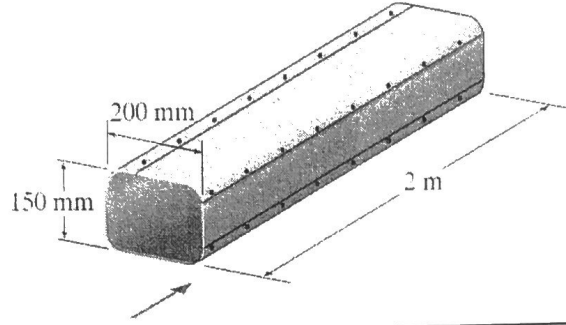


SORU 1:

Şekil ile verildiği gibi hava, galvanizli demirden yapılmış bir kanal içinde 4 m/s hız ile akmaktadır. Diğer bilgiler şekil üzerinde verilmiştir. Kanalın girişi ile çıkışı arasındaki basınç düşüşünü [Pa] olarak hesaplayınız. [Havanın özelliklerini 1 atm basınç ve 20°C sıcaklık için tablodan alınız].



AKM_2014Y_F

Çözüm: Galvanizli demir için $\epsilon = 0,15 \text{ mm} = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ (tablodan)
1 atm ve 20°C için $\rho = 1,204 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 1,516 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (tablodan)

Çözümde hava sıkıştırmaları kabul edilmiştir.

$$\text{Hidrolik çap: } D_h = \frac{4A}{P} = \frac{4(0,15 \text{ m})(0,2 \text{ m})}{2(0,15 \text{ m} + 0,2 \text{ m})} = 0,1714 \text{ m}$$

$$\text{Reynolds sayısı: } Re = \frac{VD_h}{\nu} = \frac{(4 \text{ m/s})(0,1714 \text{ m})}{1,516 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 45224,27 > 4000$$

Türbülanslı akım

$$\text{Bağıl pürüzlülük: } \epsilon_r = \frac{\epsilon}{D_h} = \frac{0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0,1714 \text{ m}} = 8,7515 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Sürtünme faktörü: } \frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{\epsilon_r}{3,7} \right)^{1,11} \right] \rightarrow f = 0,0237$$

$$\text{Sürekli gök kaybı: } h_k = f \frac{L}{D_h} \cdot \frac{V^2}{2g} = (0,0237) \frac{2 \text{ m}}{0,1714 \text{ m}} \cdot \frac{(4 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 0,2257 \text{ m}$$

Enerji denklemi: A: Giriş ve B: Çıkış için;

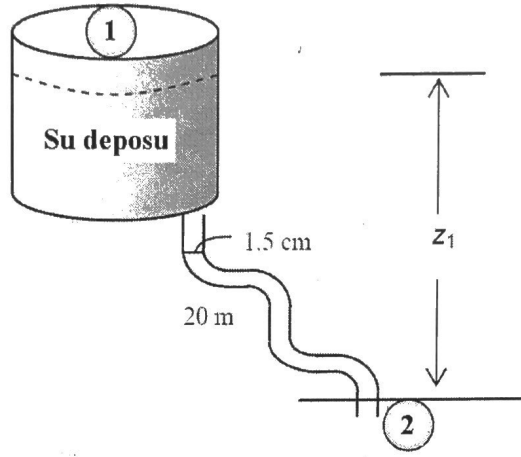
$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{V_A^2}{2g} + z_A = \frac{P_B}{\rho} + \frac{V_B^2}{2g} + z_B + h_k \quad (\text{m})$$

$$V_A = V_B = V = 4 \text{ m/s}$$

$$z_A = z_B$$

$$\begin{aligned} \Delta P = P_A - P_B &= \rho h_k = \rho g h_k \\ &= (1,204 \text{ kg/m}^3)(9,81 \text{ m/s}^2)(0,2257 \text{ m}) \\ &= 2,67 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Soru 2: Şekil ile verildiği gibi bir depo güneşle ısıtılan 40°C sıcaklıktaki su ile doldurulmuştur. Depodaki su, yer çekimi etkisiyle akış oluşturarak bir tarladaki duşlar için kullanılacaktır. Sistem 20 m uzunluğunda 1.5 cm çapında galvanizli demir boru ve kanatsız 4 adet 90° köşe dönüş ve 1 adet tam açık küresel vanadan oluşmaktadır. Suyun 0.7 litre/s değerinde debi ile duş başlığından akması istendiğine göre, depodaki su seviyesinin duştan çıkış seviyesinden ne kadar yüksekte olması gerektiğini [m] olarak hesaplayınız. (Giriş ve duş başlığı kayıplarını göz ardı ediniz).



