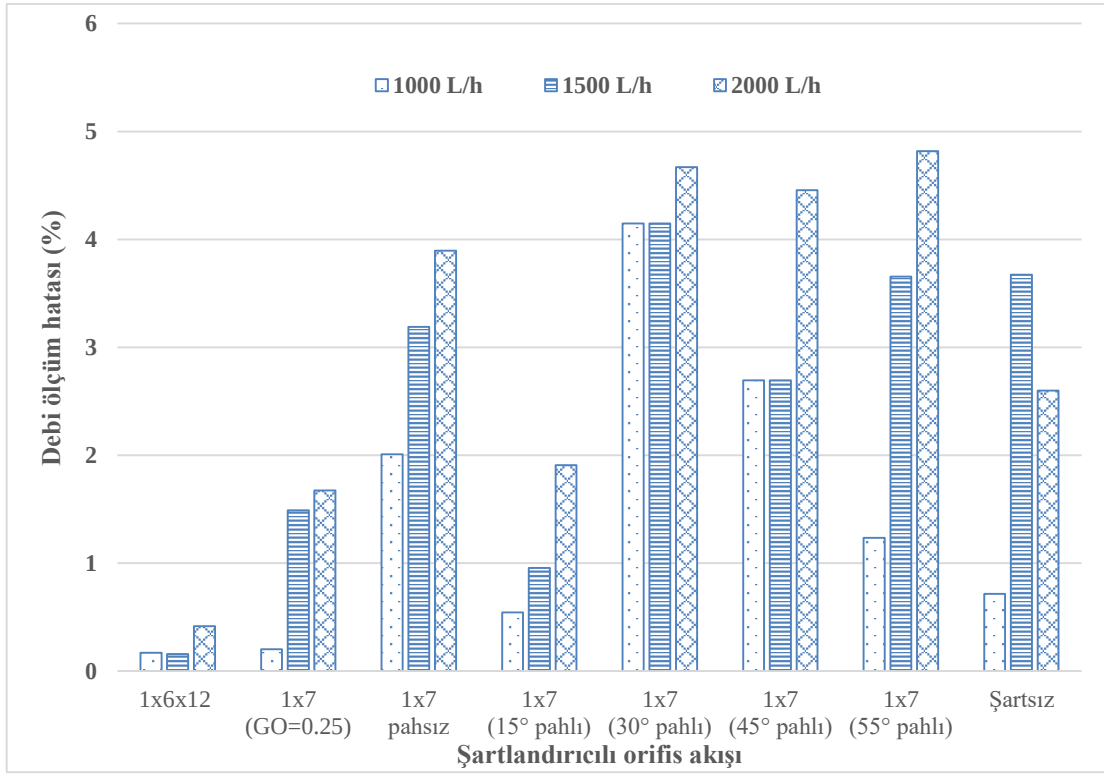
Şekil 4.5'te orifis öncesi  $L_1$  kısa boru kullanımında  $d=18$  mm orifis plakası takılı iken %20 açık vana durumunda şartlandırıcılı ve şartlandırıcısız test akışlarında oluşan debi ölçüm hataları sütun grafik kullanılarak gösterilmiştir. Şekilde 1000 (L/h), 1500 (L/h) ve 2000 (L/h) debilerinde oluşan debi ölçüm hataları yanyana sütunlar şeklinde verilmiştir. Şekil 4.5 gözlemlendiğinde  $L_1$  kısa boru kullanımında akış şartlandırma plakasının kullanılmadığı şartlandırıcısız sütun grafiği incelendiğinde 1000-1500-2000 L/h debilerinde sırasıyla %4-%7.1-%7 değerlerinde debi ölçüm hatasının olduğu görülmektedir. Akış debisi olan değişimde genel bir değerlendirme yapılırsa: 1500-2000 L/h debilerinde oluşan debi ölçüm hatasının yakın olduğu fakat 1000 L/h debi de ise ölçüm hatasının bunlarda çok daha düşük olduğu görülmektedir. Şartlandırıcısız duruma göre şartlandırma plakası kullanıldığında debi ölçüm hatasının önemli oranda düştüğü görülmektedir. 1x7 (55° pahlı) akış şartlandırıcı plaka diğer akış şartlandırıcı plakalara göre çok daha düşük bir debi ölçüm hatasına sahip olmuştur.



Şekil 4.5.  $d=18$  mm orifis plaka üstakımı  $L_1$  boru kullanımında %20 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası

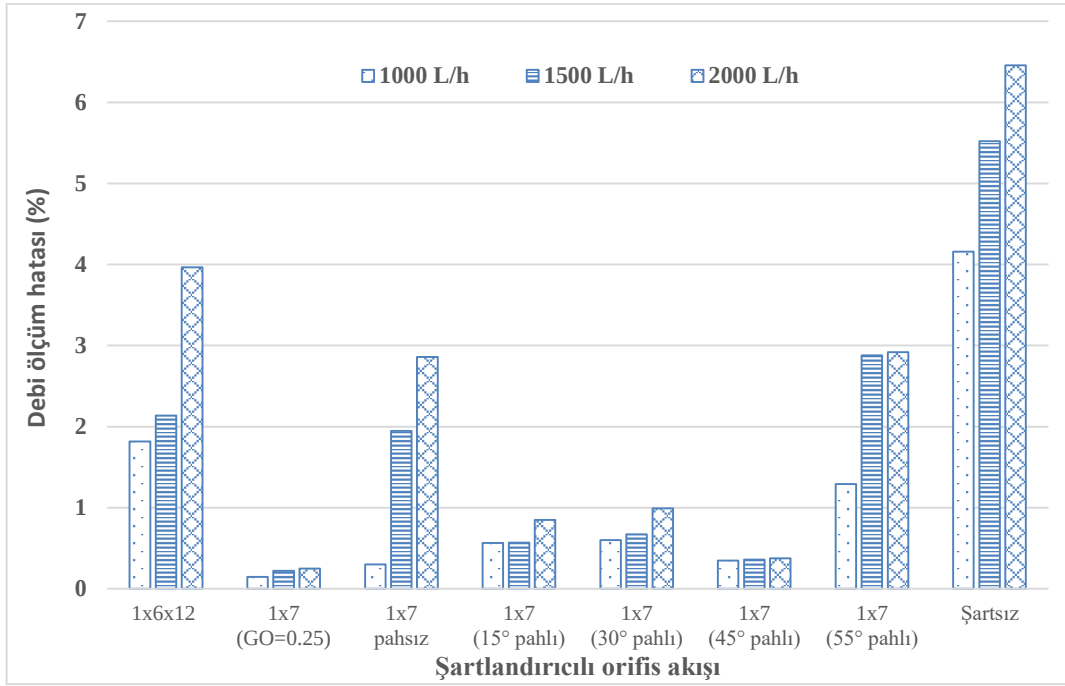
$L_1$  kısa boru kullanımında  $d=18$  mm orifis plakası takılı iken %50 açık vana durumunda şartlandırıcılı ve şartlandırıcısız test akışlarında oluşan debi ölçüm hataları Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şartlandırıcısız durum için Şekil 4.6 ve Şekil 4.5 karşılaştırıldığında vananın %20 açık durumunda %50 açık durumuna getirilmesiyle debi ölçüm hatasının düştüğü görülmektedir. Fakat akış şartlandırıcının olduğu durumlar karşılaştırıldığında ise vananın daha da açılması debi ölçüm hatası üzerinde pek etkili olmadığı görülebilmektedir. Şekil 4.6'da gösterildiği  $1 \times 6 \times 12$  plakası çok düşük debi ölçüm hatası ile diğerlerine göre çok iyi sonuç üretmiştir. Ayrıca vananın %20'den %50 ye doğru daha fazla açılmasıyla  $1 \times 6 \times 12$  plakasının debi ölçüm hatasını çok düşürdüğü görülmektedir. Ayrıca  $1 \times 7$  ( $GO = 0.25$ ) ve  $1 \times 7$  ( $15^\circ$  pahlı) plakaları diğer  $1 \times 7$  plakalarına göre ve şartlandırıcısız duruma göre ölçüm hatası daha düşük olmuştur. %20 vana açıkken iyi sonuç üreten  $1 \times 7$  ( $55^\circ$  pahlı) plaka vananın daha da açılmasıyla debi ölçüm hatasını iki-üç kat kadar artırmıştır.

Sonuç olarak vananın daha da açılması şartlandırıcısız durumda ölçüm hatasını düşürürken şartlandırıcılı durumda pek etkili olmadığı ve aksine en düşük debide ölçüm hatasını arttırdığı görülmektedir. Vananın daha da açılması ile  $1 \times 6 \times 12$  plakasında çok iyi sonuç ürettiği söylenebilir. Ayrıca  $1 \times 7$  plakasında pah açısının pahsız duruma göre genel olarak debi ölçüm hatasını çok düşürmesi veya artırması gibi bir etkisinin olmadığı Şekil 4.6 ve Şekil 4.5 incelendiğinde görülebilmektedir. Ayrıca  $1 \times 7$  ( $GO=0.25$ ) plakası  $1 \times 7$  pahsız plakası göre her iki açık vana durumunda da daha düşük debi ölçüm hatasına sahip olduğu görülmektedir. Burada  $1 \times 7$  ( $GO=0.25$ ) plakası  $1 \times 7$  pahsız plakasına göre gözeneklik oranı daha büyük olduğundan daha düşük bir basınç kaybına sahiptir. Dolayısıyla test edilen tüm  $1 \times 7$  plakaları arasında  $1 \times 7$  ( $GO=0.25$ ) iyi bir akış şartlandırma plakası olmaktadır. Uzun borulu orifis akış ölçerlerinde hata oranı %1 altında olduğundan kullanılacak akış şartlandırma plakası ancak %1'in altında bir debi ölçüm hatası sağlayabildiğinde kullanılabilecektir. Şekil 4.6 ve Şekil 4.5 incelendiğinde ise sadece %50 debi durumunda  $1 \times 6 \times 12$  plakasının bu oranın altında bir oran sağladığı görülebilmektedir.



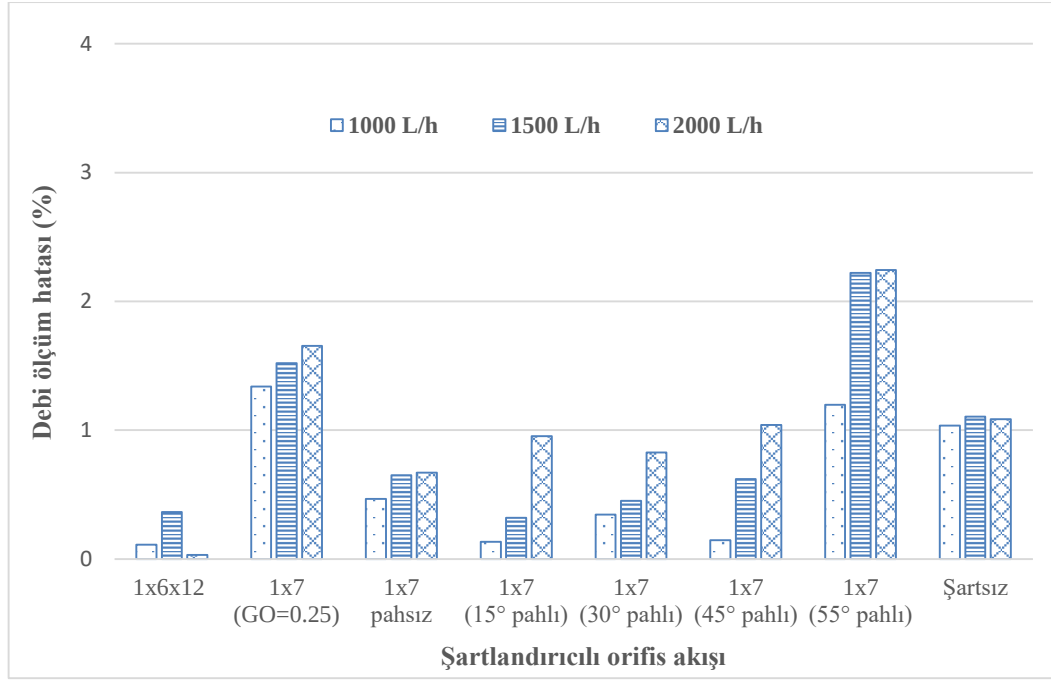
**Şekil 4.6.**  $d=18$  mm orifis plaka üstakımı  $L_1$  boru kullanımında %50 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası

Aşağıda verilen Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de  $L_2$  kısa borusu kullanımında  $d=18$  mm çaplı orifis plakası takılı iken şartlandırıcısız ve şartlandırıcılı akış durumlarında orifis akış ölçerlerde oluşan debi ölçüm hatası sırasıyla %20 açık vana ve %50 açık vana durumları için verilmiştir. Şekil 4.7 incelendiğinde %20 açık vana durumu için şartlandırıcısız durumda debi ölçüm hatasının yüksek olduğu şartlandırıcı plakaların kullanması durumunda ise debi ölçüm hatasını yeterince düşürdükleri görülmektedir. Şekil 4.7’de özellikle 1x7 plakaların 1x6x12 plakasına göre çok daha iyi sonuçlar ürettiği görülmektedir.



**Şekil 4.7.** d=18 mm orifis plaka üstakımı L<sub>2</sub> boru kullanımında %20 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası

Burada 1x7 (GO=0.25), 1x7 (15° pahlı), 1x7 (30° pahlı) ve 1x7 (45° pahlı) plakalar %1 altında bir debi ölçüm hatasıyla diğerlerine göre daha iyi bir akış şartlandırıcı olmaktadır. Bu dört tane 1x7 plakasının diğer iki 1x7 plakasından farkı ise yerel basınç kayıp katsayılarının daha düşük olmasıdır. Bu da ayrı bir avantaj sağlamaktadır. %50 açık vana durumu için Şekil 4.8 incelendiğinde ise şartlandırıcısız akışta %1 civarında bir ölçüm hatasının olduğu görülmektedir. Şekilde 1x7 akış şartlandırıcı plakaların kullanımında ise şartlandırıcısız duruma yakın debi ölçüm hatasına neden oldukları görülür. Akış şartlandırıcı plakalar arasında 1x6x12 plakasının şartlandırıcısız duruma göre debi ölçüm hatasını oldukça düşürdüğü görülmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında L<sub>1</sub> ve L<sub>2</sub> kısa boru kullanımlarının her ikisinde de 1x6x12 plakası %50 açık vana durumunda debi ölçüm hatası %0.5 altında olup performansı oldukça yüksek bir akış şartlandırıcısı olduğu görülür. Bu durum %50 açık olan vananın çıkışında üretilen hız profilinin %20 açık vana durumuna göre daha az çarpık olması ile ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla 1x6x12 plakası hız profili daha az çarpık bir bozuk akışı kısa boru mesafesinde tam gelişmiş bir boru akışına dönüştürebilmektedir. Sonuç olarak 1x6x12 plakası üstakım hız profili çarpıklık derecesine çok hassas olduğu çarpıklığın artmasıyla debi ölçüm hatasını çok artırdığı görülmektedir.



**Şekil 4.8.** d=18 mm orifis plaka üstakımı L<sub>2</sub> boru kullanımında %50 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası

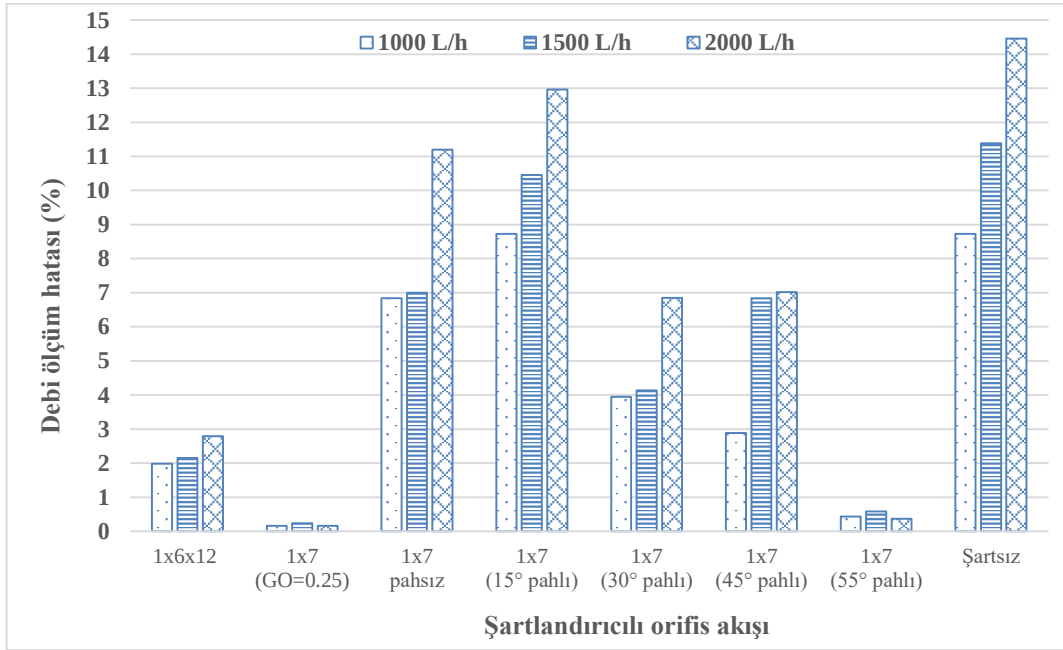
Genel bir değerlendirme olarak d=18 mm orifis plaka üstakımında L<sub>2</sub> kısa borusu kullanımında 1x7 (15° pahlı), 1x7 (30° pahlı), ve 1x7 (45° pahlı) akış şartlandırma plakalarının her iki vana durumunda da (%20 açık, %50 açık) %1'den daha az bir debi ölçüm hatasına neden olduklarından performansı yüksek bir akış şartlandırıcısı olmuştur.

Bu durumda bu üç akış şartlandırma plakası üstakım hız profili çarpıklık derecesine pek hassas olmadıkları söylenebilir.

#### 4.4.1.2 d=25 mm orifis plakası öncesi L<sub>1</sub> ve L<sub>2</sub> durumunda debi ölçüm hatası

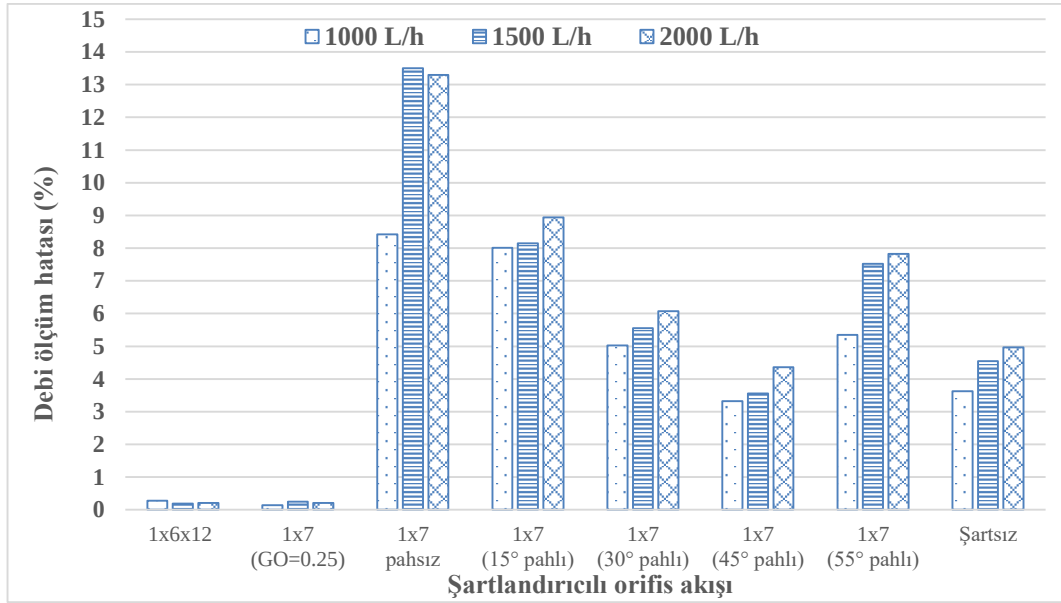
d=25 mm orifis plaka öncesi L<sub>1</sub> kısa boru kullanımında %20 açık vana durumunda oluşan debi ölçüm hataları Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Şartlandırıcısız durumda debi ölçüm hatasının %10-14 arasında olduğu görülmektedir. Şekil 4.5 ve Şekil 4.9 da verilen şartlandırıcısız durumlar karşılaştırıldığında orifis çapının artması ile debi ölçüm hatasının arttığı görülmektedir. d=25 mm orifis plakası d=18 mm orifis plakasına göre hemen hemen iki katı bir debi ölçüm hatasına neden olmuştur. Şekil 4.9 incelendiğinde 1x7 (GO=0.25) ve 1x7 (55° pahlı) akış şartlandırma plakalarının diğerlerine göre oldukça

düşük bir debi ölçüm hatası sağlamışlardır. Aynı şekilde 1x6x12 plakasında %2 civarında bir debi ölçüm hatası ile şartlandırıcısız duruma göre iyi bir performans göstermiştir.



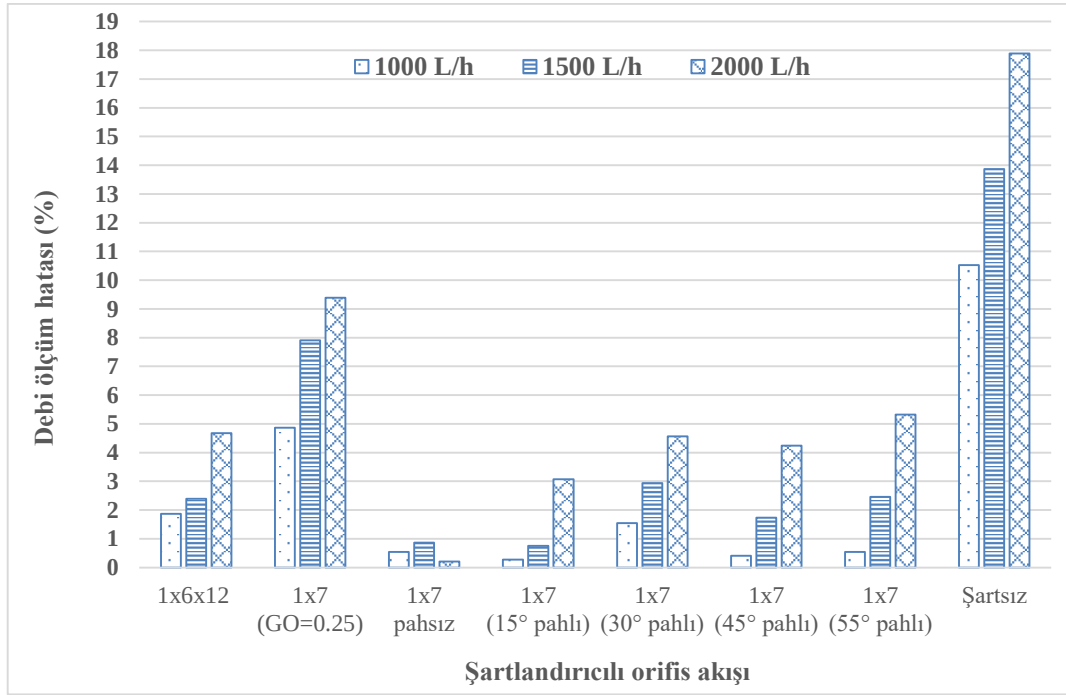
**Şekil 4.9.** d=25 mm orifis plaka üstakımı L<sub>1</sub> boru kullanımında %20 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası

Şekil 4.10 L<sub>1</sub> boru kullanımında %50 açık vana durumunda debi ölçüm hatasını göstermiştir. Şartlandırıcısız durumda yüksek oranda bir debi ölçüm hatasının olduğu görülür. Şekilde gösterildiği gibi 1x6x12 ve 1x7 (GO=0.25) plakaları şartlandırıcısız duruma göre oldukça düşük bir debi ölçüm hatası üretmişlerdir. 1x7 (GO=0.25) plakası vana açıklığının her iki durumunda da %0.5 altında olan bir oranla çok iyi düşük bir debi ölçüm hatası sağlamıştır. Vananın açıklığının artırılması ile 1x6x12 plakasındaki debi ölçüm hatası %2'den %0.5 altına düşmüştür. Burada L<sub>1</sub> borusu kullanımında her iki vana oranında orifis çapının artırılması 1x6x12 plakası üzerinde pek etkili olmadığı Şekil 4.5-4.10 arası şekiller incelendiğinde görülebilmektedir. Şekil 4.10'da görüldüğü gibi L<sub>1</sub> ve %50 açık vana durumunda 1x6x12 ve 1x7 (GO=0.25) plakaları dışındaki diğer akış şartlandırma plakaları şartlandırıcısız duruma göre debi ölçüm hatasını artırmışlardır.

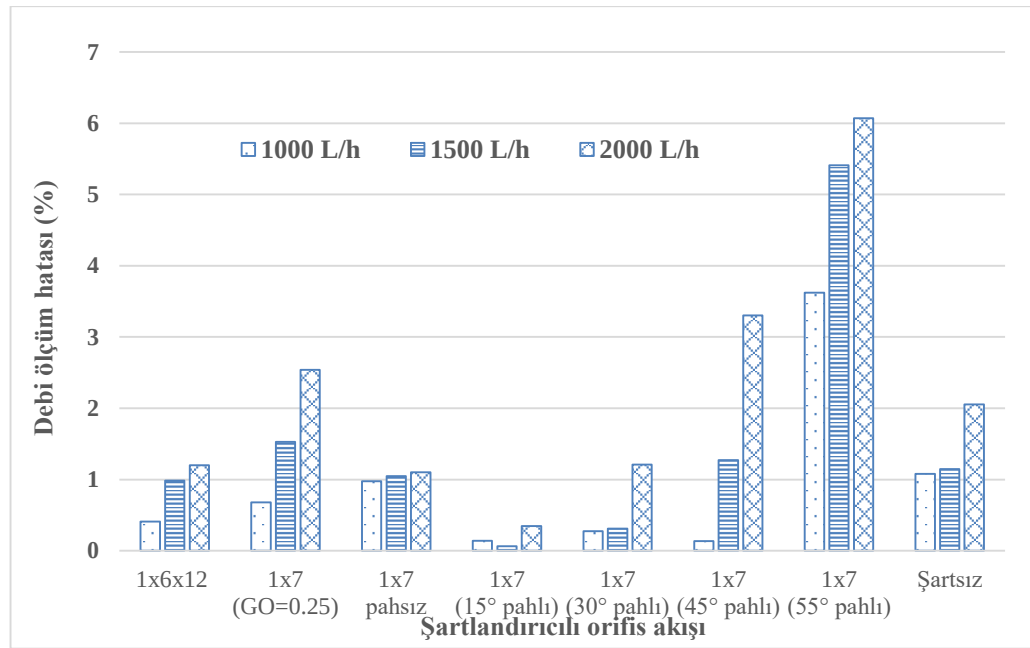


**Şekil 4.10.**  $d=25$  mm orifis plaka üstakımı  $L_1$  boru kullanımında %50 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası

Şekil 4.11 ve 4.12’de  $d=25$  mm orifis plaka üst akımında  $L_2$  borusu kullanımında vananın %20 ve %50 açık durumları için debi ölçüm hataları gösterilmiştir. Şekil 4.11’de gösterildiği gibi %20 açık vana durumunda şartlandırıcısız akışta %11-18 aralığında yüksek bir debi ölçüm hatası oluşmuştur. Şartlandırıcısız durumla karşılaştırıldığında akış şartlandırıcı plakaların debi ölçüm hatasını iyice düşürebildikleri görülmektedir. 1x7 (GO=0.25) plakası dışındaki diğer akış şartlandırma plakaları yaklaşık %5 altındaki debi ölçüm hatası ile iyi bir akış şartlandırıcı özellik göstermişlerdir.  $L_2$  boru kullanımında ve %50 açık vana durumlarında verilerin sunulduğu Şekil 4.12 incelendiğinde ise vana açıklığının artmasıyla şartlandırıcısız akış durumunda debi ölçüm hatasının oldukça azaldığı görülmektedir. Şekil 4.12’de görüldüğü gibi 1x6x12, 1x7 (paksız), 1x7 (15°), 1x7 (30°) akış şartlandırma plakaları %1’in altında bir debi ölçüm hatası sağlayarak iyi bir performans göstermelerine rağmen şartlandırıcısız duruma göre az biraz iyileşme sağladıkları görülmektedir.



Şekil 4.11. d=25 mm orifis plaka üstakımı L<sub>2</sub> boru kullanımında %20 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası



Şekil 4.12. d=25 mm orifis plaka üstakımı L<sub>2</sub> boru kullanımında %50 açık vana durumlu akışta oluşan debi ölçüm hatası

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuç

Bu tezde basınç kaybı az ve akışı kısa boru mesafesinde tam gelişmiş akışa dönüştürebilen bir akış şartlandırıcısını bulmak amacıyla çok delikli akış şartlandırma plakaları deneysel yöntemle test edilip analiz edilmişlerdir. Bunun için gözenekliliği 0.25 olan 1x7 (GO=0.25) isimli plaka ve gözenekliliği 0.1 olan 1x7 pahsız isimli plaka akış şartlandırma plakaları olarak seçildi. Bu tez çalışması 1x7 plakasının (8 delikli) akış şartlandırma etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla yapıldı. Burada 1x7 pahsız isimli plakadan delikleri farklı açıda pahlanmış 1x7 (15° pahlı), 1x7 (30° pahlı), 1x7 (45° pahlı), ve 1x7 (55° pahlı) olmak üzere dört farklı plaka daha imal edildi. Bu plaka tipinde pah açısının (15°, 30°, 45°, 55°) basınç kaybı üzerindeki etkileri ve akış şartlandırmadaki etkileri araştırıldı. Ayrıca 1x6x12 Laws isimli plaka karşılaştırma amacıyla kullanıldı.

