

ZI1516-12) Nuklearka PWR tipa ima 241 gorivni element u jezgri. Gorivni element je duljine 3.75 m, tipa 18x18 i ima 36 vodilica za kontrolne šipke i instrumentaciju. Nominalna linearna gustoća snage gorivne šipke je 18.6 kW/m. Porast temperature hladioca u jezgri reaktora je 33K, a specifični toplinski kapacitet hladioca je 5.54 kJ/kgK. Elektrana ima 3 rashladne petlje u primarnom krugu. Snaga koju primarna pumpa predaje fluidu je 8MW. U kondenzatoru se predaje 3300MW toplinske snage riječnoj vodi. Srednji neutronski tok u jezgri je $3 \cdot 10^{17} \text{ n/m}^2\text{s}$.

Izračunaj:

- snagu jezgre
- maseni protok u jednoj petlji primarnog kruga
- termički stupanj djelovanja elektrane

$$N = 241 \quad (18 \times 18, 36)$$

$$L = 3,7 \text{ m}$$

$$\dot{Q}_T = 18.6 \text{ kW/m}$$

$$\Delta T = 33 \text{ K}$$

$$C_h = 5.54 \text{ kJ/kg}$$

3 RASHL. PETLJ. PK

$$P_{PP} = 8 \text{ MW}$$

$$P_K = 3300 \text{ MW}$$

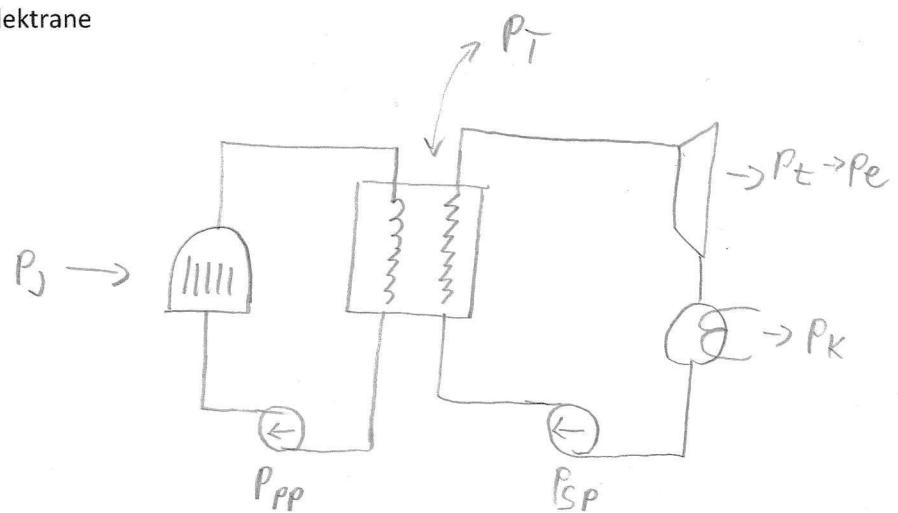
$$\Phi = 3 \cdot 10^{17} \text{ n/m}^2\text{s}$$

a) $P_j = (18 \times 18 - 36) \cdot N \cdot L \cdot \dot{Q}_T = 288 \cdot 241 \cdot 3,7 \cdot 18,6 \cdot 10^3 = 3781,5 \text{ MW}$

c) $\dot{m} = \frac{P_j}{C_h \cdot \Delta T} = \frac{3781,5 \cdot 10^6}{5,54 \cdot 10^3 \cdot 33} = 20,689 \text{ t/s}$

$$\dot{m}_p = \frac{\dot{m}}{3} = 6,895 \text{ t/s}$$

d) $\eta_t = 1 - \frac{P_{PP}}{P_{PPV}} = 1 - \frac{P_K}{P_j} = 1 - \frac{3300}{3781,5} = 0,127$



MI1516-15) Nuklearna elektrana PWR tipa ima 4 rashladne petlje. Masa urana u jezgri je 93 tone, obogaćenja 3%. Srednji neutronski tok u jezgri je $3 \times 10^{17} \text{ n/m}^2\text{s}$. Mikroskopski udarni presjek za fisiju je $580 \times 10^{-28} \text{ m}^2$. Temperatura hladioca, specifičnog toplinskog kapaciteta $5,7 \text{ kJ/kgK}$ i gustoće 720 kg/m^3 , na ulazu u jezgru je 295°C , a na izlazu iz jezgre 328°C . Entalpija pojne vode parogeneratora je 391 kJ/kg , a entalpija zasicene pare na izlazu iz parogeneratora 2756 kJ/kg . Maseni je protok pare po parogeneratoru 423 kg/s . Izračunati:

- snagu jezge,
- maseni protok primarnog hladioca kroz jezgru,
- snagu primarne pumpe,
- promjenu tlaka hladioca na primarnoj pumpi.

↳ PETYE

$$m_U = g \cdot s \cdot t$$

$$\ell = 3\%$$

$$\phi = 3 \cdot 10^{17} \text{ n/m}^2\text{s}$$

$$\bar{\phi} = 580 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$$

$$C_H = 5,7 \text{ kJ/kgK}$$

$$\rho_H = 720 \text{ kg/m}^3$$

$$N_U = 255^\circ\text{C}$$

$$a) P_J = 200 \cdot 1.6 \cdot 10^{-13} \cdot N_{U235} \cdot \bar{\phi} = 3987 \text{ MW}$$

$$T_1 = 328^\circ\text{C}$$

$$h_{PV} = 351 \text{ kJ/kg}$$

$$h_p = 2756 \text{ kJ/kg}$$

$$c) P_T = \dot{m}_p \cdot (h_p - h_{PV}) = 4001,58 \text{ MW}$$

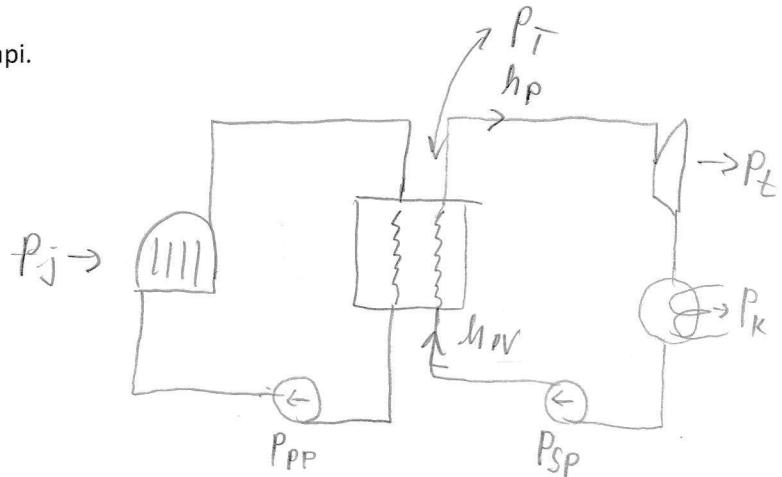
$$P_{PP} = \frac{1}{\eta} (P_T - P_J) = 5,145 \text{ MW}$$

$$b) P_J = m \cdot C_p \cdot \Delta T =$$

$$\dot{m} = \frac{P_J}{C_p \cdot \Delta T} = 21164,27 \text{ kg/s}$$

$$d) P_{PP} = m \cdot V \cdot \Delta P$$

$$\Delta P = \frac{P_{PP}}{m \cdot V}$$



MI1617-15) Nuklearna elektrana PWR tipa s 2 rashladne petlje ima maseni protok primarnog hladionika po petlji 6 t/s . Snaga je primarne pojne pumpe je 5 MW . Ukupna snaga pumpi pojne vode na sekundarnoj strani je 9 MW . Entalpije primarne vode na ulazu i izlazu iz generatora pare su 1510 kJ/kg i 1340 kJ/kg . U kondenzatoru se predaje toplinska snaga riječnoj vodi u iznosu od 1350 MW . Srednji neutronski tok u jezgri je $3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$. Izracunati:

- snagu jezgre
- električnu snagu na priključnicama generatora ako je stupanje djelovanja generatora 0.97 , a turbine 0.98 ,
- masu 3% obogacenog UO_2 goriva efiktivnog udarnog presjeka za fisiju $580 \times 10^{-28} \text{ m}^2$ ako se po fisiji proizvede 200 MeV toplinske energije,
- toplinski snagu jezgre 2 dana nakon obustave, ako je reaktor prije obustave radio 18 mjeseci na punoj snazi (uzeti da mjesec ima 30 dana)

$$\dot{m} = 6 \text{ t/s}$$

$$P_{PP} = 5 \text{ MW}$$

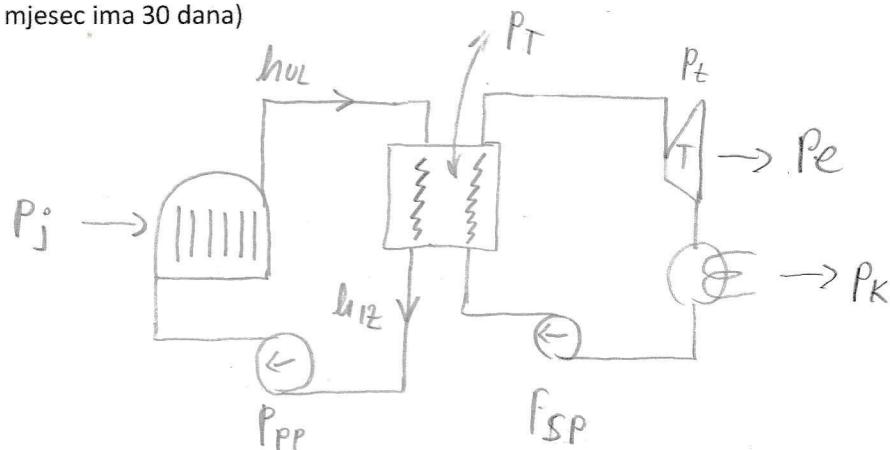
$$P_{SP} = 9 \text{ MW}$$

$$h_{UL} = 1510 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{LZ} = 1340 \text{ kJ/kg}$$

$$P_K = 1350 \text{ MW}$$

$$\phi = 3 \cdot 10^{13} \text{ Atom/cm}^2\text{s}$$



$$a) P_T = \dot{m} \cdot \Delta h = 2 \cdot (1510 - 1340) \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^3 = 2040 \text{ MW}$$

$$P_j = P_T - 2 \cdot P_{PP} = 2030 \text{ MW}$$

$$P_T + P_{SP} = P_T + P_K$$

$$P_T + P_{SP} - P_K = 2040 + 9 - 1350 = 699 \text{ MW}$$

$$b) P_e = \eta_e \cdot \eta_t \cdot P_T = 0.97 \cdot 0.98 \cdot 699 = 669 \text{ MW}$$

$$c) P_j = 200 \cdot 1.6 \cdot 10^{13} \cdot N_{U235} \cdot \bar{\sigma}_f \cdot \phi$$

$$N_{U235} = \frac{P_j}{200 \cdot 1.6 \cdot 10^{13} \cdot \bar{\sigma}_f \cdot \phi} = \frac{2030 \cdot 10^6}{200 \cdot 1.6 \cdot 10^{13} \cdot 580 \cdot 10^{-28} \cdot 3 \cdot 10^{13} \cdot 10^{+4}} = 3.65 \cdot 10^{27}$$

$\bar{\sigma} = 0.03$

$\text{cm}^2 \rightarrow \text{m}^2$

$$N_{U235} = \bar{\sigma} \cdot M_{UO_2} \cdot \frac{238}{270} \cdot \frac{N_A}{235} \Rightarrow M_{UO_2} = \frac{N_{U235} \cdot 270 \cdot 235}{\bar{\sigma} \cdot 238 \cdot N_A} = 53.826 \text{ t}$$

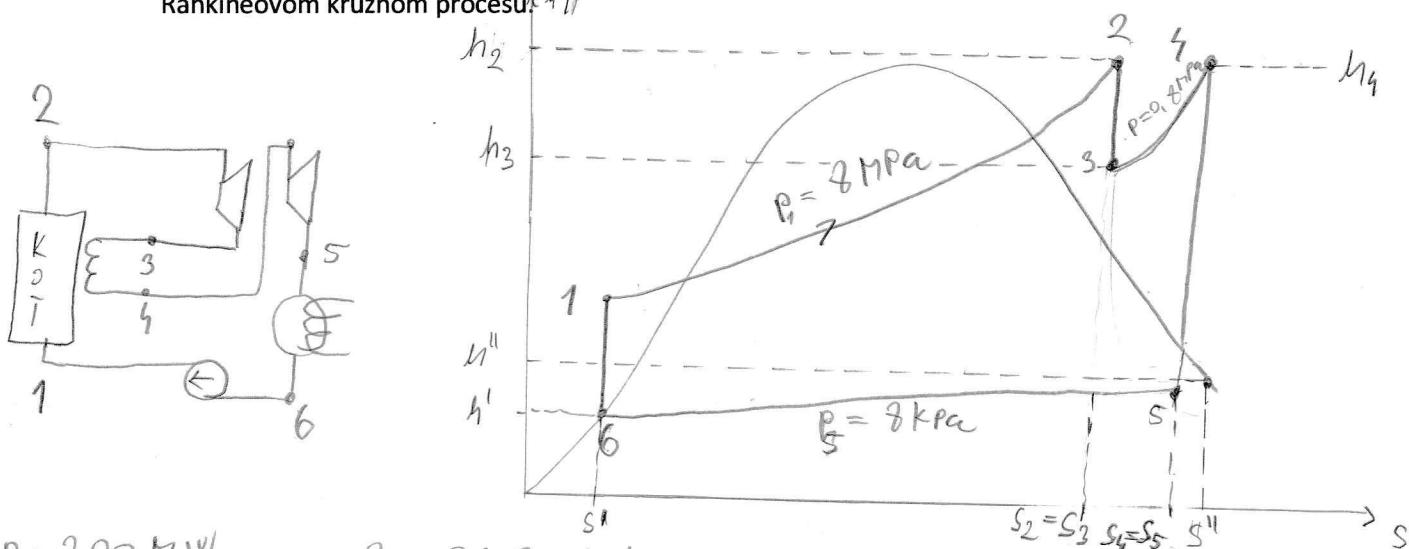
$$d) P_{PP} = \rho \cdot g \cdot F_{PP} \cdot \Delta z = 9.81 \cdot 10^3 \cdot 500 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^3 = 9.81 \text{ MN}$$

ZI1314-11) Snaga parne turbine u termoelektrani u kojoj se odvija **idealni** Rankineov kružni proces s medupregrijanjem pare je 300 MW. Para tlaka 8 MPa i temperature 480 °C ulazi u visokotlačni dio turbine i ekspandira do tlaka 0,8 MPa (stanje pregrijane pare). Pregrijava se zatim na 440 °C prije ulaska u niskotlačni dio turbine u kojem ekspandira na tlak 8 kPa u kondenzatoru.

Iz parnih tablica očitane su sljedeće karakteristične vrijednosti:

- za tlak 8 MPa i temperaturu 480 °C: $h = 3350 \text{ kJ/kg}$, $s = 6,662 \text{ kJ/kgK}$;
- za tlak 0,8 MPa i entropiju 6,662 kJ/kgK: $h = 2770 \text{ kJ/kg}$;
- za tlak 0,8 MPa i temperaturu 440 °C: $h = 3352 \text{ kJ/kg}$, $s = 7,695 \text{ kJ/kgK}$;
- za tlak 8 kPa: $h' = 174 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2577 \text{ kJ/kg}$, $s' = 0,593 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 8,230 \text{ kJ/kgK}$, $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$.

