



Republika Srbija

MINISTARSTVO ENERGETIKE,
RAZVOJA I ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Program
Ujedinjenih nacija
za razvoj



*Empowered lives.
Resilient nations.*

IZGRADNJA SOLARNIH GREJNIH SISTEMA U REPUBLICI SRBIJI

Vodič za investitore



Prvo izdanje, Februar 2013.

Autori:

Mr Saša Ilić, dipl. maš. inž.

Dr Branislava Lepotić, dipl. prav.

Uz podršku: Programa Ujedinjenih nacija za razvoj



IZGRADNJA SOLARNIH GREJNIH SISTEMA U REPUBLICI SRBIJI

Vodič za investitore

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| PREDGOVOR | 5 |
| 1. UVOD | 7 |
| 2. PRAVNI DEO | 9 |
| 2.1 Posebni slučajevi izgradnje solarnih grejnih sistema | 9 |
| 2.2 Obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije iz solarne energije | 11 |
| 2.3 Sticanje statusa povlašćenog proizvođača toplotne energije | 12 |
| 3. VRSTE I PRIMENA SOLARNIH GREJNIH SISTEMA | 14 |
| 3.1 Solarni sistemi za zagrevanje potrošne tople vode | 14 |
| 3.2 Solarni sistemi za grejanje prostora i zagrevanje potrošne tople vode | 15 |
| 3.3 Zagrevanje bazena pomoću solarnih grejnih sistema | 16 |
| 4. RASPOLOŽIVOST ZRAČENJA SUNCA | 18 |
| 4.1 Solarna konstanta | 18 |
| 4.2 Direktno i difuzno zračenje | 18 |
| 4.3 Insolacija | 19 |
| 4.4 Godišnja energija globalnog zračenja Sunca | 19 |
| 5. VRSTE PRIJEMNIKA SOLARNE ENERGIJE | 24 |
| 5.1 Podela prijemnika toplotne solarne energije | 25 |
| 5.2 Ravni pločasti PSE | 27 |
| 5.3 PSE sa vakuumskim cevima | 28 |
| 6. STEPEN KORISNOSTI PRIJEMNIKA SOLARNE ENERGIJE | 30 |
| 6.1 Uticaj upadnog ugla zračenja na stepen korisnosti PSE | 32 |
| 6.2 Poređenje stepena korisnosti različitih PSE | 32 |
| 7. PROCENA ISPLATIVOSTI | 34 |
| 7.1 Vreme (prost period) otplate investicije i približno dimenzionisanje sistema zagrevanje potrošne tople vode površine PSE do 20 m ² | 35 |
| 7.2 Vreme (prostog perioda) otplate investicije i približno dimenzionisanje sistema zagrevanje potrošne tople vode i grejanje | 37 |
| 7.3 Vreme (prost period) otplate investicije i približno dimenzionisanje sistema za zagrevanje bazenske vode maksimalne dubine do 2 m | 40 |
| 7.4 Prethodna procena potrebnih površine PSE i količine toplote koju oni obezbede za zagrevanje bazenske vode zatvorenih bazena, određenih na bazi kriterijuma da ne premaše 100% potreba za grejanjem vode tokom letnjeg perioda | 42 |
| 8. LITERATURA | 44 |

Predgovor

Srbija ima značajan potencijal u obnovljivim izvorima energije koji je, na žalost, još uvek nedovoljno iskorišćen. Jedan od razloga za takvu situaciju je nedovoljna investiciona aktivnost u ovom sektoru. Očekuje se da će u narednih nekoliko godina doći do krupnih pomaka u tom pogledu, s obzirom na najnoviji korak Vlade Republike Srbije u smislu prihvatanja odluke Ministarskog saveta Energetske zajednice o promociji obnovljive energije kroz transpoziciju Direktive 2009/28/EC o obnovljivim izvorima energije. Ovom odlukom Srbiji je postavljen ambiciozni cilj da poveća učešće obnovljive energije u ukupnoj potrošnji finalne energije na 27% u 2020. godini sa 21.2% u referentnoj, 2009. godini

Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP) je tokom 2012. godine, na osnovu sporazuma o saradnji sa Ministarstvom energetike, razvoja i zaštite životne sredine Republike Srbije, sproveo projekat "Političko savetovanje u oblasti obnovljivih izvora energije" tokom koga su izrađena dva nova i izvršena revizija četiri postojeća, zastarela vodiča za investiture u postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije:

- IZGRADNJA POSTROJENJA I PROIZVODNJA ELEKTRIČNE/TOPLLOTNE ENERGIJE IZ BIOMASE U REPUBLICI SRBIJI
 - IZGRADNJA POSTROJENJA I PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U MALIM HIDRO-ELEKTRANAMA U REPUBLICI SRBIJI
 - IZGRADNJA POSTROJENJA I PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U VETROELEKTRANAMA U REPUBLICI SRBIJI
-

-
- **IZGRADNJA POSTROJENJA I PROIZVODNJA ELEKTRIČNE/TOPLLOTNE ENERGIJE IZ HIDROGEOTERMALNIH IZVORA U REPUBLICI SRBIJI**
 - **IZGRADNJA POSTROJENJA I PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SOLARNIM ELEKTRANAMA U REPUBLICI SRBIJI**
 - **IZGRADNJA SOLARNIH GREJNIH SISTEMA U REPUBLICI SRBIJI**

Svi vodiči, izuzev jednog, su dvojezični i izrađeni u dve verzije. U šest detaljnih vodiča opisane su celokupne složene procedure za izgradnju postrojenja i obavljanje delatnosti proizvodnje energije iz konkretnih obnovljivih izvora, uz upućivanje na odgovarajuće propise i navođenje nadležnih institucija. Detaljni vodiči namenjeni su, pre svega, investitorima i stručnjacima koji rade na razvoju projekata, ali i zaposlenima u različitim nadležnim institucijama, s obzirom na međusektorski karakter procedura. U pet sažetih vodiča ova složena problematika prikazana je manje detaljno i na slikovit način, čime se tema približava i širem krugu zainteresovanih strana.

Cilj izrade vodiča je da se ohrabre i pomognu investitori da ulažu u obnovljive izvore energije u Srbiji, ali i da se, kroz detaljno sagledavanje složenih zakonskih procedura, uoč njihovi nedostaci, kao i da se podstaknu nadležni da kroz zakonodavne i institucionalne aktivnosti ove procedure pojednostave i unaprede. Nadamo se da će ovi vodiči pokrenuti konstruktivni dijalog mnogobrojnih zainteresovanih strana i time doprineti boljoj informisanosti i međusobnom razumevanju, što, u krajnjoj liniji, treba da rezultira povoljnim okruženjem za investicije u sektoru obnovljivih izvora energije.

1. UVOD

Sa izuzetkom nekoliko pilot postrojenja, izgrađenih u naučne svrhe, postrojenja za grejanje koji koriste toplotnu energiju Sunca grade se kao postrojenja relativno male snage, a ne malih dimenzija. Za to postoje dva osnovna razloga. Prvi razlog predstavlja potreba da se toplotni gubici koji nastaju pri transportu zagrejanog fluida svedu na minimum. Zbog toga ceo solarni grejni sistem (SGS), a naročito prijemnici solarne energije (PSE), treba da budu postavljeni što bliže glavnom objektu ili, ako je moguće, na sam objekat. Drugi razlog je relativno mala količina energije koju sunce dozrači na jedinicu površine PSE, zbog čega je potrebno da PSE ima relativno veliku površinu. U urbanim sredinama, zbog uvek prisutnog ograničenja u raspoloživom slobodnom prostoru, ovo može da predstavlja nepremostiv problem. Stoga je uobičajeno da se SGS grade kao mala i srednja postrojenja, odnosno tako da im toplotna snaga ne prelazi 1 MW (tabela 1).

Tabela 1. Podela postrojenja za grejanje koja koriste toplotnu energiju Sunca*

| SGS | Max. toplotna snaga | Površina panela* [m ²] | Površina zemljišta** [m ²] | Površina zemljišta axb |
|---------------------|---------------------|------------------------------------|--|------------------------|
| Mali (do 20 kW) | 3 kW | 5,0 | - | - |
| | 12 kW | 20,0 | - | - |
| Srednji (do 1 MW) | 1 MW | 1666,7 | 5000 | 50 x 100 m |
| Veliki (preko 1 MW) | 10 MW | 16666,7 | 50000 | 100 x 1000 m |

* U tabeli su prikazane procenjene minimalne vrednosti potrebnih površina PSE (prijemnika solarne energije) dobijene pod pretpostavkom vrednosti insolacije (solarne iradijancije) za slučaj vedrog, letnjeg sunčanog dana (teorijski maksimum) za područje Srbije

** Pretpostavljeno je da potreba za postavljanjem PSE na tlo postoji samo kod srednjih i velikih postrojenja.

Zbog navedenih fizičkih i tehničkih ograničenja, ova postrojenja vrlo često, i gotovo bez izuzetaka u slučaju malih snaga, ispunjavaju uslov da skoro u potpunosti budu izuzeta iz procedure uređene propisima¹. Pored toga, za izgradnju ovih postrojenja, čiji glavni deo predstavljaju prijemnici solarne energije izvedeni kao relativno laki pločasti uređaji, koji se obično postavljaju na već postojeće građevinske ili pomoćne objekte, ne remeteći im gabarite, (nadstrešnice, senila, ...) ili na samo tlo, osim toplotnog i statičkog proračuna na čvrstoću konstrukcije, nema potrebe za drugom vrste tehničke dokumentacije. Te dve činjenice, izuzeće od propisane procedure i relativno jednostavna tehnička dokumentacija, čine mala postrojenja posebno privlačnim, pre svega za male investitore koji planiraju da ovim sistemima opreme porodične kuće i male zgrade.

Važno je istaći da, zbog geografskog položaja Srbije i umereno kontinentalne klime na ovim prostorima, a koja podrazumeva relativno oštre zime sa prosečnom temperaturom tokom najhladnijih zimskih meseci često nižom od 0°C i relativno velikih potreba za toplotnom energijom baš u periodu kada je zračenje Sunca najslabije², nije moguće koristiti SGS kao osnovni, nego samo kao dopunski sistem za grejanje. Analize su pokazale da optimalno projektovani SGS za područje Srbije treba da zadovolji tek 10-20% potreba za toplotnom energijom za zag-

1 Detaljnije u Poglavlju 2.1 ovog Vodiča.

2 Za razliku od sistema za pretvaranje svetlosne energije zračenja Sunca fotoelektričnim efektom u električnu energiju (solarni fotonaponski paneli), sistemima za pretvaranje toplotne energije zračenja Sunca u energiju za grejanje sakuplja se i akumulira solarna energija samo tokom sunčanih dana. Istovremeno, zbog povećanih toplotnih gubitaka, njihov stepen korisnog dejstva se naglo smanjuje pri niskim temperaturama okolnog vazduha. Detaljnije videti poglavlje 4. Raspoloživost zračenja Sunca.

revanje prostora [1, 2]. Ovaj mali procenat zadovoljavanja potreba za grejanjem, odredio je njihovu drugu i prevashodnu ulogu, kako u Srbiji tako i u svetu. Ovi sistemi se najbolje koriste kao sistemi za zagrevanje potrošne tople vode (PTV). Otuda ne čudi podatak da se 80% slučajeva njihove primene u svetu odnosi na sisteme za zagrevanje PTV [3], kao i podatak da optimalni stepen zadovoljavanja potreba za PTV za područje Srbije iznosi oko 65% [1, 2].

S obzirom na relativno mali broj uslova, u smislu sticanja dozvola i ispunjavanja propisanih procedura koje investitor mora da ispuni kako bi stekao pravo na izgradnju malih i srednjih SGS, ovaj vodič, pored prikaza zakonske procedure, investitorima treba da prikaže i tehničke mogućnosti korišćenja solarne energije za grejanje, kao i da im pomogne da provere isplativost ulaganja u izgradnju takvih postrojenja.

2. PRAVNI DEO

Zakonom o planiranju i izgradnji, kojim su propisani uslovi korišćenja građevinskog zemljišta i izgradnje objekata, a koji u 11. poglavlju Izgradnja objekata i izvođenje radova za koje se ne izdaje građevinska dozvola, u članu 144. i 145.³ jasno navodi da se objekti kao što su "solarni kolektori/solarne ćelije" grade u pojednostavljenoj proceduri.⁴

Zakonom o energetici Republike Srbije regulisana je i oblast proizvodnje i distribucije i snabdevanja toplotnom energijom⁵, kao i oblast obnovljivih izvora energije. Ovim Zakonom su uređene određene dozvole koje su investitori dužni da pribave za objekte za proizvodnju energije, kao i dozvole (licence) za obavljanje energetske delatnosti. Međutim, ovim Zakonom propisano je da nije potrebna energetska dozvola za izgradnju energetskih objekata za proizvodnju toplotne energije snage do 1 MW_t, kao ni licenca za obavljanje energetske delatnosti za delatnost proizvodnje toplotne energije u objektima ukupne snage do 1 MW_t i proizvodnje toplotne energije isključivo za sopstvene potrebe (bez obzira na snagu objekta).

U ovom tekstu će biti razmotrene mogućnosti izgradnje objekata za proizvodnju toplotne energije iz energije Sunca kao posebnog slučaja iz Zakona o planiranju i izgradnji. Takođe, ukazuje se da u vezi sa energetsom dozvolom za izgradnju energetskog objekta Zakon o energetici u pogledu korišćenja energije Sunca kao obnovljive energije ne pravi razliku između fotosolarnih i termosolarnih objekata.

Obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije je posebno pitanje. Ukoliko lice proizvodi toplotnu energiju za sopstvene potrebe, ne obavlja delatnost, te nema potrebe ni razmatrati prava na obavljanje delatnosti. Kada se radi o izdavanju licence za obavljanje energetske delatnosti korišćenjem termosolarnog postrojenja, ona je regulisana odredbama ovog Zakona za oblast proizvodnje toplotne energije, ali i odredbama Zakona o komunalnim delatnostima.

2.1 Posebni slučajevi izgradnje solarnih grejnih sistema⁶

Posebnim slučajevima izgradnje solarnih kolektora i solarnih ćelija smatrali bi se slučajevi utvrđeni Zakonom o planiranju i izgradnji za koje se ne izdaje građevinska dozvola.

a) *Prvi slučaj* - Izvođenje radova na postavljanju solarnih kolektora, kao jednostavnih objekata – za koje se ne traži pribavljanje akta nadležnog organa za gradnju (lokacijske dozvole i građevinske dozvole). Jednostavnim objektima se smatraju objekti koji se grade na istoj katastarskoj parceli na kojoj je sagrađen glavni objekat, na način da ne ometaju redovno korišćenje susednih objekata. Zakon posebno navodi solarne kolektore, kao ovakve objekte.

b) *Drugi slučaj* - Građenje pomoćnih objekata⁷ i ekonomskih objekata⁸, kao i postavljanje so-

³ Zakon o planiranju i izgradnji Član 144.: Posebna vrsta objekata, odnosno radova za koje nije potrebno pribavljati akt nadležnog organa za gradnju, odnosno akt za izvođenje radova jesu: ..., građenje jednostavnih objekata koji se grade na istoj katastarskoj parceli na kojoj je sagrađen glavni objekat, a koji se izvode na način da ne ometaju redovno korišćenje susednih objekata (vrtna senila do 15 m² osnovne, staze, platoi, vrtni bazeni i ribnjaci površine do 12 m² i dubine do 1 m, nadstrešnice osnovne do 10 m², dečja igrališta, dvorišni kamini površine do 2 m i visine do 3 m, kolski prilazi objektima širine 2,5-3 m, **solarni kolektori** i sl.);...

⁴ Ovi slučajevi su objašnjeni u poglavlju 2.1. ovog Vodiča. Ipak, ukoliko investitor želi da gradi objekat koji se ne spada u ove posebne slučajeve, treba da primeni ceo postupak propisan Zakonom o planiranju i izgradnji i drugim relevantnim propisima. Ovaj postupak šire je opisan u Vodiču pod nazivom „Izgradnja postrojenja i proizvodnja električne energije u solarnim elektranama u Republici Srbiji“.

⁵ Energija – električna energija i toplotna energija

⁶ Član 144. Zakon o planiranju i izgradnji.

⁷ Pomoćni objekat jeste objekat koji je u funkciji glavnog objekta, a gradi se na istoj parceli na kojoj je sagrađen glavni stambeni, poslovni ili objekat javne namene (garaže, ostave, septičke jame, bunari, cisterne za vodu i sl.) – Član 2. tačka 24) Zakona o planiranju i izgradnji.