Deneylerde orifis akış ölçer olarak iki orifis plakası kullanıldı ( $\beta=0.346$  ve  $\beta=0.480$ ). Her bir plaka takılı durumdayken 1000, 1500, 2000 L/h olmak üzere üç farklı akış debisi ile test edildi. Deneylerde ilk önce plaka öncesi uzun boru kullanılarak iki orifis plakasının standart  $C_{d,100D}$  değerleri ve şartlandırıcı plakaların ise basınç kayıp katsayıları (K) tam gelişmiş boru akışından fark basınçlar ölçülerek elde edildi. Daha sonra orifis plaka, üstakımında  $L_1$  (2D) ve sonra  $L_2$  (3D) boru mesafesinde bulunan küresel bir vana'ya karşı arada şartlandırma plakası yokken ve şartlandırma plakası varken test edildi ve  $C_d$  değerleri elde edildi. Burada  $L_1$  ve  $L_2$  kısa boru kullanımı ile akış şartlandırma plakasının debi ölçüm doğruluğu üzerindeki etkisi incelendi. Test plakaları, her debide küresel vana %20 açık ve %50 açık iken test edildi. Burada vana sonrası akış bozukluk derecesinin plaka debi ölçüm doğruluğu üzerindeki etkisi araştırıldı. Bulunan  $C_d$  değerlerinin  $C_{d,100D}$  değerlerinden yüzde sapma miktarları hesaplandı ve her test akışındaki debi ölçüm hatası belirlendi. Plakanın akış şartlandırmadaki performansı belirlemek için debi ölçüm hatası grafiklerle analiz edildi.

Deneyle elde edilen verilerden aşağıda sonuçlar ortaya çıkarılmıştır.

- 1x7 test plakasının basınç kayıp katsayısının pah açısı ile değişimi her üç akış debisi için incelendi. Minimum basınç kaybının 17°-25° arası pah açılarında olduğu bulundu. Bu pah açılarındaki plakalar pahsız plakaya göre basınç kaybını %30 oranında

azaltmıştır. Genelde literatürde çok delikli plakaları  $45^\circ$  ile pahlandığı görülmektedir. Bu çalışmada  $20^\circ$  dolayında bir pah açısının  $45^\circ$  pah açısına göre %25 dolayında daha az basınç kaybına neden olmuştur.  $GO=0.25$  olan  $1 \times 7$  pahsız plakası  $GO=0.1$   $1 \times 7$  pahsız plakasına göre basınç kaybı yaklaşık olarak  $1/8$  oranında daha düşük olmuştur. Buda gözenek oranının artırılması ile basınç kaybının oldukça düşebildiğini göstermiştir.

- $d=18$  mm orifis plakası  $d=25$  mm plakasına göre yaklaşık 4.5 kat daha fazla basınç kaybı yaratmıştır.
- Bozuk akışa karşı şartlandırıcısız durumlar karşılaştırıldığında orifis plaka delik çapı arttığında debi ölçüm hatası 2-3 kat kadar artmıştır.  $d=18$  mm orifis plakasında maksimum görülen debi ölçüm hatası %7 iken  $d=25$  mm plakasında bu %18 dir.
- Genel olarak debi ölçüm hatası debiyle doğru orantılı artmıştır.
- Şartlandırıcısız durum için üst akım boru uzunluğu arttığında ( $L_1$ 'den  $L_2$ 'ye) debi ölçüm hatası %20 açık vanada pek fazla düşmezken %50 açık vanada %50-100 civarında düştüğü görüldü.
- Şartlandırıcısız durumda %50 açık vana durumu %20 açık vana durumuna göre debi ölçüm hatasını oldukça düşürdüğü gözlemlendi. %50 açık durumda çoğu akış testinde debi ölçüm hatası %1-2 civarındaydı.
- $1 \times 6 \times 12$  plakası %50 açık vana konumunda tüm akış testlerinde %0.5 altı gibi çok düşük bir debi ölçüm hatası göstermesine rağmen vana konumu %20 olduğunda bu hata 5-10 kat artabilmekteydi. Bu durum  $1 \times 6 \times 12$  plakasının hız profili bozukluk derecesine veya akış bozukluk derecesine çok hassas olduğunu gösterir.
- $1 \times 7$  ( $GO=0.25$ ) plakası sadece  $L_1$  durumunda  $d=25$  mm orifis plakası takılı iken tüm akış testlerinde %0.5 altında bir debi ölçüm hatası ile çok iyi sonuç üretmiştir.  $L_1$  durumunda tüm akış testlerinde  $1 \times 6 \times 12$  plakasından sonra ikinci iyi bir akış şartlandırıcısıdır.
- $30^\circ$  ve  $45^\circ$  pah açılı plakalar,  $L_2$  durumunda  $d=18$  mm orifis plakasının takılı olduğu tüm akış testlerinde %1 altında debi ölçüm hatası göstermelerine rağmen  $15^\circ$  pahlı plaka  $L_2$  durumunda  $d=18$  mm ve  $d=25$  mm orifis plakaların takılı olduğu tüm akış testlerinde %1 altında debi ölçüm hatası ile kararlı bir durum göstermiştir.  $15^\circ$  pahlı plaka  $1 \times 6 \times 12$  plakasıyla karşılaştırıldığında vana konumundan çok az etkilendiğinden  $L_2=3D$  gibi çok kısa bir akım borusu ile daha iyi bir akış şartlandırıcısı olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak 1x7 (15°) üstakım akış bozukluk derecesinden az etkilendiğinden  $L_2=3D$  kısa üstakım boru kullanımında çok iyi bir akış şartlandırıcısı olduğu bu çalışmanın sınırları dahilinde belirlenmiştir.

## 5.2.Öneriler

- Bu tez çalışmasında çok delikli pahlı plakalar düşük Reynolds sayılarında araştırıldı. Çok delikli plakalarda basınç kaybının azaltılması için pah açısı düşük orta ve yüksek Reynolds aralığında da araştırılmalıdır.
- Verilen bir pah açısı için delik kenarı geometrik parametreleri değiştirilerek pahlın basınç kaybına olan etkisi incelenebilir.
- Pahlı çok delikli plakanın pahsız olana göre aşağıakım akış karakteristikleri sayısal veya deneysel çalışılabilir.
- Daha iyi bir şartlandırıcı plaka bulmak için farklı gözeneklik oranlarına sahip pahsız veya pahlı 1x7 plakaları araştırılabilir.
- 1x6x12 plakasında delik pah açısının basınç kaybı ve şartlandırma üzerindeki etkileri araştırılabilir.
- Deneyler yapılırken deneylerin uzun sürmesi sonucunda sürtünmelerden dolayı kapalı döngüdeki suyun sıcaklığı 25 °C'den 47 °C'ye kadar çıkabilmekteydi. Bu durum aynı debi akışında viskoziteye bağlı olan Reynolds sayısını değiştirmekteydi. Aynı debide 25°C ile 47°C arasında Reynolds sayı değişiminin çok az olması akışkan sıcaklığının test akışlarından elde edilen parametre değerlerine etkisi hmal edildi. Bu nedenle sabit akışkan sıcaklığında deneylerin gerçekleştirmek aynı şartlarda karşılaştırma yapmak için çok daha uygundur. Bunun için depodaki akışkanın sürekli bir soğutucu ile soğutulması önerilir.
- Deneylerde flanşlar arası test plakası yenisi ile değiştirildiğinde yatay test borusu içerisindeki su depoya geçtiğinden yerini hava geçmekteydi. Pompa çalıştırıldıktan sonra test borusundan manometrik hortuma 2-3 s'de bir ara ara hava geçmekteydi. Bu durumda hatalı bir manometrik su yüksekliği oluşturmaktaydı. Havanın tümüyle bitmesi için yaklaşık 20 dakika beklendikten sonra ancak ölçümler yapılabilmekteydi. İlk başlarda çok zaman alan bu durumu düzeltmek için küresel vana üstakım borusu kesildi ve yukarı eğimli (yaklaşık 20°) olacak şekilde tekrar kaynak edildi. Bu durumda hava eğimli boruda durduğundan küresel vanadan ölçüm tarafına geçmesi

engellenmiş oldu. Bu çözümle manometrik hortumdaki hava problemi yaklaşık 1-2 dakika içerisinde bitebilmekteydi. Deneylerde manometrik ölçümler yapılacaksa hava problemi önceden düşünölmeli ve oluşmaması için önceden önlem alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Abdulrazaq, A. A., Hasan M, Badr. And Wael H. A., 2017, Investigation of flow through multi-stage restricting orifices. *Annals of Nuclear Energy* 104 (2017) 75–90
- Aydın, M.. 1996, Orifis metre yapımı ve uygulamaları üzerine deneysel çalışma, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi: Ankara.
- Bull, M. K. and Agarwal, N.G., 1983, Characteristics of flow separation due to an orifice plate in fully-developed turbulent flow-pipe.
- Çarpınlioğlu, M. Ö. ve Ozahi. E., 2011, Laminer flow control via utilization of pipe entrance inserts (A comment on entrance length concept). *Flow measurement and Instrumentation* 22, 165-174
- Don, L., 2017, Using flow conditioners for improved flow measurement, AMS Instrumentation and Calibration Pty Ltd, <https://www.processonline.com.au/content/instrumentation/article/using-flow-conditioners-for-improved-flow-measurement-828205855> [cited 2017 01 March].
- Ekmen, M.. 2019, Orifislerde üstakım düz boru mesafesinin basınç kaybına etkisinin sayısal incelenmesi, *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi: Batman.
- Erdal, A., 1997, A numerical investigation of different parameters that affect the performance of a flow conditioner, *Flow Means. Instrum*, Vol. 8, No. 2 pp93- 102, 1997.
- Erdal, A., 1997, A numerical investigation of different parameters that affect the performance of a flow conditioner. *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 8, No. 2, pp. 93–102.
- Erdal, A. and Andersson, H. I., 1997, “Numerical aspects of flow computation through orifices”. *Flow Measurement Instrumentation*, Vol. 8, No. 1, pp. 27–37
- Gordeeva, S., Gröschelb, F., Heinzela, V., Heringa, W. and Stieglitz, R., 2014, Numerical study of the flow conditioner for the IFMIF liquid lithium target, *Fusion Engineering and Design* 89, 1751-1757
- Gallagher J. E., Beaty Ronald, E. and Lanasa Paul J., 1996, flow conditioner for more accurate measu-rement of fluid flow. *U.S. Patent*, Patent Number: 5.495.872
- Guo, B.Y., Hou, Q. F., Yu A. B., Li L. F. and Guo J. 2013., umerical modelling of the gas flow through perforated plates. *Chemical Engineering Research and Design* 91, pp. 403-408

- Gürsoy, G., 1999, Lüle, orifis ve venturimetrede basınç kaybının araştırılması, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi: Adana.*
- Hwang, K.M., Jin, T.E. and Kim, K.H., 2009, Identification of the relationship between local velocity components and local wall thinning inside carbon steel piping. *J. Nucl. Sci. Technol.* 46, 469–478.
- Hwang, K.M., Lee, C.K., Choi, C.R., 2014, A study on the cause analysis for the wall thinning and leakage in small bore piping downstream of orifice. *World J. Nucl. Sci. Technol.* 4 (1), 1–6.
- ISO 5167-2., 2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full, *part 2: orifice plates: 2003*
- International Standard Organization (ISO), Measurement of fluid flow; Estimation of uncertainty of a flow rate measurement, 1978.
- Laws, E. M. ve Quazzane A., 1992, Effect of plate depth on the performance of a Zanker flow straightener, *Flow Meas. Instrum.*, Vol 3, No 4
- Laws, E. M. and Quazzane A. K., 1995, A further investigation into flow conditioner design yielding compact installations for orifice plate flow metering. *Flow Measurement Instrumentation*, Vol. 6, No. 3, pp. 187-199
- Laribil, B., Wautersl P. and Aichouni M., 2003, (Comparative Study of Aerodynamic Behaviour of three Flow Conditioners. *European Journal of Mechanical and Environmental Engineering M.* Vol.48 N.1.
- Morrison, G. L., Hall. K. R., Holste. J. C., Ihfe, L., Gaharan, C. and DeOtte, R. E. Jr., 1997, “Flow development downstream of a standard tube bundle and three different porous plate flow conditioners”. *Flow Measurement Instrumentation.*, Vol. 8, No. 2, pp. 61–76,
- Ran, Liu., Jin, Wen., Michael, S. Waring., 2014, Improving airflow measurement accuracy in VAV terminal units using flow conditioners. *Building and Environment* 71 (2014) 81-94
- Rogers, S., 2005, Differential pressure; Available from: [http://www. Flowcontrol network.com](http://www.Flowcontrolnetwork.com) [cited 2008 April]
- Schlüter, Th. and Merzkirch W., 1996, PIV measurements of the time-averaged flow velocity downstream of flow conditioners in a pipeline. *Flow Measurement and Instrumentation.*, Vol. I. No. 314, pp. 173-179.
- Shaaban, S., 2014, Optimization of orifice meter’s energy consumption, chemical engineering research and design 92 1005–1015
- Singh, V. K. and Tharakan, T. John., 2015, Numerical simulations for multi-hole orifice flow meter *Flow Measurement and Instrumentation* 45 (2015), 375–383

- Spearman, E. P., Sattary J. A. and Reader-Harris M. J., 1996, Comparison of velocity and turbulence profiles downstream of perforated plate flow conditioners, *Flow Meas. Instrum.*, Vol. 6, No. 6. pp181-197
- Swapan, Basu., 2019, Chapter XI - Flow Conditioning Computation and Control. *Plant Flow Measurement and Control Handbook Fluid, Solid, Slurry and Multiphase Flow*, Pages 985-1063
- Tahtalı, A.. 2008, Değişik tipte düşey orifislerin akış, hız ve daralma katsayılarının analizi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi: Eskişehir.
- Quazzane, A. K. and M. Barıgou., 1999, A comparative study of two flow conditioners and their efficacy to reduce asymmetric swirling flow effects on orifice meter performance. *Institution of Chemical Engineers Trans IChem E*, Vol 77, Part A.
- Wendt, C., Mickan B., Kramer R. and Dopheide D., 1996, Systematic investigation of pipe flows and installation effects using laser Doppler anemometry- Part I. Profile measurements downstream of several pipe configurations and flow conditioners. *Flows Measurement and Instrumentation*, Vol. I. No. 314, 141-149.
- Wei, Xiong., Kathrin, Kalkuhler. and Wolfgang. Merzkirch., 2003, Velocity and turbulence measurements downstream of flow conditioners. *Flow Measurement and Instrumentation* 14 (2003) 249–26
- 1Xiong, J., Cheng, X., Yang, Y., 2014. Numerical investigation on mass transfer enhancement down-stream of an orifice. *Int. J. Heat Mass Transfer* 68, 366–374

**EKLER****EK-1****Tablo A**

Tam gelişmiş boru akışında orifis plakaların ve akış şartlandırıcı plakaların öncesi ve sonrası zamana bağlı basınç değerlerinin manometrik su yükseklik değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

**(Tablo A<sub>1</sub>- A<sub>9</sub> arası tablolar)****Tablo A<sub>1</sub>**

| d=18 mm (45° pahlı) T=35 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-----------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                  | Zaman (s) | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>c</sub> (cm) |
| 1000                        | 1         | 52.4                | 52.4                | 37.4                | 39.4                |
|                             | 2         | 52.6                | 52                  | 37                  | 39.2                |
|                             | 3         | 53.4                | 51.4                | 37                  | 38.6                |
|                             | 4         | 52.8                | 51.8                | 37                  | 39                  |
|                             | 5         | 52                  | 52                  | 37.2                | 39.2                |
|                             | 6         | 52                  | 52                  | 37                  | 39.4                |
|                             | 7         | 52.4                | 52                  | 37                  | 39.2                |
|                             | 8         | 52.2                | 51.6                | 37                  | 38.8                |
|                             | 9         | 52.6                | 52                  | 36.8                | 39                  |
|                             | 10        | 53                  | 51.6                | 37                  | 39                  |
|                             | 11        | 53.6                | 51.6                | 37                  | 39                  |
|                             | 12        | 53.4                | 52                  | 37                  | 39.2                |
|                             | 13        | 53.4                | 52                  | 37                  | 39.2                |
|                             | 14        | 53                  | 52                  | 37                  | 39                  |
|                             | 15        | 53                  | 52.4                | 37.4                | 39.4                |
|                             | ORTALAMA  | 52.79               | 51.92               | 37.05               | 39.11               |
| 1500                        | 1         | 58                  | 57                  | 24.2                | 28.8                |
|                             | 2         | 58.6                | 57.2                | 24.4                | 29.2                |
|                             | 3         | 59                  | 57.4                | 24                  | 29.2                |
|                             | 4         | 59.2                | 57.6                | 24.8                | 29.4                |
|                             | 5         | 59.2                | 58.6                | 25.6                | 20.4                |
|                             | 6         | 59.2                | 57.6                | 25.2                | 29.6                |
|                             | 7         | 59.6                | 58                  | 24.6                | 29.8                |
|                             | 8         | 59.8                | 57.6                | 24.6                | 29.6                |
|                             | 9         | 59.2                | 58.4                | 25                  | 30                  |
|                             | 10        | 59.6                | 57.8                | 24.6                | 29.8                |
|                             | 11        | 59                  | 58                  | 25                  | 30                  |
|                             | 12        | 58.6                | 58.2                | 24.6                | 30                  |
|                             | 13        | 59                  | 58.2                | 25.2                | 29.6                |
|                             | 14        | 59.4                | 58.4                | 25                  | 30.2                |
|                             | 15        | 58.6                | 58.2                | 25                  | 30                  |
|                             | ORTALAMA  | 59.07               | 57.88               | 24.79               | 29.71               |
| 2000                        | 1         | 100                 | 98.6                | 40.2                | 48.6                |
|                             | 2         | 100.2               | 100.2               | 40.2                | 48.6                |
|                             | 3         | 99.6                | 99.6                | 41                  | 49.4                |
|                             | 4         | 100.4               | 98.8                | 40                  | 48.4                |
|                             | 5         | 100.2               | 97.6                | 39.6                | 48.2                |
|                             | 6         | 100.4               | 97.8                | 39                  | 47.6                |
|                             | 7         | 1300                | 97.6                | 39.8                | 48.4                |
|                             | 8         | 99.8                | 98.8                | 40.4                | 48.6                |
|                             | 9         | 100.2               | 99                  | 40.2                | 48.8                |
|                             | 10        | 101                 | 99.2                | 40.2                | 48.8                |
|                             | 11        | 100.6               | 99.4                | 41                  | 49                  |
|                             | 12        | 101                 | 98.6                | 40.4                | 48.8                |
|                             | 13        | 101.4               | 99.2                | 40.2                | 49.2                |
|                             | 14        | 100.6               | 98.2                | 40                  | 49.4                |
|                             | 15        | 101.4               | 98.2                | 40                  | 48.6                |
|                             | ORTALAMA  | 100.45              | 98.72               | 40.15               | 48.69               |

Tablo A<sub>2</sub>

| d=25 mm (45° pahlı) T=37 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-----------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                  | Zaman (s) | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>c</sub> (cm) |
| 1000                        | 1         | 31                  | 30.4                | 26.8                | 27.6                |
|                             | 2         | 30                  | 31                  | 27.4                | 28.2                |
|                             | 3         | 30.6                | 30.6                | 26.8                | 27.8                |
|                             | 4         | 31                  | 30.2                | 26.6                | 27.6                |
|                             | 5         | 31.2                | 31.2                | 27.6                | 28.6                |
|                             | 6         | 31.6                | 30.8                | 27                  | 28                  |
|                             | 7         | 31.6                | 30.8                | 27                  | 28                  |
|                             | 8         | 30.8                | 30.4                | 27                  | 27.6                |
|                             | 9         | 31                  | 31                  | 27.2                | 28.2                |
|                             | 10        | 30.8                | 31                  | 27.2                | 28.2                |
|                             | 11        | 30.6                | 31.2                | 27.6                | 28.4                |
|                             | 12        | 31                  | 31                  | 27.6                | 28.6                |
|                             | 13        | 30.6                | 31.2                | 27.6                | 28.4                |
|                             | 14        | 30.6                | 31                  | 27.4                | 28.2                |
|                             | 15        | 30.8                | 31.2                | 27.6                | 28.6                |
|                             | ORTALAMA  | 31.55               | 30.87               | 27.23               | 28.13               |
| 1500                        | 1         | 60.4                | 59.6                | 51.6                | 53.4                |
|                             | 2         | 60.4                | 58.4                | 50.6                | 52.6                |
|                             | 3         | 60.2                | 58.6                | 50.6                | 52.6                |
|                             | 4         | 60.4                | 59.6                | 51.6                | 53.4                |
|                             | 5         | 60.4                | 59.2                | 51.2                | 53.2                |
|                             | 6         | 60.8                | 58.6                | 51.6                | 53.6                |
|                             | 7         | 60.6                | 59.4                | 51.4                | 53.4                |
|                             | 8         | 60.2                | 59.8                | 51.6                | 53.6                |
|                             | 9         | 69.4                | 61                  | 52.4                | 54.4                |
|                             | 10        | 60.4                | 60.6                | 52.4                | 54.4                |
|                             | 11        | 60.2                | 60                  | 52                  | 54                  |
|                             | 12        | 59.2                | 59.6                | 51.6                | 53.4                |
|                             | 13        | 60.6                | 59.4                | 51.4                | 53.2                |
|                             | 14        | 60                  | 59.4                | 51.2                | 53.2                |
|                             | 15        | 59.6                | 60                  | 52                  | 53.8                |
|                             | ORTALAMA  | 60.19               | 59.55               | 51.55               | 53.48               |
| 2000                        | 1         | 63.2                | 62.2                | 48.2                | 51.4                |
|                             | 2         | 62.8                | 62                  | 47.6                | 52                  |
|                             | 3         | 63                  | 62.6                | 48                  | 51.8                |
|                             | 4         | 62.8                | 62.2                | 47.4                | 51.6                |
|                             | 5         | 62.8                | 62.6                | 48.4                | 51.8                |
|                             | 6         | 62.8                | 61.6                | 47.6                | 50.8                |
|                             | 7         | 63                  | 62.4                | 47.8                | 51.4                |
|                             | 8         | 63.2                | 62                  | 47.4                | 51.4                |
|                             | 9         | 63.2                | 62.4                | 48.2                | 51.6                |
|                             | 10        | 63.6                | 62.4                | 48.2                | 51.8                |
|                             | 11        | 62.2                | 62.2                | 48.4                | 51.6                |
|                             | 12        | 62.4                | 62.4                | 48.2                | 51.4                |
|                             | 13        | 63.8                | 62                  | 47.8                | 51                  |
|                             | 14        | 63                  | 61.8                | 47.4                | 51.2                |
|                             | 15        | 63                  | 62                  | 47.8                | 51                  |
|                             | ORTALAMA  | 62.99               | 62.19               | 47.89               | 51.45               |

Tablo A<sub>3</sub>

| 1x6x12 T=35 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|----------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)     | Zaman (s) | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>c</sub> (cm) |
| 1000           | 1         | 37                  | 36.2                | 34.2                | 34.2                |
|                | 2         | 37                  | 36.2                | 34.2                | 34.2                |
|                | 3         | 36.8                | 37                  | 34.6                | 34.6                |
|                | 4         | 36.8                | 37                  | 34.8                | 34.8                |
|                | 5         | 36.4                | 36.4                | 34.8                | 34.8                |
|                | 6         | 36.6                | 36.4                | 34.4                | 34.4                |
|                | 7         | 36.6                | 36.6                | 34.4                | 34.4                |
|                | 8         | 37.4                | 36.8                | 34.4                | 34.6                |
|                | 9         | 36.8                | 36.6                | 34.8                | 34.8                |
|                | 10        | 37                  | 36.6                | 34.6                | 34.8                |
|                | 11        | 36.6                | 36.2                | 34.4                | 34.6                |
|                | 12        | 36.6                | 36.2                | 34.2                | 34.4                |
|                | 13        | 36.8                | 36                  | 34                  | 34.2                |
|                | 14        | 37                  | 36.2                | 34.2                | 34.4                |
|                | 15        | 36.8                | 36.6                | 34.8                | 35                  |
|                | ORTALAMA  | 36.81               | 36.47               | 34.45               | 34.55               |
| 1500           | 1         | 48.6                | 48.6                | 44.4                | 44.4                |
|                | 2         | 48.6                | 49.2                | 44.8                | 44.8                |
|                | 3         | 48                  | 48.4                | 44.2                | 44.2                |
|                | 4         | 48.2                | 48                  | 43.8                | 43.8                |
|                | 5         | 49                  | 47.6                | 43.2                | 43.2                |
|                | 6         | 49                  | 47.6                | 43.2                | 43.2                |
|                | 7         | 48.8                | 48.2                | 43.6                | 43.6                |
|                | 8         | 48.8                | 48.2                | 43.8                | 43.8                |
|                | 9         | 48.4                | 48                  | 43.4                | 43.4                |
|                | 10        | 48.6                | 48                  | 43.6                | 43.6                |
|                | 11        | 47.8                | 48.4                | 44.2                | 44.2                |
|                | 12        | 48                  | 47                  | 42.8                | 42.8                |
|                | 13        | 48                  | 47.4                | 43.4                | 43.4                |
|                | 14        | 48.4                | 48.6                | 44.2                | 44.2                |
|                | 15        | 48.8                | 47.4                | 44.4                | 43.4                |
|                | ORTALAMA  | 48.7                | 48.04               | 43.73               | 43.73               |
| 2000           | 1         | 68                  | 66.6                | 59.2                | 59.4                |
|                | 2         | 67.4                | 67.6                | 60                  | 60.2                |
|                | 3         | 67                  | 67.4                | 60                  | 60.2                |
|                | 4         | 68                  | 66.6                | 59                  | 59.2                |
|                | 5         | 68                  | 67.6                | 60.2                | 60.4                |
|                | 6         | 67.4                | 67.6                | 60                  | 60.2                |
|                | 7         | 68.2                | 67                  | 59.6                | 59.8                |
|                | 8         | 67.8                | 67                  | 59.6                | 59.8                |
|                | 9         | 67.6                | 67                  | 59.6                | 59.8                |
|                | 10        | 68                  | 67                  | 59.4                | 59.6                |
|                | 11        | 68                  | 67.2                | 59.8                | 60                  |
|                | 12        | 67                  | 67                  | 59.6                | 60                  |
|                | 13        | 67.4                | 66.6                | 59.2                | 59.4                |
|                | 14        | 68                  | 67                  | 59.4                | 59.6                |
|                | 15        | 67                  | 67                  | 59.6                | 59.8                |
|                | ORTALAMA  | 67.65               | 67.08               | 59.61               | 59.83               |

Tablo A4

| 1X7 (GO=0.25) T=42 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-----------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)            | Zaman (s) | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>c</sub> (cm) |
| 1000                  | 1         | 66                  | 66.4                | 64.4                | 64.8                |
|                       | 2         | 66.6                | 66                  | 64.2                | 64.4                |
|                       | 3         | 86.6                | 65.6                | 63.6                | 64                  |
|                       | 4         | 86.4                | 65.8                | 64                  | 64.2                |
|                       | 5         | 65.6                | 66.6                | 64.8                | 65                  |
|                       | 6         | 65.8                | 66.2                | 64.6                | 64.8                |
|                       | 7         | 66                  | 66.4                | 64.6                | 64.8                |
|                       | 8         | 66.2                | 66.4                | 64.6                | 64.8                |
|                       | 9         | 65.6                | 66.4                | 64.6                | 64.8                |
|                       | 10        | 65.8                | 66.6                | 65                  | 65                  |
|                       | 11        | 65.6                | 67                  | 65                  | 65.2                |
|                       | 12        | 66                  | 67                  | 65.6                | 65.6                |
|                       | 13        | 65.6                | 67.2                | 65.2                | 65.4                |
|                       | 14        | 65.4                | 66.6                | 64.8                | 64.8                |
|                       | 15        | 66                  | 66.4                | 64.6                | 64.8                |
|                       | ORTALAMA  | 65.84               | 66.44               | 65.31               | 64.83               |
| 1500                  | 1         | 50.8                | 49.6                | 45.6                | 46.4                |
|                       | 2         | 50.6                | 48.6                | 44.6                | 45.2                |
|                       | 3         | 50.4                | 48.8                | 45                  | 45.4                |
|                       | 4         | 51                  | 50.6                | 46.6                | 47.2                |
|                       | 5         | 51.4                | 50                  | 46.2                | 46.8                |
|                       | 6         | 50.6                | 50.4                | 46.4                | 47                  |
|                       | 7         | 51                  | 49.8                | 46                  | 46.6                |
|                       | 8         | 50.6                | 50.4                | 46.4                | 47.2                |
|                       | 9         | 50.2                | 50                  | 46.2                | 46.8                |
|                       | 10        | 50.6                | 50.4                | 46.6                | 47.2                |
|                       | 11        | 50.6                | 50                  | 46                  | 46.6                |
|                       | 12        | 50.4                | 49.8                | 46                  | 46.4                |
|                       | 13        | 49.4                | 50                  | 46                  | 46.8                |
|                       | 14        | 49.4                | 50.8                | 46.6                | 47.4                |
|                       | 15        | 49.2                | 50.6                | 47                  | 47.4                |
|                       | ORTALAMA  | 50.41               | 49.99               | 46.08               | 46.69               |
| 2000                  | 1         | 64.2                | 65                  | 57.6                | 58.4                |
|                       | 2         | 64.6                | 64.8                | 757.2               | 58.4                |
|                       | 3         | 64                  | 64                  | 56.4                | 57.4                |
|                       | 4         | 64                  | 64                  | 56.6                | 57.6                |
|                       | 5         | 64.2                | 65                  | 57.2                | 58.4                |
|                       | 6         | 64.2                | 64.4                | 56.8                | 58                  |
|                       | 7         | 64.4                | 63.6                | 56.4                | 57.2                |
|                       | 8         | 64.4                | 63                  | 55                  | 56.4                |
|                       | 9         | 64                  | 63.8                | 56                  | 57                  |
|                       | 10        | 63.6                | 63.2                | 55.4                | 56.6                |
|                       | 11        | 63.2                | 63                  | 55.2                | 56.4                |
|                       | 12        | 64.4                | 63.6                | 56                  | 57                  |
|                       | 13        | 64.4                | 64.6                | 56                  | 58                  |
|                       | 14        | 64.6                | 65                  | 57.2                | 58.2                |
|                       | 15        | 63.8                | 64                  | 56                  | 57.2                |
|                       | ORTALAMA  | 64.13               | 64.07               | 56.33               | 57.48               |

