

Projekt sustava niskotemperaturnog grijanja i visokotemperaturnog hlađenja zgrade obiteljske vile

Mikloška, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:645760>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Matija Mikloška

Zagreb, godina 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan, dipl. ing.

Student:

Matija Mikloška

Zagreb, godina 2020.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

Matija Mikloška

Mat. br.: 0035205914

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

**Projekt sustava niskotemperaturnog grijanja i visokotemperaturnog
hlađenja zgrade obiteljske vile**

Naslov rada na
engleskom jeziku:

**Design of low-temperature heating and high-temperature cooling
system for a family villa building**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati sustav grijanja i hlađenja za potrebe obiteljske vile s otvorenim bazenom smještene na području otoka Hvara, površine 207 m² na 2 etaže (Pr+1K), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Za kuću predvidjeti sustav podnog i zidnog grijanja i hlađenja. Hlađenje prostora se vrši dizalicom topline zrak-voda dok se grijanje vrši s dvojn timer sustavom koji se sastoji od dizalice topline zrak-voda i solarnog sustava. Solarni sustav riješiti u dva odvojena dijela pri čemu jedan služi zagrijavanju vode otvorenog bazena a drugi zagrijavanju potrošne tople vode i grijanju prostora u periodima kada je to moguće.

Rad treba sadržavati:

- pregled sustava grijanja i hlađenja obiteljskih kuća s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko i ljetno razdoblje,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja sustava,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

28. studenog 2019.

Datum predaje rada:

1. rok: 21. veljače 2020.

2. rok (izvanredni): 1. srpnja 2020.

3. rok: 17. rujna 2020.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 24.2. – 28.2.2020.

2. rok (izvanredni): 3.7.2020.

3. rok: 21.9. - 25.9.2020.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svome mentoru, Doc. dr. sc. Darku Smoljanu na stručnim savjetima i pomoći, te zaposlenicima tvrtki Bosch i Uponor na informacijama o proizvodima i stručnim savjetima prilikom izrade rada.

Matija Mikloška

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	iii
POPIS TABLICA.....	v
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	vi
POPIS OZNAKA	vii
SAŽETAK.....	viii
SUMMARY	ix
1. UVOD.....	1
1.1. Toplinska ugodnost.....	1
1.2. Dizalice topline.....	3
1.3. Solarni sustavi.....	5
1.4. Priprema potrošne tople vode	7
1.5. Ogrjevna tijela	8
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE	10
2.1. Opis zgrade	10
2.2. Proračun projektnog toplinskog opterećenja za sezonu grijanja prema HRN EN 12831 12	
2.3. Proračun toplinskih dobitaka prema VDI 2078	15
3. SUSTAVI GRIJANJA I HLAĐENJA	16
3.1. Podno grijanje.....	16
3.2. Kupaonski cijevni grijač	18
3.3. Podno hlađenje	20
3.4. Odabir klima jedinice kao pomoćnog sustava za hlađenje	21
3.5. Povezivanje panelnog grijanja/ hlađenja na toplinski izvor	23
3.6. Dizalica topline kao toplinski izvor	24
3.7. Odabir međuspremnika (buffera)	26
3.8. Dimenzioniranje cjevovoda.....	27
3.9. Dimenzioniranje ekspanzijske posude.....	30
4. SOLARNI SUSTAV.....	32
4.1. Priprema potrošne tople vode	33
4.2. Dimenzioniranje i odabir spremnika	33
4.3. Solarni kolektor	37
4.4. Proračun prikupljene toplinske energije solarnim sustavom.....	38
4.5. Dimenzioniranje pumpe solarnog sustava	40
4.6. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude	44
4.7. Odabir izmjenjivača topline za grijanje bazena	46
5. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA	47

5.1. Sustav grijanja i hlađenja	47
5.2. Solarni sustav	48
6. ZAKLJUČAK	49
7. POPIS LITERATURE	50

POPIS SLIKA

- Slika 1:** Prikaz ovisnosti PMV indeksa o postotku broja nezadovoljnih osoba [1]
- Slika 2:** Monovalentni rad dizalice topline [2]
- Slika 3:** Bivalentno-paralelni rad dizalice topline [2]
- Slika 4:** Bivalentno-alternativni rad dizalice topline [2]
- Slika 5:** Prikaz solarnih kolektora [4]
- Slika 6:** Akumulacijski spremnik sa dizalicom topline za pripremu potrošne tople vode [5]
- Slika 7:** Razdioba temperature po visini prostorije za podno grijanje i radiator [1]
- Slika 8:** Presjek obiteljske vile
- Slika 9:** Tlocrt prizemlja obiteljske vile
- Slika 10:** Tlocrt 1. kata obiteljske vile
- Slika 11:** Građevinski slojevi prilikom mokrog postavljanja podnog grijanja [11]
- Slika 12:** Prikaz montaže cijevi podnog grijanja u ploče za pozicioniranje [12]
- Slika 13:** Prikaz kupaonskog električnog radijatora Della E, Vogel&Noot [13]
- Slika 14:** Način montaže i ugradbene dimenzije kupaonskog električnog radijatora [13]
- Slika 15:** Unutarnja i vanjska klima jedinica FVXM50F/RXM50N9 proizvođača Daikin [14]
- Slika 16:** Razdjelnik Vario S FM proizvođača Uponor s pet priključaka [12]
- Slika 17:** Dimenzije razdjelnika Vario S FM u ovisnosti o broju krugova [12]
- Slika 18:** Prikaz unutarnje i vanjske jedinice dizalice topline „Compress 6000 AW-13/AWE 13-17“ proizvođača Bosch [16]
- Slika 19:** Prikaz niskotlačnog međuspremnik AT500 proizvođača Bosch [17]
- Slika 20:** Prikaz odabrane pumpe „ALPHA 3 25-60 130“, Grundfos [18]
- Slika 21:** Dijagram radne krivulje odabrane pumpe [18]
- Slika 22:** Prikaz izabrane ekspanzijske posude za sustav grijanja/hlađenja [19]
- Slika 23:** Pojednostavljena shema solarnog sustava za potrebe grijanja i pripreme PTV-a [20]
- Slika 24:** Prikaz kombiniranog spremnika „Logalux PL750/2S“ proizvođača Buderus [21]
- Slika 25:** Tehnički podaci za kombinirani spremnik PL750/2S [21]
- Slika 26:** Konstrukcija pločastog kolektora „Logasol SKN 3.0-s“, proizvođača Buderus [21]
- Slika 27:** Mjesečni prikaz dobivene energije putem solarnog sustava u odnosu na potrebe PTV-a, grijanja prostora i zagrijavanja bazena prema simulaciji programa T*SOL
- Slika 28:** Padovi tlaka redova kolektora sa Logasol SKN3.0 ili SKS4.0, uključujući odzračnik i priključni set [21]
- Slika 29:** Brzina strujanja i padovi tlaka po metru bakrene cijevi [21]

Slika 30: Padovi tlaka solarnih spremnika [21]

Slika 31: Dijagram za odabir solarne stanice [21]

Slika 32: Konstrukcijska izvedba kompletne stanice Logasol KS0105 [21]

Slika 33: Membranska ekspanzijska posuda solarnog sustava Imera S12 [19]

Slika 34: Izmjenjivač topline Vagner za grijanje bazena

POPIS TABLICA

Tablica 1: Prikaz količine predane topline s obzirom na razinu fizičke aktivnosti [1]

Tablica 2: Unutarnje projektne temperature po prostorijama

Tablica 3: Vrijednosti koeficijenta prolaza topline za vrste građevinske elemente

Tablica 4: Broj izmjena zraka po prostorijama

Tablica 5: Rezultati proračuna gubitaka topline po prostorijama

Tablica 6: Projektno toplinsko opterećenje prostorija za 23.srpanj

Tablica 7: Instalirani rashladni učinak cijevi za podno hlađenje

Tablica 8: Tehničke karakteristike klima jedinica [15]

Tablica 9: Tehničke karakteristike vanjske jedinice [17]

Tablica 10: Tehničke karakteristike unutarnje jedinice [17]

Tablica 11: Tehničke karakteristike međuspremnik „AT500“, proizvod kao Bosch [17]

Tablica 12: Dimenzioniranje cjevovoda do kritične dionice u programu „MS Excel“

Tablica 13: Zbroj padova tlaka za kritičnu dionicu sustava podnog grijanja/hlađenja

Tablica 14: Izračun ukupnog volumena vode u sustavu

Tablica 15: Izračun parametara za dimenzioniranje ekspanzijske posude

Tablica 16: Tehnički podaci pločastog kolektora „Logasol SKN 3.0-s“, Buderus [21]

Tablica 17: Tehnički podaci kompletne solarne stanice Logasol KS0105 [21]

Tablica 18: Određeni parametri potrebni za izračun minimalnog volumena ekspanzijske posude

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1. Tlocrt prizemlja – grijanje i hlađenje
2. Tlocrt kata – grijanje i hlađenje
3. Tlocrt krova – grijanje i hlađenje
4. Tlocrt prizemlja – podno grijanje i hlađenje
5. Tlocrt kata – podno grijanje i hlađenje
6. Shema strojarskih instalacija

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
U	W/m ² K	Koeficijent prolaza topline
Φ_{HL}	W	toplinsko opterećenje prostorije zimi
Φ_T	W	transmisijski gubici prostorije
Φ_V	W	ventilacijski gubici prostorije
Φ_{RH}	W	dodatak zbog nekontinuiranog pogona
Φ_{CL}	W	toplinsko opterećenje prostorije ljeti
t_i	°C	unutarnja temperatura prostorije
Φ_C	W	instalirana snaga podnog hlađenja
Q_D	kW	toplinski kapacitet dionice
q_v	m ³ /h	volumni protok
q_m	kg/s	maseni protok
L	m	duljina dionice
k	mm	visina hrapavosti cijevi
ζ	-	koeficijent oblika
w	m/s	brzina
R	Pa/m	linijski pad tlaka
Z	Pa	lokalni pad tlaka
V_A	l	ukupni volume vode u sustavu
$V_{n,min}$	l	Minimalni volumen solarne ekspanzijske posude
V_e	l	Volumen širenja vode
V_V	l	Dodatni volumen (zaliha)
p_e	bar	Projekttni krajnji tlak
p_0	bar	Primarni tlak ekspanzijske posude
h_{sys}	m	Statička visina instalacije od sredine ekspanzijske do najviše točke sustava
p_{sv}	bar	Tlak sigurnosnog ventila
n	%	Postotak širenja vode

SAŽETAK

U ovom radu projektiran je sustav grijanja i hlađenja te pripreme potrošne tople vode obiteljske vile na području otoka Hvara. Kuća se sastoji od 2 etaže, prizemlja i kata. Prizemlje sadrži jednu veliku prostoriju za boravak i nekoliko manjih, među kojima je prostorija za strojarску opremu. Na katu su smještene četiri spavaće sobe i kupaonice te galerija na sobu u prizemlju. Projektni toplinski gubici za zimsko razdoblje su izračunati prema normi HRN EN 12831 te iznose 7,68 kW. Za ljetni period projektno toplinsko opterećenje je računano prema smjernici VDI 2078 te ukupni toplinski dobici iznose 6,53 kW za 23. srpanj kao projektni dan.

Sustav grijanja predviđen je pomoću solarnog sustava kada je to moguće, dok dizalica topline zrak-voda učina 13,12 kW služi za potrebe grijanja u ostatku godine. Vanjska jedinica smještena je na krovu zgrade. U prostorima vile koristi se podno grijanje s temperaturnim režimom 38/30 °C dok je u kupaonicama predviđena dodatna instalacija električnih ljestvi. Za ljetne periode cijevni razvod podnog grijanja služi i za hlađenje prostorija puštanjem vode temperaturnog režima 16/19 °C. U sustav se postavlja međuspremnik ogrjevnе vode zapremnine 497 L koji akumulira toplinsku energiju i omogućuje mirniji rad dizalice topline.

Sustav pripreme potrošne tople vode sastoji se od kombiniranog akumulacijskog spremnika kapaciteta 300 L za sanitarnu vodu i 275 l za ogrjevnу vodu. Potrošna topla voda u spremniku zagrijava se pomoću solarnih kolektora i dizalice topline. Na krov zgrade je postavljeno 5 pločastih kolektora, orijentiranih prema jugu pod nagibom 60°. Ljeti solarni sustav ima mogućnost grijanja vanjskog bazena kada su zadovoljene potrebe pripreme potrošne tople vode.

Uz rad su priloženi proračuni i crteži u kojima je definiran raspored opreme po etažama te funkcionalna shema spajanja sustava i automatske regulacije.

SUMMARY

As part of this thesis heating and cooling systems and a domestic hot water system were designed for the home building at the island of Hvar territory. Building consists of 2 floors, ground and first floor. Ground floor consist of large living room and few small rooms which include machinery room. First floor has 4 bedrooms and 3 bathrooms with a galery also. Total projected heat losses during winter period, calculated according to the HRN EN 12831 standard, are 7,68 kW. For summer period, more precisely 23. of July, calculated heat gains to the VDI 2078 standard are 6,53 kW.

Heating source consist of solar system, which is used whenever it is possible, and air-water heat pump of 13,12 kW, which is used for the rest of the year. Heat pump outside unit is set on the roof. Floor heating with 38/30 °C heating regime is predicted for all rooms inside villa, while in the bathrooms lectric ladder radiators are additionally installed.. Floor heating pipe distribution containing water with 16/19 °C temperature regime, is also used for cooling during the summer period. The system is equipped with 475 l hot water tank, which is storage of thermal energy and provides safe work of air-water pump.

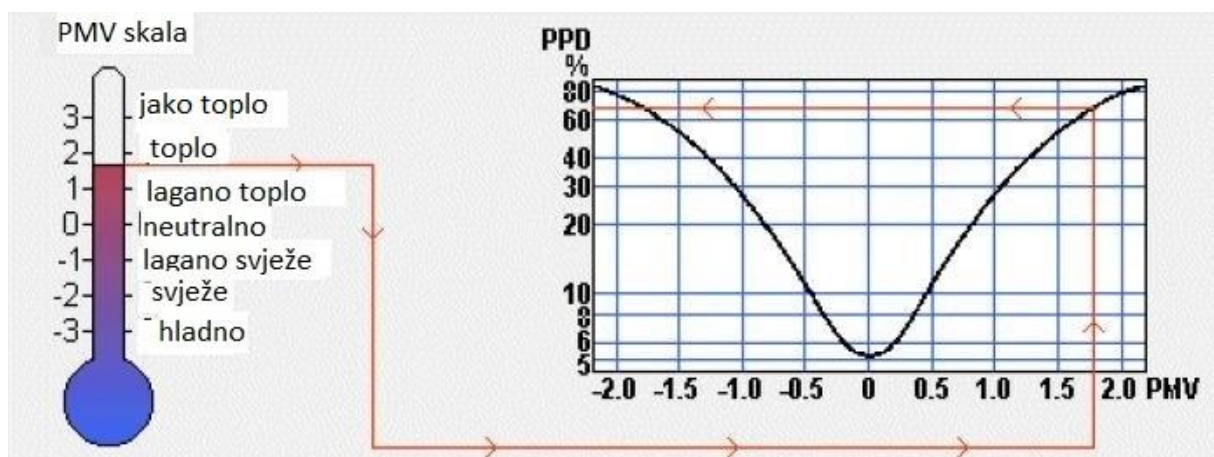
Domestic hot water preparation consist of combined accumulation storage tank with 300 l capacity for domestic water, and 275 l capacity for heat water. Domestic hot water is heated by solar heat exchanger and air-water pump. There are 5 flat plate solar thermal collectors set on the roof, oriented to the south under the slope of 60°. When the need for domestic hot water is fullfiled, solar system can be used for heating the outside pool.

Along with this work, technical documentation and calculations which defines equipment disposition over the floors and the functional scheme of the system and automatic regulation system, are submitted.

1. UVOD

1.1. Toplinska ugodnost

Prema normi ISO 7730, toplinska ugodnost definira se kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Budući da svaki pojedinac drugačije podnosi određenu temperaturu, nemoguće je točno odrediti stanje okoliša koje bi zadovoljilo svaku osobu. Iz tog razloga definiraju se određeni parametri toplinske ugodnosti koji bi zadovoljili većinu korisnika. Određivanje udjela (ne)zadovoljnih osoba se vrši pomoću PPD (eng. Predicted Percentage of Dissatisfied) indeksa koji predviđa postotak nezadovoljnih osoba, a određuje se po funkciji od PMV indeksa (eng. Predicted Mean Vote) pomoću kojeg vrednujemo razinu ugone. PMV indeks određuje se pomoću složenih matematičkih izraza iz norme ISO 7730, a predviđa subjektivno ocjenjivanje ugodnosti boravka od grupe ljudi. Skala PMV indeksa se kreće od -3 što opisuje hladne uvjete do +3 što je identično jako toplim uvjetima. [1]



Slika 1: Prikaz ovisnosti PMV indeksa o postotku broja nezadovoljnih osoba [1]

Osnovni parametri koji utječu na toplinsku ugodnost su:

- Temperatura zraka u prostoriji,
- Temperatura ploha prostorije,
- Vlažnost zraka,
- Brzina strujanja zraka,
- Razina odjevenosti,
- Razina fizičke aktivnosti,

- Kvaliteta zraka, buka, namjena prostora, dob...

Navedene parametre karakterizira međusobna zavisnost jednih o drugima. Drugim riječima, pri promjeni jedne veličine, istu razinu ugodnosti je moguće ostvariti isključivo promjenom drugih veličina. Prilikom projektiranja bitno je osigurati toplinsku ugodnost za većinu korisnika unutar zone boravka regulirajući te faktore. Zona boravka je područje u kojem ljudi obitavaju, a definirano je sa 0,5 m udaljenosti od unutarnjih zidova, 1 m od vrata, prozora i vanjskih zidova te sa 1,8 m visine od poda. Temperatura zraka određuje se u rasponu vrijednosti koje zadovoljavaju većinu korisnika. U sezoni grijanja, poželjan temperaturni raspon iznosi 20-22 °C dok u ljetnim mjesecima iznosi 22-26 °C. Za toplinsku ugodnost važan je temperaturni gradijent po visini prostora i preporuka je da ne bude veći od 3 °C od poda do glave korisnika. Temperatura ploha također je važan parametar, jer asimetrične površinske temperature izazivaju neugodan osjećaj ukoliko su velike temperaturne razlike.