Odredite termički stupanj djelovanja (uzevši u obzir rad pumpanja) i maseni protok fluida u Rankineovom kružnom procesu.



$$P_t = 300 \text{ MW}$$

$$P_1 = P_2 = 8 \text{ MPa}$$

$$T_2 = 480^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 440^\circ\text{C}$$

$$P_3 = P_4 = 0,8 \text{ MPa}$$

$$P_5 = P_6 = 8 \text{ kPa}$$

$$\text{Za } 8 \text{ MPa i } 480^\circ\text{C}$$

$$h_2 = 3350 \text{ kJ/kg}$$

$$s_3 = s_2 = 6,662 \text{ kJ/kgK}$$

$$\text{Za } 0,8 \text{ MPa i } s_3 = 6,62 \text{ kJ/kgK}$$

$$h_3 = 2770 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Za } 0,8 \text{ MPa i } 440^\circ\text{C}$$

$$h_4 = 3352 \text{ kJ/kg}$$

$$s_5 = s_4 = 7,695 \text{ kJ/kgK}$$

$$\text{Za } 8 \text{ kPa}$$

$$h' = 174 \text{ kJ/kg}$$

$$h'' = 2577 \text{ kJ/kg}$$

$$s' = 0,593 \text{ kJ/kgK}$$

$$s'' = 8,230 \text{ kJ/kgK}$$

$$v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\eta_t = \frac{\dot{W}_t}{200} = \frac{W_{23} + W_{45} - W_{61}}{200} \\ = \frac{Q_{12} + Q_{34} - 7,992}{h_2 - h_3 + h_4 - h_5 + W_p} = 0,404$$

$\underbrace{h_2 - h_3 + h_4 - h_5}_{3750 \text{ kJ/kgK}}$

$$W_p = v'(P_5 - P_1) = -7,992 \text{ kJ}$$

$$h_5 = h' + x(h'' - h') = 2408,67 \text{ kJ/kg}$$

$$h_1 = h' + |W_p| = 182 \text{ kJ/kg}$$

$$x = \frac{s_5 - s'}{s'' - s'} = \frac{7,695 - 0,593}{8,230 - 0,593} = 0,83$$

$$\dot{m} = \frac{P_t}{W_t} = \frac{300 \cdot 10^6}{(580 + 993,34) \cdot 10^3} = 196,35 \text{ kg/s}$$

ZI1516-11) Snaga parne turbine u termoelektrani u kojoj se provodi **idealni Rankineov** kružni proces je 300 MW. Tlak vodene pare na ulazu u turbinu je 7MPa, a temperatura 500 C. Tlak u kondenzatoru je 20kPa. Iz parnih tablica očitane su sljedeće karakteristične vrijednosti:

- za tlak 20 kPa: $v' = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$, $s' = 0.823 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 7.910 \text{ kJ/kgK}$, $h' = 251.5 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2610 \text{ kJ/kg}$
- za tlak 7MPa i temperaturu 500 C: $h = 2410 \text{ kJ/kg}$, $s = 7 \text{ kJ/kg}$
- Izračunati:
 - a) sadržaj pare na izlazu iz turbine
 - b) termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa (uzeti u obzir rad pumpanja)
 - c) maseni protok rashladne vode koja odvodi toplinu iz kondenzatora, ako joj temperatura pri prolazu kroz kondenzator poraste za 9C, a specifični toplinski kapacitet joj je 4.18 kJ/kgK

$$P = 300 \text{ MW}$$

$$P_1 = P_2 = 7 \text{ MPa}$$

$$T_2 = 500^\circ\text{C}$$

$$P_3 = P_4 = 20 \text{ kPa}$$

$$\text{ZA } 20 \text{ kPa}$$

$$V' = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$S' = 0.823 \text{ kJ/kgK}$$

$$S'' = 7.910 \text{ kJ/kgK}$$

$$h' = 251.5 \text{ kJ/kg} = h_4$$

$$h'' = 2610 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{ZA } 7 \text{ MPa i } 500^\circ\text{C}$$

$$a) X = \frac{S - S'}{S'' - S'} = \frac{S_2 - S'}{S'' - S'} = \frac{7 - 0.823}{7.910 - 0.823} = 0.872$$

$$b) h_3 = h' + X(h'' - h') = 251.5 + 0.872(2610 - 251.5) = 2308 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{idt} = W_{23} = h_2 - h_3 = 101.9 \text{ kJ/kg}$$

$$= W_{41}$$

$$W_{idp} = V'(P_3 - P_4) = 0.001(20.10^3 - 7.10^6) = -6.98 \text{ kJ}$$

$$\eta_t = \frac{W}{Q_{00}} = \frac{W_{idt} + W_{idp}}{Q_{12}} = \frac{W_{idt} + W_{idp}}{h_1 - h_2} = \frac{W_{idt} + W_{idp}}{h_4 + |W_{idp}| - h_2}$$

$$= \frac{W_{idt} + W_{idp}}{h' + |W_{idp}| - h_2} = 0.049$$

$$c) \Delta t = 9^\circ\text{C}$$

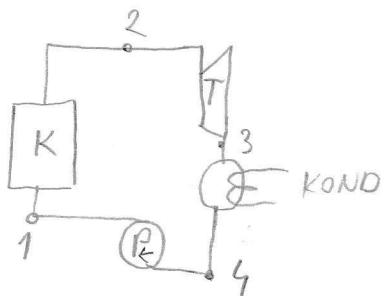
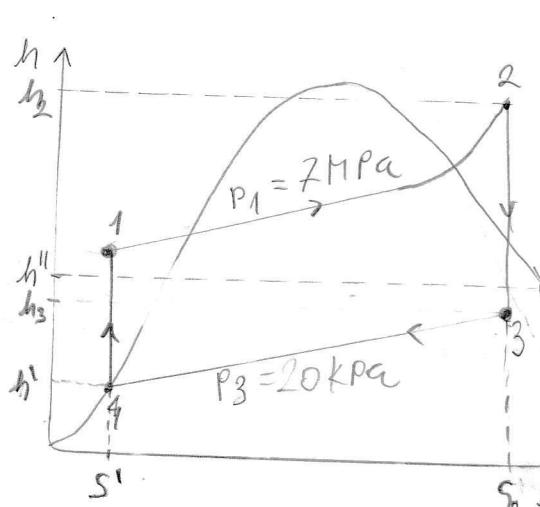
$$C = 4.18 \text{ kJ/kgK}$$

$$\dot{m}_{RV} = ?$$

$$Q_{34} = Q_{RV} = \dot{m}_{RV} (h_3 - h_4) = \dot{m}_{RV} C_v \Delta t$$

$$\dot{m}_{RV} = P_f$$

$$202.10^6 (200 - 201.8) \cdot 3$$



MI1617-13) Realni se Rankineov kruzni process provodi u termoelektrani snage turbine 1000 MW. Tlak je pare na ulazu u turbinu 8,5 MPa, a temperatura 650 C. Tlak je u kondenzatoru 10 kPa. Unutrasnji stupanj djelovanja turbine iznosi 0,9, a pumpe 0,85. Iz parnih tablica su ocitane sljedeće karakteristичne vrijednosti:

- za tlak 10 kPa: $h' = 191,8 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2585 \text{ kJ/kg}$, $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$
- za tlak 8,5 MPa i temperaturu 650 C: $h = 3756 \text{ kJ/kg}$, $s = 7,121 \text{ kJ/kgK}$
- za tlak 10 kPa i entropiju 7,121 kJ/kgK: $h = 2256 \text{ kJ/kg}$

Izracunajte:

- termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa (uzeti u obzir rad pumpanja),
- sadržaj pare na izlazu iz turbine,
- maseni protok pare kroz turbinu

$$P = 1000 \text{ MW}$$

$$P_1 = P_2 = 8,5 \text{ MPa}$$

$$v_2 = 650^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 923,15 \text{ K}$$

$$P_3 = P_4 = 10 \text{ kPa}$$

$$\eta_{it} = 0,9$$

$$\eta_{ip} = 0,85$$

$$\underline{\underline{\text{ZA } 10 \text{ kPa}}}$$

$$\underline{\underline{h_1' = 191,8 \text{ kJ/kg}, h'' = 2585 \text{ kJ/kg}}}$$

$$\underline{\underline{8,5 \text{ MPa i } 650^\circ\text{C}}}$$

$$h_2 = 3756 \text{ kJ/kg}, s_2 = 7,121 \text{ kJ/kgK} = \underline{s_3'}$$

$$\underline{\underline{10 \text{ kPa i } s = 7,121 \text{ kJ/kgK}}}$$

$$h_3' = 2256 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{a)} W_{idt} = h_2 - h_3' = 3756 - 2256 = 1500 \text{ kJ/kg}$$

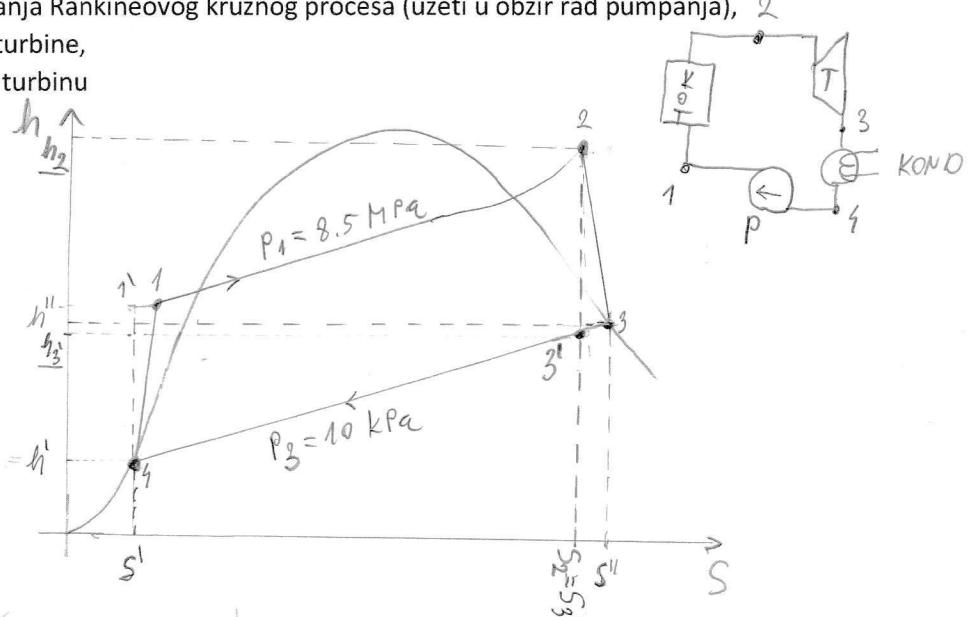
$$W_{rt} = \eta_{it} \cdot W_{idt} = 1350 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{idp} = W_{i1} = h_4 - h_1 = \boxed{V \cdot \Delta p} = V (P_4 - P_1) = 0,001 (10 \cdot 10^3 - 8,5 \cdot 10^6) = - 8490 \text{ J}$$

$$W_{rp} = \frac{W_{idp}}{\eta_{ip}} = - 9,99 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{ov} = h_2 - h_1 = (3756 - 191,8) \cdot 10^3 = 3554,2 \text{ kJ/kg}$$

$$m = 18 / \underline{\underline{W_{idt} + W_{rp}}} = \underline{\underline{18 / 1350}}$$



$$\text{b)} X = \frac{h_3 - h_1'}{h'' - h_1'} = 0,925$$

$$\text{c)} \dot{m} = \frac{P}{W_{rt}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{1350 \cdot 10^3} = 740,74 \text{ kg/s}$$

ZI1314-13) Derivacijska hidroelektrana projektirana je za instalirani protok od $550 \text{ m}^3/\text{s}$. Na mjestu zahvata izgradena je brana visine 60 m. Početak tlačnog tunela, smještenog na dnu brane, nalazi se na 250 m.n.v, dok se dno odvodnog kanala nalazi na koti, 90 m.n.v. Konsumpcijska krivulja na mjestu zahvata dana je izrazom $H_{dv} (\text{m}) = Q/12 (\text{m}^3/\text{s})$, a na mjestu odvoda $H_{dv} (\text{m}) = Q/60 (\text{m}^3/\text{s})$. Ukupni stupanj djelovanja elektrane je 0,9.

- Izračunati snagu elektrane ako je visina vode ispred brane 50 m.
- Izracunati maksimalnu minimalnu snagu elektrane ako je godišnja krivulja trajanja protoka na mjestu gdje je izgradena elektrana dana izrazom $Q = 600 - 50t (\text{m}^3/\text{s})$ u (t u mjesecima).
- Za slučaj da je godišnja krivulja trajanja protoka dana izrazom $Q = 600 - 50t (\text{m}^3/\text{s})$ (t u mjesecima) izracunati vjerovatnu godišnju proizvodnju električne energije u elektrani. Pritom pojednostavljeno uzeti da je $H_{neto} = 200 \text{ m}$.

$$Q_i = 550 \text{ m}^3/\text{s} \quad a) H_{dv} = 50 \text{ m} = H_{dv}$$

$$H_B = 60 \text{ m} \quad H_{dv} = \frac{Q}{12} \Rightarrow Q = 12 \cdot 50 = 600 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{GNE} = 250 \text{ m.n.v} \quad H_{dv} = \frac{600}{60} = 10 \text{ m}$$

$$H_{HNE} = 90 \text{ m.n.v}$$

$$H_{dv} = \frac{Q}{12} \text{ m}^3/\text{s} \quad H_n = 250 - 90 + 50 - 10 = 200 \text{ m}$$

$$H_{dv} = \frac{Q}{60} \text{ m}^3/\text{s} \quad P = 9.81 \cdot Q_i \cdot H_n \cdot \eta = 9.81 \cdot 10^3 \cdot 550 \cdot 200 \cdot 0.9 = 971,15 \text{ MW}$$

$$\eta = 0.9 \quad Q > Q_i$$

$$b) Q = 650 - 50t [\text{m}^3/\text{s}] \quad H_{nm} = 250 - 90 + \frac{650}{12} - \frac{650}{60} = 203,3 \text{ m}$$

$$Q_{max} = Q_i = 550 \text{ m}^3/\text{s} \quad P_m = 9.81 \cdot 1 \cdot Q_i \cdot H_n \cdot \eta = 987.21 \text{ MW}$$

$$Q_{min} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{nm} = 250 - 90 + \frac{50}{12} - \frac{50}{60} = 163,3 \text{ m}$$

$$P_m = 9.81 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 0.9 \cdot 163,3 = 72,1 \text{ MW}$$

$$c) Q = 650 - 50t \quad W = 9.81 \cdot 10^3 \int_{H_{ij}}^{H_i} Q_{sv} \, dH$$

$$H_{NETO} = 200 \text{ m}$$

$$K = 9.81 \cdot 8760 \cdot 9.81 \cdot 10^3$$

$$W = K \int_0^{12} Q \, dt = K \left(2Q_i + \int_0^{12} (650 - 50t) \, dt \right) = 5.28 \cdot 10^9 = 5.28 \text{ TW.h}$$

ZI1516-13) Predviđeni protok derivacijske hidroelektrane u godini aproksimira izraz $Q=90-5t$ [m³/s], t u [mj]. Instalirani protok HE je 70 m³/s. Prosječni stupanj djeolanja je 90%, a neto visina vode može se smatrati konstantnom i iznosi 80 m. Izračunati:

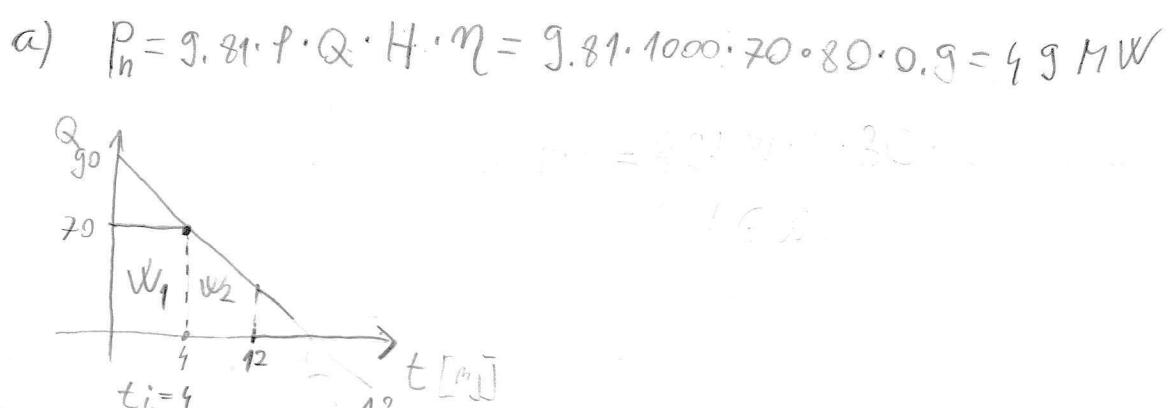
- a) nazivnu snagu HE, predviđenu godišnju proizvodnju el. energije i faktor opterećenja HE
- b) neiskorištenu snagu vode pri instaliranom protoku ako se izlaz turbine promjera 3 m nalazi 5 m iznad razine vode

$$Q_p = 90 - 5t \text{ [m}^3/\text{s}], t \text{ u [mj]}$$

$$Q_{INST} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta = 0.9$$

$$H = 80 \text{ m}$$



$$W = g \cdot \rho \cdot \left[Q_i \eta_i \int_{t_i}^{t_f} H_n(t) dt + (Q(t_i) \cdot H_n(t_i)) \eta(t_i) dt \right]$$

$$= 9.81 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 0.9 \left[70 \cdot 4 + \int_{4}^{12} (90 - 5t) dt \right] = 706320 \cdot [280 + 400] \cdot \frac{29.365}{12}$$

$$= 351 \text{ GW/h}$$

$$\eta = \frac{W}{P_{MAX}} = \frac{351}{706320 \cdot 0.0049} = 0.83$$

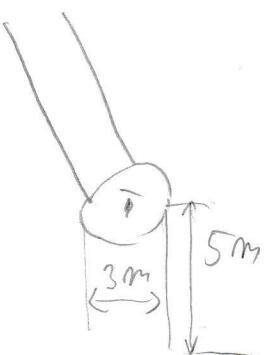
b) $R = 3 \text{ m}$
 $h = 5 \text{ m}$

$$Q_i = A_T \cdot C$$

$$C = \frac{Q_i}{A_T} = \frac{70}{\left(\frac{3}{2}\right)^2 \pi} = 9.9 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} H_{NET}^1 &= H_{NET} - \frac{C^2}{2g} - H_T \\ &= 80 - \frac{9.9^2}{2g} - 5 - 1.5 \\ &= 70 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \Delta H = 10 \text{ m}$$



$$P = Q \cdot \Delta H \cdot \eta \cdot 9.81 \cdot 10^3 = 6.2 \text{ MW}$$

ZI1616-15) Vjetroagregat (VA) razvija nazivnu snagu 1.5 MWe kod nazivne brzine vjetra 11m/s. Brzina vjetra između nazivne i maksimalne javlja se tijekom 20% vremena u godini (kada VA cijelo vrijeme dostiže nazivnu snagu). El. snagu od 0.75 MWe vjetroagregat razvija pri brzini vjetra od 9m/s koja se javlja tijekom 30% vremena u godini. Pri brzini vjetra 6m/s, koja se javlja tijekom 20% vremena u godini, VA razvija snagu 0.35 MWe. Ostatak vremena VA ne radi. Izračunaj:

- predviđenu godišnju potrošnju el. energije
- faktor opterećenja vjetroagregata
- promjer lopatica vjetroagregata ako se pri brzini 9 m/s, 45% energije vjetra pretvara u el. energiju. Računati s gustoćom zraka 1.225 kg/m^3 .

$$P_{e1} = 1.5 \text{ MWe}$$

$$V_{n1} = 11 \text{ m/s}$$

$$\tau_{n1} = 20\%$$

$$P_{e2} = 0.75 \text{ MWe}$$

$$V_2 = 9 \text{ m/s}$$

$$\tau_2 = 30\%$$

$$V_3 = 6 \text{ m/s}$$

$$\tau_3 = 20\%$$

$$\underline{P_{e3} = 0.35 \text{ MWe}}$$

$$a) W = (1.5 \cdot 0.2 + 0.75 \cdot 0.3 + 0.2 \cdot 0.35) \cdot 8760 = 5212 \text{ MWh}$$

$$b) \bar{m} = \frac{W}{P_n \cdot \tau} = \frac{5212}{1.5 \cdot 8760} = 0.3967$$

$$c) V = 6 \text{ m/s} \quad P_{e3} = 0.35 \text{ MWe}$$

$$\eta = 45\%$$

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$R = ?$$

$$P = \eta C_p \cdot 0.5 \cdot f \cdot A \cdot V^3, \quad C_p = \frac{16}{27}$$

$$A = \frac{P}{\eta \cdot V^3 \cdot C_p \cdot 0.5 \cdot f} = 9920.6 \text{ m}^2$$

$$A = r^2 \pi \Rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 56.2 \text{ m}$$

$$R = 112.4 \text{ m}$$

ZI131416) Vjetroagregat razvija nazivnu snagu 1,5 MWe kod nazivne brzine vjetra 11 m/s. Brzina vjetra između nazivne maksimalne javlja se tijekom 20% vremena u godini (kada VA cijelo vrijeme postiže nazivnu snagu). Električnu snagu od 0,7 MWe vjetroagregat razvija kod srednje brzine vjetra od 8 m/s koja se javlja tijekom 40% vremena u godini. Ostatak vremena VA ne radi. Izračunati:

- predviđenu godišnju proizvodnju električne energije,
- faktor opterećenja vjetroagregata,
- promjer lopatica vjetroagregata uz $C_{pe} = 0,4$ pri nazivnoj brzini. Računati sa standardnom gustoćom zraka $1,225 \text{ kg/m}^3$.

$$P_{n\bar{e}} = 1,5 \text{ MWe}$$

$$\bar{V}_h = 11 \text{ m/s}$$

$$T_h = 0,2 \cdot t_{600}$$

$$P_2 = 0,7 \text{ MWe}$$

$$\bar{V}_1 = 8 \text{ m/s}$$

$$T_h = 0,4 \cdot t_{600}$$

$$a) W_{600} = 8760 (0,2 \cdot 1,5 + 0,4 \cdot 0,7) = 5080,8 \text{ MWh}$$

$$b) m = \frac{W_{600}}{P_{n\bar{e}} \cdot t_{600}} = \frac{5080,8}{1,5 \cdot 8760} = 0,387$$

$$c) C_{pe} = 0,4 \quad \rho = 1,225 \text{ kg/m}^3, \quad \bar{V}_h = 11 \text{ m/s}, \quad P = 1,5 \text{ MWe}$$

$$P = \eta \cdot C_p \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$A = \frac{P}{\eta C_p \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot V^3} = 4599,89 \text{ m}^2 = \frac{R^2 \pi}{4}$$

$$R = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 76,53 \text{ m}$$

ZI1314-15). Vršno ozračenje na površinu fotonaponskih panela u solarnoj fotonaponskoj elektrani nizivne električne snage 100 kW je 1 kW/m². Stupanj djelovanja fotonaponskih celija je 0,11, a faktor opterecenja elektrane 0,2.

