

Borularda Basınç Düşmesi ve Sürtünme Kayıpları

- ▶ Laminer akışta bir borudaki basınç düşmesini Hagen–Poiseuille denklemi kullanılarak bulunabilir.

$$\Delta P = \frac{8\mu L Q}{\pi R^4}$$

$$\Delta P = \frac{32\mu L \langle v \rangle}{D^2}$$

- ▶ Düz bir boruda basınç düşmesi (basınç azalması) borudaki sürtünmelerden kaynaklanır.
- ▶ Sürtünmelerden kaynaklı mekanik enerji kaybını:

$$F_f = \frac{\Delta P}{\rho} (J / kg)$$

- ▶ Sürtünme kayıplarını, sürtünme faktörü (f) kullanarak da bulabiliriz.

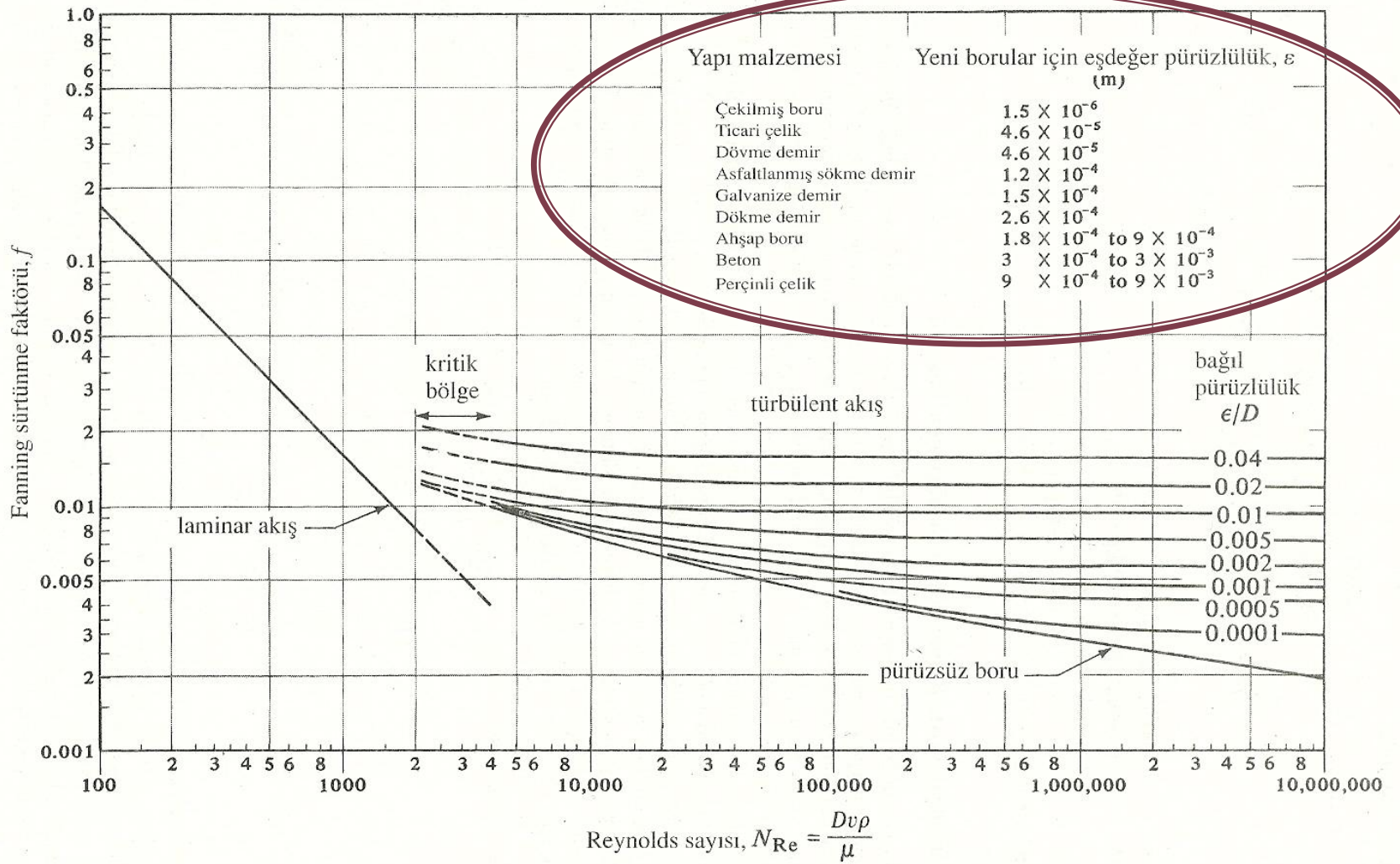
$$F_f = \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{4 f \Delta L v^2}{2D}$$

- ▶ f: fanning sürtünme faktörü (katsayısı)
- ▶ L: borunun uzunluğu (m)
- ▶ v: akışkanın hızı (m/s)
- ▶ D: borunun çapı (m)

- ▶ Eğer akış laminer ise:

$$f = \frac{16}{\text{Re}}$$

- ▶ Eğer akış türbülent ise f grafikten (grafik 2.10-3) okunur.