Relativna vlažnost nema velik utjecaj na toplinsku ugodnost, ali preporučuje se održavanje u rasponu od 35 do 60% za temperaturu zraka od 20 do 25 °C, nisku razinu odjevenosti te nisku razinu fizičke aktivnosti. Ukoliko je povećana razina fizičke aktivnosti, povećava se latentna toplina, a samim time i relativna vlažnost zraka. Brzina strujanja zraka ima iznimno velik utjecaj na toplinsku ugodnost. Većom brzinom strujanja zraka tijelo brže izmjenjuje toplinu s okolišem. Također bitno je osigurati da strujanje zraka bude približno konstantno u vremenu bez značajnijih turbulencija. Brzine strujanja zraka do 0,25 m/s u zoni boravka prihvatljive su za većinu korisnika. Fizička aktivnost i razina odjevenosti također znatno utječu na razinu toplinske ugodnosti. Odjeća smanjuje toplinske gubitke iz tijela stoga je podijeljena prema vrijednosti toplinskog otpora. Mjerna jedinica koja se uobičajeno koristi za izražavanje toplinskog otpora odjeće naziva se Clo jedinica. Razina fizičke aktivnosti ima velik utjecaj na izmjenu topline tijela i okoliša što je vidljivo iz Tablice 1 koja prikazuje vodeće vrijednosti izmjene topline između tijela i okoliša za temperaturu zraka 22 °C. [1]

Aktivnost	Stupanj aktivnosti	Predana toplina Φ , [W]
mirujući rad uz sjedenje	I	120
laki fizički rad (sjedenje ili stajanje)	II	150
srednje teški fizički rad (hodanje)	III	190
teški fizički rad (rad sa strojem)	IV	>270

Tablica 1: Prikaz količine predane topline s obzirom na razinu fizičke aktivnosti [1]

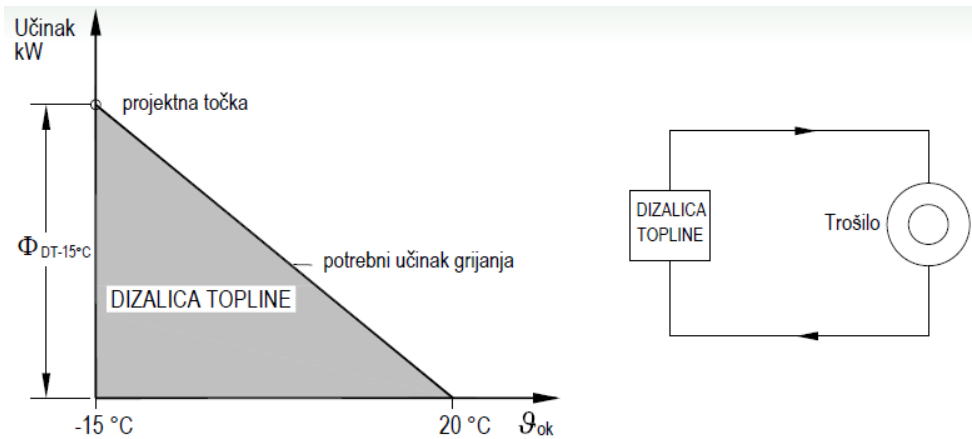
Također, korisnici mogu imati pritužbe i na kvalitetu zraka. Zgrada može biti dobro zabrtvljena s malim brojem izmjena zraka čime raste udio CO₂ u prostoru što može uzrokovati pad koncentracije, a može utjecati i na fizičko zdravlje korisnika. Nadalje, zrak može sadržavati razne čestice, bioaerosole, plinove i mirise koji utječu na kvalitetu zraka.

1.2. Dizalice topline

Dizalice topline su uređaji koji pomoću ljevokretnog kružnog procesa s određenom radnom tvari dovode energiju s niže temperaturne razine na višu uz ulaganje dodatnog rada. Mogu se koristiti kao izvori toplinskog ili rashladnog učina u sustavima grijanja, hlađenja i klimatizacije. Za svoj rad neophodna je pogonska energija koja je funkcija temperaturnih razlika toplinskih spremnika (izvora i ponora). Toplinski izvor je medij ili niže temperature koji predaje toplinu dizalici topline, najčešće iz okoliša. Uglavnom su to vanjski zrak, površinske ili podzemne vode, zemlja (tlo), otpadna toplina itd. Toplinski ponor je medij više temperature kojem se predaje toplinu, a najčešće su to ogrjevni mediji u sustavima grijanja, potrošna topla voda, zrak u prostorijama itd. [2]

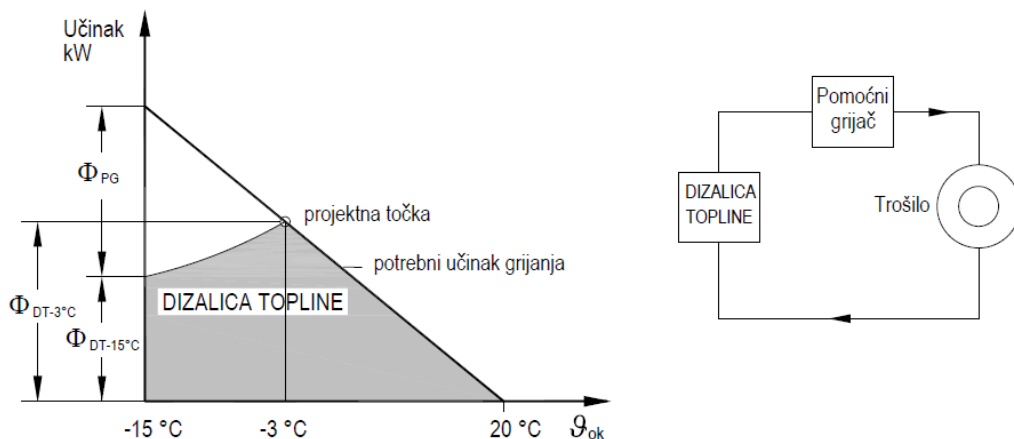
Sustavi grijanja s dizalicom topline mogu biti izvedeni tako da dizalica topline bude jedini izvor topline. Također, dizalica topline može se koristiti u sprezi s drugim izvorima topline. Razlikujemo sljedeće načine rada dizalice topline:

- Monovalentni način rada - Sve toplinske gubitke zgrade (toplinsko opterećenje) pokriva isključivo dizalica topline. Učinak dizalice topline određuje se prema vanjskoj projektnoj temperaturi zraka. Najčešće dizalice topline povezane s tлом (s podzemnom vodom ili tлом kao izvorima topline) rade kao monovalentni sustavi grijanja.



Slika 2: Monovalentni rad dizalice topline [2]

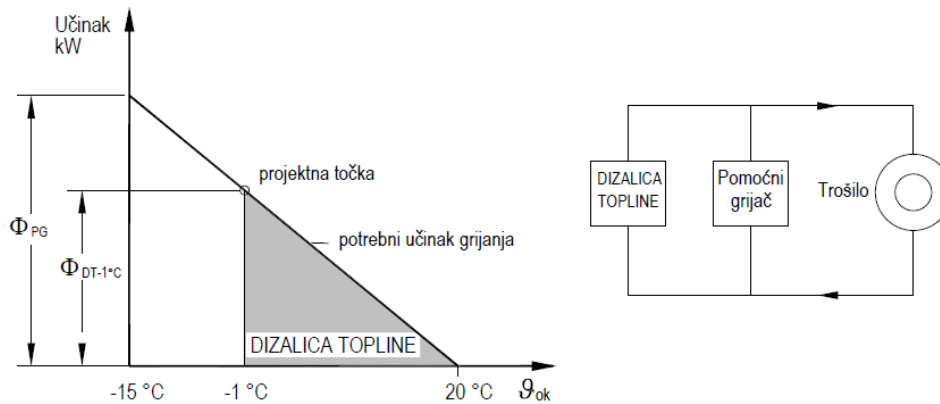
- Bivalentno-paralelni način rada dizalice topline - Do određene vrijednosti vanjske temperature zraka dizalica topline je jedini izvor topline. Daljnjim padom vanjske temperature zraka (npr. -3°C ili niže) uključuje se paralelno još jedan toplinski izvor (npr. plinski bojler) kao pomoć dizalici topline. Priključenje drugog toplinskog izvora, regulacija vodi prema vanjskoj temperaturi zraka i potrebnom učinku grijanja. Ovaj način rada sustava grijanja uglavnom se koristi kod dizalica topline sa zrakom kao izvorom topline.



Slika 3: Bivalentno-paralelni rad dizalice topline [2]

- Bivalentno-alternativni način rada dizalice topline - Do određene vrijednosti vanjske temperature zraka dizalica topline je jedini izvor topline, koja ovisno o karakteristici grijanja odgovara maksimalnoj temperaturi polaznog voda od 55°C . Daljnjim padom vanjske temperature zraka uključuje se drugi izvor topline i on je dalje jedini u radu (npr. plinski bojler). Točka preokretanja izbora sustava grijanja u ovom primjeru iznosi -1°C . Ovaj način rada sustava grijanja koristi se za zgrade s radijatorima kao ogrjevnim

tijelima, temperaturnog režima 90/70 °C ili 80/60 °C budući je potrebna velika snaga izvora kako bi se postigle tako visoke temperature ogrjevne vode, a dizalice topline se pretežito koriste za niskotemperaturne sustave.



Slika 4: Bivalentno-alternativni rad dizalice topline [2]

Najčešće se u praksi koriste kompresijske dizalice topline koje se sastoje od: isparivača, kondenzatora, kompresora i ekspanzijskog ventila kroz koji struji radni medij. Radni ciklus dizalice topline kreće stlačivanjem radne tvari na viši tlak u kompresoru. Stlačena radna tvar u parovitom agregatnom stanju zatim ide u kondenzator, izmjenjivač topline u kojem se hladi i kondenzira tako predajući toplinu ogrjevnoj vodi koja se zagrijava. Prolaskom kroz termoekspanzijski ventil tekućoj radnoj tvari se smanjuje tlak i temperatura. Ohlađena radna tvar dolazi do isparivača u kojem se zagrijava uslijed odvođenja topline od vanjskog izvora (npr. zrak u dizalici topline zrak-voda). [2]

1.3. Solarni sustavi

Sunčevo zračenje je najveći izvor obnovljive energije na Zemlji gdje se pretvara u druge oblike obnovljive energije. Energija Sunčevog zračenja se direktno iskorištava pomoću solarnih kolektora za zagrijavanje vode i zraka, koncentrirajućih kolektora za proizvodnju električne energije te fotonaponskih ćelija za direktnu proizvodnju električne energije. Osim za potrebe grijanja, kolektori se koriste u sklopu sorpcijskih sustava i za hlađenje. Tipične vrijednosti efikasnosti pretvorbe Sunčeve u korisnu energiju iznose oko 50% za toplovodne kolektore (pločaste i vakuumske), 20% za koncentrirajuće kolektore, 10% za fotonaponske ćelije, dok je kod sunčanih sorpcijskih rashladnih sustava odnos rashladnog učinka i pogonske energije Sunčevog zračenja $SPCF < 0,15$. S obzirom na relativno male vrijednosti gustoće energetskog

toka Sunčevog zračenja (manje od 1 kW/m^2), solarni sustavi se u praksi uglavnom koriste za lokalnu opskrbu energijom, primjerice, obiteljskih kuća, autokampova, marina, hotela.

Danas se Sunčeva energija najviše koristi za zagrijavanje vode u sustavima pripreme potrošne tople vode (PTV) i grijanja prostora te za zagrijavanje bazenske vode. U osnovi se sastoje od solarnih kolektora, spremnika tople vode, automatike i pomoćnog izvora topline.

S obzirom na izvedbu postoji nekoliko vrsta solarnih kolektora, a to su:

- pločasti,
- vakuumski,
- neostakljeni,
- koncentrirajući. [3]



Slika 5: Prikaz solarnih kolektora [4]

Jasno je da se sva apsorbirana energija ne uspije predati radnom mediju unutar kolektora, već se dio izmjeni s okolišem i kao takav predstavlja toplinske gubitke kolektora. Korisna toplina dovedena radnom fluidu može se izraziti kao razlika apsorbirane topline i toplinskih gubitaka na okoliš svedenih na temperaturu zraka. Ta je toplina također jednaka toplini izmijenjenoj između apsorberske ploče temperature i fluida u cijevima.

Efikasnost kolektora je definirana kao omjer korisne energije predane vodi i energije upadnog Sunčevog zračenja na ravninu kolektora, a najčešće se određuje eksperimentalno mjerenjem topline koja je predana fluidu, tj. ulazne i izlazne temperature fluida i njegovog masenog protoka. Na efikasnost kolektora mogu utjecati različiti parametri, a neki od njih su:

- optimalni kut nagiba kolektora,
- optička svojstva apsorbera i stakla,
- otpor spoja apsorbera i cijevi,
- strujanje radnog fluida. [2]

1.4. Priprema potrošne tople vode

Potrošnom toplom vodom smatra se zagrijana pitka voda najviše do 90 °C koja se koristi u kućanstvu za osobnu higijenu, kuhanje, čišćenje ili za neke druge potrebe. Potrebna količina potrošne tople vode ovisi o namjeni zgrade, broju stanova, navikama potrošača, danu u tjednu i mnogim drugim uvjetima. Sustavi pripreme PTV-a moraju zadovoljiti slijedeće zahtjeve kako bi rad bio funkcionalan.

Dakle, bitno je:

- osigurati PTV potrebne temperature u potrebnoj količini i u relativno kratkom vremenskom periodu,
- osigurati podesivu temperaturu PTV na izljevnim mjestima,
- osigurati higijenski čistu PTV (u standardu pitke vode),
- sustav treba biti siguran u pogonu i jednostavan za korištenje,
- sustav treba biti troškovno povoljan, energetski učinkovit i neškodljiv za okoliš.

S obzirom na način zagrijavanja sustavi pripreme potrošne tople vode dijele se na akumulacijske i protočne sustave. Akumulacijski sustavi se koriste na mjestima gdje je potrebna veća količina PTV-a u relativno kratkom razdoblju (bolnice, hoteli, stambene zgrade) jer se PTV priprema unaprijed i akumulira u spremniku. Kao prednosti akumulacijskog sustava mogu se istaknuti isporuka velike količine PTV-a u kratkom vremenu uz regulabilnu temperaturu, lako pokrivanje vršnog opterećenja i veliki kapacitet vode uz manji izvor topline. Dok su nedostaci koji prate akumulacijski sustav veći potrebni prostor za ugradnju, veća investicija i stajanje vode u spremniku čime se javlja opasnost od pojave legionele, tj. bakterije koja može biti smrtonosna ukoliko se udiše u raspršenom aerosolu. Kako bi se spriječila njezina pojava bitno je vodu zagrijavati na više od 60 °C jer pri toj temperaturi ona ugiba. Također kao preventiva od stajanja vode u sustav se ugrađuje recirkulacijska pumpa koja služi i da se osigura topla voda na izljevnom mjestu odmah prilikom otvaranja slavine. [1]



Slika 6: Akumulacijski spremnik sa dizalicom topline za pripremu potrošne tople vode [5]

1.5. Ogrjevna tijela

Ogrjevnim tijelom smatra se izmjenjivač topline kojim se toplina prenosi s ogrjevnog medija (vode, pare...) na zrak u prostoru. Prilikom odabira ogrjevnog tijela bitno je obratiti pažnju na zahtjeve koje ogrjevno tijelo treba ispunjavati, a neki od njih su:

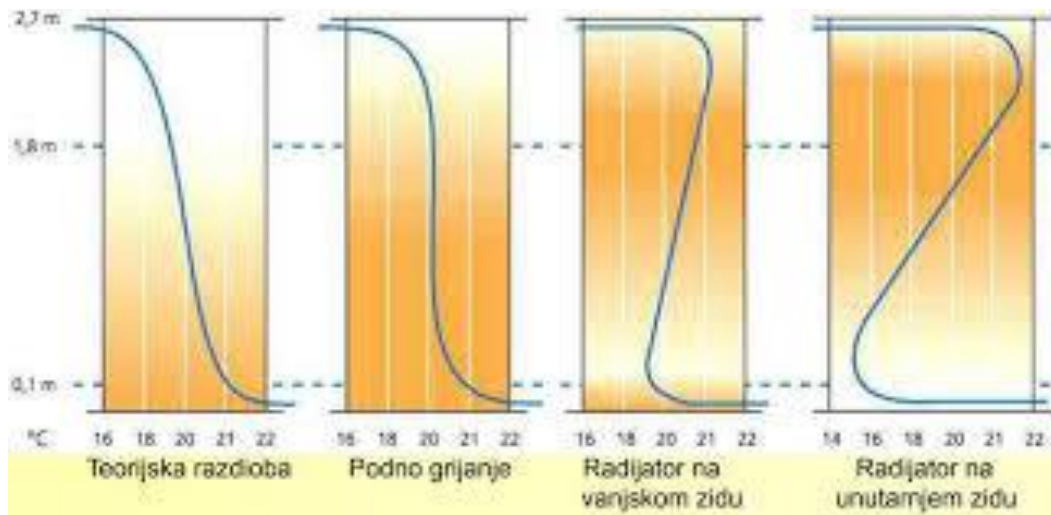
- ravnomjerna razdioba temperature po prostoru,
- visoka učinkovitost,
- mala masa i jednostavna ugradnja,
- jednostavno čišćenje i održavanje,
- postojanost na visoku temperaturu, visok tlak i koroziju,
- izgled koji se uklapa u interijer,
- niska cijena.

Prilikom montaže velik utjecaj na toplinsku ugodnost igra položaj ogrjevnog tijela te je bitno izbjeći pojavu velike razdiobe temperature po visini prostorije. S obzirom na toplinsku ugodnost najpogodnije je postavljanje ogrjevnog tijela na vanjski zid, ako je moguće, ispod prozora jer je to uglavnom mjesto s najvećim toplinskim gubicima. Time se postiže miješanje pothlađenog vanjskog zraka sa zagrijanim zrakom koji se podiže s ogrjevnog tijela. Ogrjevna tijela mogu se podijeliti na sljedeće vrste:

- člankasta ogrjevna tijela (člankasti radijatori),
- pločasta ogrjevna tijela (pločasti radijatori, ogrjevne ploče),
- konvektori,

- cijevni grijači (kupaonski i kuhinjski grijači, cijevni registri),
- panelni grijači (najčešće su podni, a mogu biti i stropni i zidni paneli).