Tablo A<sub>5</sub>

| 1x7 paksız T=30 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|--------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)         | Zaman (s) | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>ç</sub> (cm) |
| 1000               | 1         | 65                  | 65                  | 54.2                | 54.2                |
|                    | 2         | 64.8                | 65                  | 54.2                | 54.2                |
|                    | 3         | 65.4                | 64.6                | 53.8                | 53.8                |
|                    | 4         | 64.6                | 64.6                | 53.6                | 53.6                |
|                    | 5         | 64.8                | 64.2                | 52.8                | 53.2                |
|                    | 6         | 64.8                | 64                  | 52.8                | 52.8                |
|                    | 7         | 65.6                | 63.8                | 52.6                | 52.8                |
|                    | 8         | 64.4                | 64.4                | 52.6                | 52.8                |
|                    | 9         | 64.4                | 64                  | 53                  | 53.2                |
|                    | 10        | 65.2                | 64.4                | 53.4                | 53.4                |
|                    | 11        | 65                  | 64.4                | 53.4                | 53.6                |
|                    | 12        | 64.4                | 64.4                | 52.6                | 53                  |
|                    | 13        | 64.2                | 64                  | 52.8                | 52.8                |
|                    | 14        | 64.4                | 63.6                | 52                  | 52.4                |
|                    | 15        | 64.6                | 64                  | 52.6                | 52.6                |
|                    | ORTALAMA  | 65.44               | 64.29               | 53.09               | 53.23               |
| 1500               | 1         | 66.4                | 65                  | 39.4                | 40.4                |
|                    | 2         | 66                  | 66                  | 40                  | 40.6                |
|                    | 3         | 67.4                | 66.4                | 41                  | 41.4                |
|                    | 4         | 66.4                | 65.4                | 40.8                | 41.8                |
|                    | 5         | 67.2                | 66                  | 40.6                | 40.6                |
|                    | 6         | 67.4                | 64.8                | 39.4                | 40.4                |
|                    | 7         | 66                  | 66                  | 40                  | 40.4                |
|                    | 8         | 66.4                | 65.2                | 39.4                | 40.4                |
|                    | 9         | 67.4                | 65                  | 39                  | 39.6                |
|                    | 10        | 68                  | 65                  | 39                  | 39.6                |
|                    | 11        | 66.8                | 65.6                | 40                  | 41.2                |
|                    | 12        | 66.6                | 66                  | 40.4                | 40.6                |
|                    | 13        | 66.6                | 64.6                | 39.4                | 40                  |
|                    | 14        | 65.8                | 65.4                | 39.8                | 40.4                |
|                    | 15        | 65.8                | 65.4                | 40.4                | 41.2                |
|                    | ORTALAMA  | 66.68               | 65.45               | 39.91               | 40.57               |
| 2000               | 1         | 89                  | 87.6                | 43.4                | 44.4                |
|                    | 2         | 89                  | 88.2                | 44                  | 45                  |
|                    | 3         | 89                  | 87.4                | 43                  | 44.4                |
|                    | 4         | 89.2                | 87.6                | 43                  | 44.4                |
|                    | 5         | 88.8                | 88                  | 44                  | 45.4                |
|                    | 6         | 89                  | 87.6                | 43                  | 44                  |
|                    | 7         | 88.8                | 87.6                | 44                  | 45.4                |
|                    | 8         | 88.8                | 88.6                | 45                  | 45.6                |
|                    | 9         | 89.2                | 87                  | 43                  | 45.6                |
|                    | 10        | 89.4                | 87                  | 42.4                | 44.6                |
|                    | 11        | 89.4                | 87.2                | 43.4                | 45                  |
|                    | 12        | 89.4                | 85.4                | 41.8                | 43.2                |
|                    | 13        | 88.6                | 87                  | 43.4                | 45.2                |
|                    | 14        | 88.2                | 88                  | 44.8                | 45.6                |
|                    | 15        | 88.8                | 87.6                | 44.4                | 46.4                |
|                    | ORTALAMA  | 88.97               | 87.60               | 43.51               | 44.95               |

Tablo A6

| 1x7 (15 <sup>0</sup> pahlı) T=25 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                          | Zaman (s) | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>c</sub> (cm) |
| 1000                                | 1         | 50.6                | 50.4                | 40.8                | 41                  |
|                                     | 2         | 51.4                | 50.4                | 40.8                | 41.4                |
|                                     | 3         | 50.6                | 50.2                | 40.6                | 40.6                |
|                                     | 4         | 49.8                | 50.4                | 41.2                | 42                  |
|                                     | 5         | 50.4                | 50.4                | 41.2                | 41.6                |
|                                     | 6         | 51.2                | 50.4                | 40.8                | 41.2                |
|                                     | 7         | 51                  | 50.6                | 41.2                | 41.8                |
|                                     | 8         | 51                  | 50.6                | 41.4                | 42                  |
|                                     | 9         | 50.4                | 50.4                | 41                  | 41.4                |
|                                     | 10        | 50                  | 50.4                | 41                  | 41.6                |
|                                     | 11        | 50.6                | 50.6                | 41.6                | 42                  |
|                                     | 12        | 50.6                | 50.6                | 41.4                | 42                  |
|                                     | 13        | 50                  | 50.6                | 41.6                | 42                  |
|                                     | 14        | 50.4                | 50.4                | 41                  | 41.4                |
|                                     | 15        | 50.6                | 50.6                | 41.2                | 41.4                |
|                                     | ORTALAMA  | 50.57               | 50.47               | 41.12               | 41.56               |
| 1500                                | 1         | 62                  | 51                  | 32                  | 32.8                |
|                                     | 2         | 51.4                | 51.2                | 32                  | 32.6                |
|                                     | 3         | 51                  | 52.4                | 32.2                | 32.8                |
|                                     | 4         | 52.2                | 51                  | 32.2                | 33                  |
|                                     | 5         | 52.2                | 51.4                | 32.4                | 33.2                |
|                                     | 6         | 52.2                | 51                  | 32.4                | 33                  |
|                                     | 7         | 51.8                | 51.6                | 32.4                | 33.2                |
|                                     | 8         | 50.8                | 51.4                | 32.4                | 33.2                |
|                                     | 9         | 51                  | 51.4                | 32.2                | 33.2                |
|                                     | 10        | 51.8                | 51                  | 31.8                | 32.4                |
|                                     | 11        | 51                  | 51.2                | 32                  | 32.8                |
|                                     | 12        | 50.8                | 51.4                | 32.2                | 33                  |
|                                     | 13        | 51.6                | 50.6                | 31.4                | 32                  |
|                                     | 14        | 51.6                | 50.8                | 31.6                | 32.2                |
|                                     | 15        | 51.2                | 51                  | 32.2                | 33                  |
|                                     | ORTALAMA  | 51.51               | 51.23               | 32.09               | 32.83               |
| 2000                                | 1         | 87                  | 86                  | 54.2                | 55.6                |
|                                     | 2         | 86.4                | 85.2                | 53.8                | 55.4                |
|                                     | 3         | 86                  | 85.6                | 54                  | 55.2                |
|                                     | 4         | 86.8                | 85.6                | 53.4                | 55.4                |
|                                     | 5         | 86.8                | 84.6                | 52.6                | 54.2                |
|                                     | 6         | 87                  | 85                  | 52.8                | 54.6                |
|                                     | 7         | 85.4                | 85                  | 53                  | 54.4                |
|                                     | 8         | 86.6                | 85                  | 53                  | 54.4                |
|                                     | 9         | 86.6                | 84.4                | 54.4                | 55.6                |
|                                     | 10        | 87.4                | 86                  | 53.2                | 54.8                |
|                                     | 11        | 86                  | 84.6                | 52.6                | 54.2                |
|                                     | 12        | 86.4                | 85                  | 53                  | 54.6                |
|                                     | 13        | 88                  | 85                  | 52.6                | 54                  |
|                                     | 14        | 87.8                | 84.8                | 52.6                | 54                  |
|                                     | 15        | 87.6                | 85                  | 53                  | 54.6                |
|                                     | ORTALAMA  | 86.79               | 85.12               | 53.21               | 54.73               |

Tablo A7

| 1x7 (30 <sup>0</sup> pahlı) T=30 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                          | Zaman (s) | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>c</sub> (cm) |
| 1000                                | 1         | 49.6                | 49                  | 39                  | 40.4                |
|                                     | 2         | 49.2                | 48.6                | 38.6                | 40.2                |
|                                     | 3         | 49.6                | 48.8                | 39.4                | 40.4                |
|                                     | 4         | 49.2                | 49                  | 39.2                | 40.6                |
|                                     | 5         | 49.6                | 48.6                | 39.4                | 40.2                |
|                                     | 6         | 48.8                | 48.6                | 39.6                | 40.2                |
|                                     | 7         | 49                  | 49                  | 39.4                | 40.6                |
|                                     | 8         | 48.4                | 49.6                | 40.4                | 40.8                |
|                                     | 9         | 49.2                | 49                  | 39.4                | 40.6                |
|                                     | 10        | 49.4                | 48.6                | 39.4                | 40.2                |
|                                     | 11        | 49.6                | 49.2                | 39.6                | 41                  |
|                                     | 12        | 49                  | 49.6                | 40.2                | 41.2                |
|                                     | 13        | 48.8                | 49                  | 39.4                | 40.4                |
|                                     | 14        | 49                  | 49                  | 39.6                | 40.6                |
|                                     | 15        | 49                  | 49                  | 39.6                | 40.4                |
|                                     | ORTALAMA  | 49.16               | 48.97               | 39.48               | 40.52               |
| 1500                                | 1         | 56.6                | 57.2                | 35.4                | 38.2                |
|                                     | 2         | 57.6                | 56.6                | 37                  | 37.4                |
|                                     | 3         | 56.8                | 57.6                | 35.6                | 38.4                |
|                                     | 4         | 56.4                | 56.6                | 35.2                | 37.2                |
|                                     | 5         | 57.4                | 57                  | 36.4                | 38                  |
|                                     | 6         | 57.6                | 57                  | 35                  | 37.6                |
|                                     | 7         | 57.4                | 56                  | 35                  | 37                  |
|                                     | 8         | 56                  | 56.8                | 35                  | 37.2                |
|                                     | 9         | 57                  | 56.4                | 36.2                | 37.4                |
|                                     | 10        | 56.4                | 57                  | 36.4                | 37.4                |
|                                     | 11        | 58                  | 56.6                | 35.4                | 37.6                |
|                                     | 12        | 56                  | 57.2                | 37                  | 37.6                |
|                                     | 13        | 56.4                | 57.4                | 36                  | 38                  |
|                                     | 14        | 56.6                | 56.6                | 36.4                | 37.4                |
|                                     | 15        | 56                  | 56.6                | 35                  | 37.2                |
|                                     | ORTALAMA  | 56.81               | 56.84               | 35.80               | 37.57               |
| 2000                                | 1         | 82.8                | 82                  | 46                  | 49.2                |
|                                     | 2         | 82.8                | 82.4                | 46                  | 49.4                |
|                                     | 3         | 82.6                | 82.4                | 46                  | 49.2                |
|                                     | 4         | 82.4                | 82                  | 45                  | 48.4                |
|                                     | 5         | 83                  | 82.4                | 46                  | 49                  |
|                                     | 6         | 83                  | 83                  | 44.8                | 49.8                |
|                                     | 7         | 83.8                | 83                  | 45.4                | 49.8                |
|                                     | 8         | 84.6                | 83                  | 47.4                | 50.4                |
|                                     | 9         | 83.2                | 83.2                | 45.8                | 49.6                |
|                                     | 10        | 83                  | 82.4                | 45                  | 49.4                |
|                                     | 11        | 83.2                | 81.6                | 45.2                | 46.4                |
|                                     | 12        | 83                  | 82.4                | 45                  | 45.8                |
|                                     | 13        | 84.2                | 82.6                | 45                  | 49.6                |
|                                     | 14        | 82.6                | 81                  | 46.6                | 48                  |
|                                     | 15        | 83.8                | 82.2                | 44.2                | 48.6                |
|                                     | ORTALAMA  | 83.20               | 82.37               | 45.56               | 48.84               |

Tablo A<sub>8</sub>

| 1x7 (45 <sup>0</sup> pahli) T=35 °C |                 |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                          | Zaman (s)       | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>c</sub> (cm) |
| 1000                                | 1               | 45                  | 45                  | 33.6                | 34                  |
|                                     | 2               | 45                  | 44                  | 32.6                | 33                  |
|                                     | 3               | 44.4                | 44                  | 33.2                | 33.4                |
|                                     | 4               | 44.8                | 44.8                | 33.4                | 33.8                |
|                                     | 5               | 44.2                | 44.6                | 33.4                | 33.8                |
|                                     | 6               | 44.8                | 45                  | 33.6                | 34                  |
|                                     | 7               | 44.8                | 44.6                | 33.4                | 33.8                |
|                                     | 8               | 44.4                | 45.2                | 33.8                | 34.2                |
|                                     | 9               | 45                  | 45                  | 33.6                | 34                  |
|                                     | 10              | 44.4                | 45.4                | 34.4                | 34.4                |
|                                     | 11              | 45.4                | 45                  | 33.4                | 34                  |
|                                     | 12              | 44.2                | 44.4                | 33.2                | 33.6                |
|                                     | 13              | 44.8                | 44                  | 32.8                | 33.6                |
|                                     | 14              | 44.2                | 44.4                | 33                  | 33.6                |
|                                     | 15              | 44.6                | 45                  | 33.6                | 34.2                |
|                                     | <b>ORTALAMA</b> | <b>44.67</b>        | <b>44.69</b>        | <b>33.40</b>        | <b>33.83</b>        |
| 1500                                | 1               | 79                  | 79.4                | 55.6                | 56.4                |
|                                     | 2               | 79                  | 78                  | 54.4                | 55.4                |
|                                     | 3               | 79.6                | 78.4                | 55                  | 55.4                |
|                                     | 4               | 80                  | 78.8                | 54.6                | 55.6                |
|                                     | 5               | 80                  | 79.2                | 55.4                | 56                  |
|                                     | 6               | 79.2                | 77.6                | 54                  | 55                  |
|                                     | 7               | 79                  | 76.6                | 54.8                | 55.6                |
|                                     | 8               | 78.2                | 79.6                | 55.4                | 56.4                |
|                                     | 9               | 78.4                | 79                  | 55                  | 56                  |
|                                     | 10              | 79.6                | 79                  | 55.4                | 55.6                |
|                                     | 11              | 80                  | 78.2                | 54.6                | 55.4                |
|                                     | 12              | 79.4                | 78.4                | 54.6                | 55.4                |
|                                     | 13              | 80                  | 78.8                | 55                  | 55.8                |
|                                     | 14              | 79.8                | 79                  | 55                  | 55.8                |
|                                     | 15              | 80                  | 78.8                | 54.8                | 55.8                |
|                                     | <b>ORTALAMA</b> | <b>79.41</b>        | <b>78.59</b>        | <b>54.91</b>        | <b>55.71</b>        |
| 2000                                | 1               | 90.6                | 90                  | 48                  | 49.4                |
|                                     | 2               | 90                  | 91.2                | 48.6                | 50.2                |
|                                     | 3               | 90                  | 91.2                | 48.2                | 50                  |
|                                     | 4               | 90                  | 91.8                | 48.8                | 50.2                |
|                                     | 5               | 90                  | 91.2                | 48.6                | 50                  |
|                                     | 6               | 89.2                | 91.4                | 48.4                | 50                  |
|                                     | 7               | 90.6                | 91.4                | 48.2                | 50.6                |
|                                     | 8               | 90.6                | 90                  | 47.4                | 50                  |
|                                     | 9               | 90.2                | 90.6                | 47.8                | 48.6                |
|                                     | 10              | 90.4                | 91                  | 48.4                | 49.6                |
|                                     | 11              | 90.8                | 91.6                | 48.6                | 50.4                |
|                                     | 12              | 89.6                | 92.4                | 50.6                | 52                  |
|                                     | 13              | 89.8                | 91                  | 49                  | 50.2                |
|                                     | 14              | 89.6                | 92                  | 49                  | 50.6                |
|                                     | 15              | 90.4                | 91.8                | 49                  | 50.6                |
|                                     | <b>ORTALAMA</b> | <b>90.12</b>        | <b>91.24</b>        | <b>48.57</b>        | <b>50.16</b>        |

Tablo A<sub>9</sub>

| 1x7 (55 <sup>0</sup> pahlı) T=30 °C |                 |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                          | Zaman (s)       | h <sub>g</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>c</sub> (cm) |
| 1000                                | 1               | 50.4                | 49.4                | 37.4                | 37.4                |
|                                     | 2               | 50                  | 49.8                | 38                  | 38.2                |
|                                     | 3               | 50.2                | 49.4                | 37.4                | 37.6                |
|                                     | 4               | 50.4                | 50                  | 38                  | 38.2                |
|                                     | 5               | 50                  | 49.4                | 37.8                | 38                  |
|                                     | 6               | 50.2                | 49.6                | 38                  | 38.2                |
|                                     | 7               | 50.2                | 49.2                | 37.6                | 37.8                |
|                                     | 8               | 50.4                | 49.6                | 37.4                | 38                  |
|                                     | 9               | 50.2                | 49                  | 37.4                | 37.4                |
|                                     | 10              | 50.2                | 49.6                | 37.6                | 37.8                |
|                                     | 11              | 49.4                | 49                  | 37.4                | 37.6                |
|                                     | 12              | 49.8                | 49.2                | 37.4                | 37.6                |
|                                     | 13              | 49.6                | 49.2                | 37.6                | 38                  |
|                                     | 14              | 49.2                | 49.2                | 37.2                | 37.6                |
|                                     | 15              | 49                  | 49.2                | 37.4                | 37.6                |
|                                     | <b>ORTALAMA</b> | <b>49.95</b>        | <b>49.39</b>        | <b>37.57</b>        | <b>37.80</b>        |
| 1500                                | 1               | 78.4                | 79                  | 51.8                | 52.4                |
|                                     | 2               | 78.4                | 77.8                | 52.4                | 52.6                |
|                                     | 3               | 78.2                | 79.2                | 52.8                | 53.6                |
|                                     | 4               | 78.2                | 78.6                | 52.4                | 53.2                |
|                                     | 5               | 78.4                | 78.6                | 52.4                | 53.2                |
|                                     | 6               | 78                  | 77.8                | 51.8                | 52.8                |
|                                     | 7               | 78                  | 78                  | 52                  | 52.8                |
|                                     | 8               | 78.2                | 78.2                | 52                  | 53                  |
|                                     | 9               | 78.4                | 78.45               | 52.4                | 53.2                |
|                                     | 10              | 78.4                | 78.2                | 52.4                | 53.2                |
|                                     | 11              | 78.2                | 78.4                | 52.6                | 53                  |
|                                     | 12              | 78.4                | 78.8                | 52.4                | 52.6                |
|                                     | 13              | 78.4                | 78.4                | 52                  | 52.6                |
|                                     | 14              | 78.6                | 77.2                | 51.2                | 52                  |
|                                     | 15              | 78.6                | 78.4                | 52.4                | 52                  |
|                                     | <b>ORTALAMA</b> | <b>78.32</b>        | <b>78.34</b>        | <b>52.20</b>        | <b>52.81</b>        |
| 2000                                | 1               | 90.2                | 91.6                | 45.4                | 47.4                |
|                                     | 2               | 90.6                | 91.6                | 45.8                | 47.4                |
|                                     | 3               | 90.6                | 91.2                | 45                  | 46.6                |
|                                     | 4               | 91                  | 91                  | 45.4                | 47                  |
|                                     | 5               | 91.4                | 91.8                | 45.4                | 47.4                |
|                                     | 6               | 90.2                | 91.4                | 45.8                | 47.6                |
|                                     | 7               | 91.6                | 89.4                | 44                  | 46.2                |
|                                     | 8               | 91.6                | 92                  | 45.6                | 47.4                |
|                                     | 9               | 90.4                | 90.6                | 45                  | 46.6                |
|                                     | 10              | 90.2                | 89.6                | 45.2                | 46.4                |
|                                     | 11              | 90.4                | 90.6                | 45.4                | 46.8                |
|                                     | 12              | 91.6                | 90.4                | 45.6                | 48                  |
|                                     | 13              | 91.6                | 91.4                | 46                  | 47.4                |
|                                     | 14              | 90                  | 91.6                | 46.4                | 47.6                |
|                                     | 15              | 90                  | 90.4                | 45.6                | 67.2                |
|                                     | <b>ORTALAMA</b> | <b>90.76</b>        | <b>90.97</b>        | <b>45.44</b>        | <b>47.13</b>        |

**EK-2 Tablo B L<sub>1</sub> Kısa Boru Kullanımı (L<sub>1</sub>=10.5 cm)**

Orifis plaka öncesi bozuk akışta orifis plaka öncesi ve sonrası ölçülen anlık basınçların manometrik su yükseklik değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir

**(Tablo B<sub>1</sub>- B<sub>16</sub> arası tablolar)**

(Akış şartlandırıcısı ve orifis üstakım basınç prizi arasındaki mesafe  $L_1 = 10.5\text{cm}$ )

**Tablo B<sub>1</sub>**

| d=18 mm 1x6x12 |           |                       |                     |                       |                     |
|----------------|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                |           | %20 Açık vana T=28 °C |                     | %50 Açık vana T=31 °C |                     |
| Debi (L/h)     | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000           | 1         | 54.6                  | 40                  | 55                    | 40                  |
|                | 2         | 54.4                  | 40                  | 54.8                  | 39.6                |
|                | 3         | 54.6                  | 39.8                | 54.4                  | 40.2                |
|                | 4         | 53.8                  | 59.6                | 54.6                  | 40.4                |
|                | 5         | 54.6                  | 64                  | 54.6                  | 39.8                |
|                | 6         | 54.6                  | 39.8                | 54.6                  | 40                  |
|                | 7         | 54.6                  | 40                  | 55                    | 39.6                |
|                | 8         | 54.6                  | 40                  | 55                    | 39.6                |
|                | 9         | 54.2                  | 39.4                | 54.6                  | 40.2                |
|                | 10        | 54.4                  | 39.6                | 55                    | 39.6                |
|                | 11        | 54                    | 40.2                | 54.6                  | 39.6                |
|                | 12        | 54.8                  | 40.4                | 55.4                  | 40.4                |
|                | 13        | 54.6                  | 40.2                | 55                    | 39.6                |
|                | 14        | 54.4                  | 40                  | 55                    | 40.2                |
|                | 15        | 54.6                  | 40                  | 55.2                  | 40.2                |
|                | ORTALAMA  | 54.45                 | 39.93               | 54.85                 | 39.93               |
| 1500           | 1         | 82.6                  | 50.2                | 65.2                  | 32.4                |
|                | 2         | 81.4                  | 50.4                | 65                    | 32.4                |
|                | 3         | 83                    | 49.6                | 65                    | 32                  |
|                | 4         | 81.2                  | 51                  | 55.6                  | 32                  |
|                | 5         | 80.8                  | 49.6                | 55.6                  | 32.8                |
|                | 6         | 80.8                  | 48.8                | 55.8                  | 33                  |
|                | 7         | 80.6                  | 48.6                | 55.8                  | 52.4                |
|                | 8         | 81                    | 50                  | 56                    | 33                  |
|                | 9         | 80.2                  | 49.2                | 55.4                  | 32.2                |
|                | 10        | 80.8                  | 49                  | 55.6                  | 32.8                |
|                | 11        | 80                    | 50.2                | 56.2                  | 33                  |
|                | 12        | 80.6                  | 47.6                | 55.8                  | 32.8                |
|                | 13        | 81                    | 49.6                | 55.8                  | 33                  |
|                | 14        | 81.4                  | 49.6                | 56.2                  | 33.2                |
|                | 15        | 81                    | 49.4                | 66                    | 33.2                |
|                | ORTALAMA  | 81.09                 | 49.52               | 65.67                 | 32.68               |
| 2000           | 1         | 93.8                  | 41                  | 85.4                  | 26.2                |
|                | 2         | 94.6                  | 37.4                | 84.6                  | 26                  |
|                | 3         | 94.6                  | 39.2                | 85.4                  | 25.6                |
|                | 4         | 93.8                  | 39                  | 85                    | 25.6                |
|                | 5         | 95.2                  | 59.4                | 85.4                  | 26.2                |
|                | 6         | 94.6                  | 40                  | 86.2                  | 26.4                |
|                | 7         | 95                    | 39.6                | 85.6                  | 26.4                |
|                | 8         | 95.2                  | 38.8                | 86.2                  | 26.4                |
|                | 9         | 93.8                  | 29.6                | 85.2                  | 26                  |
|                | 10        | 93.8                  | 39.6                | 85.2                  | 26                  |
|                | 11        | 94                    | 37.4                | 85                    | 26.2                |
|                | 12        | 91.8                  | 38                  | 84.2                  | 27                  |
|                | 13        | 95.4                  | 37.6                | 85.6                  | 26.6                |
|                | 14        | 94.6                  | 39.6                | 84.6                  | 26.4                |
|                | 15        | 94                    | 40.2                | 85.4                  | 26.2                |
|                | ORTALAMA  | 94.28                 | 39.09               | 85.27                 | 26.21               |

Tablo B<sub>2</sub>

| d=18 mm 1x7 (GO=0.25) T=40 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                               |           | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
| Debi<br>(L/h)                 | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                          | 1         | 33.8                | 19.4                | 47.2                | 31.6                |
|                               | 2         | 33.8                | 19.6                | 46.6                | 32.4                |
|                               | 3         | 33.6                | 19.6                | 47                  | 32                  |
|                               | 4         | 34                  | 19.6                | 46.6                | 31.8                |
|                               | 5         | 34.4                | 20.4                | 46.4                | 32.4                |
|                               | 6         | 34                  | 19                  | 46.4                | 31.4                |
|                               | 7         | 34.2                | 19.4                | 46.4                | 31.8                |
|                               | 8         | 33.4                | 19.2                | 46.4                | 31.6                |
|                               | 9         | 34                  | 19.6                | 45.8                | 31.6                |
|                               | 10        | 34.8                | 19.4                | 46.4                | 31.2                |
|                               | 11        | 34                  | 19.4                | 45.6                | 30                  |
|                               | 12        | 34.2                | 19.6                | 45.8                | 30.8                |
|                               | 13        | 33.8                | 19                  | 45.4                | 30.8                |
|                               | 14        | 34                  | 19.6                | 45.6                | 30.6                |
|                               | 15        | 33.8                | 19.8                | 45.6                | 31                  |
|                               | ORTALAMA  | 33.99               | 19.51               | 46.21               | 31.40               |
| 1500                          | 1         | 56                  | 23.2                | 67                  | 34.6                |
|                               | 2         | 54.2                | 24.4                | 67.2                | 36.6                |
|                               | 3         | 55                  | 24.2                | 67.4                | 35                  |
|                               | 4         | 55                  | 22.4                | 66                  | 37                  |
|                               | 5         | 53.4                | 23.2                | 68.2                | 34.6                |
|                               | 6         | 54                  | 22.6                | 67                  | 35.4                |
|                               | 7         | 54                  | 22.6                | 67.4                | 35                  |
|                               | 8         | 55.4                | 21.4                | 67.4                | 35.4                |
|                               | 9         | 54.4                | 24                  | 67.4                | 35.6                |
|                               | 10        | 55.8                | 23                  | 67.4                | 35.4                |
|                               | 11        | 54.4                | 23.6                | 67.8                | 35.6                |
|                               | 12        | 54                  | 23.4                | 66.8                | 35                  |
|                               | 13        | 55                  | 22.6                | 67                  | 35.2                |
|                               | 14        | 55                  | 22.4                | 68                  | 35                  |
|                               | 15        | 53.8                | 23.4                | 67.4                | 32                  |
|                               | ORTALAMA  | 54.63               | 23.09               | 67.29               | 35.16               |
| 2000                          | 1         | 79                  | 25.4                | 82                  | 25.4                |
|                               | 2         | 81.4                | 22.8                | 81.6                | 25                  |
|                               | 3         | 79.6                | 25                  | 83                  | 25.6                |
|                               | 4         | 78.6                | 25                  | 81                  | 26                  |
|                               | 5         | 79                  | 24.4                | 82.4                | 26.4                |
|                               | 6         | 79.4                | 25.4                | 81.4                | 25                  |
|                               | 7         | 80.4                | 24.4                | 80.6                | 25.4                |
|                               | 8         | 88.6                | 26.4                | 81.8                | 25.2                |
|                               | 9         | 81                  | 24.4                | 81.4                | 27                  |
|                               | 10        | 81                  | 26.4                | 83                  | 23.4                |
|                               | 11        | 80.8                | 25.6                | 82.6                | 27.6                |
|                               | 12        | 80.8                | 25.6                | 82                  | 25.6                |
|                               | 13        | 80                  | 24                  | 83                  | 25.4                |
|                               | 14        | 80.6                | 23.4                | 83.6                | 24.2                |
|                               | 15        | 80.6                | 25.4                | 83.2                | 25.4                |
|                               | ORTALAMA  | 80.05               | 24.91               | 82.17               | 25.51               |

Tablo B<sub>3</sub>

| d=18 mm 1x7 pahsız |           |                      |                     |                       |                     |
|--------------------|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                    |           | %20 Açık vana T=37°C |                     | %50 Açık vana T=38 °C |                     |
| Debi (L/h)         | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm)  | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000               | 1         | 54.6                 | 39.4                | 49                    | 35                  |
|                    | 2         | 55                   | 40.6                | 49.8                  | 34.6                |
|                    | 3         | 54.6                 | 40.2                | 49                    | 35                  |
|                    | 4         | 54.6                 | 39.8                | 49.4                  | 35.6                |
|                    | 5         | 54.8                 | 39                  | 50                    | 35.4                |
|                    | 6         | 55                   | 40.4                | 49.4                  | 35.4                |
|                    | 7         | 53.8                 | 40.8                | 50                    | 35.4                |
|                    | 8         | 55                   | 40.4                | 49.8                  | 36                  |
|                    | 9         | 55                   | 40.2                | 50                    | 35.4                |
|                    | 10        | 55.4                 | 39.2                | 49.8                  | 35.6                |
|                    | 11        | 55                   | 40.6                | 49.4                  | 35                  |
|                    | 12        | 56                   | 40.8                | 49.2                  | 35.4                |
|                    | 13        | 55.6                 | 40.4                | 49.6                  | 35.2                |
|                    | 14        | 54.4                 | 41                  | 49.8                  | 36.2                |
|                    | 15        | 55.4                 | 40                  | 50.4                  | 35                  |
|                    | ORTALAMA  | 54.95                | 40.19               | 49.64                 | 35.35               |
| 1500               | 1         | 68.4                 | 36.6                | 56                    | 24.2                |
|                    | 2         | 68.4                 | 38.6                | 55                    | 24.6                |
|                    | 3         | 67.8                 | 37.2                | 56                    | 23.8                |
|                    | 4         | 68.4                 | 37.6                | 56                    | 22.8                |
|                    | 5         | 68.8                 | 37.4                | 54                    | 25                  |
|                    | 6         | 67.4                 | 38.4                | 55.4                  | 23.8                |
|                    | 7         | 67.6                 | 38                  | 55.6                  | 23                  |
|                    | 8         | 68.6                 | 38.2                | 55.6                  | 25.6                |
|                    | 9         | 68.6                 | 37.6                | 54.8                  | 24.6                |
|                    | 10        | 69                   | 37.8                | 55.6                  | 25.6                |
|                    | 11        | 68.2                 | 39.2                | 56                    | 25                  |
|                    | 12        | 69.6                 | 37.6                | 55                    | 25                  |
|                    | 13        | 70                   | 37.4                | 55                    | 23.8                |
|                    | 14        | 68.8                 | 39                  | 54.4                  | 22.6                |
|                    | 15        | 69.6                 | 39                  | 54                    | 22.8                |
|                    | ORTALAMA  | 68.61                | 37.97               | 55.23                 | 24.15               |
| 2000               | 1         | 80.4                 | 27.2                | 77                    | 23                  |
|                    | 2         | 80.4                 | 29                  | 79                    | 23                  |
|                    | 3         | 81.2                 | 27.4                | 79.4                  | 23.6                |
|                    | 4         | 81                   | 25.8                | 79.8                  | 23.4                |
|                    | 5         | 80                   | 27.6                | 77                    | 23                  |
|                    | 6         | 81.2                 | 27.6                | 77.6                  | 23.2                |
|                    | 7         | 79.8                 | 26.2                | 77.4                  | 23.6                |
|                    | 8         | 79                   | 27                  | 77.4                  | 24.2                |
|                    | 9         | 81.6                 | 26                  | 73.6                  | 23                  |
|                    | 10        | 80.6                 | 27.6                | 76.8                  | 23                  |
|                    | 11        | 80.4                 | 27                  | 76                    | 22.6                |
|                    | 12        | 80                   | 27.8                | 78.2                  | 23                  |
|                    | 13        | 80.6                 | 27.8                | 76.6                  | 22.4                |
|                    | 14        | 79.8                 | 26.8                | 78.4                  | 23                  |
|                    | 15        | 80.2                 | 28.4                | 76.6                  | 23                  |
|                    | ORTALAMA  | 80.41                | 27.28               | 77.39                 | 23.13               |