Çözüm 2:

Verilenler: Su, 0.7 litre/s debide ve 40°C sıcaklıktadır. Galvanizli demirden yapılmış boru, 1.5 cm çapında ve 20 m uzunluğundadır. Boru sistemi kanatsız 4 adet 90° köşe dönüş ve bir adet tam açık küresel vanadan oluşmaktadır. Giriş ve duş başlığı kayıplarını göz ardı edilecektir.

Re sayısı eşitliği $Re = \frac{\rho V_{ort} D}{\mu}$; Sürtünme faktörü eşitliği $\frac{1}{\sqrt{f}} \cong (-1.8) \log \left[\frac{6.9}{Re_{D_h}} + \left(\frac{\epsilon/D_h}{3.7} \right)^{1.11} \right]$

Toplam yük kaybı eşitliği $h_K = \left(f \frac{L}{D} + \sum K_K \right) \frac{V_{ort}^2}{2g}$ (m)

$f = 0,03857$

$\sum K_K = 14,4$

$V_{ort} = 3,961 \text{ m/s}$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$h_K = 52,6 \text{ m (13. Adım)}$

$Re = 90270$
 $\epsilon/D_h = 0,01$

$f \cong 0,03857$
(9. Adım)

Bu sorunun çözümü aşağıda verildiği gibi sınıfta öğrenciler ile birlikte adım-adım yapılacaktır.

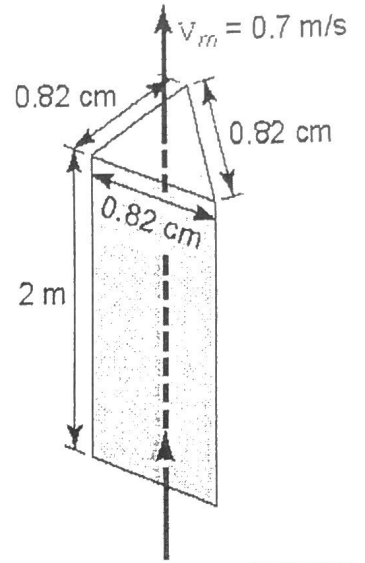
Adım 2: $V_1 \approx 0 \text{ m/s}$ (SAY hızı sıfırdır), $z_2 = 0$ (Referans çizgisi)
 $P_1 = P_2 = P_{atm}$, h_p ve h_t : 40k (Sistemde pompa ve türbin yok)

Hesaplama Adımları	Hesaplama Sonuçları
Adım 1: 40°C sıcaklıktaki suyun yoğunluğu ve dinamik viskozitesini ilgili tablodan bulunuz ve birimleri ile birlikte yan tarafa yazınız.	$\rho = 992.1 \text{ kg/m}^3$ $\mu = 0.653 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ms}$
Adım 2: Boru sistemi için enerji denklemini yan tarafa yazınız ve denklem üzerinde gerekli kabulleri ve düzenlemeleri yapınız.	$\frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_p = \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + z_2$ $+ h_f + h_k$
Adım 3: Enerji denklemini, z_1 yükseklik yükünü sol tarafta bırakarak yeniden düzenleyiniz ve eşitliği yan tarafa yazınız.	$z_1 = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_k \text{ (m)}$
Adım 4: Boru içi ortalama hızı [m/s] olarak hesaplayıp yan tarafa yazınız.	$V_2 = \frac{\dot{V}}{A_k} = \frac{\dot{V}}{\pi D^2/4} = \frac{0.0007 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi (0.015 \text{ m})^2/4} = 3.96 \text{ m/s}$
Adım 5: Boru çapını dikkate alarak Re sayısını hesaplayıp yan tarafa yazınız.	$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{(992.1 \text{ kg/m}^3)(3.96 \text{ m/s})(0.015 \text{ m})}{(0.653 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ms})}$
Adım 6: Re sayısını dikkate alarak akımın türünü yan tarafa yazınız.	$Re = 90270$ $90270 > 4000 \Rightarrow \text{Turbulanslı akım}$
Adım 7: Galvanizli demirden yapılmış boruya ait pürüzlülük değerini ilgili tablodan bulunuz ve [m] olarak yan tarafa yazınız.	$\epsilon = 0.00015 \text{ m}$
Adım 8: Boru sistemine ait bağıl pürüzlülük değerini hesaplayıp boyutsuz olarak yan tarafa yazınız.	$\epsilon/D = \frac{0.00015 \text{ m}}{0.015 \text{ m}} = 0.01$
Adım 9: Sürtünme faktörü değerini hesaplayıp boyutsuz olarak yan tarafa yazınız.	101. sayfada verilen eşitlikten $f = 0.03857$
Adım 10: Kanatsız 4 adet 90° köşe dönüşüne ait kayıp katsayısını ilgili tablodan okuyup boyutsuz olarak yan tarafa yazınız.	1, 1
Adım 11: Bir adet tam açık küresel vanaya ait kayıp katsayısını ilgili tablodan okuyup boyutsuz olarak yan tarafa yazınız.	10
Adım 12: Toplam kayıp katsayısını hesaplayıp boyutsuz olarak yan tarafa yazınız.	$\sum K_k = K_{k, giris} + 4K_{k, köşe} + K_{k, vana} + K_{k, çıkis}$ $= 0 + 4 \cdot (1,1) + 10 + 0 = 14,4$
Adım 13: Boru sistemine ait yük kaybını [m] olarak hesaplayıp yan tarafa yazınız.	101. sayfada $h_k = 52,6 \text{ m}$
Adım 14: Akımın türünü göz önüne alarak kinetik enerji düzeltme katsayısı değerini ilgili tablodan okuyup boyutsuz olarak yan tarafa yazınız.	$\alpha_2 = 1$
Adım 15: z_1 yükseklik yükünü [m] olarak hesaplayıp yan tarafa yazınız.	$z_1 = (1) \frac{(3.96 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} + 52,6 \text{ m}$

