

PRIMENA SOLARNE ENERGIJE ZA ZAGREVANJE VODE: NEKA ISKUSTVA IZ SAD

APPLICATION OF SOLAR ENERGY TO WATER HEATING:
SOME EXPERIENCES FROM THE U.S.A.

Danijela Nikolić, dipl. inž. maš.,
e-mail: danijelan@knez.uis.kg.ac.yu, i
prof. dr Milorad Bojić, dipl. inž. maš.,
e-mail: bojic@knez.uis.kg.ac.yu,
Mašinski fakultet Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac

Upotreba solarne energije za grejanje tople vode je najisplativija investicija u ovom momentu. Autori iznose iskustva iz SAD u dimenzionisanju elementata sistema kao i celokupnog sistema za zagrevanje potrošne vode. Kao interesantan primer prikazan je autonomni sistem za grejanje vode koji osim prijemnika solarne energije – kolektora obuhvata i fotonaponski sistem za generisanje elektroenergije. Ta elektroenergija služi za pumpanje tečnosti kroz prijemnik toplote i za upravljanje radom ovog sistema. Naročito naglasak je stavljen na sagledavanje potrebnih investicija i dobitnih efekata.

The solar water heating is one of the most economic investments today. Some experiences from the U.S.A. are presented in the paper: how to dimension the solar water heating system and its components. An autonomous solar water heating system, which has a photovoltaic system for generating the electricity is reviewed in the paper. This electric energy pumps the water through the collector and the whole system, and controls the system operation. The accent is put on the required investments and obtained effects.

Ključne reči: sunčevo zagrevanje vode; sistem za grejanje vode; kolektor; energetska efikasnost

Key words: solar water heating; solar water heating system; collector; energy efficiency

Uvod

Solarni termalni sistemi predstavljaju sisteme koji konvertuju energiju sunčeve svetlosti u toplotnu energiju, koja se može koristiti direktno – kao toplotna, ili se dalje pretvarati u električnu energiju. Danas u SAD više od 300 000 domaćinstava koristi solarnu tehnologiju i to uglavnom za sledeće potrebe:

– za zagrevanje vode u bazenima, u cilju produžavanja sezone kupanja i eliminisanja dodatnih troškova za zagrevanje vode na druge načine;

- za zagrevanje vode u kućnim instalacijama, čime se postojeći konvencionalni grejači vode zamenjuju solarnim grejačima i na taj način se smanjuju ukupni troškovi života;
- za snabdevanje kompletnih domaćinstava električnom energijom, i to korišćenjem fotonaponskih ćelija (PV ćelija) koje konvertuju sunčevu svetlost direktno u električnu energiju.

Solarno grejanje vode

U SAD se godišnje troši više od 13 miliona dolara na energiju potrebnu za zagrevanje vode u domaćinstvima. To je ekvivalentno količini od 11,4 barela nafte po svakom domaćinstvu, što je više od količine goriva koju automobil srednje snage potroši za 12 000 milja pređenog puta. Energija koja se troši na zagrevanje vode iznosi približno 25% ukupne energije koju koristi tipična porodična kuća. Pri tome su najveći potrošači energije upravo električni grejači vode. Cena kompletnog solarnog sistema za grejanje tople vode u domaćinstvu iznosi od 2000 do 4000 \$, što je u početku velika investicija, koja se isplati kroz period od nekoliko godina. Danas više od 1,5 miliona Amerikanaca investira u solarne sisteme za grejanje vode, bez obzira da li se radi o poslovnim prostorima ili porodičnim kućama. Analize su pokazale da je u 94% slučajeva to i te kako mudra i opravdana investicija. Više od 10 000 domaćinstava u SAD kompletno se snabdeva električnom energijom upravo preko solarnih sistema. Firme koje se bave kompletnom izgradnjom kuća danas prave objekte sa solarnim krovovima, i njihova potražnja se poslednjih godina povećava za oko 30% godišnje. Na primer, jedno građevinsko preduzeće iz Masačusetsa napravilo je solarnu kuću sa kompletnim solarnim sistemom za snabdevanje električnom energijom i to po ceni od 35 000 \$ nižoj u poređenju sa istom kućom i klasičnim kućnim instalacijama. Cena ugradnje klasičnog solarnog sistema u kući se kreće od 15 000 do 20 000 \$/kW instalisane snage i niža je ukoliko se izvodi istovremeno sa gradnjom kuće.

