

Türbin Özgöl hızı

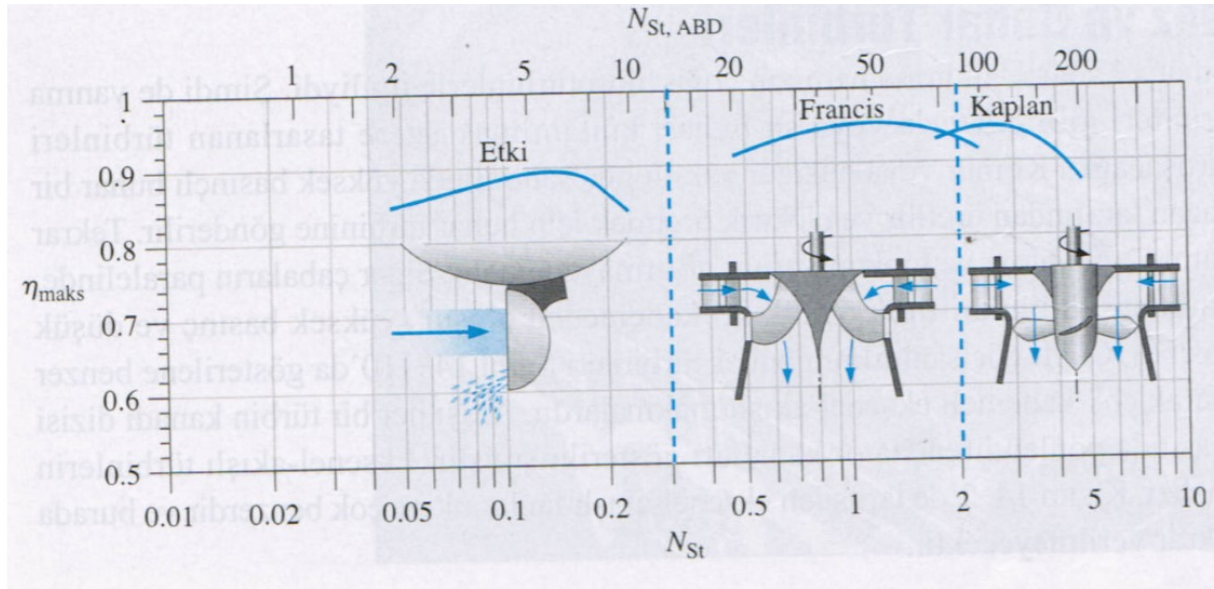
Türbin özgöl hızı bir türbine optimum şartlarında (en iyi verim noktası) çalışmasını tanımlamak için ve türbin ön seçimi için faydalıdır.

Türbin parametreleri pompalarikine benzerdir. Burad Q debisi, H net düşüsü, çarkın dönme sayısı ve D çapa bağlı olan efektif türbi gücü bağımlı değışkendir. Buna göre

Tanımı: Bir türbinin 1 m düşü altında 1 birim güç (1kW) üretebilmesi için gerekli çark hızı

$$N_{st} = \frac{\omega(W_{mil})^{1/2}}{\rho^{1/2}(gH)^{5/4}} \quad \text{Boyutsuz}$$

ω = radyan/s
 W_{mil} = Watt=W
 ρ =akışkan yoğunluğu kg/m³
H=m
g= m/s²



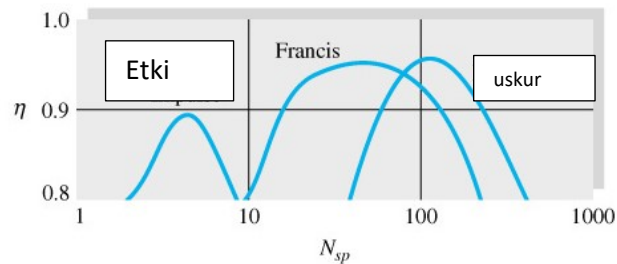
Boyutlu N_{st} Tanımı

$$N_{st} = \frac{n(W_{mil})^{1/2}}{(H)^{5/4}}$$

n =dev/dak
 W_{mil} =kW
H=m

formül için

Türbin Tipi	Özgöl Hız (ns-d/dak)
Pelton	12-30
Turgo	20-70
Cross-flow	20-80
Francis	80-400
Kaplan	340-1000



