

SOLARNI PANELI I TOPLOTNE PUMPE

PRIMJENA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE





SOLARNI PANELI I TOPLOTNE PUMPE

PRIMJENA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Tuzla, august 2017.



Izdavač
Centar za ekologiju i energiju
Filipa Kljajića 22
75000 Tuzla, BiH
tel/ fax: +387 35 249 311
ceetz@bih.net.ba
www.ekologija.ba

Autori:
Mr.sc. Sejfudin Agić
Mr.sc. Vanja Rizvić
Mr.sc. Džemila Agić
Fuad Imamović, dipl.ing.arh.

Štampa:
d.o.o. „HARFO-GRAF“ Tuzla

Tiraž:
400 primjeraka

1.	UVOD	2
2.	PRIMJENA SUNČEVE ENERGIJE	3
2.1.	SOLARNI KOLEKTORI I SISTEMI ZA TOPLU VODU	4
2.1.1.	Pločasti kolektorski paneli	4
2.1.2.	Kolektorski sistemi sa regulacijom	5
2.1.3.	Proširenje solarnog sistema za toplu vodu	8
2.2.	FOTONAPONSKI SISTEMI	9
2.2.1.	Solarni fotonaponski moduli	11
2.2.2.	Energetski bilans fotonaponskih sistema	12
2.2.3.	Podjela fotonaponskih sistema	13
2.2.4.	Konstrukcija fotonaponskih sistema	15
2.2.5.	ON-GRID fotonaponski sistem	17
3.	TOPLOTNE PUMPE (DIZALICE TOPLINE)	20
3.1.	SISTEM RADA TOPLOTNIH PUMPI	22
3.2.	TOPLOTNI IZVORI ZA TOPLOTNE PUMPE	22
3.2.1.	3.2.1. Toplotna pumpa sa zrakom kao izvorom topline	23
3.2.2.	3.2.2. Toplotna pumpa sa tlom kao izvorom topline	24
3.2.3.	3.2.3. Toplotna pumpa sa podzemnim vodama kao izvorom topline	25
4.	ESCO MODEL POSLOVANJA	26

1. UVOD



Stalni porast populacije za sobom donosi i konstantno veće potrebe za energijom, tako da je čovječanstvo u kontinuiranoj potrazi za izvorima energije koji bi primjereno pokrili energetske potrebe.

Trenutno svijet pokriva svoje energetske potrebe uglavnom neobnovljivim izvorima energije, većinom fosilnim gorivima – ugljem, naftom i prirodnim plinom. Ovi izvori energije nisu obnovljivi, a to znači da ne mogu trajati vječno te će u određenom trenutku biti potrošeni. Fosilna goriva su također vrlo štetna za okoliš zbog ispuštanja velike količine ugljendioksida (CO_2), zagađenja okoliša u obliku izlivanja nafte u more, te također zbog izazivanja smoga koji je vrlo štetan za zdravlje. Trenutno je najnaglašeniji negativni efekat fosilnih goriva globalno zatopljenje – možda najveći izazov s kojim se čovječanstvo srelo u svojoj kratkoj historiji.

Pored neobnovljivih izvora energije, postoje i obnovljivi koji predstavljaju neiscrpane izvore energije iz prirode i obnavljaju se u određenom vremenskom intervalu, u cijelosti ili djelimično. Obnovljivi izvori energije se sve češće eksploatišu s ciljem proizvodnje električne, toplotne i mehaničke energije, a njihova značajna održiva karakteristika jeste neškodljivost za okoliš, sa smanjenom ili reduciranom emisijom CO_2 u procesu proizvodnje energije.

Obnovljivi izvori energije su:

- kinetička energija vjetra (energija vjetra)
- sunčeva energija
- biomasa
- toplotna energija Zemljine unutrašnjosti i vrući izvori (geotermalna energija)
- potencijalna energija vodotoka (vodne snage)
- potencijalna energija plime i oseke i morskih valova
- toplotna energija mora

Postoji mnogo država koje daju dobar primjer iskorištavanja potencijala obnovljivih izvora energije. Na primjer Njemačka, Danska i Holandija s razvijenim sektorom iskorištavanja energije vjetra, Island s geotermalnom energijom, Kina s hidroenergijom, pa čak i SAD sa saveznim državama Arizona, Florida i Kalifornija u kojima postoji dosta projekata iskorištavanja energije Sunca.

I u Bosni Hercegovini sve češće počinje primjena obnovljivih izvora energije kao što su energija Sunca, biomase i toplotna energija Zemljine unutrašnjosti i vrući izvori (geotermalna energija). Zato je u ovom Priručniku dat akcenat na energiju Sunca, solarne panele i njihovo konstruiranje i instaliranje. Također je objašnjen sistem rada i vrste toplotnih pumpi, kao i princip rada ESCO modela poslovanja.

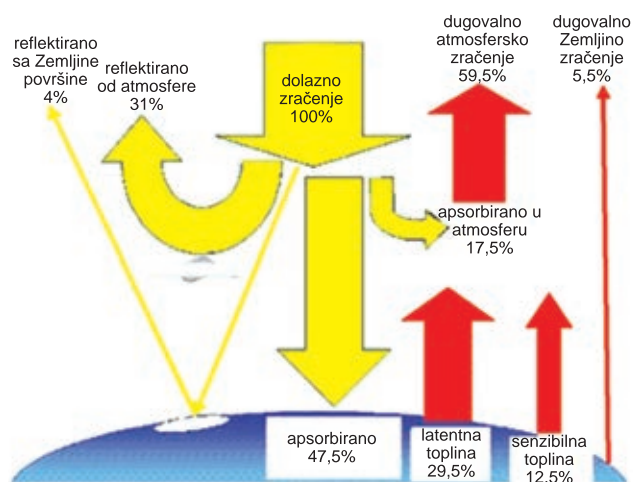
2. PRIMJENA SUNČEVE ENERGIJE



Sunce je nama najbliža zvijezda i centralna tačka našeg sunčevog sistema, koja svojom masom (333.660 puta većom od mase Zemlje), planete i brojna druga nebeska tijela drži u putanjama oko sebe. U unutrašnjosti sunca se stalno odigrava proces fuzije jezgre, pri kojem se u jezgru stvara temperatura od 15 miliona °C i pritisak od 200 milijardi bara. Masa sunca iznosi 99% mase našeg sunčevog sistema, a sastavljen je od 75% vodonika, 23% helijuma i 2% teških metala.

Intenzitet sunčevog zračenja u kosmosu (izvan zemljine atmosfere) je zbog promjene rastojanja između Zemlje i Sunca sa godišnjim dobima podložno oscilacijama od oko $\pm 1,7\%$. Srednja vrijednost tzv solarna konstanta iznosi $E_0 = 1.376 \text{ W/m}^2$. Na površini zemlje ta vrijednost umanjena je zbog utjecaja atmosfere i pojava koje se javljaju refleksija, apsorpcija i rasipanje.

Nezavisno od mjesta na Zemlji, oko podne, po sunčanom danu, intenzitet sunčevog zračenja iznosi oko 1000 W/m^2 . U toku godine Sunce nam preda energiju od 220.000 biliona kWh, što je preko 2.500 puta više od energetske potrošnje cjelokupnog čovječanstva. Ako se sabere vrijednost sunčevog zračenja tokom jedne godine na jednom mjestu dobije se srednje globalno zračenje u kWh/m². Prosječno zračenje za Bosnu i Hercegovinu je oko 1250 kWh/m^2 godišnje ($1.000 - 1.400 \text{ kWh/m}^2$). U poređenju sa dijelovima Sahare, Saudijske Arabije, Srednje Amerike ili Sjeverne Australije, mjesta koja su najbogatija suncem, u BiH dobijemo 65% sunčevog zračenja.



Slika 2.1. Bilans sunčevog zračenja na Zemlji

Prema statističkim podacima, u BiH je godišnje oko 270 sunčanih dana. Ovi podaci su pokazatelj da je postavljanje i korištenje solarnih kolektora i fotonaponskih sistema moguće i isplativo.

Namjera ovog priručnika je da pokaže principe i mogućnosti te promovira jednostavne sisteme za zagrijavanje tople vode i pojedinačne fotonaponske sisteme sa aspekta planiranja, konstruisanja, montiranja/instaliranja i održavanja.

Priručnik je pripremljen na osnovu znanja, iskustva i materijala koji su nastali kao rezultat implementacije konkretnih projekata Centar za ekologiju i energiju iz Tuzle (www.ekologija.ba) i namjenjen svima koji žele ovladati osnovnim i specijalističkim znanjima iz ove oblasti.

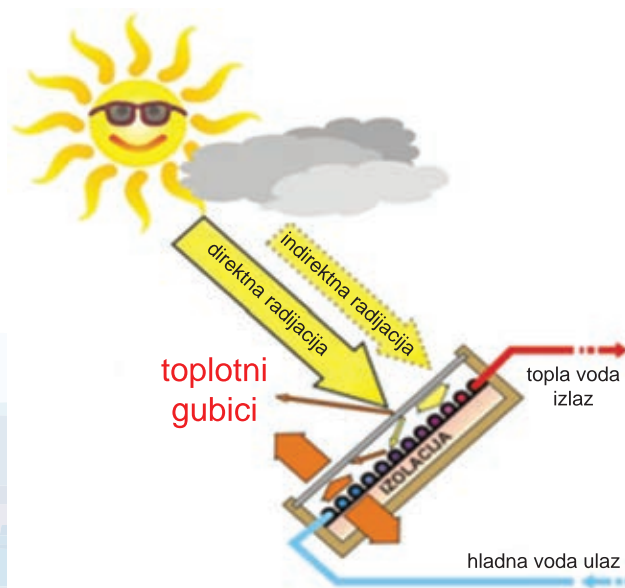
2.1. SOLARNI KOLEKTORI I SISTEMI ZA TOPLU VODU

2.1.1. PLOČASTI KOLEKTORSKI PANELI

Ključni dio sistema solarnog kolektora jeste pločasti ili vakuumski panel. To je element kroz koji sunčeva svjetlost ulazi u sistem i pretvara se u toplotu. Radi na principu minijaturnog staklenika smještenog na krovu. Vakuumski panel ima bolji stepen iskorištenja, ali i nedostatak, jer se u praksi pokazalo da ih je teže održavati. Temi vakuumski kolektori posvetićemo više pažnje u nekom novom priručniku dok ćemo u ovom govoriti o pločastim kolektorima i odgovarajućim panelima.

Na pločasti panel postavljen je transparentni prekrivač koji sprječava izlazak sunčeve svjetlosti, dok apsorbirajuća ploča i izolacija služe kao primaoci solarne energije. Određena količina energije može se izgubiti u vidu toplote koja izlazi bočno ili sa donjih strana panela, ali izolacijom i upotrebom materijala sa izolacionim osobinama, takvi gubici se mogu takođe umanjiti. Rezultat je maksimalna količina energije dobivena i apsorbirana u sistemu, a koja nakon toga prelazi u tečnost unutar cjevovoda koji toplotu prenose do izmjenjivača za zagrijavanje vode.

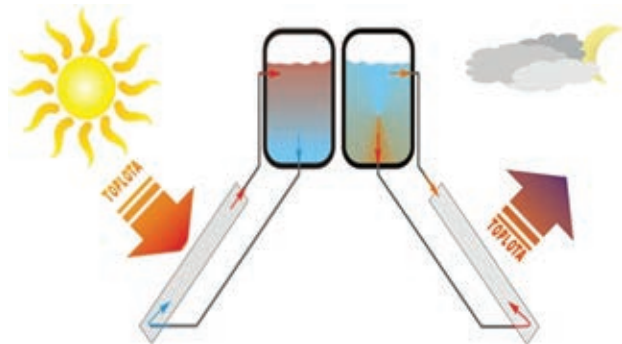
Na lijepom, sunčanom, ljetnom danu tečnost koja se zagrijala u cijevima doseže temperature u iznosu od oko 60 – 80 °C, dok po takvom danu zimi temperature dosegnu vrijednosti 50 – 65 °C. Ovi podaci ukazuju na to da, za razliku od preovlađujućih mišljenja, solarni kolektori rade jednako dobro i tokom zime.



Slika 2.3. Princip funkcioniranja pločastog solarnog kolektorskog panela

TERMOSIFONSKI EFEKAT

Najjeftiniji solarni kolektori rade na principu pasivnog sistema bez pumpi ili drugih pokretnih dijelova, koristeći fenomen zvan termosifonski efekat. Tok tečnosti za provođenje toplote se stvara uz pomoć prirodni temperaturnih razlika, kako je prikazano na sljedećoj slici. U sistem uvodimo hladnu vodu koja puni cijevi i rezervoar do vrha. Sunce zagrijava vodu koja je unutar cijevi pločastog kolektora, a kako se toplota povećava, topla voda se prirodno penje do vrha, gdje izlazi iz panela i penje se do rezervoara sa vodom.



Slika 2.2. Direktni/inverzni termosifonski efekat – zagrijavanje/hlađenje

Obzirom na to da vakuum ne može nastati u cijevima, topla voda koja je napustila panel zamjenjuje se hladnom vodom iz rezervoara.

Cjelokupni proces stvara prilično brz vodeni tok u iznosu od oko 60 l/sat. Ovaj efekat se nastavlja sve dok je vanjska temperatura viša od one u rezervoaru i panelu.

Kada su vanjske temperature niže, na primjer tokom noći ili kada je oblačno, dolazi do obrnutog efekta. I pored gubitaka, termosifonski sistem može da nas opskrbi sa više nego dovoljno toplote vode pri odgovarajućim uslovima, a kruženje radne tečnosti između solarnog kolektora i rezervoara (toplotnog spremnika, bojlera), obavlja se uz prirodnu cirkulaciju, tj. ne postoje pumpe niti bilo kakvi drugi pokretni mehanički dijelovi.

Postoje dva tipa solarnog termosifonskog sistema:

- prvi, kod kojeg se u sistemu nalazi samo voda, naziva se **otvoreni ili direktni sistem** i
- dok se drugi, kod kojega se u sistemu nalazi i voda i radna medij, poznata kao i "solarni fluid", naziva **zatvoreni ili indirektni sistem**.

2.1.2. KOLEKTORSKI SISTEMI SA REGULACIJOM

Savremeni, profesionalniji sistemi za toplu vodu omogućavaju autonoman rad, bez učešća čovjeka, kontroliran elektronskim dodacima za automatsku regulaciju rada, opremljen pumpom, ekspanzionom posudom i spremnikom za toplu vodu odgovarajućeg kapaciteta. Da bi nam to bilo jasnije pogledajmo sliku 2.4.

Bojler na slici je zapremine 300 l (i/ili više, do 2.000 l) i ima dvije ogrijevne spirale (izmjenjivača toplote). Donja spirala je u sistemu solarnog grijanja, a gornja u ogrijevnom sistemu konvencionalnog centralnog grijanja. Pored toga, bojler ima mogućnost dodavanja grijača na električnu energiju.

