



SOLARNI SISTEMI ZA TOPLU VODU

Planiranje, konstruisanje, instaliranje i održavanje

 HEINRICH
BÖLL
STIFTUNG
BOSNA I
HERCEGOVINA


centar za ekologiju i energiju

SOLARNI SISTEMI ZA TOPLU VODU

Planiranje, konstruisanje, instaliranje i održavanje

Tuzla, april 2016.

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, dipl.ing.elektro. JUMS Elektrotehnička škola Tuzla

mr.sc. Džemila Agić, dipl.ing.tehn. Centar za ekologiju i energiju Tuzla

Amira Kunto, koordinatorica projekta, Centar za ekologiju i energiju Tuzla

Štampa: OFF - SET, Tuzla

Tiraž: 450 primjeraka



Publikacija je realizirana u kooperaciji sa Fondacijom Heinrich Böll



Stavovi izraženi u ovoj publikaciji ne predstavljaju nužno i stavove Fonadacije Heinrich Böll

SADRŽAJ

1.	ZAŠTO SOLARNA ENERGIJA	4
1.1.	Sunce	4
1.2.	Zračenje na horizontalnu površinu	5
1.3.	Zračenje na kosu površinu	6
1.4.	Orijentacija površine (skretanje od juga)	7
2.	SOLARNI KOLEKTORI	8
2.1.	Vrste kolektora	8
2.1.1.	Kolektor sa ravnim elementima	8
2.1.2.	Ugradni kolektor	9
2.1.3.	Kolektor sa vakuum cijevima	10
2.1.4.	Kolektor za niske temperature	10
2.2.	Materijali za kolektor	11
2.2.1.	Transparentni pokrov.....	11
2.2.2.	Apsorber.....	11
2.2.3.	Toplotna izolacija i okvir kolektora	13
2.2.4.	Testiranje efikasnosti kolektora	13
2.2.5.	Proračun bruto dobitka toplote	14
3.	PRINCIP RADA KOLEKTORSKIH SISTEMA	15
3.1.	Standardni sistem	15
3.2.	Termosifonski efekat	16
3.3.	Dijagram raspodjele energije	17
4.	SOLARNO GRIJANJE VODE	19
4.1.	Grijanje vode sa podrškom grijanju	20
4.1.1.	Kombinirani spremnik za grijanje i toplu vodu	20
4.1.2.	Sistem sa spremnikom za vodu i spremnikom za grijanje	20
4.1.3.	Topla voda za zagrijavanje bazena	21
5.	SOLARNI SISTEM ZA PORODIČNU KUĆU	23
5.1.	Osnovna šema sistema za porodičnu kuću	23
5.2.	Varijante i dopune osnovne šeme	24
5.3.	Dimenzioniranje kolektora	25
5.4.	Prijedlog standardnog sistema	26
5.5.	Proširenje solarnog sistema za toplu vodu	27

1. ZAŠTO SOLARNA ENERGIJA

Solarna energija je izvor života. Bez sunčevih zraka na Zemlji ne bi bilo živih bića!

Znači, zahvaljujući Suncu i njegovom zračenju imamo:

- ✓ drveće u šumama,
- ✓ nalazišta ugalja, nafte i plina, koja su nastajala tokom miliona godina,
- ✓ vodenu energiju jezera i rijeka, koje neprekidno primaju vodu iz oblaka, a koju zahvaljujući ljudskoj inteligenciji sekundarno koristimo za stvaranje toplote i elektriciteta,
- ✓ direktno iskorištenu sunčevu energiju putem solarnih kolektora.

Energija koja nam dolazi sa Sunca:

- ✓ ne zagađuje okolinu i ne nastaje otpad,
- ✓ ukoliko je atmosfera neoštećena, ne uzrokuje nesreće i nema zračenja,
- ✓ raspoloživa je u neograničenim količinama.

Očigledno postoji dovoljno razloga, da bismo se pozabavili solarnom energijom!

Korištenje solarne energije je izazov, jer:

- ✓ korištenjem solarnih sistema možemo održati postojeća ili stvoriti nova radna mjesta,
- ✓ sa solarnim sistemima moguće je ostvariti dobit,
- ✓ solarni sistemi su za veliki broj stručnjaka nova tehnologija,
- ✓ za solarne sisteme postoji veliki interes,
- ✓ solarni sistemi su energetski isplativi,
- ✓ **solarna energija nam omogućava da štedimo neobnovljive izvore energije.**

Korištenje solarne energije znači odgovornost i brigu za okoliš te održavanje i poboljšavanje kvaliteta života.

Priručnik o solarnim sistemima za toplu vodu je pripremljen na osnovu znanja, iskustva i materijala koji su nastali kao rezultat implementacije konkretnih projekata Centar za ekologiju i energiju iz Tuzle i namjenjen je svima koji žele ovladati osnovnim i specijalističkim znanjima iz ove oblasti. Oblast transformacije sunčeve energije u električnu nije ovdje razmatrana. Više o ovoj temi na www.ekologija.ba. Nadamo se da će vam priručnik pružiti odgovore na najhitnija pitanja o ovoj temi. Želimo vam puno zadovoljstva i uspjeha u vašoj budućoj realizaciji kolektorskih solarnih sistema.

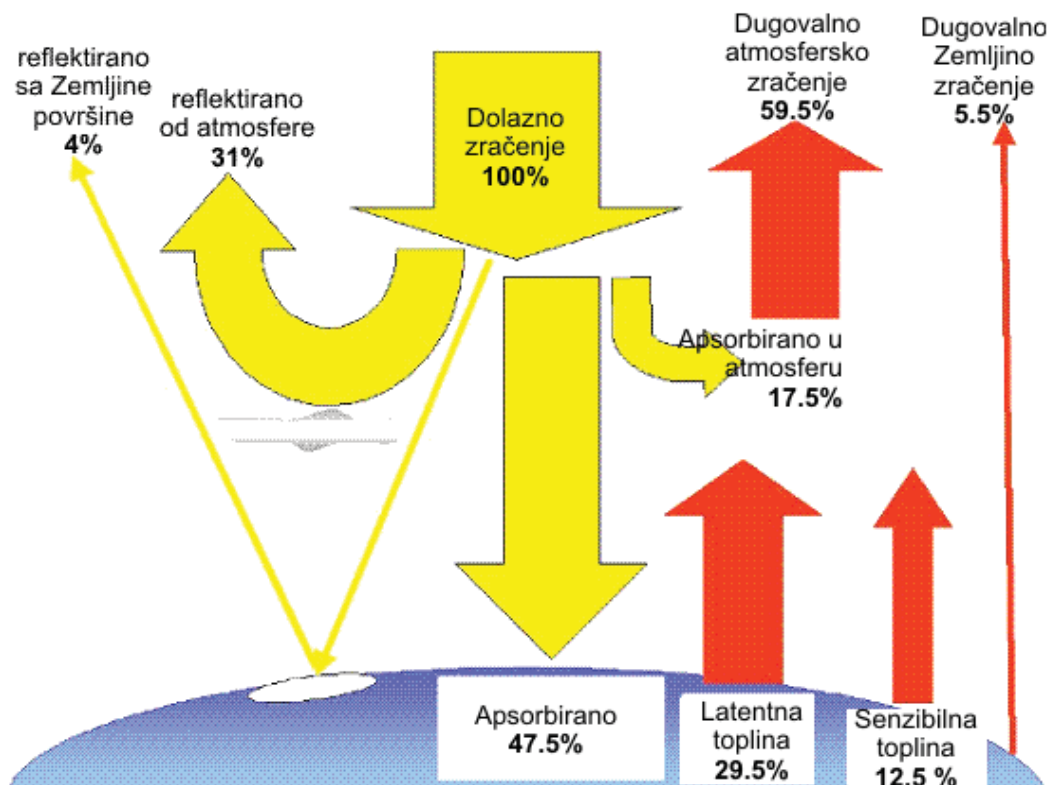
1.1. Sunce

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 popratnih pojava: refleksije, apsorpcije i rasipanja.

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/m^2 .

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. 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.

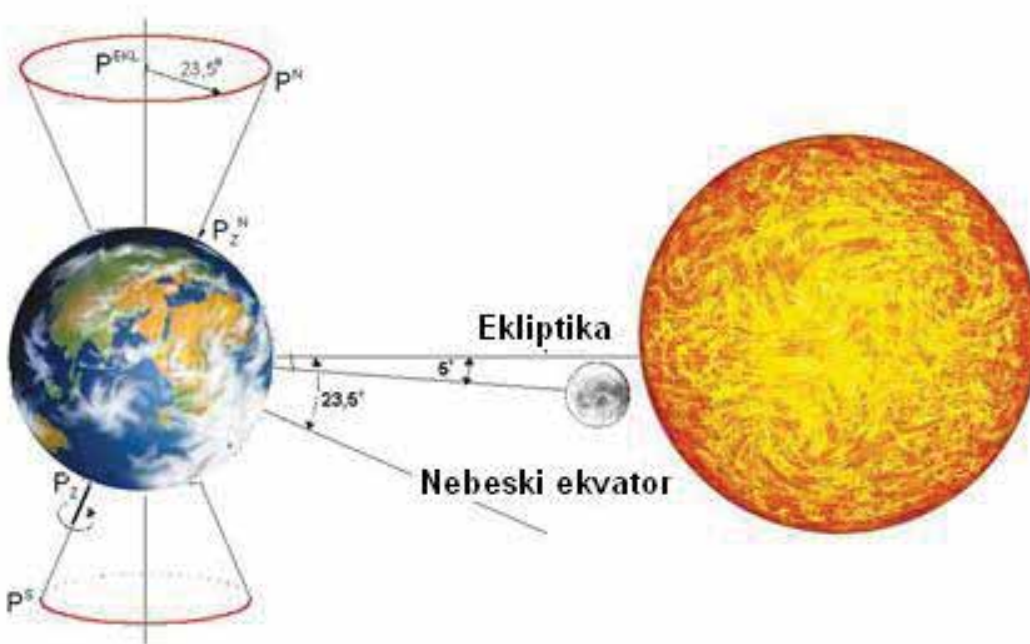


Slika 1.1. Bilans sunčevog zračenja na Zemlju

1.2. Zračenje na horizontalnu površinu

Zemlja se okreće oko jednog nivoa (tzv. ekliptika) oko sunca. Ovo kretanje traje 365 dana i 6 sati, pri čemu šest sati svake 4 godine biva kompenzirano prijestupnim danom.

Pošto osovina oko koje se rotira Zemlja sklapa sa ravni u kojoj se kreće oko sunca ugao od $23,5^\circ$, nastaju 4 godišnja doba.



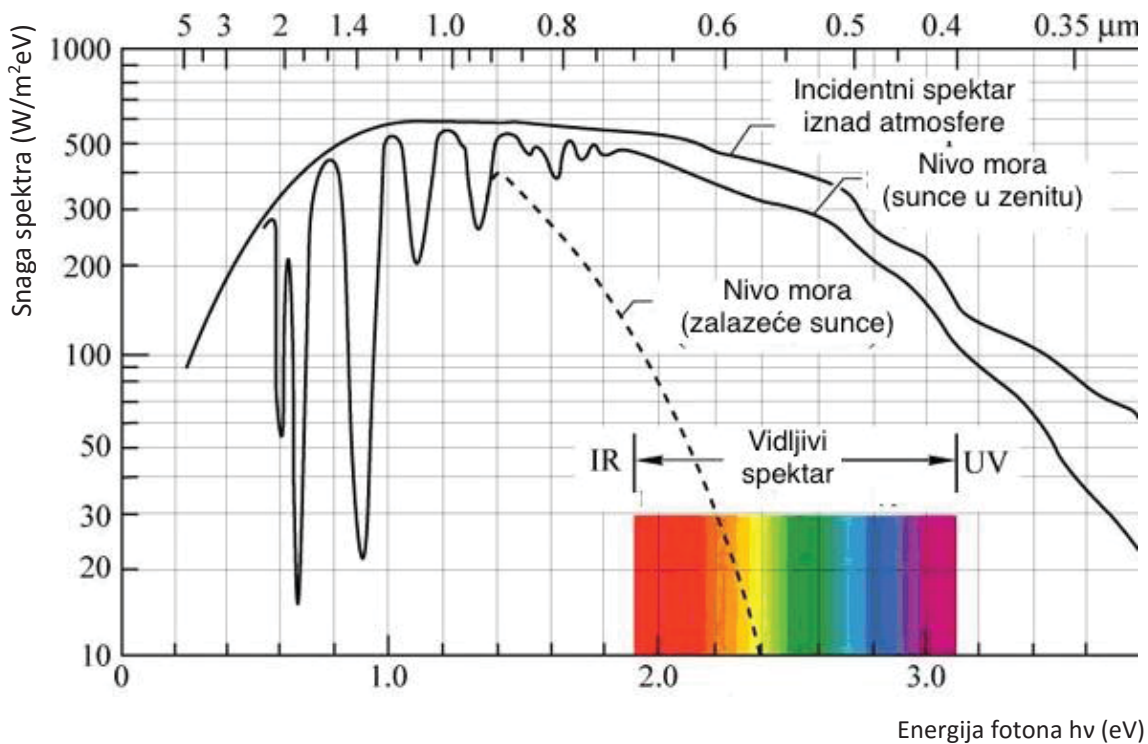
Slika 1.2. Sunčevo zračenje na zemljinu površinu zavisi od nagiba ekliptike

Time se mijenja globalno zračenje sa određenim udjelom difuznog zračenja u godišnjem ciklusu. Ova promjena je na slici 1.2 prikazana za neko mjesto na sjevernoj polulopti.

