

1. (8b) Snaga parne turbine u termoelektrani je 400 MW. Tlak je pare na ulazu u turbinu 9 MPa, a temperatura 600 °C. Tlak je u kondenzatoru 10 kPa. Procesi u turbini i pumpi su idealni. Iz parnih su tablica očitane sljedeće vrijednosti:
za tlak 10 kPa: $h' = 191,8 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2585 \text{ kJ/kg}$, $s' = 0,649 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 8,151 \text{ kJ/kgK}$, $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$;
za tlak 9 MPa i temperaturu 600 °C: $h = 3631 \text{ kJ/kg}$, $s = 6,957 \text{ kJ/kgK}$.
Odredite:
a) termički stupanj djelovanja,
b) maseni protok fluida u Rankineovom kružnom procesu,
c) porast temperature rashladne vode koja odvodi toplinu iz kondenzatora. Protok vode za hlađenje je 20 000 kg/s, a njezin specifični toplinski kapacitet 4,18 kJ/kgK.
a) 0,413, b) 280 kg/s, c) 6,75 K

2. (6b) Unutar cilindra sa stapom nalazi se idealni plin ($c_p = 1005 \text{ J/kgK}$, $\kappa = 1,4$) na tlaku 1,2 bara i temperaturi 273 K. Pri konstantnoj se temperaturi plinu iz okolice dovodi toplina sve dok mu tlak ne padne na 0,8 bara. Temperatura okolice je 293 K. Kolika je promjena specifične entropije plina, promjena specifične entropije okolice i ukupna promjena specifične entropije?
116 J/kgK, -108 J/kgK, 8 J/kgK

3. (10b) Nuklearna elektrana 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 u jezgri reaktora je 33 K, a specifični toplinski kapacitet hladioca 5,54 kJ/kgK. Elektrana ima 3 rashladne petlje u primarnom krugu. Snaga koju primarna pumpa predaje fluidu je 8 MW. U kondenzatoru se predaje 3300 MW toplinske snage riječnoj vodi. Srednji neutronske tok u jezgri je $3 \cdot 10^{17} \text{ n/m}^2\text{s}$.
Izračunati:
a) snagu jezgre,
b) maseni protok u jednoj petlji primarnog kruga,
c) stupanj djelovanja elektrane,
d) masu 3% obogaćenog UO_2 goriva, potrebnu za pogon reaktora, efektivnog udarnog presjeka za fisiju $580 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$ ako se po fisiji proizvede 200 MeV toplinske energije,
e) toplinsku snagu jezgre 3 dana nakon obustave, ako je reaktor prije obustave radio 12 mjeseci na punoj snazi (uzeti da mjesec ima 30 dana).
a) 4841 MW, b) 8827 kg/s, c) 0,322, d) 128 t, e) 14,6 MW

4. (8b) Tlačnim se tunelom, sa zahvatom na koti 200 m n.v., iz akumulacijskog jezera dovodi voda do turbine derivacijske HE čiji je izlaz na koti 50 m n.v. Visina vode ispred brane je 40 m. Razina donje vode (odvodni kanal) je na koti 45 m n. v. Instalirani protok vode kroz postrojenje je $150 \text{ m}^3/\text{s}$. Prosječni je stupanj djelovanja elektrane 0,85. Promjer izlaznog otvora turbine iznosi 3 m. Izračunajte:
a) instaliranu snagu elektrane kada se na izlaz iz turbine postavi aspirator,
b) instaliranu snagu elektrane kada se na izlaz iz turbine postavi difuzor čiji je polumjer izlaznog otvora za 1 m veći od polumjera izlaznog otvora turbine,
c) godišnje proizvedenu električnu energiju za slučajeve a) i b) ako faktor opterećenja iznosi 0,7 (u oba slučaja).
a) 215 MW, b) 240 MW, c) 1320 GWh, 1473 GWh

