

Gazi Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Kimya Mühendisliği Bölümü

KM 392 Kimya Mühendisliği Laboratuvarı I

5a Sürtünme Kayıpları

Deneyin Amacı :

Sıkıştırılamayan bir akışkan olan suyun silindirik düz bir boru içerisinde akarken vanalar, dirsekler, ani daralma ve ani genişleme gibi elemanlardan geçerken sürtünme nedeni ile uğradığı enerji kayıplarının, basınç farkından yararlanılarak tayin edilmesidir.

Sıkıştırılamayan bir akışkanın boru içerisindeki akışı için şu denklıklar yazılabilir:

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (\text{Süreklilik})$$

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_L \quad (\text{Bernoulli})$$

Q	Hacimsel akış hızı (m ³ /s)
P	Statik basınç (N/m ²)
v	Ortalama hız (m/s)
$\sum h_L$	Toplam kayıp (m)
A	Borunun kesit alanı (m ²)
ρ	Yoğunluk (kg/m ³)
z	Yükseklik (m)
g	Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s ²)

a) Yüzey Sürtünmeleri :

Uzunluğu L, çapı d olan bir boruda kayıp şu şekilde hesaplanır;

$$h_L = 4f \frac{Lv^2}{2gd}$$

Burada sürtünme katsayısı f, akışın Reynolds sayısına ve borunun pürüzlülüğüne bağlı bir sayıdır.

b) Biçim Sürtünmeleri :

i) Ani Genişleme :

$$h_L = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

ii) Ani Daralma :

$$h_L = \frac{K_c v_2^2}{2g}$$

Burada K_c , Tablo 1’de görüldüğü gibi akış alanlarının oranlarına bağlı bir katsayıdır.

iii) Bükülmelerden olan sürtünme kaybı :

$$h_B = \frac{K_B v^2}{2g}$$

iv) Vanalardan oluşan sürtünme kaybı :

$$h_L = \frac{K v^2}{2g}$$



- A 13,7 mm ϕ l düz boru
- B 90° keskin dirsek
- C Özel 90° dirsek
- D Sürgülü vana
- E Ani genişleme 13,7 mm / 26,4 mm
- F Ani daralma 26,4 mm / 13,7 mm
- G 52 mm yarıçaplı pürüzsüz 90° dirsek
- H 102 mm yarıçaplı pürüzsüz 90° dirsek
- J 152 mm yarıçaplı pürüzsüz 90° dirsek
- K Küresel vana
- L 26,4 mm ϕ l düz boru



Koyu Mavi Devre

1. Sürgülü vana
2. Standart dirsek
3. 90° eklem
4. düz boru

Açık Mavi Devre

5. Küresel vana
6. Ani genişleme
7. Ani daralma
8. 52,4 mm yarıçaplı 90° dirsek
9. 101,6 mm yarıçaplı 90° dirsek
10. 50,8 mm yarıçaplı 90° dirsek