Mjerenje temperature u bojleru vrši se termoelementom T2 i T3. Kada razlika temperatura termoelementa T1 (na kolektoru) i T2 (na spirali – izmjenjivaču toplote solarnog sistema) poraste na 12 °C sistem za automatsku regulaciju i kontrolu (solarna regulacija) uključuje pumpu i pokrene se tečnost u cjevovodima solarnog grijanja. Ova pumpa je trobrzinska i regulacijom brzine rada pumpe podešava se protok prenosnog medija kroz sistem i usklađuje sa preporučenom brzinom protoka.

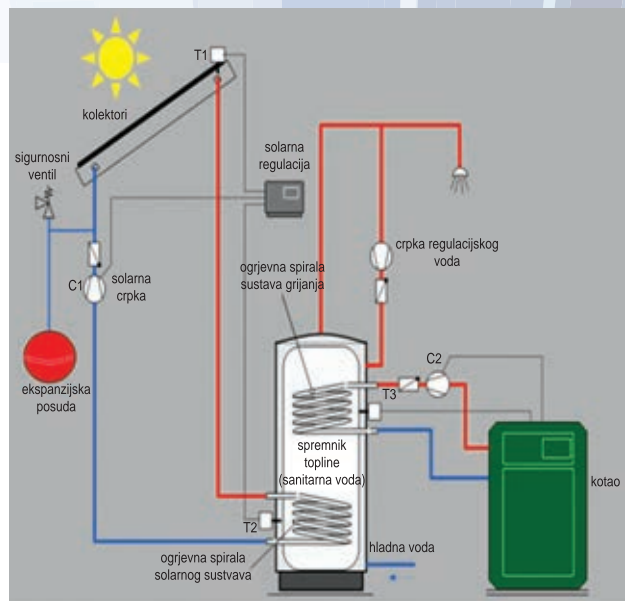
Najbolje mjesto za postavljanje bojlera velike zapremine je u blizini vodovodnih instalacija i pored postojećeg sistema centralnog grijanja. Na taj način smanjujemo gubitke na cjevovodima i moguće je kombinovati solarno i konvencionalno grijanje bilo ono na čvrsto gorivo, električnu energiju, pelete ili ostalo.

Npr. na slici 2.5 je varijanta solarnog grijanja kao predgrijavanja vode za kotao na pelete.

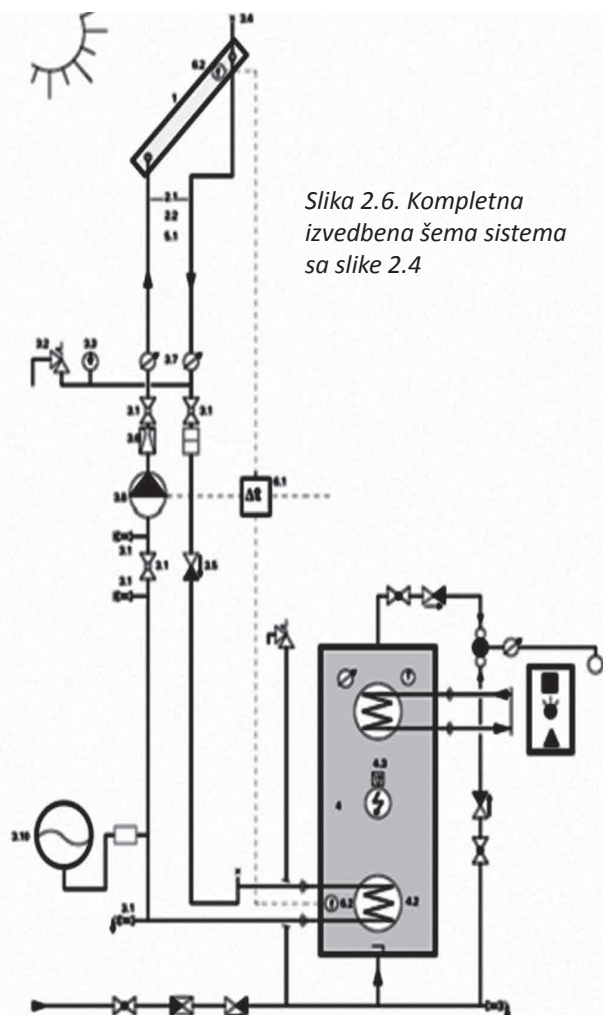


Slika 2.5. Solarno grijanje tople vode kombinirano sa kotlom na pelete

Na sljedećoj slici 2.5. je predstavljena kompletna izvedbena šema varijante solarnog grijanja sa slike 2.4. Detaljni podaci o svim instaliranim komponentama mogu se naći u priručniku Grijanje vode na solarnu energiju, koja je prevod priručnika od SSIV Schweiz - švicarskog savez limara i instalatera, koju je priredio Centar za ekologiju i energiju Tuzla. Više na www.ekologija.ba.



Slika 2.4. Solarni sistem za dobivanje tople vode sa automatskom regulacijom



Slika 2.6. Kompletna izvedbena šema sistema sa slike 2.4

KONSTRUKCIJA I IZRADA PLOČASTIH PANELA

Način kako ćemo napraviti kućište panela zavisi prije svega od iznosa finansijske investicije u kompletan sistem za dobivanje tople vode. Ako koristimo drvo kao gradivni materijal za kućište panela, minimiziramo gubitke toplote. Isto tako možemo se odlučiti za kućište od aluminija, koje je otporno na vremenske utjecaje i mnogostruko produžava radni vijek sistema. Za one koji su u mogućnosti dobro je da izradu kućišta panela koriste aluminijum jer ima dug radni vijek, a i lagan je.

Kod izrade apsorbirajuće ploče i mreže cijevi kroz koju će teći zagrijani tečni medij treba voditi računa:

1. Da su sve cijevi izrezane na odgovarajuću dužinu kako bi se uklopile u kućište panela koje smo već izgradili. Plastični nosači i svaki fitting utiče na dužinu cijevnog sistema.
2. Kada smo sigurni da će cijevni sistem odgovarati kućištu panela, spajamo cijevi i fittinga.
3. Nanesemo pastu za lemljenje cijevi i fittinge na svim kontaktnim mjestima. Previše je i u ovom slučaju bolje nego premalo! Ovaj prvi korak u procesu lemljenja je neophodan, jer pasta dozvoljava otopljenom lemu (kalaju) da utiče u fittinge gdje je potrebno da se stvori čvrsta veza između metala.
4. Sada zagrijavamo cijev i fittinge koristeći se plamenikom, a plamen lagano pomjerajući sa jedne na drugu stranu, kako bi se izbjeglo paljenje metala. Temperatura je dovoljno visoka za nanošenje lema kada se lem u dodiru sa cijevi odmah počne topiti, te izazvati ulivanje lema u cijevi i fitting.
5. Preporuka za profesionalnije sisteme je da se svi spojevi, a pogotovo spojevi cjevovoda u kolektoru, zbog mogućnosti ekstremno visokih temperatura i pritiska spajaju varenjem, tzv. tvrdo lemljenje.
6. Ponovimo ovu radnju na svakom spojištu sa bilo kojom vrstom fittinga. Vjerovatno će biti male stvrdnutih kapi lema na donjem dijelu spojišta. Možemo ih otkloniti turpijom za metal.

Da bismo bili sigurni da konstrukcija cjevovoda može izdržati visoke temperature i pritiske koji će se neizostavno pojaviti u budućem radu treba provjeriti kvalitet lemljenja. U tu svrhu se jedan kraj konstrukcije cjevovoda zatvori nepropusnim čepom, a na drugi se upumpava komprimovani zrak iz kompresora do pritiska 7-8 bara. Dostignutu pritisak mjerimo manometrom.



Slika 2.7. Kućište panela, apsorbirajuće ploča i cijevi



Slika 2.8. Izoliranje kućišta i stranica panela i detalj ispravno postavljene izolacije



Slika 2.9. Staklo se pažljivo postavlja na kućište i završeni pločasti kolektor

Nakon provjere kvaliteta lemljenja potrebno je kompletnu konstrukciju sa cijevima postaviti unutar kućišta pločastog panela. Pri ovoj operaciji još ne treba skidati zaštitnu foliju sa apsorbirajućih krilaca jer se umanjuje efikasnost pri radu, a nečistoće trajno ostaju. Međutim, prije toga treba pripremiti kućište panela postavljanjem izolacije.

Izolacija se ugrađuje kako bi se minimizirao gubitak toplote. Da bi izolacija bila otporna na direktni dodir sa vrelom konstrukcijom cjevovoda i apsorbirajućih ploča treba izabrati presovanu kamenu vunu, debljine 5 cm.

Potrebno je isjeći odgovarajuće komade izolacije za izoliranje bočnih strana kućišta panela i ugurati ih tako da ispunje prostor do metalnih stjenki. Osjetljivije osobe obavezno trebaju koristiti zaštitne rukavice.

Umetanjem cjevovoda u kućište, kolektor je kompletiran i nedostaje još samo prozirni pokrivač sa gornje strane. Kao pokrivač koristimo kaljeno staklo za solarne kolektore. Ovo tzv. solarno staklo ima osobinu da propušta svjetlosno i toplotno sunčevo zračenje u unutrašnjost kolektora, a u suprotnom smjeru veoma malo. Na taj način dobivamo efekat staklenika u kućištu kolektoru. Prije postavljanja kaljenog stakla treba skinuti zaštitnu foliju sa apsorbirajućih krila i pazimo da ih više ne dodirujemo ili bilo kako prljamo.

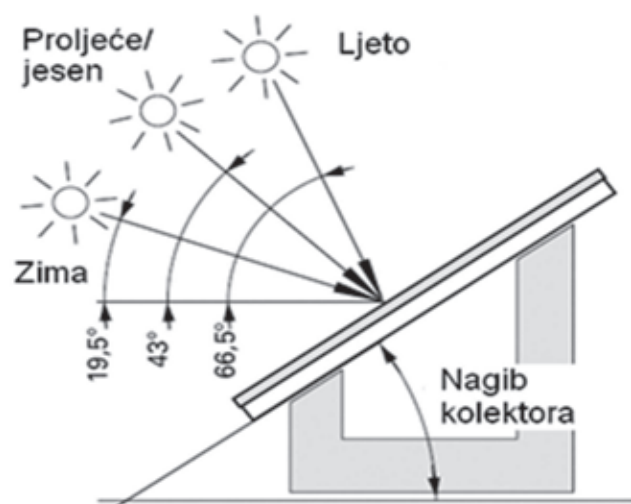
Nakon postavljanja stakla, tako da ima ravnomjerno rastojanje od ivica kućišta panela, u preostali prostor se stavi silikon. Silikoniranje se izvodi sa silikonom otpornim na visoke temperature. Nedostaje samo montaža završnog poklopca koji učvršćuje staklo i štiti unutrašnjost od prodora vlage. Nakon bušenja rupa na rastojanju od 10-tak cm po obodu kućišta postave se zakovice.

POSTAVLJANJE PLOČASTIH PANELA

Za postavljanje panela neophodno je konstruisati nosač prema postojećim dimenzijama panela. Nosač se postavlja na dijelu objekta koji će poslužiti za postavljanje panela. Mjesto za postavljanje panela se određuje prema orijentaciji u odnosu na strane svijeta.

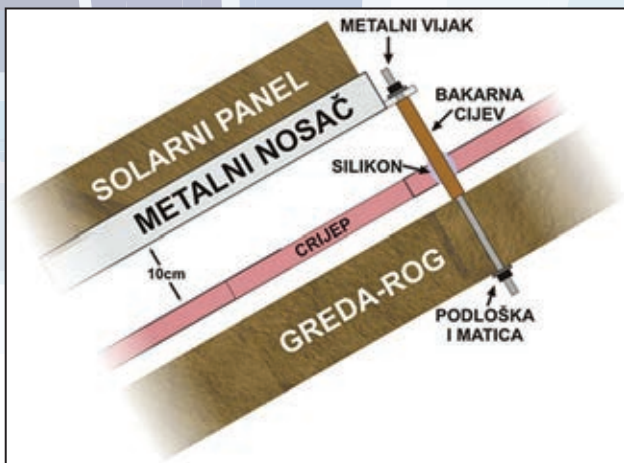
Nosač panela se može napraviti od čeličnih L-profila. Iz estetskih i razloga povećanja životnog vijeka treba nosač pažljivo premazati zaštitnom farbom. Nosač treba imati rupe koje služe za postavljanje na krov i za učvršćivanje panela. Najvažnija stvar je napraviti nosač tako da je nagib panela, koji će se postaviti na njega prema površini zemlje približno $40 - 45^\circ$.

Na slici 2.10 prikazana je zavisnost nagiba kolektora od položaja sunca kroz sva četiri godišnja doba. Bilo bi optimalno praviti kolektore sa promjenljivim nagibom. Samo u tom slučaju ćemo



Slika 2.10. Nagib kolektora zavisi od doba

tokom čitave godine imati najefikasnije iskorištenje sunčeve toplote jer će zraci na panel padati pod otprilike 90° . I takvi sistemi postoje, samo je uvijek u pitanju finansijska opravdanost.



Slika 2.11. Principijska šema postavljanja jednog panela na krovu



Slika 2.12. Pripremljeni nosači za dva solarna panela

Krovovi na našim kućama su približno navedenih nagiba pa je ponekad dovoljno samo napraviti jednostavni držač, kao na slici 2.11, koji će zadovoljiti sve uslove.

Svrha nosača je dvostruka: prvo, štiti panel da ga ne bi vjetar oborio ili da se ne bi uvrnuo, a drugo, diže panel od krova za barem 10 cm, stvarajući dovoljno prostora da kiša ili snijeg mogu proći ispod njega. Bez odvajanja od krova bi zimi, uz mali sniježni nanos, moglo doći do smanjene efikasnosti i povećanja vlage.

U slučaju kad treba postaviti više panela pravi se odgovarajući nosač i vodi računa da mu dimenzije budu takve da se paneli mogu međusobno nastavljati, slika 2.12. Kad je u pitanju geografska orijentacija jasno je da panel treba postavljati, ako je to moguće, na južnu stranu krova. Međutim, ako nemamo idealnu orijentaciju krova kolektore možemo postaviti i na jugozapad ili jugoistok. I ovdje vrijedi pravilo da je dozvoljeno odstupanje od orijentacije prema jugu.

Pošto je na panelu, smještenom na krovu, najviša tačka sistema tu se montira poseban ventil za ozračivanje za solarne sisteme. Ventil je instaliran na krovu i u slučaju pregrijavanja i prekomjernog porasta pritiska prenosnog medija u sistemu počinje „zviždati“ radi upozorenja.