Primijetiti treba, da odnos globalnog zračenja od jula do januara može biti oko 10:1. Uz to se Zemlja za 24h okrene oko svoje osovine. Slika 1.3 pokazuje vrijednosti koje se mijenjaju sa difuznim zračenjem tokom jednog dana.

U praksi se izrađuju karte sa prosječnim globalnim zračenjem za svaki mesec na određenom području. Na intenzitet, količinu i kvalitet (raspodjela talasnih dužina u spektru) utiču: **astronomski, fizički, meteorološki, geometrijski i geografski**.

Na slici se također vidi da globalno zračenje zavisi kako po intenzitetu tako i po kvalitetu od doba dana (prikazan je samo dio spektra). Isprekidana linija pokazuje intenzitet svjetlost na izlasku i zalasku Sunca.



Slika 1.3. Udio difuznog i globalnog zračenja na Zemlju

Budući da je udio difuznog zračenja oko 50%, na našim geografskim širinama, se praktično uvijek koriste kolektori koji mogu koristiti kako direktno, tako i difuzno zračenje.

1.3. Zračenje na kosu površinu

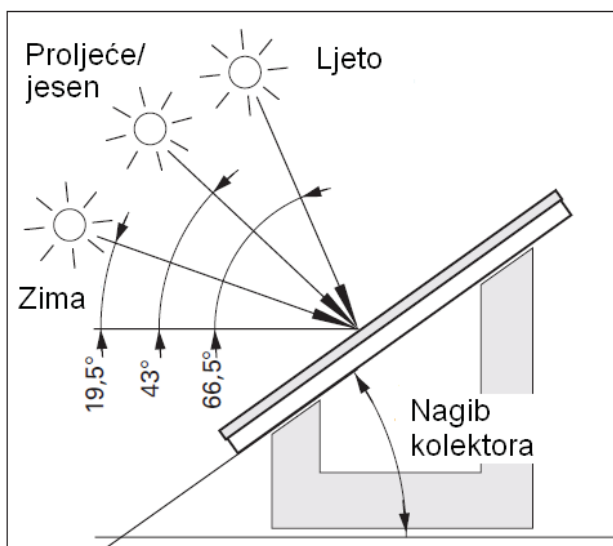
Tokom godišnjeg putovanja Zemlje oko Sunca mijenja se maksimalna visina sunca za 47°.

Radi boljeg korištenja sunčevog zračenja, površina kolektora bi trebala stajati okomito u odnosu na upadni ugao sunčevih zraka. Ali, pošto se položaj sunca stalno mijenja, to nije moguće. Nagib površine se zbog toga postavlja tako da bude okomit na upadni ugao sunčevih zraka, onda kada je sunčevo zračenje najjače (podne).

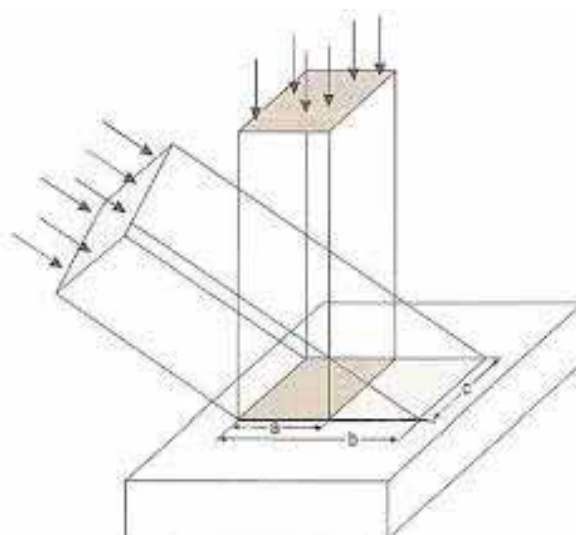
Koje godišnje doba ćemo odabrati zavisi od potreba.

Kako udio direktnog zračenja zavisi od pravca, tako promjena ugla nagiba direktno utiče na udio direktnog zračenja. To znači, da ugao nagiba u oblastima sa visokim udjelom difuznog zračenja, nema veliki uticaj.

Radi što boljeg iskorištenja sunčeve energije ljeti (npr. za grijanje bazena), optimalan ugao nagiba površine je od 25° do 35°.



Slika 1.4. Položaj Sunca tokom godine



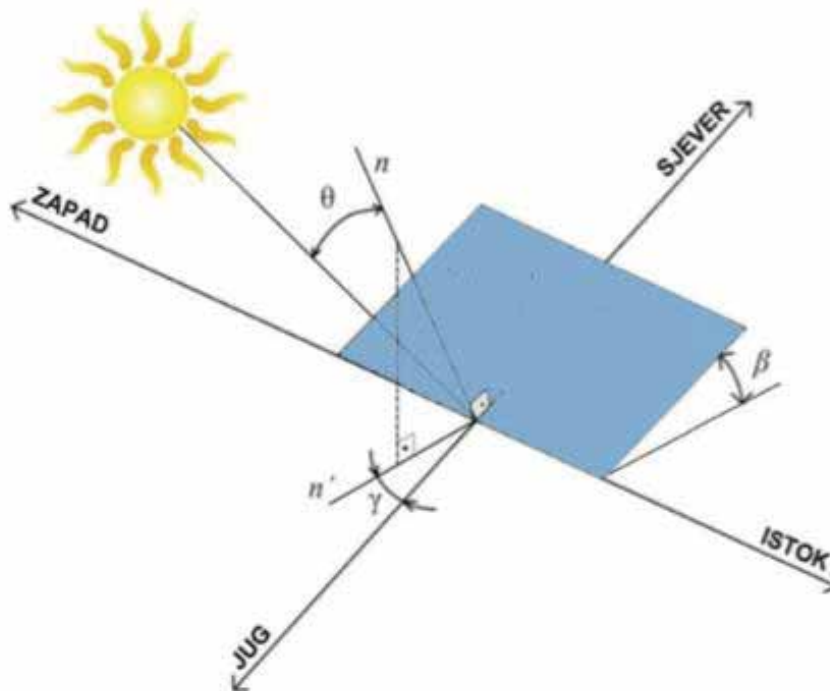
Slika 1.5. Upadni ugao sunčevih zraka

Za cjelogodišnje korištenje (prelazno vrijeme) preporučuje se ugao nagiba između 40° do 60° (fasadni kolektor 90°).

1.4. Orijehtacija površine (skretanje od juga)

Ugao orijentacije površine, koja se naziva još i azimut, definira skretanje te površine od juga.

Tačna orijentacija: prema istoku = -90° , prema jugu = 0° , prema zapadu = $+90^\circ$



Slika 1.6. Odstupanje površine od smjera juga (β – nagib, θ – azimut)

Površine koje su orijentirane ka jugu mogu da apsorbiraju najveće količine sunčeve energije. Odnosno, prema istoku orijentirana površina koristi uglavnom jutarnje i podnevno sunce, a prema zapadu orijentirana površina koristi uglavnom podnevno i večernje sunce.

Mnogi faktori mogu dovesti do zasjenjenja površine kolektora: jako visok horizont (naročito u planinskom području), visoko drveće južno od površine kolektora, visoke građevine u blizini, a južno od površine kolektora. Manja zasjenjenja su u praksi dozvoljena.

2. SOLARNI KOLEKTORI

Solarni kolektor ima zadatak, da što efikasnije sunčevu svjetlost pretvori u toplotnu energiju.

Srž kolektora je crni apsorber, koji se grije kada je osunčan. On se sastoji od sistema cijevi, da bi se toplota preko medija koji nosi toplotu mogla odvesti.

Ne može se sva toplota koja nastane u kolektoru prevesti u medij koji prenosi toplotu. Zato postoje tri vrste toplotnih gubitaka:

- A. Toplotnim strujanjem ili konvekcijom, kada se topli zrak transportira u smjeru hladnog zraka zbog razlike u gustini.
- B. Provođenjem toplote; npr.: zagrijavanjem čvrstog materijala ili zagrijavanjem zraka
- C. Isijavanjem toplote; npr.: „vrelo“ tijelo, koje emitira infracrveno zračenje

Da bi se u apsorberu dobivena toplota transformirala sa što manjim gubicima, mora postojati određena toplotna izolacija. Na prednjoj strani kolektora to je transparentni pokrov, na stražnjoj strani toplotna izolacija. I vakuum može biti toplotni izolator.

Okvir je kao „pakovanje kolektora“, da bi kolektor mogao tako da bude stabilan i vodootporan.

2.1. Vrste kolektora

Najčešće korišteni tip kolektora je ravni (tzv. pločasti) kolektor. On je dostupan kao pojedinačni gotovi kolektorski element ili kao ugradni kolektor, koji se tek sastavlja na krovu.

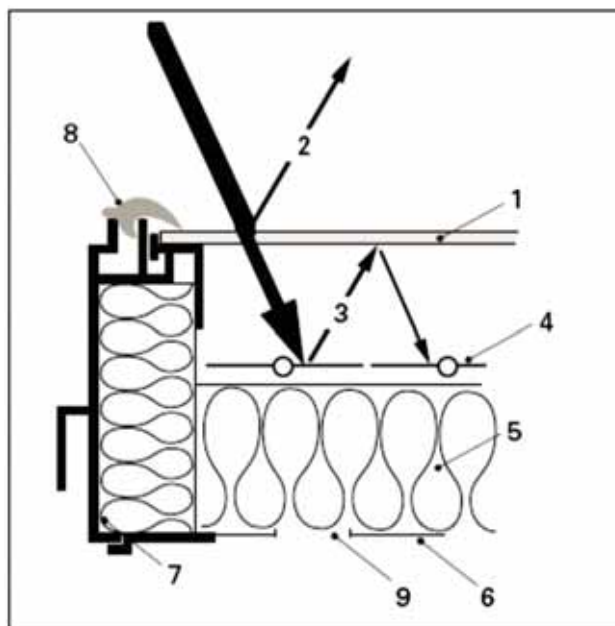
Pored toga, razlikujemo i kolektore sa transparentnim pokrovom i selektivno obloženim apsorberom ili sa dva transparentna pokrova i apsorberom bez obloga.

Kolektori sa negativnim pritiskom (također poznati kao ravni vakuum kolektori) pripadaju prvo kategoriji, a u njima se konvektivni gubitak reducira preko negativnog pritiska u kućištu kolektora.

Još se koriste i kolektori sa vakuum-cijevima. Ovakav kolektorski element sastoji se od većeg broja (jako) vakuumiranih cijevi, čime je reduciran konvektivni gubitak i odavanje toplote zraku.

2.1.1. Kolektor sa ravnim elementima

Slika 2.1 pokazuje izgradnju tipičnog kolektora za ravnim elementima.



1. Transparentni pokrov, 2. Zračenje koje se reflektira od pokrova, 3. Zračenje koje se reflektira od apsorbera, 4. Apсорber, 5. Toplotna izolacija, 6. Donja ploča, 7. Okvir, 8. Dihtung, 9. Otvor za ventilaciju

Slika 2.1. Principijska građa kolektora sa ravnim elementima

Svjetlosne zrake prodiru transparentni pokrov (1) od stakla ili umjetnog materijala. Pokrovi su s unutrašnje strane najčešće neravni, imaju neki finu strukturu, tako da se i onaj mali udio zraka koje se reflektiraju (2) raspu, da se ne bi stvarao odsjaj. Zračenje potom dolazi do crnog apsorbira, od koga se samo jako mali dio zračenja reflektira (3).

Staklena ploča sprječava i hlađenje apsorbira putem vjetra koji je obično prisutan u okruženju i koji bi se hladio jer svako tijelo koje je toplije od okoline emitira toplotu.

Sada providni pokrovi imaju osobinu da daleko bolje propuštaju svjetlost u odnosu na toplotu (slika 2.2). Pokrov zbog toga apsorbira veliki dio toplotnog zračenja, zbog čega se kolektor zagrijava. Ovaj proces je opće poznat kao efekat staklenika.

Da bi se gubici odbijanja svjetlosti sa apsorbira sveli na što manje vrijednosti, on se premazuje tzv. selektivnim slojem koji jako dobro apsorbira svjetlosno zračenje, a smanjuje nastanak toplotnog zračenja i tako smanjuje gubitak toplote. Da bi se smanjio gubitak toplote sa stražnje strane apsorbira, potrebno ju je toplotno izolirati.

Toplota koja nastaje u apsorberu odvodi se tekućinom, mješavinom vode i glikola (35/65%; do -22°C).



Slika 2.2. Izgled ravnog pločastog kolektora

2.1.2. Ugradni kolektor

Funkcija ugradnog kolektora je ista kao i funkcija kolektora sa ravnim elementima. Često proizvođači kolektora koriste iste materijale za izgradnju ove dvije vrste kolektora.

Osnovna razlika je u profilu okvira. Pri tome se dijelovi ne montiraju pojedinačno na krov, već se montira kompletan profil od aluminija ili drveta.

Ugradni kolektori se najčešće koriste za integraciju u kose krovove. Pojedini proizvođači raspolažu sa konstruktivnim rješenjima za ugradnju kolektora u krovnu konstrukciju.