Küresel vana

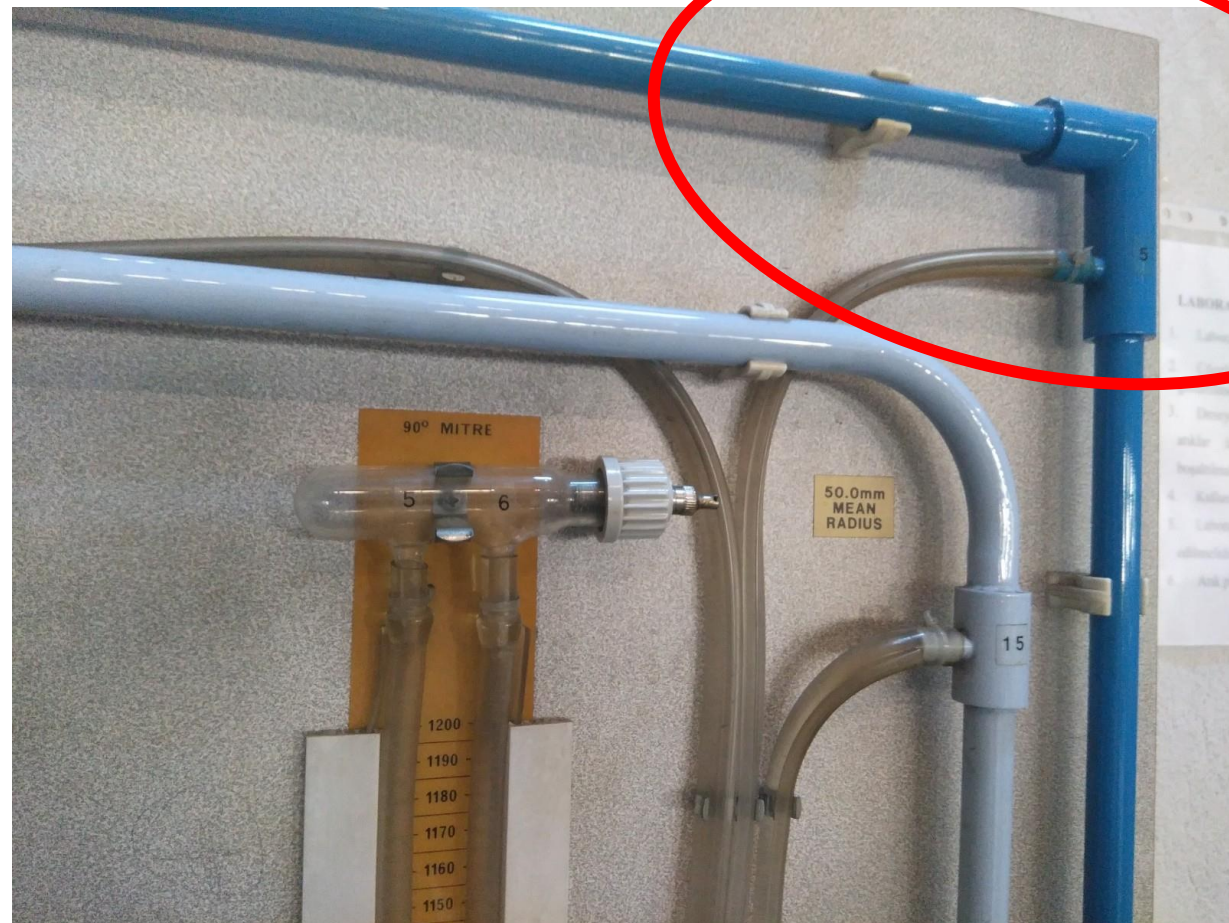


Sürgülü vana

Standart dirsek



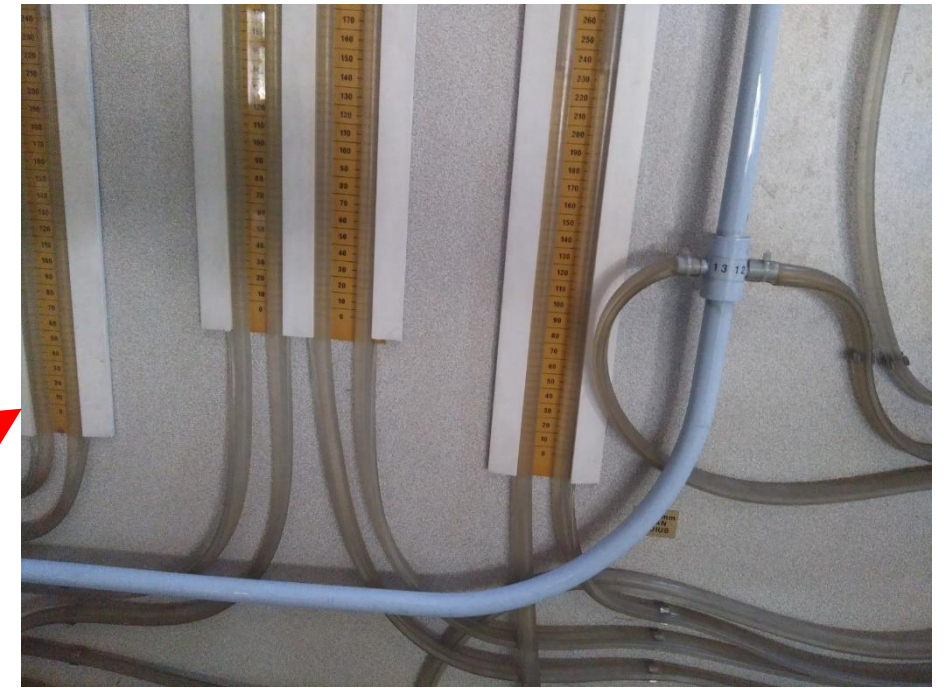
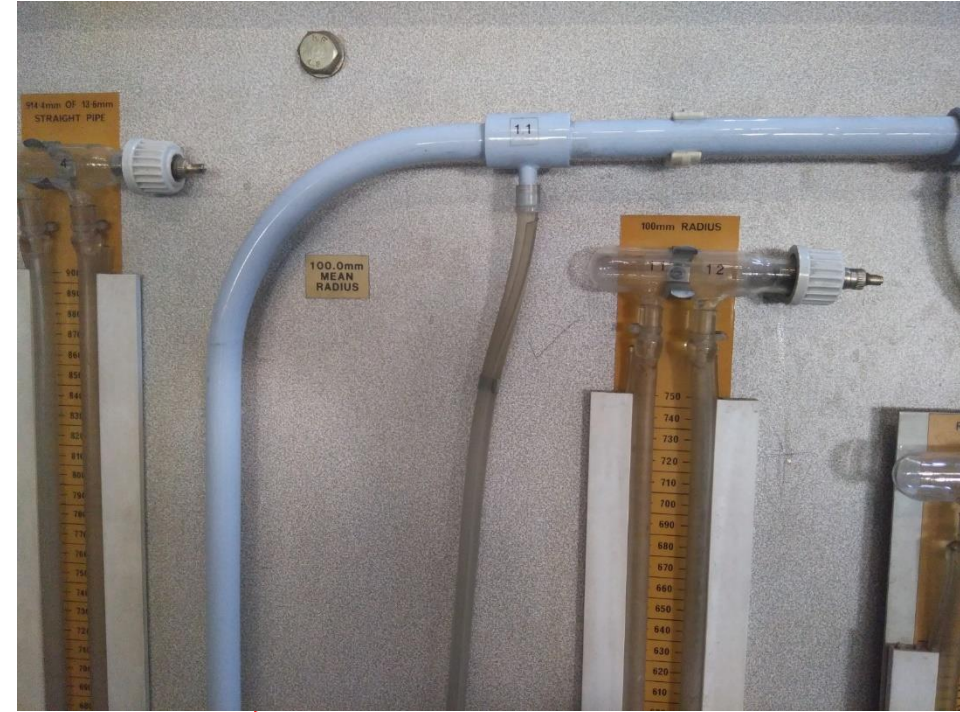
90° eklem