5. (4b) Termoelektrana snage 200 MWe, stupnja djelovanja 0,4 i faktora opterećenja 0,75, kao gorivo koristi ugljen ogrjevnog moći 25 MJ/kg. Ako maseni udio sumpora u ugljenu iznosi 2%, kolika se masa sumpor-dioksida godišnje ispusti u okoliš? Atomska masa sumpora iznosi 32 g/mol, a kisika 16 g/mol. Pretpostaviti da je izgaranje potpuno.
18920 t

6. (18b) Na raspolaganju je ukupno 5 km² obradive zemlje predviđene za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Može se izgraditi jedna od pet alternativnih elektrana: elektrana na biomasu, dva tipa vjetroelektrana prilagođena različitim nazivnim brzinama vjetra, solarni toranj i fotonaponska elektrana. Kolika je

maksimalna teorijska snaga svake od ovih pet elektrana? Koja elektrana može proizvesti najviše električne energije?

a) Biomasa:

Elektrana i dodatna postrojenja zauzimaju 15% ukupne površine. Stupanj djelovanja iznosi 0,32, ogrjevna vrijednost 14 MJ/kg, godišnji prinos 7 t/ha, a faktor opterećenja 0,8.

b) Vjetar:

<i>m/s</i>	0	5	8	11	15	20	26
<i>% godišnje</i>	14	40	20	10	4	3	9

Na raspolaganju su vjetroagregati građeni za nazivne brzine od 11 m/s i 15 m/s. Vjetroagregati mogu raditi od 60% do 160% nazivne brzine. Promjeri lopatica oba agregata su 50 m. Efikasnost pretvorbe mehaničke energije u električnu je 0,9. Elektrana ima 40 puta veću površinu nego što je ukupna površina lopatica.

c) Sunce:

Ukupno vršno ozračenje na površinu postavljenu pod optimalnim kutom iznosi 1000 W/m². Ukupna godišnja ozračenost na horizontalnu plohu je 1600 kWh/m². Povećanje ozračenosti postavljenjem površine pod optimalni kut iznosi 22%. Fotonaponske ćelije imaju stupanj djelovanja 0,12. Efikasnost pretvorbe solarne energije u toplinsku u solarnom tornju je 0,45, a efikasnost Rankineovog kružnog procesa je 0,32. Udio direktne komponente u Sunčevom zračenju je 0,85. Fotonaponska elektrana ima dvostruko veću površinu nego što je aktivna površina panela. Elektrana sa solarnim tornjem ima 2,2 puta veću površinu nego što je površina zrcala.

a) 0,528 MW, 3702 MWh, b) 54 MW, 138 MW, 103 GWh, 132 GWh, c) 300 MW, 278 MW, 586 GWh, 543 GWh

7. (10b) Maksimalna dnevna potrošnja EES-a iznosi 2000 MW, a minimalna 1000 MW. Vrijeme trajanja minimalne snage je 6 sati. Faktor opterećenja iznosi $0,7375\beta = 0,6$. U sustavu su raspoložive sljedeće elektrane: nuklearna elektrana snage 700 MW, dvije protočne hidroelektrane snaga 150 MW i 200 MW, tri termoelektrane, snaga 150 (TE₁), 200 (TE₂) i 300 (TE₃) MW, tehničkih minimuma 50 MW svaka, čija je cijena proizvodnje električne energije obrnuto proporcionalna nazivnoj snazi, te reverzibilna hidroelektrana (snage 350 MW) koja radi kada su iscrpljene sve ostale elektrane u sustavu.

- Nacrtajte dijagram trajanja opterećenja EES-a, označite karakteristične točke i ucrtajte raspored uključivanja elektrana.
- Koliko iznosi vrijeme trajanja maksimalne snage?
- Koliko iznosi varijabilna potrošena energija?
- Koliko energije proizvede TE₃?
- Koliko sati TE₁ radi na snazi većoj od minimalne?
- Koliko energije proizvede reverzibilna hidroelektrana?

b) 17,7 h, c) 11400 MWh, d) 4887,5 MWh, e) 12 h, f) 1350 MWh