N_{st} ve N_{sp} arasındaki ilişki: $N_{st} = N_{sp} \sqrt{\eta_{turbın}}$

Benzeşim yasaları:

Bağımsız değişken olarak q yerine W_{mil} alınması dışında ister pompa isterse türbin analizi olsun boyut analizi aynıdır. Boyut analizi sonucunda aşağıdaki bağlantılar yazılır.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$$
$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$$
$$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^5$$

Türbin verimi

$$\eta_{turbın} = \frac{W_{mil}}{\rho g H Q}$$

Örnek: 1

Bir hidroelektrik baraj için Francis türbini tasarlanacak tır. En baştan başlamak yerine mühendisler mükemmel bir performans geçmişi bulunan daha önce tasarladıkları bir türbini geometrik olarak büyötmeye karar veriyorlar. Mevcut türbin (A türbini) $D_A=2.05$ m Çapında $n_A=120$ devir /dakika hızla dönmektedir. En iyi verim noktasında bu türbin $Q_A= 350$ m³/s, $H_A=75$ mss ve $W_{mil,A}=242$ MW değerine sahiptir. Yeni türbin (B türbini) ise daha büyük bir tesis için düşünülmektedir. Buna ait jeneratör aynı hızda dönecek ancak net düşü daha yüksek $H_B=104$ m olacaktır. Yeni türbinin en verimli şeklinde çalışacak D_B , Q_B , $W_{mil,B}$ ve η_B bulunuz.

Ayrıca Francis türbün olduğunu Özgöl hızı bularak doğrulayınız.

Gözüm:

$$\frac{H_B}{H_A} = \left(\frac{n_B}{n_A} \right)^2 \cdot \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^2 \Rightarrow D_B = D_A \cdot \frac{n_A}{n_B} \cdot \sqrt{\frac{H_B}{H_A}}$$

$$D_B = 2,05 \text{ m} \cdot \frac{1200 \text{ d}}{1200 \text{ d}} \cdot \sqrt{\frac{104 \text{ m}}{75 \text{ m}}} = 2,41 \text{ m}$$

$$\frac{Q_B}{Q_A} = \frac{D_B}{D_A} \cdot \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^3 \Rightarrow Q_B = 350 \cdot \left(\frac{2,41}{2,05} \right)^3 = 568 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{W_B}{W_A} = \frac{P_B}{P_A} \cdot \left(\frac{n_B}{n_A} \right)^3 \cdot \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^5 \Rightarrow W_B = 242 \cdot \left(\frac{2,41}{2,05} \right)^5 = 543 \text{ M}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 12,56 \text{ r/s}$$

