Obnovljivi izvori energije

Solarna termalna energija (radni materijal)

Dragan Pantić

IZDAVAČ: ELEKTRONSKI FAKULTET U NIŠU

ELFAK.NI.AC.RS

Osnovne informacije o ...

Prvo izdanje, Novembar 2019.

Contents

1 Solarna termalna energija 5

1.1 Da li ima dovoljno solarnog zračenja da bi ulaganja u solarni termalni sistem bila ekonomski opravdana? 6

1.2 Primene solarnih termalnih sistema 6

1.3 Zagrevanje vode 7

1.4 Dizajn solarnog termalnog sistema 7

1.5 Karakteristike i vrste kolektora 8

1.5.1 Ravni (flat) solarni kolektor: Firebird CPK7210-N 10
1.5.2 Ravni solarni kolektor: Bosch Solar 4000 TF 10
1.5.3 Solarni kolektor sa vakuumskim cevima: Firebird CVSKC-10 13
1.5.4 Solarni kolektor sa vakuumskim cevima: Bosch Solar 8000 TV 15
1.5.5 Toplocevni (Heat Pipe) solarni kolektor - TZ58-1800 17

1.6 Projektovanje solarnog sistema 20

1.6.1 Procedura projektovanja solarnog sistema 20

1.7 Projektovanje ostalih delova sistema 23

1.7.1 Cevi 23
1.7.2 Dimenzionisanje pumpe 25
1.7.3 Dimenzionisanje ekspanzionog suda 26

1.8 Stagnacija 26

1.9 Solarni sistemi 26

1.9.1 Firebird: Solarni sistem pod pritiskom bez ozračivanja 26
1.9.2 Firebird: Otvoreni solarni sistem 26
1.9.3 Firebird: East/west solarni sistem 26
1.9.4 Firebird: Solarni sistem za dva rezervoara 26
1.9.5 Bosch solarni set 1: A1/200/FCC 26

2 CENE - TERMAL 33
3 BOSH 49

1. Solarna termalna energija

Savremeni trendovi korišćenja obnovljivih izvora energije uz zadovoljenje visokih standarda zaštite životne sredine, izbacili su solarne termalne sisteme u sam vrh najsavremenijih tehnoloških rešenja. Solarni sistemi iskorišćavaju neiscrpnu i besplatnu sunčevu energiju, koja se zahvaljujući najmodernijoj automatici koriste za pripremu tople sanitarne vode i podršku sistemu grejanja.

Na samom početku, navešćemo samo neke od prednosti solarnih sistema za zagrevanje vode:

- **Ušteda** - solarni termalni sistemi mogu da smanje račune za grejanje vode preko 90% u toku leta i više od 30% u toku zime, što predstavlja prosečnu godišnju uštedu od 50-70%.
- **Zaštita okoline** - domaćinstva generišu skoro 30% od ukupne emisije CO_2, tako da bi korišćenje solarnih termalnih sistema značajno uticalo na smanjenje emisije CO_2.
- **Energetska nezavisnost** - eventualne nestašice energije i povećanje cene energije, ne utiču na domaćinstva koja su opremljena solarnim termalnim i fotonaponskim sistemima.
- **Održavanje bojlera** - produžava se životni vek boijlera zbog njihovog manjeg korišćenja.
- **Energetski pasoš objekta** BER (Building Energy Rating) - ugradnjom solarnih termalnih sistema značajno se popravlja energetski pasoš objekta što utiče na povećanje njegove vrednosti.
- **Nove zakonske regulative** - predvidjaju da novosazidani objekti redukuju emisiju CO_2, pa je ugradnja solarnih termalnih sistema idealno rešenje za ostvarivanje ovog zahteva.
- Ponuda solarnih kolektora najviših performansi, lake i čvrste konstrukcije uz visok stepen apsorpcije i najmanju emisiju.
- Laka montaža zahvaljujući širokoj paleti predmontažnih setova za montažu na krov, u krov, ili fasadu. Inteligentno rešenje spajanja brzim spojnicama uz minimalni trud i alat.
- Zahvaljujući automatici i FX regulaciji, moguća je integracija u najsloženije sisteme i hibridna rešenja sa uredjajima na druge izvore goriva.
- Moguća je aktivna i pasivna optimizacija sa sistemima na gas uz visoke uštede u pripremi tople sanitarne vode i podrški sistemu grejanja.
- Najsavremenija prateća oprema, solarni akumulacioni bojleri, moduli i pribori.
- Proizvodnja od visoko kvalitetnih materijala otpornih na koroziju, okolne uticaje, i dodatna mehanička opterećenja poput snega, grada i vetra.

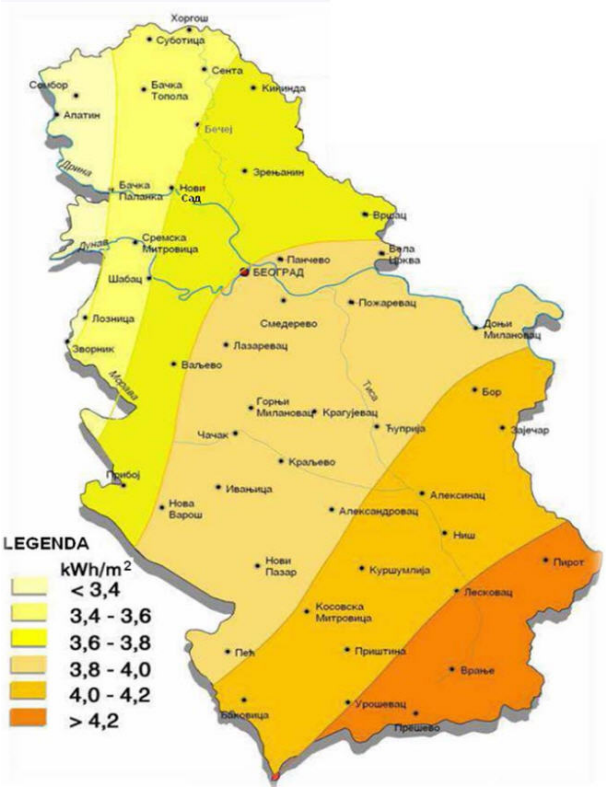

Figure 1.1: Prosečna dnevna solarna insolacija na horizontalnu površinu.

1.1 Da li ima dovoljno solarnog zračenja da bi ulaganja u solarni termalni sistem bila ekonomski opravdana?

Ovo je pitanje koje sebi postavlja svako ko želi da na svom objektu instalira solarni termalni sistem. Na početku, potrebno je imati u vidu da Sunce ne mora da sija da bi solarni termalni sistemi zagrevali vodu. Rad ovih sistema se zasniva na direktnom sunčevom zračenju, kao i na difuzionom zračenju (rasejavanje sunčevih zraka na oblacima i prašini, kao i njihova refleksija od površine i okolnih objekata), tj. indirektnom zračenju. Na slici 1.1 je prikazana prosečna dnevna solarna insolacija u Srbiji i kao što se može videti, ona se kreće u opsegu od 3 do 4.5 kWh/m^2, što je značajno više od, na primer solarne insolacije u Nemačkoj, a poznato je da je Nemačka jedna od vodećih zemalja u korišćenju solarne energije.

Znači odgovor na postavljeno pitanje je apsolutno pozitivan. Naravno, u toku letnjih meseci, dobro projektovan solarni termalni sistem će u potpunosti zadovoljiti potrebe domaćinstva za toplom vodom, a u toku zimskih meseci, kada je insolacija manja, će biti neophodno koristiti i neke druge izvore energije za zagrevanje vode. Potrebno je imati u vidu da jedan dobro projektovan solarni termalni sistem za prosečno domaćinstvo smanjuje emisiju $CO-2$ za preko pola tone godišnje.

1.2 Primene solarnih termalnih sistema

Solarni termalni sistemi imaju veliki broj različitih primena, pri čemu period potreban za povraćaj sredstava uloženih u realizaciju sistema pre svega zavisi od njegove namene.

- **Zagrevanje vode za potrebe domaćinstva** - predstavlja najčešću primenu solarnih termalnih sistema. Ovde je moguće ostvariti velike uštede, s obzirom da se više od 5% ukupno godišnje proizvedene i utrošene energije upotrebi za zagrevanje vode.
- **Zagrevanje prostora** - solarni termalni sistemi mogu da daju značajan doprinos zagrevanju

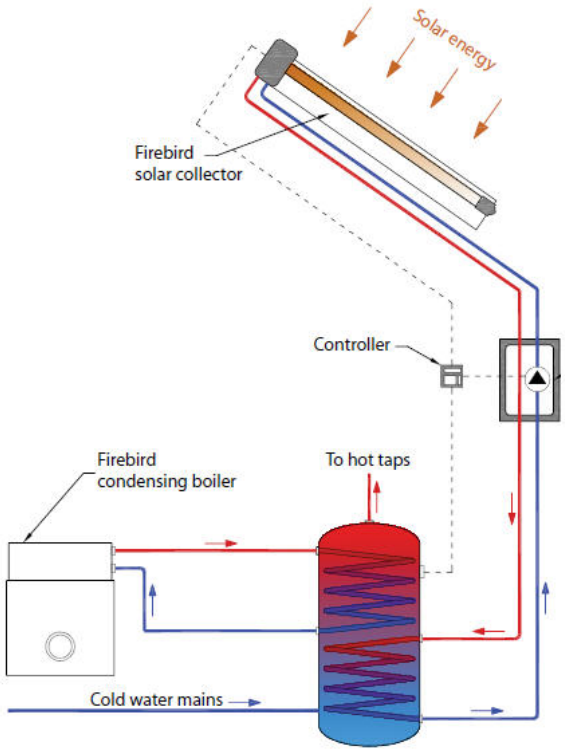

Figure 1.2: Tipičan solarni sistem za zagrevanje vode: kolektor, rezervoar tople vode i kontrolni sistem sa pumpom.

stambenih objekata, pri čemu se najbolja efikasnost postiže kod objekata koji imaju podno grejanje i paralelno uradjen sistem za zagrevanje vode.

- **Zagrevanje bazena** - predstavlja jednu od najboljih primena solarne energije za zagrevanje vode.
- **Komercijalne i primene u poljoprivredi** - obuhvataju primene sistema u hotelima, farmama, mlekarama, industriji za preradu hrane, i svuda gde postoji potreba za toplom vodom. U ovom primenam, sredstva uložena u solarne termalne sisteme se veoma brzo vraćaju.

1.3 Zagrevanje vode

Za zagrevanje vode se koriste specijalno projektovani krovni paneli i vakuumske cevi koje apsorbuju solarnu energiju. Krovni paneli i vakkumske cevi se nazivaju kolektori. Energija koju apsorbuje kolektor se konvertuje u toplotu preko niza cevi u kojima se nalazi tečnost (tzv. solarni fluid) koja ne može da se smrzava na niskim temperaturama, najčešće glikol. Kontrolni sistem reguliše rad pumpe koja pumpa ovu tečnost kroz sistem cevi u kolektoru i rezervoar tople vode, pri čemu se toplota iz cevi prenosi na vodu koja se nalazi u rezervoaru (slika 1.2).

1.4 Dizajn solarnog termalnog sistema

Pre same realizacije solarnog termalnog sistema potrebno je razmotriti uticaj nekoliko bitnih parametara, kako bi pravilno projektovali, optimizovali i dimenzionisali sistem.

