Fototermička pretvorba pomoću solarnih kolektora i sustava na primjeru kućanstva

Uremović, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:306137

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

FOTOTERMIČKA PRETVORBA POMOĆU SOLARNIH KOLEKTORA I SUSTAVA NA PRIMJERU KUĆANSTVA

Završni rad

Mateo Uremović

Osijek,2019.

Sadržaj

1.UVOD 1
1.1. Zadatak završnog rada 2
2. SOLARNA TOPLINSKA ENERGIJA 3
2.1. Sunčevo zračenje 3
2.1.1. Karakteristike 3
2.1.2. Godišnja promjena Sunčeva ozračenja 4
2.1.3. Optimalni kut kolektora 5
2.2. Kolektori sunčeva zračenja 6
2.2.1. Pločasti kolektor 6
2.2.2. Vakuumski kolektor 8
2.2.3. Učinkovitost fototermičke pretvorbe kolektora 9
3. SUNČANI TOPLOVODNI SUSTAVI 13
3.1. Primjeri toplovodnih sustava 13
3.1.1. Sustavi s prirodnom cirkulacijom 13
3.1.2. Sustavi s prisilnom cirkulacijom 14
3.2. Sustavi za pripremu PTV-a 15
3.3. Sustavi za grijanje prostora 18
3.4. Regulacija sustava 18
3.5. Ostala oprema i montaža kolektora 18
4. SIMULACIJA SUNČANOG TOPLOVODNOG SUSTAVA NA PRIMJERU KUĆANSTVA 20
4.1. Priprema PTV-a s pločastim ili vakuumskim kolektorom 20
4.1.1. Referentni podaci 20
4.1.2. Rezultati simulacije 23
4.2. Priprema PTV-a i grijanje prostora pomoću vakuumskog kolektora 27
4.2.1. Referentni podaci 27
4.2.2. Rezultati simulacije 27
5. ZAKLJUČAK 30
LITERATURA 31
SAŽETAK 32
ABSTRACT 33
ŽIVOTOPIS 34

1.UVOD

Cilj ovog završnog rada je u potpunosti opisati solarne kolektore i proces proizvodnje toplinske energije iz dostupne Sunčeve energije pomoću sunčanih toplovodnih sustava. Opis procesa kreće teorijskom podlogom vezanom za Sunčevu energiju gdje se uz karakteristike zračenja opisuju bitni čimbenici koji su važni prilikom izgradnje sustava. Nakon toga, dan je uvid u solarne kolektore, najčešće korištene vrste, dijelove kolektora, prednosti i mane. Opisan je njihov rad i uloga u cijelom procesu uz teorijski opis računanja njihove učinkovitosti, gdje se također nalazi tablica sa okvirnim vrijednostima parametara bitnih prilikom odabira kolektora. Najopširnije poglavlje su sunčani toplovodni sustavi gdje je opisan cijeli proces korištenja Sunčeve energije uz pripadne sheme koje ovise o primjeni sustava-priprema PTV-a ili grijanje prostora. To poglavlje je ujedno i uvod u zadnje, gdje je na primjeru jedne obiteljske kuće simuliran rad sustava. Uz poznatu potrošnju i potrebu za energijom, prikazano je grafički koliko tokom pojedinih mjeseci možemo prikupiti energije i pritom zadovoljiti potrebe ukućana. Kolektori su realni sa stvarnim podacima preuzeti sa službene stranice proizvođača koji je napravio i solarni kalkulator korišten u simulaciji.

Rad je podijeljen u 4 ključna poglavlja koja se sastoje od više potpoglavlja i odjeljaka.

Prvo poglavlje donosi kratak uvod u opis i zadatak završnog rada te opisuje strukturu rada.

Drugo poglavlje opisuje karakteristike Sunčevog zračenja radi lakšeg shvaćanja fototermičkog procesa, koji je također opisan, kao i vrste i učinkovitost kolektora koji su važan dio sunčanih toplovodnih sustava opisanih u sljedećem, trećem poglavlju. Tamo su navedeni primjeri najčešće korištenih sustava, uz opis i pripadne sheme, njihova primjena, potrebna oprema i način regulacije. Detaljnije je opisana primjena sustava na temelju kućanstva kroz sustave za primjenu PTV(potrošne tople vode) i grijanje prostora.

Četvrto poglavlje donosi simulaciju i usporedbu različitih solarnih sustava ovisno o tome koji kolektor je korišten i u koju svrhu. Simulacija je odrađena na obiteljskoj kući smještenoj u Zagrebu, Hrvatska. U kući žive 4 člana i polazni podatak je da svaki član prosječno troši 50 litara vode na dan. Svi ostali referentni podaci nalaze se u tablicama.

Na kraju rada, u zadnjem poglavlju daje se zaključak koji je rezultat teorijskog opisa i simulacije te će biti dodan popis korištene literature.

1.1. Zadatak završnog rada

U teorijskom dijelu opisati fototermičku pretvorbu energije Sunčevog zračenja u toplinsku energiju, vrste i učinkovitost solarnih kolektora i sustava. U praktičnom dijelu izvršiti proračun solarnog sustava na primjeru kućanstva.

2. SOLARNA TOPLINSKA ENERGIJA

Solarna toplinska energija je prikupljanje Sunčeve topline i njeno korištenje putem solarnih kolektora zahvaljujući procesu fototermičke pretvorbe. To je jedan od najstarijih oblika energije i najčešće korišten izvor obnovljive energije koji ima širok raspon uporabe. Najbolji primjeri korištenja ove energije su kućanstva gdje energiju koristimo za potrebe grijanja kuće, zagrijavanje potrošne tople vode ili bazena i slično. Upravo zbog širokog područja uporabe postoje 3 razine temperature koje su obuhvaćene tehnologijama u solarnim kolektorima pa tako imamo nisko-temperaturne, srednje-temperaturne i visoko-temperaturne kolektore. Prednost ove vrste energije su uštede koje se ostvaruju u usporedbi sa tradicionalnim sustavima grijanja kao i ekološka prihvatljivost. Glavni nedostatak predstavljaju visoki početni troškovi koji nastaju prilikom instaliranja opreme potrebne za korištenje ove vrste energije kao i nemogućnost prenošenja na velike udaljenosti i skladištenja energije. Da bi cijeli ovaj proces funkcionirao i kako bi solarnu toplinsku energiju mogli koristiti u razne svrhe potrebno je imati funkcionalan sustav, a koji će, barem jedan njegov dio, biti opisan u narednim poglavljima.

2.1. Sunčevo zračenje

2.1.1. Karakteristike

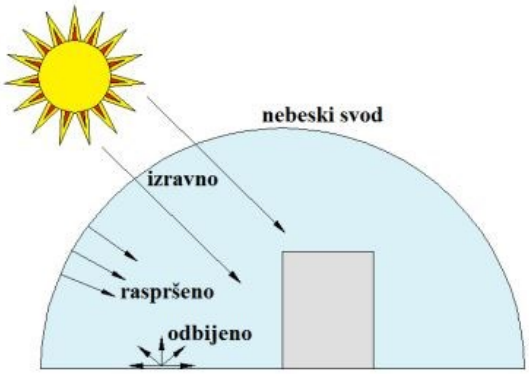
Energija koju dobivamo pomoću Sunčeva zračenja pripada obnovljivim izvorima energija i kao takvu ju smatramo neograničenom. Ona pristiže kontinuirano na Zemlju koja se okreće oko svoje osi i oko Sunca. Upravo zbog toga imamo dnevne i sezonske promjene snage zračenja Sunca. [1,str.73.]

U središtu Sunca, kao posljedica reakcije nuklearne fuzije, dolazi do oslobađanja energije od otprilike $380000 \cdot 10^9$ TW dok je prosječna temperatura središta 10^7 K, a površine 5777 K. Od te energije prema Zemlji se dozrači 173 000 TW putem elektromagnetskih valova, a od toga Zemlja apsorbira 120 000 TW. Najveći dio sunčeve energije prenese se putem takozvanog kratkovalnog zračenja. [2]

Sunčevo zračenje do Zemljine površine dolazi u obliku:

- Izravnog ili direktnog
- Raspršenog ili difuznog zračenja

a ono sa površine Zemlje može biti odbijeno ili reflektirano (slika 2.1.).

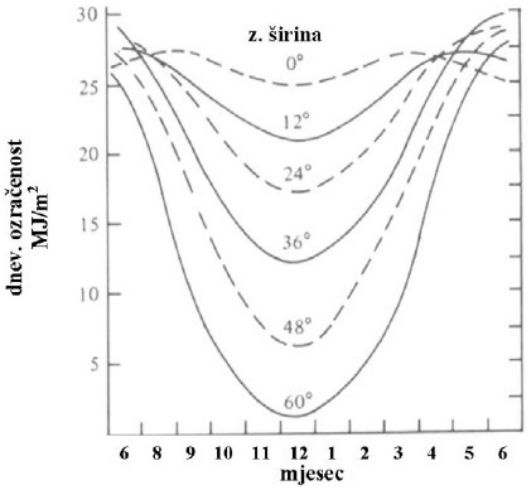


Slika 2.1. Zračenje Sunca ovisno o načinu upada zraka Sunca na objekt postavljen na Zemlji [3]

Najčešća pretvorba sunčeve energije je u električnu energiju(fotonaponska pretvorba) i toplinsku energiju(fototermička pretvorba). Pretvaranje sunčeve energije u toplinsku pomoću solarnih kolektora glavna je tema ovog završnog rada i u sljedećim poglavljima će biti opisana detaljnije.

2.1.2. Godišnja promjena Sunčeva ozračenja

Promjene u sunčevom ozračenju koje se odvijaju tokom godine posljedica su okretanja Zemlje oko Sunca. To dovodi do promjena upadnih kutova sunčevih zraka na Zemljinu površinu, a također se mijenja i duljina puta kroz atmosferu koji prolaze sunčeve zrake. Kut nagiba Zemljine osi prema ravnini orbite mjera je godišnje promjene sunčevog ozračenja, a mijenja se od -23.5 ° zimi do 23.5 ° ljeti. Prema slici 2.2. prikazana je pomoću dijagrama razlika u ozračenosti za našu zemlju (zemljopisna širina 45°) između ljetnih i zimskih mjeseci iz čega je vidljivo kako je ona u siječnju 5 puta manja nego u lipnju. [2]

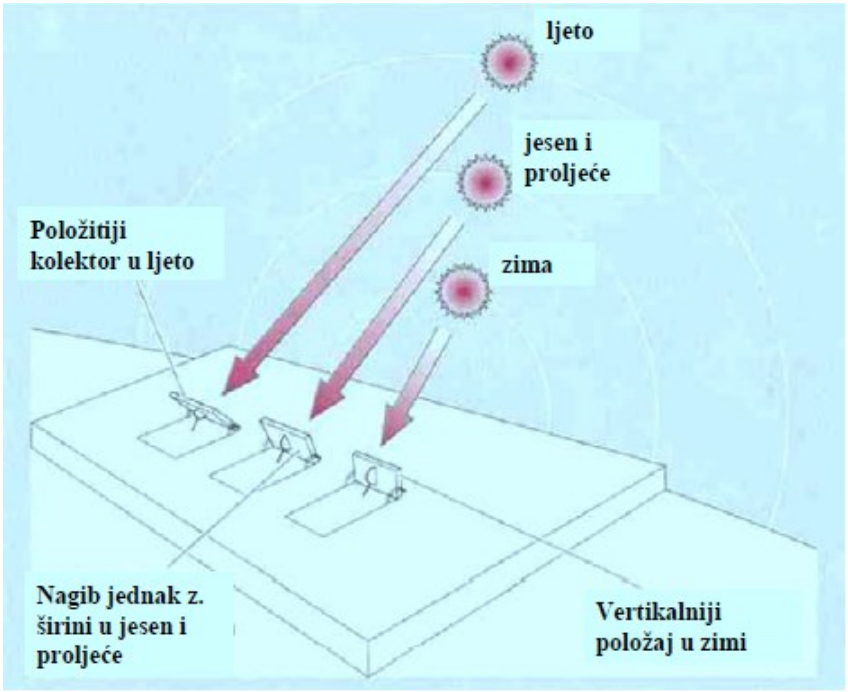


Slika 2.2. Godišnja promjena dozračene sunčeve energije na horizontalnu plohu tijekom vedra dana i za različite zemljopisne širine [2]

Godišnja promjena sunčeve ozračenosti predstavlja najveći problem prilikom dimenzioniranja solarnih sustava gdje zimi moramo osigurati dovoljnu količinu toplinske energije jer su tada potrebe veće, i ljeti kada se ne smiju dogoditi viškovi neiskorištene energije koji utječu na rad sustava.