Şekil 2.10-3. Borular içinde akış için sürtünme faktörleri. [L. F. Moody, TrCvp. A.S.M.E., 66, 671 (1944): Mech. Eng. 69, 1005 (1947). İzin alınmıştır.]

- ▶ Türbülent akışda, fanning sürtünme katsayısı borunun malzemesine ve borunun çapına bağlıdır.
- ▶ Her malzemenin kendine özgü bir yüzey pürüzlülüėü vardır (roughness). Bu ϵ ile gösterilir.

- ▶ Turbulent akışta fanning sürtünme katsayısını grafikten okuyabilmek için :
 1. Önce Re sayısı hesaplanır.
 2. Verilen borunun malzemesine göre ϵ (pürüzlülük) değeri grafiğin üzerindeki tablodan bulunur.
 3. Daha sonra borunun çapına göre ϵ/D değeri (bağıl pürüzlülük) hesaplanır.
 4. Re sayısı ile ϵ/D değerinin kesiştiği noktada, y eksenindeki değer okunur.

Örnek 2.10-3

- ▶ Bir sıvı yatay bir boruda 4.57 m/s hızda akmaktadır. Kullanılan boru ticari çelik boru (commercial steel) olup , tarife sayısı (çizelge sayısı) (schedule) 40, nominal boru ölçüsü 2 inch'dir. Sıvının viskozitesi 4.46 cp, yoğunluğu 801 kg/m³ ve uzunluğu 36.6m olan bu borudaki sürtünmeden gelen mekanik enerji kayıplarını (J/kg) hesaplayınız.