Od svih raspoloživih sistema za grejanje vode, primena solarnih sistema obezbeđuje ubedljivo najveću uštedu energije i u poređenju sa klasičnim električnim grejačima, ona iznosi više od 85%. Ušteta trenutno instalisanih solarnih kapaciteta u SAD koji se koriste za zagrevanje vode u bazenima i domaćinstvima odgovara snazi od 9 MW godišnje, koja se može dobiti iz tipične nuklearne elektrane. Samo zamenom postojećih postrojenja (električnih ili bilo kojih drugih) moguće je ostvariti uštedu energije od 40 do 80%. U tabeli 1 je naveden procenat uštede energije u zavisnosti od potrošnje i načina zagrevanja vode u domaćinstvima u SAD.

Dimenzionisanje sistema za grejanje vode

Klijenti, bez obzira da li žele da grade novi objekat za stanovanje, ugrađuju ili jednostavno menjaju postojeći solarni sistem za grejanje vode, uvek žele bolji i energetski efikasniji sistem. Danas, posle brojnih godina istraživanja, postoje tačno definisane preporuke za solarne sisteme, u skladu sa brojem članova domaćinstva i njihovim potrebama za toplom vodom.

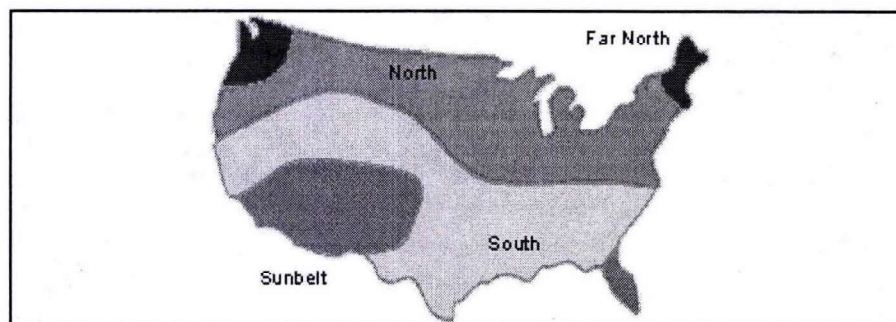
Postoji više stvari koje treba znati prilikom izbora solarnog sistema:

1. Izbior solarnog sistema zavisi od izbora veličine rezervoara za vodu koji treba da zadovolji porodične potrebe. Idealan je rezervoar veličine 57–68 litara vode po članu domaćinstva.

2. Potrebno je definisati odgovarajuće mesto za postavljanje kolektora, koji sakuplja svetlost sa velike površine. Ako situacija dozvoljava, idealno je da to mesto bude na južnoj strani krova, koja nije zaklonjena drvećem ili drugim zgradama najvećim delom dana, i to sa uglom od 30⁰ istočno i zapadno. Ukoliko je ugao neznatno veći, potreban je i veći kolektor. Ako u okviru sistema postoji mehanizam za podešavanje položaja kolektora, onda je praktično svaka orijentacija kuće pogodna. U SAD postoje četiri takozvane sunčane zone – Sunbelt, South, North i Far North. Njihov raspored je prikazan na slici 1.

