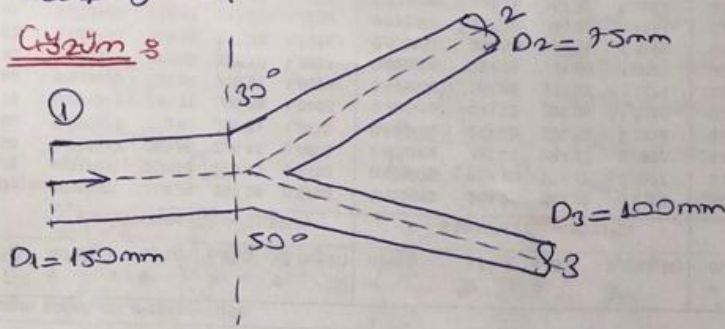


Örnek 8 Şekildeki yatay 3 baplı bir su debisini eşit olarak itişe ayırmaktadır. 1 kesimdeki hacimsel debi  $\dot{V}_1 = 0,14 \text{ m}^3/\text{s}$  ve  $P_1 = 172 \text{ kPa}$  ise sistemdeki kayıpları ihmal edip ve suyun yüksekliğini 1000 olarak 2 ve 3 kesimdeki basınçları hesaplayınız?

Çözüm 8



Hızlar

$$\dot{V}_1 = v_1 \cdot A_1 \Rightarrow v_1 = \frac{\dot{V}_1}{\frac{\pi D_1^2}{4}} = \frac{0,14}{\frac{\pi \cdot 0,15^2}{4}} = 7,92 \text{ m/s}$$

$$\dot{V}_2 = \frac{\dot{V}_1}{2} = \frac{0,14}{2} = 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_2 = \frac{\dot{V}_2}{\frac{\pi D_2^2}{4}} = \frac{0,07}{\frac{\pi \cdot 0,075^2}{4}} = 15,9 \text{ m/s}$$

$$v_3 = \frac{\dot{V}_3}{\frac{\pi D_3^2}{4}} = \frac{0,07}{\frac{\pi \cdot 0,1^2}{4}} = 8,92 \text{ m/s}$$

1 ile 2 arasında Bernoulli denklemi yazılırsa;

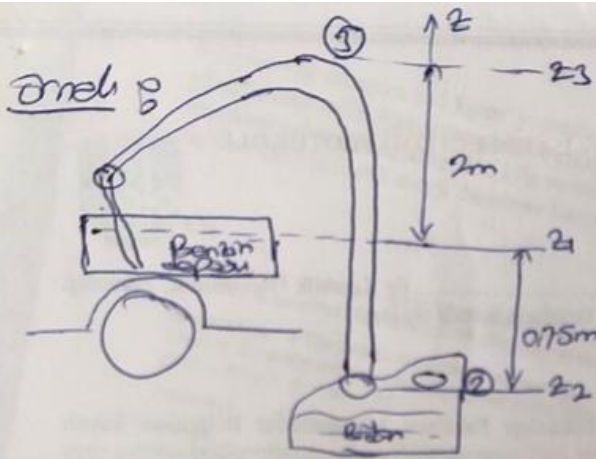
$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_L \quad \text{ve} \quad z_1 = z_2 = 0 \quad \text{ve} \quad h_L = 0$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \Rightarrow \frac{172000 - P_2}{1000 \cdot 9,81} = \frac{15,9^2 - 7,92^2}{2 \cdot 9,81} \Rightarrow \boxed{P_2 = 76958,2 \text{ Pa}}$$

1 ile 3 arasında Bernoulli denklemi yazılırsa

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_3}{\rho g} + \frac{v_3^2}{2g} + z_3 + h_L \quad z_1 = z_3 \quad \text{ve} \quad h_L = 0$$

$$\frac{P_1 - P_3}{\rho g} = \frac{v_3^2 - v_1^2}{2g} \Rightarrow \frac{172000 - P_3}{1000 \cdot 9,81} = \frac{8,92^2 - 7,92^2}{2 \cdot 9,81} \Rightarrow \boxed{P_3 = 163580 \text{ Pa}}$$



Hortum çapı 5mm  
ve hortum renk sızama  
kayıpları ihmal edilmektedir.

