

1. Kilogram idealnog plina ( $R = 287 \text{ J/kgK}$  i  $\kappa = 1,4$ ), tlaka 1,5 bar, temperature  $200^\circ\text{C}$ , promatrajte kao zatvoreni mirujući sustav koji se, pri konstantnom tlaku, 1,5 bar, hladi do temperature  $100^\circ\text{C}$ . Odredite mehanički rad zatvorenog sustava i toplinsku energiju koju pritom sustav izmjenjuje s okolicom tlaka 1 bar i temperature  $20^\circ\text{C}$ .

**Rješenje:**  $w_{12} = 28,7 \text{ kJ/kg}$ ;  $q_{12} = 100,45 \text{ kJ/kg}$

2. Idealni se Rankineov kružni proces provodi s pregrijanom parom tlaka 3 MPa, temperature  $400^\circ\text{C}$ . Tlak je u kondenzatoru 50 kPa. kolika je snaga toplinske energije koja se dovodi u kružni proces, ako je snaga termoelektrane 1000 MW? Proces nacrtajte u  $h,s$  – dijagramu. Računajte s radom pumpanja vode u kotao. Vodu smatrajte nestlačivom.

Karakteristične su vrijednosti stanja kružnog procesa:

- za tlak 3 MPa i  $400^\circ\text{C}$ :  $h = 3231,69 \text{ kJ/kg}$ ,  $s = 6,92 \text{ kJ/kgK}$ ;
- za tlak 50 kPa:  $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $h'' = 2645 \text{ kJ/kg}$ ,  $h' = 340,5 \text{ kJ/kg}$ ,  $s' = 1,1 \text{ kJ/kgK}$ ,  $s'' = 7,59 \text{ kJ/kgK}$ .

**Rješenje:**  $\dot{Q}_{dov} = 3521,1 \text{ MW}$

3. Instalirani protok male protočne hidroelektrane iznosi  $125 \text{ m}^3/\text{s}$ . Na mjestu zahvata postavljena je brana visine

30 m. Konsumpcijska krivulja na mjestu zahvata opisana je izrazom  $H_z = Q/10$ , a na mjestu odvoda  $H_o = Q/20$ .

Srednja vrijednost protoka na mjestu zahvata je  $125 \text{ m}^3/\text{s}$ , a vjerojatnosna krivulja protoka opisana je izrazom  $Q(t) = -Q_{sr} \cdot t/6 + 300$ . Izračunajte snagu hidroelektrane za vrijeme maksimalnog i minimalnog protoka.

**Rješenje:**  $P_{min} = 1,23 \text{ MW}$ ;  $P_{max} = 18,39 \text{ MW}$

4. Toplinska snaga jezgre PWR reaktora iznosi 3500 MW. Reaktor ima 4 primarne rashladne petlje. Maseni protok u svakoj petlji je  $3889 \text{ kg/s}$  a toplina predana vodi u primarnoj pumpi je 4MW. Entalpija pojne vode generatora pare je

$380 \text{ kJ/kg}$ , a entalpija zasićene pare na izlazu iz generatora pare je  $2780 \text{ kJ/kg}$ . Koliki je maseni protok pare kroz turbinu i koliki je porast temperature primarnog hladioca u jezgri reaktora? Tijekom godine, nakon 11 mjeseci rada na punoj snazi elektrana će biti obustavljena na mjesec dana. Koliko iznosi faktor opterećenja opisane elektrane i koliki je potrebni maseni protok kroz jezgru 3 dana nakon obustave reaktora ako je izmjereni porast temperature rashladnog sredstva od ulaza do izlaza jezgre  $10 \text{ K}$ ? Odrediti snagu na pragu elektrane ako je specifični toplinski kapacitet primarnog hladioca je

$5,875 \text{ kJ/kgK}$ , termički stupanj djelovanja 34%, ukupna efikasnost pretvorbe mehaničke u električnu energiju 0,94 i snaga vlastite potrošnje 25 MW.

**Rješenje:**  $m_{jezgre} = 15556 \text{ kg/s}$ ;  $dT = 38,3 \text{ K}$ ;  $m_{turb} = 1465 \text{ kg/s}$ ;  $m = 177 \text{ kg/s}$ ;  $F. \text{ opterećenja} = 91,67\%$ ;  $P_{prag} = 1098,7 \text{ MW}$

5. Fotonaponski paneli solarne elektrane stupnja djelovanja 9% postavljeni su pod optimalni kut na mjesto gdje je godišnja ozračenost na horizontalnu površinu  $1400 \text{ kWh/m}^2$ . Povećanje ozračenosti pod optimalnim kutom iznosi 19%.

Kolika je potrebna površina FN panela da bi se godišnje proizvela električna energija kao i u elektrani snage 350 MW i faktora opterećenja 0,9? Kolika je vršna snaga i faktor opterećenja FN elektrane uz pretpostavku da je vršna snaga Sunčeva zračenja na panele  $1 \text{ kW/m}^2$ ?