Ani genişleme

Ani daralma

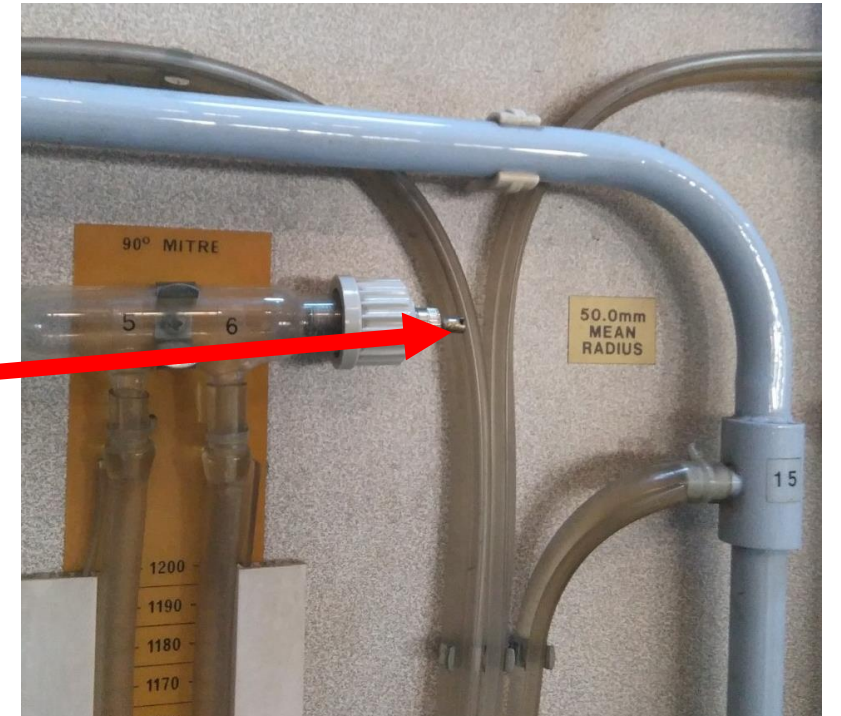




152,4 mm yarıçaplı 90° dirsek

101,6 mm yarıçaplı 90° dirsek

50,8 mm yarıçaplı 90° dirsek



13,7 mm çaplı düz boru



A Koyu mavi hatta veri alımı

- Hidrolik tank üzerindeki su kontrol vanası tümüyle açılır.
- Küresel vana (globe valve) kapatılıp, sürgülü vana (gate valve) tam açık konuma getirilir.
- İki-üç dakika su akışına izin verilir.
- Yatışkın durumda hacimsel akış hızı belirlenir.
- Bu hat boyunca U-tüpü ve piezometre tüplerinde okunan değerler kaydedilir.
- Sürgülü vana yavaş yavaş kapatılarak elde edilen değişik akış hızlarında, aynı okumalar yapılarak koyu mavi hat için aşağıdaki tablo hazırlanır.