Potrebno je svaki nosač konstrukcije zaštititi bojenjem. Na taj način produžava mu se životni vijek i osigurava stabilnost kolektora na krovu. Ako nosač treba dizati na veću visinu preporučujemo da ga napravite iz dva dijela koje kasnije možete međusobno spojiti na krovu. Pojedinačni kolektor je težak oko 30 kg pa treba o tome voditi računa pri izboru mjesta postavljanja nosača.

2.1.3. PROŠIRENJE SOLARNOG SISTEMA ZA TOPLU VODU

1m² panel-kolektora dovoljan je za dnevne potrebe jedne osobe za toplom vodom. Međutim, ako je cilj korištenje solarne energije za zagrijanje objekata (npr. kuće), a ne samo vode za topla tuširanja, sudopere itd., onda je potrebna površina kolektora veće.

U slučaju korištenja solarnih sistema za kompletno zagrijavanje kuće za jednu četvoročlanu obitelj potrebno je 15-20 m² kolektora i rezervoar kapaciteta 1.000 – 2.500 litara. Izraženo u energiji za vodu i centralno grijanje potrebno je oko 0,6 – 1 m² na svakih 1.000 kWh potrošene (potrebne) energije.

Dva ili više kolektora se mogu spojiti na nekoliko načina s obzirom na to kako namjeravamo koristiti vodu. Najpoznatije veze su: serijska, paralelna i

kombinovana veza.

Svaki od ova tri načina ima svoje prednosti i mane: kod *serijske veze* se može razviti visoka temperatura vode, ali istovremeno može doći do većeg gubitaka iste; kod *paralelne veze* temperatura je prilično konstantna u svim panelima, ali u danima kada su male količine sunčeve svjetlosti, temperatura vode je niska; kod *kombinovane veze* se stvara ravnoteža između dvaju prethodnih zahtjeva, što znači da ima i njihove prednosti, ali i mane.

U praksi ovo znači da bi *paralelna veza* više odgovarala normalnom korištenju tople vode u domaćinstvima (za tuširanja, sudopere, itd.), dok je *serijska veza* povoljnija za centralno grijanje, mada bi zadnji panel trebalo bolje izolirati od prethodnih da bi gubitak toplote bio minimalan.



Slika 2.13. Različiti načini spajanja solarnih kolektorskih panela

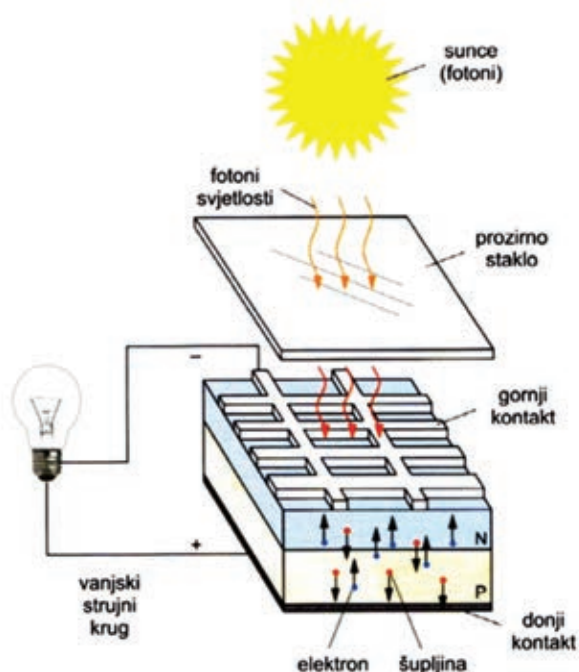
Nabrojimo još nekoliko praktičnih savjeta pri korištenju solarnih kolektora.

1. Vлага unutar panela stvara problem, te je zbog toga važno zaštititi ivice panela što je moguće bolje. Ali, ne treba lijepiti donju ivicu poklopca da bi nakupljena vlaga mogla izaći. Poželjno je izbušiti nekoliko rupa na donjoj ivici panela da bi voda mogla otjecati.
2. Kao izolaciju koristimo mineralnu vunu. Ali možete koristiti i razne druge materijale, prema željama, kako bismo bili obzirniji prema okolišu. Trebate znati da i debljina materijala igra značajnu ulogu. Smanjimo li debljinu na 2,5 cm, može doći do povećanog gubitka toplote u panelu za oko 8%.
3. Ako više volimo da imamo neku vrstu staklenog prekrivača panela umjesto polikarbonatnog, postoji nekoliko dobrih izbora, mada moramo uzet u obzir faktore poput temperaturnih kolebanja, mogućnosti prenosa toplote i otpornosti na grad. Mogli bismo koristiti obično staklo, ali bi možda bolji izbor bio kaljeno staklo sa malim udjelom željeza, debljine 4 mm.
4. Solarni kolektorski panel treba biti dva puta duži od svoje širine, a najmanje dug 1 m, mada će očigledno mjesto na koje planiramo postaviti kolektorski panel zahtijevati različite dimenzije.

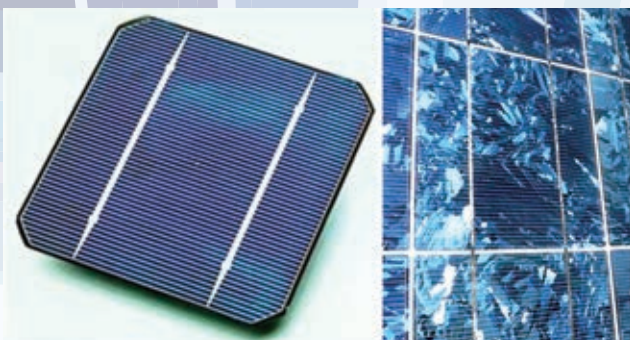
2.2. FOTONAPONSKI SISTEMI

Riječ fotovoltaik (eng. Photovoltaic) izvedena je iz grčke riječi "Photon", što znači svjetlost i imena italijanskog fizičara Alesandra Volte, po kome je mjerna jedinica za napon dobila ime. Za pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju potrebna je solarna (fotonaponska) ćelija koja je osnovna komponenta svakog fotonaponskog panela. U solarnoj ćeliji se sunčeva energija pretvara direktno u istosmjerni napon što je čini ekološki veoma prihvatljivom.

Solarna ćelija funkcionira prema procesu poznatom po nazivu fotoefekat. Fotoni sunčeve svjetlosti, koji padnu na prednju stranu solarne ćelije, predaju svoju energiju elektronima i u različitim slojevima ćelije izazivaju manjak, odnosno višak elektrona. Tako se stvaraju razliku potencijala, odnosno električni napon. P-N dodirna površina (tzv. zabranjena zona) održava nastalu raspodjelu naelektrisanja, a postignuta razlika potencijala se može mjeriti i koristiti na krajevima solarne ćelije,



Slika 2.14. Struktura kristalne solarne ćelije



Slika 2.15. Monokristalne (lijevo) i polikristalna (desno) solarna ćelija

kao istosmjerni napon. Da bi se propustilo što više svjetlosti, gornja strana solarne ćelije je opremljena antirefleksnim slojem i metalnim kontaktima sličnim češlju. Na ćeliji debljine 0,3 – 0,4 mm, veličine 10x10 cm po osvjetljavanju nastaje napon od oko 0,5 Volti (V) na vanjskim metalnim kontaktima. Različitim vezivanjem solarnih ćelija mogu se dobiti različiti naponi i snage.

Odnos proizvedene električne snage i snage kojom sunce zrači na solarnu ćeliju naziva se stepen korisnog dejstva. Ova veličina za standardne ćelije na tržištu iznosi 12-18%, zavisno od tipa izrade.

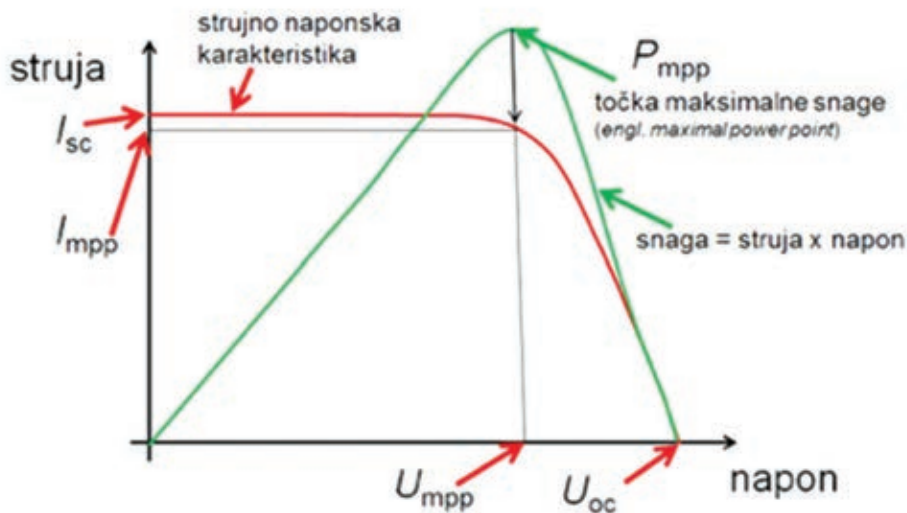
Tri su preovlađujuća tipa solarnih ćelija i to: nešto skuplje monokristalne, jeftinije multikristalne (polikristalne) i ćelije za male snage od amornog (nekristalnog) siicijuma. Zato što su najbolje čistoće, stepen iskorištenja monokristalnih ćelija, za nekoliko procenata je bolji.

Pogledajmo jednostavan proračun. Ako je sunčano zračenje prosječno 1.000 W/m² koje pada na monokristalnu ćeliju veličine 10x10 cm onda se na taj dm² dozrači 10 W. Pri stepenu iskorištenja od 18% ćelija odaje snagu od 1,8 W pa je za solarni generator snage 1,8 kW potrebno 1.000 takvih ćelija.

Napon na krajevima ćelije nije konstantan i zavisi od količine svjetlosti koja pada na ćeliju. Na napon osim toga utiču i promjene temperature okoline i same ćelije. Pri povišenju temperature napon opada, a pri smanjenju napon poraste.

U neopterećenom stanju solarne ćelije podešava se napon praznog hoda U_L , a u Maximum Power Point – MPP stanju dobije se napon ćelije U_{MPP} . Snaga solarne ćelije dobije se množenjem napona U_{MPP} i struje solarne ćelije I_{MPP} i označena je jedinicom Wp (Watt/peak = maksimalna, vršna snaga).

Pošto zračenje sunca nije konstantna veličina, uslijed jakih dnevnih i godišnjih oscilacija, kreiran je STC postupak (STC – standardni uslovi testiranja) koji definira električne parametre za poređenje različitih tipova solarnih ćelija. Takvi SCT uslovi daju konstantne vrijednosti zračenja (E) u odnosu na 1 kW/m², temperature ćelije T=25 °C i Air Mass – Am od 1,5. Proizvođači solarnih modula daju podatke o struji, naponu i snazi u MPP-u, koji se u normalnom slučaju odnose na STC. Pri porastu temperature za 1 °C struja se povećava za oko 0,07%, napona smanjuje za oko 0,4% i smanjuje se snaga za oko 0,45%.



Slika 2.16. Električni parametri solarna ćelija

2.2.1. SOLARNI FOTONAPONSKI PANELI

Solarni fotonaponski modul se sastoji od više serijski povezanih solarnih ćelija i tzv. bajpas (by-pass) dioda, koje štite solarne ćelije od djelimičnog zasjenčenja modula. Ako se kod serijskog spoja jedna ćelija zamrači, ona se ponaša kao električni potrošač. Na taj način nastalo povećanje temperature može dovesti do uništenja solarne ćelije (hot-spot efekat). Ova je zaštita od maksimalne struje napravljena od strane proizvođača solarnih modula, tako da se ćelije dijele u solarne trake od 12 do 24 komada i štite se upotrebom bajpas dioda.

Za standardne module nazivna snaga se kreće u granicama 50 – 250 W. Površine modula su od 0,5 – 2 m². Željene ukupna snaga određuje broj modula i tip solarnih ćelija koje se koriste u modulima. Kristalne solarne ćelije od silicijuma se proizvode u veličinama 10x10 cm, 12,5x12,5 cm ili 15,6x15,6 cm. Najmanje rastojanje između ćelija povezanih u trake iznosi 2 mm u pravcu trake i 3 mm između traka. U zavisnosti od stepena efikasnosti modula potrebno je oko 80 m² da bi se dobila snaga od 10 kWp. Međutim, na ravnom krovu je za istu snagu potrebno oko 240 m², zbog rastojanja koje se mora održati između modula, da bi se spriječilo sjenčenje.

Težina solarnih modula iznosi oko 10 – 15 kg/m², zajedno sa postoljem 15 – 25 kg/m², a uključujući i osnovu za postavljanje modula na ravne krovove, mora se računati sa težinom od 100 – 150 kg/m².

Posmatrajući presjek modula vidimo da se on sastoji od kristalnih ćelija koje su poredane kao laminatne staklene folije. Da bi se moduli štitile od klimatskih i mehaničkih utjecaja prekrivaju se folijama ili tečnim smolama. Često korištena tehnika je oblaganje etilen-vinil-acetatom (EVA). Pri tome se same ćelije, između solarnog stakla sa prednje strane i plastične folije (tedlar folija) na zadnjoj strani, oblažu EVA folijom. Tako konstruiran solarni modul debljine je oko 4 – 5 mm.



Slika 2.17. Izgled tipičnog monokristalnog modula snage 85 W sa vodovima za priključivanje na zadnjoj strani

Karakteristična veličine za fotonaponski modul sa slike 3.4 su:

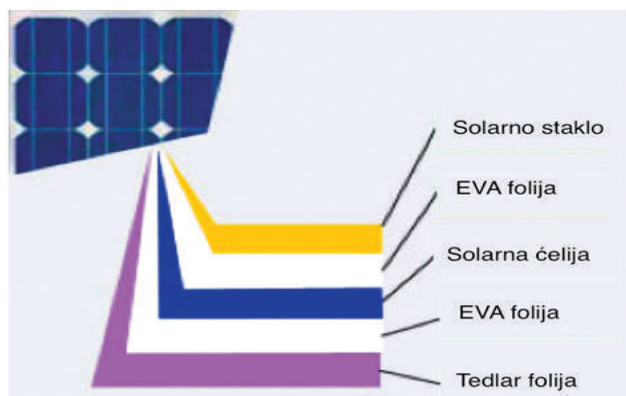
Nazivni napon:	12V
Nazivna snaga:	85W
Napon maksimalne snage U_{MPP} :	18.29V
Napon praznog hoda:	21.96V
Struja maksimalne snage I_{MPP} :	4.62A
Vrijednosti date prema:	STC: 1000W/m², 25°C, AM 1,5
Dimenzije ćelija:	125x125mm
Broj ćelija/broj bajpas dioda:	36/2
Dimenzije i masa:	1197x542x35mm, 8 kg

Debljina frontalne staklene ploče je različita pošto zbog mehaničkog opterećenja zavisi od veličine modula. Koristi se sigurnosno bijelo staklo, koje zbog malog udjela željznog osida dobro propušta svjetlost. Folija na zadnjoj strani je elastična kompozitna plastična folija – tedlar.