Najpogodniju razdiobu temperature po visini prostorije postiže se podnim, a na Slici 7 može se vidjeti usporedbeni dijagrami sa slučajevima korištenja radijatora na unutarnjem i vanjskom zidu. [6]



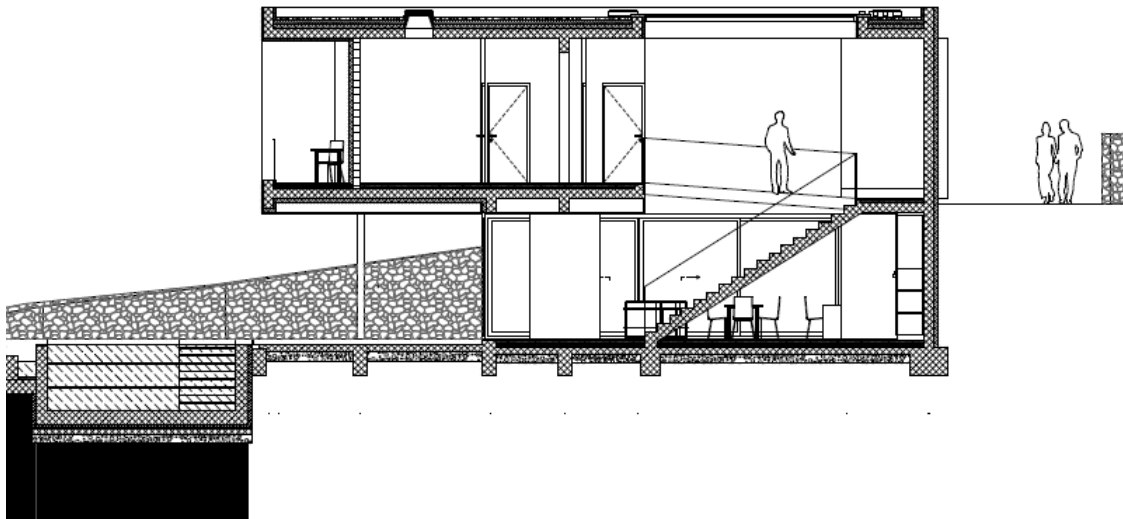
Slika 7: Razdioba temperature po visini prostorije za podno grijanje i radijator [1]

Panelni grijači kao osnovni mehanizam izmjene topline koriste zračenje (60-75 %), a primjenjuju se u niskotemperaturnim sustavima grijanja, npr 35/30 °C, 45/40 °C. Tamo je polazna temperatura ogrjevnog medija do 50 °C. Iz tih razloga je površinsko grijanje (panelno) postalo jedno od poželjnih niskoenergetskih sustava koji ostvaruju visoku toplinsku ugodnost. Kod podnog grijanja moguća je suha i mokra montaža. Suha se odvija postavljanjem cijevi u podlogu, dok se pri mokroj montaži cijevi postavljaju u estrih (plivajući beton). Prilikom ugradnje važno je obratiti pozornost na građevinske elemente poda s obzirom na toplinsku izolaciju i ostvarenu površinsku temperaturu. [1]

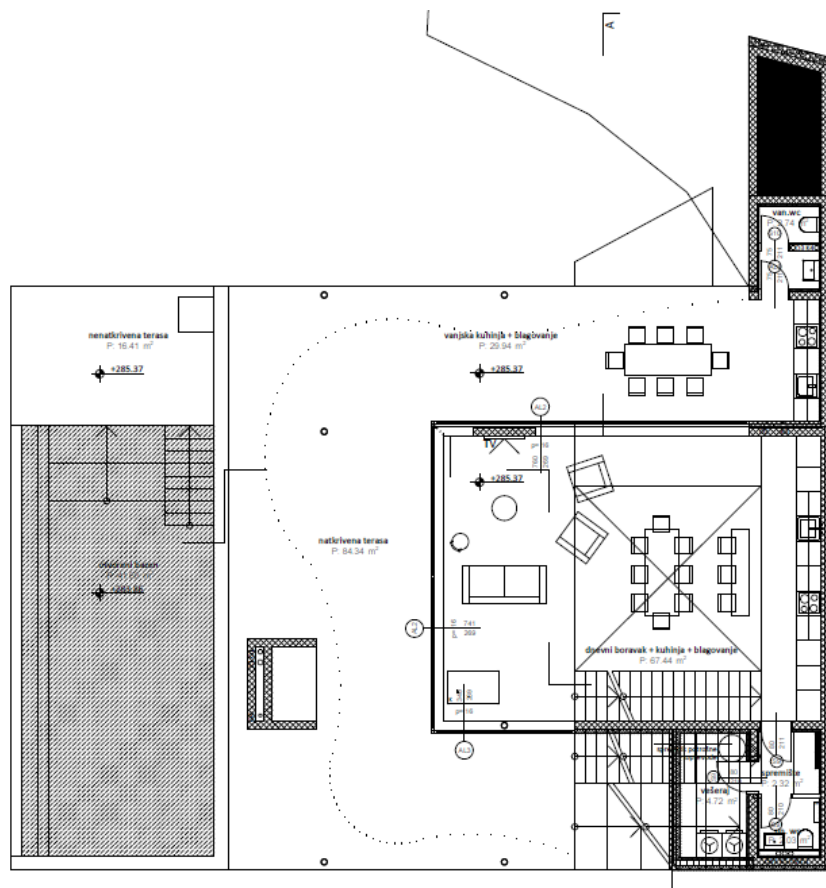
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE

2.1. Opis zgrade

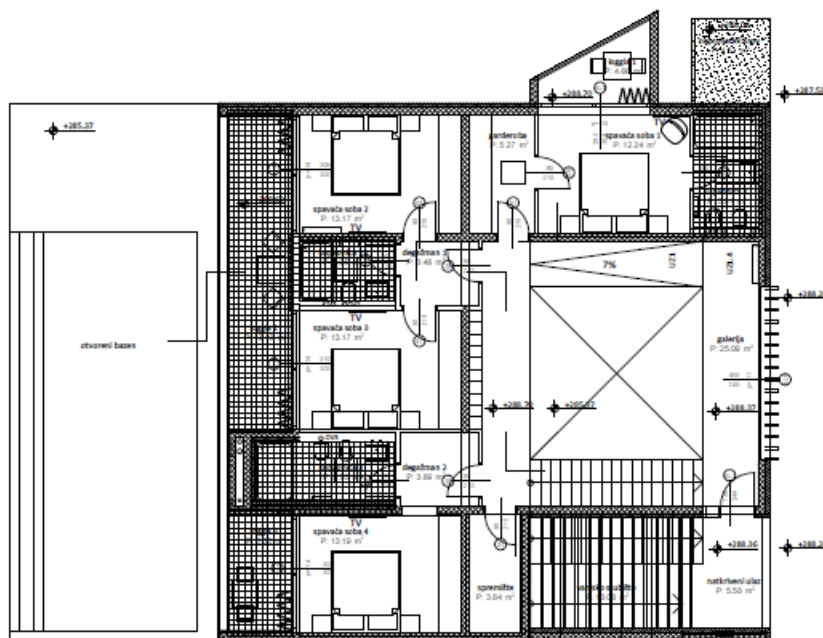
Slobodno stojeća obiteljska vila s pomoćnim građevinama i otvorenim bazenom nalazi se u naselju Brusje na otoku Hvaru. Sastoji se od dvije etaže, prizemlja i kata. U prizemlju se u unutrašnjosti nalazi velika prostorija, koja služi kao dnevni boravak, blagovaona i kuhinja u jednom te nekoliko manjih prostorija čije su namjene spremišta i WC. Također u vanjskom dijelu prizemlja nalaze se dvije natkrivene terase i kuhinja te nenatkriveni bazen površine 42 m². Na prvome katu smještene su spavaće sobe i kupaonice te jedna prostorija koja služi kao galerija na dnevni boravak u prizemlju. Zgrada je duga 15 m, široka 14 m te visoka 8 m. Pretpostavlja se da su sve unutarnje prostorije grijane.



Slika 8: Presjek obiteljske vile



Slika 9: Tlocrt prizemlja obiteljske vile



Slika 10: Tlocrt 1. kata obiteljske vile

2.2. Proračun projektnog toplinskog opterećenja za sezonu grijanja prema HRN EN 12831

Kao prvi korak prilikom projektiranja sustava grijanja obiteljske vile potrebno je proračunati toplinske gubitke zgrade u projektnim uvjetima korištenja koji će poslužiti za dimenzioniranje ogrjevnih tijela. Proračun se radi za stacionarno stanje vanjskog okoliša i prostorije, a prilikom izračuna zanemaruju se svi izvori topline koji se nalaze unutar zgrade jer sustav grijanja mora ostvariti i održati unutarnju projektanu temperaturu za najgore moguće uvijete. Vanjska projektana temperatura je izabrana prema podacima propisanim od Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (MGiPU) te za lokaciju otoka Hvara ona iznosi $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. U grijanim prostorijama potrebno je odrediti unutarnje projektne temperature prema normi. Odabrane projektne temperature pojedinih prostorija dane su u Tablici 2:

Prostorija	Unutarnja projektana temperatura [$^{\circ}\text{C}$]
Dnevni boravak i kuhinja	20 $^{\circ}\text{C}$
Galerija	20 $^{\circ}\text{C}$
Spavaća soba	20 $^{\circ}\text{C}$
Kupaonica	24 $^{\circ}\text{C}$
Garderoba	20 $^{\circ}\text{C}$
Hodnik	20 $^{\circ}\text{C}$
Spremište	20 $^{\circ}\text{C}$

Tablica 2: Unutarnje projektne temperature po prostorijama

Norma sadrži dva tipa gubitaka, a to su transmisijski i ventilacijski gubici. Transmisijski gubici nastaju prolazom topline kroz sve površine prostorije, tj. unutarnje i vanjske zidove, pod, krov, prozore i vrata. Najveći utjecaj na izmjenu topline zimi ima koeficijent prolaza topline U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]. [7] U ovom projektu korištene su zadane vrijednosti iz opisa građevinske konstrukcije koje zadovoljavaju aktualne energetske standarde. Vrijednosti koeficijenata prolaza topline građevinskih elemenata prikazani su u Tablici 3.

Građevni element	Koeficijent prolaza topline U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
Vanjski zid	0,39

Prozor	1,00
Vrata	1,4
Krov	0,26
Pod na tlu	0,46
Zid prema tlu	0,44
Unutarnji zid	1,1
Međukatna konstrukcija	0,63
Međukatna konstrukcija prema otvorenom	0,28
Kupaonska vrata	2,2

Tablica 3: Vrijednosti koeficijenata prolaza topline za vrste građevinske elemente

Prilikom proračuna toplinskih gubitaka od velike je važnosti uzeti utjecaj toplinskih mostova. To su područja većeg intenziteta izmjene topline nastala kao posljedica geometrije ili nehomogenosti građevinskog materijala. Prilikom izvođenja proračuna korištena je pojednostavljena metoda korekcije koeficijenta prolaska topline građevnih dijelova po preporuci u "Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje". Iz tog razloga su U vrijednosti površina povećane za 0,05 W/m²K. [8]

Ventilacijski gubici su oni koji su potrebni za zagrijavanje hladnog vanjskog zraka koji ulazi u prostor infiltracijom ili mehaničkom ventilacijom. Broj izmjena zraka za prostorije se uzima prema higijenskom minimumu. [1]

Prostorija	Broj izmjena zraka [l/h]
Kupaonica	1,5
Ostale prostorije	0,5

Tablica 4: Broj izmjena zraka po prostorijama

Izračun toplinskog opterećenja u normi računa se prema općoj formuli:

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

gdje su:

$$\Phi_{HL} \text{ — toplinsko opterećenje prostorije, [W]}$$

Φ_T — transmisijski gubici prostorije, [W]

Φ_V — ventilacijski gubici prostorije, [W]

Φ_{RH} — dodatak zbog nekontinuiranog pogona, [W]

Zadnji pribrojnik predstavlja dodatak na kapacitet kako bi se, ukoliko dođe do prekida grijanja, unutarnja projektna temperatura mogla ponovno postići u prihvatljivom vremenskom periodu. Sumiranjem toplinskih gubitaka svih grijanih prostorija može se dimenzionirati izvor topline. [7] Proračunom se dobije da prosječni specifični toplinski gubici iznose 42 W/m² što je u skladu s niskoenergetskim standardima. Cijeli proračun proveden je pomoću računalnog programa IntegraCAD, a rezultati proračuna po prostorijama su dani u Tablici 5, dok je proračun svake prostorije dan u prilogu A.

Prostorija	Φ_{HL} [W]	Φ_{HL} po m ² , [W/m ²]
Dnevni boravak (Pr)	2373	36,96
Spremište (Pr)	48	24
WC	99	49,5
Spremište opreme (Pr)	156	35,45
Galerija (kat)	1162	39,66
Spavaća soba 1 (kat)	513	41,37
Kupaonica 1 (kat)	360	70,89
Garderoba (kat)	165	32,35
Spavaća soba 2 (kat)	640	48,12
Kupaonica 2 (kat)	291	72,75
Hodnik 1 (kat)	58	16,57
Spavaća soba 3 (kat)	480	36,09
Kupaonica 3 (kat)	398	72,36
Hodnik 2 (kat)	64	16,41
Spavaća soba 4 (kat)	632	48,24
Spremište	242	57,9

Tablica 5: Rezultati proračuna gubitaka topline po prostorijama

2.3. Proračun toplinskih dobitaka prema VDI 2078

Proračun toplinskog opterećenja za ljetne mjesece odnosno za dane kada je potrebno prostor hladiti vrši se prema smjernici VDI 2078. Naime, proračun toplinskog opterećenja ljeti razlikuje se u svome pristupu od proračuna toplinskog opterećenja u vrijeme grijanja. Ovdje je potrebno uzeti u obzir efekt toplinskog spremnika građevnih dijelova zgrade. Bitno je također razlikovati toplinske dobitke od toplinskog opterećenja. Jedan od primjera jesu toplinski dobitci sunčevog zračenja koji se ne prikazuju u istom vremenskom trenutku kao toplinsko opterećenje budući da npr. zračenje na određeni zid mora prvo zagrijati kako bi taj zid zatim zagrijao prostoriju iznutra. Upravo ovaj efekt značajno utječe na dimenzioniranje opreme stoga nije zanemariv. Toplinsko opterećenje možemo podijeliti u dvije skupine : vanjsko i unutarnje. Tipični izvori unutarnjeg toplinskog opterećenja jesu ljudi, rasvjeta, električni uređaji (npr. računala) dok su izvori vanjskog toplinskog opterećenja infiltracija toplog i vlažnog zraka, dobitci provođenjem kroz zidove i krov, solarni toplinski dobitci kroz ostakljenja te dobitci provođenjem kroz ostakljenja... [9]

Izračun projektnog toplinskog opterećenja provodi se za nekoliko sati u projektnom (najtoplijem) danu da bi se našao maksimalni zbroj svih komponenata toplinskog opterećenja. Za izradu ovog rada korišten je program „IntegraCAD“, koji postupak proračuna značajno olakšava. Na početku je potrebno odabrati jednu od četiri ponuđene klimatske zone. U ovom slučaju odabrana je zona 4. kao najtoplija zona i približno se poklapa sa podacima za otok Hvar. Nužno je odabrati orijentaciju svake prostorije unutar građevine za koju se proračun provodi zbog različitog položaja Sunca tijekom dana. Navode se izvori vanjskih i unutarnjih dobitaka. Za unutarnju projektnu temperaturu odabrano je 26 °C sa 50 % relativne vlažnosti.

U Tablici 6 navedeni su rezultati proračuna sa upisanim projektnim toplinskim opterećenjem za 23. srpnja kao projektni dan, dok su kompletni rezultati proračuna toplinskih dobitaka dani u prilogu B.

Prostorija	Φ_{CL} [W]	Φ_{CL} po m ² , [W/m ²]
Dnevni boravak (Pr)	3491	54,38
Spremište (Pr)	73	36,5
WC (Pr)	83	41,5

Spremište opreme (Pr)	66	15
Galerija (kat)	513	17,51
Spavaća soba 1 (kat)	385	31,05
Kupaonica 1 (kat)	183	35,88
Garderoba (kat)	76	14,9
Spavaća soba 2 (kat)	510	38,35
Kupaonica 2 (kat)	115	28,75
Hodnik 1 (kat)	13	3,71
Spavaća soba 3 (kat)	269	20,23
Kupaonica 3 (kat)	136	24,73
Hodnik 2 (kat)	23	5,9
Spavaća soba 4 (kat)	608	46,41
Spremište	98	23,44

Tablica 6: Projektno toplinsko opterećenje prostorija za 23.srpanj

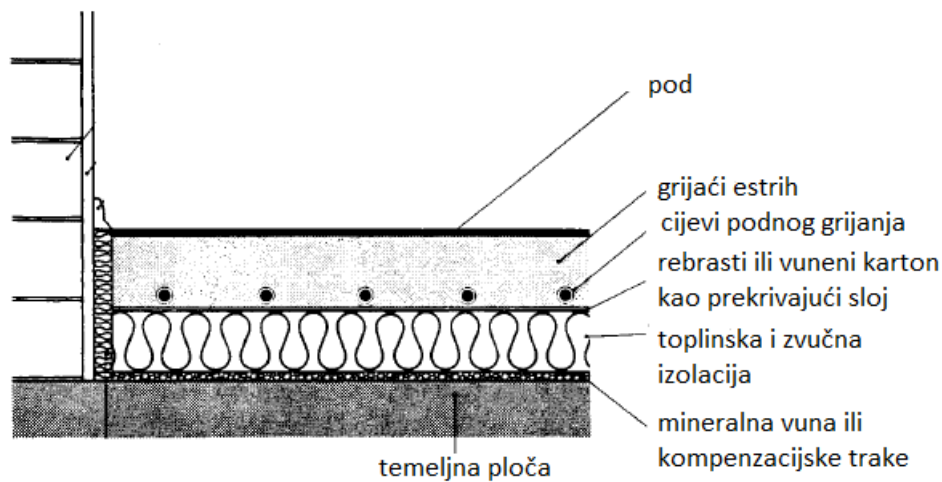
3. SUSTAVI GRIJANJA I HLADENJA

3.1. Podno grijanje

U ovom poglavlju rješavat će se problematika dimenzioniranja podnog grijanja. Cijevne petlje podnog grijanja postavljaju se u sve prostorije koje imaju potrebu za grijanjem. Budući su kupaonice prostorije koje imaju velike gubitke topline po m² površine poda te prelaze iskustvenu granicu od 50 W/m², dodatno se u kupaonice postavljaju električni grijači za ostvarivanje bolje toplinske ugodnosti i lakše postizanje unutarnje projektne temperature. Koriste se podne petlje sa režimom ogrjevnice vode 38/30 °C, pritom ne prelazeći granične temperature poda koje su navedene u normi EN 1264, a iznose:

- 27 °C – za prostorije u kojima ljudi duže borave,
- 29 °C – za prostorije u kojima ljudi kraće borave,
- 35 °C – za rubne zone,
- $t_i + 9$ °C – za kupaonice. [10]

Podno grijanje postavlja se u mokroj izvedbi, odnosno cijevi se potpuno ili djelomično postavljaju u cementni estrih. Detalj postavljanja vidljiv je na Slici 11. Tim načinom polaganja cijevi u estrih dolazi do rasterećenja napetosti materijala, a srednje temperature stijenke cijevi su oko 1,5 °C niže nego kod sustava postavljanja u suhoj izvedbi. Po unosu podataka građevinskih materijala proračunat je otpor podne obloge u vrijednosti 1,62 m²K/W. Maksimalni pad tlaka po krugu podnog grijanja ograničen je na 25 mbar (25kPa).

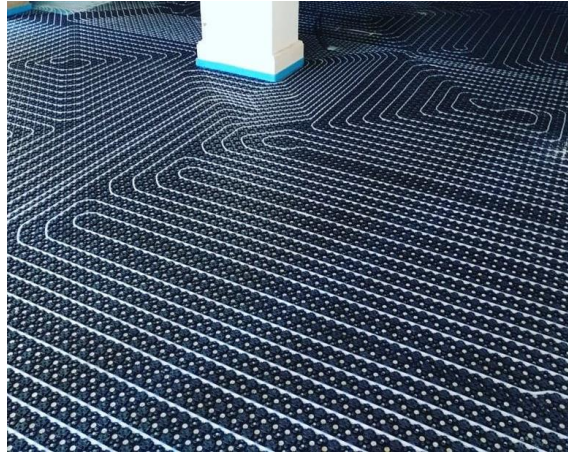


Slika 11: Građevinski slojevi prilikom mokrog postavljanja podnog grijanja [11]

Za podno grijanje koriste se cijevi proizvođača Uponor, tj. „Uponor Comfort pipe plus $\Phi 16 \times 2$ “. Riječ je o cijevima izrađenih od peroksidom umreženog polietilena (PE-Xa), a pozicioniraju se pomoću „Uponor Tecto“ ploče za pozicioniranje. Način postavljanja cijevi u ploču prikazan je na Slici 12. Debljina cementnog estriha iznad cijevi je 45 mm s koeficijentom toplinske vodljivosti 1,2 W/mK.