⁸ Ekonomski objekti jesu objekti za gajenje životinja (staje za gajenje konja, štale za gajenje goveda, objekti za gajenje živine, koza, ovaca i svinja, kao i objekti za gajenje golubova, kunića, ukrasne živine i ptica); prateći objekti za gajenje domaćih životinja (ispusti za stoku, betonske piste za odlaganje čvrstog stajnjaka, objekti za skladištenje osoke); objekti za skladištenje stočne hrane (senici, magacini za skladištenje koncentrovane stočne hrane, betonirane silo jame i silo trenčevi), objekti za skladištenje poljoprivrednih proizvoda (ambari, koševi) i drugi slični objekti na poljoprivrednom gazdinstvu (objekti za mašine i vozila, pušnice, sušionice i sl.) – Član 2. tačka 24a) Zakona o planiranju i izgradnji.

larnih kolektora i solarnih ćelija vrši se na osnovu rešenja kojim se odobrava izvođenje tih radova, a koje izdaje organ nadležan za izdavanje građevinske dozvole.

Uz zahtev za izdavanje rešenja podnosi se: 1) dokaz o pravu svojine; 2) idejni projekat, odnosno glavni projekat; 3) informacija o lokaciji za izgradnju pomoćnih objekata; 4) dokaz o uređenju odnosa u pogledu plaćanja naknade za uređivanje građevinskog zemljišta za izgradnju garaža, ostava i drugih sličnih objekata, kao i za promenu namene bez izvođenja radova.

Za tehničku dokumentaciju (idejni projekat, odnosno glavni projekat) za izgradnju vodova i priključaka do izgrađene mreže komunalne infrastrukture pribavlja se saglasnost javnog komunalnog preduzeća, odnosno privrednog društva kome je povereno obavljanje komunalne delatnosti.

Za radove postavljanja solarnih kolektora i solarnih ćelija na objektima od kulturno-istorijskog značaja i objektima za koje se pre obnove (restauracije, konzervacije, revitalizacije) ili adaptacije moraju izdati konzervatorski uslovi u skladu sa odredbama posebnog zakona, podnosi se i saglasnost organa, odnosno organizacije nadležne za poslove zaštite kulturnih dobara na idejni, odnosno glavni projekat.

Izuzetno, ukoliko se radi o zahtevima za izdavanje rešenja kojim se odobrava izvođenje radova na pomoćnim objektima i ekonomskim objektima, kao i za rekonstrukciju, adaptaciju i sanaciju objekata u granicama nacionalnog parka i objekata u granicama zaštite zaštićenog prirodnog dobra od izuzetnog značaja, kao i za izvođenje radova na adaptaciji i sanaciji u zaštićenoj okolini kulturnih dobara od izuzetnog značaja i kulturnih dobara upisanih u Listu svetske kulturne baštine, tada rešenje donosi nadležni organ jedinice lokalne samouprave na čijoj teritoriji se nalazi predmetni objekat.

Nadležni organ donosi rešenje u roku od osam dana bez obzira da li: 1) odbija zahtev, ako je za radove navedene u zahtevu potrebno izdavanje građevinske dozvole, ili 2) odobrava izvođenje radova, odnosno promenu namene.

Na ova rešenja može se izjaviti žalba u roku od osam dana od dana dostavljanja rešenja.

Pravnosnažno rešenje kojim se odobrava izvođenje radova za objekte, koji se u skladu sa odredbama Zakona kojim se uređuje upis u javnu knjigu o evidenciji nepokretnosti i pravima na njima mogu upisati u javnu evidenciju, predstavlja osnov za upis u javnu knjigu o evidenciji nepokretnosti i pravima na njima.

Po završetku izgradnje, odnosno izvođenju radova, postavljanja solarnog kolektora i solarne ćelije, po zahtevu investitora, nadležni organ može izdati upotrebnu dozvolu. Ako je za predmetni objekat, odnosno izvođenje radova izdata i upotrebna dozvola po zahtevu investitora, osnov za upis u javnu knjigu predstavlja pravnosnažno rešenje kojim se odobrava izvođenje radova i pravnosnažno rešenje o upotrebnoj dozvoli.

Ukoliko objekat ispunjava uslove i u prvom i u drugom slučaju, investitor bi trebalo da pripremi tehničku dokumentaciju i pribavi dozvole iz oblasti građenja objekata i uticaja na životnu sredinu (da podnese zahtev kako bi utvrdio da li treba da radi Studiju o proceni uticaja na životnu sredinu, uticaj na vodni režim i sl.). Ako bi isti objekat bio snage preko 1 MW, onda bi trebalo da pribavi i energetska dozvolu. Ako bi vlasnik želeo da obavlja delatnost proizvodnje električne energije sa ovakvim objektom, a on je snage veće od 1 MW, bilo bi potrebno da pribavi licencu za obavljanje energetske delatnosti. U pogledu sticanja statusa povlašćenog proizvođača, mogao bi da podnese zahtev za sticanje ovog statusa.

2.2 Obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije iz solarne energije

Na samom početku ovog dela potrebno je napomenuti da se u slučaju proizvodnje toplotne energije za sopstvene potrebe ne radi o obavljanju delatnosti, tako da nije potrebno pribavljati bilo kakve dozvole u vezi sa obavljanjem delatnosti. U navedenom slučaju nije moguće ostvariti ni status povlašćenog proizvođača. U ovom smislu moguće je i da Skupštine stanara u zgradama, kao pravna lica i istovremeno organi vlasnika stambenog prostora u zgradi izgrade ili postave solarne kolektore na istoj katastarskoj parceli⁹.

Obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije iz energije Sunca praktično je teško izvodljivo. U takvim slučajevima delatnost je regulisana sa dva zakona: Zakonom o energetici i Zakonom o komunalnim delatnostima. Zakon o energetici utvrđuje da je proizvodnja toplotne energije posebna energetska delatnost od opšteg interesa, ali u pogledu sticanja prava na obavljanje ove delatnosti upućuje na jedinicu lokalne samouprave. Potrebno je ukazati da jedinice lokalne samouprave prepoznaju ovu delatnost samo kao komunalnu delatnost, koja je povezana sa sistemom daljinskog grejanja, i koja je definisana kao „proizvodnja, distribucija i snabdevanje toplotnom energijom“. Takođe, u bližoj razradi pojma ove delatnosti navedeno je da se radi o „centralizovanoj proizvodnji i distribuciji u više objekata vodene pare, tople ili vrele vode za potrebe grejanja“. Bez obzira koliko mali sistem bio, za obavljanje ove delatnosti potrebno bi bilo steći pravo propisano Zakonom o komunalnim delatnostima.

Postoji više načina sticanja prava na obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije:

neposredno: 1.1) poveravanje prava na obavljanje komunalne delatnosti,

1.2) koncesija¹⁰ na obavljanje delatnosti od opšteg interesa;

posredno: ulaganje u javno (komunalno) preduzeće, odnosno privredno društvo koje obavlja komunalnu delatnost.

Poveravanje prava na obavljanje komunalne delatnosti regulisano je Zakonom o komunalnim delatnostima.

U Zakonu o komunalnim delatnostima je delatnost proizvodnje toplotne energije deo jedinstvene delatnosti: proizvodnja i distribucija toplotne energije.¹¹

Pravo na obavljanje komunalne delatnosti stiće se na osnovu poveravanja obavljanja konkretne delatnosti. Pod poveravanjem obavljanja komunalne delatnosti podrazumeva se vremenski oročeno ugovorno uređivanje odnosa u vezi sa obavljanjem komunalne delatnosti ili pojedinih poslova iz okvira komunalne delatnosti između jedne ili više jedinica lokalne samouprave i vršioca komunalne delatnosti, koje za cilj ima pružanje komunalnih usluga na teritoriji jedne ili više jedinica lokalne samouprave ili na delu teritorije jedinice lokalne samouprave.

Poveravanje obavljanja komunalne delatnosti vrši se na osnovu: 1) odluke skupštine jedinice lokalne samouprave o načinu obavljanja komunalne delatnosti i 2) ugovora o poveravanju.

Ukoliko se osniva javno preduzeće za obavljanje komunalne delatnosti, nije potrebno da zaključuje ugovor o poveravanju, već se vršilac komunalne delatnosti može odrediti u odluci o načinu obavljanja komunalne delatnosti.

⁹ U navedenom slučaju bi između članova Skupštine zgrade/vlasnika objekta trebalo postići dogovor o podeli troškova izgradnje/postavljanja solarnih kolektora i načinu podelje toplotne energije. Moguće je da bi to i zahtevalo postavljanje mernih uređaja kod svakog mesta/uređaja koji koristi proizvedenu toplotnu energiju.

¹⁰ Procedura sticanja koncesije je uređena Zakonom o javno-privatnom partnerstvu i koncesijama.

¹¹ U Zakonu o energetici postoje dve delatnosti: proizvodnja toplotne energije i distribucija i snabdevanje toplotnom energijom. Takođe, utvrđeno je da je proizvođač toplotne energije, kome je aktom o osnivanju ili aktom o poveravanju obavljanja delatnosti proizvodnje toplotne energije utvrđena obaveza proizvodnje toplotne energije za tarifne kupce, dužan da proizvedenu toplotnu energiju isporučuje energetskom subjektu koji obavlja delatnost snabdevanja tarifnih kupaca toplotnom energijom prema godišnjem bilansu potreba tarifnih kupaca. Ovaj proizvođač toplotne energije i energetski subjekt koji obavlja delatnost snabdevanja tarifnih kupaca toplotnom energijom, u slučaju da se te delatnosti ne obavljaju u istom pravnom subjektu, zaključuju godišnji ugovor o prodaji toplotne energije za potrebe tarifnih kupaca. Ovaj ugovor se zaključuje u pismenoj formi.

U zavisnosti od finansiranja obavljanja komunalne delatnosti, razlikuje se postupak poveravanja njenog obavljanja. Postoje dva slučaja: 1) kada vršilac dobija pravo da finansiranje obavljanja komunalne delatnosti obezbeđuje u celosti ili delimično naplatom naknade od korisnika usluga, na koji postupak se primenjuju odredbe Zakona kojim se uređuju koncesije i 2) kada se obavljanje komunalne delatnosti finansira iz budžeta jedinice lokalne samouprave, na koji postupak se primenjuju odredbe Zakona kojim se uređuju javne nabavke.

Skupština jedinice lokalne samouprave odlukama propisuje: 1) način obavljanja komunalne delatnosti, kao i 2) opšta i posebna prava i obaveze vršilaca komunalne delatnosti i korisnika usluga na svojoj teritoriji, uključujući i: 2.1) način plaćanja cene komunalne usluge, 2.2) način vršenja kontrole korišćenja i naplate komunalne usluge i 2.3) ovlašćenja vršioca komunalne delatnosti u vršenju kontrole i 2.4) mere koje su kontrolori ovlašćeni da preduzimaju.

Ulaganje u javno (komunalno) preduzeće, odnosno privredno društvo koje obavlja komunalnu delatnost se odvija u skladu sa Zakonom o komunalnim delatnostima, Zakonom o javnim preduzećima i Zakonom o privrednim društvima.

Bitan element ovakvog ulaganja, pod uslovom da je imovina ovih privrednih subjekata jasno definisana. Ulaganje u privredni subjekt ne menja samo strukturu vlasništva nad njegovim kapitalom, već se može odraziti i na njegovu upravljačku strukturu, ali i na samo biće privrednog subjekta.

Shodno članu 60. Zakona o javnim preduzećima, radi obezbeđivanja zaštite opšteg interesa u javnom preduzeću, osnivač daje saglasnost na ulaganje kapitala, statusne promene i akt o proceni vrednosti državnog kapitala i iskazivanju tog kapitala u akcijama, kao i na program i odluku o svijinskoj transformaciji, druge odluke u skladu sa osnivačkim aktom. Ova odredba se oprimenjuje i na društva kapitala sa većinskim učešćem državnog kapitala koja obavljaju delatnost od opšteg interesa, osim ako osnivačkim aktom tog društva nije drugačije uređeno.

Ovakva procedura nije predviđena za društva kapitala koja nemaju većinsko učešće državnog kapitala, koja su pravo na obavljanje komunalne delatnosti stekla na osnovu odluke skupštine jedinice lokalne samouprave i ugovora o poveravanju obavljanja ove delatnosti. Poštovanje ugovornih odredbi je mehanizam kontrole obavljanja komunalne delatnosti od strane ovih vršioca komunalne usluge.

Za obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije, pored sticanja prava na obavljanje ove delatnosti kao delatnosti od opšteg interesa, neophodno je pribaviti i licencu za obavljanje ove delatnosti. Licencu za obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije izdaje nadležni organ jedinice lokalne samouprave, grada, odnosno grada Beograda.¹² Pitanje licence za obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije u objektima snage veće od 1 MW treba da bude regulisano propisima jedinice lokalne samouprave na čijoj se teritoriji obavlja delatnost, ali ovi propisi u Republici Srbiji još nisu doneti.

O načinu primene odredbi iz Zakona o energetici o garancijama porekla koje se izdaju za jediničnu količinu od 1 MWh proizvedene energije iz obnovljivih izvora, više će se znati kad budu doneta podzakonska akta ovog Zakona koja će regulisati ovu oblast.

2.3 Sticanje statusa povlašćenog proizvođača toplotne energije

Zakonom o energetici utvrđena je mogućnost za ostvarivanje podsticaja za proizvođače toplotne energije, odnosno energije za grejanje i hlađenje.

Nadležni organi jedinice lokalne samouprave su Zakonom o energetici ovlašćeni da propišu podsticajne mere za proizvodnju toplotne energije iz obnovljivih izvora. Ovakva akta u vreme pisanja ovog Vodiča nisu bila doneta.

¹² Član 178. Zakona o energetici.

Proizvođači toplotne energije koji bi ostvarili ove podsticaje imali bi status povlašćenih proizvođača. Ovi proizvođači imaju pravo na podsticajnu otkupnu cenu i druge podsticajne mere.

Pored navedenih podsticaja, povlašćeni proizvođači toplotne energije imaju pravo na subvencije, poreske, carinske i druge olakšice, u skladu sa zakonom i drugim propisima kojima se uređuju porezi, carine i druge dažbine.

3. VRSTE I PRIMENA SOLARNIH GREJNIH SISTEMA

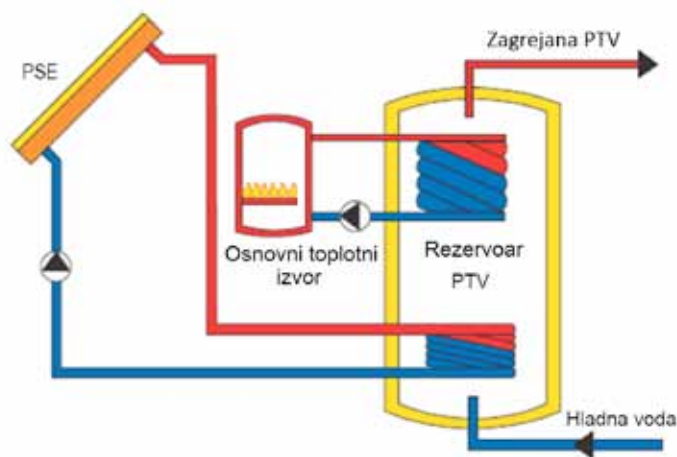
3.1 Solarni sistemi za zagrevanje potrošne tople vode

U 80% slučajeva primene, sistemi za grejanje koji kao primarnu energiju koriste energiju zračenja Sunca, koriste se za zagrevanje potrošne tople vode (PTV) [3]. Razlog za to je što je potrošnu vodu potrebno zagrejati do relativno niske temperature (40-60°C), kao i što su potrebe za potrošnom toplom vodom stalne tokom cele godine, pa čak i nešto povećane tokom letnjeg perioda. Niske potrebne temperature potrošne tople vode i male razlike u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha, obezbeđuju visok stepen iskorišćenja solarne energije, naročito leti kada ove energije ima najviše.

Solarni sistemi za zagrevanje potrošne tople vode mogu biti sa prinudnom cirkulacijom radnog fluida i sa prirodnom cirkulacijom radnog fluida. Po pravilu, sistem za PTV sa prinudnom cirkulacijom sastoji se od:

- prijemnika solarne energije (PSE),
- rezervoara za toplu vodu, sa predajnikom toplote,
- cevovoda,
- cirkulacione pumpe,
- ekspanzionog suda,
- pripadajuće armature i
- regulaciono-upravljačkog sistema.

