



**T.C.**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**

**TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

**BÖLÜMÜ**

**AKIŞKANLAR MEKANİĞİ LABORATUVARI**

**BORULARDA VE HİDROLİK ELEMANLARDA**

**SÜRTÜNME KAYIPLARI**

**DENEY FÖYÜ**

## 1. DENEYİN AMACI

Borularda ve hidrolik elemanlarda sürtünme kayıpları deneyinin amacı;

- ✓ Sürekli yük kaybı ve yerel yük kaybı tanımlarını yapabilmek,
- ✓ Sürtünme kayıplarını deneysel olarak gözlemleyebilmek ve elde edilen veriler aracılığıyla teorik hesaplamalar yapabilmek,
- ✓ Akışkan iletimini sağlayan bir sistemin tasarımı esnasında karşılaşılabilecek enerji kayıpları hakkında yorum yapabilme yetisini kazanmaktır.

## 2. SÜRTÜNME DEN DOLAYI OLUŞAN ENERJİ KAYIPLARI

Akışkanların bir bölgeden başka bir bölgeye iletilmesinde borular ve hidrolik bağlantı elemanları (vana, filtre, dirsek vb.) kullanılır. İletimi sağlanan akışkanın boru içeresinden akması esnasında boru ve/veya bağlantı elemanları ile akışa ait karakteristikler ENERJİ (YÜK) KAYIPLARI meydana getirirler. Kullanılan borunun malzemesi ve çapı, boru hattı boyunca akış uzunluğu ile orantılı olarak ifade edilen SÜREKLİ bir kayıp oluştururken; hidrolik bağlantı elemanlarında görülen akım yönünün değişmesi ise sadece belirli bir noktada var olan YEREL kayıpların oluşumuna yol açar. Genellikle SÜRTÜNME KAYBI olarak ifade edilen bu kayıplar, akım doğrultusu boyunca enerjinin korunumunu ifade eden Bernoulli Denklemi aracılığıyla teorik olarak hesaplanmaktadır.

Bir akış hattı üzerinde herhangi iki nokta arasındaki Bernoulli Denklemi

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + h_k \quad (1)$$

şeklinde ifade edilmektedir. “Eş. 1’de;  $P$  statik basıncı ( $Pa$ ),  $\rho$  akışkanın yoğunluğunu ( $kg/m^3$ ),  $g$  yerçekimi ivmesini ( $m/s^2$ ),  $z$  potansiyel yüksekliği (kot farkı) ( $m$ ),  $h_k$  ise enerji kayıplarını ( $m$ ) göstermektedir. Bu bağıntıda, akışkanın sahip olduğu ve dikkate alınan enerjileri, enerji yükü formunda verilmiştir.

Enerji kayıplarının ( $h_k$ ) teorik olarak hesaplanması için 2 farklı bağıntı mevcuttur. “Eş.2’de verilen bağıntı sürekli kayıpların, “Eş.3’de verilen bağıntı ise yerel kayıpların hesaplanmasında kullanılmaktadır.

$$h_k = f \frac{L}{D} \frac{u^2}{2g} \quad (2)$$

“Eş.2’de yer alan bağıntıda  $f$  sürekli kayıp katsayısını,  $L$  boru uzunluğunu ( $m$ ),  $D$  boru çapını ( $m$ ),  $u$  ortalama hızı ( $m/s$ ) ve  $g$  yerçekimi ivmesini ( $m/s^2$ ) temsil etmektedir.