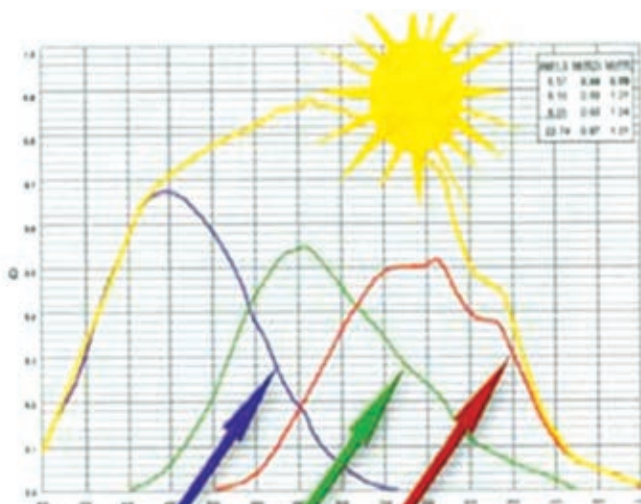
Tedlar je višeslojan i sadrži aluminijski sloj koji zaustavlja prodiranje kiseonika i sprječava prepanu oksidaciju ćelija. Priključni vodovi se izvode kroz otvor na zadnjoj strani na koji se nakon laminiranja postavlja razvodna kutija. Radi mehaničke stabilnosti okvir modula je od aluminijuma ili plemenitog metala.

Na tržištu su dostupni i moduli koji proizvode (zavisno od inteziteta sunčevog zračenja), do 30% više energije od drugih modula. Moduli proizvedeni ovim tehnologijama (crveni-zeleni-plavi sloj), omogućuje

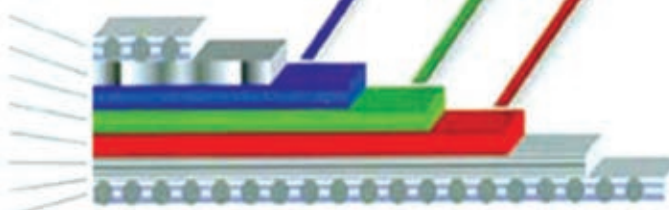
efikasno pretvaranje energije u cijelom sunčevom spektru. Veća temperaturna stabilnost koeficijenta efikasnosti osigurava veći prinos energije pri višim (ljetnim) temperaturama od mono i poli kristalinskih modula. Integrirane bajpas diode na svakoj ćeliji omogućuju superioran rad u uslovima zasjenčenja u odnosu na kristalne module. Konstrukcija ovih modula ne sadrži staklo pa su ovi moduli izvanredno otporni na lomljenje uslijed mehaničkih naprežanja (vandalizam i sl.).



Slika 2.18. Poprečan konstrukcija solarnog modula



Prozirna TEFZEL™ folija
Vidljivi film (- kontakt)
Plava ćelija
Zelena ćelija
Crvena ćelija
INOX podloga (- kontakt)
EVA folija
Polimerska folija



Slika 2.19. Poprečan konstrukcija solarnog modula novijih

2.2.2. ENERGETSKI BILANS FOTONAPONSKIH SISTEMA

Faktori koji utiču na energetski bilans fotonaponskog generatora su površine koje stoje na raspolaganju, odnosno korisne površine, efikasnost solarnih modula koji se koriste i finansijski resursi kojima se raspolaže. Teorijski se može instalirati sistem od nekoliko W do nekoliko MW.

Tržište obnovljivih izvora energije u Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiH) definirao je Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije („Službene novine Federacije BiH“ broj 70/13 i 5/14). Na osnovu zakona donesen je Pravilnik za mikro-postrojenja obnovljivih izvora energije. Ovim Pravilnikom Regulatorna komisija za energiju u FBiH utvrđuje:

1. postupke kod izgradnje mikro-postrojenja obnovljivih izvora energije (OIE),

2. uslove priključenja mikro-postrojenja OIE na distributivnu mrežu i
3. način mjerenja i obračuna proizvedene električne energije u mikro-postrojenjima OIE.

Mikro-postrojenje OIE znači postrojenje za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije, instalisane snage između 2 kW i 23 kW. Mikro-proizvođaču iz OIE (vlasniku postrojenja OIE) se u prvih 12 godina proizvedena električna energija otkupljuje po garantovanoj otkupnoj cijeni, a nakon isteka ovog perioda po referentnoj cijeni koju određuje FERK.

Regulatorna komisija za energiju u FBiH je Pravilnikom propisala metodologiju utvrđivanja garantovanih otkupnih cijena električne energije iz postrojenja kvalifikovanih proizvođača, kao i kriteriji

za promjenu utvrđene garantovane otkupne cijene čime su date smjernice za jednostavan i razumljiv način izračuna garantovanih otkupnih cijena zasnovanih na osnovu poznatih parametara koji su sprovodivi u praksi.

Prema usvojenom tarifi, garantovana cijena električne energije varira s obzirom na veličinu i tip postrojenja, te na vrstu primarnog izvora energije, a kreće se za solarne elektrane od 0,01811 do 0,39320 KM/kWh.

Kod fiksnog fotonaponskog sistema priključenog na distributivnu mrežu tokom cijele godine, najveći energetske godišnji bilans se dobije nagibom modula od oko 30 stepeni usmjerenih prema jugu. Odstupanje u smjerovima jugistok ili jugozapad umanjuje efikasnost za nekoliko procenata.

Godišnji energetske bilans fotonaponskih sistema zavisi od klime, geografskog položaja, snage i orijentacije sistema. Precizan prosječni stvarni energetske bilans nije moguć uslijed klimatskih utjecaja, a čija se vrijednost uzima u odnosu na protekle godine. Statistički podaci pokazuju da se u posljednjih 50 godina ljeto produžilo za 11 dana.

Kod planiranja fotonaponskih sistema teba još voditi računa da moduli dobiju dovoljno pozadinsko hlađenje. Efikasnost solarnih ćelija će biti veća ako su hladnije. Iz tog razloga solarni moduli na kosom krovu treba da budu montirani kao površine sa dobrim pozadinskim hlađenjem. Kod krovova i fasada poželjno je održati razmak za hlađenje od oko 10 cm.

Da bi se produžilo vrijeme u kojem sunčeva svjetlost skoro pod pravim uglom pada na sunčevu ćeliju instaliraju se pomična sistemi za praćenje i navođenje koji omogućavaju godišnji porast energetskog bilansa za 30 – 40%.

Pravac i orijentacija u prostoru	Nagib solarnog modula			
	0 °	30 °	60 °	90 °
jug	93%	100%	91%	68%
jugozapad ili jugoistok	93%	96%	88%	66%
zapad ili istok	93%	90%	78%	55%

Tabela 2.20. Energetske bilans u odnosu na orijentaciju i nagib fotonaponskog sistema



Slika 2.21. Fotonaponski sistem koji prati položaj sunca

2.2.3. PODJELA FOTONAPONSKIH SISTEMA

Snabdijevanje električnom energijom nezavisno od javne distributivne mreže postaje interesantno za objekte koji su udaljeni po strani kao što su vikendice, planinske kuće, kamp kuće, mjerne i radio-stanice, usamljeni objekti na autoputevima, tuneli itd.

Fotonaponski sistemi mogu biti instalirani u distributivnoj mreži ili raditi samostalno, pa u odnosu na to razlikujemo dva režima rada:

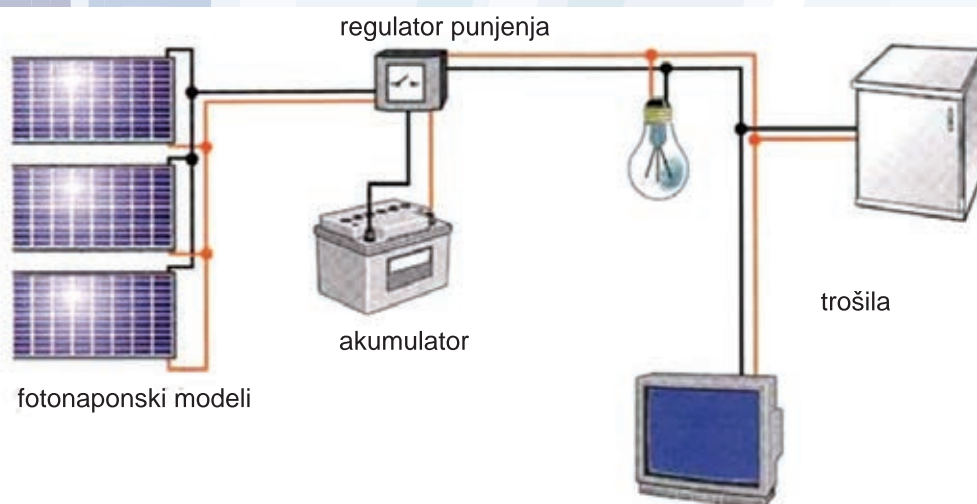
1. rad nezavisan (autonoman) od javne distributivne mreže – off-grid sistemi,
2. rad u javnoj distributivnoj mreži – on-grid sistemi.

OFF-GRID SISTEMI

Za samostalan fotonaponski sistem (off-grid system), pomoću kojeg treba realizirati snabdijevanje samo nekoliko potrošača, potrebno je samo nekoliko solarnih modula, koji se sastavljaju u fotonaponski generator, jedan akumulator većeg kapaciteta i jedan regulator punjenja.

Fotonaponski panel – generator puni akumulator dok sunce sija. Regulator punjenja vodi računa da se akumulator ne prepuni ili ne isprazni do kraja, jer u oba slučaja može doći do uništenja akumulatora. Problem bi moglo predstavljati preopterećenje, rezultat kojeg je neželjeno isključenje struje. To se neće događati ako

je dobiveni energetske prihod poklapa sa energetskim potrebama ili je prihod malo veći, što poskupljuje sistem. Osim navedenog treba voditi računa da su priključeni električni uređaji i trošila podešena na istosmjerne naponske nivoe iz solarnog panela i akumulatora (istosmjerni napon od 12, 24 ili 48 V). Ako želimo koristiti potrošače koji rade na 220 V, potreban je i izmjenični pretvarač (invertor) sa 12 V istosmjernog na 220 V, 50 Hz izmjeničnog napona. Naravno, moguć je i kombinirani rad kod kojeg se istosmjerni potrošači snabdijevaju direktno sa regulatora punjenja, a izmjenični potrošači sa pretvarača – invertora od 220 V.



Slika 2.22. Off-grid fotonaponski

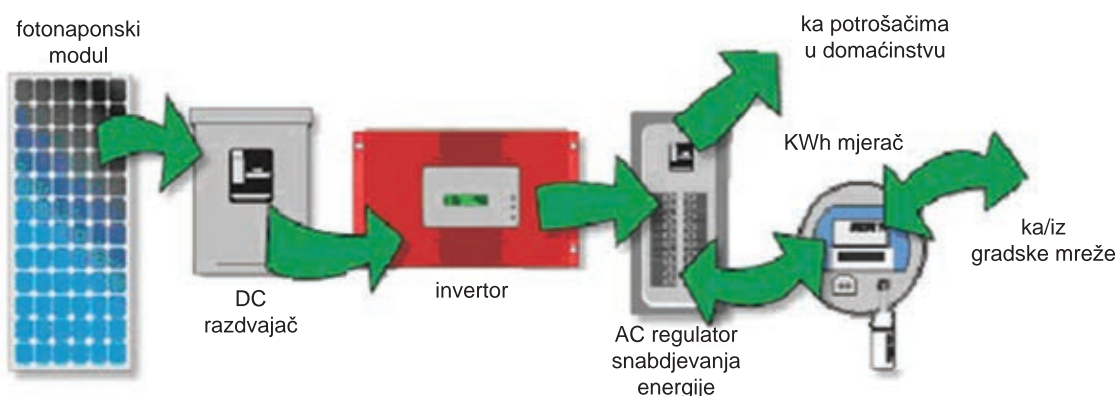
ON-GRID SISTEMI

Fotonaponski sistemi za povezivanje sa mrežom su spojeni na javnu distributivnu mrežu preko izmjeničnog pretvarača (invertora). Podešavanje energetske bilansa sa energetske potrebama operatera elektroenergetskog sistema (pogledaj Zakon o električnoj energiji u FBiH, Službene novine FBiH" br. 66/13) nije potrebno. Veličina postrojenja zavisi samo od korisne površine i finansijskih resursa kojima raspolažemo.

Po pravilu se sva proizvedena električna energija šalje u javnu mrežu, a razlog tome je garantovana otkupnih cijena električne energije iz OiE. Naknada

za fotonaponske elektrane, kako je već rečeno, kreće se u opsegu 0,01811 do 0,39320 KM/kWh, a to je razlog da se nakon nekoliko godina investicija u solarni sistem može refinansirati.

U principu od-grid fotonaponski sistemi ne trebaju ni akumulatore ni regulatore punjenja. Istosmjerni napon se putem izmjeničnih invertora direktno pretvara u izmjenični napon, vrši se mjerenje isporučene energije i ona direktno šalje u mrežu.



Slika 2.23. On-grid fotonaponski

HIBRIDNI SISTEMI

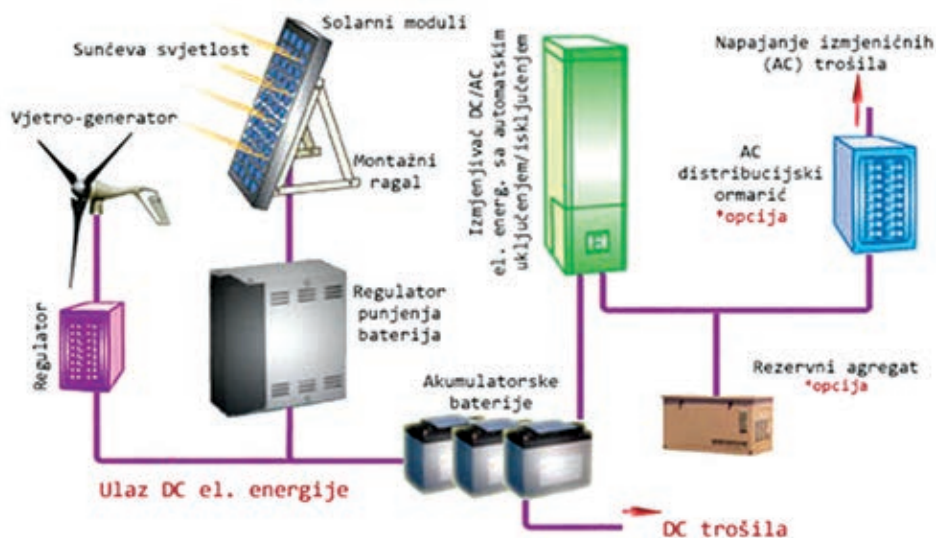
Za korištenje samostalnih sistema tokom cijele godine potrebno je instalirati i dodatni izvor energije, npr. vjetroelektranu (vjetrogenerator) i/ili opcionalno rezervni agregat. Solarni paneli (fotonaponski paneli) u kombinaciji sa vjetro-generatorima mogu

dati dovoljnu sigurnost napajanja električnom energijom na mjestima koja nemaju mogućnost napajanja iz javne mreže.