Orijentacija - azimut

Ugao azimuta predstavlja ugao izmedju pravca jug i tačke na horizontu koja se nalazi direktno ispod Sunca. Optimalne karakteristike se dobijaju kada je ugao azimuta jednak 0^o. Kolektori instalirani

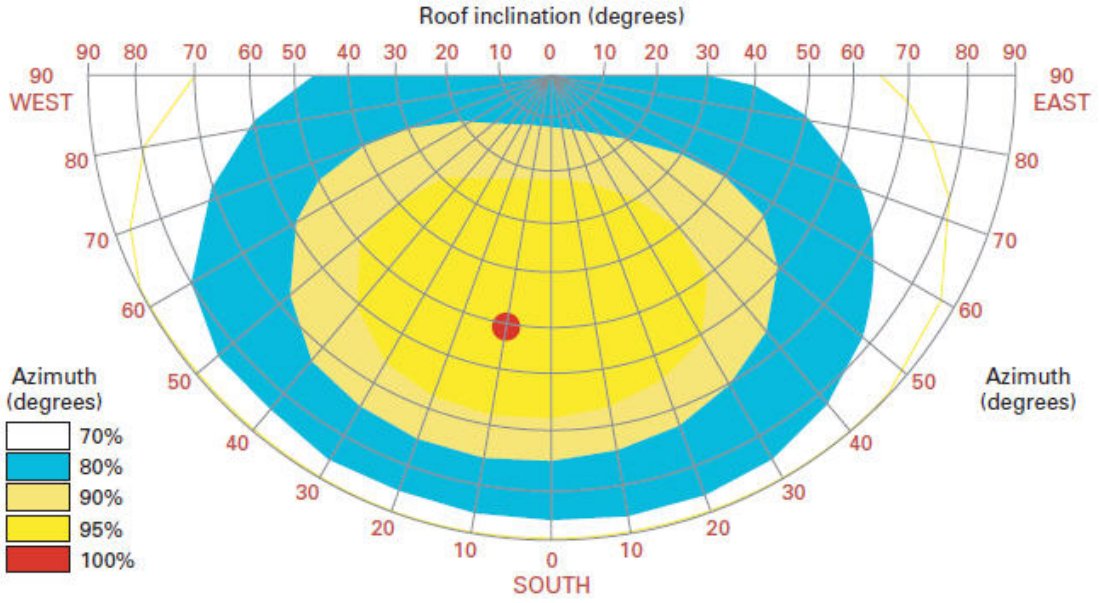

Figure 1.3: Karakteristike solarnog sistema za zagrevanje vode u zavisnosti od orijentacije i nagiba.

pod uglovima 40^o istočno i 40^o zapadno u odnosu na pravac juga pokazuju manja odstupanja u karakteristikama u pogledu efikasnosti (slika 1.3). Medjutim, kada su odstupanja u uglovima pod kojim se instalira kolektor veća, efikasnost kolektora je značajno manja, pa se to mora uzeti u obzir pri projektovanju sistema.

Orijentacija - nagib

Ugao nagiba solarnog sistema je ugao izmedju ravnog krova/površine zemlje i kolektora. Kako ugao Sunca varira u toku godine (slika 1.4) optimalno je da se kolektor instalira pod nagibom izmedju 20^o i 45^o. Potrebno je napomenuti da je većina solarnih kolektora projektovana da može instalirati pod uglom od 15^o do 75^o.

Senka

Osenčenost može značajno da degradira karakteristike solarnog sistema. Kada sagledamo lokaciju gde je potrebno isntalirati solarni sistem, od suštinske je važnosti da se izabere prava lokacija kolektora gde ne postoji mogućnost da ih neki obližnji objekat ili drvo osenči, ili da se bar efekat osenčenosti svede na minimum.

Uticaj vetra

Kolektori i držači kolektora se projektuju tako da mogu da izdrže vetar u nekih razumnim, definisanim granicama. U oblastima gde su naleti vetra izuzetno jaki, to se mora uzeti u obzir kod projektovanja sistema. Kako bi se minimizirao uticaj vetra na kolektore, preporučuje se da se ne instaliraju na rastojanju manjem od 0.5m od ivice krova ili nadstrešnica.

1.5 Karakteristike i vrste kolektora

Radi opisa kvaliteta solarnih kolektora i poređenja njihovih efikasnosti najpre su dati neki karakteristični podaci. Ovi podaci se odredjuju standardnim metodama za ispitivanje, od strane nezavisnih instituta za testiranje.

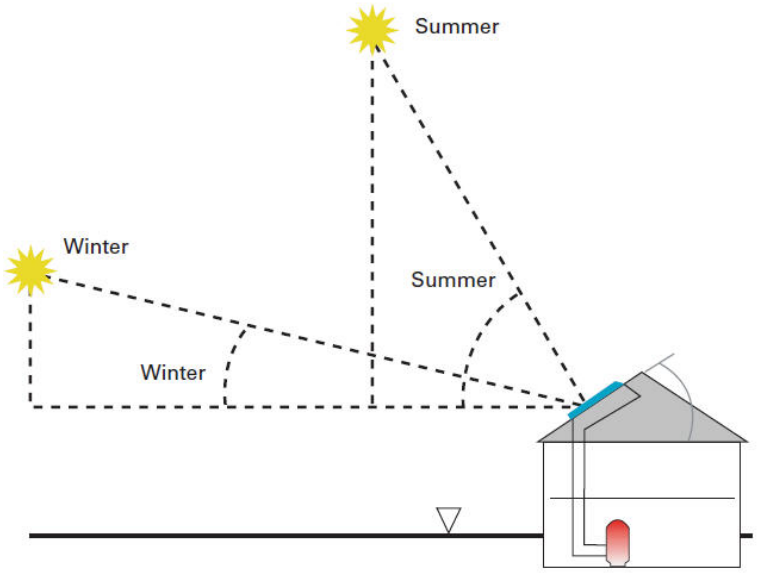

Figure 1.4: Nagib kolektora i solarno zračenje u toku leta i zime.

Faktor konverzije - η_0 (%)

Faktor konverzije je maksimalna efikasnost solarnog kolektora izražena u procentima. Ona se postiže ukoliko je srednja temperatura solarnog kolektora jednaka temperaturi okoline (slika 1.5). η_0 = 0.79, kada je temperatura kolektora jednaka okolnoj temperaturi, $\eta_{0.5}$ = 0.61 kada je temperaturna razlika izmedju kolektora i okoline 40K, i $\eta_{0.1}$ = 0.4 kada je temperaturna razlika izmedju kolektora i okoline 80K.

Koeficijent toplotnih gubitaka - U (W/m^{2}K)

Opisuje srednje toplotne gubitke solarnog kolektora u odnosu na osvetljenu površinu kolektora i temperaturnu razliku izmedju radne temperature kolektora (koja je jednaka srednjoj temperaturi kolektora) i temperature okoline.

Karakteristike kolektora

Karakteristika kolektora daju zavisnost efikasnosti kolektora od temperaturne razlike izmedju radne temperature kolektora i temperature okoline, kao i od izloženosti suncu (ozračenosti). Karakteristike kolektora odredjuju metoda izrade kolektora i uslovi u kojima on radi. Na karakteristike dominantno utiču: propusnost svetlosti kroz zastakljenje kolektora, vrsta apsorpcionog premaza apsorbera, toplotna izolacija i gubici toplote zračenjem i konvekcijom.

U energetskom smislu, najpogodniji su kolektori sa velikim faktorom konverzije, malim koeficijentom toplotnih gubitaka i ujednačenom karakteristikom. Za medjusobno poredjenje solarnih kolektora važna je efektivna povrvsina apsorbera, pošto se pomoću nje odredjuje ukupna količina energije koju prikupi kolektor.

Testiranje kolektora

Kvalitet i energetska efiksanost solarnih kolektora odredjuju nezavisne institucije na osnovu standardnih procedura za testiranje, npr. u skladu sa standardom EN 12975. Na osnovu ovih testiranja izdaje se Evropska oznaka za kvalitet solarnih kolektora „Solar KEYMARK" i to je znak da ispunjavaju najviše standarde kvaliteta.

U nastavku ćemo dati karakteristike nekoliko različitih solarnih kolektora proizvodjača Firebird koji se veoma često koriste pri izradi solarnih termalnih sistema.

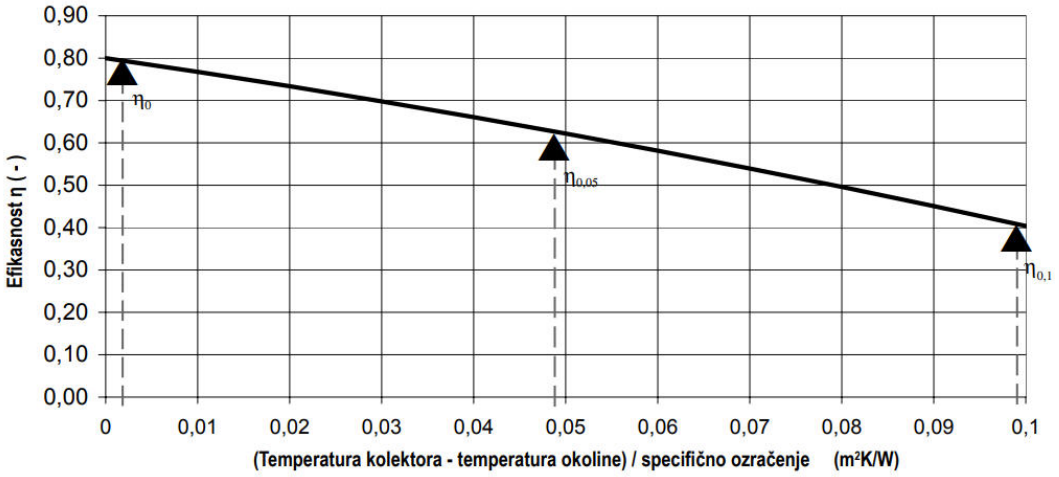

Figure 1.5: Karakteristika kolektora pri solarnom zračenju 800 W/m^2 u odnosu na površinu apsorbera bez uticaja vetra.

1.5.1 Ravni (flat) solarni kolektor: Firebird CPK7210-N

Ravni (flat) solarni kolektor Firebird CPK7210-N (slika 1.6) je pažljivo projektovan tako da maksimizuje apsorpciju i zadržava solarno zračenje. Kolektor ima apsorber ploču koja je napravljena od bakra i obložena visokoselektivnim slojem TiNOX. Ovim se dodatno pojačava sposobnost kolektora da prihvati i zadrži solarnu energiju. Poprečni presek kolektora je prikazan na slici 1.7.

Fluid protiče kroz paralelne bakarne cevi koje su ultrasonično zavarene na poledjinu apsorberske ploče. Izolacija od mineralne vune iza apsorbera služi da se dodatno smanje gubici toplote. Ojačano staklo debljine 3.2mm pokriva kolektor sa starne koja je okrenuta prema Suncu, čime se dodatno smanjuju gubici koji su posledica konvekcije. Pored toga, staklo smanjuje zračenje toplote od apsorbera ka okolini (efekat staklene bašte). Slika 1.8 prikazuje raspored cevi kod ovog kolektora. Mreža dvostruko paralelnih cevi produžava tok fluida kroz kolektor, što omogućava izbalansiranu raspodelu temperature na kolektoru. Osnovni podaci o ovom kolektoru su dati u tabeli 1.1.

