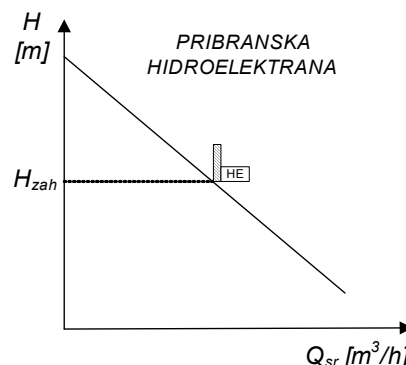
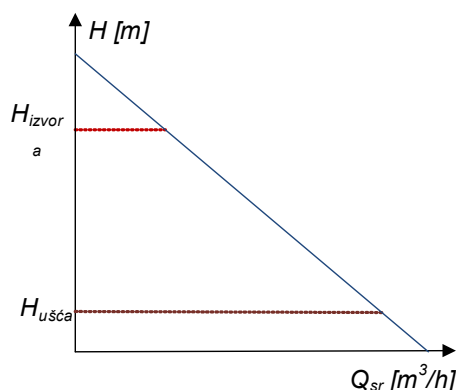


1. Srednji godišnji protok rijeke se povećava prema  $Q_{sr} = 2 \cdot (1300 - H)/3$  [visina u  $m$ , protok u  $m^3/s$ ]. Odredite: a) bruto energiju vodotoka, ako je izvor rijeke na 700 m n.v. i ušće na 100 m n.v., b) snagu pribranske hidroelektrane s branom visine 100 m na 400 m n.v. i stupnjem iskorištenja 90%, c) snagu derivacijske hidroelektrane sa zahvatom na 400 m n. v., pregradom visine 100 m, postrojenjem na 200 m n. v. i stupnjem iskorištenja 85%, i d) kao pod c), ali se na mjestu zahvata u osnovni vodotok propušta biološki minimum od  $50 m^3/s$ . Odredite godišnju proizvedenu električnu energiju u elektranama pod b), c) i d) kada bi se raspoloživi protok za proizvodnju električne energije prikazao kao srednji protok dostupan 70% vremena.

$Q$ - $H$  dijagram:  
 $Q_{sr} = 2 \cdot (1300 - H)/3$   
 $H_{zah} = 400$  m n. v.  
 $H_{B,p} = 100$  m  
 $\eta_p = 0,90$   
 $H_{B,d} = 100$  m  
 $H_d = 200$  m n. v.  
 $\eta_d = 0,85$   
 $Q_{BM} = 50 m^3/s$   
 -----  
 $W_{brutto} = ?$   
 $P_p, P_{d,c}, P_{d,d} = ?$



a) Bruto energija vodotoka je:

$$W_{brutto} = 8760 \cdot P = 8760 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot \int_{H_u}^{H_i} Q_{sr}(H) dH = 8760 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot \int_{100}^{700} \frac{2}{3} \cdot (1300 - H) dH =$$

$$= 8760 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot 0,667 \cdot [1300 \cdot (700 - 100) - 0,5 \cdot (700^2 - 100^2)] = 30,92 \text{ TWh}$$

b) pribranska hidroelektrana

$$H_n \equiv H_{B,p} = 100 \text{ m}$$

$$Q_{sr,p}(H_{zah} = 400 \text{ m}) = 0,667 \cdot (1300 - 400) = 600 m^3/s$$

$$P_p = 9,81 \cdot Q_{sr,p} \cdot H_n \cdot \eta_p = 9,81 \cdot 600 \cdot 100 \cdot 0,90 = 529740 \text{ kW} = 530 \text{ MW}$$

c) derivacijska hidroelektrana

$$H_n \equiv H_{B,d} + (H_{zah} - H_d) = 100 + (400 - 200) = 300 \text{ m}$$

$$Q_{sr,d}(H_{zah} = 400 \text{ m}) = 0,667 \cdot (1300 - 400) = 600 m^3/s$$

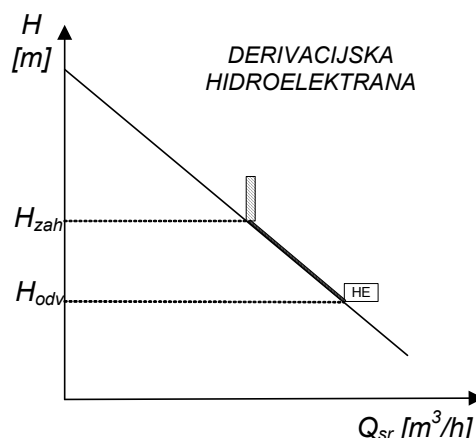
$$P_{d,c} = 9,81 \cdot Q_{sr,d} \cdot H_n \cdot \eta_d = 9,81 \cdot 600 \cdot 300 \cdot 0,85 = 1500930 \text{ kW} = 1501 \text{ MW}$$

d) derivacijska hidroelektrana uz propuštanje biološkog minimuma protoka

$$H_n \equiv H_B + (H_{zah} - H_d) = 100 + (400 - 200) = 300 \text{ m}$$

$$Q_{sr,d-BM} = Q_{sr,d}(H_{zah} = 400 \text{ m}) - Q_{BM} = 600 - 50 = 550 m^3/s$$

$$P_{d,d} = 9,81 \cdot Q_{sr,d-BM} \cdot H_n \cdot \eta_d = 9,81 \cdot 550 \cdot 300 \cdot 0,85 = 1375385 \text{ kW} = 1375 \text{ MW}$$



e) Pribranska HE:  $W = 8760 \cdot 0,7 \cdot P_p = 8760 \cdot 0,7 \cdot 530$   
 $= 3,250 \cdot 10^6 \text{ MWh} = 3250 \text{ GWh}$

