

# Sinkronizacija sunčevih kolektora i dizalice topline zrak/voda u sustavu grijanja i hlađenja građevine

---

Detić, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:713175>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

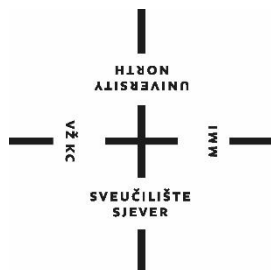


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



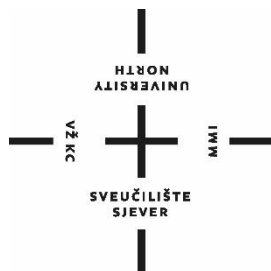
DIPLOMSKI RAD br. 008/STR/2020

**SINKRONIZACIJA SUNČEVIH  
KOLEKTORA I DIZALICE TOPLINE  
ZRAK/VODA U SUSTAVU GRIJANJA I  
HLAĐENJA GRAĐEVINE**

Matej Detić

Varaždin, rujan 2020.

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Strojarsstvo**



DIPLOMSKI RAD br. 008/STR/2020

**SINKRONIZACIJA SUNČEVIH**  
**KOLEKTORA I DIZALICE TOPLINE**  
**ZRAK/VODA U SUSTAVU GRIJANJA I**  
**HLAĐENJA GRAĐEVINE**

Student:  
Matej Detić, 0909/336D

Mentor:  
prof.dr.sc. Ante Čikić

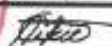
Varaždin, rujan 2020.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

|                             |                                                                                                                                                                            |              |                   |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
| ODJEL                       | Odjel za strojarstvo                                                                                                                                                       |              |                   |
| STUDIJ                      | diplomski sveučilišni studij Strojarstvo                                                                                                                                   |              |                   |
| PRISTUPNIK                  | Detić Matej                                                                                                                                                                | NATIČNI BROJ | 0909/336D         |
| DATUM                       | 15. srpnja 2020.                                                                                                                                                           | KOLEGIJ      | KGH sustavi       |
| NASLOV RADA                 | Sinkronizacija sunčevih kolektora i dizalice topline zrak/voda u sustavu grijanja i hlađenja građevine                                                                     |              |                   |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Synchronization of solar collectors and air / water heat pumps in the building heating and cooling system                                                                  |              |                   |
| MENTOR                      | prof.dr.sc. Ante Čikić                                                                                                                                                     | ZVANJE       | redoviti profesor |
| ČLANOVI POVJERENSTVA        | 1. prof.dr.sc. Živko Kondić - predsjednik povjerenstva<br>2. doc.dr.sc. Tomislav Veliki<br>3. doc.dr.sc. Zlatko Botak<br>4. prof.dr.sc. Milan Kljain - rezervni član<br>5. |              |                   |

## Zadatak diplomskog rada

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BROJ           | 008/STR/2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| OPIS           | <p>Stambena građevina locirana na području grada Varaždina u zimskom periodu se grije, a u ljetnom periodu se rashlađuje pomoću termotehničke instalacije s ventilokonvektorima. Temperaturni režim rada tople vode iznosi 55/45 C, a hladne vode 7/12 C. Grijanje odnosno hlađenje vode provodi se pomoću sunčevih pločastih kolektora i dizalice topline vanjski zrak/voda. Za grijanje građevine potrebna je maksimalna toplinska snaga 25 kW, a za hlađenje 18 kW. Cjelogodišnji režim rada i regulacija energetskog učinka provodi se sukladno podešenoj unutarnjoj temperaturi zraka i promjenjivim vanjskim mikroklimatskim uvjetima na lokaciji građevine. Potrebno je proračunati, optimalno dimenzionirati, odabrati i opisati sunčeve pločaste kolektore i dizalicu topline odgovarajućeg toplinskog/rashladnog učinka sukladno mikroklimatskim uvjetima i mogućnosti akumulacije toplinske energije. Za cjelogodišnje pokrivanje toplinskih gubitaka/dobitaka sinkronizirati rad sunčevih kolektora i dizalice topline s prioritetom korištenja sunčevih kolektora u svim intervalima grijanja i dozračenje sunčeve energije. Proračunati ekonomičnost termotehničkog sustava te učestalost rada pojedinih uređaja tijekom cjelogodišnjeg korištenja. Uz analitičke i pisane sadržaje, grafički (crteži - dispozicija prema odabranom primjeru, slike, tablice, dijagrami...) ilustrirati rezultate razmatranja i prikazati ih prepoznatljivo stručnoj praksi. Dati odgovarajuće analize, komentari i zaključak sa preporukama namjerno korištenja u cilju optimizacije termotehničkog sustava prema zadanim fizikalnim parametrima, tehničkim</p> |
| ZADATAK UPUĆEN | 15.09.2020.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| PODPIS MENTORA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



## **Predgovor**

*Na samome početku zahvalio bih se svim profesorima koji su bili dio moga fakultetskoga obrazovanja i svojim savjetima mi omogućili da budem što uspješniji student za vrijeme studiranja.*

*Veliko hvala mome mentoru prof.dr.sc. Ante Čikiću na svim stručnim savjetima tijekom pisanja ovoga diplomskog rada te mu hvala što me je zainteresirao i uveo u ovo područje strojarstva.*

*Također bih se zahvalio svojim roditeljima na neizmjernoj potpori i žrtvi kako bih završio ovaj studij. Zahvaljujem se sestrama Luciji i Andreji na savjetima i pomoći tijekom studiranja. Neizmjerно se zahvaljujem baki i djedu također na velikoj potpori za vrijeme studiranja.*

*Posebno bih se zahvalio mojoj zaručnici Anamariji koja je bila uz mene sve lijepe i teške dane ovoga fakultetskog obrazovanja te svojim riječima podrške, ljubavi i savjetima pomogla mi da postanem ono što danas jesam.*

*Na kraju bi se zahvalio Matiji na savjetima tijekom studiranja te svima kolegama, prijateljima i ljudima dobre volje koji su na bilo kakav način doprinijeli mome uspjehu!*

*Veliko hvala svima!*

## **Sažetak**

Glavni zadatak diplomskog rada je bio proračunati učestalosti uključivanja dizalice topline i solarnih kolektora u periodu grijanja odnosno hlađenja. Rad je podijeljen na dva dijela, prvi dio u kojem se obrađuje teorija te drugi praktičan dio. U prvom dijelu opisan je princip rada dizalica topline sa potkrijepljenim shemama, pojašnjeni su izvori energije i način rada te je napravljena tablica prednosti i nedostataka ovakvih sustava. Nakon toga razrađeno je poglavlje solarnih sustava sa sunčanim kolektorima, njihovim osnovnim elementima te principom rada. Praktičan dio počinje sa prikazom meteoroloških podataka za odabrano područje grada Varaždina. Na temelju prikupljenih podataka za razdoblje od 1991-2010 dani su projektni parametri. Iz ulaznih parametara odabire se eventualna dizalica topline te solarni kolektori. Da bi se ušlo u proračun definira se period grijanja i hlađenja a nakon čega se za taj period prikupljaju podaci o prosječnim satnim, dnevnim i mjesečnim temperaturama a isti postupak se radi za insolaciju određenog područja, zbog dostupnosti uzimaju se podaci za 2015/16 godinu. Podaci o prosječnim temperaturama i insolaciji klasificiraju se u periode po 10 podjela za određenim mjesec, nakon čega se ulazi u proračun te se donose zaključci o sinkronizaciji dizalice topline i solarnih kolektora na temelju postignutih rezultata.

***Ključne riječi:*** grijanje, hlađenje, dizalica topline, solarni sustavi, temperatura medija, insolacija, sinkronizacija sustava.

## ***Summary***

The main task of the graduation thesis was to calculate the frequency of switching the heat pump and solar collectors in the heating period and cooling period. The graduation thesis is divided into two parts, in the first part which deals with the theory and the second is practical part. The first part describes the principle of heat pumps with supported schemes, explains energy sources and mode of operation and makes a table of advantages and disadvantages of such systems. After that, the chapter of solar systems with solar collectors, show us their basic elements and the principle of work. The practical part begins with the presentation of meteorological data for the selected area the city of Varaždin. The project parameters are given based on the collected data for the period since 1991 to 2010. The eventual heat pump and solar collectors are selected based on the input parameters. In order to enter the budget, the heating and cooling period is defined, after which data on average hourly, daily and monthly temperatures are collected for that period, and the same procedure is done for insolation of a certain area, due to availability, data for 2015/16 are taken. Data on average temperatures and insulations are classified in a period of 10 divisions for a given month. With this data, certain parameters are calculated and conclusions are made on the synchronization of heat pumps and solar collectors based on the achieved results.

***Key words:*** heating, cooling, heat pump, solar sistem, temperature mediom, insolation, synchronization systems.

## ***Popis korištenih kratica***

|     |                      |
|-----|----------------------|
| DT  | Dizalica topline     |
| PTV | Potrošna topla voda  |
| TP  | Toplinske pumpe      |
| IR  | Infracrveno zračenje |
| SS  | Solarni sustav       |
| NN  | Narodne novine       |
| HRN | Hrvatska norma       |
| EN  | Europska norma       |

## ***Popis oznaka***

| <b>Oznaka</b>      | <b>Jedinica</b>           | <b>Opis</b>                                                                                                              |
|--------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\lambda$          | [ $\mu\text{m}$ ]         | valna duljina                                                                                                            |
| $T$                | [K]                       | temperatura                                                                                                              |
| $Q$                | [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] | protok                                                                                                                   |
| $\theta_{mm}$      | [ $^{\circ}\text{C}$ ]    | srednja dnevna temperatura zraka, srednjak po mjesecima                                                                  |
| $\theta_{msd}$     | [ $^{\circ}\text{C}$ ]    | standardna devijacija srednje dnevne temperature zraka, po mjesecima                                                     |
| $\theta_{\min mm}$ | [ $^{\circ}\text{C}$ ]    | dnevna temperatura zraka, minimum po mjesecima                                                                           |
| $\theta_{\max mm}$ | [ $^{\circ}\text{C}$ ]    | dnevna temperatura zraka, maksimum po mjesecima                                                                          |
| $\theta_{SWmm}$    | [ $^{\circ}\text{C}$ ]    | dnevna amplituda temperature zraka, srednjak po mjesecima                                                                |
| $R_{mm}$           | [mm]                      | dnevna količina oborine, srednjak po mjesecima                                                                           |
| $\varphi_{mm}$     | [%]                       | srednja relativna vlažnost, po mjesecima                                                                                 |
| $\theta_{2d}^*$    | [ $^{\circ}\text{C}$ ]    | vanjska projektna temperatura zraka (grijanje) iz 2- dnevne srednje dnevne temperature zraka, 1-godišnji povratni period |

|                        |      |                                                                                                                         |
|------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\theta_{2d}^{**}$     | [°C] | vanjska projektna temperatura zraka (grijanje) iz 2-dnevne srednje dnevne temperature zraka, 2-godišnji povratni period |
| $\theta_{0,4\%}^*$     | [°C] | vanjska projektna temperatura zraka (hlađenje) iz srednje dnevne temperature zraka                                      |
| $\theta_w^*$           | [°C] | pripadajuća temperatura vlažnog termometra                                                                              |
| $\theta_d^*$           | [°C] | pripadajuća temperatura rosišta                                                                                         |
| $\varphi_{p0.4}^*$     | [°C] | vanjska projektna relativna vlažnost, ljeto, premašena u 0,4% slučajeva                                                 |
| $\varphi_{p99.6}^*$    | [°C] | vanjska projektna relativna vlažnost, zima, premašena u 99,6% slučajeva                                                 |
| $N$                    |      | broj godina podataka                                                                                                    |
| $\theta_{\min ym}$     | [°C] | temperatura za projektiranje grijanja                                                                                   |
| $\theta_{\max ym}$     | [°C] | temperatura za projektiranje hlađenja                                                                                   |
| $\theta_w^*$           | [°C] | pripadajuća temperatura vlažnog termometra za projektiranje hlađenja                                                    |
| $\theta_d^*$           | [°C] | pripadajuća temperatura rosišta za projektiranje hlađenja                                                               |
| $\theta_{SWym}$        | [°C] | pripadajuća dnevna amplituda zraka za projektiranje hlađenja                                                            |
| $\vartheta_{vZ}$       | [°C] | vanjska projektna temperatura grijanja                                                                                  |
| $\vartheta_{pZ}$       | [°C] | unutarnja projektna temperatura grijanja                                                                                |
| $\vartheta_{vLJ}$      | [°C] | vanjska projektna temperatura hlađenja                                                                                  |
| $\vartheta_{PLJ}$      | [°C] | unutarnja projektna temperatura hlađenja                                                                                |
| $\vartheta_{wp}$       | [°C] | temperatura vode grijanja, polaz                                                                                        |
| $\vartheta_{wpov}$     | [°C] | temperatura vode grijanja, povrat                                                                                       |
| $\vartheta_{wHp}$      | [°C] | temperatura vode hlađenja, polaz                                                                                        |
| $\vartheta_{wHpov}$    | [°C] | temperatura vode hlađenja, povrat                                                                                       |
| $t_{gr}$               | dan  | vrijeme grijanja                                                                                                        |
| $t_{hl}$               | dan  | vrijeme hlađenja                                                                                                        |
| $Q_{Gmax}$             | [kW] | maksimalna potrebna toplinska snaga                                                                                     |
| $Q_{HLmax}$            | [kW] | maksimalna potrebna rashladna snaga                                                                                     |
| $\vartheta_m$          | [°C] | srednja temperatura ogrjevnog medija                                                                                    |
| $\Delta\vartheta_{wn}$ | [°C] | temperatura hladne vode                                                                                                 |

|                    |          |                                                                             |
|--------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $\vartheta_p$      | [°C]     | unutarnja projektna temperatura grijanja                                    |
| $\vartheta_{vx}$   | [°C]     | prosječna srednja temperatura izračunata za period grijanja na dnevnoj bazi |
| $\vartheta_{vz}$   | [°C]     | vanjska projektna temperatura grijanja                                      |
| $c_{pw}$           | [kJ/kgK] | specifični toplinski kapacitet vode                                         |
| $m_w$              | [kg]     | masa vode                                                                   |
| $\vartheta_{wp}$   | [°C]     | temperatura polaznog voda                                                   |
| $\vartheta_{wpov}$ | [°C]     | temperatura povratnog voda                                                  |
| $Q_{uk}$           | [kWh]    | ukupna potrebna toplinska energija za grijanje                              |
| $Q_{DT}$           | [kWh]    | toplinska energija osigurana dizalicom topline                              |
| $Q_{INS}$          | [kWh]    | toplinska energija osigurana insolacijom                                    |

# Sadržaj

|                                                                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Uvod .....</b>                                                                                                                 | <b>1</b>  |
| <b>2. Dizalice topline .....</b>                                                                                                     | <b>2</b>  |
| 2.1 Izvor energije dizalice topline.....                                                                                             | 3         |
| 2.1.1 Tlo.....                                                                                                                       | 3         |
| 2.1.2 Voda.....                                                                                                                      | 5         |
| 2.1.3 Zrak.....                                                                                                                      | 6         |
| 2.2 Prednosti i nedostaci .....                                                                                                      | 9         |
| <b>3. Sunčevi kolektori .....</b>                                                                                                    | <b>10</b> |
| 3.1 Princip rada sustava sa sunčevim kolektorima .....                                                                               | 11        |
| 3.2 Elementi sustava sa sunčevim kolektorima .....                                                                                   | 13        |
| 3.2.1 Sunčevi kolektori .....                                                                                                        | 13        |
| 3.2.2 Bivalentni spremnik topline .....                                                                                              | 15        |
| 3.2.3 Solarni regulator .....                                                                                                        | 16        |
| 3.2.4 Ekspanzijska posuda .....                                                                                                      | 16        |
| 3.2.5 Solarni medij.....                                                                                                             | 16        |
| 3.2.6 Ostalo .....                                                                                                                   | 16        |
| <b>4. Praktični dio .....</b>                                                                                                        | <b>17</b> |
| 4.1. Meteorološki podaci.....                                                                                                        | 17        |
| 4.2. Odabir dizalice topline .....                                                                                                   | 21        |
| 4.3. Odabir sunčevih kolektora .....                                                                                                 | 23        |
| <b>5. Proračun ekonomičnosti termo-tehničkog sustava i učestalost rada pojedinih uređaja tijekom cjelogodišnjeg korištenja .....</b> | <b>24</b> |
| 5.1. Definiranje sezone grijanja/ hlađenja za potrebe proračuna .....                                                                | 25        |
| 5.2. Izračun prosječnih temperatura na trodnevnoj bazi za period grijanja i period hlađenja.....                                     | 27        |
| 5.2.1 Srednja vrijednost vanjske temperature na području grada Varaždina za period grijanja .....                                    | 27        |
| 5.2.2 Srednja vrijednost vanjske temperature na području grada Varaždina za period hlađenja.....                                     | 34        |
| 5.3. Izračun prosječne vrijednosti insolacije na trodnevnoj bazi za period grijanja i hlađenja.....                                  | 38        |
| 5.4. Proračun temperature polaznog i povratnog voda ogrjevnog/rashladnog medija.....                                                 | 46        |
| 5.4.1 Proračun temperature polaznog i povratnog voda ogrjevnog medija za promjenjive uvjete .....                                    | 46        |

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.4.2 Proračun temperature polaznog i povratnog voda rashladnog medija za promjenjive uvjete ..... | 50        |
| 5.5. Ekonomičnost prema učestalosti rada pojedinog sustava .....                                   | 54        |
| <b>6. Zaključak .....</b>                                                                          | <b>58</b> |
| <b>7. Literatura.....</b>                                                                          | <b>60</b> |
| <b>Popis slika.....</b>                                                                            | <b>62</b> |
| <b>Popis tablica.....</b>                                                                          | <b>62</b> |
| <b>Popis grafikona .....</b>                                                                       | <b>64</b> |

# 1. Uvod

Godinama unatrag konvencionalni izvori energije, fosilna goriva ostavila su veliki negativan trag na ozonski omotač. Pojavljuju se razne utjecajne promjene na ekosustav kao kisele kiše, promjene klimatskih uvjeta i sl. Da bi se nastale promjene spriječile ističu se obnovljivi izvori energije koji su sve popularniji u današnje vrijeme. Obnovljivi izvori energije koji su praktički neiscrpni, dostupni su svuda i gotovo uvijek u većoj ili manjoj količini na našem planetu. Obnovljivi izvori se stalno ili određenim postupcima obnavljaju te ih je praktički nemoguće iscrpiti.

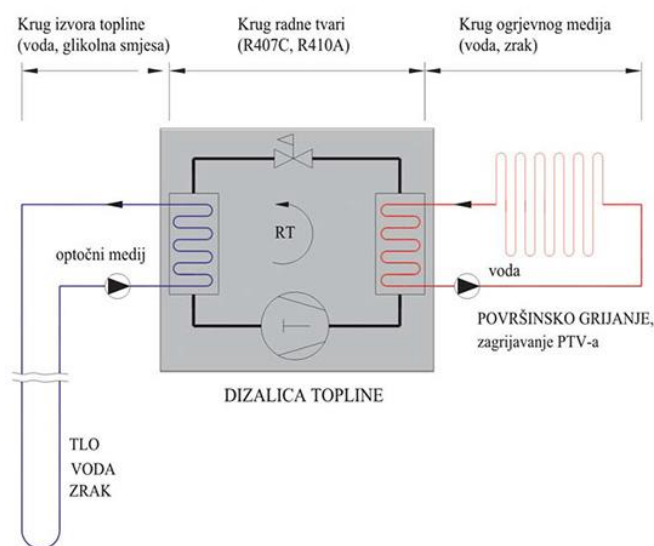
Obnovljive izvore energije prema načinu proizvodnje energije ili izvoru dobivanja dijelimo na energiju vjetra, sunca i vode (morske mijene, hidroenergija, hidrotermalna voda). Tu također spadaju energija dobivena iz biomase, drva te biljne kulture. Za razmatranje kod ovog diplomskog rada posebno je bitna energija dobivena iz sunca te energija dobivena dizalicama topline. Energija dobivena iz sunca može se koristiti preko solarnih panela za proizvodnju električne energije ili preko sunčevih kolektora za dobivanje toplinske energije u svrhu grijanja stambenog objekta ili PTV. Na tržištu su dva osnovna tipa sunčanih kolektora, pločasti i cijevni vakuumski kolektori. Princip rada sunčanih kolektora relativno je jednostavan, koji se može slikovito prikazati kao grijanje vode u vrtnom crijevu izloženom suncu samo u jednom proračunatom složenijem sustavu. Dizalice topline su vrlo korisni tehnički sustavi koji koriste geotermalnu energiju zemlje, podzemnih voda ili zraka za grijanje, hlađenje ili pripremu potrošne tople vode. Kod dizalica topline postoje sustavi tlo/voda, voda/voda i zrak/voda. Prvi element prikazuje medij iz kojeg se crpi energija a drugi element na kojeg se prenosi energija u krugu grijanja, hlađenja i pripreme PTV u stambenim objektima. Za razmatranje kod ovog diplomskog rada posebno je bitna dizalica topline koja koristi toplinsku energiju iz zraka te ju prenosi pomoću termo-tehničkih elemenata na vodu.

Grijanje i hlađenje stambenog prostora je nešto što je za čovjeka nužno i potrebno gotovo cijeli period kroz godinu. Vrlo je bitno kod grijanja i hlađenja obratiti pozornost na osjećaj ugone koji je jasno unaprijed definiran. Prema tome bitno je podesiti sustave grijanja i hlađenja da su regulirani prema definiranim parametrima. Sunčevi pločasti kolektori tijekom zimskih mjeseci ne mogu zbog nedostatka sunčeva zračenja osigurati potrebnu toplinsku energiju te ih je upravo zbog toga potrebno kombinirati s nekim drugim sustavom grijanja i hlađenja u ovom slučaju dizalica topline zrak/voda. Oni u kombinaciji međusobno nadopunjuju jedno drugo te se na taj način jeftino i adekvatno stambeni prostor grije zimi i hladi u ljetnim mjesecima.

## 2. Dizalice topline

Dizalice topline poznate pod nazivom i toplinske pumpe u suštini su termo-tehnički uređaji koji koriste besplatnu pohranjenu energiju iz vode, tla ili zraka, sustava niže temperature razine, da bi prenijeli toplinsku energiju u sustav više temperature razine, kao na primjer centralno grijanje. Da bi se lakše predočio rad dizalice topline, može se napraviti usporedba sa hladnjakom. Hladnjak radi na principu prijenosa topline iz unutrašnjosti prema van dok dizalica topline posjeduje vanjsku jedinicu koja podiže temperaturu okolnog zraka za onoliki temperaturni raspon koji je potreban za pripremu potrošne tople vode ili za grijanje stambenog prostora („Što su dizalice topline i kako rade“, 2020).

Da bi sustav s dizalicom topline funkcionirao potrebno je omogućiti povezanost tri osnovna kruga unutar samog sustava. Prvi krug čini prikupljanje topline iz okoliša tla, vode ili zraka, drugi krug sadržava sustav za podizanje temperature odnosno krug radne tvari te treći krug korištenje topline u stambenom prostoru ili krug ogrjevnog medija. Prema vrsti odvijanja procesa dizalice topline koriste ljevokretni kružni proces kod kojeg je radna tvar posrednik u prijenosu topline između niskotemperaturnog spremnika i visokotemperaturnog spremnika. „Dizalica topline posreduje u prijenosu topline između dva toplinska spremnika: niskotemperaturnog, kojem se toplina odvodi, te visokotemperaturnog, kojem se ta toplina dovodi, uvećana za snagu kompresora.“ (Soldo, Ruševljan, 2011). Dizalica topline ugradnjom četveroputnog ventila u krugu radne tvari može raditi u režimu hlađenja i grijanja. Toplina iz hladnog prostora odvodi se na isparivaču dizalice topline a ponor topline postaje okolišni zrak, podzemne vode ili tlo.



Slika 1. Dizalica topline (Shematski prikaz dizalice topline u krugu grijanja, bez dat.)

## 2.1 Izvor energije dizalice topline

Jedan od glavnih razloga zašto se dizalice topline svrstavaju pod obnovljive izvore energije je taj što koriste energiju sadržanu u okolišu a koja je regenerirajuća. Energija iz okoliša poput one iz vode, zraka ili tla smatra se čistom, neiscrpnom ekološki prihvatljivom i uvijek dostupnom. Velike su prednosti koje ovi izvori energije pružaju kod grijanja i hlađenja ovakvim sustavima.

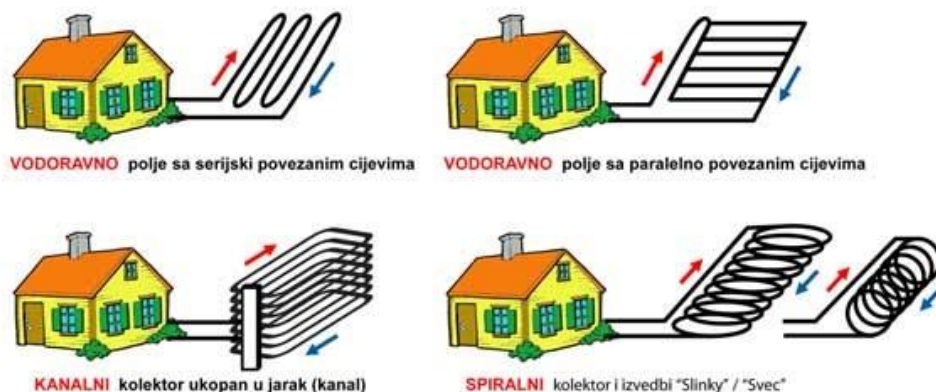
Kao što je spomenuto dizalice topline koriste energiju iz tri osnovna izvora a to su tlo, voda i zrak.

### 2.1.1 Tlo

Tlo je za dizalicu topline najsigurniji izvor topline ima konstantnu temperaturu koja se kreće od rasponu od 8°C do 12°C prema tome zimi je tlo puno toplije od vanjskoga zraka te se s uspjehom koristi za zagrijavanje stambenog prostora. Sustav dizalice topline koji upotrebljava ovakav način izvora energije, dijeli se prema principu uzimanja topline iz tla a to su: dubinskom sondom i putem podzemnog kolektora („Što su dizalice topline i kako rade“, 2020).