Za razliku od kolektora sa ravnim elementima, ugradni kolektor raspolaže slijedećim:

Prednosti: nema međuprostora između pojedinih elemenata čime su smanjeni površina i gubici refleksijom što pozitivno utiče na stepen efikasnosti kolektora; efikasnije je iskorištenje površine krova; oborine manje utiču na cijevi kolektora.

Nedostaci: nemogućnost montaže na ravne krovove, često je teško kontrolirati spojeve između kolektora (paziti na kvalitet!).

2.1.3. Kolektor sa vakuum cijevima

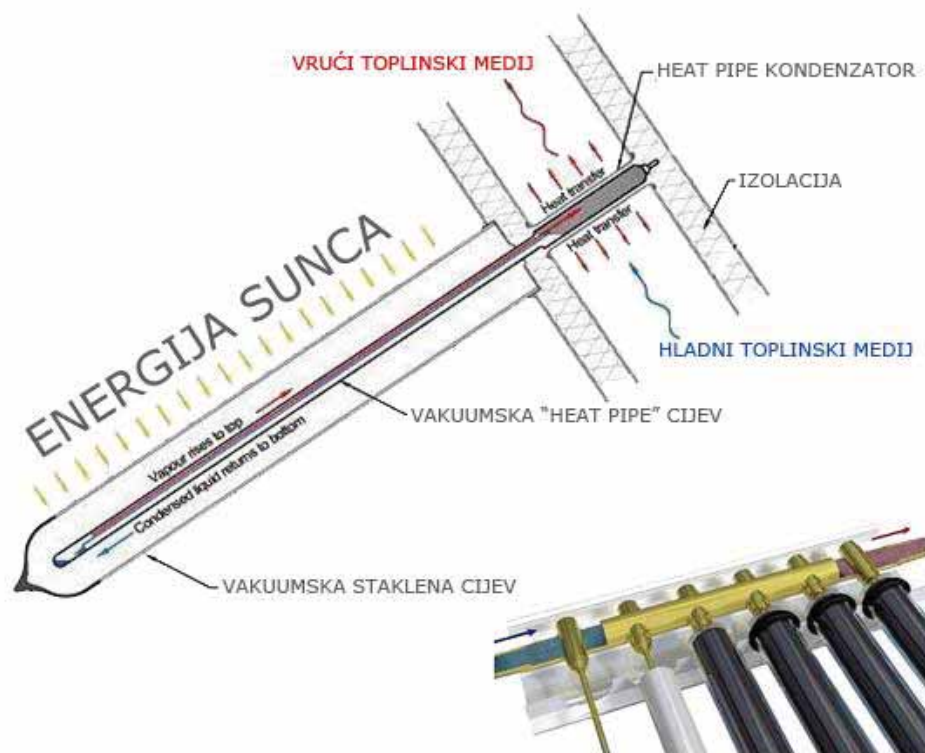
Kod vakuumiranih cijevnih kolektora se koristi činjenica, da u prostoru u kome nema zraka ne dolazi do konvektivnog gubitka toplote, niti se toplota može provoditi.

Zbog toga se apsorber nalazi u staklenoj cijevi iz koje je evakuiran zrak.

Inače je princip rada apsorbera identičan radu ravnih kolektora. Cijevni kolektor je pogodan kao rješenje za montiranje na krovove, ali i na gelendere. U praksi se koriste razne izvedbe cijevnih kolektora.

Kolektori sa vakuum-cijevima imaju veći stepen efikasnosti od ravnih kolektora. Ta razlika je još izraženija pri jako visokim temperaturama kolektora.

Zbog toga kolektori sa vakuum-cijevima omogućavaju proizvodnju vrele vode (80°C) za procesnu toplotu.



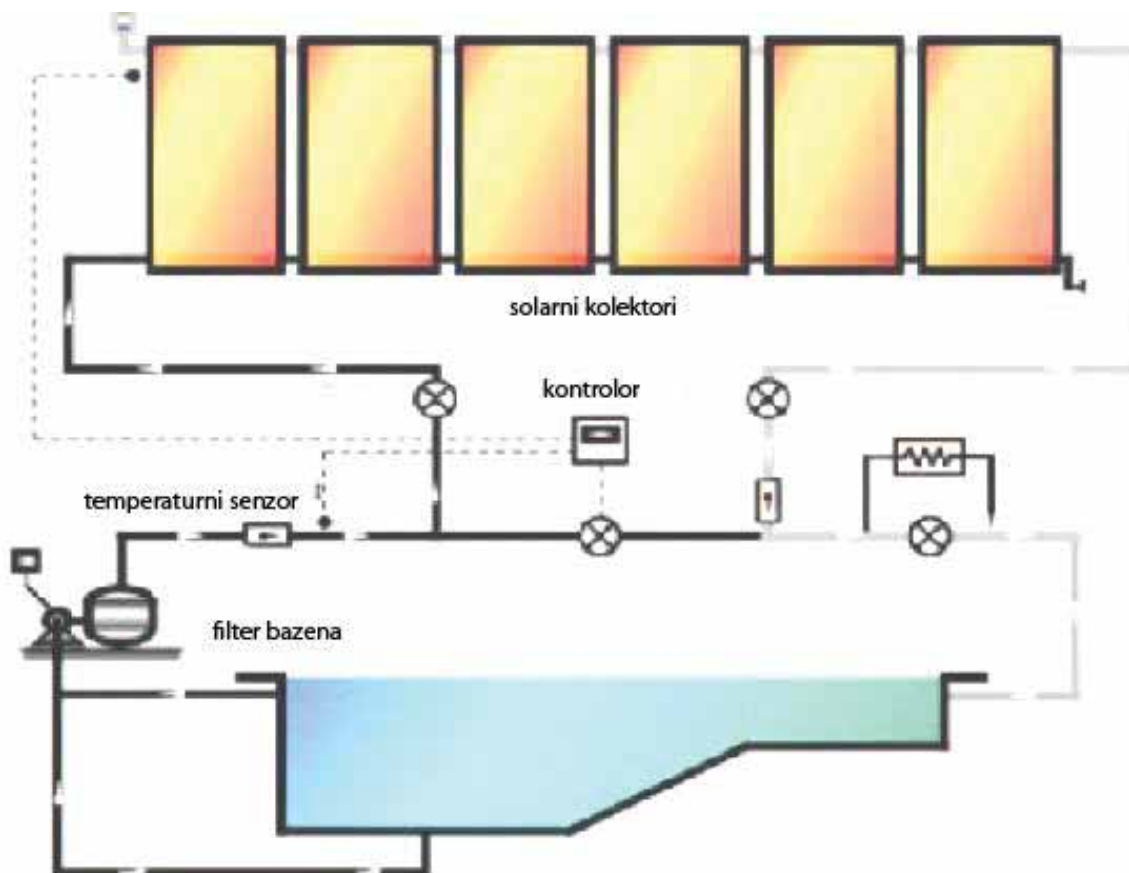
Slika 2.3. Poprečni presjek i izgled vakuum-staklenih cijevi

2.1.4. Kolektor za niske temperature

Kolektor za niske temperature, koji se još naziva i kolektor za kupališta, sastoji se od apsorbera koji nije izoliran i koji nije pokriven. Materijali koji se uglavnom koriste su vještački, kao EPDM (ethylene propylene diene terpolymer).

Ovaj tip kolektora doseže pri niskim temperaturama jako veliki stepen efikasnosti. Uglavnom se koristi za grijanje kupališta. Pri tome kroz kolektor direktno teče voda iz bazena. Radi pri temperaturi okoline. Budući da toplotna izolacija u tim uslovima ima zanemarivu ulogu, kolektor se može napraviti i bez nje.

Ukoliko se kupalište koristi samo u ljetnim mjesecima, onda se ovim kolektorima može realizirati jedan finansijski vrlo povoljan kolektorski sistem.



Slika 2.4. Kolektorski sistem za niske temperature

2.2. Materijali za kolektor

2.2.1. Transparentni pokrov

Kao transparentni pokrov se kod elementnih kolektora koristi staklo (s malim udjelom željeza, taljeno), kod ugradnih kolektora se ponekad koriste i vještački materijali.

Prednost stakla je u dobroj UV-otpornosti, kao i otpornost na mehaničke uticaje. Vještački materijali su lakši i jeftiniji.

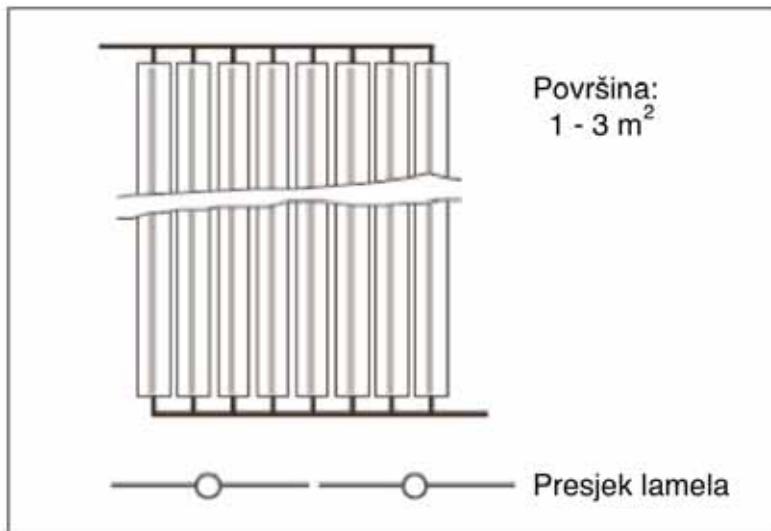
2.2.2. Apsorber

Osnovna funkcija svakog kolektora zavisi od apsorbera. Izbor materijala i njegov kvalitet imaju veliki uticaj na kvalitet solarnog kolektora.

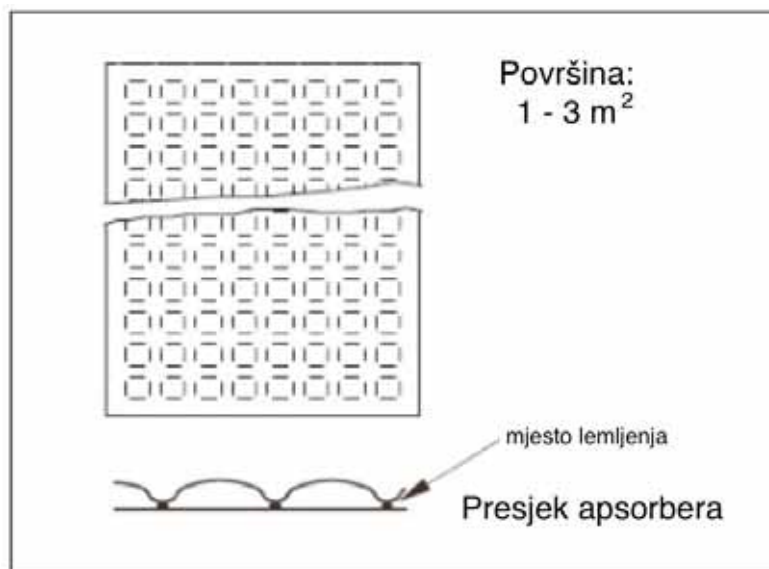
Apsorber je, u ravnim kolektorima i kolektorima sa vakuum-cijevima, od bakra, čelika ili aluminija, pri čemu bakarni i čelični apsorberi u pravilu imaju i selektivni premaz.

Postoji nekoliko načina gradnje apsorbera:

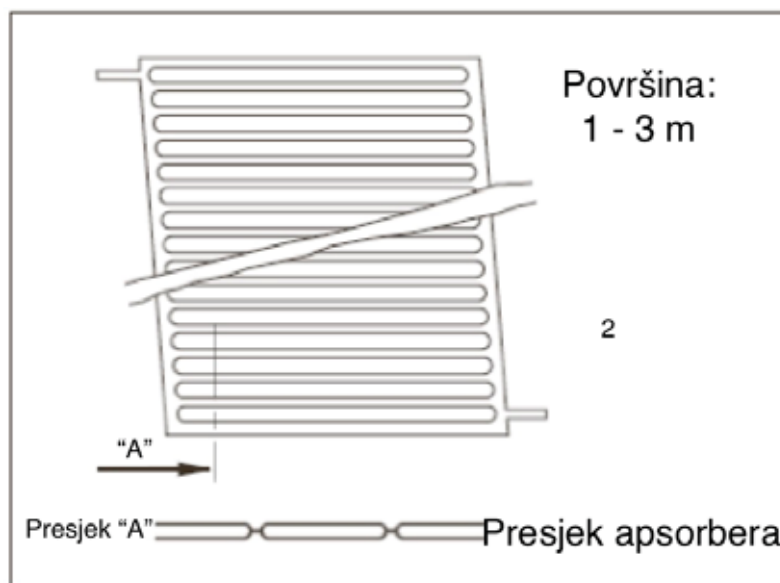
- ✓ Apsorber u obliku zastave sastoji se od pojedinačnih lamela (bakar, čelik, aluminij) sa ugrađenim cijevima (najčešće od bakra).
- ✓ Apsorber u obliku jastuka sastoji se od dvije velike metalne ploče (čelik, legirano željezo), koje su lemljenjem tačkasto spojene jedna za drugu.
- ✓ Roll-bonding apsorber sastoji se kao i prethodni od dvije metalne ploče (aluminij), ali su ove spojene pomoću procesa roll-bonding.