Na slici 1. prikazana je šema aktivnog sistema za zagrevane potrošne tople vode pomoću energije zračenja Sunca.



Slika 1. Sistem za zagrevanje potrošne tople vode pomoću energije zračenja Sunca sa prinudnom cirkulacijom radnog fluida

Za razliku od SGS sa prinudnom cirkulacijom, sistemi sa prirodnom cirkulacijom radnog fluida nemaju cirkulacionu pumpu. Cirkulacija radnog fluida u ovim sistemima ostvaruje se na osnovu razlike gustina koja nastaje kao posledica razlike između temperatura zagrejanog i hladnog fluida. Relativno teško regulisanje i upravljanje ovim sistemima glavni su razlozi da se oni po pravilu primenjuju kao unapred sklopljene kompaktne jedinice sa samo jednim ili dva PSE (slika 1)

SGS za PTV je optimalno dimenzionisan ako godišnji udeo iskorišćene solarne energije u ukupno potrebnoj energiji za pripremu potrošne tople vode kod manjih sistema iznosi 55-65 %, odnosno kod srednjih 35-45 %. U slučaju većih udela iskorišćenja solarne energije sistem bi bio predimenzionisan (naročito leti), a odnos investicionih troškova i energetskih dobitaka nepovoljan.

U slučaju pravilno dimenzionisanog sistema, količina toplote koju obezbeđuje SGS dovoljna je da u letnjim mesecima zadovolji ukupne potrebe za zagrevanjem potrošne tople vode. Važno je znati da se pomoću SGS energija Sunca može prikupiti i pretvoriti u toplotnu samo za vreme sunčanih dana, odnosno kada ima Sunca. U slučaju oblačnog vremena i kišnih dana SGS neće moći da obezbedi dovoljnu količinu energije za grejanje. Za velike prekide dozračivanja solarne energije, koji se obično dešavaju tokom zimskih meseci, neophodno je da svaki SGS za zagrevanje PTV bude opremljen i konvencionalnim sistemom za zagrevanje vode (električna energija, prirodni gas itd.). Da bi se premostili kraći noćni prekidi i eventualni dnevni prekidi u snabdevanju solarnom energijom, koji se javljaju i tokom letnjih meseci, kao nezaobilazan element u svaki SGS ugrađuje se i akumulacioni rezervoar za toplu vodu.

Da bi SGS za zagrevanje PTV mogao pouzdano i kvalitetno da radi, potrebno je pažljivo dimenzionisati svaku njegovu komponentu. Predimenzionisani sistemi, osim što ne mogu da opravdaju investiciona sredstva, mogu stvoriti i određene tehničke probleme u radu sistema. Najčešće su to problemi vezani za pregrevanje radnog fluida, problem njegovog preteranog širenja, ugrožavanje rada sigurnosnog ventila i trajnosti radnog fluida.

3.2 Solarni sistemi za grejanje prostora i zagrevanje potrošne tople vode

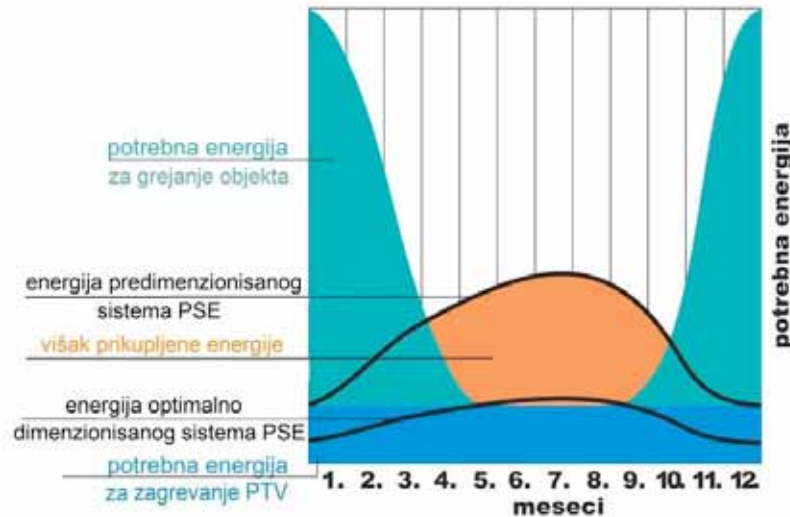
Kao što je već spomenuto za područje Srbije, energija Sunca kao samostalnog toplotnog izvora ne može da zadovolji potrebe za zagrevanje objekta tokom cele godine. U zimskim mesecima, kada nam je grejanje objekta najpotrebnije, solarne energije ima najmanje. Zbog navedenog, SGS za zagrevanje objekata se koriste isključivo kao dopunski sistem sistema za grejanje sa klasičnim izvorima toplotne energije (prirodni gas, električna energija, biomasa itd.). Stoga se šematski prikaz ovog postrojenja u suštini ne razlikuje od šeme aktivnog sistema za zagrevane potrošne tople vode pomoću energije zračenja Sunca (slika 1).

Da bi udeo solarne energije u ukupno potrebnoj energiji za grejanje bio što veći potrebno je ukupne toplotne gubitke objekta svesti na minimum, a istovremeno sisteme za zagrevanje prostora izvesti kao niskotemperaturne (zidni i podni paneli, konvektori). Navedeno se i u praksi sve više primjenjuje izborom kvalitetnih građevinskih materijala i savremenim tehničkim rešenjima.

Zbog malog broja sunčanih dana tokom zimskog perioda, a velikog tokom letnjeg perioda, kada grejanje prostora nije potrebno, a takođe da bi udeo solarne energije u ukupno potrebnoj grejnoj energiji bio što veći, SGS za zagrevanje objekta uvek se izvode u sprezi sa sistemom za zagrevanje PTV.

Pogrešna su razmišljanja da će se više solarne energije iskoristiti u dogrevanju ako se višestruko poveća površina PSE. To bi moglo da važi samo za prolećne i jesenje dane (slika 2). Veća iskorišćenost i veći udeo solarne energije u ukupno potrebnoj energiji za grejanje postiže se pre svega povećanjem zapremine akumulacionog rezervoara, a ne povećanjem površine PSE. Prevelike površine PSE stvorile bi ogroman višak toplotne energije tokom letnjih meseci, koja ne bi mogla da se potroši, što bi izazvalo ozbiljna oštećenja SGS.

Grubo se procenjuje da površina PSE u SGS za zagrevanje prostora nikako ne sme da bude veća od jedne i po površine PSE koji se koriste u SGS samo za zagrevanje PTV.



Slika 2. Raspodela potrebne energije za zagrevanje prostora i potrošne tople vode tokom godine i mogućnosti njenog obezbeđivanje sa povećanjem površine PSE

Optimalno dimenzionisan SGS može da zadovolji od 45% do 75% godišnjih potreba za zagrevanje PTV i to oko 30% toplotne energije za zagrevanje prostora [1, 2].

3.3 Zagrevanje bazena pomoću solarnih grejnih sistema

Zatvorena plivališta, zbog izuzetno velikih potreba za energijom za grejanje bazenske vode i grejanje vazduha u prostoru iznad bazena, spadaju u energetske izuzetno zahtevne sisteme. Kod zatvorenih plivališta grejanjem je potrebno nadoknaditi toplotne gubitke i vazduha, i vode u bazenu. Tokom cele sezone temperatura vode u bazenu treba da bude između 24 – 28°C, a vazduha iznad bazena za 2 – 3°C viša, odnosno od 26 – 30°C. Toplotni gubici vazduha iznad bazena mogu se podeliti na tzv. ventilacione i transmisione gubitke toplote, dok toplotni gubici vode mogu da se podele prema njihovom uzroku na toplotne gubitke usled isparavanja vode, usled gubitka vode prskanjem, gubitaka toplote transmisijom kroz zidove bazena, gubitaka nastalih prelaženjem toplote sa vode na vazduh (vetar), te zračenjem toplote sa površine bazena na okolne površine.

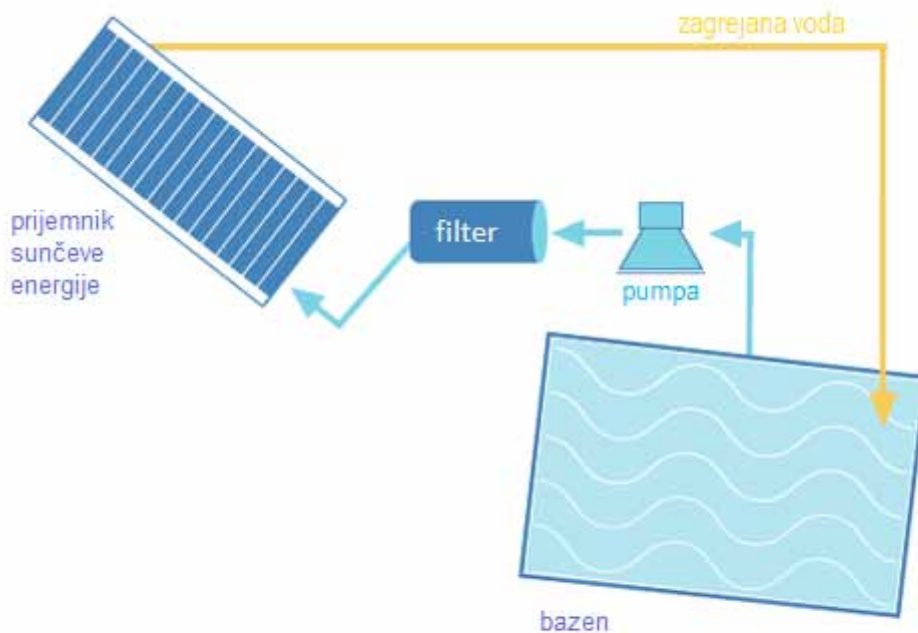
Zbog velikih potreba za energijom i klimatskih uslova Srbije, za grejanje bazenske vode i vazduha u objektima sa zatvorenim plivalištima neophodno je koristiti klasične izvore toplotne energije (prirodni gas, mazut i sl.). Sistemi za grejanje vode u zatvorenim bazenima pomoću PSE, kao potpuna zamena konvencionalnog sistema mogu se koristiti samo u letnjem periodu, dok u zimskom periodu mogu da posluže samo kao dopuna osnovnom sistemu za grejanje.

Sa druge strane, iskorišćenost energije Sunca, zbog relativno niskih temperatura vode, posebno dolazi do izražaja kod otvorenih plivališta, kod kojih se bazeni koriste isključivo u letnjem periodu. Ovaj način korišćenja SGS predstavlja jedan od najefikasnijih i najekonomičnijih načina korišćenja solarne energije. Opsežna istraživanja javnih otvorenih plivališta u regionu Srednje Evrope su pokazala da se čisto solarno zagrevanje pokazalo kao potpuno dovoljno za zagrevanje bazenske vode [2]. A razlog za to je i što je u periodima lošeg vremena, kada SGS ne mogu da proizvedu dovoljnu količinu toplote, smanjena i potreba za korišćenjem bazena. Toplotni gubici bazena na otvorenom koje je potrebno nadoknaditi grejanjem nastaju usled isparavanja vode, gubitka vode usled prskanja, te transmisionih gubitaka toplote kroz zidove bazena, prelaženja toplote na vazduh (vetar), te zračenja toplote prema nebu i okolnim objektima. Da bi se ti gubici smanjili bazeni se često prekrivaju prozirnim plastičnim pločama.

Za nadoknadu topotnih gubitaka bazenske vode najčešće se koriste pločasti¹³ PSE. Toplotni gubici bazenske vode zavise od razlike između temperature vode u bazenu i temperature i vlažnosti okolnog vazduha, položaja bazena za plivanje, brzine strujanja vazduha (vetra), brzine dotoka hladne vode i njene temperature, veličine i kvaliteta toplotne izolovanosti bazena. Dnevni toplotni gubici otvorenih bazena mogu se grubo proceniti na 4 kWh/(m²dan), a zatvorenih bazena na oko 2,5 kWh/(m²dan) [2, 4]. Preračunato u dnevno snižavanje temperature vode u bazenu, za otvorene bazene dubine oko 2,1 m, ovi gubici izazivaju pad temperature vode za 1,6°C dnevno, dok za zatvorene bazene oni utiču na pad temperature vode za oko 1°C dnevno.

Osnovne komponente sistema za zagrevanje vode u otvorenim bazenima su:

- PSE,
- filter,
- cirkulaciona pumpa i
- regulacioni ventil



Slika 3. Sistem za zagrevanje otvorenog bazena pomoću energije zračenja Sunca

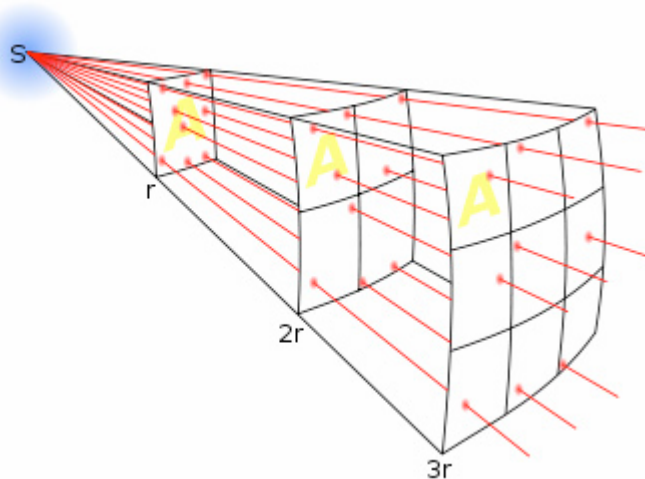
13 Videti poglavlje 5.2

4. RASPOLOŽIVOST ZRAČENJA SUNCA

sunce, kao fuzioni reaktor, svake sekunde pretvori oko 600 miliona tona vodonika u helijum, pri čemu oslobodi ogromnu količinu energije koju emituje u Svemir u vidu elektromagnetnog zračenja¹⁴ (svetlosnog, toplotnog, rentgenskog i dr.). Od ukupno $3,8 \times 10^{26}$ W energije koju sunce zrači u kosmos, Zemlja primi $1,7 \times 10^{17}$ W.

Računajući da površina projekcije Zemlje iznosi oko 128 miliona km^2 , može se izračunati da sunce Zemlji svake sekunde dozrači $117 \cdot 10^9$ MJ ($117 \cdot 10^9$ MW) ili oko 109 TWh energije godišnje. To znači da sunce Zemlji godišnje dozrači 25 puta više energije nego što iznose rezerve svih fosilnih goriva.

Jačina zračenja Sunca I_s [W/sr] opada sa kvadratom udaljenosti od Sunca (slika 4).



Slika 4. Smanjenje jačine (ranije „gustine“) zračenja Sunca I_s [W/sr] sa povećanjem udaljenosti od Sunca

4.1 Solarna konstanta

Na spoljnoj granici Zemljine atmosfere u zavisnosti od aktivnosti Sunca, na površinu upravnu na pravac zračenja, u svakoj sekundi sunce dozrači između 1307 W/m^2 i 1393 W/m^2 . Ova dozračena energija u jedinici vremena (ozračenost ili iradijancija) se zove ekstraterestrična, jer je dostupna izvan, odnosno na spoljnoj granici Zemljinog vazdušnog omotača. Prosečna vrednost ove iradijancije naziva se *solana konstanta*. Prihvaćeno je da je vrednost solarne konstante iznosi $E_0 = 1353 \pm 21 \text{ W/m}^2$.

4.2 Direktno i difuzno zračenje

Na putu kroz Zemljinu atmosferu zračenje Sunca slabi zbog interakcije sa molekulima gasova koje čine atmosferu, kao i česticama koje se nalaze u atmosferi. Pri prolasku kroz atmosferu zračenje Sunca se odbija (reflektuje) od molekula jedno- i dvoatomih gasova (Ravleighovo raspršenje), kao i od čestica prašine i dima (aerosola). U interakciji sa molekulama tro- i višeatomih gasova (H_2O , CO_2 , O_3 itd.) zračenje se delom reflektuje, delom apsorbuje, da bi se zatim ponovo emitovalo. Reflektovano zračenje nastavlja da se prostire u svim pravcima, pa

¹⁴ Po talasnim dužinama spektar elektromagnetnog zračenja deli se na: gama zračenje, rendgensko zračenje, ultraljubičasto zračenje, vidljivu svetlost, infracrveno (toplotno) zračenje, mikrotalasno zračenje i radiotalase

se delimično vraća u svemir, a samo delom dospeva na Zemlju. Slično je i sa apsorbovanim zračenjem, koje se naknadno emituje, takođe u najrazličitijim pravcima, pa tako i u pravcu Zemlje. Pojedine talasne dužine zračenja se više apsorbuju nego druge, pa se i spektralni sastav zračenja (oblik spektra) menja.