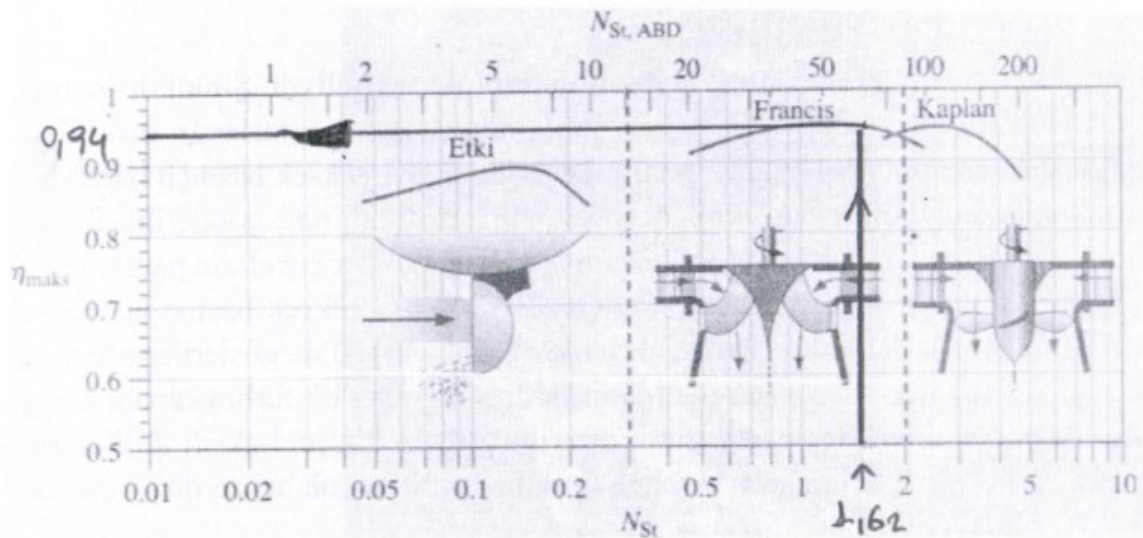
$$N_{st} = \frac{W_A \cdot (W_{mil,A})^{1/2}}{P_A^{1/2} \cdot (g H_A)^{5/4}} = \frac{12,56 \cdot (242 \times 10^6 \text{ W})^{1/2}}{\left(\frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right)^{1/2} \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 75 \text{ m} \right)^{5/4}}$$

Bu denklemin birim analizini yapıp boyutsuz olduğunu ispat ediniz.

$$N_{st,A} = 1,612$$

$N_{st,B}$ siz hesap ediniz aynı değer bulacaksınız.

Grafikte gösterelim. Burada $\eta = 0,94$ ve Francis türbin



Örnek:2

Bir hidroelektrik tesisinde 270 m geometrik düşüde 650 d/d da dönen **özüml hızı** 38 d/d olan tek püskürtücülü pelton türbinleri kullanılmaktadır. Türbinlerin toplam gücü 18000 kW olmak üzere 2.4 km uzunluğunda üç ayrı cebri boru ile santrale su taşımakta olup borudaki kayıplar 24 m dir. Kepçe hızının jet hızına oranı 0.46 toplam hidrolik verim 0.87, püskürtücü debi katsayısı 0.94 hız katsayısı 0.97 olarak alınırsa $(\rho=1000 \text{ kg/m}^3)(f=0.024)$

- Tesisteki türbin sayısı
- Türbin çark çapını
- Su jet çapını bulunuz.
- Cebri boru çapını bulunuz.

$$Nst = \frac{n\sqrt{W}}{H^{5/4}}$$

gözüml Net düşü $H_0 = H_g - \sum h_k = 270 - 24 = 246 \text{ m}$
 Türbin sayısı $i = \frac{\text{Toplam çıkış gücü}}{\text{Bir türbin gücü}}$

$$Nst = \frac{n\sqrt{W}}{H^{5/4}} \rightarrow W = \left[\left(\frac{Nst}{n} \right) \cdot H^{5/4} \right]^2 = \left[\left(\frac{38}{650} \right) \cdot 246^{5/4} \right]^2$$

a) $W_{\text{Tek Türbin}} = 3243,9 \text{ kW}$ $i = \frac{18000}{3243,9} = 5,54 \rightarrow 6 \text{ türbin}$

b) Türbinin çark çapı
 $V_j = C_v \cdot \sqrt{2gH} = 0,97 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 246}$
 hız katsayısı

$V_j = 67,38 \text{ m/s}$, $\frac{U}{V_j} = 0,46$, $U = V_j \cdot 0,46$
 $U = 30,99 \text{ m/s}$

$U = \omega \cdot r = \frac{2\pi n r}{60} = \frac{d\pi n}{60}$, $d = \frac{U \cdot 60}{\pi \cdot n} = 0,91 \text{ m}$

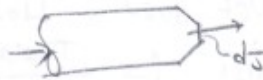
c) Su jeti çapının tayini için öncelikle toplam hidrolik gücü hesaplamak gerekir.

