

# Bölüm 7

## Boru Akımları

## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

### Problem 7.1 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Viskozitesi  $\mu=0.1$  Pas ve rölatif yoğunluğu  $s=0.85$  olan bir yağ uzunluğu 4000 m ve çapı  $D=300$  mm olan bir font boru hattında 30 l/s lik debi ile iletiliyor. Enerji kaybını bulunuz.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.03 \cdot 4}{\pi \cdot 0.3^2} = 0.424 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{850 \cdot 0.424 \cdot 0.3}{0.1} = 1081 < 2000 \Rightarrow \text{Laminer akım}$$

Hagen-Poiseuille denklemi kullanılarak:

$$h_s = \frac{32 \nu V L}{g D^2} = \frac{32 \cdot (0.1 / 850) \cdot 0.424 \cdot 4000}{9.81 \cdot 0.3^2} = 7.23 \text{ m}$$

Darcy-Weisbach denklemi kullanılarak:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1081} = 0.059$$

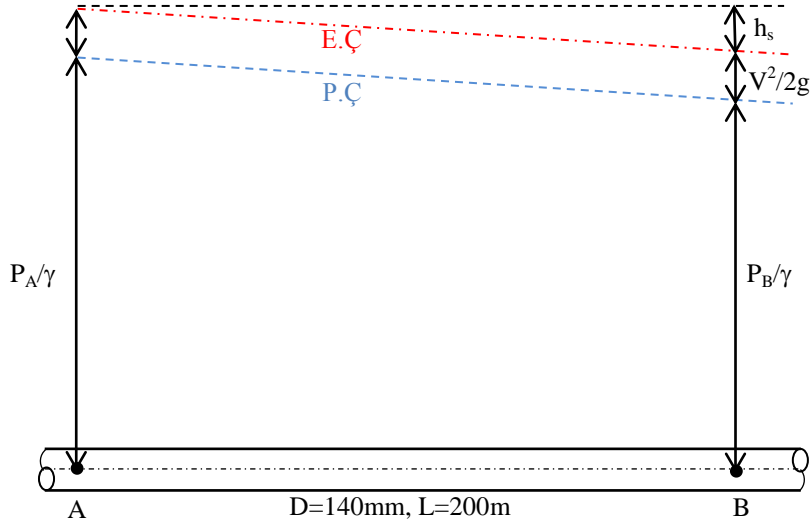
$$h_s = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.059 \frac{4000}{0.3} \frac{0.424^2}{19.62} = 7.21 \text{ m}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.2 (Kırkgöz ve ark, 1994)

$s=0.9$  ve  $\nu=300 \text{ mm}^2/\text{s}$  olan bir yağ  $D=140 \text{ mm}$  lik çelik boru ile iletiliyor. Boru hattının  $200 \text{ m}$  lik bir yatay kısmının A ve B uçlarındaki basınç yükseklikleri  $80 \text{ m}$  ve  $50 \text{ m}$  dir. Akımın debisini bulunuz.



A ve B noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{P_B}{\gamma} + z_B + h_s, \quad V_A = V_B = V, \quad z_A = z_B$$

$$\frac{P_A}{\gamma} - \frac{P_B}{\gamma} = h_s \Rightarrow 30 = \lambda \frac{200}{0.14} \frac{V^2}{2g}$$

Akımın laminer olduğu kabul edilirse:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64 \nu}{V * 0.14}$$

$$30 = \frac{64 * 300 * 10^6}{V * 0.14} \frac{200}{0.14} \frac{V^2}{2g} \Rightarrow V = 3.00 \text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \frac{3 * 0.14}{300 * 10^6} = 1400 < 2000 \Rightarrow \text{Laminer akım}$$

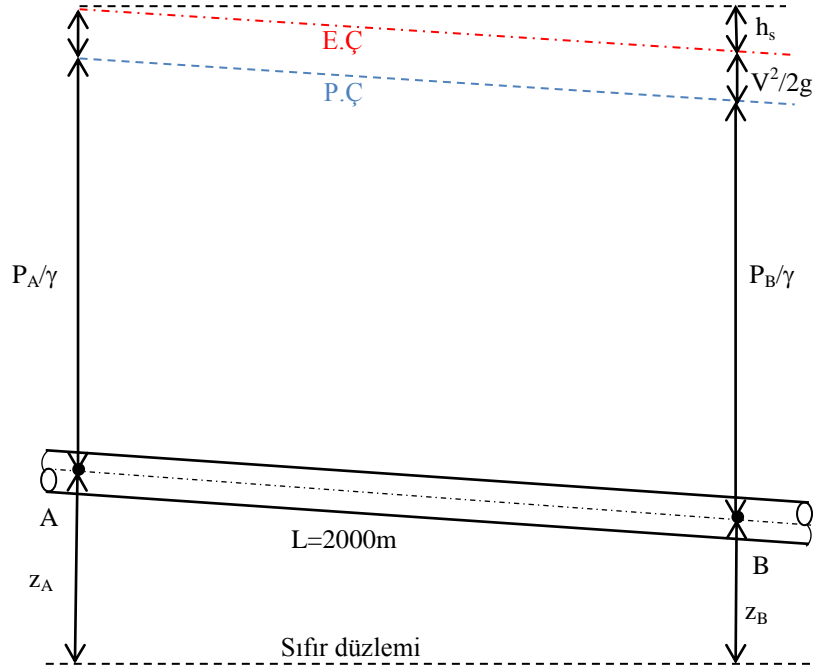
$$Q = 3 * \frac{\pi * 0.14^2}{4} = 0.046 \text{ m}^3/\text{s}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.3 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Şekilde görülen boru hattında  $Q=0.025 \text{ m}^3/\text{s}$  debi ile  $s=0.9$  ve  $\nu=200 \text{ mm}^2/\text{s}$  olan bir yağ iletilmektedir. Borunun 2000 m uzunluğundaki bir kısmının uçlarında basınç yükseklikleri  $p_A/\gamma=90 \text{ m}$  ve  $p_B/\gamma=55 \text{ m}$ , yersel yükseklikler ise  $z_A=65 \text{ m}$  ve  $z_B=60 \text{ m}$  dir. Boru çapını bulunuz.



A ve B noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_s, \quad V_A = V_B = V$$

$$90 + 65 = 55 + 60 + h_s \quad \Rightarrow \quad h_s = 40 \text{ m}$$

$$h_s = \frac{32 \nu V L}{g D^2} = 40, \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{0.025 * 4}{\pi * D^2} = \frac{0.0318}{D^2}$$

$$\frac{32 * 200 * 10^6 * 0.0318 * 2000}{9.81 * D^4} = 40 \quad \Rightarrow \quad D = 0.18 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad D = 180 \text{ mm}$$

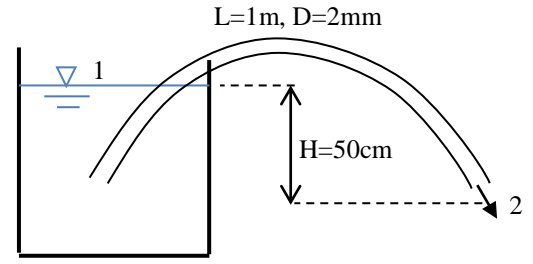
$$V = \frac{Q}{A} = 0.98 \text{ m/s}, \quad Re = \frac{980 * 180}{200} = 882 < 2000 \quad \Rightarrow \quad \text{Laminer akım}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.4 (White, 2009)

Şekilde görüldü gibi bir depodan su  $L=1\text{m}$  ve  $D=2\text{mm}$  olan hortum ile sifonlanıyor. Akımın laminar olması için gerekli hız ve bu durumda borudan bir saatte geçen debiyi bulunuz. Akımın laminar olduğunu gösteriniz.  $\rho=998\text{ kg/m}^3$ .  $\mu=0.001\text{ kg/m s}$ .



1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_s$$

$$z_1=H, z_2=0, P_1/\gamma=0, P_2/\gamma=0, V_1=0$$

$$H = \frac{V^2}{2g} + h_s$$

$$h_s = \frac{32\mu L}{\rho g D^2} V$$

$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{32\mu L}{\rho g D^2} V$$

$$0.5 = \frac{V^2}{2 \cdot 9.81} = \frac{32 \cdot 0.001 \cdot 1.0 \cdot V}{998 \cdot 9.81 \cdot 0.002^2}$$

$$V=0.590\text{ m/s}$$

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (0.002)^2 \cdot (0.590) = 1.85 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 0.0067 \text{ m}^3/\text{saat}$$

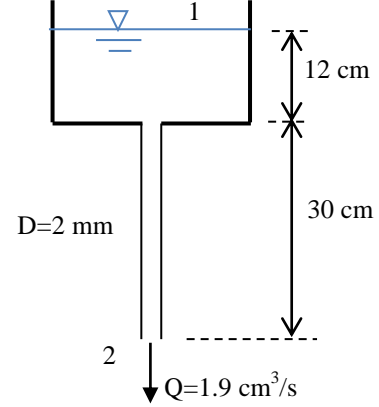
$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{998 \cdot 0.590 \cdot 0.002}{0.001} = 1189 \Rightarrow \text{Laminer Akım}$$

# AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.5 (White, 2009)

Şekilde görülen sistemden rölatif özgül kütlesi  $s=0.95$  olan sıvı  $1.9 \text{ cm}^3/\text{s}$  debi ile akmaktadır. Sistemden geçen akışkanın viskozitesini bulunuz. Akımın laminar veya türbülanslı olduğunu belirleyiniz.



$$Q=1.9 \text{ cm}^3/\text{s}= 1.9*10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q*4}{\pi D^2} = \frac{1.9*10^{-6} * 4}{3.14 * (2*10^{-3})^2} = 0.605 \text{ m/s}$$

$$\rho = s * \rho_{su} = 0.95 * 1000 = 950 \text{ kg/m}^3$$

1-2 arası Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_s$$

$$0 + 0 + 0.42 = \frac{0.605^2}{19.62} + 0 + 0 + \frac{32\mu * 0.3 * 0.605}{950 * 9.81 * (0.002)^2}$$

$$0.401 = \frac{5.81\mu}{0.037}$$

$$\mu = \frac{0.015}{5.81} = 0.00255 \text{ Pa.s}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{950 * 0.605 * 0.002}{0.00255} = 450 < 2000$$

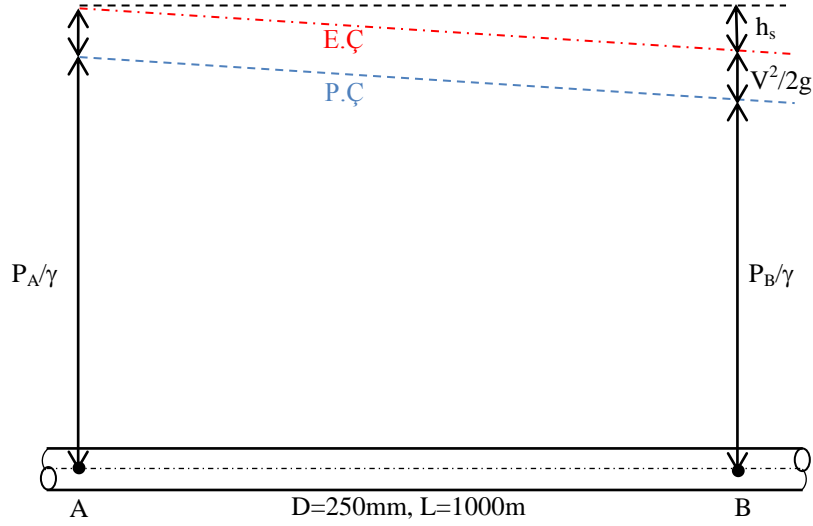
Akım laminar

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.6 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Çapı  $D=250$  mm olan asbestli çimento boru (AÇB) ile  $0.15$  m<sup>3</sup>/s debili su iletilmektedir. Boru hattının  $1000$  m uzunluğunda oluşacak enerji kaybını bulunuz.  $\nu = 1.14$  mm<sup>2</sup>/s,  $k=0.025$  mm.



$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.15 * 4}{\pi * 0.25^2} = 3.06 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} Re = 3060 * 250 / 1.14 = 671053 \\ k / D = 0.025 / 250 = 0.0001 \end{array} \right\} \text{Moody: } \lambda = 0.014$$

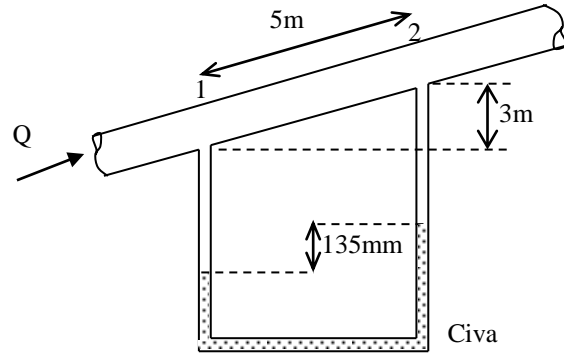
$$h_s = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.014 \frac{1000}{0.25} \frac{3.06^2}{19.62} = 26.73 \text{ m}$$

# AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.7 (White, 2009)

Şekildeki sistemde su yukarı doğru 4 m/s hız ile 6 cm çaplı boruda akmaktadır. Boruya bağlı civalı manometredeki sapma 135 mm olduğuna göre, (a) 1 ve 2 noktaları arasındaki basınç farkını ( $P_1 - P_2$ ) bulunuz, (b) 1 ve 2 noktaları arasındaki yük kaybını hesaplayınız, Boruya ait sürtünme katsayısını ( $\lambda$ ) bulunuz.



$$a) \quad p_1 + \gamma_s h - \gamma_c * 0.135 - \gamma_s (h - 0.135 + \Delta z) = p_2$$

$$p_1 - p_2 = \gamma_c * 0.135 - \gamma_s * 0.135 + \gamma_s * \Delta z$$

$$p_1 - p_2 = 13.6 * 9810 * 0.135 - 9810 * 0.135 + 9810 * 3$$

$$p_1 - p_2 = 46117 \text{ Pa}$$

$$b) \quad h_s = \frac{\Delta p}{\gamma_w} - \Delta z = \frac{46117}{9810} - 3 = 4.7 - 3.0 = 1.7 \text{ m}$$

$$c) \quad \lambda = h_s \frac{D}{L} \frac{2g}{V^2} = 1.7 \frac{0.06}{5} \frac{2 * 9.81}{4^2} = 0.025$$