Prilikom montaže bitno je držati se preporuka:

- za površine veće od 40 m² nužno je postavljanje dilatacijskih traka tako da nastanu pravi kutovi, odnosno kvadrati,
- prilikom postavljanja dilatacijskih traka koriste se zaštitne cijevi koje ulaze 25 cm u svako polje estriha,
- ukupna dužina cijevi u krugu grijanja ne smije biti duža od 120 m,
- kroz rub dilatacijske zone prolaze samo dvije cijevi,
- najveća dužina zone je 8 m. [1]



Slika 12: Prikaz montaže cijevi podnog grijanja u ploče za pozicioniranje [12]

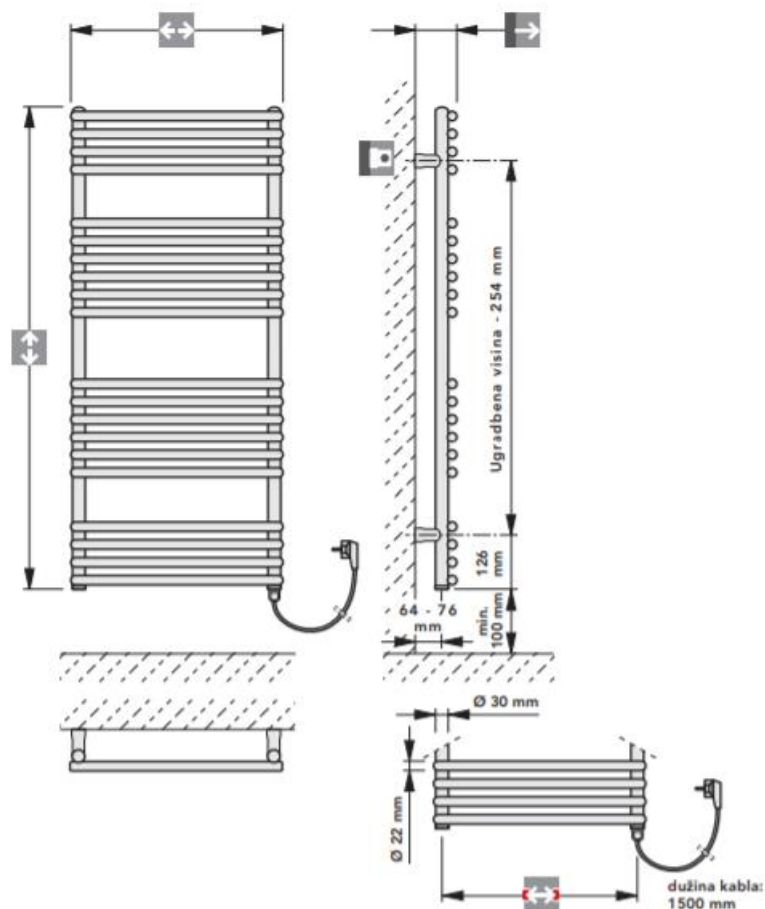
Proračun podnog grijanja rađen je u računalnom programu Uponsor HSE 4.5 i potpuni rezultati dani su u prilogu C.

3.2. Kupaonski cijevni grijač

S obzirom da su vrijednosti gubitaka topline po kvadratu u kupaonicama iznad prosječne vrijednosti od 50 W/m^2 i sa težnjom ostvarivanja veće toplinske ugodnosti odabrano je postavljanje električnog cijevnog grijača. Točnije radi se o modelu proizvođača Vogel&Noot Della E 1100/600 učina 400 W pri temperaturi od 60 °C . Kao prednost navedenog grijača može se navesti regulacija temperature u ovisnosti o korisnikovim željama s obzirom na vremensko razdoblje, također je praktično i za sušenje ručnika. Na slikama ispod prikazan je odabrani model električnog grijača i tehničke karakteristike s navedenim dimenzijama.



Slika 13: Prikaz kupaonskog električnog radijatora Della E, Vogel&Noot [13]



Slika 14: Način montaže i ugradbene dimenzije kupaonskog električnog radijatora [13]

3.3. Podno hlađenje

Panelni sustavi se osim već navedenih prednosti mogu istaknuti i činjenicom da cijevi koje služe za podno grijanje mogu poslužiti i za hlađenje prostorija. Sustavi površinskog hlađenja popularan su izbor zadnjih petnaestak godina iz razloga što daju veću fleksibilnost što se tiče uređenja interijera, ostvaruju jako dobu toplinsku ugodnost, te smanjuju troškove održavanja i pogonske troškove. Kako voda ima veći toplinski kapacitet od zraka, sustav površinskog hlađenja uz pumpu za cirkulaciju vode ostvaruje manju potrošnju energije za isti toplinski tok koji preda kao i zračni sustav. Ovakav sustav osobi koja boravi u prostoru pruža iste uvjete toplinske ugodnosti pri neznatno višim temperaturama unutarnjeg zraka, budući da se jedan dio topline od ljudi odaje zračenjem prema hladnijim plohama. [2]

Za slučaj podnog hlađenja rashladni učin oslobađa se prema temperaturnom režimu 16/19 °C. Bitno je također paziti da temperature poda ne budu ispod onih određenih uvjetima toplinske ugodnosti i osobito da ne budu niže od temperature rosišta. Željeni uvjeti u prostorijama su 26 °C i 50 % relativne vlažnosti pri čemu je temperatura rosišta 14,5 °C što je za 1,5 °C niže od temperature polaza rashladne vode te tako eliminiramo stvaranje kondenzata na površinama i spojnim cijevima na razdjelniku.

Sukladno proračunu podnog grijanja, ovaj je napravljen pomoću dodatka na programski paket „Uponor HSE 4.5“. U Tablici 7 prikazuju se instalirane snage površinskog hlađenja po prostorijama.

Prostorija	Φ_c [W]
Dnevni boravak (Pr)	1348
Spremište (Pr)	56
WC (Pr)	65
Spremište opreme (Pr)	116
Galerija (kat)	557
Spavaća soba 1 (kat)	275
Kupaonica 1 (kat)	135
Garderoba (kat)	138
Spavaća soba 2 (kat)	302
Kupaonica 2 (kat)	100

Hodnik 1 (kat)	89
Spavaća soba 3 (kat)	296
Kupaonica 3 (kat)	162
Hodnik 2 (kat)	23
Spavaća soba 4 (kat)	511
Spremište	119

Tablica 7: Instalirani rashladni učinak cijevi za podno hlađenje

Potrebno je naglasiti da, iako su izračunati rashladni učinci za postavljene cijevi, u kupaonicama se neće koristiti podno hlađenje. Glavni razlog je to što bi puštanje režima 16/19 °C vrlo lako moglo dovesti do kondenzacije vlage iz zraka na površinama poda. Samim time dolazilo bi do pojave plijesni i uništavanja keramičke podne obloge. Obzirom da su kupaonice prostorije kratkog boravka, one neće biti hlađene već se mogu eventualno hladiti pod utjecajem susjednih prostorija.

3.4. Odabir klima jedinice kao pomoćnog sustava za hlađenje

Klima jedinica postavlja se kao pomoćna instalacija u periodu hlađenja budući da su ljeti veliki dobitci za prostor boravka u prizemlju prouzrokovani sunčevim zračenjem na staklene stijene koje prekrivaju tri od četiri zida prostorije. Ovim uređajem osigurava se da će u periodu hlađenja prostor moći postići unutarnju projektnu temperaturu od 26 °C. Jasno je da bi te uvijete bilo nemoguće postići samo podnim hlađenjem za koje je proračunom dobiveno da pokriva samo 1348 W od izračunatih 3491 W. Zidno hlađenje u ovoj situaciji također ne bi bilo izvedivo s obzirom da su tri zida gotovo potpuno prekrivena staklenim stijenama dok je četvrti prekriven kuhinjskim elementima.

Iz navedenih razloga odabire se parapetna klima jedinica u mono split izvedbi proizvođača Daikin. Model unutarnje klima jedinice je „FVXM-50F“ koja se postavlja ispod stepenica u prizemlju. Vanjska jedinica postavljena je na krovu, a model je „RXM-50N9“. Rashladni učinak klima jedinice iznosi 5 kW čime su potpuno pokriveni dobitci topline ljeti. Isto tako klima jedinica ima i mogućnost grijanja ukoliko to bude potrebno, a navedeni učin grijanja iznosi 5,8 kW.



Slika 15: Unutarnja i vanjska klima jedinica FVXM50F/RXM50N9 proizvođača Daikin [14]

unutarnja jedinica	
dimenzije (VxŠxD)	600x700x210 mm
Električna snaga, priključak	0,027 / 0,034 kW - 220 V - 50 Hz
razina zvučnog tlaka	gr:45/36/32 dBA hl:44/36/32 dBA
razina zvučne snage	gr: 58 dBA hl: 57 dBA
težina	14 kg
priključak R32	Ø6,4/12,7 mm
vanjska jedinica	
dimenzije (VxŠxD)	735x825x300 mm
radna tvar	R-32
razina zvučnog tlaka	gr: 45/36/32 dBA gl: 44/36/32 dBA

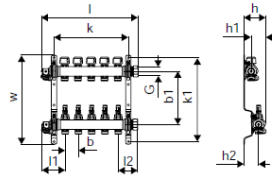
težina	47 kg
--------	-------

Tablica 8: Tehničke karakteristike klima jedinica [15]

3.5. Povezivanje panelnog grijanja/ hlađenja na toplinski izvor

Cijevi namijenjene za površinsko grijanje i hlađenje povezuju se na izvor topline u dva kruga. U primarnom krugu polazni i povratni vodovi spajaju međuspremnik ogrjevnice i razdjelni ormarić, dok se u sekundarnom krugu nalaze vodovi koji se prostiru od razdjelnog ormarića do podnih ploha prostorija koje se griju ili hlade. Koriste se podžbukni zidni ormarići tipa „Uponor Vario“ u kojima se nalaze razdjelnici na koje su spojene sve cijevne petlje određenog kata. Prostorije prizemlja kuće povezane su na jedan razdjelnik sa 5 priključaka, dok se na katu nalazi razdjelnik sa 10 priključaka. Odabrani su jednodijelni razdjelnici proizvođača „Uponor model Vario S FM“ s mogućom ugradnjom mjerača protoka i ventila s funkcijom podešavanja protoka. Kompaktne je instalacije te kombiniran s pumpnim grupama, upravljačkim jedinicama i termopogonima.

**Slika 16:** Razdjelnik Vario S FM proizvođača Uponor s pet priključaka [12]



Kataloški br.	Dimanzija	l	l1	l2	G	G1	b	b1	b2	h	h1	h2	k	k1	w	krugovi	p	uPoints	kol.2	kol.1	jed.
		mm	mm	mm	"	"	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	-	bar				
1086538	2X3/4 Euro	210	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	135	336	355	2	6	100		1	kom.
1086539	3x3/4 Euro	260	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	185	336	355	3	6	120		1	kom.
1086540	4x3/4 Euro	310	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	235	336	355	4	6	140		1	kom.
1086541	5x3/4 Euro	360	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	285	336	355	5	6	160	48	1	kom.
1086542	6x3/4 Euro	410	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	335	336	355	6	6	180	48	1	kom.
1086543	7X3/4 Euro	460	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	385	336	355	7	6	210	48	1	kom.
1086544	8x3/4 Euro	510	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	435	336	355	8	6	230		1	kom.
1086545	9x3/4 Euro	560	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	485	336	355	9	6	250		1	kom.
1086546	10x3/4 Euro	610	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	535	336	355	10	6	270		1	kom.
1086547	11x3/4 Euro	660	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	585	336	355	11	6	300		1	kom.
1086548	12x3/4 Euro	710	87	73	1	3/4	50	215	215	80	30	50	635	336	355	12	6	320		1	kom.
1088864	13x3/4 Euro	760	87	73	1	3/4	50	201	215	83	30	50	780	316	337	13	6	340	48	1	kom.
1088865	14X3/4 Euro	810	87	73	1	3/4	50	201	215	83	30	50	830	316	337	14	6	360	36	1	kom.

Slika 17: Dimenzije razdjelnika Vario S FM u ovisnosti o broju krugova [12]

3.6. Dizalica topline kao toplinski izvor

Za potrebe grijanja prostorija vile i potrošne tople vode prvenstveno je zamišljeno korištenje energije Sunca koja se prikuplja putem solarnih kolektora, no tijekom cijele godine to nije moguće zbog različitog intenziteta sunčevog zračenja i promjenjivog vremena. Iz tog razloga nužno je postavljanje dizalice topline zrak-voda kao pomoćnog sustava koji će se uključivati za potrebe grijanja prostorija zgrade i zagrijavanja sanitarne vode kada solarni sustav to ne može u potpunosti pokriti. Isto tako dizalica topline ima primarnu ulogu u hlađenju prostorija ljeti.

S obzirom na potrebni kapacitete podnog grijanja i hlađenja, koji iznose oko 9,5 kW instalirane snage za grijanje i preko 6 kW za hlađenje, odabrana je dizalica topline model „Compress 6000 AW-13s“ proizvođača Bosch. Dakle radi se o reverzibilnoj dizalici topline zrak-voda za monoenergetske sustave. Sastoji se od vanjske jedinice Compress 6000 AW-13 u monofaznoj izvedbi i unutarnje jedinice „AWE 13-17“ kao dodatnog izvora za grijanje, sa elektro grijačem snage 9 kW. Nazivni toplinski učinak dizalice topline pri prosječnim klimatskim uvjetima iznosi 13,12 kW. Učinak hlađenja kod 35 °C i temperature vode 18 °C iznosi 11,12 kW čime u potpunosti pokrивamo potrebe zgrade.



Slika 18: Prikaz unutarnje i vanjske jedinice dizalice topline „Compress 6000 AW-13/AWE 13-17“ proizvođača Bosch [16]

Vanjska jedinica	
Snaga	13,12 kW
COP	4,05
EER	3,23
Radna tvar; količina	R410A; 3,3 kg
Razina zvučne snage	53 dB(A)
dimenzije (VxDxŠ)	1695x545x11220
Težina	154 kg

Tablica 9: Tehničke karakteristike vanjske jedinice [17]

Unutarnja jedinica	
Snaga	9 kW
Priključak za R410A	CuØ9,5/15,9 mm
Radna tvar; količina	R410A; 3,3 kg
Razina zvučnog tlaka	43 dB(A)
dimenzije (VxDxŠ)	700x485x386
Težina	35 kg
Maksimalni pogonski tlak	3 bar
Minimalni protok (kod otapanja)	0,56 l/s
Ekspanzijska posuda	10 l
Tip pumpe	Grundfos UPM GEO 25-85 PWM

Tablica 10: Tehničke karakteristike unutarnje jedinice [17]

3.7. Odabir međuspremnika (buffera)

Međuspremnik ogrjevne vode u sustavima s dizalicom topline koriste se prvenstveno zbog akumuliranja toplinske energije što u konačnici rezultira smanjenjem učestalosti paljenja i gašenja kompresora. Također, akumulacijski spremnik omogućuje lakše pokrivanje vršnih opterećenja u sezoni grijanja te pruža fleksibilniji rad pokrivanjem opterećenja u slučaju nepredviđenih zastoja u radu. Standardna inženjerska praksa iskustveno predlaže odabir veličine spremnika ovisno o ogrjevnom učinku izvora topline 20-30 l/kW. S obzirom da se u radu koristi i solarni sustav za grijanje koji je preko izmjenjivača spojen na drugi spremnik u kojemu zagrijava potrošnu toplu vodu, ovaj međuspremnik služi također za pretovar tehničke vode iz solarnog spremnika i akumulaciju toplinske energije. [16] Odabran je međuspremnik proizvođača Bosch model „AT500“, zapremnine 497 l. U tablici ispod dane su tehničke specifikacije međuspremnika.



Slika 19: Prikaz niskotlačnog međuspremnika AT500 proizvođača Bosch [17]

AT 500 / 3 bar	
Nazivna zapremnina, l	500
Stvarna zapremnina, l	497
Težina neto, kg	83
Izolacija „Meki“ PU, mm	50
Maksimalna temperatura, T°C	95
Max. radna temperatura izmjenjivača topline °C	110
Nazivni radni tlak, bar	3
Radni tlak izmjenjivača topline, bar	6
Gubitak topline (ΔT_{45K}), kW/24h	2.3
Mjesta za temperaturne osjetnike, kom.	4
Dimenzije (VxΦD)	1677xΦ624 mm

Tablica 11: Tehničke karakteristike međuspremnika „AT500“, proizvod kao Bosch [17]

3.8 Dimenzioniranje cjevovoda

Cijevni razvod sustava za grijanje i hlađenje prostorija u ovom projektu podijeljen je na dva dijela, primarni i sekundarni razvod. Primarni razvod je cjevovod koji povezuje dizalicu topline

sa međuspremnikom odnosno kombiniranim spremnikom u solarnom sustavu. Sekundarnim razvodom se smatra cjevovod između razdjelnika i međuspremnika.

Dimenzioniranje razvoda vrši se na način da se sustav podijeli na dijelove sa konstantnim protocima. Ti dijelovi nazivaju se dionicama te se dimenzioniranju neovisno jedan o drugome. Prvenstveno se zadaje toplinski učinak svake dionice nakon čega se određuje protok ogrjevnog medija. Prema dopuštenim vrijednostima brzine strujanja se potom određuje nazivni promjer određene dionice i jedinični pad tlaka R. Nakon toga se zbrajanjem koeficijenata lokalnih otpora dionice i dodavanjem otpora trenja dolazi do ukupnih padova tlaka u sustavu.

Promjer cijevi primarnog i sekundarnog kruga cjevovoda izabran je s obzirom na instalirani rashladni učinak podnog hlađenja jer je prilikom hlađenja manji pad temperature vode u sustavu te samim time veći protok.

Dionica	Q _D	q _v	q _m	L	Vrsta	DN/d	k	ζ	w	R	R*L	Z	R*L+Z	Sum(R*L+Z)
(-)	(kW)	(m ³ /h)	(kg/s)	(m)			(mm)	(-)	(m/s)	(Pa/m)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)
1	11,120	3,187	0,885	2	Bakar	54	0,0450	1,2	0,45	57	115	122	237	237
2	6,213	1,781	0,494	2	Bakar	42	0,0450	2,3	0,41	67	134	197	332	332
3	5,178	1,484	0,412	8	Bakar	42	0,0450	2,9	0,35	48	388	173	561	561
4	2,793	0,801	0,222	29	Bakar	35	0,0450	1,6	0,28	42	1211	61	1272	1272

Tablica 12: Dimenzioniranje cjevovoda do kritične dionice u programu „MS Excel“

Na osnovu najvećeg pada tlaka u sustavu odabire se pumpa koja se postavlja kako bi se omogućilo pravilno strujanje ogrjevne vode u razvodu za grijanje prostorija. Cijevni razvod do najudaljenijeg ogrjevnog tijela predstavlja kritičnu dionicu, tj. dionicu s najvećim padom tlaka.

