

Napomena: Teorijska pitanja rješavajte sljedno na tri slobodne stranice košuljice (ne na vlastitim papirima).

1. **(2b)** Objasniti mijenja li se (ne, raste ili pada) i zašto temperatura toplinski izolirane sobe u kojoj hladnjak radi s otvorenim vratima.
2. **(2b)** Koje su temperature geotermalnih izvora dostupne u Hrvatskoj i što karakterizira radni medij elektrana koje se kod nas mogu koristiti?
3. **(2b)** Što je obogaćivanje nuklearnog goriva i zašto se provodi? Zašto je važna ostatna toplina i kako nastaje?
4. **(3b)** Na temelju čega se kreira vjerojatnosna krivulja protoka, što ona opisuje i čemu služi? Što uzrokuje kavitaciju i zašto je ona problem?
5. **(3b)** Ukoliko je potrošnja u elektroenergetskom sustavu veća od proizvodnje, što se događa s frekvencijom mreže? Ugrađuju li se prekidač i rastavljač zajedno u isti strujni krug i koja je razlika između njih?
6. **(3b)** Nacrtati I-U karakteristiku fotonaponskog panela za dva iznosa ozračenja (jedno neka bude dvostruko većeg iznosa od drugog) te označiti točku maksimalne snage za oba slučaja. Kako temperatura utječe na efikasnost fotonaponskog panela?
7. **(3b)** Kako i zašto se ograničava snaga vjetroagregata na nazivnu kod brzina vjetra većih od nazivne? Kolika je teorijski najveća iskoristivost energije vjetra kod vjetroagregata?
8. **(2b)** Navesti tri primarna načina pretvorbe biomase, te nedostatke i prednosti korištenja biomase.
9. **(2b)** Navesti osnovne značajke spremnika energije, te kako spremnike dijelimo po obliku pohranjene energije? Koji spremnik energije ima apsolutno najveći kapacitet?
10. **(2b)** Objasniti što je to eksterni trošak i zašto je važan.

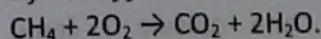
NUMERIČKI ZADACI

Napomena: Numeričke zadatke rješavajte sljedno na vlastitim papirima tako da je na svakoj stranici po jedan zadatak (sa svake strane lista papira po jedan zadatak).

11. **(4b)** Realni se Rankineov kružni proces provodi u termoelektrani snage turbine 500 MW. Tlak je pare na ulazu u turbinu 10 MPa, a temperatura 700 °C. Tlak je u kondenzatoru 10 kPa. Unutrašnji stupnjevi djelovanja turbine i pumpe iznose 0,9. Iz parnih tablica očitane su sljedeće karakteristične vrijednosti:
 - za tlak 10 kPa: $h' = 192 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 2585 \text{ kJ/kg}$, $s' = 0,649 \text{ kJ/kgK}$, $s'' = 8,151 \text{ kJ/kgK}$, $v' = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$;
 - za tlak 10 MPa i temperaturu 700 °C: $h = 3867 \text{ kJ/kg}$, $s = 7,166 \text{ kJ/kgK}$.
 Izračunati:
 - a) sadržaj pare na izlazu iz turbine,
 - b) termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa (uzeti u obzir rad pumpanja).
12. **(4b)** Idealni plin ($c_v = 717 \text{ J/kgK}$, $R = 287 \text{ J/kgK}$) u zatvorenom spremniku ekspandira iz stanja 1 (600 kPa, 600 K) u stanje 2 (200 kPa, 400 K). Tlak je okolice 100 kPa, a temperatura 300 K. Izračunati specifični maksimalni rad koji obavi plin prelaskom iz stanja 1 u stanje 2.
13. **(6b)** Vjerojatnosna krivulja trajanja protoka na mjestu gdje je postavljena derivacijska hidroelektrana (HE), instaliranog protoka $300 \text{ m}^3/\text{s}$, dana je izrazom $Q [\text{m}^3/\text{s}] = 450 - 30 \cdot t [\text{mjesec}]$. Zahvat se ostvaruje na 250 m n.v., a dno je riječnog korita na 90 m n.v. Brana je visine 50 m s ugrađenim zapornicama koje se reguliraju tako da propuštaju višak vode. Računati s konstantnim stupnjem djelovanja hidroelektrane 0,95. Izračunati:
 - a) vjerojatnu godišnju proizvodnju električne energije; pretpostaviti konstantnu visinu vode ispred brane 40 m; uzeti da mjesec ima 730 sati,

- b) najmanju snagu hidroelektrane, ako je konsumpcijska krivulja na mjestu zahvata dana izrazom $H_{GV} [m] = Q [m^3/s]/10$, a na mjestu odvoda iz postrojenja $H_{DV} [m] = Q [m^3/s]/50$.
- c) (nevezano uz prethodni dio zadatka) Ako se izlaz iz turbine nalazi na 95 m n.v., a razina je donje vode na 90 m n.v., koliko iznosi povećanje snage HE ako se na izlaz iz turbine, promjera otvora 4 m, postavi difuzor čiji je izlazni otvor promjera 5 m. Uzeti konstantan protok vode $200 m^3/s$ i stupanj djelovanja HE 0,95.