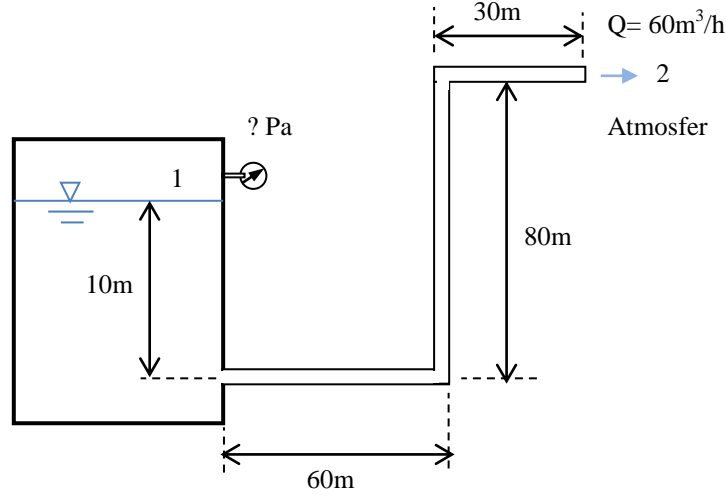


# AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.8 (White, 2009)

Depodan çıkan suyun debisinin  $60\text{m}^3/\text{h}$  olması için depodaki basıncın değeri ne olmalıdır. Akımın laminer veya türbülanslı olduğunu belirleyiniz. Boru çapı  $D=5\text{ cm}$ ,  $\rho=1000\text{ kg/m}^3$ ,  $\mu=0.001\text{ kg/m.s}$ ,  $\lambda=0.0136$



$$Q = 60\text{ m}^3/\text{h} = \frac{60}{3600} = 0.017\text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = 3.14 \frac{(5 \cdot 10^{-2})^2}{4} = 1.96 \cdot 10^{-3}\text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.017}{0.00196} = 8.67\text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1000 \cdot 8.67 \cdot 0.05}{0.001} = 433500 > 2000$$

akım türbülanslı

1-2 arası enerji denklemi

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_s$$

$$0 + \frac{p_1}{\gamma} + 10 = \frac{8.67^2}{19.62} + 0 + 80 + 0.0136 \frac{170}{0.05} \frac{8.67^2}{19.62}$$

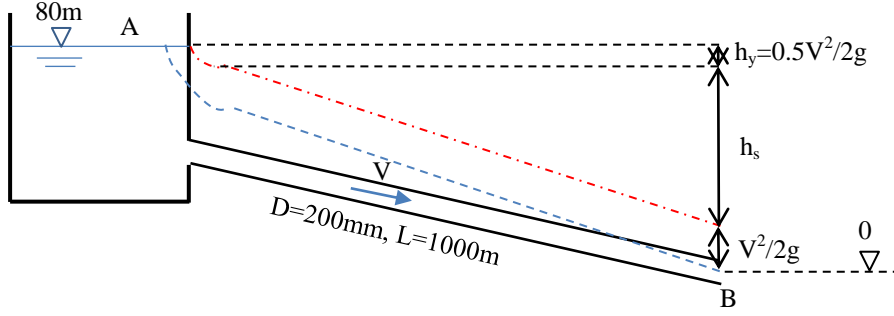
$$0 + \frac{P_1}{\gamma} + 10 = 3.83 + 0 + 80 + 177 \Rightarrow \frac{P_1}{\gamma} = 250.83\text{m} \quad P_1 = 2460642\text{ Pa} = 2460.6\text{ kPa}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.9 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Şekildeki hazne font boru sisteminin B ucundan atmosfere çıkan suyun debisini bulunuz.  
 $v=1.14 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $k=0.2 \text{ mm}$ .



A ve B noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_y + h_s$$

$$V_A \approx 0, V_B = V, p_A = p_B = 0, z_A = 80 \text{ m}, z_B = 0$$

$$80 = 0.5 \frac{V^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g}$$

$$80 = \frac{V^2}{2g} \left( 1.5 + \lambda \frac{1000}{0.2} \right)$$

$$k/D = 0.2/200 = 0.001 \quad \Rightarrow \quad \lambda = 0.02 \quad (\text{İlk tahmin değeri})$$

Bernoulli denklemi  $\lambda=0.02$  için çözülürse  $V=3.93 \text{ m/s}$  bulunur.

$\lambda$  nın sağlaması:

$$Re = 3930 * 200 / 1.14 = 689472, k/D = 0.001 \quad \Rightarrow \quad \text{Moody: } \lambda \approx 0.02$$

Hesabın tekrarlanmasına gerek duyulmamaktadır. Buna göre debi:

$$Q = V A = 3.93 * \pi * 0.1^2 = 0.123 \text{ m}^3 / \text{s}$$

## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

### Problem 7.10 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Problem 7.9 da debi  $Q=0.123 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak verildiğine göre boru çapını bulunuz.

Bernoulli denklemi tekrar yazılırsa:

$$80 = \frac{V^2}{2g} \left( 1.5 + \lambda \frac{1000}{D} \right), \quad V = \frac{0.123}{\pi D^2 / 4} = \frac{0.1566}{D^2}$$

$$80 = \frac{0.1566^2}{19.62 D^4} \left( 1.5 + \lambda \frac{1000}{D} \right) \quad \text{veya}$$

$$D = \frac{1000 * \lambda}{64004 * D^4 * 1.5}$$

İlk tahmin olarak  $\lambda=0.019$  değeri kullanılırsa:

$$D = \frac{19}{64004 D^4 * 1.5} \Rightarrow D = 0.198 \text{ m} \Rightarrow V = \frac{0.123}{\pi 0.198^2 / 4} = 4.00 \text{ m/s}$$

$$Re = 4000 * 198 / 1.14 = 694737, \quad k/D = 0.2 / 198 = 0.001 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda = 0.02$$

İkinci deneme değeri olarak  $\lambda=0.02$  değeri kullanılırsa:

$$D = \frac{20}{64004 * D^4 * 1.5} \Rightarrow D = 0.200 \text{ m} \Rightarrow V = \frac{0.123}{\pi * 0.2^2 / 4} = 3.92 \text{ m/s}$$

$$Re = 3920 * 200 / 1.14 = 687719, \quad k/D = 0.2 / 200 = 0.001 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda = 0.02$$

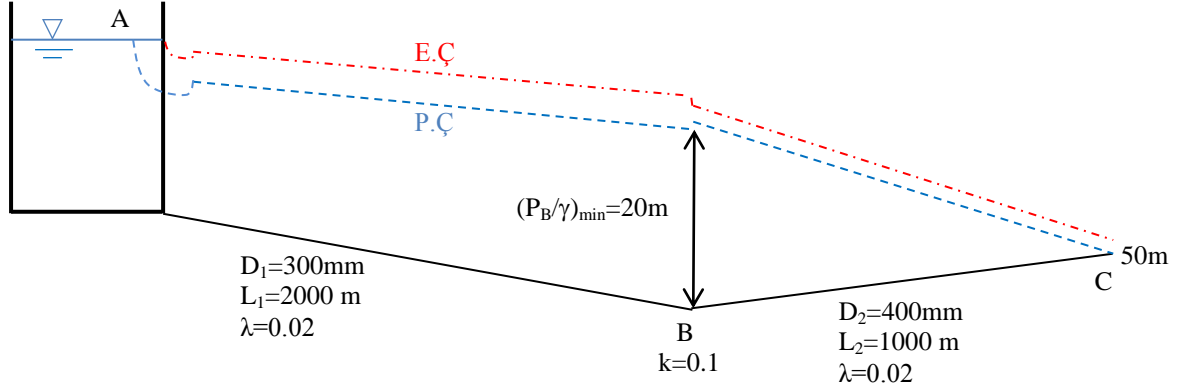
İkinci deneme değeri olan  $\lambda=0.02$  hesap hassasiyeti bakımından yeterlidir ve buna göre boru çapı olarak  $D=200 \text{ mm}$  bulunmuş olmaktadır.

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.11

Şekildeki hazne boru sisteminde BC borusunun debisi  $Q_{BC} = 50$  lt/s dir. B noktasında minimum 20m lik basınç yüksekliği istenmektedir. A haznesinin su yüzü kotuna verilebilecek minimum değeri belirleyiniz. Yerel kayıplar dikkate alınacaktır.



BC borusunda debi belli olduğuna göre:

$$Q_{BC} = 0.05 = V_{BC} * A \Rightarrow V_{BC} = \frac{0.05 * 4}{\pi * 0.4^2} = 0.40 \text{ m/s}$$

$$h_{sBC} = \lambda \frac{L}{D} + \frac{V^2}{2g} = 0.02 \frac{1000}{0.4} \frac{0.4^2}{19.62} = 0.41 \text{ m}$$

$$(z + P/\gamma)_B = (z + P/\gamma)_C + h_{sBC} = 50 + 20 + 0.41 = 70.41 \text{ m}$$

Süreklilik Denkleminden  $Q_{AB} = Q_{BC}$

$$Q_{AB} = V * A \Rightarrow V_{AB} = \frac{0.05 * 4}{\pi * 0.3^2} = 0.71 \text{ m/s}$$

$$h_{sAB} = \lambda \frac{L}{D} + \frac{V^2}{2g} = 0.02 \frac{2000}{0.3} \frac{0.71^2}{19.62} = 3.43 \text{ m}$$

$$h_{yB} = k \frac{V_{AB}^2}{2g} = 0.1 \frac{0.71^2}{19.62} = 0.003 \text{ m}$$

$$h_{yA} = k \frac{V_{AB}^2}{2g} = 0.5 \frac{0.71^2}{19.62} = 0.013 \text{ m}$$

Depo kotu:

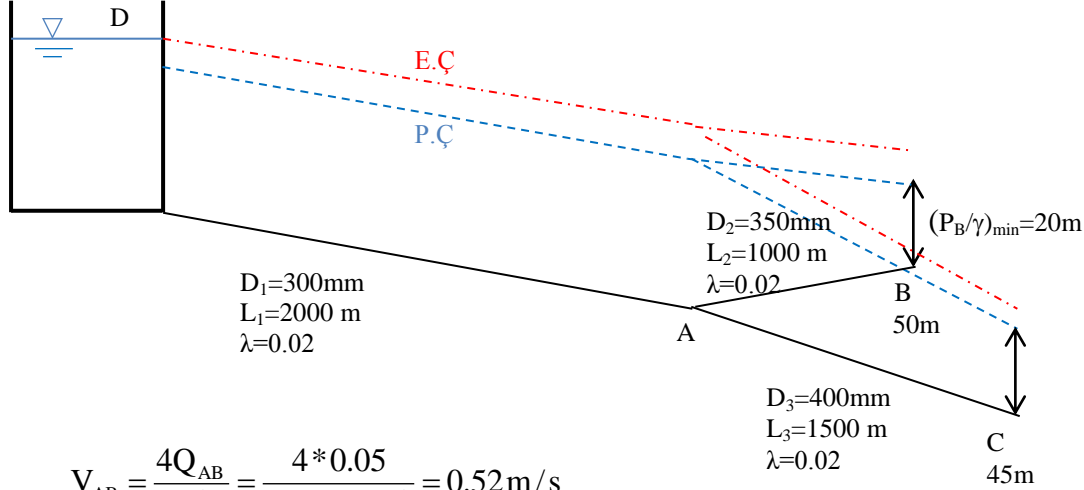
$$(z + P/\gamma)_A = (z + P/\gamma)_B + h_{sAB} + h_{yB} + h_{yA} = 70.41 + 3.43 + 0.03 + 0.013 = 73.88 \text{ m}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.12 (İlgaz ve ark., 2013)

Şekildeki hazne boru sisteminde AB borusunun debisi  $Q_{AB} = 50$  lt/s, AC Borusunun debisi  $Q_{AC} = 80$  lt/s dir. B ve C noktalarında minimum 20 m lik basınç yüksekliği istendiğine göre D haznesine verilmesi gereken minimum kotu belirleyiniz, yerel kayıplar ihmal edilecek.



$$V_{AB} = \frac{4Q_{AB}}{\pi D_{AB}^2} = \frac{4 * 0.05}{3.14 * 0.35^2} = 0.52 \text{ m/s}$$

$$h_{sAB} = \lambda \frac{L}{D} + \frac{V^2}{2g} = 0.02 \frac{1000}{0.35} + \frac{0.52^2}{19.62} = 0.79 \text{ m}$$

$$(z + P/\gamma)_A = (z + P/\gamma)_B + h_{sAB} = 50 + 20 + 0.79 = 70.79 \text{ m}$$

$$V_{AC} = \frac{4Q_{AC}}{\pi D_{AC}^2} = \frac{4 * 0.08}{3.14 * 0.4^2} = 0.64 \text{ m/s}$$

$$h_{sAC} = \lambda \frac{L}{D} + \frac{V^2}{2g} = 0.02 \frac{1500}{0.4} + \frac{0.64^2}{19.62} = 1.57 \text{ m}$$

$$(z + P/\gamma)_A = (z + P/\gamma)_C + h_{sAC} = 45 + 20 + 1.57 = 66.57 \text{ m}$$

Piyezometre kotu yüksek olan 70.79m esas alınır, minimum basınç sağlanır.:

$$(P/\gamma)_C = (z + P/\gamma)_A - h_{sAC} - z_C = 70.79 - 1.57 - 45 = 24.22 \text{ m}$$

Depo kotu:

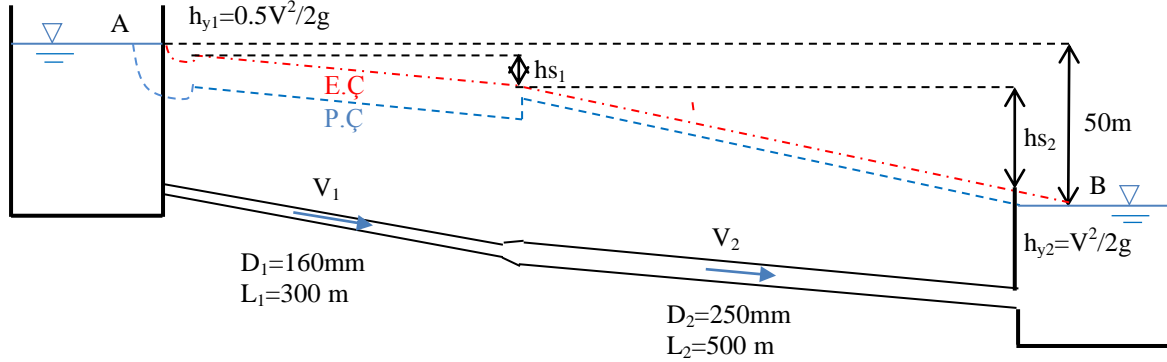
$$(z)_D = (z + P/\gamma)_A + h_{sAD} = 70.79 + 23 = 93.798 \text{ m}$$

# AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.13 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Şekilde görülen iki hazne seri bağlı plastik (PVC) boru ile birleştirilmiştir. Boru birleşim noktasında yerel kaybı ihmal ederek akımın debisini bulunuz.  $v=1.14 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $k=0.007 \text{ mm}$ .



