

OPŠTA ENERGETIKA

AUDITORNE VEŽBE

4. Energija sunca

1. Odrediti I_{SC} pri insolaciji od $677\text{W}/\text{m}^2$ ako se zna da je I_{SC} pri zenitu sunca ('1-sun') 6A .
2. Dat je niz PV-modula nominalne snage 1kW pri normalnim uslovima testiranja(STC). Operativna nominalna temperatura modula (NOCT) je 47°C . Napon na izlazu MPPT opada $0,5\%/^\circ\text{C}$ iznad temperature ambijenta od 25°C . Proceniti izlaznu snagu P_{AC} ako se javljaju gubici 3% zbog neusklađenosti i 4% zbog prljanja modula. Invertor radi sa 90% efikasnosti.
3. Proceniti energiju koju će dat niz 1kV PV-modula isporučiti u Subotici (46°N i $T_{amb} = 20^\circ\text{C}$) za mesec januar. NOCT za ovaj cistem je 47°C . U prilogu je data tabela srednjeg Sunčevog zračenja ($\text{kWh}/(\text{m}^2\text{dan})$) po mesecima za određene lokacije.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Juž. Nemačka	0,8	1,3	2,4	3,7	4,7	5,0	4,8	4,3	3,2	1,8	0,75	0,5
Subotica	1,30	2,10	3,45	5,00	6,15	6,25	6,35	5,85	4,30	2,85	1,40	1,15
Beograd	1,40	2,20	3,35	4,85	6,00	6,45	6,75	6,00	4,65	3,05	1,60	1,15
Kragujevac	1,50	2,40	3,35	4,80	5,85	6,10	6,45	5,90	4,85	3,30	1,70	1,30
Niš	1,75	2,60	3,45	5,00	6,10	6,35	6,70	6,15	5,35	3,45	1,85	1,50
Priština	1,85	2,90	3,70	5,25	6,30	6,60	6,95	6,30	5,10	3,35	1,90	1,60

Podaci za južnu Nemačku su dati za geografsku širinu od 48°N . Subotica – 46°N , Beograd – $44,7^\circ\text{N}$, Kragujevac – 44°N , Niš – $43,2^\circ\text{N}$, Priština – $42,3^\circ\text{N}$

4. Potrošnja kuće je $3600\text{kWh}/\text{god}$. Kolika je površina modula efikasnosti $\eta_{col} = 0,125$ potrebna da bi se ova potrošnja zadovoljila. Pretpostaviti da je $\text{CF}=0,2375$, a efikasnost konverzije $\eta_{con} = 0,75$.

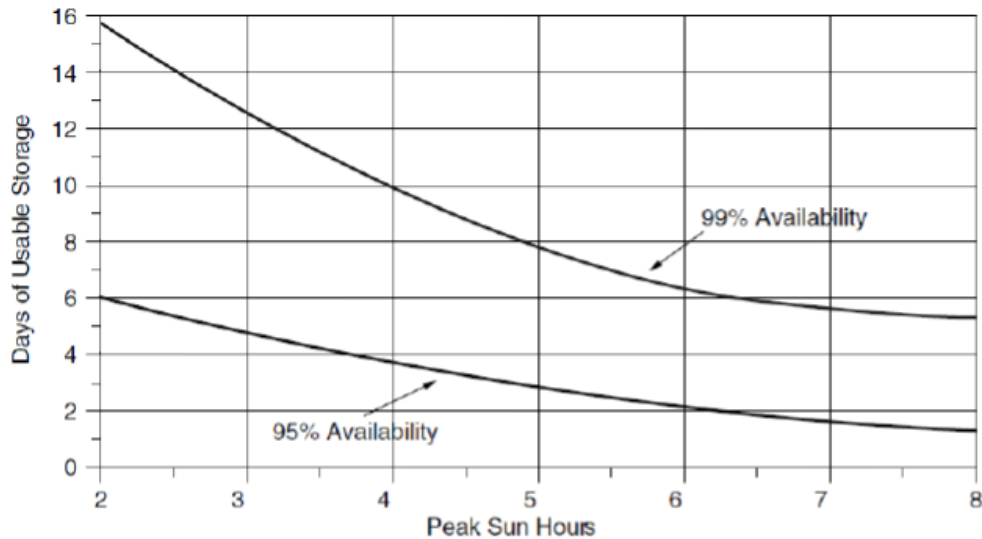
5. Za kuću u subotici potrebno je 4000kWh/god. Proceniti troškove ako koristimo PV-module sa koeficijentom efikasnosti 12% i invertore sa $\eta_{con} = 0,75$. U prilogu je data tabela troškova.