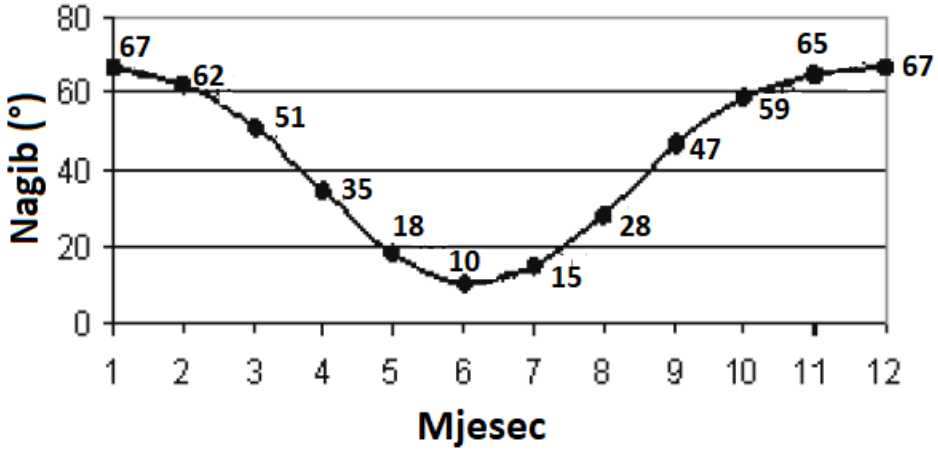
2.1.3. Optimalni kut kolektora

Kut nagiba i usmjerenje kolektora vrlo su važni za optimalan rad solarnog sustava i osiguravanje najveće ozračenosti površine kolektora. Kut nagiba označavamo sa α i on predstavlja kut između kolektora i horizontale. Optimalni kut ovisi o više čimbenika, a neki od njih su namjena sustava, zemljopisna širina, period u godini tokom kojeg se postavlja i slično (slika 2.3.). Njegov optimalni godišnji iznos za Hrvatsku je 37°. Veći kut koristi se tokom zimskim mjeseci (Sunce je nisko), a manji kut prikladniji je za ljetne mjesece (Sunce je visoko). Ukoliko je namjena takva da nam tokom ljetnih mjeseci treba više energije(apartmani tokom sezone), kut možemo postaviti na 10° do 20°. Izvan turističkog sektora, ljeti prikupljamo manje energije pa kut može prijeći 45° jer je Sunce ljeti visoko pa pomoću većeg kuta prikupljamo manju količinu energije zbog toga što apsorberska ploča nije ravnomjerno ozračena. [2,4]



Slika 2.3. Položaj kolektora u ovisnosti o godišnjem dobu [2]

Optimalni iznosi kutova nagiba tokom godine za Republiku Hrvatsku dani su na slici 2.4.



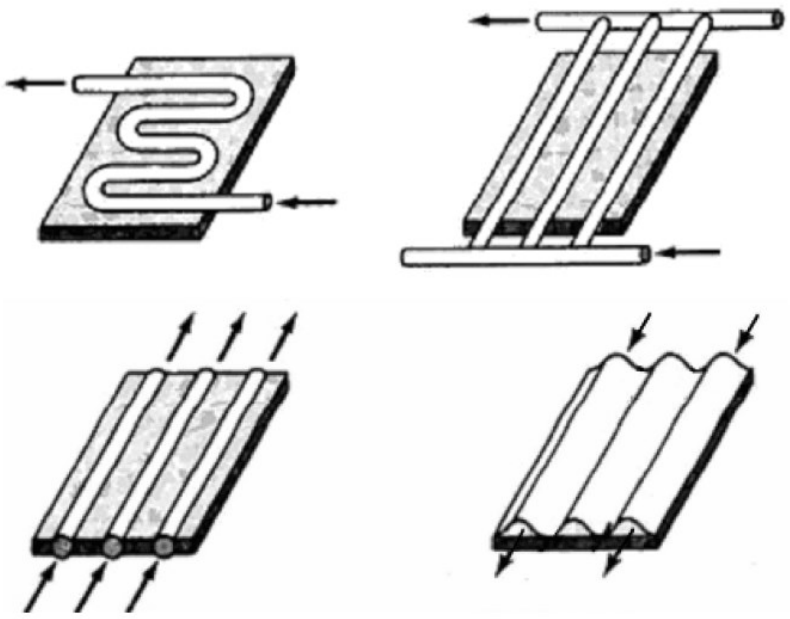
Slika 2.4. Optimalni iznosi kutova nagiba kroz različite mjesece [2]

2.2. Kolektori sunčeva zračenja

Solarni kolektor jedan je od najvažnijih dijelova sunčanih toplovodnih sustava. Služi za prikupljanje sunčevog zračenja koje pretvara u toplinu pomoću fluida za prijenos topline. Prvenstveno se koriste za aktivno solarno grijanje i služe za pripremu potrošne tople vode, grijanje domaćinstva i slično. Postoji više vrsta ovakvih kolektora koji se razlikuju prema namjeni ili lokaciji korištenja, a dva najpoznatija su pločasti i vakumski kolektor. Te dvije vrste biti će opisane u naredna dva odjeljka.

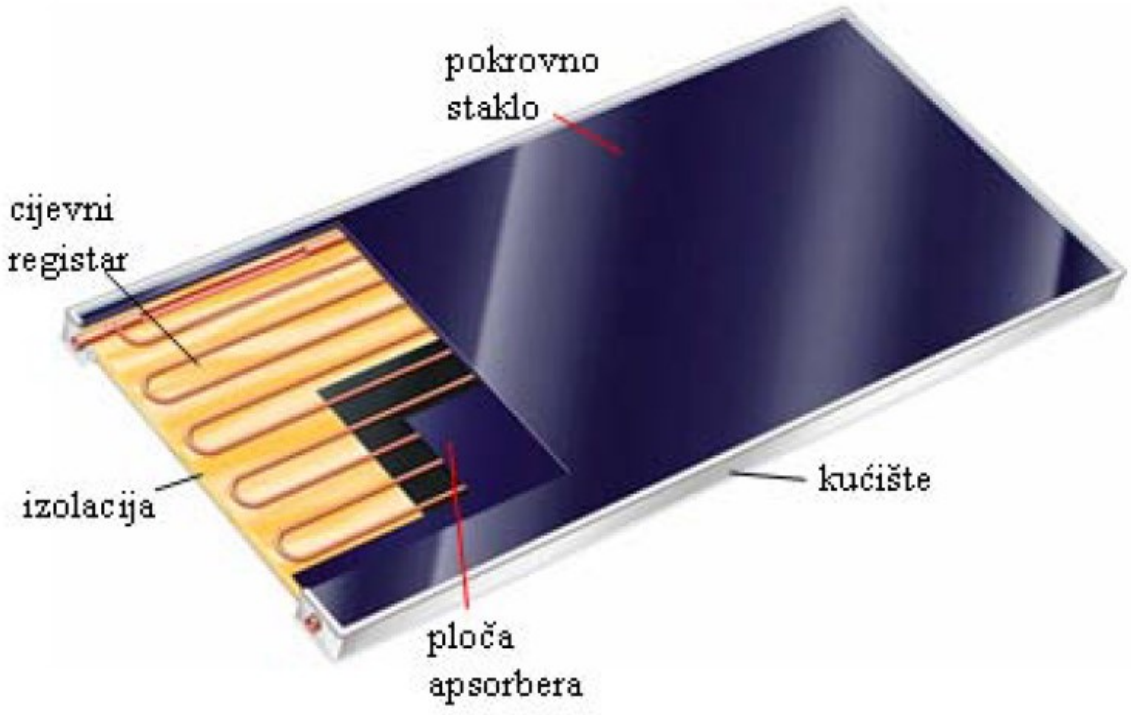
2.2.1. Pločasti kolektor

Pločasti kolektori najčešće su korištena vrsta u današnjim sunčanim toplovodnim sustavima. Oni su nastali kao nastavak ideje da se kolektor stavi u kutiju koja izgleda kao pećnica sa staklom u smjeru sunca. Od 70-ih godina prošlog stoljeća doživjeli su brojne promjene u području toplinske učinkovitosti, pouzdanosti u radu i trajnosti što je dovelo do povećanja broja instaliranih kolektora u svijetu. Postoje razne izvedbe pločastih kolektora od kojih su neke prikazane na slici 2.5. [2,5]



Slika 2.5. Raznolike izvedbe pločastih kolektora [2]

Glavni dijelovi ove vrste kolektora su: kućište, izolacija, pokrovno staklo, apsorberska ploča i cijevni registar (slika 2.6.).

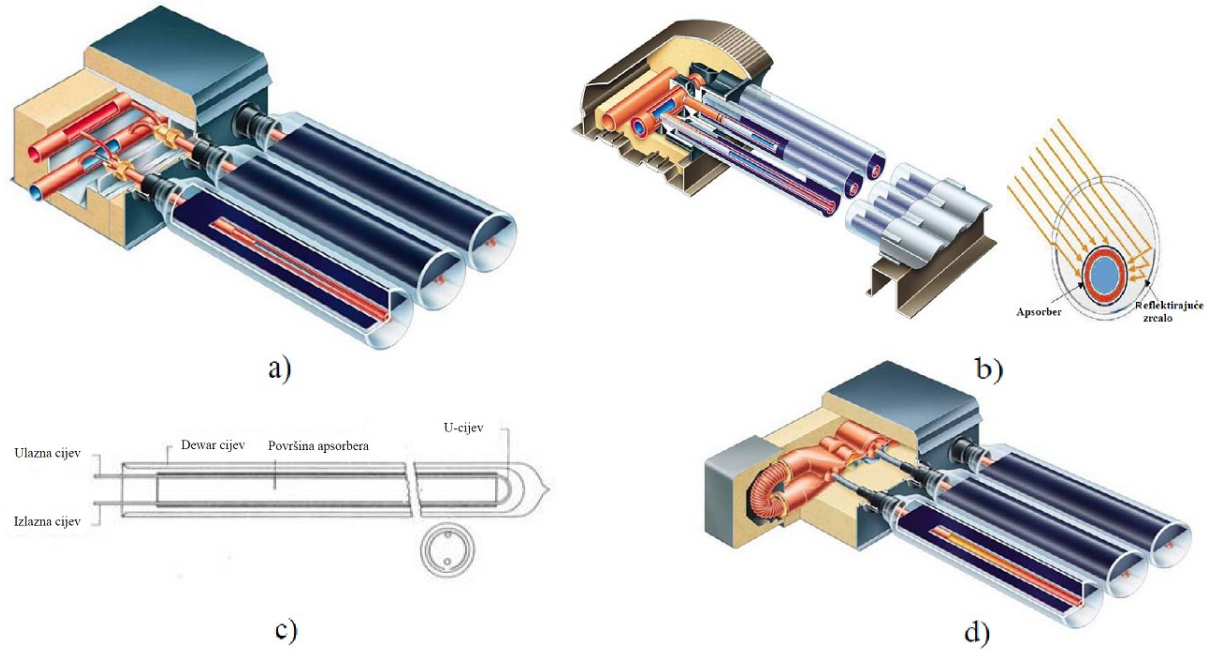


Slika 2.6. Dijelovi i presjek pločastog kolektora [2]