Podzemni kolektori tj. plastične cijevi od polietilena (PE) polažu se na dubini 1,2 do 1,5 m te imaju dobra toplinska i fizikalna svojstva. Zbog opasnosti od prevelikog pada tlaka cijevi treba razvoditi po sekcijama te treba osobitu pozornost obratiti da zasebna sekcija ne smije biti duža od 100 m, također je vrlo bitno da sve sekcije budu približno jednake da kako bi se postigao isti pad tlaka na svim sekcijama a time i podjednaki protočni uvjeti (Martinić, 2010). Prema izvoru (EKO – PLUS (bez dat.) postoje 4 različite izvedbe kolektorskih polja, a to su vodoravno polje sa serijski povezanim cijevima, vodoravno sa paralelno povezanim cijevima, kanalni kolektor ukopan u jarak te spiralni kolektor u izvedbi „Slinky“. Svi tipovi podzemnih kolektora prikazani su na slici 2.

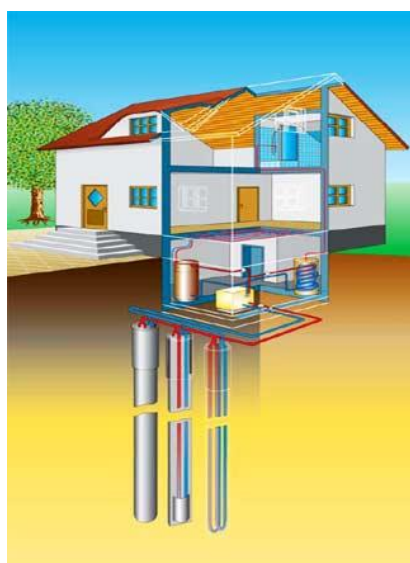
Načini izvođenja **ZEMLJANIH** kolektorskih polja:



Slika 2. Izvedbe podzemnih kolektora (Toplinske pumpe, bez dat.)

Kod dimenzioniranja potrebno je obratiti pozornost na sastav tla, raspoloživost tla, način rada sustava s dizalicom topline, raspoloživu površinu zemlje, način polaganja kolektora, duljinu i dimenziju cijevi (Soldo, Ruševljan, 2011). Kod ovakvog sustava cijevima protječe ili voda ili plin ovisno o izvedbi.

Dubinska sonda u sustavima sa dizalicom topline postavlja se u obliku U-cijevi te kroz nju najčešće struji voda. Dubinska sonda rješava nedostatak podzemnih kolektora koje je nemoguće ugraditi ako nije pogodna površina za ugradnju ili je loši sastav tla. Sonde najbolje omogućuju da ne dolazi do odstupanja temperature tj. da je ona konstantna jer na njih nema utjecaja klimatskih promjena. Klimatske promjene ne utječu na temperaturu jer su sonde ukopane na dubine između 100 i 200 metara.



Slika 3. Dubinska sonda (Toplinske pumpe, bez dat.)

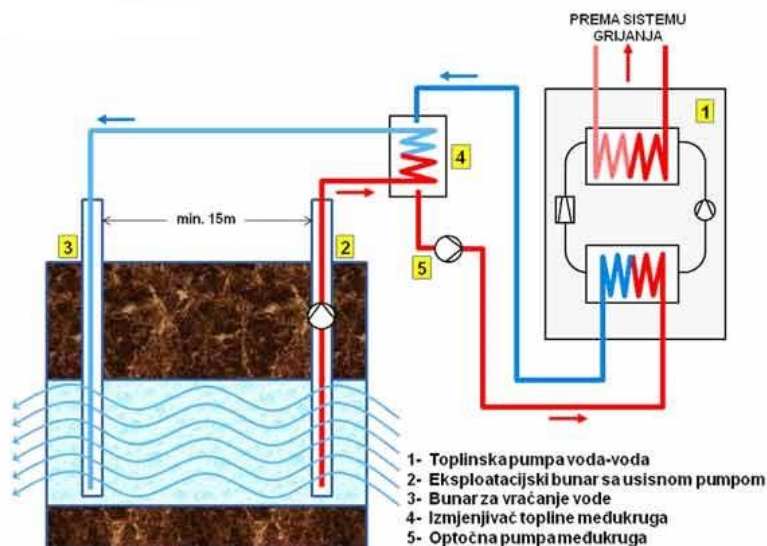
Kod postupka postavljanja sonde, probna bušotina se analizira na način da geolog ispituje na svakom metru dubine kakav je sastav uzorka zemlje. Ovo ispitivanje sastava zemlje služi kako bi se stvorio dijagram specifičnog učinka zemlje kroz cijelu duljinu bušotine te bi se prema njemu odredila iskoristivost TP (toplinske pumpe). Kada je bušenje rupe završeno na odgovarajuću dubinu u nju se stavljaju sonde koje su prethodno predmontirane te se šupljine između sonde i izbušene rupe ispunjavaju posebnim punilom od cementa i betonita (EKO – PLUS, bez dat.).

### **2.1.2 Voda**

Kada dizalice topline koriste vodu kao izvor energije za rad sustava, ona može iz različiti izvora kao što su: rijeke, toplina jezera, mora, podzemnih voda ili čak i otpadna voda iz različitih industrija pogodnih za korištenje kod ovakvih postrojenja. Velika prednost vode kao izvora topline je taj što npr. podzemna voda i u zimskim mjesecima kada je temperatura zraka relativno niska zadržava konstantnu temperaturu između 7 – 12 °C. Također temperatura u rijekama i jezerima na dnu nikad gotovo ne pada ispod 4°C, dok temperatura mora varira kroz godinu između 11°C i 24°C. Ovi podaci o temperaturama različitih izvora voda utječu na COP koeficijent (coefficient of performance= faktor grijanja ili toplinski množitelj) koji opisuje omjer promjene topline prema uloženom radu i relativno je konstantan tijekom cijele godine („EKO – PLUS“, bez dat.).

Kod ovakvih termo-tehničkih rješenja na razmaku od najmanje 15 metara koriste se dvije bušotine kao primarni izvor energije, gdje se iz jedne bušotine voda crpi na temperaturi oko 10 °C dok druga bušotina ili cijev služi za vođenje „otpadne“ vode natrag prema izvoru.

„Najmanji protok Q vode treba iznositi 2 m<sup>3</sup>/h što se može postići već na 5 m dubine, što ovisi o hidrogeološkim značajkama. Podzemna voda uzima se u eksploatacijskom bunaru i transportira do isparivača TP voda-voda, slika 4. Nakon toga se ohlađena voda odvodi u bunar za vraćanje vode. Proizvođači TP preporučuju uporabu izmjenjivača topline među-kruga jer su visokoučinkoviti pločasti izmjenjivači topline unutar TP osjetljivi na promjenjivu kvalitetu vode (pijesak, nečistoće, kamenac i sl.). Prijenos topline između izmjenjivača među-kruga i toplinske pumpe odvija se putem rasoline.“ („EKO – PLUS“, bez dat.).



Slika 4. Toplinska pumpa voda – voda (Toplinske pumpe, bez dat.)

### 2.1.3 Zrak

Osim izvora energije iz tla i vode dizalice topline crpe i toplinsku energiju iz zraka. Zrak je najpovoljniji energent pošto je svuda oko nas a u odnosu na vodu i tlo nema dubinskog bušenja za polaganje sonde a niti je potrebno bušenje bunara. Ovaj princip dizalice topline će se detaljnije razmotriti u ovome poglavlju pošto će kasnije u praktičnom dijelu biti korišten upravo ovaj tip dizalice topline.

Ova vrsta dizalice topline koristi besplatnu energiju pohranjenu u zraku. Princip rada objašnjen je u nastavku na primjeru dizalice topline zrak/voda. U okolnome zraku uvijek je pohranjena toplinska energija, međutim u zimskim mjesecima zrak je hladniji nego u ljetnim mjesecima. Da bi se moglo koristiti energiju pohranjenu u zraku za grijanje potrebno je podići temperaturu zraka. Princip je relativno jednostavan, dakle dizalica topline prikuplja toplinu iz zraka i tako je koristi za grijanje. Sustav dizalice topline čine tri kruga, prvi krug omogućuje prikupljanje topline iz okoliša, drugi krug, podiže temperaturu dok treći krug se sastoji od korištenja topline u kući.

Kod prvog kruga dizalice topline, toplina zraka se dovodi do sustava cijevi u kojima se nalazi tekućina zaštićena od smrzavanja. Tekućina zaštićena od smrzavanja uvijek je na nižoj temperaturi od temperature zraka okoliša. Zbog toga tekućina može preuzeti toplinu iz zraka čak i na temperaturama okolnog zraka koje prelaze u minus. Dobivena toplinska energija prenosi se u drugi krug sustava dizalice topline.

Drugi krug je krug podizanja temperature. U drugom krugu cirkulira rashladni medij, koji ima tendenciju isparavanja već pri vrlo niskim temperaturama. Rashladni medij preuzima

toplinu zagrijava se i isprava. Time nastaje para koju preuzima kompresor te je tlači, temperatura pare sada ponovo raste te je para vrlo vruća do te mjere da se može iskoristiti toplina. Nakon toga rashladni medij prenosi toplinu u krug grijanja. Kada rashladni medij prenese svoju toplinu on se pri tom procesu hladi te ponovo postaje tekući. Rashladni medij je pod visokim tlakom te je na previsokoj temperaturi da bi ponovo preuzeo toplinu iz okoliša. U ovom koraku ulogu posao preuzima termo-ekspanzijski ventil koji naglo smanjuje tlak pa temperatura rashladnog medija naglo pada. Ovaj postupak može se usporediti kod boce pod tlakom punjenom sa bojom ukoliko se ona dugo koristi bočica će se značajno ohladiti. Rashladni medij ponovo postiže temperaturu nižu od okolišne i cijeli krug se ponavlja.

Treći krug, dobivenom toplinskom energijom moguće je grijati, pripremati PTV za kupanje i tuširanje.

Zrak koji koriste toplinske pumpe kao izvor topline dijeli se na dvije skupine a to su: **vanjski zrak** i **otpadni zrak**. Prvo će biti opisane dizalice topline koje koriste vanjski zrak, prema izvoru („EKO – PLUS“, bez dat.).

- Dizalice topline koristeći VANJSKI ZRAK: vanjski zrak je uvijek dostupan, on je praktički neiscrpan i posve besplatan izvor topline, on se usisava kroz kanal nakon čega predaje svoju toplinu na isparivaču, ohladi se i predaje okolišu. U slučajevima kada vanjska temperatura zraka prelazi  $-20^{\circ}\text{C}$  suvremene dizalice topline mogu proizvesti toplinu grijanja ali je potrebno električnim grijačima predgrijati zrak pa treba imati na umu da s padom temperature vanjskog zraka značajno opada iskoristivost TP (Martinić, 2010). Kod ovakvih sustava potrebno je uzeti u obzir da cirkuliraju velike količine zraka od 3000 do 4000  $\text{m}^3/\text{h}$  što izaziva stvaranje buke u području vanjske jedinice TP.
- Dizalice topline koristeći OTPADNI ZRAK : najviše se upotrebljavaju kod pasivnih kuća gdje nema velike potrebe za toplinom, dizalice topline koriste se u kombinaciji sa sustavom koji ima kontroliranu ventilaciju stambenih prostora. TP koristiti otpadni zrak iz stambenog prostora koji se može iskoristiti za regeneraciju topline ventilacije te koristiti kod PTV ili dogrijavanja svježeg zraka

Kod dizalica topline osim što griju stambeni prostor mogu ga i rashlađivati. Kada se govori o rashlađivanju stambenog prostora tu postoje dvije vrste koje se dijele na pasivno i aktivno hlađenje. Na temelju preporuke struke preporučljivo je pasivno hlađenje koristiti kod površinskih sustava distribuiranja rashladne energije kao što su zidovi, podovi i stropovi dok aktivno hlađenje omogućuje primjenu ventilokonvektorskih jedinica. Aktivan i pasivan sustav

rade na principu odvođenja topline iz unutrašnjeg prostora u okoliš. U nastavku je pojašnjen princip pasivnog i aktivnog hlađenja.

Pasivno hlađenje se izvodi ako temperatura stambene prostorije u ljetnim mjesecima prelazi temperaturu izvora energije pa dizalica topline može raditi na principu prirodnog hlađenja. Fraza pasivno hlađenje potječe zbog toga što se hlađenje odvija bez rada kompresora, kroz površinskih sustava distribuiranja rashladne energije kao što su zidovi, podovi i stropovi provodi se medij voda koji je na sebe preuzeo rashladnu energiju zemlje i čija je temperatura znatno niža od temperature zraka u prostoriji.

Kod aktivnog hlađenja niže su temperature nosioca rashladne energije tj. vode, što se manifestira radom kompresora. Kod aktivnog hlađenja uz mogućnost primjene površinskih sustava distribucije rashladne energije koristi se i ventilokonvektorsko hlađenje (Dizalice topline, 2020).

Zbog principa rada pasivno hlađenje štedi potrošnju električne energije potrebnu za rad kompresora te se samo koristi električna energija za rad cirkulacijske crpke. Unatoč malo potrošnji električne energije pasivno hlađenje ima veliki nedostatak jer se krajem ljeta u zemlji pohrani velika količina topline uslijed čega učinkovitost pasivnih sustava naglo pada. Zbog toga aktivno hlađenje je puno učinkovitije.

## 2.2 Prednosti i nedostaci

Kao i svaki tehnički sustav i dizalice topline imaju svoje prednosti osim što koriste neiscrpnu energiju iz zemlje, podzemnih voda ili zraka tako imaju i nedostatke u vidu korištenja a sve je preglednije prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Prednosti i nedostaci dizalice topline

| PREDNOSTI                                                                                          | NEDOSTACI                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Neovisnost o energentima, korištenje prirodnih neiscrpnih izvora energije(zrak, voda, tlo)         | Veća početna ulaganja u odnosu na druge sustave                                                             |
| Nema štetnih emisija za vrijeme rada sustava                                                       | Varijacije okolišne temperature zraka                                                                       |
| Učinkovitost 75% energije dolazi iz okoliša, samo 25 posto treba dodati u obliku električne struje | Primjena na zgradama sa dobrom toplinskom izolacijom                                                        |
| Mogućnost hlađenja tijekom ljetnih mjeseci                                                         |                                                                                                             |
| Jednostavna tehnologija                                                                            |                                                                                                             |
| Niski troškovi održavanja                                                                          |                                                                                                             |
| Dugi vijek trajanja                                                                                | Potreban niskotemperaturni režim grijanja, potrebne preinake u slučaju prelaska s visokotemperaturno režima |

Izvor: Vlastiti

### 3. Sunčevi kolektori

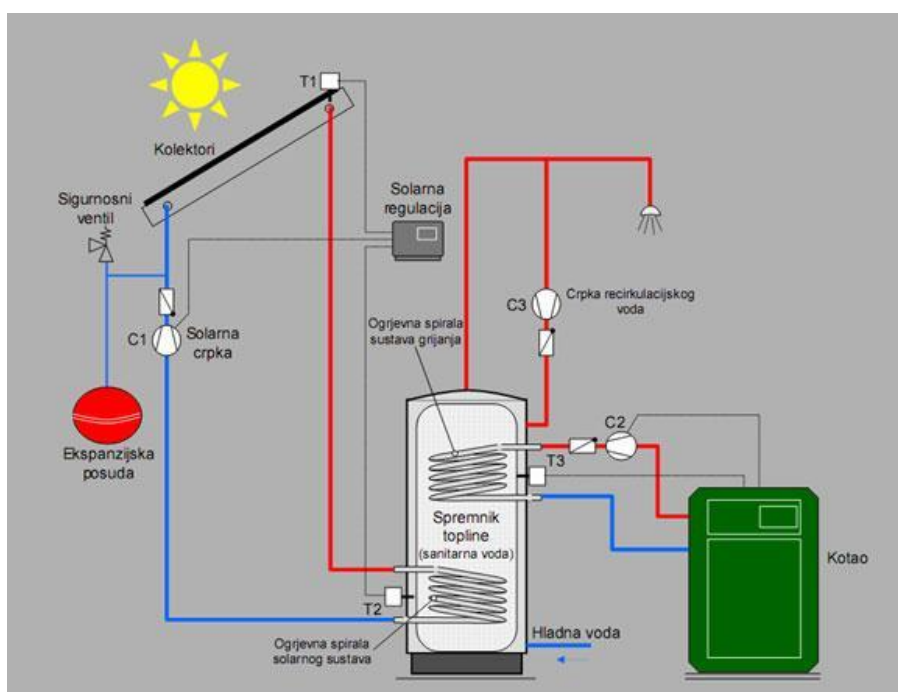
Solarna energija dostupna je na zemlji od pamtivijeka a potencijal koji ima tek se u velikoj mjeri za grijanje i proizvodnju električne energije iskorištava u posljednjih 15-ak godina. S godinama tehnologija u području solarne energije sve više napreduje s ciljem kako bih se iskoristio maksimalni moguć potencijal takve energije. Za iskorištenje solarne energije upotrebljavaju se solarni kolektori koji se prema izvoru (Solarni kolektori, 2020) dijele na fotonaponske i toplinske. Važno je ne pomiješati ova dva pojma jer fotonaponski kolektori služe za proizvodnju električne energije dok toplinski služe za grijanje i pripremu PTV.

Sunčevi kolektori najviše se koriste u svrhu pripreme potrošne tople vode, za dogrijavanje ogrjevnice vode sustava grijanja, kod zagrijavanja bazena te klimatizaciju prostora (apsorpcijsko hlađenje). Sunčevi kolektori se sastoje od šest **osnovnih elemenata** od koji je najvažniji solarni kolektor te bivalentni spremnik topline koji iznose čak 60% investicije. Od ostalih dijelova ovoga sustava za normalno funkcioniranje veliku ulogu imaju solarna regulacija, ekspanzijska posuda, solarni medij i ostalo. U nastavku poglavlja bi će opisani i pojašnjeni svi nabrojani dijelovi sustava.

Sunčevo zračenje na zemlju dolazi u području valnih duljina od 0,3  $\mu\text{m}$  pa do 2,5  $\mu\text{m}$  a maksimalni intenzitet postiže u vidljivom području  $\lambda = 0,48 \mu\text{m}$ . Kada sunčevo zračenje dolazi na zemlju predmeti to zračenje apsorbiraju i emitiraju ga u infracrvenom području s valnim duljinama od 2  $\mu\text{m}$  do 30  $\mu\text{m}$ . Kako se spektar sunca i spektar kolektora preklapa u vrlo uskom području valnih duljina dolazi do dobivanja selektivnih apsorbera. Svojstva apsorbera jako utječu na učinkovitost kolektora. Najbolji slučaj bio bih kada bi selektivni apsorber u potpunosti apsorbirao sunčevo zračenje a minimalno emitirao toplinsko zračenje tj. infracrveno (IR). Velika većina metala korištena za apsorbere je slabe spektralne selektivnosti. Prevlačenjem tankih filmova različitih vrsta i debljina ili poluvodičkih slojeva na površinu metala, može se povećati apsorpcijski faktor u području sunčeva spektra a smanjiti faktor emisije u infracrvenom spektru područja. Najbolje za postizanje selektivnog sloja je koristiti sloj crnog kroma ili crnog nikla. Danas se kod izrade pločastih kolektora koristi viskoapsorpcijski TINOX sloj koji upija gotovo 95% sunčeva zračenja. Vrlo je bitno napomenuti da vrsta apsorbera ima veliki značaj kod korisnosti sunčevih kolektora (Dujak, 2012).

### 3.1 Princip rada sustava sa sunčevim kolektorima

Da bi se lakše pojasnio princip rada solarnog sustava (SS), može ga se usporediti sa tamnim vrtnim crijevom koje se podvrgava sunčevom zračenju. Kada je vrtno crijevo izloženo sunčevom zračenju ono apsorbira sunčevu svjetlost i zagrijava vodu koja se nalazi unutar samog crijeva. Vrlo je sličan i princip rada SS koji se može pojasniti kroz četiri koraka prema izvoru (Solarna energija, 2020), a prikazan je na slici 5.



Slika 5. Shema sustava sa solarnim kolektorom (Primjena solarnih kolektora u kućanstvu, bez dat.)

- 1) Prvi i najvažniji dio sustava sa solarnim kolektorom upravo je solarni kolektor koji može biti pločasti i vakumski a detaljnije su opisani u poglavlju 3.2. Dakle, sunčevo zračenje upada pod određenim kutom na solarni kolektor koji apsorbira sunčevu svjetlost putem apsorbera. Unutar kolektora nalazi se posebna vrsta fluida koja cirkulira cijevima kolektora te se fluid zagrijava
- 2) Drugi dio koji je vrlo bitan za funkcioniranje opreme jest cirkulacijska crpka koja tjera fluid prema donjem izmjenjivaču topline solarnog spremnika tople vode
- 3) U toplinskom spremniku za pripremu PTV na vodu se indirektno prenosi toplina preko izmjenjivača topline
- 4) Prilikom funkcioniranja ovog sustava sa solarnim kolektorom ako sunčevo zračenje nije dovoljno da bi se zagrijala potrošna topla voda prema shemi na slici 5. uključuje

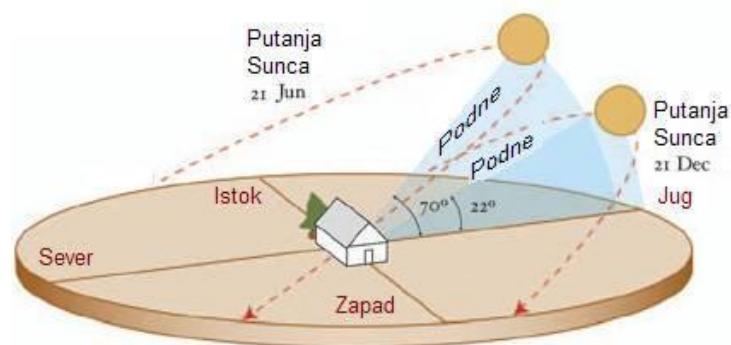
se dogrijavanje konvencionalnim sustavom grijanja ili DT preko gornjeg izmjenjivača topline u spremniku tople sanitarne vode

Čitavim krugom sustava pripreme PTV upravlja solarna regulacija koja uspoređuje temperaturu T1 kolektora i T2 ogrjevnog spremnika i na temelju tih rezultata, odnosno kada je temperatura medija u solarnim kolektorima veća od temperature u spremniku uključuje cirkulacijsku crpku. U slučaju ako je temperatura spremnika veća od temperature medija u kolektorima solarna regulacija isključuje cirkulacijsku crpku sve do trenutka kada se temperatura medija kolektora ponovo ne podigne  $T1 > T2$  (Solarno grijanje, bez dat.).

Sustavi sa solarnom energijom vrlo su korisni, osim što se priprema potrošna topla voda njima se može i grijati stambeni objekt. Ovakvim načinom implementacije sustava postižu se značajne uštede. Zbog nižih temperatura polaznog voda grijanja u kombinaciji sa SS idealni su niskotemperaturni sustavi grijanja kao što su podno ili ventilokonvektorsko grijanje. Kad se primjenjuje SS kod grijanja vrlo je bitno implementirati u sustav međuspremnik ogrjevnog vode većeg korisnog sadržaja da bi se tehnološka voda međuspremnik zagrijavała putem solarnih termalnih kolektora. U sustav niskotemperaturnog grijanja moguće je distribuirati takvu zagrišanu vodu a u periodima kada količina zračenja sunca nije dovoljna za rad sunčevih kolektora, potrebno je osigurati dogrijavanje da bi se osigurala zadana temperatura polaznog voda grijanja.

Solarni sistemi mogu biti otvorenog tipa ili zatvorenog tipa. Kada se govori o otvorenom tipu ovdje kroz postavljeni kolektor na krov direktno prolazi medij (voda, glikol). Sustavi zatvorenog tipa punjeni su fluidom otpornim na smrzavanje kao što je antifriz, mogu se koristiti i kod temperatura vanjskog zraka manjih od nule.

Da bi opisani sustavi funkcionirali solarni kolektori se postavljaju prema određenom pravilu i iskustvu struke. Krov na koji se postavljaju solarni kolektori mora biti orijentiran prema jugu, nije nužno da orijentacija bude čisto jug može biti i jugoistok i jugozapad što vrijedi i za ravne krovove. Maksimalna iskoristivost sunčevog zračenja može se dobiti ako je nagib kolektora jednak kutu zemljopisne širine što za Hrvatsku iznosi između  $40^\circ$  i  $45^\circ$  ova mjera kuta vrijedi u ljetnim mjesecima a u zimskim mjesecima nagib kolektora u odnosu na horizontalu trebao bi biti između  $50^\circ$  i  $60^\circ$  (Pločasti solarni kolektori, bez dat.). Na slici 6. prikazan je upadni kut i putanja sunca na južnoj strani svijeta za period ljeta i period zime.



Slika 6. Upadni kut sunca kroz godinu (Solarni kolektori , bez dat.)

## 3.2 Elementi sustava sa sunčevim kolektorima

Kao što je prethodno navedeno sustav sa sunčanim kolektorima ne može raditi bez šest skupina osnovnih elemenata a tu spadaju: sunčevi kolektori, bivalentni spremnik topline, solarna regulacija, ekspanzijska posuda, solarni medij i ostalo. U nastavku detaljnije su opisani pojedini elementi sustava.