$$h_k = K \frac{u^2}{2g} \quad (3)$$

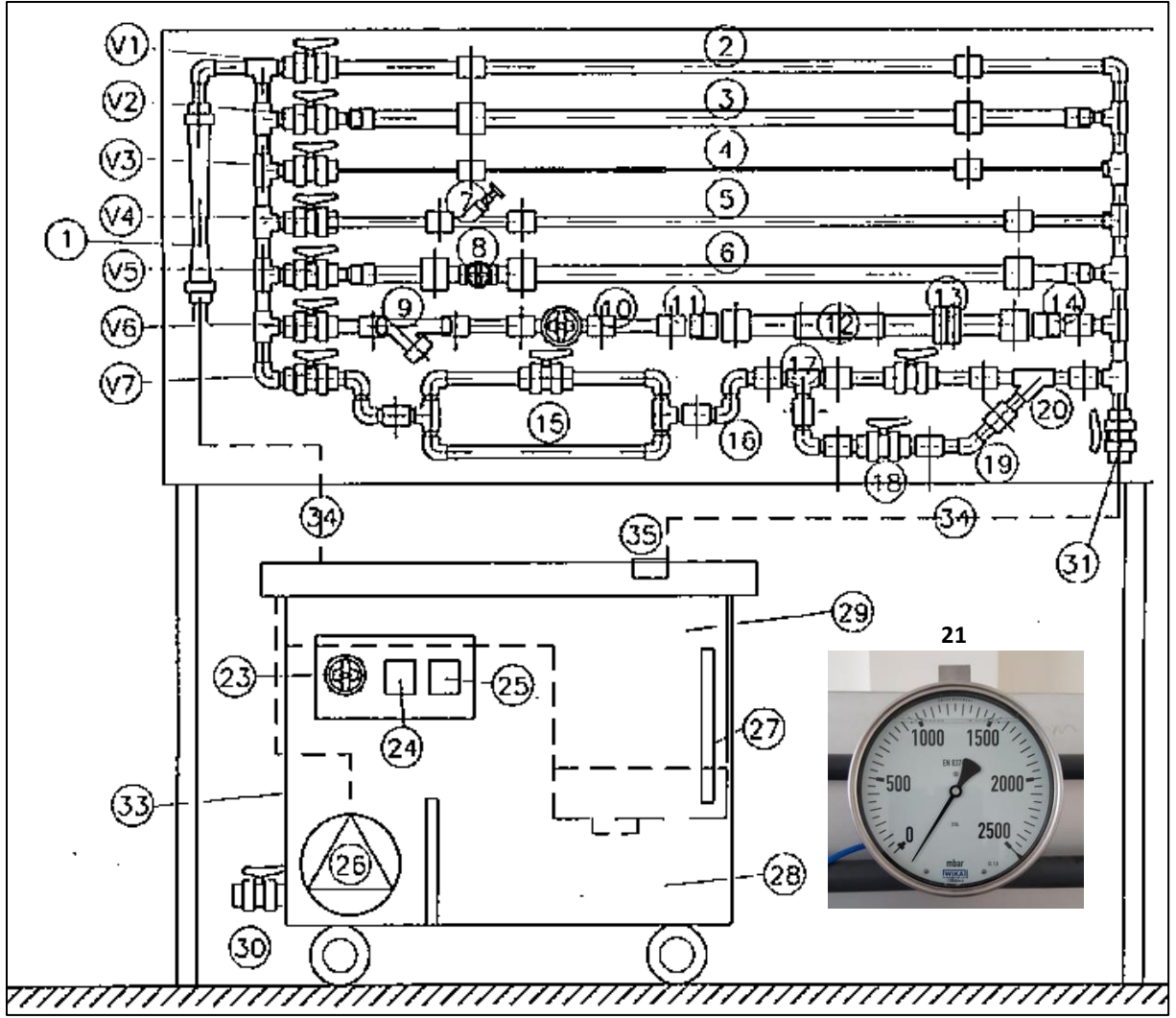
“Eş.3’de yer alan bağıntıda  $K$  yerel kayıp katsayısını,  $u$  ortalama hızı ( $m/s$ ) ve  $g$  yerçekimi ivmesini ( $m/s^2$ ) göstermektedir.

Sayısal değerleri bilinen basınç, yoğunluk, yerçekimi ivmesi, ortalama hız, kot farkı, boru uzunluğu ve boru çapı değerleri Bernoulli denkleminde yerlerine konularak enerji kayıpları teorik olarak hesaplanabilir. Fakat bu hesaplamalar bazen (örn; karmaşık boru şebekeleri) fazla zaman alıcı olmaktadır. Bu nedenle sürtünme kayıplarının belirlenmesinde 1944 yılında Lewis Ferry Moody tarafından geliştirilen MOODY DİYAGRAMI kullanılmaktadır. MOODY DİYAGRAMI; dairesel kesitli borudaki tam gelişmiş bir akış için sürtünme faktörü ( $f$ ), Reynolds sayısı ve bağıl pürüzlülük arasındaki ilişkiyi gösteren boyutsuz bir diyagramdır. (Bu diyagrama Akışkanlar Mekaniği kitaplarından kolaylıkla ulaşılabilir.)

