



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

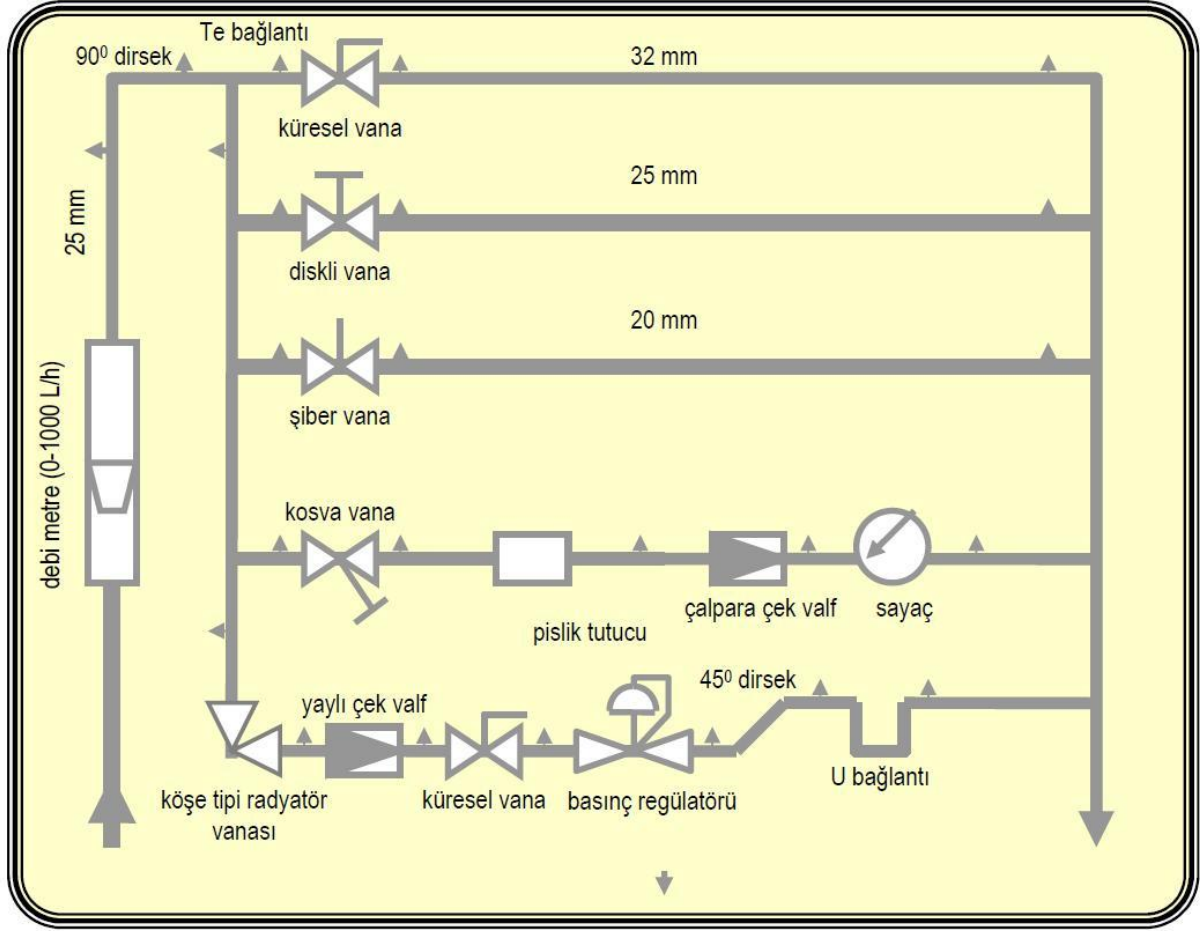
MEKATRONİK LABORATUVARI – I

BASINÇ KAYIPLARI DENEYİ

**DENEY SORUMLUSU
Arş. Gör. Mustafa Yusuf YILDIRIM**

**ŞUBAT 2023
KAYSERİ**

T-420 BASINÇ KAYIPLARI EĞİTİM SETİ ŞEMASI



1. CİHAZIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

| | | |
|---|-------------------------|--------------|
| 1 | Pano boyutları | 1800x1200 mm |
| 2 | Pano malzemesi | Polyester |
| 3 | Deneysel Ölçüm Sayısı | 15 |
| 4 | Debi ölçüm aralığı | 0-1000 L/h |
| 5 | Boru malzemesi ve çapı | PPRC-25 mm |
| 6 | 20 mm PPRC boru iç çapı | 12.5 mm |
| 7 | 25 mm PPRC boru iç çapı | 16 mm |
| 8 | 32 mm PPRC boru iç çapı | 20 mm |

2. BAĞLANTI TALİMATNAMESİ

1. Cihaz girişini hortum yardımıyla hortum rakorlu ve vanalı bir tesisat çıkışına kelepçe ile bağlayın.
2. Cihaz çıkışını uygun spiral hortum ile drenaj hattına bağlayın.
3. Deneyler esnasında suyu kapatarak manometre giriş hortumlarını basınç kaybı ölçülecek olan cihazın giriş ve çıkışındaki tapalara bağlayın.
4. Deneyden sonra cihaz içindeki suyu drenaj hattına tahliye edin.