$\eta_{\text{mil}} = \frac{18000}{6} = 3000 \text{ kW}$, $\eta_{\text{h}} = \frac{\eta_{\text{mil}}}{\eta_{\text{t}}} = \frac{3000}{0,87} = 3448 \text{ kW}$

$W_h = \rho g Q H \rightarrow Q = \frac{W_h}{\rho g H} = \frac{3448 \cdot 10^3}{9810 \cdot 246} = 1,428 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = C_d \cdot A \cdot V$
 ↳ debi
 katsayısı

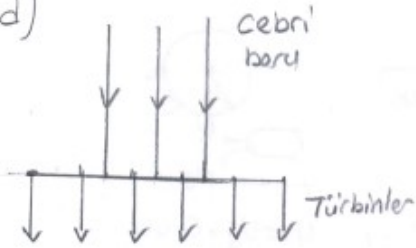
$$Q = C_d \cdot \frac{\pi d_j^2}{4} \cdot \sqrt{2gH}$$



$$d_j = \left(\frac{4 \cdot Q}{C_d \cdot \pi \cdot \sqrt{2gH}} \right)^{1/2}$$

$$d_j = \left(\frac{4 \cdot 1,428}{0,94 \cdot \pi \cdot \sqrt{19,62 \cdot 246}} \right)^{1/2} = 0,166 \text{ m} = 16,6 \text{ cm}$$

d)



$$Q_T = 6 \cdot 1,428 = 8,568 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q'_{\text{bir barî}} = \frac{Q_T}{3} = \frac{8,568}{3} = 2,856 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma h_k = f \cdot \frac{L}{D_{cB}} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{cB}^2}$$

$$\Sigma h_k = f \cdot \frac{L}{D_{cB}} \cdot \frac{4^2 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D_{cB}^5 \cdot 2g}$$

$$D_{cB} = \left[\frac{f \cdot L \cdot 16 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot \Sigma h_k} \right]^{1/5} = \left[\frac{0,024 \cdot 2400 \cdot 16 \cdot 2,856^2}{\pi^2 \cdot 19,62 \cdot 24} \right]^{1/5}$$

$$D_{cB} = 1,1 \text{ m} = 110 \text{ cm}$$

Örnek:3

Orijinalinin beşte bir boyutundaki bir su türbini modeli 20 °C sıcaklıktaki bir laboratuvarında test edilmektedir. Modelin çapı 8 cm hacimsel debisi 17 m³/h dönme hızı 1500 d/dak olup 15 m'lik bir net yükte çalışmaktadır. Model en iyi verim noktasında 450 W 'lık mil gücü vermektedir. Modelin türbin verimini hesaplayınız. Test edilen türbin en çok hangi tip türbine benzemektedir.

Çözüm $T = 20^\circ\text{C}$ $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$