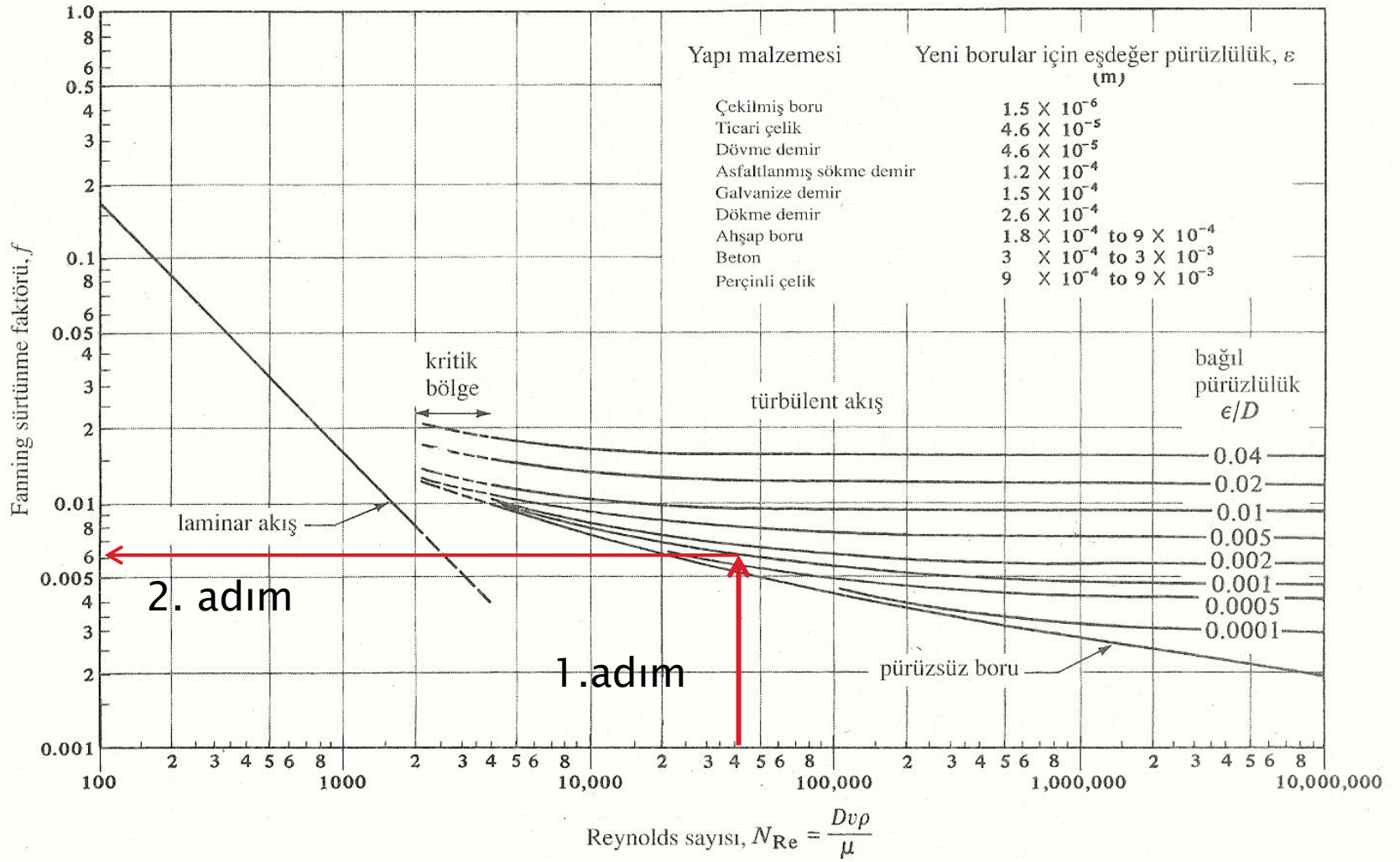
$$F_f = \frac{4 f \Delta L v^2}{2D}$$

Ek bilgi

- ▶ Boru ve tüpler, çapları ve duvar kalınlıkları ile tanımlanır. Bir borunun nominal boyutu (nominal pipe size) ve tarife sayısı (izelge sayısı) (schedule) verilmiş ise kitabınızın ekler kısmındaki A.5-1 tablosundan borunun iç, dış çapı ve et kalınlığını bulabilirsiniz.

A.5-1 Standart Çelik Boruların Boyutları

Nominal Boru Boyutu (inç)	Dış Çap		Çizelge No	Duvar Kalınlığı		İç Çap		İç kesit alanı	
	inç	mm		inç	mm	inç	mm	ft ²	m ² × 10 ⁴
1/8	0.405	10.29	40	0.068	1.73	0.269	6.83	0.00040	0.3664
			80	0.095	2.41	0.215	5.46	0.00025	0.2341
1/4	0.540	13.72	40	0.088	2.24	0.364	9.25	0.00072	0.6720
			80	0.119	3.02	0.302	7.67	0.00050	0.4620
3/8	0.675	17.15	40	0.091	2.31	0.493	12.52	0.00133	1.231
			80	0.126	3.20	0.423	10.74	0.00098	0.9059
1/2	0.840	21.34	40	0.109	2.77	0.622	15.80	0.00211	1.961
			80	0.147	3.73	0.546	13.87	0.00163	1.511
3/4	1.050	26.67	40	0.113	2.87	0.824	20.93	0.00371	3.441
			80	0.154	3.91	0.742	18.85	0.00300	2.791
1	1.315	33.40	40	0.133	3.38	1.049	26.64	0.00600	5.574
			80	0.179	4.45	0.957	24.31	0.00499	4.641
1 1/4	1.660	42.16	40	0.140	3.56	1.380	35.05	0.01040	9.648
			80	0.191	4.85	1.278	32.46	0.00891	8.275
1 1/2	1.900	48.26	40	0.145	3.68	1.610	40.89	0.01414	13.13
			80	0.200	5.08	1.500	38.10	0.01225	11.40
2	2.375	60.33	40	0.154	3.91	2.067	52.50	0.02330	21.65
			80	0.218	5.54	1.939	49.25	0.02050	19.05
2 1/2	2.875	73.03	40	0.203	5.16	2.469	62.71	0.03322	30.89
			80	0.276	7.01	2.323	59.00	0.02942	27.30
3	3.500	88.90	40	0.216	5.49	3.068	77.92	0.05130	47.69
			80	0.300	7.62	2.900	73.66	0.04587	42.61
3 1/2	4.000	101.6	40	0.226	5.74	3.548	90.12	0.06870	63.79
			80	0.318	8.08	3.364	85.45	0.06170	57.35



Şekil 2.10-3. Borular içinde akış için sürtünme faktörleri. [L. F. Moody, TrCvp. A.S.M.E., 66, 671 (1944): Mech. Eng. 69, 1005 (1947). İzin alınmıştır.]

- ▶ Problemlerde eğer çap (D), hız (v) ve boru uzunluğu biliniyorsa, düz borudaki sürtünme kaybı direk olarak aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$F_f = \frac{4 f \Delta L v^2}{2D}$$

- ▶ Fakat bazı durumlarda sürtünme kaybı verilir. Hacimsel akış hızı(Q) ve boru uzunluğu (L) da biliniyorsa borunun çapı sorulabilir.
- ▶ Veya çap ve borunun uzunluğu biliniyorsa akışkanın hızının bulunması istenir.
- ▶ Böyle problemler **deneme-yanılma** (trial and error) yöntemiyle hesaplanır.

Örnek

- ▶ Su 4.4 °C de standard ticari çelik boruda yatay şekilde akmaktadır. Borunun uzunluğu 305m ve suyun akış hızı $9.46 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ dir. Eğer sürtünmelerden kaynaklanan enerji kayıpları 59.82 J/kg ise borunun çapı nedir?

Deneme–yanılma yönteminde izlenilen yol:

1. Önce bir D varsayımında bulunulur.
2. Akış tipi laminer mi/ turbulent mi bakılır.
3. Fanning sürtünme katsayısı bulunur
4. Sürtünme formülünden D hesaplanır
5. Eğer varsayımı yapılan D ile formülden hesaplanan D aynı değilse, formülden hesaplanan D 'yi kullanarak iki değer birbirine eşit olana kadar aynı işlemler tekrarlanır.