

## ÖRNEK 2:

Kepçelerine aldığı suyu  $160^\circ$  saptırabilen pelton türbini şarkını dakikada  $41 \text{ m}^3$  su gelmekte ve türbin  $30 \text{ m}$ 'lik düşüde çalışmaktadır. Ortalama keçe hızı  $12 \text{ m/s}$  olduğuna göre, türbinin üreteceği güçü ve hidrolik verimi hesaplayınız.

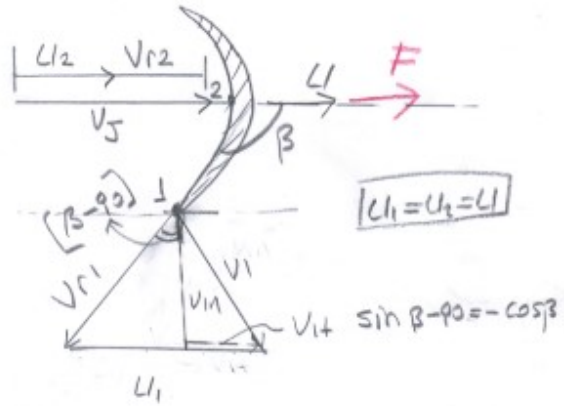


1 ve 2 enerji denklemi

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

$$V_2 = \sqrt{2g(z_1 - z_2)} = \sqrt{2gH}$$

$$V_2 = V_2 = 24,26 \text{ m/s} = V_{2t}$$



$$V_{1t} = U_1 - V_{1r} \cdot \sin(\beta - 90^\circ)$$

$$V_{1t} = U + (V_2 - U) \cos \beta$$

$F = \dot{m} \cdot \vec{V} \rightarrow \vec{V}$  Keçe hareketi yönündeki hız değişimi

$$F = \dot{m} [V_{2t} - V_{1t}] = \dot{m} [V_2 - (U + (V_2 - U) \cos \beta)]$$

$$F = \dot{m} [V_2 - U - (V_2 - U) \cos \beta] = \dot{m} (V_2 - U) (1 - \cos \beta)$$

$$W_{mil} = F \cdot U = \rho Q U (V_2 - U) (1 - \cos \beta)$$

$$W_{mil} = 1000 \cdot \left(\frac{41}{60}\right) \text{ m}^3 \cdot 12 \text{ m/s} (24,26 - 12) (1 - \cos 160^\circ)$$

$$W_{mil} = 195 \text{ kW}$$

$$\eta_n = \frac{W_{mil}}{W_{th}} = \frac{195 \times 10^3}{\rho g Q H} = \frac{195 \cdot 10^3}{9810 \cdot \frac{41}{60} \cdot 30} = 0,969$$

ÖRNEK 3: D'zgöl hızı  $N_{st} = 17,2$  d/d olan bir su türbini dakikada  $n = 4000$  d/d devirle dönmektedir. Giriş hız üçgenini karakterize eden gork gapı  $D_0 = 400$  mm ve gorka girişteki tezetel hız katsayısı  $k_u = 0,47$  dir. genel verim  $\eta_g = 0,75$  olan türbinin net düşürünü,  $H_0$ , efektif güçünü, ve debisini bulunuz.

Gözüm

$$u = r\omega = \frac{D \cdot n \cdot 2\pi}{60}$$

gorka girişteki tezetel hız  $u = \frac{\pi D n}{60}$

$$u = \frac{\pi \cdot 0,4 \cdot 4000}{60} = 20,94 \quad , \quad u = k_u \sqrt{2gH_0}$$

$$20,94 = 0,47 \sqrt{2gH_0} \rightarrow \boxed{H_0 = 101,2 \text{ m}}$$

$$N_{st} = \frac{n \sqrt{W}}{H_0^{5/4}} \rightarrow \frac{W_{mil}}{(ef.)} = \left[ \frac{N_{st} \cdot H_0^{5/4}}{n} \right]^2 = \left[ \frac{17,2 \cdot 101,2^{5/4}}{4000} \right]^2$$

$$\boxed{W_{mil} = 30,47 \text{ kW}}$$

$$\eta_g = \frac{W_{mil}}{W_n} = \frac{W_{mil}}{\rho g Q H_0} \rightarrow Q = \frac{W_{mil}}{\rho g H_0} = \frac{30,47 \cdot 10^3}{9810 \cdot 101,2}$$

$$\boxed{Q = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$N_{st} = \frac{n \sqrt{W}}{H_0^{5/4}} \rightarrow \text{örnek} \quad N_{st} = \frac{n \sqrt{Q}}{H_0^{3/4}}$$