1.5.2 Ravni solarni kolektor: Bosch Solar 4000 TF

Radi se o visokoefikasnom ravnom solarnom kolektoru (slika 1.6) za vertikalnu montažu na kosi ili ravni krov, sa solarnim struktuiranim staklom, čija je konstrukcija prikazana na slici 1.9. Sigurnosno staklo je sa malim sadržajem gvoždja, otporno je na udare i obezbedjuje veliku propusnost svetla i malu refleksiju. Poseduje takozvani strip-apsorber sa visokoselektivnom prevlakom. Kućište kolektora je od aluminijuma i veoma je lagan za manipulaciju. Toplotna izolacija, debljine 25mm, je od mineralne vune. Zadnja strana je od lima Al-Zn koji je otporna na koroziju. Kolektor ima specijalne hidrauličke priključke (slika 1.10), koje je BOSCH razvio na osnovu iskustava iz automobilske industrije. Ovaj sistem spojnica i hidraulučkih creva omogućava spajanje kolektora bez varenja ili lemljenja. Armirana creva su otporna na UV zrake i imaju odlična izolaciona svojstva tako da nije potrebna dodatna izolacija. Osnovni podaci o ovom kolektoru su dati u tabeli 1.2.

Verikalna montaža na kosi krov

Sistem za montažu na kosi krov (slika 1.11) se karakteriše svojim inteligentnim sistemom pričvršćenja najvišeg kvaliteta, koji je ujedno i jednostavan za montažu. Različiti sistemi montaže na krov, kao i podesive krovne kuke, omogućavaju montažu na različite tipove krova, brzo i sigurno. Sistem se izradjuje od aluminijskih profila, što garantuje dugi vek trajanja. U slučaju povećanih opterećenja od snega ili vetra, dodaju se specijalni sigurnosni profili.

Figure 1.6: Ravni (flat) solarni kolektori: Firebird CPK7210-N (levo) i Bosch Solar 4000TF (desno).

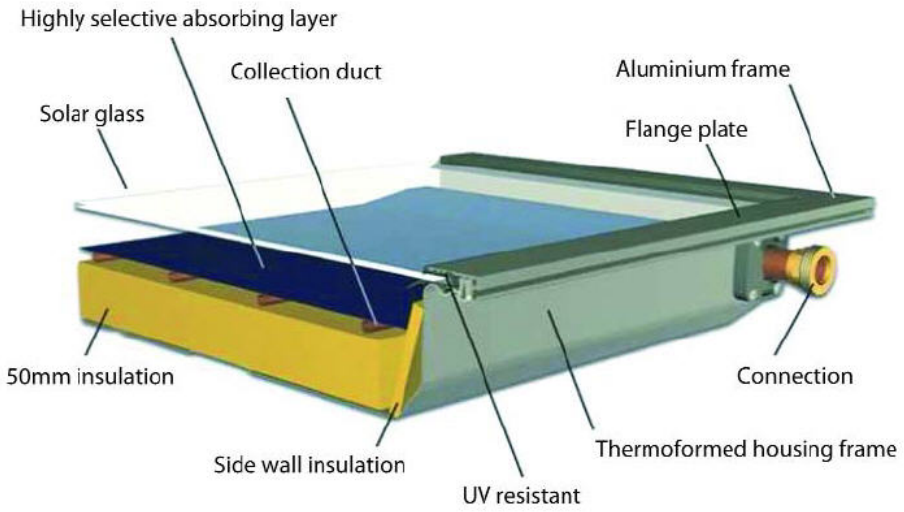

Figure 1.7: Poprečni presek solarnog kolektora - CPK7210-N.

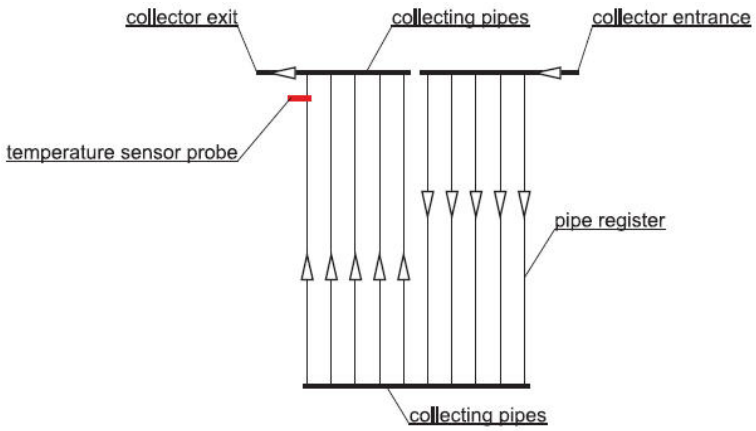

Figure 1.8: Raspored cevi kod solarnog kolektora Firebird CPK7210-N.

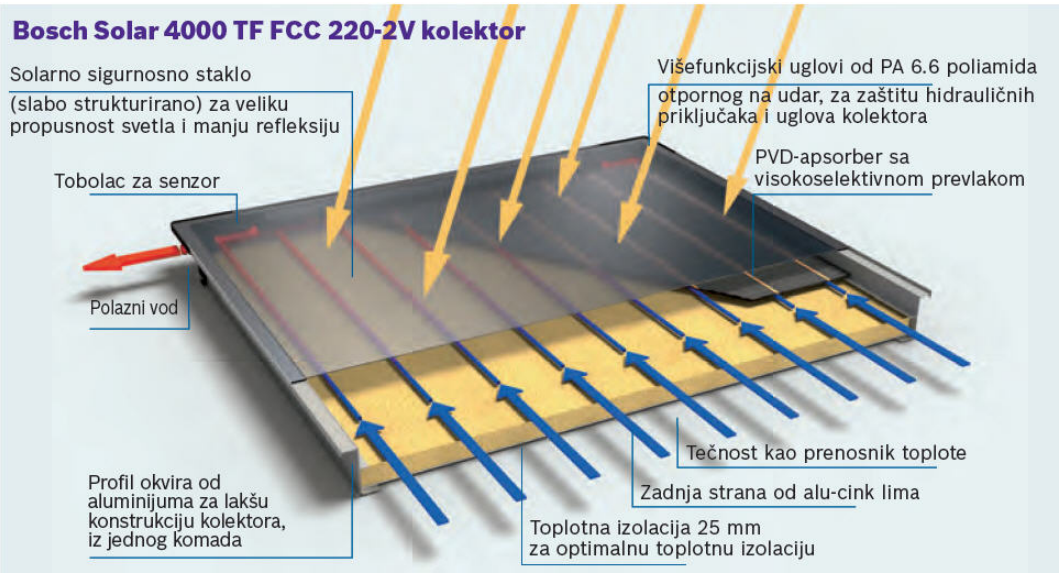

Figure 1.9: Ravni solarni kolektor Bosch Solar 4000 TF.

Figure 1.10: Hidraulički priključak solarnog kolektora.

Tip kolektora	CPK7210-N
Spoljašnje dimenzije kolektora: visina širina debljina	 2038 mm 1039 mm 98 mm
Neto masa kolektora	38 kg
Ukupna površina kolektora	2.11 m^2
Površina otvora kolektora	1.88 m^2
Površina apsorbera	1.79 m^2
Maksimalni radni pritisak	10 bar
Temperatura stagnacije	216 ^oC
Količina tečnosti u kolektoru	1.4 l
Dozvoljeni ugao nagiba	15^o do 75^o
Brzina protoka tečnosti	0.5 do 1.5 l/min po m^2
Solarni antifriz fluid	Tyfocor L ili nešto slično
Efikasnost kolektora bez gubitaka, η_0	74.1%
Godišnji prinos energije	>525 kW/m^2
Koeficijent gubitaka toplote, a_1	3.29 W/m^2 K
a_1/η_0 (collector performance ratio)	0.0134 W/m^2 K
Apsorpcija	>95%
Emisija	<5%

Table 1.1: Tehnički podaci za kolektor: Firebird CPK7210-N.

Verikalna montaža na ravan krov

Montažno rešenje za sve ravne krovove (slika 1.12), predstavlja veoma dobro rešenje, pre svega zbog aluminijumskog stalka koji se brzo i jednostavno montira. Aluminijumski stalak je na mestu montaže neophodno samo otvoriti i spojiti sa nosačima koji služe za pričvršćenje. Zahvaljujući mogućnosti da se ugao podešava izmedju 15^o i 35^o moguće je izabrati optimalan ugao i dobiti maksimalan solarni prinos. U slučaju povećanih opterećenja od snega ili vetra, dodaju se specijalni sigurnosni profili.

1.5.3 Solarni kolektor sa vakuumskim cevima: Firebird CVSKC-10

Ovo je trenutno jedan od najboljih kolektora (slika 1.13) koji se trenutno može naći na tržištu, koji daje veću efikasnost čak i u nepovoljnim vremenskim uslovima.

Svaka solarna cev se sastoji od dve staklene cevi koje su napravljene od izuzetno jakog borsilikatnog stakla. Spoljašnja cev je transparentna i ona dozvoljava da svetlost kroz nju prolazi sa minimalnom refleksijom. Unutrašnja staklena cev je premazana specijalnim selektivnim slojem koji obezbedjuje odličnu apsorpciju i minimalnu refleksiju solarnog zračenja. Vrh dve cevi je spojen, a zatim se iz prostora izmedju dve cevi izvlači vazduh i formira se vakuum izmedju dve cevi što eliminiše gubitke toplote usled kondukcije i konvekcije. Ovo znači da vetar i niske temperature mnogo manje utiču na karakteristike vakuumskih cevi u poredjenju sa uticajem koji imaju na funkcionisanje ravnih solarnih kolektora.

Kod ovog kolektora fluid protiče kroz U-cev koja je smeštena u unutrašnju staklenu cev (apsorber), kao što se vidi na slici 1.14. Selektivni sloj koji prekriva unutrašnju staklenu cev konvertuje solarnu energiju u toplotnu energiju. Toplotni transportni fluid, koji se nalazi u U-cevi se zagreva i prenosi toplotu zagrevajući vodu koja se nalazi u rezervoaru. s obzirom da fluid uzima energiju direktno od sunca, imamo veoma veliku efikasnost prikupljanja toplote koja

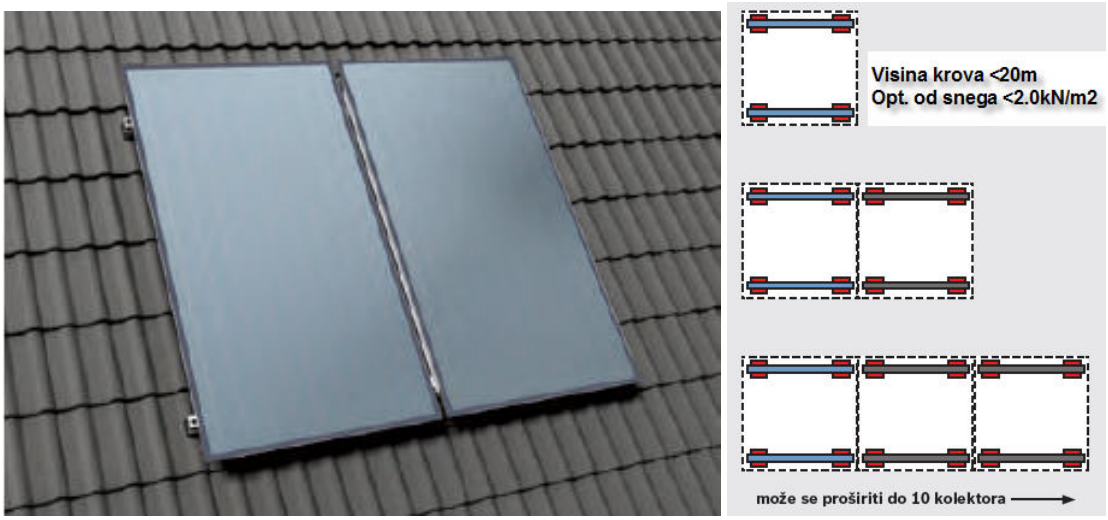

Figure 1.11: Montaža solarnog kolektora na kosi krov.