- a) Depodan kütana 4 lt  
benzin çekmek için  
gerecek süre  
b) 3 noktasındaki bencin  
kelirliğini?

$$(\rho_{\text{benzin}} = 750 \text{ kg/m}^3)$$

Çözüm:

$P_1 = P_{\text{atm}}$  benzinin serbest yüzeyinde  
 $V_1 \approx 0$  benzin kesiti hortuma göre çok büyük  
 $z_2 = 0$  olur. Referans seviyesi alırsak

$P_2 \approx P_{\text{atm}}$  kütanın atmosferine açıldı

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \Rightarrow z_1 = \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_2 = \sqrt{2gz_1} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.75} = 3.84 \text{ m/s}$$

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

$$\dot{V} = V_2 \cdot A = 3.84 \cdot 1.96 \cdot 10^{-5} = 7.53 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 0.0753 \text{ l/s}$$

$$\Delta t = \frac{V}{\dot{V}} = \frac{4 \text{ l}}{0.0753 \text{ l/s}} = 53.1 \text{ s}$$

b) 2 ve 3 arasında

~~$V_2 = V_3$~~  kütke korunumu,  $z_2 = 0$  ve  $P_2 = P_{\text{atm}}$

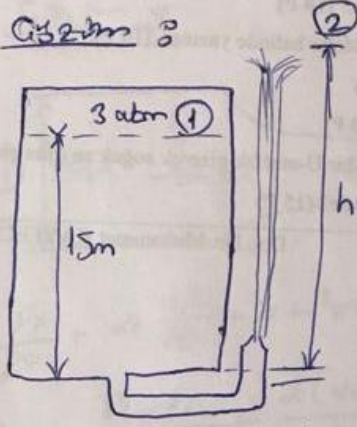
$$\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 = \frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} + z_3 \Rightarrow \frac{P_{\text{atm}}}{\rho g} = \frac{P_3}{\rho g} + z_3$$

$$P_3 = P_{\text{atm}} - \rho g z_3 = 101.3 - 750 \cdot 9.81 \cdot 2.75 \cdot \frac{1}{1000}$$

$$P_3 = 81.1 \text{ kPa}$$

örnek : Bir konik tabanlı su seviyesi zeminden 15 m yüksektedir. Tankın tabanına bir hortum bağlı olup hortumun ucuna tabanın dışındaki yönü yukarı doğru çevrilmiştir. Tankın kapağı hava sızdırmamaktadır ve su yüzeyinin üzerindeki hava basıncı 3 atm'dir (etkin). Sistem deniz seviyesinde olduğuna göre, su akımının çıkacağı maksimum yüksekliği belirleyiniz?

Çözüm :



$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

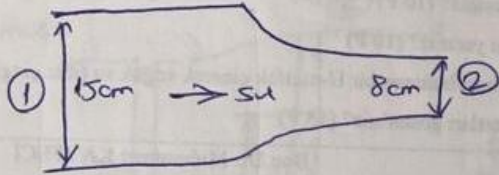
$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 = \frac{P_{atm}}{\rho g} + z_2$$

$$z_2 = \frac{P_1 - P_{atm}}{\rho g} + z_1 = \frac{P_1 - P_{atm}}{\rho g} + z_1$$

$$z_2 = \frac{3 \cdot (101325)}{1000 \cdot 9,81} + 15 = \underline{46 \text{ m}}$$

Örnek 8 Çapı bir redüksiyon ile 15 cm'den 8 cm'ye düşürülen yatay bir boru ründen  $0,035 \text{ m}^3/\text{s}$  su geçmektedir. Borunun merkezindeki basınç redüksiyondan önce ve sonra sırasıyla 480 kPa ve 445 kPa olarak ölçülmüştür. Buna göre redüksiyondaki tersinmez yük kaybını belirleyiniz. ( $\alpha = 1,05$  alınır)