Onaj deo zračenja Sunca koji do površine Zemlje prođe kroz atmosferu bez interakcije sa atmosferom, naziva se **direktno zračenje**. Drugi deo zračenja Sunca, koji do površine Zemlje dospe indirektnim putem, refleksijom i emisijom apsorbovanog zračenja, naziva se **difuzno zračenje**.

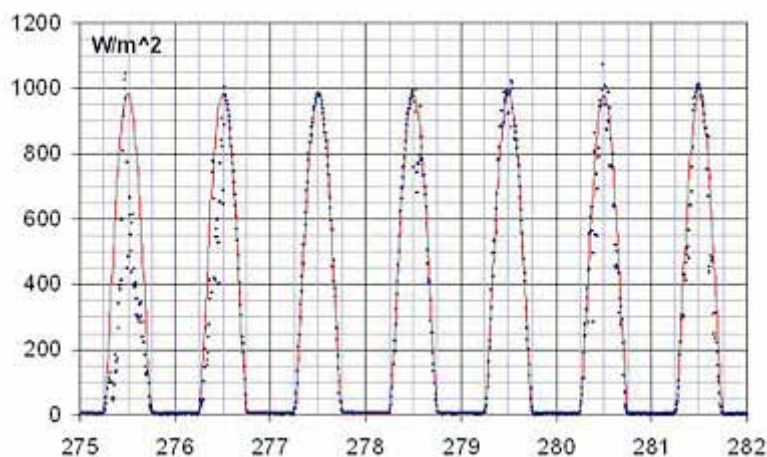
Usled rasipanja i reflektovanja zračenja tokom prolaska kroz atmosferu, energija zračenja koja u jedinici vremena dospeva na Zemlju manja je od ekstraterestične.

Stepen slabljenja direktnog zračenja, odnosno promena odnosa ovog zračenja i difuznog tokom dana, direktno je zavisna od ugla pod kojim se zračenje Sunca probija kroz atmosferu, prolazeći duži ili kraći put kroz nju, sa većom ili manjom mogućnošću reflektovanja i apsorbovanja. Pored toga, stepen slabljenja direktnog zračenja će zavisiti od trenutnog sastava atmosfere, odnosno od meteoroloških faktora, od kojih dominantan uticaj ima oblačnost i zagađenost same atmosfere.

4.3 Insolacija

Energija ukupnog zračenje Sunca (**direktnog i difuznog**) koja prođe atmosferu i u jedinici vremena dospe na površinu Zemlje naziva se **insolacija** („*IN*coming *SOL*ar radiation”) ili **solarana iradijancija**.

Insolacija na nivou mora i za $48,19^\circ$ **zenitnog ugla**, kada pada na površinu koja je pod uglom 37° u odnosu na horizontalnu ravan, iznosi $963,8 \text{ W/m}^2$ ([ASTM G173-03 standard](#)) ili 1000 W/m^2 (**CIE standard**, zadržani uslovi iz prethodnog, pod nazivom **AM-1.5G**¹⁵).



Slika 5. Primer promena vrednosti insolacije za područje Beograda za 8 dana u godini, od 275-og do 282-og dana (energija dospela na površinu u jedinici vremena na jedinicu površine)

4.4 Godišnja energija globalnog zračenja Sunca

Globalno zračenje Sunca predstavlja energiju ukupnog zračenja Sunca (**direktnog i difuznog**) koja tokom nekog vremenskog perioda dospe na jediničnu površinu Zemlje. Drugim rečima predstavlja energiju insolacije u nekom vremenskom periodu.

15 prema ISO 9845-1:1992, IEC EN 60904-3:1989-02

Vrednosti globalnog godišnjeg zračenja Sunca G_a izražava se u kWh/(m²god) i obavezno se definiše ugao nagutosti površine za koju se odnosi data vrednost.

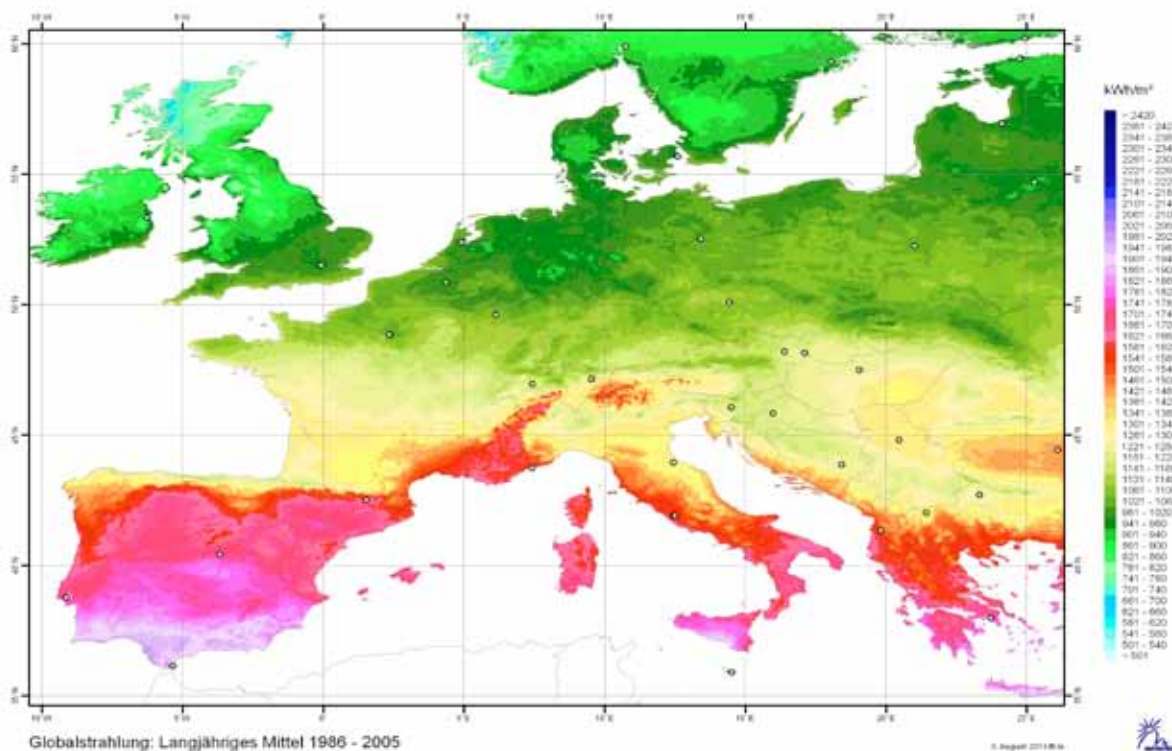
Pored godišnjeg, u raznim studijama često se navode prosečne dnevne vrednosti energije zračenje Sunca G_d , koja se izražavaju u kWh/(m²dan).

Osnovni parametar za procenu opravdanosti izgradnje SGS na nekoj lokaciji jeste godišnja energija globalnog zračenja Sunca na horizontalnu ravan te lokacije G_a , dakle, ukupna vrednost energije sučevog zračenja koja tokom godine dospe na m² horizontalne površi na odgovarajućoj lokaciji.

Iako postoji opšte mišljenje da je prosečno godišnje globalno zračenje Sunca u Srbiji za 30% veće nego u zemljama zapadne Evrope, zbog različitosti podataka o njegovoj veličini za pojedine lokacije u nastavku je dato nekoliko izvora ovih podataka:

- 1) Republički hidrometeorološki zavod Srbije,
- 2) <http://gcmd.nasa.gov/>
- 3) <http://solargis.info>
- 4) <http://meteonorm.com>
- 5) Fotonaponski Geografski informacioni sistem¹⁶: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- 6) studija Jefersonon instituta [5].

Na slici 6. prikazana je mapa godišnje energije globalnog zračenja Sunca na horizontalnu ravan za teritoriju Evrope [6] a na slici 7. za teritoriju Republike Srbije, preuzeta sa web stranice [<http://meteonorm.com>]. U nastavku su dati podaci o mesečnim i godišnjim energijama globalnog zračenja Sunca na horizontalnu ravan za neke gradove u Srbiji, preuzeti iz studije Jeferrson Instituta [5].



Slika 6. Prosečna godišnja energija globalnog zračenja Sunca na horizontalnu ravan u Evropi [7].

¹⁶ Iako je ova web stranica predviđena za pomoć pri projektovanju fotonaponskih solarnih sistema, sa nje se mogu preuzeti podaci koji se mogu koristiti za proračune solarnih grejnih sistema.



Slika 7. Prosečna godišnja energija globalnog zračenja Sunca na horizontalnu ravan u Srbiji [8]

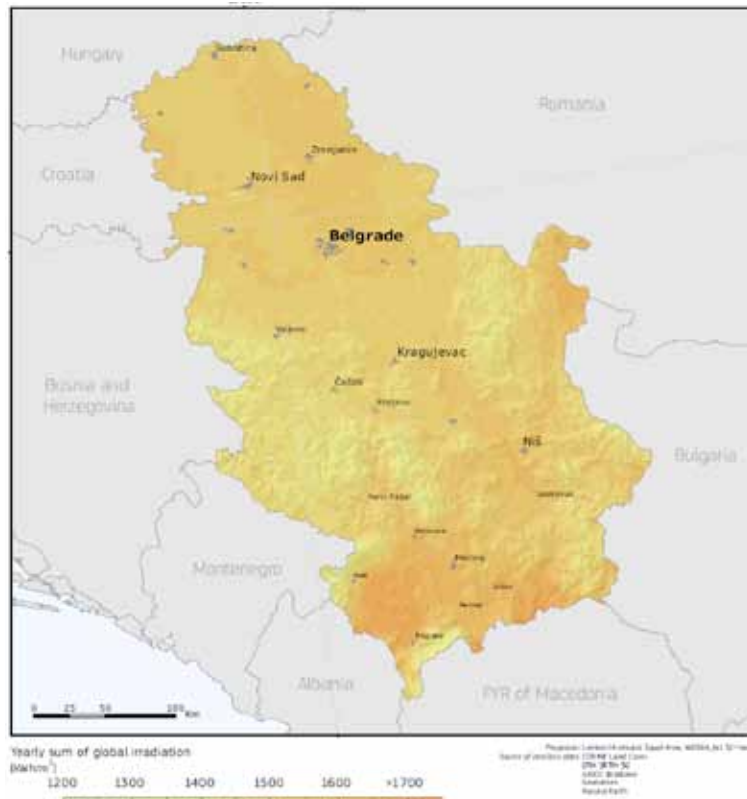
Tabela 2. Prosečna dnevna i godišnja energija globalnog zračenja Sunca na horizontalnu ravan, kWh/m² za neka mesta u Srbiji [5]

| 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 |
| Čuprija | 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 |
| Kuršumlja | 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 | 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 |
| Smederevska 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 |
| Zaječar | 1,5 | 2,25 | 3,25 | 4,8 | 6,05 | 6,45 | 6,95 | 6,3 | 4,95 | 2,95 | 1,5 | 1,3 | 1498,05 |
| Valjevo | 1,45 | 2,25 | 3,1 | 4,4 | 5,35 | 5,95 | 6,35 | 5,75 | 4,45 | 2,95 | 1,5 | 1,2 | 1362,6 |
| Užička Požega | 1,35 | 2,15 | 3,15 | 4,4 | 5,2 | 5,4 | 5,7 | 5,1 | 4 | 2,25 | 1,45 | 1,1 | 1266,35 |
| Zlatibor | 1,5 | 2,3 | 3,1 | 4,35 | 5,1 | 5,65 | 5,9 | 5,35 | 4,3 | 2,75 | 1,6 | 1,3 | 1316,4 |

Budući da najveći udeo u ukupno dozračenju energiji ima direktno zračenje, kao i da se Srbija nalazi između 45°56'40" (Rastelica) i 46°09'20" (Horgoš) geografske širine, dozračenju energija na ravnu površinu može se povećati njenim naginjanjem. U principu, što je neka lokacija dalje od ekvatora, potrebno je veće naginjanje, ali postoji nekoliko stvari koje treba uzeti u obzir prilikom optimizacije nagiba¹⁷.

Na slici 8. je prikazana mapa sa srednjom dnevnom količinom dozračenju solarne energije za površine nagnute pod uglom od 40° ka jugu.

17 Videti poglavlje 6.1



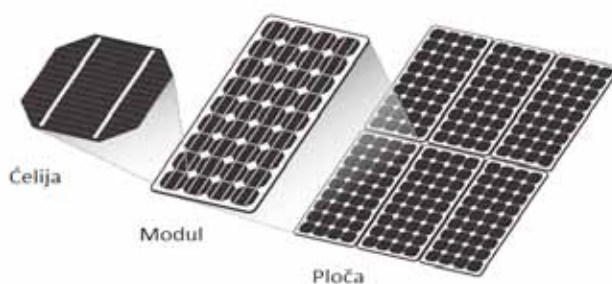
Slika 8. Prosečna godišnja energija globalnog zračenja Sunca na ravan nagnutu pod uglom od 40° ka jugu u Srbiji [8]

5. VRSTE PRIJEMNIKA SOLARNE ENERGIJE

Po nameni, principu rada i korišćenju dela spektra elektromagnetnog zračenja razlikuju se dve osnovne vrste uređaja koji koriste za pretvaranje energije Sunca u druge vrste energija.

Uređaji kojima se prikuplja i pretvara toplotna (infracrveno područje spektra) energija zračenja Sunca¹⁸ u toplotnu energiju za grejanje, nazivaju se prijemnicima toplotne solarne energije (PTSE).

Druga vrsta, naizgled sličnih uređaja, kojima se prikuplja svetlosna energija zračenja Sunca¹⁹ (ultraljubičasto u vidljivo područje spektra) fotoelektričnim efektom direktno pretvara u električnu energiju nazivaju se solarne ćelije. Grupe ćelija čine solarne module, poznate i kao solarni paneli, fotonaponske ploče ili prijemnici svetlosne solarne energije (PSSE) (Slika 9).

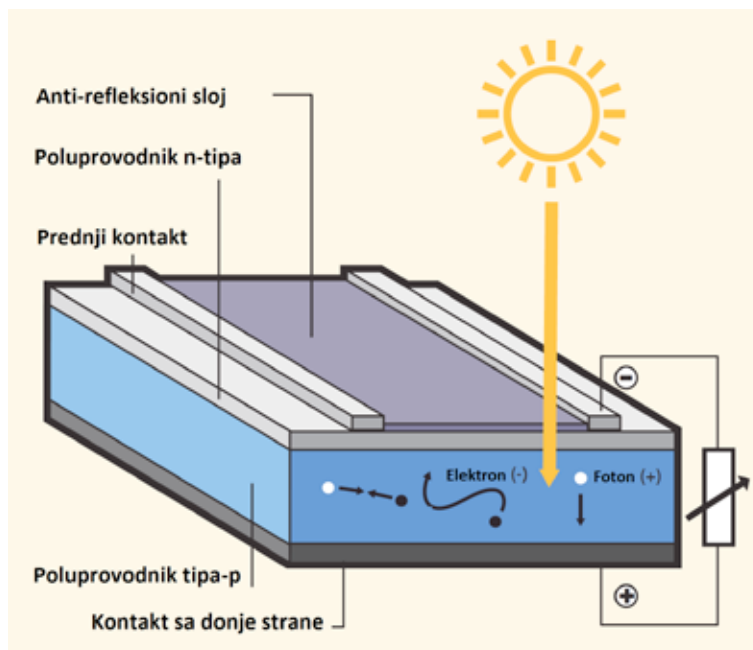


Slika 9. Osnovni elementi sistema za pretvaranje svetlosne solarne energije u električnu: solane ćelije, solarni moduli i paneli

Kao što je već spomenuto, princip rada ovih uređaja zasniva se na fotoelektričnom efektu, odnosno fenomenu da na mestima u kontaktu dva poluprovodnička materijala, izloženih energetsom dejstvu vidljive svetlosti, jedan od poluprovodničkih materijala oslobađa slobodne elektrone. Usmeravanjem prikupljenih elektrona u jednom od poluprovodnika nastaje jednosmerna električna struja. Na taj način, u spoju dva poluprovodnika svetlosna energija se pretvara u električnu energiju (slika 10).