Apsorberska ploča premazana je premazom koji služi za apsorbiranje sunčeva zračenja. Na taj način prikuplja se toplina koja se dalje provodi kroz materijal apsorberske ploče prema cijevnom registru i na koncu se predaje radnom fluidu koji protječe kroz cijevni registar. Najčešće je korišten selektivni premaz koji ima svojstva značajne apsorpcije sunčeva zračenja i bitno smanjenje toplinskih gubitaka. Pokrovno staklo također služi za smanjenje toplinskih gubitaka, ali i za zaštitu kolektora od atmosferskih utjecaja. Radi još većeg smanjenja gubitaka služi izolacija sa stražnje i bočne strane. Cijevni registar može biti raznih oblika (slika 2.6.) od kojih su najpoznatiji tip „ljestve“ i cijevi savijene u obliku serpentine. Kod prvog tipa zbog većeg protoka fluida niža je prosječna temperatura fluida pa su time manji toplinski gubitci i učinkovitost je veća. Zbog toga se koristi u toplijim područjima dok se registri u obliku serpentine koriste za umjerene i hladne klime zbog veće prosječne temperature.[2]

2.2.2. Vakuumski kolektor

Drugi najčešće korišten tip kolektora su vakuumski. Razvijeni su s ciljem kako bi se smanjili konvektivni gubici s apsorbera na okolinu. Gubici su smanjeni na način da je izvučen zrak iz prostora koji se nalazi između apsorbera i stakla. Bitna razlika u usporedbi sa pločastim kolektorima je ta što je kod vakuumskih apsorber smješten u vakuumirane staklene cijevi. Različite izvedbe vakuumskih kolektora prikazane su na slici 2.7. [2]



Slika 2.7. Osnovni tipovi vakuumskih kolektora [2]

Na slici 2.7. a, b vidljiv je tip kolektora kod kojeg fluid struji u dva smjera kroz paralelno spojene koaksijalne cijevi. Apsorber može biti pričvršćen za cijev ili ulogu apsorbera obavlja vanjska površina koaksijalnih cijevi na koje je nanesen premaz. Kod nekih modela koriste se reflektirajuća zrcala koja pomažu pri usmjeravanju sunčeva zračenja u kolektor. Drugi tip kolektora nalazi se na slici 2.7.c koji ima U-cijev umjesto koaksijalne cijevi. Zadnja slika 2.7. d prikazuje tip kolektora koji se naziva toplinske cijevi kod kojih kroz jednu cijev fluid struji u dva smjera i ujedno ima veću učinkovitost od prethodno navedenih. U usporedbi sa pločastim kolektorima vakuumski imaju manje toplinske gubitke pri istim uvjetima no pločasti imaju veću korisnu površinu aposrbera. Upravo zbog toga ako tokom ljetnih mjeseci želimo prikupiti istu energiju kao s pločastim, vakuumski kolektori će zauzeti veću površinu na krovu. To čini vakuumske kolektore učinkovitijima tokom hladnijeg vremena s niskom ozračenosti kada dolaze do izražaja mali toplinski gubici. Glavni nedostatak vakuumskih kolektora predstavlja mogućnost napuknuća stakla prilikom temperaturnih promjena što može dovesti do gubitka vakuuma.[2]

2.2.3. Učinkovitost fototermičke pretvorbe kolektora

Učinkovitost prikupljanja sunčeve energije za kolektore od presudnog je utjecaja na učinkovitost rada cijelog solarnog sustava. Podatke o učinkovitosti proizvođači kolektora daju u sklopu izvješća o ispitivanju kolektora. [2]

Učinkovitost fototermičke pretvorbe solarnih kolektora može se opisati kao omjer topline predane fluidu i toplinskog toka upadnog sunčevog zračenja:

$$\eta_{kol} = \frac{Q_{kol}}{G_{sun} \cdot A_{kol}} = \tau_{koef} \cdot \alpha_{abs} - \frac{U^*_{kol}}{G_{sun}} \cdot (\overline{T}_{abs} - T_{amb}) - \frac{\varepsilon_{abs} \cdot \sigma}{G_{sun}} \cdot \left(\overline{T}^4_{abs} - T'^4_z\right) \quad (2\text{-}1)$$

gdje je:

Q_{kol} (W) toplinska energija predana fluidu

G_{sun} (W/m^2) energija upadnog sunčevog zračenja

A_{kol} (m^2) površina kolektora

τ_{koef} (-) koeficijent transmisije

α_{abs} (-) koeficijent apsorpcije apsorbera sunčeva zračenja

U^*_{kol} (W/m^2 ·K) srednji koeficijent prijenosa topline za konvektivne i konduktivne toplinske gubitke kolektora pri nuli ili određenoj brzini vjetra

$\overline{T}_{abs}$(°C,K) srednja temperatura apsorbera

T_{amb} (°C) temperatura okoline kolektora

ε_{abs} (-) koeficijent emisije apsorbera za dugovalno zračenje

σ (W/m^2·K^4) Stefan-Boltzmannova konstanta 5.67·10^{-8} W/m^2·K^4

T_z' (K) srednja temperatura zraka

Formula (2-1) u praktičnoj uporabi ima brojne nedostatke stoga se češće koristi izraz (2-2) koji uz pomoć karakteristične krivulje uzima u obzir toplinske gubitke $\overline{T}_{abs} - T_{amb}$ u linearnom i kvadratnom obliku. Kvadratni oblik uzima u obzir sve nelinearne dijelove toplinskih gubitaka kao što su temperaturne razlike koje ovise o konvektivnim i radijacijskim prijenosima topline[6,str. 17]:

$$\eta_{kol} = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{\overline{T}_{abs} - T_{amb}}{G_{sun}} - a_2 \cdot \frac{(\overline{T}_{abs} - T_{amb})^2}{G_{sun}} \quad (2\text{-}2)$$

gdje je:

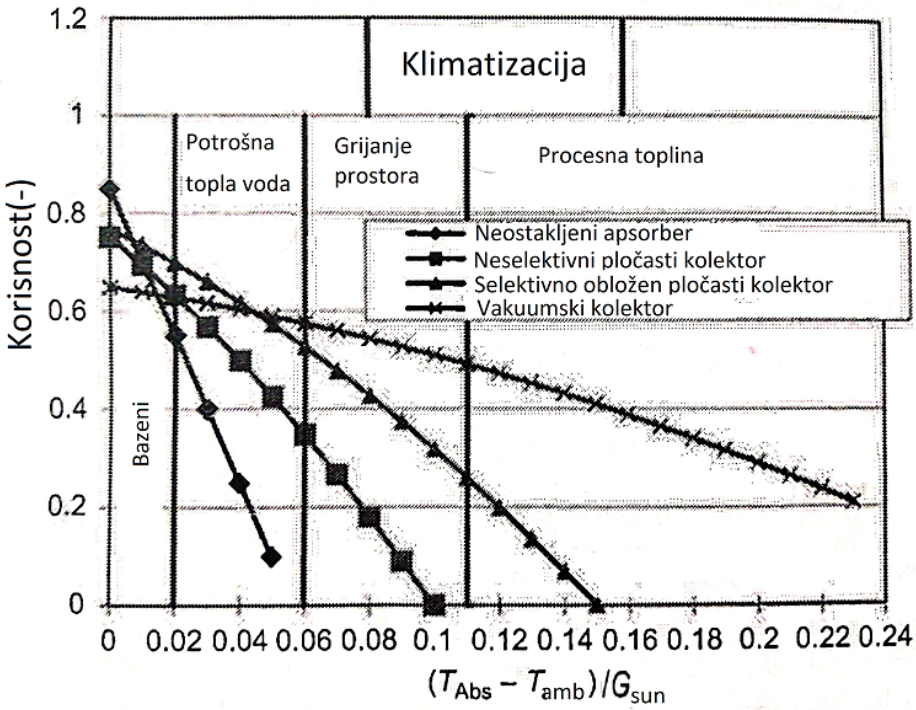
η_0 (-) faktor konverzije ili optičkih gubitaka; korisnost kada je $\overline{T}_{abs} = T_{amb}$

a_1 (W/m^2·K) ukupni koeficijent prijenosa topline povezan s $\overline{T}_{abs} = T_{amb}$

a_2 (W/m^2·K^2) kvadratni izraz; nelinearni gubici zračenja i temperaturna ovisnost koeficijenta prijenosa topline

Karakteristična krivulja određuje se prema standardu EN 12975-2 (2006) koji objašnjava kako se ona izvodi pomoću mjerenja. Treba naznačiti da li se koeficijenti učinkovitosti kolektora a_1 i a_2 odnose na bruto površinu, područje otvora ili područje apsorbera kolektora. Oni se zajedno s koeficijentom η_0 određuju regresijskom analizom eksperimentalnih podataka koji se prikazuju u karakterističnoj krivulji.[2,6,str.18]

Slika 2.8. prikazuje krivulju učinkovitosti za različite tipove kolektora i njihove bruto površine kao i specifične temperaturne razlike $(\overline{T}_{abs} - T_{amb})/G_{sun}$ za različite primjene u srednje europskoj klimi.



Slika 2.8. Karakteristična krivulja učinkovitosti kolektora [6,str.19]

Manji toplinski gubici rezultiraju većom učinkovitošću kolektora i obratno. Toplinski gubici na okolinu povećavaju se kada imamo konstantno sunčevo zračenje jer raste temperatura fluida i svih ostalih dijelova kolektora. Do povećanja gubitaka dolazi i kada se snizi temperatura okolišnog zraka uz konstantne ostale parametre rada. Ukoliko pri istoj razlici temperatura fluida i zraka dođe do smanjenja Sunčeva zračenja, učinkovitost će se također smanjiti jer će toplinski gubici ostati isti, a apsorbirana energija je niža što dovodi do smanjenog iznosa dovedene korisne topline fluidu. Tokom zime kada je slabije sunčevo zračenje, temperatura zraka niža, ako temperatura fluida ostane ista, učinkovitost kolektora biti će manja. [2]

Tablica 2.1. prikazuje tipične vrijednosti za solarne kolektore vezane za krivulju učinkovitosti sa slike 2.8. kao i temperaturna područja korištenja, korišteni materijali, uložena energija za proizvodnju i područja primjene. U tablici su navedeni podaci za 3 vrste pločastih kolektora gdje 1 predstavlja neselektivni apsorber s jednim pokrovom, 2 je neselektivni apsorber sa duplim staklom i 3 je apsorber sa selektivnim premazom i jednim pokrovom.

Tablica 2.1. Parametri različitih vrsta kolektora [6,str.21.]