3. BORU VE BAĞLANTI ELEMANLARINDA BASINÇ KAYIPLARI

3.1. Basınç Kayıplarının Nedenleri

Enerjinin korunumu prensibi gereğince bir borudaki veya kontrol hacmindeki ideal ve gerçek akışında enerji kayıplarının olmaması gerekir. İdeal bir sıvı akışı halinde enerji dönüşümleri sadece bunlar arasında oluşur:

1. Akış İşi (Basınç Yüksekliği)
2. Kinetik Enerji (Hız Yüksekliği)
3. Potansiyel Enerji (Potansiyel Yükseklik)

Bütün enerji formlarının (biçimlerinin) hepsi kullanışlı olup kullanışlı bir enerji çıkışına dönüştürülebilir veya sıvı akışında kullanılabilir (basınçlı tanklar içinde). Gerçek sıvılar olması durumunda, sıvı akışı durumunda moleküller arasında sürtünme oluşur. Bu sürtünme iki ana nedenden dolayı ortaya çıkmaktadır:

1. Akışın akıntı dışı doğası
2. Sıvı viskozitesi sonucu sıvı sürtünmesi

Moleküller arasında sıkıntı sonucu gerçek sıvılarda enerjinin dördüncü bir biçimi ortaya çıkar, sıvıların iç enerjisinin transfer olan bir enerji olarak isimlendirilir. Sonuç olarak bu enerji sonucu sıvı ısınır. Bu enerji transferi genellikle denetlenmediğinden “kayıp” olarak kabul edilir. Çünkü sıvıdaki sıcaklık artışı çok küçüktür ve hızla yüzeylerden dağılır. Örnek olarak 10 metrelik basınç kaybı su sıcaklığında sadece 0,023°C yükselmeye yol açar. Bu durum aşağıdaki işlemlerle görülebilir:

$$\text{Enerji: } mgH = m \cdot (9,81)(10) = 98,1m \text{ J}$$

$$\text{Sıcaklık Artışı: } mc_p\Delta T = m(4,19 \cdot 10^3)\Delta T = 4,19 \cdot 10^3 m\Delta T, \quad c_{p_{su}} = 4,19 \text{ kJ/kgK}$$

$$98,1m = 4,19 \cdot 10^3 m\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{98,1}{4,19 \cdot 10^3} = 0,023 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2. Basınç Kayıplarının En Aza İndirilmesi

Akış kayıpları faydalı enerjinin kaybı olduğundan, kayıpların en aza indirilmesi çok önemlidir. Buna rağmen borular, bağlantı elemanları ve tesisat üzerindeki akış kayıplarının en aza indirilmesi için oldukça büyük bir masraf yapılması kaçınılmaz olacaktır. İdeal alanı enerji kayıplarının düşürülmesi ve sıvı akış sisteminin fiyatının arttırılmasıdır. Maksat, birçok durumlarda (hatta büyük tesisatlarda bile) mühendislik tecrübelerine dayanan çok ekonomik sistem tasarım hesaplarına teşebbüs edilmez, geçmiş tecrübelerden yararlanarak pratik kurallardan yararlanır. Bununla birlikte en ekonomik olarak tasarlanan sistem tasarımına ödenecek harç bir miktar fazla olabilecek iken enerji maliyetinin artması kaçınılmazdır. Akış kayıpları şu yollarla azaltılabilir:

1. Akış hızını düşürün. Çünkü basma kayıpları katmanlı (laminer) akışta hıza eşit olarak değişirken türbülanslı akışta hızın karesiyle orantılı değişir. Akış hızı bir sistemde hız düşürülerek veya verilen bir debi için boru çapı büyütülerek düşürülür.
2. Sıvının viskozitesinin düşürülmesi. Bu genelde pratik bir uygulama değildir. Ancak fuel-oil gibi viskozitesi çok yüksek olan sıvılarda onları ısıtmak akışkanlıklarını arttırır. Diğer bütün durumlarda basınç kayıplarının düşürülmesi ısıtma masraflarından ucuza gelecektir.
3. Girdap ve türbülansların en aza indirilmesi. Bu, boru ve elemanlarında keskin köşelerden, ani kesit değişimlerinden pürüzlü iç yüzeylerden kaçınmak suretiyle dikkatli sistem tasarımıyla sağlanabilir. Buna rağmen, standart boru ve bağlantı elemanlarının kullanılması ekonomik olarsa bunları basınç kayıplarını en aza indirecek şekilde seçmek gerekir.