¹⁸ Infracrveno zračenje ili infracrvena svetlost (lat. infra = "ispod"; skraćeniica IR od eng. infrared) obuhvata elektromagnetno zračenje s talasnim dužinama većim od talasne dužine vidljive crvene svetlosti, a manjim od talasne dužine radiotalasa. To je raspon od približno 750 nm do 1 mm.

¹⁹ Vidljivi deo elektromagnetnog spektra je talasnih dužina od 380 do 780 nm (nanometara), odnosno frekvencije (učestanosti) od 4×10^{14} Hz do $7,9 \times 10^{14}$ Hz. Svetlost istovremeno ispoljava osobine talasa i čestica. Svetlosna čestica, kvant, je foton.



Slika 10. Pretvaranje svetlosne u električnu energiju, fotoelektričnim efektom u solarnoj ćeliji

Budući da se je ovaj vodič posvećen mogućnostima korišćenja energije Sunca za potrebe grejanja u nastavku će biti predstavljene samo osnovne osobine, tipovi i način rada ovih PTSE, koji će se dalje kratko nazivati samo prijemnici solarne energije (PSE) .

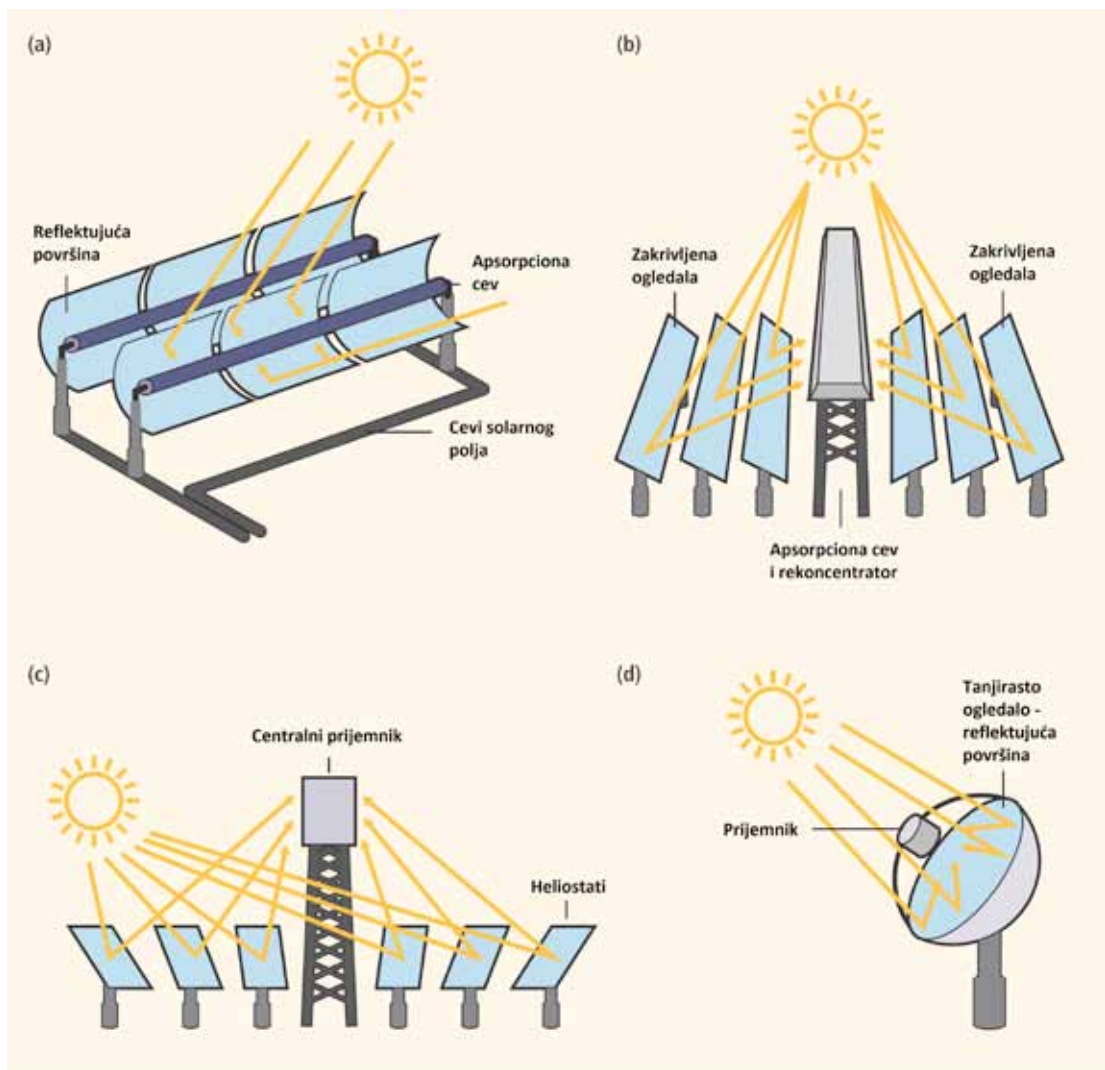
5.1 Podela prijemnika toplotne solarne energije

PSE se prema vrsti radnog fluida, mogu podeliti na:

- PSE za direktno grejanje vazduha,
- PSE za grejanje tečnosti,

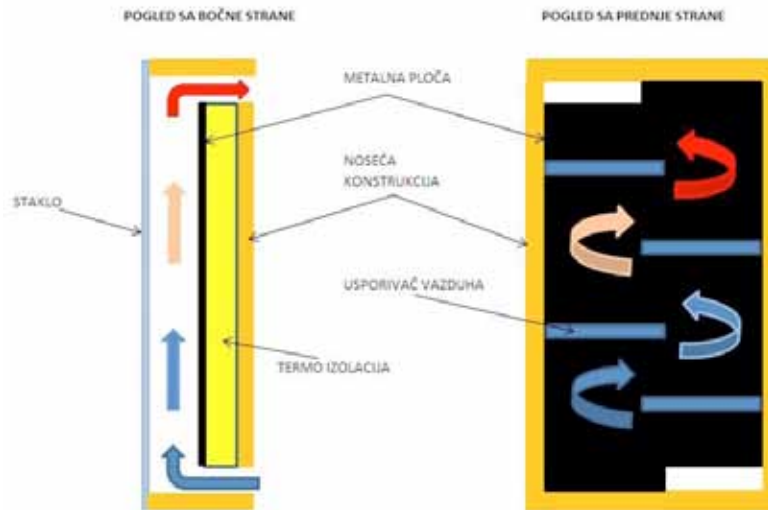
Prema temperaturi radnog fluida i oblika prijemnika razlikuju se:

- Niskotemperaturni:
 - ravni pločasti,
 - sa vakuumskim cevima.
- Visokotemperaturni:
 - parabolična korita,
 - linearni Frenselov koncentrator,
 - centralni prijemnici ili solarni toranj,
 - tanjirasti koncentratori.



Slika 11. Vrste visokotemperaturnih prijemnika toplotne solarne energije: a) parabolična korita; b) linearni Frenselov koncentrador; c) centralni prijemnik ili solarni toranj i d) tanjirasti koncentratori

Kod PSE za direktno grejanje vazduha toplotna solarna energija se direktno prenosi na vazduh (Slika 12). Zagrejeni vazduh se pomoću ventilatora uvodi u prostoriju koja se zagreva i na taj način se održava temperatura u prostoriji, a zatim se ponovo vraća na dogrevanje do PTSE. Ovi PSE imaju primenu u poljoprivredi (staklenici, sušare). Jeftiniji su od ostalih tipova PSE i ne postoji opasnosti ni od curenja, ni od smrzavanja radnog fluida.



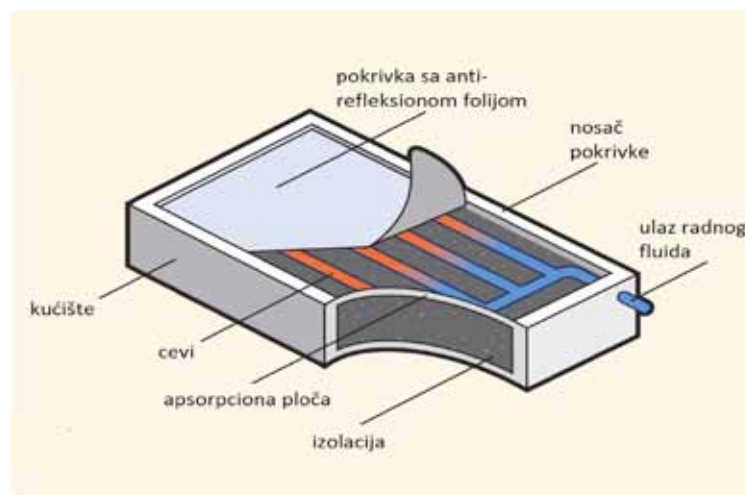
Slika 12. Princip rada PTSE za direktno grejanje vazduha

U niskotemperaturne PSE spadaju i ravni pločasti, i PSE sa vakuum cevima, na koje se, u užem smislu, i odnosi naziv prijemnici solarne energije (PSE).

5.2 Ravni pločasti PSE

Osnovni delovi ravnog zastakljenog PSE (slika 13):

- apsorber,
- pokrivka,
- kućište,
- termoizolacija.



Slika 13. Delovi ravnog pločastog PSE

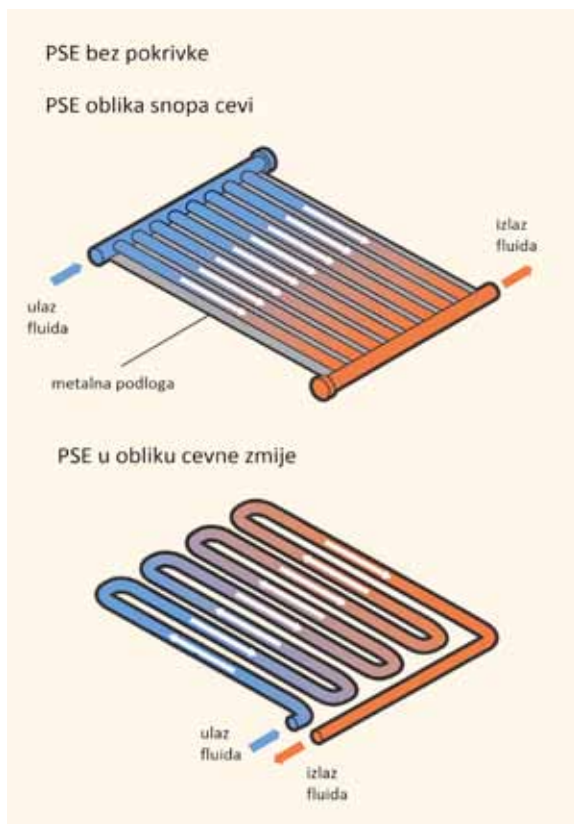
Apsorber je najvažniji element PSE. Sastoji se od cevi integriranih u ploču, koja celokupnom površinom prima zračenje Sunca. Od presudne važnosti za dobar rad PSE je ostvarivanje dobrog termičkog kontakta između cevi i ploče, kako bi otpor provođenju toplote bio što manji. Zbog toga se PSE najčešće izrađuje od bakra i aluminijuma. Obavezno je da bude mat crne boje, sa selektivnim premazima, da bi se apsorbavala što je moguće veća količina zračenja Sunca koje dospeva do prijemnika. Zračenje reflektovano od površine PSE predstavlja neiskorišćeni deo ukupnog dospelog zračenja.

Pokrivka se izrađuje od plastike ili stakla. Treba da obezbedi maksimalan prolazak energije zračenja Sunca do apsorbera, zadrži dozračenu energiju u prostoru PSE i da smanji gubitke zračenjem. Istovremeno, mora biti otporna na mehanička opterećenja i treba da štiti apsorber od atmosferskih uticaja. Zbog svega toga, staklena pokrivka je najbolje rešenje, jer ne menja prozirnost tokom vremena. Sa druge strane, plastične pokrivke su jeftinije i manje težine, ali vremenom gube svoje karakteristike, što izaziva smanjenje stepena korisnosti PSE. U nekim skupljim varijantama, tzv. visokoeffikasnih pločastih PSE, radi smanjenja toplotnih gubitaka, postavljaju se dve pokrivke.

Kučiste PSE se obično izrađuje od aluminijuma ili plastike. Funkcija mu je da zaštiti unutrašnje elemente PSE od mehaničkih opterećenja, toplotnih gubitaka i vlage i da obezbedi hermetičnost.

Termoizolacija obuhvata prednji pokrivač, izolaciju bočnih strana i izolaciju zadnje strane apsorbera. Unutrašnja izolacija mora biti stabilna na temperaturi stagnacije (najviša temperatura, koja se može javiti kad nema odvođenja toplote od PSE). Obično se izrađuje od staklene vune i izolacione pene.

Nezastakljeni PSE se izrađuju od stakla i plastike (slika 14). Veoma su jednostavne konstrukcije i koriste se u uslovima visoke temperature okolnog vazduha i dovoljno velike insolacije. Zbog toga se po pravilu koriste samo za zagrevanje vode u bazenima.



Slika 14. Tipovi PSE bez pokrivke (nezastakljeni) a) sa snopom cevi b) u obliku cevne zmijske

5.3 PSE sa vakuumskim cevima

PSE sa vakuumskim cevima su znatno efikasniji od ravnih zastakljenih PSE. Visok stepen korisnosti zadržavaju i pri radu sa difuznim zračenjem i pri niskim temperaturama okolnog vazduha. Ovi prijemnici sastoje se od niza staklenih cevi iz kojih je evakuisan vazduh i u kojima se nalaze se metalne apsorbujuće cevi. Cevi su prevučene selektivnim premazom i mogu biti izrađene od bakra ili izvedene u formi tzv. toplotnih cevi. Bez obzira na izvedbu, po pravilu se iza cevi postavljaju konkavna ogledala. Time se gotovo sva dozračena energija, koja bi inače bi bila propuštena, preusmerava ka apsorbujućim cevima.

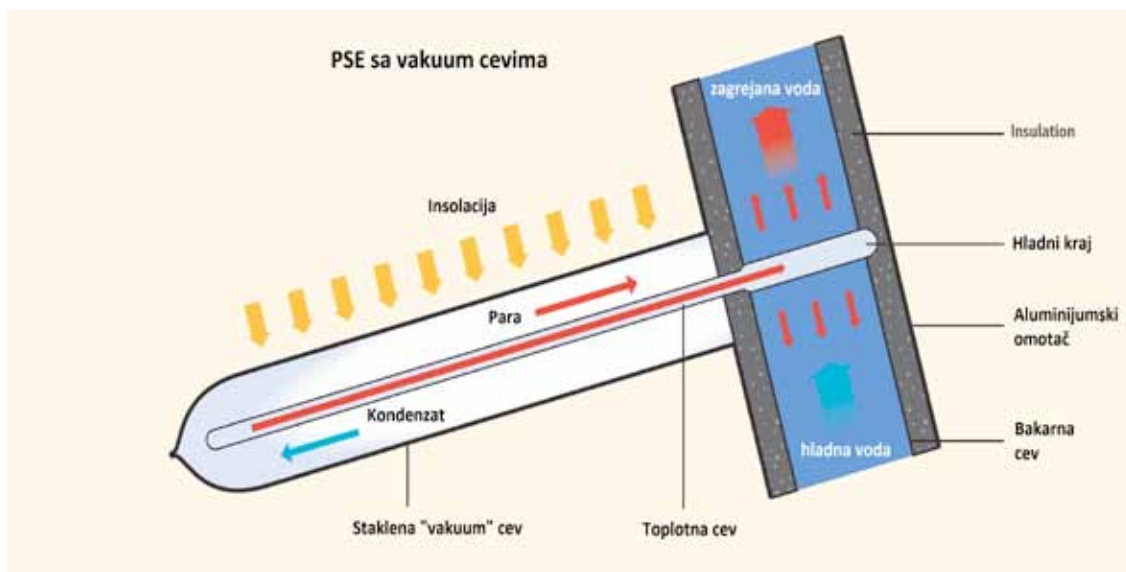
U slučaju bakarnih cevi, dozračena toplota se direktno predaje radnom fluidu koji struji kroz cevi. U slučaju toplotne cevi, toplota se

predaje posredno, prvo na primarni fluid koji se nalazi u toplotnoj cevi, a zatim bez neposrednog kontakta na gornjem kraju cevi, sekundarnom radnom fluidu koji dalje prenosi toplotnu energiju za potrebe grejanja.