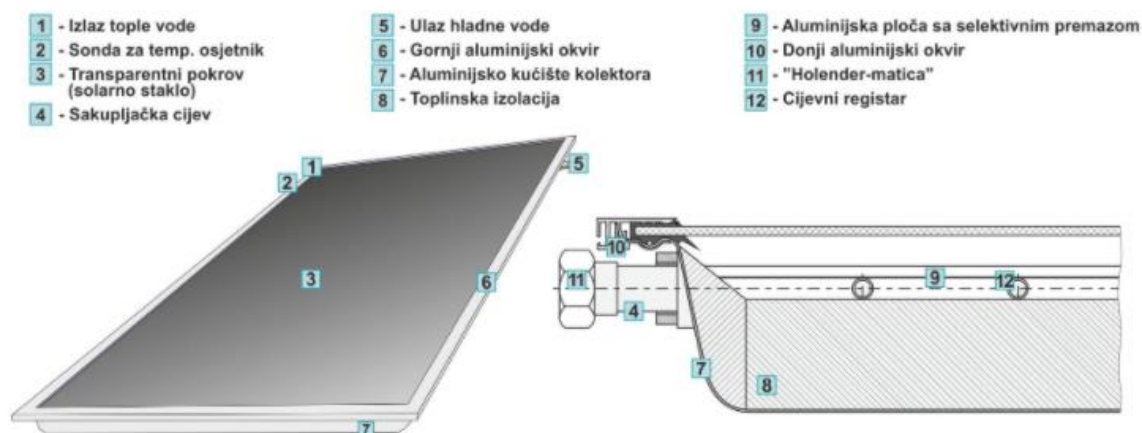
### 3.2.1 Sunčevi kolektori

Sunčevi kolektori su dijelovi solarnog postrojenja koji energiju sunca pretvaraju u toplinsku energiju, vode ili pak neke druge tekućine koja se nalazi unutar kolektora. Prema tehnologije izrade solarne kolektore dijelimo na: pločaste i vakuumске odnosno cijevne.

#### a) Pločasti (ravni) solarni kolektori

Glavna odlika ovog tipa kolektora je ta da imaju visok koeficijent apsorpcije sunčevog zračenja a taj efekt se postiže zahvaljujući visokokvalitetnom selektivnom apsorberu. Zbog TINOX premaza na kolektoru se omogućuje viša razina apsorpcije. Prema tome ovaj tip kolektora odlikuje se visokim stupnjem iskoristivosti. Ispod površine apsorbera nalazi se bakrena savijena cijev kojom cirkulira fluid. Apsorber apsorbira toplinsku energiju te se ona kao takva prenosi na fluid u cijevi. Kod ovog tipa kolektora kao izolacijski materijal koristi se poliuretanska pjena ali i kamena vuna. Ugrađivanje pločastih kolektora moguće je na ravne krovove sa podkonstrukcijom ili kose krovove također kod ugradnje poželjno je koristiti nosače. U kolektoru za vrijeme kada sustav miruje mogu se javiti relativno visoke temperature

čak do 150 °C. Na sljedećoj slici prikazan je pločasti ravni solarni kolektor tvrtke „Centrometal“ sa svojim dijelovima.

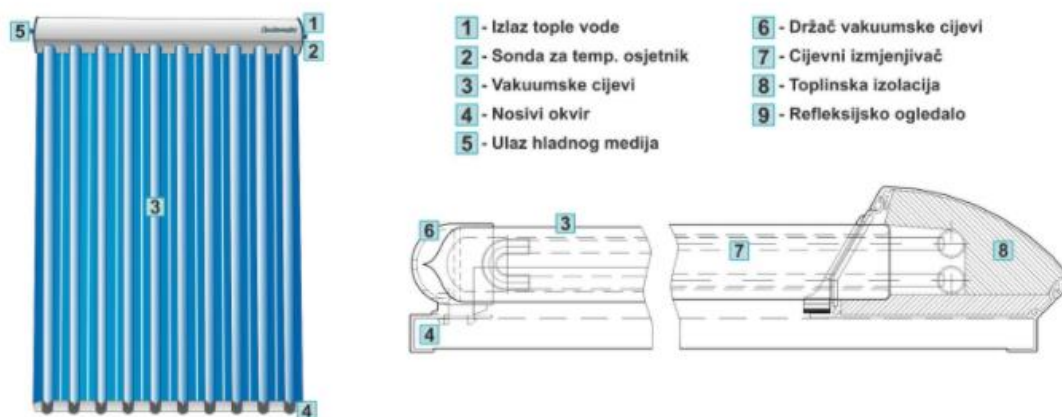


Slika 7. Pločasti kolektor sa svojim dijelovima (Centrometal, bez dat.)

Pločasti ravni kolektor odlikuje se time što mu je niska nabavna cijena, niski su troškovi održavanja i idealni su za niskotemperaturne sustave za pripremu potrošne tople vode i kao potpora kod grijanja stambenog objekta.

#### b) Vakuumski (cijevni) solarni kolektori

Princip rada vakuumskih cijevni solarnih kolektora ne razlikuje se pločastih jedina je razlika u načinu izvedbe. Cijevi kolektora su vakumirane u koje su smješteni apsorberi. Vakuumski kolektori sastavljeni su od više staklenih paralelnih cijevi. U svakoj cijevi nalazi se jedna manja cijev kojom protječe voda ili glikol prema sabirniku a nakraju prema spremniku PTV (Solarno grijanje, bez dat.). Kako je u staklenim cijevima oko manje cijevi kojom protječe medij vakuum to za posljedicu ima smanjenje gubitka topline. Dodatna učinkovitost ovih kolektora postiže se postavljanjem ispod svake staklene cijevi zrcala koje reflektira sunčevo zračenje prema apsorberskoj cijevi. U mirovanju temperature se u kolektoru mogu popeti do 200 °C kod sustava koji su dobro dimenzionirani u pogonu solarne crpke temperatura kolektora je svega do 20 °C veća od temperature u spremniku. U nastavku je prikazana slika cijevnog solarnog kolektora tvrtke „Centrometal“ sa svim dijelovima.

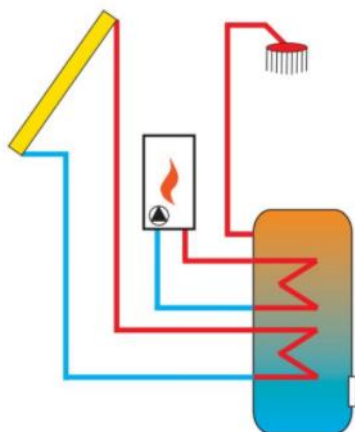


Slika 8. Vakumski cijevni kolektor (Centrometal, bez dat.)

Prednosti cijevnog u odnosu na pločasti kolektor su te da se: može koristiti na krovovima koji nisu direktno usmjeren prema jugu jer se zakretanjem solarne cijevi može postići povoljan kut, zbog montaže reflektirajuće zrcala zahtijeva manje krovne površine za učinak jednak pločastim kolektorima, veća je energetska učinkovitost i imaju veću iskoristivost sunčevog zračenja po kvadratnom metru od pločastih kolektora za cca. 30% (Solarno grijanje, bez dat.).

### 3.2.2 Bivalentni spremnik topline

Standardni akumulacijski spremnik PTV ima jednu ogrjevnu spiralu koja zagrijava potrošnu vodu, a kao što smo ime govori bivalentni spremnik PTV sastoji se od dvije spirale. Bivalentni spremnik služi kako bi se u njemu akumulirala toplina nastala sunčevim zračenjem u sustavu s sunčevim kolektorima. Bivalentni spremnik podijeljen je na dva dijela. U donjem dijelu ogrjevna spirala je povezana sa cjevovodom kolektora, te se donji dio spremnika grije isključivo na toplinu generiranu sunčevim zračenjem. Gornja ogrjevna spirala služi za dogrijavanje PTV, bilo kotlom ili dizalicom topline, ukoliko tijekom zimskih mjeseci nema dovoljno sunčeva zračenja. U ovom slučaju donji dio spremnika ostaje hladan. Gornji dio spremnika mora biti tako dimenzioniran da može pokriti zahtjeve za PTV ukoliko donja ogrjevna spirala u potpunosti ne obnaša funkciju grijanja PTV. U ljetnim mjesecima kada je izloženost sunčevom zračenju velika na spremniku se uspoređuju temperature na donjem dijelu i gornjem ukoliko je temperatura donjeg spremnika puno veća od temperature gornjeg spremnika kotao ostaje u mirovanju i ne pomaže u dogrijavanju vode.



Slika 9. Shema bivalentnog spremnika topline (Žepoh, bez dat.)

### 3.2.3 Solarni regulator

Solarni regulator u sistemu sa sunčevim pločastim kolektorima ima funkciju uključivati solarnu crpku ako je trenutna temperatura kolektora viša od trenutne temperature spremnika uz uvijet da nije postignuta maksimalan zadana temperatura spremnika.

### 3.2.4 Ekspanzijska posuda

Svaki solarni sustav ima optočni medij koji se uslijed zagrijavanja širi, prema tome u sustavu je potrebno osigurati ekspanzijsku posudu koja akumulira dodatni volumen nastao temperaturnim širenjem medija.

### 3.2.5 Solarni medij

Kao solarni medij upotrebljava se mješavina glikola i vode zbog svojstva da se pri nižim temperaturama ne može smrznuti. Također ovaj medij sadrži posebne dodatke koji poboljšavaju rad na visokim temperaturama. Mješavinu glikola i vode potrebno je mijenjati svakih dvije do četiri godine ovisno o kvaliteti rada solarnog sustava

### 3.2.6 Ostalo

Pod ostalim komponentama sustava sa sunčevim kolektorima podrazumijevamo sve elemente kako bi sustav nesmetano i pouzdano radio a tu spadaju: cjevovod (polazni i povratni) solarnog sustava (izveden od bakrenih cijevi) te izolacija istih, sigurnosni, zaporni i nepovratni ventili, solarna pumpa i temperaturni osjetnici

## 4. Praktični dio

### 4.1. Meteorološki podaci

Za potrebe proračunavanja potrebno je uzeti odgovarajuće meteorološke podatke za mjesto na kojem se nalazi odabrana građevina tj. za grad Varaždin. Podaci su prikazani u četiri tablice prve tri se odnose na vrijednosti temperature na odabranom području dok je zadnja tablica prikaz globalnog sunčevog zračenja po m<sup>2</sup> površine ovi prikazani podaci dobiveni su na temelju mjerenja od 1991-2010 godine.

Tablica 2. Prosječne dnevne vrijednosti po mjesecima za grad Varaždin

|                                      | 1.    | 2.    | 3.    | 4.   | 5.   | 6.   | 7.   | 8.   | 9.   | 10.  | 11.  | 12.   | GOD   |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| $\theta_{mm}[^{\circ}\text{C}]$      | 0.4   | 2.2   | 6.4   | 11.2 | 16.2 | 19.6 | 21.2 | 20.5 | 15.5 | 10.7 | 6    | 0.8   | 10.9  |
| $\theta_{msd}[^{\circ}\text{C}]$     | 4.6   | 5     | 4.3   | 3.7  | 3.6  | 3.7  | 3.1  | 3.2  | 3.2  | 4.4  | 4.7  | 4.6   | 8.4   |
| $\theta_{min\,mm}[^{\circ}\text{C}]$ | -14.9 | -13.4 | -10.5 | 0    | 5.6  | 9.4  | 13   | 10.9 | 6.5  | -1.6 | -7.2 | -13.4 | -14.9 |
| $\theta_{max\,mm}[^{\circ}\text{C}]$ | 13.1  | 14.4  | 16.3  | 20   | 26.3 | 28.4 | 29   | 29.3 | 26.2 | 21.8 | 19.8 | 13.8  | 29.3  |
| $\theta_{SW\,mm}[^{\circ}\text{C}]$  | 7.2   | 9.5   | 10.2  | 11.2 | 12   | 11.6 | 12   | 12.3 | 11   | 9.8  | 7.4  | 6.4   | 10.1  |
| $R_{mm}[\text{mm}]$                  | 1.1   | 1.2   | 1.7   | 2.1  | 2    | 2.9  | 3    | 2.8  | 3.3  | 2.6  | 2.4  | 1.9   | 2.3   |
| $\varphi_{mm}[\%]$                   | 83    | 75    | 71    | 69   | 68   | 69   | 70   | 73   | 79   | 81   | 84   | 86    | 76    |

Izvor: Narodne novine

Gdje su :

- $\theta_{mm}[^{\circ}\text{C}]$  - Srednja dnevna temperatura zraka, srednjak po mjesecima
- $\theta_{msd}[^{\circ}\text{C}]$  - Standardna devijacija srednje dnevne temperature zraka, po mjesecima
- $\theta_{min\,mm}[^{\circ}\text{C}]$  - Dnevna temperatura zraka, minimum po mjesecima
- $\theta_{max\,mm}[^{\circ}\text{C}]$  - Dnevna temperatura zraka, maksimum po mjesecima
- $\theta_{SW\,mm}[^{\circ}\text{C}]$  - Dnevna amplituda temperature zraka, srednjak po mjesecima
- $R_{mm}[\text{mm}]$  - Dnevna količina oborine, srednjak po mjesecima
- $\varphi_{mm}[\%]$  - Srednja relativna vlažnost, po mjesecima

U nastavku u tablici 3 prikazane su vrijednosti prema metodologiji iz HRN EN ISO 15927-5

Tablica 3. Projektne vrijednosti prema metodologiji iz HRN EN ISO 15927-5(Narodne novine, bez dat.)

| N                                      | 20    |
|----------------------------------------|-------|
| $\theta_{2d}^* [^{\circ}\text{C}]$     | -10.3 |
| $\theta_{2d}^{**} [^{\circ}\text{C}]$  | -11.6 |
| $\theta_{0,4\%}^* [^{\circ}\text{C}]$  | 27.4  |
| $\theta_w^* [^{\circ}\text{C}]$        | 20.7  |
| $\theta_d^* [^{\circ}\text{C}]$        | 17.7  |
| $\varphi_{p0.4}^* [^{\circ}\text{C}]$  | 100   |
| $\varphi_{p99.6}^* [^{\circ}\text{C}]$ | 43    |

Izvor: Narodne novine

Gdje su :

- $\theta_{2d}^* [^{\circ}\text{C}]$  - Vanjska projektna temperatura zraka (grijanje) iz 2- dnevne srednje dnevne temperature zraka, 1-godišnji povratni period
- $\theta_{2d}^{**} [^{\circ}\text{C}]$  - Vanjska projektna temperatura zraka (grijanje) iz 2-dnevne srednje dnevne temperature zraka, 2-godišnji povratni period
- $\theta_{0,4\%}^* [^{\circ}\text{C}]$  - Vanjska projektna temperatura zraka (hlađenje) iz srednje dnevne temperature zraka
- $\theta_w^* [^{\circ}\text{C}]$  - Pripadajuća temperatura vlažnog termometra
- $\theta_d^* [^{\circ}\text{C}]$  - Pripadajuća temperatura rosišta
- $\varphi_{p0.4}^* [^{\circ}\text{C}]$  - Vanjska projektna relativna vlažnost, ljeto, premašena u 0,4% slučajeva
- $\varphi_{p99.6}^* [^{\circ}\text{C}]$  - Vanjska projektna relativna vlažnost, zima, premašena u 99,6% slučajeva
- $N$  - Broj godina podataka

U sljedećoj tablici dane su vrijednosti prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Tablica 4. Vrijednosti za projektiranje prema Tehničkom propisu za grad Varaždin

| N                                             | 20    |
|-----------------------------------------------|-------|
| $\theta_{\min \text{ ym}} [^{\circ}\text{C}]$ | -14.9 |
| $\theta_{\max \text{ ym}} [^{\circ}\text{C}]$ | 29.3  |
| $\theta_w^* [^{\circ}\text{C}]$               | 19.2  |
| $\theta_d^* [^{\circ}\text{C}]$               | 14.5  |
| $\theta_{\text{SWym}} [^{\circ}\text{C}]$     | 12.5  |

Izvor: Narodne novine

Gdje su:

- $\theta_{\min \text{ ym}} [^{\circ}\text{C}]$  - Temperatura za projektiranje grijanja
- $\theta_{\max \text{ ym}} [^{\circ}\text{C}]$  - Temperatura za projektiranje hlađenja
- $\theta_w^* [^{\circ}\text{C}]$  - Pripadajuća temperatura vlažnog termometra za projektiranje hlađenja
- $\theta_d^* [^{\circ}\text{C}]$  - Pripadajuća temperatura rosišta za projektiranje hlađenja
- $\theta_{\text{SWym}} [^{\circ}\text{C}]$  - Pripadajuća dnevna amplituda zraka za projektiranje hlađenja

Tablica 5. Globalno sunčevo zračenje na području grada Varaždina kroz godinu po mjesecima

| $H_{s,g,ic}$ |     | Globalno sunčevo zračenje [MJ/m²] |       |      |       |      |              |     |       |     |       |     |
|--------------|-----|-----------------------------------|-------|------|-------|------|--------------|-----|-------|-----|-------|-----|
|              |     | orijentacija                      |       |      |       |      | orijentacija |     |       |     |       |     |
| Nagib[°]     | mj. | S                                 | SE,SW | E,W  | NE,NW | N    | mj.          | S   | SE,SW | E,W | NE,NW | N   |
| 0            | 1   | 123                               | 123   | 123  | 123   | 123  | 2            | 188 | 188   | 188 | 188   | 188 |
| 15           |     | 156                               | 145   | 123  | 100   | 85   |              | 227 | 215   | 188 | 157   | 140 |
| 30           |     | 181                               | 162   | 123  | 85    | 75   |              | 257 | 243   | 186 | 134   | 102 |
| 45           |     | 198                               | 171   | 120  | 71    | 71   |              | 274 | 243   | 182 | 115   | 96  |
| 60           |     | 205                               | 172   | 114  | 65    | 65   |              | 277 | 241   | 173 | 91    | 89  |
| 75           |     | 202                               | 166   | 105  | 59    | 59   |              | 266 | 227   | 159 | 81    | 81  |
| 90           |     | 188                               | 151   | 94   | 52    | 52   |              | 242 | 204   | 141 | 72    | 72  |
| 0            | 3   | 342                               | 342   | 342  | 342   | 342  | 4            | 464 | 464   | 464 | 464   | 464 |
| 15           |     | 384                               | 372   | 340  | 303   | 284  |              | 489 | 483   | 461 | 432   | 418 |
| 30           |     | 410                               | 389   | 335  | 264   | 215  |              | 493 | 486   | 449 | 389   | 352 |
| 45           |     | 415                               | 390   | 323  | 233   | 166  |              | 475 | 471   | 429 | 347   | 273 |
| 60           |     | 401                               | 375   | 304  | 200   | 152  |              | 436 | 440   | 400 | 308   | 202 |
| 75           |     | 369                               | 344   | 277  | 151   | 139  |              | 379 | 392   | 362 | 258   | 181 |
| 90           |     | 319                               | 301   | 244  | 124   | 124  |              | 308 | 334   | 316 | 183   | 163 |
| 0            | 5   | 578                               | 578   | 578  | 578   | 578  | 6            | 614 | 614   | 614 | 614   | 614 |
| 15           |     | 582                               | 582   | 572  | 556   | 544  |              | 607 | 609   | 606 | 598   | 587 |
| 30           |     | 565                               | 569   | 554  | 514   | 481  |              | 579 | 588   | 585 | 558   | 525 |
| 45           |     | 525                               | 537   | 525  | 462   | 398  |              | 530 | 550   | 553 | 504   | 439 |
| 60           |     | 465                               | 489   | 485  | 412   | 302  |              | 462 | 495   | 509 | 448   | 338 |
| 75           |     | 389                               | 427   | 434  | 361   | 228  |              | 381 | 427   | 455 | 395   | 236 |
| 90           |     | 305                               | 356   | 376  | 280   | 205  |              | 293 | 352   | 393 | 316   | 213 |
| 0            | 7   | 637                               | 637   | 637  | 637   | 637  | 8            | 551 | 551   | 551 | 551   | 551 |
| 15           |     | 636                               | 637   | 630  | 617   | 604  |              | 571 | 566   | 546 | 519   | 504 |
| 30           |     | 612                               | 619   | 609  | 572   | 534  |              | 567 | 564   | 532 | 471   | 432 |
| 45           |     | 563                               | 582   | 577  | 514   | 441  |              | 538 | 542   | 507 | 420   | 341 |
| 60           |     | 494                               | 527   | 533  | 457   | 332  |              | 487 | 501   | 471 | 373   | 244 |
| 75           |     | 409                               | 457   | 477  | 402   | 236  |              | 416 | 444   | 425 | 320   | 205 |
| 90           |     | 315                               | 378   | 413  | 315   | 214  |              | 331 | 374   | 370 | 233   | 186 |
| 0            | 9   | 419                               | 419   | 419  | 419   | 419  | 10           | 266 | 266   | 266 | 266   | 266 |
| 15           |     | 467                               | 454   | 417  | 373   | 352  |              | 319 | 303   | 266 | 224   | 200 |
| 30           |     | 492                               | 472   | 411  | 325   | 269  |              | 357 | 329   | 264 | 189   | 137 |
| 45           |     | 493                               | 471   | 397  | 284   | 187  |              | 378 | 339   | 258 | 164   | 123 |
| 60           |     | 470                               | 450   | 374  | 249   | 159  |              | 379 | 334   | 245 | 127   | 115 |
| 75           |     | 424                               | 411   | 341  | 187   | 147  |              | 360 | 314   | 225 | 105   | 105 |
| 90           |     | 358                               | 356   | 301  | 135   | 134  |              | 324 | 280   | 200 | 94    | 94  |
| 0            | 11  | 134                               | 134   | 134  | 134   | 134  | 12           | 95  | 95    | 95  | 95    | 95  |
| 15           |     | 167                               | 157   | 134  | 110   | 95   |              | 120 | 112   | 95  | 78    | 67  |
| 30           |     | 193                               | 173   | 134  | 94    | 81   |              | 139 | 124   | 95  | 67    | 63  |
| 45           |     | 209                               | 182   | 131  | 78    | 76   |              | 152 | 131   | 92  | 59    | 59  |
| 60           |     | 215                               | 182   | 124  | 70    | 70   |              | 157 | 132   | 88  | 54    | 54  |
| 75           |     | 210                               | 174   | 114  | 63    | 63   |              | 155 | 127   | 81  | 48    | 48  |
| 90           |     | 195                               | 158   | 102  | 56    | 56   |              | 145 | 116   | 72  | 42    | 42  |
| 0            | GOD | 4410                              | 4410  | 4410 | 4410  | 4410 |              |     |       |     |       |     |
| 15           |     | 4726                              | 4635  | 4377 | 4067  | 3879 |              |     |       |     |       |     |
| 30           |     | 4845                              | 4709  | 4276 | 3663  | 3266 |              |     |       |     |       |     |
| 45           |     | 4750                              | 4610  | 4093 | 3250  | 2669 |              |     |       |     |       |     |
| 60           |     | 4448                              | 4338  | 3819 | 2855  | 2122 |              |     |       |     |       |     |
| 75           |     | 3958                              | 3910  | 3456 | 2428  | 1728 |              |     |       |     |       |     |
| 90           |     | 3321                              | 3359  | 3022 | 1920  | 1554 |              |     |       |     |       |     |

Izvor: Narodne novine

Tablica iznad prikazuje globalno sunčevo zračenje u MJ po m² u ovisnosti o godišnjem dobu i nagibu. Iz tablice je vidljivo da se najveće sunčevo zračenje dobije za kut nagiba između 30 i 50° te orijentaciju prema jugu, jugo-istoku odnosno jugozapadu te je kod proračuna i instalacije solarne kolektore postaviti upravo prema toj orijentaciji za što bolji radni učinak.

## 4.2. Odabir dizalice topline

Prema podacima danim u tekstu zadatka diplomskog rada za potrebnu maksimalnu toplinsku snagu 25kW i snagu za hlađenje 18 kW uz faktor sigurnosti 1,2 odabire se dizalica topline proizvođača Hitachi model Yutaki 10. Dizalica topline prema načinu funkcioniranja spada u skupinu dizalica topline zrak/voda. Model Yutaki 10 sastoji se od unutarnje i vanjske jedinice oznaka unutarnje je RWM-10.ONE a vanjske RAS-10WHNPE. U nastavku su prikazane slike vanjske i unutarnje jedinice te dana je tablica tehničkih karakteristika vanjske i unutarnje jedinice.

Yutaki S je tip dizalice topline koji može grijati, hladiti i pripremati toplu vodu.

|                                         |                       | Mjerna jedinica | <b>Yutaki S10</b> |
|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|
| Kapacitet                               | Grijanje(Min/Nom/Max) | kW              | 10,00/24,00/32,00 |
|                                         | Hlađenje(Nom/Max)     | kW              | 17,50/20.60       |
| Potrosnja                               | Grijanje (Nom)        | kW              | 5,59              |
|                                         | Hlađenje(Nom)         | kW              | 6,22              |
| Izvor energije                          |                       |                 | 3N ~400V 50Hz     |
| COP(Voda 35°C, okolina 7°C)             | Nominalno             |                 | 4,29              |
| EER(Voda 7°C, okolina 35°C)             | Nominalno             |                 | 2,81              |
| Energetski razred na 35°C               |                       |                 | A+                |
| Sezonska efikasnost na 35°C, SCOP/ηs    |                       |                 | 3,6/142           |
| Energetski razred na 55°C               |                       |                 | A+                |
| Sezonska efikasnost na 55°C, SCOP/ηs    |                       |                 | 2,98/118          |
| ESEER                                   |                       |                 | 3,32              |
| SEER/ηs                                 | Jednofazno            |                 | 4,06/159          |
|                                         | Trofazno              |                 |                   |
| Vanjska radna temperatura               | Grijanje              | °C              | -25 do 25         |
|                                         | Topla voda            | °C              | -25 do 35         |
|                                         | Hlađenje              | °C              | 10 do 46          |
| Temperatura vode                        | Grijanje              | °C              | 20 do 60          |
|                                         | Topla voda            | °C              | 30 do 75          |
|                                         | Hlađenje              | °C              | 5 do 22           |
| Promjer cijevi krug rashladnog sredstva |                       | inch            | 1/2-1             |
| Promjer cijevi kruga vode               |                       | inch            | 1-1/4 -1-1/4      |

Izvor: Hitachi katalog



Slika 10. Vanjska i unutarnja jedinica dizalice topline Yutaki S10(4REF, bez dat.)