Tablo B<sub>4</sub>

| d=18 mm 1x7 (15° pahlı) |           |                       |                     |                       |                     |
|-------------------------|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                         |           | %20 Açık vana T=35 °C |                     | %50 Açık vana T=34 °C |                     |
| Debi (L/h)              | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                    | 1         | 55.6                  | 42.2                | 50.4                  | 36                  |
|                         | 2         | 56.4                  | 41.6                | 51.6                  | 36.2                |
|                         | 3         | 55.8                  | 41.8                | 51.4                  | 36.4                |
|                         | 4         | 56.4                  | 41.6                | 51                    | 36.4                |
|                         | 5         | 56                    | 42                  | 51.4                  | 36.6                |
|                         | 6         | 55.8                  | 41.6                | 51.4                  | 36.8                |
|                         | 7         | 56                    | 41.8                | 51                    | 37                  |
|                         | 8         | 56                    | 41.6                | 51.4                  | 36.8                |
|                         | 9         | 55.6                  | 41.2                | 50.6                  | 36                  |
|                         | 10        | 55.8                  | 41.2                | 50.6                  | 36.4                |
|                         | 11        | 55.6                  | 41                  | 51                    | 36                  |
|                         | 12        | 56                    | 42                  | 51                    | 35.8                |
|                         | 13        | 56                    | 42.2                | 51.4                  | 36.4                |
|                         | 14        | 56.4                  | 42                  | 51.4                  | 36.8                |
|                         | 15        | 55.8                  | 42.4                | 51.6                  | 37                  |
|                         | ORTALAMA  | 55.95                 | 41.75               | 51.15                 | 36.44               |
| 1500                    | 1         | 51                    | 19.6                | 58                    | 24                  |
|                         | 2         | 51                    | 21.6                | 56.6                  | 24.6                |
|                         | 3         | 52                    | 20.2                | 57.6                  | 4.6                 |
|                         | 4         | 51.6                  | 19.6                | 56.4                  | 24                  |
|                         | 5         | 51                    | 20.8                | 55.8                  | 24.4                |
|                         | 6         | 51.4                  | 19                  | 55.4                  | 24.6                |
|                         | 7         | 51                    | 20.2                | 56                    | 23.4                |
|                         | 8         | 51.6                  | 19.6                | 56.4                  | 23                  |
|                         | 9         | 52                    | 19.6                | 56                    | 24                  |
|                         | 10        | 51.8                  | 20.2                | 57                    | 25                  |
|                         | 11        | 52                    | 20                  | 57                    | 25.6                |
|                         | 12        | 51.8                  | 21.6                | 57.4                  | 24                  |
|                         | 13        | 51.4                  | 20.4                | 57                    | 24.6                |
|                         | 14        | 51.6                  | 20.2                | 57.8                  | 23.6                |
|                         | 15        | 50                    | 21.8                | 57.4                  | 25.4                |
|                         | ORTALAMA  | 51.41                 | 20.29               | 56.79                 | 24.32               |
| 2000                    | 1         | 87.4                  | 31.2                | 86.2                  | 28.6                |
|                         | 2         | 85.8                  | 31                  | 85.8                  | 29.8                |
|                         | 3         | 85.4                  | 32.4                | 85.8                  | 28.6                |
|                         | 4         | 85                    | 30.6                | 84.4                  | 29.4                |
|                         | 5         | 84.8                  | 30.8                | 85.4                  | 27                  |
|                         | 6         | 84.2                  | 30.8                | 84                    | 28.2                |
|                         | 7         | 84.8                  | 33                  | 82.6                  | 28.6                |
|                         | 8         | 85.8                  | 32                  | 85.4                  | 27.4                |
|                         | 9         | 86.2                  | 31                  | 84.4                  | 29.4                |
|                         | 10        | 87.2                  | 33.6                | 85.4                  | 29                  |
|                         | 11        | 84.4                  | 31.8                | 85.2                  | 29.2                |
|                         | 12        | 87.4                  | 32.4                | 85.6                  | 27.6                |
|                         | 13        | 86.4                  | 30.8                | 84.6                  | 28.6                |
|                         | 14        | 85                    | 33.4                | 84.4                  | 30                  |
|                         | 15        | 85.4                  | 32.8                | 86                    | 27.8                |
|                         | ORTALAMA  | 85.68                 | 31.84               | 85.01                 | 28.61               |

Tablo B<sub>5</sub>

| d=18 mm 1x7 (30° pahlı) |           |                       |                     |                       |                     |
|-------------------------|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                         |           | %20 Açık vana T=31 °C |                     | %50 Açık vana T=32 °C |                     |
| Debi (L/h)              | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                    | 1         | 49.8                  | 34                  | 50.6                  | 36.6                |
|                         | 2         | 48.8                  | 35                  | 50.6                  | 36.4                |
|                         | 3         | 48.8                  | 34.2                | 50.8                  | 36.4                |
|                         | 4         | 48.8                  | 34.4                | 51.2                  | 37.4                |
|                         | 5         | 49.6                  | 35.4                | 50.8                  | 36                  |
|                         | 6         | 49.2                  | 35.2                | 50.6                  | 37                  |
|                         | 7         | 49.2                  | 34.6                | 50.8                  | 36.6                |
|                         | 8         | 49.2                  | 34.6                | 49.6                  | 36.6                |
|                         | 9         | 48                    | 34.4                | 51                    | 35.6                |
|                         | 10        | 48.8                  | 33.6                | 50.8                  | 36                  |
|                         | 11        | 49                    | 34.4                | 50                    | 36.4                |
|                         | 12        | 49.4                  | 34.4                | 49.6                  | 34                  |
|                         | 13        | 49                    | 34                  | 49.8                  | 35.2                |
|                         | 14        | 49                    | 34                  | 49.6                  | 36                  |
|                         | 15        | 49.4                  | 34.4                | 50                    | 36                  |
|                         | ORTALAMA  | 49.07                 | 34.44               | 50.39                 | 36.15               |
| 1500                    | 1         | 68                    | 36.8                | 49.2                  | 18                  |
|                         | 2         | 68                    | 38.2                | 50                    | 18.2                |
|                         | 3         | 67.6                  | 36                  | 49.4                  | 19                  |
|                         | 4         | 68                    | 37.6                | 49.2                  | 19                  |
|                         | 5         | 68.6                  | 37.4                | 49.4                  | 19.2                |
|                         | 6         | 69.4                  | 37.4                | 50.6                  | 19.6                |
|                         | 7         | 69.2                  | 37.4                | 49                    | 18.6                |
|                         | 8         | 67.8                  | 36.6                | 49.8                  | 18                  |
|                         | 9         | 67.8                  | 36.6                | 50                    | 19                  |
|                         | 10        | 67.8                  | 38                  | 49                    | 20                  |
|                         | 11        | 67.6                  | 38                  | 49.6                  | 20.2                |
|                         | 12        | 67.6                  | 36.6                | 49                    | 19.8                |
|                         | 13        | 68.8                  | 37                  | 50.4                  | 19.4                |
|                         | 14        | 68.6                  | 37.4                | 49.8                  | 17.8                |
|                         | 15        | 68.8                  | 37                  | 49                    | 20                  |
|                         | ORTALAMA  | 68.24                 | 37.20               | 49.56                 | 19.05               |
| 2000                    | 1         | 88.4                  | 34.4                | 85.4                  | 30.4                |
|                         | 2         | 89                    | 33.8                | 84.8                  | 31.2                |
|                         | 3         | 89.4                  | 34                  | 87.4                  | 31.6                |
|                         | 4         | 87.8                  | 33.6                | 83.6                  | 31.2                |
|                         | 5         | 88.6                  | 34                  | 85.6                  | 39.6                |
|                         | 6         | 89.4                  | 33.6                | 85.4                  | 31.6                |
|                         | 7         | 88.2                  | 33.4                | 83.4                  | 31.6                |
|                         | 8         | 86.6                  | 35                  | 85                    | 30.6                |
|                         | 9         | 87.4                  | 32.4                | 84.4                  | 32.4                |
|                         | 10        | 87.6                  | 34.2                | 85                    | 30.4                |
|                         | 11        | 87.8                  | 32.6                | 85.4                  | 31.6                |
|                         | 12        | 86.8                  | 35                  | 84.8                  | 31.2                |
|                         | 13        | 87.6                  | 33.6                | 85.4                  | 30.4                |
|                         | 14        | 88                    | 33.6                | 84.8                  | 30.8                |
|                         | 15        | 87.4                  | 34.6                | 85.6                  | 29.6                |
|                         | ORTALAMA  | 88.00                 | 33.85               | 85.07                 | 31.61               |

Tablo B<sub>6</sub>

| d=18 mm 1x7 (45° pahlı) T=27 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                 |           | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
| Debi (L/h)                      | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                            | 1         | 46                  | 31.6                | 48                  | 34.6                |
|                                 | 2         | 46                  | 32                  | 48                  | 33.6                |
|                                 | 3         | 46.4                | 31.8                | 47.8                | 34.2                |
|                                 | 4         | 46.2                | 32.4                | 48                  | 33.4                |
|                                 | 5         | 46.4                | 32.4                | 47.8                | 34.6                |
|                                 | 6         | 46.2                | 32.4                | 48.2                | 33.6                |
|                                 | 7         | 46                  | 32.6                | 47.8                | 33.6                |
|                                 | 8         | 45.6                | 32.8                | 47.8                | 33.6                |
|                                 | 9         | 46.2                | 31.8                | 47.2                | 34                  |
|                                 | 10        | 46.4                | 31.8                | 47.6                | 33.4                |
|                                 | 11        | 46.6                | 32.2                | 47.6                | 32.6                |
|                                 | 12        | 46                  | 32                  | 47.6                | 33.4                |
|                                 | 13        | 46                  | 32                  | 47.8                | 33.6                |
|                                 | 14        | 45.8                | 32.2                | 47.8                | 33.4                |
|                                 | 15        | 45.6                | 32.6                | 48.2                | 34                  |
|                                 | ORTALAMA  | 46.09               | 32.17               | 47.81               | 33.71               |
| 1500                            | 1         | 52                  | 21.6                | 70.2                | 41                  |
|                                 | 2         | 52.4                | 21.6                | 70                  | 40                  |
|                                 | 3         | 53                  | 20.8                | 71                  | 39.4                |
|                                 | 4         | 52.2                | 22.2                | 70.4                | 39.8                |
|                                 | 5         | 52.6                | 22.4                | 70                  | 39.2                |
|                                 | 6         | 53.4                | 21.6                | 70                  | 39.4                |
|                                 | 7         | 52.6                | 21.8                | 70                  | 39.8                |
|                                 | 8         | 53                  | 22.2                | 70                  | 40.4                |
|                                 | 9         | 53.6                | 21.4                | 70.4                | 40                  |
|                                 | 10        | 52.2                | 22.4                | 71.6                | 40.6                |
|                                 | 11        | 52.6                | 21.2                | 70                  | 41.4                |
|                                 | 12        | 52.8                | 22.6                | 70.6                | 40.4                |
|                                 | 13        | 53                  | 21.8                | 70.4                | 40.6                |
|                                 | 14        | 52.8                | 21.8                | 70.4                | 39.8                |
|                                 | 15        | 53.6                | 21.6                | 69.8                | 39                  |
|                                 | ORTALAMA  | 52.79               | 21.80               | 70.32               | 40.05               |
| 2000                            | 1         | 86.4                | 32.4                | 86.4                | 31.8                |
|                                 | 2         | 87                  | 31.8                | 86                  | 32.2                |
|                                 | 3         | 86                  | 31.8                | 86.2                | 32.2                |
|                                 | 4         | 85.2                | 32.4                | 86.4                | 31.8                |
|                                 | 5         | 85.6                | 31.4                | 85.8                | 32                  |
|                                 | 6         | 85.6                | 31.6                | 85.8                | 32                  |
|                                 | 7         | 85.8                | 31.6                | 86                  | 32                  |
|                                 | 8         | 86                  | 31.2                | 86                  | 32.4                |
|                                 | 9         | 86.6                | 32                  | 85.4                | 31.4                |
|                                 | 10        | 85                  | 31                  | 86                  | 33                  |
|                                 | 11        | 84                  | 31.2                | 86.2                | 33.2                |
|                                 | 12        | 84                  | 31.4                | 86.4                | 32.6                |
|                                 | 13        | 85.4                | 31.8                | 85.8                | 33                  |
|                                 | 14        | 85.4                | 33.8                | 85.4                | 32.6                |
|                                 | 15        | 85.4                | 31.8                | 86                  | 32.4                |
|                                 | ORTALAMA  | 85.56               | 28.23               | 85.99               | 32.31               |

Tablo B7

| d=18 mm 1x7 (55° pahlı) T=26 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                      | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                 |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                            | 1         | 31                  | 15.4                | 40.2                | 25.2                |
|                                 | 2         | 31                  | 16                  | 39.8                | 24.4                |
|                                 | 3         | 31                  | 16                  | 39.4                | 25                  |
|                                 | 4         | 31                  | 16                  | 39.6                | 25                  |
|                                 | 5         | 31                  | 16                  | 38.8                | 25.2                |
|                                 | 6         | 31.2                | 16.8                | 39.8                | 24.6                |
|                                 | 7         | 31.6                | 16                  | 39.4                | 25.4                |
|                                 | 8         | 31                  | 16.6                | 39.6                | 25.6                |
|                                 | 9         | 31                  | 15.8                | 39.6                | 25                  |
|                                 | 10        | 31                  | 15.8                | 39.6                | 25.4                |
|                                 | 11        | 30.8                | 15.2                | 39.4                | 25.2                |
|                                 | 12        | 30.6                | 16.4                | 39                  | 25.6                |
|                                 | 13        | 31                  | 15.4                | 39.6                | 25                  |
|                                 | 14        | 30.8                | 16.8                | 40                  | 24.4                |
|                                 | 15        | 30.6                | 16.4                | 39.6                | 24.8                |
|                                 | ORTALAMA  | 30.97               | 16.04               | 39.56               | 25.05               |
| 1500                            | 1         | 65                  | 33                  | 70.2                | 39.2                |
|                                 | 2         | 65                  | 32.4                | 69.2                | 39.2                |
|                                 | 3         | 65.4                | 32                  | 69.6                | 38.4                |
|                                 | 4         | 65.4                | 32.6                | 69                  | 38.8                |
|                                 | 5         | 65                  | 32.4                | 68.4                | 36.8                |
|                                 | 6         | 65                  | 33                  | 68.4                | 39.4                |
|                                 | 7         | 65.2                | 32                  | 70                  | 37.8                |
|                                 | 8         | 65.6                | 33.6                | 69.6                | 39.8                |
|                                 | 9         | 66.2                | 33.6                | 70.2                | 38.4                |
|                                 | 10        | 65.2                | 33.4                | 69.6                | 37.6                |
|                                 | 11        | 64.8                | 33.2                | 68.2                | 39                  |
|                                 | 12        | 64.6                | 32.8                | 69.8                | 38                  |
|                                 | 13        | 65                  | 34                  | 69.4                | 38                  |
|                                 | 14        | 65.6                | 34.2                | 67.8                | 38.4                |
|                                 | 15        | 65.8                | 33.6                | 69                  | 37.6                |
|                                 | ORTALAMA  | 65.25               | 33.05               | 69.23               | 38.43               |
| 2000                            | 1         | 91                  | 33.2                | 89.4                | 35                  |
|                                 | 2         | 91.4                | 33.8                | 89                  | 35.6                |
|                                 | 3         | 91                  | 34.2                | 89                  | 36                  |
|                                 | 4         | 91.8                | 32.8                | 89.4                | 35.8                |
|                                 | 5         | 92.4                | 34.6                | 89.4                | 36.2                |
|                                 | 6         | 90.4                | 34.6                | 90.4                | 36.4                |
|                                 | 7         | 92.4                | 35.6                | 88                  | 36.4                |
|                                 | 8         | 91.4                | 33                  | 88.4                | 35.6                |
|                                 | 9         | 90.4                | 34.4                | 88.4                | 32.8                |
|                                 | 10        | 90.2                | 33.8                | 89.2                | 38.4                |
|                                 | 11        | 90.2                | 34                  | 89                  | 36                  |
|                                 | 12        | 90.6                | 33.4                | 89.2                | 36.2                |
|                                 | 13        | 91                  | 33                  | 91                  | 35                  |
|                                 | 14        | 90.8                | 33.6                | 87.4                | 36.4                |
|                                 | 15        | 90.6                | 33                  | 89.6                | 35.4                |
|                                 | ORTALAMA  | 91.04               | 33.80               | 89.12               | 35.81               |

Tablo B<sub>8</sub>

| d=18 mm akış Şartlandırıcısız T=37 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                            | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                       |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                                  | 1         | 48                  | 34                  | 50.8                | 35.8                |
|                                       | 2         | 47                  | 34.2                | 49.8                | 35.6                |
|                                       | 3         | 47.4                | 33.2                | 50.4                | 36.6                |
|                                       | 4         | 47.2                | 34.6                | 50.6                | 35.2                |
|                                       | 5         | 47.4                | 34.2                | 50                  | 35.4                |
|                                       | 6         | 47.2                | 33.4                | 50.6                | 35.2                |
|                                       | 7         | 47                  | 34                  | 50                  | 35.8                |
|                                       | 8         | 48.2                | 34                  | 50.2                | 35.6                |
|                                       | 9         | 47.8                | 35                  | 50.2                | 36                  |
|                                       | 10        | 49.2                | 34.2                | 50.8                | 35                  |
|                                       | 11        | 47.6                | 35                  | 50                  | 36.4                |
|                                       | 12        | 48.4                | 34                  | 51                  | 36                  |
|                                       | 13        | 48.2                | 33.4                | 50.6                | 35.4                |
|                                       | 14        | 48                  | 33.6                | 49.2                | 35.6                |
|                                       | 15        | 47.6                | 33.2                | 50.2                | 34.8                |
|                                       | ORTALAMA  | 47.75               | 34.00               | 50.29               | 35.63               |
| 1500                                  | 1         | 79.2                | 52.2                | 67.6                | 37.6                |
|                                       | 2         | 79.2                | 51                  | 68                  | 37                  |
|                                       | 3         | 80.2                | 51.6                | 67.8                | 36.8                |
|                                       | 4         | 80.2                | 51.6                | 67.6                | 37.2                |
|                                       | 5         | 81                  | 51.6                | 67.2                | 36.2                |
|                                       | 6         | 79.6                | 52                  | 67.6                | 36.6                |
|                                       | 7         | 80                  | 51.6                | 67.8                | 36.6                |
|                                       | 8         | 82.2                | 49.4                | 67.4                | 36.4                |
|                                       | 9         | 80.6                | 52.4                | 67                  | 36.6                |
|                                       | 10        | 80.2                | 51.4                | 67.6                | 37                  |
|                                       | 11        | 80                  | 51.4                | 67.6                | 36.8                |
|                                       | 12        | 80                  | 52.2                | 67.2                | 36.6                |
|                                       | 13        | 80.2                | 52                  | 67.6                | 37.4                |
|                                       | 14        | 80.6                | 50                  | 68                  | 36.2                |
|                                       | 15        | 80.4                | 51.2                | 67.4                | 36.6                |
|                                       | ORTALAMA  | 80.24               | 51.44               | 66.77               | 36.77               |
| 2000                                  | 1         | 87.2                | 35                  | 85.4                | 32.2                |
|                                       | 2         | 86                  | 37.6                | 85                  | 31.6                |
|                                       | 3         | 86.4                | 36                  | 87                  | 31.2                |
|                                       | 4         | 89.4                | 34.6                | 90                  | 32                  |
|                                       | 5         | 88.4                | 35.2                | 87                  | 32.4                |
|                                       | 6         | 85.8                | 37                  | 88.4                | 32.2                |
|                                       | 7         | 86.4                | 36                  | 88.6                | 32                  |
|                                       | 8         | 8                   | 36.4                | 88                  | 32.2                |
|                                       | 9         | 88                  | 36.6                | 87                  | 32.8                |
|                                       | 10        | 88.2                | 36.2                | 86.4                | 31                  |
|                                       | 11        | 87.8                | 34.2                | 88.6                | 30.8                |
|                                       | 12        | 87                  | 37.4                | 87.6                | 31.6                |
|                                       | 13        | 87.8                | 35.8                | 87                  | 32.2                |
|                                       | 14        | 86.6                | 37.6                | 87                  | 31.4                |
|                                       | 15        | 86                  | 36.6                | 88.4                | 31.2                |
|                                       | ORTALAMA  | 87.20               | 36.15               | 87.43               | 31.79               |

Tablo B<sub>9</sub>

| d= 25 mm 1x6x12 T=42 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi<br>(L/h)           | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                         |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                    | 1         | 40.2                | 36.2                | 39                  | 35.6                |
|                         | 2         | 40.4                | 36                  | 39.2                | 35.2                |
|                         | 3         | 39.8                | 36                  | 38.8                | 35                  |
|                         | 4         | 39.4                | 36.2                | 39                  | 35.6                |
|                         | 5         | 40.6                | 35.8                | 39.4                | 35.6                |
|                         | 6         | 40.4                | 36                  | 38.8                | 35.2                |
|                         | 7         | 39                  | 35.8                | 39                  | 35.2                |
|                         | 8         | 40.4                | 35.8                | 39.2                | 35.2                |
|                         | 9         | 40                  | 36.2                | 39                  | 36.2                |
|                         | 10        | 39.8                | 36.2                | 38.6                | 35.4                |
|                         | 11        | 40                  | 36.8                | 39.2                | 35.4                |
|                         | 12        | 40.2                | 35.8                | 39.4                | 35.4                |
|                         | 13        | 39.2                | 36.6                | 39.2                | 35.2                |
|                         | 14        | 40.2                | 36.8                | 38.8                | 35.4                |
|                         | 15        | 40.2                | 36.8                | 38.6                | 35.2                |
|                         | ORTALAMA  | 39.99               | 36.20               | 39.01               | 35.39               |
| 1500                    | 1         | 60                  | 51.8                | 59.8                | 52.4                |
|                         | 2         | 59.4                | 52.8                | 59.6                | 50.8                |
|                         | 3         | 60.2                | 52.8                | 60                  | 52.4                |
|                         | 4         | 59.8                | 52.4                | 60                  | 52                  |
|                         | 5         | 60                  | 52.4                | 59.4                | 52                  |
|                         | 6         | 59.6                | 52                  | 61.4                | 52.4                |
|                         | 7         | 59.6                | 52                  | 59.4                | 52.2                |
|                         | 8         | 60.4                | 51.8                | 59.8                | 51.8                |
|                         | 9         | 59.4                | 52.4                | 59.6                | 51.4                |
|                         | 10        | 60.6                | 53                  | 59                  | 51.2                |
|                         | 11        | 60.4                | 52.6                | 60                  | 52                  |
|                         | 12        | 59.8                | 52.6                | 59.4                | 51.4                |
|                         | 13        | 60                  | 52                  | 59                  | 51                  |
|                         | 14        | 70.4                | 52                  | 59.6                | 51.4                |
|                         | 15        | 59.8                | 52.2                | 60                  | 52                  |
|                         | ORTALAMA  | 59.96               | 52.32               | 59.73               | 51.76               |
| 2000                    | 1         | 87                  | 72                  | 73                  | 58                  |
|                         | 2         | 97.2                | 73.4                | 72.6                | 58.4                |
|                         | 3         | 86.6                | 73                  | 73                  | 58.6                |
|                         | 4         | 87                  | 73                  | 72.8                | 58.6                |
|                         | 5         | 87.4                | 74                  | 72.8                | 58.4                |
|                         | 6         | 86.8                | 74.2                | 72.8                | 58.4                |
|                         | 7         | 87.6                | 73.6                | 73                  | 58.6                |
|                         | 8         | 87                  | 74                  | 72.6                | 58.4                |
|                         | 9         | 86.8                | 73.6                | 72.4                | 57.6                |
|                         | 10        | 87                  | 74                  | 71.6                | 58                  |
|                         | 11        | 86.6                | 74                  | 72.4                | 57.6                |
|                         | 12        | 86.6                | 73.4                | 72.6                | 58                  |
|                         | 13        | 87.4                | 73.6                | 72                  | 58                  |
|                         | 14        | 86.8                | 73                  | 72                  | 58.2                |
|                         | 15        | 86.8                | 73                  | 72                  | 57.4                |
|                         | ORTALAMA  | 86.99               | 73.45               | 72.51               | 58.15               |

Tablo B<sub>10</sub>

| d= 25 mm 1x7 (GO=0.25) T=40 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|--------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi<br>(L/h)                  | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                           | 1         | 34.2                | 30.4                | 26.6                | 23.4                |
|                                | 2         | 33.6                | 30                  | 27.4                | 23.4                |
|                                | 3         | 33.8                | 30.2                | 27.2                | 23.2                |
|                                | 4         | 34                  | 30.2                | 26.6                | 22.8                |
|                                | 5         | 34                  | 30.6                | 26.8                | 23.4                |
|                                | 6         | 34.2                | 30.6                | 26.6                | 23                  |
|                                | 7         | 33.8                | 30.2                | 26.6                | 23                  |
|                                | 8         | 34                  | 30.4                | 26.6                | 22.8                |
|                                | 9         | 34                  | 30                  | 26.4                | 22.6                |
|                                | 10        | 33.6                | 29.6                | 26                  | 23                  |
|                                | 11        | 33                  | 29.4                | 26.6                | 23                  |
|                                | 12        | 33                  | 29.6                | 26                  | 22.6                |
|                                | 13        | 33                  | 29.6                | 26.6                | 22.8                |
|                                | 14        | 33.4                | 29.6                | 26.4                | 23                  |
|                                | 15        | 32.8                | 29.6                | 27                  | 23                  |
|                                | ORTALAMA  | 33.63               | 30.00               | 26.63               | 23                  |
| 1500                           | 1         | 59                  | 51.2                | 55.2                | 47.4                |
|                                | 2         | 59.2                | 51                  | 55                  | 47                  |
|                                | 3         | 59.4                | 50.6                | 55                  | 47                  |
|                                | 4         | 58.6                | 50.4                | 55.6                | 47.4                |
|                                | 5         | 58.4                | 50.4                | 55.2                | 47.8                |
|                                | 6         | 58.6                | 50.4                | 55.4                | 47.8                |
|                                | 7         | 59                  | 50.6                | 55.8                | 48                  |
|                                | 8         | 58.6                | 50.2                | 55.6                | 47.6                |
|                                | 9         | 58.6                | 51.2                | 55.6                | 47.6                |
|                                | 10        | 59.2                | 51.4                | 55.4                | 46.8                |
|                                | 11        | 58.6                | 51                  | 54.6                | 46.6                |
|                                | 12        | 60                  | 52                  | 55.4                | 47                  |
|                                | 13        | 59.6                | 51.6                | 55                  | 47.2                |
|                                | 14        | 59.4                | 51.4                | 55                  | 47                  |
|                                | 15        | 58.8                | 51                  | 55                  | 47.2                |
|                                | ORTALAMA  | 59.00               | 50.96               | 55.25               | 47.29               |
| 2000                           | 1         | 78                  | 62.4                | 73.4                | 58.4                |
|                                | 2         | 76.8                | 63.4                | 72.8                | 57.8                |
|                                | 3         | 77                  | 62.2                | 72.8                | 58.4                |
|                                | 4         | 74.6                | 60.8                | 72                  | 59                  |
|                                | 5         | 7.6                 | 64.8                | 72.4                | 57.2                |
|                                | 6         | 77.8                | 62.6                | 71.4                | 58                  |
|                                | 7         | 77                  | 62                  | 72                  | 57                  |
|                                | 8         | 77                  | 62.4                | 72.2                | 57.2                |
|                                | 9         | 76                  | 62.8                | 71.8                | 57.4                |
|                                | 10        | 76                  | 61                  | 71.4                | 57.4                |
|                                | 11        | 76.2                | 62                  | 72                  | 58                  |
|                                | 12        | 76.6                | 62.2                | 71.6                | 58                  |
|                                | 13        | 75.6                | 61.6                | 73                  | 58                  |
|                                | 14        | 76.6                | 62                  | 72.4                | 58.6                |
|                                | 15        | 76.6                | 62                  | 73                  | 58.4                |
|                                | ORTALAMA  | 76.63               | 62.28               | 72.28               | 57.92               |