Deo PV-sistema	Cene
PV-modul	4,2\$/Wdc
Invertor	1,2\$/W
Instalacija	3800\$
Tracker	400\$+100\$/m

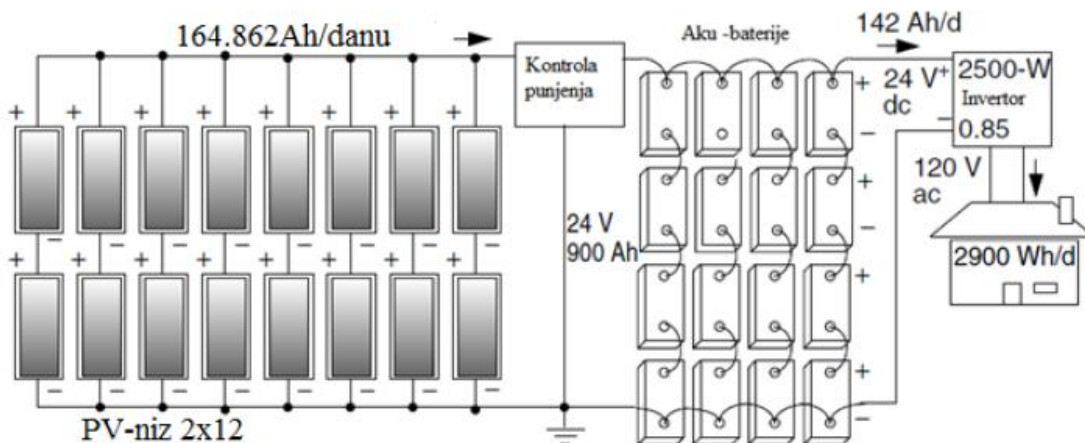
6. PV-sistem košta 16850\$ i isporučuje 4000kWh/god. Novac uložen u ovu investiciju je pozajmljen na 30 godina sa kamatom od 6%.
- Kolika je prosečna cena AC(\$/kWh)?
 - Ako bi dobili benefit od države u vidu takse pri ugrađivanju (MTB) od 30,5% kako bi se to odrazilo na AC?
7. Skoro u potpunosti ispražnjena aku-baterija ima napon otvorene veze 11,7V i unutrašnji otpor $0,03\Omega$.
- Naći napon PV-modula ako je struja punjenja baterije 6A.
 - Ako je struja pražnjenja baterije 20A uz napon otvorene veze 12,7V koliki je napon PV-modula?
8. Data je 100Ah 12V baterija sa naponom pražnjenja od 12, 5V i naponom punjenja od 13,5V. Njen parametar je i C/5.
- Odrediti unutrašnju otpornost baterije.
 - Koji deo ulazne snage baterije je izgubljen?
 - Ako bi se koristila baterija karakteristike C/20 koji deo ulazne snage će biti izgubljen zbog unutrašnjih otpornosti?

9. Kuća na primorju ima potrošnju od 3000Wh/danu u zimskim mesecima. Napon sistema je 24V, a dostupnost baterije 95% (5% i rezervu potrošnje obezbeđuje generator). Koeficijent invertora je 0,85. Data je tabela insolacije za zimski period i potreban grafik broja dana skladištenja energije u zavisnosti od insolacije. Proceniti potreban kapacitet aku-baterije.