**Rješenje:**  $A = 18.400.700 \text{ m}^2$ ;  $P_n = 1656 \text{ MW}$ ;  $m = 0,190$

6. Vjetroagregat (promjer lopatica 76 m, nazivna snaga 1,5 MW) ima ukupni stupanj djelovanja 49% kod brzine vjetrova od 7 m/s koja se javlja tijekom 30% vremena u godini. Brzina vjetrova između nazivne (12 m/s) i maksimalne (25 m/s) javlja se tijekom 15% vremena (kada VA cijelo vrijeme postiže nazivnu snagu), a ostatak vremena VA ne radi.

Kolika je predvidiva godišnja proizvodnja električne energije iz VA?

Koliko iznosi  $c_{pe}$  za nazivnu brzinu i koliki je faktor opterećenja VA?

**Rješenje:**  $W = 3198 \text{ MWh}$ ;  $m = 0,243$ ;  $c_{pe12} = 0,312$

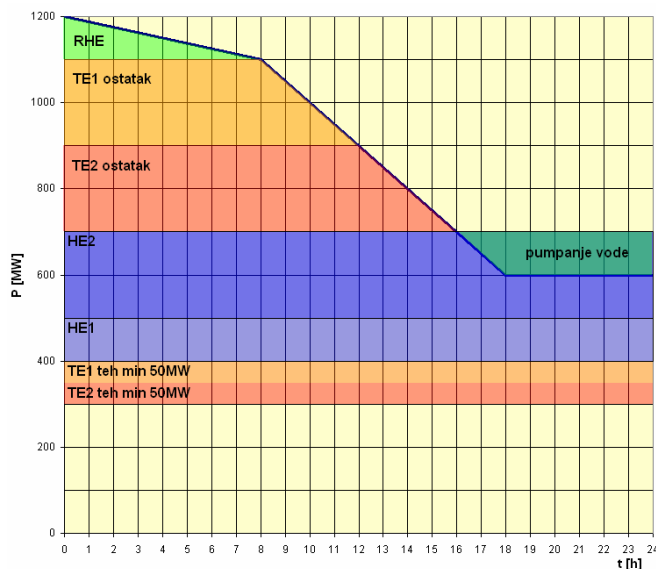
7. Dnevna krivulja trajanja opterećenja nekog EES-a aproksimirana je s tri pravca. Maksimalno opterećenje sustava je 1200 MW, minimalno opterećenje traje 6 sati i iznosi 600 MW,  $\alpha = 4/9$ ,  $\beta = 5/6$ . Sustav raspolaže sa sljedećim elektranama:

|                   |                      |                                    |                       |
|-------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------|
| NE:               | $P_{NE} = 300$ MW    |                                    |                       |
| TE <sub>1</sub> : | $P_{TE1n} = 250$ MW; | $P_{TE1min} = 50$ MW;              | $c_{TE1} = 30$ lp/kWh |
| TE <sub>2</sub> : | $P_{TE2n} = 250$ MW; | $P_{TE2min} = 50$ MW;              | $c_{TE2} = 25$ lp/kWh |
| TE <sub>3</sub> : | $P_{TE3n} = 250$ MW; | $P_{TE3min} = 50$ MW;              | $c_{TE3} = 35$ lp/kWh |
| HE <sub>1</sub> : | $P_{HE1n} = 100$ MW; | protočna                           |                       |
| HE <sub>2</sub> : | $P_{HE2n} = 200$ MW; | protočna                           |                       |
| RHE:              | $P_{HE2n} = 300$ MW; | reverzibilna (crpno-akumulacijska) |                       |

Potrebno je :

- nacrtati dnevnu krivulju trajanja opterećenja i raspored rada proizvodnih jedinica
- izračunati faktor opterećenja
- izračunati ukupnu učinkovitost ciklusa skladištenja energije u reverzibilnoj HE (uz pretpostavku da je u razmatranom danu ista količina vode podignuta pumpanjem u gornji spremnik upotrijebljena za proizvodnju tijekom vršnog opterećenja).

**Rješenje:  $m = 0,74$ ;  $\eta = 0,57$**



8. Termoelektrana kao gorivo koristi ugljen ogrjevnice moći 26 MJ/kg, s masenim udjelom sumpora jednakim 1%. Snaga na stezaljkama generatora iznosi 400 MW, učinkovitost pretvorbe toplinske u električnu energiju 33%, a faktor opterećenja 0,74.

Kolika je masa sumpornog dioksida (SO<sub>2</sub>) ispuštenog iz elektrane tijekom jedne godine, uz potpuno izgaranje?

**Rješenje:  $m(\text{SO}_2) = 21\,759$  t**