Tabela 1

Način zagrevanja vode	Cena sistema u \$	Potrošnja 40 gal/dan u \$	Potrošnja 70 gal/dan u \$	Ušteda
Električni grejač	150–350	–	–	–
Razmenjivač toplote	600–1000	32–95	57–166	20–50 %
Toplotna pumpa	900–1000	65–95	113–166	40–50%
Prirodni gas	350–450	97–125	168–217	59–65%
Solarni sistemi	1500–2500	81–162	142–282	50–85%



Slika 1. Raspored sunčanih zona u SAD

3. Jedna od američkih kompanija koje se bave proizvodnjom solarnih sistema za grejenje vode, Solar Developments, preporučuje veličinu rezervoara od 190, 300 ili 450 litara, koji su pogodni za korišćenje u oblastima South i Sunbelt i koji sa druge strane obezbeđuju energetski efikasan sistem. Ukoliko je objekat lociran u nekoj drugoj regiji – severnije – neophodno je povećati površinu kolektora, za šta takođe postoje katalogske preporuke. U tabeli 2 su navedene veličine rezervoara i neophodna površina kolektora za ove sunčane zone.

Tabela 2

Regioni SAD	Površina kolektora od 0,1 m ² zahteva rezervoar (litara)	Veličina kolektora (st ²) za rezervoar od 150–190 litara	Veličina kolektora (st ²) za rezervoar od 190–300 litara	Veličina kolektora (st ²) za rezervoar od 300–450 litara
Sunbelt	7,56	2–2,5	2,5–4	4–6
South	5,68	2,5–3,2	3,2–5	5–8
North	3,78	4–5	5–8	8–12
Far North	2,84	5–6,5	6,5–10	10–16

Konstrukcija sistema za grejanje vode

Postoje tri tipa solarnih sistema koji se koriste za grejanje vode: pumpni sistemi, sistemi sa integralnim skladišnim kolektorom i termosifonski sistemi.

Kod pumpnih sistema čista voda iz rezervoara struji kroz jedan ili više kolektora i vraća se nazad u rezervoar. Strujanje se ostvaruje cirkulacionom pumpom koja je spojena sa fotonaponskim modulima, koji solarnu energiju pretvaraju u električnu. Rad pumpe takođe može biti regulisan i elektronskim kontrolerima. U tekstu koji sledi detaljno je opisan pumpni solarni sistem, sa posebnim osvrtom na karakteristike koje se razlikuju od karakteristika druga dva sistema.

Osnovu svakog solarnog sistema za grejanje vode u domaćinstvu čini kolektor. Solarni kolektori apsorbuju zračeću energiju sunca i pretvaraju je u toplotnu energiju.

Dominantni tip kolektora koji se koristi za grejanje vode u domaćinstvima pumpnim sistemima je kolektor u obliku ravne ploče. On se sastoji od pravougaone površine (apsorbera), sa nizom cevi postavljenih duž njega kroz koje struji tečnost iz rezervoara. Apsorber je obično napravljen od dobro provodljivog materijala, kao što su bakar ili aluminijum, i obojen crnom bojom da bi apsorbovao što više sunčeve svetlosti. Izlaganjem ploče kolektora suncu, on se greje i toplota se prenosi na tečnost u cevima. Drugi tip kolektora je integralni skladišni kolektor, koji se koristi u drugom tipu sistema, i koji istovremeno sakuplja i skladišti energiju u istoj jedinici. Slični su standardnim kolektorima u obliku ravne ploče.

Zadnja i bočne strane apsorbera su izolovane, tako da su toplotni gubici svedeni na minimum. Štaviše, obloženi su providnim staklom ili plastikom koja dopušta sunčevoj svetlosti da napusti sam apsorber smanjujući pri tome količinu toplote koja se gubi.