Slika 2.5. Apsorber u obliku zastave (bakar)



Slika 2.6. Apsorber u obliku jastuka (nehrđajući čelik)



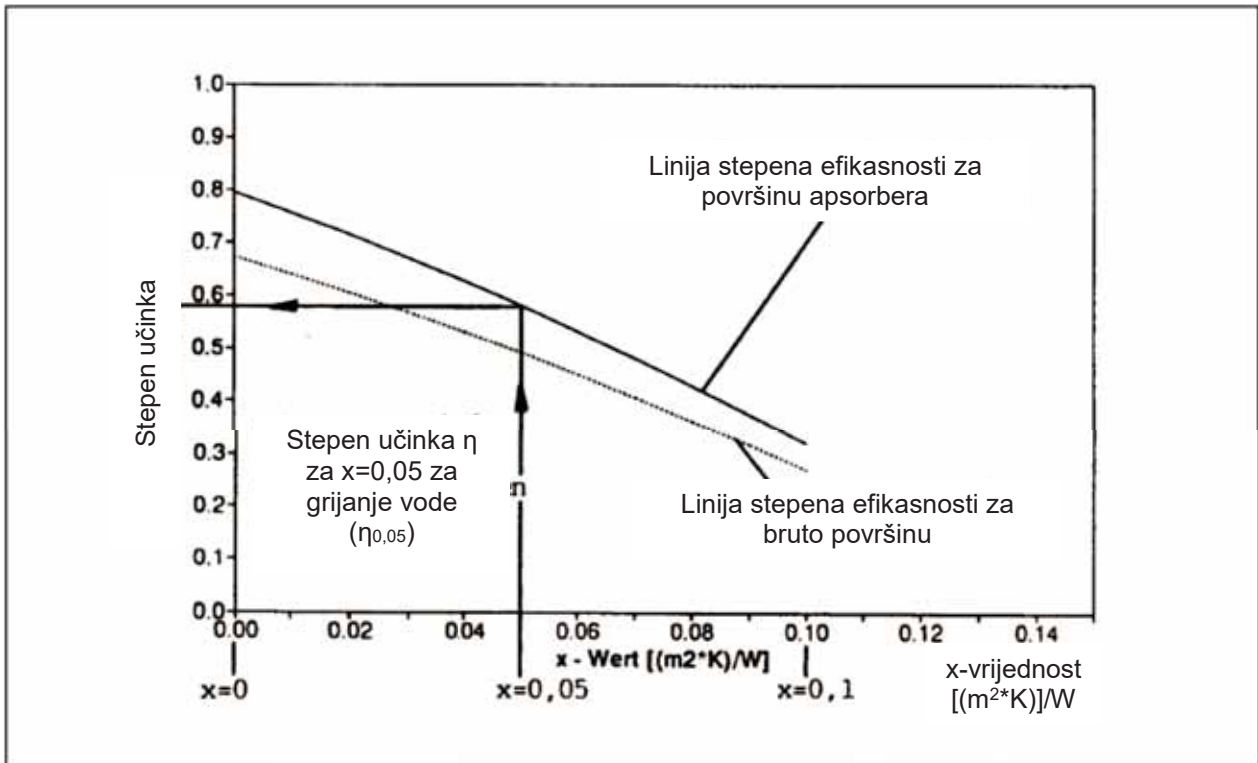
Slika 2.7. Rollbond - apsorber (aluminij)

2.2.3. Toplotna izolacija i okvir kolektora

Kod ravnih kolektora koristi se mineralna vuna ili umjetni materijali kao toplotna izolacija. Kolektorima sa vakuum-cijevima je toplotna izolacija nepotrebna.

Okvir kolektora se pravi od aluminija, drveta ili čelika. Uspješno se koriste i kombinacije aluminija i drveta.

2.2.4. Testiranje efikasnosti kolektora



Slika 2.8. Test efikasnosti kolektora

Testiranje se odvija u prirodi sa sunčevim zračenjem. Pri tome se u pravilu zajedno testiraju dva identična kolektora zajedno sa dva referentna kolektora. Tako mogu s jedne strane razlike u kvalitetu bolje biti prepoznate, a s druge strane je lakše korigirati razlike zbog godišnjih doba.

Linija stepena efikasnosti je grafički prikaz testa efikasnosti. Tako pri određenoj vrijednosti x može biti očitana stepen efikasnosti kolektora.

Da bi se stepeni efikasnosti mogli međusobno uporediti, definirane su tri karakteristična stanja kolektora (znači, tri različite vrijednosti x) i njima odgovarajući stepeni efikasnosti.

- ✓ η_{ch} je stepen efikasnosti kolektora pri $x=0$, kada je srednja temperatura kolektora jednaka vanjskoj temperaturi.
- ✓ $\eta_{0,05}$ je stepen efikasnosti kolektora pri $x = 0,05$, srednja temperatura kolektora 60°C, vanjska temperatura 20°C i globalno zračenje 800W/m². Ovo je mjerodavni stepen efikasnosti kolektora za solarne sisteme za grijanje vode.
- ✓ $\eta_{0,1}$ je stepen efikasnosti kolektora pri $x=0,1$, srednja temperatura kolektora 100°C, vanjska temperatura 20°C i globalno zračenje 800W/m². Ovo je mjerodavni stepen efikasnosti kolektora za solarne sisteme za procesnu toplotu.

2.2.5. Proračun bruto dobitka toplote

Za dimenzioniranje površine kolektora jednog solarnog sistema neophodno je, da se poznaje očekivani dobitak toplote pod određenim uslovima. Takvi proračuni se obično rade uz pomoć kompjuterskih programa. Većina prodavača kolektora ili biroa za planiranje može lako napraviti proračune za dobitak toplote za određeni kolektor. Za to su potrebni sljedeći podaci:

- a) Meteorološki podaci
- mjesto montiranja

Programi za proračunavanje uzimaju u obzir dugogodišnje vremenske podatke iz referentnih mjernih stanica, ako oni postoje, ili se isti snimaju tokom godine pa koriste kao referentni.

- b) Ugao postavljanja
- ugao nagiba
- orijentacija (azimut)

Ako je moguće odrediti ugao nagiba i azimut kolektora (npr. za montiranje kolektora na ravne krovove), onda se računaju bruto dobiti toplote za razne položaje, da bi se postigla optimalna dobit toplote.

- c) Vrsta kolektora

Također je potreban i tip kolektora sa njegovim konstantama, da bi se različiti stepeni efikasnosti mogli uzeti u razmatranje.

Sa svim ovim podacima i odgovarajućim softverom, moguće je napraviti tabelu bruto dobitka toplote.

Primjer:

Tabela 2.1 pokazuje, kao primjer, bruto dobit toplote za mjesto Erlenbach u Švicarskoj u kWh/m² površine kolektora kako po mjesecima, tako i ukupno za godinu.

°C	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Total
10	19,0	37,8	65,3	92,6	111,8	119,3	134,4	116,5	96,1	60,8	27,0	13,5	894
20	13,8	30,8	55,1	80,3	96,9	103,8	118,7	102,1	83,9	51,0	21,0	9,1	766
30	10,3	25,1	46,7	70,0	84,5	90,6	104,3	89,4	73,4	43,2	16,8	6,3	661
40	7,8	20,6	39,5	61,0	74,0	79,3	92,0	78,6	64,3	36,9	13,7	4,6	572
50	6,1	16,8	33,3	53,1	64,6	69,3	80,8	69,0	56,2	31,5	11,2	3,4	495
60	4,7	13,5	28,8	46,0	56,0	60,1	70,5	60,3	48,9	26,8	9,1	2,5	426
70	3,5	10,7	23,2	39,5	47,9	51,4	60,8	52,2	42,1	22,5	7,2	1,8	363
80	2,6	8,2	18,9	33,5	40,3	43,2	51,6	44,5	35,7	18,7	5,5	1,3	304
90	1,8	6,1	15,0	27,9	33,1	35,4	42,9	37,2	28,8	15,1	4,0	0,8	249

Tabela 2.1. Bruto dobit toplote u kWh/m² za Erlenbach (Švicarska)

Napomena: Bruto dobitak toplote ne treba kod velikih sistema izjednačiti sa potrebama za energijom, jer u prvom nisu uzete u obzir navike trošenja, čuvanje i usponske cijevi.

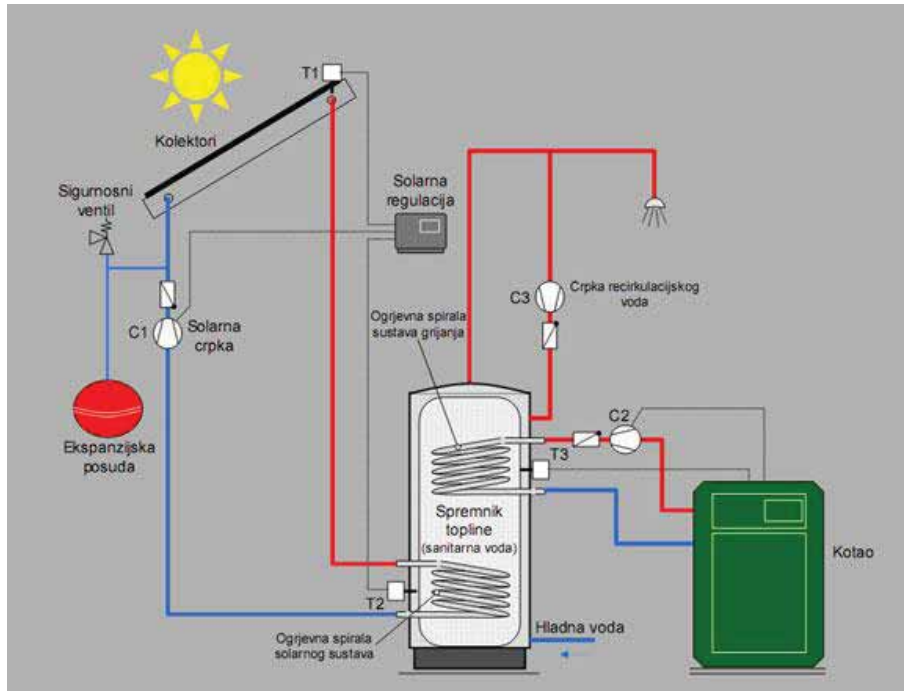
Jasno je da je bolji stepen efikasnosti pri nižim temperaturama rada zbog manjih termičkih gubitaka kolektora.

3. PRINCIP RADA KOLEKTORSKIH SISTEMA

3.1. Standardni sistem

Uz pomoć standardnog sistema biće objašnjeni pojmovi i način rada solarnog sistema.

Pretvaranje sunčeve svjetlosti u toplotu događa se u solarnom kolektoru. Toplota koja nastaje u solarnom kolektoru često nastaje u trenutku kada se ne koristi. Zato je potreban jedan spremnik između kolektora i potrošača koji će preuzeti pufersku funkciju.



Slika 3.1. Standardni kolektorski sistem za dobijanje tople vode

Transport toplote od kolektora do spremnika odvija se uz pomoć cirkulacije kroz kolektor: dvije cijevi spajaju kolektor i spremnik, a pumpa osigurava kretanje medija koji prenosi toplotu. Taj protok kroz kolektor je zatvoreni sistem. Zbog toga je potrebna posuda za ekspanziju i sigurnosni ventil, te sistem za punjenje sa dvije česme sa klipom između. Medij koji prenosi toplotu je mješavina vode i glikola. Kako medij koji prenosi toplotu nije isti medij koji čuva toplotu, potreban je izmjenjivač toplote. Noću je kolektor hladniji od donjeg dijela spremnika. Da bi se spriječio transport toplote gravitacijom natrag u kolektor, neophodan je ventil koji će spriječiti reverzno kretanje medija u kolektoru.

Pumpa smije biti uključena, tek kada je kolektor topliji od donjeg dijela spremnika; da bi transport toplote stalno tekao od kolektora ka spremniku (a ne obrnuto). Za tu svrhu je instaliran regulator. On se sastoji od regulatora temperaturne razlike i dva ili više temperaturnih senzora.

Temperaturni senzor mjeri temperaturu u gornjem dijelu kolektora (a ne onaj na spojnoj cijevi). Senzor u spremniku mjeri temperaturu u visini izmjenjivača toplote. Pumpa se isključuje, kada nema prijenosa toplote iz kolektora ka spremniku, odnosno, kada sunčevo zračenje nije dostatno.

Sunce sija prema prirodnim zakonima i zbog toga je za sisteme koji griju prostorije i vodu neophodan agregat (dodatno grijanje), koji osigurava toplotu onda kada je sunčevo zračenje nedostatno.

3.2. Termosifonski efekat

Efekat termosifona se koristi kada je spremnik postavljen iznad kolektora i rade na principu pasivnog sistema bez pumpi ili drugih pokretnih dijelova (slika 3.2).