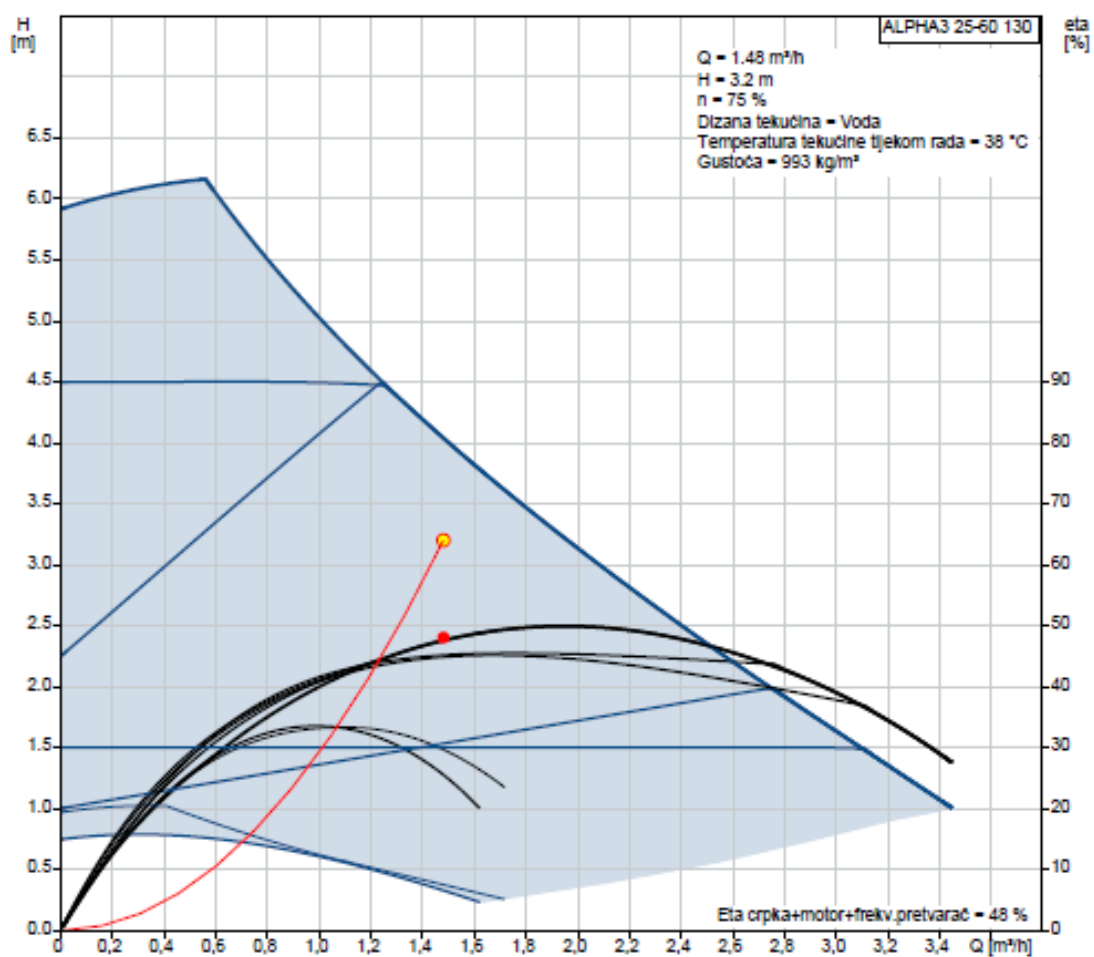
pad tlaka na dionicama do razdjelnika R2	2,402 kPa
pad tlaka najudaljenije petlje podnog grijanja/hlađenja	1,5 kPa
pad tlaka na razdjelniku	23,23 kPa
pad tlaka armature	4,97 kPa
UKUPNO	32,102 kPa

Tablica 13: Zbroj padova tlaka za kritičnu dionicu sustava podnog grijanja/hlađenja

Prema izračunatim padovima tlaka kritične dionice odabire se pumpa pomoću internet aplikacije proizvođača pumpi Grundfos. Odabrani model je „ALPHA 3 25-60 130“. Prikaz proizvoda te karakteristike pumpe i cjevovoda dane su u nastavku.



Slika 20: Prikaz odabrane pumpe „ALPHA 3 25-60 130“, Grundfos [18]



Slika 21: Dijagram radne krivulje odabrane pumpe [18]

3.9. Dimenzioniranje ekspanzijske posude

Ekspanzijska posuda služi prvenstveno za kompenzaciju promjene volumena ogrjevnice vode uslijed promjene u temperaturi kako ne bi došlo do pucanja cjevovoda, ali služi također i kao spremnik sa dodatnom zalihom vode ukoliko bi dolazilo do curenja unutar sustava. Isto tako pomoću ekspanzijske posude održava se tlak sustava unutar zadanih granica. Zatvorene ekspanzijske posude se dimenzioniraju tako da ne dolazi do prekoračenja najveće dopuštene temperature koju je odredio proizvođač. Ugradnja je na povratni vod te se posebno pazi da budu zaštićene od smrzavanja. [1]

Prilikom odabira zatvorene ekspanzijske posude potrebno je proračunati volumen vode u sustavu.

volumen vode u sustavu V_A [l]	
V_{puffer}	497
V_{spr}	275
V_{cijevi}	57,76
V_{podno}	189,06
UKUPNO	1018,82

Tablica 14: Izračun ukupnog volumena vode u sustavu

Minimalni potrebni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude određuje se jednadžbom:

$$V_{n, \min} = (V_e + V_v) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_o}$$

Nakon proračuna minimalnog volumena posude, odabire se prva posuda većeg volumena iz kataloga. Sve odabrane i proračunate vrijednosti prikazane su u tablici ispod.

h_{sys}	5 m
h_{dod}	1 m
p_0	1 bar
p_e	2,5 bar
p_{sv}	3 bar
n	0,65
V_A	1018,82 l
V_v	5,1 l
V_e	6,62
V_{nmin}	27,35 l

Tablica 15: Izračun parametara za dimenzioniranje ekspanzijske posude

Nakon provedenog proračuna, odabrana je membranska ekspanzijska posuda „IMERA R35“, zapremine 35 l.



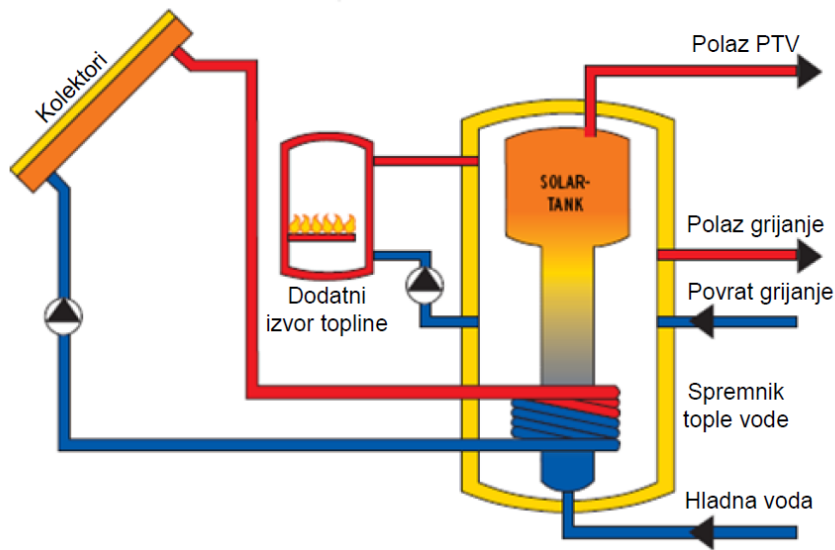
Slika 22: Prikaz izabrane ekspanzijske posude za sustav grijanja/hlađenja [19]

4. SOLARNI SUSTAV

Sunčeva energija ima velik potencijal kao obnovljivi izvor energije, jer je tehnologija pretvorbe od ranije poznata i potvrđena u praksi. Republika Hrvatska ima dobre preduvjete za primjenu te tehnologije obzirom na svoj geografski položaj i ukupnu sunčanu ozračenost. Toplinski sustavi sa sunčanim kolektorima uglavnom se koriste za pripremu potrošne tople vode i potrebe grijanja. Za potrebe ovog projekta odabran je aktivni solarni sustav s prisilnom cirkulacijom ogrjevnog medija za pokrivanje potreba potrošne tople vode i grijanja prostorija. Najčešća primjena aktivnih sustava je za zagrijavanje potrošne tople vode, prije svega zato što potreba za potrošnom toplom vodom postoji tijekom cijele godine. Korištenje sunčeve energije za grijanje prostorija je manje učinkovito, jer je potreba za grijanjem najveća upravo zimi, kada je intenzitet sunčevog zračenja najslabiji. [20]

U ovom slučaju aktivni sustav se sastoji od sljedećih komponenata:

- sunčani kolektori,
- akumulacijski kombinirani spremnik s izmjenjivačem topline,
- dodatni izvor topline,
- cjevovod,
- cirkulacijska pumpa,
- ekspanzijski sustav,
- pripadajuća armatura,
- regulacijsko-upravljački elementi.



Slika 23: Pojednostavljena shema solarnog sustava za potrebe grijanja i pripreme PTV-a [20]

4.1. Priprema potrošne tople vode

Sustav pripreme potrošne tople vode koristi primarno solarne kolektore kao toplinski izvor, a za periode kada to nije moguće pali se dizalica topline zrak-vode koja putem sekundarnog izmjenjivača topline zagrijava potrošnu toplu vodu u spremniku. Sustav je akumulacijski, tj. koristi se kombinirani spremnik tople vode sa izmjenjivačem topline koji je spojen na solarnu stanicu i pločaste kolektore. Bitno je u sustavu imati ugrađenu recirkulacijsku pumpu koja sprječava ohlađivanje vode u cijevima tijekom perioda ne korištenja sustava.

4.2. Dimenzioniranje i odabir spremnika

Proračun potrebe za potrošnom toplom vodom provodi se prema broju izljevniha mjesta (kada) u zgradi za srednju potrošnju od 75 l/(kada*dan) na temperaturi od 45 °C.

Prvenstveno se određuje potrebni toplinski tok za zagrijavanje PTV-a prema formulama:

$$\Phi = V_w * \rho_w * c_w * (t_{HW} - t_{CW}) * n_T * \varphi; [kW]$$

$$\Phi = \frac{75}{1000 * 3600} * 1000 * 4,187 * (45 - 12,5) * 3 * 1; [kW]$$

$$\Phi = 8,5 \text{ kW}$$

Φ – potrebni toplinski tok za zagrijavanje PTV-a, [W]

V_W – volumen najvećeg trošila (tuš 75 l), [l]

ρ_W – gustoća vode, [kg/m³]

c_W – specifični toplinski kapacitet vode, [kJ/kgK]

t_{HW} – temperatura tople vode, [°C]

t_{CW} – temperatura hladne vode, [°C]

n_T – broj trošila, [-]

φ – faktor istovremenosti, [-]

Nakon dobivenog potrebnog toplinskog toka određuje se potrebni kapacitet izvora topline pomoću formula:

$$\Phi_{IT} = \frac{\Phi * z_b}{(z_a + z_b)}; [kW]$$

Φ_{IT} – potrebni kapacitet izvora topline, [kW]

z_a – vrijeme zagrijavanja, [h]

z_b – vrijeme potrošnje, [h]

$$\Phi_{IT} = \frac{8,5 * 2}{(2 + 2)}$$

$$\Phi_{IT} = 4,25 \text{ kW}$$

$$Q_{spr} = \Phi_{IT} * z_a; [kWh]$$

Q_{spr} – toplinska energija u spremniku, [kWh]

$$Q_{spr} = 4,25 * 2$$

$$Q_{spr} = 8,5 \text{ kWh}$$

Nakon što je određena potrebna toplinska energija za zagrijavanje potrošne tople vode određuje se minimalni potrebni volumen spremnika:

$$V_{spr} = \frac{Q_{spr} * b * k}{\rho_W * c_W * (t_S - t_{CW})}; [l]$$

b – dodatak mrtvog prostora, [-]

k – dodatak zbog taloženja kamenca, [-]

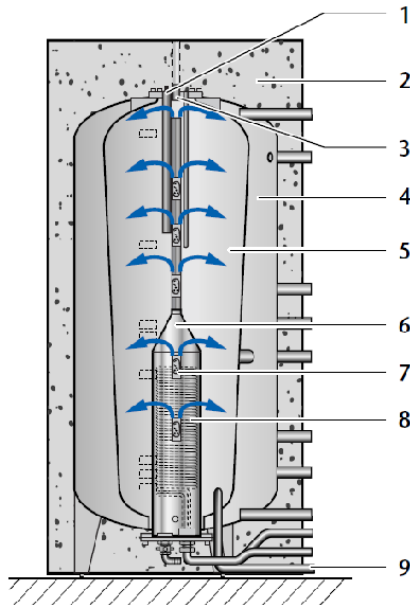
ts – temperatura u spremniku, [°C]

$$V_{spr} = \frac{8,5 * 1000 * 3600 * 1,1 * 1,2}{1000 * 4,187 * (50 - 12,5)}; [l]$$

$$V_{spr} = 257,25 l$$

Na osnovu izračunatog minimalnog potrebnog volumena spremnika i činjenice da solarni sustav pokriva potrebe grijanja zgrade uz pripremu potrošne tople vode odabran je kombinirani spremnik marke Buderus. Riječ je o termosifonskom spremniku pod modelom „Logalux PL750/2S“ sa zapremninom spremnika za potrošnu toplu vodu od 300 l.

Termosifonski kombinirani spremnik „Logalux PL750/2S“ ima konusno oblikovanu unutarnju posudu za pripremu potrošne tople vode. U potrošnoj toploj vodi nalazi se cijev za vođenje tople vode, koja je položena po čitavoj visini spremnika i u koju je ugrađen solarni izmjenjivač topline. Pomoću ovog patentiranog uređaja za slojevitu akumulaciju, postoji mogućnost da se spremnik potrošne tople vode akumulira prema termosifonskom principu. Uz dovoljan intenzitet sunčevog zračenja, u spremniku potrošne tople vode se već nakon kraćeg vremena postiže temperaturni nivo koji je dovoljan za potrošnju tople vode. Sa vanjske strane spremnik potrošne tople okružuje međuspremnik sa tehničkom vodom za grijanje prostora koja se zagrijava ovisno od stanja temperature slojeva vode u unutarnjoj posudi.

**Pozicije sa slike**

- 1 Magnezijeva anoda
- 2 Toplinska izolacija
- 3 Izlaz tople vode
- 4 Međuspremnik
- 5 Konusna unutarnja posuda
- 6 Cijev za vođenje tople vode
- 7 Gravitacijske zaklopke
- 8 Solarni izmjenjivač topline
- 9 Ulaz hladne vode

Slika 24: Prikaz kombiniranog spremnika „Logalux PL750/2S“ proizvođača Buderus [21]

Termosifonski kombinirani spremnici Logalux			PL750/2S
Promjer spremnika sa/bez izolacije	ØD/ØD _{sp}	mm	1000/800
Ulaz hladne vode	ØEK	Zoll	R1
Pražnjenje ogrjevne vode	ØEL	Zoll	R1¼
Pražnjenje solarnog izmjenjivača topline/potrošne tople vode	ØEL1/ØEL2	Zoll	R¾
Povratni tok spremnika na solarnoj strani	ØRS1	Zoll	R¾
Polazni tok spremnika na solarnoj strani	ØVS1	Zoll	R¾
Povratni tok uljnog/plinskog/kondenzacijskog kotla za pripremu PTV	ØRS2	Zoll	R1¼
Polazni tok uljnog/plinskog/kondenzacijskog kotla za pripremu PTV	ØVS3	Zoll	R1¼
Povratni tok uljno/plinskog kotla	ØRS3	Zoll	R1¼
Polazni tok uljno/plinskog kotla	ØVS5	Zoll	R1¼
Povratni tok kruga grijanja	ØRS4	Zoll	R1¼
Polazni tok kruga grijanja	ØVS4	Zoll	R1¼
Povratni tok kotla na kruta goriva	ØRS5	Zoll	R1¼
Polazni tok kotla na kruta goriva	ØVS2	Zoll	R1¼
Ulaz cirkulacije	ØEZ	Zoll	R¾
Izlaz tople vode	ØAW	Zoll	R¾
Električni grijač	ØEH	Zoll	R1½
Zapremnina spremnika		l	750
Zapremnina čistog dijela sa međuspremnikom		l	≈ 275
Ukupni sadržaj potrošne tople vode/Dijela za pripravnost		l	≈ 300/≈ 150
Zapremnina solarnog izmjenjivača topline		l	1,4
Velicina solarnog izmjenjivača topline		m ²	1,0
Toplinski gubici zbog održavanja stanja pripravnosti ¹⁾		kWh/24h	3,7
Koeficijent učinka ²⁾	N _t		3,8
Trajni učinak kod 80/45/10 °C ³⁾		kW (l/h)	28 (688)
Broj kolektora			→ 86/1
Težina (neto)		kg	252
Max. radni pretlak (solarnog izmjenjivača topline/ogrjevne vode/tople vode)		bar	8/3/10
Max. radna temperatura (ogrjevne vode/tople vode)		°C	95/95

Slika 25: Tehnički podaci za kombinirani spremnik PL750/2S [21]

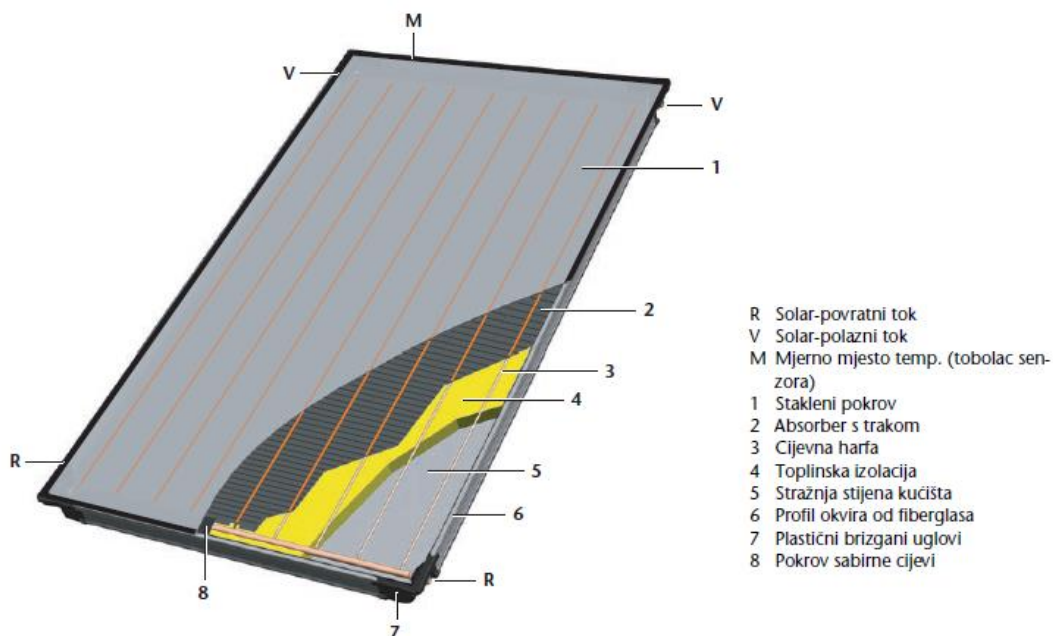
4.3. Solarni kolektor

Solarni kolektor je element koji se koristi za prikupljanje toplinske energije Sunca. Na izbor veličine polja kolektora solarnog sustava za pripremu potrošne tople vode i potporu sustava grijanja zgrade utječe više faktora, a to su:

- lokacija zgrade,
- namjena,
- orijentacija kolektora,
- kut nagiba kolektora. [3]

S obzirom da se navedena zgrada nalazi na sjevernoj zemljinoj hemisferi, najpogodnija orijentacija kolektora bi bila prema jugu s buduću da je to strana svijeta koja je osunčana tijekom cijele godine. Nastoji se akumulirati što više sunčeve energije u zimskim mjesecima iz razloga što potrebe grijanja nastojimo pokriti u periodima hlađenja, dok su potrebe pripreme potrošne tople vode prisutne cijele godine. Iz tog razloga kolektori se postavljaju pod nagibom od 60°. Prilikom projektiranja bitno je izbjeći da kolektori zasjenjuju jedni druge te pravilno odabrati način spajanja više kolektora.

Ovdje su odabrani pločasti solarni kolektori u vertikalnoj izvedbi Logasol SKN 3.0 –s, proizvođača Buderus. Na slici ispod su navedene konstrukcijske karakteristike navedenog kolektora.