- a) Kolika je aktivna površina panela?
- b) Kolika je godišnja ozračenost na horizontalnu plohu ako ukupno povećanje ozračenosti na panele pod optimálnim kutom iznosi 25%? (Paneli u elektrani su postavljeni pod optimalnim kutom.)
- c) Koliko se najmanje FN panela mora spojiti paralelno da se ne premaši struja kratkog spoja od 20 A po panelu ukoliko je za ozračenje od 1 kW/m² faktor punjenja 0,9 i napon otvorenog kruga 450 V?

$$G_v = 1 \text{ kW/m}^2$$

$$P = 100 \text{ kW}$$

$$\eta_{FN} = 0,11$$

$$M = 0,2$$

$$a) A = ?$$

$$\frac{1}{0,11} \cdot 2A \cdot 1 \text{ kW}$$

$$\frac{100}{0,11} \cdot 2A \cdot 100 \text{ kW} \Rightarrow A = 900 \text{ m}^2$$

$$P_S = \frac{P}{\eta_{FN}}$$

$$b) m = \frac{W_S}{P \cdot t} \Rightarrow W_S = m \cdot P \cdot t = 0,2 \cdot 100 \cdot 8760 = 1592,7 \text{ MWh}$$

$$H' = H \cdot 1,25 \quad H' = \frac{W_S}{A} = 0,775 \text{ MWh/m}^2 = 1,775 \text{ kW/m}^2$$

$$H = \frac{H'}{1,25} = 1402 \text{ kW/m}^2$$

$$c) I_{KS} = 20 \text{ A}$$

$$U_0 = 450 \text{ V}$$

$$H = 1 \text{ kW/m}^2$$

$$F_p = 0,9$$

$$N = ?$$

$$F = \frac{I_m U_m}{I_{KS} U_0} \Rightarrow N F_p \cdot I_{KS} \cdot U_0 = I_m \cdot U_m$$

$$N = \frac{\frac{100 \text{ kW}}{I_m U_m}}{F_p I_{KS} U_0} = \frac{100 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 20 \cdot 450} = 13$$

ZI1516-14) Vršno ozračenje na površinu fotonaponskih panela u solarnoj FN elektrani nazivne snage 50 kW_e iznosi 1 kW/m². Stupanj djelovanja fotonaponskih ćelija je 0.15, a faktor opterećenja elektrane je 0.22.

- a) Kolika je aktivna površina panela?
- b) Kolika je godišnja ozračenost na horizontalnu plohu ako ukupno povećanje ozračenosti na panele pod optimalnim kutem iznosi 30% (paneli u elektrani postavljeni su pod optimalnim kutem).
- c) Koliko se najmanje FN panela mora spojiti paralelno da se ne premaši struja kratkog spoja od 10A po panelu ukoliko je za ozračenje od 1kW/m² faktor punjenja 0.9 i napon otvorenog kruga 20V?

$$P_{n,e} = 50 \text{ kW}_e \quad a) \quad G_v = \frac{P_{n,e}}{\eta_{FN}} \Rightarrow A = \frac{P_{n,e}}{G_v \cdot \eta_{FN}} = \frac{50}{1 \cdot 0.15} = 333,33 \text{ m}^2$$

$$G_v = 1 \text{ kW/m}^2$$

$$\eta_{FN} = 0.15$$

$$m = 0.22$$

$$b) \quad G = 1 \text{ kW/m}^2$$


$$H_{6\text{v}} = 6 \cdot t = 6 \cdot 0.7 \cdot 8560 = 3392 \text{ kW/m}^2$$

$$c) \quad U_{PH} = 20V \quad F_p = \frac{I_m \cdot U_m}{I_{KS} \cdot U_0} = \frac{I_m \cdot U_m}{I_{KS} \cdot U_0} = F_p \cdot I_{KS} \cdot U_0 \cdot N$$

$$I_{KS} = 10A$$

$$G = 1 \text{ kW/m}^2$$

$$f_p = 0.9$$

$$50 \cdot 10^3 = 180 \cdot N$$

$$N = 278$$

ZI1616-16) Elektrana na biomasu koristi poljoprivrednu površinu veličine 6 km^2 kao plantažu za uzgajanje biomase. Prinos biomase je 15 t/ha , a ogrjevna vrijednost 11 MJ/kg .

- Koliko se maksimalno toplinske energije može godišnje proizvesti u elektrani?
- Ako je faktor opterećenja elektrane 0.75 , a stupanj djelovanja 30% , kolika je njezina nazivna snaga, koliko el. energije elektrana proizvede?

$$\begin{aligned} A &= 6 \text{ km}^2 \\ M &= 15 \text{ t/ha} \\ H &= 11 \text{ MJ/kg} \end{aligned}$$

$$a) W_{TOL} = ?$$

$$\begin{aligned} m &= 6 \text{ km}^2 \cdot 15 \frac{\text{t}}{\text{ha}} \cdot 100 \\ m &= 9000 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ km}^2 &= 1000 \times 1000 \\ 1 \text{ ha} &= 100 \times 100 \\ 1 \text{ km}^2 &= 100 \text{ ha} \end{aligned}$$

$$W_{TOL} = H \cdot m = 11 \cdot 10^6 \cdot 9000 \cdot 10^3 = 9.9 \cdot 10^{13} \text{ J} = 99000 \text{ GJ}$$

$$\begin{aligned} b) m &= 0.75 \\ \eta &= 30\% \\ P_H &=? \\ We &=? \end{aligned}$$

$$m = \frac{W}{P \cdot t}$$

$$We = W_T \cdot 0.3 = 39600 \text{ GJ} = 117 \text{ Wh}$$

$$0.75 = \frac{We}{P \cdot 8760} \quad P = \frac{We}{0.75 \cdot 8760} = 1674 \text{ MW}$$

$$\frac{We}{P} \rightarrow P = \frac{We}{0.75 \cdot 8760} = \frac{39600}{0.75 \cdot 8760} = 55.1 \text{ MW}$$

ZI1314-14) Termoelektrana električne snage 300 MWe, stupnja djelovanja 0,4 faktora opterećenja 0,7, kao gorio koristi uglien ogrjevne moci 26 MJ/kg. Maseni udio ugjidika u ugljenu iznosi 70%, a maseni udio sumpora 3%. Kolika se masa ugljik-dioksida i sumpor-dioksida godišnje ispusti u okoliš? Atomska masa atoma ugljika iznosi 12 g/mol, sumpora 32 g/mol, a kisika 16 g/mol. Pretpostaviti da je izgaranje potpuno.

$$P_e = 300 \text{ MWe}$$

$$\eta = 0,7$$

$$M = 26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$$

$$w(C) = 0,7$$

$$w(S) = 0,03$$

$$m = \frac{W_{SI} VARNO}{P_{MAX} \cdot t_{PRIMT PANO}}$$

$$W_{SI} V = m \cdot P_e \cdot 8760 = 1.84 \cdot 10^{12} \text{ Wh}$$

$$W_{UTR} = \frac{W_{SI} V}{0,7} = 4,599 \cdot 10^{12} \text{ Wh}$$

$$W_{UTR} = W_{UTR} \cdot 3600 = 1.65564 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$H = \frac{W}{m} \Rightarrow m = \frac{W_{UTR}}{H} = 636789615,4 \text{ kg} \rightarrow A$$

$$m(CO_2), m(SO_2) = ? \quad m(S) = m \cdot 0,03 = 19103538,46 \text{ kg} \rightarrow B$$

$$m(SO_2) = 64 \text{ g/mol}$$

$$m(S) = 32 \text{ g/mol} \quad \{ \Rightarrow m(SO_2) = 2m(S) = 3,821 \cdot 10^7 \text{ kg} \quad \checkmark$$

$$m(O_2) = 32 \text{ g/mol}$$

$$m(C) = 12 \text{ g/mol}$$

$$m(C) = 0,7 \cdot m = 445249230,8 \rightarrow C$$

$$m(CO_2) = \frac{m(C)}{12} \cdot 44 = 1.6344 \cdot 10^9 \text{ kg} \quad \checkmark$$