Tablica 6. Tehničke karakteristike unutarnje jedinice dizalice topline

| Unutarnja jedinica                                    | Mjerna jedinica   | RMW-10.oNE           |
|-------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Minimalni volumen vode u sustavu                      | l                 | 79                   |
| Protok vode (Min-Nom-Max)                             | m <sup>3</sup> /h | 2,20 - 4,13 - 4,60   |
| Buka                                                  | dB(A)             | 47                   |
| Dimenzije(Visina (sa priključcima) x širina x dužina) | mm                | 890(960) x 670 x 360 |
| Težina                                                | kg                | 62                   |
| Maksimalna struja Trofazna                            | A                 | 29,2                 |

Izvor: Hitachi katalog

Tablica 7. Tehničke karakteristike vanjske jedinice dizalice topline

| Vanjska jedinica                                     | Mjerna jedinica   | RAS-10WHNPE           |
|------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Protok zraka                                         | m <sup>3</sup> /h | 8,040                 |
| Buka kompresora                                      | dB(A)             | 60                    |
| Buka EM                                              | dB(A)             | 4                     |
| Minimalna dužina cijevi                              | m                 | 5                     |
| Maksimalna dužina cijevi                             | m                 | 70                    |
| Maksimalna razlika visine (Najviša OU/najmanja OU)   | m                 | 30/20                 |
| Kompresor                                            |                   | Scroll DC Inverterski |
| Radni medij                                          |                   | R410A                 |
| Punjenje radnog medija(dužina bez dodatnog punjenja) | kg(m)             | 5,3(15)               |
| Dodatno punjenje radnog medija                       | g/m               | 65                    |
| Dimenzije(Visina x širina x dužina)                  | mm                | 1,380 x 950 x 370     |
| Težina                                               | kg                | 139                   |
| Maksimalna struja Trofazna                           | A                 | 24                    |

Izvor: Hitachi katalog

### 4.3. Odabir sunčevih kolektora

Sunčevi, solarni kolektori kod postavljanja orijentiraju se prema jugu a kut nagiba najpovoljnije je da bude između  $30^{\circ}$  i  $50^{\circ}$ . Potrebno je proračunati broj sunčevih kolektora na temelju odabranog tipa solarnog pločastog kolektora. Odabrani solarni kolektor je tip CPK 7210N Alu. Kolektori se mogu montirati na kosi krov ili na ravni krov pod određenim kutom pogodnim za područje instalacije. Nagib se prilagođava pomoću montažnog seta. U seriju se maksimalno spaja 6 kolektora a za veće kolektorske sustave spajanje se vrši paralelno više serija po 6 kolektora. Kolektor ima dva priključka na gornjoj strani što olakšava montažu i povećava učinkovitost kolektora produžujući put fluida kroz kolektor.

Tablica 8. Tehničke karakteristike pločastog sunčevog kolektora tvrtke „Centrometal“

| Pločasti kolektor CPK 7210N Alu |                      |                              |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Bruto površina                  | m <sup>2</sup>       | 2,1                          |
| Površina upada svjetlosti       | m <sup>2</sup>       | 1,8                          |
| Površina apsorbera              | m <sup>2</sup>       | 1,8                          |
| Materijal apsorbera             |                      | Al lim sa selektivnim slojem |
| Apsorcijski koeficijent         | %                    | 95                           |
| Emisijski koeficijent           | %                    | 5                            |
| Optički stupanj djelovanja      | %                    | 77,9                         |
| Koef. gubitaka topline k1       | W/(m <sup>2</sup> K) | 3,914                        |
| Koef. gubitaka topline k2       | W/(m <sup>2</sup> K) | 0,012                        |
| Cijevni registri                | mm                   | φ8 x 0,4                     |
| Sakupljačke cijevi              | mm                   | φ22 x 0,8                    |
| Volumen apsorbera               | l                    | 1,4                          |
| Transparentni pokrov            |                      | 3,2 mm kaljeno staklo        |
| Transmisija                     | %                    | 90                           |
| Broj priključaka                |                      | 2                            |
| Priključci                      | R                    | 1"                           |
| Max. radni pretlak              | bar                  | 10                           |
| Temperatura mirovanja           | °C                   | 199                          |
| Izolacija                       |                      | 40 mm kamena vuna            |
| Visina kolektora                | mm                   | 2032                         |
| Širina kolektora                | mm                   | 1031                         |
| Debljina kolektora              | mm                   | 94                           |
| Masa kolektora                  | kg                   | 32                           |
| Medij u sustavu                 |                      | Mješavina glikola i vode     |

Izvor: „Centrometal“

## 5. Proračun ekonomičnosti termo-tehničkog sustava i učestalost rada pojedinih uređaja tijekom cjelogodišnjeg korištenja

Proračun učestalosti rada pojedinih uređaja tijekom cjelogodišnjeg korištenja kreće od uvjeta koji je definiran zadatkom diplomskog rada. Termo-tehnički sustav se sastoji od grijanja i hlađenja građevine. Grijanje se odvija u periodima kada je potrebno podići unutrašnju temperaturu zraka ugodnu čovjeku za život tj. kada ona pada ispod 22°C. Glavni uvjet za grijanje jest da je potrebno:

$$Q_{Gmax} = 25 \text{ kW} \quad (1)$$

toplinske snage za grijanje prostora pri projektnim parametrima za područje grada Varaždina, gdje vanjska projektna temperatura za grijanje iznosi:

$$\vartheta_{vZ} = -14,9^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

a unutarnja projektna temperatura za grijanje iznosi:

$$\vartheta_{pZ} = +22^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

Nadalje, hlađenje se odvija u ljetnim mjesecima kada se temperatura zraka podigne iznad temperature koja je čovjeku ugodna za boravak u prostoru i ona prelazi 26°C. Iz zadatka proizlazi da je za hlađenje potrebno:

$$Q_{HLmax} = 18 \text{ kW} \quad (4)$$

rashladne snage za projektnu vanjsku temperaturu iznosa:

$$\vartheta_{vLJ} = +29,3^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

i unutarnju projektnu temperaturu iznosa:

$$\vartheta_{pLJ} = +26^{\circ}\text{C} \quad (6)$$

Grijanje je određeno maksimalnim parametrima temperature vode, temperatura polaznog voda i povratnog vod iznosi:

$$\vartheta_{wp}/\vartheta_{wpov} = 55/45^{\circ}\text{C} \quad (7)$$

Hlađenje je određenom maksimalnim parametrima temperature vode, temperatura polaznog voda i povratnog voda iznosi:

$$\vartheta_{wHp}/\vartheta_{wHpov} = 7/12^{\circ}\text{C} \quad (8)$$

Dakako ove vrijednosti režima rada pod oznakom (7) i (8) ujedno su i maksimalne vrijednosti temperature vode, da bi ostvarili za grijanje i hlađenje potrebne uvijete.

## 5.1. Definiranje sezone grijanja/ hlađenja za potrebe proračuna

Na početku potrebno je definirati sezonu grijanja i hlađenja, sezona grijanja je period kada je potrebno dovoditi toplinu u stambeni prostor kako bih se on zagrijao na temperaturu ugodnu čovjeku za boravak. U tom periodu temperatura vanjskog zraka je u većini slučajeva znatno niža od temperature ugodne čovjeku za boravak te je potrebno podići temperaturu u prostoru na propisanu vrijednost. Sezona hlađenja je vremenski period gdje se temperatura zraka penje iznad projektne unutarnje temperature. To je period koji se poistovjećuje sa kalendarskim periodom ljeta. Stoga je potrebno definirati koji vremenski period definira sezonu grijanja a koji sezonu hlađenja. U postupak razmatranja uzet će se podaci za kalendarsku godinu 2015/16.

Za sezonu grijanja uzima se period od 1.10.2015. pa do 15.04.2016. U sljedećoj tablici prikazani su broj dana sezone grijanja za pojedini mjesec listopad, studeni, prosinac, siječanj, veljaču ožujak i travanj.

Tablica 9. Broj dana mjeseca u sezoni grijanja

| Mjesec   | Broj dana |
|----------|-----------|
| Listopad | 31        |
| Studen   | 30        |
| Prosinac | 31        |
| Siječanj | 31        |
| Veljača  | 28        |
| Ožujak   | 31        |
| Travanj  | 15        |

Izvor: vlastiti

Zbrajanjem pojedinih dana mjeseca dolazi se do brojke od ukupno 197 dana u periodu grijanja.

$$t_{gr} = 31+30+31+31+28+31+15 = 197 \text{ dana} \quad (9)$$

Kod sezone hlađenje razmatrat će se period od 15.06.2015. do 15.09.2016. Ovaj period obuhvaća puna tri mjeseca polovicu lipnja, srpanj, kolovoz i polovicu rujna. Niže je dana tablica mjeseca i broja dana za promatrani period hlađenja.

Tablica 10. Broj dana mjeseca u sezoni hlađenja

| Mjesec  | Broj dana |
|---------|-----------|
| Lipanj  | 16        |
| Srpanj  | 31        |
| Kolovoz | 31        |
| Rujan   | 15        |

Izvor: vlastiti

Zbrajanjem pojedinih dana mjeseca dolazi se do brojke od ukupno 93 dana u periodu hlađenja.

$$t_{hl} = 16+31+31+15 = 93 \text{ dana} \quad (10)$$

Među period između sezone grijanja i hlađenja je takav da je temperatura relativno ugodna i nije potrebno grijati odnosno hladiti prostor boravka. Zbog velikog broja dana kod perioda grijanja 197 dana i perioda hlađenja 93 dana radi jednostavnijeg prikaza rezultata biti će u nastavku izračunata prosječna dnevna vrijednost temperature. Prosječna dnevna vrijednost temperature se neće uzeti za svaki pojedini dan tijekom perioda grijanja odnosno hlađenja nego će se uzeti srednja vrijednost zbroja tri uzastopna dana te tako za svaki pojedini mjesec. Rezultati srednje trodnevne temperature prikazani su tablično i grafički u sljedećem poglavlju.

## **5.2. Izračun prosječnih temperatura na trodnevnoj bazi za period grijanja i period hlađenja**

U ovome potpoglavlju prikazane su srednje temperature za područje grada Varaždina. Do srednjih temperatura za period grijanja i hlađenja došlo se iz baze podataka na web stranici „Hrvatska agencija za okoliš i prirodu“. Uzete su vrijednosti za period od 01.10.2015. godine do 01.10.2016. godine. Zbog vrlo velikog opsega podatka (dnevne satne vrijednosti) izračunava se najprije prosječna temperatura za svaki dan. Kada se dobiju vrijednost za svaki dan onda se računaju prosječne temperature za svaka uzastopna tri dana. U mjesecima koji imaju 31 dan srednja vrijednost temperature računa se za posljednja 4 dana dok se prethodni dani uzimaju po tri.

### **5.2.1 Srednja vrijednost vanjske temperature na području grada Varaždina za period grijanja**

U sljedećim tablicama i dijagramima prikazane su srednje trodnevne vrijednosti temperature vanjskog zraka za period grijanja od 01.10.2015 do 15.04.2016.

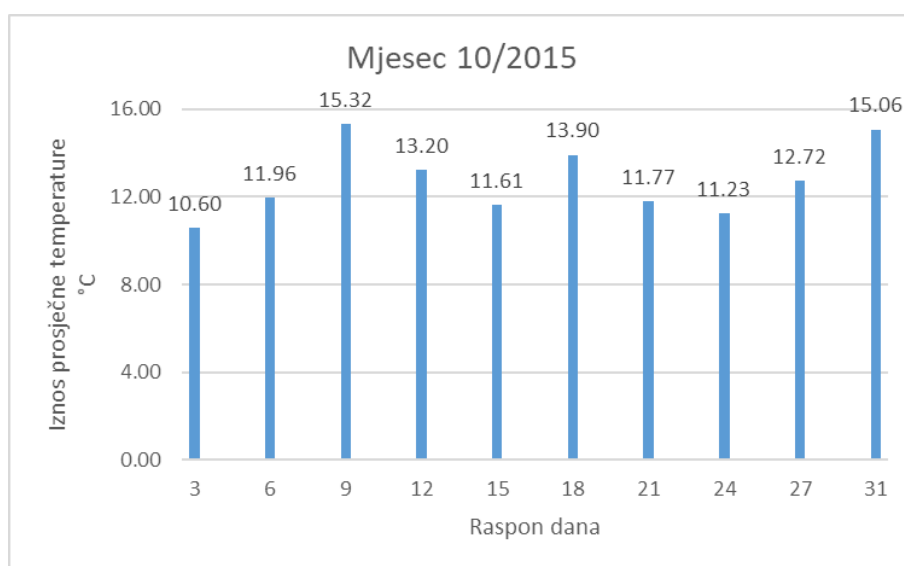
Tablica 12. i grafikon 1. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec listopad te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 16°C a minimalna ne pada ispod 10 °C

Tablica 11. Prosječne temperature za mjesec listopad

| Mjesec 10/2015                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Trodnevni prosjek temperature(°C) | 10,6 | 11,96 | 15,32 | 13,20 | 11,61 | 13,90 | 11,77 | 11,23 | 12,72 | 15,06 |
| Raspon dana u mjesecu             | 1-3  | 4-6   | 7-9   | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-31 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 1. Prosječne temperature za mjesec listopad



Izvor: vlastiti

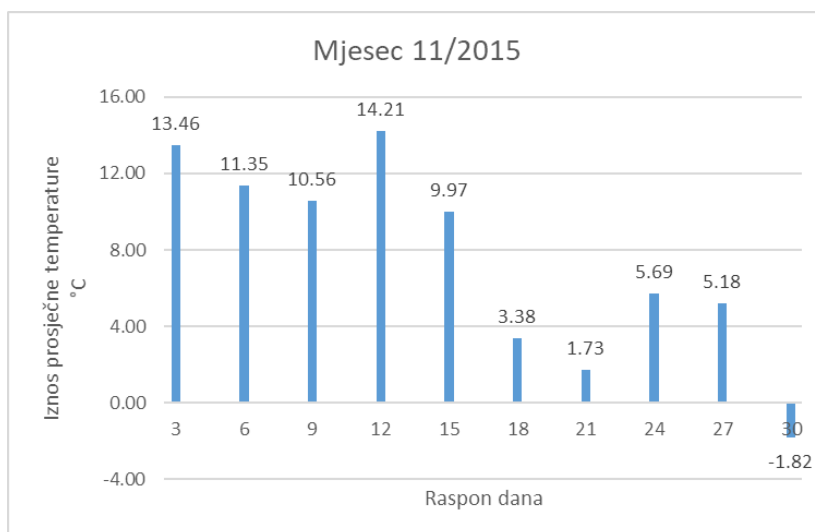
Tablica 13. i grafikon 2. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec studeni te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 15 °C a minimalna ne pada ispod -2 °C. Također je vidljivo da je relativno velik raspon između maksimalne i minimalne mjesečne temperature.

Tablica 12. Prosječne temperature za mjesec studeni

| Mjesec 11/2015                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Trodnevni prosjek temperature(°C) | 13,6 | 11,35 | 10,56 | 14,21 | 9,97  | 3,38  | 1,73  | 5,69  | 5,18  | -1,82 |
| Raspon dana u mjesecu             | 1-3  | 4-6   | 7-9   | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-30 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 2. Prosječne temperature za mjesec studeni



Izvor: vlastiti

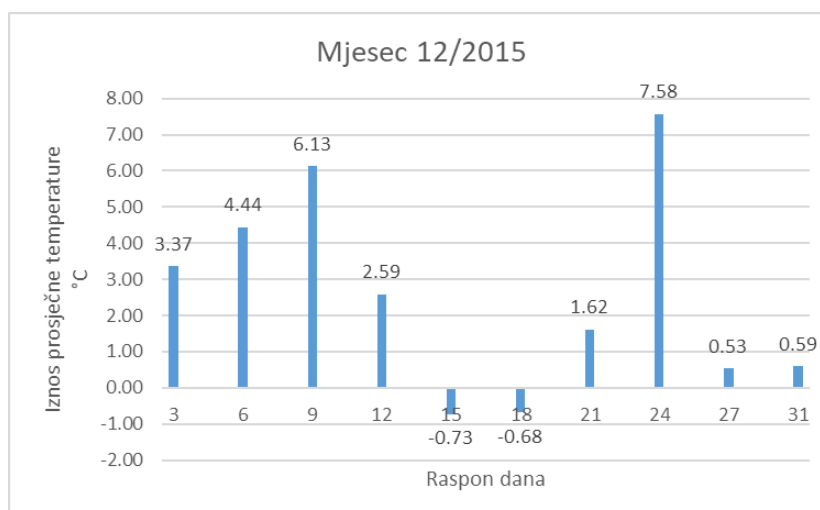
Tablica 14. i grafikon 3. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec prosinac te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 8 °C a minimalna ne pada ispod -1 °C.

Tablica 13. Prosječne temperature za mjesec prosinac

| Mjesec 12/2015                           |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Trodnevni prosjek temeprature(°C)</b> | 3,37 | 4,44 | 6,13 | 2,59  | -0,73 | -0,68 | 1,62  | 7,58  | 0,53  | 0,59  |
| <b>Raspon dana u mjesecu</b>             | 1-3  | 4-6  | 7-9  | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-31 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 3. Prosječne temperature za mjesec prosinac



Izvor: vlastiti

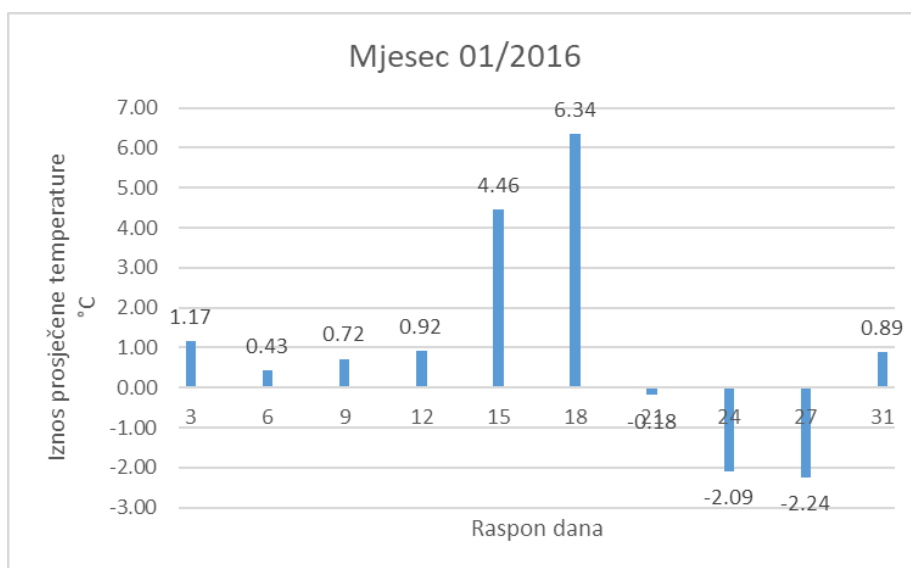
Tablica 15. i grafikon 4. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec siječanj te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 7 °C a minimalna ne pada ispod -3 °C.

Tablica 14. Prosječne temperature za mjesec siječanj

| Mjesec 01/2016                    |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Trodnevni prosjek temperature(°C) | 1,17 | 0,43 | 0,72 | 0,92  | 4,46  | 6,34  | -0,18 | -2,09 | -2,24 | 0,89  |
| Raspon dana u mjesecu             | 1-3  | 4-6  | 7-9  | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-31 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 4. Prosječne temperature za mjesec siječanj



Izvor: vlastiti

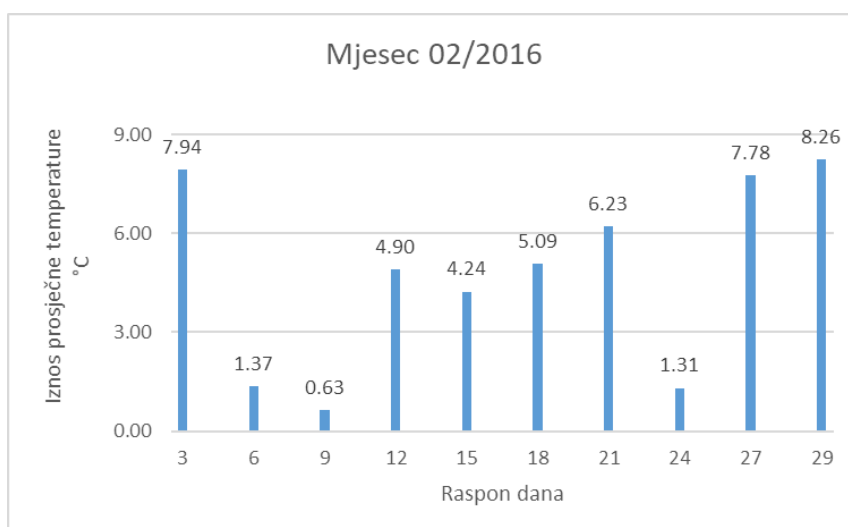
Tablica 16. i grafikon 5. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec veljaču te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 9 °C a minimalna ne pada ispod 0 °C.

Tablica 15. Prosječne temperature za mjesec veljača

| Mjesec 02/2016                    |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Trodnevni prosjek temperature(°C) | 7,94 | 1,37 | 0,63 | 4,9   | 4,24  | 5,09  | 6,23  | 1,31  | 7,78  | 8,26  |
| Raspon dana u mjesecu             | 1-3  | 4-6  | 7-9  | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-29 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 5 Prosječne temperature za mjesec veljača



Izvor: vlastiti

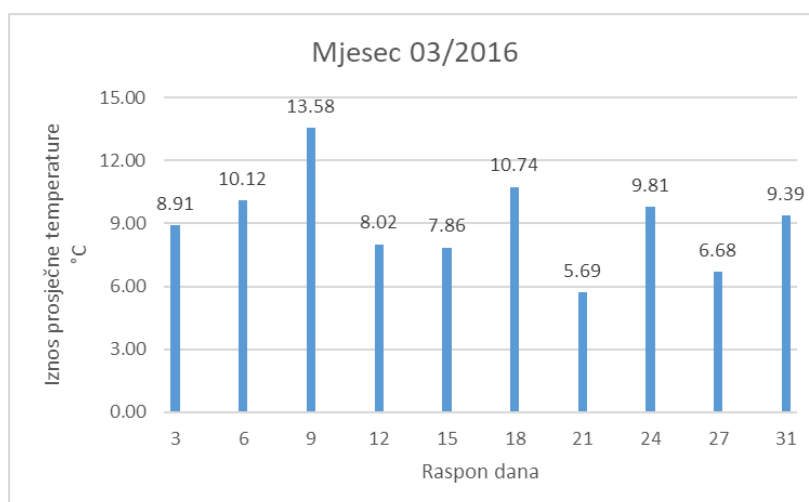
Tablica 17. i grafikon 6. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec ožujak te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 14 °C a minimalna ne pada ispod 5 °C.

Tablica 16. Prosječne temperature za mjesec ožujak

| Mjesec 03/2016                           |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Trodnevni prosjek temperature(°C)</b> | 8,91 | 10,12 | 13,58 | 8,02  | 7,86  | 10,74 | 5,69  | 9,81  | 6,68  | 9,39  |
| <b>Raspon dana u mjesecu</b>             | 1-3  | 4-6   | 7-9   | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-31 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 6. Prosječne temperature za mjesec ožujak



Izvor: vlastiti

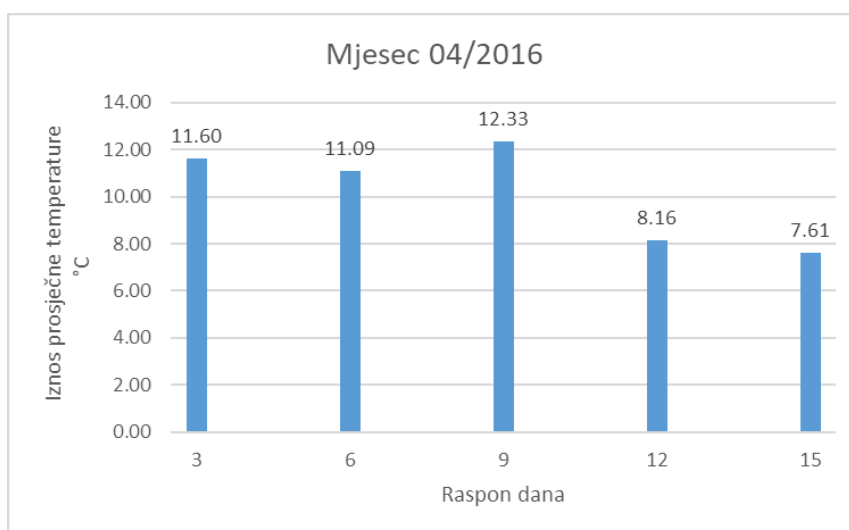
Tablica 18. i grafikon 7. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec travanj te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 13 °C a minimalna ne pada ispod 7 °C.