Slika 26: Konstrukcija pločastog kolektora „Logasol SKN 3.0-s“, proizvođača Buderus [21]

Svojstva	Vrijednost
Bruto površina	2,37 m ²
Neto površina	2,26 m ²
Zapremnina apsorbera	0,86 l
Stupanj apsorpcije	95 %
Stupanj emisije	12%
Težina	41 kg
Stupanj djelovanja	77%
Nazivni protok	50 l/h
Max. radni pretlak (ispitni tlak)	6 bar
Max. radna temperatura	120 °C
Dimenzije (VxDxŠ)	2070x1145x90 mm

Tablica 16: Tehnički podaci pločastog kolektora „Logasol SKN 3.0-s“, proizvođača Buderus
[21]

4.4. Proračun prikupljene toplinske energije solarnim sustavom

Ovaj proračun se provodi sa svrhom dobivanja optimalnih rezultata vezanih uz potrebnu toplinsku energiju za pripremu potrošne tople vode te dobivenu toplinsku energiju na solarnim kolektorima. Norma prema kojoj se provodi je HRN EN 15316-4-3, a prikazuje mjesečnu potrebu za toplinskom energijom pomoću prosječnih podataka o ozračenosti na mjesečnoj razini.

Navedeni proračun je proveden u računalnom programu Excel po mjesečnoj metodi, a podaci ozračenosti su uzeti iz Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Potrebni podaci za proračun su:

- Volumen spremnika potrošne tople vode: $V_{spr}= 300$ l,
- faktori sunčanog spremnika:

a	1,029
b	-0,065
c	-0,245
d	0,0018

e	0,0215
f	0

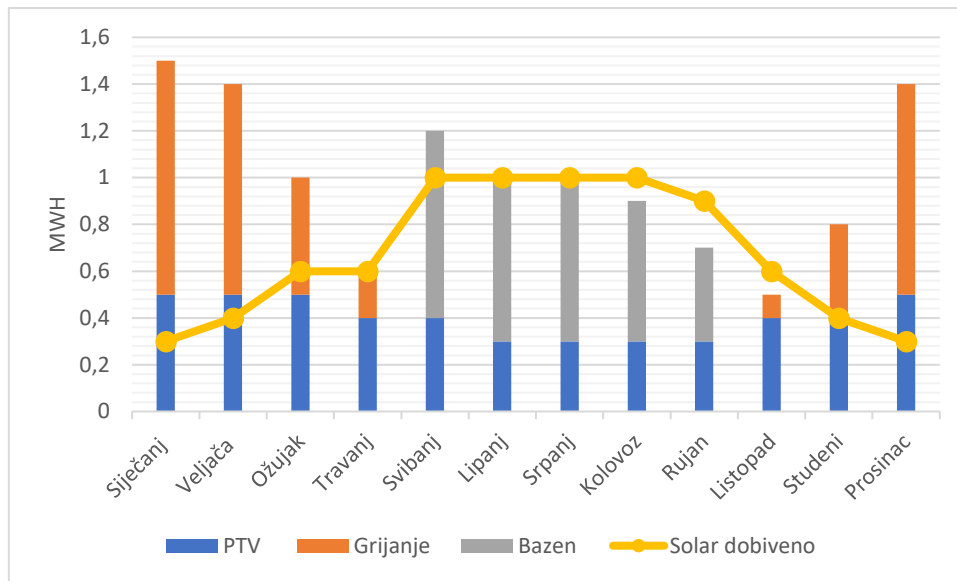
- koeficijenti toplinskih gubitaka kolektora prvog reda [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$],

a1	3,5
a2	0

- faktor učinkovitosti kolektorskog kruga: $\eta_{\text{loop}}=0,9$,
- faktor promjene upadnog kuta zračenja: $\text{IAM} = 0,91$,
- učinkovitost kolektora pri razlici srednje temperature radnog medija i zraka zraka 0K : $\eta_0=0,77$,
- toplinski gubici spremnika i cjevovoda,
- broj dana po mjesecima,
- ozračenost plohe kolektora,
- srednje mjesečne temperature.

Prema rezultatima proračuna odabrana je ukupna solarna površina 12 m^2 , odnosno 5 pločastih kolektora pod nagibom od 60° s ciljem dobivanja više solarne energije zimi kada su veće potrebe grijanja prostorija. Uz to ljeti smanjujemo mogućnost pregrijavanja fluida unutar solarnih kolektora s obzirom da tada zgrada nema potrebe za grijanje prostorija, a sav višak topline na solarnom sustavu može se iskoristiti za grijanje vanjskog bazena kako je i zadano.

Po odabiru opreme solarnog sustava napravljena je simulacija putem programa T*SOL koji prati prinos energije na solarnim sustavima. Na taj način dolazi se do zanimljivih podataka vezanih za ukupnu mjesečnu dobivenu energija putem solarnih kolektora te gubitke unutar sustava. Na grafu ispod vidljivi su usporedbeni mjesečni podaci potrebne energije za pripremu potrošne tople vode, grijanje prostorija i zagrijavanje bazena. Potpuni rezultati simulacije nalaze se u prilogu D.



Slika 27: Mjesečni prikaz dobivene energije putem solarnog sustava u odnosu na potrebe PTV-a, grijanja prostora i zagrijavanja bazena prema simulaciji programa T*SOL

4.5. Dimenzioniranje pumpe solarnog sustava

Za odabir pumpe u solarnom sustavu, isto kao i kod sustava za grijanje/hlađenje, određuje se kritična dionica te računa pad tlaka za najveći protok kroz kolektor koji pumpa mora savladati. Za određivanje ukupnog pada tlaka u sustavu zbrajaju se linijski i lokalni padovi tlaka u cjevovodu te lokalni padovi tlaka svih komponenata u sustavu. Sustav se sastoji od ukupno 5 kolektora. Protok kroz pojedini kolektor iznosi 50 l/h, a ukupan protok je 250 l/h prema formuli od proizvođača navedenoj ispod.

$$V_{A,S} = V_{K,Nenn} * n_K = 50 \frac{l}{h} * n_K$$

$V_{A,S}$ - ukupni protok instalacije solarnog sustava [l/h]

$V_{K,Nenn}$ – nazivni protok kolektora [l/h]

n_K – broj kolektora

Pad tlaka u jednom redu kolektora povećava se sa povećanjem broja kolektora u tom redu. Za izračun pada tlaka u jednom redu kolektora koristimo se tablicom iz projektne podloge proizvođača. Pad tlaka u jednom redu kolektora, uključujući i pad tlaka u priboru za priključak, uzima se iz tablice ispod u ovisnosti od broja kolektora u redu, a u ovom slučaju iznosi 11,1 mbar.

Broj kolektora	Pad tlaka u redu sa n kolektora								
	Logasol SKN3.0			Logasol SKS4.0			Logasol SKS4.0		
	vertikalni		horizontalni		vertikalni i horizontalni				
	kod protoka (nazivnog protoka) za svaki kolektor od:								
	50 l/h	100 l/h ¹⁾	150 l/h ²⁾	50 l/h	100 l/h ¹⁾	150 l/h ²⁾	50 l/h	100 l/h ¹⁾	150 l/h ²⁾
n	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar
1	1,1	4,7	10,2	0,4	1,7	4,3	30	71	131
2	1,5	6,5	13,2	1,9	6,9	14,4	31	73	133
3	2,1	13,5	26,3	5,6	18,1	35,1	32	82	153
4	6,5	22,1	-	9,3	29,7	-	39	96	-
5	11,1	34,5	-	14,8	46,8	-	44	115	-
6	15,2	-	-	21,3	-	-	49	-	-
7	21,0	-	-	28,9	-	-	61	-	-
8	28,0	-	-	37,6	-	-	73	-	-
9	35,9	-	-	47,5	-	-	87	-	-
10	45,0	-	-	58,6	-	-	101	-	-

Slika 28: Padovi tlaka redova kolektora sa Logasol SKN3.0 ili SKS4.0, uključujući odzračnik i priključni set [21]

Nakon određivanja pada tlaka na solarnim kolektorima izračunava se pad tlaka cjevovoda u solarnom krugu. Proračun nalaže da brzina strujanja u cjevovodima treba biti veća od 0,4 m/s, kako bi se zrak koji se još uvijek nalazi u mediju prijenosniku topline u cjevovodima sa nagibom mogao transportirati do sljedećeg razdjeljivača zraka. Pri brzinama strujanja većim od 1 m/s mogu se pojaviti ometajući šumovi. Proračun pada tlaka u cijevnoj mreži treba uzeti u obzir pojedinačne lokalne otpore.

Podloga za projektiranje od proizvođača kaže da se u praksi kod ovakvih slučajeva često koristi dodatak od 30-50 % na padove tlaka na pravocrtnim dionicama cjevovoda. Odabir brzine strujanja i padova tlaka po metru ravne bakrene cijevi, za mješavinu glikol-voda 50/50 vrši se po tablici ispod. Uzima se bakreni cjevovod CuØ15x1 sa brzinom strujanja medija 0,52 m/s i padom tlaka 4,97 mbar/m.

Broj kolektora	Protok l/h	Brzina strujanja v i padovi tlaka R u bakrenim cijevima, za dimenzije cijevi									
		15 x 1		18 x 1		22 x 1		28 x 1,5		35 x 1,5	
		v m/s	R mbar/m	v m/s	R mbar/m	v m/s	R mbar/m	v m/s	R mbar/m	v m/s	R mbar/m
2	100	0,21	0,93	-	-	-	-	-	-	-	-
3	150	0,31	1,37	-	-	-	-	-	-	-	-
4	200	0,42	3,41	0,28	0,82	-	-	-	-	-	-
5	250	0,52	4,97	0,35	1,87	-	-	-	-	-	-
6	300	0,63	6,97	0,41	2,5	-	-	-	-	-	-
7	350	0,73	9,05	0,48	3,3	0,31	1,16	-	-	-	-
8	400	0,84	11,6	0,55	4,19	0,35	1,4	-	-	-	-
9	450	0,94	14,2	0,62	5,18	0,4	1,8	-	-	-	-
10	500	-	-	0,69	6,72	0,44	2,12	-	-	-	-
12	600	-	-	0,83	8,71	0,53	2,94	0,34	1,01	-	-
14	700	-	-	0,97	11,5	0,62	3,89	0,4	1,35	-	-
16	800	-	-	-	-	0,71	4,95	0,45	1,66	-	-
18	900	-	-	-	-	0,8	6,12	0,51	2,06	0,31	0,62
20	1000	-	-	-	-	0,88	7,26	0,57	2,51	0,35	0,75
22	1100	-	-	-	-	0,97	8,65	0,62	2,92	0,38	0,86
24	1200	-	-	-	-	-	-	0,68	3,44	0,41	1,02
26	1300	-	-	-	-	-	-	0,74	4,0	0,45	1,21
28	1400	-	-	-	-	-	-	0,79	4,5	0,48	1,35
30	1500	-	-	-	-	-	-	0,85	5,13	0,52	1,56

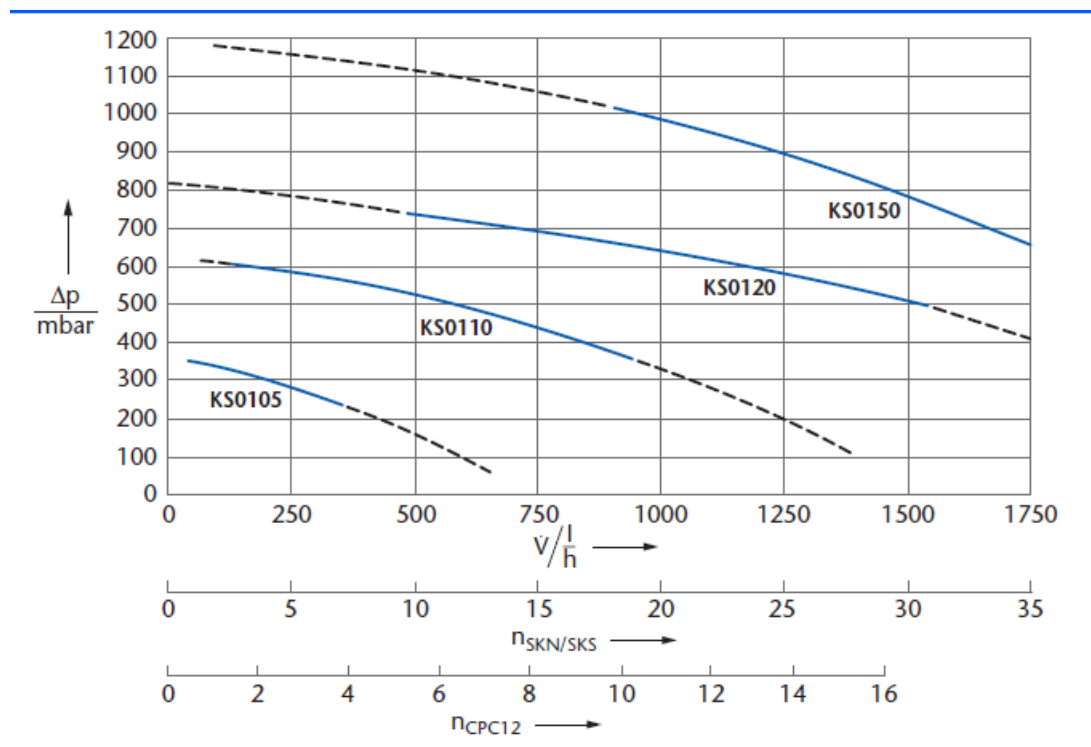
Slika 29: Brzina strujanja i padovi tlaka po metru bakrene cijevi [21]

Pad tlaka solarnog spremnika ovisan je od broja kolektora, odnosno od protoka. Izmjenjivači topline solarnih spremnika zbog svojeg različitog dimenzioniranja imaju različiti pad tlaka. Za približno određivanje pada tlaka treba koristiti sljedeću tablicu. Dakle pad tlaka na solarnom spremniku PL750/2S, spojenim na solarnu instalaciju sa 5 kolektora, iznosi 15 mbar.

Broj kolektora	Protok l/h	Pad tlaka u solarnom izmjenjivaču topline spremnika Logalux										
		SL300-1 SL300-2	SL400-2 SL500-2	SM300 SM400 SM500	P750 S	PL750/2S	PL1000/2S	PL750	PL1000	PL1500	Duo FWS750	Duo FWS1000
		mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar
2	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	24	24	< 10	< 10	< 10
3	150	21	< 10	< 10	< 10	< 10	14	34	34	< 10	< 10	< 10
4	200	-	11	< 10	< 10	11	26	44	44	16	< 10	< 10
5	250	-	15	< 10	< 10	15	39	54	54	24	< 10	< 10
6	300	-	-	-	< 10	22	54	64	64	33	< 10	< 10
7	350	-	-	-	-	40	90	74	74	44	-	< 10
8	400	-	-	-	-	44	97	84	84	55	-	< 10
9	450	-	-	-	-	-	112	-	-	69	-	-
10	500	-	-	-	-	-	138	-	-	83	-	-
12	600	-	-	-	-	-	-	-	-	115	-	-
14	700	-	-	-	-	-	-	-	-	153	-	-
16	800	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-

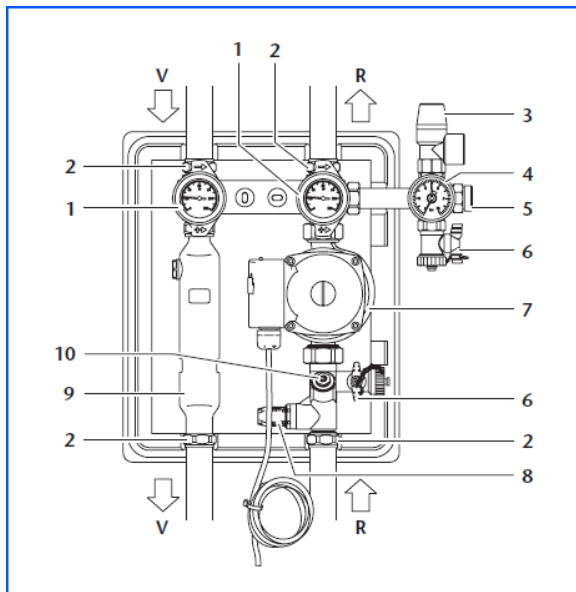
Slika 30: Padovi tlaka solarnih spremnika [21]

Izbor kompletne solarne stanice odabire se na osnovu izračunatih i odabranih podataka o broju kolektora, protoku u krugu kolektora i padovima tlaka. Ukupni pad tlaka u solarnom sustavu iznosi 242,8 mbar te se odabire solarna stanica „Logasol KS0105“.



Slika 31: Dijagram za odabir solarne stanice [21]

Odabrana kompletna stanica Logasol KS0105 sadrži sve potrebne elemente ,kao što su pumpa solarnog kruga, gravitacijska kočnica, sigurnosni ventil, manometar u polaznom i povratnom toku, po jedna kuglasta slavina sa ugrađenim termometrom, graničnik protočne količine i toplinska izolacija te tako tvore montažnu jedinicu. Može se dobiti kao 1-cijevna i 2-cijevna solarna stanica, a ima i četiri različita stupnja učinka.



- V Polazni tok od kolektora do potrošača
 R Povratni tok od potrošača do kolektora
 1 Kuglasta slavina sa termometrom i integriranom gravitacijskom kočnicom
 Položaj 0° = gravitacijska kočnica je spremna za funkciju, kuglasta slavina je otvorena
 Položaj 45° = gravitacijska kočnica je ručno otvorena
 Položaj 90° = kuglasta slavina je zatvorena
 2 Navojni spoj sa steznim prstenom (svi priključci polaznog i povratnog toka)
 3 Sigurnosni ventil
 4 Manometar
 5 Priključak za membransku ekspanzijsku posudu (MAG i AAS/Solar nije sadržan u opsegu isporuke)
 6 Slavina za punjenje i pražnjenje
 7 Pumpa solarnog kruga
 8 Pokazivač protoka
 9 Separator zraka (ne za 1-cijevne solarne stanice)
 10 Ventil za reguliranje/zaporni ventil

Slika 32: Konstrukcijska izvedba kompletne stanice Logasol KS0105 [21]

dimenzije (VxDxŠ)	355x235x290 mm
priključak	CuØ15x1
sigurnosni ventil	6 bar
cirkulacijska pumpa	Grundfos Solar 15-40 130
el. priključak	230 V, 50 Hz
područje podešavanja graničnika protoka	0,5-6 l/min
težina	7,1 kg

Tablica 17: Tehnički podaci kompletne solarne stanice Logasol KS0105 [21]

4.6. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude

Neka solarna instalacija se smatra svojstveno sigurnom, ako membranska ekspanzijska posuda može preuzeti dodatni volumen solarne tekućine koji nastaje isparavanjem radne tekućine u solarnim kolektorima i priključnim cjevovodima (tijekom stanja mirovanja instalacije). Ako solarna instalacija nije svojstveno sigurna, u toku stanja mirovanja instalacije dolazi do reagiranja sigurnosnog ventila. Nakon toga se solarna instalacija mora ponovno staviti u pogon. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude provodi se na osnovi slijedećih pretpostavki i formula.

$$V_{n, \min} = (V_A * n + V_D) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_o}$$

$V_{n, \min}$ - minimalni volumen MAG [1]

V_A - volumen punjenja instalacije [l]

n - koeficijent toplinskog širenja (= 7,3 % kod $\Delta\theta = 100$ K)

V_D - volumen koji isparava u l

p_e - krajnji tlak u bar

p_0 - tlak nakon punjenja u bar

n_K - broj kolektora

V_K - volumen kolektora

$$V_A = V_K * n_K + V_{WT} + V_{KS} + V_R$$

V_{WT} - volumen solarnog izmjenjivača topline

V_{KS} - volumen kompletne stanice Logasol KS

V_R - volumen cjevovoda

Na osnovu navedene formule i dijagrama koji se nalaze u podlogama za projektiranje od proizvođača izračunat je volumen punjenja solarne instalacije i iznosi 10,56 litara.

h_{stat}	6 m
p_0	1,5 bar
p_e	5,4 bar
p_{sv}	6 bar
n	0,073
V_A	10,56 l
V_D	4,3 l
V_{nmin}	8,32 l

Tablica 18: Određeni parametri potrebni za izračun minimalnog volumena ekspanzijske posude

Na temelju proračuna odabrana je membranska ekspanzijska posuda Imera S12 volumena 12 litara.