ZI1616-17) Maksimalna dnevna potrošnja EES-a iznosi 2000MW, a minimalna 800MW. Vrijeme trajanja minimalne snage je 6h. Varijabilna dnevna potrošnja energije iznosi 14400 MWh. Za aproksimaciju dnevnog dijagrama trajanja opterećenja s 3 pravca vrijedi beta=0.5. U sustavu se nalaze sljedeće elektrane:

✓HE: P=300MW i protočna HE

✓NE: P=500MW

✓TE1: P=200MW

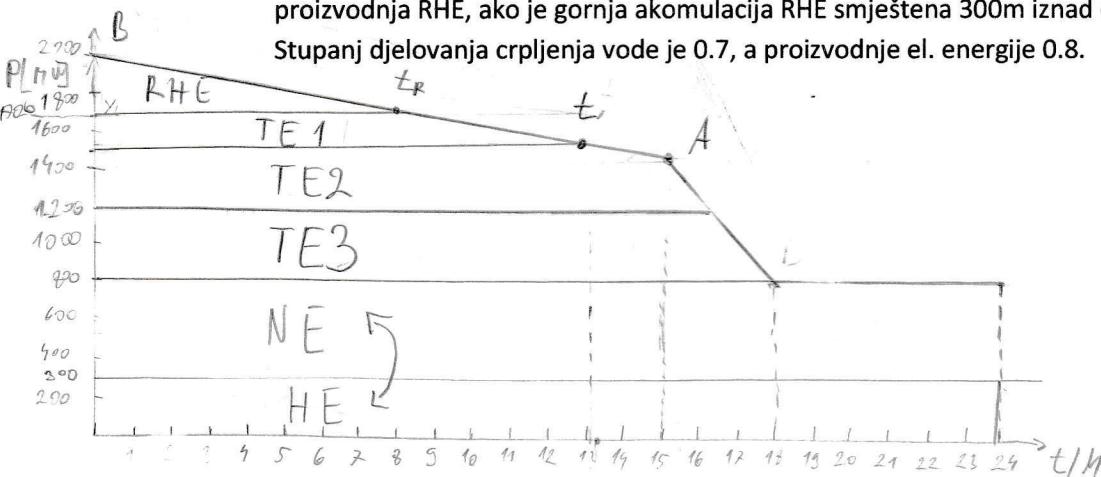
✓TE2: P=300MW

✓TE3: P=400MW

✓RHE: P=400MW

Reverzibilna HE (RHE) radi kada su iscrpljene sve ostale elektrane u sustavu. Cijena proizvodnje el. energije iz TE je obrnuto proporcionalna njihovoj nazivnoj snazi (Najmanja elektrana ima najveće troškove proizvodnje).

- Nacrtati dnevni dijagram trajanja opterećenja EES-a, označiti karakteristične točke i nacrtati raspored uključivanja elektrana.
- Koliko iznosi faktor opterećenja?
- Koliko sati TE2 radi na maksimalnoj snazi?
- Izračunaj energiju protočne HE.
- Koliko energije je potrebno proizvesti iz RHE?
- Izračunati minimalni volumen vode u gornjoj akomulaciji potreban da bi se ostvarila predviđena proizvodnja RHE, ako je gornja akomulacija RHE smještena 300m iznad donje akomulacije. Stupanj djelovanja crpljenja vode je 0.7, a proizvodnje el. energije 0.8.



$$P_{MAX} = 2000 \text{ MW}$$

$$P_{MIN} = 800 \text{ MW}$$

$$T_{MIN} = 6 \text{ h}$$

$$W_V = 14400 \text{ MWh}$$

$$\beta = 0.6$$

$$W_K = 24 \cdot P_{MIN} = 19200 \text{ MWh}$$

$$W = W_K + W_V = 19200 + 14400 = 33600$$

$$\alpha + \beta = \frac{2}{P_r \cdot T_V} = \frac{2 \cdot 14400}{1200 \cdot 18} = 1.33$$

$$\alpha = 1.33 - \beta = 0.833$$

$$X_L = \alpha \cdot T_V = 15 \text{ h}$$

$$Y_L = \beta \cdot P_r + P_{MIN} = 1400 \text{ MW}$$

$$T_{P_{MAX}} = \frac{W}{P_{MAX}} = 16.8 \text{ h}$$

$$b) m = \frac{W}{P_{UK} \cdot 24} = \frac{33600}{2100 \cdot 24} = 0.667$$

$$c) P > 1500 \quad t = ?$$

A(15, 1400) $y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$
B(0, 2000) $y - 1400 = -\frac{600}{15} (x - 15)$
 $y = -40x + 2000$
 $P = -40t + 2000$
 $t = \frac{2000 - P}{40} = 12.5 \text{ h}$

$$d) W = P \cdot 24 = 300 \cdot 24 = 7200 \text{ MWh}$$

$$e) W = 7,5 \cdot \frac{(2000 - 1700)}{2} = 1125 \text{ MWh}$$

$$f) H = 300 \text{ m} \quad \eta_S = 150 \text{ MW}$$
$$\eta_C = 0,8$$
$$\eta_p = 0,7$$
$$\underline{V = ?}$$
$$Q = \frac{P}{9,81 \cdot g \cdot H \cdot \eta_p} = 72,82 \text{ m}^3/\text{s}$$
$$V = Q \cdot t = 72,82 \cdot 15,2 \cdot 3600 = 3,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

ZI1314-17) Za elektroenergetski sustav poznato je dnevno opterećenje prema podacima u tablici.

t[h]	0-4	4-6	6-9	9-12	12-13	13-16	16-18	18-21	21-22	22-24
P[MW]	800	1000	1300	2000	1600	1900	1500	1800	1200	800

U sustavu se nalaze sljedeće elektrane:

HE: $P_{HE} = \underline{300}$ MW; protočna

TE1: $P_{TE1n} = \underline{200}$ MW; $P_{minTE1} = 50$ MW

TE2: $P_{TE2n} = \underline{300}$ MW; $P_{minTE2} = 100$ MW

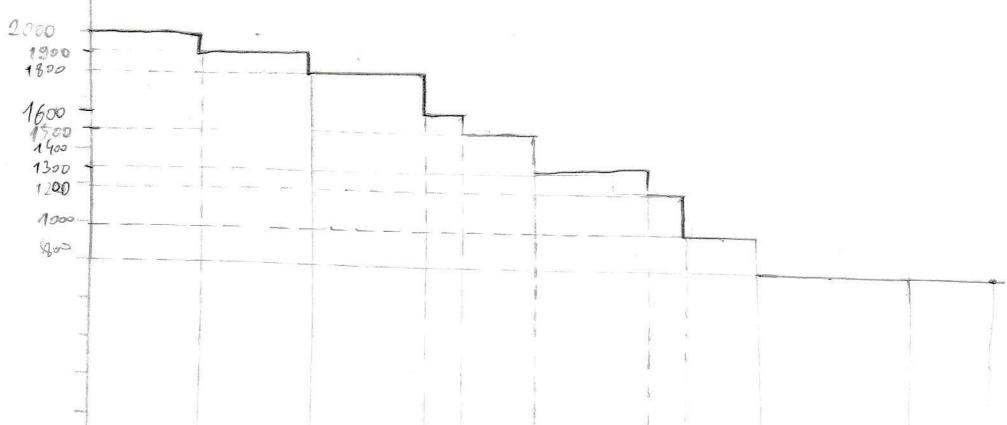
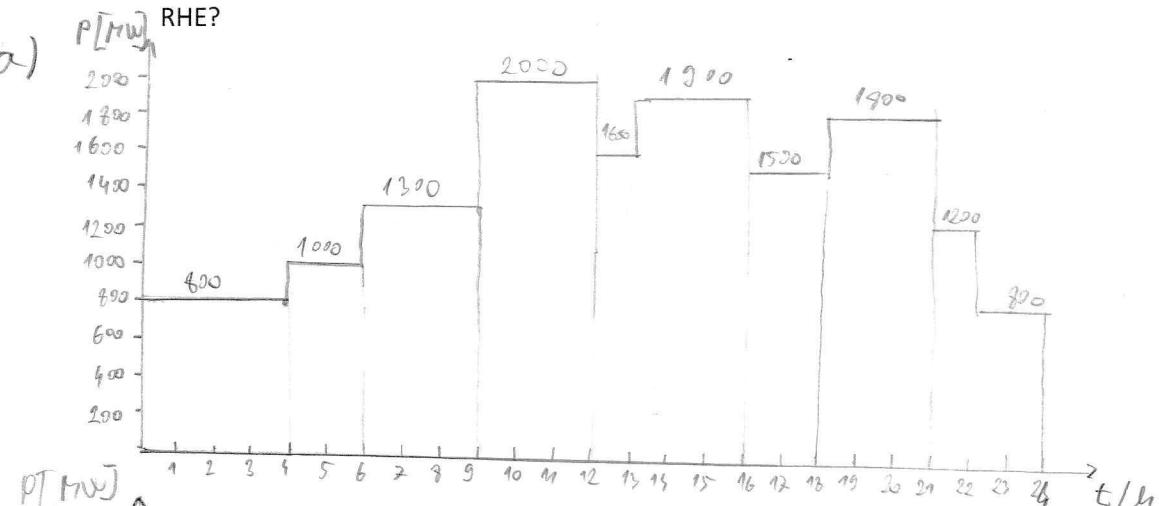
TE3: $P_{TE3n} = \underline{400}$ MW; $P_{minTE3} = 150$ MW

NE: $P_{NEn} = \underline{500}$ MW;

$$\left. \begin{array}{l} P_{TE1n} = 200 \\ P_{TE2n} = 300 \\ P_{TE3n} = 400 \end{array} \right\} 900 - 320 = 600$$

RHE radi kada su iscrpljene sve ostale elektrane u sustavu, a podiže vodu u spremnik kada postoji višak proizvodnje. Cijena proizvodnje električne energije iz TE je obrnuto proporcionalna nazivnoj snazi (najmanja elektrana ima najveće troškove proizvodnje)

- Nacrtajte krivulju potrošnje prema podacima u tablici i zatim iz nje dnevnu krivulju trajanja opterećenja.
- Odrediti iznos varijabilne energije, konstantne energije, dnevno utrošene energije, faktora opterećenja, te vrijeme korištenja maksimaine snage.
- Nacrtajte aproksimaciju dnevne krivulje trajanja opterećenja pomoću tri pravca uz $B=0.5$.
- Unesite raspored elektrana u dnevnu krivulju trajanja opterećenja.
- Izračunajte energiju preljeva iz protočne hidroelektrane. Ukoliko se ciklus punjenja i pražnjenja spremnika RHE dogodi svaki dan u cijelosti po gore zadanim rasporedu, kolika je energija pohranjena u spremniku vode ako je učinkovitost procesa podizanja vode 0,7? Koliko energije je potrebno proizvesti iz RHE?



$$b) W_V, W_K, W, M, P_{MAX} = ?$$

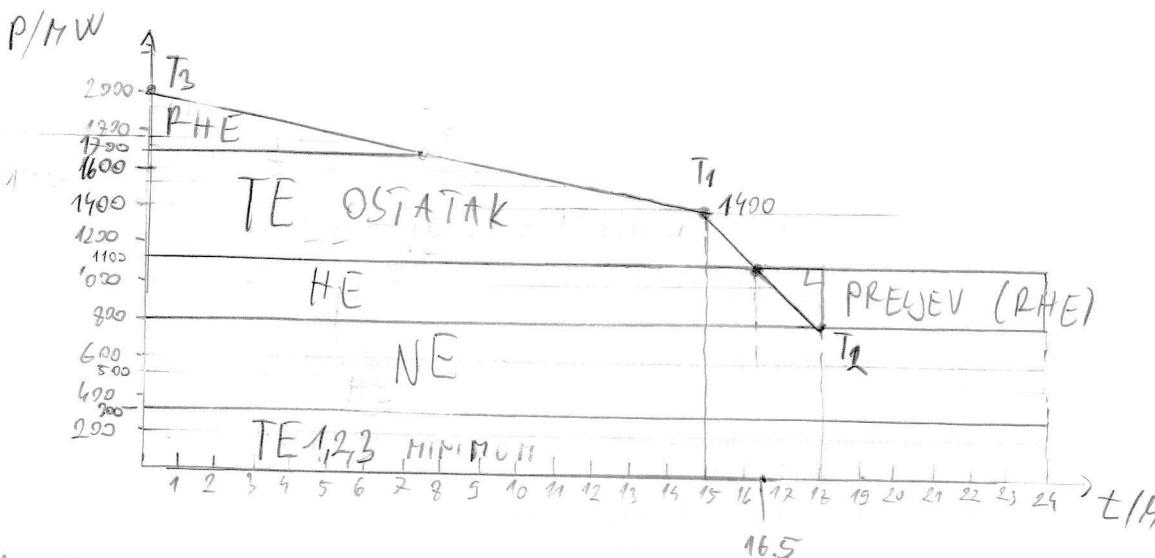
$$W = 3 \cdot 2000 + 3 \cdot 1900 + 3 \cdot 1800 + 1 \cdot 1600 + 2 \cdot 1500 + 3 \cdot 1300 + 1 \cdot 1200 + 2 \cdot 1000 + 6 \cdot 800$$

$$W = 33600 \text{ MWh}$$

$$W_K = 24 \cdot P_{MIN} = 24 \cdot 800 = 19200 \text{ MWh}$$

$$W = W_K + W_V \Rightarrow W_V = W - W_K = 14400 \text{ MWh}$$

$$M = \frac{W}{P_{MAX} \cdot 24} = \frac{33600}{2000 \cdot 24} = 0.7 \quad P_{MAX} = 2000 \text{ MW}$$



$$\alpha + \beta = \frac{2 \cdot W_V}{T_V \cdot P_V} = \frac{2 \cdot 14400}{18 \cdot 1200} = 1.33 \Rightarrow \boxed{\alpha = 0.833} \quad \boxed{\beta = 0.5}$$

$$T_V = 24 - T_{MIN} = 24 - 6 = 18 \text{ h}$$

$$P_V = P_{MAX} - P_{MIN} = 2000 - 800 = 1200 \text{ MW}$$

$$X_T = \alpha \cdot T_V = 0.833 \cdot 18 = 15$$

$$Y_T = P_K + \beta \cdot P_V = 800 + 0.5 \cdot 1200 = 1400 \text{ MW}$$

$$P_K = P_{MIN} = 800 \text{ MW}$$

$$e) T_1(15, 1400) \quad Y - Y_1 = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} (x - X_1)$$

$$T_2(18, 800) \quad Y - 1400 = \frac{800 - 1400}{18 - 15} (x - 15) = -200x + 3000$$

$$Y = -200x + 4400 \quad t_i = \frac{4400 - 1400}{200} = 16.5 \text{ h}$$

$$P = -200t + 4400$$

$$W_{PREJEV} = 6 \cdot 300 + \frac{(18 - 16.5) \cdot 300}{2} = 2025 \text{ MWh}$$

$$W_{SKL} = W_{PREJEV} \cdot \eta_{PUMPANIE} = 1412.5 \text{ MWh}$$

$$W_{POTREBNA} = 300 \cdot t_2 - 300 \cdot 9.5 - 100 \text{ t/m}^3 \text{ h}$$

$$T_3\left(\frac{t}{2}, 2000\right) \quad P - 2000 = \frac{-600}{15} t$$

$$T_1(15, 1400) \quad P = -40t + 2000$$