Tablo B<sub>11</sub>

| d= 25 mm 1x7 pahsız T=47 °C |           |                      |                     |                     |                     |
|-----------------------------|-----------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                  | Zaman (s) | %20 Açık vana        |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                             |           | h <sub>1</sub> ( cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                        | 1         | 39.2                 | 36                  | 40                  | 37.2                |
|                             | 2         | 39                   | 36.2                | 40                  | 36.8                |
|                             | 3         | 39.6                 | 36.4                | 39.8                | 36.8                |
|                             | 4         | 39.6                 | 36                  | 39.6                | 36.6                |
|                             | 5         | 39                   | 36.4                | 39.8                | 36.8                |
|                             | 6         | 40                   | 36.2                | 40                  | 37                  |
|                             | 7         | 39                   | 35.8                | 39.8                | 36.6                |
|                             | 8         | 39.2                 | 35.8                | 39.8                | 36.8                |
|                             | 9         | 39.6                 | 36.2                | 39.6                | 36.8                |
|                             | 10        | 39                   | 36.4                | 39.4                | 36.6                |
|                             | 11        | 40                   | 36                  | 39.8                | 36.8                |
|                             | 12        | 39.4                 | 36.4                | 40                  | 36.6                |
|                             | 13        | 39.4                 | 36.4                | 39.6                | 36.8                |
|                             | 14        | 39.4                 | 36.2                | 39.8                | 36.8                |
|                             | 15        | 39                   | 36.2                | 39.6                | 36.6                |
|                             | ORTALAMA  | 39.36                | 36.17               | 40.44               | 36.77               |
| 1500                        | 1         | 57.2                 | 50                  | 54.2                | 48.4                |
|                             | 2         | 56.2                 | 50                  | 53.6                | 47.8                |
|                             | 3         | 57                   | 49.6                | 53.4                | 46.8                |
|                             | 4         | 56.8                 | 50                  | 53.2                | 47.6                |
|                             | 5         | 57.4                 | 49.8                | 53.4                | 47.2                |
|                             | 6         | 57.2                 | 50.6                | 53                  | 46.8                |
|                             | 7         | 57.6                 | 50                  | 53.8                | 47.4                |
|                             | 8         | 57                   | 50.8                | 53.6                | 46.8                |
|                             | 9         | 58                   | 50.2                | 53.4                | 47.6                |
|                             | 10        | 57.4                 | 50.4                | 54.6                | 47.8                |
|                             | 11        | 57.4                 | 51.4                | 52.6                | 47                  |
|                             | 12        | 58                   | 50.8                | 53.8                | 47                  |
|                             | 13        | 57.8                 | 51                  | 53.4                | 47.4                |
|                             | 14        | 57.6                 | 50.6                | 53.6                | 47.6                |
|                             | 15        | 57.6                 | 50.2                | 54                  | 47.2                |
|                             | ORTALAMA  | 57.35                | 50.36               | 53.57               | 47.36               |
| 2000                        | 1         | 54.2                 | 41.6                | 68                  | 57.2                |
|                             | 2         | 52.2                 | 42.6                | 67.6                | 56                  |
|                             | 3         | 52.6                 | 41.4                | 67.4                | 55.6                |
|                             | 4         | 52.2                 | 41                  | 66.4                | 55.8                |
|                             | 5         | 53.2                 | 41.2                | 66.8                | 55.6                |
|                             | 6         | 53.8                 | 41                  | 66.6                | 56                  |
|                             | 7         | 53                   | 42.2                | 66.6                | 55.4                |
|                             | 8         | 53.6                 | 40.8                | 67.2                | 55                  |
|                             | 9         | 53.2                 | 42.6                | 66                  | 55.4                |
|                             | 10        | 53.2                 | 42.2                | 67                  | 56.2                |
|                             | 11        | 54.8                 | 41.2                | 67.6                | 56                  |
|                             | 12        | 53.2                 | 41.8                | 67                  | 56.2                |
|                             | 13        | 53.8                 | 41.8                | 67.4                | 55.8                |
|                             | 14        | 53                   | 41.6                | 66.6                | 55.8                |
|                             | 15        | 52.6                 | 42                  | 66.4                | 55.4                |
|                             | ORTALAMA  | 53.24                | 41.67               | 66.97               | 55.83               |

Tablo B<sub>12</sub>

| d= 25 mm 1x7 (15° pahlı) T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                       | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                  |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                             | 1         | 37.6                | 35                  | 32.5                | 29                  |
|                                  | 2         | 37.2                | 34.2                | 32.2                | 29                  |
|                                  | 3         | 37.4                | 34.6                | 32                  | 29                  |
|                                  | 4         | 37.2                | 34.4                | 32.4                | 29.2                |
|                                  | 5         | 37.6                | 34.4                | 31.8                | 28.4                |
|                                  | 6         | 36.2                | 33.2                | 31.6                | 28.8                |
|                                  | 7         | 36.6                | 32.4                | 32                  | 29                  |
|                                  | 8         | 36.4                | 33.4                | 32                  | 28.6                |
|                                  | 9         | 37                  | 34.2                | 32                  | 29.4                |
|                                  | 10        | 37                  | 34                  | 32.6                | 29.2                |
|                                  | 11        | 37.6                | 34                  | 32.6                | 29.4                |
|                                  | 12        | 37                  | 34.4                | 32.4                | 29.4                |
|                                  | 13        | 37.6                | 34                  | 32.6                | 29.4                |
|                                  | 14        | 37.6                | 34.2                | 32                  | 29.4                |
|                                  | 15        | 37                  | 34.4                | 32.4                | 29.2                |
|                                  | ORTALAMA  | 37.13               | 34.05               | 32.21               | 29.09               |
| 1500                             | 1         | 36                  | 28.6                | 56                  | 48.2                |
|                                  | 2         | 35.6                | 29.4                | 56.4                | 48.4                |
|                                  | 3         | 36.2                | 29.4                | 57                  | 49                  |
|                                  | 4         | 35.8                | 29                  | 55.4                | 49                  |
|                                  | 5         | 35.6                | 29.4                | 56.4                | 48.8                |
|                                  | 6         | 36.4                | 29.6                | 55.2                | 48.2                |
|                                  | 7         | 35.8                | 29                  | 55.2                | 49                  |
|                                  | 8         | 35.4                | 29.4                | 55.6                | 49.2                |
|                                  | 9         | 35.8                | 29                  | 55.8                | 48.8                |
|                                  | 10        | 36.4                | 29                  | 55                  | 48.8                |
|                                  | 11        | 35.2                | 29.6                | 54.4                | 48.6                |
|                                  | 12        | 36.2                | 29.4                | 55.4                | 48.2                |
|                                  | 13        | 35.8                | 29.6                | 54.6                | 49.2                |
|                                  | 14        | 36                  | 29.8                | 54.6                | 48.4                |
|                                  | 15        | 35.6                | 29                  | 55.8                | 48.4                |
|                                  | ORTALAMA  | 35.84               | 29.28               | 55.52               | 48.68               |
| 2000                             | 1         | 89                  | 78                  | 48                  | 37.8                |
|                                  | 2         | 89.8                | 79.2                | 50.4                | 37.6                |
|                                  | 3         | 90.2                | 78.4                | 49.2                | 37.8                |
|                                  | 4         | 89                  | 77.8                | 49                  | 38.2                |
|                                  | 5         | 89.4                | 78.8                | 49.6                | 38.2                |
|                                  | 6         | 90.6                | 78.4                | 49.4                | 38.2                |
|                                  | 7         | 89.6                | 78.2                | 51                  | 36.6                |
|                                  | 8         | 89                  | 78                  | 51                  | 38                  |
|                                  | 9         | 89.6                | 78                  | 50.2                | 38.2                |
|                                  | 10        | 89.6                | 77.8                | 50                  | 36.8                |
|                                  | 11        | 89.6                | 77.8                | 49                  | 37.2                |
|                                  | 12        | 88.6                | 79.6                | 49.8                | 37.8                |
|                                  | 13        | 90.6                | 77.8                | 49.4                | 36.6                |
|                                  | 14        | 90                  | 79.6                | 49.2                | 36.8                |
|                                  | 15        | 90                  | 79                  | 49.4                | 38                  |
|                                  | ORTALAMA  | 89.64               | 78.43               | 49.64               | 37.59               |

Tablo B<sub>13</sub>

| d= 25 mm 1x7 (30° pahlı) T=48 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                       | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                  |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                             | 1         | 51.4                | 48.4                | 64                  | 50.6                |
|                                  | 2         | 51.8                | 48.6                | 54.6                | 51                  |
|                                  | 3         | 51.2                | 48.2                | 54.6                | 51.4                |
|                                  | 4         | 51.6                | 48.2                | 54.4                | 51.2                |
|                                  | 5         | 51.8                | 48.4                | 54                  | 50.6                |
|                                  | 6         | 51.8                | 48.4                | 54.4                | 50.8                |
|                                  | 7         | 51.4                | 48                  | 54                  | 50.6                |
|                                  | 8         | 51.6                | 48                  | 54.4                | 51                  |
|                                  | 9         | 51                  | 48                  | 54.4                | 51.6                |
|                                  | 10        | 52                  | 48.4                | 54                  | 50.8                |
|                                  | 11        | 51.4                | 48.4                | 54.4                | 51.2                |
|                                  | 12        | 51                  | 48.4                | 54.4                | 51.4                |
|                                  | 13        | 51.4                | 47.8                | 54.4                | 51                  |
|                                  | 14        | 52                  | 47.8                | 54.6                | 51                  |
|                                  | 15        | 52                  | 47.8                | 54.4                | 51.2                |
|                                  | ORTALAMA  | 51.56               | 48.19               | 54.33               | 51.03               |
| 1500                             | 1         | 80                  | 72.8                | 70                  | 63.2                |
|                                  | 2         | 80.6                | 73.2                | 70                  | 62.4                |
|                                  | 3         | 80.2                | 73                  | 69.4                | 62.6                |
|                                  | 4         | 81                  | 73.6                | 69.6                | 62.8                |
|                                  | 5         | 81                  | 73.8                | 70                  | 63.2                |
|                                  | 6         | 81                  | 73.6                | 70                  | 62                  |
|                                  | 7         | 80.6                | 73.4                | 69                  | 62.8                |
|                                  | 8         | 81                  | 73                  | 69.6                | 61                  |
|                                  | 9         | 80                  | 73                  | 68.4                | 61.8                |
|                                  | 10        | 80.4                | 72.8                | 69.4                | 61.8                |
|                                  | 11        | 79.6                | 72.6                | 69                  | 62.2                |
|                                  | 12        | 80.8                | 73                  | 70                  | 62.6                |
|                                  | 13        | 80.2                | 73                  | 70                  | 63                  |
|                                  | 14        | 79.8                | 72.8                | 69.4                | 62                  |
|                                  | 15        | 80                  | 72.8                | 69.4                | 62.2                |
|                                  | ORTALAMA  | 80.47               | 73.09               | 69.55               | 62.37               |
| 2000                             | 1         | 50                  | 38                  | 76.4                | 63.8                |
|                                  | 2         | 51                  | 36.6                | 76.8                | 63                  |
|                                  | 3         | 51                  | 38.4                | 76.6                | 63.6                |
|                                  | 4         | 49.6                | 38                  | 77.2                | 63.4                |
|                                  | 5         | 50.6                | 38.2                | 76.6                | 64.6                |
|                                  | 6         | 50                  | 37.6                | 76.2                | 64.4                |
|                                  | 7         | 50.2                | 37.4                | 77.6                | 64.6                |
|                                  | 8         | 50.4                | 37                  | 77.2                | 64.4                |
|                                  | 9         | 50.6                | 38.4                | 76.8                | 64.2                |
|                                  | 10        | 49.8                | 37.4                | 76.8                | 65.4                |
|                                  | 11        | 49.8                | 37.4                | 76.6                | 64                  |
|                                  | 12        | 49.4                | 37                  | 76.6                | 65                  |
|                                  | 13        | 50.4                | 38                  | 78                  | 64.4                |
|                                  | 14        | 50.6                | 38.4                | 77.2                | 65.6                |
|                                  | 15        | 50.2                | 37.8                | 78.2                | 63.8                |
|                                  | ORTALAMA  | 50.24               | 37.71               | 76.99               | 64.28               |

Tablo B<sub>14</sub>

| d= 25 mm 1x7 (45° pahlı) T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                       | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                  |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                             | 1         | 54.4                | 51.8                | 77.4                | 74                  |
|                                  | 2         | 55                  | 51.6                | 77.6                | 74.4                |
|                                  | 3         | 55.2                | 50.6                | 78                  | 74.4                |
|                                  | 4         | 54.6                | 51.4                | 78.2                | 75                  |
|                                  | 5         | 54.8                | 51.6                | 78                  | 74.4                |
|                                  | 6         | 55.4                | 51.4                | 77.4                | 75                  |
|                                  | 7         | 54.8                | 51.4                | 77.8                | 74.6                |
|                                  | 8         | 55                  | 51.6                | 78                  | 74.2                |
|                                  | 9         | 54.6                | 51.6                | 79.2                | 74                  |
|                                  | 10        | 55                  | 51.8                | 78.4                | 75                  |
|                                  | 11        | 55.4                | 51.8                | 78.2                | 74.6                |
|                                  | 12        | 55.2                | 51.6                | 74.4                | 74.4                |
|                                  | 13        | 55.4                | 51.4                | 78.4                | 74                  |
|                                  | 14        | 55                  | 51.6                | 78.6                | 74                  |
|                                  | 15        | 54.8                | 51.8                | 77.6                | 74                  |
|                                  | ORTALAMA  | 54.97               | 51.53               | 77.81               | 74.4                |
| 1500                             | 1         | 56                  | 46.2                | 46.4                | 39                  |
|                                  | 2         | 55.4                | 47                  | 47.8                | 39                  |
|                                  | 3         | 56                  | 47                  | 46.6                | 39.8                |
|                                  | 4         | 55.6                | 46.4                | 47                  | 39.6                |
|                                  | 5         | 56                  | 47                  | 47                  | 40                  |
|                                  | 6         | 56                  | 47                  | 46.6                | 39.2                |
|                                  | 7         | 55.6                | 46.4                | 46.6                | 39.2                |
|                                  | 8         | 56.2                | 46.6                | 46.6                | 39.2                |
|                                  | 9         | 56                  | 47.2                | 47.6                | 39.4                |
|                                  | 10        | 56.4                | 46.4                | 47                  | 40                  |
|                                  | 11        | 56                  | 46.8                | 47.2                | 39.6                |
|                                  | 12        | 55.4                | 46.2                | 47.6                | 40                  |
|                                  | 13        | 56                  | 46.6                | 46.4                | 39.4                |
|                                  | 14        | 56                  | 46.6                | 47.2                | 40                  |
|                                  | 15        | 56                  | 47                  | 47                  | 39.2                |
|                                  | ORTALAMA  | 55.91               | 46.69               | 46.97               | 39.51               |
| 2000                             | 1         | 52.6                | 40.4                | 48.4                | 35.2                |
|                                  | 2         | 52.8                | 40.8                | 48.4                | 34.8                |
|                                  | 3         | 52.2                | 39.6                | 48.2                | 35.2                |
|                                  | 4         | 52.6                | 40.8                | 49                  | 35.4                |
|                                  | 5         | 52.2                | 40.6                | 48.4                | 35.4                |
|                                  | 6         | 52.8                | 40.2                | 49.4                | 35.4                |
|                                  | 7         | 52.4                | 40.2                | 49                  | 35.6                |
|                                  | 8         | 51                  | 39                  | 48.2                | 35.2                |
|                                  | 9         | 53.4                | 38.6                | 47                  | 35.2                |
|                                  | 10        | 51.6                | 39.4                | 48                  | 34.2                |
|                                  | 11        | 52                  | 38.8                | 47.6                | 35.6                |
|                                  | 12        | 52                  | 40.4                | 46.8                | 34.6                |
|                                  | 13        | 52.8                | 39.6                | 47.8                | 35.2                |
|                                  | 14        | 52.6                | 40                  | 48                  | 34.4                |
|                                  | 15        | 52.4                | 39.6                | 49.4                | 35.2                |
|                                  | ORTALAMA  | 52.36               | 39.87               | 48.24               | 35.11               |

Tablo B<sub>15</sub>

| 1d= 25 mm 1x7 (55° pahlı) T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-----------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                   |           | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
| Debi (L/h)                        | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                              | 1         | 54                  | 50.6                | 54.8                | 51.6                |
|                                   | 2         | 54.2                | 50.4                | 55.6                | 51.8                |
|                                   | 3         | 54                  | 50.4                | 55.6                | 52.2                |
|                                   | 4         | 54                  | 50.6                | 54.6                | 52.2                |
|                                   | 5         | 54                  | 50.4                | 55.6                | 52                  |
|                                   | 6         | 54                  | 50.4                | 55.4                | 52                  |
|                                   | 7         | 53.8                | 50                  | 55.4                | 52                  |
|                                   | 8         | 53.6                | 50                  | 55.6                | 51.8                |
|                                   | 9         | 53.6                | 50                  | 55.6                | 51.8                |
|                                   | 10        | 54                  | 50.4                | 54.6                | 52.2                |
|                                   | 11        | 53.8                | 50.4                | 54.6                | 51.8                |
|                                   | 12        | 53.8                | 50.4                | 55                  | 52.2                |
|                                   | 13        | 54.4                | 50.6                | 55.6                | 52.4                |
|                                   | 14        | 54.4                | 50.6                | 56.2                | 52.6                |
|                                   | 15        | 54.4                | 50.6                | 56.2                | 52.6                |
|                                   | ORTALAMA  | 54.00               | 50.39               | 55.36               | 52.08               |
| 1500                              | 1         | 60.4                | 52.4                | 50.4                | 44.8                |
|                                   | 2         | 60.6                | 52.8                | 50.8                | 44                  |
|                                   | 3         | 59.6                | 51.8                | 52                  | 44.8                |
|                                   | 4         | 59.4                | 51                  | 52.4                | 44.2                |
|                                   | 5         | 60                  | 51.8                | 51.6                | 46                  |
|                                   | 6         | 60.2                | 52.4                | 52.6                | 45                  |
|                                   | 7         | 60                  | 53                  | 52.4                | 45.2                |
|                                   | 8         | 59.8                | 52.6                | 52.4                | 44.8                |
|                                   | 9         | 60.8                | 51.4                | 50.4                | 45.2                |
|                                   | 10        | 59.8                | 52.4                | 51.8                | 44.6                |
|                                   | 11        | 60.4                | 52.2                | 51.4                | 44.2                |
|                                   | 12        | 60                  | 52.6                | 51.8                | 44.2                |
|                                   | 13        | 59                  | 51.8                | 51.4                | 44                  |
|                                   | 14        | 61.2                | 52.2                | 50.6                | 64.4                |
|                                   | 15        | 60                  | 52.2                | 51.6                | 44.4                |
|                                   | ORTALAMA  | 60.08               | 52.17               | 51.57               | 44.65               |
| 2000                              | 1         | 51.6                | 37.2                | 59.4                | 45.8                |
|                                   | 2         | 51.2                | 36.2                | 60.2                | 46.4                |
|                                   | 3         | 49.8                | 36.6                | 58.2                | 47.4                |
|                                   | 4         | 51.6                | 36.6                | 59.8                | 47.8                |
|                                   | 5         | 49.4                | 36.6                | 59.8                | 47                  |
|                                   | 6         | 52                  | 36                  | 57.8                | 47                  |
|                                   | 7         | 51.2                | 36.6                | 58                  | 44.6                |
|                                   | 8         | 50.4                | 35                  | 58                  | 46.6                |
|                                   | 9         | 50.6                | 37                  | 58                  | 45.6                |
|                                   | 10        | 50                  | 35.6                | 58.4                | 46.8                |
|                                   | 11        | 51                  | 36                  | 60                  | 47                  |
|                                   | 12        | 49.6                | 35.8                | 59.6                | 47.2                |
|                                   | 13        | 50.2                | 36.2                | 59.8                | 47.4                |
|                                   | 14        | 52                  | 37.4                | 58.4                | 45.8                |
|                                   | 15        | 50.4                | 36                  | 59.4                | 48                  |
|                                   | ORTALAMA  | 50.73               | 36.32               | 58.99               | 46.69               |

Tablo B<sub>16</sub>

| d= 25 mm Şartlandırıcısız |           |                       |                     |                       |                     |
|---------------------------|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                           |           | %20 Açık vana T=38 °C |                     | %50 Açık vana T=37 °C |                     |
| Debi (L/h)                | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                      | 1         | 25.6                  | 26.2                | 35.4                  | 31.4                |
|                           | 2         | 29.8                  | 26                  | 35                    | 31                  |
|                           | 3         | 29.6                  | 26.2                | 34.2                  | 30.8                |
|                           | 4         | 29                    | 26.2                | 34.2                  | 31                  |
|                           | 5         | 29.2                  | 26                  | 34                    | 30.6                |
|                           | 6         | 29.4                  | 26.2                | 33.8                  | 30.8                |
|                           | 7         | 29.2                  | 25.4                | 34.6                  | 31.6                |
|                           | 8         | 28.8                  | 26                  | 34.8                  | 31                  |
|                           | 9         | 29.6                  | 26.2                | 34.6                  | 31.2                |
|                           | 10        | 29.6                  | 26                  | 34.4                  | 31                  |
|                           | 11        | 29.6                  | 26.4                | 34.2                  | 31.4                |
|                           | 12        | 29.8                  | 26.2                | 34.4                  | 31                  |
|                           | 13        | 30                    | 26.4                | 34                    | 31                  |
|                           | 14        | 29.2                  | 26.2                | 34                    | 30.8                |
|                           | 15        | 29.4                  | 26                  | 34.4                  | 30.6                |
|                           | ORTALAMA  | 29.19                 | 26.11               | 34.40                 | 31.01               |
| 1500                      | 1         | 32.6                  | 26                  | 58                    | 50.6                |
|                           | 2         | 32.4                  | 25.8                | 58                    | 50                  |
|                           | 3         | 32.6                  | 25.6                | 58.4                  | 50.6                |
|                           | 4         | 32                    | 27                  | 58.4                  | 51.4                |
|                           | 5         | 33                    | 25.8                | 58.4                  | 50.6                |
|                           | 6         | 32.4                  | 26.6                | 58.2                  | 50.6                |
|                           | 7         | 32.4                  | 25.8                | 58                    | 51.4                |
|                           | 8         | 32.6                  | 26                  | 58.4                  | 51                  |
|                           | 9         | 31.8                  | 25.6                | 58.4                  | 51.4                |
|                           | 10        | 32                    | 26                  | 57.6                  | 50.4                |
|                           | 11        | 31.4                  | 25.6                | 57.6                  | 50.6                |
|                           | 12        | 31.4                  | 24.2                | 57.8                  | 51                  |
|                           | 13        | 32                    | 24.4                | 57.4                  | 50                  |
|                           | 14        | 31.2                  | 24.8                | 57.8                  | 50.4                |
|                           | 15        | 31.6                  | 25.4                | 57.6                  | 50.2                |
|                           | ORTALAMA  | 32.09                 | 25.64               | 58.00                 | 50.68               |
| 2000                      | 1         | 60                    | 49                  | 88.8                  | 76.6                |
|                           | 2         | 60.4                  | 49.4                | 90.2                  | 75.4                |
|                           | 3         | 59.8                  | 49.6                | 89                    | 77                  |
|                           | 4         | 60.6                  | 47.4                | 89                    | 76.6                |
|                           | 5         | 59.2                  | 49.4                | 89.8                  | 75.6                |
|                           | 6         | 59.8                  | 49                  | 89                    | 76.2                |
|                           | 7         | 59                    | 48.4                | 88.8                  | 75.2                |
|                           | 8         | 60.4                  | 49.4                | 88                    | 75.6                |
|                           | 9         | 60.2                  | 49.6                | 90                    | 77                  |
|                           | 10        | 59.4                  | 50.2                | 88                    | 75.4                |
|                           | 11        | 61                    | 48.6                | 88.8                  | 75.6                |
|                           | 12        | 59.6                  | 48.4                | 88.4                  | 75.8                |
|                           | 13        | 59.6                  | 49.4                | 88                    | 74.6                |
|                           | 14        | 61                    | 48.6                | 88.6                  | 76                  |
|                           | 15        | 59.6                  | 49.4                | 89                    | 76                  |
|                           | ORTALAMA  | 59.97                 | 49.05               | 88.89                 | 75.91               |

**EK-3 L<sub>2</sub> Uzun Boru (L<sub>2</sub>=16.5)****Tablo C**

Orifis plaka öncesi bozuk akışta orifis plaka öncesi ve sonrası ölçülen anlık basınçların manometrik su yükseklik değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

**(Tablo C<sub>1</sub>- C<sub>16</sub> arası tablolar)**

(Akış şartlandırıcısı ve orifis üst akım basınç prizi arasındaki mesafe L<sub>2</sub>= 16.5cm)

**Tablo C<sub>1</sub>**

| d=18 mm 1x6x12 T=44 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)             | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                        |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                   | 1         | 48.2                | 34.6                | 51.2                | 36.8                |
|                        | 2         | 48.6                | 34.2                | 51.2                | 36.8                |
|                        | 3         | 48.4                | 34.8                | 51.2                | 36.4                |
|                        | 4         | 48.6                | 34                  | 51                  | 36                  |
|                        | 5         | 48.4                | 34.4                | 51.2                | 36                  |
|                        | 6         | 49                  | 34.6                | 50.6                | 35.8                |
|                        | 7         | 49.2                | 34                  | 50.6                | 35.6                |
|                        | 8         | 49                  | 34.2                | 51                  | 35.6                |
|                        | 9         | 49.2                | 34.6                | 51.4                | 36                  |
|                        | 10        | 49                  | 34.4                | 51.2                | 36                  |
|                        | 11        | 49.2                | 35                  | 51.2                | 36                  |
|                        | 12        | 50                  | 35                  | 50.8                | 36.8                |
|                        | 13        | 49.2                | 35.4                | 50.8                | 36.8                |
|                        | 14        | 49.4                | 35                  | 51.4                | 36.4                |
|                        | 15        | 49.2                | 35.2                | 51.2                | 36.4                |
|                        | ORTALAMA  | 48.97               | 34.63               | 51.07               | 36.23               |
| 1500                   | 1         | 70                  | 38                  | 68.8                | 36                  |
|                        | 2         | 69.6                | 37.6                | 69.6                | 36                  |
|                        | 3         | 69                  | 38.2                | 69.4                | 35.6                |
|                        | 4         | 60.2                | 37.4                | 70.2                | 35.8                |
|                        | 5         | 69.2                | 38                  | 70                  | 36.6                |
|                        | 6         | 69.6                | 37.6                | 69.6                | 36                  |
|                        | 7         | 69.6                | 37                  | 69.4                | 36                  |
|                        | 8         | 69.4                | 37.4                | 69.4                | 35.8                |
|                        | 9         | 68.4                | 37.4                | 70                  | 36.4                |
|                        | 10        | 70.2                | 37.8                | 69.6                | 36                  |
|                        | 11        | 68.8                | 38.2                | 69                  | 35.6                |
|                        | 12        | 69.4                | 38                  | 68.6                | 35.6                |
|                        | 13        | 69.4                | 37.6                | 68.4                | 35.8                |
|                        | 14        | 69.8                | 37                  | 68.8                | 36.2                |
|                        | 15        | 68                  | 37.6                | 68.8                | 36.2                |
|                        | ORTALAMA  | 69.37               | 37.65               | 69.31               | 35.97               |
| 2000                   | 1         | 84.4                | 30                  | 84.6                | 26.4                |
|                        | 2         | 84.6                | 30.6                | 85.4                | 26.4                |
|                        | 3         | 82.6                | 30                  | 85.4                | 27                  |
|                        | 4         | 85.4                | 30.4                | 85.4                | 26.8                |
|                        | 5         | 84.4                | 30                  | 85                  | 26.2                |
|                        | 6         | 85                  | 30.6                | 84.6                | 26                  |
|                        | 7         | 83                  | 30.8                | 85.4                | 26.6                |
|                        | 8         | 85                  | 30.2                | 84.8                | 26.4                |
|                        | 9         | 85.6                | 30                  | 84.6                | 26.6                |
|                        | 10        | 85.8                | 30.2                | 84.6                | 26.2                |
|                        | 11        | 84.8                | 30.8                | 85                  | 26.2                |
|                        | 12        | 84.6                | 30.2                | 83.4                | 25.8                |
|                        | 13        | 84.6                | 30.6                | 85.2                | 25.4                |
|                        | 14        | 84                  | 30.8                | 84                  | 26.4                |
|                        | 15        | 84.4                | 30.2                | 84.6                | 25.6                |
|                        | ORTALAMA  | 84.55               | 30.36               | 84.80               | 26.27               |

Tablo C<sub>2</sub>

| d=18 mm 1x7 (GO=0.25) T=45 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                    | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                               |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                          | 1         | 46.6                | 31.6                | 47                  | 32                  |
|                               | 2         | 46.6                | 31.8                | 46.2                | 32                  |
|                               | 3         | 46.6                | 31.8                | 46                  | 32.2                |
|                               | 4         | 46.6                | 31.6                | 46.4                | 32                  |
|                               | 5         | 46.6                | 31.6                | 46                  | 32                  |
|                               | 6         | 46.6                | 31.4                | 46                  | 32.2                |
|                               | 7         | 46.2                | 31.4                | 47                  | 31                  |
|                               | 8         | 46.6                | 31.6                | 46                  | 32.4                |
|                               | 9         | 46.4                | 31.8                | 47                  | 32.2                |
|                               | 10        | 46.2                | 31.6                | 47                  | 31.4                |
|                               | 11        | 46.4                | 31.6                | 46.2                | 32                  |
|                               | 12        | 46                  | 31.4                | 46.2                | 32.2                |
|                               | 13        | 46                  | 31.4                | 47                  | 32                  |
|                               | 14        | 45.8                | 31.2                | 46.2                | 32.2                |
|                               | 15        | 46.2                | 31.2                | 47                  | 32.2                |
|                               | ORTALAMA  | 46.36               | 31.53               | 46.48               | 32                  |
| 1500                          | 1         | 71                  | 38                  | 71.4                | 38                  |
|                               | 2         | 71                  | 38                  | 72                  | 38.8                |
|                               | 3         | 70.6                | 38.2                | 71.6                | 38.6                |
|                               | 4         | 70.6                | 37.6                | 72                  | 39                  |
|                               | 5         | 70.4                | 37.2                | 72                  | 38.4                |
|                               | 6         | 70                  | 37.8                | 71.2                | 38.8                |
|                               | 7         | 70                  | 37.4                | 70                  | 39.6                |
|                               | 8         | 70.6                | 37.2                | 71.4                | 40.4                |
|                               | 9         | 70.6                | 37.6                | 70                  | 40.4                |
|                               | 10        | 70.4                | 37.4                | 70.6                | 38.4                |
|                               | 11        | 70.4                | 38                  | 71                  | 40.6                |
|                               | 12        | 70.8                | 37.8                | 71.4                | 39.2                |
|                               | 13        | 70.6                | 38                  | 71                  | 39.6                |
|                               | 14        | 71                  | 37.8                | 72                  | 39.2                |
|                               | 15        | 71                  | 36.8                | 71                  | 39                  |
|                               | ORTALAMA  | 70.60               | 37.65               | 71.31               | 39.20               |
| 2000                          | 1         | 90                  | 30.4                | 85.8                | 28                  |
|                               | 2         | 88                  | 29.8                | 85.2                | 29.8                |
|                               | 3         | 87.6                | 29                  | 85.6                | 30.6                |
|                               | 4         | 87.8                | 30                  | 84.6                | 29.2                |
|                               | 5         | 88.6                | 31.4                | 85.6                | 30                  |
|                               | 6         | 87.4                | 28.8                | 84.6                | 29.6                |
|                               | 7         | 87                  | 29.4                | 83.6                | 27.4                |
|                               | 8         | 88.4                | 29.2                | 87.6                | 28.2                |
|                               | 9         | 88.8                | 30.4                | 86                  | 28                  |
|                               | 10        | 89                  | 30.8                | 89                  | 28.8                |
|                               | 11        | 89.4                | 31.4                | 86.6                | 28.4                |
|                               | 12        | 90                  | 31.2                | 86.2                | 30.4                |
|                               | 13        | 88.4                | 31                  | 85.6                | 29.4                |
|                               | 14        | 89.4                | 30.8                | 85.4                | 29.4                |
|                               | 15        | 89                  | 31                  | 86.6                | 30.6                |
|                               | ORTALAMA  | 88.59               | 30.31               | 85.87               | 29.19               |