Na slici 2.24 je prikazana jedna od dobrih lokacija, koja koristi hibridni sistem napajanja. Pored

navedenog mogu se koristiti sistemi sa dodatnim generatorima, pogonjenim motorom sa unutrašnjim sagorijevanjem. Za veće snage na tržištu se nalaze komponente za tzv. modularno povezivanje sistema

izmjenične energije. Svi se izvori energije povezuju na AC strani pa se može izgraditi fleksibilna sistem koji omogućava korištenje svih obnovljivih izvora energije (sunce, vjetar, voda, biomasa).



Slika 2.24. Hibridni fotonaponski sistem

2.2.4. KONSTRUKCIJA FOTONAPONSKIH SISTEMA

Dobivanje i potrošnja energije iz fotonaponskih sistema ne nastupaju istovremeno pa je važna tema skladištenju energije, pouzdanost snabdijevanja kao i pretvorbe talasnih oblika energije. Zato pogledajmo kratki pregled potrebnih uređaja, koji su sastavni dijelovi svakog fotonaponskog sistema.

SOLARNE BATERIJE - AKUMULATORI

Proizvedena energija tokom dana je često potrebna tek u večernjim satima, npr. za osvjetljenje, tako da je potrebno skladištenje (akumuliranje) energije. Isto tako solarna baterija može da premosti duži period lošeg vremena tj. vrijeme tokom kojeg akumulator preuzima kompletno snabdijevanje sistema, bez punjenja. Koriste se u pravilu olovni akumulatori, koji se sastoje iz više ćelija napona po 2 V, smještenih u zajedničko kućište i vezanih u seriju, do napona 12 V ili 24 V. Serijskim spajanjem dva solarna akumulatora udvostručuje se napon (V), a paralelnim spajanjem udvostručuje se kapacitet (A/h – amper/sati). Primjer: za energetske potrebe od 1.200 W/h, uz napon akumulatora od 12 V potreban je kapacitet akumulatora od: $1.200 \text{ W/h} : 12 \text{ V} = 100 \text{ A/h}$.

Olovno-solarni akumulatori sa tečnim elektrolitom su modifikovani akumulatori za automobile, sa pojačanim mrežastim pločicama. Oni se odlikuju dva do tri puta stabilnijim ciklusima i s time povezanom dužinom vijeka trajanja.

Ovi akumulatori daju više energije kod sporog pražnjenja malim strujama.

Krajnji napon punjenja akumulatora definira proizvođač, a on se mora podesiti na regulatoru punjenja. Da bismo povećali životni vijek akumulatora trebalo bi ga dva do tri puta godišnje neznatno prepuniti, ali voditi računa o efektu stvaranja gasa (vodonika) uslijed prepunjavanja.

Olovno-žalatinasti akumulatori sadrži žele koji zamjenjuje kiselinu. Imaju povećan ciklus stabilnosti i nije potrebno nikakvo posebno održavanje. Kućište mu je hermetički zatvoreno pa se može ugraditi u svakom položaju, ali trebaju posebne regulatore punjenja.

Fiksni OpzS akumulatori sa tečnim elektrolitom ili Fiksni OpzV akumulatori sa želeom su namjenjeni za dugi neprekidni rad (10 – 15 godina). Pogodni su za sisteme sa većom potrošnjom struje i imaju do pet puta veći stabilnost ciklusa punjenja, što se odražava i na cijeni.



Slika 2.25. Solarni akumulator

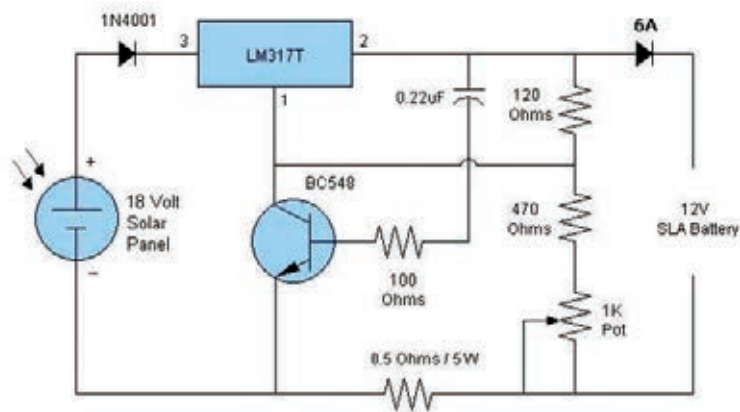
REGULATOR PUNJENJA

Za pouzdano snabdijevanje potrošača i kućanskih aparate energijom iz fotonaponskog sistema potrebno je koristiti regulator punjenja i to na mjestu između fotonaponskog panela na jednoj strani i solarnog akumulatora i potrošača na drugoj. Sistemski napona u fotonaponskim sistemima je 12, 24, 48 ili čak 60 V. Napon sa fotonaponskih panela treba uskladiti sa naponom solarnog akumulatora. Napon punjenja u pravilu treba biti veći od MPP napona da bi se i kod viših temperatura akumulator punio.

Npr. solarni modul sa 36 – 40 ćelija daje nazivni napon od 15 – 18 V. Kod nižih temperatura napon modula raste na preko 20 V i daleko premašuje krajnji napon punjenja akumulatora. Iz tog razloga regulator punjenja mjeri napon akumulatora i štiti ga od preopterećenja ili putem prevremenog isključivanja (serijski regulator punjenja) ili putem kratkog spoja fotonaponskog generatora (paralelni regulator punjenja).

Na elektronskoj šemi vidimo da se fotonaponski panel priključuje direktno na stabilizator napona LM317. Izlazni napon stabilizatora LM317T je u osegu od 0 – 30 V pa se pomoću potenciometra od 1 k Ω može veoma precizno obezbjediti izlazni napon od 12 V. Naravno, ovo je jeftin i prost regulator ali u potpunosti zadovoljava sve potrebe. Prilikom dostizanja dozvoljenog pražnjenja akumulatora regulira se krajnji napon pražnjenja, tako da regulator odvaja potrošače od akumulatora, uglavnom preko releja, da bi se akumulator zaštitio od dubokog pražnjenja.

Moderni regulatori imaju mikroprocesor i logičke regulatore. Oni fleksibilno reaguju na stanja u fotonaponskom sistemu, mogu prepoznati napunjenost akumulatora i da se usklade sa raspoživim kapacitetom, starošću i temperaturom akumulatora. Osim toga opremljeni su i sa displejima za prikazivanje najvažnijih električnih veličina.



Slika 2.26. Elektronska šema regulatora 18V/12V

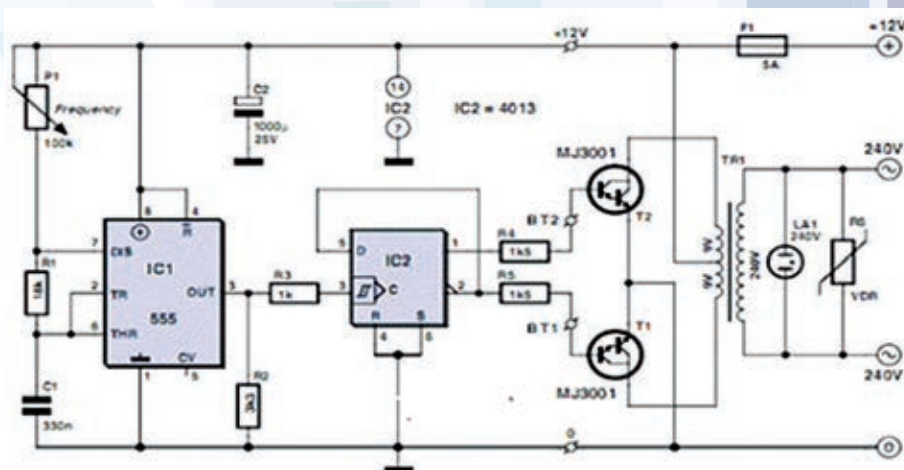
IZMJENIČNI PRETVARAČ - INVERTOR

Da bi se u fotonaponskom sistemu mogli snabdijevati energijom standardni kućanski aparati i/ili ostali audio i video uređaji koriste se izmjenični pretvarači – invertori. Invertor je elektronski uređaj koji istosmjerni napon sa fotonaponskog generatora (ako je spojen direktno na panel) ili solarnog akumulatora od 12 V pretvara u stabilizirani izmjenični napon, sinusnog oblika, od 225 V \pm 5%, 50 Hz \pm 1%.

Izlazna snaga invertora treba da odgovara najmanjoj potrebnoj snazi svih uređaja koje snabdijeva, uz neku sigurnosnu rezervu. Maksimalna snaga treba da je dva do tri puta viša od potrebne radi kratkotrajnog preopterećenja i velikih struje pri uključenju uređaja sa elektromotorom (usisivač, frižider, bušilica).

Na tržište se mogu naći i invertori koji u jednom uređaju sadrže sinusni ismjenični pretvarač i solarni regulator punjenja sa zaštitom od dubokog pražnjenja. Na taj način je znatno pojednostavljena instalacija i kabliranje solarnog sistema. Pogledajmo jednu elektronsku šemu invertora za samogradnju.

Svaki invertor je u osnovi oscilator koji je ovdje podržan sa tajmerom 555 i D-tip flip-flop u CMOS tehnologiji 4013. Izlazna uobličavač su Darlingtonov snažni tranzistori koji napaja primar 2x9 V transformator. Izlazna snaga sklopa je oko 30 VA. Osim navedenog dobar invertor ima malu težinu, veliku efikasnost, LCD displej za sve važnije parametre na izlazu, priključak sa PC tako da računar može memorisati i obrađivati podatke iz sistema.



Slika 2.27. Elektronske šeme invertora snage do 30 VA



Slika 2.28. Spajanje invertora u fotonaponskom sistemu

2.2.5. ON-GRID FOTONAPONSKI SISTEM

Ako želimo fotonaponski sistem povezati na javnu distributivnu mrežu trebamo istosmjerne nivoje struja i napona pretvoriti u izmjenične koji su usaglašeni sa mrežom. To je tzv. on-grid režim rada fotonaponskog sistema i obično nije kombiniran sa bilo kakvim potrošačima povezanim na istosmjernim nivoima, jer to umanjuje efikasnost sistema.

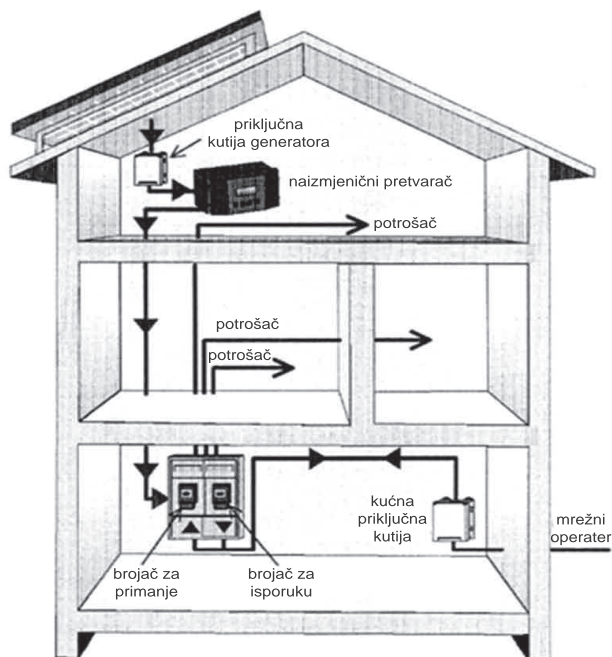
Mjesto postavljanja invertora treba biti što bliže fotonaponskom generatoru, suho, hladno, provjetreno ali bez direktnog sunčevog zračenja. Prave se za snage nekoliko 100 do više 1.000 W. U principu mjesto postavljanja bi trebalo biti u zgradama, manje podložno utjecajima i kraći su vodovi istosmjerne struje.

MREŽNI PRETVARAČI – INVERTORI ZA ON-GRID

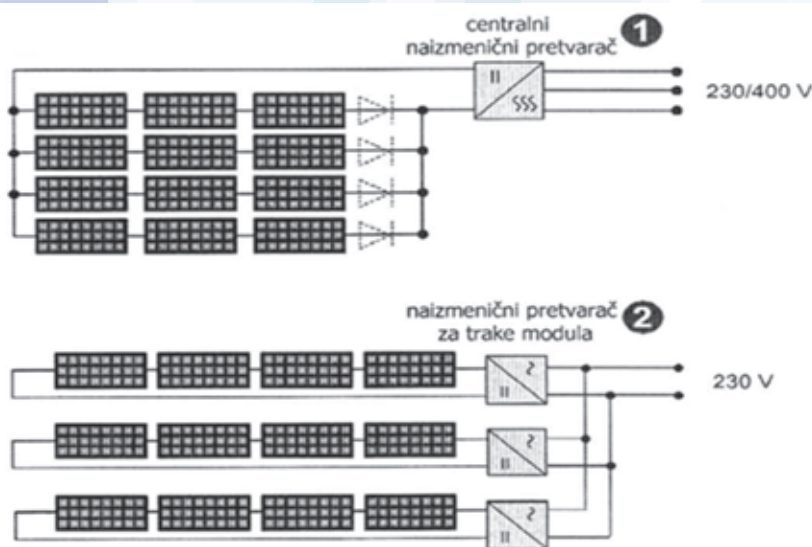
Dobar on-grid inverter treba obezbijediti četiri osnovne funkcije:

1. Pretvaranje istosmjernog napona u mono/ trofazni izmjenični napon 220 V, 50 Hz,
2. MPP regulacija, tj. usaglašavanje radne tačke inverter – fotonaponski generator,
3. Utvrđivanje radnih podataka, signalizacija i vizuelizacija istih, i
4. DC i AC mrežna zaštita i izolacioni nadzor.