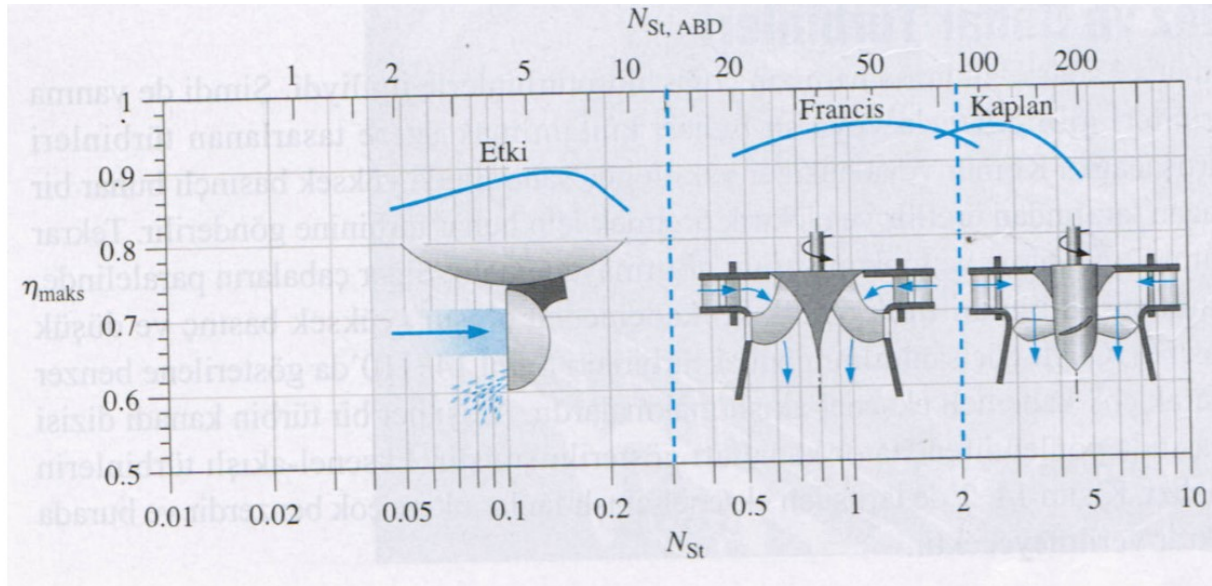
$$\eta_T = \frac{W_{\text{mil}}}{\rho g Q H} = \frac{450}{998 \cdot 3,81 \cdot 15 \cdot 17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} = 0,649$$

9064,9

$$N_{St} = \frac{W \cdot V_{\text{mil}}^{1/2}}{\rho^{1/2} (g \cdot H)^{5/4}}, \quad W = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = 157 \text{ rad/s}$$

$$N_{St} = \frac{157 \cdot 450^{1/2}}{998^{1/2} (3,81 \cdot 15)^{5/4}} = 0,205$$

* Türbin - Etkin (Peltan)

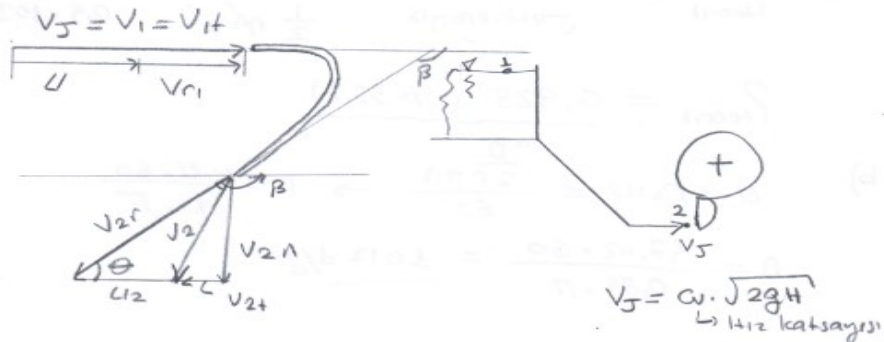


Örnek: 4

Güç santralinde pelton türbini 1260 kW gücü $H=610$ m den üretmektedir. Bu sistemde yerel kayıplar ve sürekli kayıpların toplamı $H_k=46$ m dir. Pelton çarkından akışkan 165° derecede yansıma esnasında relatif hızda çanaktaki sürtünmeden dolayı %10 azalma meydana gelmektedir. $U/V_j=0.46$ dir ve çark çapı 890 mm ve 2 tane pelton jeti sistemde mevcuttur.

- Teorik hidrolik verimi
- Devir sayısını
- Eğer gerçek verim teorik verimin % 90 ise jet çapını hesaplayınız. ($C_v = 0.98$ alınız nozal hız katsayısı)