U toplotnoj cevi, mehanizam razmene toplote je i do 1000 puta intenzivniji u odnosu na bakarnu cev istih dimenzija. To je posledica načina rada toplotne cevi, koji se zasniva na promeni agregatnog stanja fluida koji se nalazi u cevi.

Toplotna cev je hermetički zatvoren cilindar, ispunjen tečnošću na pritisku koji obezbeđuje faznu promenu pri temperaturi isparavanja/kondenzacije, sa koje fluid predaje toplotu sekundarnom radnom fluidu (slika 15). Duž cevi, odvija se niz složenih procesa, u kojima parna i tečna faza nisu fizički odvojene, već se mešaju. Pojednostavljeno, može se reći da u zoni isparavanja, primarni radni fluid prihvata toplotu zračenja Sunca i počinje proces isparavanja. Nastala para primarnog radnog fluida se kreće kroz toplotnu cev do zone kondenzacije gde se kondenzuje predavajući toplotu sekundarnom radnom fluidu. Nastali kondenzat primarnog radnog fluida ulazi u kapilarnu strukturu koja se nalazi na zidovima toplotnih cevi, pomoću koje se vraća u zonu isparavanja. Kapilarna struktura omogućuje povratak kondenzata u zonu isparavanja i u bezgravitacionim uslovima.

Toplotna cev koja ne sadrži kapilarnu strukturu naziva se termosifon. Kondenzat se u ovom slučaju vraća isključivo uz pomoć gravitacije.



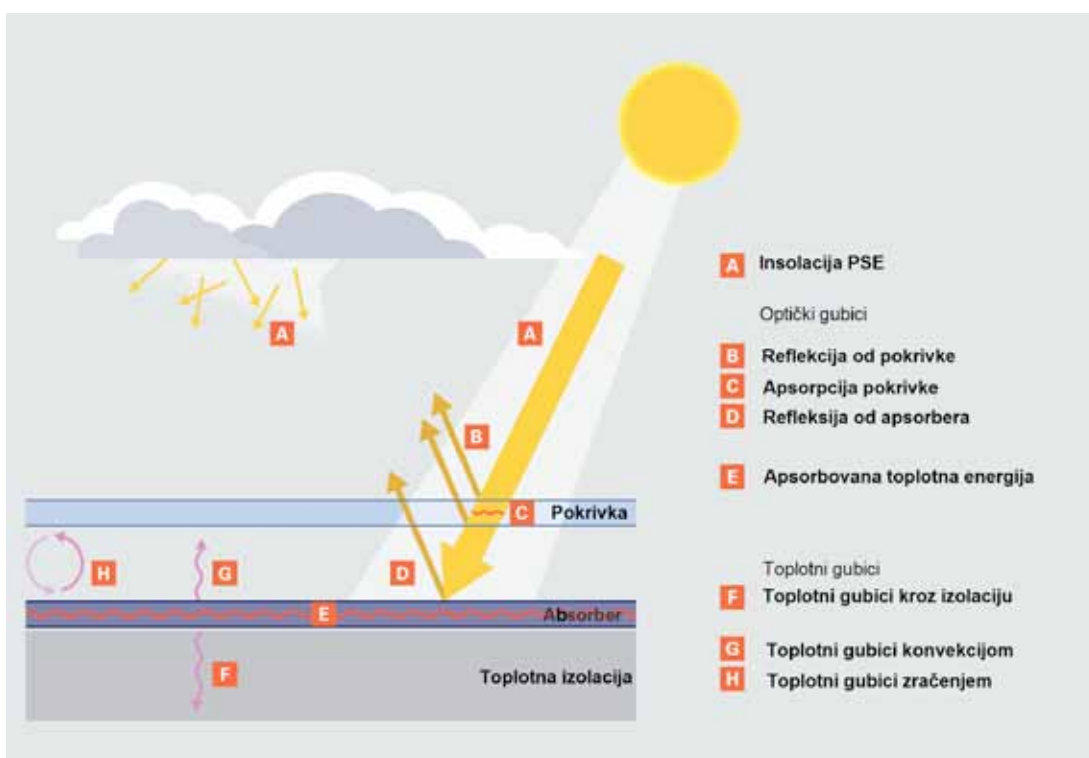
Slika 15. Princip rada PSE sa vakuum cevi

6. STEPEN KORISNOSTI PRIJEMNIKA SOLARNE ENERGIJE

Stepen korisnosti PSE predstavlja meru sposobnosti PSE da apsorbuje što veću količinu energije zračenja Sunca koja dospe na njegovu površinu i u što većoj meri pretvori u toplotnu energiju kojom će zagrejati grejani fluid. Otuda se i stepen korisnosti PSE (η_{pse}) definiše kao odnos toplotnog protoka predatog grejanom fluidu, tj. grejne snage PSE (Φ_{gr}) i insolacije (iradijancije zračenja Sunca na površini Zemlje²⁰ (E_z)):

$$\eta_{pse} = \Phi_{gr} / E_z$$

Na slici 16. dat je šematski prikaz tokova energije u jednom tipičnom PSE.



Slika 16. Tokovi energije u pločastim PSE [10].

Sa slike 16. se može videti da energetske gubici PSE jednim delom nastaju kao posledica refleksije (odbijanja) jednog dela energije zračenja, tzv. optički gubici. Drugi deo čine gubici nastali kao posledica razlika temperatura pojedinih elemenata PSE i temperature okoline, tzv. toplotni gubici.

Optički gubici zavise samo od vrednosti insolacije, tj. nisu zavisni od zagrejanosti PSE. Da bi ovi gubici (prvenstveno refleksivnost) bili što manji, primenjuju se različiti postupci kojima se smanjuje refleksivnost pokrivnih stakala PSE, čime se povećava energija zračenja koja prolazi kroz PSE. Smanjenje refleksivnosti postiže se na različite načine. Standardni način je primena stakla sa niskim sadržajem gvožđa ili primena stakla sa nagriženom površinom, što se postiže potapanjem stakla u bazen sa određenim hemikalijama (pre sklapanja PSE) ili nanošenjem odgovarajućih premaza, odnosno sloja na staklo tokom ili po okončanju postupka sklapanja PSE.

20 Energija. U radnim uslovima iradijancija predstavlja globalnu energiju zračenja Sunca

S obzirom na krivu zavisnosti stepena korisnosti PSE od razlike srednje temperature radnog fluida u PSE i temperature okolnog vazduha, stepen korisnosti PSE obično se izražava kao:

$$\eta_{\text{pse}} = \eta_0 - a_1 (T_{\text{sr}} - T_{\text{amb}}) / E_z - a_2 (T_{\text{sr}} - T_{\text{amb}})^2 / E_z \quad (6.1)$$

gde je:

- η_{pse} : stepen korisnosti PSE [-]
- η_0 : maksimalni stepen korisnosti²¹ [-]
- a_1 : koeficijent gubitaka toplote 1. stepena [W/(K·m²)]
- a_2 : koeficijent gubitaka toplote 2. stepena [W/(K²·m²)]
- E_z : solarna iradijancija na površini PSE [W/m²]
- T_{sr} : srednja temperatura radnog fluida u PSE [K]
- T_{amb} : temperature okolnog vazduha [K]

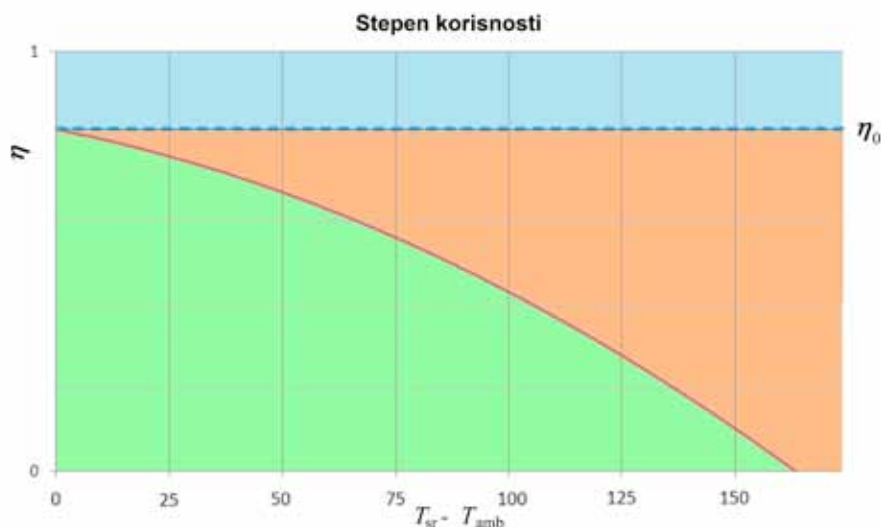
U skladu sa EU direktivama, svi proizvođači PSE obavezni su da u listu sa podacima o proizvodu daju informacije o vrednostima oba koeficijenta. Ovi podaci za veliki broj PSE različitih proizvođača, dobijeni u skladu sa procedurama iz standarda EN12975, a određeni od strane nezavisnih Instituta, mogu se pronaći na web stranici www.solarkeymark.org.

U skladu sa definicijom stepena korisnosti PSE, sledi da se toplotna snaga PSE može izračunati kao:

$$\Phi_{\text{gr}} = A_{\text{pse}} \cdot E_z \cdot \eta_{\text{pse}} \quad (6.2)$$

gde je

- P_{pse} : grejna snaga PSE [W]
- A_{pse} : površina PSE [m²]



Slika 17. Tipična promena stepena korisnosti PSE u zavisnosti od temperaturne razlike između srednje temperature PSE i temperature okolnog vazduha. Boje ukazuju na odnos između optičkih gubitaka (plava), toplotnih gubitaka (narandžasta) i preostale korisne energije (zelena) koja može da se uporedi sa ukupnom količinom energije iz zračenja²²

21 Maksimalni stepen korisnosti se često naziva i „optički stepen korisnosti“ i predstavlja stepen korisnosti idealno toplotno izolovanog PSE

22 Dalje informacije o postupcima nagrizanja pokrivke radi smanjivanja refleksivnosti mogu se naći na www.sunarc.net.

6.1 Uticaj upadnog ugla zračenja na stepen korisnosti PSE

Deo dozračene solarne energije koji se reflektuje od prekrivne površi i od apsorbujuće površine nije konstantan. On zavisi od upadnog ugla zračenja Sunca. Da bi se ovaj uticaj obuhvatio proračunom, neophodno je vrednost maksimalnog stepen korisnosti PSE η_0 pomnožiti sa korekcionim koeficijentom upadnog ugla zračenja k_θ (IAM - incident angle modifier) (jednačina 6.3).

Vrednost ovog koeficijenta daje se u listu sa podacima o proizvodu i to za upadne uglove od 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60° i 70°. Takođe, vrednost ovog koeficijenta može biti definisana i pomoću jednog od dva izraza:

$$k_\theta = 1 - b_0 [1 / \cos(\theta) - 1] \quad (6.3)$$

gde su:

b_0 : eksperimentalno ustanovljena konstanta, obično navedena u listu sa podacima o proizvodu koju je ustanovio proizvođač PSE i/ili institut koji je vršio ispitivanje [-] i

θ : upadni ugao zračenja u odnosu na ravan PSE.

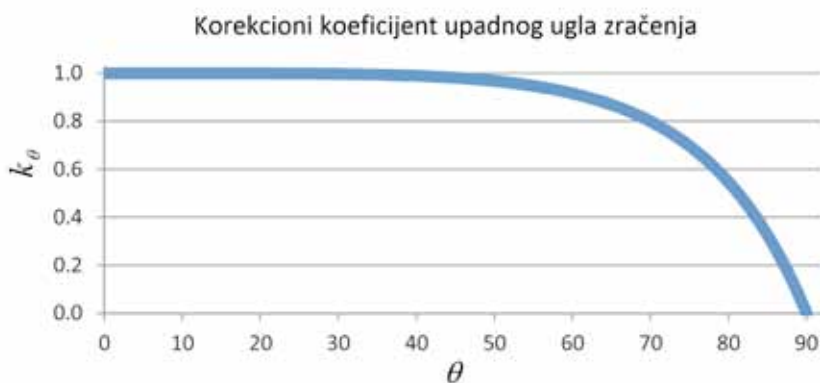
Ili preko izraza:

$$k_\theta = 1 - \tan^p(\theta / 2) \quad (6.4)$$

gde je:

p : eksperimentalno ustanovljena konstanta, obično navedena u listu sa podacima o proizvodu koju je ustanovio proizvođača PSE i/ili institut koji je vršio ispitivanje [-]

Na slici 18. prikazan je primer promene korekcionog koeficijenta upadnog ugla zračenja u zavisnosti od upadnog ugla.



Slika 18. Tipične promene korekcionog koeficijenta upadnog ugla zračenja u zavisnosti od upadnog ugla (na osnovu izraza 6.3).

6.2 Poređenje stepena korisnosti različitih PSE

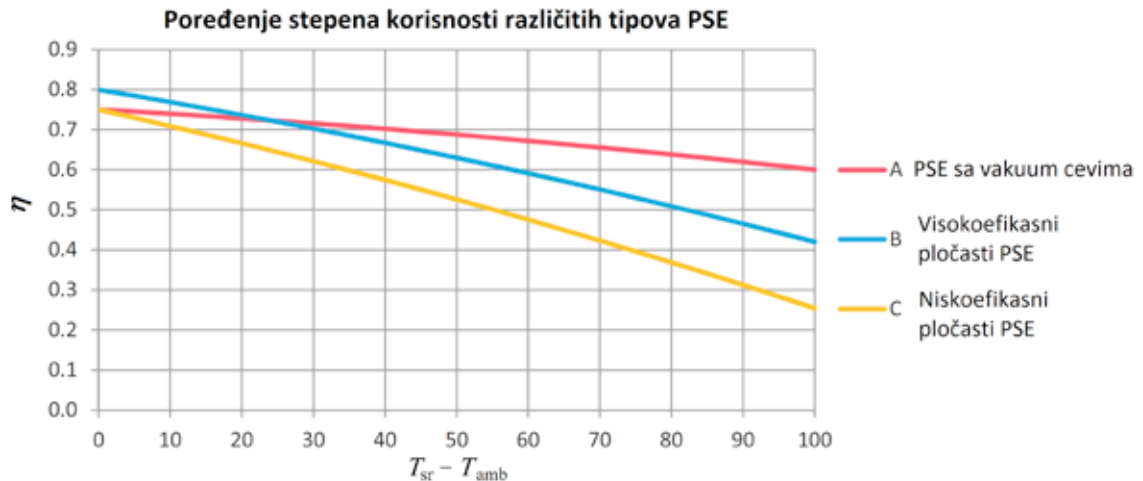
Uticaj temperaturne razlike radnog fluida i okoline različito utiče na stepen korisnosti pojedinih tipova PSE. U tabeli 3 [14] date su tipične vrednosti maksimalnog stepena korisnosti i koeficijenata gubitaka toplote 1. i 2. stepena za PSE sa vakuum cevima, ravnog pločastog visokoeffikasnog PSE i običnog ravnog pločastog PSE.