A ve B noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{y1} + h_{s1} + h_{s2} + h_{y2}$$

$$V_A = V_B \approx 0, \quad p_A = p_B = 0, \quad z_A = 50\text{m}, \quad z_B = 0$$

$$50 = 0.5 \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2 = \left( \frac{250}{160} \right)^2 = 2.44 \Rightarrow V_1 = 2.44 V_2$$

$\lambda$  için ilk tahmin değerleri:

$$k/D_1 = 0.007/160 = 0.000044 \Rightarrow \lambda_1 = 0.013$$

$$k/D_2 = 0.007/250 = 0.000028 \Rightarrow \lambda_2 = 0.013$$

$$50 = 0.5 \frac{(2.44 V_2)^2}{19.62} + 0.013 \frac{300}{0.160} \frac{(2.44 V_2)^2}{19.62} + 0.013 \frac{500}{0.250} \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_2^2}{19.62}$$

Bu denklemden:

$$V_2 = 2.25 \text{ m/s} \quad \text{ve} \quad V_1 = 2.44 * 2.25 = 5.49 \text{ m/s}$$

$\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  değerlerinin sağlanması:

$$Re_1 = 5490 * 160 / 1.14 = 770526, \quad k/D_1 = 0.000044 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_1 = 0.013$$

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$Re_2=2250*250/1.14=493421, k/D_2=0.000028 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_2=0.0135$$

$\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  nin yeni değerleri ile ilk değerleri arasındaki farklar kabul edilebilir hassasiyette olduğundan hesabın tekrarlanmasına gerek bulunmamaktadır. Buna göre hazneler arasındaki debi:

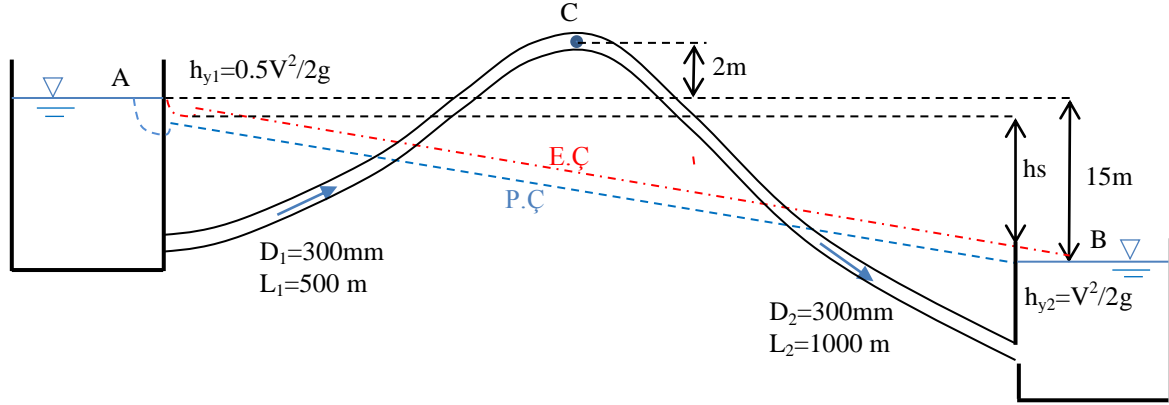
$$Q = V_1 A_1 = 5.49 * \frac{\pi * 0.16^2}{4} = 0.110 \text{ m}^3 / \text{s}$$

# AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

**Problem 7.14** (Kırkgöz ve ark, 1994)

Şekildeki iki hazne AÇB ile birleştirilmiştir. (a) borudan geçen akımın debisini, ve (b) boru hattının en yüksek noktasındaki basıncı bulunuz.  $v=1.4 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $k=0.025 \text{ mm}$ .



a) A ve B noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{y1} + h_s + h_{y2}$$

$$V_A = V_B \approx 0, \quad p_A = p_B = 0, \quad z_A = 15\text{m}, \quad z_B = 0$$

$$15 = 0.5 \frac{V^2}{2g} + \lambda \frac{1500}{0.300} \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} \quad 15 = \frac{V^2}{2g} (1.5 + 5000\lambda)$$

$k/D=0.025/300=0.000083 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda=0.014$  (İlk tahmin değeri)

Yukarıdaki denklemden  $\lambda=0.014$  için  $V=2.03 \text{ m/s}$  bulunur.  $\lambda$  nın sağlaması:

$$Re = 2030 * 300 / 1.14 = 534211, \quad k/D = 0.000083 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda = 0.014$$

$$Q = V A = 2.03 \frac{\pi * 0.3^2}{4} = 0.143 \text{ m}^3 / \text{s}$$

b) A ve C noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_C^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma} + z_C + 0.5 \frac{V^2}{2g} + \lambda \frac{500}{0.3} \frac{V^2}{2g}$$

$$V_A \approx 0, \quad V_C = V, \quad p_A = 0, \quad z_A = 0, \quad z_C = 2\text{m}$$

$$\frac{p_C}{\gamma} = -2 - \frac{V^2}{2g} (0.5 + 23.3 + 1) = -7.2 \text{ m} \Rightarrow p_C = -7.2 * 9810 = -70632 \text{ Pa}$$

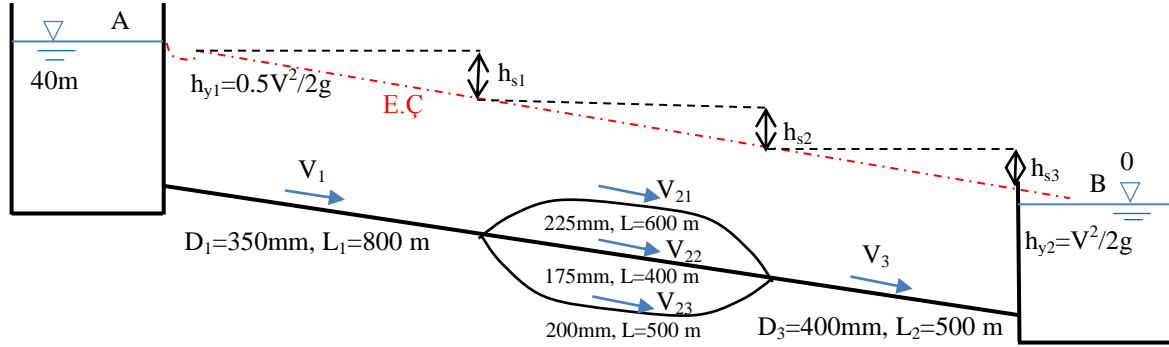


# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.15 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Şekildeki iki hazne asbestli çimento borular ile birleştirilmiştir. İki hazne arasındaki ve paralel bağlı borulardaki debileri bulunuz.  $\nu=1.4 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $k=0.02 \text{ mm}$ .



A ve B noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{y1} + h_{s1} + h_{s2} + h_{s3} + h_{y2}$$

$$V_A = V_B \approx 0, \quad p_A = p_B = 0, \quad z_A = 40\text{m}, \quad z_B = 0$$

$$40 = 0.5 \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \frac{800}{0.35} \frac{V_1^2}{2g} + h_{s2} + \lambda_3 \frac{500}{0.4} \frac{V_3^2}{2g} + \frac{V_3^2}{2g}$$

$\lambda$  için ilk tahmin değerleri:

$$k/D_1=0.02/350=0.000057 \quad \Rightarrow \quad \lambda_1=0.013$$

$$k/D_{21}=0.02/225=0.000089 \quad \Rightarrow \quad \lambda_{21}=0.013$$

$$k/D_{22}=0.02/175=0.00011 \quad \Rightarrow \quad \lambda_{22}=0.014$$

$$k/D_{23}=0.02/200=0.00010 \quad \Rightarrow \quad \lambda_{23}=0.014$$

$$k/D_3=0.02/400=0.00005 \quad \Rightarrow \quad \lambda_3=0.013$$

Paralel borular için süreklilik denklemi:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$h_{s2} = 0.013 \frac{600}{0.225} \frac{V_{21}^2}{2g} \Rightarrow V_{21} = 0.752 \sqrt{h_{s2}} \Rightarrow Q_1 = V_{21} A_{21} = 0.0299 \sqrt{h_{s2}}$$

## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$h_{s2} = 0.014 \frac{400}{0.175} \frac{V_{22}^2}{2g} \Rightarrow V_{22} = 0.783 \sqrt{h_{s2}} \Rightarrow Q_2 = V_{22} A_{22} = 0.0188 \sqrt{h_{s2}}$$

$$h_{s2} = 0.014 \frac{500}{0.200} \frac{V_{23}^2}{2g} \Rightarrow V_{23} = 0.749 \sqrt{h_{s2}} \Rightarrow Q_3 = V_{23} A_{23} = 0.0235 \sqrt{h_{s2}}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.0722 \sqrt{h_{s2}}$$

$$Q = V_1 A_1 = V_1 * \frac{\pi * 0.35^2}{4} = 0.0722 \sqrt{h_{s2}} \Rightarrow h_{s2} = 1.776 V_1^2$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \left( \frac{D_3}{D_1} \right)^2 = \left( \frac{400}{350} \right)^2 = 1306 \Rightarrow V_3 = \frac{V_1}{1.306}$$

$$40 = 0.5 \frac{V_1^2}{2g} + 0.013 \frac{800}{0.35} \frac{V_1^2}{2g} + 1.776 V_1^2 + 0.013 \frac{500}{0.4} \frac{(V_1/1.306)^2}{2g} + \frac{(V_1/1.306)^2}{2g}$$
$$40 = \frac{V_1^2}{2g} (0.5 + 29.71 + 34.85 + 9.53 + 0.59)$$

$$V_1 = 3.23 \text{ m/s} \Rightarrow V_3 = 3.23 / 1.306 = 2.47 \text{ m/s}$$

$\lambda$  Değerlerinin sağlaması:

$$Re_1 = 3230 * 350 / 1.14 = 991667, k/D_1 = 0.000057 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_1 = 0.013$$

$$Re_3 = 2470 * 400 / 1.14 = 866667, k/D_3 = 0.00005 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_3 = 0.013$$

Çözümü tekrarlamaya gerek yoktur. Buna göre iki hazne arasındaki debi:

$$Q = V_1 A_1 = 3.23 * \frac{\pi * 0.35^2}{4} = 0.311 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$h_{s2} = 1.776 * 3.23^2 = 18.53 \text{ m}$$

Paralel borulardaki debiler:

$$Q_1 = 0.0299 \sqrt{h_{s2}} = 0.129 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_2 = 0.0188 \sqrt{h_{s2}} = 0.081 \text{ m}^3 / \text{s}$$

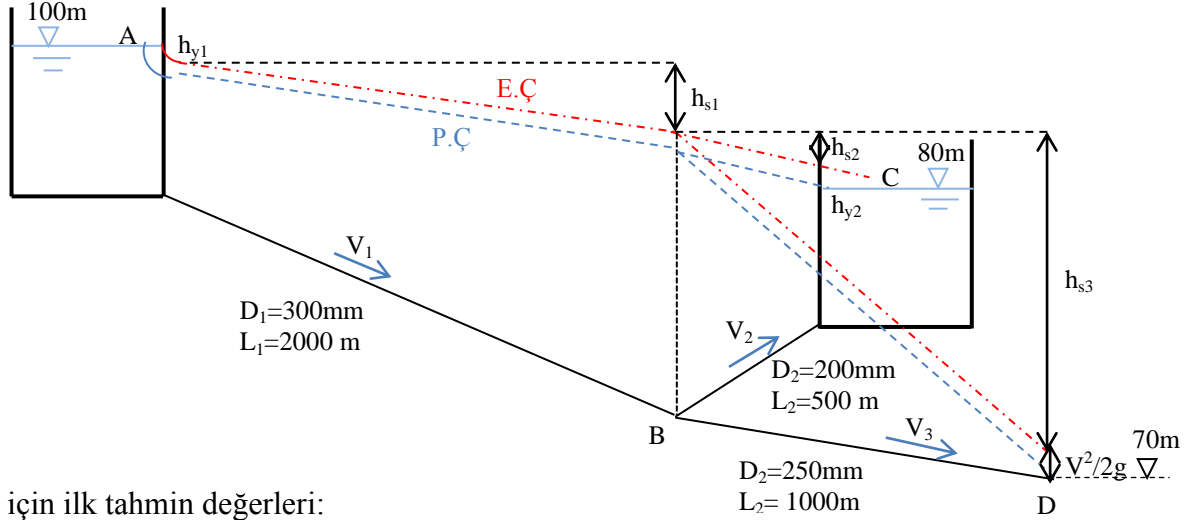
$$Q_3 = 0.0235 \sqrt{h_{s2}} = 0.101 \text{ m}^3 / \text{s}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.16 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Şekildeki font borularda akım yönlerini ve debileri bulunuz.  $v=1.14 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $k=0.2 \text{ mm}$



$\lambda$  için ilk tahmin değerleri:

$$k/D_1=0.2/300=0.00067 \quad \Rightarrow \quad \lambda_1=0.019$$

$$k/D_2=0.2/200=0.001 \quad \Rightarrow \quad \lambda_2=0.020$$

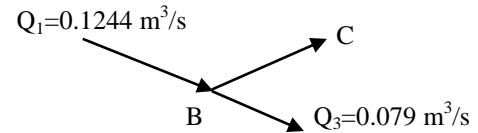
$$k/D_3=0.2/250=0.0008 \quad \Rightarrow \quad \lambda_3=0.019$$

AB ve BD borularında akım yönleri bellidir. BC borusunda akım yönünü belirlemek için bu boruda akımın olmadığını kabul edelim. Buna göre AB borusundan gelen debi BD borusundan geçmek durumundadır. Bu şartlar altında AB ve BD borularındaki debiler yaklaşık olarak aşağıdaki gibi bulunabilir:

$$h_{s1} = 20 = 0.019 \frac{2000}{0.3} \frac{V_1^2}{19.62} \Rightarrow V_1 = 1.76 \text{ m/s} , \quad Q_1 = V_1 A_1 = 0.1244 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{s3} = 10 = 0.019 \frac{1000}{0.25} \frac{V_3^2}{19.62} \Rightarrow V_3 = 1.61 \text{ m/s} , \quad Q_3 = V_3 A_3 = 0.0790 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_1 > Q_3$  olduğundan AB borusundan gelen debinin bir kısmı C haznesine yönelmek durumundadır. Böylece BC borusundaki akımın yönü belirlenmiş olmaktadır.



## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

**A ve C noktaları arasında Bernoulli denklemi:**

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_C^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma} + z_C + h_{y1} + h_{s1} + h_{s2} + h_{y2}$$

$$V_A = V_C \approx 0, \quad p_A = p_C = 0, \quad z_A = 100 \text{ m}, \quad z_C = 80 \text{ m}$$

$$20 = 0.5 \frac{V_1^2}{2g} + 0.019 \frac{2000}{0.3} \frac{V_1^2}{2g} + 0.02 \frac{500}{0.2} \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$20 = 6.48 V_1^2 + 2.60 V_2^2 \quad (1)$$

**A ve D noktaları arasında Bernoulli denklemi:**

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_D^2}{2g} + \frac{p_D}{\gamma} + z_D + h_{y1} + h_{s1} + h_{s3}$$

$$V_A \approx 0, \quad p_A = p_D = 0, \quad z_A = 100 \text{ m}, \quad z_D = 70 \text{ m}$$

$$30 = 6.48 V_1^2 + 0.019 \frac{1000}{0.25} \frac{V_3^2}{2g} + \frac{V_3^2}{2g}$$

$$30 = 6.48 V_1^2 + 3.92 V_3^2 \quad (2)$$

**B düğüm noktasında süreklilik denklemi:**

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$V_1 \frac{\pi D_1^2}{4} = V_2 \frac{\pi D_2^2}{4} + V_3 \frac{\pi D_3^2}{4}$$

$$0.09 V_1 = 0.04 V_2 + 0.0625 V_3 \quad (3)$$

(1) ve (2) denklemlerinden:

$$V_2 = \sqrt{7.69 - 2.49 V_1^2}, \quad V_3 = \sqrt{7.65 - 1.65 V_1^2} \quad (4)$$

Bu değerler (3) denkleminde yerine konularak  $V_1$  çözümlürse:

$$0.09 V_1 = 0.04 \sqrt{7.69 - 2.49 V_1^2} + 0.0625 \sqrt{7.65 - 1.65 V_1^2}$$

$$V_1 = 0.444 \sqrt{7.69 - 2.49 V_1^2} + 0.694 \sqrt{7.65 - 1.65 V_1^2} \Rightarrow V_1 = 1.650 \text{ m/s}$$

(4) denklemlerinden  $\Rightarrow V_2 = 0.954 \text{ m/s}$  ve  $V_3 = 1.777 \text{ m/s}$

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$\lambda$  değerlerinin sağlanması:

$$Re_1 = 1650 * 300 / 1.14 = 434211, \quad k/D_1 = 0.00067 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_1 = 0.0185$$

$$Re_2 = 954 * 200 / 1.14 = 167368, \quad k/D_2 = 0.001 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_2 = 0.021$$

$$Re_3 = 1777 * 250 / 1.14 = 389693, \quad k/D_3 = 0.0008 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_3 = 0.0195$$

Yeni  $\lambda$  değerleri ilk tahmin değerlerine oldukça yakın olduğundan hesaplar tekrarlanmayacaktır. Buna göre üç borudaki debiler:

$$Q_1 = 1.650 \frac{\pi 0.3^2}{4} = 0.117 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_2 = 0.954 \frac{\pi 0.2^2}{4} = 0.030 \text{ m}^3 / \text{s}$$

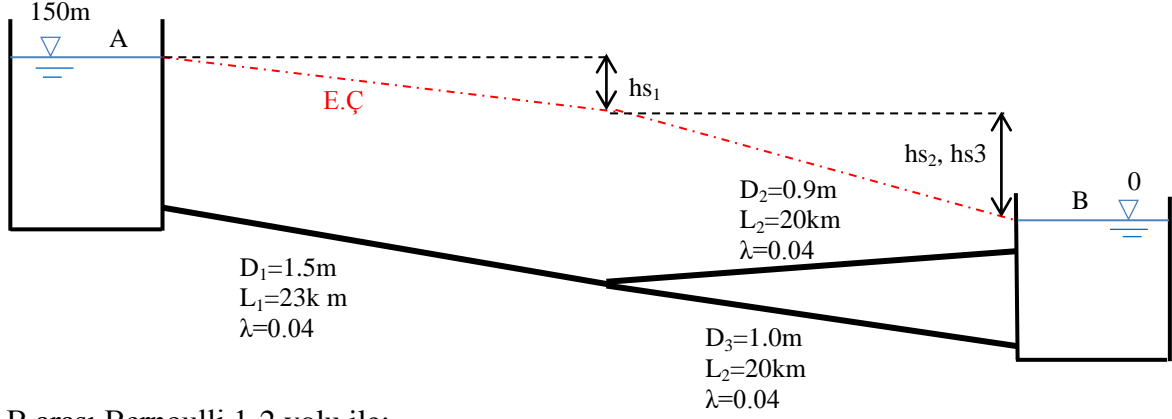
$$Q_3 = 1.777 \frac{\pi 0.25^2}{4} = 0.087 \text{ m}^3 / \text{s}$$

# AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.17

Rezervuarlar şekilde görüldüğü gibi bağlıdır. Her bir borudaki debileri belirleyiniz. Yerel kayıplar ihmal edilecektir.



A-B arası Bernoulli 1-2 yolu ile:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{s1} + h_{s2}$$

$$z_A = \lambda_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g}$$

$$150 = 0.04 \frac{23000}{1.5} \frac{V_1^2}{19.62} + 0.04 \frac{20000}{0.9} \frac{V_2^2}{19.62}$$

$$150 = 31.261 V_1^2 + 45.305 V_2^2$$

(1)

A-B arası Bernoulli denklemi 1-3 yolu ile:

$$150 = 31.261 V_1^2 + 0.04 \frac{20000}{1.0} \frac{V_3^2}{19.62}$$

$$150 = 31.261 V_1^2 + 43.775 V_3^2$$

(2)

Süreklilik denklemi:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \Rightarrow A_1 V_1 = A_2 V_2 + A_3 V_3$$

$$D_1^2 V_1 = D_2^2 V_2 + D_3^2 V_3 \Rightarrow 2.25 * V_1 = 0.810 * V_2 + 1.0 * V_3$$

(3)

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

(2) den (1) çıkarılarak:

$$0 = 45.305 V_2^2 + 40.775 V_3^2 \Rightarrow V_3 = 1.054 V_2 \quad (4)$$

$V_3$  ifadesi (3) de yerine yazılarak:

$$2.25 * V_1 = 0.810 * V_2 + 1.0 * (1.054 * V_2) \Rightarrow V_1 = 0.828 V_2 \quad (5)$$

$V_1$  ifadesi (1) de yerine yazılarak:

$$150 = 31.261 * (0.828 * V_2) + 45.305 V_2^2 \Rightarrow V_2 = 1.499 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 1.241 \text{ m/s}$$

$$V_3 = 1.580 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = A_1 V_1 = \pi \frac{1.5^2}{4} * 1.241 = 2.193 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_2 = A_2 V_2 = \pi \frac{0.9^2}{4} * 1.499 = 0.954 \text{ m}^3 / \text{s}$$

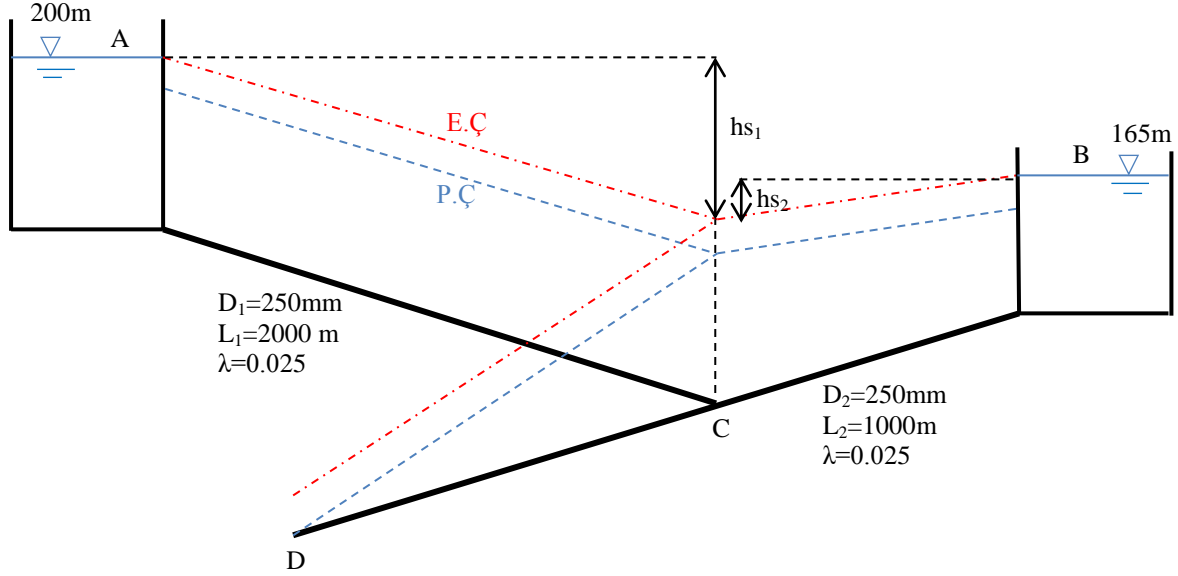
$$Q_3 = A_3 V_3 = \pi \frac{1.0^2}{4} * 1.580 = 1.241 \text{ m}^3 / \text{s}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

**Problem 7.18** (Sığiner ve Sümer, 1980)

Şekildeki boru sisteminde C noktasını piyezometre kotu 160m dir. AC. BC. DC borularındaki debiyi bulunuz. Yerel kayıpları ihmal ederek, enerji çizgisini çiziniz. tüm borularda  $\lambda=0.025$  alınacaktır.



A-C arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_C^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma} + z_C + h_{s1} \quad 200 = 160 + h_{s1} \quad h_{s1} = 40m$$

$$h_{s1} = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} \Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{19.62 * 0.25 * 40}{0.025 * 2000}} = 1.98 m/s$$

$$Q_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} * V_1 = \frac{\pi * 0.25^2}{4} * 1.98 = 0.0972 m^3/s = 97.2 lt/s$$

B-C arası Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B = \frac{V_C^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma} + z_C + h_{s2} \quad 165 = 160 + h_{s2} \quad h_{s2} = 5m$$

$$h_{s2} = \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{19.62 * 0.25 * 5}{0.025 * 1000}} = 1.0 m/s$$

$$Q_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} * V_2 = \frac{\pi * 0.25^2}{4} * 1.0 = 0.4909 m^3/s = 49.1 lt/s$$

Süreklilik denkleminde:  $Q_{CD} = Q_1 + Q_2 = 97.2 + 49.1 = 146.3 lt/s$

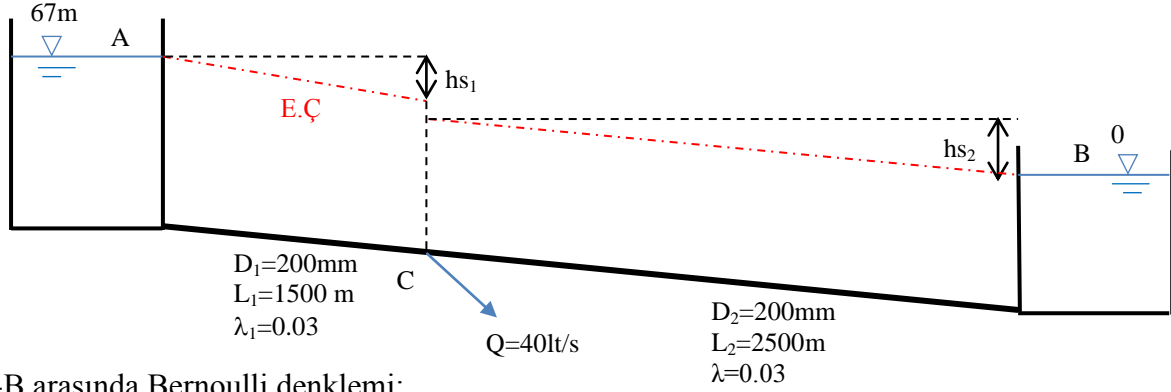


# AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

**Problem 7.19** (Sığiner ve Sümer, 1980)

Şekildeki boru sisteminde C noktasında bir musluk ile 40 lt/s lik debi çekilmektedir. Yersel yük kayıplarını ihmal ederek B haznesine giden akımın debisini bulunuz.