	Optička učinkovitost η_0	**Faktor toplinskih gubitaka a_1 u $W/(m^2 \cdot K)$**	**Temperaturno područje u °C**	**Potrebna uložena energija za proizvodnju**	**Područje primjene**
Neostakljeni apsorber	0.92	12-17	0-30	Mala	Bazeni
Pločasti kolektor 1	0.80-0.85	5-7	20-80	Srednja	PTV
Pločasti kolektor 2	0.65-0.70	4-6	20-80	Srednja	PTV
Pločasti kolektor 3	0.75-0.81	3.0-4.0	20-80	Srednja	PTV, GP
Vakuumski kolektor	0.45-0.80	0.6-1.2	50-120	Srednja	PTV,GP,PT
Sidney vakuumski kolektor	0.35-0.6	0.8-1.5	50-120	Srednja	PTV,GP,PT
Složeni parabolični kolektor	0.6-0.7	0.8-1.2	50-120	Velika	PTV,GP,PT

PTV-potrošna topla voda; GP-grijanje prostora; PT-procesna toplina

3. SUNČANI TOPLOVODNI SUSTAVI

Kako bi prikupljenu Sunčevu energiju mogli učinkovito koristiti i primijeniti u svakodnevnom životu potreban nam je sunčani toplovodni sustav. On služi za direktno iskorištavanje sunčeve energije uz pomoć prethodno objašnjenih solarnih kolektora.

Najčešće korišteni sustavi su nisko-temperaturni(40 – 60 °C) koji u većini slučajeva služe za pripremanje potrošne tople vode, u manjoj mjeri grijanje prostora i grijanje plivačkih bazena. Osnovni dijelovi ovakvih sustava su pločasti ili vakuumski sunčevi kolektori pomoću kojih se zagrijava voda u spremniku i akumulacijski spremnik. Radni fluid je često voda ili kombinacija voda/glikol kako bi se spriječilo smrzavanje. Cirkulacija tog fluida od kolektora do spremnika često se ostvaruje pomoću pumpe ili prirodnom cirkulacijom.[2,7]

Upravo zbog toga postoje dvije vrste sustava: sustavi s prisilnom cirkulacijom i termosifonski sustavi s prirodnom cirkulacijom koji će biti opisani u narednom potpoglavlju.

3.1. Primjeri toplovodnih sustava

3.1.1. Sustavi s prirodnom cirkulacijom

Prirodna cirkulacija ostvaruje se zbog razlike gustoće, odnosno temperature fluida koji se nalazi u spremniku i kolektoru. Nakon što se fluid u kolektoru zagrije diže se do spremnika, tamo se hladi i onda vraća natrag u kolektor, potiskujući topliji fluid prema spremniku. Kretanje se nastavlja sve do trenutka kada se temperature izjednače(prirodna cirkulacija). Nije potrebna regulacija niti pumpa, a spremnik se nalazi iznad kolektora kako bi se uspostavila prirodna cirkulacija. Slika 3.1. prikazuje takvu vrstu kompaktnog sustava gdje je spremnik pričvršćen za gornju stranicu kolektora, a ujedno je i prikazana priprema PTV-a i kruženje fluida. [7]



Slika 3.1. Primjer sustava s prirodnom cirkulacijom [2]

Upravo zbog tog vanjskog smještaja spremnika povećavaju se toplinski gubici koji se mogu izbjeći ukoliko se spremnik montira unutar objekta. Protoci fluida su manji pa to utječe na učinkovitost koja se zbog toga smanjuje.

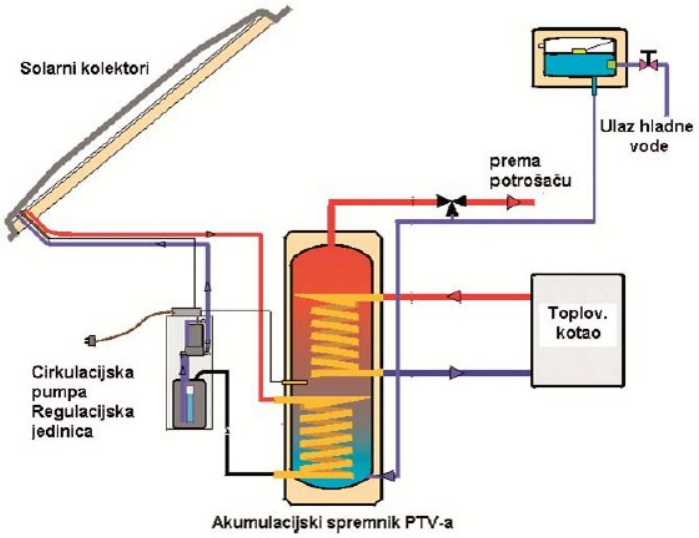
Prednosti u odnosu na sustave s prisilnom cirkulacijom su veći temperaturni gradijenti zbog kojih raste učinkovitost sustava jer iz donjeg dijela spremnika izlazi hladniji fluid, ušteda na električnoj energiji koja se ne troši jer se ne koristi pumpa (pogon pumpe uzima oko 2-5 % sunčeve energije), nema regulacijskog sklopa i sama cijena sustava i instalacije je niža. [2]

Zbog navedenih karakteristika koriste se u toplijim područjima i za pripremu potrošne tople vode u ljetnim mjesecima za manje objekte.

3.1.2. Sustavi s prisilnom cirkulacijom

Prisilno strujanje ostvaruje se pomoću pumpe koja pomaže da fluid cirkulira kroz kolektor. Ovdje je prisutan regulacijski sklop jer on upravlja radom pumpe, odnosno pali ju i gasi. Da bi se pumpa uključila potrebno je postići određenu razliku temperature između kolektora i spremnika.[7]

Primjer jednog takvog sustava prikazan je na slici 3.2.



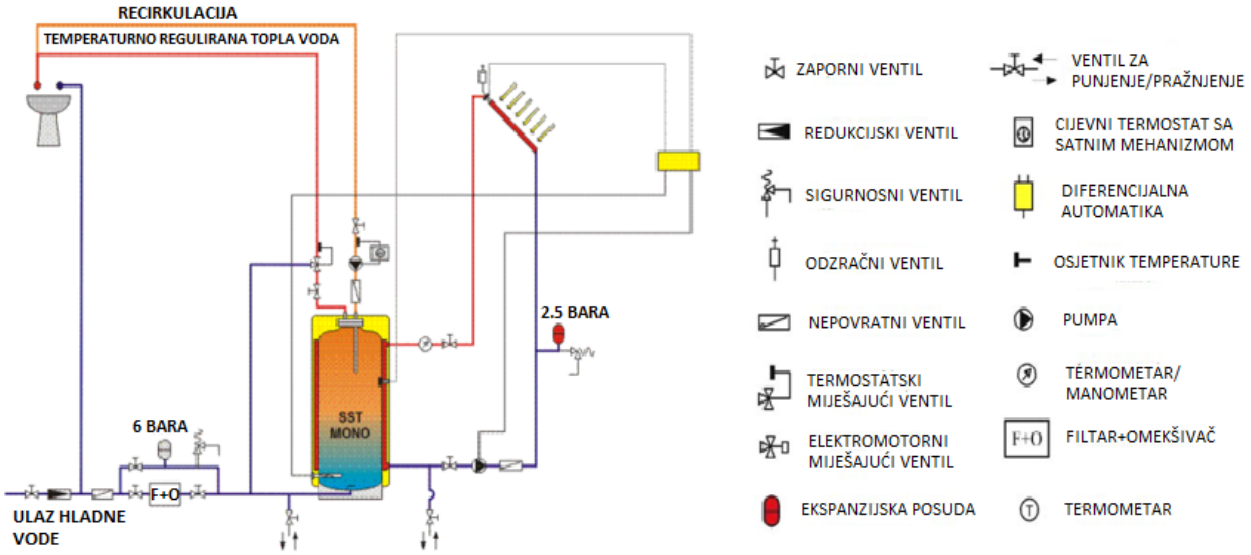
3.2.Sustav s prisilnom cirkulacijom za pripremu potrošne tople vode [2]

Ovakva vrsta sustava koristi se kada je kolektor stavljen iznad spremnika koji nije stavljen van objekta zbog niskih temperatura zimi i najčešće se nalazi u podrumu kuće.

Postoji više izvedenica ovakvog sustava ovisno o potrebama kućanstva i ulozi sustava pa se tako konstruiraju sustavi sa jednim spremnikom kojima se može dodati grijač , dva spremnika, dvostrukim spremnikom i svi oni će biti opisani u sljedećem potpoglavlju koje govori o pripremi potrošne tople vode(PTV).

3.2. Sustavi za pripremu PTV-a

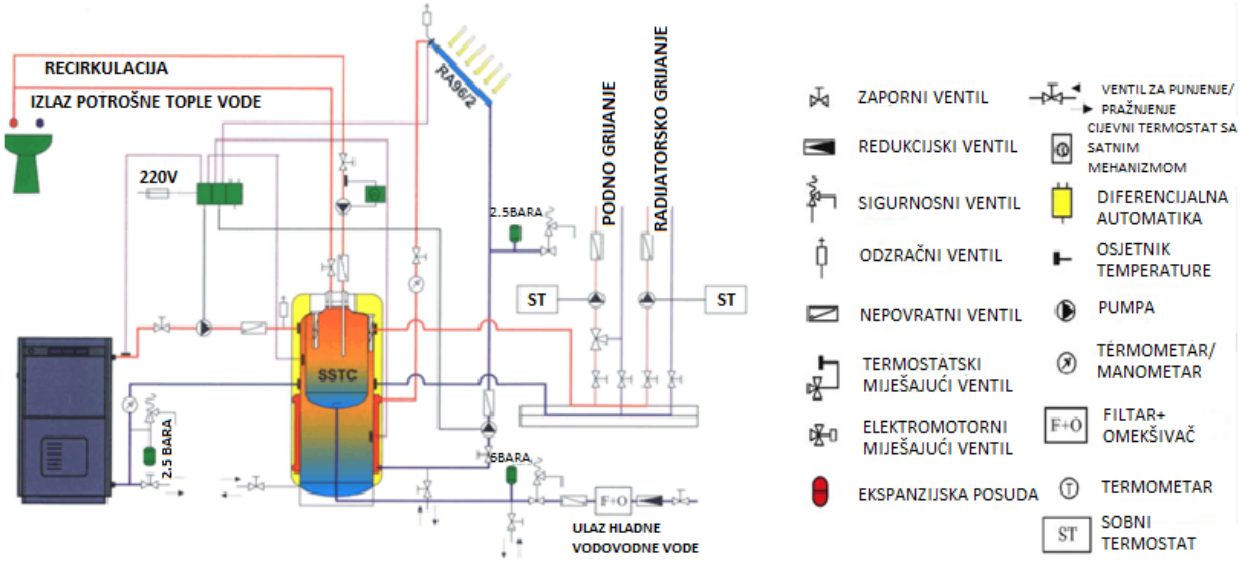
Kao što je već navedeno ranije, sunčani toplovodni sustavi se u najviše slučajeva koriste za pripremu PTV-a. Vrsta toplovodnog sustava ovisi o objektu u kojem ga koristimo. Za manje zahtjeve za PTV dovoljno je ugraditi jedan spremnik, no ako su potrebe veće to se rješava dodavanjem još jednog spremnika. Najjednostavniji sustav prikazan je na slici 3.3.