U skladu sa podacima iz tabele 3, na slici 19. prikazana je odgovarajuća promena stepena korisnosti ova tri tipa PSE u funkciji razlike temperatura radnog fluida i okoline. Pri tome je vrednost stepena korisnosti odgovarajućih PSE dobijena pod pretpostavkom vrednosti insolacije od 1000 W/m^2 . Sa slike se jasno može uočiti da se vrednost stepena korisnosti PSE sa vakuum cevima malo menja sa razlikom temperature, kao i da se njena vrednost kreće od 75% do 60%. Razlika temperature najviše smanjuje stepen korisnosti običnih pločastih PSE (sa jednom pokrивkom), koja u slučaju razlike od 100°C može pasti na svega 25%

Tabela 3. Vrednosti maksimalnog stepena korisnosti i koeficijena gubitaka toplote 1. i 2 stepena za PSE sa vakuum cevima, visokoeffikasnog (sa dve pokrивke) ravnog pločastog PSE i običnog (sa jednom pokrивkom) ravnog pločastog PSE*.

| Oznaka PSE | Tip PSE | η_0 | $a_1 [\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)]$ | $a_2 [\text{W}/(\text{K}^2\cdot\text{m}^2)]$ |
|------------|------------------------------|----------|--|--|
| A | PSE sa VC | 0,75 | 1,0 | 0,005 |
| B | Visokoeffikasni pločasti PSE | 0,80 | 3,0 | 0,008 |
| C | Niskoeffikasni pločasti PSE | 0,75 | 4,0 | 0,010 |

*Stepen korisnosti PSE može široko varirati čak i unutar istih tipova PSE



Slika 19. Tipična promena stepena korisnosti PSE u funkciji razlike temperature između srednje temperature PSE i temperature okolnog vazduha: za PSE sa vakuum cevima, ravne pločaste visokoeffikasne PSE i obične ravne pločaste PSE, pod pretpostavkom vrednosti insolacije od 1000 W/m^2

7. Procena isplativosti

Kao što je u uvodnom delu napomenuto, zbog geografskog položaja Srbije i umereno kontinentalne klime koja vlada ovim prostorima, ali i zbog postojeće zakonske regulative, može se zaključiti da izgradnja i eksploatacija malih i srednjih solarnih grejnih sistema predstavlja optimalan izbor za investitore. U svrhu procene ekonomske isplativosti izgradnje ovih postrojenja, u nastavku je u vidu šema dat pojednostavljen proračun za tri vrste malih postrojenja:

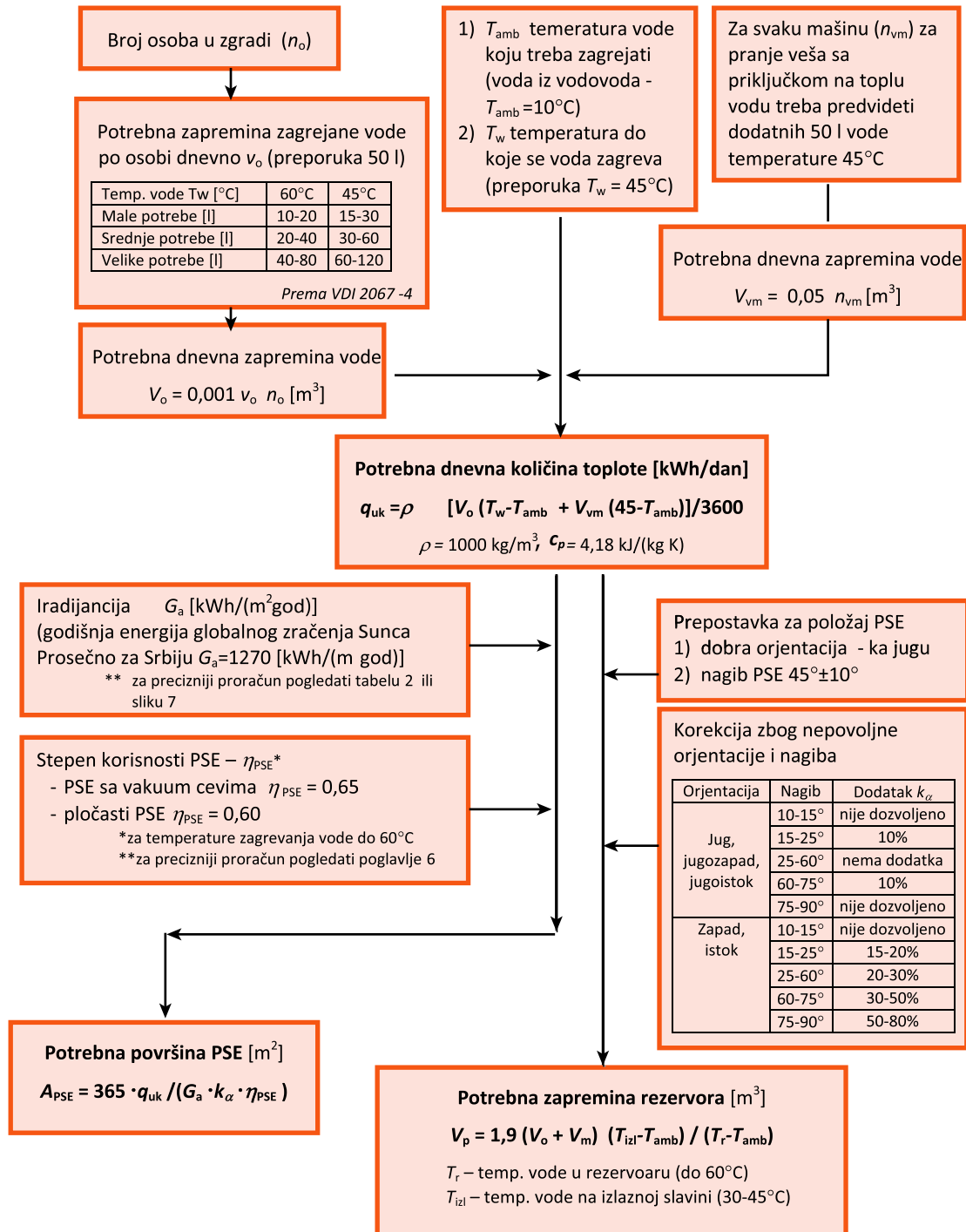
1. za zagrevanje potrošne tople vode (PTV),
2. za zagrevanje potrošne tople vode i istovremeno zagrevanje prostora i
3. za zagrevanje bazenske vode (otvorenih i zatvorenih bazena).

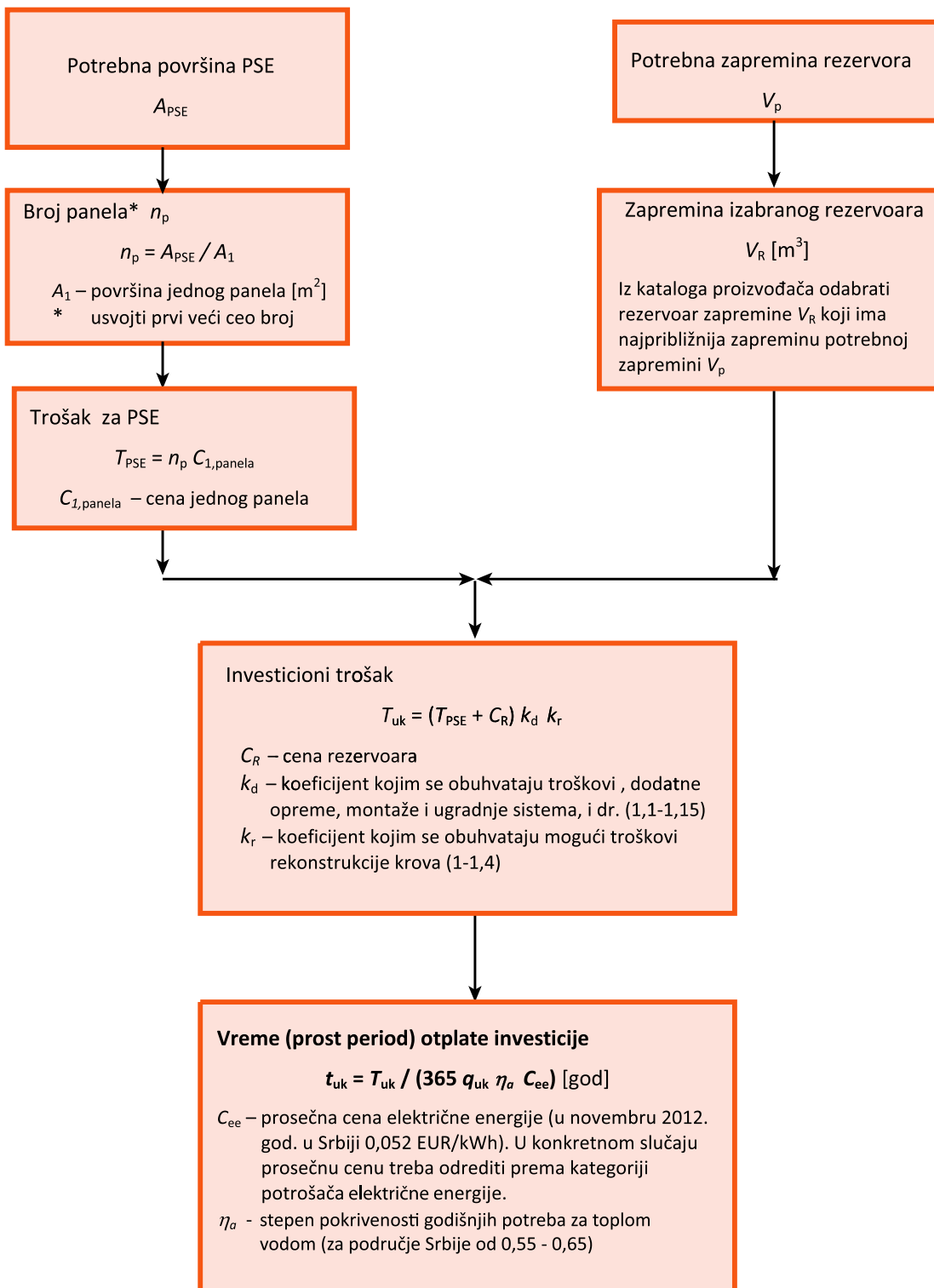
Ovim proračunima je moguće približno odrediti vreme (prost period) otplate investicije, ali i potrebnu dnevnu količinu toplotne energije, potrebnu veličinu PSE i potrebu veličinu (akumulacionog) rezervoara za ostvarivanje predviđene namene postrojenja.

U skladu sa navodima iz Poglavlja br. 4, i u ovim proračunima, kao osnovni parametar za procenu opravdanosti izgradnje SGS na nekoj lokaciji treba koristiti godišnju energiju globalnog zračenja Sunca G_a .²³ Zbog toga se ovim proračunom ne predviđa korekcija kojom se obuhvata upadni ugao zračenja, osim za slučaj da PSE nije okrenut ka jugu i da nije nagnut pod uglom od 45° u odnosu na horizontalnu ravan.

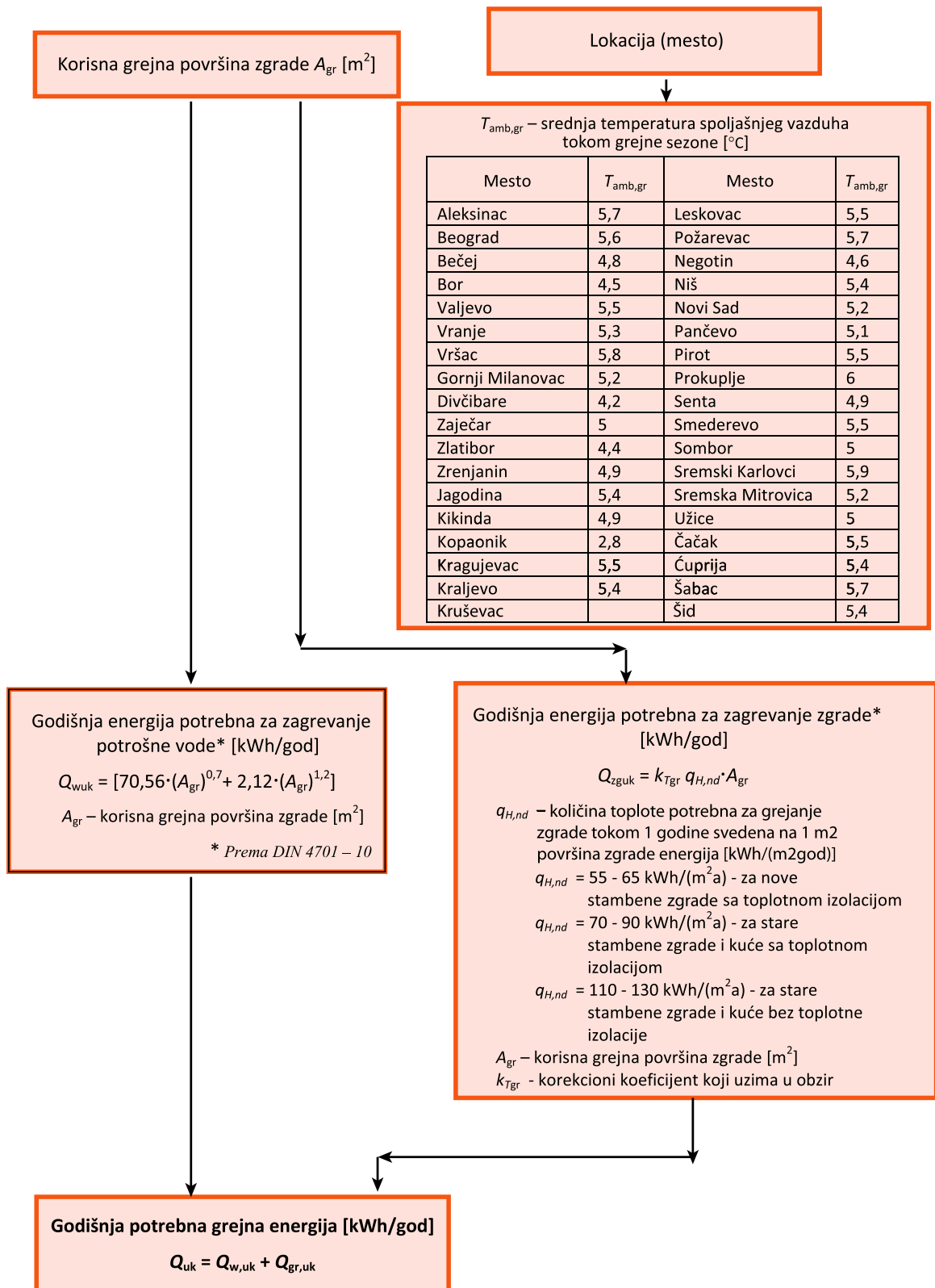
²³ S obzirom da vrednosti insolacije zračenja variraju tokom dana, meseca i godine (slika 7), kao i vrednosti odgovarajućeg upadnog ugla zračenja, za približne proračune opravdanosti izgradnje solarnih grejnih sistema na nekoj lokaciji umesto vrednosti insolacije koristi se vrednost globalnog zračenja Sunca G_a za to područje i to za najpovoljniji ugao nagnutosti PSE. Za područje Srbije to iznosi oko 45° . Dakle, koristi se ukupna vrednost energije zračenja Sunca koja tokom godine dospe na m^2 površine nagnute pod uglom od 45° .

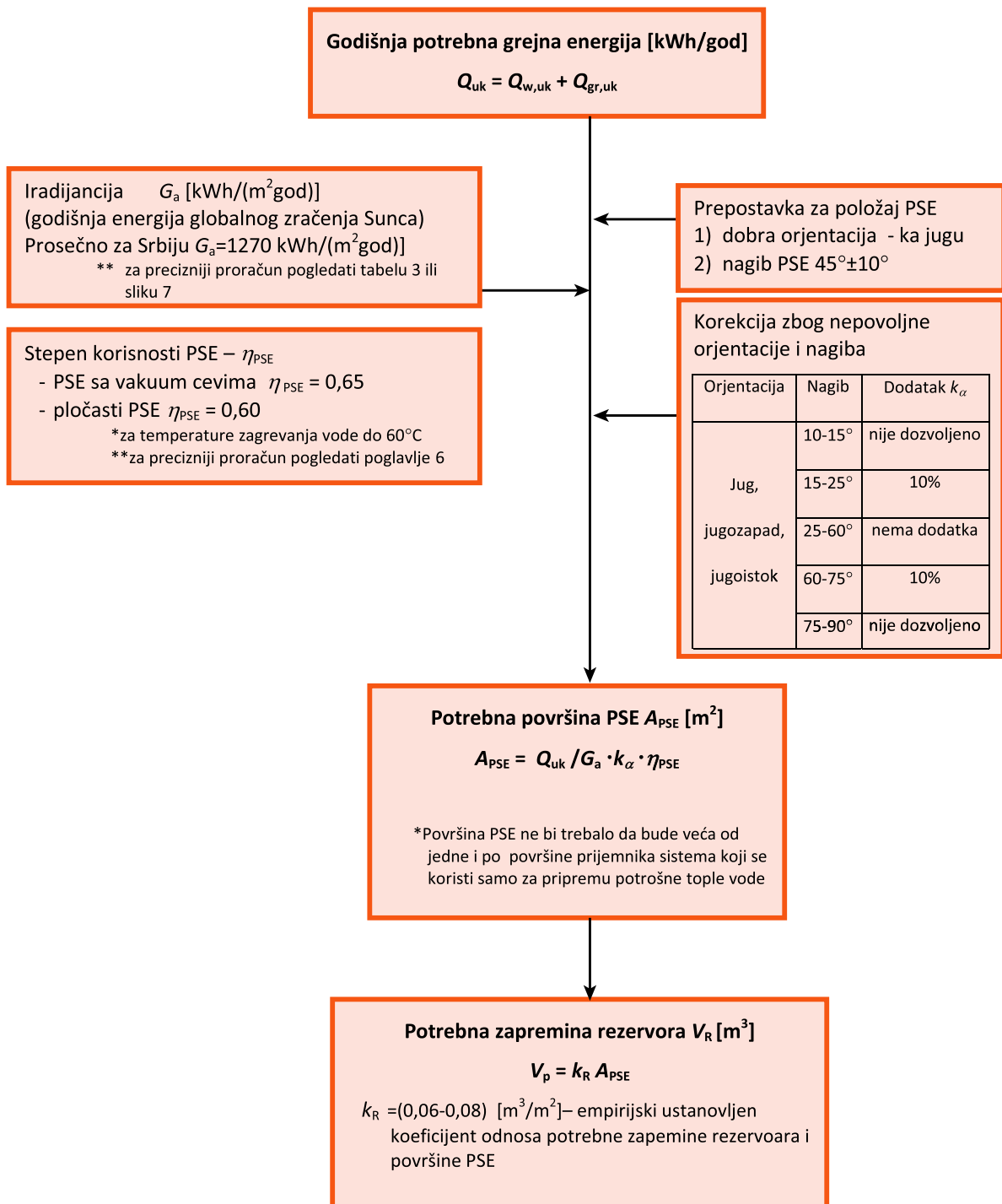
7.1 Vreme (prost period) otplate investicije i približno dimenzionisje sistema zagrevanje potrošne tople vode površine PSE do 20 m²