3.3. Borularda Basma Yüksekliği Kayıpları

Borularda basma yüksekliği kayıplarını hesaplamak için en kullanışlı formüllerden biri Formül (1)'de gösterilen Darcy-Weisbach denklemidir (Darcy eşitliği olarak da bilinir).

$$H_L = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} \quad (1)$$

Burada;

H_L = Basma Yüksekliği Kaybı (m)

L = Borunun Uzunluğu (m)

d = Borunun Çapı (m)

u = Akış hızı (m/s)

g = Yerçekimi İvmesi (m/s^2)

f = Sürtünme Faktörü

Örnek 1: Uzunluğu 1 km, çapı 100 mm olan borudan 20 L/s debide su geçmesi durumunda basma yüksekliği kaybını (H_L) ve basınç kaybını (P) hesaplayınız. Sürtünme faktörü 0,02 kabul edilecektir. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) ($\rho_{su} = 1000 \text{ kg/m}^3$)

Çözüm:

İlk olarak akış hızı, u hesaplanır:

$$u = \frac{V}{A} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{\pi \frac{0,1^2}{4}} = 2,55 \text{ m/s}$$

(1) numaralı formülden:

$$H_L = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} = (0,02) \cdot \frac{(1000)}{(0,1)} \cdot \frac{(2,55)^2}{(2)(9,81)} = 66,1 \text{ m}$$

Basma yüksekliği kaybı bir basınç kaybı olduğundan:

$$P = \rho_{su} g H_L = (1000)(9,81)(66,1) = 648 \text{ kPa}$$

Örnek 2: Örnek 1’de verilen boru için akış hızlarına karşı basma yüksekliği kayıplarını bir grafik halinde, akış hızı 0 ve 5 m/s aralığında 1 m/s’lik adımlarla çiziniz. Sürtünme kaybını sabit kabul ediniz.

Çözüm:

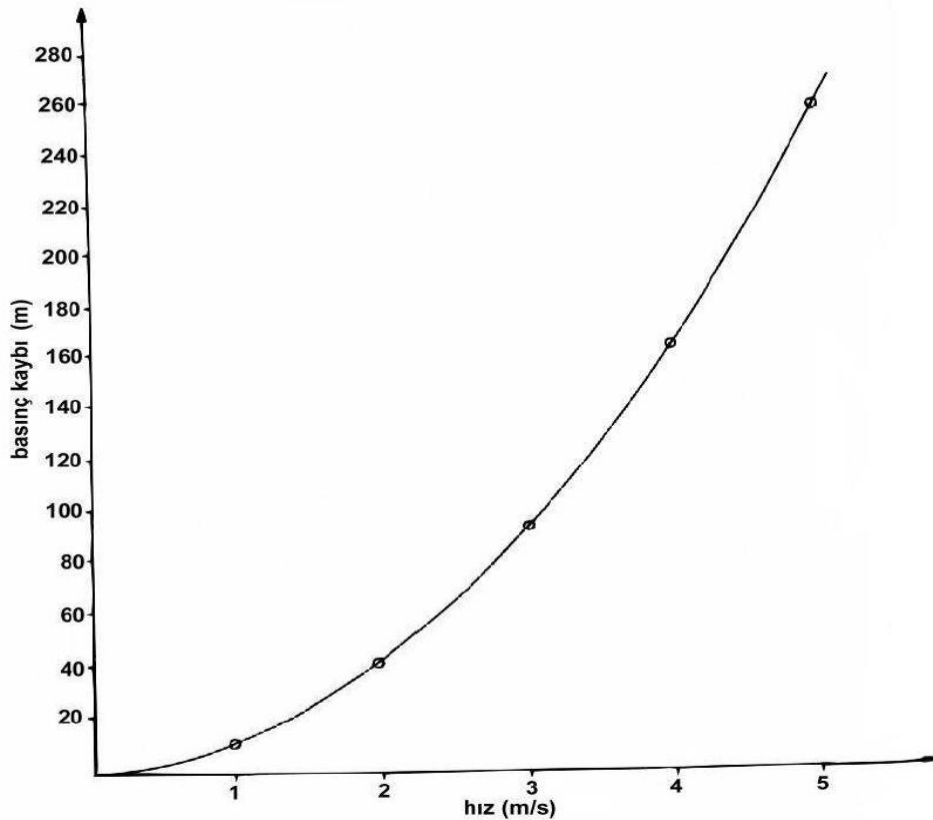
(1) numaralı formülden:

$$H_L = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} = (0,02) \cdot \frac{(1000)}{(0,1)} \cdot \frac{u^2}{(2)(9,81)} = 10,19 \cdot u^2 \text{ m}$$

Tablo 1. Örnek 2 için akış hızlarına göre basma yüksekliği kayıpları

| u (m/s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|---|------|------|------|-----|-----|
| H_L (m) | 0 | 10,2 | 40,8 | 91,7 | 163 | 255 |

Bu noktalar Şekil 1’de çizilmiştir. Bu elbette bir paraboldür, çünkü sürtünme kaybı sabit kabul edildiğinden, basma kayıpları hızın karesiyle değişir. Böylelikle uzun borularda yüksek akış hızlarından kaçınmak gerektiğini görmekteyiz ve küçük bir hız azalmasında (örnek olarak 5 m/s’den 4 m/s’ye azalmasında) basma kayıplarında çok önemli bir azalma olmaktadır (255 m’den 163 m’ye düşer).