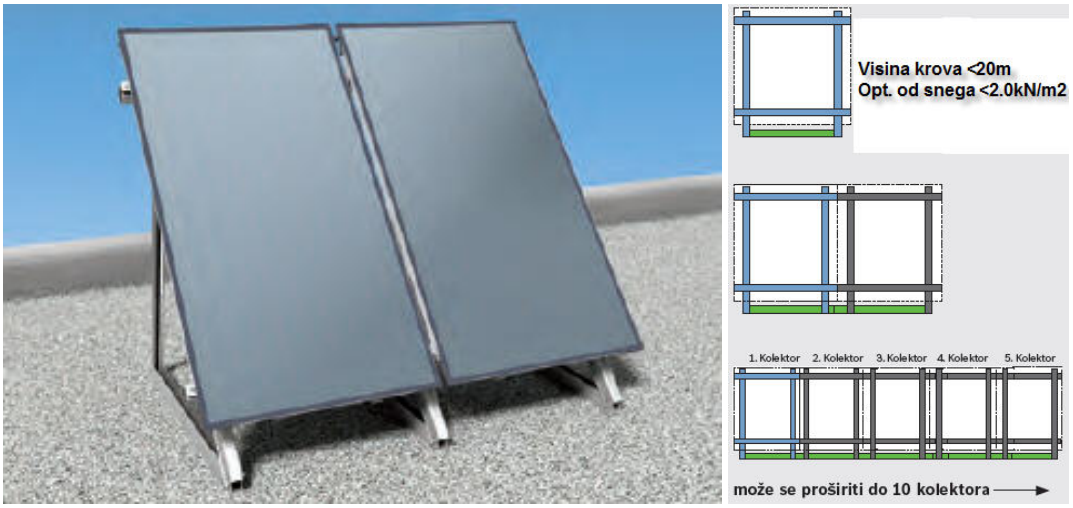

Figure 1.12: Montaža solarnog kolektora na kosi krov.

Tip kolektora		Bosch Solar 4000 TF
Spoljašnje dimenzije kolektora:		
visina	mm	2026
širina	mm	1032
debljina	mm	67
Neto masa kolektora	kg	38
Ukupna površina kolektora	m^2	2.09
Temperatura stagnacije/P_{max}	^oC/bar	194/6
Količina tečnosti u kolektoru	l	0.80
Efikasnost kolektora bez gubitaka, η_0	%	76.1
Apsorpcija	%	95 ± 2
Emisija	%	12 ± 2

Table 1.2: Tehnički podaci za kolektor: Bosch Solar 4000 TF

Figure 1.13: Solarni kolektori sa vakuumskim cevima: Firebird CVSKC-10 (levo), Bosch Solar 8000 TV (sredina) i Bosch Solar 8000 TV CPC.

ostaje konstantna u toku celog radnog veka kolektora jer se tokom eksploatacije ne degradiraju karakteristike U-cevi.

U cilju povećanja efikasnosti ovog kolektora iza vakuumskic cevi se dodaju visoko reflektivna i vodootporna CPC (*Compound Parabolic Concentrator*) ogledala. Ona "hvataju" sunčeve zrake i obezbedjuju da direktno i difuziono solarno zračenje padaju na apsorber, čak i kada su uglovi pod kojima zraci padaju nepovoljni (rano izjutra i kasno popdne). CPC reflektori daju značajan doprinos povećanju proizvodnje energije jer se čak i onaj deo energije zračenja koji pada na oblasti izmedju vakuumskih cevi vraća ka apsorberu. Osnovni podaci o ovom kolektoru su dati u tabeli 1.3.

1.5.4 Solarni kolektor sa vakuumskim cevima: Bosch Solar 8000 TV

Ovaj kolektor radi sa visokim stepenom efikasnosti tokom cele godine i predstavlja idealno rešenje za pripremu sanitarne tople vode, a često se koristi i kao dodatni izvor toplote za sistem grejanja. Maksimalna konfiguracija solarnog termalnog sistema se sastoji od 14 kolektora povezanih u seriji i na taj način se dobija toplotni izlaz sa kojima se mogu zadovoljiti visoke energetske potrebe. Ovaj

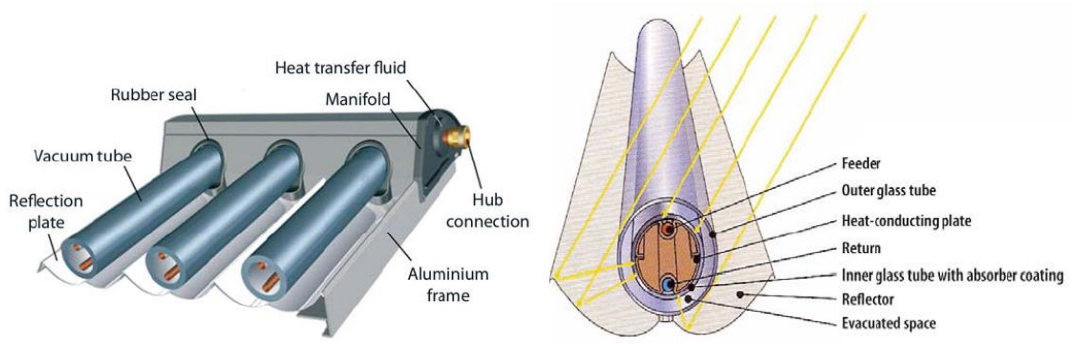

Figure 1.14: Vakuumska cev (U-pipe (levo) i CPC ogledalo (desno).

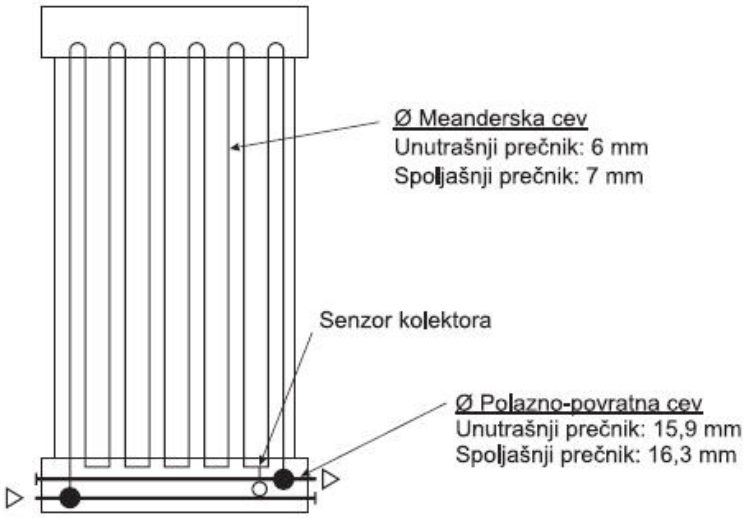

Figure 1.15: Pozicije senzora kod kolektora Bosch Solar 8000 TV.

kolektor je dostupan u dve verzije, sa i bez CPC (*Compound Parabolic Concentrator*) ogledala, koja doprinose visokoj efikasnosti kolektora. Ogledala sakupljaju dodatnu sunčevu svestlost sa svih strana i usmeravaju je na vakuumske cevi kako bi maksimalno povećali njihova efikasnost. Cevi kolektora su začtićene dvostrukim staklenim zidom, koji može izdržati vremenske nepogode. Između cevi i stakla je vakuum koji povećava izolacione karakteristike, efikasnost i smanjuje gubitke celog sistema. Medjutim, verzija kolektora bez CPC je nevidljiva odozdo, što je čini idealnom za ugradnju na ravnim krovovima industrijskih objekata, gde je potrebno obezbediti svetlost u prostoriji. Osnovni podaci o ovom kolektoru su dati u tabeli 1.4.

Bosch vakuumski kolektori Solar 8000 TV ima visok nivo pouzdanosti zahvaljujući svom jedinstvenom dizajnu. Uz pomoć kolektorskih senzora ugradjenih na dnu svakog kolektora, proces drenaže je optimizovan i efikasan. Zahvaljujući ovakvom rešenju, vakuumski koleketori imaju veoma dobra svojstva pražnjenja, čak i u procesu pregrevanja (slično kao i ravni kolektori), što smanjuje mogućnost oštećenja strukture kolektora, njegovog radnog fluida i samim tim garantuje visoku sigurnost u radu.

Solarni kolektor Bosch Solar 8000 TV CPC sa 6 cevi, čija je konstrukcija prikazana na slici 1.16, ima mnogobrojne prednost. Najpre, kućište sa hidraulikom montirano u donjem delu kolektora omogućavaju brzo i lako pražnjenje sistema ukoliko je potrebno zameniti solarni fluid. Takodje, zamena cevi je značajno lakša, jer sistem nije potrebno prazniti. Kolektor je zaštićen spacijalnim zaštitnim ramom na vrhu i dnu kolektora, što predstavlja jedinstveno rešenje, lake konstrukcije,

Tip kolektora	CVSKC
Spoljašnje dimenzije kolektora: visina širina debljina	 1645 mm 1115 mm 107 mm
Težina kolektora	31 kg
Ukupna površina kolektora	1.83 m^2
Površina otvora kolektora	1.59 m^2
Površina apsorbera	1.59 m^2
Maksimalni radni pritisak	10 bar
Temperatura stagnacije	286 ^oC
Količina tečnosti u kolektoru	1.63 l
Dozvoljeni ugao nagiba	15^o do 75^o
Brzina protoka tečnosti	0.5 do 1.5 l/min po m^2
Solarni antifriz fluid	Tyfocor LS ili nešto slično
Efikasnost kolektora bez gubitaka, η_0	60.5%
Godišnji prinos energije	>529 kW/m^2
Koeficijent gubitaka toplote, a_1	0.850 W/m^2 K
a_1/η_0 (collector performance ratio)	0.010 W/m^2 K
Apsorpcija	>96%
Emisija	<6%

Table 1.3: Tehnički podaci za kolektor: Firebird CVSKC-10.

za brzo, lako i efikasno povezivanje. Pored toga, veoma lepo izgleda, kompaktnih je dimenzija, robustan i napravljen da traje ceo život. Važno je napomenuti da se i ovi kolektori mogu montirati na ravan krov, za šta je potrebna dodatna oprema.

1.5.5 Toplocevni (Heat Pipe) solarni kolektor - TZ58-1800

Ovaj tip solarnih kolektora je nešto najnovije što se relativno skoro našlo na tržištu i imaju optimalan odnos cene i kvaliteta. Ovi kolektori, izgled je prikazan na slici 1.17, imaju izrazito visoku efikasnost i mogu da isporučuju energiju čak i kada je vreme oblačno.

Ovaj kolektor se sastoji od borsilikatnih staklenih cevi u kojima je skoro idealni vakuum, a njihova unutrašnja površina je premazana slojem selektivnog apsorbera. Unutar ove staklene cevi se nalazi bakarna cev u kojoj se nalazi fluid, koji je u ovom slučaju neka vrsta alkohola i koji isparava na temperaturama nižim od 25^oC. Konstrukcija ovog kolektora je prikazana na slici 1.18. Solarna energija se apsorbuje na apsorpcionoj površini staklene cevi i prenosi se na bakarnu cev što dovodi do zagrevanja fluida, pa alkohol isparava i prelazi u gasovitu fazu. Kako fluid isparava, on se kreće ka vrhu tople cevi u deo koji nazivamo kondenzator. Tu se fluid kondenzuje, vraća se u tečno stanje i pri tome se oslobadja latentna toplota koja se prenosi na fluid koji se koristi za transfer toplote koji prolazi kroz gornji razvodnik. Kondenzovani fluid teče nazad ka dnu tople bakarne cevi i proces se ponavlja. Princip rada je prikazan na slici 1.19. Ovaj kolektor se izradjuje od visokokvalitetnih materijala: aluminijumski razvodnik u kojem se vrši razmena toplote oslobodjene pri kondenzaciji i fluida, niklovana komora u kojoj se dešava kondenzacija i borsilikatno staklo. Ovakva konstrukcija omogućava da se najpre postavi razvodnik i držač cevi, a da se cevi kasnije dodaju po potrebi, ili kada to finansije dozvoljavaju.