Slika 3.3. Sustav za pripremu PTV-a s jednim spremnikom [2]

Fluid struji od najnižeg, tj. najhladnijeg dijela spremnika kako bi se postigla što veća učinkovitost. Upravo zbog učinkovitosti treba osigurati što veću razliku u temperaturi kroz visinu spremnika, a to se najlakše može postići izduženim oblikom tog spremnika. Princip rada sustava s prisilnom cirkulacijom je da se uz pomoć diferencijalne automatike isključi pumpa kada temperatura radnog fluida na izlazu iz kolektora i spremnika vode postane manja od zadane vrijednosti. Kada se ponovo uspostavi tražena temperaturna razlika pumpa se uključuje. Na taj način spriječeno je rashlađivanje spremnika. [2]

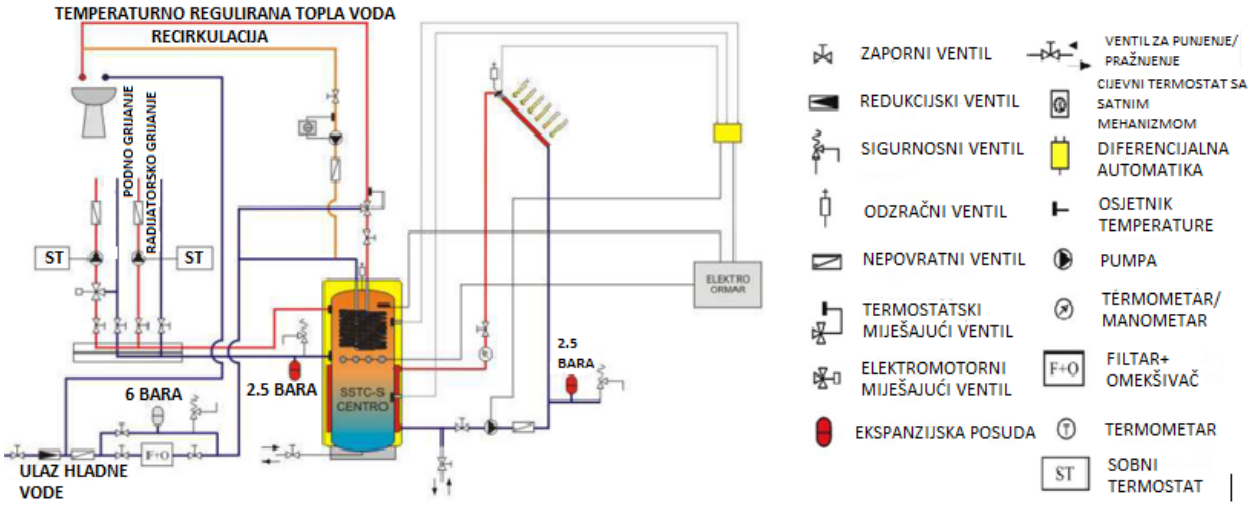
Slika 3.4. prikazuje kombinirani sustav koji služi i za primjenu PTV-a i za grijanje prostora, a bitan dio je dvostruki spremnik. Manji spremnik služi za PTV dok je veći spremnik povezan sa sustavom grijanja. Kod ovakvog sustava nalazi se pomoćni izvor topline kao protočni zagrijač vode ili toplovodni kotao. Prikladan je jer se izbjegava narušavanje temperaturne raspodjele u vanjskom spremniku koja nastaje zbog miješanja s hladnom vodom koja se u ovom slučaju dovodi u manji spremnik, a mana je duže vrijeme zagrijavanja PTV-a zbog mogućnosti akumulacije PTV-a.[2]



Slika 3.4. Prikaz kombiniranog sustava koji služi za pripremu PTV-a i grijanje prostora s dvostrukom spremnikom [2]

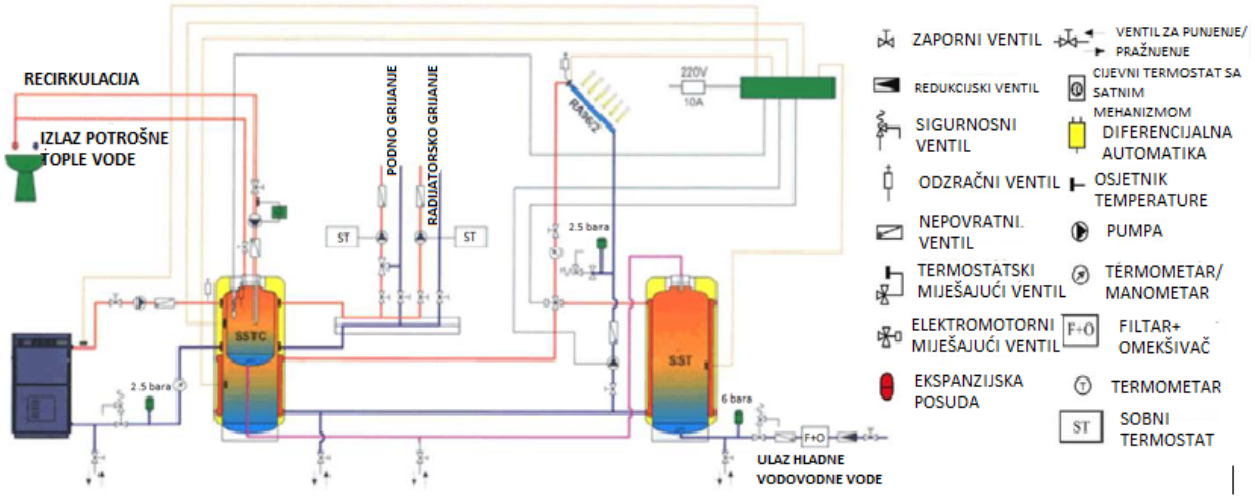
Kako bi se izbjeglo miješanje svježe hladne vode i zagrijane vode u spremniku prilikom zagrijavanja PTV-a postoji izvedba sustava gdje se umjesto akumulacijskog spremnika koristi protočni zagrijač(slika 3.5.). Takvim sustavom omogućuje se postizanje nižih temperatura PTV-a od najčešće korištenih 55-60 °C jer ne postoji opasnost od razvijanja bakterije legionele.

Ovakva izvedba zahtijeva da je temperatura u gornjem dijelu spremnika barem desetak °C viša od temperature PTV-a koju želimo postići, a to se ostvaruje paljenjem pomoćnog grijača.[2]



Slika 3.5. Kombinirani sustav za pripremu PTV-a i grijanje prostora s protočnim grijačem[2]

Ukoliko imamo slučaj da je potrebno ugraditi spremnike veće zapremnine(>500 litara), primjer kada je kolektorska površina > 10 m^2 , tada se sustav sastoji od dvaju manjih spremnika. (slika 3.6.)[2]



Slika 3.6. Kombinirani sustav za pripremu PTV-a i grijanje prostora koji se sastoji od 2 spremnika [2]

U ovakvim sustavima prvo se zagrijava jedan spremnik do željene temperature, a onda se fluid usmjeri prema izmjenjivaču drugog spremnika u kojem se predgrijava svježa voda koja ulazi u sustav. Na taj način povećava se učinkovitost kolektora u usporedbi sa korištenjem jednog spremnika. Kod ovakvih sustava, ukoliko nije potreban, jedan od spremnika se može isključiti iz rada. [2]

3.3. Sustavi za grijanje prostora

Kao što je već objašnjeno sunčani toplovodni sustavi većinom se primjenjuju za pripremu PTV-a, ali mogu se koristiti i za nisko-temperaturno grijanje prostora. Takvi sustavi koji se koriste u obje svrhe zahtijevaju veću zapremninu spremnika i veću površinu kolektora. Sheme prikazane u prethodnom potpoglavlju odnose se i na grijanje prostora jer su prikazani načini spajanja sustava radijatorskog grijanja, zidnog i podnog grijanja.

Prema [2] zimi je sunčeva ozračenost do 5 puta manja nego ljeti, a potrebe za toplinom su oko 6-7 puta veće. Zbog toga bi bile potrebne 30-40 puta veće površine kolektora za pokrivanje ukupnih toplinskih potreba za vrijeme zime. Uz to dolazilo bi i do pregrijavanja sustava ljeti kao i velikih investicijskih troškova. Kako bi se to izbjeglo, nužno je optimizirati broj kolektora i zapreminu spremnika. Prilikom dimenzioniranja sustava vodi se računa da se pomoću prikupljene sunčeve energije pokrije oko 10-15 % ukupnih energetskih potreba zimi (grijanje + PTV), ovisno o kojem dijelu Hrvatske je riječ.

3.4. Regulacija sustava

Regulacija je veoma bitna za sunčane sustave jer je njen zadatak osigurati najveću učinkovitost rada sustava. Općenito, regulacija se sastoji od upravljačke jedinice i osjetnika temperature koji se nalazi na izlazu iz kolektora i na raznim pozicijama unutar spremnika. Svrha upravljačke jedinice je da uključuje i isključuje različite pumpe, po potrebi uključuje električni grijač i pumpu toplovodnog kotla te usmjerava fluid kolektorskog kruga preko troputnog ventila na pojedine spremnike. Razvojem sustava unaprijedila se i regulacija pa je tako moguće upravljati i ostatkom sustava grijanja u zgradi (grupama radijatora i podnog grijanja po prostoriji i slično).[2]

3.5. Ostala oprema i montaža kolektora

Važni dijelovi sunčanog sustava za njegovu funkcionalnost su ekspanzijske posude i razni sigurnosni ventili, a nalaze se u kolektorskom krugu, dovodu svježe vode i sustavu grijanja. Ekspanzijska posuda služi za osiguravanje stalnog tlaka sustava. Ukoliko dođe do pada tlaka može se smanjiti protok radnog fluida ili pak može doći do isparavanja fluida u kolektoru. U kolektorskom krugu nalazi se nepovratni ventil koji sprječava rashlađivanje spremnika do kojeg dolazi zbog prirodne cirkulacije od toplijeg spremnika prema hladnijim kolektorima. U istu svrhu taj se ventil ugrađuje i između spremnika i toplovodnog kotla. Redukcijski ventil montira se na cjevovod svježe vode, a zadatak mu je osigurati stalni tlak u sustavu. Također se na taj isti cjevovod

montiraju filter, omekšivač i nepovratni ventil u svrhu sprječavanja pražnjenja spremnika i pada tlaka. Zaštitni termostatski miješajući ventil ugrađuje se na izlaznom cjevovodu PTV-a i zadatak mu je spriječiti protok vruće vode prema izljevnom mjestu PTV-a. Cjevovodi bi trebali biti što kraći kako bi se smanjili toplinski gubici i izolirani. [2]

Kolektori se obično nalaze na krovu ili kao dio krova što osigurava uštede na materijalu pokrova i osigurava izvrsnu toplinsku izolaciju. Osim na krovu kolektori se mogu nalaziti i na terasama ili tlu. Prilikom montiranja kolektora važno je na najvišem dijelu ugraditi odzračni ventil koji služi za ispuštanje zraka iz cjevovoda prilikom punjenja sustava. [2]

4. SIMULACIJA SUNČANOG TOPLOVODNOG SUSTAVA NA PRIMJERU KUĆANSTVA

Simulacija je provedena pomoću kalkulatora kroz tri slučaja:

- priprema PTV-a s pločastim kolektorom
- priprema PTV-a s vakuumskim kolektorom
- priprema PTV-a i grijanje prostora pomoću vakuumskog kolektora.

Rezultati simulacije odnose se na period od godinu dana, gdje je prikazano koliki iznos potrošnje se može pokriti pomoću solarnog sustava tokom pojedinih mjeseci. U sva tri slučaja korišteni solarni sustav je sa prisilnom cirkulacijom i fiksnim položajem kolektora. Usporedbe radi, u svakom od tri slučaja odrađena je i simulacija sa istim kolektorima, ali oni prate kretanje Sunca preko jedne osi pomoću optimalnih kutova za svaki mjesec.

Svi slučajevi simulirani su na kući koja se sastoji od 4 člana sa prosječnom potrošnjom tople vode od 50 litara po glavi ukućana.

4.1. Priprema PTV-a s pločastim ili vakuumskim kolektorom

4.1.1. Referentni podaci

U tablici 4.1. opisan je smještaj sustava koji je korišten za simulaciju, njegove karakteristike i podaci o sunčevom zračenju. Na slici 4.1. prikazana je dnevna potrošnja PTV-a po satu u kući, slika 4.2. predstavlja godišnju potrošnju PTV-a, a u tablicama 4.2. i 4.3. dani su podaci proizvođača o korištenim kolektorima.