Şekil 1. Örnek 2 için basma yüksekliği kaybı grafiği

3.3.1. Sürtünme Faktörünün Hesaplanması

Örnek 2’de sürtünme faktörü sabit kabul edilmişti. Pratikte buna rağmen sürtünme faktöründeki artış bilinmez ve akış hızları değiştiğinden dolayı sabit kabul edilemez. Sürtünme kaybının bulunması ile ilgili birçok kartlar ve diyagramlar bulunmaktadır. Fakat Şekil 2’de gösterilen Moody diyagramı çok geniş kullanıma sahiptir. Moody diyagramı aslında sürtünme faktörü (sol y ekseninde) ve Reynolds sayısının (x ekseninde) logaritmik ölçekte çizimidir. Sağ taraftaki y eksenini Formül (2)’de tanımlanan bağıl pürüzlülük değerini verir:

$$\text{Bağıl Pürüzlülük } (\varepsilon_R) = \frac{\text{mutlak pürüzlülük } (\varepsilon)}{\text{boru çapı } (d)} \quad (2)$$

Mutlak pürüzlülük yüzeydeki girinti çıkıntılarının ortalama yüksekliğidir ve borunun malzemesine ve üretim yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Tipik mutlak pürüzlülük değerleri Moody diyagramı içinde gösterilmiştir. Ekstrüzyonla üretilen (demir dışı) borular, cam ve plastik borular çok hassas yüzeye sahiptir ve tamamen sürtünmesiz olarak kabul edilebilir. En düşük sürtünme faktörü (verilen bir Reynolds sayısı ile) en aşağıdaki eğri “*pürüzsüz boruları*” göstermektedir. Reynolds sayısı Formül (3) ile hesaplanmaktadır.

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu} \quad (3)$$

Burada;

Re = Reynolds Sayısı (m)

u = Akış hızı (m/s)

d = Borunun Çapı (m)

ρ = Sıvının Yoğunluğu (kg/m^3)

μ = Sıvının Viskozitesi (Pa.s)

Reynolds sayısı 2000’in altında ise akış katmanlıdır (laminerdir). Katmanlı akışta sürtünme faktörü, pürüzlülükten bağımsız olarak sadece Reynolds sayısına bağlıdır. Bu, diyagramın sol tarafında aşağıya doğru düz bir çizgi olarak gösterilmiştir. Sadece katmanlı akış için Reynolds sayısı Formül (4)’te gösterilmektedir.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (4)$$

Bu değer Reynolds sayısı 2000 ile 4000 arasında olduğundan akış kararsız bir bölgededir ve diyagram kullanılamaz. Reynolds sayısı arttığında akış tedirgin (türbülanslı) olmaya baslar. Diyagramda sağa yatay olarak tamamen türbülanslı bölgeye gelindiğinde, sürtünme faktörü Reynolds sayısından bağımsız hale gelir. Bu bölge diyagramda kesikli çizgiler halinde ayrılmıştır. Sadece bu bölge için sürtünme faktörü hızın değişmesi ile değişmez ve basma kayıpları eğrisi doğru bir parabol olacaktır.

Örnek 3: Viskozitesi 0,06 Pa.s olan yağ ($BY = 0,9$), 120 mm çapında, 100 m uzunluğunda dökme demir bir boru içinden akmaktadır. Basma yüksekliği kaybını aşağıdaki hızlar için hesaplayınız. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) ($\rho_{su} = 1000 \text{ kg/m}^3$)

a) 1 m/s

b) 3 m/s

Çözüm:

Moody diyagramından dökme demir için $\varepsilon = 0,25 \text{ mm}$ ve (2) numaralı formülden:

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,25}{120} = 0,0021$$

$$\rho = BY \cdot \rho_{su} = (0,9)(1000) = 900 \text{ kg/m}^3$$

a) $u = 1 \text{ m/s}$ için (3) numaralı formülden:

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu} = \frac{(1)(0,12)(900)}{(0,06)} = 1800$$

Akış katmanlı olduğu için (4) numaralı formülden:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1800} = 0,0356$$

(1) numaralı formülden:

$$H_L = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} = (0,0356) \cdot \frac{(100)}{(0,12)} \cdot \frac{(1)^2}{(2)(9,81)} = 1,51 \text{ m}$$