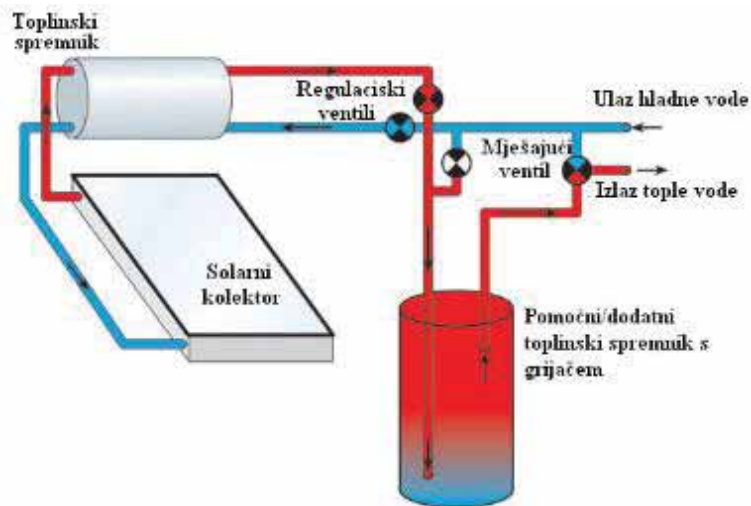
Da bi se osigurala funkcija sistema termosifona, potreban je kolektor koji ima jako male gubitke pritiska (posebni kolektori i izmjenjivači toplote). Pored toga, preporučljivo je, da cijevi budu za oko ¼" do ½" veće nego kod standardnih sistema.

Tok tečnosti za provođenje toplote se stvara uz pomoć prirodnih temperaturnih razlika.

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.

S 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 i 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, npr. tokom noći ili kada je oblačno, dolazi do obrnutog efekta.



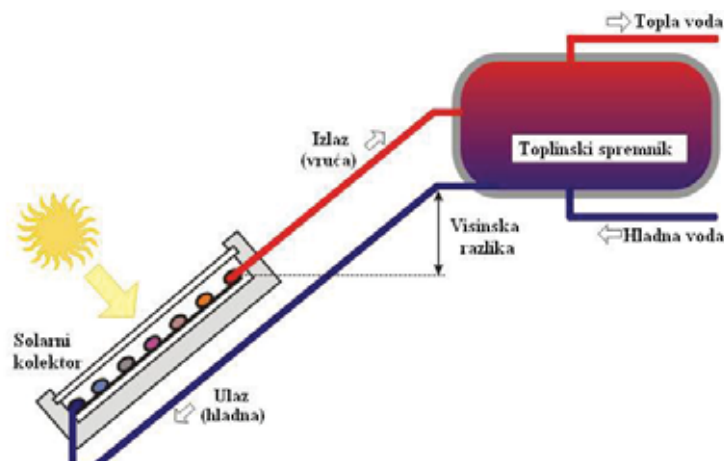
Slika 3.2. Princip termosifonskog efekta

I pored gubitaka, termosifonski sistem može da nas opskrbi sa više nego dovoljno tople 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**,
- ✓ Dok se drugi, kod kojega se u sistemu nalazi i voda i radna medij, poznata kao i „solarni fluid“, naziva **zatvoreni ili indirektni sistem**.

Princip rada za direktni sistem je sljedeći: teža hladna voda se uslijed gravitacije iz rezervoara spušta do solarnog kolektora, gdje se onda postepeno grije, uslijed čega joj se smanjuje gustoća te postaje lakša polako se podižući prema gore, dok istovremeno na njeno mjesto dolazi hladnija voda iz rezervoara.

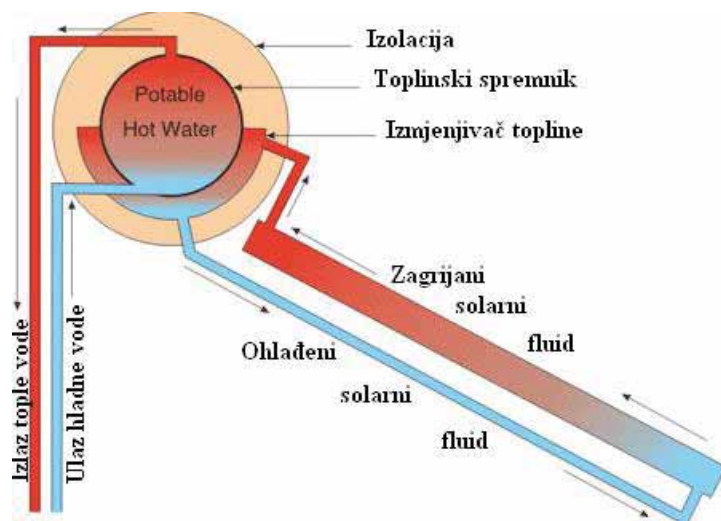


Slika 3.3. Direktni – otvoreni termosifonski sistem

Zagrijana voda odlazi u rezervoar gdje sa djelom svoje topline grije i hladnu vodu u rezervoaru. Zbog razlike u gustoći, najtoplija voda nalazi se na vrhu, dok se najhladnija voda nalazi na dnu. Teorijski, voda će u sistemu kružiti onoliko dugo dok se temperatura vode u rezervoaru ne izjednači sa najvišom temperaturom u solarnom kolektoru. Ako se voda iz rezervoara troši onda u njega pristiže svježja količina vode iz vanjskog izvora (npr. vodovod, spremnik kišnice i sl.).

Kod direktnog sistema rezervoar se mora obavezno nalaziti iznad solarnog kolektora, na odgovarajućoj visini, kako bi se izbjeglo da sistem tokom noćnih sati radi u "drugom smjeru" i hladi vodu iz rezervoara.

U slučaju indirektnog sistema, jedina razlika je u tome što se u solarnom krugu nalazi solarni medij, koji se zagrija u kolektoru diže do toplotnog rezervoara, gdje preko izmjenjivača predaje toplinu vodi, pri čemu se hladi i ponovno vraća u kolektor.



Slika 3.4. Indirektni – zatvoreni termosifonski sistem

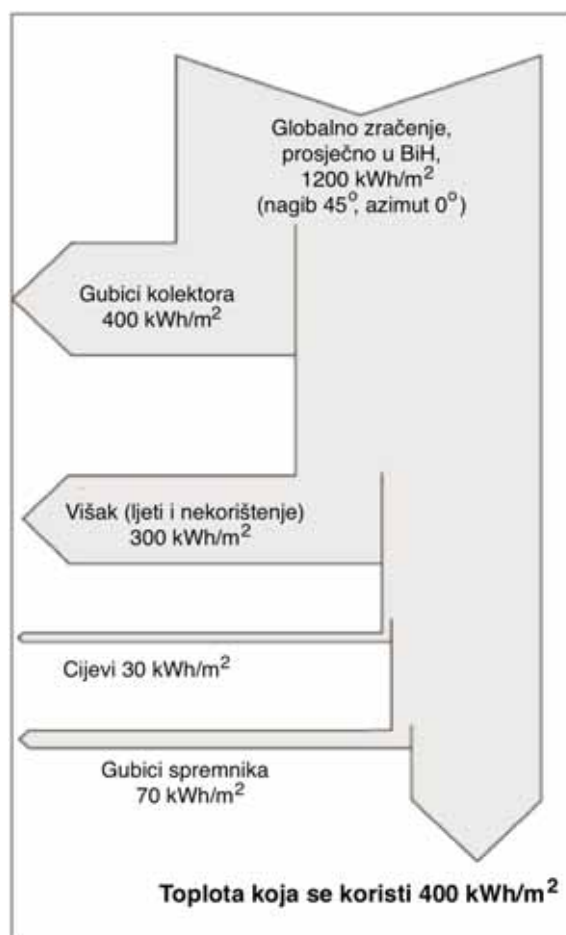
Kao solarni medij koristi se glikol, jer je nerazgradiv i pri visokim temperaturama i ne povećava pritisak u sistemu. Kod indirektnog sistema, osim što je otporan na smrzavanje, također nema rizika od nakupljanja kamenca ili korozije, što kod direktnog sistema može dovesti i do začepljenja kolektora. Ali, indirektni sistemi su skuplji, prvenstveno zbog kompliciranije izvedbe rezervoara sa izmjenjivačem.

Osnovna prednost solarnog termosifonskog sistema je što je jeftin i jednostavan za održavanje i za rad istog nije potreban dodatni vanjski izvor energije, što ga čini vrlo dobrim rješenjem na mjestima gdje je dostupna opskrba vodom ali ne i pristup elektroenergetskoj/plinskoj mreži. Ipak, šta ako potrošimo veće količine zagrijane vode iz rezervoara, pri čemu će na njeno mjesto doći hladna voda i ukupna temperatura vode u rezervoaru opasti, te je ponovno potrebno pričekati neko vrijeme da se voda zagrije. Kako bi se ovo izbjeglo, moguća je kombinacija sa električnim grijačem, s kojim se onda voda dogrijava na željenu temperature. Električna energija za električni grijač, u potpuno autonomnom sistemu, može se dobiti iz fotonaponskog ili vjetrogenaratorskim sistemom.

Pri korištenju bilo kakvog sistema sa prirodnom cirkulacijom postoji problem raspoloživog pada pritiska, odnosno, raspoloživi pad pritiska je malen. Stoga, baziramo li cijeli sistem samo na prirodnoj cirkulaciji, isti mora biti pažljivo projektiran i izveden, tj. bez puno ventila, regulacijskih elemenata i sa odgovarajućim presjekom cijevi, u suprotnom sistem neće ispravno raditi. Također, nedostaci koji mogu utjecati na odluku o ulaganju su i vizualan izgled objekta te ograničenja pri nižim temperaturama.

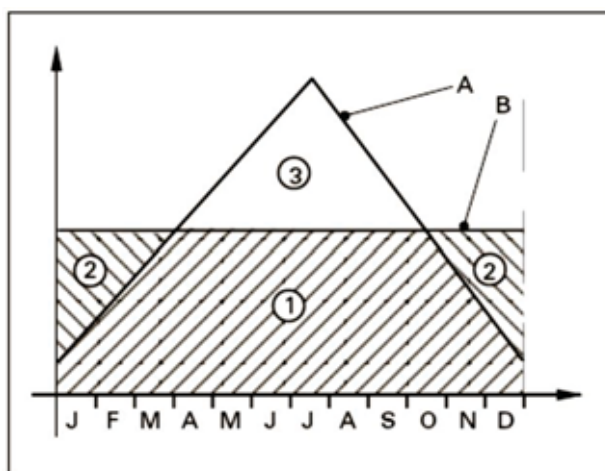
3.3. Dijagram raspodjele energije

Dijagram raspodjele energije na slici 3.5 pokazuje, kuda i u kojem odnosu se energija dijeli od atmosfere do potrošača.



Slika 3.6. Dijagram raspodjele energije

Da bi se dijagram raspodjele energije mogao bolje interpretirati, na slici 3.6 (pojednostavljeno) je pokazan odnos krive dobiti i potrošnje tokom godine. Ukoliko je tokom ljeta sunčevo zračenje jako, onda u porodičnim kućama (zavisno od veličine površine kolektora) dolazi do prekoračenja, odnosno postoji višak toplote.



*A = bruto dobitka toplote tokom godine, B = potreba za toplom vodom tokom godine
1 = solarna neto dobit, 2 = potreba za dodatnom energijom, 3 = ljetni višak*

Slika 3.6. Raspodjela energije u solarnom sistemu za toplu vodu

Za veće porodične kuće je važno, da se sistem koncipira tako, da se što više dobijene toplote u kolektoru dovodi korisnicima. Solarni sistem treba biti što jednostavnije koncipiran, jer nepotrebni dijelovi podižu cijenu sistema, a imaju i negativan uticaj na sigurnost njegovog rada.

4. SOLARNO GRIJANJE VODE

Cirkulacija medija za transport toplote (radi sprječavanja mržnjenja, najčešće mješavina vode i glikola) kroz kolektor (primarni krug) je odgovorna za transport toplote od kolektora do spremnika (slika 4.1).

Medij za transport toplote predaje u kolektoru dobivenu toplotu, preko izmjenjivača toplote, spremniku.

Dotok iz solarnog kruga odvija se u donjem dijelu grijača vode. Zbog slojeva temperature u grijaču vode, hladna voda je uvijek u donjem dijelu. To uzrokuje da se primarni krug, a time i solarni kolektori, imaju samo neophodnu temperaturu, a time i veći stepen efikasnosti.