### ÖRNEK 6:

150 m net düşüde çalışan bir türbin 600 d/d dönme hızında 0,82 penel veriminde 12000 BG'lik güç vermektedir. Türbin tegetsel hız katsayısı  $ku = 0,46$  olduğuna göre

- Türbin tipini, gark sapını, debisini bulunuz.
- Türbin kanat açıları  $\beta_1 = 60^\circ$ ,  $\beta_2 = 50^\circ$  gark kanat giriş ve çıkış genişlikleri birbirine eşit ve 10 cm gark sapları oranı 1,5 olduğuna göre türbin giriş ve çıkış hız ürgenlerini çiziniz. Türbin hidrolik verimini bulunuz.

$$H_0 = 150 \text{ m}$$

$$n = 600 \text{ d/d}$$

$$\eta_f = 0,82$$

$$W_{\text{net}} = 12000 \text{ BG} = 8823 \text{ kW}$$

$$ku = 0,46$$

$$\frac{D_1}{D_2} = 1,5$$

$$\beta_1 = 60^\circ$$

$$\beta_2 = 50^\circ$$

$$b_1 = b_2 = 10 \text{ cm}$$

$$a) \quad N_{st} = \frac{n \sqrt{W_{\text{net}}}}{H_0^{3/4}} = 107 \text{ d/d} \quad \text{Francis türbin}$$

$$u_1 = ku \sqrt{2gH_0} = 0,46 \sqrt{19,62 \cdot 150}$$

$$u_1 = 24,95 \text{ m/s}$$

(Girişteki tegetsel hız)



$$u_1 = w \cdot r, \quad w = \frac{2\pi n}{60}$$

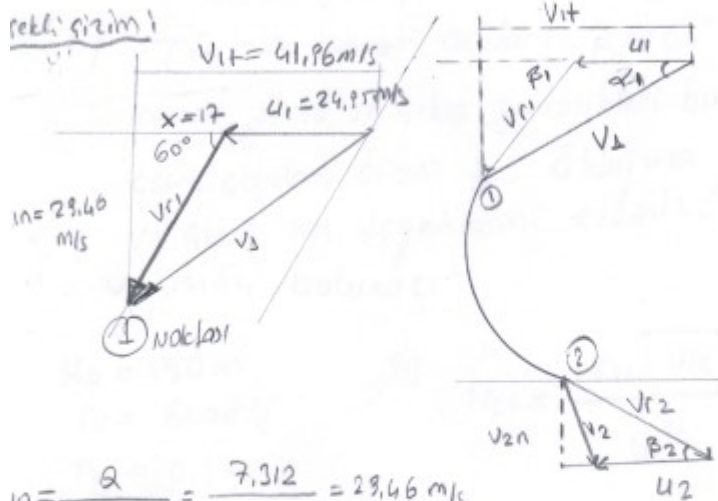
$$u_1 = \frac{D_1 \pi n}{60} = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot n}{60} = 24,95 \text{ m/s}$$

$$\boxed{D_1 = 0,79 \text{ m}}$$

$$\eta_p = \frac{W_{\text{out}} = m \cdot l}{W_{\text{in}}} = \frac{W_{\text{out}}}{\rho g Q H_0} = \frac{8823 \times 10^3}{9810 \cdot 150 \cdot Q} = 0,82$$

$$Q = 7,312 \text{ m}^3/\text{s}$$

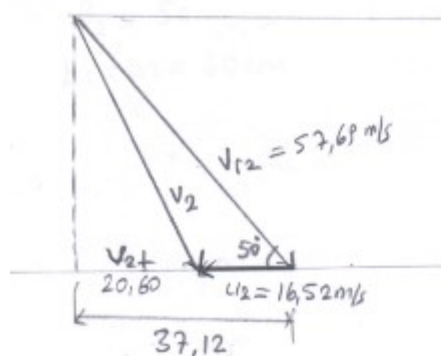
$$b) \eta_h = \frac{\rho Q [u_1 V_{1t} - u_2 V_{2t}]}{\rho g Q H_0} = \frac{u_1 \cdot V_{1t} - u_2 \cdot V_{2t}}{g H_0}$$



$$v_n = \frac{Q}{\pi D_1 b_1} = \frac{7,312}{\pi \cdot 0,773 \cdot 0,1} = 29,46 \text{ m/s}$$

$$x = \frac{v_n}{\sin 60} \cdot \cos 60 = 17, \quad V_{1t} = x + u_1 = 41,96 \text{ m/s}$$

notlasi' d'rekli' qizim!