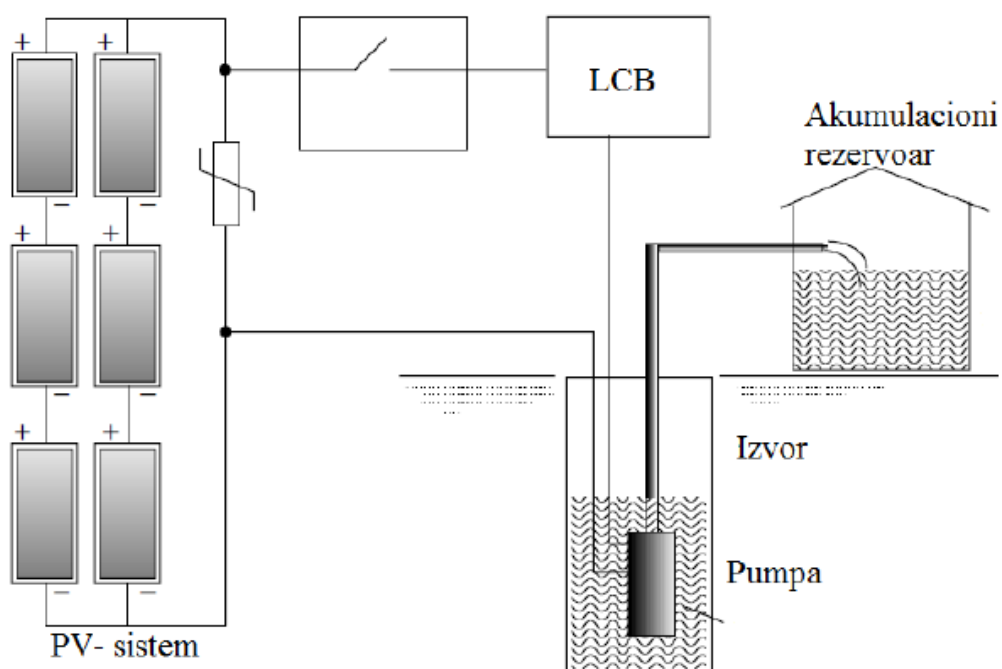
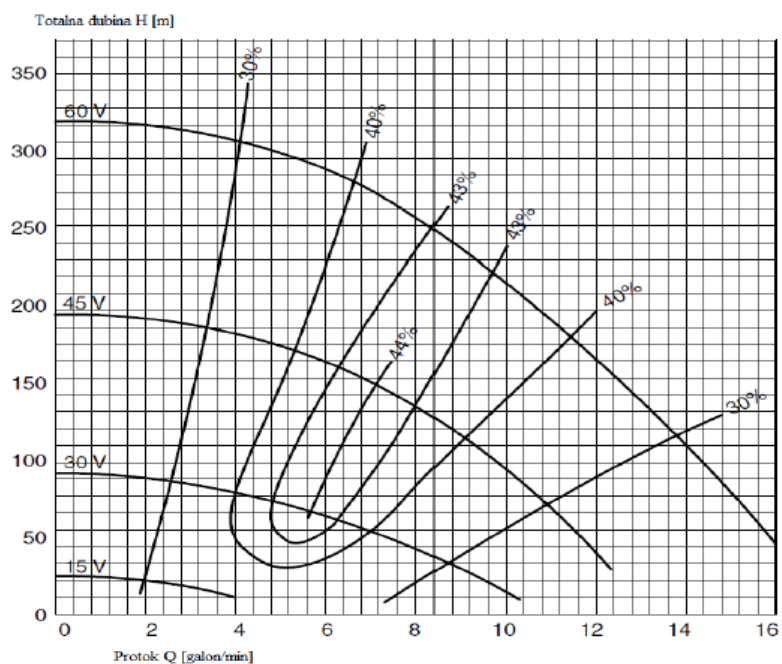
meseci	novembar	decembar	januar	februar
kWh/m ² danu	2,4	2,15	2,3	3,1