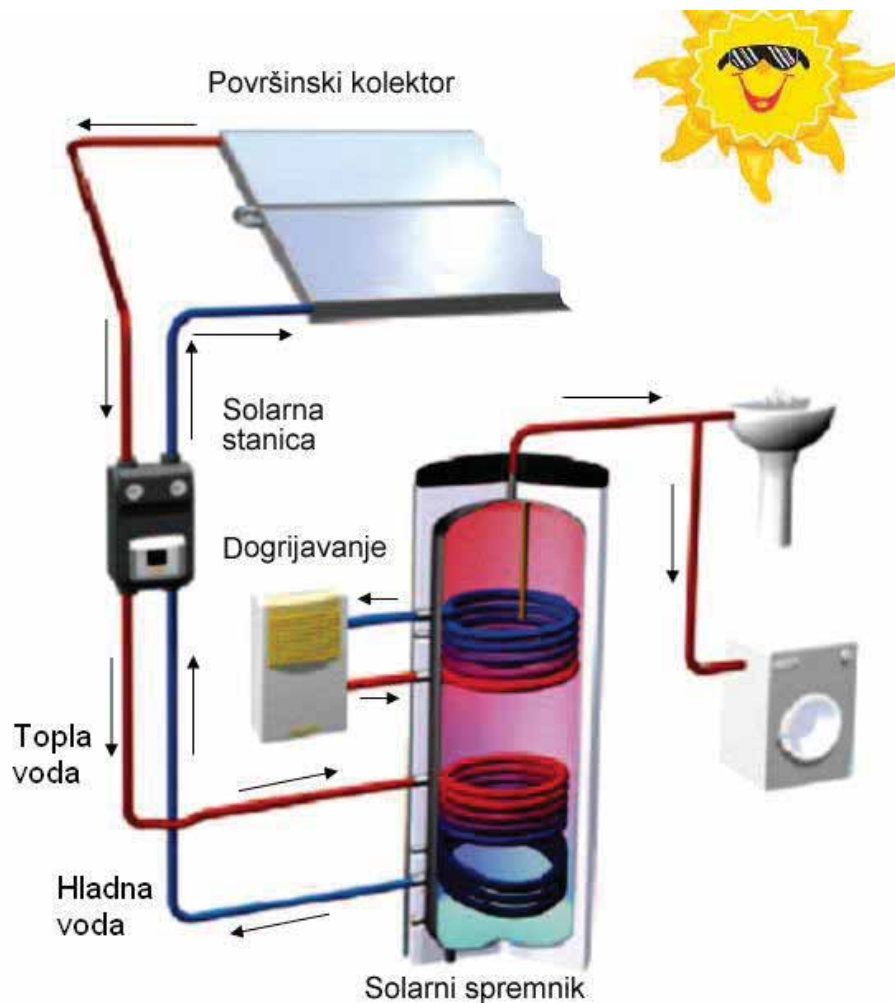
Grijač toplote je tako koncipiran, da volumen iznad dodatnog izvora energije toliko velik, da time može biti zadovoljena dnevna potreba za energijom. Zbog toga gornji dio odgovara rezervnom volumenu.

Dodatni izvor energije (električni grijač i/ili dodatni izmjenjivač toplote) obično se plasira iznad solarnog izmjenjivača toplote.

Zagrijana voda se penje prema gore, zbog manje gustoće. To znači, da je donji dio grijača vode uvijek „puferski spremnik“ za solarnu energiju, je on može biti samo zagrijan preko primarnog kruga.

Ukoliko solarna energija nije dovoljna za zagrijavanje vode na željenu temperaturu, onda se govori o solarnom pred-zagrijavanju. Dodatni izvor energije mora podići temperaturu, dijelom već zagrijane vode, na željeni nivo.

Da bi se slojevi temperature u spremniku mogli što bolje stvoriti, spremnik bi trebao biti dovoljno velik. Odnos visine i promjera spremnika trebao bi po mogućnosti biti 2:1 ili više.



Slika 4.1. Pricip rada kolektorskog sistema za toplu vodu

4.1. Grijanje vode sa podrškom grijanju

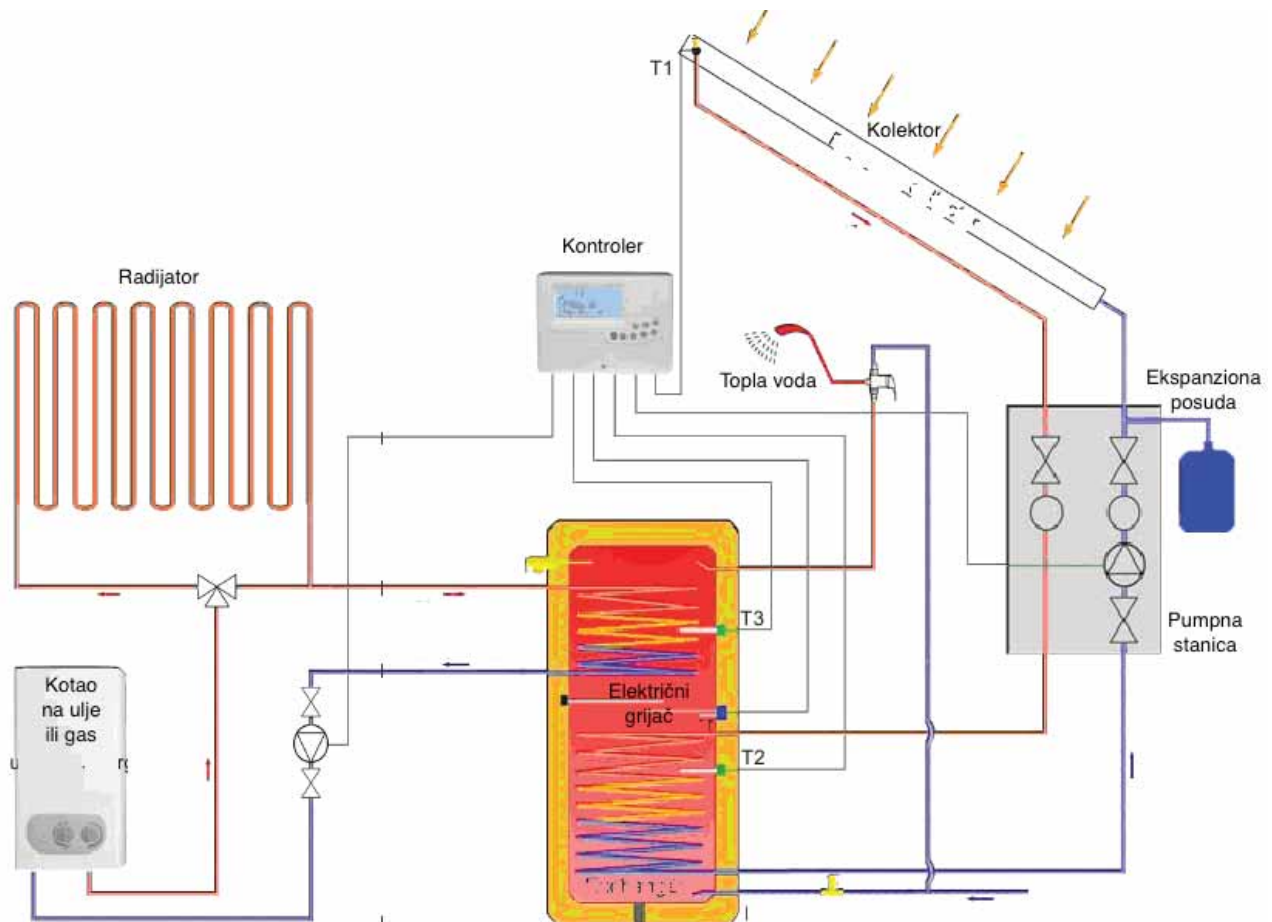
Često se u određenom objektu sunčeva energija ne želi koristiti samo za grijanje vode. Tada postoji mogućnost da se solarni sistem za toplu vodu koristi zajedno sa sistemom grijanja.

Osnovna ideja je, da je sunčevo zračenje i u prelaznim periodima dovoljno velikog intenziteta, što znači da se u značajnom stepenu (dijelom i 100%) može zadovoljiti potreba za grijanjem. Ovo dovodi do značajnog smanjenja perioda kada se mora koristiti neki drugi izvor energije za grijanje. Sa odgovarajućim povećanjem površine kolektora i povećanim volumenom spremnika, moguće je u ljetnim mjesecima 100% pokriti potrebe za toplom vodom; što također može dovesti do stvaranja viška energije.

Postoje razne varijante sistema za grijanje vode sa podrškom grijanju.

4.1.1. Kombinirani spremnik za grijanje i toplu vodu

Prvo rješenje sastoji se od spremnika za grijanje sa integriranim grijačem vode (slika 4.2).



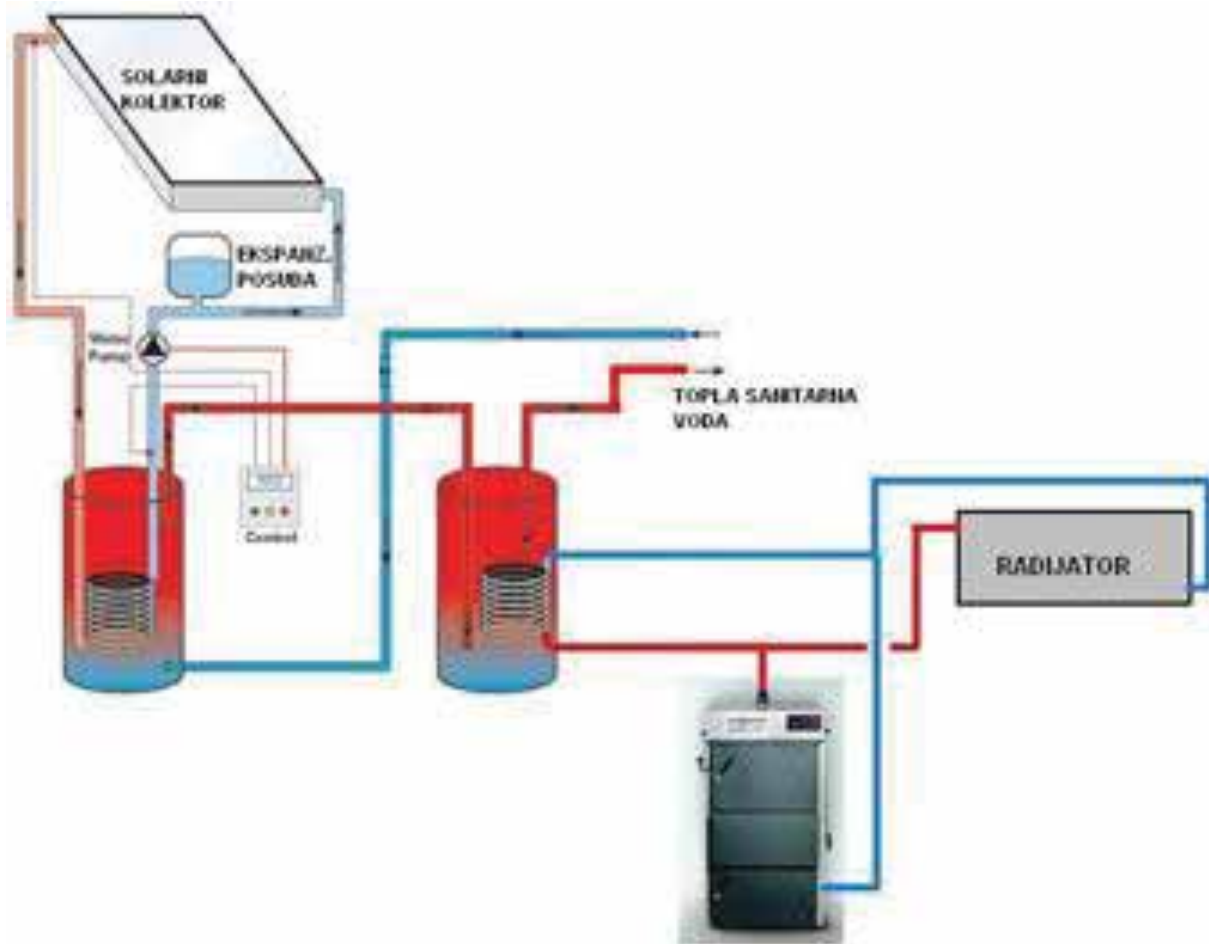
Slika 4.2. Spremnik za grijanje sa integriranim grijačem vode

Spremnik je napunjen vodom za grijanje. Grijač vode nije izoliran i nalazi se u spremniku. Tako voda za grijanje automatski grije vodu koja se nalazi u grijaču.

Sunčeva energija grije vodu za grijanje u donjem dijelu spremnika. Kod nedovoljnog sunčevog zračenja, slijedi dopunsko zagrijavanje gornjeg dijela pomoću peći na drva, ulje ili plin; također, postoji mogućnost ugradnje električnog grijača. Radijatori (ili podno grijanje) dobijaju toplu vodu direktno iz spremnika.

4.1.2. Sistem sa spremnikom za vodu i spremnikom za grijanje

Jedna od mogućnosti je tzv. sistem sa dva spremnika s prebacivanjem pomoću motornog ventila. Koriste se odvojeni spremnici za toplu vodu i grijanje. Korisnik može preko kontrolnog ormarića odabrati prioritet potrošača. Drugi spremnik se zagrijava tek kada je potreba prvog prioriteta pokrivena.



Slika 4.3. Sistem sa dva spremnika

4.1.3. Topla voda za zagrijavanje bazena

Česta je potreba da se bazen zagrijava putem solarne energije.