$$z_1 = \underline{\underline{53,4 \text{ m}}}$$

SORU 4:

Şekil ile verildiği gibi, kesiti eşkenar üçgen olan bir kanalda 0°C sıcaklıktaki etilen glikol 0.7 m/s hız ile yukarı doğru tam gelişmiş olarak akmaktadır. Diğer bilgiler şekil üzerinde verilmiştir. Kanalın girişi ile çıkışı arasında oluşan basınç değişimini [kPa] olarak hesaplayınız. [0°C sıcaklıktaki etilen glikolün dinamik viskozitesi $65.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(ms)}$ ve kinematik viskozitesi $5.756 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak alınabilir].



$$\left. \begin{array}{l} \mu = 65.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ms} \\ \nu = 5.756 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \end{array} \right\} \rho = \frac{\mu}{\nu} = 1131 \text{ kg/m}^3$$

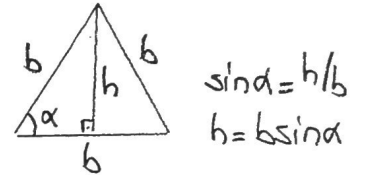
Gözlem: Hidrolik çap, $D_h = \frac{4A}{P}$, $A = \frac{bh}{2} = \frac{b^2 \sin \alpha}{2} = \frac{(0.82 \text{ cm})^2 \sin(60^\circ)}{2}$

$$D_h = \frac{4(2.91 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2)}{3(0.82/100) \text{ m}} = 4.732 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad = 0.291 \text{ cm} = 2.91 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Reynold sayısı, $Re = \frac{\rho V D_h}{\mu} = \frac{V D_h}{\nu}$

$$Re = \frac{(0.7 \text{ m/s})(4.732 \cdot 10^{-3} \text{ m})}{(5.756 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s})} = 57,5469 < 4000$$

Laminer akım



Darcy sürtünme faktörü, $f = \frac{53.32}{Re} = \frac{53.32}{57,5469} = 0.92655$ (tablodan)

Yük kaybı, $h_k = f \frac{L}{D_h} \frac{V^2}{2g}$ (m) $\rightarrow h_k = (0.92655) \frac{2 \text{ m}}{4.732 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \cdot \frac{(0.7 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)}$

$$h_k = 9.780 \text{ m}$$

Giriş ve çıkış için enerji denklemi:

$$\frac{P_g}{\rho g} + \alpha_g \frac{V_g^2}{2g} + z_g = \frac{P_f}{\rho g} + \alpha_f \frac{V_f^2}{2g} + z_f + h_k$$

$$V_g = V_f = 0.7 \text{ m/s}, \quad z_f - z_g = 2 \text{ m}$$

$$h_k = \frac{P_g - P_f}{\rho g} + z_f - z_g \rightarrow P_g - P_f = \Delta P = \rho g (h_k + z_f - z_g)$$

$$\Delta P = (1131 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(9.780 + 2) \text{ m} = 130700,3958 \text{ Pa} = 130,7 \text{ kPa}$$