Figure 1.16: Konstrukcija solarnog kolektora Bosch Solar 8000 TV CPC.

Figure 1.17: Toplocevni (Heat Pipe) solarni kolektor - TZ58-1800.

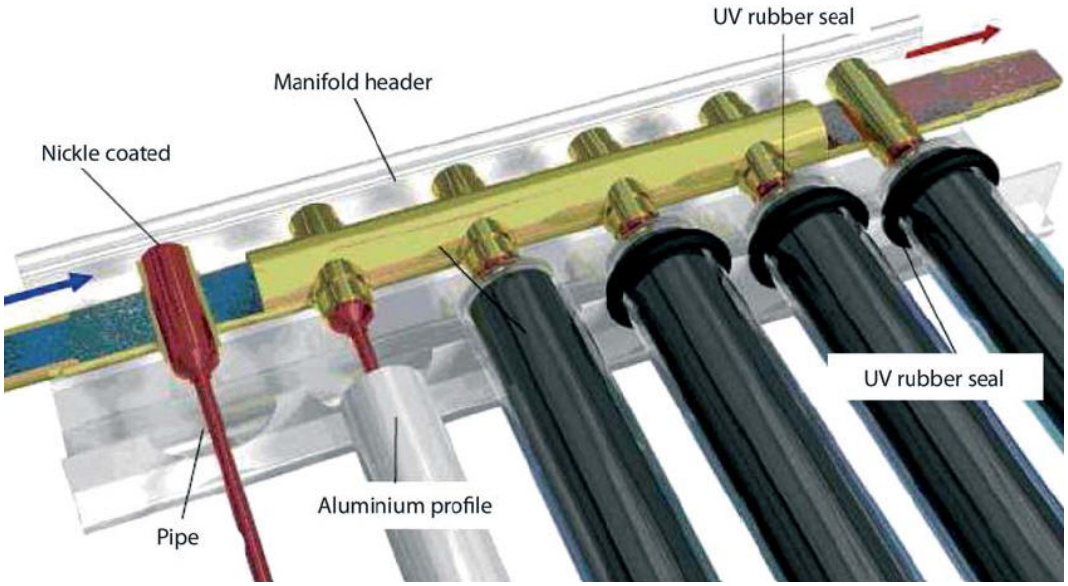

Figure 1.18: Konstrukcija toplocevnog solarnog kolektora - TZ58-1800.

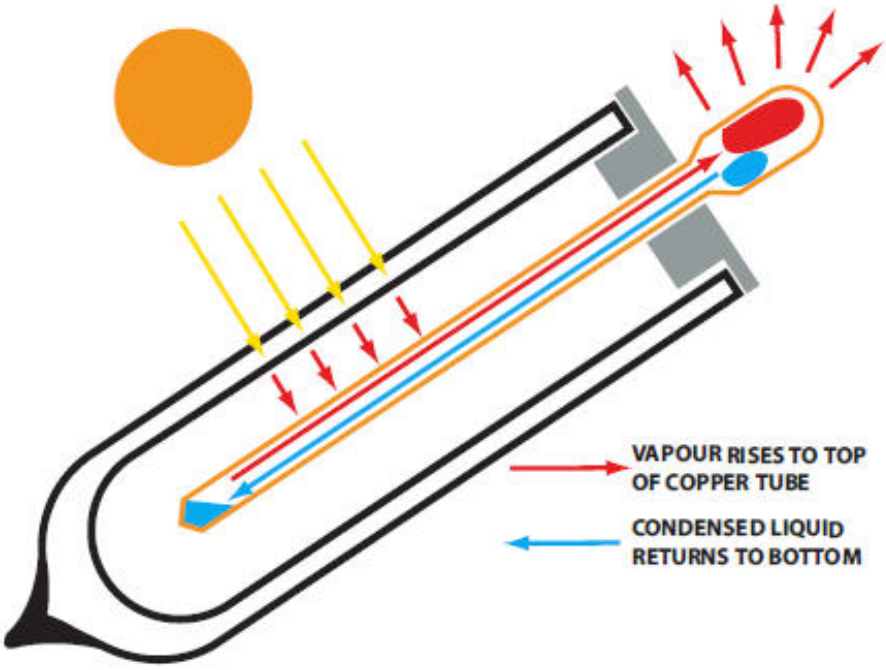

Figure 1.19: Princip rada toplocevnog solarnog kolektora - TZ58-1800.

Tip kolektora		Solar 8000 TV CPC	Solar 8000 TV
Spoljašnje dimenzije kolektora:			
visina	mm	1947	1947
širina	mm	624	624
debljina	mm	85	85
Neto masa kolektora	kg	18	18
Ukupna površina kolektora	m^2	0.98	0.46
Efikasnost kolektora bez gubitaka, η_0	%	?	?
Temperatura stagnacije	^oC	260	210
Nominalni protok	l/kolektoru	30	30
Minimalna visinska razlika	mm	2	2

Table 1.4: Tehnički podaci za kolektore: Bosch Solar 8000 TV i Bosch Solar 8000 TV CPC.

1.6 Projektovanje solarnog sistema

Pre samog projektovanja solarnog termalnog sistema i njegovog dimenzionisanja, bilo da se radi o sistemu koji se koristi za domaćinstvo ili za neke industrijske potrebe, neophodno je razmotriti više stavki. U ovom delu ćemo se osvrnuti na neke od njih koje mogu imati značajan uticaj na samo dimenzionisanje sistema i njegovu cenu:

- Projekat solarnog sistema, njegova instalacija i puštanje u rad moraju biti u skladu sa evropskim, nacionalnim i lokalnim zakonskim odredbama;
- Ako se sistem instalira na krovu, neophodno je proveriti da li je krovna konstrukcija projektovana tako da može da izdrži težinu kolektora;
- Potrebno je razmotriti uticaj vetra i snega na kolektore;
- Orijentacija kolektora bi trebalo da bude prema jugu ako je to moguće, ali su prihvatljive i orijentacije prema jugozapadu i jugoistoku, što će napraviti manje gubitke;
- Neohodno je izbegavati osenčenja kolektora od drveća ili obližnjih zgrada;
- Potrebno je obezbediti dovoljno slobodnog prostora na krovu kako bi se smestio potreban broj kolektora, pri čemu je potrebno voditi računa o prisustvu krovnih prozora, dimnjaka, itd.

1.6.1 Procedura projektovanja solarnog sistema

Pri projektovanju solarnog termalnog sistema neophodno je realizovati sledeće korake (slika 1.20):

1. Izračunati koliko je tople vode potrebno (DHW - *Domestic Hot Water*);
2. Odrediti koliki će deo energije potrebne za DHW poticati od solarne energije;
3. Izračunati potrebnu energiju koja potiče od solarnih kolektora;
4. Izabrati odgovarajuće solarne kolektore;
5. Odrediti potrebnu zapreminu rezervoara tople vode;
6. Izračunati potrebnu površinu solarnih kolektora.

Kada se završi sa opisanom procedurom, potrebno je razmotriti brzinu protoka fluida kroz sistem, dimenzionisati pumpe, cevi i razmotriti eventualne gubitke u sistemu.

Odredjivnje dnevnih potreba za toplom vodom

Tipične potrebe tople vode potrebe domaćinstva se kreću u opsegu od 30 do 70 litara po osobi, po jednom danu. Naravno, to u velikoj meri zavisi i od potreba za vodom. Na primer, stambeni objekti koji imaju veći broj kupatila naravno zahtevaju više tople vode od onih objekata koji to nemaju. Tipična vrednost koja se koristi pri nekim preliminarnim projektovanjima je 40-50 litara vode na 60^oC po jednoj osobi, po jednom danu. U tabelama 1.6 i 1.7 su date neke vrednosti koje se koriste pri proračunima solarnih sistema za specifične potrebe i lokacije.

Tip kolektora	TZ58-1800 sa 20 cevi	TZ58-1800 sa 30 cevi
Spoljašnje dimenzije kolektora:		
visina	2020 mm	2020 mm
širina	1825 mm	2655 mm
debljina	155 mm	155 mm
Dimenzije tople cevi:		
prečnik	58 mm	58 mm
dužina	1800 mm	1800 mm
Težina kolektora	78 kg	115 kg
Ukupna površina kolektora	3.507 m^2	5.005 m^2
Površina otvora kolektora	1.867 m^2	2.791 m^2
Maksimalni radni pritisak	6 bar	6 bar
Temperatura stagnacije	200 ^oC	200 ^oC
Količina tečnosti u kolektoru	1.6 l	2.3 l
Dozvoljeni ugao nagiba	15^o do 75^o	15^o do 75^o
Brzina protoka tečnosti	0.5 do 1.5 l/min po m^2	0.5 do 1.5 l/min po m^2
Solarni antifriz fluid	Tyfocor LS ili slično	Tyfocor LS ili slično
Efikasnost kolektora bez gubitaka, η_0	73.4%	85%
Godišnji prinos energije	>525 kW/m^2	>529 kW/m^2
Koeficijent gubitaka toplote, a_1	1.529 W/m^2 K	1.771 W/m^2 K
a_1/η_0 (collector performance ratio)	0.0166 W/m^2 K	0.0192 W/m^2 K
Apsorpcija	>94%	>94%
Emisija	<7%	<7%

Table 1.5: Tehnički podaci za kolektor TZ58-1800.

Table 1.6: Potrebe za toplom vodom u domaćinstvima.

Potrošnja	Dnevne potrebe tople vode (60^oC) za jednu osobu
Mali zahtevi	10 - 20 litara
Srednji zahtevi	20 - 40 litara
Visoki zahtevi	40 - 80 litara

Odredjivanje koliki deo energije potrebne za zagrevanje vode potiče od solarne energije

Kod dimenzionisanja solarnog termalnog sistema neophodno je odrediti takozvanu solarnu frakciju tj. deo energije potrebne za zagrevanje vode koji potiče od solarne energije. To naravno u najvećoj meri zavisi od investitora, ali je uobičajeno da se uzimaju vrednosti 60% $\pm$ 5%. U našim proračunima koji slede se uzima da je solarna frakcija 60%.

Odredjivanje zapremine rezervoara tople vode

Tipično se uzima da je zapremina rezervoara tople vode dvostruko veća od izračunatih dnevnih potreba za toplom vodom. Slede dve metode za odredjivanje zapremine rezervoara tople vode, osnovni metod i precizniji metod koji uzima u obzir temperaturu vode.