Tablica 17. Prosječne temperature za mjesec travanj

| Mjesec 04/2016                    |      |       |       |       |       |
|-----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| Trodnevni prosjek temperature(°C) | 11,6 | 11,09 | 12,33 | 8,16  | 7,61  |
| Raspon dana u mjesecu             | 1-3  | 4-6   | 7-9   | 10-12 | 13-15 |

Izvor: vlastiti

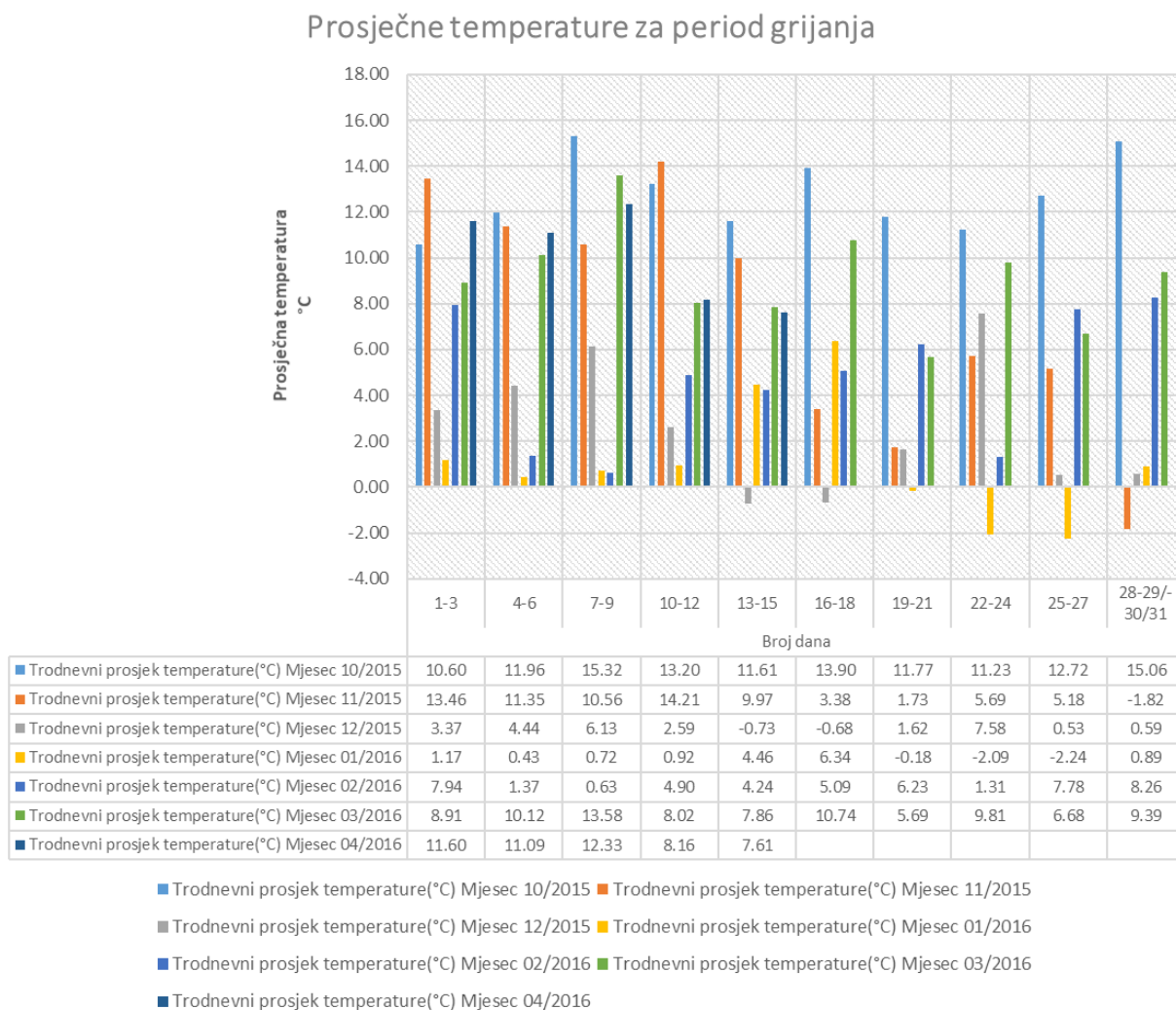
Grafikon 7. Prosječne temperature za mjesec travanj



Izvor: vlastiti

U nastavku je prikazana tablica i graf svih vrijednosti prosječnih trodnevnih temperatura na mjesečnoj bazi za period grijanja.

Grafikon 8. Prosječne vrijednosti temperatura svih mjeseci za period grijanja



Izvor: vlastiti

Iz prikazanog grafa može se uočiti da prosječna vanjska temperatura pada ispod 0°C u mjesecu studenom prosincu, siječnju i veljači dok su za ostale mjesece uglavnom vanjske prosječne trodnevne temperature iznad 0°C za vrijeme perioda grijanja.

### 5.2.2 Srednja vrijednost vanjske temperature na području grada Varaždina za period hlađenja

U sljedećim tablicama i dijagramima prikazane su srednje trodnevne vrijednosti temperature vanjskog zraka za period hlađenja od 15.06.2016 do 15.09.2016 vrijednosti su uzete za period u danu od 8:59h do 20h.

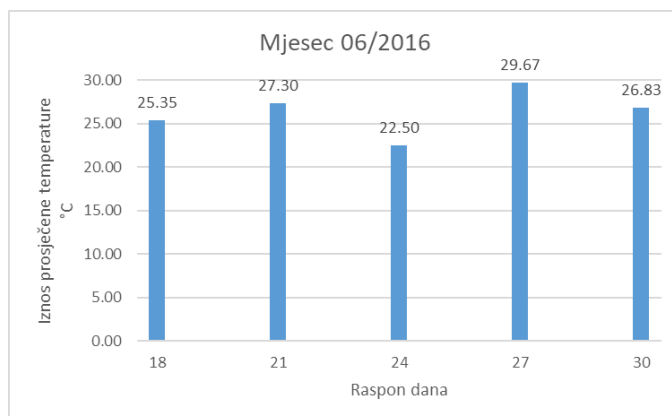
Tablica 19. i grafikon 9. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec lipanj te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 30°C a minimalna ne pada ispod 22 °C.

Tablica 18. Prosječne temperature za mjesec lipanj

| Mjesec 06/2016                    |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Trodnevni prosjek temperature(°C) | 25,35 | 27,30 | 22,5  | 29,67 | 26,83 |
| Raspon dana u mjesecu             | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-30 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 9. Prosječne temperature za mjesec lipanj



Izvor: vlastiti

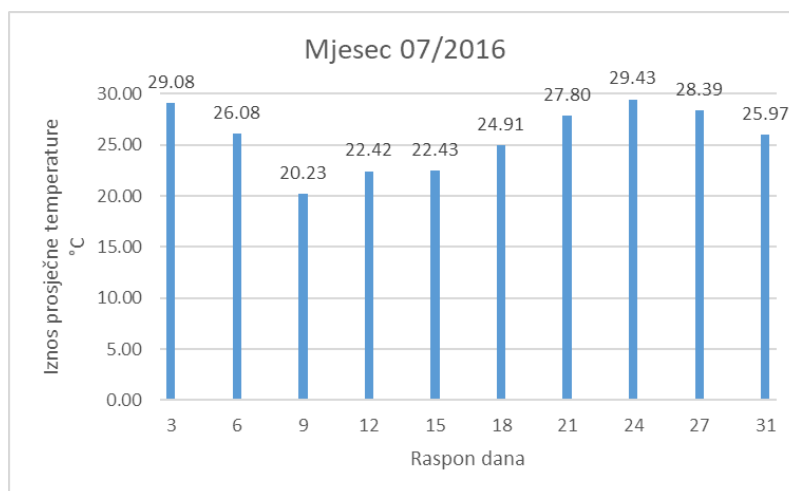
Tablica 20. i grafikon 10. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec srpanj te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 30°C a minimalna ne pada ispod 20 °C.

Tablica 19. Prosječne temperature za mjesec srpanj

| Mjesec 07/2016                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Trodnevni prosjek temperature(°C) | 29,08 | 26,08 | 20,23 | 22,42 | 22,43 | 24,91 | 27,80 | 29,43 | 28,39 | 25,97 |
| Raspon dana u mjesecu             | 1-3   | 4-6   | 7-9   | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-31 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 10. Prosječne temperature za mjesec srpanj



Izvor: vlastiti

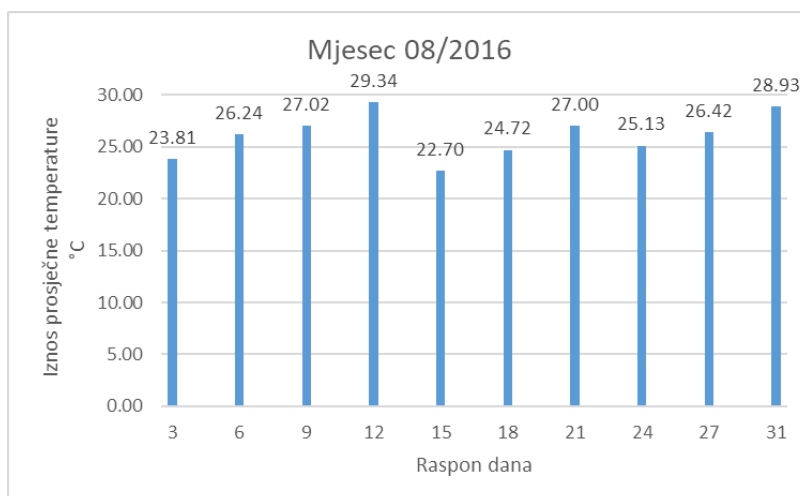
Tablica 21. i grafikon 11. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec kolovoz te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 29°C a minimalna ne pada ispod 22 °C.

Tablica 20. Prosječne temperature za mjesec kolovoz

| Mjesec 08/2016                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Trodnevni prosjek temeature(°C)</b> | 23,81 | 26,24 | 27,02 | 29,34 | 22,70 | 24,72 | 27,00 | 25,13 | 26,42 | 28,93 |
| <b>Raspon dana u mjesecu</b>           | 1-3   | 4-6   | 7-9   | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-31 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 11. Prosječne temperature za mjesec kolovoz



Izvor: vlastiti

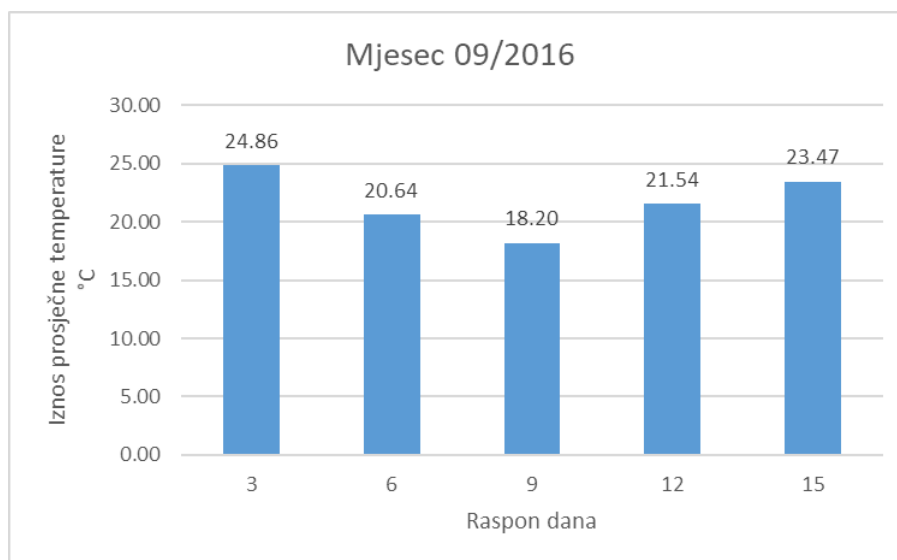
Tablica 22. i grafikon 12. prikazuju prosječne vrijednosti temperature za mjesec rujan te je vidljivo da maksimalna vrijednost temperature ne prelazi 25°C a minimalna ne pada ispod 18 °C.

Tablica 21. Prosječne temperature za mjesec rujan

| Mjesec 09/2016                    |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Trodnevni prosjek temperature(°C) | 24,86 | 20,64 | 18,20 | 21,54 | 23,47 |
| Raspon dana u mjesecu             | 1-3   | 4-6   | 7-9   | 8-12  | 13-15 |

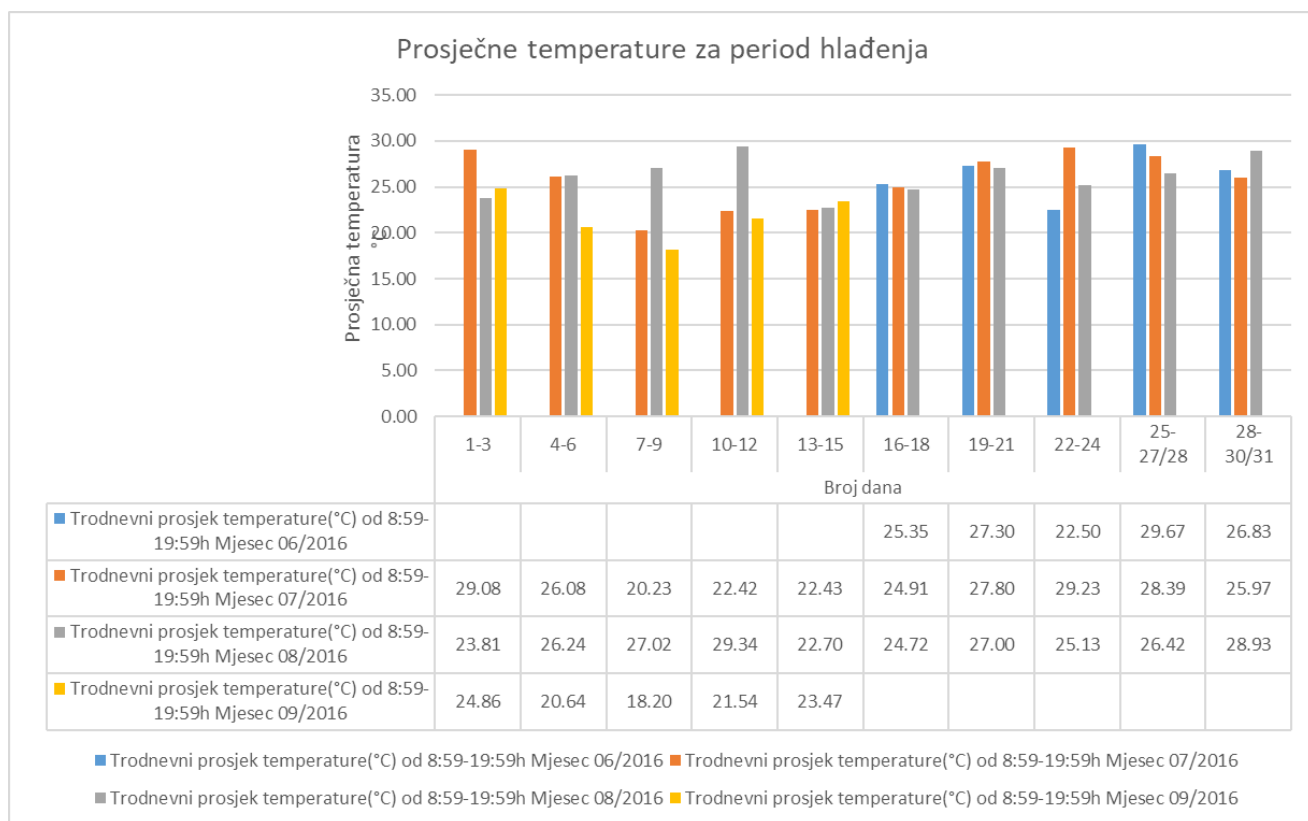
Izvor: vlastiti

Grafikon 12. Prosječne temperature za mjesec rujan



Izvor: vlastiti

Grafikon 13. Prosječne temperature za period hlađenja



Izvor: vlastiti

Iz dijagrama 13. vidljive su prosječne temperature za period hlađenja od 15.06.2015 do 15.09.2016., može se uočiti da je raspon srednje dnevne temperature kroz mjesece hlađenja viši od 18 °C te se penje do maksimalno 30 °C.

### 5.3. Izračun prosječne vrijednosti insolacije na trodnevnoj bazi za period grijanja i hlađenja

Na temelju određenog vremenskog perioda za grijanje i hlađenje iz baze podataka sa web stranice ([https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#MR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR)) preuzimaju se podaci za insolaciju. Preuzeti podaci sortirani su po satima za 2015.godinu i 2016.godinu. Prvo se sortiraju podaci za vremenski period grijanja, koji kako je prije definirano traje od 10/2015 do polovice 04/2016. Za period hlađenja termo tehnički sustav je primoran smanjiti temperaturu ogrjevnog medija na nižu od vanjske te nam ovdje insolacija za period hlađenja od 15.06.2016 do 15.09.2016 nije važna, pošto su solarni kolektori kao takvi van pogona. Solarni kolektori u periodu hlađenja došli bi do izražaja kada bih se pomoću njih pripremala PTV ali to ovdje nije slučaj.

Na području sjeverozapadne Hrvatske najbolja insolacija se postiže za kut nagiba između 30° i 45° stoga se kod postavljanja parametra na web stranici uzima kut od upravo 45° u odnosu na horizontalnu površinu. Prema tome u sljedećoj tablici dobiveni su podaci za prosječnu insolaciju u W/m<sup>2</sup> po satu za pojedini dani tokom perioda grijanja

Tablica 22. Prosječna insolacija u W/m<sup>2</sup> po satu za određeni dan perioda grijanja

| DAN<br>↓ | Insolacija u W/m <sup>2</sup> prosjek po satu za određeni dan |         |         |         |         |         |         |
|----------|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|          | Mjesec/Godina                                                 |         |         |         |         |         |         |
|          | 10/2015                                                       | 11/2015 | 12/2015 | 01/2016 | 02/2016 | 03/2016 | 04/2016 |
| 1        | 243.81                                                        | 244.53  | 132.88  | 75.32   | 165.73  | 127.12  | 106.70  |
| 2        | 223.79                                                        | 241.01  | 186.41  | 15.06   | 54.76   | 182.31  | 191.22  |
| 3        | 104.03                                                        | 238.12  | 95.19   | 9.95    | 25.03   | 20.47   | 270.59  |
| 4        | 224.48                                                        | 240.58  | 66.76   | 3.09    | 193.93  | 121.50  | 274.37  |
| 5        | 215.41                                                        | 235.11  | 58.37   | 8.71    | 204.77  | 57.46   | 241.84  |
| 6        | 129.19                                                        | 238.00  | 198.17  | 0.57    | 229.68  | 157.12  | 273.01  |
| 7        | 22.02                                                         | 153.20  | 35.85   | 67.63   | 44.35   | 41.26   | 252.88  |
| 8        | 32.24                                                         | 233.96  | 16.09   | 7.26    | 32.25   | 48.45   | 31.89   |
| 9        | 49.46                                                         | 170.10  | 19.85   | 29.94   | 131.42  | 153.85  | 128.88  |
| 10       | 20.43                                                         | 68.69   | 103.62  | 83.54   | 25.31   | 261.99  | 207.96  |
| 11       | 18.23                                                         | 218.25  | 207.49  | 63.85   | 250.60  | 36.40   | 292.66  |
| 12       | 139.19                                                        | 223.88  | 37.99   | 121.26  | 44.30   | 57.13   | 293.93  |
| 13       | 22.12                                                         | 220.10  | 203.84  | 182.12  | 155.14  | 31.60   | 273.67  |
| 14       | 22.93                                                         | 109.53  | 202.28  | 144.80  | 68.30   | 301.35  | 118.34  |
| 15       | 18.68                                                         | 89.35   | 33.96   | 60.40   | 24.48   | 51.87   | 281.04  |
| 16       | 103.36                                                        | 196.88  | 43.63   | 130.08  | 30.05   | 34.31   |         |
| 17       | 42.02                                                         | 116.91  | 28.31   | 151.91  | 26.73   | 289.34  |         |
| 18       | 109.13                                                        | 203.31  | 64.70   | 220.38  | 25.35   | 314.40  |         |
| 19       | 14.96                                                         | 198.86  | 134.43  | 98.05   | 48.29   | 289.99  |         |
| 20       | 137.53                                                        | 69.41   | 45.60   | 174.74  | 223.03  | 309.79  |         |
| 21       | 135.67                                                        | 10.07   | 201.40  | 135.11  | 164.62  | 266.42  |         |
| 22       | 55.74                                                         | 58.80   | 193.73  | 139.74  | 227.07  | 157.64  |         |
| 23       | 97.45                                                         | 114.27  | 203.09  | 27.51   | 39.53   | 75.34   |         |
| 24       | 252.84                                                        | 28.89   | 167.91  | 136.75  | 201.13  | 188.54  |         |
| 25       | 145.49                                                        | 12.72   | 186.25  | 184.00  | 50.98   | 143.84  |         |
| 26       | 244.75                                                        | 24.12   | 204.78  | 198.00  | 85.43   | 109.24  |         |
| 27       | 81.37                                                         | 33.29   | 195.71  | 180.03  | 165.71  | 250.96  |         |
| 28       | 77.95                                                         | 111.08  | 205.16  | 237.53  | 78.70   | 271.22  |         |
| 29       | 43.63                                                         | 146.48  | 20.82   | 214.59  | 40.62   | 239.72  |         |
| 30       | 237.37                                                        | 158.86  | 62.27   | 121.40  |         | 186.76  |         |
| 31       | 208.84                                                        |         | 175.45  | 53.05   |         | 292.49  |         |

Izvor: vlastiti

Nakon izračuna prosječne insolacije u  $\text{W/m}^2$  po satu za određeni dan perioda grijanja računa se ukupna insolacija koja se može dobiti tijekom 24 sata za svaki dan. Zbog velikog opsega podatka sljedeće što se izračuna je prosječna insolacija po danu ali za raspon od 3 uzastopna dana. Za mjesece koji imaju 31 dan zadnji podatak u sljedećoj tablici se odnosi na zadnja 4 dana. Također kod mjeseca veljače zadnji podatak u tablici je prosječna vrijednost za dva dana a ne tri kako što je slučaj ostalih dana u tablici.

Tablica 23. Prikaz prosječne insolacije (po danu) za definirani raspon dana i određeni mjesec

| Insolacija za 10/2015 prosjek po danu |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Raspon dana                           | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-31   |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 4573.04 | 4552.64 | 829.76  | 1422.8  | 509.84  | 2036.08 | 2305.28 | 3248.24 | 3772.88 | 3406.74 |
|                                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Insolacija za 11/2015 prosjek po danu |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Raspon dana                           | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-30   |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 5789.22 | 5709.51 | 4458.11 | 4086.55 | 3351.92 | 2226.75 | 2226.75 | 1615.69 | 560.99  | 3331.33 |
|                                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Insolacija za 12/2015 prosjek po danu |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Raspon dana                           | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-31   |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 3315.86 | 2586.41 | 574.27  | 2792.8  | 3520.73 | 1093.16 | 3051.43 | 4517.87 | 4693.91 | 2782.15 |
|                                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Insolacija za 01/2016 prosjek po danu |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Raspon dana                           | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-31   |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 802.63  | 99.01   | 838.61  | 2149.21 | 3098.62 | 4018.92 | 3263.21 | 3263.21 | 4496.25 | 3759.39 |
|                                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Insolacija za 02/2016 prosjek po danu |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Raspon dana                           | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-29   |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 1964.17 | 5026.98 | 1664.2  | 2561.66 | 1667.81 | 657.05  | 3487.51 | 3741.87 | 2417.03 | 1431.81 |
|                                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Insolacija za 03/2016 prosjek po danu |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Raspon dana                           | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-31   |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 2639.18 | 2688.65 | 1948.45 | 2844.14 | 3078.58 | 5104.45 | 6929.59 | 3372.11 | 4032.36 | 5941.1  |
|                                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Insolacija za 04/2016 prosjek po danu |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Raspon dana                           | 1-3     |         | 4-6     |         | 7-9     |         | 9-12    |         | 13-15   |         |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 4548.06 |         | 6313.7  |         | 3309.25 |         | 6356.46 |         | 5384.48 |         |

Izvor: vlastiti

Vrlo je bitno kod izračuna u obzir uzeti i faktor oblačnosti. Faktor oblačnosti ukazuje na mogućnost pojave oblačnih dana tijekom zimskog perioda. Stoga se dobiveni podaci iz tablice 24 množe sa određenim faktorom. Iskustveno je određeno da se faktor oblačnosti množi sa drugom polovicom 10. mjeseca zbog veće mogućnosti naoblake, studenim, prosincem, siječnjem, veljačom te ožujkom a da je mjesec travanj relativno sunčan mjesec te se njemu ne pridodaje faktor oblačnosti. Iz tablice 25 može se vidjeti koje su vrijednosti faktora oblačnosti po pojedinim mjesecima.

Vrijednosti faktora oblačnosti prikazane u tablici množe se sa vrijednostima u tablici 24. te se dobivaju vrijednosti sa svaki mjesec prikazane u tablicama i dijagramima u nastavku poglavlja.

Tablica 24. Faktor oblačnosti

| Mjesec  | Faktor oblačnosti |
|---------|-------------------|
| 10/2015 | 0,8               |
| 11/2015 | 0,7               |
| 12/2015 | 0,65              |
| 01/2016 | 0,6               |
| 02/2016 | 0,65              |
| 03/2016 | 0,8               |
| 04/2016 | 1                 |

Izvor: vlastiti

U nastavku su prikazane vrijednosti za pojedini mjesec tablično te grafički da bi se vidjeli skokovi insolacije tijekom perioda grijanja.

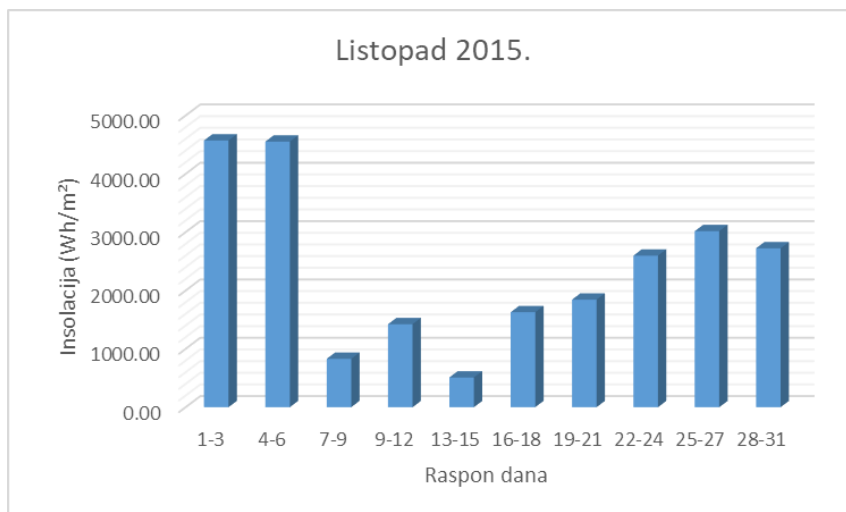
Sljedeća tablica 26. i dijagram 14. prikazuju vrijednosti insolacije za mjesec listopad, prosječna maksimalna vrijednost insolacije tijekom dana ne prelazi vrijednost od 5000 Wh/m<sup>2</sup> i ne pada ispod vrijednosti od 500 Wh/m<sup>2</sup>.