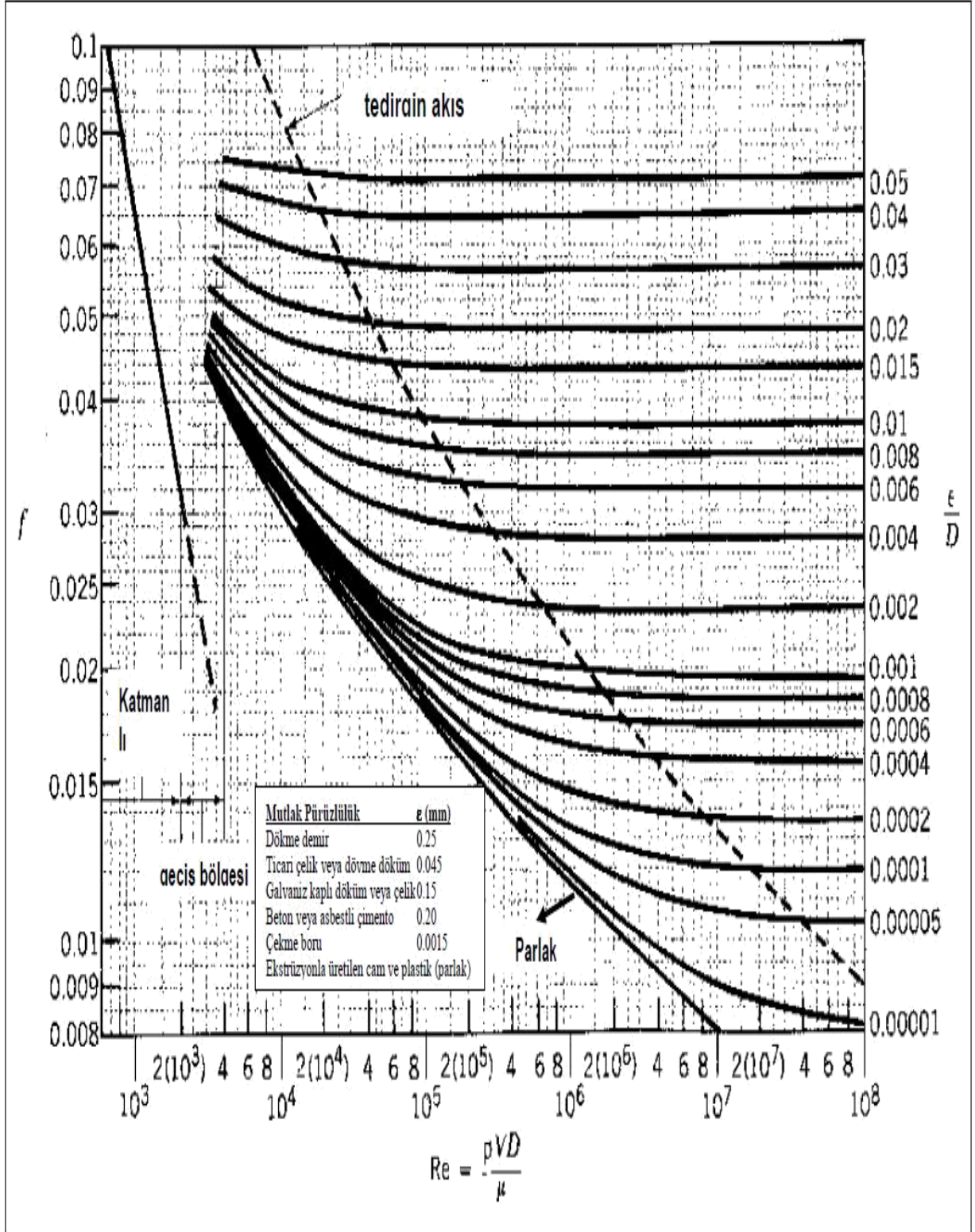
b) $u = 3 \text{ m/s}$ için (3) numaralı formülden:

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu} = \frac{(3)(0,12)(900)}{(0,06)} = 5400$$

Moody diyagramı kullanılarak $Re = 5400$ ve $\varepsilon_R = 0,0021$ için $f = 0,031$ bulunur. (1) numaralı formülden:

$$H_L = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} = (0,031) \cdot \frac{(100)}{(0,12)} \cdot \frac{(3)^2}{(2)(9,81)} = 11,85 \text{ m}$$

Bu basma kayıpları elbette çok yüksek olduğundan pratik değildir. $P = \rho g H_L$ olduğundan boru boyunca basınç kaybı $(900)(9,81)(11,85) = 104.62 \text{ kPa}$ olacaktır. Bu açık bir durum olduğundan mühendisler basma kayıplarını düşürmek için boru çaplarını büyütürken akış hızlarını düşürmelidirler. Ayrıca dökme demir yerine daha pürüzsüz yüzeye sahip çelik boru veya çekme demir boru kullanılarak basma kayıplarını azaltabilirler.



Şekil 2. Moody diyagramı

3.4. Bağlantı Elemanlarındaki Basma Yüksekliği Kayıpları

Bağlantı elemanlarındaki basma kayıpları sıklıkla “ikincil kayıplar” olarak adlandırılırsa da yanlış kullanım olduğunda bağlantı elemanlarından kaynaklanan basma kayıpları boruların kendisinden kaynaklanan kayıpları geçebilir. Bağlantı elemanlarındaki kayıpların hesaplanmasında çeşitli yöntemler kullanılabilir, en yaygın ve geniş kullanım “ K faktörü” yöntemidir. Bağlantı elemanlarındaki basma yüksekliği kaybı Formül (5)’de tanımlanmaktadır.

$$H_L = K \cdot \frac{u^2}{2g} \quad (5)$$

Burada;

H_L = Bağlantı Elemanlarındaki Basma Yüksekliği Kaybı (m)

K = Bağlantı Elemanı Kayıp Faktörü

u = Akış hızı (m/s)

g = Yerçekimi İvmesi (m/s^2)

K değerinin bulunması için birçok tablo ve diyagramlar elde edilebilir ki o pratikte şunlara bağlıdır:

1. Bağlantı elemanının malzemesi ve üretim yöntemi
2. Bağlantı elemanının boyutu
3. Akışkanın doğası (durumu) (karakteri)

Buna rağmen K faktörünün hesabında yüksek hassasiyet gerektirmeyen durumlar için Tablo 2’deki ortalama değerleri birçok durumlarda kullanılabilir:

1. Ani duraklama ve genişlemelerde K faktörü giriş A_1 yüzeyi ile çıkış A_2 yüzeyi oranına bağlıdır. Ani genişleme durumunda Tablo 2’de K faktörünü belirlemek için basit bir formül verilmiştir. Ani daralma durumunda aynı formül kullanılmaz ve K değeri tablodan uygun olan oranına göre seçilir. Eğer bir boru tank veya depoya bağlanıyorsa (ani genişleme), A_1/A_2 oranı sıfır alınabilir. Bundan dolayı $K = 1$ alınır. Bir tank veya depodan bir boruya girişte (ani daralma) A_2/A_1 oranı sıfır alınabilir, böylece $K = 0,5$ alınır.