Slika 33: Membranska ekspanzijska posuda solarog sustava Imera S12 [19]

4.7. Odabir izmjenjivača topline za grijanje bazena

Za kriterij odabira izmjenjivača topline bazenskog kruga je vrijeme zagrijavanja bazena od 72 sata. Kao izmjenjivač topline vanjskog bazena za drugi dio solarog kruga odabran je cijevni izmjenjivač proizvođača Vagner, nazivnog toplinskog učina 13,0 kW. Izmjenjivač se naručuje uz standardnu bazensku tehniku koja nije dio ovog projekta.



Slika 34: Izmjenjivač topline Vagner za grijanje bazena

5. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

U ovom radu dano je rješenje sustava grijanja i hlađenja obiteljske vile na području otoka Hvara. Kuća se sastoji od dvije etaže (prizemlje i kat) ukupne grijane površine 207 m² s vanjskim otvorenim bazenom površine 40 m². Proračun toplinskog opterećenja za zimsko razdoblje proveden je prema normi HRN EN 12831 i gubici topline za zadanu zgradu iznose 7681 W. Proračun opterećenja zgrade u ljetnom periodu rađen je prema normi VDI 2078 iz koje je dobiveno da dobici topline ljeti iznose 6532 W za 23. srpanj kao projektni dan.

5.1. Sustav grijanja i hlađenja

Sustav grijanja je centralni toplovodni s prisilnom cirkulacijom, a kao ogrjevna tijela služe cijevni razvodi podnog grijanja koji u potpunosti pokrivaju gubitke kuće u zimskim mjesecima. Temperaturni režim grijanja je niskotemperaturni 38/30 °C te ukupna instalirana snaga podnog grijanja iznosi 9453 W. U kupaonicama su postavljeni električni cijevni registri „Della Electric“, snage 400 W, proizvođača Vogel&noot, sa svrhom postizanja veće toplinske ugodnosti. Za vrijeme ljetnih mjeseci hlađenje zgrade postiže se također podnim cijevnim razvodom kada se kroz cijevi pušta voda temperaturnog režima 16/19 °C. Instalacija takvog podnog hlađenja je ukupnog učina 5178 W. Kao pomoć pri ostvarivanju projektnih uvjeta za vrijeme vrućih ljetnih mjeseci postavlja se mono split sustav klima jedinica „FVXM50F/RXM50N9“ proizvođača Daikin kapaciteta 5 kW za prostoriju sa najvećim dobicima topline. Obzirom na visoku godišnju ozračenost otoka Hvara zamišljeno je grijanje prostorija zgrade sunčevom energijom preuzetom na solarnim kolektorima u periodima kada je to moguće. Za vrijeme kada to nije ostvarivo, kao izvor topline služi dizalica topline zrak-voda „Compress 6000 AW-13s/AWE 13-17“, proizvođača Bosch. Za hlađenje prostora ljeti spomenuta dizalica topline služi kao jedini izvor uz rashladni učin od 11 kW. U sklopu sustava grijanja i hlađenja postavljen je Bosch međuspremnik (buffer), model „AT500“, zapremnine 500 l za tehničku vodu. U vrijeme rada solarnog sustava međuspremnik služi za akumulaciju energije pretovarom ugrijane tehničke vode iz kombiniranog spremnika solarnog sustava. Iz međuspremnika se ogrjevna voda zatim dobavlja na dva razdjelnika (po jedan na svakoj etaži), preko kojih se potom medij dijeli na petlje podnog grijanja. Unutarnja jedinica dizalice topline u sebi sadrži pumpu „Grundfos UPM GEO 25-85 PWM“ za pokrivanje padova tlaka u primarnom razvodu sustava. Padove tlaka na sekundarnom dijelu razvoda, dakle od međuspremnika do razdjelnika podnog grijanja/hlađenja, pokriva pumpa „Grundfos APLPHA

3 25-61 130“. Za sustav grijanja/hlađenja dimenzionirana je i odabrana ekspanzijska posuda „Imera R35“.

5.2. Solarni sustav

Solarni sustav predviđen je prvenstveno za pripremu potrošne tople vode te kao podrška grijanju prostorija zgrade kada je to moguće. Isto tako sunčevom energijom preko solarnog sustava se indirektno, putem izmjenjivača topline „Vagner tip 13“, grije vanjski otvoreni bazen. To se ostvaruje preokretanjem strujanja medija solarnog krugu putem troputnih razdjelnih ventila. Sami solarni sustav sastoji se od 5 vertikalnih pločastih kolektora „Logasol SKN 3.0“, ukupne površine 12 m² te kombiniranog solarnog spremnika „PL 750/2S“, ukupnog volumena 700 l, za potrošnu toplu vodu i podršku sustavu grijanja. Kombinirani spremnik radi na termosifonskom principu strujanja vode, a sastoji se od spremnika sanitarne vode (volumena 300 l) i međuspremnik (volumena 275 l) koji ga okružuje sa tehničkom vodom namijenjenom za sustav grijanja. Unutar samog spremnika sanitarne vode je izmjenjivač solarnog sustava putem kojeg se zagrijava prvenstveno potrošna topla voda, a potom i tehnička voda u međuspremniku. Sustav potrošne tople vode dimenzioniran je na dnevnu potrebnu količinu sanitarne vode od 250 l. U solarnom krugu također se nalazi kompaktna solarna jedinica „Logasol KS0105“ koja uključuje cirkulacijsku pumpu „Grundfos Solar 15-40 130“ i potrebnu armaturu. Na solarni sustav je obavezno spojen sigurnosni ventil te membranska ekspanzijska posuda „Imera S12“.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu izrađeno je projektno rješenje termotehničkog sustava grijanja i hlađenja obiteljske kuće na području otoka Hvara. Projektno rješenje obuhvaća pripremu potrošne tople vode, grijanje i hlađenje prostora te dogrijavanje vanjskog otvorenog bazena. Cilj izrade rada bio je napraviti energetske učinkovitu zgradu koja koristi obnovljive izvore energije na najpogodniji mogući način. Obiteljska kuća zadovoljava niskoenergetske standarde s prosječnim specifičnim toplinskim gubicima od 42 W/m^2 . Panelnim sustavom grijanja i hlađenja omogućen je visoki komfor u kući, a korištenjem solarnog sustava i dizalice topline zrak-voda kao toplinskih izvora promiče se gradnja zgrada gotovo nulte energije (nZEB). Temperaturnim režimom $38/30 \text{ }^\circ\text{C}$ za grijanje i $16/19 \text{ }^\circ\text{C}$ za hlađenje pokriveni su toplinski gubici, odnosno dobici prostorija, dok je ugodnost na visokoj razini. Solarni kolektori koji su postavljeni na krov zgrade u redu od 5 kolektora na godišnjoj razini prikupe više od 9 MWh toplinske energije čime se zadovoljava većina potreba pripreme potrošne tople vode i dio potreba grijanja prostora zimi. Sustavi grijanja i pripreme potrošne tople vode s dizalicama topline i solarnim kolektorima su tehnologije koje pridonose smanjenju emisije stakleničkih plinova zbog smanjenog korištenja fosilnih goriva. Izrađeni projekt prati trend uporabe niskoenergetskih sustava te je sve zastupljeniji na tržištu.

7. POPIS LITERATURE

- [1] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Grijanje“,FSB, Zagreb
- [2] Priručnik za energetska certificiranje zgrada
- [3] D. Dović: Podloge za predavanja iz kolegija “Obnovljivi izvori energije”, FSB, Zagreb
- [4] <https://www.ekologija.com.hr/solarne-celije-i-fotonaponska-tehnologija/>
- [5] https://www.klimakoncept.hr/hr/dizalice_topline-grijanje_potrosne_tople_vode__ptv/79
- [6] B. Labudović: Priručnik za grijanje, Zagreb: Energetika marketing, 2005
- [7] HRN EN 12831
- [8] V. Soldo, S. Novak, I. Horvat: Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, FSB, Zagreb, 2017.
- [9] V. Soldo: Podloge za predavanja iz kolegija Hlađenje i dizalice topline, FSB, Zagreb
- [10] Recknagel: Grijanje i klimatizacija, 2004
- [11] PIPELIFE: Tehnički priručnik „Sustav podnog grijanja“
- [12] Uponor, <https://www.uponor.hr/>
- [13] Vogel&Noot, <https://www.vogelundnoot.com/>
- [14] <https://www.klimakoncept.hr>
- [15] <https://my.daikin.eu/portal/>
- [16] <http://bosch-grijanje.hr>
- [17] Bosch Toplinska tehnika, Prodajni katalog 2020./2021.
- [18] Grundfos, <https://product-selection.grundfos.com/>
- [19] <http://termometal.hr>
- [20] I. Balen: Isplativost primjene solarnih sustava za male korisnike, FSB, Zagreb
- [21] Buderus, Projektantske podloge, izdanje 06/2007, solarna tehnika Logasol

**Prilog A – Proračun toplinskog opterećenja zimi
prema normi EN 12831**

Projekt: Vila Brusje

Toplinski gubici prema normi EN 12831

prizemlie		Prostorija:		P2 P-1.01																	
Duljina (m)		64.20		T (m)	5.00																
Širina (m)		1.00		Gw	1.00																
Površina (m²)		64.20		f g1	1.45																
Visina (m)		3.00		Broj otvora	3																
Volumen (m³)		192.60		e i	0.05																
Oplošje (m²)		519.60		f vi	1.00																
Visina iznad tla (m)		0.00		V ex (m³/h)	0.00																
Theta int, i (°C)		20		V su (m³/h)	0.00																
Theta e (°C)		- 1		V su,i (m³/h)	0.00																
f RH		0.00		n min (1/h)	0.50																
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																			
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i	
zid_tlo	zemlji (zid)	I	1	7.30	3.10	22.63	+	22.63	0.00	0.00	0.00	0.440	0.39	- 1	1.00	0.00	0.00	0.19	0.00	2.438	51
PR	okolici	S	1	7.80	2.80	21.84	-	21.84	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.840	458
VZ	okolici	S	1	9.90	3.40	33.66	+	11.82	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.610	96
PR	okolici	Z	1	7.40	2.80	20.72	-	20.72	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.720	435
VZ	okolici	Z	1	7.40	3.40	25.18	+	4.44	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.732	36
PR	okolici	J	1	7.30	2.80	20.44	-	20.44	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.440	429
VZ	okolici	J	1	8.00	3.40	27.20	+	6.76	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.636	55
pod_tl	zemlji (pod)	hor.	1	64.20	1.00	64.20	+	64.20	64.20	2.00	0.00	0.460	0.33	- 1	1.00	0.00	0.00	0.19	0.00	5.851	122

Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)		39	Phi T,i (W)	1685
Phi V,min (W)		96	Phi V,i (W)	688
Phi V,mech,inf		0	Phi V,mech (W)	275
Phi V,su (W)		0	Phi (W)	2373
Phi RH (W)		0	PhiA (W/m²)	37
PhiV (W/m²)		12		

prizemlie		Prostorija:		P3 P-1.02																	
Duljina (m)		2.00		T (m)	5.00																
Širina (m)		1.00		Gw	1.00																
Površina (m²)		2.00		f g1	1.45																
Visina (m)		3.00		Broj otvora	0																
Volumen (m³)		6.00		e i	0.00																
Oplošje (m²)		22.00		f vi	1.00																
Visina iznad tla (m)		0.00		V ex (m³/h)	0.00																
Theta int, i (°C)		20		V su (m³/h)	0.00																
Theta e (°C)		- 1		V su,i (m³/h)	0.00																
f RH		0.00		n min (1/h)	0.50																
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																			
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i	
zid_tlo	zemlji (zid)	I	1	1.60	3.40	5.44	+	5.44	0.00	0.00	0.00	0.440	0.39	- 1	1.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.586	12
MK_ot voreno	okolici	hor.	1	2.00	1.00	2.00	+	2.00	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.560	11
pod_tl	zemlji (pod)	hor.	1	2.00	1.00	2.00	+	2.00	2.00	2.00	0.00	0.460	0.33	- 1	1.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.182	3

Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)		0	Phi T,i (W)	27
Phi V,min (W)		3	Phi V,i (W)	21
Phi V,mech,inf		0	Phi V,mech (W)	0
Phi V,su (W)		0	Phi (W)	48
Phi RH (W)		0	PhiA (W/m²)	24
PhiV (W/m²)		8		

prizemlie		Prostorii:		P4 P-1.03																	
Duljina (m)		2.00	T (m)	5.00																	
Širina (m)		1.00	Gw	1.00																	
Površina (m²)		2.00	f g1	1.45																	
Visina (m)		3.00	Broj otvora	0																	
Volumen (m³)		6.00	e i	0.00																	
Oplošje (m²)		22.00	f vi	1.00																	
Visina iznad tla (m)		0.00	V ex (m³/h)	0.00																	
Theta int, i (°C)		20	V su (m³/h)	0.00																	
Theta e (°C)		- 1	V su,i (m³/h)	0.00																	
f RH		0.00	n min (1/h)	0.50																	
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																			
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i	
zid_tlo	zemlji (zid)	I	1	1.70	3.40	5.78	+	5.78	0.00	0.00	0.00	0.440	0.39	- 1	1.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.623	13
VZ	okolici	J	1	1.80	3.40	6.12	+	6.12	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.387	50
pod_tl	zemlji (pod)	hor.	1	2.00	1.00	2.00	+	2.00	2.00	2.00	0.00	0.480	0.33	- 1	1.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.182	3
MK_ot	okolici	hor.	1	2.00	1.00	2.00	+	2.00	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.580	11
voreno																					
Rezultati proračuna																					
Phi V,inf (W)				0		Phi T,i (W)				78											
Phi V,min (W)				3		Phi V,i (W)				21											
Phi V,mech,inf				0		Phi V,mech (W)				0											
Phi V,su (W)				0		Phi (W)				99											
Phi RH (W)				0		Phi/A (W/m²)				49											
Phi/V (W/m²)				16																	

prizemlie		Prostorii:		P5 P-1.04																	
Duljina (m)		4.40	T (m)	5.00																	
Širina (m)		1.00	Gw	1.00																	
Površina (m²)		4.40	f g1	1.45																	
Visina (m)		3.00	Broj otvora	0																	
Volumen (m³)		13.20	e i	0.00																	
Oplošje (m²)		41.20	f vi	1.00																	
Visina iznad tla (m)		0.00	V ex (m³/h)	0.00																	
Theta int, i (°C)		20	V su (m³/h)	0.00																	
Theta e (°C)		- 1	V su,i (m³/h)	0.00																	
f RH		0.00	n min (1/h)	0.50																	
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																			
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i	
VZ	okolici	J	1	1.80	3.40	6.12	+	6.12	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.387	50
zid_tlo	zemlji (zid)	Z	1	3.30	3.40	11.22	+	11.22	0.00	0.00	0.00	0.440	0.39	- 1	1.00	0.00	0.00	0.19	0.00	1.209	25
pod_tl	zemlji (pod)	hor.	1	4.40	1.00	4.40	+	4.40	4.40	2.00	0.00	0.480	0.33	- 1	1.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.401	8
MK_ot	okolici	hor.	1	4.40	1.00	4.40	+	4.40	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.232	25
voreno																					
Rezultati proračuna																					
Phi V,inf (W)				0		Phi T,i (W)				109											
Phi V,min (W)				7		Phi V,i (W)				47											
Phi V,mech,inf				0		Phi V,mech (W)				0											
Phi V,su (W)				0		Phi (W)				156											
Phi RH (W)				0		Phi/A (W/m²)				35											
Phi/V (W/m²)				11																	

KAT		Prostorija:					P1 P0.01																	
Duljina (m)		29.30					T (m)	5.00																
Širina (m)		1.00					Gw	1.00																
Površina (m ²)		29.30					f g1	1.45																
Visina (m)		3.10					Broj otvora	2																
Volumen (m ³)		90.83					e i	0.05																
Oplošje (m ²)		246.46					f vi	1.00																
Visina iznad tla (m)		3.40					V ex (m ³ /h)	0.00																
Theta int. i (°C)		20					V su (m ³ /h)	0.00																
Theta e (°C)		- 1					V su,i (m ³ /h)	0.00																
f RH		0.00					n min (1/h)	0.50																
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																						
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m ²)	A' (m ²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i				
PR	okolici	I	1	4.50	3.50	15.75	-	15.75	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.750	330			
VZ	okolici	I	1	7.10	3.50	24.85	+	9.10	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.549	74			
VR	okolici	J	1	1.40	3.40	4.76	-	4.76	0.00	0.00	0.00	1.400	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.664	139			
VZ	okolici	J	1	6.00	3.50	21.00	+	16.24	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.334	133			
KR	okolici	hor.	1	29.30	1.00	29.30	+	29.30	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.618	160			
Rezultati proračuna																								
Phi V,inf (W)		18					Phi T,i (W)	838																
Phi V,min (W)		45					Phi V,i (W)	324																
Phi V,mech,inf		0					Phi V,mech (W)	130																
Phi V,su (W)		0					Phi (W)	1162																
Phi RH (W)		0					Phi/A (W/m ²)	39																
Phi/V (W/m ³)		12																						

KAT		Prostorija:					P2 P0.02																	
Duljina (m)		3.90					T (m)	5.00																
Širina (m)		1.00					Gw	1.00																
Površina (m ²)		3.90					f g1	1.45																
Visina (m)		3.10					Broj otvora	0																
Volumen (m ³)		12.09					e i	0.00																
Oplošje (m ²)		38.18					f vi	1.00																
Visina iznad tla (m)		3.40					V ex (m ³ /h)	0.00																
Theta int. i (°C)		20					V su (m ³ /h)	0.00																
Theta e (°C)		- 1					V su,i (m ³ /h)	0.00																
f RH		0.00					n min (1/h)	0.50																
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																						
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m ²)	A' (m ²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i				
KR	okolici	hor.	1	3.90	1.00	3.90	+	3.90	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.014	21			
Rezultati proračuna																								
Phi V,inf (W)		0					Phi T,i (W)	21																
Phi V,min (W)		6					Phi V,i (W)	43																
Phi V,mech,inf		0					Phi V,mech (W)	0																
Phi V,su (W)		0					Phi (W)	64																
Phi RH (W)		0					Phi/A (W/m ²)	16																
Phi/V (W/m ³)		5																						

