



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MÜHENDİSLİKTE DENEYSEL METOTLAR-II
BORU ve DİRSEKLERDE ENERJİ KAYBI DENEYİ

1. Deneyin Adı: Boru ve dirseklerde enerji kaybı

2. Deneyin Amacı: Bir boru tesisatında, boru iç yüzeyinde sürtünmeye bağlı ve farklı boru elemanlarının (kesit daralması ve genişlemesi, dirsekler, kısma vanası) sebep olduğu yerel dirence bağlı basınç kayıplarının ölçülmesi ve yerel kayıp katsayılarının hesaplanması.

3. Teori: Boru hatları farklı malzemeli ve farklı ebatlarda borulardan, vana, nipel ve dirsek gibi tesisat elemanlarından oluşur. Boru hatlarındaki basınç kaybı viskoz etkilerin sebep olduğu sürtünmeden dolayı meydana gelen *sürekli kayıplar* ile farklı boru ve tesisat elemanlarının sebep olduğu direncin meydana getirdiği *yerel kayıpların* toplamıdır.

$$H_k = H_{k,sürtünme} + H_{k,yerel} \quad (1)$$

Sürekli kayıplar, akışkan yoğunluğu ve viskozitesi, boru çapı ve uzunluğu, boru iç yüzeyinin pürüzlülüğü ve akım hızına bağlıdır.

$$H_{k,sürtünme} = f(\rho, \mu, D, L, \varepsilon, V)$$

Burada , ρ akışkan yoğunluğu, μ akışkan dinamik viskozitesi, D boru iç çapı, L boru uzunluğu, V akım ortalama hızı ve ε boru iç yüzeyinin pürüzlülüğünü ifade eden karakteristik bir uzunluktur ve pürüzlülük diye adlandırılır.

L uzunluğunda ve D çapında bir boru içinde V ortalama hızında bir akış varsa boru boyunca meydana gelen üniversal yük kaybı Darcy ifadesinden:

$$H_{k,sürtünme} = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2)$$

hesaplanır. Viskoz etkilerin meydana getirdiği sürtünme kuvvetlerini boyutlandırılan boyutsuz bir katsayı tanımlanır. Bu katsayı sürtünme faktörü (f) diye adlandırılır ve katı yüzey üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri ile boru kesitindeki ortalama dinamik basınç arasındaki orandır. Deneysel çalışmalar f 'nin Re sayısı ile pürüzlülüğünün (ε/D) bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir.

Dairesel kesitli bir boruda laminar akış ($Re < 2300$) için sürtünme faktörü aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3)$$

Türbülanslı ($Re < 2300$) tam gelişmiş pürüzsüz bir boru akımında sürtünme faktörü ile Reynolds sayısı arasındaki deneysel olarak bulunan bağıntı Blasius formülü olarak adlandırılır ve aşağıdaki gibidir.

$$f = \frac{0.316}{Re^{1/4}} \quad (4)$$

Pürüzlü borular için deneysel olarak bulunan sürtünme faktörü, Reynolds sayısı ve bağıl pürüzlülük arasındaki bağıntı da aşağıda verilmiştir ve Colebrook bağıntısı olarak adlandırılır.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{(\varepsilon/D)}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (5)$$

Boru akımları için sürtünme faktörü, Reynolds sayısı ve bağıl pürüzlülük arasındaki ilişki pürüzlü ve pürüzsüz borular, laminar ve türbülanslı akımlar için deneysel veriler kullanılarak elde edilen Moody diyagramı (Ek 1) ile verilir.

Boru hatlarında meydana gelen bir diğer kayıp türü ise kesit daralması veya genişlemesi, dirsekler, kısma vanası gibi farklı elemanların sebep olduğu yerel dirence bağlı yerel kayıplardır.