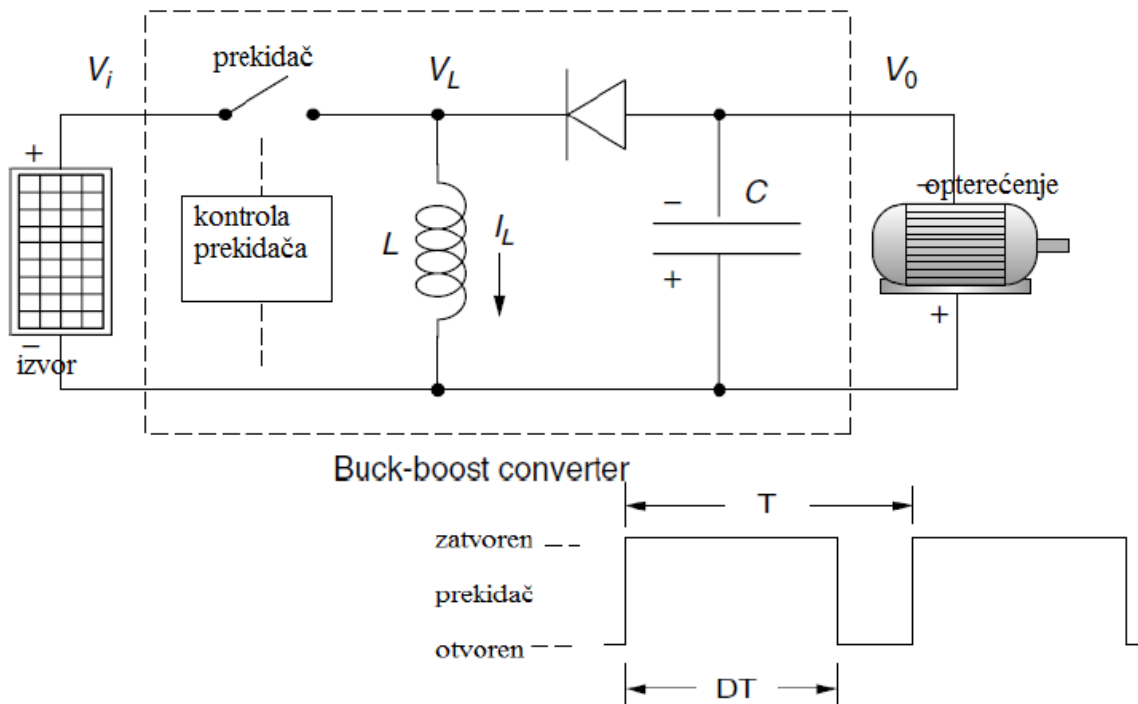
10. Iz mlaza vode na dubini od 150m potrebno je izvući 1200l vode po danu. Na raspolaganju su PV-moduli Siemens SR1000 ($I_p = 5,9A$) i potapajuća pumpa efikasnosti 34%. Lokacija odakle se crpi voda ima insolaciju od 4.9kWh/m²danu. Dimenzionistai potrebni PV-sistem. Potreban dijagram pumpe je na sledećoj slici.



11. Iz mlaza vode na dubini od 150m potrebno je izvući 1200l vode po danu. Na raspolagju su PV-moduli Siemens SR1000 ($I_p = 5,9A$) i potapajuća pumpa efikasnosti 34%. Lokacija odakle se crpi voda ima insolaciju od $4.9kWh/m^2$ danu. Dimenzionistai potrebni PV-sistem. Potreban dijagram pumpe je na sledećoj slici.