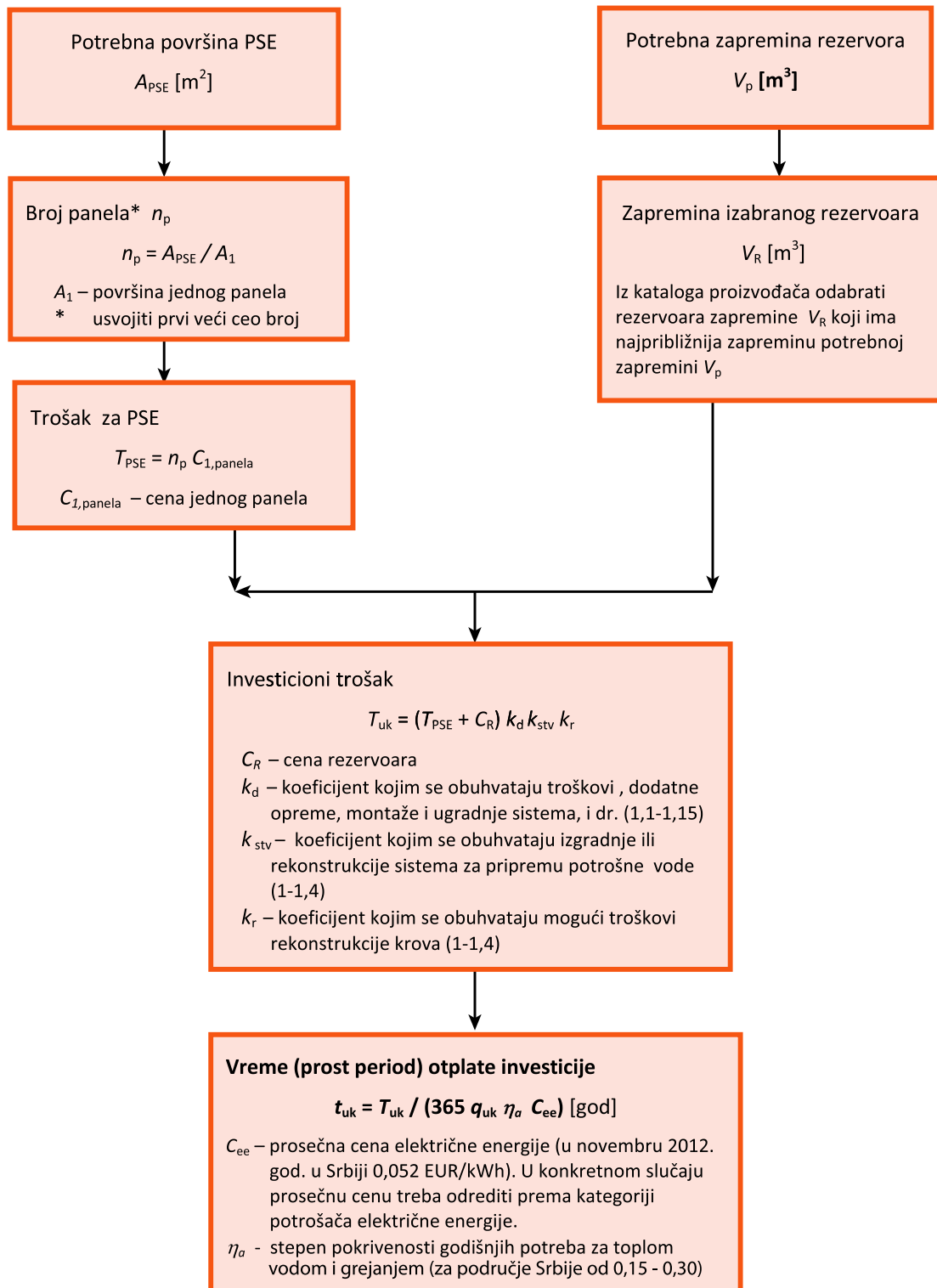




7.2 Vreme (prostog perioda) otplate investicije i približno dimenzionisnje sistema zagrevanje potrošne tople vode i grejanje







7.3 Vreme (prost period) otplate investicije i približno dimenzionisanje sistema za zagrevanje bazenske vode maksimalne dubine do 2 m

Zbog relativno niskih potrebnih temperatura vode (24-30°C), zagrevanje bazenske vode sistemom sa PSE spada u najefikasnije i najekonomičnije načine korišćenja solarne energije. U tu svrhu se najčešće koriste pločasti PSE kojima se prikuplja solarne energija za pokrivanje toplotnih gubitaka bazena usled isparavanja, prskanja, prelaženja toplote na vazduh (vetar), te zračenja toplote prema nebu i okolnim objektima. Da bi se ti gubici smanjili, bazeni se često prekrivaju prozirnim plastičnim pločama.

Procenjeni dnevni toplotni gubici otvorenih bazena iznose oko 4 kWh/(m²dan), dok zatvoreni bazeni imaju gubitke oko 2,5 kWh/(m²dan). Preračunato u dnevna snižavanja temperature vode u bazenu, za otvorene bazene dubine 2,1 m, ovi gubici izazivaju pad temperature vode za 1,6°C dnevno, dok za zatvorene bazene oko 1°C dnevno.

Zatvoreni bazeni, zbog izuzetno velikih potreba za energijom za grejanje bazenske vode i grejanje vazduha u zatvorenom prostoru iznad bazena, spadaju u energetske izuzetno zahtevne objekte. Tokom cele sezone temperatura vode u bazenu treba da bude između 24 – 26°C, a vazduha iznad bazena za 2 – 3°C viša, odnosno od 26 – 30°C.

Zbog toga je na području Srbije, za grejanje bazenske vode i vazduha u objektima sa zatvorenim bazenima neophodno koristiti konvencionalno grejanje. Sistem grejanja bazenske vode pomoću PSE, kao potpuna zamena konvencionalnog može da se koristi samo u letnjem periodu, a u zimskom periodu može da posluži kao dopuna osnovnom sistemu.

Preporučene vrednosti površine PSE u zavisnosti od lokacije, tj. globalne energije zračenja Sunca i površine zatvorenog bazena, za slučaj da se bazen noću ne pokriva prikazane su u tabeli 4.

Preporučene vrednosti površine PSE u zavisnosti od lokacije, tj. globalne godišnje energije zračenja Sunca i površine zatvorenog bazena, za slučaj da se noću pokriva prikazane su u tabeli 5.

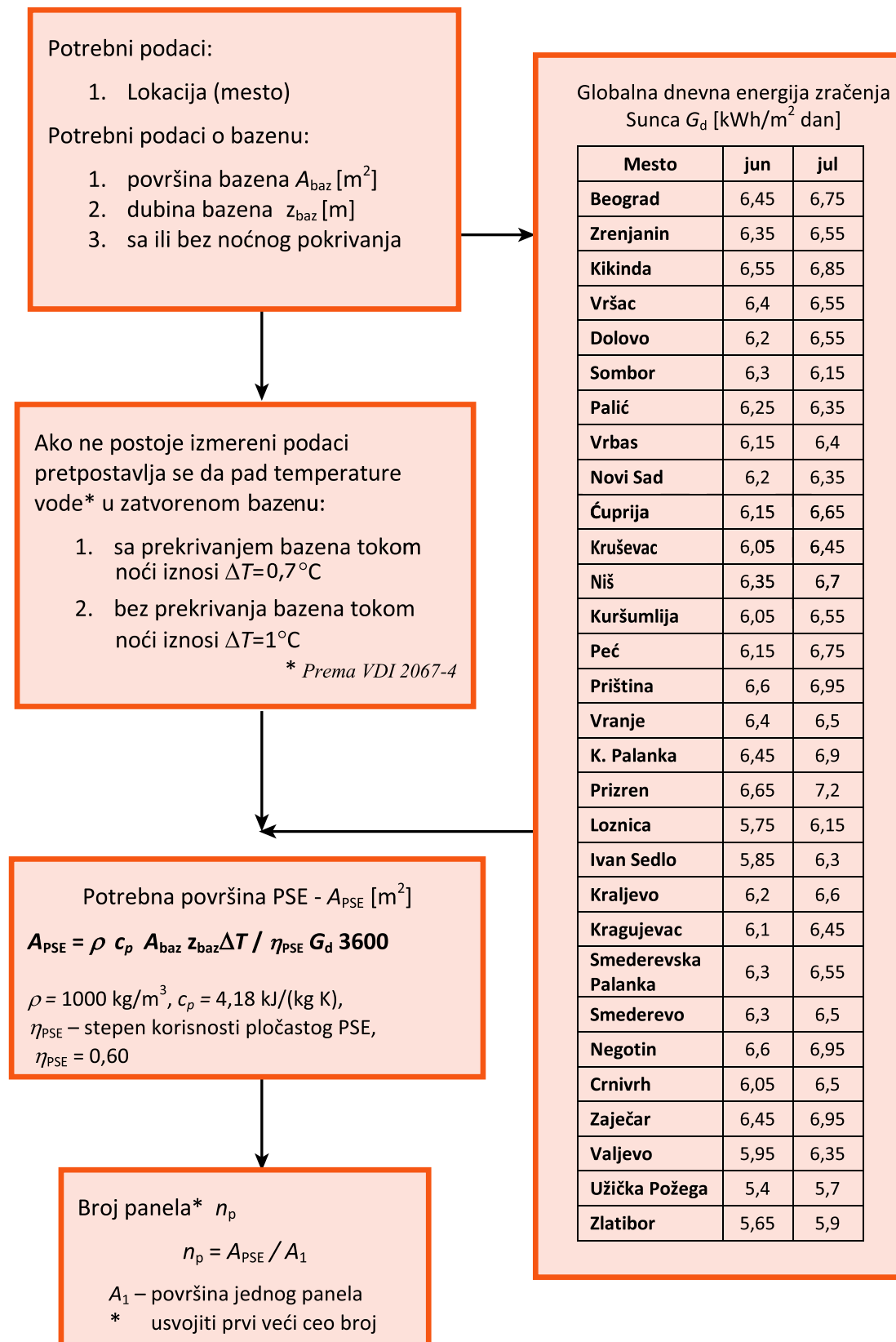
Tabela 4. Preporučene vrednosti površine PSE u zavisnosti od globalne godišnje energije zračenja Sunca i površine zatvorenog bazena, za slučaj da se noću ne pokriva

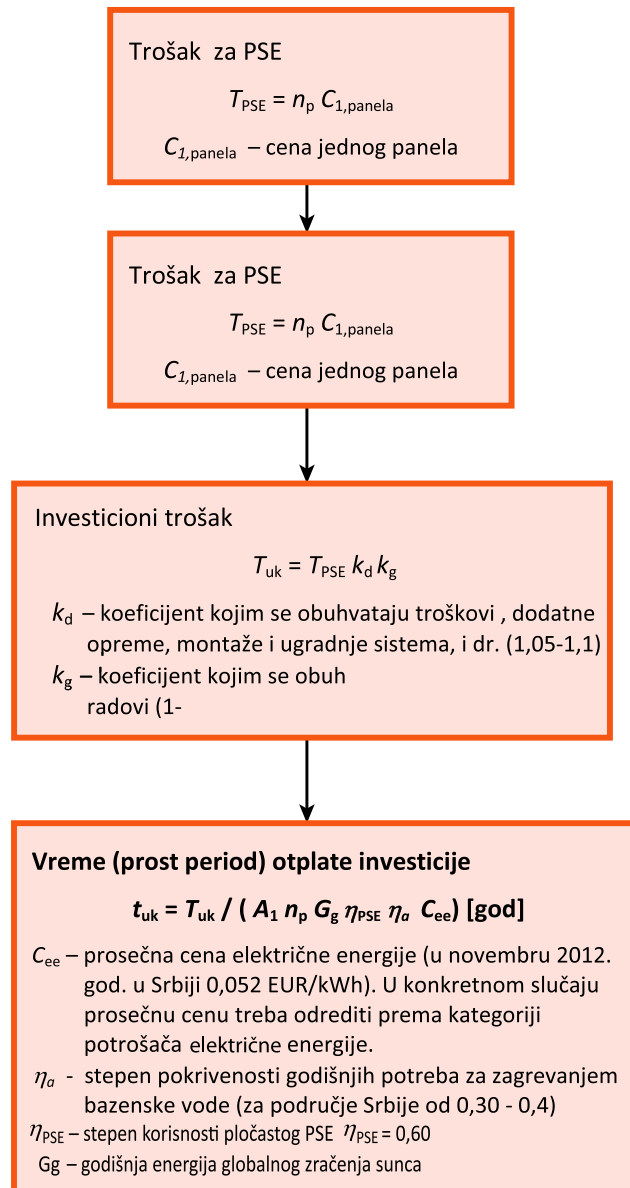
| Godišnja energija globalnog zračenja Sunca G_a [kWh/(m ² god)] | Odnos između površine PSE i površine bazena [%] |
|---|---|
| < 1.000 | 60 % |
| 1.100 | 50 % |
| 1.200 | 40 % |
| 1.400 | 30 % |
| 1.600 | 25 % |
| 1.800 | 20 % |

Tabela 5. Preporučene vrednosti površine PSE u zavisnosti od globalne godišnje energije zračenja Sunca i površine zatvorenog bazena, za slučaj da se bazen noću pokriva

| Godišnja energija globalnog zračenja Sunca G_a [kWh/(m ² god)] | Odnos između površine PSE i površine bazena [%] |
|---|---|
| < 1.000 | 40 % |
| 1.100 | 30 % |
| 1.200 | 25% |
| 1.400 | 20 % |
| 1.600 | 20 % |
| 1.800 | 30 % |

7.4 Prethodna procena potrebnih površine PSE i količine toplote koju oni obezbede za zagrevanje bazenske vode zatvorenih bazena, određenih na bazi kriterijuma da ne premaše 100% potreba za grejanjem vode tokom letnjeg perioda





8. Literatura

- [1] Upute za projektiranje, Poglavlje 3, Solarna tehnologija Junkers, kolovoz 2008
- [2] „Sistemska tehnika za solarnu termiju“, Tehničke informacije 897600 RS, Rehau Solect, April, 2010.
- [3] Potential of Solar Thermal in Europe Werner Weiss, AEE – Institute for Sustainable Technologies, Peter Biermayr, Vienna University of Technology, Report prepared within the 6th framework of the EU-funded project RESTMAC, REN/05/FP6EN/S07.58365
- [4] B. Todorović: Klimatizacija, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije, Beograd, 1998.
- [5] Jefferson Instiute: Korišćenje solarne fotonaponske energije i Srbiji, Beograd, Decembar, 2009.
- [6] <http://solargis.info>
- [7] <http://meteonorm.com> <http://solargis.info>
- [8] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [9] Jefferson Instiute: Solarna Energija: Toplotna konverzija zračenja Sunca, Beograd, Mart, 2010.
- [10] “Technical guide – Solar thermal systems”, Viessmann GmbH, 2009.
- [11] DIN V 4701 deo 10
- [12] VDI 2067 list 2
- [13] VDI 2067 list 4
- [14] Solar district heating guidelines, Collection of fact sheets, Intelligent Energy Europe, WP3 – D3.1 & D3.2, April 3, 2012.