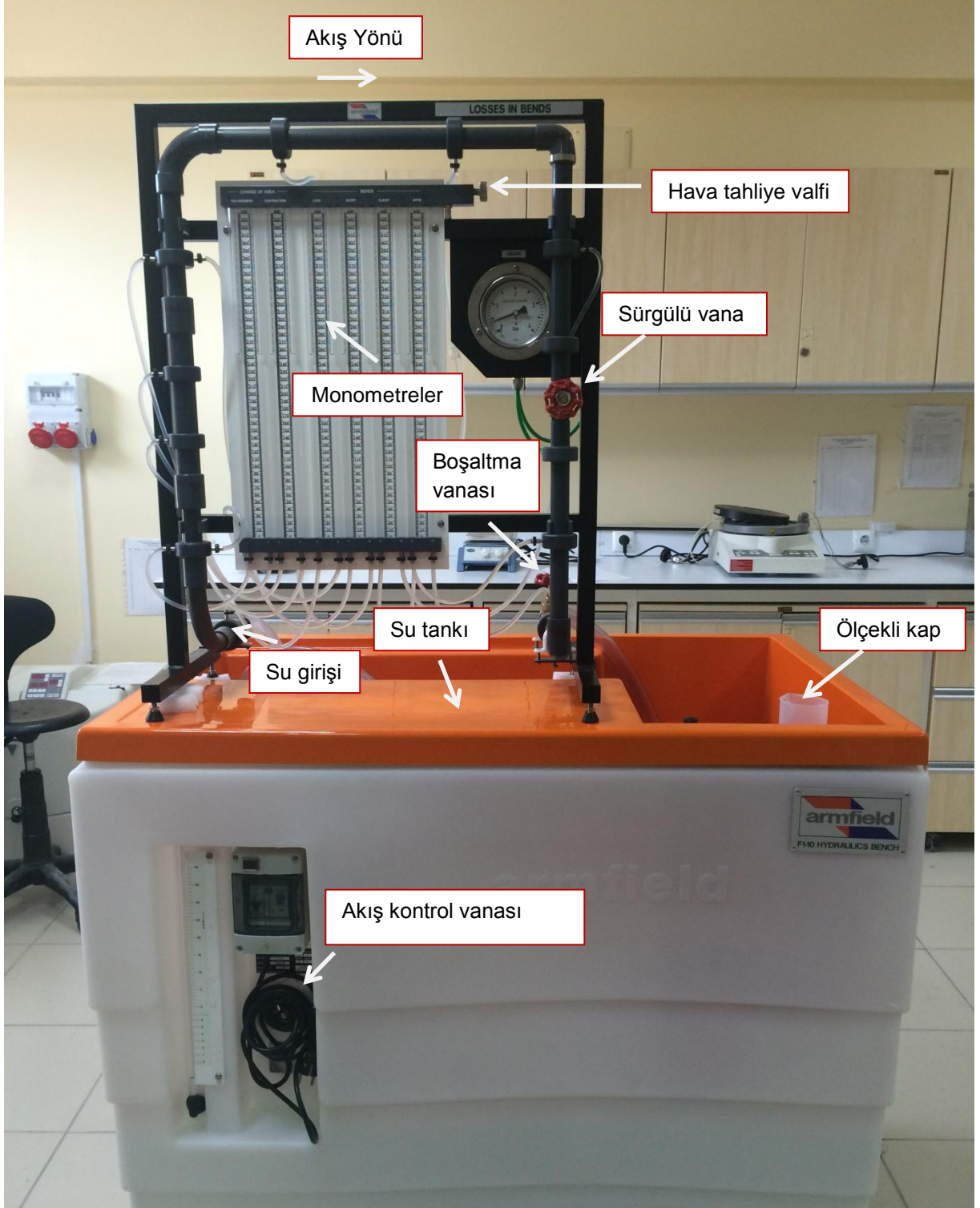
Uzun borulardan oluşan bir sistemde yerel kayıplar borulardaki toplam yük kaybı ile karşılaştırıldığında küçük kalır. Bu durum genel olarak doğru olmasına rağmen, bazen bunun tersi olarak yerel kayıplar sürekli kayıplardan daha büyük olabilir. Kısa mesafe açık bir vananın yol açacağı yük kaybı ihmal edilebilir. Fakat kısmen kapalı bir vana sistemde büyük yük kaybına yol açabilir ve bu durum kendisini debideki düşüş ile gösterir. Vana ve bağlantı elemanlarındaki akış çok karmaşıktır ve genellikle teorik analiz pek uygun değildir. Bu nedenle yerel kayıplar genellikle parçaların imalatçıları tarafından deneysel olarak bulunur [1].