Inverter i fotonaponski generator su usklađeni po snazi, naponskim i strujnim nivoima. Invertori mogu raditi nezavisno od javne mreže (samoupravljivi) i u sastavu javne mreže (mrežni invertori). Mrežni inverter mora prepoznati eventualno isključenje mreže, i greške u sistemu, te nakon nekoliko sekundi automatski se isključiti.



Slika 2.29. Preporuka izbora mjesta za postavljanje invertora



Slika 2.30. Spajanje trofaznih i monofaznih invertora

Spajanje invertora na fotonaponski generator može biti:

- centralizirano (jedan snažni inverter)
- sektorsko (za svaki sektor jedan inverter)

Ako se više modula standardno veže u seriju radi postizanja naponskih nivoa, a onda paralelno radi održanja konstantnih struja punjanja, inverter se može vezati na istosmjernim stezaljakama u tzv. centralno spoju, tj. jedan inverter za cjelokupan fotonaponski generator. Ovaj način spajanja podrazumijeva snažne

inverore, koji su obično sa trofaznim izmjeničnim izlazima (do 400 V).

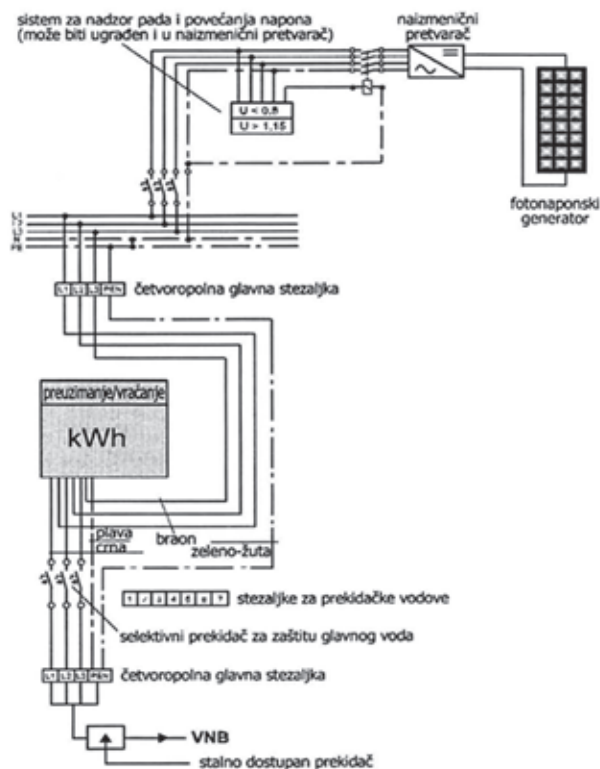
Ako se više fotonaponskih panela veže u sektore sa istim brojem panela u svakom sektoru (2, 3 ili više) onda se za svaki sektor može postaviti inverter. Obično se radi o inverterima manje snage za monofazni izmjenični izlaz, koji su vezani paralelno. Dobija se strujno stabilnije postrojenje, manji troškovi i veća energetska efikasnost.

ZAŠTITINI UREĐAJI U ON-GRID RADU

Operator mreže zahtijeva da fotonaponski sistem treba isključiti ako je npr. zbog remonta isključena mreža. Za to se ugrađuje Automatski Prekidački Sklop - APS ili manuelni prekidački sklop. Funkcija mu je da odvoji fotonaponski sistem od javne mreže.

U postrojenjima snage do 30 kVA mora se ugraditi prekidački sklop sa stalnim pristupom, sa mjerenjem impedanse. Isključenje APS mora biti u roku od 0,2 s ako napon padne ispod 80% i frekvencija ispod 47,5 Hz. APS može biti integriran u inverter i kao monofazni uređaj (do 4,6 kVA) ili trofazni uređaj (do 30 kVA). U oba slučaja prag prepoznavanja struja je do 30 mA (istosmjerne i izmjenične).

Naravno, moraju se poštovati legislativa propisana u Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije kao i Pravilnik za mikro-postrojenja obnovljivih izvora energije (npr. smjernice za priključenje i paralelan rad postrojenja za proizvodnju energije na niskonaponsku mrežu), kao i drugi tehnički uslovi priključenja.



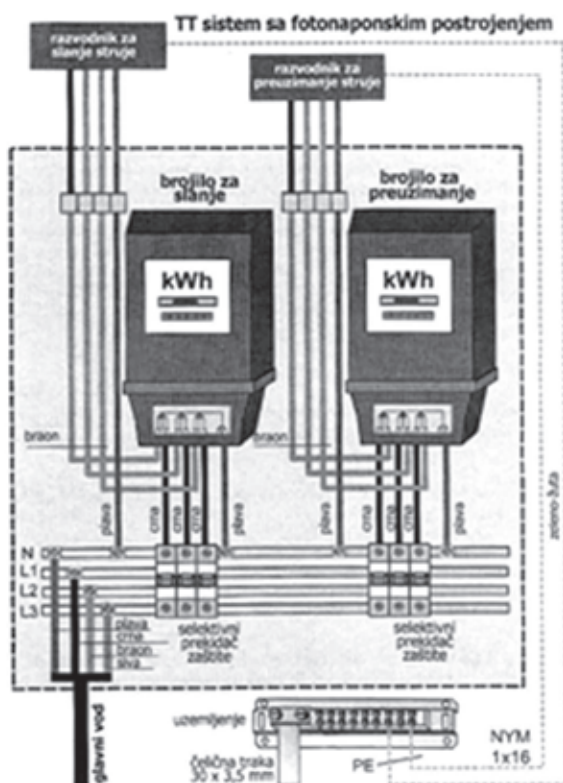
Slika 2.31. Zaštita i priključenje fotonaponskog sistema od preko 30 kVA

MJERNI UREĐAJI U ON-GRID RADU

U ON-GRID sistemima se cjelokupna energija na priključnom mjestu isporučuje u niskonaponsku distributivnu mrežu.

Za mjerenje ove energije koristi se posebno brojilo tzv. brojilo za slanje i obračun solarne energije (monofazno ili trofazno). AC izlaz iz invertora mora biti doveden do ormara sa brojljima i iza ovog brojila spojen na mrežu. Tako su mrežni napon i napon fotonaponskog sistema nezavisni. Ako se radi o fotonaponskim sistemima do 30 kVA mjerenje se odvija preko trofaznog brojila.

Na slici 2.32 je prikazno povezivanje brojila za mjenje slanja/preuzimanja energije u trofaznom TT sistemu. Priključenje brojila za slanje enegije iz fotonaponskog generatora je obavljeno vodovima koji su vezani tako da se brojilo okreće i broji u suprotnom smjeru. To znači da se dolazni vod iz fotonaponskog sistema priključuje na brojilo za slanje energije kao i dovod iz mreže na brojilu za preuzimanje energije.

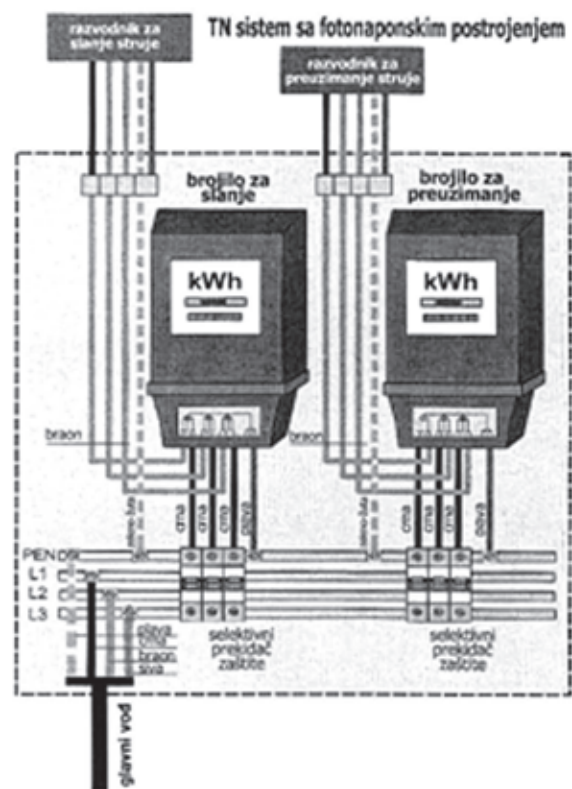


Slika 2.32. TT sistem sa fotonaponskim generatorom

Na slici 2.33 je prikazno povezivanje brojila za mjenje slanja/preuzimanja energije u TN-C-S sistemu. Postavljanje kablova ovdje je isto kao u prethodnom sistemu.

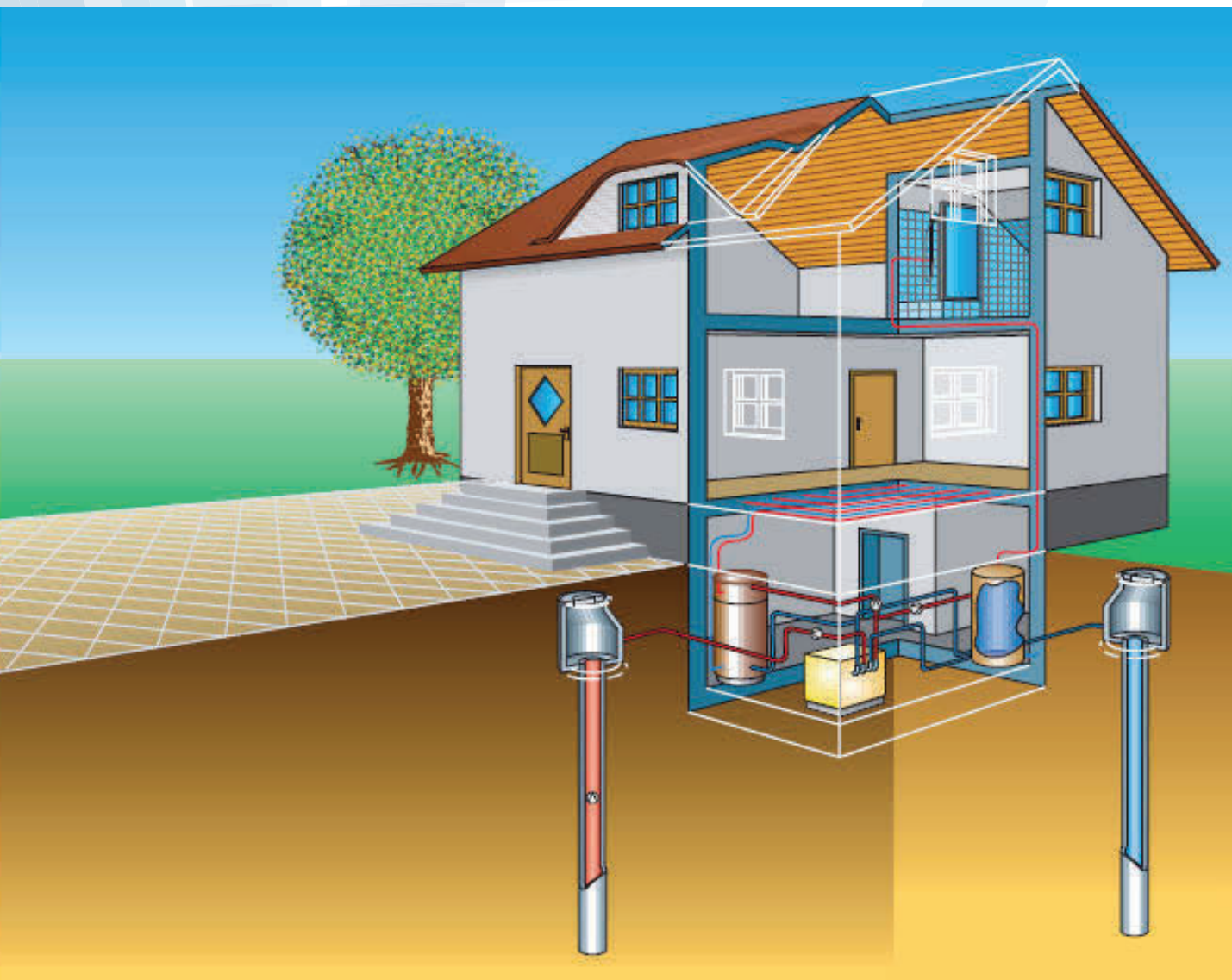
Postavljanje i priključenje brojila rade ovlaštena lica. Potrebna brojila treba da odgovaraju ugovornim obavezama za slanje i preuzimanje energije pa se preporučuje konsultiranje sa mrežnim operaterom u fazi planiranja. U ormaru treba ostaviti mjesto i za uklopni sat/upravljačku jedinicu koja prebacuje tarifu dvotarifnim brojljima (za preuzimanje) ili kad se upravljačkom jedinicom uključuje na mrežu električno grijanje na nižoj tarifi.

Upravljačka jedinica ne smije biti povezana sa brojilom za slanje iz fotonaponskog sistema. Bilo koja druga izmjena opreme u ormaru zahtijeva usaglašavanje sa mrežnim operaterom. Uputstva o tome se uglavnom mogu naći u objašnjenjima tarifnog sistema mrežnog operatera. Ostali postupci za prijavljivanje i povezivanje na mrežu nisu predmetom ovog priručnika.



Slika 2.32. TN sistem sa fotonaponskim generatorom

3. TOPLOTNE PUMPE (DIZALICE TOPLINE)



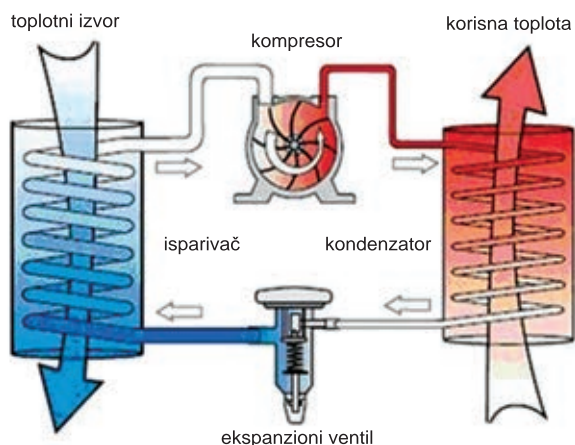
Toplotne pumpe su sistemi koji podižu toplotnu energiju s nižeg na viši energetski nivo. Koriste besplatnu dostupnu toplotu iz okoline za zagrijavanje stambenih ili poslovnih objekata, a njihovo korištenje je ekološki podobno jer izaziva nultu emisiju štetnih plinova.