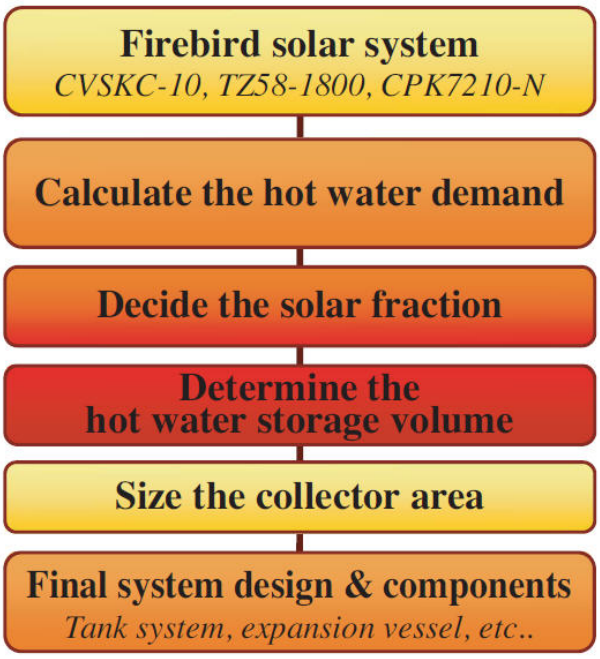

Figure 1.20: Procedura projektovanja solarnog termalnog sistema.

Table 1.7: Potrebe za toplom vodom u komercijalnim objektima.

Potrošnja	Dnevne potrebe tople vode (60^oC) za jednu osobu
Bazeni javni/privatni	40/20 litara
Hoteli (mali)	30 - 80 litara
Hoteli (veliki)	80 - 150 litara
Sportski objekti	20 - 50 litara
Kuhinja	4 - 8 litara

Osnovni metod

Ako pretpostavimo da 5 osoba dnevno koristi po 40 litara vode čija je temperatura 60^oC, onda su dnevne potrebe tople vode, DHW:

$$DHW = 5 \times 40 = 200l \tag{1.1}$$

S obzirom da je potrebno da je potrebno da zapremina rezervoara tople vode bude dvodtruko veća od dnevnih potreba onda je potrebno da zapremina rezervoara bude:

$$V_{stor} = 2 \times DHW = 400l \tag{1.2}$$

Precizan metod

Ovaj metod pri odredjivanju zapremine rezervoara tople vode zahteva i poznavanje temperature vode iz sistema T_c, kao i temperature vode na izlazu T_{out} i zahtevane temperature vode u samom rezervoaru T_{stor}. Za odredjivanje zapremine se koristi izraz:

$$V_{stor} = \frac{2 \times P \times DHW_P \times (T_{out} - T_c)}{(T_{stor} - T_c)}, \tag{1.3}$$

gde je DHW_P dnevna potrošnja tople vode po osobi. U istim uslovima kao i kod osnovnog metoda, 5 osoba po 40 litara vode dnevno, ako je temperatura vode u sistemu T_c=10^oC, temperatura vode na

izlazu T_{out}=45^oC, a temperatura vode u rezervoaru T_{stor}=60^oC, potrebna zapremina rezervoara je:

$$V_{stor} = \frac{2 \times 5 \times 40 \times (45-10)}{(60-10)} = 280l. \tag{1.4}$$

Odredjivanje površine kolektora

Postoje različite metode za odredjivanje površine kolektora. Jedno od pravila za odredjivanje je 1m^2 na 50 litara zapremine rezervoara. Sledeća formula obezbedjuje mnogo preciznije odredjivanje potrebne površine kolektora, s obzirom da uzima u obzir prosečna solarna insolacija S_{ins} za lokaciju gde se sistem instalira. Površina kolektora C_A se odredjuje kao:

$$C_A = \frac{S_F \times D_{op} \times E_{HW}}{S_{ins} \times \eta_{coll} \times \eta_{syst}}, \tag{1.5}$$

gde je S_F solarna frakcija, D_{op} broj dana u godini kada sistem radi, η_{coll} efikasnost kolektora, η_{syst} efikasnost sistema, a E_{HW} je energija koja je potrebna za zagrevanje vode koja se odredjuje kao:

$$E_{HW} = DHW \times 1.16 \times \Delta T = DHW \times 1.16 \times (T_{stor} - T_c), \tag{1.6}$$

gde je 1.16kWh/(m^{3}K) specifični toplotni kapacitet vode.

PRIMER:

Solarni sistem koji radi 365 dana u godini, za koji je solarna frakcija S_F=60%, snabdeva 5 osoba koje koriste 40 litara vode dnevno. Temperatura vode u sistemu je T_c=10^{o}C. Ako se sistem instalira u Nišu gde je prosečna insolacija S_{ins}= 1531.4 kW/m^2, kolika je potrebna površina kolektora, čija je efikasnost 75% (slika 1.21). Efikasnost celog sistema je 85%

REŠENJE:

$$E_{HW} = DHW \times 1.16 \times (T_{stor} - T_c) = (5 \times 40) \times 1.16 \times (60-10) = 11.6kWh/day, \tag{1.7}$$

$$C_A = \frac{0.6 \times 365 \times 11.6}{1531.4 \times 0.75 \times 0.85} = 2.60m^2. \tag{1.8}$$

1.7 Projektovanje ostalih delova sistema

1.7.1 Cevi

Materijal

Cevi koje se koriste kod solarnih sistema moraju biti od specijalnih materijala, kao što su:

- nerdjajući čelik,
- bakar,
- crne čelične cevi.

Spajanje cevi

Prihvatljive metode za spajanje cevi kod solarnih sistema su:

- kompresiono spajanje,
- spajanje presovanjem (temperaturna otpornost zaptivača mora biti veća od 150^{o}C),
- lemljenje (moraju se koristiti tzv. hard solderi).

Nije preporučljivo korišćenje tzv. soft soldera i bakarnih cevi. Najbolje je kod spajanja presovanjem koristiti "O" prstenove koji zadovoljavaju kvalitetom da se mogu koristiti kod solarnih sistema.

Grad	Mesec												Ukupno godišnje
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Beograd	1,4	2,2	3,35	4,85	6	6,45	6,75	6	4,65	3,05	1,6	1,15	1446,8
Zrenjanin	1,3	2,15	3,45	4,9	6,05	6,35	6,55	5,9	4,45	2,95	1,45	1,05	1419,45
Kikinda	1	2,05	3,55	5,1	6,4	6,55	6,85	5,95	4,45	3	1,5	1,05	1456,5
Vršac	1	2	3,35	4,4	6	6,4	6,55	6,85	4,6	3	1,55	1	1424,75
Dolovo	1,3	2,05	3,4	4,8	5,85	6,2	6,55	6	4,55	3	1,55	1,05	1412,05
Sombor	1,35	2,15	3,35	4,85	5,95	6,3	6,15	5,65	4,2	2,8	1,35	1,4	1387,35
Palić	1,3	2,1	3,45	5	6,15	6,25	6,35	5,85	4,3	2,85	1,4	1,15	1407,4
Vrbas	1,45	2,35	3,45	4,8	5,9	6,15	6,4	5,7	4,35	2,95	1,45	1,2	1406,85
Novi Sad	1,45	2,35	3,2	4,65	5,8	6,2	6,35	5,75	4,4	2,9	1,45	1,2	1392,64
Ćuprija	1,55	2,35	3,5	5	6,1	6,15	6,65	6,1	5,15	3,4	1,8	1,3	1495,4
Kruševac	1,65	2,55	3,5	4,9	5,95	6,05	6,45	5,9	5,1	3,3	1,8	1,35	1519,85
Niš	1,75	2,6	3,45	5	6,1	6,35	6,7	6,15	5,35	3,45	1,85	1,5	1531,4
Kuršumlija	2,15	3	3,6	5,05	5,85	6,05	6,55	6,1	5,3	3,5	2	1,75	1550,5
Peć	1,85	2,95	3,7	4,85	5,95	6,15	6,75	6,15	4,9	3,65	2,25	1,6	1546,25
Priština	1,85	2,9	3,7	5,25	6,3	6,6	6,95	6,3	5,1	3,35	1,9	1,6	1578,25
Vranje	1,7	2,7	3,65	5,15	6,15	6,4	6,5	6,35	5,25	3,45	1,85	1,5	1543,4
K. Palanka	1,85	2,8	3,8	5,2	6,2	6,45	6,9	6,3	5,1	3,4	2	1,65	1567,8
Prizren	1,5	2,45	3,5	4,8	5,9	6,65	7,2	6,55	4,85	3,15	1,7	1,35	1512,25
Loznica	1,5	2,3	3,05	4,35	5,3	5,75	6,15	5,6	4,3	2,8	1,45	1,2	1333,5
Ivan Sedlo	1,45	2,25	3,05	4,3	5,06	5,85	6,3	5,65	4,35	2,75	1,5	1,2	1332,26
Kraljevo	1,6	2,5	3,35	4,95	5,9	6,2	6,6	6,05	4,65	3,05	1,65	1,35	1458,4
Kragujevac Smederevs-ka Palanka Smederevo	1,5	2,4	3,35	4,8	5,85	6,1	6,45	5,9	4,85	3,3	1,7	1,3	1447,85
Smederevs-ka Palanka	1,45	2,3	3,35	4,95	6	6,3	6,55	5,95	4,85	3,2	1,7	1,2	1418,8
Smederevo	1,45	2,25	3,4	4,8	5,7	6,3	6,5	5,95	4,75	3,15	1,65	1,1	1432,75
Negotin	1,35	2,05	3,25	4,85	6,05	6,6	6,95	6,25	4,75	2,9	1,45	1,2	1453,35
Crni vrh	1,4	2,15	3,15	4,65	5,7	6,05	6,5	5,85	4,85	3,1	1,6	1,15	1393,1

Figure 1.21: Solarna insolacija u nekim mestima u Srbiji, data u kWh/m^2.

Izolacija

Pored zahteva da se za cevi koriste specijalni materijali neophodno je i voditi računa o izolaciji cevi, kako bi se smanjili gubici sistema. Izolacija cevi se projektuje tako da može da izdrži temperature veće od 180^oC. Pri izolovanju cevi kod solarnih termalnih sistema mora se voditi računa o sledećem:

- Sve cevi i konektori moraju biti izolovani, osim linije koja vodi ka ekspanzionom sudu;
- Za cevi koje se nalaze napolju, izolacija mora da izdrži uticaj kiše, snega, UV zračenja, zagadjenja, itd., a mora biti otporna na oštećenja koja mogu izazvati životinje (ptice, miševi, itd.). Da bi se izbeglo stvaranje vlage oko cevi izolacija mora biti od poroznih materijala koji je propuštaju;
- Onde gde je to moguće, poželjno je da cevi budu zaklonjene i da na taj načinbudu zaštićene od spoljašnjih uticaja;
- Cevi se izoluju tek nakon puštanja u rad kompletnog sistema, kak bi se uočila eventualna curenja na spojevima i konektorima.

Dimenzionisanje cevi

U tabeli 1.8 su date preporučene vrednosti prečnika cevi, u zavisnosti od površine solarnih kolektora, kada se radi o većim sistemima. Kod sistema koji se koriste za zagrevanje vode u domaćinstvima, gde su površine kolektora najčešće izmedju $1.5m^2$ i $2m^2$, koriste se bakarne ili čelične cevi prečnika 3/8" ili 1/2".

Table 1.8: Dimenzionisanje cevi solarnog sistema.

Površina kolektora	Prečnik cevi
10 - 20 m^2	22 mm
20 - 30 m^2	28 mm
30 - 40 m^2	35mm
40 - 50 m^2	42mm

1.7.2 Dimenzionisanje pumpe

Većina solarnih termalnih sistema ima pumpe, čija je uloga da obezbede da solarni fluid cirkuliše kroz sistem. Zbog toga je, za efikasan rad sistema, veoma važno izabrati pumpu koja će u sistemu obezbediti definisan protok solarnog fluida, kao i pritisak u sistemu. Pri dimenzionisanju pumpe su neophodne informacije o ukupnoj količini solarnog fluida u kolektorima (ako nema preciznih informacija uzima se oko 1l po m^2 kolektora) i kolika je količina fluida u cevima sistema. Izbor pumpe treba izvršiti tako što zapremina solarnog fluida u sistemu mora biti manja od brzine protoka fluida kroz pumpu (da pumpa minimalno bar jednom u minutu protera fluid kroz ceo sistem).