Tablo C<sub>3</sub>

| d=18 mm 1x7 pahsız T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                 | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                            |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                       | 1         | 36.2                | 21.6                | 37.4                | 23                  |
|                            | 2         | 36.4                | 21                  | 37.6                | 23                  |
|                            | 3         | 36                  | 21.4                | 37.4                | 23.4                |
|                            | 4         | 36                  | 21.4                | 38                  | 22.6                |
|                            | 5         | 35.8                | 20.8                | 38.2                | 22.8                |
|                            | 6         | 35.4                | 21                  | 38.4                | 23                  |
|                            | 7         | 35.8                | 21                  | 38.4                | 22.6                |
|                            | 8         | 35.4                | 21.4                | 38.8                | 23                  |
|                            | 9         | 36.4                | 21                  | 39                  | 22.6                |
|                            | 10        | 36.4                | 21.2                | 38                  | 23                  |
|                            | 11        | 37                  | 21.8                | 37.6                | 22.8                |
|                            | 12        | 37                  | 21.6                | 37.6                | 23                  |
|                            | 13        | 36.8                | 21.4                | 37.6                | 23                  |
|                            | 14        | 36.4                | 21.2                | 38                  | 23.2                |
|                            | 15        | 36.4                | 21.2                | 37.4                | 23.2                |
|                            | ORTALAMA  | 36.23               | 21.27               | 37.96               | 22.95               |
| 1500                       | 1         | 63.8                | 31                  | 69.6                | 36.2                |
|                            | 2         | 64.8                | 32                  | 70                  | 36.2                |
|                            | 3         | 64.4                | 32                  | 68.6                | 35.6                |
|                            | 4         | 63.4                | 31                  | 69.4                | 37.2                |
|                            | 5         | 62.6                | 32.2                | 68.4                | 37                  |
|                            | 6         | 63                  | 30.2                | 69.4                | 36.4                |
|                            | 7         | 61                  | 30.6                | 69.6                | 36.2                |
|                            | 8         | 62.6                | 30                  | 68.6                | 36                  |
|                            | 9         | 62.8                | 29.6                | 69.6                | 36                  |
|                            | 10        | 62.2                | 31                  | 69                  | 36.6                |
|                            | 11        | 62.8                | 30.6                | 69.4                | 36.8                |
|                            | 12        | 60.6                | 31.2                | 69.4                | 37                  |
|                            | 13        | 61                  | 31.2                | 68.4                | 37                  |
|                            | 14        | 61.8                | 28.6                | 69                  | 36.6                |
|                            | 15        | 61                  | 29                  | 68.8                | 36.4                |
|                            | ORTALAMA  | 62.52               | 30.68               | 69.15               | 36.48               |
| 2000                       | 1         | 76.4                | 23.6                | 88                  | 28.8                |
|                            | 2         | 76.6                | 21.4                | 87.4                | 29                  |
|                            | 3         | 6.8                 | 20.8                | 87                  | 30.2                |
|                            | 4         | 76.2                | 20.4                | 87.6                | 29.4                |
|                            | 5         | 76.6                | 21.4                | 87                  | 30.4                |
|                            | 6         | 76.6                | 20.4                | 89                  | 29.4                |
|                            | 7         | 76.8                | 21.4                | 89.8                | 30                  |
|                            | 8         | 76.4                | 21.6                | 88.8                | 29                  |
|                            | 9         | 76.8                | 21.2                | 88.6                | 28.6                |
|                            | 10        | 76.4                | 21.6                | 89                  | 29                  |
|                            | 11        | 76.2                | 20                  | 89                  | 28.6                |
|                            | 12        | 76.6                | 20.8                | 89.4                | 29                  |
|                            | 13        | 76.4                | 21                  | 89.6                | 30                  |
|                            | 14        | 76.8                | 20.6                | 89.6                | 29                  |
|                            | 15        | 76.8                | 21.8                | 90                  | 29                  |
|                            | ORTALAMA  | 76.56               | 21.20               | 88.65               | 29.29               |

Tablo C<sub>4</sub>

| d=18 mm 1x7 (15° pahlı) T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                 |           | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
| Debi (L/h)                      | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                            | 1         | 58.4                | 44                  | 55                  | 41                  |
|                                 | 2         | 58.4                | 43.8                | 55.4                | 40.6                |
|                                 | 3         | 58.4                | 43.6                | 56                  | 40.4                |
|                                 | 4         | 58.4                | 44.2                | 55.4                | 41                  |
|                                 | 5         | 59                  | 43.6                | 56.4                | 40.8                |
|                                 | 6         | 59                  | 43.2                | 55.6                | 40.8                |
|                                 | 7         | 58.8                | 43.4                | 56                  | 41                  |
|                                 | 8         | 59                  | 43.8                | 56.4                | 40.8                |
|                                 | 9         | 59                  | 43.2                | 55.4                | 40.8                |
|                                 | 10        | 58.4                | 43.6                | 56                  | 41                  |
|                                 | 11        | 59.4                | 43.4                | 56                  | 41                  |
|                                 | 12        | 58.4                | 43.6                | 55.6                | 41.4                |
|                                 | 13        | 58.8                | 43.8                | 56                  | 41.2                |
|                                 | 14        | 58.6                | 44.2                | 56                  | 41                  |
|                                 | 15        | 58.6                | 43.6                | 56                  | 41                  |
|                                 | ORTALAMA  | 58.71               | 43.67               | 55.83               | 40.92               |
| 1500                            | 1         | 87.2                | 53.8                | 69.4                | 35.8                |
|                                 | 2         | 87.4                | 53.6                | 68.8                | 35.4                |
|                                 | 3         | 86                  | 52                  | 69                  | 35.6                |
|                                 | 4         | 88.4                | 54.2                | 69                  | 36                  |
|                                 | 5         | 86                  | 53.4                | 69.4                | 35.2                |
|                                 | 6         | 87.4                | 54.4                | 68                  | 35.6                |
|                                 | 7         | 86.6                | 53.4                | 69.4                | 35.4                |
|                                 | 8         | 86                  | 53.6                | 68.8                | 36                  |
|                                 | 9         | 85.8                | 53                  | 69.6                | 35.6                |
|                                 | 10        | 86                  | 54.2                | 69.6                | 37                  |
|                                 | 11        | 86.6                | 53                  | 69                  | 36.2                |
|                                 | 12        | 85.4                | 54.4                | 69.2                | 35.6                |
|                                 | 13        | 87                  | 54                  | 68.8                | 36.2                |
|                                 | 14        | 86                  | 54.6                | 69.4                | 36                  |
|                                 | 15        | 85.2                | 54.6                | 69.8                | 36                  |
|                                 | ORTALAMA  | 86.47               | 53.75               | 69.15               | 35.84               |
| 2000                            | 1         | 86                  | 28.6                | 87.6                | 28.4                |
|                                 | 2         | 85.6                | 28                  | 87                  | 27.2                |
|                                 | 3         | 85                  | 27.6                | 88.2                | 28.4                |
|                                 | 4         | 87.6                | 28                  | 88.4                | 28                  |
|                                 | 5         | 84.6                | 29.6                | 87.6                | 28                  |
|                                 | 6         | 88.2                | 27.2                | 87                  | 27.8                |
|                                 | 7         | 86                  | 28.6                | 87.4                | 27.2                |
|                                 | 8         | 86.4                | 29.4                | 86.4                | 27.4                |
|                                 | 9         | 86                  | 28                  | 87                  | 28.4                |
|                                 | 10        | 84.8                | 27                  | 88.6                | 28.4                |
|                                 | 11        | 86.4                | 29                  | 88                  | 28.8                |
|                                 | 12        | 86.4                | 29                  | 88                  | 27.6                |
|                                 | 13        | 84.6                | 30.2                | 88.4                | 28.2                |
|                                 | 14        | 87.2                | 28                  | 87.4                | 28                  |
|                                 | 15        | 86.2                | 29                  | 87.8                | 27.4                |
|                                 | ORTALAMA  | 86.07               | 28.48               | 87.65               | 27.95               |

Tablo C<sub>5</sub>

| d=18 mm 1x7 (30° pahlı) T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                      | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                 |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                            | 1         | 51.2                | 37.2                | 50.4                | 35.4                |
|                                 | 2         | 51.6                | 36.8                | 50                  | 35                  |
|                                 | 3         | 51.4                | 36.8                | 50                  | 34.2                |
|                                 | 4         | 51                  | 36.6                | 50                  | 35                  |
|                                 | 5         | 51.2                | 36.6                | 50                  | 34.6                |
|                                 | 6         | 51.6                | 36.8                | 49.8                | 34.6                |
|                                 | 7         | 51.4                | 37                  | 50                  | 34.6                |
|                                 | 8         | 51.4                | 36                  | 50                  | 35                  |
|                                 | 9         | 51                  | 36.2                | 50                  | 35.2                |
|                                 | 10        | 51                  | 36.8                | 50                  | 35.6                |
|                                 | 11        | 51                  | 36.4                | 50.2                | 35.2                |
|                                 | 12        | 51                  | 36                  | 50                  | 35.6                |
|                                 | 13        | 51.4                | 36                  | 49.8                | 35                  |
|                                 | 14        | 51.4                | 36.6                | 50                  | 35                  |
|                                 | 15        | 51                  | 36.4                | 50                  | 35.6                |
|                                 | ORTALAMA  | 51.24               | 36.55               | 50.01               | 35.04               |
| 1500                            | 1         | 72.2                | 39                  | 72.6                | 39.4                |
|                                 | 2         | 72                  | 39.2                | 73                  | 39.6                |
|                                 | 3         | 71.6                | 39                  | 72.4                | 39.2                |
|                                 | 4         | 72                  | 39.2                | 72.4                | 39                  |
|                                 | 5         | 71.8                | 39.4                | 72                  | 39.2                |
|                                 | 6         | 71.8                | 38.4                | 73                  | 40.2                |
|                                 | 7         | 71                  | 39                  | 72.4                | 39                  |
|                                 | 8         | 71.8                | 38.4                | 73                  | 39.4                |
|                                 | 9         | 71.4                | 39                  | 72.2                | 39.8                |
|                                 | 10        | 71.4                | 39.6                | 71.6                | 39.6                |
|                                 | 11        | 72                  | 39.8                | 72.4                | 39.2                |
|                                 | 12        | 71.8                | 39.8                | 72.2                | 41                  |
|                                 | 13        | 72                  | 39                  | 72.6                | 39.6                |
|                                 | 14        | 71.2                | 39.2                | 71.6                | 39.6                |
|                                 | 15        | 71.8                | 38                  | 72.4                | 39.6                |
|                                 | ORTALAMA  | 71.72               | 39.07               | 72.39               | 39.59               |
| 2000                            | 1         | 88                  | 32.2                | 90.6                | 33                  |
|                                 | 2         | 89.4                | 32.2                | 91.2                | 33.2                |
|                                 | 3         | 89                  | 33.2                | 90.6                | 33.4                |
|                                 | 4         | 89.2                | 31.4                | 92                  | 33                  |
|                                 | 5         | 90.6                | 30.6                | 91.8                | 33.6                |
|                                 | 6         | 90.2                | 31.8                | 90                  | 33.2                |
|                                 | 7         | 90.2                | 31                  | 90.2                | 33                  |
|                                 | 8         | 90.2                | 31.4                | 90.4                | 33                  |
|                                 | 9         | 89.4                | 33.4                | 91                  | 33.4                |
|                                 | 10        | 88.2                | 32.4                | 91.2                | 33                  |
|                                 | 11        | 89.4                | 30.6                | 90.6                | 33.6                |
|                                 | 12        | 88.4                | 30.4                | 90.2                | 33.2                |
|                                 | 13        | 88.6                | 32                  | 90                  | 33.4                |
|                                 | 14        | 89.4                | 32.8                | 91                  | 33                  |
|                                 | 15        | 88.6                | 32                  | 91.4                | 33                  |
|                                 | ORTALAMA  | 89.25               | 31.83               | 90.81               | 33.2                |

Tablo C<sub>6</sub>

| d=18 mm 1x7 (45° pahlı) T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                 |           | 20% Açık vana       |                     | 50% Açık vana       |                     |
| Debi (L/h)                      | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                            | 1         | 54                  | 39.6                | 50.4                | 35.4                |
|                                 | 2         | 55                  | 39.4                | 51                  | 35.4                |
|                                 | 3         | 55                  | 39.6                | 51.4                | 36.6                |
|                                 | 4         | 54                  | 40                  | 51.2                | 35.8                |
|                                 | 5         | 55.2                | 39.8                | 51                  | 37.6                |
|                                 | 6         | 54                  | 40                  | 51.4                | 36.2                |
|                                 | 7         | 55.2                | 39.2                | 51.8                | 36.2                |
|                                 | 8         | 54                  | 39.4                | 50.6                | 37.2                |
|                                 | 9         | 54.8                | 40                  | 51                  | 36.8                |
|                                 | 10        | 54.8                | 39                  | 50.6                | 37                  |
|                                 | 11        | 55                  | 40                  | 51                  | 36.4                |
|                                 | 12        | 54.4                | 39.8                | 51.4                | 36.4                |
|                                 | 13        | 54.4                | 39.6                | 51.6                | 36                  |
|                                 | 14        | 54                  | 40.4                | 51.6                | 36                  |
|                                 | 15        | 54                  | 40.2                | 51.6                | 36.2                |
|                                 | ORTALAMA  | 54.52               | 39.73               | 51.17               | 36.35               |
| 1500                            | 1         | 71.2                | 37.4                | 50                  | 15.2                |
|                                 | 2         | 71                  | 37.2                | 48.2                | 14                  |
|                                 | 3         | 69                  | 38.4                | 48.2                | 15                  |
|                                 | 4         | 71                  | 37                  | 48.6                | 16.4                |
|                                 | 5         | 69.8                | 36.6                | 47.8                | 15.4                |
|                                 | 6         | 71                  | 39                  | 47.8                | 16                  |
|                                 | 7         | 70.8                | 37.6                | 48                  | 15.4                |
|                                 | 8         | 70.6                | 37                  | 47.4                | 16                  |
|                                 | 9         | 69.4                | 37.4                | 48.2                | 15.2                |
|                                 | 10        | 69.8                | 36.6                | 47.4                | 15.2                |
|                                 | 11        | 70                  | 37.6                | 47.6                | 14.8                |
|                                 | 12        | 70.4                | 36.8                | 47.6                | 15.2                |
|                                 | 13        | 66.2                | 35.6                | 48                  | 15.2                |
|                                 | 14        | 70.6                | 36.4                | 47.8                | 15.6                |
|                                 | 15        | 69                  | 36.4                | 47.4                | 15                  |
|                                 | ORTALAMA  | 69.99               | 37.13               | 48.00               | 15.31               |
| 2000                            | 1         | 85.8                | 26                  | 89                  | 30.4                |
|                                 | 2         | 84.4                | 26.2                | 89.6                | 30.4                |
|                                 | 3         | 85                  | 26.4                | 89                  | 30.6                |
|                                 | 4         | 85.6                | 26.6                | 88.8                | 32.4                |
|                                 | 5         | 83.8                | 28.4                | 88.6                | 30.8                |
|                                 | 6         | 87                  | 26.2                | 88.4                | 32.6                |
|                                 | 7         | 84.6                | 26.2                | 89                  | 30                  |
|                                 | 8         | 84.2                | 28                  | 88.6                | 32                  |
|                                 | 9         | 86.4                | 25.6                | 89                  | 32.4                |
|                                 | 10        | 83.2                | 26.6                | 88.6                | 32.6                |
|                                 | 11        | 86.2                | 26.8                | 88.6                | 32                  |
|                                 | 12        | 83.6                | 28                  | 88.4                | 31.6                |
|                                 | 13        | 84.6                | 27.4                | 88.6                | 31.4                |
|                                 | 14        | 84.4                | 27                  | 89                  | 31.4                |
|                                 | 15        | 85.4                | 26.8                | 89                  | 31                  |
|                                 | ORTALAMA  | 84.95               | 26.81               | 88.81               | 31.44               |

Tablo C<sub>7</sub>

| d=18 mm 1X7 (55° pahlı) T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi<br>(L/h)                   | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                 |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                            | 1         | 55                  | 40.4                | 69.4                | 55                  |
|                                 | 2         | 55                  | 40.4                | 69.2                | 54.8                |
|                                 | 3         | 55                  | 41.4                | 69.4                | 54.4                |
|                                 | 4         | 55.4                | 40.4                | 69.2                | 54.6                |
|                                 | 5         | 54.6                | 40.2                | 69.4                | 55.6                |
|                                 | 6         | 55.4                | 39.8                | 69.6                | 54.8                |
|                                 | 7         | 54                  | 40.6                | 69.4                | 55                  |
|                                 | 8         | 54.8                | 39.8                | 68.8                | 55                  |
|                                 | 9         | 54.2                | 40.8                | 69.6                | 54                  |
|                                 | 10        | 55                  | 40.6                | 69                  | 55.4                |
|                                 | 11        | 55                  | 40.8                | 70                  | 54.8                |
|                                 | 12        | 54.6                | 40.6                | 69.4                | 54.8                |
|                                 | 13        | 55.2                | 40.4                | 69.6                | 55                  |
|                                 | 14        | 55.4                | 40.4                | 69                  | 54.8                |
|                                 | 15        | 55.4                | 40                  | 69.2                | 54.4                |
|                                 | ORTALAMA  | 54.93               | 40.44               | 69.35               | 54.83               |
| 1500                            | 1         | 69                  | 39.8                | 72                  | 40                  |
|                                 | 2         | 70                  | 38.4                | 72                  | 39.8                |
|                                 | 3         | 70                  | 38                  | 71.4                | 40.6                |
|                                 | 4         | 70                  | 38.8                | 71                  | 40                  |
|                                 | 5         | 69.8                | 38.2                | 71                  | 40.4                |
|                                 | 6         | 70                  | 39                  | 71.8                | 40.2                |
|                                 | 7         | 70                  | 39                  | 70.4                | 40                  |
|                                 | 8         | 68.4                | 39.4                | 72.4                | 40                  |
|                                 | 9         | 69.6                | 38                  | 70.8                | 40                  |
|                                 | 10        | 69.2                | 39.4                | 71.6                | 40                  |
|                                 | 11        | 70                  | 39.4                | 71.6                | 40.2                |
|                                 | 12        | 69.6                | 38.4                | 72                  | 40                  |
|                                 | 13        | 70.6                | 37.8                | 73                  | 39.8                |
|                                 | 14        | 69.8                | 38                  | 72.6                | 40                  |
|                                 | 15        | 72                  | 37.4                | 72.6                | 40.2                |
|                                 | ORTALAMA  | 69.87               | 38.60               | 71.75               | 40.08               |
| 2000                            | 1         | 87.4                | 30                  | 87.8                | 31                  |
|                                 | 2         | 88.6                | 27.8                | 89                  | 30.4                |
|                                 | 3         | 87                  | 30                  | 87.6                | 34.2                |
|                                 | 4         | 85.6                | 29                  | 89                  | 31                  |
|                                 | 5         | 85                  | 33.4                | 87.4                | 34                  |
|                                 | 6         | 88.2                | 31                  | 86.8                | 31.8                |
|                                 | 7         | 84.6                | 33.4                | 89                  | 30                  |
|                                 | 8         | 82.6                | 31                  | 87.2                | 33.4                |
|                                 | 9         | 85                  | 30.6                | 89.6                | 32.8                |
|                                 | 10        | 85.4                | 30                  | 88.4                | 32                  |
|                                 | 11        | 86.6                | 32.2                | 89.6                | 33.6                |
|                                 | 12        | 82.4                | 29.8                | 88                  | 30.4                |
|                                 | 13        | 86.2                | 30                  | 88.2                | 33.6                |
|                                 | 14        | 86                  | 29.6                | 88.6                | 35                  |
|                                 | 15        | 85.8                | 29.2                | 90                  | 32.6                |
|                                 | ORTALAMA  | 85.76               | 30.47               | 88.41               | 32.39               |

Tablo C<sub>8</sub>

| d=18 mm Şartlandırıcısız T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)                       | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                                  |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                             | 1         | 46.6                | 32.6                | 52                  | 37                  |
|                                  | 2         | 46.6                | 32.4                | 52.2                | 36.8                |
|                                  | 3         | 46                  | 33.2                | 52                  | 36.6                |
|                                  | 4         | 46.2                | 32.6                | 52.2                | 36.6                |
|                                  | 5         | 46                  | 32.4                | 52                  | 36.8                |
|                                  | 6         | 47.2                | 32                  | 52.2                | 36.8                |
|                                  | 7         | 47                  | 32.6                | 52                  | 37.2                |
|                                  | 8         | 46.2                | 32.4                | 52.2                | 36.4                |
|                                  | 9         | 46                  | 33.2                | 52                  | 36.6                |
|                                  | 10        | 46.6                | 32.4                | 52                  | 37.2                |
|                                  | 11        | 46                  | 32.6                | 52.4                | 37.2                |
|                                  | 12        | 46                  | 33.2                | 52                  | 37                  |
|                                  | 13        | 45.8                | 32.4                | 52                  | 37                  |
|                                  | 14        | 46                  | 33                  | 52.2                | 37.4                |
|                                  | 15        | 46.4                | 32                  | 52                  | 37                  |
|                                  | ORTALAMA  | 46.31               | 32.60               | 52.09               | 36.91               |
| 1500                             | 1         | 64.6                | 35.2                | 67.2                | 37.8                |
|                                  | 2         | 63                  | 35.4                | 68.4                | 37                  |
|                                  | 3         | 65                  | 33.6                | 67.8                | 36                  |
|                                  | 4         | 64                  | 34.8                | 68.8                | 37.4                |
|                                  | 5         | 64.2                | 35.2                | 68.6                | 38.8                |
|                                  | 6         | 64.8                | 36                  | 68.4                | 36.4                |
|                                  | 7         | 64.8                | 35.2                | 69.4                | 35.8                |
|                                  | 8         | 66                  | 34.2                | 69.6                | 36.6                |
|                                  | 9         | 65                  | 34.6                | 68.6                | 36                  |
|                                  | 10        | 64                  | 34.2                | 69.4                | 35.6                |
|                                  | 11        | 64                  | 35.4                | 69                  | 35.6                |
|                                  | 12        | 65.6                | 34                  | 69.4                | 36                  |
|                                  | 13        | 63.6                | 35.2                | 69.6                | 36.6                |
|                                  | 14        | 65                  | 33                  | 69                  | 35.8                |
|                                  | 15        | 63.6                | 35.4                | 69.6                | 35.8                |
|                                  | ORTALAMA  | 64.48               | 34.76               | 68.85               | 36.48               |
| 2000                             | 1         | 89.2                | 39                  | 91                  | 30                  |
|                                  | 2         | 92.6                | 39.6                | 91.4                | 30.4                |
|                                  | 3         | 90                  | 37                  | 91                  | 31.4                |
|                                  | 4         | 89.6                | 39.2                | 89                  | 30.6                |
|                                  | 5         | 92                  | 37.2                | 90                  | 31.8                |
|                                  | 6         | 88.2                | 39.6                | 91                  | 31                  |
|                                  | 7         | 90.2                | 38.6                | 92                  | 33.4                |
|                                  | 8         | 90                  | 39.8                | 91.6                | 33                  |
|                                  | 9         | 90.6                | 37.4                | 90.4                | 32                  |
|                                  | 10        | 89.6                | 37                  | 90.4                | 31.4                |
|                                  | 11        | 89.8                | 39.6                | 91.6                | 31.2                |
|                                  | 12        | 90.6                | 37.6                | 93                  | 30.6                |
|                                  | 13        | 91                  | 38.4                | 91.2                | 30.4                |
|                                  | 14        | 89.8                | 38                  | 92.2                | 31.6                |
|                                  | 15        | 89.2                | 39.2                | 92.4                | 31.45               |
|                                  | ORTALAMA  | 90.16               | 38.48               | 91.21               | 31.35               |

Tablo C<sub>9</sub>

| d= 25 mm 1x6x12 T=42 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Debi (L/h)              | Zaman (s) | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
|                         |           | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                    | 1         | 37.2                | 32.8                | 39                  | 35                  |
|                         | 2         | 37                  | 33                  | 38.6                | 34.6                |
|                         | 3         | 37                  | 33                  | 38.8                | 35.4                |
|                         | 4         | 37                  | 33.8                | 39                  | 34.8                |
|                         | 5         | 37                  | 33.2                | 38.2                | 34.4                |
|                         | 6         | 37                  | 33.4                | 38.2                | 35                  |
|                         | 7         | 36.8                | 33                  | 37.6                | 34.4                |
|                         | 8         | 37                  | 33.2                | 38.4                | 34.4                |
|                         | 9         | 36.8                | 33                  | 38.4                | 35.2                |
|                         | 10        | 36.8                | 33.8                | 39                  | 34.8                |
|                         | 11        | 36.6                | 33.4                | 38.4                | 34.6                |
|                         | 12        | 36.8                | 33.4                | 38.6                | 35.2                |
|                         | 13        | 37                  | 33                  | 38.4                | 34.6                |
|                         | 14        | 37.2                | 33.2                | 38.8                | 35.4                |
|                         | 15        | 37.6                | 33                  | 39                  | 35.6                |
|                         | ORTALAMA  | 36.99               | 33.21               | 38.56               | 34.60               |
| 1500                    | 1         | 60.8                | 47.6                | 74.6                | 66                  |
|                         | 2         | 60.2                | 47                  | 75                  | 66                  |
|                         | 3         | 57.6                | 50                  | 74.8                | 66.4                |
|                         | 4         | 57.6                | 51.6                | 74.2                | 65.8                |
|                         | 5         | 58                  | 50.8                | 84.8                | 65.8                |
|                         | 6         | 57.4                | 51                  | 83                  | 66.4                |
|                         | 7         | 58.2                | 51.6                | 83.6                | 66.4                |
|                         | 8         | 58.4                | 51.4                | 83.4                | 66                  |
|                         | 9         | 58.2                | 52                  | 84.8                | 65.6                |
|                         | 10        | 58.6                | 51.8                | 83.6                | 66                  |
|                         | 11        | 58.4                | 51.4                | 83.6                | 65.4                |
|                         | 12        | 58                  | 51.4                | 83.8                | 66.4                |
|                         | 13        | 58                  | 51.4                | 84                  | 66                  |
|                         | 14        | 58.2                | 50.4                | 84.2                | 65.4                |
|                         | 15        | 57.2                | 51                  | 84                  | 65.2                |
|                         | ORTALAMA  | 58.32               | 50.69               | 74.09               | 65.93               |
| 2000                    | 1         | 75.4                | 62.2                | 50                  | 36                  |
|                         | 2         | 74.6                | 62                  | 50                  | 35.4                |
|                         | 3         | 75                  | 62.4                | 49                  | 34.6                |
|                         | 4         | 75.6                | 62.4                | 50.2                | 35.4                |
|                         | 5         | 74.6                | 61.8                | 50                  | 35.8                |
|                         | 6         | 75.6                | 62                  | 50.2                | 35.4                |
|                         | 7         | 75.8                | 62.6                | 50                  | 34.6                |
|                         | 8         | 75.2                | 62                  | 50.4                | 35.4                |
|                         | 9         | 75.4                | 62.4                | 50.6                | 35.2                |
|                         | 10        | 74.4                | 62                  | 49.8                | 34.8                |
|                         | 11        | 74.6                | 62.6                | 50.2                | 35.4                |
|                         | 12        | 76                  | 61.2                | 50                  | 35.4                |
|                         | 13        | 73.8                | 61.4                | 49.8                | 35.6                |
|                         | 14        | 75.4                | 62                  | 49.6                | 35.4                |
|                         | 15        | 74.8                | 61.4                | 51.4                | 36                  |
|                         | ORTALAMA  | 75.08               | 61.03               | 50.08               | 35.43               |