Derivacijska HE:  $W = 8760 \cdot 0,7 \cdot P_{d,c} = 8760 \cdot 0,7 \cdot 1501 = 9,204 \cdot 10^6 \text{ MWh} = 9204 \text{ GWh}$

Derivacijska HE s b. m.:  $W = 8760 \cdot 0,7 \cdot P_{d,d} = 8760 \cdot 0,7 \cdot 1375 = 8,432 \cdot 10^6 \text{ MWh} = 8432 \text{ GWh}$

**a)  $W_{brutto} = 31 \text{ TWh}$ , b)  $P_p = 530 \text{ MW}$ , c)  $P_{d,c} = 1500 \text{ MW}$ , d)  $P_{d,d} = 1375 \text{ MW}$ , e)  $W_b = 3250 \text{ GWh}$ ,  
 $W_c = 9204 \text{ GWh}$ ,  $W_d = 8432 \text{ GWh}$**

2. Tlačnim se tunelom, sa zahvatom na koti 100 m n.v., iz akumulacijskog jezera dovodi voda do turbine čiji je izlaz na koti 40 m n.v. Razina vode je u jezeru na koti 120 m n. v., a razina donje vode (odvodni kanal) na koti 32 m n. v. Odredite: a) snagu turbine pri protoku od  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  u slučaju kada nema difuzora na izlazu iz turbine (promjer izlaznog otvora turbine iznosi 3 m), i b) snagu turbine pri istom protoku, ali kada se postavi difuzor čiji je polumjer izlaznog otvora za 1 m veći od polumjera izlaznog otvora turbine.

$$H_{zah} = 100 \text{ m n. v.}$$

$$H_t = 40 \text{ m n. v.}$$

$$H_{gv} = 120 \text{ m n. v.}$$

$$H_{dv} = 32 \text{ m n. v.}$$

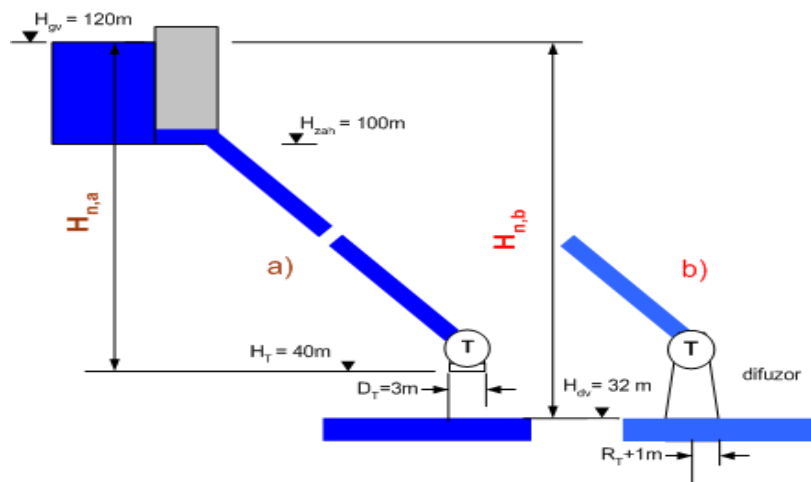
$$Q_a = Q_b = 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_t = 3 \text{ m}$$

$$D_d = 5 \text{ m}$$

$$P_a, P_b = ?$$

*Napomena: zbog kavitacije dužina difuzora mora biti ograničena na 8 m.*



a) bez difuzora      Površina izlaznog otvora turbine je:  $A_t = \frac{D_t^2 \cdot \pi}{4} = \frac{3^2 \cdot \pi}{4} = 7,07 \text{ m}^2$

Iz jednačbe kontinuiteta  $Q_t = A_t \cdot c_t$  slijedi izraz za brzinu vode na izlazu iz turbine:

$$c_t = \frac{Q}{A_t} = \frac{100}{7,07} = 14,15 \text{ m/s}$$

$$\text{Neto visina je: } H_n = H_{gv} - H_t - \frac{c_t^2}{2 \cdot g} = 120 - 40 - \frac{14,15^2}{2 \cdot 9,81} = 120 - 40 - 10,2 = 69,8 \text{ m}$$

$$\text{Snaga turbine je: } P_a = 9,81 \cdot Q_a \cdot H_{n,a} = 9,81 \cdot 100 \cdot 69,8 = 68474 \text{ kW} = 69 \text{ MW}$$

b) s difuzorom      Difuzor je uređaj na izlazu iz turbine koji omogućava potpuno iskorištenje potencijalne energije te smanjenje gubitaka kinetičke energije vode između izlaza iz turbine i razine donje vode.

$$\text{Površina izlaznog otvora difuzora je: } A_d = \frac{D_d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{5^2 \cdot \pi}{4} = 19,63 \text{ m}^2$$