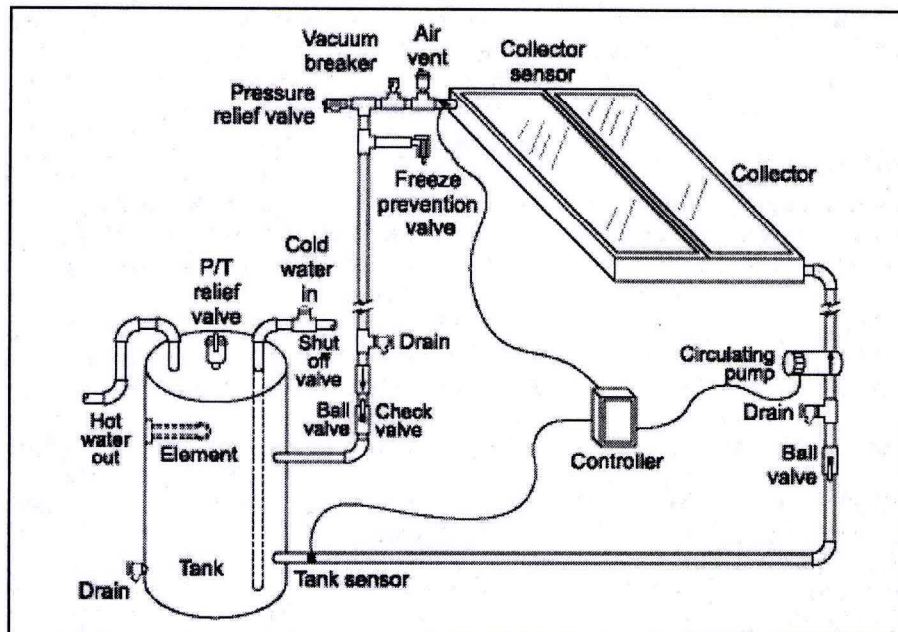
U većini sistema kolektor je postavljen na krov kuće, orijentisan prema jugu ili 45° istočno ili zapadno i sa nagibom između 20 i 40° prema horizontali. Solarni sistemi takođe mogu biti na ovaj način postavljeni i na zemlji. Kada je kolektor postavljen na kosom krovu, on bi trebalo da bude paralelan sa krovom, iz konstrukcionih i estetskih razloga. Ako nagib krova ne odgovara optimalnim veličinama postavljanja kolektora, njegov položaj se mora korigovati u cilju postizanja maksimalnog iskorišćenja i veće uštede enegije.

Druga glavna komponenta solarnih sistema za grejanje vode je rezervoar. U pumpnim sistemima, hladna voda se pumpom crpi sa dna rezervoara, cirkuliše kroz bakarne cevi kolektora postavljenog na krov, zagreva se u kolektoru, a zatim se vraća u gornji deo rezervoara, kao što se vidi na slici 2. Na slici su prikazani i ostali funkcionalni elementi solarnog pumpnog sistema za grejanje vode.

Pumpa je obično sa manjim brojem obrtaja, napravljena od bronzе, mesinga ili nerđajućeg čelika. Kontroler kojim se reguliše uključenje pumpe, dužina njenog rada, i u nekim slučajevima i brzina, obično je elektronski i to diferencijalnog tipa. Senzori postavljeni na izlazu iz kolektora i na dnu rezervoara aktiviraju pumpu u momentu kada je temperatura vode u rezervoaru za 15–20° niža od temperature u kolektoru. Potom voda cirkuliše kroz kolektor grejući se i vraća se u rezervoar. Proces traje sve dok se u rezervoaru ne dostigne temperatura vode približno jednaka temperaturi u kolektoru (dozvoljena razlika iznosi 3–5°C) i u tom trenutku kontroleri isključuju pumpu.

Rad sistema može biti kontrolisan i tzv. tajmerima. U ovakvim sistemima oni funkcionišu u tačno određenim periodima za vreme dana kada je moguće zagrejati vodu energijom sunčevog zračenja.

Termosifonskim sistemima pumpa i kontroler nisu potrebni. Tu je rezervoar postavljen iznad kolektora, tako da se zagrejana voda diže prirodnim padom i vraća na vrh rezervoara. I sistemi sa integralnim skladišnim kolektorima ne zahtevaju pumpu i kontrolu toka jer zagrejana voda iz kolektora struji do rezervoara tople vode.