Tablica 4.1. Podaci o sustavu

Lokacija	Hrvatska, Zagreb
Horizontalno zračenje	$G_{sun,hor}$=1212 kWh/(m^2·a)
Nagib kolektora	37 °
Volumen spremnika	300 l
Temperatura PTV-a	60 °C
Temperatura svježe vode	9.6 °C
Pomoćni sustav za dogrijavanje	Uljni bojler

Lokacija kuće je u Zagrebu, Hrvatska. Prema dostupnim podacima Sunčevo horizontalno zračenje u Zagrebu iznosi 1212 kWh/(m^2·a). Prema teorijskom uvodu, optimalni godišnji iznos kuta fiksnog kolektora za Hrvatsku je 37° stoga je on odabran za nagib kolektora. Uljni bojler, kao pomoćni sustav za dogrijavanje, odabran je zbog njegove optimalne prikladnosti prilikom pripreme PTV-a.

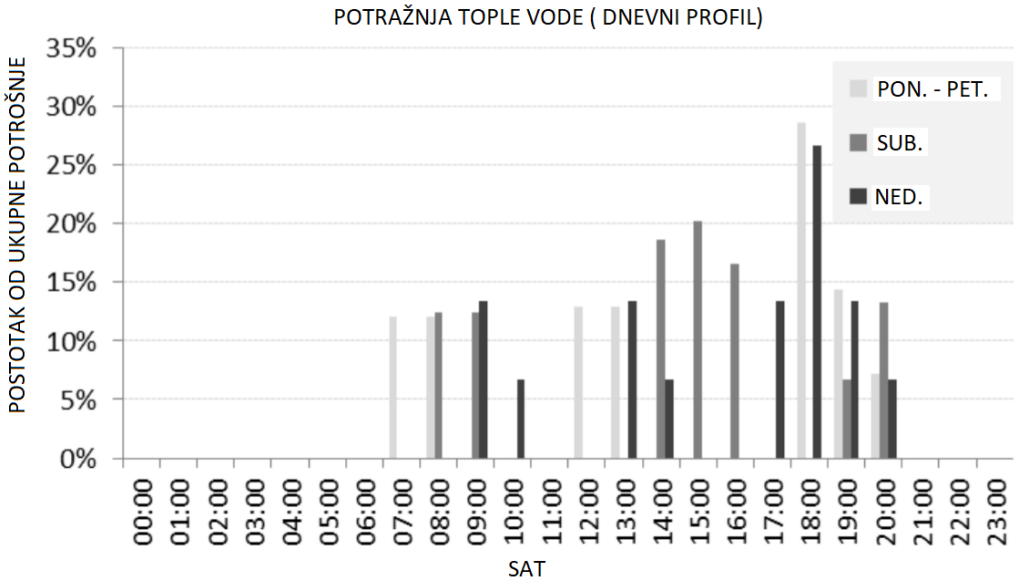
Tablica 4.2. Pločasti kolektor SKR500 [8]

Broj kolektora	3
Ukupna površina kolektora	7.74 m^2
Učinkovitost η_0	0.82
Apsorpcijski koeficijent α	0.95
Koeficijent emisije ε	0.05
Koeficijent gubitaka topline a_1	3.821 W/(m^2·K)
Koeficijent gubitaka topline a_2	0.0108 W/(m^2·K^2)
Učinkovitost pri 40K@1000W/m^2	0.65

Tablica 4.3. Vakuumski kolektor VK25 [9]

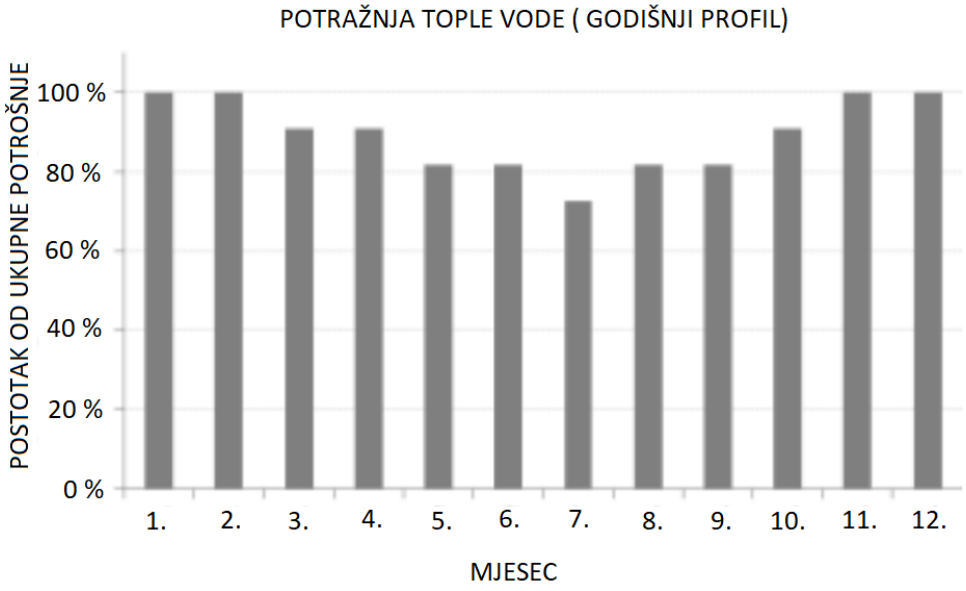
Broj kolektora	3
Ukupna površina kolektora	7.71 m^2
Učinkovitost η_0	0.605
Apsorpcijski koeficijent α	0.96
Koeficijent emisije ε	0.06
Koeficijent gubitaka topline a_1	0.850 W/(m^2·K)
Koeficijent gubitaka topline a_2	0.010 W/(m^2·K^2)
Učinkovitost pri 40K@1000W/m^2	0.56

Učinkovitost oba kolektora dana je pri razlici temperatura od 40 K između kolektora i okolnog zraka i pri globalnom sunčevom zračenju od 1000 W/m^2. Iz danih podataka o kolektorima vidljivo je da iznosi optičke učinkovitosti i koeficijenata gubitaka odgovaraju vrijednostima opisanim u tablici 2.1.



Slika 4.1. Potražnja tople vode tokom dana [10]

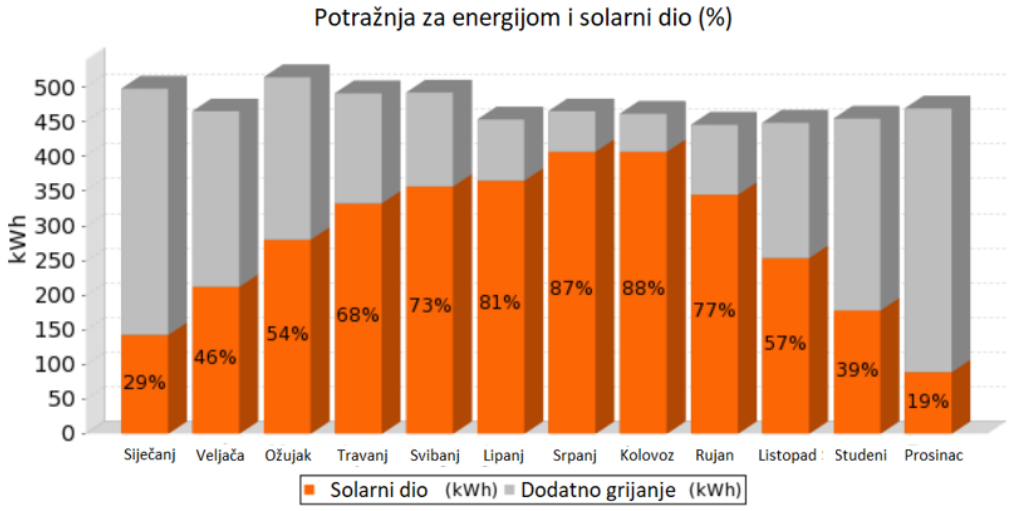
Slika 4.1. prikazuje potražnju obitelji za toplom vodom. Vidljivo je da je najveća potreba tokom tjedna u razdobljima prije posla(ujutro), za vrijeme ručka te uvečer, po povratku s posla. Vikendom potražnja varira ovisno o potrebama svakog ukućana pojedinačno.



Slika 4.2. Potražnja tople vode tokom godine za svaki mjesec [10]

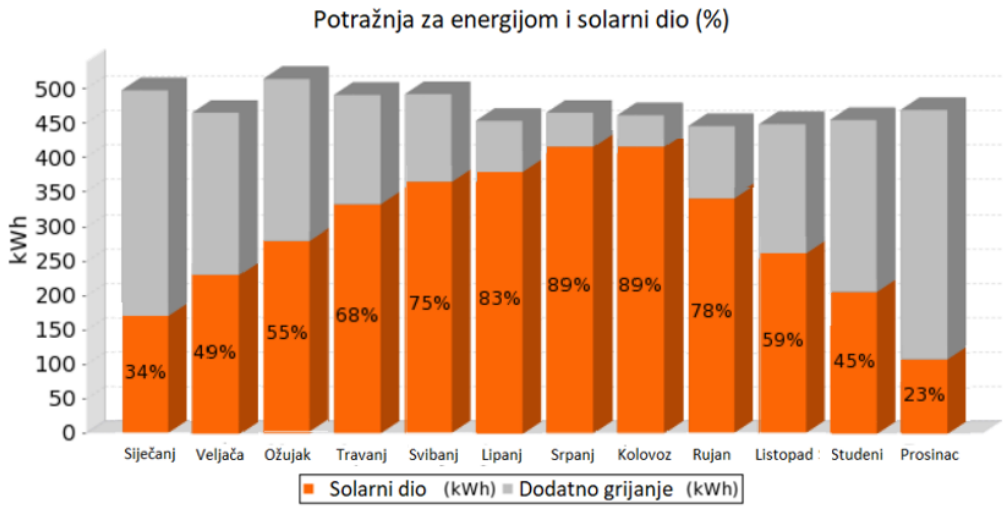
4.1.2. Rezultati simulacije

U rezultatima simulacije vidljivo je koliko potrebne energije je moguće pokriti pomoću solarnog sustava tokom pojedinih mjeseci, kada se najviše mora uključivati pomoćni sustav za dogrijavanje i koliko iznosi ukupna količina prikupljene energije za dano područje preko navedenih kolektora. Nakon svake simulacije odrađena je dodatna simulacija s istim kolektorima gdje će se umjesto fiksnog kolektora koristiti pokretni kolektor koji prati kretanje Sunca. Iznosi kutova odabrani su prema slici 2.4. iz 2. poglavlja. Na temelju grafova analizirana je količina prikupljene energije tokom pojedinih mjeseci i tokom cijele godine.



Slika 4.3. Rezultati simulacije za pločasti kolektor SKR500 [11]

Slika 4.3. prikazuje rezultate ostvarene pomoću pločastog kolektora. Ukupna prikupljena energija iznosi 3374 kWh/godišnje što čini 60 % ukupne energije potrebne za pripremu potrošne tople vode. Tokom zimskih mjeseci zbog slabije ozračenosti ukupno prikupljena i raspoloživa energija je jako malog iznosa i većina potreba se mora zadovoljiti pomoću pomoćnih sustava za dogrijavanje. Godišnjim mijenjanjem optimalnog kuta ovisno o godišnjem dobu taj postotak može biti neznatno veći. Ugradnjom većeg broja kolektora moglo bi se prikupiti više energije tokom ljetnih mjeseci, ali zimi bi taj postotak i dalje bio veoma nizak.