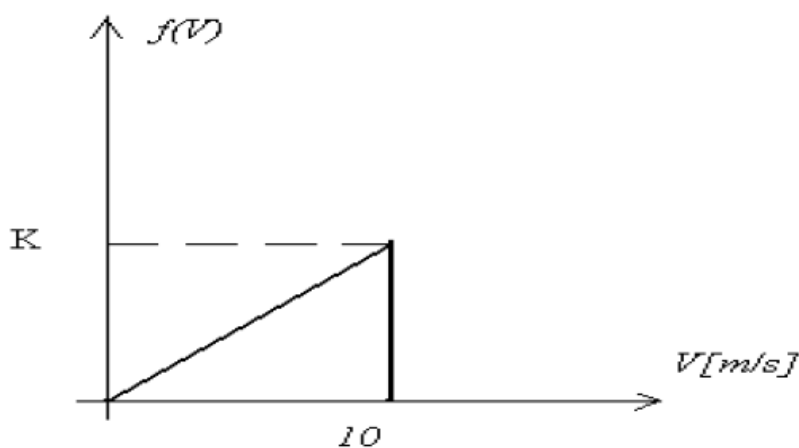


12. Za neke optimalne uslove okoline PV-modul ima svoju maksimalnu snagu u radnoj tački ($V_m = 17V$ i $I_m = 6A$). Kakav radni ciklus treba da ima MPPT (Buck-Boost convertor) ako PV-sistem napaja opterećenje od 10Ω ?

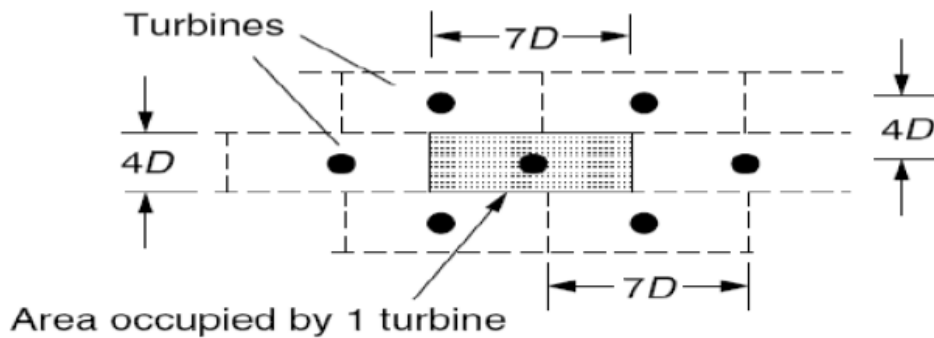


5. Energija vetra

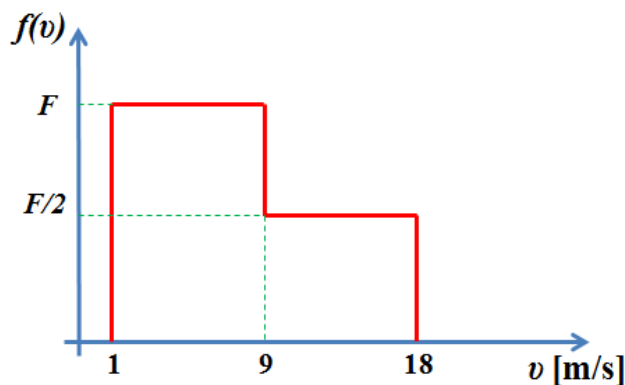
1. Ako se anemometrom izmeri brzina vetra od 5m/s na visini od 10m kolika je snaga vetra na 50m ako je gustina vazdušne mase $1,225\text{kg/m}^3$, a prečnik rotora 10m?
2. Izvesti izraz za maksimalnu efikasnost vetrogeneratora i definistai Betzov zakon.
3. Uporediti energije vetra ako je $A=1\text{m}^2$ i ako su normalni atmosferski uslovi za slučajeve:
 - a) Vetar duva 100 časova brzinom 6m/s.
 - b) Vetar duva 50h brzinom 3m/s i 50h brzinom od 9m/s.
4. Data je funkcija gustine raspodele verovatnoće brzine vetra $f(v)$.
 - a) Koliko iznosi K da bi ovo bila stvarna funkcija gustine raspodele verovatnoće brzine vetra?
 - b) Kolika je tada srednja jačina snage vetra $[\text{W/m}^2]$ ako su normalni atmosferski uslovi (15°C i 1atm)?



5. Ako je farma vetrogeneratora definisana širinskim razmakom između redova D . vetrogeneratora od $4D$ -prečnika, onda je rastojanje između dva vetrogeneratora u nizu $7D$. Pretpostavlja se da je efikasnost turbine 30%, a efikasnost usled zaklanjanja 80%.