Tablo C<sub>10</sub>

| d= 25 mm 1x7 (GO=0.25) |           |                       |                     |                       |                     |
|------------------------|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                        |           | %20 Açık vana T=38 °C |                     | %50 Açık vana T=37 °C |                     |
| Debi (L/h)             | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                   | 1         | 38.8                  | 35.8                | 41                    | 37.4                |
|                        | 2         | 39.2                  | 35.4                | 41                    | 37.4                |
|                        | 3         | 39                    | 35.8                | 41.6                  | 37.6                |
|                        | 4         | 39.4                  | 36                  | 41.2                  | 37.6                |
|                        | 5         | 39                    | 36                  | 40.8                  | 37.4                |
|                        | 6         | 39                    | 36.4                | 41                    | 37                  |
|                        | 7         | 39                    | 35.2                | 41                    | 37.6                |
|                        | 8         | 38.4                  | 35.6                | 41.6                  | 37.4                |
|                        | 9         | 38.8                  | 35                  | 41.6                  | 38.2                |
|                        | 10        | 38.2                  | 35.2                | 41.6                  | 37.8                |
|                        | 11        | 38                    | 34.4                | 40.8                  | 37.2                |
|                        | 12        | 38.2                  | 34.8                | 41.4                  | 37.6                |
|                        | 13        | 38.8                  | 35.6                | 41                    | 37.6                |
|                        | 14        | 39                    | 35.4                | 41.4                  | 37.2                |
|                        | 15        | 39                    | 35.6                | 41.6                  | 38.2                |
|                        | ORTALAMA  | 38.79                 | 35.48               | 41.24                 | 37.55               |
| 1500                   | 1         | 71.4                  | 64.4                | 56                    | 47.8                |
|                        | 2         | 72                    | 64.4                | 55.8                  | 48                  |
|                        | 3         | 71.2                  | 64.8                | 56.2                  | 48                  |
|                        | 4         | 72                    | 65                  | 56.6                  | 48                  |
|                        | 5         | 71.4                  | 64.6                | 56                    | 47.4                |
|                        | 6         | 71.6                  | 65                  | 55.4                  | 47.6                |
|                        | 7         | 72                    | 64.6                | 55.8                  | 47.6                |
|                        | 8         | 71.4                  | 64.8                | 55.8                  | 47.4                |
|                        | 9         | 71                    | 63.6                | 55.6                  | 46.6                |
|                        | 10        | 71.6                  | 64.4                | 55.6                  | 47                  |
|                        | 11        | 71.4                  | 64.4                | 56                    | 47                  |
|                        | 12        | 70.6                  | 64                  | 55                    | 47.6                |
|                        | 13        | 69.8                  | 63.4                | 55                    | 47                  |
|                        | 14        | 69.8                  | 63.4                | 55                    | 46.6                |
|                        | 15        | 70                    | 63.4                | 55.4                  | 47.8                |
|                        | ORTALAMA  | 71.15                 | 64.28               | 55.68                 | 47.43               |
| 2000                   | 1         | 64.4                  | 53                  | 45.4                  | 32                  |
|                        | 2         | 65.2                  | 53.2                | 46                    | 32.4                |
|                        | 3         | 65.4                  | 52.4                | 45.6                  | 32                  |
|                        | 4         | 64.4                  | 52.4                | 46.6                  | 32.4                |
|                        | 5         | 65                    | 53.4                | 45.6                  | 32                  |
|                        | 6         | 65.2                  | 52                  | 46.4                  | 32                  |
|                        | 7         | 65.4                  | 53.6                | 45.4                  | 32.2                |
|                        | 8         | 64.2                  | 52.4                | 46.4                  | 32.4                |
|                        | 9         | 64.4                  | 52.2                | 45                    | 32                  |
|                        | 10        | 64                    | 53                  | 45.6                  | 32.2                |
|                        | 11        | 64.4                  | 51.6                | 46                    | 32.4                |
|                        | 12        | 64.8                  | 53.4                | 45.4                  | 32                  |
|                        | 13        | 64.6                  | 52.6                | 46.6                  | 32.4                |
|                        | 14        | 64.2                  | 52.8                | 45.4                  | 32                  |
|                        | 15        | 64.4                  | 52.8                | 45                    | 32                  |
|                        | ORTALAMA  | 64.67                 | 52.72               | 45.76                 | 32.16               |

Tablo C<sub>11</sub>

| d= 25 mm 1x7 pahsız T=25 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-----------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                             |           | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
| Debi (L/h)                  | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                        | 1         | 55.6                | 52                  | 35.4                | 32                  |
|                             | 2         | 55.4                | 52                  | 35.8                | 32.4                |
|                             | 3         | 55.4                | 51.4                | 35.8                | 32                  |
|                             | 4         | 55.2                | 51.4                | 36.2                | 32.6                |
|                             | 5         | 55                  | 51                  | 36                  | 32.6                |
|                             | 6         | 54.8                | 51                  | 35.6                | 32                  |
|                             | 7         | 54.8                | 52                  | 35.4                | 32                  |
|                             | 8         | 54.6                | 51.6                | 35.6                | 32.2                |
|                             | 9         | 55                  | 51                  | 35.8                | 32                  |
|                             | 10        | 55                  | 51.2                | 36                  | 32.2                |
|                             | 11        | 55.4                | 51                  | 35.8                | 32.4                |
|                             | 12        | 54.8                | 51                  | 35.6                | 31.8                |
|                             | 13        | 54.6                | 50.6                | 35.6                | 32                  |
|                             | 14        | 54.6                | 51.6                | 35.6                | 32                  |
|                             | 15        | 55.8                | 52                  | 35.6                | 32                  |
|                             | ORTALAMA  | 55.07               | 51.39               | 35.72               | 32.15               |
| 1500                        | 1         | 73                  | 65.6                | 47                  | 39.2                |
|                             | 2         | 73.2                | 65.8                | 48.6                | 40.6                |
|                             | 3         | 73.2                | 64.4                | 46.6                | 38                  |
|                             | 4         | 73.4                | 64.6                | 47                  | 39.4                |
|                             | 5         | 73.2                | 65                  | 47.4                | 39                  |
|                             | 6         | 73.8                | 65.6                | 47.6                | 39.8                |
|                             | 7         | 73.2                | 65.2                | 47.4                | 39.2                |
|                             | 8         | 73                  | 64.4                | 47.8                | 39                  |
|                             | 9         | 73.2                | 64.8                | 48.6                | 37                  |
|                             | 10        | 73.4                | 65                  | 46.6                | 39.4                |
|                             | 11        | 73.8                | 64.8                | 46.8                | 38.6                |
|                             | 12        | 73.2                | 64.8                | 46.8                | 39.4                |
|                             | 13        | 74.2                | 65.8                | 47                  | 39.2                |
|                             | 14        | 73.2                | 65.6                | 46                  | 38.6                |
|                             | 15        | 73                  | 65.4                | 47                  | 39.2                |
|                             | ORTALAMA  | 73.33               | 65.19               | 47.21               | 39.04               |
| 2000                        | 1         | 59.6                | 45.8                | 49.4                | 36                  |
|                             | 2         | 60                  | 45.8                | 51                  | 36.2                |
|                             | 3         | 60                  | 45                  | 51                  | 36.6                |
|                             | 4         | 69.8                | 45.4                | 49.6                | 35.6                |
|                             | 5         | 60.2                | 45                  | 49.6                | 36.2                |
|                             | 6         | 60                  | 45                  | 50.2                | 36.4                |
|                             | 7         | 59.4                | 45                  | 50                  | 35.4                |
|                             | 8         | 59                  | 45                  | 48.6                | 35.8                |
|                             | 9         | 59.2                | 45.4                | 50                  | 36.4                |
|                             | 10        | 59.8                | 45.4                | 51.6                | 36.6                |
|                             | 11        | 59.6                | 45.2                | 49.8                | 35.2                |
|                             | 12        | 59                  | 44.8                | 49                  | 35.4                |
|                             | 13        | 59.2                | 46.2                | 49.2                | 35.4                |
|                             | 14        | 59.4                | 45.6                | 50.6                | 36                  |
|                             | 15        | 58.6                | 44.6                | 49.8                | 36.4                |
|                             | ORTALAMA  | 59.52               | 45.28               | 49.96               | 35.97               |

Tablo C<sub>12</sub>

| d= 25 mm 1x7 (15 <sup>0</sup> pahlı) T=26 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                              |           | %20                 |                     | %50                 |                     |
| Debi (L/h)                                   | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                                         | 1         | 45.2                | 41.6                | 45.8                | 41.4                |
|                                              | 2         | 45                  | 41.8                | 45.8                | 42                  |
|                                              | 3         | 45.4                | 41.4                | 45.4                | 42                  |
|                                              | 4         | 45.4                | 41.4                | 45.2                | 42                  |
|                                              | 5         | 45.4                | 41.6                | 45                  | 42.4                |
|                                              | 6         | 45                  | 41.4                | 45.2                | 42.2                |
|                                              | 7         | 45                  | 41.6                | 45.4                | 42.2                |
|                                              | 8         | 45.4                | 41.8                | 45.2                | 41.2                |
|                                              | 9         | 45.6                | 41.8                | 45.2                | 41.2                |
|                                              | 10        | 45.6                | 41.8                | 45.4                | 41.6                |
|                                              | 11        | 45.2                | 41.6                | 44.6                | 41.4                |
|                                              | 12        | 44.8                | 41.4                | 45.4                | 41.2                |
|                                              | 13        | 45.4                | 41.4                | 45.6                | 41.6                |
|                                              | 14        | 45.6                | 41.8                | 45.4                | 41.6                |
|                                              | 15        | 45.4                | 42                  | 45.2                | 41.4                |
|                                              | ORTALAMA  | 45.29               | 41.63               | 45.32               | 41.69               |
| 1500                                         | 1         | 49                  | 40.8                | 46.6                | 38                  |
|                                              | 2         | 49                  | 41                  | 46                  | 38                  |
|                                              | 3         | 50.4                | 41.4                | 46                  | 38                  |
|                                              | 4         | 49.2                | 41.4                | 45.6                | 37.8                |
|                                              | 5         | 48.4                | 41                  | 45.6                | 38                  |
|                                              | 6         | 48.2                | 41.2                | 45.4                | 37                  |
|                                              | 7         | 49                  | 40.4                | 45                  | 37.6                |
|                                              | 8         | 48.6                | 41                  | 45.8                | 37.6                |
|                                              | 9         | 48.4                | 41.2                | 46                  | 37.6                |
|                                              | 10        | 49                  | 41                  | 45.6                | 37.6                |
|                                              | 11        | 48.6                | 41                  | 45                  | 37.2                |
|                                              | 12        | 49                  | 40.8                | 45.6                | 37.8                |
|                                              | 13        | 48.4                | 40.6                | 46                  | 38                  |
|                                              | 14        | 49                  | 40.8                | 45.8                | 38.2                |
|                                              | 15        | 48.4                | 40.8                | 45.8                | 37.2                |
|                                              | ORTALAMA  | 48.84               | 40.96               | 45.72               | 37.71               |
| 2000                                         | 1         | 69                  | 55.8                | 66.6                | 51.6                |
|                                              | 2         | 67.6                | 55                  | 65                  | 51                  |
|                                              | 3         | 68.4                | 55.2                | 66.2                | 51.6                |
|                                              | 4         | 69.4                | 55.8                | 66.4                | 52                  |
|                                              | 5         | 68                  | 55.4                | 65                  | 51.8                |
|                                              | 6         | 70                  | 55                  | 66.6                | 51                  |
|                                              | 7         | 68.8                | 56.2                | 65.8                | 51.4                |
|                                              | 8         | 69.6                | 56.2                | 66                  | 51.8                |
|                                              | 9         | 69.8                | 55.8                | 66.6                | 51.8                |
|                                              | 10        | 69.4                | 56                  | 65.8                | 51.8                |
|                                              | 11        | 69.6                | 54.6                | 64.2                | 50                  |
|                                              | 12        | 69.6                | 56.2                | 66.6                | 52.8                |
|                                              | 13        | 69.4                | 55.2                | 66.6                | 51.6                |
|                                              | 14        | 68.4                | 56                  | 66                  | 51.8                |
|                                              | 15        | 68.4                | 55.2                | 66.2                | 51.6                |
|                                              | ORTALAMA  | 69.03               | 55.57               | 65.97               | 51.57               |

Tablo C<sub>13</sub>

| d= 25 mm 1x7 (30° pahlı) T=27 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                  |           | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
| Debi<br>(L/ h)                   | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                             | 1         | 34.8                | 31.4                | 37.6                | 34                  |
|                                  | 2         | 34.4                | 31.4                | 37.8                | 33.6                |
|                                  | 3         | 34                  | 31.2                | 37                  | 33.6                |
|                                  | 4         | 34.6                | 31.4                | 37.2                | 33.4                |
|                                  | 5         | 34.4                | 31.2                | 37                  | 33.2                |
|                                  | 6         | 34                  | 31.4                | 36.6                | 32.8                |
|                                  | 7         | 34.8                | 31.4                | 36.2                | 32.6                |
|                                  | 8         | 34.2                | 31.4                | 36.2                | 32.4                |
|                                  | 9         | 34.8                | 30.6                | 36.4                | 32.4                |
|                                  | 10        | 34.2                | 30.6                | 36.4                | 33                  |
|                                  | 11        | 34.8                | 30.8                | 36.2                | 32.6                |
|                                  | 12        | 34.4                | 30.4                | 36.4                | 32.6                |
|                                  | 13        | 34.2                | 30.4                | 36.6                | 33.2                |
|                                  | 14        | 34.8                | 30.4                | 36.8                | 33.4                |
|                                  | 15        | 34.8                | 30.2                | 36.6                | 33.8                |
|                                  | ORTALAMA  | 34.48               | 30.95               | 36.73               | 33.11               |
| 1500                             | 1         | 49                  | 41.4                | 65.6                | 57.2                |
|                                  | 2         | 48.4                | 40.8                | 65.2                | 57                  |
|                                  | 3         | 49.2                | 41                  | 63.8                | 56.8                |
|                                  | 4         | 48.6                | 41.6                | 65                  | 56.6                |
|                                  | 5         | 48.6                | 40.6                | 64.8                | 57.2                |
|                                  | 6         | 48.6                | 41.2                | 64.8                | 57                  |
|                                  | 7         | 48.4                | 41                  | 65.4                | 57.4                |
|                                  | 8         | 48.6                | 40.8                | 65.6                | 57.4                |
|                                  | 9         | 48.4                | 41.2                | 65.2                | 57.6                |
|                                  | 10        | 49.6                | 41.2                | 66.2                | 57.6                |
|                                  | 11        | 48.6                | 41.2                | 65.4                | 57.8                |
|                                  | 12        | 48.2                | 41                  | 66.6                | 58                  |
|                                  | 13        | 48.6                | 41.6                | 65.6                | 57.8                |
|                                  | 14        | 48.8                | 41.4                | 66.6                | 57.8                |
|                                  | 15        | 49                  | 41.4                | 66.4                | 58.2                |
|                                  | ORTALAMA  | 48.71               | 41.16               | 65.48               | 57.43               |
| 2000                             | 1         | 51.6                | 38.6                | 78                  | 65                  |
|                                  | 2         | 51.8                | 38                  | 77.6                | 63.6                |
|                                  | 3         | 51.6                | 37.6                | 79.6                | 65.6                |
|                                  | 4         | 51.4                | 38.2                | 79.4                | 66.4                |
|                                  | 5         | 51.8                | 39                  | 80                  | 65.6                |
|                                  | 6         | 50.6                | 38.2                | 79                  | 65.6                |
|                                  | 7         | 51                  | 38.8                | 79.4                | 65.4                |
|                                  | 8         | 51                  | 37.2                | 78.2                | 65.2                |
|                                  | 9         | 51.2                | 38.2                | 79.6                | 66                  |
|                                  | 10        | 50.4                | 38                  | 78.6                | 65.6                |
|                                  | 11        | 50.2                | 36.8                | 79.8                | 65.4                |
|                                  | 12        | 51.2                | 38.2                | 78.4                | 65                  |
|                                  | 13        | 51.4                | 39                  | 78.8                | 65                  |
|                                  | 14        | 50.8                | 37.4                | 79                  | 64.4                |
|                                  | 15        | 50.6                | 37.2                | 79.4                | 64                  |
|                                  | ORTALAMA  | 51.11               | 38.03               | 78.99               | 65.03               |

Tablo C<sub>14</sub>

| d= 25 mm 1x7 (45° pahlı) |           |                       |                     |                       |                     |
|--------------------------|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                          |           | %20 Açık vana T=32 °C |                     | %50 Açık vana T=30 °C |                     |
| Debi (L/h)               | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                     | 1         | 38.4                  | 34.4                | 50.4                  | 37                  |
|                          | 2         | 38.2                  | 34.4                | 41                    | 37                  |
|                          | 3         | 38.2                  | 34.2                | 40.6                  | 37.2                |
|                          | 4         | 38                    | 34.6                | 40.6                  | 37.2                |
|                          | 5         | 37.8                  | 34.6                | 41                    | 37.6                |
|                          | 6         | 37.6                  | 34.2                | 40                    | 37                  |
|                          | 7         | 38.4                  | 34.2                | 40.8                  | 37                  |
|                          | 8         | 38.2                  | 34.8                | 41                    | 36.6                |
|                          | 9         | 38                    | 34.6                | 40.6                  | 37.2                |
|                          | 10        | 38                    | 34.6                | 40.6                  | 37                  |
|                          | 11        | 38                    | 34.4                | 40.4                  | 36.8                |
|                          | 12        | 38                    | 34.6                | 40.6                  | 37                  |
|                          | 13        | 38.6                  | 34.6                | 40.8                  | 36.8                |
|                          | 14        | 38.2                  | 34.8                | 39.6                  | 36                  |
|                          | 15        | 38.4                  | 34.8                | 40.4                  | 36.2                |
|                          | ORTALAMA  | 38.13                 | 34.52               | 40.56                 | 36.91               |
| 1500                     | 1         | 52                    | 44.2                | 48                    | 39                  |
|                          | 2         | 52.9                  | 44.8                | 48                    | 40                  |
|                          | 3         | 52.6                  | 44.6                | 48                    | 40.2                |
|                          | 4         | 52.4                  | 44.4                | 48.2                  | 40.4                |
|                          | 5         | 52.8                  | 44.8                | 47.4                  | 39.4                |
|                          | 6         | 53                    | 45.2                | 47.4                  | 40                  |
|                          | 7         | 52.8                  | 45                  | 47.6                  | 40.4                |
|                          | 8         | 52.4                  | 45.2                | 47.6                  | 39.8                |
|                          | 9         | 52.6                  | 44.6                | 47.8                  | 40.4                |
|                          | 10        | 52.2                  | 45.2                | 47                    | 40.6                |
|                          | 11        | 52.6                  | 44.4                | 48                    | 39.6                |
|                          | 12        | 51.6                  | 45                  | 47.4                  | 39.2                |
|                          | 13        | 52.4                  | 45                  | 47.4                  | 39.8                |
|                          | 14        | 52.6                  | 44.6                | 47.8                  | 40.4                |
|                          | 15        | 52                    | 44                  | 48.2                  | 39.6                |
|                          | ORTALAMA  | 52.46                 | 44.73               | 47.72                 | 39.92               |
| 2000                     | 1         | 73                    | 59.6                | 47.4                  | 34.2                |
|                          | 2         | 72.4                  | 59.8                | 48.2                  | 34.8                |
|                          | 3         | 72.2                  | 60.2                | 48.6                  | 35                  |
|                          | 4         | 75                    | 61                  | 47.8                  | 34.4                |
|                          | 5         | 73.4                  | 60.2                | 48.6                  | 35                  |
|                          | 6         | 73                    | 60.8                | 48.6                  | 35.2                |
|                          | 7         | 74                    | 60.6                | 48.2                  | 34.4                |
|                          | 8         | 73                    | 59.4                | 48                    | 35                  |
|                          | 9         | 73.6                  | 59.8                | 48.4                  | 35.4                |
|                          | 10        | 73                    | 60.4                | 48                    | 34.6                |
|                          | 11        | 72.8                  | 60                  | 47                    | 34                  |
|                          | 12        | 72.8                  | 60                  | 47.4                  | 33.2                |
|                          | 13        | 73.2                  | 59.4                | 47.4                  | 34                  |
|                          | 14        | 73.6                  | 60                  | 47.8                  | 34.4                |
|                          | 15        | 74                    | 60.4                | 47.2                  | 34                  |
|                          | ORTALAMA  | 73.27                 | 60.49               | 47.91                 | 34.51               |

Tablo C<sub>15</sub>

| d= 25 mm 1x7 (55° pahlı) |           |                       |                     |                       |                     |
|--------------------------|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                          |           | %20 Açık vana T=34 °C |                     | %50 Açık vana T=35 °C |                     |
| Debi (L/h)               | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm)   | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                     | 1         | 38.6                  | 35.4                | 35.4                  | 32.4                |
|                          | 2         | 39                    | 35.2                | 35.4                  | 32                  |
|                          | 3         | 38.8                  | 35.2                | 34.8                  | 31.4                |
|                          | 4         | 38.6                  | 34.8                | 35                    | 31.6                |
|                          | 5         | 38.8                  | 35                  | 34.8                  | 31.4                |
|                          | 6         | 38.4                  | 35                  | 34.8                  | 31.8                |
|                          | 7         | 38.6                  | 34.6                | 34.4                  | 31.8                |
|                          | 8         | 38.8                  | 35                  | 35.4                  | 31.4                |
|                          | 9         | 39                    | 35.4                | 35                    | 32                  |
|                          | 10        | 39                    | 35.4                | 35.6                  | 32.2                |
|                          | 11        | 39                    | 35.4                | 35.8                  | 32                  |
|                          | 12        | 38.6                  | 35                  | 35.6                  | 32.6                |
|                          | 13        | 38.8                  | 35                  | 35.6                  | 32.2                |
|                          | 14        | 38.6                  | 35                  | 36                    | 32.2                |
|                          | 15        | 39                    | 35                  | 36.6                  | 32.4                |
|                          | ORTALAMA  | 38.77                 | 35.09               | 35.35                 | 31.96               |
| 1500                     | 1         | 55.8                  | 48                  | 54.6                  | 47.6                |
|                          | 2         | 56                    | 48.2                | 55                    | 47.6                |
|                          | 3         | 55.6                  | 48                  | 54                    | 47.2                |
|                          | 4         | 56                    | 48.4                | 54.8                  | 48                  |
|                          | 5         | 56.2                  | 48.4                | 55.8                  | 49                  |
|                          | 6         | 56                    | 48.6                | 55.4                  | 47                  |
|                          | 7         | 56                    | 48                  | 54                    | 48.4                |
|                          | 8         | 56                    | 47.6                | 56.4                  | 47                  |
|                          | 9         | 56                    | 48.4                | 55                    | 48                  |
|                          | 10        | 56                    | 48.2                | 54.8                  | 48                  |
|                          | 11        | 55                    | 48                  | 55                    | 48.2                |
|                          | 12        | 55                    | 47.6                | 54                    | 48.4                |
|                          | 13        | 55.4                  | 47.4                | 55.4                  | 46.6                |
|                          | 14        | 55.4                  | 48.6                | 54.4                  | 48.2                |
|                          | 15        | 55                    | 47.6                | 55.6                  | 47                  |
|                          | ORTALAMA  | 55.69                 | 48.07               | 54.95                 | 47.75               |
| 2000                     | 1         | 36.6                  | 33.4                | 50.4                  | 37.4                |
|                          | 2         | 36.4                  | 33.4                | 50                    | 37.8                |
|                          | 3         | 36                    | 34.6                | 51                    | 36.4                |
|                          | 4         | 36.6                  | 33.2                | 49.6                  | 37                  |
|                          | 5         | 37                    | 34.8                | 50                    | 36.8                |
|                          | 6         | 36.4                  | 33.4                | 50.4                  | 37                  |
|                          | 7         | 36.4                  | 34                  | 49.2                  | 36.2                |
|                          | 8         | 37.4                  | 34.4                | 48.6                  | 37.4                |
|                          | 9         | 37                    | 33.2                | 49.2                  | 36.6                |
|                          | 10        | 34.8                  | 32.6                | 50                    | 38                  |
|                          | 11        | 36.6                  | 34                  | 50.4                  | 37.2                |
|                          | 12        | 37.4                  | 33.2                | 50.6                  | 36.4                |
|                          | 13        | 36.4                  | 33.6                | 48.8                  | 37                  |
|                          | 14        | 36.6                  | 33.2                | 49                    | 38.2                |
|                          | 15        | 36.4                  | 33.6                | 50.8                  | 38                  |
|                          | ORTALAMA  | 46.53                 | 33.64               | 49.87                 | 37.16               |

Tablo C16

| d= 25 mm Şartlandırıcısız T=47 °C |           |                     |                     |                     |                     |
|-----------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                   |           | %20 Açık vana       |                     | %50 Açık vana       |                     |
| Debi (L/h)                        | Zaman (s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) |
| 1000                              | 1         | 54.4                | 51                  | 57                  | 53.4                |
|                                   | 2         | 53.6                | 51.8                | 57.2                | 53.4                |
|                                   | 3         | 54.2                | 51                  | 57.6                | 53.6                |
|                                   | 4         | 54.4                | 51.4                | 57                  | 53.4                |
|                                   | 5         | 54.2                | 51.4                | 57                  | 53.2                |
|                                   | 6         | 54                  | 51.4                | 56.8                | 53                  |
|                                   | 7         | 54                  | 51.4                | 56.6                | 53                  |
|                                   | 8         | 54.6                | 51.2                | 57.2                | 53                  |
|                                   | 9         | 54                  | 51                  | 56.8                | 53.2                |
|                                   | 10        | 54.2                | 51                  | 56.6                | 53.2                |
|                                   | 11        | 53.8                | 50.8                | 56.4                | 52.8                |
|                                   | 12        | 54.6                | 51                  | 56.6                | 53.4                |
|                                   | 13        | 54                  | 50.8                | 57.4                | 53.4                |
|                                   | 14        | 53.8                | 51                  | 56.8                | 52.8                |
|                                   | 15        | 54.2                | 51                  | 57                  | 53.4                |
|                                   | ORTALAMA  | 54.13               | 51.15               | 56.93               | 53.21               |
| 1500                              | 1         | 53                  | 66.4                | 50                  | 41.8                |
|                                   | 2         | 52                  | 46.4                | 50.2                | 42.2                |
|                                   | 3         | 52                  | 45.8                | 51.4                | 43.4                |
|                                   | 4         | 52.4                | 45.4                | 50.6                | 42.8                |
|                                   | 5         | 52.2                | 46.4                | 50.8                | 43.2                |
|                                   | 6         | 50.4                | 45.2                | 50.2                | 42.4                |
|                                   | 7         | 50.8                | 45.6                | 50.6                | 42.4                |
|                                   | 8         | 52.4                | 45.4                | 50.6                | 42.4                |
|                                   | 9         | 51.6                | 46                  | 50.6                | 42.8                |
|                                   | 10        | 53.2                | 45.6                | 50.8                | 42.8                |
|                                   | 11        | 53.2                | 46.4                | 50.8                | 42.6                |
|                                   | 12        | 51.8                | 46.4                | 49.8                | 43.6                |
|                                   | 13        | 52.8                | 46.2                | 50                  | 42.4                |
|                                   | 14        | 52.6                | 46                  | 50.8                | 43                  |
|                                   | 15        | 52.6                | 47.2                | 50.8                | 42.8                |
|                                   | ORTALAMA  | 52.20               | 46.03               | 50.53               | 42.71               |
| 2000                              | 1         | 45.8                | 36                  | 67.4                | 53.4                |
|                                   | 2         | 46                  | 36.4                | 67.2                | 54.2                |
|                                   | 3         | 46.4                | 36                  | 66                  | 53                  |
|                                   | 4         | 46.2                | 36                  | 67                  | 53.4                |
|                                   | 5         | 46.8                | 36.6                | 66.8                | 53.2                |
|                                   | 6         | 46.8                | 36.2                | 67.6                | 53.6                |
|                                   | 7         | 45.6                | 36                  | 66                  | 54                  |
|                                   | 8         | 46.8                | 36.2                | 66.8                | 52.4                |
|                                   | 9         | 47.4                | 36.2                | 67                  | 53.6                |
|                                   | 10        | 46.6                | 36.4                | 65.8                | 53                  |
|                                   | 11        | 46                  | 36.4                | 67.6                | 52                  |
|                                   | 12        | 46.2                | 36                  | 66.6                | 52.8                |
|                                   | 13        | 45.2                | 36                  | 66.8                | 52.4                |
|                                   | 14        | 46.6                | 34.6                | 66.6                | 53.6                |
|                                   | 15        | 46                  | 35                  | 67.6                | 52.2                |
|                                   | ORTALAMA  | 46.29               | 36                  | 66.85               | 53.12               |

**EK-4 L<sub>1</sub> ve L<sub>2</sub> boruda debi kayıp katsayısı****Tablo D**

L<sub>1</sub> ve L<sub>2</sub> boru akışında akış şartlandırıcılı plakalardaki %20 ve %50 açık vana konumunda debi kayıp katsayısı değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

(Tablo D<sub>1</sub>- D<sub>9</sub> arası tablolar)

**Tablo D<sub>1</sub>**

| Tam gelişmiş boru akışında orifis plakalarda debi kayıp katsayısı |               |               |                             |                        |                        |                                        |       |                  |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------|-------|------------------|
| Orifis plaka                                                      | Beta<br>(d/D) | Debi<br>(L/h) | Debi<br>(m <sup>3</sup> /s) | h <sub>1</sub><br>(cm) | h <sub>2</sub><br>(cm) | h <sub>1</sub> -h <sub>2</sub><br>(cm) | Cd    | Sıcaklık<br>(°C) |
| d=18 mm                                                           | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 51.92                  | 37.05                  | 0.14                                   | 0.634 | T=35 C           |
|                                                                   | 0.346         | 1500          | 0.000416                    | 57.88                  | 24.8                   | 0.33                                   | 0.637 |                  |
|                                                                   | 0.346         | 2000          | 0.000555                    | 98.72                  | 40.15                  | 0.58                                   | 0.639 |                  |
| d=25 mm                                                           | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 30.87                  | 27.23                  | 0.03                                   | 0.652 | T=37 C           |
|                                                                   | 0.480         | 1500          | 0.000416                    | 59.55                  | 51.55                  | 0.08                                   | 0.660 |                  |
|                                                                   | 0.480         | 2000          | 0.000555                    | 62.19                  | 47.89                  | 0.14                                   | 0.658 |                  |

**Tablo D<sub>2</sub>**

| (L <sub>1</sub> =10.5 cm) %20 açık vana |               |               |                             |                        |                        |                                         |       |                 |             |
|-----------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------|-------|-----------------|-------------|
| Şartlandırıcı                           | Beta<br>(d/D) | Debi<br>(L/h) | debi<br>(m <sup>3</sup> /s) | h <sub>1</sub><br>(cm) | h <sub>2</sub><br>(cm) | h <sub>1</sub> - h <sub>2</sub><br>(cm) | Cd    | Cd,<br>standart | Hata<br>(%) |
| 1x6x12                                  | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 54.45                  | 39.93                  | 0.14                                    | 0.642 | 0.634           | 1.198       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 81.09                  | 49.52                  | 0.31                                    | 0.653 | 0.638           | 2.384       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 94.28                  | 39.09                  | 0.55                                    | 0.659 | 0.639           | 3.017       |
| 1x7<br>(GO=0.25)                        | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 33.99                  | 19.51                  | 0.14                                    | 0.643 | 0.634           | 1.338       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 54.63                  | 23.09                  | 0.31                                    | 0.653 | 0.638           | 2.433       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 80.05                  | 24.91                  | 0.55                                    | 0.659 | 0.639           | 3.063       |
| 1x7 pahlı                               | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 54.95                  | 40.19                  | 0.14                                    | 0.637 | 0.634           | 0.372       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 68.61                  | 37.97                  | 0.30                                    | 0.663 | 0.638           | 3.926       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 80.41                  | 27.28                  | 0.53                                    | 0.671 | 0.639           | 4.995       |
| 1x7 (15° pahlı)                         | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 55.52                  | 41.75                  | 0.13                                    | 0.659 | 0.634           | 3.917       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 51.41                  | 20.29                  | 0.31                                    | 0.658 | 0.638           | 3.122       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 85.68                  | 31.84                  | 0.53                                    | 0.667 | 0.639           | 4.300       |
| 1x7 (30° pahlı)                         | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 49.07                  | 34.4                   | 0.14                                    | 0.639 | 0.634           | 0.679       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 68.24                  | 37.2                   | 0.31                                    | 0.659 | 0.638           | 3.255       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 88                     | 33.85                  | 0.54                                    | 0.665 | 0.639           | 4.001       |
| 1x7 (45° pahlı)                         | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 46.09                  | 32.17                  | 0.13                                    | 0.656 | 0.634           | 3.356       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 52.79                  | 21.8                   | 0.31                                    | 0.659 | 0.638           | 3.338       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 85.56                  | 28.23                  | 0.57                                    | 0.646 | 0.639           | 1.076       |
| 1x7 (55° pahlı)                         | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 30.97                  | 16.04                  | 0.14                                    | 0.633 | 0.634           | 0.201       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 65.25                  | 33.05                  | 0.32                                    | 0.647 | 0.638           | 1.378       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 91.04                  | 33.8                   | 0.57                                    | 0.647 | 0.639           | 1.155       |
| Şartlandırıcısız                        | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 47.75                  | 34                     | 0.13                                    | 0.660 | 0.634           | 3.993       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 80.24                  | 51.44                  | 0.28                                    | 0.684 | 0.638           | 7.195       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 87.2                   | 36.15                  | 0.51                                    | 0.685 | 0.639           | 7.112       |