A-B arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{s1} + h_{s2}$$

$$67 = h_{s1} + h_{s2} = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g}$$

$$67 = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{1}{2g} \left( \frac{4Q_1}{\pi D_1^2} \right)^2 + \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{1}{2g} \left( \frac{4Q_2}{\pi D_2^2} \right)^2$$

$$67 = \lambda * L_1 * \frac{16}{2g * \pi^2 * D^5} Q_1^2 + \lambda * 1.665 L_1 * \frac{16}{2g * \pi^2 * D^5} Q_2^2$$

$$(Q_1^2 + 1.665 Q_2^2) * \frac{16 * \lambda * L_1}{2g * \pi^2 * D^5} = 67$$

$$(Q_1^2 + 1.665 Q_2^2) * \frac{16 * 0.03 * 1500}{19.62 * 3.14^2 * 0.2^5} = 67$$

$$Q_1^2 + 1.665 Q_2^2 = 0.00577$$

(1)

Süreklilik denklemi:

$$Q_1 = Q_2 + 0.04$$

(2)

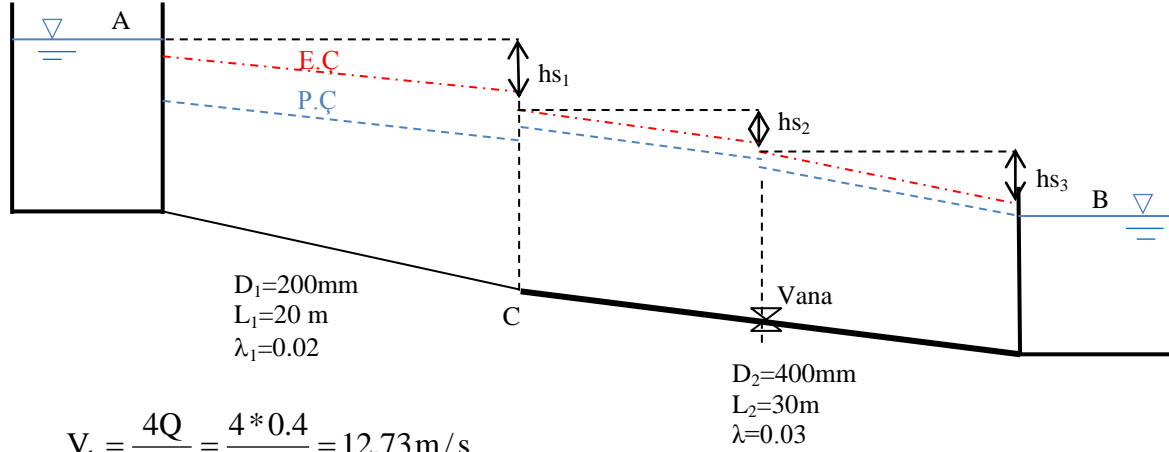
1 ve (2) den:  $Q_2 = 0.0273 \text{ m}^3/\text{s} = 27.3 \text{ lt/s}$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.20 (Ilgaz ve ark., 2013)

Şekildeki hazne boru sistemi ile A haznesinden B haznesine  $Q=400$  lt/s lik debi iletilmektedir. Vananın yersel yük kaybı katsayısı  $k=10$  dur. Sürekli ve yersel yük kayıplarını dikkate alarak iki haznenin su yüzü kotları arasındaki farkı hesap ediniz, sistemin enerji çizgisini çiziniz.



$$V_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} = \frac{4 * 0.4}{\pi 0.4^2} = 12.73 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2} = \frac{4 * 0.4}{\pi 0.2^2} = 3.18 \text{ m/s}$$

Hazneden boruya giriş kaybı:

$$h_{y1} = 0.5 \frac{V_1^2}{2g} = 0.5 \frac{12.73^2}{19.62} = 4.13 \text{ m}$$

Birinci borudaki yersel yük kaybı:

$$h_{s1} = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0.02 \frac{20}{0.20} \frac{12.73^2}{19.62} = 16.52 \text{ m}$$

Boruların genişlemesindeki yersel yük kaybı:  $h_{y2} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \frac{(12.73 - 3.18)^2}{19.62} = 4.65 \text{ m}$

İkinci borudaki sürekli yük kaybı:

$$h_{s2} = \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} = 0.03 \frac{30}{0.40} \frac{3.18^2}{19.62} = 1.16 \text{ m}$$

Vanadaki yerel yük kaybı;

$$h_{y3} = k \frac{V_2^2}{2g} = 10 \frac{3.18^2}{19.62} = 5.15 \text{ m}$$

Borudan hazneye giriş kaybı;

$$h_{y4} = \frac{V_2^2}{2g} = \frac{3.18^2}{19.62} = 0.52 \text{ m}$$

Toplam kayıp ;

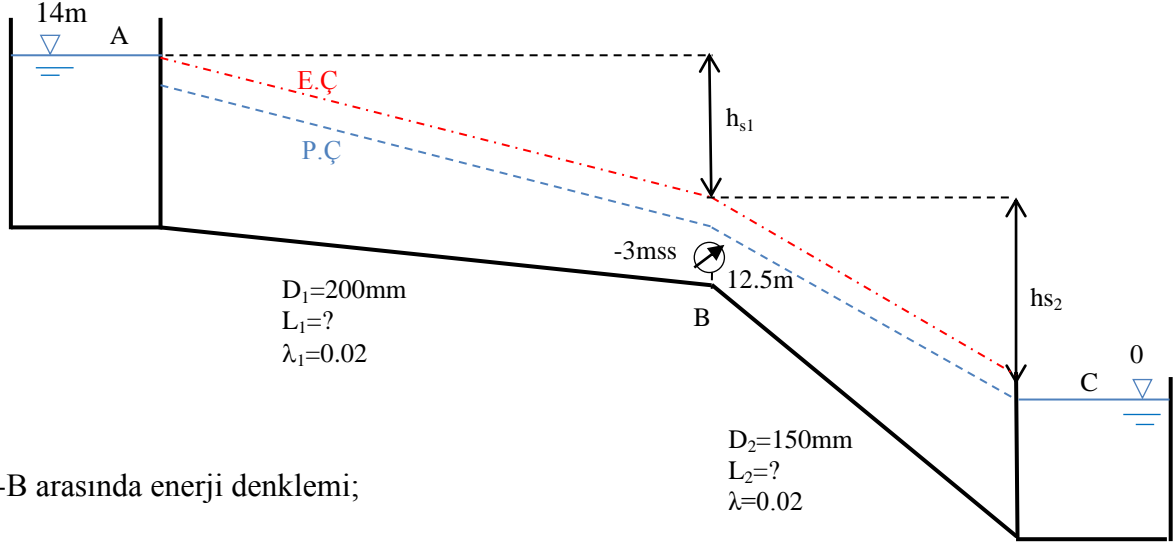
$$\Sigma h_k = 4.13 + 16.52 + 4.65 + 1.16 + 5.15 + 0.52 = 32.13 \text{ m}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

**Problem 7.21** (Soğukoğlu, 1991)

Şekildeki hazne boru sisteminde boruların toplam uzunluğu 3050m olduğuna göre, 1 ve 2 borularının boylarını belirleyiniz. Yerel kayıpları ihmal edilecektir.



A-B arasında enerji denklemi;

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{P_B}{\gamma} + z_B + h_{s1}$$

$$V_A=0, \quad P_A=0, \quad z_A-z_B=1.5m$$

$$1.5 = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{P_B}{\gamma} + \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} \quad (1)$$

A-C arasında enerji denklemi;

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_C^2}{2g} + \frac{P_C}{\gamma} + z_C + h_{s1} + h_{s2}$$

$$V_A=V_C=0, \quad P_A=P_C=0, \quad z_A-z_C=14m$$

$$14 = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} \quad (2)$$

Süreklilik denkleminde:

$$Q_1 = Q_2 = V_1 \frac{\pi D_1^2}{4} = V_2 \frac{\pi D_2^2}{4} = V_1 D_1^2 = V_2 D_2^2 \quad (3)$$

$$L_1 + L_2 = 3050m \quad (4)$$

## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

4 bilinmeyen ( $L_1, L_2, V_1, V_2$ ) ve 4 denklem çözülürse:

(3) nolu denklemden:

$$V_2 = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 * V_1$$

(4) nolu denklemden:

$$L_2 = 3050 - L_1$$

(1) nolu denklemden:

$$1.5 - \frac{p_B}{\gamma} = \frac{V_1^2}{2g} \left( 1 + \lambda \frac{L_1}{D_1} \right)$$

$$1.5 - (-3) = \frac{V_1^2}{2g} \left( 1 + 0.02 \frac{L_1}{0.2} \right)$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{4.5}{1 + 0.1L_1} \quad (5)$$

(2) nolu denklemden:

$$14 = \frac{V_1^2}{2g} \left[ 0.02 \frac{L_1}{0.2} + 0.02 \frac{3050 - L_1}{0.15} \left( \frac{0.2}{0.15} \right)^4 \right] \quad (6)$$

(5) nolu denklem (6) da yerine yazılır ise:

$$14 = \frac{4.5}{1 + 0.1L_1} \left[ 0.02 \frac{L_1}{0.2} + 0.02 \frac{3050 - L_1}{0.15} \left( \frac{0.2}{0.15} \right)^4 \right]$$

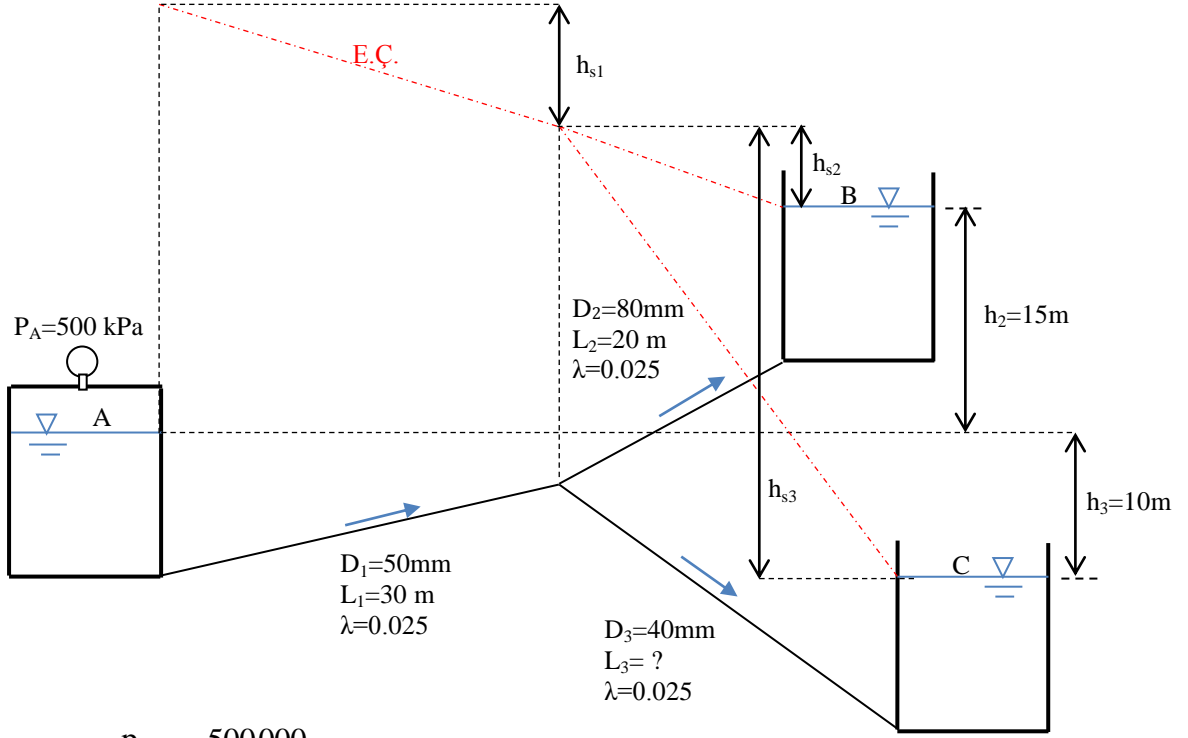
Buradan  $L_1$  çekilir ise:  $L_1 = 2027.3\text{m}$  ve  $L_2 = 1022.7\text{m}$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.22 (Soğukoğlu, 1991)

Şekildeki sistemde A deposu kapalı olup içerisindeki su üzerinde  $P_A=500\text{kPa}$  basınç mevcuttur. B ve C tankları atmosfere açık olup A deposundan şekilde gösterildiği gibi beslenmektedir. A deposundan gelen suyun %25'i B deposuna gittiğine göre yerel kayıpları ihmal ederek;  $L_3$  uzunluğunu, her bir borudaki debiyi hesaplayınız.



$$h_A = \frac{p_A}{\gamma_{\text{su}}} = \frac{500000}{10000} = 50\text{mss}$$

A-B arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{s1} + h_{s2}$$

$$\frac{p_A}{\gamma} + z_A - z_B = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g}$$

$$50 - 15 = 0.025 \frac{30}{0.05} \frac{V_1^2}{2g} + 0.025 \frac{20}{0.08} \frac{V_2^2}{2g}$$

$$35 = 0.7645V_1^2 + 0.31V_2^2$$

(1)

A-C arası Bernoulli denklem:

## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_C^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma} + z_C + h_{s1} + h_{s3}$$

$$\frac{p_A}{\gamma} + z_A - z_C = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda \frac{L_3}{D_3} \frac{V_3^2}{2g}$$

$$50 + 10 = 0.025 \frac{30}{0.05} \frac{V_1^2}{2g} + 0.025 \frac{L_3}{0.04} \frac{V_3^2}{2g}$$

$$60 = 0.7645V_1^2 + 0.3186L_3V_3^2$$

(2)

Süreklilik denklemi, A deposundan gelen suyun %25'i B deposuna, %75'i C deposuna gittiğine göre:

$$\frac{\pi D_2^2}{4} V_2 = 0.25 \frac{\pi D_1^2}{4} V_1 \Rightarrow V_2 = 0.0976V_1 \quad (3)$$

$$\frac{\pi D_3^2}{4} V_3 = 0.75 \frac{\pi D_1^2}{4} V_1 \Rightarrow V_3 = 1.1718V_1 \quad (4)$$

(3) ifadesi (1) de yerine yazılır ise:

$$35 = 0.7645 + 0.003037)V_1^2 \Rightarrow V_1 = 6.7528 \text{ m/s}$$

$$(3) \text{ den } V_2 = 0.0976V_1 = 0.0976 * 6.7528 = 0.659 \text{ m/s}$$

$$(4) \text{ den } V_3 = 1.1718V_1 = 1.1718 * 6.7528 = 7.913 \text{ m/s}$$

(2) denkleminde  $V_1$  ve  $V_3$  yerine yazılırsa;

$$60 = 0.7645 * 6.7528^2 + 0.3186 * L_3 * 7.913^2$$

$$L_3 = 12.60 \text{ m}$$

$$Q_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} V_1 = 13.259 \text{ lt/s}$$

$$Q_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} V_2 = 3.3115 \text{ lt/s}$$