Za izvor toplote koriste geotermalne izvore, tj. okolišni zrak, podzemne vode ili toplotu tla te električnu energiju koju koristi za rad same toplotne pumpe. Za svaki uloženi 1 kWh električne energije, toplotna pumpa proizvede 3-5 kWh toplotne energije, zavisno o vrsti toplotne pumpe. Toplotna energija koja se dobije upotrebom toplotne pumpe iskorištava se pomoću radijatorskog grijanja, podnoga grijanja ili korištenjem ventilokonvektora. Investicijski troškovi za toplotnu pumpu su nešto viši od sistema grijanja na plin, ali su pogonski troškovi

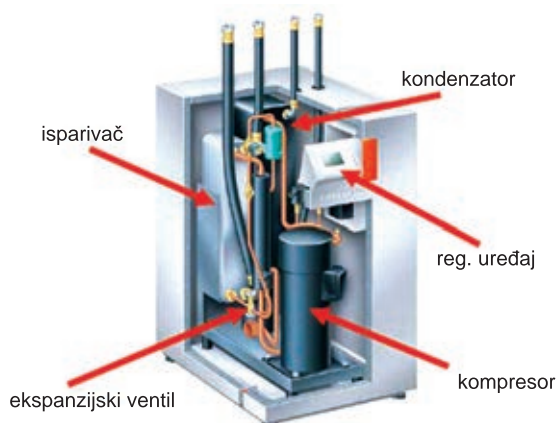
manji. Investicijski troškovi su viši u usporedbi s konvencionalnim sistemima, ali se razlika u cijeni najčešće vrati kroz uštedu nekorištenjem konvencionalnih energenata između 3 do 10 godina. Životni vijek sistema se procjenjuje na 25 godina za komponente izvan zemlje i 50+ godina za podzemne cijevi.

Toplotne pumpe se u posljednje vrijeme smatraju jednim od najučinkovitijih uređaja za dobivanje toplotne energije i bilježe jedan od najbržih porasta u području primjene obnovljivih izvora energije. Očekuje se da će njihovu širu primjenu dodatno potaknuti i direktive EU koje zahtijevaju energetski efikasan sistem grijanja i hlađenja u objektima izgrađenima nakon 2015. godine.

Toplotne pumpe ne zagađuju okoliš i rade vrlo efikasno čak i na niskim vanjskim temperaturama. Toplotnim pumpama se može iskoristiti i do 80% posto energetske potrebe objekta, besplatno iz okoline. Tek 20-25% energije treba dodati u obliku električne energije koja je potrebna za sam rad toplotne pumpe. Toplotne pumpe su posebno pogodne za niskotemperaturno podno grijanje i za radijatore sa niskim površinskim temperaturama.



Slika 3.1. Šematski Princip rada toplotne pumpe



Slika 3.2. Sastavni dijelovi toplotne pumpe

Prednosti toplotnih pumpi

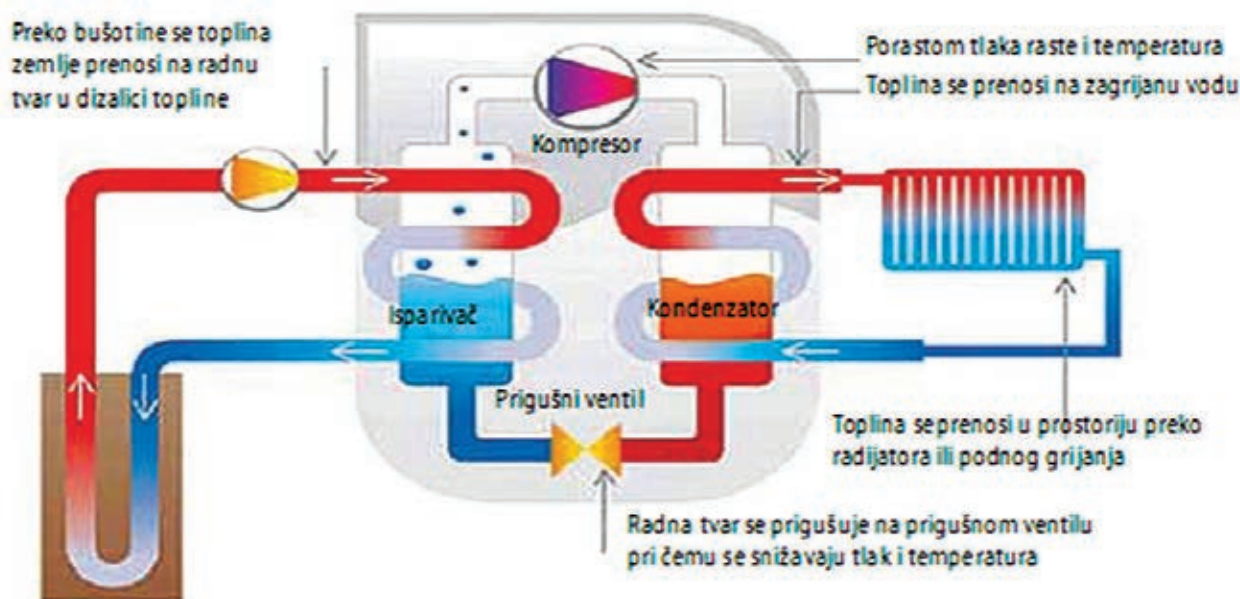
Toplotne pumpe koriste besplatnu dostupnu toplotu iz okoline za zagrijavanje stambenih ili poslovnih objekata. Toplotne pumpe predstavljaju jedan od najekonomičnijih, efikasnih i u isto vreme ekološki prihvatljivih načina pripreme potrošne tople vode i grijanja.

- Iskorištavaju različite prirodne neiscrpe izvore energije (zrak, tlo, podzemne vode).
- Energetski su efikasne, jer 75 - 80% energije potrebne za grijanje prostora dolazi iz okoline, a 20 - 25% treba dodati u obliku električne energije.
- Zimi služe za grijanje, a ljeti za hlađenje prostora.
- Omogućavaju smanjenje troškova grijanja i hlađenja.
- Čiste su i pouzdane.
- Tihe su tokom rada.
- Ne proizvode neugodne mirise.
- Ne zagađuju okoliš. Nema emisije štetnih plinova.
- Grijanje i hlađenje može biti podno, radijatorsko, zidno i plafonsko.
- Ne zahtijevaju puno prostora za ugradnju.
- Ne treba skladište za energent.
- Ne treba dimnjak (u novogradnji).
- Efikasne su čak i na niskim spoljašnjim temperaturama.
- Zahtijevaju minimalno održavanje i angažman. Jednostavno rukovanje, niski troškovi održavanja i dug radni vijek.
- Pored stambenog prostora, mogu se zagrijavati bazeni i staklenici.



Slika 3.3. Scroll kompresor i komprimiranje zraka putem Arhimedovih spirala

3.1. SISTEM RADA TOPLOTNIH PUMPI



Slika 3.4. Sistem rada toplotne pumpe

Toplotna energija Sunca sadržana je svugdje oko nas: u zraku, u podzemnim i površinskim vodama, u tlu. Nažalost, zbog niske temperature njezinih nosilaca, ta energija se ne može neposredno koristiti za grijanje, ali može poslužiti kao toplotni izvor za sisteme toplotnih pumpi.

Treba napomenuti da se termin „toplotna pumpa“ koristi za fizičku pojavu „prepumpavanja toplote“, a pritom se ne misli na uređaj koji to radi. Ovu fizičku pojavu omogućavaju druge dvije prirodne pojave, isparavanje i kondenzacija, odnosno promjena agregatnog stanja iz tečnog u gasovito i obrnuto.

Isparavanje je fizička pojava koja je praćena oduzimanjem toplote okolini. To je razlog što se znojimo kada nam je toplo. Znoj koji isparava odnosi sa sobom višak toplote sa našeg tela (hladi ga) i tako reguliše tjelesnu temperaturu. Kondenzacija je suprotna pojava isparavanju i praćena je odavanjem

(oslobađanjem) toplote. Voda koja je isparila iz neke posude (pretvorila se u vodenu paru), vratiće svu energiju uloženu u isparavanje, kada se bude kondenzovala (ponovo prešla u tečno stanje). Ove dvije pojave neprekidno se dešavaju u uređajima koji rade na principu toplotne pumpe.

Sistem toplotne pumpe sastoji se od četiri glavna elementa:

- dva izmjenjivača (isparivača i kondenzatora),
- kompresora
- i termoekspanzijskog ventila.

U isparivaču se radnoj tvari predaje toplota preuzeta od toplotnog izvora (voda, tlo ili zrak), u kompresoru se radna tvar diže na viši energetski nivo, kako bi zatim u kondenzatoru radna tvar toplotu predala vodi koja cirkulira sistemo grijanja.

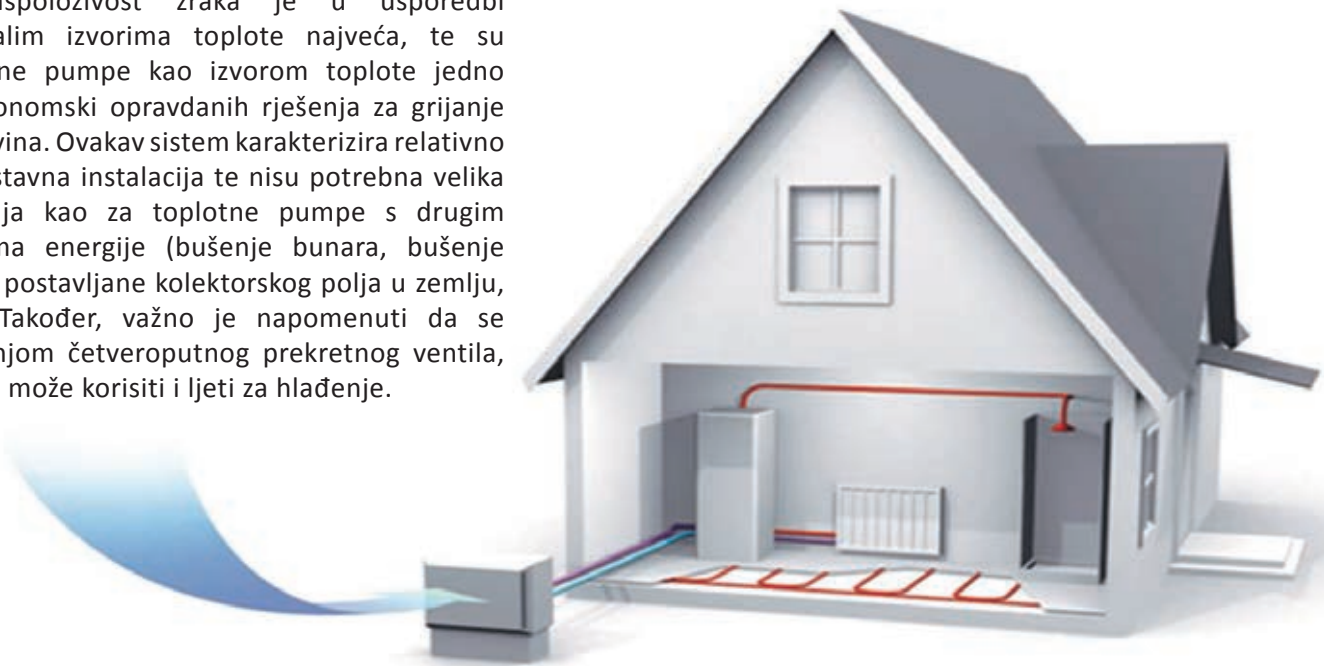
3.2. TOPLOTNI IZVORI ZA TOPLOTNE PUMPE

Za sistem grijanja toplotnom pumpom, od najvećeg su značaja svojstva toplotnog izvora. Toplotni izvor sistema bira se zavisno od lokacije objekta, podneblja, te raspoloživosti odabranog izvora. Pritom je važno voditi računa o tome da

odabrani izvor treba osigurati potrebnu količinu toplote u svako doba i na što višoj temperaturi. Toplotni izvori mogu biti zrak, tlo, Sunčeva energija, voda (jezerska, riječna, morska, podzemna), te otpad.

3.2.1. TOPLOTNA PUMPA SA ZRAKOM KAO IZVOROM TOPLINE

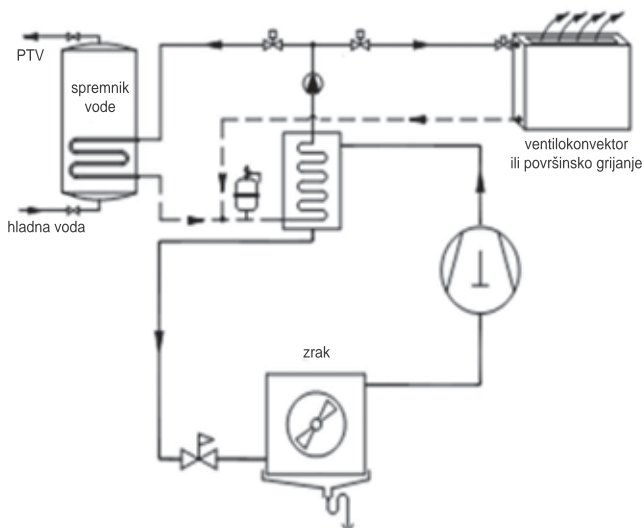
Raspoloživost zraka je u usporedbi s ostalim izvorima toplote najveća, te su toplotne pumpe kao izvorom toplote jedno od ekonomski opravdanih rješenja za grijanje građevina. Ovakav sistem karakterizira relativno jednostavna instalacija te nisu potrebna velika ulaganja kao za toplotne pumpe s drugim izvorima energije (bušenje bunara, bušenje sonde, postavljane kolektorskog polja u zemlju, itd.). Također, važno je napomenuti da se ugradnjom četveroputnog prekretnog ventila, uređaj može koristiti i ljeti za hlađenje.



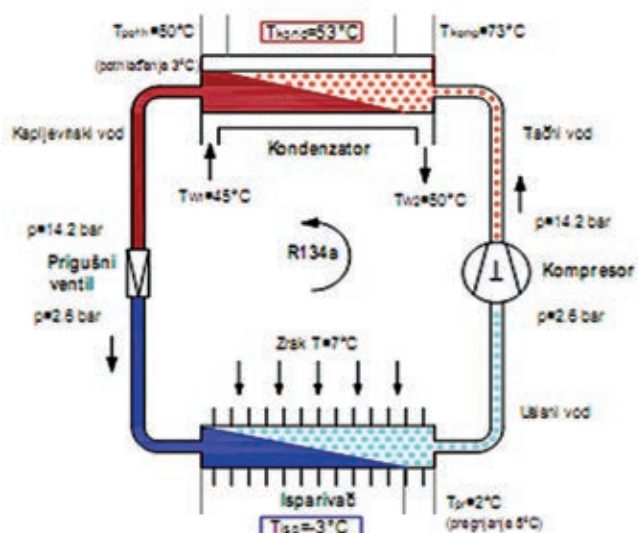
Loša strana zraka kao izvora toplote su česte varijacije temperature, velika buka te velika količina zraka koja je potrebna.