PRIMER:

Odrediti pumpu za solarni sistem koji se sastoji od tri ravna kolektora čija je površina $1.8m^2$, ako se u cevima sistema nalazi 5l solarnog fluida.

REŠENJE:

Ukupna zapremina solarnog fluida V_{SF} u sistemu je:

$$V_{SF} = 3 \times 1.8l + 5l = 10.4l \tag{1.9}$$

Prema tome pravilan izbor bi bila standardna pumpa koja ima protok od 13l/min.

1.7.3 Dimenzionisanje ekspanzionog suda

Uloga ekspanzionog suda u solarnom termalnom sistemu je da kompenzuje povećanje zapremine solarnog fluida (najčešće je to mešavina vode i antifriza) u sistemu pod pritiskom, kada se povećava temperatura. Ekspanzioni sud se uvek instalira u povratnoj grani sistema. Uputstvo za odredjivanje zapremine ekspanzionoig suda je:

Osnovno pravilo:

$\mathbf{V}_{ekspanzionogsuda}$ = **Površina kolektora [m^2]** $\times$ **1 lit solarnog fluida** $\times$ 4

Napredni metod izračunavanja:

$\mathbf{V}_{ekspanzionogsuda} = \mathbf{V}_{ukupnogsistem} \times 25\%$

1.8 Stagnacija

Solarni kolektori bi trebalo da se dimenzionišu na osnovu potreba korisnika za toplom vodom i količine dostupne solarne energije od aprila do septembra meseca. U ovom periodu, dani su duži i solarno zračenje je najjače. Dodavanjem većeg broja kolektora solarni sistem se može koristi i u periodu od septembra do marta, kada je dostupna solarna energija značajno manja, ali ovo će dovoditi do toga će topla voda u sistemu, u toku letnjih meseci, dostizati maksimalnu temperaturu znatno ranije u toku dana. Kao rezultat, solarna energija koja pada na kolektore će nastaviti da zagreva solarni fluid u kolektoru, što može da dovede i do njegovog isparavanja unutar kolektora. Ovaj proces je poznat pod nazivom **stagnacija**. Većina solarnih kolektora je projektovana da podnese stagnacione temperature do 200^{o}C. Medjutim, često ponavljanje stagnacije može da dovede do dezintegracije solarnog fluida, čime se gube njegova antismrzavajuća svojstva, a menja se injegova ph vrednost, što može da izazove koroziju u sistemu. Na ovaj način se redukuje efikasnost solarnog kolektora. Takodje, može doći do oštećenja kolektora i cevi, naročito kada je veoma hladno i kada može doći do smrzavanja.

Stagnacija se može desiti i kod idealno projektovanih sistema, u slučajevima kada nema potrošnje tople vode, na primer u toku godišnjeg odmora. Zbog toga se sistemi projektuju tako da mogu izaći na kraj sa stagnacijom. To podrazumeva ugradnju ventila za oslobadjanje pritiska na povratnoj liniji sistema. Takodje, mogu se koristiti solarni fluidi koji imaju znatno bolje karakteristike u pogledu antismrzavanja i isparavanja, koji poseduju suspstance koje usporavaju hemijske reakciije (inhibitori), i mogu da podnesu temperature od -25^{o}C pa do čak 200^{o}C.

1.9 Solarni sistemi

1.9.1 Firebird: Solarni sistem pod pritiskom bez ozračivanja

1.9.2 Firebird: Otvoreni solarni sistem

1.9.3 Firebird: East/west solarni sistem

1.9.4 Firebird: Solarni sistem za dva rezervoara

1.9.5 Bosch solarni set 1: A1/200/FCC

Ovaj solarni sistem je namenjen za porodice koje imaju 2 do 4 člana. Delovi ovog sistema i njihova cena su datu u tabeli 1.9. Šema montaže i povezivanja ovog sistema je prikazana na slici 1.26.

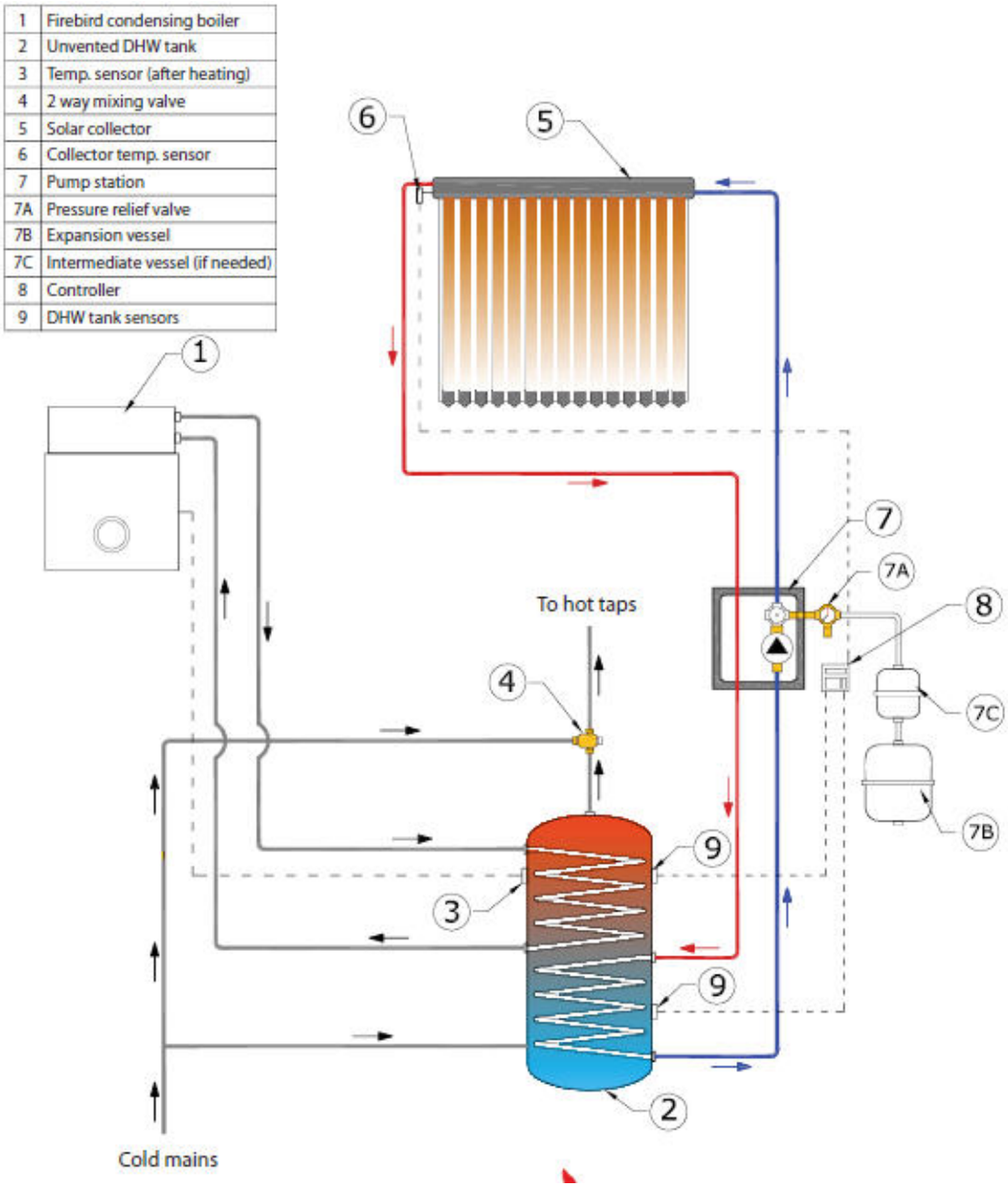

Figure 1.22: Šema Firebird solarnog sistem pod pritiskom bez ozračivanja.

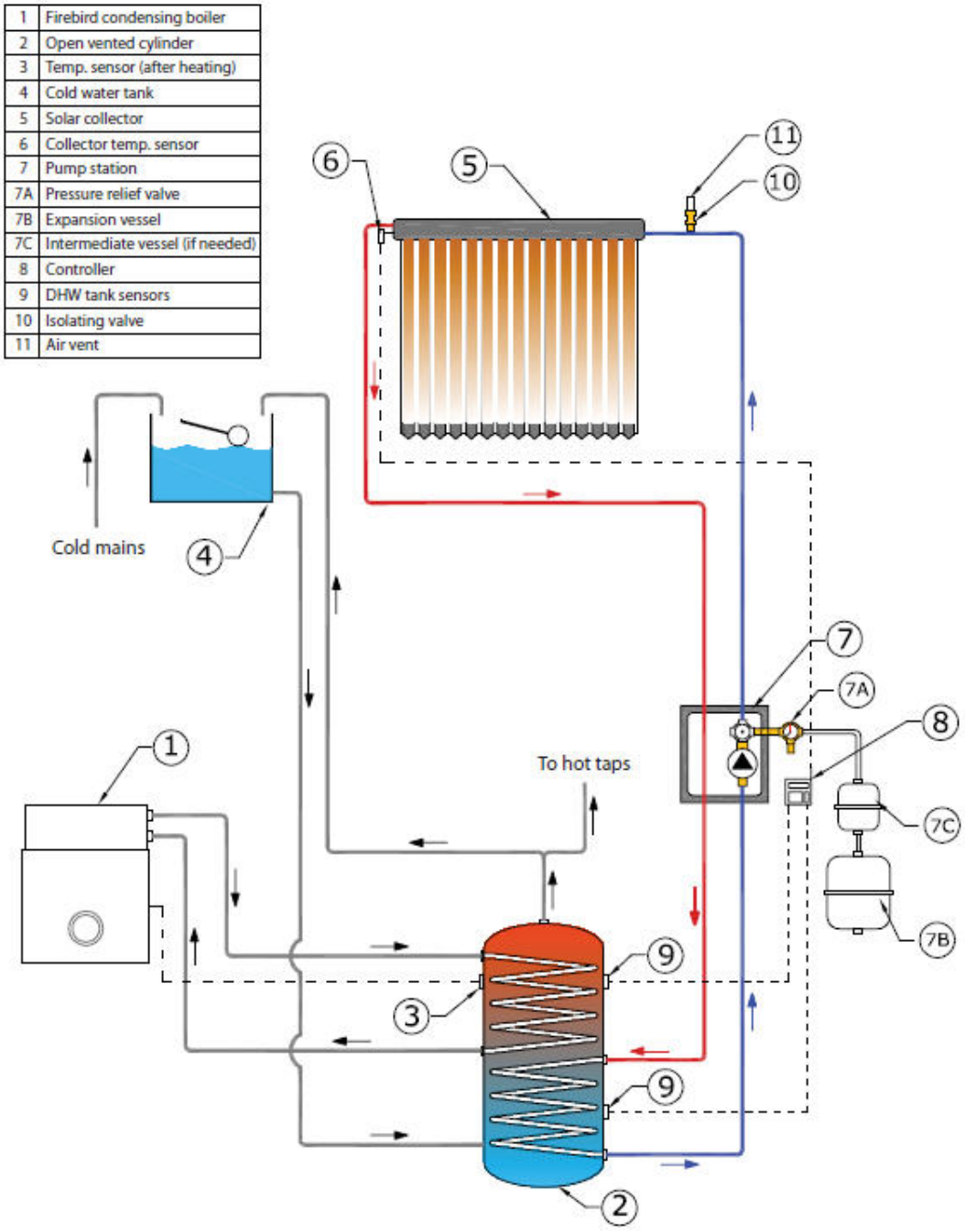

Figure 1.23: Šema Firebird otvorenog solarnog sistema.