Iz jednačbe kontinuiteta  $Q_d = A_d \cdot c_d$  slijedi izraz za brzinu vode na izlazu iz difuzora:

$$c_d = \frac{Q_d}{A_d} = \frac{100}{19,63} = 5,1 \text{ m/s}$$

$$\text{Neto visina je: } H_n = H_{gv} - H_{dv} - \frac{c_d^2}{2 \cdot g} = 120 - 32 - \frac{5,1^2}{2 \cdot 9,81} = 120 - 32 - 1,3 = 86,7 \text{ m}$$

$$\text{Snaga turbine je: } P_b = 9,81 \cdot Q_b \cdot H_{n,b} = 9,81 \cdot 100 \cdot 86,7 = 85052 \text{ kW} = 85 \text{ MW}$$

$$P_a = 69 \text{ MW}, P_b = 85 \text{ MW}$$

3. Vjerojatnosnu krivulju protoka na mjestu gdje je postavljena protočna hidroelektrana, instaliranog protoka od  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ , aproksimira izraz  $Q = 10 - t/2 \text{ [m}^3/\text{s]}$  ( $t$  u mjesecima). Koliko iznosi vjerojatna godišnja proizvodnja električne energije? Koliko iznose najveća i najmanja snaga hidroelektrane? Odrediti faktor opterećenja za hidroelektranu. Pojednostavljeno uzeti da je neto visina  $50 \text{ m}$  i stupanj djelovanja  $0,75$  cijelo vrijeme.

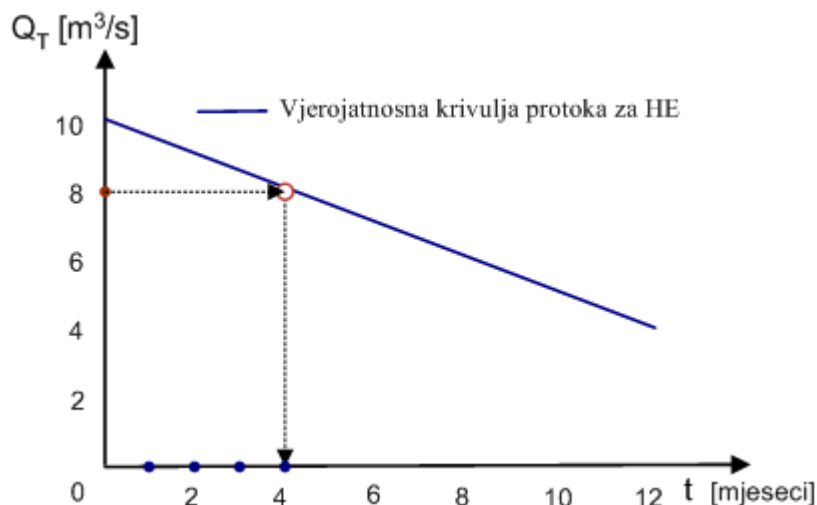
$$H_n = 50 \text{ m}$$

$$Q_i = 8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta = 0,75$$

$$Q = 10 - t/2 \text{ [m}^3/\text{s]} \text{ (} t \text{ u mjesecima)}$$

$$W, P_{\max}, P_{\min}, m_{HE} = ?$$



Vjerojatnosna krivulja protoka je:  $Q = 10 - t/2 \text{ [m}^3/\text{s]} \text{ (} t \text{ u mjesecima)}$

Uvrštavanjem za  $Q = Q_i$  dobiva se  $t_i = 4 \text{ mjeseca}$ .

Vjerojatna godišnja proizvodnja električne energije određuje se prema izrazu:

$$\begin{aligned} W &= 9,81 \rho \cdot \left\{ Q_i \cdot \eta_i \cdot \int_0^{t_i} H_n(t) \cdot dt + \int_{t_i}^{12} Q(t) \cdot H_n(t) \cdot \eta(t) \cdot dt \right\} = 9,81 \cdot \rho \cdot \left( Q_i \cdot \eta \cdot H_n \cdot t_i + H_n \cdot \eta \cdot \int_{t_i}^{12} Q(t) \cdot dt \right) \\ &= 9,81 \cdot 10^3 \cdot 0,75 \cdot 50 \cdot \left( 8 \cdot 4 + \int_4^{12} \left( 10 - \frac{t}{2} \right) \cdot dt \right) = 367875 \cdot \left( 32 + \left( 10 \cdot t - \frac{t^2}{2 \cdot 2} \right) \Big|_4^{12} \right) = 29,4 \cdot 10^6 \text{ Wmj} = \\ &= 29,4 \cdot 10^6 \cdot 8760 / 12 = 21,5 \cdot 10^9 \text{ Wh} = 21,5 \text{ GWh} \end{aligned}$$

Najveća snaga hidroelektrane:

$$P_{\max} = P_i = 9,81 \cdot Q_i \cdot H_n \cdot \eta = 9,81 \cdot 8 \cdot 50 \cdot 0,75 = 2943 \text{ kW} = 2,94 \text{ MW}$$

Najmanja snaga hidroelektrane:

$$P_{\min} = 9,81 \cdot Q_{\min} \cdot H_{\min} \cdot \eta = 9,81 \cdot Q(12 \text{ mj}) \cdot 50 \cdot 0,75 = 9,81 \cdot 4 \cdot 50 \cdot 0,75 = 1472 \text{ kW} = 1,47 \text{ MW}$$

Faktor opterećenja za hidroelektranu:

$$m_{HE} = W/W_i = W / (P_i \cdot T) = 21,5 \cdot 10^9 / (2,94 \cdot 10^6 \cdot 8760) = 21,5 \cdot 10^9 / 25,4 \cdot 10^9 = 0,83$$

$$W = 21,5 \cdot 10^9 \text{ Wh}, P_{\max} = 2,94 \text{ MW}, P_{\min} = 1,47 \text{ MW}, m_{HE} = 0,83$$