Tablica 25. Insolacija za mjesec listopad

| Insolacija za 10/2015 prosjek po danu uz faktor oblačnosti 0,8 |         |         |        |         |        |         |         |         |         |         |
|----------------------------------------------------------------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Raspon dana                                                    | 1-3     | 4-6     | 7-9    | 9-12    | 13-15  | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-31   |
| Insolacija (Wh/m <sup>2</sup> )                                | 4573.04 | 4552.64 | 829.76 | 1422.80 | 509.84 | 1628.86 | 1844.22 | 2598.59 | 3018.30 | 2725.39 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 14. Insolacija za mjesec listopad



Izvor: vlastiti

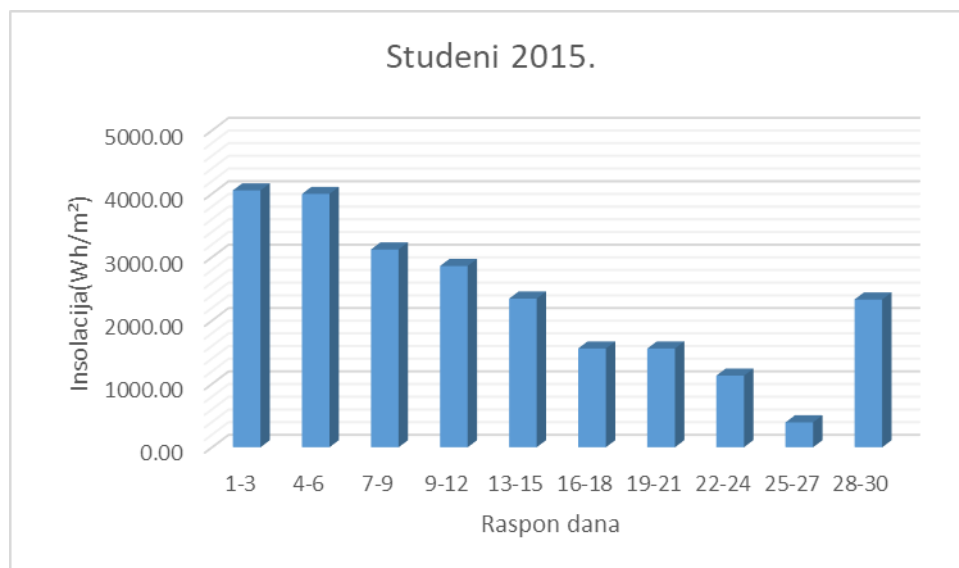
Tablica 27. i dijagram 15. prikazuju vrijednosti insolacije za mjesec studeni, prosječna maksimalna vrijednost insolacije tijekom dana ne prelazi vrijednost od 4100 Wh/m<sup>2</sup> i ne pada ispod vrijednosti od 400 Wh/m<sup>2</sup>.

Tablica 26. Insolacija za mjesec studeni

| Insolacija za 11/2015 prosjek po danu uz faktor oblačnosti 0,7 |         |         |         |         |         |         |         |         |        |         |
|----------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Raspon dana                                                    | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27  | 28-30   |
| Insolacija (Wh/m²)                                             | 4052.45 | 3996.66 | 3120.68 | 2860.59 | 2346.34 | 1558.73 | 1558.73 | 1130.98 | 392.69 | 2331.93 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 15. Insolacija za mjesec studeni



Izvor: vlastiti

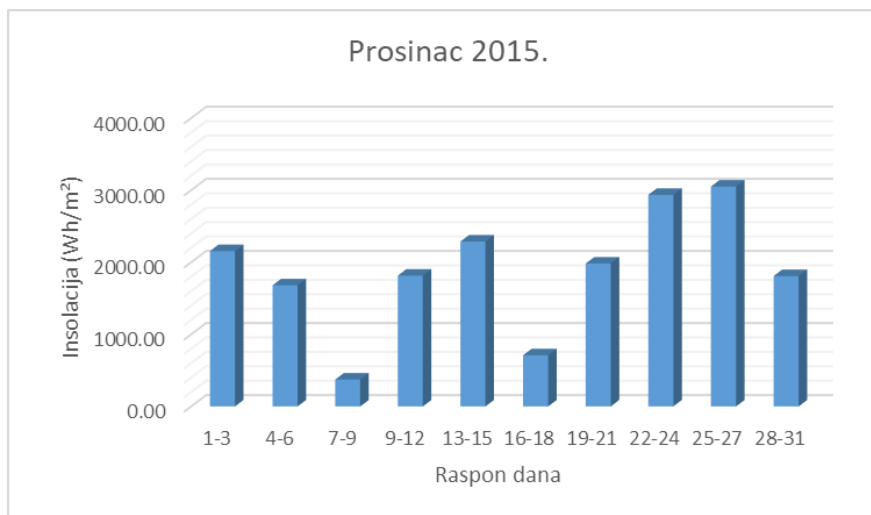
Tablica 28. i dijagram 16. prikazuju vrijednosti insolacije za mjesec prosinac, prosječna maksimalna vrijednost insolacije tijekom dana ne prelazi vrijednost od 3100 Wh/m<sup>2</sup> i ne pada ispod vrijednosti od 370 Wh/m<sup>2</sup>.

Tablica 27. Insolacija za mjesec prosinac

| Insolacija za 12/2015 prosjek po danu |         |         |        |        |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Raspon dana                           | 1-3     | 4-6     | 7-9    | 9-12   | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-31   |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 3315.86 | 2586.41 | 574.27 | 2792.8 | 3520.73 | 1093.16 | 3051.43 | 4517.87 | 4693.91 | 2782.15 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 16. Insolacija za mjesec prosinac



Izvor: vlastiti

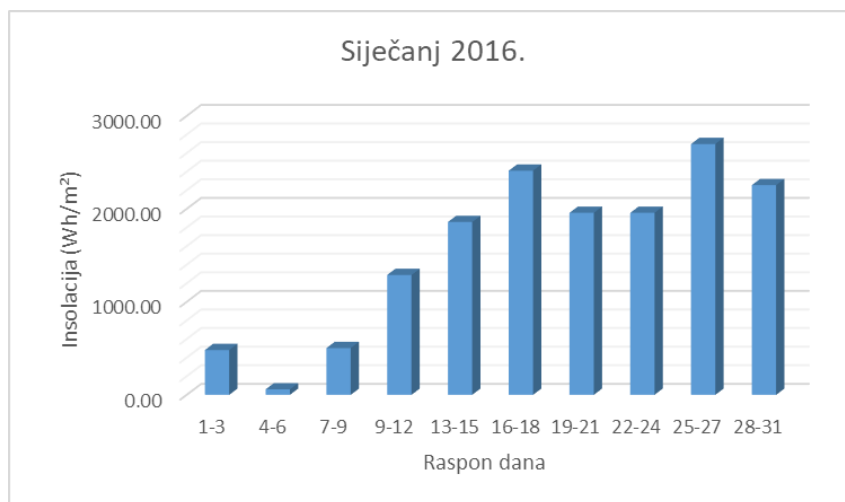
Tablica 29. i dijagram 17. prikazuju vrijednosti insolacije za mjesec siječanj, prosječna maksimalna vrijednost insolacije tijekom dana ne prelazi vrijednost od 2700 Wh/m<sup>2</sup> a minimalna pada čak do 59,4 Wh/m<sup>2</sup> te se iz ovog može zaključiti da u ovom periodu će raditi isključivo dizalica topline jer se radi o vrlo maloj vrijednosti.

Tablica 28. Insolacija za mjesec siječanj

| Insolacija za 01/2016 prosjek po danu uz faktor oblačnosti 0,6 |        |       |        |         |         |         |         |         |         |         |
|----------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Raspon dana                                                    | 1-3    | 4-6   | 7-9    | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-31   |
| Insolacija (Wh/m <sup>2</sup> )                                | 481.58 | 59.41 | 503.17 | 1289.53 | 1859.17 | 2411.35 | 1957.93 | 1957.93 | 2697.75 | 2255.63 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 17. Insolacija za mjesec siječanj



Izvor: vlastiti

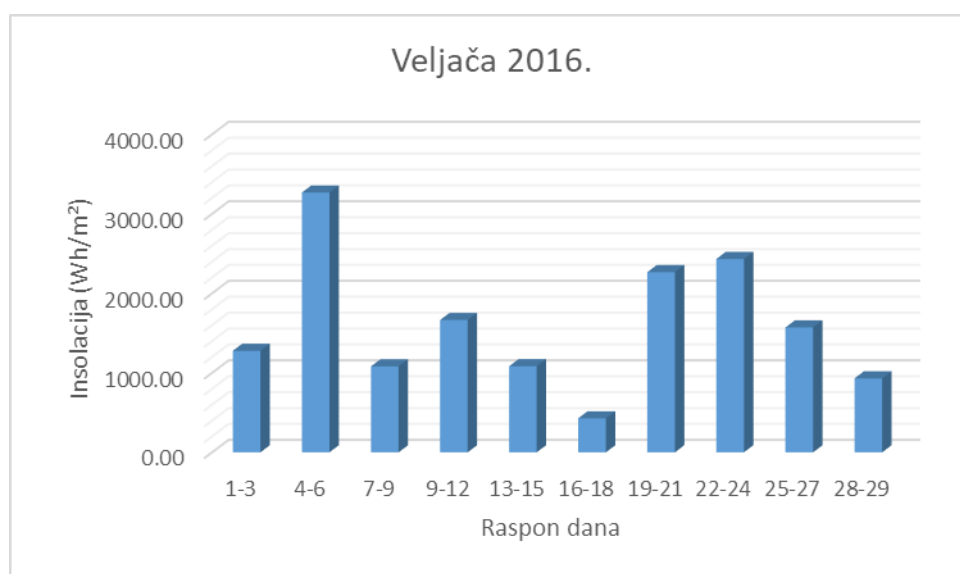
Tablica 30. i dijagram 18. prikazuju vrijednosti insolacije za mjesec veljaču, prosječna maksimalna vrijednost insolacije tijekom dana ne prelazi vrijednost od 2500 Wh/m<sup>2</sup> i ne pada ispod vrijednosti od 400 Wh/m<sup>2</sup>.

Tablica 29. Insolacija za mjesec veljača

| Insolacija za 02/2016 prosjek po danu uz faktor oblačnosti 0,65 |         |         |         |         |         |        |         |         |         |        |
|-----------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| Raspon dana                                                     | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18  | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-29  |
| Insolacija (Wh/m <sup>2</sup> )                                 | 1276.71 | 3267.54 | 1081.73 | 1665.08 | 1084.08 | 427.08 | 2266.88 | 2432.22 | 1571.07 | 930.68 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 18. Insolacija za mjesec veljača



Izvor: vlastiti

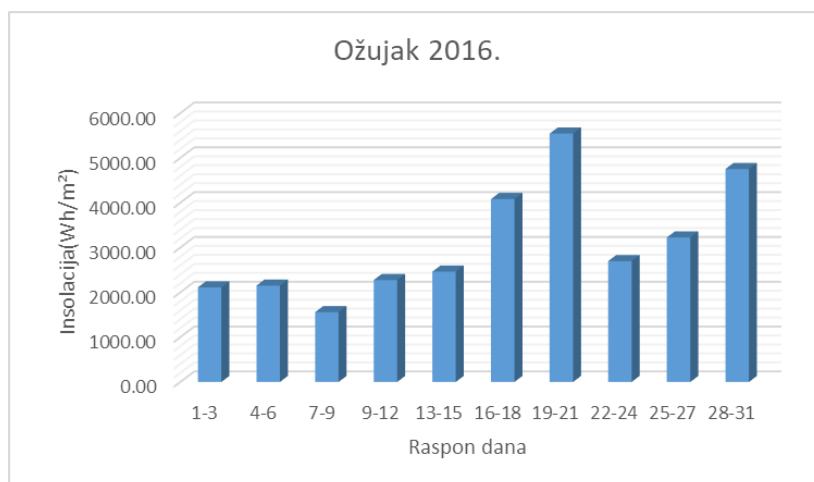
Tablica 31. i dijagram 19. prikazuju vrijednosti insolacije za mjesec ožujak, prosječna maksimalna vrijednost insolacije tijekom dana ne prelazi vrijednost od 5600 Wh/m<sup>2</sup> i ne pada ispod vrijednosti od 1500 Wh/m<sup>2</sup>.

Tablica 30. Insolacija za mjesec ožujak

| Insolacija za 03/2016 prosjek po danu uz faktor oblačnosti 0,8 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Raspon dana                                                    | 1-3     | 4-6     | 7-9     | 9-12    | 13-15   | 16-18   | 19-21   | 22-24   | 25-27   | 28-31   |
| Insolacija (Wh/m <sup>2</sup> )                                | 2111.34 | 2150.92 | 1558.76 | 2275.31 | 2462.86 | 4083.56 | 5543.67 | 2697.69 | 3225.89 | 4752.88 |

Izvor: vlastiti

Grafikon 19. Insolacija za mjesec ožujak



Izvor: vlastiti

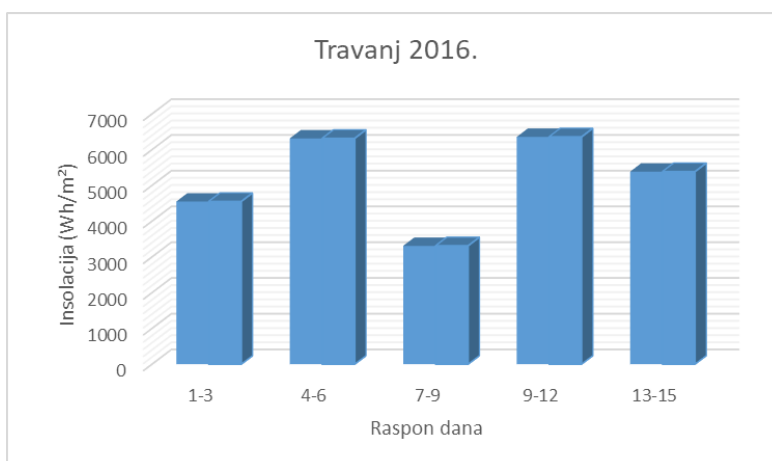
Tablica 32. i dijagram 20. prikazuju vrijednosti insolacije za mjesec travanj, prosječna maksimalna vrijednost insolacije tijekom dana ne prelazi vrijednost od 6400 Wh/m² i ne pada ispod vrijednosti od 3300 Wh/m². Ovaj mjesec u odnosu na preostalih šest omogućuje relativno velike i konstante vrijednosti insolacije te će u ovom periodu dizalica topline manje raditi zbog pomoći solarnih kolektora u sustavu grijanja.

Tablica 31. Insolacija za mjesec travanj

| Insolacija za 04/2016 prosjek po danu |         |        |         |         |         |
|---------------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Raspon dana                           | 1-3     | 4-6    | 7-9     | 9-12    | 13-15   |
| Insolacija (Wh/m²)                    | 4548.06 | 6313.7 | 3309.25 | 6356.46 | 5384.48 |

Izvor: vlastiti

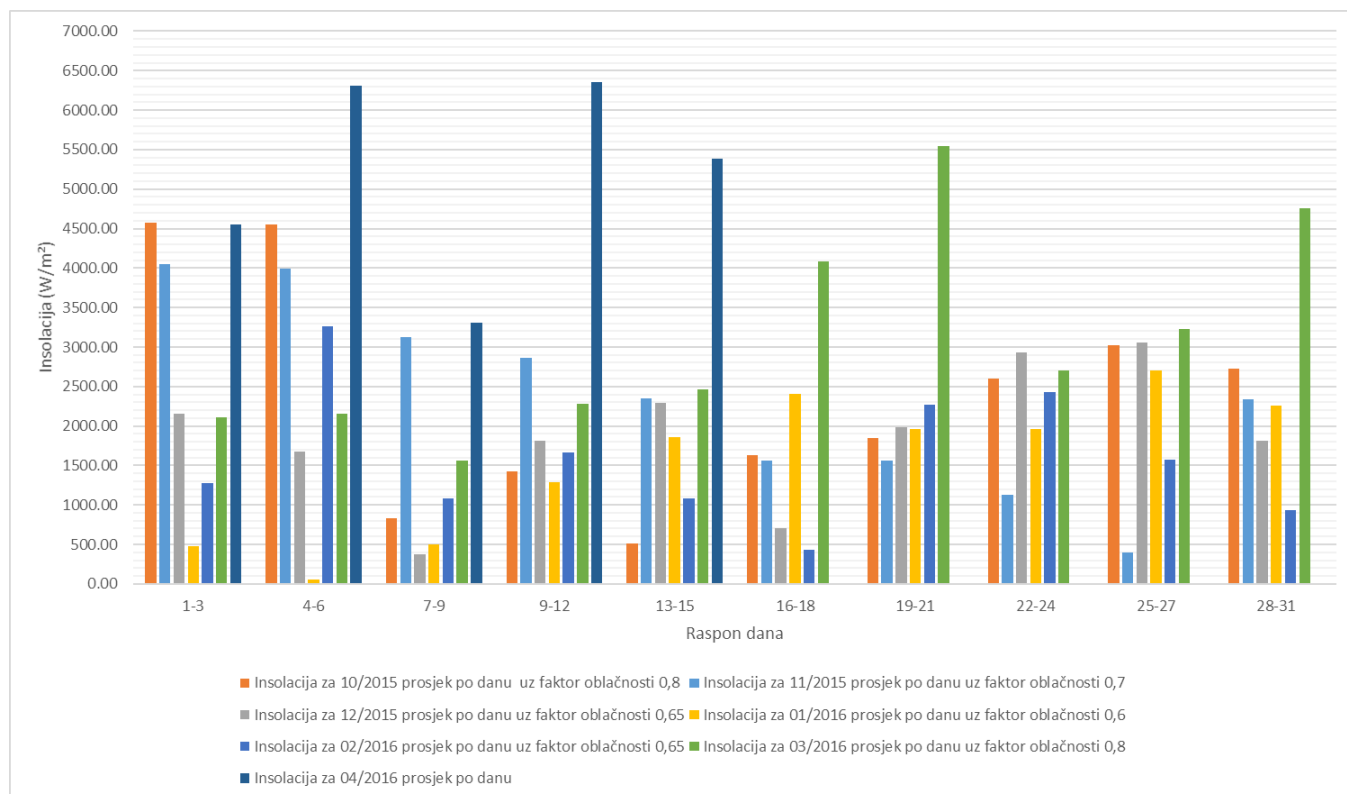
Grafikon 20. Insolacija za mjesec travanj



Izvor: vlastiti

Da bi se detaljnije prikazali odnosi insolacije kroz period grijanja napravljen je grafikon sa prosječnim trodnevnim vrijednostima insolacije. U 10. mjesecu najviše insolacije se dobiva u prvom i drugom trodnevnom rasponu dok su ostali u značajnijem padu u odnosu na prava dva. Insolacija u 11. mjesecu je prva dva trodnevna raspona relativno konstantna te se prema kraju mjeseca onda smanjuje. Prosinac kroz cijeli mjesec ima relativno konstantnu insolaciju sam malim skokovima te je onda dosta niska. Insolacija mjeseca siječnja se nastavlja na prosinac koja kreće sa malim vrijednostima te prema kraju mjeseca ona raste. Veljača ima vrijednosti koje su prosječne za ovaj period grijanja. U ožujku insolacija ima najveće skokove, prva četiri perioda vrijednosti su niže onda one naglo rastu kroz dva perioda, nakon čega se umanjuju te na kraju mjeseca ponovo rastu. Na kraju perioda grijanja u mjesecu travnju vrijednosti insolacije su u značajnom porastu u odnosu na ostale mjesece te možemo iz visokih vrijednosti insolacije zaključiti da u ovom periodu ima više sunca, topliji su dani i prestaje sezona grijanja.

Grafikon 21. Odnosi insolacije kroz period grijanja



Izvor: vlastiti

## 5.4. Proračun temperature polaznog i povratnog voda ogrjevnog/rashladnog medija

Kako bih se odredila kolika je ukupna potrebna toplinska energija za grijanje a rashladna energija za hlađenje, potrebno je odrediti projektnu unutarnju i vanjsku temperaturu. Projektna unutarnja i vanjska temperatura nalazi se u tablicama te ovisi o području u kojem se građevina nalazi. Za svaki period grijanja i hlađenja najbitniji utjecajni faktor za izračun potrebne energije je prosječna vanjska temperatura koja je definirana u poglavlju 5.2. Kada su ovi parametri poznati kreće se u proračun prema sljedećim formulama gdje se prvo računa polazna te povratna temperatura ogrjevnog medija.

### 5.4.1 Proračun temperature polaznog i povratnog voda ogrjevnog medija za promjenjive uvjete

Najprije se računa temperatura ogrjevnog medija u polaznom vodu prema formuli:

$$\vartheta_{wpolaz} = \vartheta_m + \frac{\Delta\vartheta_{wn}}{2} \cdot \frac{\vartheta_p - \vartheta_{vx}}{(\vartheta_p - \vartheta_{vz})_n}, [^{\circ}\text{C}] \quad (11)$$

Članovi u jednadžbi predstavljaju:

|                        |   |                                                                             |
|------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------|
| $\vartheta_m$          | - | srednja temperatura ogrjevnog medija                                        |
| $\Delta\vartheta_{wn}$ | - | temperatura hladne vode [10 °C]                                             |
| $\vartheta_p$          | - | unutarnja projektna temperatura grijanja                                    |
| $\vartheta_{vx}$       | - | prosječna srednja temperatura izračunata za period grijanja na dnevnoj bazi |
| $\vartheta_{vz}$       | - | vanjska projektna temperatura grijanja                                      |

te za ovaj proračun prema tablici 4. iznose:

|                  |   |          |
|------------------|---|----------|
| $\vartheta_p$    | - | 22 °C    |
| $\vartheta_{vz}$ | - | -14,9 °C |

Temperatura ogrjevnog medija u povratnom vodu računa se prema formuli:

$$\vartheta_{wpovrat} = \vartheta_m - \frac{\Delta\vartheta_{wn}}{2} \cdot \frac{\vartheta_p - \vartheta_{vx}}{(\vartheta_p - \vartheta_{vz})_n}, [^{\circ}\text{C}] \quad (12)$$

Gdje je  $\vartheta_m$  srednja temperatura ogrjevnog medija i računa se prema formuli (13):

$$\vartheta_m = \vartheta_p + \Delta\vartheta_n \cdot \left[ \frac{\vartheta_p - \vartheta_{vx}}{(\vartheta_p - \vartheta_{vz})_n} \right]^{\frac{n}{1+n}}, [^{\circ}\text{C}] \quad (13)$$

Gdje je  $n$  eksponent za ventilokonvektore kod prijenosa topline konvekcijom te on iznosi:

$$n=0,3$$

a  $\Delta\vartheta_n$  se izračunava prema formuli na način da se izračuna srednja temperatura polaznog voda i povratnog te se od nje oduzme vrijednost unutarnje projektne temperature.

$$\Delta\vartheta_n = \frac{\vartheta_{wp} + \vartheta_{wpov}}{2} - \vartheta_p, [^{\circ}\text{C}] \quad (14)$$

Ulazni podaci temperature polaznog i povratnog voda za grijanje iznose:

$$\begin{array}{ll} \vartheta_{wp} & - \quad 55^{\circ}\text{C} \\ \vartheta_{wpov} & - \quad 45^{\circ}\text{C} \end{array}$$

Prema tome je:

$$\Delta\vartheta_n = \frac{55 + 45}{2} - 22 = 28^{\circ}\text{C} \quad (15)$$

Na temelju definiranih formula u ovome poglavlju za prosječne dnevne temperature na trodnevnoj bazi izračunate su temperature za polazni vod i povratni vod te srednja temperatura ogrjevnog medija. Sve vrijednosti za pojedine periode kroz mjesec prikazane su u tablici 33.