### 3. DENEY DÜZENEGİ

Şekil 1’de sürtünme kayıpları deney düzeneği verilmiştir. Deney düzeneğinde farklı çaplara sahip borular ile çeşitli bağlantı elemanları bulunmaktadır. İki nokta arasındaki basınç farkından yararlanılarak sürtünme kayıplarının belirlendiği bu düzenekte, bir hidrolik depo ve pompa vasıtasıyla sistemde sabit debide bir akışkan (su) her bir boru veya bağlantı elemanında dolaştırılır. Deney düzeneği, her bir borudan veya bağlantı elemanından ayarlanan debi değerine göre akışkan geçmesine müsaade edecek yapıdadır.

<b>V1...V6:</b> Vanalar	<b>11:</b> Ani genişleme	<b>23:</b> Debi valfi
<b>1:</b> Debimetre	<b>12:</b> Ventüri	<b>24:</b> Pompa açma/kapama anahtarı
<b>2:</b> D=17 mm pürüzlü boru	<b>13:</b> Orifis (Delik plaka)	<b>25:</b> Güvenlik butonu
<b>3:</b> D=23 mm pürüzlü boru	<b>14:</b> Ani daralma	<b>26:</b> Santrifüj pompa
<b>4:</b> D=3,5 mm düz boru	<b>15:</b> Paralel boru bağlantısı	<b>27:</b> Seviye göstergesi
<b>5:</b> D=14 mm düz boru	<b>16:</b> Seri bağlı dirsekler (90°)	<b>28:</b> Ana depo
<b>6:</b> D=27 mm düz boru	<b>17:</b> T bağlantı	<b>29:</b> Hacim tankı
<b>7:</b> Eğik vana	<b>18:</b> Küresel vana	<b>30:</b> Boşaltma vanası
<b>8:</b> Kapaklı vana	<b>19:</b> Seri bağlı dirsekler (45°)	<b>31:</b> Debi valfi
<b>9:</b> Filtre	<b>20:</b> Eğik T bağlantı	<b>33:</b> Hidrolik depo
<b>10:</b> Kelebek vana	<b>21,22:</b> Manometre	<b>34:</b> Esnek boru
		<b>35:</b> Hacim tankı ayar valfi



**Şekil 1.** Sürtünme kayıpları deney düzeneği

#### 4. DENEYİN YAPILIŞI

Hidrolik depo su ile doldurulduktan sonra yalnızca ölçüm alınacak noktalar arasından akışkan geçişine izin verilecek şekilde vana konumları (açık/kapalı) ayarlanır. Santrifüj pompa çalıştırılarak debimetre vasıtasıyla debi ayarı yapılır. Akışın düzgünleşmesi beklendikten sonra (Şeffaf debimetrede akımın düzgünlüğü kolaylıkla gözlemlenebilecek yapıdadır) manometreler giriş ve çıkış noktalarına monte edilerek her bir noktadaki basınç değerleri okunur ve not edilir. Bu işlemler ölçüm alınacak her bir boru/bağlantı elemanı için benzer şekilde tekrarlanır.

\*\*\* Deney sırasında kullanılan akışkanın 20°C'deki su olduğunu kabul ediniz ve ihtiyaç duyulması halinde bilinmeyen fiziksel özellikleri tablolar aracılığıyla bulunuz.

Ölçüm Alınan Boru / Bağlantı Elemanı	$P_{giriş}$ (mbar)	$P_{çıkış}$ (mbar)	$u$ (m/s)	$L$ (cm)	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$Re$	$f$	$K$
D=17 mm pürüzlü boru				100				
D=17 mm pürüzlü boru								
D=17 mm pürüzlü boru								
D=23 mm pürüzlü boru								
D=23 mm pürüzlü boru								
D=23 mm pürüzlü boru								
Filtre								
Kelebek vana								
Küresel vana								

## 5. DENEY RAPORUNDA İSTENENLER

- Ölçülen değerlerini tablo halinde gösteriniz.
- Yaptığınız tüm hesaplamaları **sistemik bir şekilde** raporunuzda gösteriniz.
- Her bir **boru** için 3 farklı debi değerinde çalışınız. Elde edilen sonuçlara göre taslak bir Moody Diyagramı oluşturunuz.
- Her bir bağlantı elemanı için **tek** debi değerinde çalışarak yerel yük kayıp katsayılarını (**K**) hesaplayınız.
- Borulardaki ve Bağlantı elamanlarındaki kayıpları birbirleriyle karşılaştırınız. Sonuçlar üzerinde yorumlar yapınız.