Çözüm 8



$$\frac{P_1}{\rho g} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_{pompaj} = \frac{P_2}{\rho g} + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_{kireme} + h_k$$

$$h_L = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + \frac{\alpha (v_1^2 - v_2^2)}{2g}$$

$$v_1 = \frac{\dot{V}}{A_1} = \frac{V}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{0,035}{(\pi \cdot 0,15^2)/4} = 1,981 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{\dot{V}}{A_2} = \frac{\dot{V}}{\frac{\pi d_2^2}{4}} = \frac{0,035}{(\pi \cdot 0,08^2)/4} = 6,963 \text{ m/s}$$

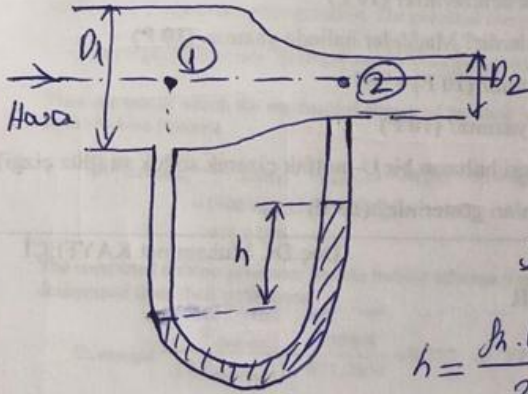
$$h_L = \frac{(480 - 445) \cdot 1000 \text{ Pa}}{1000 \cdot 9,81} + \frac{1,05 (1,981^2 - 6,963^2)}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_k = 1,183 \text{ m}$$

$$\text{Emel, kayıp, boru} = \rho \cdot \dot{V} \cdot g \cdot h_k = 1000 \cdot 0,035 \cdot 9,81 \cdot 1,183 = \underline{\underline{406 \text{ W}}}$$

Örnek 3 : Bir boru sudan  $120 \text{ l/s}$ 'lık debi ile hava almaktadır. Boru redüksiyon ile bir boru bağlı  $20$  ve  $10 \text{ cm}$  çaplı iki farklı bölüme ayrılmıştır. İki bölgenin arasındaki basınç farkı bir su manometresi ile ölçülmektedir. Sıvıların etkilerini ihmal ederek manometredeki su seviyeleri arasındaki yükseklik farkını belirleyiniz? ( $\rho_{\text{hava}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ )

Çözüm 3



$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho g (V_2^2 - V_1^2)}{2}$$

$$P_1 - P_2 = \rho_{\text{su}} \cdot g \cdot h$$

$$\frac{\rho_{\text{hava}} \cdot (V_2^2 - V_1^2)}{2} = \rho_{\text{su}} \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{\rho_{\text{hava}} \cdot (V_2^2 - V_1^2)}{2 \cdot \rho_{\text{su}} \cdot g}$$

$$V_1 = \frac{\dot{V}}{A_1} = \frac{\dot{V}}{\pi D_1^2 / 4} = \frac{0,12}{\pi \cdot (0,22)^2 / 4} = 3,157 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{\dot{V}}{A_2} = \frac{\dot{V}}{\pi D_2^2 / 4} = \frac{0,12}{\pi \cdot (0,1)^2 / 4} = 15,28 \text{ m/s}$$

$$h = \frac{15,28^2 - 3,157^2}{2 \cdot (9,81) \cdot (1000/1,2)} = 0,01367 \text{ m} \approx 1,37 \text{ cm}$$

**Soru 5-25:** Daimi olarak 900 kg/s debi ile su sağlayabilen büyük bir su havzasının 110 m aşağısına bir hidrolik türbin-jeneratör grubu kurularak elektrik enerjisi üretilecektir. Türbinin mekanik güç üretimi 800 kW ve elektrik gücü üretimi 750 kW olduğuna göre, tesisin türbin verimini ve birleşik türbin-jeneratör verimini belirleyiniz. Borudaki kayıpları ihmal ediniz?