2. Yavaş daralmalar için, gittikçe incelen veya iyi yuvarlatılmış geçişlerde basma kaybı ihmal edilebilir. Kademeli genişlemelerde K faktörü duvarın eğimine bağlıdır. Şayet açı 50^0 ’yi asarsa etkisi ani genişleme gibi olur ve $K = 1$ alınabilir. Şayet açı çok keskin ise ve 10^0 ’nin altında ise basma kayıpları ihmal edilebilir ve $K = 0$ alınabilir.

3. Vana için K faktörü (ve ayrıca basma kaybı) valfin açılma oranına bağlıdır. Valf tamamen kapalı olduğunda K faktörü sonsuz olduğunda valfle tamamen basma kaybı vardır (akış olmaz). Tam akış olan bir sistemde valf normal olarak tamamen açıktır. Buna rağmen, tasarım mühendisleri valfleri seçerken ayar emniyeti sağlamak üzere $\frac{1}{2}$ veya $\frac{3}{4}$ açık olarak dikkate alırlar. Bazı durumlarda kısma kontrolün önemli bir parçasıdır, sıvı akış sistemini tasarlarken düşük bir kısma gerekebilir.

4. Sabit boru çaplarında uygun boyutlu bağlantı elemanları kullanılabilir. u akış hızı bütün bağlantı elemanlarında sabit kabul edilir. Böylece toplam K faktörü bütün bağlantı elemanlarının K değerlerinin toplamı olarak alınabilir. Bu durum Örnek 4'te açıklanmaktadır.

Tablo 2. Bağlantı elemanları için tipik K faktörleri

| Bağlantı Elemanı | | K Faktörü |
|---|--------------------|-------------------|
| U Dönüşü (kapalı) | | 2,2 |
| Standart 45^0 Dirsek | | 0,4 |
| Standart 90^0 Dirsek | | 0,9 |
| Uzun Radyüslü (Geniş) 90^0 Dirsek | | 0,6 |
| Dişli Birleştirme (Ünyon) | | 0,05 |
| T (Akış Hat Boyunca) | | 0,4 |
| T (Akış Yan Taraftan) | | 1,8 |
| Ani Genişleme | | $1 - (A_1/A_2)^2$ |
| Ani Daralma (A_2/A_1 Oranına Bağlı) | 0 | 0,5 |
| | 0,1 | 0,4 |
| | 0,3 | 0,45 |
| | 0,5 | 0,3 |
| | 0,7 | 0,2 |
| | 0,9 | 0,08 |
| Yavaş Daralma | | İhmal edilebilir |
| Yavaş Genişleme (Açıya Bağlı) | $> 50^0$ | 1 |
| | 40^0 | 0,9 |
| | 30^0 | 0,7 |
| | 20^0 | 0,4 |
| | 10^0 | 0,15 |
| Sürgülü (Şiber) Vana (Konuma Bağlı) | tam açık | 0,2 |
| | $\frac{3}{4}$ açık | 0,9 |
| | $\frac{1}{2}$ açık | 5 |
| | $\frac{1}{4}$ açık | 24 |
| Stop (Diskli) Vana (Konuma Bağlı) | tam açık | 10 |
| | $\frac{3}{4}$ açık | 11 |
| | $\frac{1}{2}$ açık | 12,5 |
| | $\frac{1}{4}$ açık | 50 |
| Klapeli valf (filtreli) | Mafsallı | 2 |
| | Kaldırmalı | 10 |
| Çek Valf | Mafsallı | 2,5 |
| | Bilyalı | 4 |
| | Kaldırmalı | 15 |

Örnek 4: Bir sistemde su, 60 m yüksekçe 100 mm çaplı galvanizli çelik boru ile pompalanmakta ve aşağıdaki bağlantı elemanları bulunmaktadır:

- 1 adet mafsallı klapeli valf
- 4 adet standart 90° dirsek
- 4 adet dişli birleştirme (ünyon)
- 1 adet sürgülü (şiber)vana
- 1 adet ani genişleme

Sürgülü vana yarım açık konumda iken 20 L/s debide sistemdeki toplam basma yüksekliği kaybını hesaplayınız. Suyun viskozitesini $0,9 \cdot 10^{-3}$ Pa.s kabul ediniz.
($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) ($\rho_{su} = 1000 \text{ kg/m}^3$)

Çözüm:

Borudaki basma yüksekliği kaybı için; ilk olarak u akış hızı hesaplanır.