$$\frac{D_1}{D_2} = 1,5 \rightarrow D_2 = \frac{0,79}{1,5} = 0,526 \text{ m}$$

$$V_{2t} = \frac{Q}{\pi D_2 b_2} = \frac{7,31}{\pi \cdot 0,526 \cdot 0,1} = 44,2 \text{ m/s}$$

$$u_2 = \frac{\pi D_2 \cdot n}{60} = 16,52 \text{ m/s}$$

$$V_{2t} = 20,60 \text{ m/s}$$

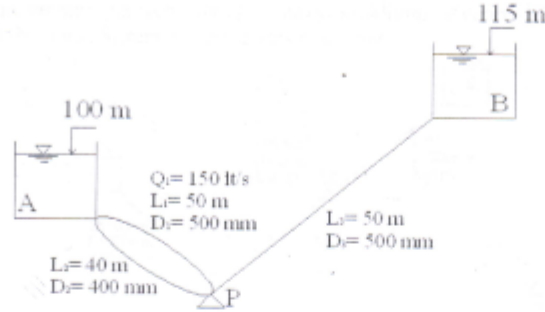
$$\eta_h = \frac{u_1 \cdot V_{1t} - u_2 \cdot V_{2t}}{g \cdot H_0} = \frac{24,95 \cdot 41,96 - 16,52 \cdot 20,6}{9,81 \cdot 150}$$

$$\eta_h \approx 0,48\%$$

## Örnek 7!

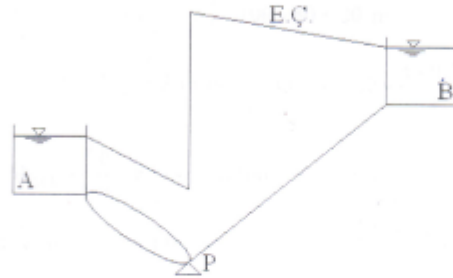
Şekildeki hazne boru sistemindeki tüm borularda  $f=0.02$  olarak verildiğine göre, a-Sistemin enerji çizgisini çiziniz.

b-Sistemdeki A haznesinden gelen suyu B haznesine basan pompanın gücünü bulunuz.  $\eta = 1$



Cevap:

a)



$$b) \Delta h_{L1} = \Delta h_{L2} \Rightarrow \lambda_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} = \lambda_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow \lambda \frac{50}{0.5} \frac{V_1^2}{2g} = \lambda \frac{40}{0.4} \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow V_1 = V_2$$

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 \Rightarrow V_3 A_3 = V_1 A_1 + V_2 A_2 \Rightarrow V_3 \times \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = V_1 \times \frac{\pi \times 0.5^2}{4} + V_2 \times \frac{\pi \times 0.4^2}{4} \Rightarrow V_3 = 1.64 V_1$$

$$Q_1 = V_1 \times A_1 \Rightarrow 0.15 = V_1 \times \frac{\pi \times 0.5^2}{4} \Rightarrow V_1 = 0.765 \text{ m/s}$$

$$V_1 = V_2 = 0.765 \text{ m/s} \Rightarrow Q_2 = V_2 \times A_2 \Rightarrow Q_2 = 0.765 \times \frac{\pi \times 0.4^2}{4} \Rightarrow Q_2 = 0.096 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_3 = 1.64 V_1 = 1.254 \text{ m/s} \Rightarrow Q_3 = V_3 \times A_3 \Rightarrow Q_3 = 1.254 \times \frac{\pi \times 0.5^2}{4} \Rightarrow Q_3 = 0.246 \text{ m}^3/\text{s}$$

(A-B) Enerji Denklemi:

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\gamma} + z_A + H_m = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \Delta H$$

$$V_A^2/2g = 0 \text{ (hazne)}, V_B^2/2g = 0 \text{ (hazne)}, P_A/\gamma = 0 \text{ (atmosfer)}, P_B/\gamma = 0 \text{ (atmosfer)}$$

$$z_A + H_m = z_B + \left( \lambda \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} \right) + \left( \lambda \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} \right) \Rightarrow$$

$$100 + H_m = 115 + \left( 0.02 \frac{50}{0.5} \frac{0.765^2}{2g} \right) + \left( 0.02 \frac{40}{0.4} \frac{0.765^2}{2g} \right) \Rightarrow H_m = 15.22 \text{ m}$$

$$N = \frac{\gamma Q H_m}{75 \eta} = \frac{1000 \times 0.246 \times 15.22}{75 \times 1} = 49.9 \text{ BB}$$

$$P = N = W = \rho g Q H = 36.72 \text{ kW}$$



### ÖRNEK 8:

8.4 MW güç üreten bir Pelton türbininde  $H=130\text{m}$  verilmiştir. Çark  $n=215\text{ d/dak}$  ile dönmektedir. Püskürtme hız katsayısı  $k_v=0,98$  ( $V_j = k_v \sqrt{2gH}$ ) ve  $\frac{U_1}{V_j} = 0,46$  püskürtücü çapı  $\frac{d}{D} = \frac{1}{8,6}$  ve türbin genel verimi  $\eta_g = 0,87$  olduğunu göre:

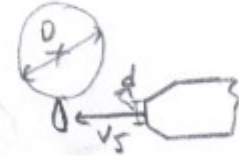
- Pelton çark çapı ile püskürtücü çapını hesaplayınız.
- Türbinde kaç püskürtücü vardır.
- Keçme sayısı ne kadardır.

a)  $V_j = V_1 = k_v \sqrt{2gH} = 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 130} = 49,5\text{ m/s}$

$\frac{U_1}{V_j} = 0,46 \rightarrow U_1 = 0,46 \times 49,5 = 22,76\text{ m/s}$

$U_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \rightarrow D = \frac{U_1 \cdot 60}{\pi \cdot n}$

$D = \frac{22,76 \cdot 60}{\pi \cdot 215} = 2,021\text{ m}$



$\frac{d}{D} = \frac{1}{8,6} \rightarrow d = \frac{D}{8,6} = \frac{2,021}{8,6} = 0,235\text{ m} \Rightarrow d = 235\text{ mm}$

b)  $W_{\text{mül}} = \rho g Q_T H \cdot \eta_g$   $Q_T = \frac{W}{\rho g H \cdot \eta_g} = \frac{8,4 \times 10^6}{9810 \cdot 130 \cdot 0,87} = 7,57\text{ m}^3/\text{s}$

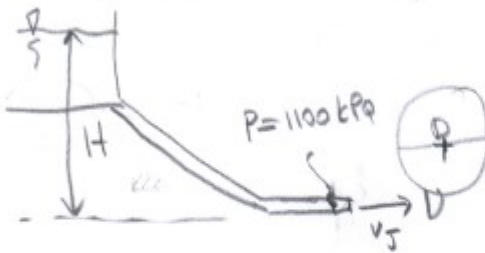
$Q_T = \frac{\pi d^2}{4} \cdot V_j \cdot (i)_{\text{adet}}$   $i = \frac{Q_T \cdot 4}{\pi (d^2) \cdot V_j} = 3,52 \approx i = 3\text{ adet}$

$\eta_g = \frac{W_{\text{mül}}}{W_{\text{H}}}$

c)  $Z_{ks} = \frac{D_1 \cdot \pi}{2 \cdot d_1} = \frac{2,021 \cdot \pi}{2 \cdot 0,235} = 13,5 \approx 14\text{ alımlıdır}$

### ÖRNEK 9

Tek püskürtüclü bir pelton türbinin çarkı 2 m ve kepçeye giren su  $\beta = 168^\circ$  açısı ile emme tarafına boşalmaktadır. Püskürtücü çapı  $d = 165 \text{ mm}$  ve püskürtücüden hemen önce basınç ise  $P = 1100 \text{ kPa}$  olduğu görülmüştür. Türbin çarkı  $325d/d$  ile dönmektedir. Relativ hız kaybı %8 ise ( $k = 0,08$ ) Türbinin hidrolik gücünü, hidrolik verimini hesaplayınız.



$$P = \rho g H \rightarrow H = \frac{P}{\rho g}$$

$$H = \frac{1100 \times 10^3}{9810} = 112,13 \text{ m}$$

$$V_j = \sqrt{2 g H} = \sqrt{19,62 \times 112,13}$$

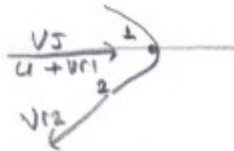
$$V_j = 46,9 \text{ m/s}$$

$$Q = V_j \cdot A = V_j \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$Q = 46,9 \times \frac{\pi}{4} \cdot 0,165^2 = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Türbinin hidrolik gücü} \quad W_{lh} = \rho g Q H = 1100 \text{ kW}$$

$$u = \frac{\pi D n}{60} = \frac{\pi \cdot 2 \cdot 325}{60} = 34 \text{ m/s}$$



$$V_{r2} = 0,92 V_{r1}$$

$$W_{mil} = \rho Q u (V_j - u) [1 - (1 - k) \cos \beta]$$

$$W_{mil} = 1000 \cdot 1 \cdot 34 (46,9 - 34) (1 - 0,92 \cos 168^\circ)$$

$$W_{mil} = 833,3 \text{ kW}$$

$$\eta_h = \frac{W_{mil}}{W_{lh}} = 0,757 \quad (\eta_h = 75,7\%)$$