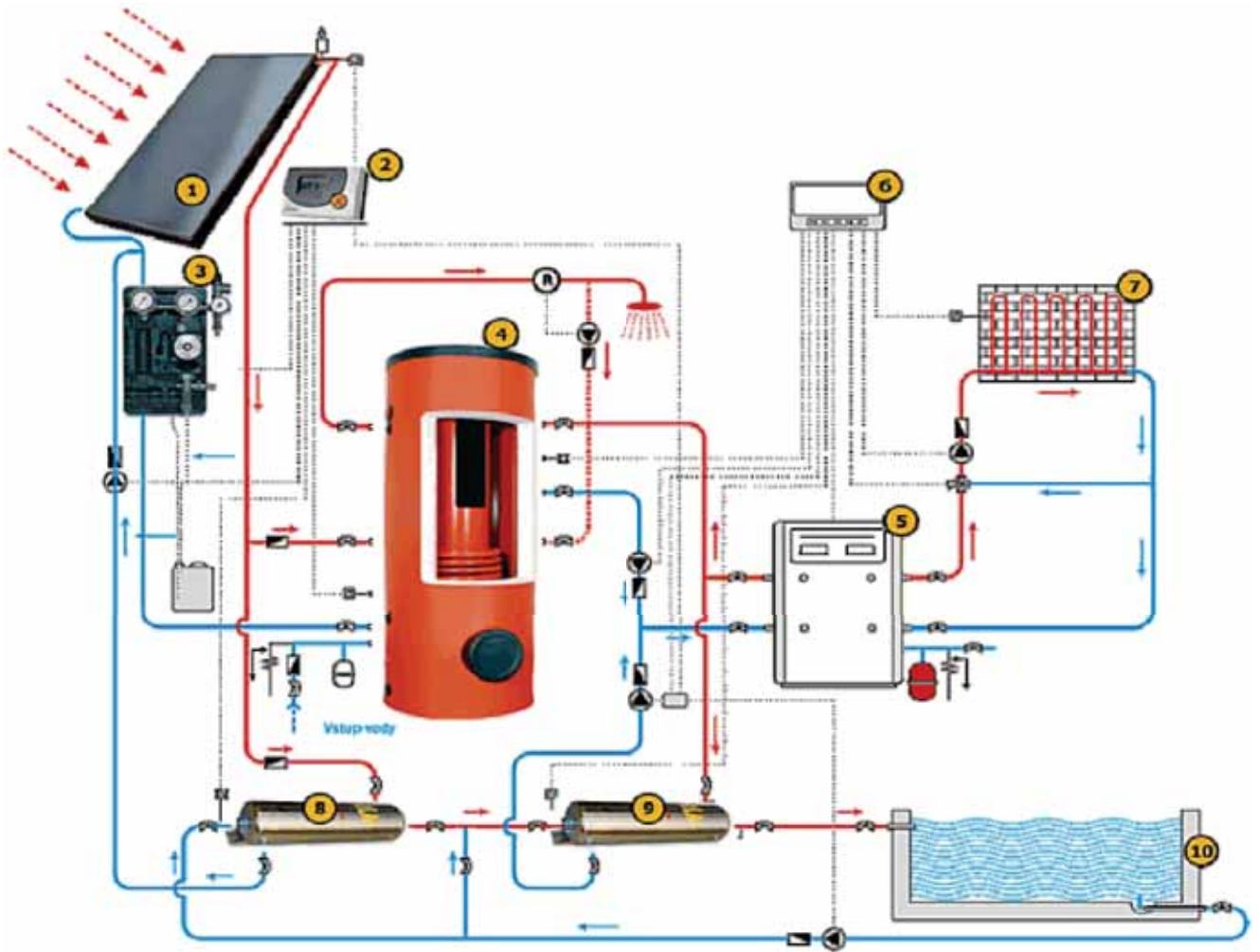
Prednost zagrijavanja bazena je u tome što velike količine toplote koje nastaju ljeti u kolektoru mogu biti iskorištene, a to opet vodi efikasnijem korištenju površine kolektora.

U pravilu se bira veća površina kolektora nego kada je kolektor samo za grijanje vode.

Slika 4.4 pokazuje princip rada jednog solarnog sistema sa podrškom grijanju bazena. Radi se o sistemu sa dva spremnika sa mogućnošću odabira prioriteta.

Sistem za solarno zagrijavanje tople vode, centralno grijanje i zagrijavanje vode u bazenu je ekonomičan sistem za solarno zagrijavanje potrošne tople vode, centralno grijanje i zagrijavanje vode u bazenu. Ekonomičnost se ogleda u slijedećem:

- ✓ mogućnost povezivanja na druge toplinske izvore,
- ✓ godišnja ušteda do 70% na troškovima zagrijavanja vode i 35% na troškovima za centralno grijanje,
- ✓ mnogo varijanti spremnika tople vode,
- ✓ mogućnosti primjene – kuće, sportski centri, hoteli, proizvodni pogoni ...
- ✓ jednostavna montaža,
- ✓ dugi vijek trajanja.

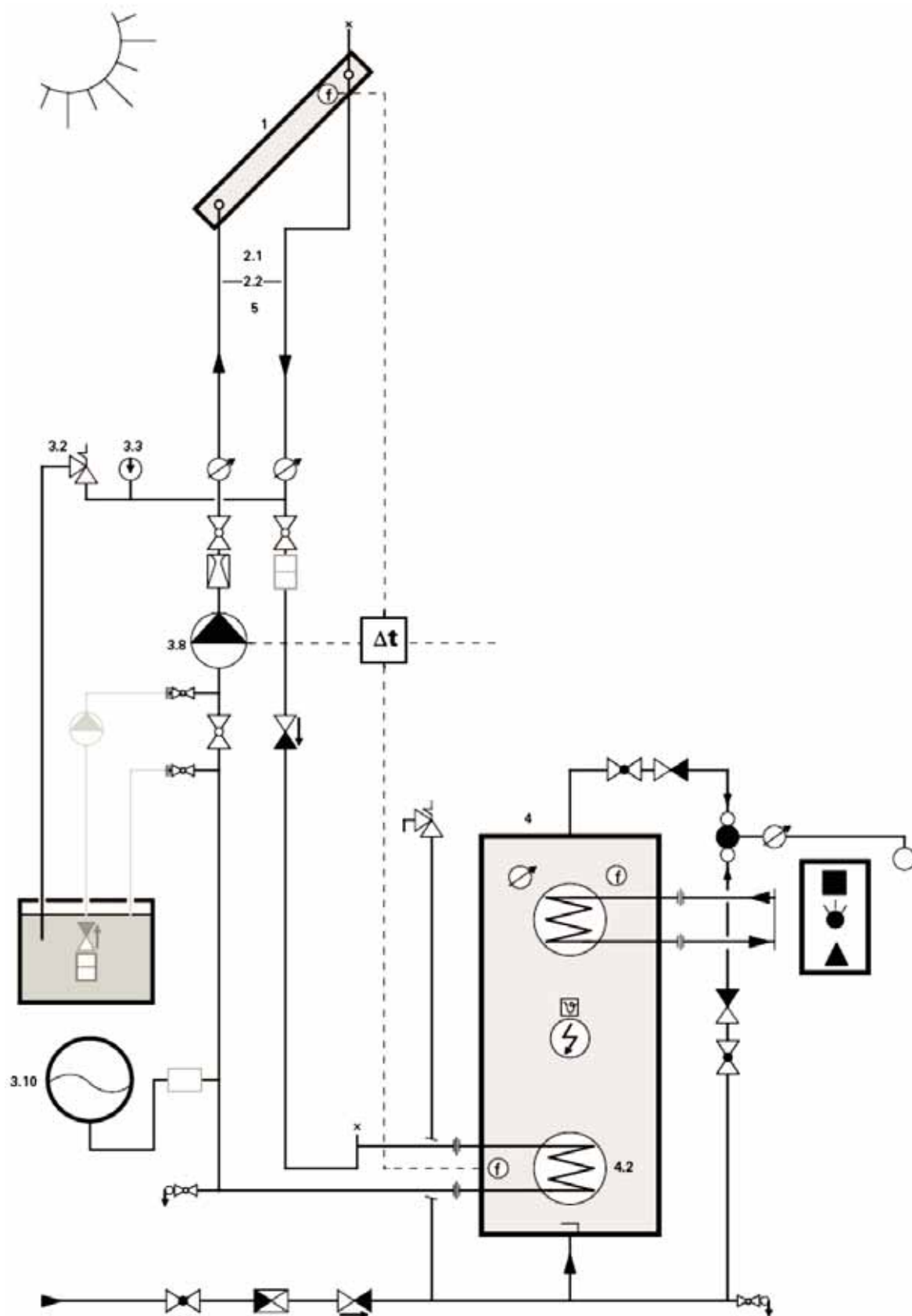


1. Kolektor, 2. Solarna regulacija, 3. Pumpna stanica, 4. Spremnik vode, 5. Alternativni izvor toplote (pelet),
6. Kontrolni uređaj sa senzorima, 7. Radijator, 8. I 9. Nehrđajući bazenski ismjenjivači, 10. Bazen.

Slika 4.4. Zagrijavanje bazena solarnim grijanjem

5. SOLARNI SISTEM ZA PORODIČNU KUĆU

5.1. Osnovna šema sistema za porodičnu kuću

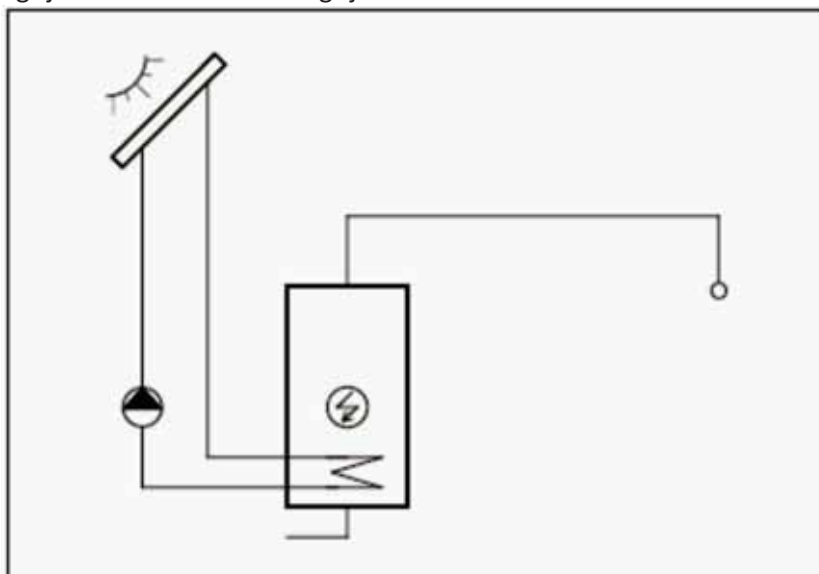


Slika 5.1. Osnovna šema sistema za porodičnu kuću

5.2. Varijante i dopune osnovne šeme

Dodatna energija iz elektro-mreže:

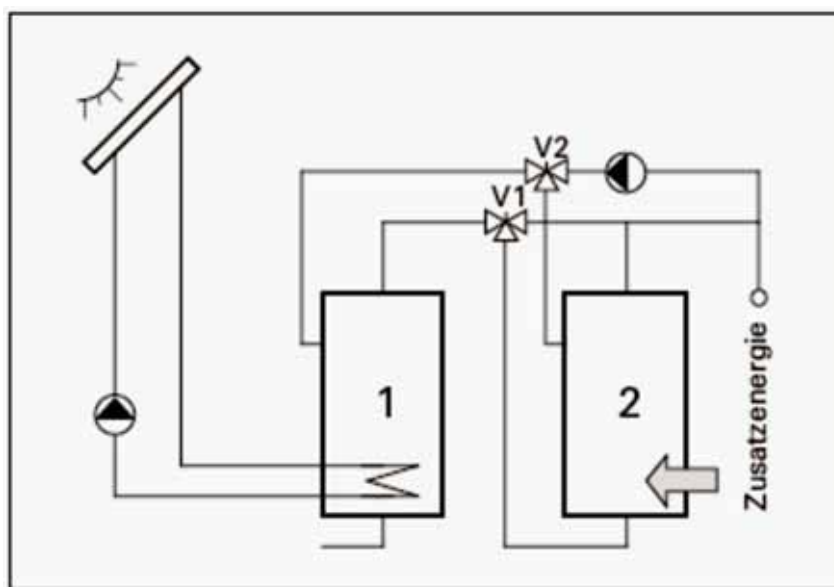
Električni grijač se nalazi u središtu grijača vode.



Slika 5.2. Varijanta za dodatnim električnim grijačem

Sistem sa dva grijača vode:

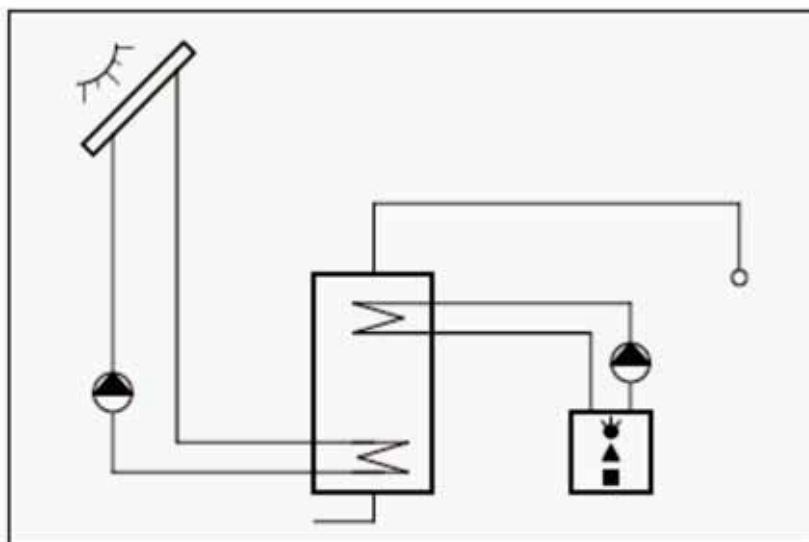
- ✓ Grijači su serijski vezani; dodatna energija je spojena sa grijačem 2.
- ✓ Trokraki ventil (V1) za obilaženje grijača dodatnim izvorom energije tokom ljeta, kada ovaj uzrokuje velike gubitke energije.
- ✓ Trokraki ventil (V2) za usmjeravanje cirkulacije tople vode:
 - Zimi ka grijaču sa dodatnim izvorom energije (2)
 - Ljeti ka solarnom grijaču vode (1).