$$u = \frac{V}{A} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{\pi \frac{0,1^2}{4}} = 2,55 \text{ m/s}$$

Reynolds sayısı için (3) numaralı formülden:

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu} = \frac{(2,55)(0,1)(1000)}{(0,9 \cdot 10^{-3})} = 2,83 \cdot 10^5$$

Moody diyagramından galvanizli çelik için $\varepsilon = 0,15 \text{ mm}$ ve (2) numaralı formülden:

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,15}{100} = 0,0015$$

Tekrar Moody diyagramı kullanılarak $Re = 2,83 \cdot 10^5$ ve $\varepsilon_R = 0,0015$ için $f = 0,0225$ bulunur.
(1) numaralı formülden:

$$H_{L1} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} = (0,0225) \cdot \frac{(60)}{(0,1)} \cdot \frac{(2,55)^2}{(2)(9,81)} = 4,47 \text{ m}$$

Bağlantı elemanlarındaki basma yüksekliği kaybı için Tablo 3 hazırlanmıştır.

Tablo 3. Örnek 4 için bağlantı elemanlarının K faktörleri

| Bağlantı Elemanı | Sayısı | K Faktörü | Toplam K Faktörü |
|---------------------------|------------------------|-----------|------------------|
| Mafsallı Klapeli Valf | 1 | 2 | 2 |
| Standart 90° Dirsek | 4 | 0,9 | 3,6 |
| Dişli Birleştirme (Ünyon) | 4 | 0,05 | 0,2 |
| Sürgülü (Şiber) Vana | 1 (yarım açık ½) | 5 | 5 |
| Ani Genişleme | 1 ($A_1/A_2 = 0$) | 1 | 1 |
| Toplam | | | 11,8 |

(5) numaralı formülden:

$$H_{L2} = K \cdot \frac{u^2}{2g} = (11,8) \frac{(2,55)^2}{2(9,81)} = 3,91 \text{ m}$$

Sistemdeki toplam basma yüksekliği kaybı, borulardaki ve bağlantı elemanlarındaki basma yüksekliği kayıplarının toplamıdır.

$$H_L = H_{L1} + H_{L2} = 4,47 + 3,91 = 8,38 \text{ m}$$

3.4.1. Bağlantı Elemanlarının Eşdeğer Uzunluğu

Bağlantı elemanlarının eşdeğer boru tasarımları için basma kayıplarının hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir ve borudaki L uzunluğuna karşılık gelmektedir. Eşdeğer uzunluk Formül (6)'da gösterilmektedir:

$$l_e = K \cdot \frac{d}{f} \quad (6)$$

Burada;

l_e = Eşdeğer Uzunluk (m)

K = Bağlantı Elemanı Kayıp Faktörü

d = Bağlantı Elemanının Eşdeğer Çapı (m)

f = Sürtünme Faktörü

Örnek 5: 100 mm çaplı tam açık stop (diskli) vananın eşdeğer uzunluğunu bulunuz. ($f = 0,02$)

Çözüm:

Tablo 2'den tam açık stop (diskli) vananın K faktörü 10'dur. (6) numaralı formülden:

$$l_e = K \cdot \frac{d}{f} = (10) \frac{(0,1)}{(0,02)} = 50 \text{ m}$$

Örnek 6: Örnek 4'ü eşdeğer uzunluk kullanarak çözünüz.

Çözüm:

Sistemdeki toplam basma yüksekliği kaybı için öncelikle bağlantı elemanlarının eşdeğer uzunluğu bulunur:

$$K = 11,8$$

$$f = 0,0225$$

$$d = 0,1 \text{ m}$$

(6) numaralı formülden:

$$l_e = K \cdot \frac{d}{f} = (11,8) \frac{(0,1)}{(0,0225)} = 52,44 \text{ m}$$

Borunun uzunluğu ile eşdeğer uzunluk toplanır:

$$L_t = L + l_e = 60 + 52,44 = 112,44 \text{ m}$$

(1) numaralı formülden:

$$H_L = f \cdot \frac{L_t}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} = (0,0225) \frac{(112,44)}{(0,1)} \frac{(2,55)^2}{2(9,81)} = 8,38 \text{ m}$$