Koyu mavi hatta veri alımı

Deney No	Su toplamak için geçen süre (s)	Piezometre Tp Okumaları (mm su)						U-tüpü (mm-Hg) Sürgülü vana
		1 -	2	3 -	4	5 -	6	
1								
2								
3								
4								
5								
6								

B Açık mavi hatta veri alımı

Boru hattında yer alan *bağlantı elemanlarından* kaynaklanan sürtünme kayıplarının belirlenmesi için değişik akış hızlarında aşağıda verilen deneysel çalışmayı yürütünüz.

- Koyu mavi hattaki ölçümler bittikten sonra sürgülü vana kapatılarak küresel vana tam açık konuma getirilir. Aynı işlemler açık mavi hat için tekrarlanarak aşağıdaki tablo hazırlanır.
- Deney bittikten sonra önce sürgülü ve küresel vanalar kapatılır, daha sonra pompanın çalıştırılması durdurulur.

Açık mavi hatta veri alımı

Deney No	Su toplamak için geçen süre (s)	Piezometre Tüp Okumaları (mm su)					U-tüpü (mm-H ₂ O) Küreselvana	
		7 – 8	9 – 10	11 – 12	13 – 14	15 – 16		
7								
8								
9								
10								
11								
12								

SÜRTÜNME KAYIPLARININ BELİRLENMESİ

(Akış/bağlantı elemanlarından kaynaklanan sürtünme kayıplarını)

a) Tablo A'daki veriler kullanılarak aşağıdaki tabloyu hazırlayınız
Tablo I. Değişik akış hızlarındaki f değerleri

Deney No	Su toplamak için geçen süre (s)	h_L ,deneysel (m H ₂ O) Δ_{3-4}	Q (m ³ /s)	V (m / s)	Re	f deneysel	f teorik
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Hazırlanan Tablo I kullanarak şu grafikleri çiziniz:

- Yüzey sürtünme kaybının akış hızı ile değişimini veren ilişkiyi bulunuz. $\log h_L - \log Q$ ($h_L \propto Q^n$ olduğuna göre bu ilişkideki n değerini hesaplayınız). Elde ettiğiniz ilişkiyi literatürde verilen ilişki ile karşılaştırınız.
- Sürtünme katsayısının Reynolds sayısı ile değişimini bulunuz (f-Re) (Literatürde düzgün borular için verilen f-Re değerlerini bulunuz ve kendi sonuçlarınızla karşılaştırınız).

b) Ani genişlemeler için verilen Denklem (2)'yi kullanarak h_L 'yi değişik akış hızlarında hesaplayınız ve aşağıdaki tabloyu hazırlayınız. Deneysel h_L - hesaplanan h_L grafiğini çizin.

Tablo II. Ani genişlemelerde sürtünme kaybı

Test No	V_7	V_8	$h_{\text{deneysel (m H}_2\text{O)}}$ Δ_{7-8}	$h_{\text{hesaplanan (m H}_2\text{O)}}$ Δ_{7-8}
7				
8				
9				
10				
11				
12				

c) Ani daralmalar için verilen Denklem (3)'ü kullanarak h_L 'yi değişik akış hızlarında hesaplayınız ve aşağıdaki tabloyu hazırlayınız. Deneysel h_L - hesaplanan h_L grafiğini çiziniz.

Tablo III. Ani daralmalarda sürtünme kaybı

Test No	V_9	V_{10}	$h_{\text{deneysel}} \text{ (m H}_2\text{O)}$ Δ_{9-10}	$h_{\text{hesaplanan}} \text{ (m H}_2\text{O)}$
7				
8				
9				
10				
11				
12				

d) Bükülmeler için verilen Denklem (4)'ü kullanarak deneysel K_B değerlerini hesaplayınız ve $K_B - (r/d)$ grafiğini çiziniz (r / d bükülme çapı / boru çapı).

Tablo IV. Bükülmeler için sürtünme kaybı

Test No	V	h (r=52mm)	h (r=104mm)	h (r=152mm)	K_B (r=52mm)	K_B (r=104mm)	K_B (r=152mm)
7							
8							
9							
10							
11							
12							

e) Sistemdeki her iki vana için kayıp katsayısı – hacimsel akış hızı (Q) ilişkisini bulup grafiğe aktarınız.

[illegible]