Slika 2. Solarni pumpni sistem za grejanje vode

Rezervoar za vodu treba da bude dovoljno veliki da obezbedi dovoljnu dnevnu količinu vode potrebnu osobama koje žive u domaćinstvu, a to je 75 litara dnevno za odraslu osobu i 57 litara dnevno za svako dete. Standardne veličine rezervoara su 150, 197, 310, 380 i 450 litara. Rezervoari za solarne sisteme su konstruisani sa većom izolacijom i bolje povezanim cevima od tradicionalnih rezervoara. Primera radi, na Floridi, koja je izuzetno sunčana, četvoročlanom domaćinstvu koje troši prosečno 80 galona tople vode dnevno, potreban je rezervoar od 310 litara i istovremeno kolektor površine 3,2 do 5,4 m². Generalno, analize su pokazale da solarni sistemi zadovoljavaju 75 – 90% potreba domaćinstva za toplom vodom, ako se uzme u obzir oblačno vreme i periodi neumerene potrošnje tople vode.

Takođe, postoje i preporuke za kontrolere, odgovarajuće ventile, zaštitne komponente, zatvarače, uređaje za drenažu sistema i elemente za spajanje sa postojećim rezervoarom tople vode.

U cilju smanjenja gubitaka energije iz rezervoara za vreme oblačnih delova dana, dovodne i povratne cevi kolektora se spajaju na dnu rezervoara, tako da za vreme normalnog rada, toplija voda po inerciji sama odlazi na vrh rezervoara. U toku peri-

oda kada nema sunčevog zračenja ili većih potreba za toplom vodom, vodu u rezervoaru zagreva dodatni električni grejač. Kontrolni ventil (check valve) sprečava gubitke energije kada je pumpa isključena.

Ovakvi solarni sistemi u domaćinstvima uštede do 85% energije, što iznosi 200–300 \$ godišnje za četvoročlanu porodicu koja ima prosečnu potrošnju tople vode. Takođe je moguće ostvariti i veću uštedu ekonomičnim upravljanjem rada ovih postrojenja, posebno u letnjim periodima kada se zahteva manja potrošnja tople vode.

Pumpa za transport tečnosti troši veoma malu količinu električne energije ukoliko ne postoje fotonaponski moduli koji solarnu energiju pretvaraju u električnu. Taj utrošak je reda veličine 5–10 \$ godišnje.

Uticaj primene solarnih sistema na životnu sredinu

Za vreme procesa konvertovanja sunčeve svetlosti u električnu energiju, PV ćelije koncentrisane u kolektorima ne koriste nikakvo gorivo izuzev same sunčeve svetlosti, ne zagađuju atmosferu niti vodu i ne zahtevaju hlađenje vodom. Takođe, korišćenje solarnih sistema ne predstavlja nikakav rizik od radioaktivnosti, tako da se može reći da su solarni sistemi za grejanje vode potpuno bezbedni po okolinu.

Zaključak

Solarni sistemi za grejanje vode predstavljaju sisteme koji obezbeđuju veoma veliku uštedu energije i kao takvi su veoma perspektivni, pa se može reći da u budućnosti mnogo obećavaju. PV moduli, primenjeni u kolektorima, koji su danas u upotrebi pouzdani su i imaju relativno zadovoljavajuću cenu u oblastima svoje primene. Njihova primena je naročito opravdana u udaljenim područjima, gde nema električne mreže. Sama cena solarnih sistema je sa njihovim usavršavanjem poslednjih godina dosta opala, a istraživači i dalje nastavljaju razvoj novih, boljih i ekonomičnijih sistema, koji bi bili prihvatljivi i za veoma široku upotrebu. Korišćenje ovakvih sistema u budućnosti nikada neće biti ograničeno jer Sunce predstavlja nepreusni izvor energije.

Literatura

- [1] **Weinberg, Carl J., Robert H. Williams**, *Energy from the Sun*, Scientific American, New York, 1990.
- [2] **Charters, William W. S.**, *Solar Energy: Current Status and Future Prospects*, Energy Policy, New York, 1991.
- [3] **Nikolić, Danijela, Milorad Bojić**, *Dobijanje električne energije iz solarne energije: praktična iskustva iz SAD* (u štampi), 11. kongres termičara, Zlatibor, 2003.
- [4] ***: *Consumer Guide to Solar Water Heating*, Solar Developments co.
- [5] **Block, David, John Harrison**, *Solar Water Heating*, Solar Developments co.
- [6] ***: *Solar Energy Fact Sheets*, Solar Developments co.