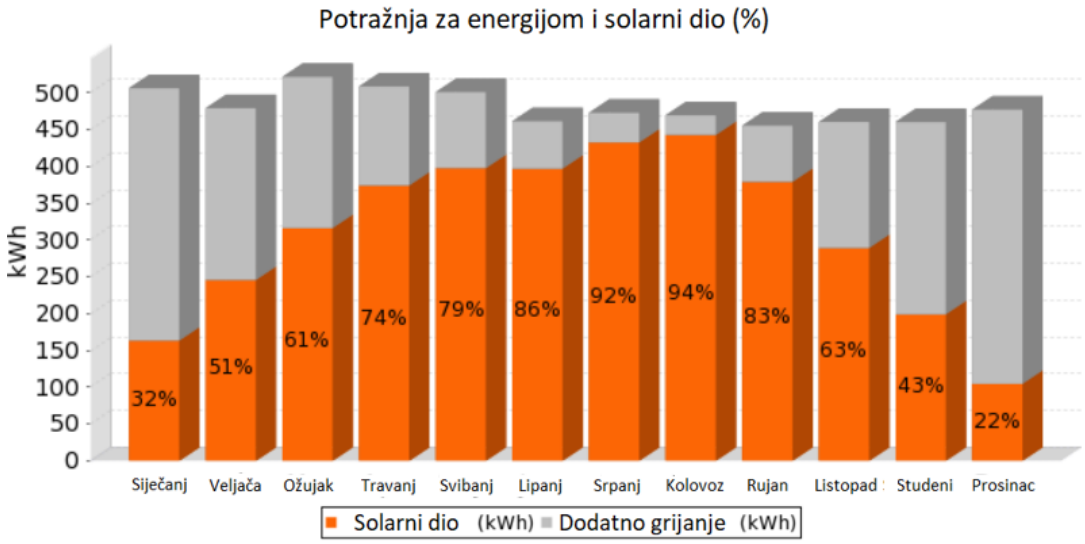
Slika 4.4. Rezultati simulacije za pokretni pločasti kolektor SKR500 [11]

Slika 4.4. prikazuje rezultate nastale mijenjanjem iznosa kutova za svaki mjesec prema slici 2.4. . Vidljiva je veća količina prikupljene energije kao i veći udjeli solarnog dijela prilikom pripreme PTV-a. U sljedećoj tablici dani su iznosi energije za svaki mjesec kao i ukupna prikupljena energija.

Tablica 4.4. Usporedba rezultata fiksnog i pokretnog pločastog kolektora SKR500

Mjesec	Iznos energije za fiksni [kWh]	Iznos energije za pokretni [kWh]
Siječanj	145	170
Veljača	216.2	230.3
Ožujak	278.1	283.25
Travanj	333.2	333.2
Svibanj	357.7	367.5
Lipanj	368.55	377.65
Srpanj	404.55	413.85
Kolovoz	404.8	409.4
Rujan	342.65	347.1
Listopad	256.5	265.5
Studeni	177.45	204.75
Prosinac	89.3	108.1
Ukupno ≈	3374	3511

Prilikom korištenja pokretnog pločastog kolektora gdje je svaki mjesec prilagođavan kut kolektora prikupljeno je 4% više energije tokom godine dana što je vidljivo na prikazanim grafovima i u tablici za svaki pojedini mjesec.

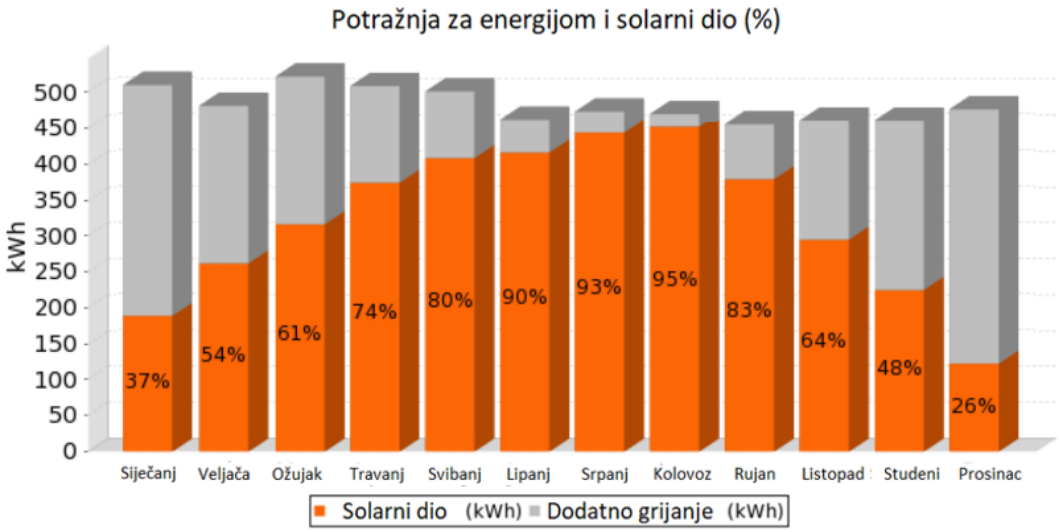


Slika 4.5. Rezultati simulacije za vakuumski kolektor VK25 [11]

Korištenjem vakuumskog kolektora prikupljeno je 3726 kWh/godišnje energije čime je zadovoljeno 65 % ukupnih potreba za pripremu potrošne tople vode. Unatoč manjoj ispitnoj učinkovitosti vakuumskog kolektora prikupljeno je više energije u usporedbi sa pločastim kolektorom i učinkovitost takvog sustava veća je tokom cijele godine što je vidljivo na slici 4.5. Razlog tomu su smanjeni toplinski gubici, i učinkovitiji rad cijelog sustava.

Slika 4.6. prikazuje rezultate simulacije kada se koristi vakuumski kolektor, ali pritom se svaki mjesec mijenja kut za iznos optimalan pojedinom mjesecu. Korišteni kutovi su jednaki kao i prilikom simulacije kod pločastog kolektora. Prilikom praćenja Sunca najviše smo dobili energije tokom zimskih mjeseci. U simulaciji je vidljivo da i pokretni vakuumski kolektor prikuplja više energije od pokretnog pločastog kolektora.

U tablici 4.5. ponovno su dani usporedni rezultati prikupljene energije kada je vakuumski kolektor fiksiran i kada je pokretan kao i ukupna prikupljena energija.



Slika 4.6. Rezultati simulacije za pokretni vakuumski kolektor VK25 [11]

Tablica 4.5. Usporedba rezultata fiksnog i pokretnog vakuumskog kolektora VK25

Mjesec	Iznos energije za fiksni [kWh]	Iznos energije za pokretni [kWh]
Siječanj	163.2	188.7
Veljača	244.8	259.2
Ožujak	320.25	320.25
Travanj	377.4	377.4
Svibanj	398.95	404
Lipanj	399.9	418.5
Srpanj	409.4	413.85
Kolovoz	441.8	446.5
Rujan	377.65	377.65
Listopad	289.8	294.4
Studeni	197.8	220.8
Prosinac	104.5	123.5
Ukupno ≈	3726	3845

Prema tablici 4.5. prikupljena je veća količina energija za otprilike 4%. Tokom pojedinih mjeseci promjenjivi kutovi blizu optimalnom za fiksni stoga nema velikih promjena u iznosima.

4.2. Priprema PTV-a i grijanje prostora pomoću vakuumskog kolektora

Simulacija je provedena na istoj kući kao u prethodna 2 slučaja, ali se uz pripremu PTV-a prikupljena energija koristi i za grijanje prostora. Potražnja PTV-a na dnevnoj i godišnjoj razini prikazana je na slikama 4.1. i 4.2.. Korišteni kolektor je vakuumski kolektor VK25 sa karakteristikama danim u tablici 4.3..

4.2.1. Referentni podaci

Tip kuće je niskoenergetski sa prosječnom potrošnjom energije za grijanje od 30 kWh/(m^2·a). Površina kuće iznosi 160 m^2 s godišnjom potrebom energije za grijanje od 4800 kWh/a koja se ostvaruje putem konvencionalnih načina grijanja. Grijanje prostora vrši se pomoću radijatorskog grijanja koje koristi prikupljenu sunčevu energiju, dok je pomoću sustav za dogrijavanje ostao uljni bojler. Volumen spremnika je sada veći zbog veće količine radnog fluida koji se koristi i za pripremu PTV-a i za grijanje prostora.

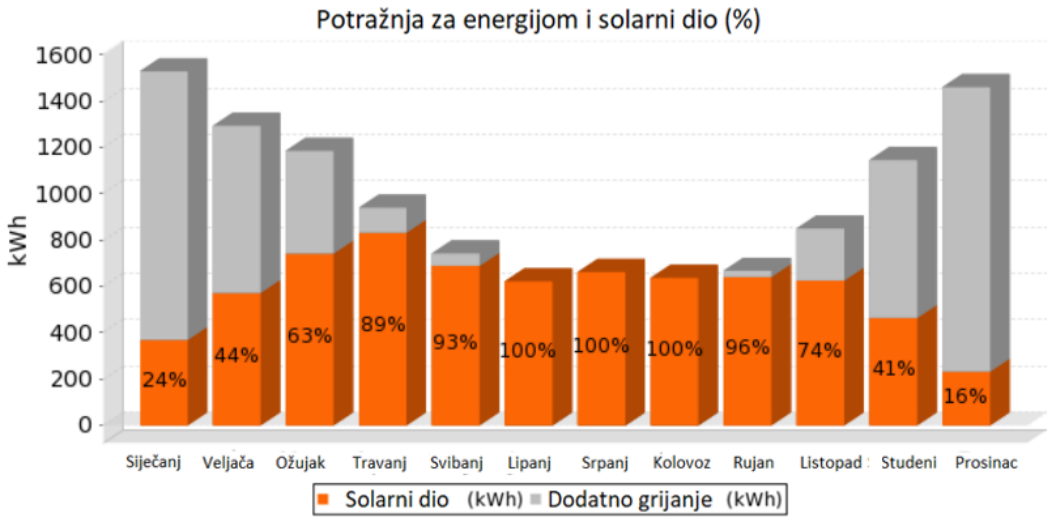
Tablica 4.6. Podaci o sustavu

Lokacija	Hrvatska, Zagreb
Horizontalno zračenje	$G_{sun,hor}$=1212 kWh/(m^2·a)
Nagib kolektora	37 °
Volumen spremnika	1000 l
Temperatura PTV-a	60 °C
Temperatura svježe vode	9.6 °C
Pomoćni sustav za dogrijavanje	Uljni bojler
Temperatura prostorija	25 °C
Tip grijanja	Radijatorsko grijanje
Ulazna temperatura radijatora	40 °C
Broj kolektora	7
Ukupna površina kolektora	17.99 m^2

4.2.2. Rezultati simulacije

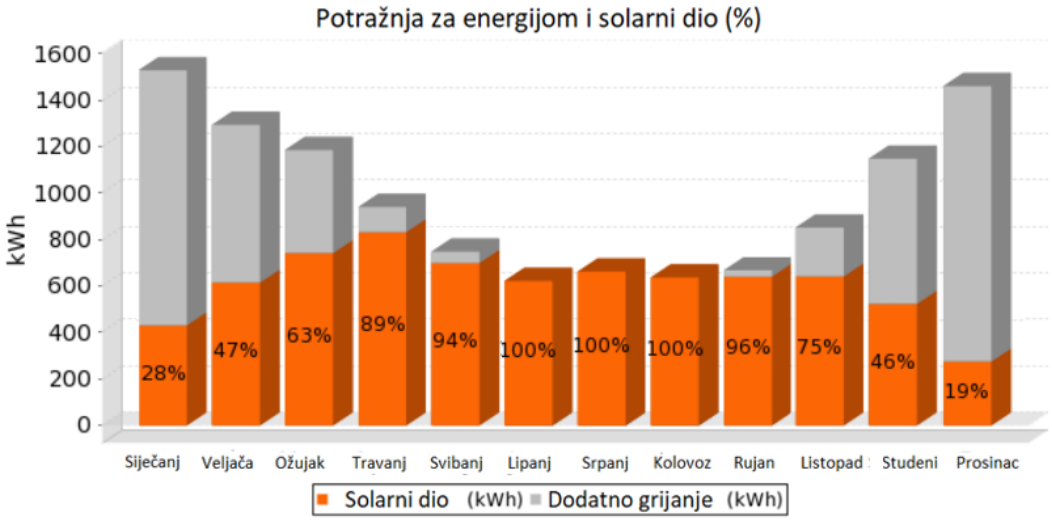
Slika 4.7. prikazuje rezultate simulacije sustava opisanog u tablici 4.6. gdje je naznačen postotak potrebne energije na mjesečnoj razini koja se može pokriti pomoću solarnog sustava, a gdje i u kojoj mjeri moramo koristiti pomoćni sustav za dogrijavanje. Korištenjem solarnog sustava na

godišnjoj razini ostvari se 7148 kWh/godišnje energije. Pomoću te energije može se pokriti 70% godišnje potrebne energije za pripremu PTV-a kao i 42% godišnje potrebne energije za grijanje.