Tablo D<sub>3</sub>

| (L <sub>1</sub> =10.5 cm) %50 açık vana |               |               |                             |                        |                        |                                        |       |                 |             |
|-----------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------|-------|-----------------|-------------|
| Şartlandırıcı                           | Beta<br>(d/D) | Debi<br>(L/h) | Debi<br>(m <sup>3</sup> /s) | h <sub>1</sub><br>(cm) | h <sub>2</sub><br>(cm) | h <sub>1</sub> -h <sub>2</sub><br>(cm) | Cd    | Cd.<br>standart | Hata<br>(%) |
| 1x6x12                                  | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 54.85                  | 39.93                  | 0.1492                                 | 0.633 | 0.634           | 0.168       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 65.67                  | 32.68                  | 0.3299                                 | 0.639 | 0.638           | 0.156       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 85.27                  | 26.21                  | 0.5906                                 | 0.637 | 0.639           | 0.416       |
| 1x7<br>(GO=0.25)                        | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 46.21                  | 31.4                   | 0.1481                                 | 0.336 | 0.634           | 0.202       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 67.29                  | 35.16                  | 0.3213                                 | 0.647 | 0.638           | 1.488       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 82.17                  | 25.51                  | 0.5666                                 | 0.650 | 0.639           | 1.672       |
| 1x7 pahlısız                            | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 49.64                  | 35.35                  | 0.1429                                 | 0.647 | 0.634           | 2.009       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 55.23                  | 24.15                  | 0.3108                                 | 0.658 | 0.638           | 3.188       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 77.39                  | 23.13                  | 0.5426                                 | 0.664 | 0.639           | 3.896       |
| 1x7 (15 <sup>0</sup> pahlı)             | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 51.15                  | 36.44                  | 0.1471                                 | 0.638 | 0.634           | 0.542       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 56.79                  | 24.32                  | 0.3247                                 | 0.644 | 0.638           | 0.955       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 85.01                  | 28.61                  | 0.564                                  | 0.651 | 0.639           | 1.906       |
| 1x7(30 <sup>0</sup> pahlı)              | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 50.39                  | 36.15                  | 0.1424                                 | 0.648 | 0.634           | 2.188       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 49.56                  | 19.05                  | 0.3051                                 | 0.664 | 0.638           | 4.148       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 85.07                  | 31.61                  | 0.5346                                 | 0.669 | 0.639           | 4.670       |
| 1x7(45 <sup>0</sup> pahlı)              | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 47.81                  | 33.71                  | 0.141                                  | 0.651 | 0.634           | 2.694       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 70.32                  | 40.05                  | 0.3027                                 | 0.667 | 0.638           | 4.560       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 85.99                  | 32.31                  | 0.5294                                 | 0.668 | 0.639           | 4.456       |
| 1x7(55 <sup>0</sup> pahlı)              | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 39.56                  | 25.05                  | 0.1451                                 | 0.642 | 0.634           | 1.233       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 69.23                  | 38.43                  | 0.308                                  | 0.661 | 0.638           | 3.656       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 89.12                  | 35.81                  | 0.5331                                 | 0.670 | 0.639           | 4.817       |
| Şartlandırıcısız                        | 0.346         | 1000          | 0.000277                    | 50.29                  | 35.63                  | 0.1466                                 | 0.639 | 0.634           | 0.714       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 67.56                  | 36.77                  | 0.3079                                 | 0.661 | 0.638           | 3.673       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 87.43                  | 31.79                  | 0.5564                                 | 0.656 | 0.639           | 2.599       |

**Tablo D<sub>4</sub>**

| <b>(L<sub>2</sub>=16.5 cm) %20 açık vana</b> |                  |                       |                                   |                           |                           |                                             |           |                    |                     |
|----------------------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| <b>Şartlandırıcı</b>                         | <b>Beta(d/D)</b> | <b>debi<br/>(L/h)</b> | <b>debi<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>h<sub>1</sub> (cm)</b> | <b>h<sub>2</sub> (cm)</b> | <b>h<sub>1</sub>-h<sub>2</sub><br/>(cm)</b> | <b>Cd</b> | <b>Cd.standart</b> | <b>Hata<br/>(%)</b> |
| <b>1x6x12</b>                                | 0.346            | 1000                  | 0.000277                          | 48.973                    | 34.63                     | 0.143                                       | 0.646     | 0.634              | 1.819               |
|                                              |                  | 500                   | 0.000416                          | 69.373                    | 37.650                    | 0.317                                       | 0.652     | 0.638              | 2.136               |
|                                              |                  | 2000                  | 0.000555                          | 84.547                    | 30.360                    | 0.542                                       | 0.665     | 0.639              | 3.966               |
| <b>1x7(GO=0.25)</b>                          | 0.346            | 1000                  | 0.000277                          | 46.360                    | 31.533                    | 0.148                                       | 0.635     | 0.634              | 0.146               |
|                                              |                  | 1500                  | 0.000416                          | 70.60                     | 37.653                    | 0.329                                       | 0.639     | 0.638              | 0.222               |
|                                              |                  | 2000                  | 0.000555                          | 88.587                    | 30.307                    | 0.583                                       | 0.641     | 0.639              | 0.248               |
| <b>1x7 pahsız</b>                            | 0.346            | 1000                  | 0.000277                          | 36.227                    | 21.267                    | 0.150                                       | 0.632     | 0.634              | 0.301               |
|                                              |                  | 1500                  | 0.000416                          | 62.520                    | 30.680                    | 0.318                                       | 0.650     | 0.638              | 1.949               |
|                                              |                  | 2000                  | 0.000555                          | 76560                     | 21.200                    | 0.554                                       | 0.671     | 0.639              | 2.858               |
| <b>1x7(15° pahlı)</b>                        | 0.346            | 1000                  | 0.000277                          | 58.71                     | 43.67                     | 0.150                                       | 0.631     | 0.634              | 0.567               |
|                                              |                  | 1500                  | 0.000416                          | 86.467                    | 53.747                    | 0.327                                       | 0.642     | 0.638              | 0.569               |
|                                              |                  | 2000                  | 0.000555                          | 86.067                    | 28.480                    | 0.576                                       | 0.645     | 0.639              | 0.850               |
| <b>1x7(30° pahlı)</b>                        | 0.346            | 1000                  | 0.000277                          | 51.240                    | 36.547                    | 0.147                                       | 0.638     | 0.634              | 0.599               |
|                                              |                  | 1500                  | 0.000416                          | 71.720                    | 39.067                    | 0.327                                       | 0.642     | 0.638              | 0.671               |
|                                              |                  | 2000                  | 0.000555                          | 89.253                    | 31.827                    | 0.574                                       | 0.646     | 0.639              | 0.991               |
| <b>1x7(45° pahlı)</b>                        | 0.346            | 1000                  | 0.000277                          | 54.500                    | 39.733                    | 0.148                                       | 0.637     | 0.634              | 0.349               |
|                                              |                  | 1500                  | 0.000416                          | 69.987                    | 37.13                     | 0.329                                       | 0.640     | 0.638              | 0.360               |
|                                              |                  | 2000                  | 0.000555                          | 84.947                    | 26.813                    | 0.581                                       | 0.642     | 0.639              | 0.375               |
| <b>1x7 (55° pahlı)</b>                       | 0.346            | 1000                  | 0.000277                          | 54.933                    | 40.440                    | 0.145                                       | 0.643     | 0.634              | 1.291               |
|                                              |                  | 1500                  | 0.000416                          | 69.867                    | 38.600                    | 0.313                                       | 0.656     | 0.638              | 2.880               |
|                                              |                  | 2000                  | 0.000555                          | 85.760                    | 30.467                    | 0.553                                       | 0.658     | 0.639              | 2.920               |
| <b>Şartlandırıcısız</b>                      | 0.346            | 1000                  | 0.000277                          | 46.307                    | 32.600                    | 0.137                                       | 0.661     | 0.634              | 4.157               |
|                                              |                  | 1500                  | 0.000416                          | 64.480                    | 34.760                    | 0.297                                       | 0.673     | 0.638              | 5.523               |
|                                              |                  | 2000                  | 0.000555                          | 90.160                    | 38.480                    | 0.517                                       | 0.681     | 0.639              | 6.458               |

Tablo D<sub>5</sub>

| (L <sub>2</sub> =16.5 cm) %50 açık vana |            |            |                          |                     |                     |                                     |       |              |          |
|-----------------------------------------|------------|------------|--------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|-------|--------------|----------|
| Şartlandırıcı                           | Beta (d/D) | Debi (L/h) | Debi (m <sup>3</sup> /s) | h <sub>1</sub> (cm) | h <sub>2</sub> (cm) | h <sub>1</sub> -h <sub>2</sub> (cm) | Cd    | Cd. standart | Hata (%) |
| 1x6x12                                  | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 51.067              | 36.230              | 0.148                               | 0.635 | 0.634        | 0.112    |
|                                         |            | 1500       | 0.000416                 | 69.307              | 35.97               | 0.333                               | 0.636 | 0.638        | 0.366    |
|                                         |            | 2000       | 0.000555                 | 84.800              | 26.267              | 0.585                               | 0.640 | 0.639        | 0.031    |
| 1x7 (GO=0.25)                           | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 46.480              | 32.00               | 0.145                               | 0.643 | 0.634        | 1.338    |
|                                         |            | 1500       | 0.000416                 | 71.31               | 39.200              | 0.321                               | 0.648 | 0.638        | 1.520    |
|                                         |            | 2000       | 0.000555                 | 85.867              | 29.187              | 0.567                               | 0.650 | 0.639        | 1.654    |
| 1x7 pahlı                               | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 37.960              | 22.95               | 0.150                               | 0.631 | 0.634        | 0.467    |
|                                         |            | 1500       | 0.000416                 | 69.147              | 36.48               | 0.327                               | 0.642 | 0.638        | 0.651    |
|                                         |            | 2000       | 0.000555                 | 88.653              | 29.29               | 0.594                               | 0.635 | 0.639        | 0.670    |
| 1x7(15° pahlı)                          | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 55.83               | 40.920              | 0.149                               | 0.634 | 0.634        | 0.134    |
|                                         |            | 1500       | 0.000416                 | 69.147              | 35.840              | 0.333                               | 0.636 | 0.638        | 0.321    |
|                                         |            | 2000       | 0.000555                 | 87.650              | 27.947              | 0.597                               | 0.663 | 0.639        | 0.954    |
| 1x7(30° pahlı)                          | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 50.013              | 34.04               | 0.150                               | 0.632 | 0.634        | 0.346    |
|                                         |            | 1500       | 0.000416                 | 72.387              | 39.59               | 0.328                               | 0.641 | 0.638        | 0.451    |
|                                         |            | 2000       | 0.000555                 | 90.813              | 33.200              | 0.576                               | 0.645 | 0.639        | 0.827    |
| 1x7(45° pahlı)                          | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 51.173              | 36.347              | 0.148                               | 0.635 | 0.634        | 0.146    |
|                                         |            | 1500       | 0.000416                 | 48.000              | 15.31               | 0.327                               | 0.642 | 0.638        | 0.620    |
|                                         |            | 2000       | 0.000555                 | 88.810              | 31.44               | 0.574                               | 0.646 | 0.639        | 1.040    |
| 1x7(55° pahlı)                          | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 69.347              | 54.827              | 0.145                               | 0.642 | 0.634        | 1.198    |
|                                         |            | 1500       | 0.000416                 | 71.75               | 40.080              | 0.313                               | 0.656 | 0.638        | 2.902    |
|                                         |            | 2000       | 0.000555                 | 88.413              | 32.387              | 0.560                               | 0.654 | 0.639        | 2.245    |
| Şartlandırıcısız                        | 0.346      | 1000       | 0.000277                 | 52.09               | 36.907              | 0.152                               | 0.628 | 0.634        | 1.037    |
|                                         |            | 1500       | 0.000416                 | 68.853              | 36.480              | 0.324                               | 0.645 | 0.638        | 1.106    |
|                                         |            | 2000       | 0.000555                 | 91.213              | 31.350              | 0.599                               | 0.632 | 0.639        | 1.086    |

Tablo D<sub>6</sub>

| (L <sub>1</sub> =10.5 cm) %20 açık vana |               |               |                             |                        |                        |                                        |       |                |             |
|-----------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------|-------|----------------|-------------|
| Şartlandırıcı                           | Beta<br>(d/D) | Debi<br>(L/h) | Debi<br>(m <sup>3</sup> /s) | h <sub>1</sub><br>(cm) | h <sub>2</sub><br>(cm) | h <sub>1</sub> -h <sub>2</sub><br>(cm) | Cd    | Cd<br>Standart | Hata<br>(%) |
| 1x6x12                                  | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 39.99                  | 36.2                   | 0.03                                   | 0.640 | 0.653          | 0.653       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 59.99                  | 52.32                  | 0.07                                   | 0.675 | 0.660          | 2.147       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 86.99                  | 73.45                  | 0.13                                   | 0.677 | 0.659          | 2.787       |
| 1x7(GO=0.25)                            | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 33.63                  | 30                     | 0.03                                   | 0.654 | 0.653          | 0.156       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 59                     | 50.96                  | 0.08                                   | 0.659 | 0.660          | 0.231       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 76.63                  | 62.28                  | 0.14                                   | 0.658 | 0.659          | 0.156       |
| 1x7 pahlısız                            | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 39.36                  | 36.17                  | 0.03                                   | 0.697 | 0.653          | 6.840       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 57.35                  | 50.36                  | 0.06                                   | 0.707 | 0.660          | 7.000       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 53.24                  | 41.67                  | 0.11                                   | 0.732 | 0.659          | 11.194      |
| 1x7(15° pahlı)                          | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 37.13                  | 34.05                  | 0.03                                   | 0.710 | 0.653          | 8.731       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 35.84                  | 29.28                  | 0.06                                   | 0.729 | 0.660          | 10.451      |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 89.64                  | 78.43                  | 0.11                                   | 0.744 | 0.659          | 12.965      |
| 1x7(30° pahlı)                          | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 51.56                  | 48.19                  | 0.03                                   | 0.678 | 0.653          | 3.947       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 80.47                  | 73.09                  | 0.07                                   | 0.688 | 0.660          | 4.135       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 50.24                  | 37.71                  | 0.12                                   | 0.704 | 0.659          | 6.849       |
| 1x7(45° pahlı)                          | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 54.97                  | 51.53                  | 0.03                                   | 0.671 | 0.653          | 2.884       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 55.91                  | 46.69                  | 0.09                                   | 0.615 | 0.660          | 6.834       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 52.36                  | 39.87                  | 0.12                                   | 0.705 | 0.659          | 7.020       |
| 1x7 (55° pahlı)                         | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 54                     | 50.39                  | 0.03                                   | 0.655 | 0.653          | 0.433       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 60.08                  | 52.17                  | 0.07                                   | 0.664 | 0.660          | 0.585       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 50.73                  | 36.32                  | 0.14                                   | 0.656 | 0.659          | 0.364       |
| Şartlandırıcısız                        | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 29.19                  | 26.11                  | 0.03                                   | 0.710 | 0.653          | 8.731       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 32.09                  | 25.64                  | 0.06                                   | 0.736 | 0.660          | 11.389      |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 59.97                  | 49.05                  | 0.10                                   | 0.754 | 0.659          | 14.455      |

Tablo D7

| (L <sub>1</sub> =10.5 cm) %50 açık vana |                             |               |                             |                        |                        |                                         |                |                              |             |
|-----------------------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------|----------------|------------------------------|-------------|
| Şartlandırıcı                           | Beta Oranı<br>$\beta = d/D$ | Debi<br>(L/h) | debi<br>(m <sup>3</sup> /s) | h <sub>1</sub><br>(cm) | h <sub>2</sub><br>(cm) | h <sub>1</sub> - h <sub>2</sub><br>(cm) | C <sub>d</sub> | C <sub>d</sub> ,<br>standart | Hata<br>(%) |
| 1x6x12                                  | 0.480                       | 1000          | 0.000277                    | 39.01                  | 35.39                  | 0.03                                    | 0.654          | 0.653                        | 0.276       |
|                                         |                             | 1500          | 0.000416                    | 59.73                  | 51.76                  | 0.07                                    | 0.680          | 0.660                        | 0.188       |
|                                         |                             | 2000          | 0.000555                    | 72.51                  | 58.15                  | 0.14                                    | 0.675          | 0.659                        | 0.209       |
| 1x7<br>(GO=0.25)                        | 0.480                       | 1000          | 0.000277                    | 26.63                  | 23                     | 0.03                                    | 0.654          | 0.653                        | 0.138       |
|                                         |                             | 1500          | 0.000416                    | 55.25                  | 47.29                  | 0.07                                    | 0.662          | 0.660                        | 0.251       |
|                                         |                             | 2000          | 0.000555                    | 72.28                  | 57.92                  | 0.14                                    | 0.675          | 0.659                        | 0.209       |
| 1x7 pahlı                               | 0.480                       | 1000          | 0.000277                    | 41.11                  | 36.77                  | 0.04                                    | 0.649          | 0.653                        | 8.419       |
|                                         |                             | 1500          | 0.000416                    | 53.57                  | 47.36                  | 0.06                                    | 0.770          | 0.660                        | 13.501      |
|                                         |                             | 2000          | 0.000555                    | 66.97                  | 55.83                  | 0.11                                    | 0.274          | 0.659                        | 13.299      |
| 1x7(15° pahlı)                          | 0.480                       | 1000          | 0.000277                    | 32.21                  | 29.09                  | 0.03                                    | 0.705          | 0.653                        | 8.012       |
|                                         |                             | 1500          | 0.000416                    | 55.52                  | 48.68                  | 0.06                                    | 0.714          | 0.660                        | 8.148       |
|                                         |                             | 2000          | 0.000555                    | 49.64                  | 37.59                  | 0.12                                    | 0.737          | 0.659                        | 8.937       |
| 1x7(30° pahlı)                          | 0.480                       | 1000          | 0.000277                    | 54.33                  | 51.03                  | 0.03                                    | 0.685          | 0.653                        | 5.025       |
|                                         |                             | 1500          | 0.000416                    | 69.55                  | 62.37                  | 0.07                                    | 0.716          | 0.660                        | 5.556       |
|                                         |                             | 2000          | 0.000555                    | 76.99                  | 64.28                  | 0.12                                    | 0.718          | 0.659                        | 6.071       |
| 1x7(45° pahlı)                          | 0.480                       | 1000          | 0.000277                    | 77.81                  | 74.4                   | 0.03                                    | 0.674          | 0.653                        | 3.317       |
|                                         |                             | 1500          | 0.000416                    | 46.97                  | 39.51                  | 0.07                                    | 0.684          | 0.660                        | 3.556       |
|                                         |                             | 2000          | 0.000555                    | 48.24                  | 35.11                  | 0.13                                    | 0.706          | 0.659                        | 4.360       |
| 1x7(55° pahlı)                          | 0.480                       | 1000          | 0.000277                    | 55.36                  | 52.08                  | 0.03                                    | 0.688          | 0.653                        | 5.345       |
|                                         |                             | 1500          | 0.000416                    | 51.57                  | 44.65                  | 0.69                                    | 0.710          | 0.660                        | 7.521       |
|                                         |                             | 2000          | 0.000555                    | 58.99                  | 46.69                  | 0.12                                    | 0.710          | 0.659                        | 7.824       |
| Şartlandırıcısız                        | 0.480                       | 1000          | 0.000277                    | 34.4                   | 31.01                  | 0.03                                    | 0.676          | 0.653                        | 3.622       |
|                                         |                             | 1500          | 0.000416                    | 58                     | 50.68                  | 0.07                                    | 0.690          | 0.660                        | 4.542       |
|                                         |                             | 2000          | 0.000555                    | 88.89                  | 75.91                  | 0.12                                    | 0.710          | 0.659                        | 4.962       |

**Tablo D<sub>8</sub>**

| <b>(L<sub>2</sub>=16.5 cm) %20 açık vana</b> |                       |                       |                                   |                               |                               |                                              |           |                    |                     |
|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| <b>Şartlandırıcı</b>                         | <b>Beta<br/>(d/D)</b> | <b>Debi<br/>(L/h)</b> | <b>debi<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>h<sub>1</sub><br/>(cm)</b> | <b>h<sub>2</sub><br/>(cm)</b> | <b>h<sub>1</sub>- h<sub>2</sub><br/>(cm)</b> | <b>Cd</b> | <b>Cd.standart</b> | <b>Hata<br/>(%)</b> |
| <b>1x6x12</b>                                | 0.480                 | 1000                  | 0.000277                          | 36.99                         | 33.21                         | 0.0378                                       | 0.640     | 0.653              | 1.869               |
|                                              |                       | 1500                  | 0.000416                          | 58.32                         | 50.69                         | 0.0763                                       | 0.676     | 0.660              | 2.396               |
|                                              |                       | 2000                  | 0.000555                          | 75.08                         | 62.03                         | 0.1305                                       | 0.689     | 0.659              | 4.680               |
| <b>1x7<br/>(GO=0.25)</b>                     | 0.480                 | 1000                  | 0.000277                          | 38.79                         | 35.48                         | 0.0331                                       | 0.684     | 0.653              | 4.866               |
|                                              |                       | 1500                  | 0.000416                          | 71.15                         | 64.28                         | 0.0687                                       | 0.713     | 0.660              | 7.911               |
|                                              |                       | 2000                  | 0.000555                          | 64.67                         | 52.72                         | 0.1195                                       | 0.720     | 0.659              | 9.392               |
| <b>1x7 pahlızsız</b>                         | 0.480                 | 1000                  | 0.000277                          | 55.07                         | 51.39                         | 0.0368                                       | 0.649     | 0.653              | 0.545               |
|                                              |                       | 1500                  | 0.000416                          | 73.33                         | 65.19                         | 0.0814                                       | 0.655     | 0.660              | 0.864               |
|                                              |                       | 2000                  | 0.000555                          | 59.52                         | 45.28                         | 0.1424                                       | 0.660     | 0.659              | 0.210               |
| <b>1x7(15° pahlı)</b>                        | 0.480                 | 1000                  | 0.000277                          | 45.29                         | 41.63                         | 0.0366                                       | 0.651     | 0.653              | 0.274               |
|                                              |                       | 1500                  | 0.000416                          | 48.84                         | 40.96                         | 0.0788                                       | 0.665     | 0.660              | 0.759               |
|                                              |                       | 2000                  | 0.000555                          | 69.03                         | 55.57                         | 0.1346                                       | 0.679     | 0.659              | 3.073               |
| <b>1x7 (30° pahlı)</b>                       | 0.480                 | 1000                  | 0.000277                          | 34.48                         | 30.95                         | 0.0353                                       | 0.663     | 0.653              | 1.546               |
|                                              |                       | 1500                  | 0.000416                          | 48.71                         | 41.16                         | 0.0755                                       | 0.680     | 0.660              | 2.937               |
|                                              |                       | 2000                  | 0.000555                          | 51.11                         | 38.03                         | 0.1308                                       | 0.689     | 0.659              | 4.560               |
| <b>1x7 (45° pahlı)</b>                       | 0.480                 | 1000                  | 0.000277                          | 38.13                         | 34.52                         | 0.0361                                       | 0.655     | 0.653              | 0.415               |
|                                              |                       | 1500                  | 0.000416                          | 52.46                         | 44.73                         | 0.0773                                       | 0.672     | 0.660              | 1.731               |
|                                              |                       | 2000                  | 0.000555                          | 73.27                         | 60.11                         | 0.1316                                       | 0.686     | 0.659              | 4.241               |
| <b>1x7 (55° pahlı)</b>                       | 0.480                 | 1000                  | 0.000277                          | 38.77                         | 35.09                         | 0.0368                                       | 0.649     | 0.653              | 0.545               |
|                                              |                       | 1500                  | 0.000416                          | 55.69                         | 48.07                         | 0.0762                                       | 0.677     | 0.660              | 2.463               |
|                                              |                       | 2000                  | 0.000555                          | 46.53                         | 33.64                         | 0.1289                                       | 0.694     | 0.659              | 5.327               |

Tablo D<sub>9</sub>

| (L <sub>2</sub> =16.5 cm) %50 açık vana |               |               |                             |                        |                        |                                         |       |                 |             |
|-----------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------|-------|-----------------|-------------|
| Şartlandırıcı                           | Beta<br>(d/D) | Debi<br>(L/h) | Debi<br>(m <sup>3</sup> /s) | h <sub>1</sub><br>(cm) | h <sub>2</sub><br>(cm) | h <sub>1</sub> - h <sub>2</sub><br>(cm) | Cd    | Cd.<br>standart | Hata<br>(%) |
| 1x6x12                                  | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 38.56                  | 34.89                  | 0.0367                                  | 0.650 | 0.653           | 0.410       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 74.09                  | 65.93                  | 0.0816                                  | 0.654 | 0.660           | 0.660       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 50.08                  | 35.43                  | 0.1465                                  | 0.651 | 0.659           | 1.202       |
| 1x7(GO=0.25)                            | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 41.24                  | 37.55                  | 0.0369                                  | 0.648 | 0.653           | 0.680       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 55.68                  | 47.43                  | 0.0825                                  | 0.650 | 0.660           | 1.527       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 45.76                  | 32.16                  | 0.136                                   | 0.675 | 0.659           | 2.541       |
| 1x7pahsız                               | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 35.72                  | 32.15                  | 0.0357                                  | 0.659 | 0.653           | 0.976       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 47.21                  | 39.04                  | 0.0817                                  | 0.653 | 0.660           | 1.046       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 49.96                  | 35.97                  | 0.1399                                  | 0.666 | 0.659           | 1.102       |
| 1x7 (15° pahlı)                         | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 45.32                  | 41.69                  | 0.036                                   | 0.654 | 0.653           | 0.138       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 45.72                  | 37.71                  | 0.0801                                  | 0.660 | 0.660           | 0.062       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 65.97                  | 51.57                  | 0.144                                   | 0.656 | 0.659           | 0.348       |
| 1x7(30° pahlı)                          | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 36.73                  | 33.11                  | 0.0362                                  | 0.654 | 0.653           | 0.276       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 65.48                  | 57.43                  | 0.0805                                  | 0.658 | 0.660           | 0.311       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 78.99                  | 65.03                  | 0.1396                                  | 0.667 | 0.659           | 1.210       |
| 1x7(45° pahlı)                          | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 40.56                  | 36.91                  | 0.0365                                  | 0.652 | 0.653           | 0.137       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 47.72                  | 39.92                  | 0.0780                                  | 0.669 | 0.660           | 1.274       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 47.91                  | 34.51                  | 0.134                                   | 0.680 | 0.659           | 3.304       |
| 1x7(55° pahlı)                          | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 35.35                  | 31.96                  | 0.0339                                  | 0.676 | 0.653           | 3.622       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 54.95                  | 47.75                  | 0.072                                   | 0.696 | 0.660           | 5.409       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 49.87                  | 37.16                  | 0.1271                                  | 0.699 | 0.659           | 6.071       |
| Şartlandırıcısız                        | 0.480         | 1000          | 0.000277                    | 56.93                  | 53.21                  | 0.0372                                  | 0.646 | 0.653           | 1.081       |
|                                         |               | 1500          | 0.000416                    | 50.53                  | 42.71                  | 0.0782                                  | 0.668 | 0.660           | 1.144       |
|                                         |               | 2000          | 0.000555                    | 66.85                  | 53.12                  | 0.1373                                  | 0.672 | 0.65            | 2.055       |

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı soyadı :Ramazan ÇİFTÇİ  
Uyruğu :T.C

### EĞİTİM

| Derece Adı    | İl     | Okul                          | Fakülte/Yüksekokul                                           | Bitirme Yılı |
|---------------|--------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|
| Lise          | Batman | Batman Endüstri Meslek Lisesi |                                                              | 1997         |
| Üniversite    | Elazığ | Fırat Üniversitesi            | Teknik Eğitim Fakültesi /Otomotiv Öğretmenliği               | 2002         |
| Yüksek Lisans | Batman | Batman Üniversitesi           | Fen Bilimleri Enstitüsü/Otomotiv Mühendisliği Ana Bilim Dalı | -            |

### İŞ DENEYİMLERİ

| Yıl       | Kurum                                                        | Görev                                 |
|-----------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 2010-2012 | İstanbul/Üsküdar Haydarpaşa Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi | Motorlu Araçlar Teknolojisi Öğretmeni |
| 2012-2013 | İstanbul/Şişli Şişli Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi        | Motorlu Araçlar Teknolojisi Öğretmeni |
| 2013-2017 | Diyarbakır/Silvan Silvan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi    | Motorlu Araçlar Teknolojisi Öğretmeni |
| 2017-2018 | Diyarbakır/Silvan Silvan Mesleki Eğitim Merkezi              | Motorlu Araçlar Teknolojisi Öğretmeni |
| 2018-2018 | Siirt/Merkez Atlas Jet Mesleki Eğitim Merkezi                | Motorlu Araçlar Teknolojisi Öğretmeni |
| 2018-     | Batman/Merkez Batman Mesleki Eğitim Merkezi                  | Motorlu Araçlar Teknolojisi Öğretmeni |

### UZMANLIK ALANI

Motorlu Araçlar Teknolojisi öğretmeni

### YABANCI DİLLER

İngilizce