5-25

**Solution** A hydraulic turbine-generator is generating electricity from the water of a large reservoir. The combined turbine-generator efficiency and the turbine efficiency are to be determined.

**Assumptions** 1 The elevation of the reservoir remains constant. 2 The mechanical energy of water at the turbine exit is negligible.

**Analysis** We take the free surface of the reservoir to be point 1 and the turbine exit to be point 2. We also take the turbine exit as the reference level ( $z_2 = 0$ ), and thus the potential energy at points 1 and 2 are  $pe_1 = gz_1$  and  $pe_2 = 0$ . The flow energy  $P/\rho$  at both points is zero since both 1 and 2 are open to the atmosphere ( $P_1 = P_2 = P_{atm}$ ). Further, the kinetic energy at both points is zero ( $ke_1 = ke_2 = 0$ ) since the water at point 1 is essentially motionless, and the kinetic energy of water at turbine exit is assumed to be negligible. The potential energy of water at point 1 is

$$pe_1 = gz_1 = (9.81 \text{ m/s}^2)(110 \text{ m}) \left( \frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = 1.079 \text{ kJ/kg}$$

Then the rate at which the mechanical energy of the fluid is supplied to the turbine become

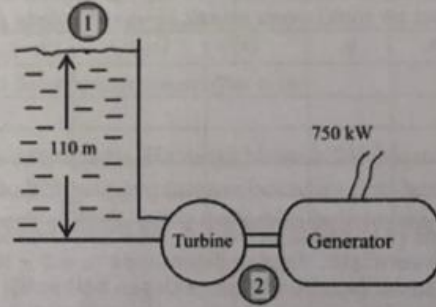
$$\begin{aligned} |\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}| &= \dot{m}(e_{\text{mech, in}} - e_{\text{mech, out}}) = \dot{m}(pe_1 - 0) = \dot{m}pe_1 \\ &= (900 \text{ kg/s})(1.079 \text{ kJ/kg}) \\ &= 971.2 \text{ kW} \end{aligned}$$

The combined turbine-generator and the turbine efficiency are determined from their definitions,

$$\eta_{\text{turbine-gen}} = \frac{\dot{W}_{\text{elect, out}}}{|\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}|} = \frac{750 \text{ kW}}{971.2 \text{ kW}} = 0.772 \text{ or } 77.2\%$$

$$\eta_{\text{turbine}} = \frac{\dot{W}_{\text{shaft, out}}}{|\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}|} = \frac{800 \text{ kW}}{971.2 \text{ kW}} = 0.824 \text{ or } 82.4\%$$

Therefore, the reservoir supplies 971.2 kW of mechanical energy to the turbine, which converts 800 kW of it to shaft work that drives the generator, which generates 750 kW of electric power.



örnek 3 Bir ısıtma sistemindeki hava hızı, kanal zırtına akışa paralel olacak şekilde yerleştirilen bir Pitot - Statik tüpü ile ölçülecektir. Tüpün iki çıkışma bacağı kollar arasındaki su sütunu yüksekliklerinin farkı 2,4 cm olduğuna göre

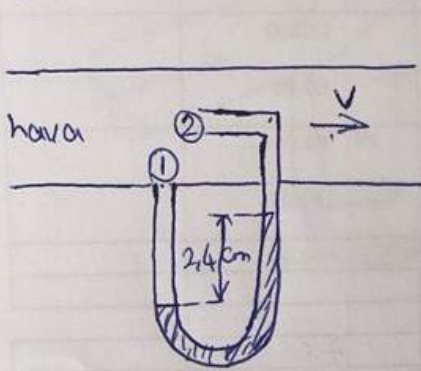
a) Akış hızını

b) Tüpün uçundaki basınç artışı belirtiniz?

(Kanal zırtındaki sıcaklık ve basınç sırasıyla 45 °C ve 98 kPa'dır.)