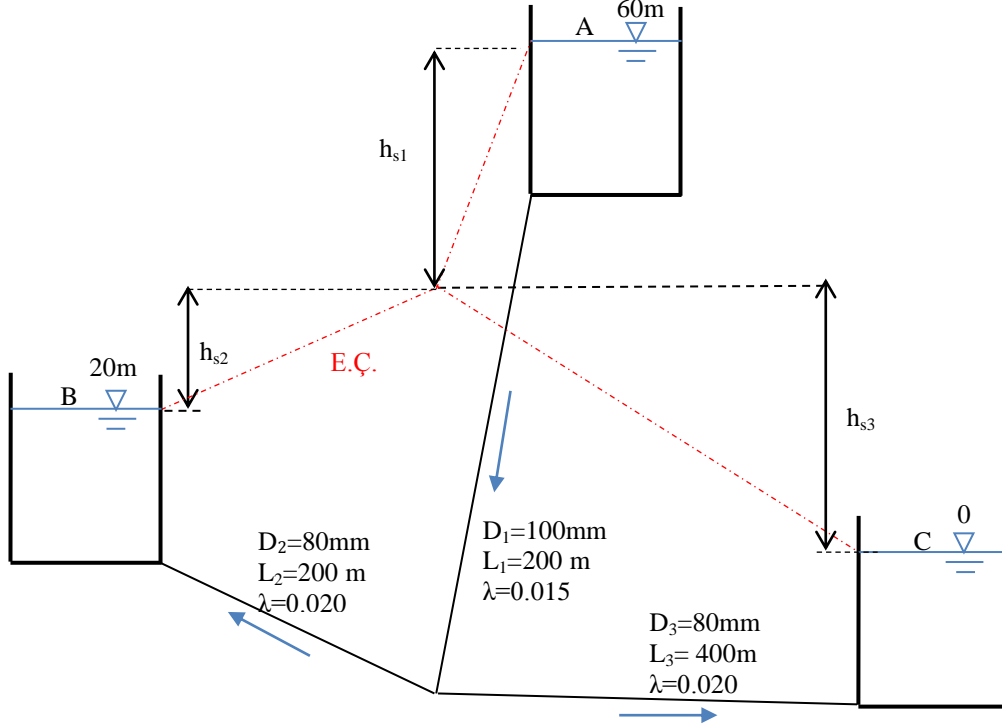
$$Q_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} V_3 = 9.9436 \text{ lt/s}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.23 (Young ve ark., 2013)

Şekildeki hazne boru sisteminde yerel kayıpları ihmal ederek her bir borudaki akımın yönünü ve debiler hesaplayınız.



$$h_{s1} = 40 = 0.015 \frac{200}{0.1} \frac{V_1^2}{19.62} \Rightarrow V_1 = 5.12 \text{ m/s} \Rightarrow Q_1 = 0.040 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{s2} = 20 = 0.020 \frac{200}{0.08} \frac{V_2^2}{19.62} \Rightarrow V_2 = 2.8 \text{ m/s} \Rightarrow Q_2 = 0.014 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_1 > Q_2$  olduğundan A haznesinden B ve C haznelerine akım olacaktır.

A-B arasında enerji denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{s1} + h_{s2}$$

$$40 = 0.015 \frac{200}{0.1} \frac{V_1^2}{2g} + 0.02 \frac{200}{0.08} \frac{V_2^2}{2g}$$

$$40 = 1.53 V_1^2 + 2.55 V_2^2 \quad V_2 = 3.96 - 0.78 V_1$$

(1)

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

A-C arasında enerji denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{s1} + h_{s3}$$

$$60 = 0.015 \frac{200}{0.1} \frac{V_1^2}{2g} + 0.02 \frac{400}{0.08} \frac{V_3^2}{2g}$$

$$60 = 1.53V_1^2 + 5.1V_3^2 \quad V_3 = 3.43 - 0.55V_1 \quad (2)$$

Süreklilik denklemi:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 + V_3 A_3$$

$$V_1 \frac{\pi D_1^2}{4} = V_2 \frac{\pi D_{21}^2}{4} + V_3 \frac{\pi D_3^2}{4}$$

$$0.0079 * V_1 = 0.005 * V_2 + 0.005 * V_3 \quad (3)$$

(1) ve (2) ifadeleri (3) de yerine yazılır ise

$$0.0079 * V_1 = 0.005 * (3.96 - 0.78V_1) + 0.005(3.43 - 0.55V_1)$$

$$0.0146V_1 = 0.037 \quad \Rightarrow V_1 = 2.53 \text{ m/s} \Rightarrow Q_1 = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_2 = 3.96 - 0.78 * 2.53 \Rightarrow V_2 = 1.99 \text{ m/s} \Rightarrow Q_2 = 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_3 = 3.43 - 0.55 * 2.53 \Rightarrow V_3 = 2.04 \text{ m/s} \Rightarrow Q_3 = 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

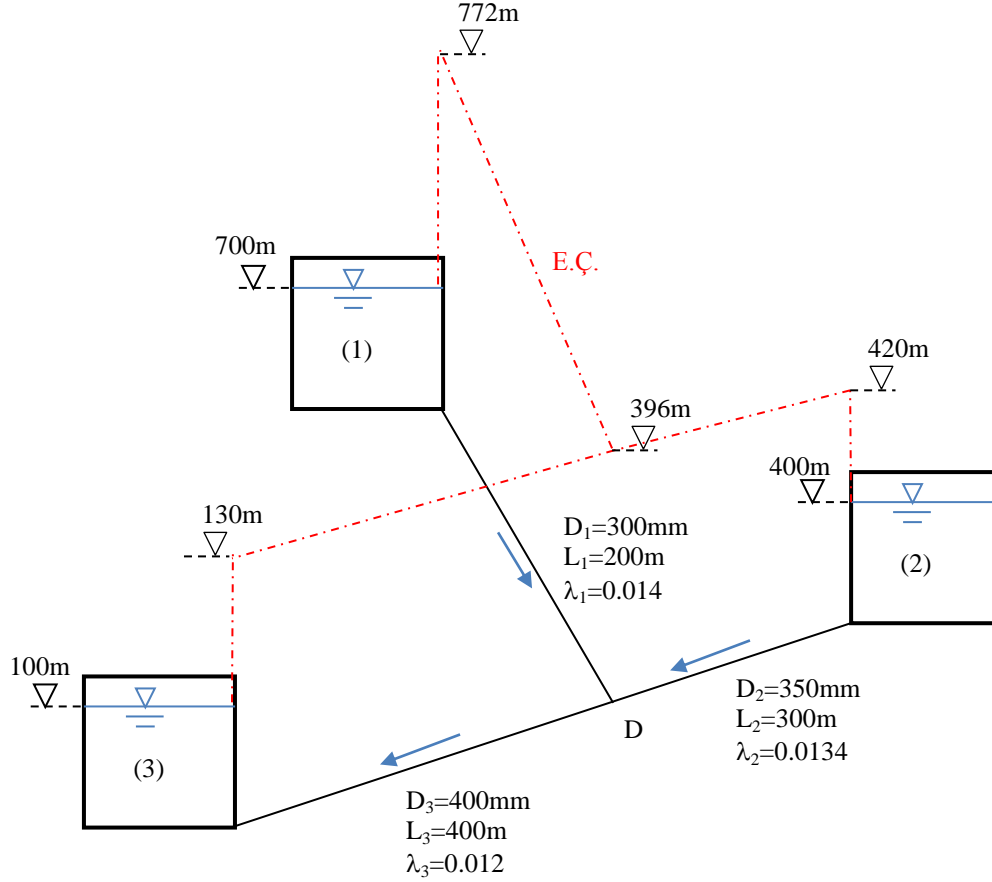


# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.24 (Yüksel, 2008)

Şekilde görülen hazne boru sisteminde (1) nolu kapalı tanktaki basınç 72mss, (2) nolu tankta 20mss ve (3) nolu tankta 30mss dir. Ayrıca boruların birleşim yeri olan D noktasında ise basınç yüksekliği 396m olarak ölçüldüğüne göre borulardan geçecek debiyi belirleyiniz. Sistemin enerji çizgisini çiziniz. Yerel kayıplar ihmal edilecektir.



1-D arası enerji denklemi:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \left( \frac{P_D}{\gamma} + z \right) + h_{s1D}$$

$$72 + 700 = 396 + 0.014 \frac{200}{0.3} \frac{V_{1D}^2}{19.62}$$

$$V_{1D} = 28.11 \text{ m/s} \Rightarrow Q_{1D} = 1.987 \text{ m}^3/\text{s}$$

2-D arası enerji denklemi:

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$\frac{P_2}{\gamma} + z_2 = \left( \frac{P_D}{\gamma} + z \right) + h_{s2D}$$

$$20 + 400 = 396 + 0.0134 \frac{300}{0.35} \frac{V_{2D}^2}{19.62}$$

$$V_{2D} = 6.4 \text{ m/s} \Rightarrow Q_{2D} = 0.616 \text{ m}^3/\text{s}$$

Süreklilik denkleminde:

$$Q_{3D} = Q_{1D} + Q_{2D} = 1.987 + 0.616 = 2.603 \text{ m}^3/\text{s}$$

## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

### Problem 7.25

0.305cm çapında ve 9.14m uzunluğundaki yatay borudan düzenli olarak 0.914m/s ortalama hızla su akıtmaktadır. Borudaki yük kaybını, basınç düşüşünü yenmek için gerekli pompa gücünü hesaplayınız. +4°C de  $\gamma_{su}=1000 \text{ kg/m}^3$   $\mu_{su}=0.001545 \text{ Pa s}$ .

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1000 * 0.914 * 0.00305}{0.001545} = 1804 < 2000 \quad \text{Laminer akım}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1804} = 0.0355$$

$$h_s = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.0355 \frac{9.14}{0.00305} \frac{0.914^2}{19.62} = 4.53 \text{m}$$

Bu kayıp yüksekliği basınç cinsinden:

$$h_s = \frac{P}{\gamma} \Rightarrow P = h_s * \gamma = 4.53 * 9810 = 44439.3 \text{Pa}$$

$$Q = VA = 0.914 * \frac{\pi * 0.00305^2}{4} = 6.675 * 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$$

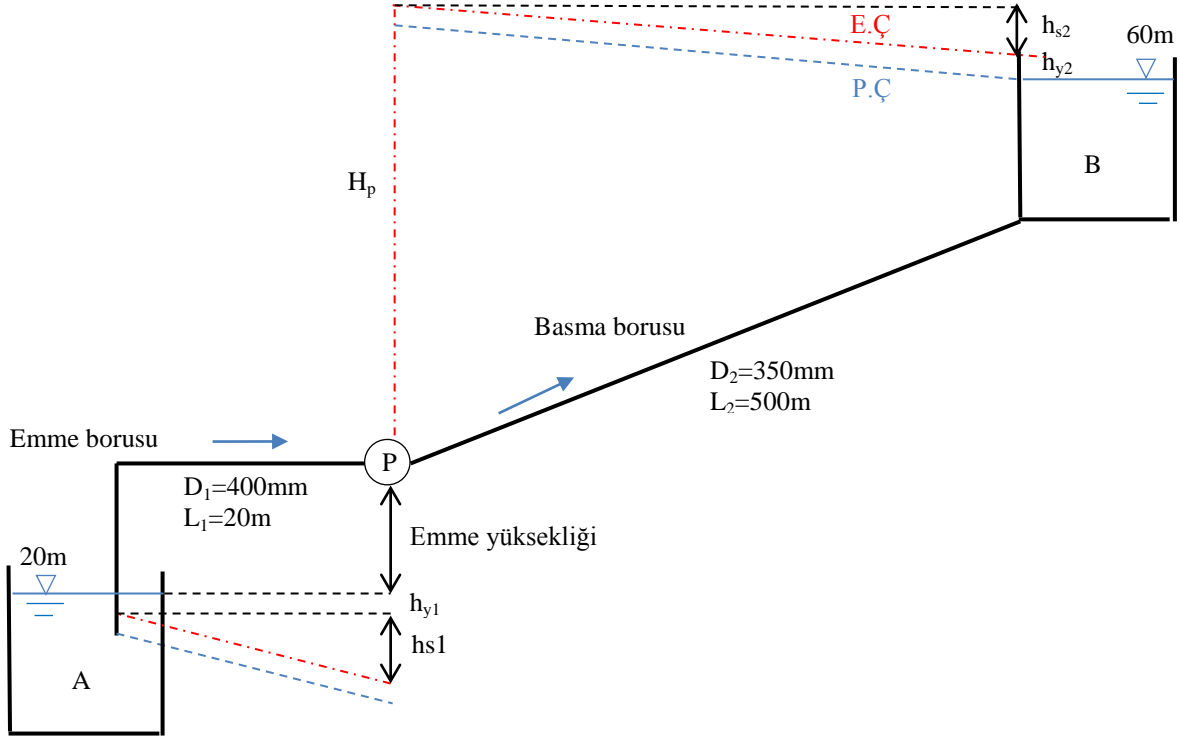
$$P = \gamma Q h_s = 9810 * 6.675 * 10^{-6} * 4.53 = 0.30 \text{W}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.26 (Kırkgöz ve ark, 1994)

$\rho=860 \text{ kg/m}^3$  ve  $\nu=18.6 \text{ mm}^2/\text{s}$  olan bir yağ  $Q=0.2 \text{ m}^3/\text{s}$  debi ile iki hazne arasında pompalanmaktadır. Pompa tarafından akıma verilen gücü ve pompa veriminin  $\eta=75\%$  olması halinde pompa gücünü bulunuz.  $k=0.007 \text{ mm}$ .