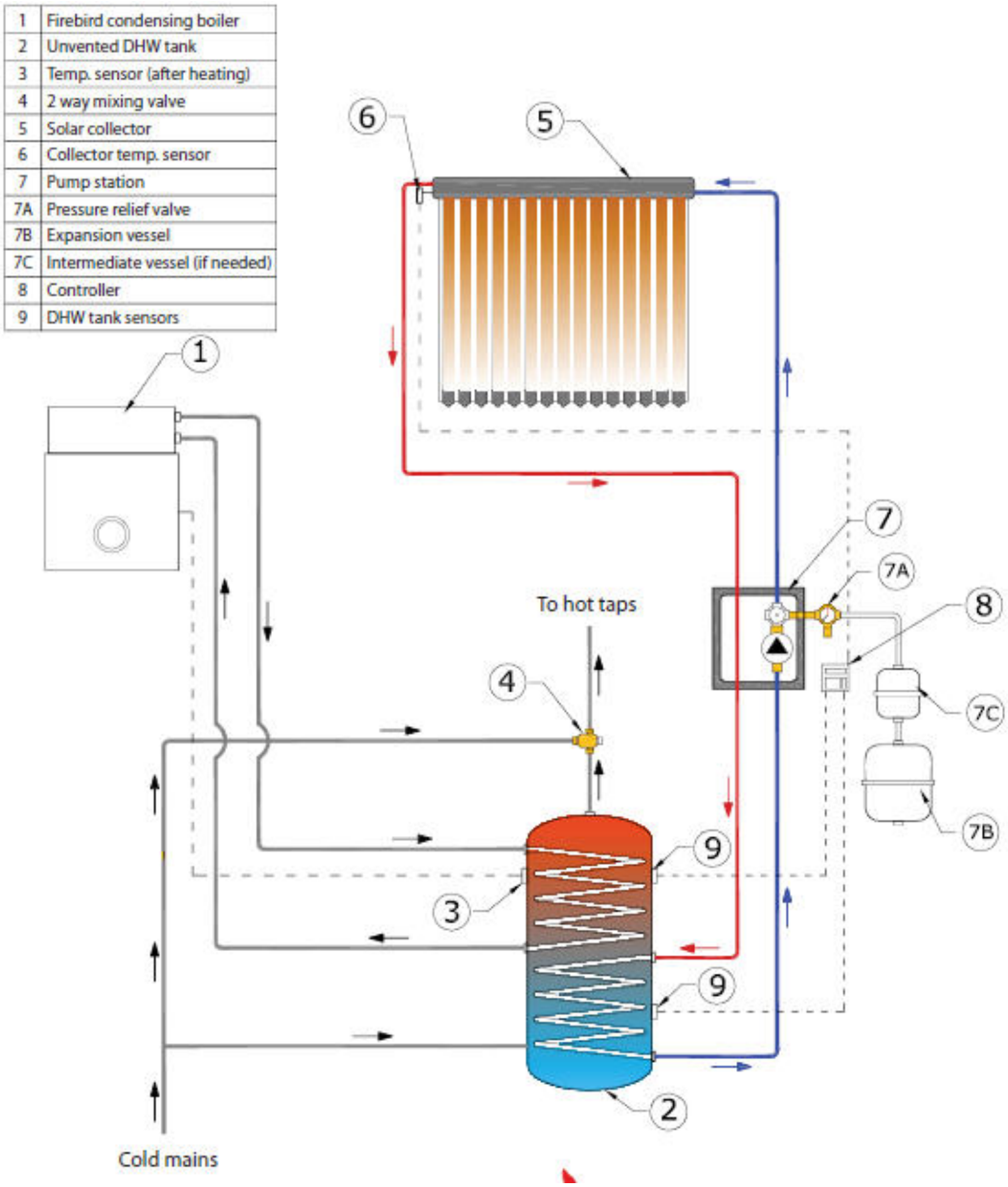

Figure 1.24: Šema Firebird east/west solarnog sistema.

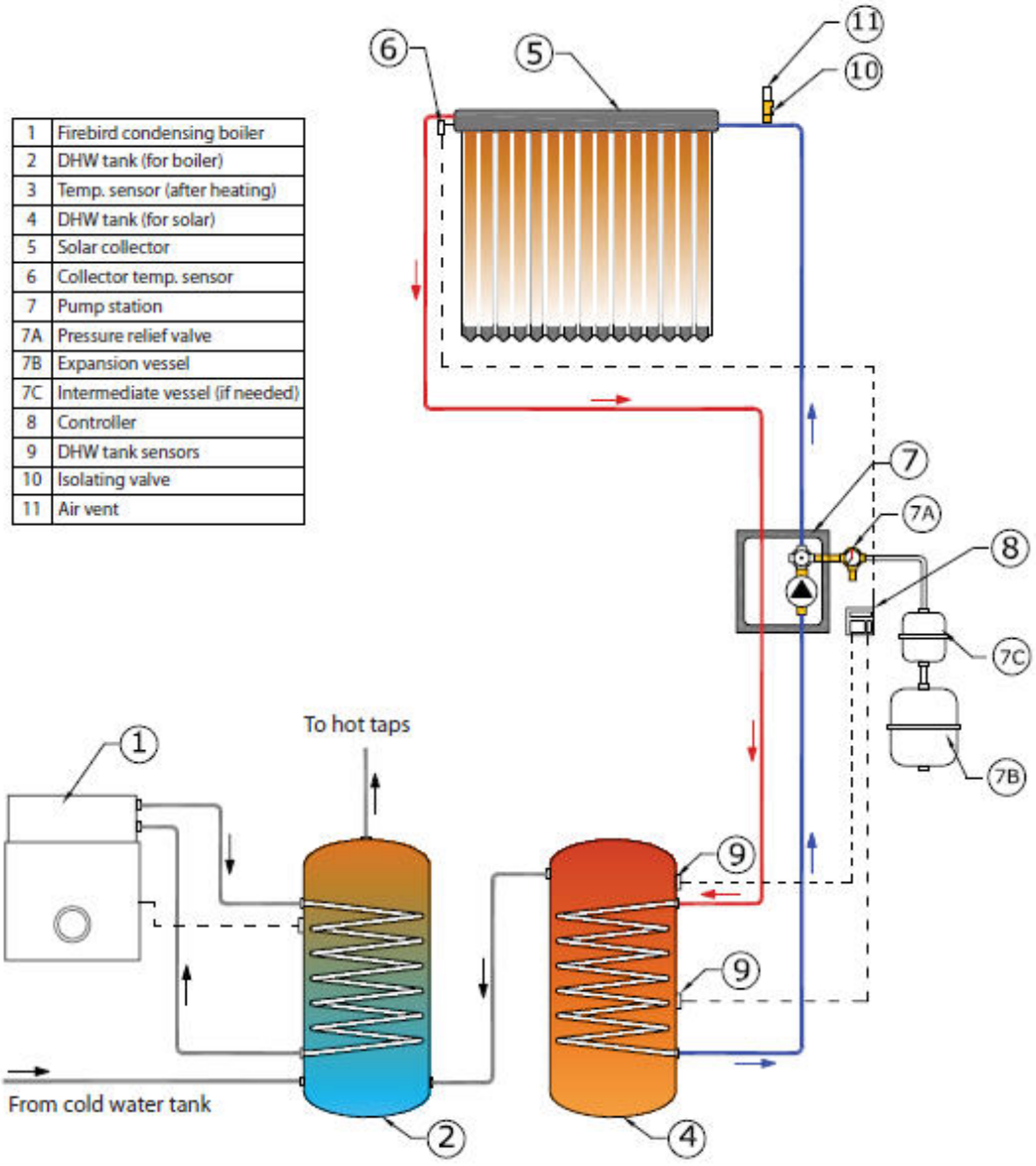

Figure 1.25: Šema Firebird solarnog sistem sa dva rezervoara.

Table 1.9: Komponente Bosch solarnog seta 1: A1/200/FCC.

Opis	Komada	Cena sa PDV
FCC220-2V - Solarni kolektor Bosch, vertikalni	1	46.869,00
WFS22 - Priključni pribor za FCC kolektore, neophodan za svaki red kolektora za montažu na kosi krov	1	8.707,99
ELT5 - Odzračni pribor	1	6.159,00
WMT1 - Osnovni set za vertikalnu montažu na krov prvog kolektora tipa FCC	1	6.459,32
FKA3 - Krovne kuke za FCC solarne kolektore	1	5.839,45
B-Sol 100-2 - Solarna regulacija	1	15.300,00
AGS 10-2 - Solarna stanica	1	46.740,99
WTF 10 - Solarni fluid 10 litara, 45%	2	13.358,42
SAG 18 - Solarna ekspanziona posuda, 18 litara	1	7.406,16
AS200DUO - Akumulacioni bojler sa dva izmenjivača (gr: 19kW, sol: 29kW), zapremina 200 litara, 8 bar-a	1	67.990,00
Ukupno		**218.256,14**

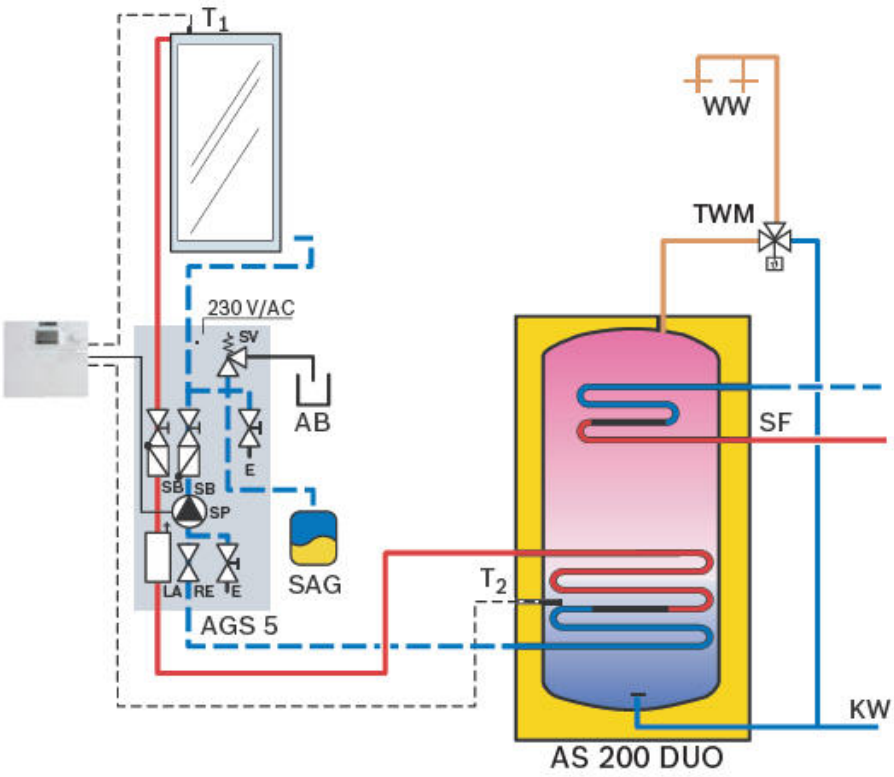

Figure 1.26: Šema montaže i povezivanja Bosch solarnog seta A1/200/FCC.