4. BORU VE BASINÇ KAYIPLARI (YÜK KAYBI) DENEYİNİN YAPILIŞI

4.1. Yerel Basınç Kayıplarının Ölçüm Deneyi

A) Deney No: 1

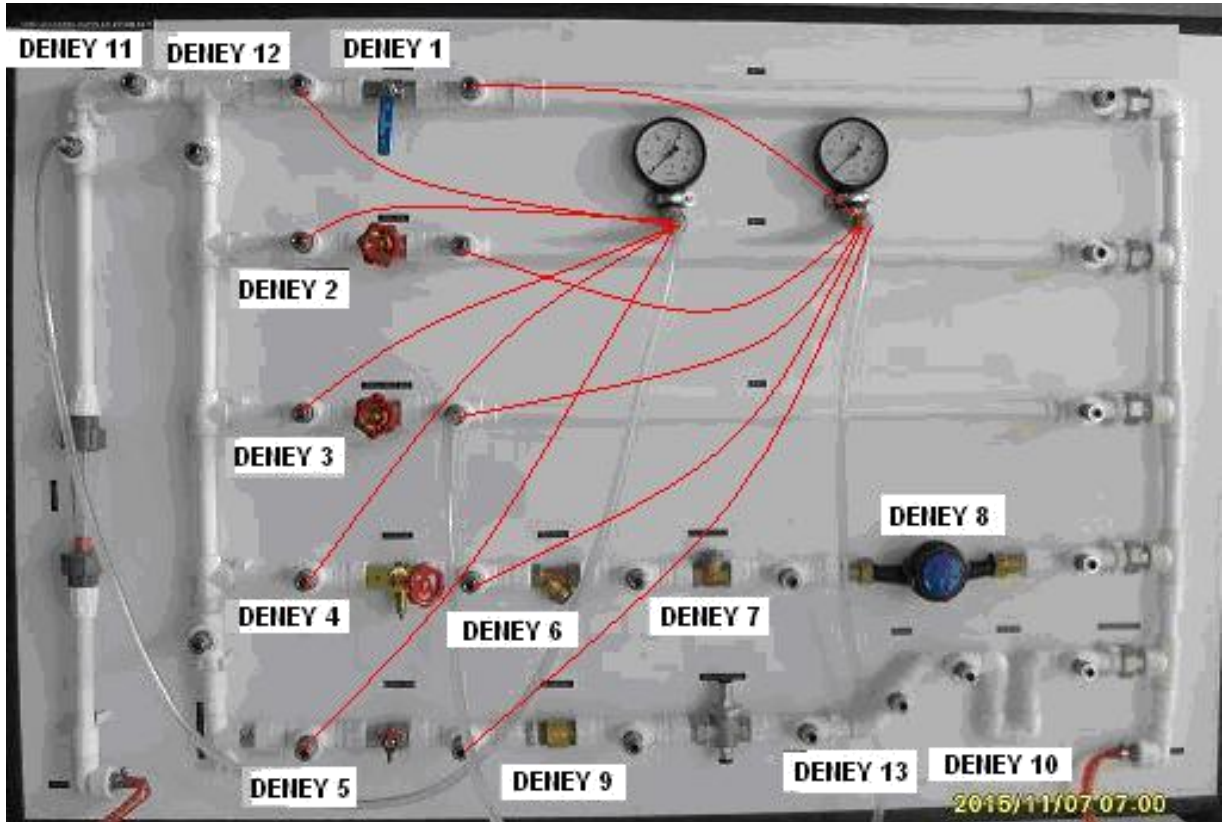
B) Deneyin Adı: Yerel basınç kayıplarının ölçümü

C) Deneyin Amacı: Sıvı akışkan hatlarında kullanılan ve akım çizgilerini geometrik olarak değiştirerek kısıtlayan yerel bağlantı cihazlarındaki basınç kayıplarını ölçmek. Bu ölçüm değerlerine bağlı olarak yerel kayıp katsayısı K değerini hesaplayabilmek.

D) Gerekli Alet ve Cihazlar

E) Deneyin Yapılışı

1) Manometre bağlantı hortumlarını diskli vana giriş ve çıkışındaki tapalara bağlayın. (Şekil 4'te görüldüğü gibi 13 farklı bağlantı elemanı için ölçüm yapılacaktır.)



Şekil 3. Basınç Kayıpları Deney Seti

4.2. Sürekli Basınç Kayıplarının Ölçüm Deneyi

A) Deney No: 2

B) Deneyin Adı: Sürekli basınç kayıplarının ölçümü

C) Deneyin Amacı: Sıvı akışkan hatlarında kullanılan boruların gerek iç yüzey (cidar) akışkan arasındaki sürtünmeden ve gerekse akışkan moleküllerinin kendi aralarındaki sürtünmesinden kaynaklanan basınç kayıplarını ölçmek. Bu ölçüm değerlerine bağlı olarak sürtünme katsayısı değerini hesaplayabilmek.

D) Gerekli Alet ve Cihazlar

E) Deneyin Yapılışı

1) Manometre bağlantı hortumlarını ince düz boru (çap 20 mm) giriş ve çıkışındaki tapalara bağlayın. (Bu işlem üç farklı boru çapı için yapılacaktır)

2) Su hattını açın ve debiyi 100 L/h değerine ayarlayın.

3) Ölçüm değerlerini tabloya kaydedin.

4) Su debisini sırayla 200, 300, 400 ve 500 L/h değerlerine ayarlayarak ölçümleri tabloya kaydedin.

5) Debi değerlerini boru kesitine bölerek akış hızlarını bulun.

6) Moody diyagramı yardımıyla borunun bağıl pürüzlülük (ϵ_R) değerini hesaplayın.

7) Akış hızı yardımıyla akışın Reynolds değerini hesaplayın.

8) Bağıl pürüzlülük ve Re sayısını Moody diyagramında kesiştirerek f sürtünme katsayısını bulun.

9) Sürtünme faktörü (f) değerini Formül (1)'de yerine koyarak basınç kaybını hesaplayın.

$$H_L = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

10) Hesaplanan değer ile ölçülen değeri karşılaştırın.