A ve B noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A - h_{y1} - h_{s1} + H_P - h_{s2} - h_{y2} = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B$$

$$V_A = V_B \approx 0, \quad p_A = p_B = 0, \quad z_A = 20\text{m}, \quad z_B = 60\text{m}$$

$$H_P = 40 + 0.5 \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_1 = \frac{0.2 \cdot 4}{\pi \cdot 0.4^2} = 1.59 \text{ m/s}, \quad V_2 = \frac{0.2 \cdot 4}{\pi \cdot 0.35^2} = 2.08 \text{ m/s}$$

$$Re_1 = 1590 \cdot 400 / 18.6 = 34194, \quad k/D_1 = 0.007/400 = 0.000018 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_1 = 0.023$$

$$Re_2 = 2080 \cdot 350 / 18.6 = 39140, \quad k/D_2 = 0.007/350 = 0.00002 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda_2 = 0.022$$

Bu değerler Bernoulli denkleminde yerine yazılır ise:

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$H_p = 40 + 0.5 \frac{1.59^2}{2g} + 0.023 \frac{20}{0.4} \frac{1.59^2}{2g} + 0.022 \frac{500}{0.35} \frac{2.08^2}{2g} + \frac{2.08^2}{2g} = 47.36 \text{ m}$$

Akıma verilen güç:

$$P = \gamma Q H_p = 9.81 * 860 * 0.2 * 47.36 = 79911 \text{ W}$$

Pompanın gücü:

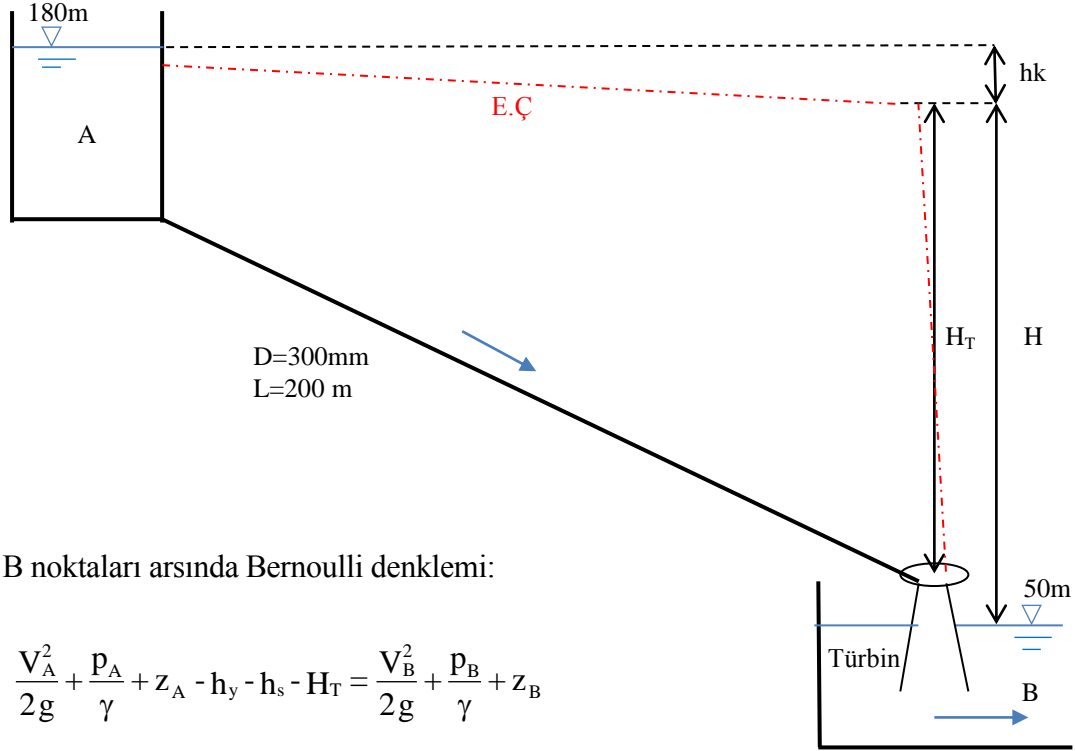
$$P = \gamma Q H_p / \eta = 79911 / 0.75 = 106548 \text{ W}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.27 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Şekildeki türbin içeren boru hattında debi  $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$  olduğuna göre sudan türbine transfer edilen enerji yüksekliğini ve gücü bulunuz. Türbinin toplam hidrolik ve mekanik verimi % 80 olduğuna göre türbin tarafından verilen güç ne olur.  $\nu=1.14 \text{ mm}^2/\text{s}$ .  $k=0.01 \text{ mm}$ .



A ve B noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A - h_y - h_s - H_T = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B$$

$$V_A = V_B \approx 0, \quad p_A = p_B = 0, \quad z_A = 180 \text{ m}, \quad z_B = 50 \text{ m}$$

Buradan türbine transfer olan enerji yüksekliği:

$$H_T = 130 - 0.5 \frac{V^2}{2g} - \lambda \frac{200}{0.3} \frac{V^2}{2g}, \quad V = \frac{0.6 \cdot 4}{\pi \cdot 0.3^2} = 8.49 \text{ m/s}$$

Akım hızı:

$$V = \frac{0.6 \cdot 4}{\pi \cdot 0.3^2} = 8.49 \text{ m/s}$$

$$Re = 8490 \cdot 300 / 1.14 = 2234211. \quad k/D = 0.01/300 = 0.000033 \Rightarrow \text{Moody: } \lambda = 0.0115$$

Türbine transfer olan enerji yüksekliği, net düşü:

$$H_T = 130 - 0.5 \frac{8.49^2}{19.62} - 0.0115 \frac{200}{0.3} \frac{8.49^2}{19.62} = 130 - 1.84 - 28.17 = 100 \text{ m}$$

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Türbine transfer olan güç:

$$P = \gamma Q H_T = 9810 * 0.6 * 100 = 588600 \text{ W} = 589 \text{ kW}$$

Türbin tarafından verilen güç:

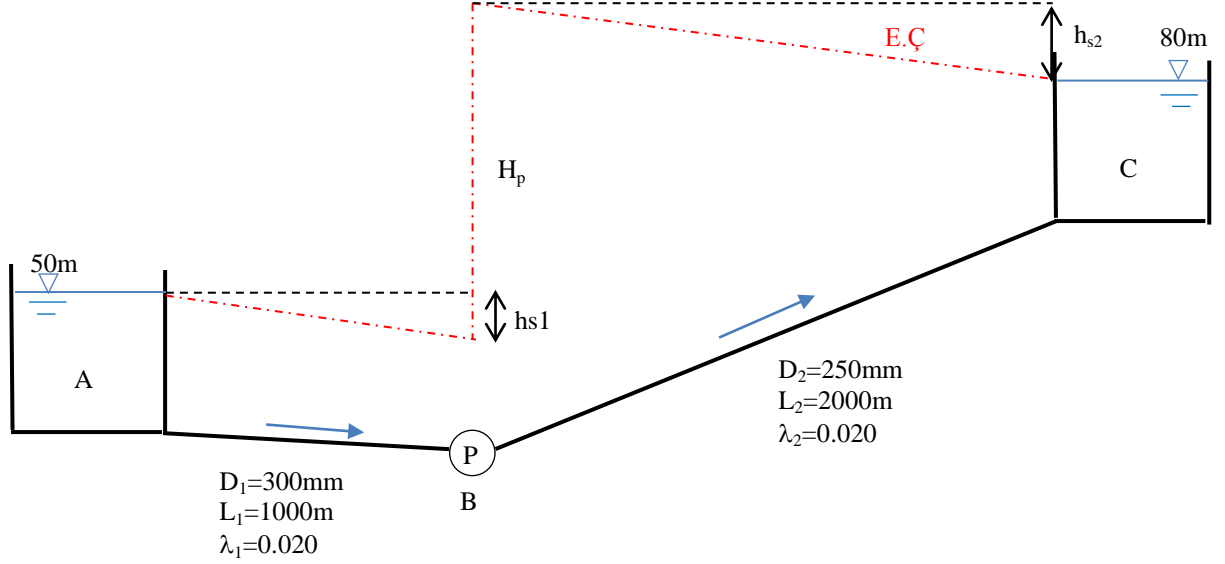
$$P = \eta \gamma Q H_T = 0.80 * 588600 = 470880 \text{ W} = 471 \text{ kW}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.28 (Yüksel, 2008)

Şekilde görülen boru sisteminde A haznesinden alınan su B noktasındaki bir pompa ile C haznesine basılmaktadır. AB borusundaki sürekli yük kaybı 10m dir. Pompanın gücünü hesaplayınız ve enerji çizgisini çiziniz. Yerel kayıplar ihmal edilecektir. ( $\eta=0.70$ )



A-C arasında enerji denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A - h_{s1} + H_P - h_{s2} = \frac{V_C^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma} + z_C$$

$$H_P = z_C - z_A + h_{s2} + h_{s1}$$

$$H_P = 30 + h_{s1} + h_{s2}$$

$$h_{s1} = 10 = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0.02 \frac{1000}{0.3} \frac{V_1^2}{19.62} \Rightarrow V_1 = 1.72 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = V_1 A_1 = 1.72 * \frac{\pi * 0.3^2}{4} = 0.122 \text{ m}^3/\text{s}$$

Süreklilik denkleminde:

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow V_1 = V_2$$

$$h_{s2} = 0.02 \frac{2000}{0.3} \frac{1.72^2}{19.62} = 20.1 \text{ m}$$



## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Enerji denkleminde yerine yazılırsa:

$$H_P = 30 + h_{s1} + h_{s2} = 30 + 10 + 20.1 = 60.1\text{m}$$

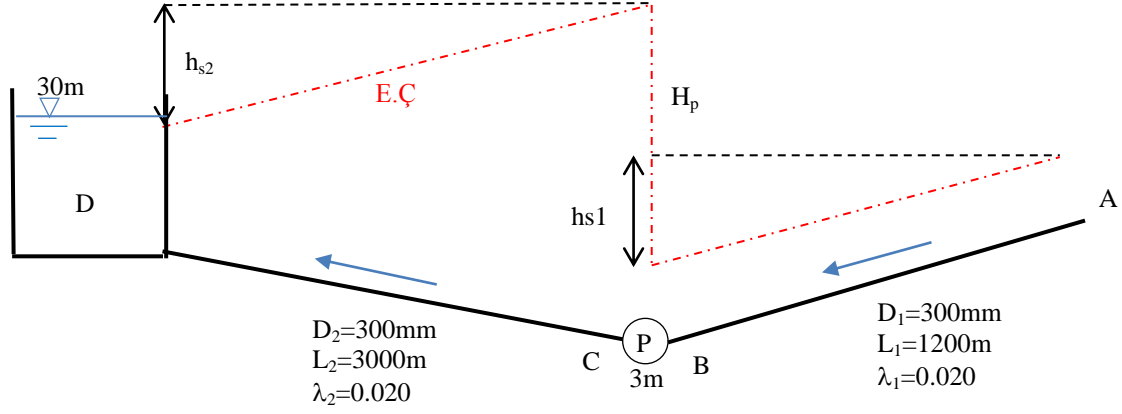
$$P = \frac{\gamma Q H_P}{\eta} = \frac{9810 * 0.122 * 60.1}{0.7} = 102756\text{W} = 102.7\text{kW}$$

# AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

**Problem 7.29** (Sığiner ve Sümer, 1980))

Şekildeki sistemde pompa gücü 30 kW, C noktasındaki basınç yüksekliği 40m dir. CD borusundaki debiyi hesaplayınız, A noktasının piyezometrik kotunu bulunuz.



C-D arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_C^2}{2g} + \frac{P_C}{\gamma} + z_C = \frac{V_D^2}{2g} + \frac{P_D}{\gamma} + z_D + h_{s2}$$

$$40 + 3 = 30 + h_{s2} \Rightarrow h_{s2} = 13\text{m}$$

$$h_{s2} = \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow 13 = 0.02 \frac{3000}{0.3} \frac{V_2^2}{19.62} \Rightarrow V_2 = 1.13\text{m/s}$$

$$Q_2 = V_2 A_2 = 1.13 * \frac{\pi * 0.3^2}{4} = 0.08\text{m}^3/\text{s} = 80\text{lt/s}$$

Pompa çıkışında yani C noktasında basınç yüksekliği:

$$\frac{P_C}{\gamma} = \frac{P_B}{\gamma} + H_p$$

Pompa gücü ile  $H_p$  terfi yüksekliği arasındaki bağıntı:

$$P = \gamma Q H_p \Rightarrow 30000 = 9810 * 0.08 * H_p$$

$$H_p = 38.2\text{m}$$

$$\frac{P_B}{\gamma} = \frac{P_C}{\gamma} - H_p = 40 - 38.2 = 1.8\text{m}$$

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

A ve B arasında sürtünme kaybı:

$$h_{s1} = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0.02 \frac{1200}{0.3} \frac{1.13^2}{19.62} = 5.2\text{m}$$

A ve B noktaları arasında Bernoulli denkleminde borulardaki hız yükseklikleri basınç yükseklikleri yanında ihmal edilerek:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{s1}$$

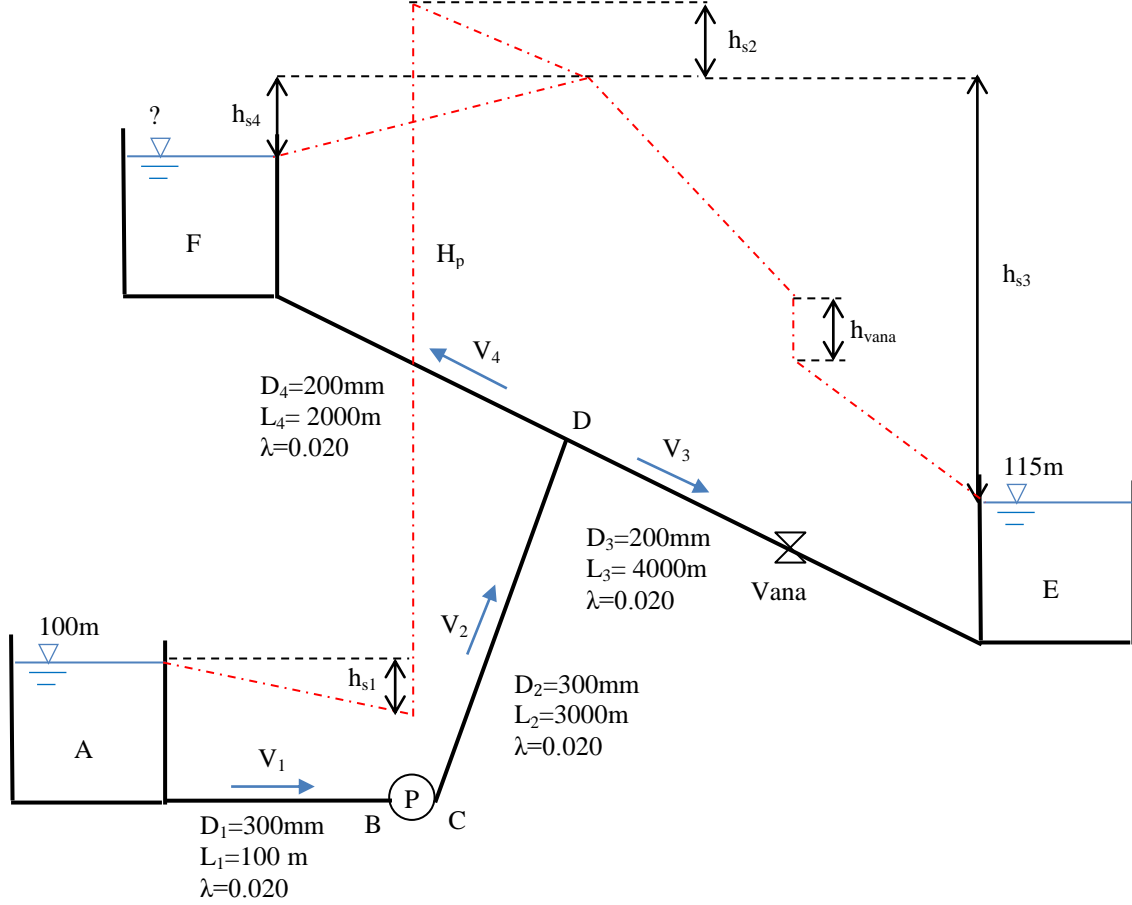
$$\frac{p_A}{\gamma} + z_A = 1.8 + 3 + 5.2 = 10\text{m}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