4. Odredite moguću godišnju proizvodnju derivacijske hidroelektrane izgrađene na vodotoku s godišnjom krivuljom trajanja protoka  $Q=300-200 \cdot t/12$ . Zahvat se ostvaruje na 100 m n.v., a veličina izgradnje (instalirani protok) jednaka je očekivanom srednjem godišnjem protoku na tom mjestu. Postrojenje HE izgrađeno je na morskoj obali. Konsumpcijska krivulja na zahvatu zadana je izrazom  $H_z=Q/20+40$ . Brana je visine 55 m s ugrađenim zapornicama koje se reguliraju tako da propuštaju višak vode. Tijekom pogona nije potrebno poštivati biološki minimum. Turbina je u stanju raditi s bilo kojim protokom od maksimalnog instaliranog do nultog. Utjecaj ostalih veličina koje nisu zadane treba zanemariti.

$$Q=300-200 \cdot t/12$$

$$H_{zah} = 100 \text{ m n. v.}$$

$$H_z=Q/20+40$$

$$H_B = 55 \text{ m}$$

$$H_{post} = 0 \text{ m n. v.}$$

$$W = ?$$

Srednji godišnji protok (odnosni instalirani protok) se dobije kada se u izraz za  $Q$  uvrsti  $t=6$  mjeseci.

$$Q_i=300-200 \cdot 6/12 = 200 \text{ m}^3/\text{s}$$

U prvih 6 mjeseci maksimalno iskoristivi protok je  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  i on je konstantan, nakon toga se linearno u idućih 6 mjeseci smanjuje do  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  što se direktno dobije ako se u izraz za  $Q$  uvrsti  $t=12$  mjeseci:

$$Q_{min}=300-200 \cdot 12/12 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

Visina gornje vode varira između 45 m i 55 m što se vidi iz konsumpcijske krivulje.

$$H_{zmin}=100/20 + 40 = 45 \text{ m}$$

$$H_{zmax}=300/20 + 40 = 55 \text{ m}$$

Primijetiti da je  $H_B = 55 \text{ m}$  te je zato moguće iskoristiti najvišu visinu gornje vode. Kad bi  $H_B$  bio manji od 55 m,  $H_{zmax}$  bi bio jednak  $H_B$ .

Primijetiti da je  $Q_{max} = 300 \text{ m}$  što se vidi iz godišnje krivulje trajanja protoka. Maksimalna visina vode na mjestu zahvata bit će upravo određena tim iznosom. No, na žalost, tehnička izvedba postrojenja ne dozvoljava da mi taj protok propustimo kroz cjevovode i turbinu pa je zato maksimalni protok ograničen na  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Snaga hidroelektrane iznosi:

$$P = \rho \cdot g \cdot H(t) \cdot Q(t) \cdot \eta$$

$$H(t) = H_z + H_{zah} = Q/20 + 40 + H_{zah} = (300-200 \cdot t/12)/20 + 40 + 100$$

$$P = 1000 \cdot 9.81 \cdot (300/20-200 \cdot t/240+40+100) \cdot Q(t) \cdot 1$$

$$P = 1000 \cdot 9.81 \cdot (155-5 \cdot t/6) \cdot Q(t)$$

Proizvedena energija od 0 do 6 mjeseci je: (broj sati u mjesecu iznosi  $24 \cdot 365/12=730$  h)

$$W_{0-6} = 730 \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot \int_0^6 Q_i \cdot H(t) dt = 7161300 \cdot \int_0^6 200 \cdot (155 - \frac{5}{6}t) dt = 1,432 \cdot 10^9 \cdot \left( 155t - \frac{5}{6} \frac{t^2}{2} \right)_0^6 = 1,31 \cdot 10^9 \text{ kWh}$$

Proizvedena energija od 6 do 12 mjeseci je:

$$W_{6-12} = 730 \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot \int_6^{12} Q(t) \cdot H(t) dt = 7161300 \cdot \int_6^{12} (300 - 200 \frac{t}{12}) \cdot (155 - \frac{5}{6}t) dt = 0,95 \cdot 10^9 \text{ kWh}$$

Ukupna proizvedena energija je  $W = W_{0-6} + W_{6-12} = 2,26 \cdot 10^9 \text{ kWh} = 2,26 \text{ TWh}$

$$W = 2,3 \cdot 10^9 \text{ kWh}$$

5. Konsumpcijska krivulja na zahvatu derivacijske hidroelektrane dana je izrazom  $Q/10$ , na odvodu izrazom  $Q/40$ . Na mjestu zahvata projektirana je i izgrađena brana visine 45 m. Početak tlačnog tunela (smješten u dnu brane) nalazi se na 205 m n.v., a dno se odvodnog kanala nalazi na 55 m n.v. Ukupan stupanj iskorištenja je 0,8. Instalirani protok HE iznosi  $450 \text{ m}^3/\text{s}$ .