Çözüm 3

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \Rightarrow \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g}$$



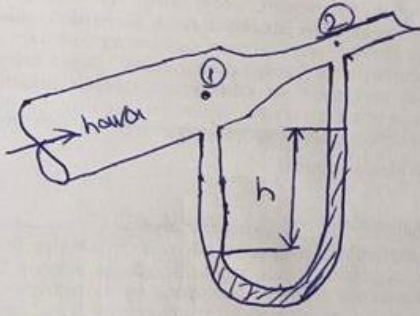
$$v = \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho_{\text{hava}}}}$$

$$P_2 - P_1 = \rho_{\text{su}} \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,024 = 235 \text{ N/m}^2 = 235 \text{ Pa}$$

$$\rho_{\text{hava}} = \frac{P}{R \cdot T} = \frac{98}{0,287 \cdot (273 + 45)} = 1,074 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (235)}{1,074}} = 20,9 \text{ m/s}$$

örne: 100 kPa ve 37 °C'deki hava, 6 cm çapındaki eğimli bir kanal içerisinde 65 l/s'lik debi ile yukarı doğru akmaktadır. Kanal çapı belirli bir noktada bir redüksiyon ile 4 cm'ye düşürülmektedir. Redüksiyonun giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkı suyu bir manometre ile ölçülmektedir. Manometre kollarının banyon bağlı olduğu iki nokta arasındaki yükseklik farkı 0,20 m olduğuna göre, manometre kollarındaki su seviyeleri arasındaki farkını belirleyiniz?



$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + z_2$$

$$P_1 - P_2 = \rho_{\text{hava}} \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{2}$$

$$\rho_{\text{hava}} = \frac{P}{R \cdot T} = \frac{100}{0,287 \cdot (37 + 273)} = 1,18 \text{ kg/m}^3$$

$$V_1 = \frac{\dot{V}}{A_1} = \frac{\dot{V}}{\pi D_1^2/4} = \frac{0,065}{\pi (0,06)^2/4} = 22,99 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{\dot{V}}{A_2} = \frac{\dot{V}}{\pi D_2^2/4} = \frac{0,065}{\pi (0,04)^2/4} = 51,73 \text{ m/s}$$

$$P_1 - P_2 = (1,180) \frac{(51,73)^2 - (22,99)^2}{2} = 1267 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = \rho_{\text{su}} \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{\text{su}} \cdot g} = \frac{1267}{1000 \cdot 9,81} = 0,1291 \text{ m} = 12,9 \text{ cm}$$

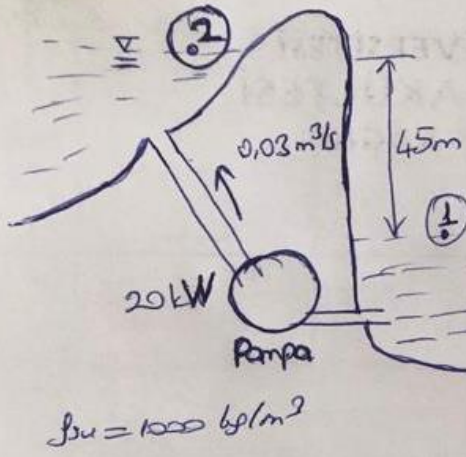
$$P_1 - P_2 = \frac{\rho_{\text{hava}} \cdot (V_2^2 - V_1^2)}{2} + \rho_{\text{hava}} \cdot g \cdot (z_2 - z_1)$$

$$= (1,180) \left[ \frac{(51,73)^2 - (22,99)^2}{2} + (9,81 \cdot 0,2) \right]$$

$$= 1267 + 2 = \underline{\underline{1269 \text{ Pa}}}$$



Örnek 3



Bir gölün daha yüksekte bulunan başka bir göle su pompalamaktadır. Pompanın suya aktardığı faydalı mekanik güç 20 kW'tır. Yüksekliğin serbest yüzeyi alttaki gölün serbest yüzeyinden 45 m yukarıdadır. Basılan suyun debisi 0,03 m³/s olarak ölçüldüğüne göre sistemin tersinmez güç kaybını ve bu sistem sırasında kaybedilen mekanik gücü hesaplayınız?