Tablica 32. Prikaz temperature ogrjevnog medija polaznog i povratnog voda

|                | Raspon dana           | Trodnevni prosjek temperature polaznog i povratnog voda ogrjevnog medija (°C) |       |       |       |       |       |       |       |       |              |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
|                |                       | 1-3                                                                           | 4-6   | 7-9   | 10-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 | 25-27 | 28-29/-30/31 |
| Mjesec 10/2015 | $\vartheta_{wpolaz}$  | 34.89                                                                         | 33.65 | 30.43 | 32.49 | 33.97 | 31.82 | 33.82 | 34.31 | 32.94 | 30.68        |
|                | $\vartheta_{wpovrat}$ | 31.80                                                                         | 31.32 | 28.62 | 30.10 | 31.16 | 29.62 | 31.05 | 31.40 | 30.43 | 28.80        |
|                | $\vartheta_m$         | 33.34                                                                         | 32.29 | 29.52 | 31.30 | 32.57 | 30.72 | 32.44 | 32.86 | 31.68 | 29.74        |
| Mjesec 11/2015 | $\vartheta_{wpolaz}$  | 32.24                                                                         | 34.21 | 34.92 | 31.52 | 35.46 | 41.07 | 42.41 | 39.15 | 39.58 | 45.23        |
|                | $\vartheta_{wpovrat}$ | 29.93                                                                         | 31.32 | 31.82 | 29.41 | 32.20 | 36.02 | 36.92 | 34.73 | 35.02 | 38.77        |
|                | $\vartheta_m$         | 31.08                                                                         | 32.77 | 33.37 | 30.46 | 33.83 | 38.55 | 39.66 | 36.94 | 37.30 | 42.00        |
| Mjesec 12/2015 | $\vartheta_{wpolaz}$  | 41.08                                                                         | 40.19 | 38.78 | 41.71 | 44.37 | 44.33 | 42.50 | 37.55 | 43.37 | 43.32        |
|                | $\vartheta_{wpovrat}$ | 36.03                                                                         | 35.44 | 34.48 | 36.45 | 38.21 | 38.18 | 36.98 | 33.64 | 37.55 | 37.52        |
|                | $\vartheta_m$         | 38.55                                                                         | 37.81 | 36.63 | 39.08 | 41.29 | 41.26 | 39.74 | 35.59 | 40.46 | 40.42        |
| Mjesec 01/2016 | $\vartheta_{wpolaz}$  | 42.86                                                                         | 43.45 | 43.22 | 43.06 | 40.17 | 38.60 | 43.93 | 45.43 | 45.55 | 43.09        |
|                | $\vartheta_{wpovrat}$ | 37.21                                                                         | 37.60 | 37.45 | 37.34 | 35.42 | 34.36 | 37.92 | 38.91 | 38.98 | 37.36        |
|                | $\vartheta_m$         | 40.04                                                                         | 40.52 | 40.33 | 40.20 | 37.80 | 36.48 | 40.93 | 42.17 | 42.27 | 40.22        |
| Mjesec 02/2016 | $\vartheta_{wpolaz}$  | 37.24                                                                         | 42.70 | 43.29 | 39.81 | 40.36 | 39.65 | 38.70 | 42.75 | 37.38 | 36.96        |
|                | $\vartheta_{wpovrat}$ | 33.43                                                                         | 37.11 | 37.50 | 35.18 | 35.55 | 35.07 | 34.43 | 37.14 | 33.52 | 33.23        |
|                | $\vartheta_m$         | 35.33                                                                         | 39.90 | 40.39 | 37.50 | 37.96 | 37.36 | 36.56 | 39.95 | 35.45 | 35.10        |
| Mjesec 03/2016 | $\vartheta_{wpolaz}$  | 36.39                                                                         | 35.32 | 32.12 | 37.17 | 37.31 | 34.76 | 39.15 | 35.60 | 38.32 | 35.97        |
|                | $\vartheta_{wpovrat}$ | 32.84                                                                         | 32.10 | 29.84 | 33.38 | 33.47 | 31.71 | 34.73 | 32.29 | 34.16 | 32.55        |
|                | $\vartheta_m$         | 34.61                                                                         | 33.71 | 30.98 | 35.27 | 35.39 | 33.23 | 36.94 | 33.94 | 36.24 | 34.26        |
| Mjesec 04/2016 | $\vartheta_{wpolaz}$  | 33.98                                                                         | 34.44 | 33.31 | 37.05 | 37.52 |       |       |       |       |              |
|                | $\vartheta_{wpovrat}$ | 31.16                                                                         | 31.49 | 30.69 | 33.30 | 33.62 |       |       |       |       |              |
|                | $\vartheta_m$         | 32.57                                                                         | 32.97 | 32.00 | 35.17 | 35.57 |       |       |       |       |              |

Izvor: vlastiti

Kada su proračunate temperature ogrjevnog medija polaznog i povratnog voda izračunava se potrebna toplinska snaga za grijanje prema formuli (16):

$$Q_G = m_w \cdot c_{pw} \cdot (\vartheta_{wp} - \vartheta_{wpov}), [\text{kW}] \quad (16)$$

Gdje su vrijednosti :

- $c_{pw}$  - specifični toplinski kapacitet vode, [ 4,186 kJ/kgK]
- $m_w$  - masa vode, kod grijanja, [kg]
- $\vartheta_{wp}$  - temperatura polaznog voda,[°C]
- $\vartheta_{wpov}$  - temperatura povratnog voda,[°C]

Proračun se radi na način da je  $m_w$  konstantan a  $\vartheta_{wp}$  i  $\vartheta_{wpov}$  su varijabilni u odnosu na prosječnu vanjsku dnevnu temperaturu za određeni mjesec prikazano u tablici 33. Vrijednost  $m_w$  dobije se prema formuli (16) za vrijednosti  $Q_G = 25$  kW te poznatim vrijednostima  $c_{pw}$  i maksimalnim temperaturama polaza i povrata koje iznose 55°C i 45°C.

U nastavku su prikazane tablice sa pojedinim dobivenim vrijednostima potrebne toplinske snage za određeni period grijanja na dnevnoj bazi i trodnevnoj bazi.

Tablica 33. Potrebna  $Q_G$  po danima i mjesecima

|           |              | Potrebna $Q_g$ na dnevnoj bazi [kW] |                |                |                |                |                |                |
|-----------|--------------|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|           |              | Mjesec 10/2015                      | Mjesec 11/2015 | Mjesec 12/2015 | Mjesec 01/2016 | Mjesec 02/2016 | Mjesec 03/2016 | Mjesec 04/2016 |
| Broj dana | 1-3          | 7.72                                | 5.79           | 12.62          | 14.11          | 9.53           | 8.87           | 7.05           |
|           | 4-6          | 5.81                                | 7.22           | 11.90          | 14.61          | 13.98          | 8.05           | 7.39           |
|           | 7-9          | 4.53                                | 7.75           | 10.75          | 14.42          | 14.48          | 5.70           | 6.55           |
|           | 10-12        | 5.96                                | 5.28           | 13.15          | 14.28          | 11.59          | 9.47           | 9.38           |
|           | 13-15        | 7.04                                | 8.15           | 15.40          | 11.88          | 12.04          | 9.58           | 9.75           |
|           | 16-18        | 5.49                                | 12.62          | 15.37          | 10.61          | 11.46          | 7.63           |                |
|           | 19-21        | 6.93                                | 13.74          | 13.81          | 15.03          | 10.69          | 11.05          |                |
|           | 22-24        | 7.29                                | 11.05          | 9.77           | 16.32          | 14.02          | 8.26           |                |
|           | 25-27        | 6.29                                | 11.40          | 14.55          | 16.42          | 9.64           | 10.38          |                |
|           | 28-29/-30/31 | 4.70                                | 16.14          | 14.51          | 14.31          | 9.31           | 8.54           |                |

Izvor: vlastiti

Tablica 34. Potrebna  $Q_G$  po periodima za tri dana

|           |              | Potrebna $Q_g$ za tri dana grijanja [kW] |                |                |                |                |                |                |
|-----------|--------------|------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|           |              | Mjesec 10/2015                           | Mjesec 11/2015 | Mjesec 12/2015 | Mjesec 01/2016 | Mjesec 02/2016 | Mjesec 03/2016 | Mjesec 04/2016 |
| Broj dana | 1-3          | 23.17                                    | 17.36          | 37.87          | 42.34          | 28.58          | 26.60          | 21.15          |
|           | 4-6          | 17.43                                    | 21.65          | 35.69          | 43.83          | 41.93          | 24.15          | 22.17          |
|           | 7-9          | 13.58                                    | 23.25          | 32.25          | 43.25          | 43.43          | 17.11          | 19.66          |
|           | 10-12        | 17.89                                    | 15.83          | 39.45          | 42.84          | 34.76          | 28.42          | 28.14          |
|           | 13-15        | 21.13                                    | 24.46          | 46.21          | 35.64          | 36.11          | 28.75          | 29.24          |
|           | 16-18        | 16.46                                    | 37.85          | 46.10          | 31.83          | 34.37          | 22.88          |                |
|           | 19-21        | 20.79                                    | 41.21          | 41.43          | 45.08          | 32.06          | 33.15          |                |
|           | 22-24        | 21.88                                    | 33.14          | 29.32          | 48.96          | 42.06          | 24.78          |                |
|           | 25-27        | 18.86                                    | 34.19          | 43.64          | 49.26          | 28.91          | 31.14          |                |
|           | 28-29/-30/31 | 14.11                                    | 48.42          | 43.52          | 42.92          | 27.93          | 25.63          |                |

Izvor: vlastiti

### 5.4.2 Proračun temperature polaznog i povratnog voda rashladnog medija za promjenjive uvjete

Formule za proračun temperature polaznog i povratnog voda rashladnog medija jednake su kao i za proračun temperature polaznog i povratnog voda ogrjevnog medija.

Temperatura rashladnog medija u polaznom vodu računa se prema formuli:

$$\vartheta_{wpolaz} = \vartheta_m + \frac{\Delta\vartheta_{wn}}{2} \cdot \frac{\vartheta_p - \vartheta_{vx}}{(\vartheta_p - \vartheta_{vz})_n}, [^{\circ}\text{C}] \quad (17)$$

Članovi u jednadžbi predstavljaju:

- $\vartheta_m$  - srednja temperatura rashladnog medija
- $\Delta\vartheta_{wn}$  - temperatura hladne vode
- $\vartheta_p$  - unutarnja projektna temperatura grijanja
- $\vartheta_{vx}$  - prosječna srednja temperatura izračunata za period grijanja na dnevnoj bazi
- $\vartheta_{vz}$  - vanjska projektna temperatura hlađenja

te ovaj proračun projektne vrijednosti temperature iznose:

$$\begin{aligned} \vartheta_p & - 26 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \vartheta_{vz} & - 29,3 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Temperatura rashladnog medija u povratnom vodu računa se prema formuli:

$$\vartheta_{wpovrat} = \vartheta_m - \frac{\Delta\vartheta_{wn}}{2} \cdot \frac{\vartheta_p - \vartheta_{vx}}{(\vartheta_p - \vartheta_{vz})_n}, [^{\circ}\text{C}] \quad (18)$$

Srednja temperatura rashladnog medija računa se prema formuli:

$$\vartheta_m = \vartheta_p + \Delta\vartheta_n \cdot \left[ \frac{\vartheta_p - \vartheta_{vx}}{(\vartheta_p - \vartheta_{vz})_n} \right]^{\frac{n}{1+n}}, [^{\circ}\text{C}] \quad (19)$$

a  $\Delta\vartheta_n$  se izračunava prema formuli:

$$\Delta\vartheta_n = \frac{\vartheta_{wp} + \vartheta_{wpov}}{2} - \vartheta_p, [^{\circ}\text{C}] \quad (20)$$

Ulazni podaci temperature polaznog i povratnog voda za hlađenje iznose:

$$\begin{aligned}\vartheta_{wp} & - 7\text{ }^{\circ}\text{C} \\ \vartheta_{wpov} & - 12\text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Prema tome slijedi da je:

$$\Delta\vartheta_n = \frac{7 + 12}{2} - 26 = -16,5\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (21)$$

Za izračun temperature polaznog i povratnog voda rashladnog medija za svaki period hlađenja, prema gornjim formulama izračunati su ulazni parametri potrebni za ovaj proračun. Sljedeća tablica prikazuje vrijednosti temperature polaznog i povratnog voda za svaki trodnevni period.

Tablica 35. Vrijednosti temperatura polaznog i povratnog voda rashladnog medija

|             |          | Trodnevni prosjek temperature polaznog i povratnog voda rashladnog medija(°C) |                       |               |                      |                       |               |
|-------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------------|---------------|
|             |          | Mjesec 06/2016                                                                |                       |               | Mjesec 07/2016       |                       |               |
|             |          | $\vartheta_{wpolaz}$                                                          | $\vartheta_{wpovrat}$ | $\vartheta_m$ | $\vartheta_{wpolaz}$ | $\vartheta_{wpovrat}$ | $\vartheta_m$ |
| Raspon dana | 1-3      |                                                                               |                       |               | 8.03                 | 12.69                 | 10.36         |
|             | 4-6      |                                                                               |                       |               | 30.81                | 30.93                 | 30.87         |
|             | 7-9      |                                                                               |                       |               | 55.60                | 46.85                 | 51.23         |
|             | 10-12    |                                                                               |                       |               | 49.31                | 43.89                 | 46.60         |
|             | 13-15    |                                                                               |                       |               | 48.30                | 42.90                 | 45.60         |
|             | 16-18    | 34.66                                                                         | 33.67                 | 34.16         | 38.00                | 36.35                 | 37.18         |
|             | 19-21    | 16.98                                                                         | 18.94                 | 17.96         | 14.27                | 17.00                 | 15.63         |
|             | 22-24    | 46.73                                                                         | 41.43                 | 44.08         | 7.31                 | 12.21                 | 9.76          |
|             | 25-27/28 | 5.30                                                                          | 10.86                 | 8.08          | 11.32                | 13.19                 | 13.13         |
|             | 28-30/31 | 19.69                                                                         | 20.94                 | 20.31         | 31.28                | 32.68                 | 31.26         |
|             |          | Mjesec 08/2016                                                                |                       |               | Mjesec 09/2016       |                       |               |
|             |          | $\vartheta_{wpolaz}$                                                          | $\vartheta_{wpovrat}$ | $\vartheta_m$ | $\vartheta_{wpolaz}$ | $\vartheta_{wpovrat}$ | $\vartheta_m$ |
| Raspon dana | 1-3      | 41.12                                                                         | 37.81                 | 39.46         | 38.99                | 37.26                 | 38.13         |
|             | 4-6      | 30.29                                                                         | 30.66                 | 30.48         | 42.18                | 34.07                 | 52.52         |
|             | 7-9      | 18.55                                                                         | 20.09                 | 19.32         | 44.04                | 32.21                 | 59.80         |
|             | 10-12    | 6.83                                                                          | 11.89                 | 9.36          | 41.50                | 34.75                 | 51.25         |
|             | 13-15    | 47.75                                                                         | 42.75                 | 45.25         | 40.04                | 36.21                 | 43.72         |
|             | 16-18    | 39.30                                                                         | 37.37                 | 38.34         |                      |                       |               |
|             | 19-21    | 18.63                                                                         | 20.16                 | 19.40         |                      |                       |               |
|             | 22-24    | 36.58                                                                         | 35.26                 | 35.92         |                      |                       |               |
|             | 25-27/28 | 30.47                                                                         | 31.11                 | 30.79         |                      |                       |               |
|             | 28-30/31 | 8.75                                                                          | 13.18                 | 10.96         |                      |                       |               |

Izvor: vlastiti

Tablica 35. prikazuje vrijednosti temperatura polaznog i povratnog voda rashladnog medija i vrlo je bitno za daljnji proračun uočiti sljedeće. Prema formuli prvo se u mjesecu lipnju u periodu od 16-18 dana i 22-24 dana pojavljuju vrijednosti koje nisu tipične za ovu vrstu proračuna, također se pojavljuju takve vrijednosti u srpnju za period od 9-18 dana, u kolovozu za period od 1-3, 13-18 te 22-24 dana i za cijelu prvu polovicu rujna. U proračunu se dogodilo sljedeće, projektna unutarnja temperatura je iznosa 26 °C kada u formulu (17), (18) i (19) uvrstimo prosječnu dnevnu temperaturu koja je niža od 26°C vrijednost temperature polaznog voda je viša od vrijednosti temperature povratnog voda što je adekvatno za slučaj proračuna temperature polaznog i povratnog voda ogrjevnog medija. Dakle prema rezultatima postojala bi veća temperatura na ulazu a manja na izlazu što znači da se toplina odvodi(predaje se grijanom prostoru) ogrjevni medij se hladi i nastupa grijanje prostora. U ovome slučaju kada nastupa hlađenje polazni vod mora biti manje temperature, polazni vod se ugrije jer je niže temperature od temperature prostorije koja se hladi. Stoga se periodi koji su označeni crveno ne uzimaju kod daljnjeg proračuna potrebne rashladne energije jer bi u tim periodima trebalo prostor grijati prostor a ne hladiti. Glavni razlog ove pojave jest prosječna dnevna temperatura koja je niža od projektne unutarnje temperature za hlađenje. Ovi podaci specifični su za razmatrani period hlađenja a za neki drugi period hlađenja bili bi drugačiji.

Prema tome slijedi formula za izračun potrebne rashladne snage za period hlađenja.

$$Q_h = m_w \cdot c_{pw} \cdot (\vartheta_{wp} - \vartheta_{wpov}), [\text{kW}] \quad (22)$$

Gdje je :

- $c_{pw}$  - specifični toplinski kapacitet vode, [ 4,186 kJ/kgK]
- $m_w$  - masa vode, kod hlađenja, [kg]
- $\vartheta_{wp}$  - temperatura polaznog voda,[°C]
- $\vartheta_{wpov}$  - temperatura povratnog voda,[°C]

Proračun se radi na način da je  $m_w$  konstantan a  $\vartheta_{wp}$  i  $\vartheta_{wpov}$  su varijabilni u odnosu na prosječnu vanjsku dnevnu temperaturu za određeni mjesec prikazano u tablici 35. Vrijednost

$m_w$  dobije se prema formuli (22) za vrijednosti  $Q_h = 18$  kW te poznatim vrijednostima  $c_{pw}$  i maksimalnim temperaturama polaza i povrata koje iznose 7°C i 12°C.

Tablica 36. Prikaz potrebne rashladne snage po periodima na dnevnoj bazi

|           |          | Potrebna $Q_H$ (kW) od 8:59-19:59h |                |                |                |
|-----------|----------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|           |          | Mjesec 06/2016                     | Mjesec 07/2016 | Mjesec 08/2016 | Mjesec 09/2016 |
| Broj dana | 1-3      |                                    | 16.79          | /              | /              |
|           | 4-6      |                                    | 0.42           | 1.33           | /              |
|           | 7-9      |                                    | /              | 5.56           | /              |
|           | 10-12    |                                    | /              | 18.20          | /              |
|           | 13-15    |                                    | /              | /              | /              |
|           | 16-18    | /                                  | /              | /              |                |
|           | 19-21    | 7.07                               | 9.84           | 5.47           |                |
|           | 22-24    | /                                  | 17.64          | /              |                |
|           | 25-27/28 | 17.73                              | 6.73           | 2.28           |                |
|           | 28-30/31 | 4.51                               | 5.03           | 15.95          |                |

Izvor: vlastiti

Tablica 37. Prikaz potrebne rashladne snage po periodima na trodnevnoj bazi

|           |          | Potrebna $Q_H$ (kW) za 3 dana od 8:59-19:59h |                |                |                |
|-----------|----------|----------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|           |          | Mjesec 06/2016                               | Mjesec 07/2016 | Mjesec 08/2016 | Mjesec 09/2016 |
| Broj dana | 1-3      |                                              | 50.36          | /              | /              |
|           | 4-6      |                                              | 1.27           | 4.00           | /              |
|           | 7-9      |                                              | /              | 16.67          | /              |
|           | 10-12    |                                              | /              | 54.61          | /              |
|           | 13-15    |                                              | /              | /              | /              |
|           | 16-18    | /                                            | /              | /              |                |
|           | 19-21    | 21.21                                        | 29.52          | 16.42          |                |
|           | 22-24    | /                                            | 52.91          | /              |                |
|           | 25-27/28 | 53.18                                        | 20.18          | 6.85           |                |
|           | 28-30/31 | 13.52                                        | 15.08          | 47.86          |                |

Izvor: vlastiti

Tablica 38. Potrebna rashladna energija u periodu hlađenja

|           |          | Potrebna $Q_H$ (kWh) 3 dana i 12h |                |                |                |
|-----------|----------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|           |          | Mjesec 06/2016                    | Mjesec 07/2016 | Mjesec 08/2016 | Mjesec 09/2016 |
| Broj dana | 1-3      |                                   | 465.36         | /              | /              |
|           | 4-6      |                                   | 11.76          | 504.56         | /              |
|           | 7-9      |                                   | /              | 154.00         | /              |
|           | 10-12    |                                   | /              | 504.56         | /              |
|           | 13-15    |                                   | /              | /              | /              |
|           | 16-18    | /                                 | /              | /              |                |
|           | 19-21    | 196.00                            | 272.72         | 151.76         |                |
|           | 22-24    | /                                 | 488.88         | /              |                |
|           | 25-27/28 | 555.52                            | 186.48         | 63.28          |                |
|           | 28-30/31 | 124.88                            | 139.32         | 442.26         |                |

Izvor: vlastiti

Iz tablica je vidljivo da period hlađenja ne traje 93 dana kako je definirano na početku 5. poglavlja nego je to jednako 44 dana kako je dobiveno prema proračunu. Tablice prikazuju periode kada nastupa proces hlađenja te kada zbog nižih vanjskih prosječnih temperatura nije potrebno uključiti dizalicu topline za hlađenje prostora. Pa prema tome za godinu 2016 ispada da nije bilo potrebno hladiti gotovo 39 dana u definiranom periodu hlađenja. Sve čelije u tablici koje su označene sa „/“ za njih nije računata potrebna rashladna snaga jer je u tom periodu bila vanjska temperatura zraka niža od 26°C te nije bilo potrebe za hlađenjem.

## 5.5. Ekonomičnost prema učestalosti rada pojedinog sustava

Kroz sezonu grijanja postoji različita količina insolacije prema zemljinoj površini pa se prema tome mijenja vrijeme rada dizalice topline. Toplinska energija dobivena insolacijom prioritet je korištenja kod rada sustava grijanja, dakle iskorištava se maksimalna toplinska energija koja je dobivena insolacijom a ostatak se dopunjuje radom dizalice topline, u nastavku su prikazani odnosi koje je moguće postići za period grijanja od 1.10.2015 do 15.04.2016. Prije toga u tablici 39. prikazana je dostupna količina toplinske energije insolacijom za period od 3 dana od 24 sata i površinu od 24 m<sup>2</sup>. Uzeta je površina od 24 m<sup>2</sup> jer se kod te površine pri određenim danima postiže potrebne količina toplinske energije.

Tablica 39. Prikaz insolacije po periodima za mjesece grijanja

| DAN<br>↓ | Insolacija u kWh za tri dana od 72h i 24m <sup>2</sup> |         |         |         |         |         |         |
|----------|--------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|          | Mjesec/Godina                                          |         |         |         |         |         |         |
|          | 10/2015                                                | 11/2015 | 12/2015 | 01/2016 | 02/2016 | 03/2016 | 04/2016 |
| 1-3      | 329.26                                                 | 291.78  | 155.18  | 34.67   | 91.92   | 152.02  | 327.46  |
| 4-6      | 327.79                                                 | 287.76  | 121.04  | 4.28    | 235.27  | 154.87  | 454.59  |
| 7-9      | 59.74                                                  | 224.69  | 26.88   | 36.23   | 77.88   | 112.23  | 238.26  |
| 10-12    | 102.44                                                 | 205.96  | 130.70  | 92.85   | 119.89  | 163.82  | 457.66  |
| 13-15    | 36.71                                                  | 168.93  | 164.77  | 133.86  | 92.82   | 177.33  | 387.68  |
| 16-18    | 117.28                                                 | 208.49  | 51.16   | 173.62  | 30.75   | 294.01  |         |
| 19-21    | 132.78                                                 | 112.23  | 142.81  | 140.97  | 163.22  | 399.14  |         |
| 22-24    | 187.10                                                 | 81.43   | 211.43  | 105.06  | 175.12  | 194.24  |         |
| 25-27    | 217.32                                                 | 28.28   | 219.68  | 194.24  | 113.11  | 232.26  |         |
| 29-30/31 | 196.23                                                 | 167.90  | 130.21  | 162.41  | 67.01   | 342.21  |         |

Izvor: vlastiti

Iz tablice je vidljivo da ju u rujnu, travnju i prvoj polovici studenog insolacija relativno visoka pa bi u nekim danima mogla pokrivati cjelokupne potrebe za grijanjem što će se kasnije vidjeti u tablicama.

Sljedeća tablica prikazuje ukupnu potrebnu toplinsku energiju za pojedini period grijanja, vrijeme grijanja prostorije traje 24 sata kada je vanjska prosječna temperatura niža od -6 °C. U ovome slučaju za godinu 2015/2016 prosječna temperatura se ne spušta ispod -5 °C pa se vrijeme grijanje uzima 16 sati dnevno.

Tablica 40. Ukupna potrebna toplinska energija za period grijanja

|           |              | Potrebna Q za tri dana grijanja [kWh] i 16h u režimu grijanja |                |                |                |
|-----------|--------------|---------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|           |              | Mjesec 10/2015                                                | Mjesec 11/2015 | Mjesec 12/2015 | Mjesec 01/2016 |
| Broj dana | 1-3          | 370.73                                                        | 277.78         | 605.87         | 677.42         |
|           | 4-6          | 278.83                                                        | 346.48         | 571.00         | 701.36         |
|           | 7-9          | 217.34                                                        | 372.00         | 515.94         | 692.05         |
|           | 10-12        | 286.18                                                        | 253.21         | 631.26         | 685.41         |
|           | 13-15        | 338.03                                                        | 391.37         | 739.30         | 570.28         |
|           | 16-18        | 263.32                                                        | 605.65         | 737.62         | 509.21         |
|           | 19-21        | 332.61                                                        | 659.35         | 662.87         | 721.23         |
|           | 22-24        | 350.14                                                        | 530.26         | 469.06         | 783.38         |
|           | 25-27        | 301.76                                                        | 547.11         | 698.19         | 788.23         |
|           | 28-29/-30/31 | 225.69                                                        | 774.71         | 696.37         | 686.65         |
| Ukupno:   |              | 2964.64                                                       | 4757.90        | 6327.49        | 6815.22        |
|           |              | Mjesec 02/2016                                                | Mjesec 03/2016 | Mjesec 04/2016 |                |
| Broj dana | 1-3          | 457.27                                                        | 425.56         | 338.35         |                |
|           | 4-6          | 670.87                                                        | 386.36         | 354.79         |                |
|           | 7-9          | 694.85                                                        | 273.76         | 314.63         |                |
|           | 10-12        | 556.14                                                        | 454.79         | 450.18         |                |
|           | 13-15        | 577.69                                                        | 459.98         | 467.89         |                |
|           | 16-18        | 549.91                                                        | 366.03         |                |                |
|           | 19-21        | 513.01                                                        | 530.35         |                |                |
|           | 22-24        | 672.99                                                        | 396.43         |                |                |
|           | 25-27        | 462.60                                                        | 498.28         |                |                |
|           | 28-29/-30/31 | 446.85                                                        | 410.01         |                |                |
| Ukupno:   |              | 5602.18                                                       | 4201.57        | 1925.84        |                |

Izvor: vlastiti

Kada bi u sustavu grijanja bila samo dizalica topline zrak/voda onda bi ona morala zadovoljiti ove mjesečne potrebe za grijanjem kako je prikazano u tablici 40., a pošto se radi o sinkronizaciji sa solarnim kolektorima jedan dio koji je dostupan insolacijom pokrit će solarni kolektori.