Slika 4.7. Rezultati simulacije za vakuumski kolektor VK25 za PTV i grijanje prostora [11]

Tokom ljetnih mjeseci manja je potreba za grijanjem prostora ili je uopće nema, stoga se zbog veće površine kolektora prikuplja veća količina energije čime se ostvaruje sto postotno ispunjenje potraživane količine energije jer se većina prikupljene energije koristi za pripremu PTV-a. Kao u prethodna dva slučaja i ovdje je simuliran slučaj kada za potrebe pripreme PTV-a i grijanje prostora koristimo pokretni vakuumski kolektor koji prati Sunce tokom godine. Rezultat te simulacije dan je na slici 4.8.



Slika 4.8. Rezultati simulacije za pokretni vakuumski kolektor VK25 [11]

Vrijednosti prikupljene količine energije dani su u tablici 4.7. gdje je napravljena usporedba sustava kada se koristi fiksni i pokretni vakuumski kolektor.

Tablica 4.7. Usporedba rezultata fiksnog i pokretnog vakuumskog kolektora VK25 u sustavu za pripremu PTV-a i grijanje prostora

Mjesec	Iznos energije za fiksni [kWh]	Iznos energije za pokretni [kWh]
Siječanj	369.6	431.2
Veljača	572	611
Ožujak	756	756
Travanj	836.6	836.6
Svibanj	697.5	705
Lipanj	620	620
Srpanj	660	660
Kolovoz	640	640
Rujan	652.8	652.8
Listopad	636.4	645
Studeni	471.5	529
Prosinac	235.2	279.3
Ukupno ≈	7148	7366

Pomoću pokretnog kolektora prikupili smo 3 % više energije tokom godine dana. Razlog niskim postotcima u sva tri slučaja je mali broj kolektora što ujedno daje malu površinu apsorbera, kratak period simulacije(godinu dana), jakost sunčevog zračenja iznad Hrvatske i dr.

5. ZAKLJUČAK

Sunčeva energija je, uz povoljan položaj i klimu, jedan od najvećih energetskih potencijala koji može zadovoljiti osobne potrebe za energijom, a uz razvoj tehnologije i sustava može postati jedan od najvećih izvora energije i proširiti svoju upotrebu na industriju. Solarni kolektori kao bitan kotačić u sunčanim toplovodnim sustavima predstavljaju najveći izazov u što učinkovitijem prikupljanju Sunčeve energije. Stalnim istraživanjima i unaprjeđivanjima postojećih kolektora, povećava se njihova učinkovitost, a smanjuju gubitci. Planiranje i oblikovanje sunčanih toplovodnih sustava ovisi o njihovoj primjeni u kućanstvu i šire, pa se tako energijom može opskrbiti od malih vikendica s niskom potrošnjom energije pa sve do obiteljske kuće ili stambene zgrade s više obitelji. Veći prohtjevi rezultiraju većim spremnicima energije kao i većom površinom kolektora. Simulacijom sustava na obiteljskoj kući, gdje su se prikazale dvije osnovne i najčešće korištene vrste kolektora, dokazana je tvrdnja o boljoj učinkovitosti vakuumskih kolektora zbog smanjenih toplinskih gubitaka koja ujedno povećava i učinkovitost cijelog sustava. Pločasti kolektori su imali veću ispitnu učinkovitost zbog toga što imaju veći korisnu površinu apsorbera i stoga prikupljaju više Sunčeve energije, ali se ona zbog povećanih toplinskih gubitaka ne može u potpunosti iskoristiti. Bitno je naglasiti kako je simulacija provedena pomoću određenih parametara opisanih u tablicama, a njen rezultat nije stvar realnih proračuna već okvirnih rezultata koji mogu biti smjernica prilikom projektiranja takvih sustava ili kupnje kolektora korištenih u simulaciji, a koji su vlasništvo tvrtke koja je napravila kalkulator.

LITERATURA

[1] D. Šljivac, Z. Šimić: Obnovljivi izvori energije, Ministarstvo rada, gospodarstva i poduzetništva, Zagreb, 2009.

[2] D. Dović: Sunčani toplovodni sustavi, Tehnička škola Ruđera Boškovića u Zagrebu, Srednja škola Oroslavje, dostupno na: http://www.ss-tehnicka-ri.skole.hr/dokumenti?dm_document_id=556&dm_dnl=1 [11.lipnja2019.]

[3] B. Labudović: Osnove primjene fotonaponskih sustava, Energetika marketing, Zagreb, 2011.

[4] Centrometal: Solarni sustavi, Centrometal, Macinec, dostupno na: https://www.centrometal.hr/public/downloads/katalozi/solarni-sustavi.pdf?fbclid=IwAR05_0nApyjE9M2p2589MC7-GliNFl4oH3A7wEwRk1yvxQ4Jwr3iLLm2owM [28.svibnja2019.]

[5] S.C.Bhatia: Advanced Renewable Energy Systems, Woodhead Publishing India,2014.

[6] G. Stryi-Hipp: Renewable Heating and Cooling, Woodhead Publishing, 2015.

[7] D.Dović: Energija sunčevog zračenja za grijanje i pripremu potrošne tople vode, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, Energetski institut Hrvoje Požar

[8] Specifikacije pločastog kolektora SKR500, dostupno na: https://www.sonnenkraft.com/files/sonnenkraft/downloadbereich/Produktdownloads/Kollektoren/SKR500/SKR500_DB_GB.pdf [11.srpnja2019.]

[9] Specifikacije vakuumskog kolektora VK25, dostupno na: http://slancemoe.com/prise_SONNENKRAFT_2012.pdf?fbclid=IwAR0OKUAPkDoPiVCYrwaCNP3Ypne1ozKUTl0TXFHS9fm497LmaaERExM88sk [11.srpnja2019.]

[10] Reference System, Austria, Solar Domestic Hot Water System for Single-Family House, dostupno na: http://task54.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/A04-Info-Sheet--Ref-SF-SDHW-System--Austria.pdf [15.srpnja2019.]

[11] Solarni kalkulator, dostupno na: https://www.sonnenkraft.com/en/solar-calculator.html [15.srpnja2019.]

SAŽETAK

Proces fototermičke pretvorbe omogućuje nam prikupljanje Sunčeve energije i njenu pretvorbu u toplinsku energiju pomoću solarnih kolektora i sunčanih toplovodnih sustava. Uspješnost te pretvorbe ovisi o brojnim čimbenicima kao što su kut kolektora, godišnja promjena ozračenosti prostora i dr. Razvojem kolektora kao najbolja vrsta pokazao se pločasti kolektor koji se postupno zamjenjuje vakuumskim kolektorom koji ima svoje prednosti nad pločastim u vidu smanjenih gubitaka, dok neki njegovi nedostaci omogućuju još uvijek široku primjenu pločastih kolektora. Učinkovitost rada kolektora kao i cjelokupnog sustava osim o njihovim karakteristikama ovisi i o učinkovitosti fototermičke pretvorbe. Sunčani toplovodni sustavi također imaju brojne vrste, a najčešće korištena je nisko-temperaturni sustav koji se koristi u kućanstvu za pripremu PTV-a , grijanje prostora ili grijanje bazena. Izvedbe takvih sustava su sa prisilnom ili prirodnom cirkulacijom. Ovisno o namjeni oni mogu biti jednostavni sa jednim spremnikom pa sve do kompleksnijih sustava koji sadrže više spremnika uz brojne ostale dijelove. Osim nabrojanih vrsta za svaki sustav je bitan način regulacije te sva popratna oprema. Nakon teorijskog uvoda, pomoću solarnog kalkulatora simuliran je jedan sustav na obiteljskoj kući sa različitim kolektorima i različitom upotrebom. Pomoću grafova i rezultata dan je okviran prikaz kako jedan takav sustav funkcionira i koliko on može udovoljiti potrebama korisnika koji se odluče na takav način prikupljanja i korištenja energije za osobne i životne potrebe.

Ključne riječi: Sunčeva energija, Sunce, fototermička pretvorba, toplinska energija, kolektor, pločasti, vakuumski, solarni sustav, PTV

ABSTRACT

The photothermal conversion process enables us to collect solar energy and convert it to thermal energy using solar collectors and solar heating systems. The success of this conversion depends on a number of factors such as the angle of the collector, the annual change in the irradiation of the space, etc. With the development of the collectors, flat-plate collector proved as the best version, but it is gradually being replaced by a vacuum collector, which has its advantages over the flat-plate collector in the form of reduced losses, while some of its disadvantages allow flat-plate collectors to still be widely used. The efficiency of the collector and the whole system depends on the efficiency of photothermal conversion. Solar thermal systems have many types. The most commonly used are low temperature system and they are being used for preparing DHW, for space heating or pool heating. The designs of such systems are with forced or natural circulation. Depending on the purpose, they can have a single container, or they can be complex systems that contain multiple containers along with numerous other components. A regulation system and all related equipment are important for each system. Following a theoretical introduction, a system was simulated on a single-family house with different collectors and different uses. Graphs and results give an outline of how that type of a system works and how much it can fulfill the needs of users that choose to collect and use energy by that way for their personal and life needs.

Key words: Sun energy, Sun, photothermal conversion, thermal energy, collector, flat-plate, vacuum, solar system, DHW

ŽIVOTOPIS

Mateo Uremović rođen je 27.9.1997. u Našicama gdje i živi. Pohađao je Osnovnu školu kralja Tomislava u Našicama. Tokom osnovnoškolskog obrazovanja postiže zapažene rezultate na županijskim natjecanjima iz predmeta Tehnička kultura i Informatika, uz redovna sudjelovanja na natjecanjima iz Hrvatskog jezika i županijskim natjecanjima iz Matematike. Nakon toga upisuje Srednju školu Isidora Kršnjavog u Našicama, smjer Opća gimnazija. Prilikom upisa fakulteta, student ostvaruje izravan upis na Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Odabire preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika uz opredjeljenje na 2. godini na smjer Elektroenergetika. Kao nagradu za trud i rad, student u akademskoj godini 2018./2019. dobiva pravo na STEM stipendiju financiranu od strane Europske unije. Uz hrvatski jezik, aktivno govori engleski jezik i pasivno njemački jezik. U slobodno vrijeme vozi motocikl.