Sistem je pogodan za područja s blagim zimama, gdje vanjska temperatura nije niža od -5°C , jer je kod preniskih temperatura omjer uložene električne energije i dobivene toplotne energije nepovoljan, te je potrebno dodatno

grijanje. Također, zimi je posebnu pažnju potrebno obratiti na stvaranje leda na lamelama i cijevima isparivača, koji može zatvoriti kanale za prolaz zraka u isparivaču. Do stvaranja leda obično dolazi kada se temperature vanjskog zraka kreću od -5 do $+2^{\circ}\text{C}$. Vanjske temperature niže od -5°C nisu toliko kritične, jer je niža količina vlage u zraku, a samim tim i manja količina nastalog leda.



Slika 3.5. Toplotna pumpa sa zrakom kao izvorom toplote



Slika 3.6. Šematski prikaz toplotne pumpe sa zrakom kao izvorom toplote sa parametrima procesa

3.2.2. TOPLOTNA PUMPA SA TLOM KAO IZVOROM TOPLINE

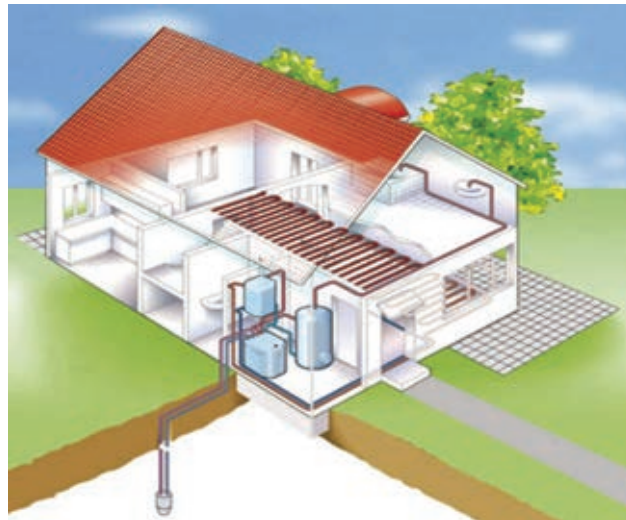
Prednost tla kao izvora toplote je ujednačena temperatura već na manjim dubinama (od 7 do 13°C na dubini od 2 m te od 10 do 13°C na dubini od 100 m), koja omogućuje optimalan rad sistema bez velikih dnevnih ili sezonskih varijacija. Uticaj vanjske temperature na temperaturu tla osjeća se samo na prvih nekoliko metara dubine, dok je

na dubinama većim od 10 m taj uticaj zanemariv. Toplotna pumpa sa tлом kao izvorom toplote postavlja se u tlo horizontalno ili vertikalno i koristi toplotu tla za grijanje i pripremu potrošne tople vode. Koliko se toplote može dobiti iz tla zavisi od njegovog sastava i vlažnosti, te mjesta polaganja izmjenjivača toplote.



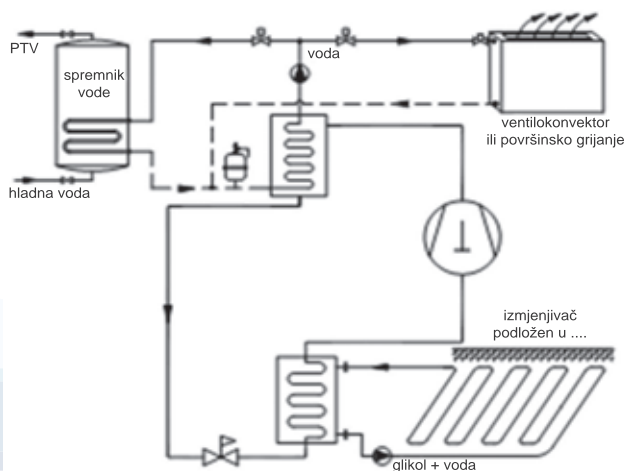
Slika 3.7. Horizontalna izvedba

Kod horizontalne izvedbe izmjenjivač se polaže u tlo u obliku snopa vodoravnih cijevi na dubinu od 1,2 do 1,5 m, a svaki m² grijanog prostora potrebno je u zemlju položiti od 1,5 do 2 m cijevi. Za polaganje izmjenjivača u tlo potrebno je osigurati 2-2,5 puta više slobodne površine od površine objekta koji bi se grijao. To ujedno predstavlja glavni nedostatak ovakvog sistema, te se zbog toga uglavnom primjenjuje u ruralnim područjima. Najveća efikasnost sistema se postiže primjenom u glinenom tlu.

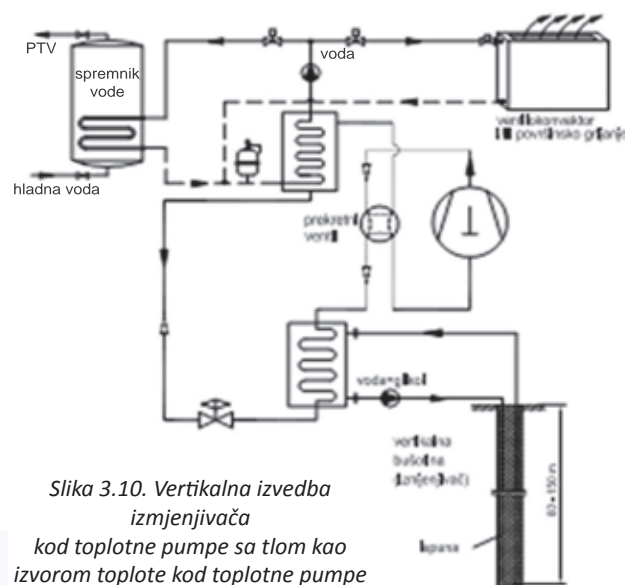


Slika 3.8. Vertikalna izvedba

Kod vertikalne izvedbe izmjenjivač se polaže vertikalno u bušotinu na dubinu od 60 do 150 m, pa predstavlja prihvatljivo rješenje u gušće naseljenim područjima. Obzirom na visok trošak bušenja na navedenu dubinu, te ostale potrebne investicije, ulaganje u ovakav sistem često nije ekonomski isplativo. Prije same izvedbe, potrebno je provjeriti postojeću regulativu po pitanju bušenja tla, geološku kartu lokacije, te angažirati certificiranog izvođača bušotine.



Slika 3.9. Horizontalna izvedba izmjenjivača



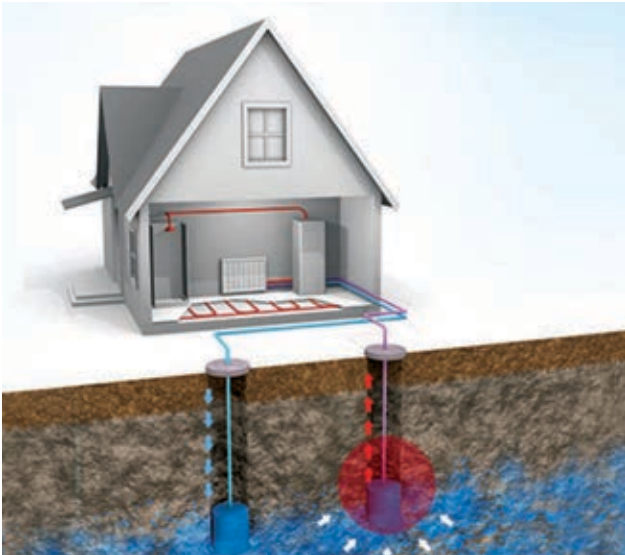
Slika 3.10. Vertikalna izvedba izmjenjivača kod toplotne pumpe sa tлом kao izvorom toplote kod toplotne pumpe sa tлом kao izvorom toplote

3.2.3. TOPLOTNA PUMPA SA PODZEMNIM VODAMA KAO IZVOROM TOPLINE

Podzemna voda je dobar toplotni izvor zahvaljujući relativno ujednačenim temperaturama koje se na dubini od oko 15 m kreću oko vrijednosti godišnjeg prosjeka temperature za razmatranu lokaciju.

Ugradnja ovakvih toplotnih pumpi zahtijeva izradu dviju bušotina: proizvodnu i upojnu. Proizvodna bušotina treba osiguravati dovoljnu

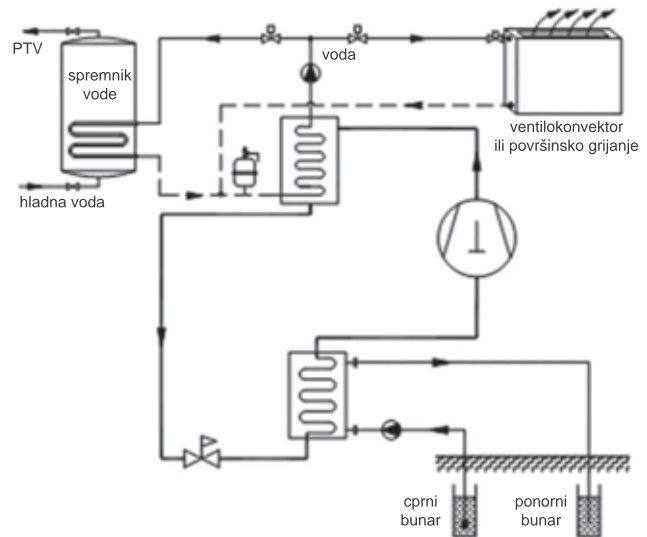
količinu vode (izdašnost) i u nju se ugrađuje pumpa. Preko upojne bušotine se voda, čija je toplota iskorištena, vraća natrag u podzemni vodotok. Važno je voditi računa o udaljenosti i međusobnom i položaju bušotina, kako bi se onemogućilo ponovno usisavanje već iskorištene vode (smještaj nizvodno na udaljenosti od 5 m približno zadovoljava ovaj uslov).



Slika 3.11. Podzemna voda kao izvor topline

Toplotna pumpa sa podzemnom vodom kao izvorom topline se koristi za zagrijavanje i hlađenje kuća, stanova, poslovnih prostora, plastenika, sanitarne vode, itd.

Ova vrsta toplotne pumpe uzima energiju iz vode i prenosi je također u vodu u drugom prostoru. Kada se kao toplotni izvor koristi podzemna voda koja je cijele godine na temperaturi od 14 do 16°C, optimizacijom parametara toplotne pumpe postiže se maksimalni koeficijent korisnog dejstva u toku korištenja cijele godine. Iz izbušenog bunara voda



Slika 3.12. Toplotna pumpa sa podzemnom vodom kao izvorom topline

se prepumpava u izmjenjivač toplote u kome se dio toplote iz podzemne vode prenosi u freon koji tada isparava. Djelimično ohlađena voda vraća se u drugi bunar koji je iste dubine kao i prvi tako da se tokovi podzemnih voda ne remete. Freon, koji je sada u gasovitom stanju, sabija se kompresorom i tada otpušta latentnu prenetu toplotu i predaje je vodi koja cirkuliše kroz kondenzator i sistem radijatorskog i/ili podnog sistema cijevi u zgradi. Za utrošeni 1 kWh električne energije na izlazu se dobija ukupna toplotna energija 3-4 kWh. Energija dobijena na ovaj način naziva se geotermalna energija.

Prednosti ovakvog sistema za grijanje i hlađenje su da se tokom cijelog vijeka eksploatacije toplotne pumpe, preko 70 % energije potrebne za grijanje prostora dobija besplatno iz podzemne vode.

4. ESCO MODEL POSLOVANJA



ESCO je skraćenica od *Energy Service Company* i predstavlja ime tržišnog modela usluga na području energetike. Korisnici ESCO usluge mogu biti privatna i javna poduzeća, ustanove i jedinice lokalne samouprave.

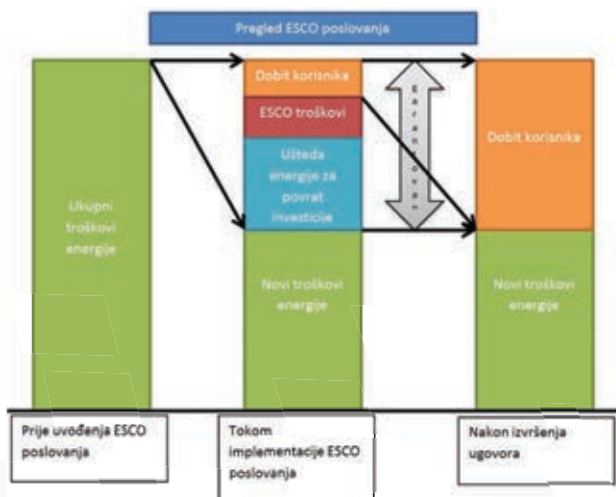
Cilj svakog projekta je smanjenje troška za energiju i održavanje ugradnjom nove efikasnije opreme i optimiziranjem energetske sustava, čime se osigurava otplata investicije kroz ostvarene uštede u razdoblju od nekoliko godina ovisno o klijentu i projektu.

Tokom otplate investicije za energetske efikasnosti, klijent plaća jednaki iznos za troškove energije kao prije provedbe projekta koji se dijeli na stvarni (smanjeni) trošak za energiju te trošak za otplatu investicije. Nakon otplate investicije, ESCO kompanija izlazi iz projekta i sve pogodnosti predaje klijentu. Na taj način klijent je u mogućnosti modernizirati opremu bez rizika ulaganja, budući da rizik ostvarenja ušteda preuzima ESCO kompanija. Uz to, nakon otplate investicije klijent ostvaruje pozitivne novčane tokove u razdoblju dugoročnih korištenjem obezbijeđenih ušteda.

Dodatna prednost ESCO modela predstavlja činjenica da tokom svih faza projekta korisnik usluge surađuje samo s jednom kompanijom po principu sve na jednom mjestu, a ne sa više različitih subjekata, čime se u velikoj mjeri smanjuju troškovi projekata energetske efikasnosti i rizik ulaganja u njih. Također, ESCO projekt obuhvaća sve energetske sisteme na određenoj lokaciji što omogućava optimalan izbor mjera s povoljnim odnosom investicija i ušteda.

ESCO model predstavlja inteligentna energetska rješenja i u svijetu je prepoznatljiv kao naziv za preduzeće koje planira, izvodi i finansira projekte iz područja energetske efikasnosti. Prema direktivi Europskog parlamenta i vijeća 2006/32/EZ o energetskej efikasnosti krajnje primjene i energetskej uslugama, ESCO je fizička ili pravna osoba koja pruža energetske usluge i/ili druge mjere za poboljšanje energetske efikasnosti (nr. smanjenje korištenja fosilnih goriva, ublažavanje emisije CO₂ i drugih stakleničkih plinova) u objektu ili prostorima korisnika, a do određene mjere preuzima i finansijski rizik.

Projekti se finansiraju iz ostvarenih ušteda, najčešće kroz vremensko razdoblje od 4 do 8 godina zavisno od klijenta i projekta, a ostvarene uštede sadržane su u troškovima za energente i održavanje.



Slika 4.1. Prikaz ESCO poslovanja