Ölçülen yersel kayıp genellikle cihaz içinde yük kaybı $h_m = \Delta p / (\rho g)$ 'nin ilgili boru sisteminin hız yüküne $v / (2g)$ oranı olarak verilir [2].

$$K = \frac{h_m}{v^2 / (2g)} = \frac{\Delta p}{(1/2)\rho g} \quad (6)$$

4. Metot:

Deney düzeneği Şekil 1' de gösterilmiştir. Deney düzeneğinde yer alan boru hattında; uzun, kısa, 90° ve açılı olmak üzere dört farklı dirsek, kesit daraltma ve genişletme elemanı ve bir adet vana (sürgülü tip) bulunmaktadır. Her elemanın giriş ve çıkışındaki ölçüm noktaları manometre ile bağlantılıdır. Ayrıca sürgülü vana için basınç kayıplarının okunduğu bir gösterge deney düzeneğinde mevcuttur. Deney düzeneğinin gerekli su bağlantıları yapıldıktan sonra farklı debilerde çalıştırılacaktır. Her debi değeri için sürtünme ve yerel kayıplar hesaplanacaktır. Ayrıca, deney düzeneğinde bulunan her bir tesisat elemanının (uzun dirsek, kısa dirsek, 90° dirsek, açılı dirsek, daralma, genişleme), yerel kayıp katsayıları belirlenecektir.



Şekil 1. Deney Düzeneği

Tablo 1. Deney Verileri

Deney 1								
Eleman	Manometre		$h_2 - h_1$	Hacim $V (m^3)$	Zaman $t (s)$	Debi $Q (m^3/s)$	Hız $v (m/s)$	K veya f
	h_1	h_2						
Düz Boru								
Uzun dirsek								
Kesit daralması								
Kesit genişlemesi								
Kısa dirsek								
90° dirsek								
Açılı dirsek								
Deney 2								
Eleman	Manometre		$h_2 - h_1$	Hacim $V (m^3)$	Zaman $t (s)$	Debi $Q (m^3/s)$	Hız $v (m/s)$	K veya f
	h_1	h_2						
Düz Boru								
Uzun dirsek								
Kesit daralması								
Kesit genişlemesi								
Kısa dirsek								
90° dirsek								
Açılı dirsek								
Deney 1								
Eleman	Manometre		$h_2 - h_1$	Hacim $V (m^3)$	Zaman $t (s)$	Debi $Q (m^3/s)$	Hız $v (m/s)$	K veya f
	h_1	h_2						
Düz Boru								
Uzun dirsek								
Kesit daralması								
Kesit genişlemesi								
Kısa dirsek								
90° dirsek								
Açılı dirsek								

5. İstenenler

1. Tablo 1’de istenilen büyüklükleri gerekli hesaplamaları yaparak belirleyerek sürtünme faktörü (f) ve yereel kayıp katsayısını (K) hesaplayınız.
2. Her bir eleman için $K(f) - Re$ grafiğini çizerek sonuçları yorumlayınız.
3. Tesisattaki basınç kayıplarını azalmak için neler yapılabileceğini belirtiniz.

6. Kaynaklar:

[1]. CENGEL, Y. A., CIMBALA. J. P., Akışkanlar Mekaniği Temelleri ve Uygulamaları, Güven Bilimsel, 2007.

[2]. WHITE, F. M., Akışkanlar Mekaniği, Literatür Yayıncılık, 2004.

7. Ekler

Tablo 1. Boru tesisatına ait çap bilgileri

Boru tesisatı iç çap d_1	$d_1 = 0.0183 \text{ m}$
Genişleme elemanı çıkışı ve daralma elemanı girişi çapı d_2	$d_2 = 0.0240 \text{ m}$

Tablo 2. Suyun yoğunluğu ve kinematik viskozitesi

Sıcaklık, °C	Yoğunluk, kg/m ³	Kinematik viskozite, 10 ⁻⁶ m ² /s
15	999,0	1,134
16	998,8	1,106
17	998,7	1,079
18	998,5	1,053
19	998,4	1,028
20	998,2	1,004
21	998,0	0,980
22	997,8	0,957
23	997,5	0,935
24	997,3	0,914
25	997,0	0,894
26	996,8	0,875
27	996,5	0,856
28	996,2	0,837
29	995,9	0,819
30	995,6	0,801

Moody chart