၄၅၂ ပုဒ် ။



$$H_{\text{net}} = H - H_K = 610 - 46 = 564 \text{ m}$$

Debi beli olmadığından birim kütle başına denklemi yazalım

$$w = \frac{\rho q}{m} u (V_j - u) (1 - (1-k) \cos \beta)$$

$$\frac{W}{\dot{m}} = 4(V_j - u)(1 - (1-k) \cos \beta) \quad \beta \text{ kepece sapma}$$

$$v_j = c_v \cdot \sqrt{2g H_{\text{vel}}} = 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 564} = 103 \text{ m/s}$$

$$\frac{L_1}{V_5} = 0,46 \rightarrow L_1 = 0,46 \cdot V_5 = 47,42 \text{ m/s}$$

$$\frac{W}{m} = u(v_j - u)(1 - (1-k) \cos \beta) \quad \uparrow k$$

$$= 47.42(403 - 47.42)(1 - \frac{(1-0.1)}{9.90} \cos 165)$$

$$\frac{W}{m^3} = 4926,8 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$a) \eta_{\text{teorik}} = \frac{\text{Giriş gücü}}{\text{Jetin enerjisi}} = \frac{\dot{m} 4935}{\frac{1}{2} \dot{m} V^2} = \frac{4935}{0,5 \cdot 103^2}$$

$$\eta_{\text{teorik}} = \underline{0,928 \text{ (\% 92,8)}}$$

$$b) u = r \cdot \omega = \frac{D}{2} \pi n \rightarrow n = \frac{u \cdot 60}{0 \cdot \pi}$$

$$n = \frac{47,42 \cdot 60}{0,89 \cdot \pi} = \underline{1017 \text{ d/d}}$$

$$c) \eta = \eta_{\text{teorik}} \cdot 0,90 = 0,8352$$

$$\eta = \frac{\text{Güç}}{\text{enerji jet}} = \frac{1260 \times 10^3}{\frac{1}{2} \cdot \dot{m}_T \cdot V_J^2}$$

? Toplam

$$\dot{m}_T = 284,4 \text{ kg/s}$$

Tek jet için $\dot{m} = 142,2 \text{ kg/s}$, $\dot{m} = \rho \cdot \overset{Q}{A_J} \cdot V_J$

$$\dot{m} = \rho \cdot \frac{\pi}{4} d_J^2 \cdot V_J \rightarrow d_J = \sqrt{\frac{\dot{m} \cdot 4}{\rho \cdot \pi \cdot V_J}} = 0,041 \text{ m}$$

$$\underline{d_J = 41,9 \text{ mm}}$$

ÖDEV 1

$H_0 = 55.5$ m net düşü altında $Q = 2.5$ m³/s lik debi ile 300 d/dak dönme hızında çalışacak bir su türbini imal edilecektir. Model türbin deneylerinin yapılacağı laboratuvarında en çok 5 m lik bir net düşü ile 30 lt/s lik bir debi elde edilebildiğine göre benzeşim kurallarını kullanarak model türbinin dönme hızı ne olmalıdır.

Cevap =450d/d

Ödev 2

Boşalma kanalındaki su seviyesi ile yükleme odasındaki su seviyesi arasında $H_g = 105$ m'lik yükselti farkı bulunan bir hidroelektrik santralinde çalışan birbirinin aynı 4 reaksiyon su türbini iki ana cebri boru ile beslenmektedir. Çapı 3 m uzunluğu 150 m yük kaybı katsayısı $f = 0.02$ olan her ana cebri boruda toplam yük kaybı 1.2 mSS, lokal enerji kayıp toplamı 0.5 olup türbinlere ayrılan kolların her birinde türbin girişine kadar meydana gelen yük kaybı toplamı 0.8 mSS kadardır. Bir türbinden 17000 BG 'lük güç alınmaktadır. Bu çalışma noktasında türbinin hidrolik verimini 0.95, kaçak verimi 0.97 olduğu tahmin edilmektedir. Türbin çark çapı 1270 mm, çarkın girişteki teğet sel hız katsayısı $ku_1 = 0.74$, $\alpha_1 = 17^\circ$, çıkış $\alpha_2 = 90^\circ$ olması halinde;

- Türbinin net düşüsünü
- Bir türbinin debisini
- Bir türbinin genel verimini ve mekanik verimin
- Türbinleri devir sayısını
- Türbinlerin tipini
- Çarka giriş açısını (β_1) bulunuz. Giriş hız üçgenini ölçekli çiziniz.