- a) Pronaći godišnju proizvodnju elektrane po jedinici površine zemljišta u oblasti sa $400\text{W}/\text{m}^2$.
- b) Pretpostavimo da vlasnik turbine plaća zakup zemljišta $100\text{\$}$ po jutru godišnje. U zavisnosti od zakupa zemljišta kolika je cena generisane električne energije?
6. Po projektu farma vetrogeneratora ima 40 turbin snage 1500kW sa prečnikom rotora od 64m . Kapitalni troškovi su 60 miliona $\text{\$}$ a troškovi održavanja O&M su $1,8$ miliona $\text{\$/god}$. Projekat se investira sa 45 miliona $\text{\$}$ na 20 godina sa 7% kamate i sa 15 miliona $\text{\$}$ koji se vraćaju 15% po godini. Koliko treba da je cena električne energije iz ove farme tako da projekat ima smisla? Srednja brzina vetra na lokaciji vetrofarme je $8,5\text{m/s}$.
7. Funkcija gustine raspodele verovatnoće brzine vetra $f(v)$ u toku godine, na jednoj lokaciji, na 2m od tla, data je na Slici. Na toj lokaciji, biće izgrađen vetrogenerator, stuba visine $H=65\text{m}$, rotora prečnika $D=70\text{m}$. Brzina uključjenja vetrogeneratora je 3m/s , a brzina isključenja je 25m/s . Pri brzinama preko 14m/s , vetroagregat daje nominalnu snagu od 1.5MW . Turbina može maksimalno da iskoristi 30% snage vetra ($C_p=0.3$).



Odgovoriti na sledeća pitanja:

- a) Nacrtati odgovarajući dijagram $f(v)$ i naći vrednost faktora F za funkciju gustine raspodele verovatnoće brzine vetra na visini stuba.

- b) Izračunati očekivana srednju električnu snagu vetrogeneratora P_{el} .
- c) Ako se definiše faktor $(CF)=W_{el}/(P_{el}\cdot 8760)=0,37$ naći proizvedenu električnu energiju (W_{el}) u toku godine.
- d) Koliki su ukupni godišnji troškovi vetrogeneratora, ako su investicioni troškovi 3.5 miliona NJ (oročenih na 25 god., $i=3\%$), a godišnji troškovi održavanja 0.2 miliona NJ?

NAPOMENA: NJ-novčana jedinica.

- e) Kolika treba da bude cena proizvedene električne energije vetrogeneratora (NJ/kWh) da bi se pokrili troškovi?
- f) Naći srednju brzinu vetra (v_{sr}) na 65 m od tla.
- g) Pokazati da je $(v_{sr})^3 \neq (v_{sr}^3)$.
- h) Ako je gustina vazduha $\rho=1,225 \text{ kg/m}^3$, naći snagu srednju snagu vetra na preseku rotora.
- i) Naći procenat snage vetra koju vetrogenerator iskoristi.

8. Upoređivanje troškova grejanja na zemni gas i toplotnom pumpom tipa zemlja-voda. Površina porodične kuće je 150m^2 , Pošto je ona srednje izolovana treba joj 75W/m^2 i to 2000h u toku godine. Koeffcijent korisnog dejstva kotla je 75% . Cena zemnog gasa je 37din/m^3 , a grejni učinak gasa je 10kWh/m^3 . Toplotna pumpa koja se koristi ima $\text{COP}=4$ ti koristi 60% vremena električnu energiju iz više tarife, a 40% vremena iz niže tarife. Cena električne energije u višoj tarifi je 7din/kWh , a u nižoj tarifi je $1,15\text{din/kWh}$. Koji sistem za grejanje je povoljniji i kolika je ušteda za 10 godina?
9. Na raspolaganju su dve toplotne pumpe. Toplotna pumpa tipa voda-voda sa podnim grejanjem čiji je $\text{COP}=4,6$ i vremenski udeo u višoj tarifi 70% , a u nižoj 30% . I toplotna pumpa tipa vazduh-voda sa radijatorskim grejanjem čiji je $\text{COP}=2,9$ i vremenskim udelom u višoj tarifi od 60% , a u nižoj 40% . Ako se pretpostavi da se greje isti objekat kao iz prethodnog zadatka i da su iste cene električne energije proceniti koji je sistem efikasniji.