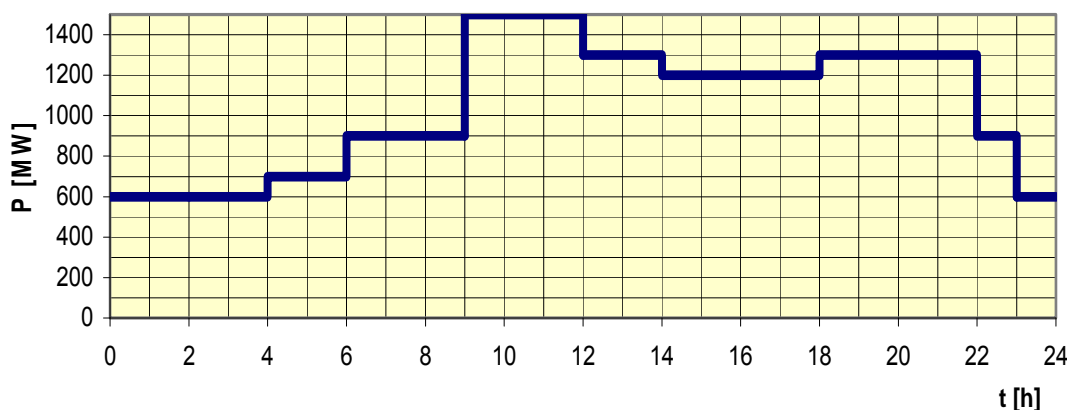
- a) S kojom snagom radi elektrana kada razine voda naraste do vrha brane?  
 b) Ako je snaga pod a) nazivna snaga, koliko iznosi faktor opterećenja hidroelektrane uz godišnju proizvodnju električne energije od 3,88 TWh?

$$P = 649 \text{ MW}, m = 0,68$$

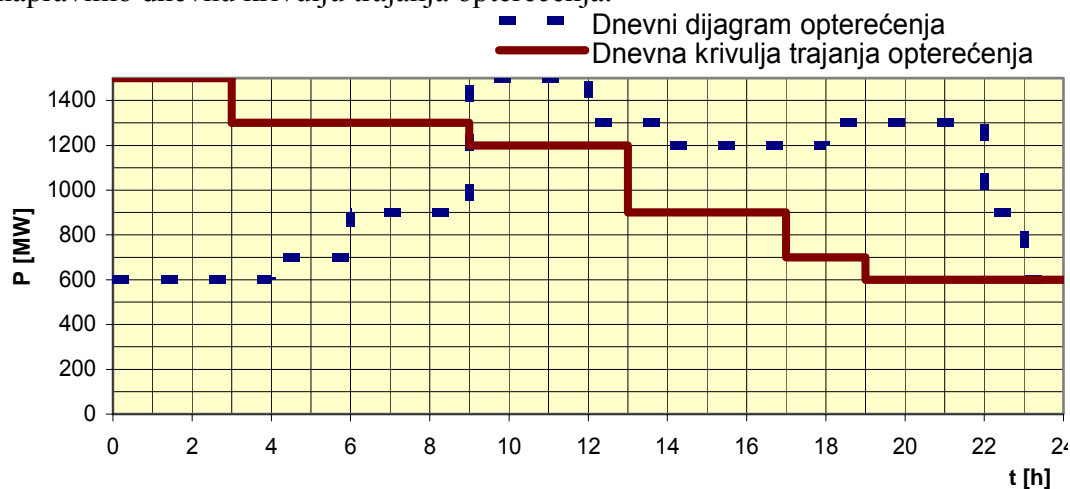
6. Za neki elektroenergetski sustav poznato je dnevno opterećenje prema podacima u tablici. Potrebno je nacrtati dnevnu krivulju trajanja opterećenja, odrediti iznos varijabilne energije, konstantne energije, dnevno utrošene energije, faktora opterećenja, te vrijeme korištenja maksimalne snage.

$t [h]$	0 – 4	4 – 6	6 – 9	9 – 12	12 – 14	14 – 18	18 – 22	22 – 23	23 – 24
$P [MW]$	600	700	900	1500	1300	1200	1300	900	600

Prvo nacrtamo dnevnu krivulju (dijagram) opterećenja:



Iz koje napravimo dnevnu krivulju trajanja opterećenja.



Ukupna proizvedena energija jednaka je površini ispod krivulje trajanja opterećenja:

$$W = 1500 \text{ MW} \cdot 3 \text{ h} + 1300 \text{ MW} \cdot 6 \text{ h} + 1200 \text{ MW} \cdot 4 \text{ h} + 900 \text{ MW} \cdot 4 \text{ h} + 700 \text{ MW} \cdot 2 \text{ h} + 600 \text{ MW} \cdot 5 \text{ h}$$

$$W = 25100 \text{ MWh}$$

$$W_K = 24 \text{ h} \cdot P_{\min} = 24 \text{ h} \cdot 600 \text{ MW} = 14400 \text{ MWh}$$

$$W_V = W - W_K = 10700 \text{ MWh}$$

$$\text{Faktor opterećenja } m = \frac{W}{24 \text{ h} \cdot P_{\max}} = \frac{25100 \text{ MWh}}{24 \text{ h} \cdot 1500 \text{ MW}} = 0,697$$

$$\text{Vrijeme korištenja maksimalne snage } T_{P_{\max}} = \frac{W}{P_{\max}} = \frac{25100 \text{ MWh}}{1500 \text{ MW}} = 16,7 \text{ h}$$