14. (4b) Plinska termoelektrana snage 500 MWe radi u kombiniranom ciklusu uz učinkovitost pretvorbe toplinske energije u električnu od 45%. Kao gorivo koristi metan (CH_4), ogrjevne moći $34 MJ/m^3$. Kolika se masa ugljičnog dioksida (CO_2) godišnje ispusti u okoliš, ako je faktor opterećenja elektrane 0,5? Atomska masa ugljika iznosi 12 g/mol, a kisika 16 g/mol. Molarni je volumen $22,4 m^3/kmol$. Izgaranje metana odvija se prema sljedećoj jednadžbi:



15. (4b) Na raspolaganju je ukupno $5 km^2$ obradive zemlje predviđene za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora za dvije vrste elektrana: elektrane na biomasu i fotonaponske (FN) elektrane. Izračunati vršnu snagu i godišnju proizvodnju električne energije za obje elektrane.

a) Biomasa:

Stupanj djelovanja elektrane iznosi 0,3. Ogrjevna je vrijednost biomase $11 MJ/kg$, a godišnji prinos $7 t/ha$. Faktor opterećenja elektrane iznosi 0,8. Za uzgoj se biomase iskorištava kompletna obradiva površina.

b) Sunce:

Vršno ozračenje na površinu FN panela iznosi $1000 W/m^2$. Ukupna godišnja ozračenost na horizontalnu plohu je $1500 kWh/m^2$. FN paneli su postavljeni pod optimalnim kutom, a ozračenost se pritom poveća 20%. Fotonaponske ćelije imaju stupanj djelovanja 0,14. Za postavljanje FN panela iskorištava se $2/3$ obradive površine.

16. (4b) Vjetroagregat (VA) promjera lopatica 60 m, godišnje proizvede 4 GWh električne energije. Tijekom 10% vremena u godini brzina vjetra je ispod početne, a tijekom 15% vremena iznad maksimalne. Tijekom 30% vremena brzina vjetra iznosi $5 m/s$ i pri toj brzini VA ima ukupni stupanj djelovanja $c_{pe5} = 0,5$. Tijekom 25% vremena brzina vjetra iznosi $10 m/s$ i pritom VA ima ukupni stupanj djelovanja $c_{pe10} = 0,45$. Ostatak vremena VA radi na nazivnoj snazi. Uzeti da gustoća zraka iznosi $1,225 kg/m^3$. Izračunati:

- a) nazivnu snagu i nazivnu brzinu VA ako je ukupni stupanj djelovanja na nazivnoj brzini $c_{pen} = 0,4$,
b) faktor opterećenja vjetroagregata.

17. (6b) Za elektroenergetski sustav poznato je dnevno opterećenje prema podacima u tablici.

t [h]	0-4	4-6	6-9	9-12	12-14	14-18	18-22	22-23	23-24
P [MW]	800	1000	1200	2000	1700	1500	1700	1200	800

U sustavu se nalaze sljedeće elektrane:

HE₁: P_{HE1n} = 200 MW; protočna HE

HE₂: P_{HE2n} = 300 MW; protočna HE

NE: P_{NEn} = 500 MW;

TE₁: P_{TE1n} = 200 MW; P_{TE1min} = 50 MW;

c_{TE1} = 40 lp/kWh 4)

TE₂: P_{TE2n} = 250 MW; P_{TE2min} = 50 MW;

c_{TE2} = 35 lp/kWh 3)

TE₃: P_{TE3n} = 350 MW; P_{TE3min} = 50 MW;

c_{TE3} = 30 lp/kWh 2)

TE₄: P_{TE4n} = 450 MW; P_{TE4min} = 100 MW;

c_{TE4} = 25 lp/kWh 1)

- a) Nacrtati dnevnu krivulju trajanja opterećenja, te odrediti vrijednosti varijabilne energije, konstantne energije, dnevno utrošene energije i faktora opterećenja.
b) Ucrtati u dnevnu krivulju trajanja opterećenja raspored rada elektrana.
c) Izračunati energiju preljeva hidroelektrana.
d) Koliko sati TE3 radi na snazi većoj od minimalne?
e) Koliko ukupno energije proizvede TE2?