Çözüm 3

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} = 1000 \cdot 0,03 = 30 \text{ kg/s}$$

$$z_1 = 0, \quad p_1 = p_2 = p_{atm}, \quad (v_1 = v_2 = 0)$$

$$\dot{m} \left( \frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2} + g \cdot z_1 \right) + \dot{W}_p = \dot{m} \left( \frac{p_2}{\rho} + \alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2} + g \cdot z_2 \right) + \dot{W}_T + h_L$$

$$\dot{W}_p = \dot{m} \cdot g \cdot z_2 + |\text{Emel, kay}|$$

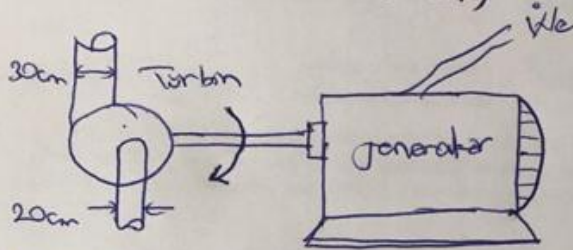
$$\text{Emel, kay} = \dot{W}_p - \dot{m} \cdot g \cdot z_2 = 20.000 - 30 \cdot 9,81 \cdot 45 = \underline{\underline{6756,5 \text{ W}}}$$

$$\text{Emel, kay} = \text{Emel, kay, boru}$$

$$\text{Emel, boru, kay} = \dot{m} \cdot g \cdot h_L$$

$$h_L = \frac{6756,5}{30 \cdot 9,81} = \underline{\underline{22,95 \text{ m}}}$$

Örnek : Bir hidroelektrik türbine su 30 cm çapında bir borudan  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debi ile girmekte ve 25 cm çaplı bir borudan çıkmaktadır. Turbinde meydana gelen basınç düşüşü civarı bir manometre ile 1,2 m olarak ölçülmüştür. Birlikte türbin-generatör verimi %83 olduğuna göre, net elektrik güç üretimini belirleyiniz? (kinetik enerji düzeyine faktörlerini ihmal ediniz?)



$$\rho_{\text{su}} = 13500 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{su}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Çözüm :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_p = \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_T + h_L$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$$h_L = 0 \text{ turbin içinde}$$

$$h_T = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} + \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2g}$$

$$v_1 = \frac{\dot{V}_1}{A_1} = \frac{\dot{V}_1}{\pi D_1^2/4} = \frac{0,6}{\pi \cdot (0,3)^2/4} = 8,49 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{\dot{V}_2}{A_2} = \frac{\dot{V}_2}{\pi D_2^2/4} = \frac{0,6}{\pi \cdot (0,2)^2/4} = 12,2 \text{ m/s}$$

$$P_1 - P_2 = (\rho_{\text{su}} - \rho_{\text{tur}}) \cdot g \cdot h = (13500 - 1000) \cdot 9,81 \cdot 1,2 = 148327,2 \text{ Pa}$$

$$h_T = \frac{148327,2}{1000 \cdot 9,81} + \frac{(8,49)^2 - (12,2)^2}{2 \cdot 9,81} = 15,12 + 3,912 = \underline{\underline{11,2 \text{ m}}}$$

$$\eta_{\text{tur-jen}} = \frac{\dot{W}_T}{\dot{W}_{\text{mekanik, alüvion}}} \Rightarrow \dot{W}_T = \eta_{\text{tur-jen}} \cdot (\dot{m} \cdot g \cdot h_T)$$

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} = 1000 \cdot 0,6 = 600 \text{ kg/s}$$

$$\dot{W}_T = 0,83 \cdot (600 \cdot 9,81 \cdot 11,2)$$

$$\dot{W}_T = 54716,25 \text{ W} = \underline{\underline{54,716 \text{ kW}}}$$