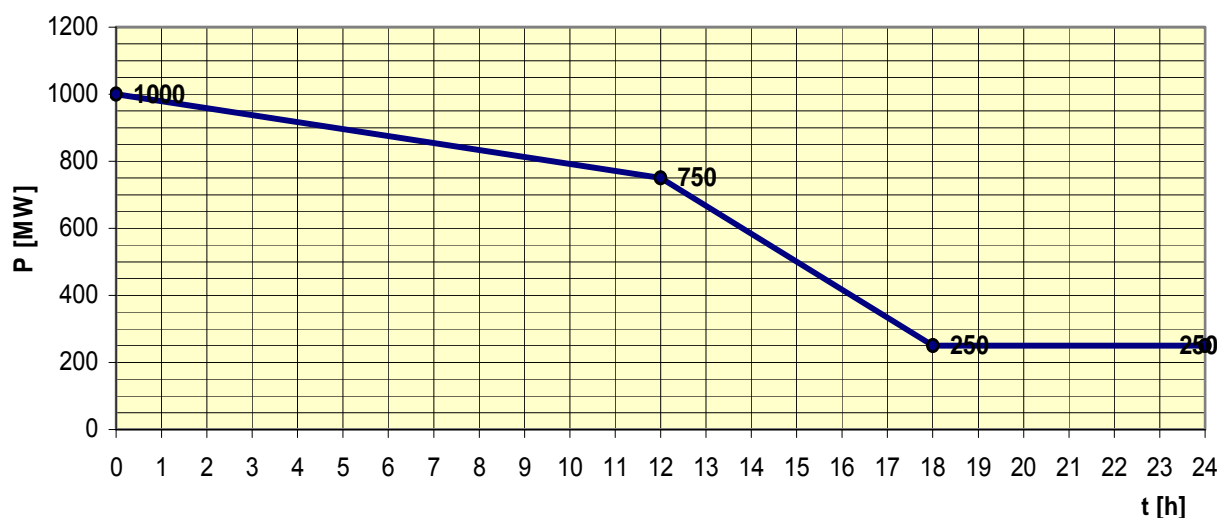
$$\mathbf{W_V = 10700 \text{ MWh}, W_K = 14400 \text{ MWh}, W = 25100 \text{ MWh}, m = 0,697, T_{P_{\max}} = 16,7 \text{ h}}$$

7. Dnevna krivulja trajanja opterećenja nekog EES-a aproksimirana s tri pravca definirana je sljedećim izrazima:

Vrijeme [h]	0 – 12	12 – 18	18 – 24
Snaga [MW]	$-\frac{250}{12}t + 1000$	$-\frac{500}{6}t + 1750$	250

Odredite iznos dnevno potrošene energije, faktora opterećenja, te vrijeme korištenja maksimalne snage.

Dnevno potrošena energija je površina ispod krivulje trajanja opterećenja, može se izračunati iz površina ispod krivulje (zbrajanjem kvadrata i trokuta) ili integracijom krivulje:



iz površina (grafički):

$$W_K = 24 \text{ h} \cdot P_{\min} = 6000 \text{ MWh}$$

$$W_V = \frac{1}{2} (250 \text{ MW} \cdot 12 \text{ h}) + (500 \text{ MW} \cdot 12 \text{ h}) + \frac{1}{2} (500 \text{ MW} \cdot 6 \text{ h}) = 9000 \text{ MWh}$$

$$W = W_K + W_V = 15000 \text{ MWh}$$

Integracijom (analitički):

$$W = \int_0^{12} \left( -\frac{250}{12}t + 1000 \right) dt + \int_{12}^{18} \left( -\frac{500}{6}t + 1750 \right) dt + \int_{18}^{24} 250 dt$$

$$W = -\frac{250}{12 \cdot 2} (12^2 - 0^2) + 1000(12 - 0) - \frac{500}{6 \cdot 2} (18^2 - 12^2) + 1750(18 - 12) + 250(24 - 18)$$

$$W = 15000 \text{ MWh}$$

$$\text{Faktor opterećenja } m = \frac{W}{24 \text{ h} \cdot P_{\max}} = \frac{15000 \text{ MWh}}{24 \text{ h} \cdot 1000 \text{ MW}} = 0,625$$

$$\text{Vrijeme korištenja maksimalne snage } T_{P_{\max}} = \frac{W}{P_{\max}} = \frac{15000 \text{ MWh}}{1000 \text{ MW}} = 15 \text{ h}$$

$$W = 15000 \text{ MWh}, m = 0,625, T_{P_{\max}} = 15 \text{ h}$$

8. Dnevna krivulja trajanja opterećenja nekog EES-a aproksimirana je s tri pravca. Poznati su sljedeći podaci o krivulji:  $P_{\max} = 1000 \text{ MW}$ ,  $P_{\min} = 550 \text{ MW}$ ,  $T_v = 18 \text{ h}$ ,  $W = 18000 \text{ MWh}$ ,  $\beta = 0,6$ . Potrebno je izračunati koeficijent  $\alpha$ , nacrtati krivulju trajanja opterećenja i napraviti u njoj razmještaj elektrana za slučaj kada je nuklearna elektrana u remontu. Poznato je :

HE <sub>1</sub> :	$P_{\text{HE1n}} = 200 \text{ MW}$ ;	protočna	
HE <sub>2</sub> :	$P_{\text{HE2n}} = 300 \text{ MW}$ ;	protočna	
NE:	$P_{\text{NEn}} = 300 \text{ MW}$ ;		$c_{\text{NE}} = 15 \text{ lp/kWh}$
TE <sub>1</sub> :	$P_{\text{TE1n}} = 250 \text{ MW}$ ;	$P_{\text{TE1min}} = 50 \text{ MW}$ ;	$c_{\text{TE1}} = 35 \text{ lp/kWh}$
TE <sub>2</sub> :	$P_{\text{TE2n}} = 350 \text{ MW}$ ;	$P_{\text{TE2min}} = 50 \text{ MW}$ ;	$c_{\text{TE2}} = 30 \text{ lp/kWh}$

Nuklearna elektrana je u remontu, te ju ne uzimamo u obzir u ovom zadatku.

Zbroj snaga preostalih raspoloživih elektrana je  $1100 \text{ MW} > P_{\max}$ .

Sve preostale elektrane potrebne su nam za zadovoljavanje dnevnih potreba za energijom.