Slika 5.3. Varijanta za dva grijača vode

Dodatna energija ulje, plin, drvo:

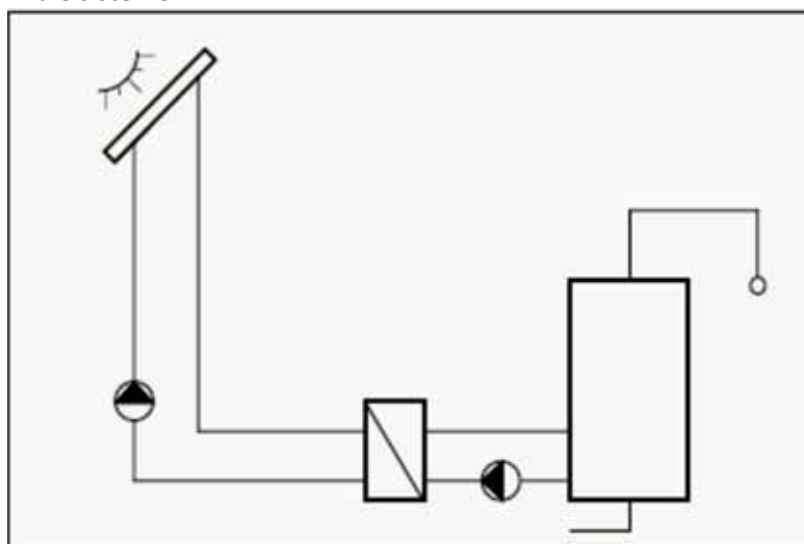
Izmjenjivač toplote dodatne energije nalazi se između srednjeg i gornjeg dijela grijača vode.



Slika 5.4. Varijanta sa nekim drugim vidom dodatne energije

Sistem sa izmjenjivačem toplote koji se nalazi vani:

Ne koristi se za male sisteme.



Slika 5.5. Varijanta sa izmjenjivačem izvan rezervoara za vodu

5.3. Dimenzioniranje kolektora

1.01. Vrijednosti za dimenzioniranje kolektora	Jedinica	Standardni sistem	Preporučene vrijednosti
Potrošnja tople vode po osobi na dan	l/d pri 55°C	50	50
Nagib kolektora:			
Područje sjeverne BiH	°(stepen)	15-60	30-45
Područje juga BiH	°(stepen)	25-60	45-60
Orijentacija kolektora	°(stepen)	-45 I do +45 Z	-30 I do + 30 Z
Stepen efikasnosti kolektora pri $\eta_{0,05}$	%	50-65	**
Relativna kolektorska površina (A_{rel})	m ² /osoba	1,2	1,0-1,5

Tabela 5.1. Dimenzioniranje kolektora za sjever i jug naše zemlje

Informacije za dimenzioniranje

- ✓ Relativna površina kolektora (A_{rel}) koja prelazi preko 1,2 m² po osobi obično dozvoljava da se **dodatni izvor energije ne koristi tokom ljeta.**
- ✓ Površina kolektora se zaokružuje na veličinu norme odabranih kolektora.
- ✓ Vrijednosti u sivom dijelu dijagrama imaju slijedeće karakteristike:
 - Karakteristike sistema su blizu optimuma.
 - Preporučene vrijednosti za dimenzioniranje su primjerene po ekonomskoj i tehničkoj logici.

** Veliki stepen efikasnosti povećava dobit od sistema. Ali, prilikom odabira kolektora treba uzeti u obzir i kvalitet i finansijske aspekte.

5.4. Prijedlog standardnog sistema

Broj osoba	Potrošnja tople vode po danu pri 55°C	Površina kolektora m ² (1,2 m ² /osobi)	Cijevi solarna cirkulacija Ø	Pumpa: protok l/h	Pumpa: pritisak pumpanja mbar (x 0,01 = mWS)	Posuda za ekspanziju Tip (metoda B)	Grijač vode Totalni volumen VT Litar	Solarni izmjenjivač toplote Površina m ²	Medij za prijenos toplote Sadržaj Litar
2	100	2,4	3/8"	120	160	25	200	0,5	15
3	150	3,6	3/8"	180	200	35	250	0,7	18
4	200	4,8	½"	240	200	50	350	1,0	25
5	250	6,0	½"	300	250	50	450	1,2	28
6	300	7,2	½"	360	350	80	500	1,5	32
7	350	8,4	¾"	420	350	80	600	1,7	42
8	400	9,6	¾"	480	200	80	700	1,9	46
9	450	10,8	¾"	540	220	110	750	2,2	50
10	500	12,0	¾"	600	250	110	800	2,4	55
11	550	13,2	¾"	660	300	110	900	2,7	57
12	600	14,4	¾"	720	350	110	1000	2,9	60

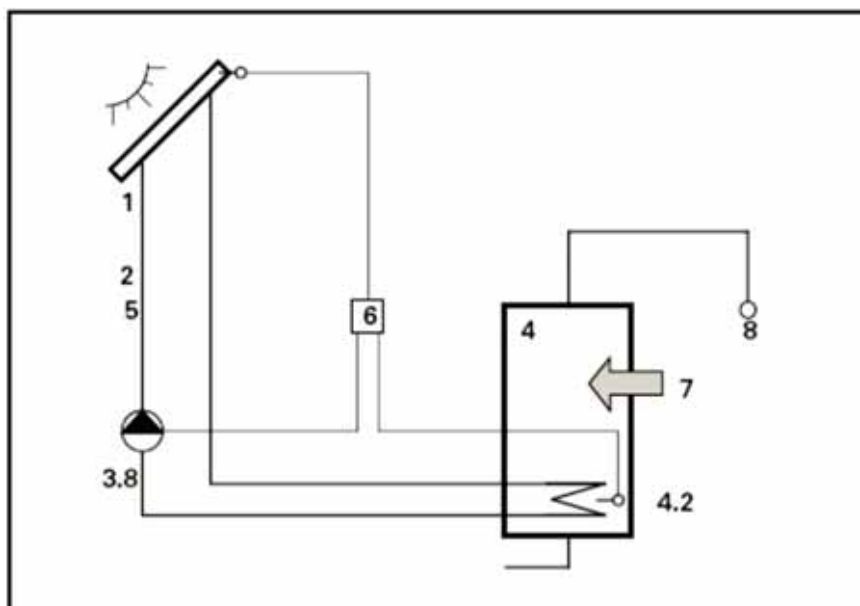
Tabela 5.2. Prijedlog standardnog sistema

- ✓ Reaktivni pritisak sigurnosnog ventila je 3 bara.
- ✓ Manometar sa skalom 0-4 bara.
- ✓ Vrijednosti dimenzioniranja standardnog sistema su definirane u tabeli 5.2..
- ✓ Pomoću odgovarajućih dijagrama može se odrediti i solarni stepen pokrivenosti.

Osnovne komponente koje se montiraju su:

1. Solarni kolektori
2. Cijevi solarne cirkulacije
- 3.8. Pumpa
4. Grijač vode
5. Medij za prijenos toplote

- 6. Regulator
- 7. Dodatna energija
- 8. Potrošač tople vode

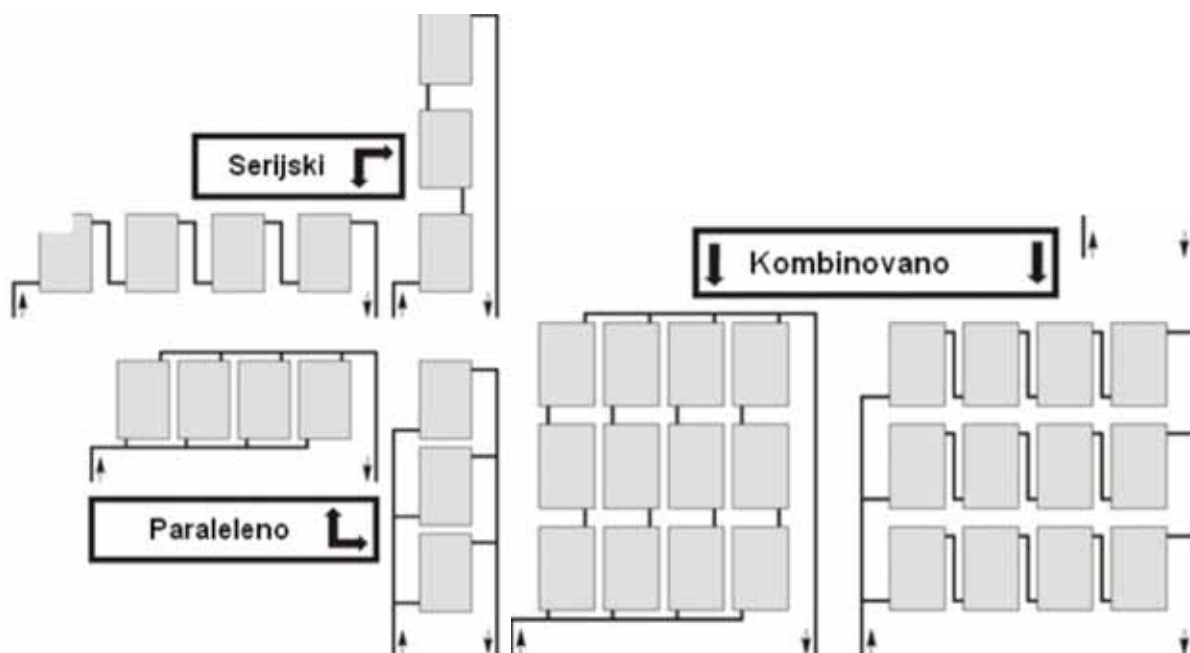


Slika 5.5. Osnovne komponente standardnog sistema

Pumpa se uključuje kada je temperatura u kolektoru viša od temperature u grijaču.

5.5. Proširenje solarnog sistema za toplu vodu

1m² panel-kolektora dovoljan je za dnevne potrebe jedne osobe za toplom vodom. Međutim, ako je cilj korišćenje solarne energije za zagrijavanje objekata (npr. kuće), a ne samo vode za topla tuširanja, sudopere itd., onda je potrebna površina kolektora veća. Dakle, u slučaju korišćenja solarnih sistema za kompletno zagrijavanje kuće za jednu četvoročlanu porodicu 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.



Slika 2.12. Različiti načini spajanja solarnih kolektorskih panela

Dva ili više kolektora se mogu spojiti na nekoliko načina s obzirom na to kako namjeravamo koristiti vodu. Praktično su u upotrebi: 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.

Za ispravno instaliranje termosifonskih solarnih sistema treba voditi računa i o sljedećem:

- ✓ Solarne sisteme je najbolje orijentirati prema jugu, neposredno ispod spremnika za vodu. Moguća je i zapadno ili istočna orijentacije ali ćemo smanjiti efikasnost sistema za oko 20%.
- ✓ Spremnik za toplu vodu mora uvijek biti instaliran iznad solarnih kolektora.
- ✓ Sredstvo protiv smrzavanja (propilen glikol) treba pripremiti tako da bude zaštita na -25 °C.
- ✓ Ako spremnik za vodu ima električni grijač, koji po potrebi automatski dogrijava vodu, tada je teško uočiti eventualne kvarove u funkcioniranju solarnog sistema. Zato treba tokom ljeta periodično iskuljučivati električni grijač i provjeriti ispravnost sistema.
- ✓ Ako se rad električnog grijača na tajmeru ograniči na 17:00 – 23:00 sat, postoje dodatne uštede.
- ✓ Cijevi koje odvede toplu vodu iz kolektora do spremnika moraju biti izolirane da bi umanjili gubitak toplote do koje će doći tokom 24 sata.
- ✓ Preporučuje se korištenje plastičnih cijevi, koje su otporne na niske temperature. Sve cijevi moraju biti izolirane zbog smanjenja toplotnih gubitaka i dodatne zaštite od smrzavanja.
- ✓ Četiri sedmice nakon instaliranja mora biti urađena kontrola funkcioniranja solarnih sistema, a poslije toga je neophodno vršiti kontrolu jedanput godišnje.
- ✓ Prilikom instaliranja rezervoara za toplu vodu ispod krova, mora se osigurati da nema grešaka na spojevima i oštećenja cijevi da ne bi došlo do curenja vode. Preporučuje se da se osigura odvodnja vode izvan objekta, do koje može doći prilikom kvara na sistemu.
- ✓ Kod ovih sistema se ne ugrađuje automatski ventil za ozraku i izlazak pare.
- ✓ Svi cjevovodi između solarnih kolektora i spremnika za vodu moraju se uvijek uspinjati bez krivina na "dole" inače neće funkcionirati termosifonski sistem.

Nekoliko praktičnih savjeta za samogradnju solarnih panela:

- ✓ Vlaga 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.
- ✓ 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 izolacije za 2,5cm, može doći do povećanog gubitka toplote u panelu za oko 8%.
- ✓ 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 4mm.
- ✓ Solarni kolektorski panel treba biti dva puta duži od svoje širine, a najmanje dug 1m, mada će očigledno mjesto na koje planiramo postaviti kolektorski panel zahtijevati različite dimenzije.

Solarnu energiju imamo na dohvata ruke i u neograničenim količinama. Dobrodošli među pionire ovih tehnologija u našoj državi i želimo vam da izaberete sistem koji vama najbolje odgovara.



ČUVAJMO OKOLIŠ!