Sljedeći izraz (23) prikazuje način izračuna koliko toplinske energije pokriva dizalica topline, a koliko insolacija.

$$Q_{uk} = Q_{DT} + Q_{INS}, [\text{kWh}] \quad (23)$$

Gdje je :

- $Q_{uk}$  - Ukupna potrebna toplinska energija za grijanje, kWh
- $Q_{DT}$  - Toplinska energija osigurana dizalicom topline, kWh
- $Q_{INS}$  - Toplinska energija osigurana insolacijom, kWh

Iz izraza (23) na temelju poznate vrijednosti ukupne potrebne toplinske energije za grijanje i poznate dostupne energije insolacijom dobiva se koliku je toplinsku energiju potrebno nadoknaditi dizalicom topline, što se vidi iz tablice 41.

Tablica 41. Odnosi toplinske energije dobiveni insolacijom i dizalicom topline

|                      |       | Odnosi $Q_{DT}$ i $Q_{ins}$ [kWh] |           |                |           |                |           |                |           |
|----------------------|-------|-----------------------------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
|                      |       | Mjesec 10/2015                    |           | Mjesec 11/2015 |           | Mjesec 12/2015 |           | Mjesec 01/2016 |           |
| Broj dana            |       | $Q_{DT}$                          | $Q_{INS}$ | $Q_{DT}$       | $Q_{INS}$ | $Q_{DT}$       | $Q_{INS}$ | $Q_{DT}$       | $Q_{INS}$ |
|                      | 1-3   | 41.47                             | 329.26    | -14.00         | 291.78    | 450.69         | 155.18    | 642.74         | 34.67     |
|                      | 4-6   | -48.96                            | 327.79    | 58.72          | 287.76    | 449.96         | 121.04    | 697.08         | 4.28      |
|                      | 7-9   | 157.60                            | 59.74     | 147.31         | 224.69    | 489.07         | 26.88     | 655.82         | 36.23     |
|                      | 10-12 | 183.74                            | 102.44    | 47.24          | 205.96    | 500.55         | 130.70    | 592.57         | 92.85     |
|                      | 13-15 | 301.32                            | 36.71     | 222.44         | 168.93    | 574.53         | 164.77    | 436.42         | 133.86    |
|                      | 16-18 | 146.05                            | 117.28    | 397.15         | 208.49    | 686.47         | 51.16     | 335.60         | 173.62    |
|                      | 19-21 | 199.83                            | 132.78    | 547.12         | 112.23    | 520.07         | 142.81    | 580.26         | 140.97    |
|                      | 22-24 | 163.04                            | 187.10    | 448.83         | 81.43     | 257.63         | 211.43    | 678.32         | 105.06    |
|                      | 25-27 | 84.44                             | 217.32    | 518.83         | 28.28     | 478.52         | 219.68    | 594.00         | 194.24    |
| 28-29/-30/31         |       | 29.46                             | 196.23    | 606.81         | 167.90    | 566.16         | 130.21    | 524.25         | 162.41    |
| Ukupno :             |       | 1306.95                           | 1706.65   | 2994.46        | 1777.45   | 4973.63        | 1353.85   | 5737.04        | 1078.18   |
| Odnos u postocima[%] |       | 43.37                             | 56.63     | 62.75          | 37.25     | 78.60          | 21.40     | 84.18          | 15.82     |
|                      |       |                                   |           |                |           |                |           |                |           |
|                      |       | Mjesec 02/2016                    |           | Mjesec 03/2016 |           | Mjesec 04/2016 |           |                |           |
| Broj dana            |       | $Q_{DT}$                          | $Q_{INS}$ | $Q_{DT}$       | $Q_{INS}$ | $Q_{DT}$       | $Q_{INS}$ |                |           |
|                      | 1-3   | 365.35                            | 91.92     | 273.55         | 152.02    | 10.89          | 327.46    |                |           |
|                      | 4-6   | 435.60                            | 235.27    | 231.49         | 154.87    | -99.80         | 454.59    |                |           |
|                      | 7-9   | 616.97                            | 77.88     | 161.53         | 112.23    | 76.37          | 238.26    |                |           |
|                      | 10-12 | 436.26                            | 119.89    | 290.96         | 163.82    | -7.48          | 457.66    |                |           |
|                      | 13-15 | 484.87                            | 92.82     | 282.66         | 177.33    | 80.21          | 387.68    |                |           |
|                      | 16-18 | 519.16                            | 30.75     | 72.02          | 294.01    |                |           |                |           |
|                      | 19-21 | 349.79                            | 163.22    | 131.21         | 399.14    |                |           |                |           |
|                      | 22-24 | 497.87                            | 175.12    | 202.20         | 194.24    |                |           |                |           |
|                      | 25-27 | 349.49                            | 113.11    | 266.02         | 232.26    |                |           |                |           |
| 28-29/-30/31         |       | 379.84                            | 67.01     | 67.80          | 342.21    |                |           |                |           |
| Ukupno :             |       | 4435.20                           | 1166.99   | 1979.44        | 2222.13   | 167.47         | 1865.65   |                |           |
| Odnos u postocima[%] |       | 79.17                             | 20.83     | 47.11          | 52.89     | 8.24           | 91.76     |                |           |

Izvor: vlastiti

Odnosi uključivanja dizalice topline i solarnih kolektora prikazani su u tablici iznad i uokvireni žutom bojom. Također u tablici je vidljivo koliko se maksimalno toplinske energije može dobiti na mjesečnoj bazi za potrebe grijanja iz insolacije te koju razliku je potrebno nadoknaditi dizalicom topline. Prema tome za listopad ukupno 56,63% toplinske energije moguće je dobiti iz insolacije dok ostatak 43,35% otpada na dizalicu topline. U studenom ima manje sunčanih dana pa se tako taj odnos povećava u korist dizalice topline i iznosi 62,75% naprema 37,25% toplinske energije od insolacije. U prosincu, siječnju i veljači sve je manje sunčanih dana pa se maksimalna toplinska energija dobivena insolacijom kreće oko 20% ukupnih potreba za toplinskom energijom. U ožujku i travnju sve je više sunčanih dana pa je sve manja potreba za radom dizalice topline. U tablici je crveno uokvirena vrijednost u određenom periodu gdje se dobije više toplinske energije insolacijom nego je to trenutna potreba te se u tim periodima dizalica topline uopće ne uključuje.

## 6. Zaključak

Obnovljivi izvori energije itekako su dostupni na području grada Varaždina. Obnovljivi izvori mogu se implementirati u razne sustave grijanja i hlađenja. Grijati i hladiti može se dizalicom topline u kombinaciji sa solarnim kolektorima. Dizalice topline su vrlo efikasni termo-tehnički uređaji koji mogu koristiti kao medij okolni zrak, podzemnu vodu i tlo te prenositi toplinsku i rashladnu energiju na ogrjevni i rashladni medij. Solarni kolektori prema izvedbi dijele se na pločasti i cijevni (vakuumski) te svaki od njih ima svoje dobre i loše strane, te se odabiru ovisno o namjeni i ugradnji. Vrlo je bitno kod projektiranja grijanja ili hlađenja uzeti u obzir sve važne utjecajne parametre, poput prosječne dnevne temperature ili insolacije, itd. Ovi parametri su vrlo bitni jer se na temelju njih računaju veličine koje karakteriziraju termo-tehnički sustav. Na temelju izračunatih prosječnih dnevnih temperatura vidi se da one za područje grada Varaždina nisu konstante i da tijekom perioda hlađenja variraju do 5 °C što nije previše široko rasipanje. Za period grijanja vrijednosti vanjske prosječne temperature dosta variraju, mogu u jednom mjesecu biti u rasponu od 12°C što naravno utječe na rad dizalice topline i iskorištavanje toplinske energije sa solarnih kolektora. U sustavu grijanja i hlađenja dizalicom topline u kombinaciji sa solarnim kolektorima, dizalica topline radi čitav period hlađenja( potrebna rashladna energija 3743,34 kWh) jer je kao takva solarna energija neiskoristiva a potrebna rashladna energija, ali u periodu grijanja( potrebna toplinska energija za grijanje 21594,17 kWh,) može biti dobra podrška sustavu dizalice topline za grijanje jer se insolacijom dobiva 11170,9 kWh toplinske energije, što je više od 50% od ukupne energije. U prijelaznim periodima kao što je listopad, ožujak i travanj količina insolacije je veća od polovice potrebe za toplinskom energijom te je čak moguće dobiti i preko 80% toplinske energije za grijanje preko insolacije. Za listopad ukupno 56,63% toplinske energije moguće je dobiti iz insolacije dok ostatak 43,35% otpada na dizalicu topline. U studenom ima manje sunčanih dana pa se tako taj odnos povećava u korist dizalice topline i iznosi 62,75% naprema 37,25% toplinske energije insolacije. U prosincu, siječnju i veljači sve je manje sunčanih dana pa se maksimalna toplinska energija dobivena insolacijom kreće oko 20% ukupnih potreba za toplinskom energijom. U ožujku i travnju sve je više sunčanih dana pa je sve manja potreba za radom dizalice topline.

U Varaždinu, \_\_\_\_\_

KLON  
ALISTRAIN

Sveučilište  
Sjever

SVUČILIŠTE  
SIEVER

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnog rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Matej Detić pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom Sinkronizacija sunčevih kolektora i dizalice topline zrak/voda u sustavu grijanja i hlađenja građevine te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Matej Detić

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Matej Detić neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom Sinkronizacija sunčevih kolektora i dizalice topline zrak/voda u sustavu grijanja i hlađenja građevine čiji sam autor.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Matej Detić

(vlastoručni potpis)

## 7. Literatura

- [1] Što su dizalice topline i kako rade (2020). Preuzeto 18.08.2020. sa <https://regulator.hr/savjeti/sto-su-dizalice-topline-kako-rade/>
- [2] Soldo, V. Ruševljan, M. (2011). Razvoj i primjena dizalica topline povezanih s tlom  
Preuzeto 18.08.2020. sa <https://korak.com.hr/korak-034-lipanj-2011-razvoj-i-primjena-dizalica-topline-povezanih-s-tlom/>
- [3] Shematski prikaz dizalice topline u krugu grijanja [Slika] (bez dat.) Preuzeto 18.08.2020. sa <https://korak.com.hr/wp-content/gallery/sos-k034/k34-Vladimir-Soldo-02-350.jpg>
- [4] Martinić, D. (2010). Pasivna kuća – 6. dio Dizalice topline – 2. dio Preuzeto 18.08.2020. sa <https://korak.com.hr/korak-030-lipanj-2010-pasivna-kuca-6-dio-dizalice-topline-2-dio/>
- [5] EKO – PLUS (bez dat.) Toplinske pumpe Preuzeto 19.08.2020. sa [http://www.eko-puls.hr/Toplinske\\_pumpe.aspx](http://www.eko-puls.hr/Toplinske_pumpe.aspx)
- [6] Izvedbe podzemnih kolektora , Toplinske pumpe [Slika] (bez dat.) Preuzeto 19.08.2020. sa [http://www.eko-puls.hr/image/slike/Crpke/toplinske\\_pumpe06.jpg](http://www.eko-puls.hr/image/slike/Crpke/toplinske_pumpe06.jpg)
- [7] Dubinska sonda, Toplinske pumpe [Slika] (bez dat.) Preuzeto 19.08.2020. sa [http://www.eko-puls.hr/image/slike/Crpke/toplinske\\_pumpe10.jpg](http://www.eko-puls.hr/image/slike/Crpke/toplinske_pumpe10.jpg)
- [8] Toplinska pumpa voda – voda, Toplinske pumpe [Slika] (bez dat.) Preuzeto 19.08.2020. sa [http://www.eko-puls.hr/image/slike/Crpke/toplinske\\_pumpe20.jpg](http://www.eko-puls.hr/image/slike/Crpke/toplinske_pumpe20.jpg)
- [9] Dizalice topline (2020.) Preuzeto 19.08.2020 sa <https://www.vaillant.hr/krajnji-korisnici/savjeti-i-iskustvo/kako-razlicite-tehnologije-rade/dizalice-topline/>
- [10] Solarni kolektori (2020.) Preuzeto 20.08.2020 sa <https://mcsolar.hr/solarni-kolektori/>
- [11] Dujak, G. (2012). Izrada digitalne dokumentacije pločastog kolektora sunčevog zračenja (Diplomski rad). Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
- [12] Solarna energija (2020.) Preuzeto 20.08.2020 sa <https://www.vaillant.hr/krajnji-korisnici/savjeti-i-iskustvo/kako-razlicite-tehnologije-rade/solar-energija/>
- [13] Shema sustava sa solarnim kolektorom, Primjena solarnih kolektora u kućanstvu [Slika] (bez dat.) Preuzeto 20.08.2020. sa <https://eko.zagreb.hr/UserDocsImages/arhiva/Slike/solarni%20konektori/Primjena%20Solarnih%20kolektora%20u%20ku%C4%87anstvu.jpg>

- [14] Solarno grijanje (bez dat.) Preuzeto 20.08.2020. sa [http://www.eko-puls.hr/Solarne\\_instalacije.aspx](http://www.eko-puls.hr/Solarne_instalacije.aspx)
- [15] Solarni kolektori (bez dat.) Preuzeto 20.08.2020. sa <https://eko.zagreb.hr/solarni-kolektori/86>
- [16] Pločasti solarni kolektori (bez dat.) Preuzeto 20.08.2020. sa <https://termometal.hr/solarni-kolektori-solimpeks-grupa-557/>
- [17] Upadni kut sunca kroz godinu , Solarni kolektori [Slika] (bez dat.) Preuzeto 20.08.2020. sa <https://eko.zagreb.hr/UserDocsImages/arhiva/Slike/solarni%20konektori/Prikazan%20je%20kut%20inklinacije2.jpg>
- [18] Pločasti kolektor sa svojim dijelovima, Centrometal [Slika] (bez dat.) Preuzeto 20.08.2020. sa <https://www.centrometal.hr/portfolio/cpk-7210n-alu-plocasti/>
- [19] Vakumski cijevni kolektor, Centrometal [Slika] (bez dat.) Preuzeto 20.08.2020. sa <https://www.centrometal.hr/portfolio/cvskc-10-cijevni-vakuumski/>
- [20] Shema bivalentnog spremnika topline, Žepoh [Slika] (bez dat.) Preuzeto 21.08.2020. sa <https://zepoh.hr/proizvod/spremnici-7/boilernova-spremnici-33/boilernova-solarni-bivalentni-spremnici-62>
- [21] Tablični prikazi meteoroloških veličina, položaja i visina za klimatski mjerodavne meteorološke postaje (bez dat.) Preuzeto 31.08.2020. sa <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/432856.pdf>
- [22] Dizalica topline Hitachi, 4REF [Slika] (bez dat.) Preuzeto 02.09.2020. sa <https://4ref.eu/pl/hitachi/7049-p7049-pompa-ciepla-hitachi-yutaki-s-rwm-100ne-ras-10whnpe.html>
- [23] The European Commission's science and knowledge service, Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), (bez dat.) Preuzeto 18.09.2020. sa [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#MR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR)

## Popis slika

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Dizalica topline (Shematski prikaz dizalice topline u krugu grijanja, bez dat.) .....         | 2  |
| Slika 2. Izvedbe podzemnih kolektora (Toplinske pumpe, bez dat.) .....                                 | 4  |
| Slika 3. Dubinska sonda (Toplinske pumpe, bez dat.) .....                                              | 4  |
| Slika 4. Toplinska pumpa voda – voda (Toplinske pumpe, bez dat.) .....                                 | 6  |
| Slika 5. Shema sustava sa solarnim kolektorom (Primjena solarnih kolektora u kućanstvu, bez dat.)..... | 11 |
| Slika 6. Upadni kut sunca kroz godinu (Solarni kolektori , bez dat.) .....                             | 13 |
| Slika 7. Pločasti kolektor sa svojim dijelovima (Centrometal, bez dat.) .....                          | 14 |
| Slika 8. Vakumski cijevni kolektor (Centrometal, bez dat.) .....                                       | 15 |
| Slika 9. Shema bivalentnog spremnika topline (Žepoh, bez dat.).....                                    | 16 |
| Slika 10. Vanjska i unutarnja jedinica dizalice topline Yutaki S10(4REF, bez dat.).....                | 22 |

## Popis tablica

|                                                                                                           |                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Tablica 1. Prednosti i nedostaci dizalice topline .....                                                   | 9                                   |
| Tablica 2. Prosječne dnevne vrijednosti po mjesecima za grad Varaždin .....                               | 17                                  |
| Tablica 3. Projektne vrijednosti prema metodologiji iz HRN EN ISO 15927-5(Narodne novine, bez dat.) ..... | 18                                  |
| Tablica 4. Vrijednosti za projektiranje prema Tehničkom propisu za grad Varaždin .....                    | 19                                  |
| Tablica 5. Globalno sunčevo zračenje na području grada Varaždina kroz godinu po mjesecima .....           | 20                                  |
| Tablica 6. Tehničke karakteristike dizalice topline Yutaki S10                                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tablica 7. Tehničke karakteristike unutarnje jedinice dizalice topline .....                              | 22                                  |
| Tablica 8. Tehničke karakteristike vanjske jedinice dizalice topline .....                                | 22                                  |
| Tablica 9. Tehničke karakteristike pločastog sunčevog kolektora tvrtke „Centrometal“ .....                | 23                                  |
| Tablica 10. Broj dana mjeseca u sezoni grijanja .....                                                     | 26                                  |
| Tablica 11. Broj dana mjeseca u sezoni hlađenja.....                                                      | 26                                  |
| Tablica 12. Prosječne temperature za mjesec listopad .....                                                | 28                                  |
| Tablica 13. Prosječne temperature za mjesec studeni .....                                                 | 28                                  |
| Tablica 14. Prosječne temperature za mjesec prosinac .....                                                | 29                                  |
| Tablica 15. Prosječne temperature za mjesec siječanj .....                                                | 30                                  |

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 16. Prosječne temperature za mjesec veljača .....                                           | 30 |
| Tablica 17. Prosječne temperature za mjesec ožujak .....                                            | 31 |
| Tablica 18. Prosječne temperature za mjesec travanj .....                                           | 32 |
| Tablica 19. Prosječne temperature za mjesec lipanj .....                                            | 34 |
| Tablica 20. Prosječne temperature za mjesec srpanj .....                                            | 34 |
| Tablica 21. Prosječne temperature za mjesec kolovoz .....                                           | 35 |
| Tablica 22. Prosječne temperature za mjesec rujan .....                                             | 36 |
| Tablica 23. Prosječna insolacija u $W/m^2$ po satu za određeni dan perioda grijanja .....           | 38 |
| Tablica 24. Prikaz prosječne insolacije (po danu) za definirani raspon dana i određeni mjesec ..... | 39 |
| Tablica 25. Faktor oblačnosti .....                                                                 | 40 |
| Tablica 26. Insolacija za mjesec listopad .....                                                     | 40 |
| Tablica 27. Insolacija za mjesec studeni .....                                                      | 41 |
| Tablica 28. Insolacija za mjesec prosinac .....                                                     | 41 |
| Tablica 29. Insolacija za mjesec siječanj .....                                                     | 42 |
| Tablica 30. Insolacija za mjesec veljača .....                                                      | 43 |
| Tablica 31. Insolacija za mjesec ožujak .....                                                       | 43 |
| Tablica 32. Insolacija za mjesec travanj .....                                                      | 44 |
| Tablica 33. Prikaz temperature ogrjevnog medija polaznog i povratnog voda .....                     | 48 |
| Tablica 34. Potrebna $QG$ po danima i mjesecima .....                                               | 49 |
| Tablica 35. Potrebna $QG$ po periodima za tri dana .....                                            | 49 |
| Tablica 36. Vrijednosti temperatura polaznog i povratnog voda rashladnog medija .....               | 51 |
| Tablica 37. Prikaz potrebne rashladne snage po periodima na dnevnoj bazi .....                      | 53 |
| Tablica 38. Prikaz potrebne rashladne snage po periodima na trodnevnoj bazi .....                   | 53 |
| Tablica 39. Potrebna rashladna energija u periodu hlađenja .....                                    | 53 |
| Tablica 40. Prikaz insolacije po periodima za mjesece grijanja .....                                | 54 |
| Tablica 41. Ukupna potrebna toplinska energija za period grijanja .....                             | 55 |
| Tablica 42. Odnosi toplinske energije dobiveni insolacijom i dizalicom topline .....                | 56 |

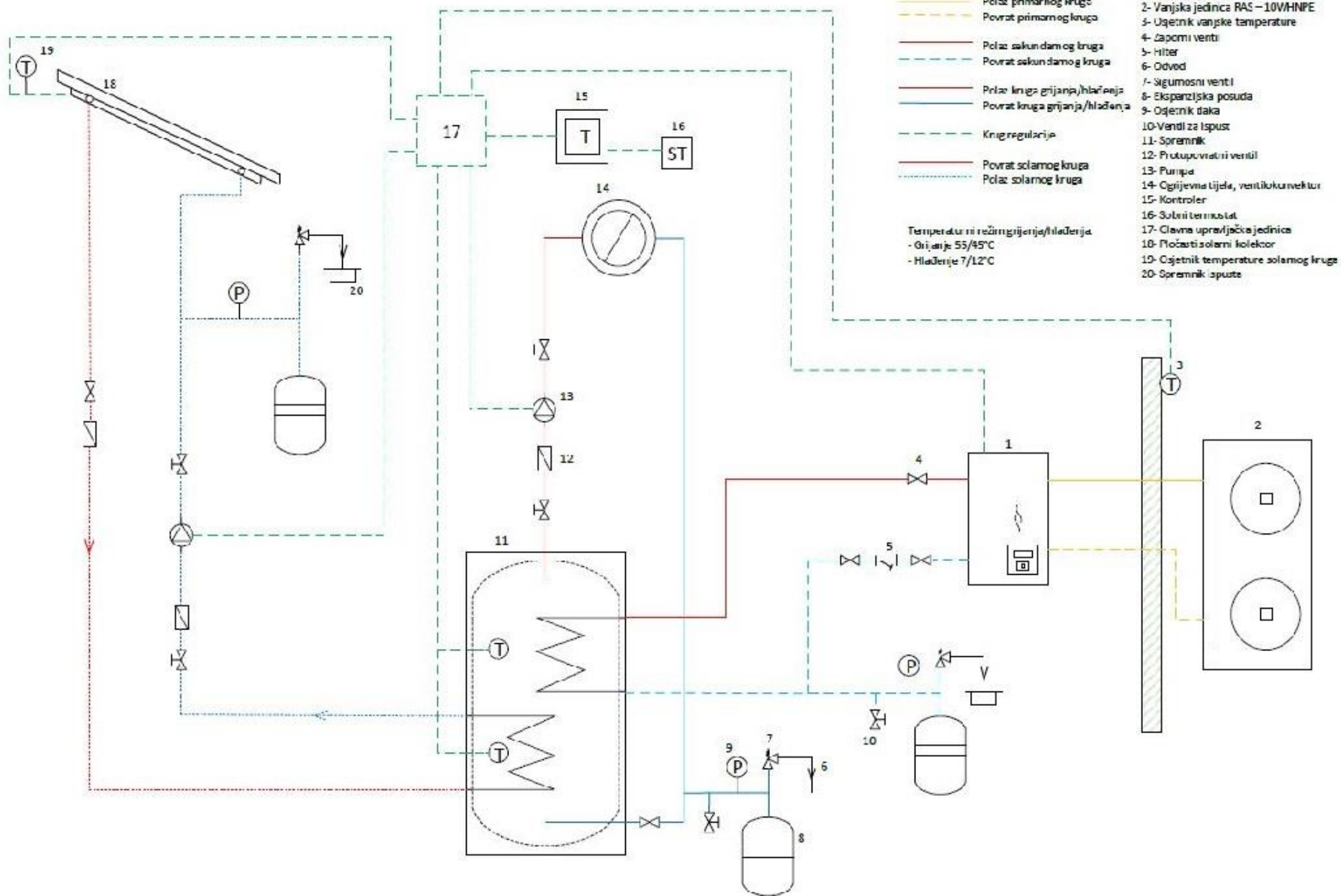
## Popis grafikona

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafikon 1. Prosječne temperature za mjesec listopad .....                         | 28 |
| Grafikon 2. Prosječne temperature za mjesec studeni.....                           | 29 |
| Grafikon 3. Prosječne temperature za mjesec prosinac.....                          | 29 |
| Grafikon 4. Prosječne temperature za mjesec siječanj .....                         | 30 |
| Grafikon 5 Prosječne temperature za mjesec veljača .....                           | 31 |
| Grafikon 6. Prosječne temperature za mjesec ožujak .....                           | 31 |
| Grafikon 7. Prosječne temperature za mjesec travanj .....                          | 32 |
| Grafikon 8. Prosječne vrijednosti temperatura svih mjeseci za period grijanja..... | 33 |
| Grafikon 9. Prosječne temperature za mjesec lipanj .....                           | 34 |
| Grafikon 10. Prosječne temperature za mjesec srpanj .....                          | 35 |
| Grafikon 11. Prosječne temperature za mjesec kolovoz .....                         | 35 |
| Grafikon 12. Prosječne temperature za mjesec rujan .....                           | 36 |
| Grafikon 13. Prosječne temperature za period hlađenja .....                        | 37 |
| Grafikon 14. Insolacija za mjesec listopad.....                                    | 40 |
| Grafikon 15. Insolacija za mjesec studeni.....                                     | 41 |
| Grafikon 16. Insolacija za mjesec prosinac.....                                    | 42 |
| Grafikon 17. Insolacija za mjesec siječanj .....                                   | 42 |
| Grafikon 18. Insolacija za mjesec veljača .....                                    | 43 |
| Grafikon 19. Insolacija za mjesec ožujak.....                                      | 44 |
| Grafikon 20. Insolacija za mjesec travanj .....                                    | 44 |
| Grafikon 21. Odnosi insolacije kroz period grijanja .....                          | 45 |

## ***Prilozi:***

Shema postrojenja,

CD



|                   |                                     |                               |                    |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Mjerilo:<br>1:1   | Datum:<br>28.09.2020.               | Prezime i ime:<br>Detić Matej | Sveučilište Sjever |
| Pozicija:<br>1    | Pregledao:<br>Ante Čikić            | Materijal:                    |                    |
| Broj crteža:<br>1 | Naziv dijela:<br>Schema postrojenja |                               |                    |