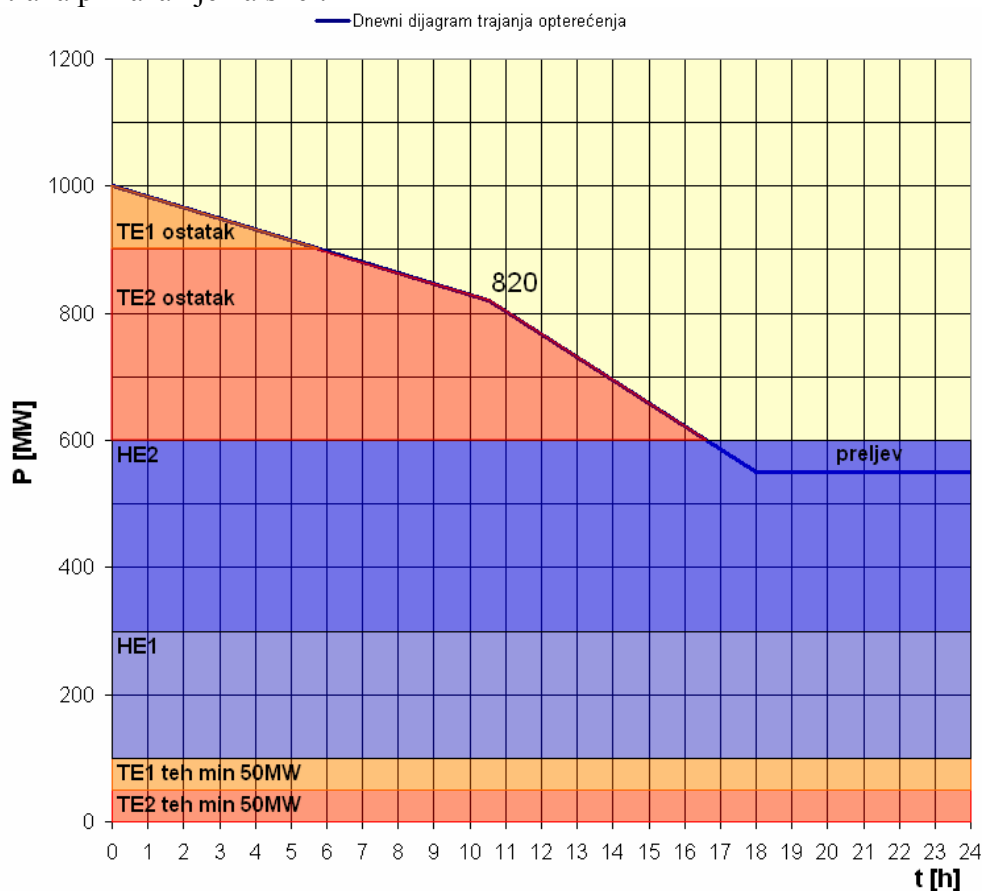
$$W_K = 24\text{h} \cdot P_{\min} = 24\text{h} \cdot 550\text{MW} = 13200 \text{ MWh}$$

$$W_V = W - W_K = 4800 \text{ MWh}$$

$$P_V = P_{\max} - P_{\min} = 450\text{MW}, \text{ te iz relacije } \alpha + \beta = \frac{2 \cdot W_V}{T_v \cdot P_V} \text{ dobijemo:}$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot W_V}{T_v \cdot P_V} - \beta = \frac{2 \cdot 4800\text{MWh}}{18\text{h} \cdot 450\text{MW}} - 0,6 = 0,5852$$

Raspored elektrana prikazan je na slici:



$$\alpha = 0,5852$$



9. U sustavu je raspoloživo sedam elektrana: nuklearna elektrana nazivne snage 600 MW, četiri termoelektrane nazivnih snaga 450 MW i tehničkih minimuma 50 MW, te dvije protočne hidroelektrane koje cijeli dan mogu davati 200 MW svaka. Cijena električne energije proizvedene iz TE je različita, najjeftinija iz TE<sub>1</sub>, pa redom do najskuplje TE<sub>4</sub>. Zanimarite sve gubitke snage. Dnevna krivulja trajanja opterećenja određena je s  $P_{max} = 1700$  MW,  $P_{min} = 700$  MW,  $T_v = 20$  h,  $\alpha = 0,6$  i  $\beta = 0,8$ . Odredite: a) ukupnu energiju koju proizvede TE<sub>2</sub>, i b) faktor opterećenja sustava.

NE:  $P_{NEn} = 600$  MW;