**Problem 7.30** (Sığiner ve Sümer, 1980)

Şekildeki hazne-boru-pompa sisteminde, pompanın yükselttiği debi  $Q=100\text{lt/s}$  ve pompa gücü  $P=75\text{kW}$  dir. Vanadaki kayıp  $h_{\text{vana}}=2.0\text{m}$  alarak; F haznesinin kotunu bulunuz.



$$\text{A-B Borusunda hız: } V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{4 \cdot 0.1}{\pi \cdot 0.3^2} = 1.41 \text{ m/s}$$

$$\text{A-B deki yük kaybı: } h_{s1} = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0.02 \frac{100}{0.3} \frac{1.41^2}{19.62} = 0.68 \text{ m}$$

$$\text{Pompa terfi yüksekliği: } P = \gamma Q H_p \Rightarrow H_p = \frac{P}{\gamma Q} = \frac{75000}{9810 \cdot 0.1} = 76.5 \text{ m}$$

$$\text{Pompa çıkışında C de enerji seviyesi: } 100 - 0.68 + 76.5 = 175.82 \text{ m}$$

$$V_1 = V_2 \text{ olacağından, CD deki yük kaybı: } h_{s2} = \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} = 0.02 \frac{3000}{0.3} \frac{1.41^2}{19.62} = 20.27 \text{ m}$$

## AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

D deki enerji yüksekliği:  $175.82-20.27 = 155.6$  m

D-E deki toplam kayıp :  $155.6-115=40.6$  m

D-E deki sürtünme kaybı:  $h_{s3}=40.6-2 = 38.6$ m

D-E borusundaki hız:  $h_{s3}=38.6 = 0.02 \frac{4000}{0.2} \frac{V_3^3}{19.62} \Rightarrow V_3 = 1.38$ m

D-E boru debisi:  $Q_3 = V_3 * A_3 = 1.38 * \frac{\pi * 0.2^2}{4} = 0.0434 \text{m}^3 / \text{s} = 43.4 \text{lt} / \text{s}$

D-F deki debi:  $Q_4=100-43.4=56.6$  lt/s

D-F deki hız:  $V_4 = \frac{Q_4}{A_4} = \frac{4 * 0.0566}{\pi * 0.2^2} = 1.8$ m/s

D-F deki sürtünme kaybı:  $h_{s4} = \lambda \frac{L_4}{D_4} \frac{V_4^2}{2g} = 0.02 \frac{2000}{0.2} \frac{1.8^2}{19.62} = 33.03$ m

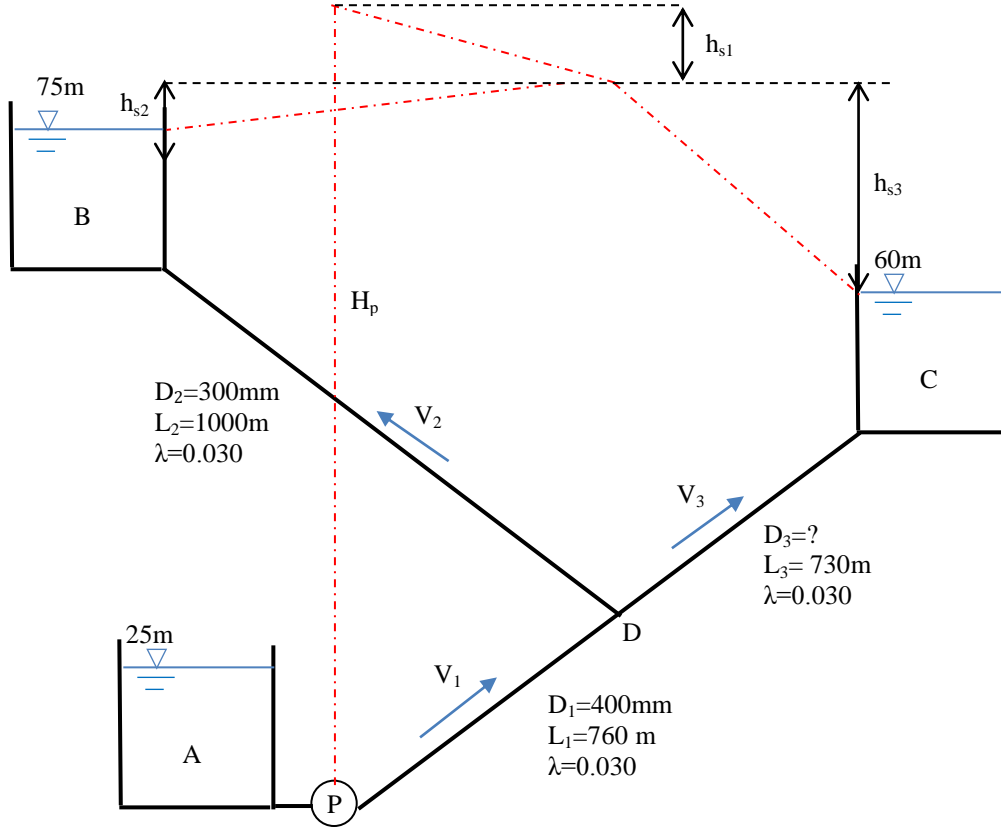
F haznesinin kotu:  $F=155.6-33.03=122.57$ m

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

## Problem 7.31 (Yüksel, 2008)

Bir pompa vasıtasıyla A haznesinden B haznesine 80 lt/sn ve C haznesine 40 lt/sn lik su basılmaktadır. Yerel kayıpları ihmal ederek; Pompanın gücünü bulunuz, DC borusunun çapını belirleyiniz, sistem enerji çizgisini çiziniz.



$$\text{D-B deki hız: } V_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{4 \cdot 0.08}{\pi \cdot 0.3^2} = 1.13 \text{ m/s}$$

$$\text{D-B deki sürtünme kaybı: } h_{s2} = \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} = 0.03 \frac{1000}{0.3} \frac{1.13^2}{19.62} = 6.51 \text{ m}$$

$$\text{A-D deki debi: } Q_1 = Q_2 + Q_3 = 0.08 + 0.04 = 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{A-D deki hız: } V_1 = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{4 \cdot 0.12}{\pi \cdot 0.4^2} = 0.95 \text{ m/s}$$

$$\text{A-D deki sürtünme kaybı: } h_{s1} = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0.03 \frac{760}{0.4} \frac{0.95^2}{19.62} = 2.62 \text{ m}$$

## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Pompa basma yüksekliği:

$$z_A + H_p - h_{s1} = z_B + h_{s2}$$

$$H_p = (z_B - z_A) + h_{s2} + h_{s1}$$

$$H_p = (75 - 25) + 6.51 + 2.62 = 59.13\text{m}$$

Pompanın gücü:

$$P = \gamma Q H_p = 9810 * 0.12 * 59.13 = 69608\text{W} = 70\text{kW}$$

D-C borusundaki sürtünme kaybı:

$$z_A + H_p = z_C + h_{s1} + h_{s3}$$

$$h_{s3} = z_A + H_p - z_C - h_{s1}$$

$$h_{s3} = 25 + 59.13 - 60 - 2.62 = 21.51\text{m}$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{A_3} = \frac{0.04 * 4}{\pi * D_3^2}$$

$$h_{s3} = 21.51 = 0.03 \frac{730 \left( \frac{0.04 * 4}{\pi * D_3^2} \right)^2}{D_3} \frac{1}{19.62}$$

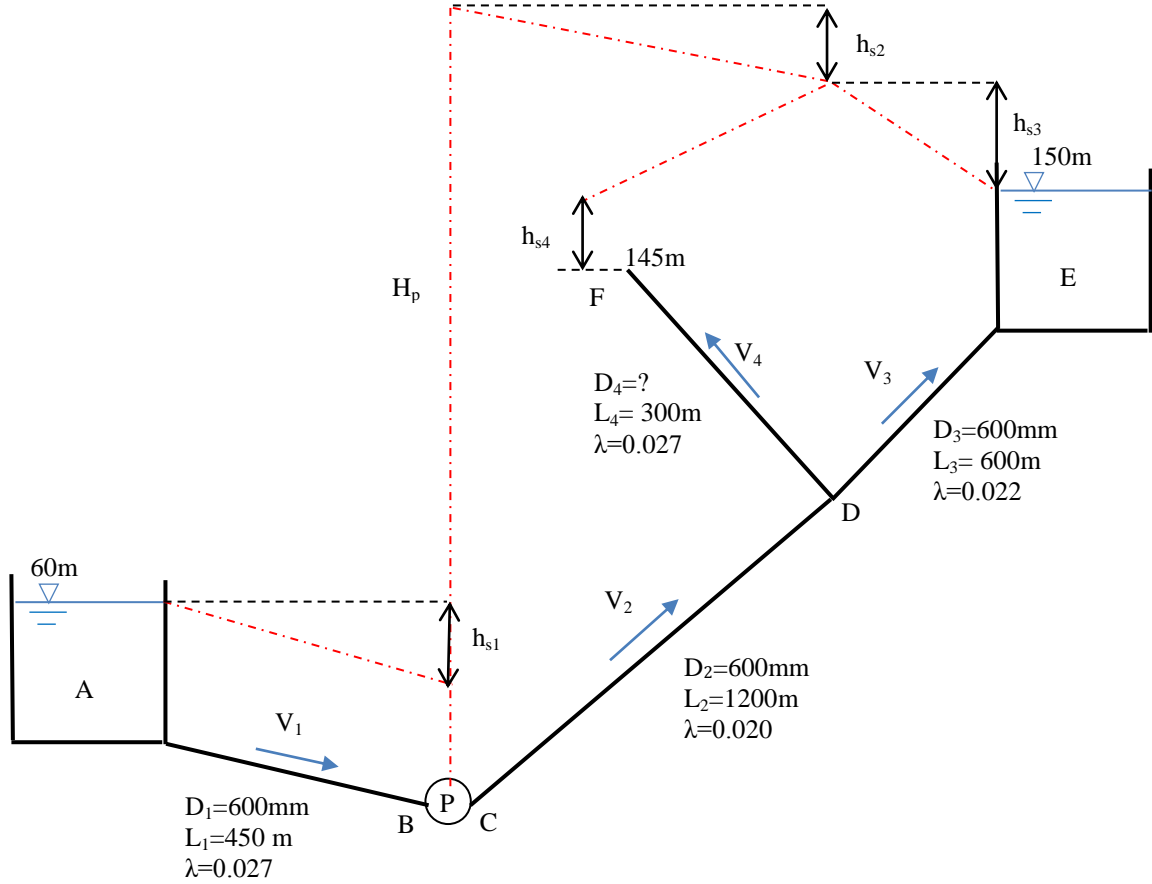
$$D_3 = 0.047\text{m} = 47\text{mm}$$

# AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

**Problem 7.32** (Sığiner ve Sümer, 1980)

Şekildeki pompa 145m kotunda ve atmosfere açık F noktasına 324 lt/s ve E haznesine 648 lt/s su basmaktadır; pompanın gücünü ( $\eta=0.8$ ) ve FD borusunun çapını bulunuz.



D-E borusundaki hız ve yük kaybı:

$$V_3 = \frac{Q_3}{A_3} = \frac{4 \cdot 0.648}{\pi \cdot 0.6^2} = 2.29 \text{ m/s} \quad h_{s3} = \lambda \frac{L_3}{D_3} \frac{V_3^2}{2g} = 0.022 \frac{600}{0.6} \frac{2.29^2}{19.62} = 5.88 \text{ m}$$

D noktasındaki piyezometre kotu:

$$\left( \frac{P}{\gamma} + z \right)_D = \left( \frac{P}{\gamma} + z \right)_E + h_{s3} = 150 + 5.88 = 155.88 \text{ m}$$

$$Q_2 = Q_3 + Q_4 = 0.648 + 0.324 = 0.972 \text{ m}^3/\text{s}$$

CD borusundaki hız ve yük kaybı:

$$V_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{4 \cdot 0.972}{\pi \cdot 0.6^2} = 3.44 \text{ m/s} \quad h_{s2} = \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} = 0.02 \frac{1200}{0.6} \frac{3.44^2}{19.62} = 24.1 \text{ m}$$



## AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Pompa çıkışındaki piyezometre kotu:

$$\left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_C = \left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_D + h_{s2} = 155.88 + 24.1 = 179.98 \text{ m}$$

AB borusundaki yük kaybı:

$$h_{s1} = \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0.027 \frac{450}{0.6} \frac{3.44^2}{19.62} = 12.3 \text{ m}$$

Pompa girişindeki piyezometre kotu:

$$\left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_B = \left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_A + h_{s1} = 60 - 12.3 = 47.7 \text{ m}$$

Pompanın basması gerekli yükseklik:

$$H_p = \left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_C - \left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_B = 179.98 - 47.7 = 132.28 \text{ m}$$

Pompanın gücü:

$$P = \frac{\gamma Q H_p}{0.8} = \frac{9810 * 0.972 * 132.28}{0.8} = 1576665.1 \text{ W} = 1576.7 \text{ kW}$$

FD borusundaki enerji kaybı bilindiğine göre:

$$h_{s4} = \left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_D - \left(\frac{P}{\gamma} + z\right)_F = 155.88 - 145 = 10.88 \text{ m}$$

$$h_{s4} = 10.88 = 0.027 \frac{300}{D_4} \frac{V_4^2}{19.62}$$

$$V_4 = \frac{Q_4}{A_4} = \frac{4 * 0.324}{\pi * D_4^2}$$

$$h_{s4} = 10.88 = 0.027 \frac{300}{D_4} \frac{\left(\frac{4 * 0.324}{\pi * D_4^2}\right)^2}{19.62}$$

$$D = 0.365 \text{ m} = 365 \text{ mm}$$