HE<sub>1</sub>:  $P_{HE1n} = 200$  MW; protočna

HE<sub>2</sub>:  $P_{HE2n} = 200$  MW; protočna

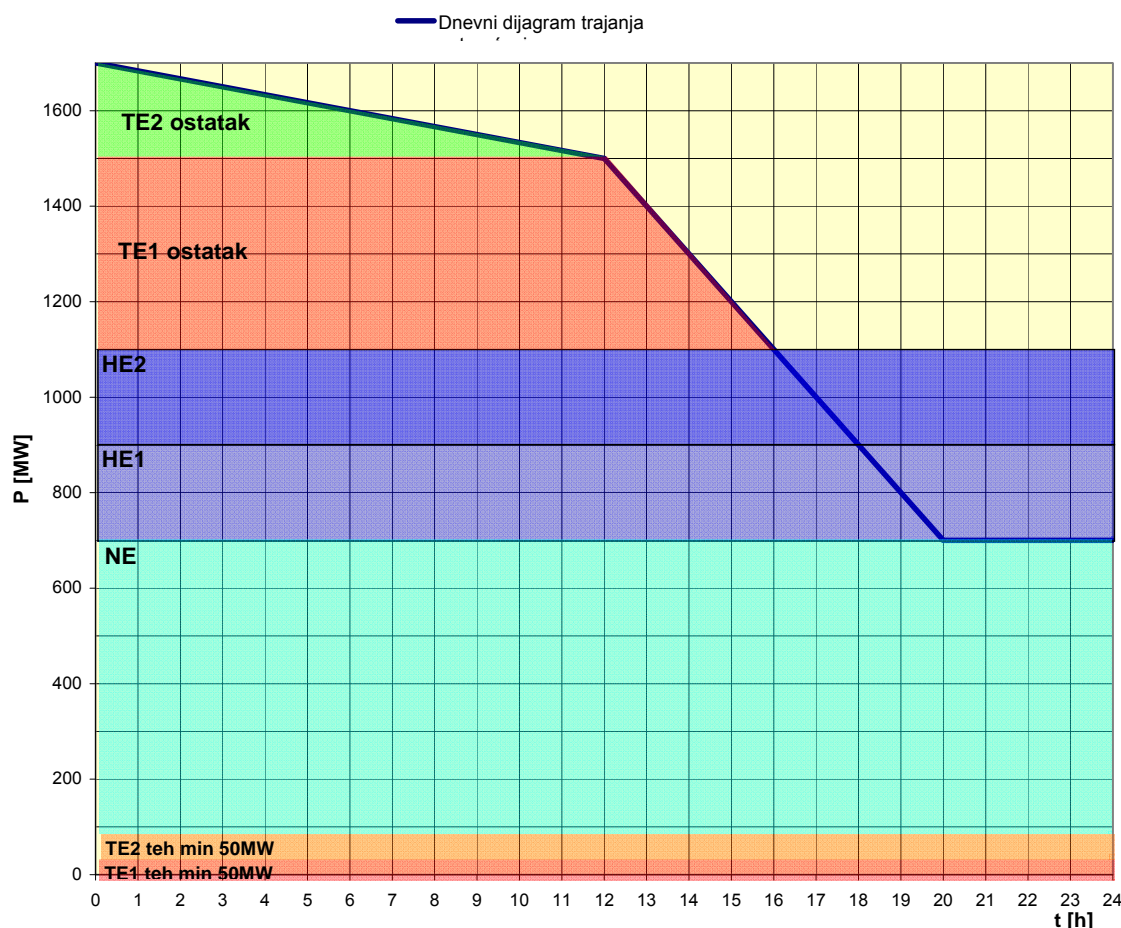
TE<sub>1-4</sub>:  $P_{TE1-4n} = 450$  MW;  $P_{TE1-4min} = 50$  MW;  $c_{TE1} < c_{TE2} < c_{TE3} < c_{TE4}$

$$\alpha \cdot T_v = 0,6 \cdot 20 = 12h$$

$$P_{min} + \beta \cdot P_v = 700MW + 0,8 \cdot 1000MW = 1500MW$$

#### Rezoniranje:

- Suma nazivnih snaga NE i obje protočne HE:  $P_{NEn} + 2 \times P_{HEn} = 600 + 2 \times 200 = 1000$  MW  $< P_{max}$
- Za pokriće razlike opterećenja od ovih 1000 MW do  $P_{max}$ , u iznosu 700 MW, koristite se još dvije TE: prvo TE<sub>1</sub> (najekonomičnija) i preostali dio s TE<sub>2</sub> (sljedeća po ekonomičnosti). Stoga treba u pokriće baznog opterećenja uključiti i snage tehničkih minimuma ove dvije elektrane.
- Tada je suma snaga:  $P_{TE1min} + P_{TE2min} + P_{NEn} + 2 \times P_{HEn} = 2 \times 50 + 600 + 2 \times 200 = 1100$  MW
- Potom se dodaje preostala razlika TE<sub>1</sub> od 400 MW te je time pokriveno ukupno 1500 MW.
- Preostaje još pokriti 200 MW, od 1500 MW do  $P_{max}$ , iz elektrane TE<sub>2</sub>. Zaključak: TE<sub>2</sub> radi s varijabilnom snagom 12 h.
- Kada se sve točno prikaže na slici uočava se da TE<sub>2</sub> radi:
  - 24 h na snazi tehničkog minimuma od 50 MW, te
  - 12 h promjenjivom snagom (u dodatku na teh. minimum) od 0 do najviše 200 MW.



Dnevna djelatna električna energija koja se proizvede TE<sub>2</sub> iznosi:

$$W_{TE2} = W_{TE2k} + W_{TE2v} = 24h \cdot 50MW + 0,5 \cdot 12h \cdot 200MW = 1200 + 1200 = 2400MWh$$

$$W_k = 24h \cdot P_{\min} = 24h \cdot 700MW = 16800MWh$$

$$W_v = 0,5 \cdot (\alpha + \beta) \cdot P_v T_v = 0,5 \cdot (0,6 + 0,8) \cdot 1000MW \cdot 20h = 14000MWh$$

$$W_{uk} = W_k + W_v = 16800MWh + 14000MWh = 30800MWh$$

Faktor opterećenja sustava,  $m$ :

$$m = \frac{W}{W_{\max}} = \frac{W}{24 \cdot P_{\max}} = \frac{30800MWh}{24h \cdot 1700MW} = 0,755$$

$$W_{TE2} = 2400 \text{ MWh}; m = 0,755$$