KAT		Prostorija:										P7 P0.07									
Duljina (m)		4.00					T (m)					5.00									
Širina (m)		1.00					Gw					1.00									
Površina (m ²)		4.00					f g1					1.45									
Visina (m)		3.10					Broj otvora					0									
Volumen (m ³)		12.40					e i					0.00									
Oplošje (m ²)		39.00					f vi					1.00									
Visina iznad tla (m)		3.40					V ex (m ³ /h)					0.00									
Theta int, i (°C)		24					V su (m ³ /h)					0.00									
Theta e (°C)		- 1					V su,i (m ³ /h)					0.00									
f RH		0.00					n min (1/h)					0.50									
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																			
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m ²)	A' (m ²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i	
kupaonska vrata	grijanoj prostoriji	I	1	0.90	2.10	1.89	-	1.89	0.00	0.00	0.00	2.200	0.00	20	1.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.665	16
UZ	grijanoj prostoriji	I	1	1.80	3.50	6.30	+	4.41	0.00	0.00	0.00	1.100	0.00	20	1.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.776	19
UZ	grijanoj prostoriji	S	1	2.70	3.50	9.45	+	9.45	0.00	0.00	0.00	1.100	0.00	20	1.00	0.00	0.16	0.00	0.00	1.663	41
UZ	grijanoj prostoriji	J	1	2.70	3.50	9.45	+	9.45	0.00	0.00	0.00	1.100	0.00	20	1.00	0.00	0.16	0.00	0.00	1.663	41
MK_otvoreno	okolici	hor.	1	4.00	1.00	4.00	+	4.00	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.120	28
KR	okolici	hor.	1	4.00	1.00	4.00	+	4.00	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.040	26
VZ	okolici	Z	1	1.90	3.50	6.65	+	6.65	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.593	64
Rezultati proračuna																					
Phi V,inf (W)						0					Phi T,i (W)					238					
Phi V,min (W)						6					Phi V,i (W)					53					
Phi V,mech,inf						0					Phi V,mech (W)					0					
Phi V,su (W)						0					Phi (W)					291					
Phi RH (W)						0					Phi/A (W/m ²)					72					
Phi/V (W/m ²)						23															

KAT		Prostorija:										P8 P0.08									
Duljina (m)		13.30					T (m)					5.00									
Širina (m)		1.00					Gw					1.00									
Površina (m ²)		13.30					f g1					1.45									
Visina (m)		3.10					Broj otvora					1									
Volumen (m ³)		41.23					e i					0.03									
Oplošje (m ²)		115.26					f vi					1.00									
Visina iznad tla (m)		3.40					V ex (m ³ /h)					0.00									
Theta int, i (°C)		20					V su (m ³ /h)					0.00									
Theta e (°C)		- 1					V su,i (m ³ /h)					0.00									
f RH		0.00					n min (1/h)					0.50									
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																			
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m ²)	A' (m ²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i	
PR	okolici	Z	1	3.10	3.00	9.30	-	9.30	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.300	195
VZ	okolici	Z	1	3.30	3.50	11.55	+	2.25	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.877	18
VZ	okolici	S	1	4.50	3.50	15.75	+	15.75	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.142	129
MK_otvoreno	okolici	hor.	1	13.30	1.00	13.30	+	13.30	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.724	78
KR	okolici	hor.	1	13.30	1.00	13.30	-	13.30	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.458	72
Rezultati proračuna																					
Phi V,inf (W)						5					Phi T,i (W)					493					
Phi V,min (W)						21					Phi V,i (W)					147					
Phi V,mech,inf						0					Phi V,mech (W)					35					
Phi V,su (W)						0					Phi (W)					640					
Phi RH (W)						0					Phi/A (W/m ²)					48					
Phi/V (W/m ²)						15															

KAT		Prostorija:					P9 P0.09															
Duljina (m)		5.10					T (m)		5.00													
Širina (m)		1.00					Gw		1.00													
Površina (m ²)		5.10					f g1		1.45													
Visina (m)		3.10					Broj otvora		0													
Volumen (m ³)		15.81					e i		0.00													
Oplošje (m ²)		48.02					f vi		1.00													
Visina iznad tla (m)		3.40					V ex (m ³ /h)		0.00													
Theta int, i (°C)		20					V su (m ³ /h)		0.00													
Theta e (°C)		- 1					V su,i (m ³ /h)		0.00													
f RH		0.00					n min (1/h)		0.50													
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																				
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m ²)	A' (m ²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i		
VZ	okolici	S	1	1.80	3.50	6.30	+	6.30	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.457	51	
KR	okolici	hor.	1	5.10	1.00	5.10	+	5.10	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.326	27	
MK_ot	okolici	hor.	1	5.10	1.00	5.10	+	5.10	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.428	30	
voreno																						
Rezultati proračuna																						
Phi V,inf (W)		0					Phi T,i (W)		109													
Phi V,min (W)		8					Phi V,i (W)		56													
Phi V,mech,inf		0					Phi V,mech (W)		0													
Phi V,su (W)		0					Phi (W)		165													
Phi RH (W)		0					Phi/A (W/m ²)		32													
Phi/V (W/m ²)		10																				

KAT		Prostorija:					P10 P0.10															
Duljina (m)		12.40					T (m)		5.00													
Širina (m)		1.00					Gw		1.00													
Površina (m ²)		12.40					f g1		1.45													
Visina (m)		3.10					Broj otvora		0													
Volumen (m ³)		38.44					e i		0.00													
Oplošje (m ²)		107.88					f vi		1.00													
Visina iznad tla (m)		3.40					V ex (m ³ /h)		0.00													
Theta int, i (°C)		20					V su (m ³ /h)		0.00													
Theta e (°C)		- 1					V su,i (m ³ /h)		0.00													
f RH		0.00					n min (1/h)		0.50													
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																				
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m ²)	A' (m ²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i		
PR	okolici	S	1	3.00	3.00	9.00	-	9.00	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.000	189	
VZ	okolici	S	1	4.20	3.50	14.70	+	5.70	0.00	0.00	0.00	0.390	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.223	46	
MK_ot	okolici	hor.	1	12.40	1.00	12.40	+	12.40	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.472	72	
voreno																						
KR	okolici	hor.	1	12.40	1.00	12.40	+	12.40	0.00	0.00	0.00	0.280	0.00	- 1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.224	67	
Rezultati proračuna																						
Phi V,inf (W)		0					Phi T,i (W)		376													
Phi V,min (W)		19					Phi V,i (W)		137													
Phi V,mech,inf		0					Phi V,mech (W)		0													
Phi V,su (W)		0					Phi (W)		513													
Phi RH (W)		0					Phi/A (W/m ²)		41													
Phi/V (W/m ²)		13																				

Prilog B – Proračun toplinskog opterećenja ljeti prema normi VDI 2078

Projekt: Vila Brusje**Toplinski dobici**

K1 prizemlie		P2 P-1.01											
Tip prostora	M - srednje	a (m)		64.20									
Orijentacija	J - jug	b (m)		1.00									
Tip zračenja	ukupno	c (m)		3.00									
Datum	23. Srpanj	V (m³)		192.60									
T		4.30		O (m²)		519.60							
				Ap (m)		64.20							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	72	716	736	754	772
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	11	80	73	75	78
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	51	170	183	191	204
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 398	- 434	- 470	- 500	- 507	- 439	- 304	- 164	- 19	88	166	238
Zračenje (W)		0	0	0	0	149	382	416	553	705	898	1089	1234
Infiltracija (W)		- 241	- 263	- 285	- 304	- 307	- 266	- 185	- 100	- 12	53	100	144
Ukupno (W)		- 639	- 697	- 755	- 804	- 665	- 323	- 73	423	1640	2031	2375	2668
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		782	790	800	808	818	826	836	846	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		79	81	81	83	85	86	87	87	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		209	219	225	230	237	240	245	248	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		290	332	358	363	332	285	207	78	- 56	- 144	- 205	- 263
Zračenje (W)		1275	1326	1356	1334	1819	1695	661	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		175	200	216	219	200	172	125	47	- 34	- 87	- 125	- 160
Ukupno (W)		2810	2948	3036	3037	3491	3304	2161	1306	- 90	- 231	- 330	- 423

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 3491 (W) u 17 sati.

K1 prizemlie		P3 P-1.02											
Tip prostora	M - srednje	a (m)				2.00							
Orijentacija	J - jug	b (m)				1.00							
Tip zračenja	ukupno	c (m)				3.00							
Datum	23. Srpanj	V (m ²)				6.00							
T		4.30				O (m ²)				22.00			
						Ap (m)				2.00			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	4	25	27	29	31
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 10	- 12	- 15	- 17	- 20	- 18	- 17	- 10	0	12	23	30
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		- 7	- 8	- 8	- 9	- 9	- 8	- 5	- 3	0	1	3	4
Ukupno (W)		- 17	- 20	- 23	- 26	- 29	- 26	- 22	- 9	25	40	55	65
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		32	34	35	36	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		34	33	29	24	20	17	14	10	6	1	- 3	- 6
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		5	6	6	6	6	5	3	1	- 1	- 2	- 3	- 4
Ukupno (W)		71	73	70	66	26	22	17	11	5	- 1	- 6	- 10

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 73 (W) u 14 sati.

K1 prizemlie		P4 P-1.03											
Tip prostora	M - srednje	a (m)				2.00							
Orijentacija	J - jug	b (m)				1.00							
Tip zračenja	ukupno	c (m)				3.00							
Datum	23. Srpanj	V (m ²)				6.00							
T		4.30				O (m ²)				22.00			
						Ap (m)				2.00			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	4	25	27	29	31
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 19	- 25	- 30	- 35	- 39	- 38	- 36	- 26	- 10	8	24	39
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		- 22	- 24	- 26	- 28	- 28	- 24	- 17	- 9	- 1	4	9	13
Ukupno (W)		- 41	- 49	- 56	- 63	- 67	- 62	- 53	- 31	14	39	62	83
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		32	34	35	36	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		48	55	58	56	52	45	35	25	14	4	- 4	- 11
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		16	18	20	20	18	16	11	4	- 3	- 8	- 11	- 14
Ukupno (W)		96	107	113	112	70	61	46	29	11	- 4	- 15	- 25

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 113 (W) u 15 sati.

K1 prizemlie		P5 P-1.04											
Tip prostora	M - srednje											a (m)	4.40
Orijentacija	J - jug											b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno											c (m)	3.00
Datum	23. Srpanj											V (m³)	13.20
T		4.30										O (m²)	41.20
												Ap (m)	4.40
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	4	25	27	29	31
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 14	- 17	- 20	- 22	- 24	- 25	- 24	- 19	- 11	0	14	26
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		- 16	- 18	- 19	- 20	- 21	- 18	- 12	- 6	0	3	6	9
Ukupno (W)		- 30	- 35	- 39	- 42	- 45	- 43	- 36	- 21	14	30	49	66
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		32	34	35	36	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		36	42	42	39	33	25	18	10	4	- 1	- 5	- 10
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		12	13	14	15	13	11	8	3	- 2	- 6	- 8	- 10
Ukupno (W)		80	89	91	90	46	36	26	13	2	- 7	- 13	- 20

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 91 (W) u 15 sati.

K2 KAT		P1 P0.01											
Tip prostora	M - srednje											a (m)	29.30
Orijentacija	J - jug											b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno											c (m)	3.10
Datum	23. Srpanj											V (m³)	90.83
T		4.30										O (m²)	246.46
												Ap (m)	29.30
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	18	179	184	187	192
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	2	20	18	18	19
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 40	- 58	- 75	- 91	- 99	- 84	- 49	- 12	29	61	86	112
Zračenje (W)		0	0	0	0	29	139	266	326	293	186	73	33
Infiltracija (W)		- 114	- 124	- 134	- 143	- 145	- 125	- 87	- 47	- 5	25	47	68
Ukupno (W)		- 154	- 182	- 209	- 234	- 215	- 70	130	287	516	474	411	424
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		195	197	199	202	204	205	208	210	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		19	20	20	20	21	21	21	21	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		134	156	173	184	183	176	157	122	80	52	28	7
Zračenje (W)		28	24	20	16	12	8	3	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		82	94	102	103	94	81	59	22	- 16	- 41	- 59	- 75
Ukupno (W)		458	491	514	525	514	491	448	375	64	11	- 31	- 68

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 525 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P2 P0.02											
Tip prostora	M - srednje											a (m)	3.90
Orijentacija	J - jug											b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno											c (m)	3.10
Datum	23. Srpanj											V (m³)	12.09
T												4.30 O (m²)	38.18
												Ap (m)	3.90
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		11	10	9	8	7	6	6	5	5	5	5	5
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		- 15	- 16	- 17	- 19	- 19	- 16	- 11	- 6	0	3	6	9
Ukupno (W)		- 4	- 6	- 8	- 11	- 12	- 10	- 5	- 1	5	8	11	14
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		6	7	9	10	11	12	13	13	13	13	12	12
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		11	12	13	13	12	10	7	2	- 2	- 5	- 7	- 10
Ukupno (W)		17	19	22	23	23	22	20	15	11	8	5	2

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 23 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P3 P0.03											
Tip prostora	M - srednje											a (m)	13.10
Orijentacija	J - jug											b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno											c (m)	3.10
Datum	23. Srpanj											V (m³)	40.61
T												4.30 O (m²)	113.62
												Ap (m)	13.10
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	11	172	178	181	185
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	17	18
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	5	31	34	36	38
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 63	- 79	- 94	- 108	- 114	- 109	- 88	- 53	- 11	31	74	115
Zračenje (W)		0	0	0	0	1	3	4	6	7	8	9	11
Infiltracija (W)		- 50	- 55	- 60	- 64	- 64	- 56	- 39	- 21	- 2	11	21	30
Ukupno (W)		- 113	- 134	- 154	- 172	- 177	- 162	- 121	- 51	213	277	338	397
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		190	192	195	197	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		18	19	19	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		40	42	44	45	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		148	173	182	180	166	144	116	80	44	15	- 7	- 28
Zračenje (W)		20	28	67	124	145	96	26	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		37	42	45	46	42	36	26	9	- 7	- 18	- 26	- 33
Ukupno (W)		453	496	552	612	353	276	168	89	37	- 3	- 33	- 61

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 612 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P4 P0.04																	
Tip prostora	M - srednje	a (m)						5.50											
Orijentacija	J - jug	b (m)						1.00											
Tip zračenja	ukupno	c (m)						3.10											
Datum	23. Srpanj	V (m ³)						17.05											
T		4.30						O (m ²)						51.30					
								Ap (m)						5.50					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26						
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60						
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	17	18						
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Transmisija (W)		6	0	-4	-10	-12	-15	-16	-14	-11	-7	0	6						
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Infiltracija (W)		-64	-70	-75	-80	-81	-70	-49	-26	-3	14	28	38						
Ukupno (W)		-58	-70	-79	-90	-93	-85	-65	-39	2	24	43	62						
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26						
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90						
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Rasvjeta (W)		18	19	19	20	0	0	0	0	0	0	0	0						
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Transmisija (W)		15	27	42	58	68	72	66	53	40	26	18	11						
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Infiltracija (W)		46	53	57	58	53	45	33	12	-9	-23	-33	-42						
Ukupno (W)		79	99	118	136	121	117	99	65	31	3	-15	-31						

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 136 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P5 P0.05																	
Tip prostora	M - srednje	a (m)						13.30											
Orijentacija	J - jug	b (m)						1.00											
Tip zračenja	ukupno	c (m)						3.10											
Datum	23. Srpanj	V (m ³)						41.23											
T		4.30						O (m ²)						115.26					
								Ap (m)						13.30					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26						
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60						
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	11	172	176	181	185						
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	17	18						
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Transmisija (W)		-34	-44	-53	-62	-66	-57	-35	-12	13	32	46	61						
Zračenje (W)		0	0	0	0	1	3	4	6	7	9	10	11						
Infiltracija (W)		-31	-33	-36	-39	-39	-34	-23	-12	-1	6	12	18						
Ukupno (W)		-65	-77	-89	-101	-104	-88	-54	-6	207	240	266	293						
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26						
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90						
Osobe (W)		190	192	195	197	0	0	0	0	0	0	0	0						
Rasvjeta (W)		18	19	19	20	0	0	0	0	0	0	0	0						
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Transmisija (W)		73	85	93	99	97	91	80	58	34	18	4	-8						
Zračenje (W)		16	29	80	138	152	110	34	0	0	0	0	0						
Infiltracija (W)		22	25	27	28	25	22	16	6	-4	-11	-16	-20						
Ukupno (W)		319	350	414	482	274	223	130	64	30	7	-12	-28						

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 482 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P6 P0.06											
Tip prostora	M - srednje											a (m)	3.50
Orijentacija	J - jug											b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno											c (m)	3.10
Datum	23. Srpanj											V (m³)	10.85
T		4.30										O (m²)	34.90
												Ap (m)	3.50
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		10	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	5
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		- 13	- 14	- 16	- 17	- 17	- 15	- 10	- 5	0	3	5	8
Ukupno (W)		- 3	- 5	- 8	- 10	- 10	- 9	- 5	0	4	7	9	13
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		6	7	8	9	10	11	11	12	12	11	11	10
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		9	11	12	12	11	9	7	2	- 1	- 4	- 7	- 9
Ukupno (W)		15	18	20	21	21	20	18	14	11	7	4	1

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 21 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P7 P0.07											
Tip prostora	M - srednje											a (m)	4.00
Orijentacija	J - jug											b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno											c (m)	3.10
Datum	23. Srpanj											V (m³)	12.40
T		4.30										O (m²)	39.00
												Ap (m)	4.00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	4	25	27	29	31
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		6	2	- 3	- 7	- 12	- 13	- 16	- 16	- 14	- 11	- 6	- 1
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		- 48	- 50	- 55	- 58	- 59	- 51	- 35	- 19	- 2	10	19	27
Ukupno (W)		- 40	- 48	- 58	- 65	- 71	- 64	- 51	- 31	9	26	42	57
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		32	34	35	36	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		5	12	24	37	51	60	62	56	44	32	20	13
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		33	38	41	42	38	33	24	9	- 6	- 16	- 24	- 30
Ukupno (W)		70	84	100	115	89	93	86	65	38	16	- 4	- 17

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 115 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P8 P0.08																	
Tip prostora	M - srednje	a (m)						13.30											
Orijentacija	J - jug	b (m)						1.00											
Tip zračenja	ukupno	c (m)						3.10											
Datum	23. Srpanj	V (m ³)						41.23											
T		4.30						O (m ²)						115.26					
								Ap (m)						13.30					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26						
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60						
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	11	172	176	181	185						
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	17	18						
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Transmisija (W)		- 64	- 80	- 95	- 110	- 113	- 103	- 76	- 47	- 16	10	33	59						
Zračenje (W)		0	0	0	0	1	3	4	6	7	9	10	11						
Infiltracija (W)		- 51	- 56	- 61	- 65	- 65	- 57	- 39	- 21	- 2	11	21	30						
Ukupno (W)		- 115	- 136	- 156	- 175	- 177	- 157	- 111	- 50	177	223	262	303						
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26						
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90						
Osobe (W)		190	192	195	197	0	0	0	0	0	0	0	0						
Rasvjeta (W)		18	19	19	20	0	0	0	0	0	0	0	0						
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Transmisija (W)		81	100	113	122	123	119	105	76	40	12	- 11	- 32						
Zračenje (W)		20	29	69	128	150	99	27	0	0	0	0	0						
Infiltracija (W)		37	43	46	47	43	36	26	10	- 7	- 18	- 26	- 34						
Ukupno (W)		346	383	442	514	316	254	158	86	33	- 6	- 37	- 66						

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 514 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P9 P0.09																	
Tip prostora	M - srednje	a (m)						5.10											
Orijentacija	J - jug	b (m)						1.00											
Tip zračenja	ukupno	c (m)						3.10											
Datum	23. Srpanj	V (m ³)						15.81											
T		4.30						O (m ²)						48.02					
								Ap (m)						5.10					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26						
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60						
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	4	25	27	29	31						
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Transmisija (W)		3	- 1	- 5	- 8	- 12	- 13	- 14	- 12	- 10	- 7	- 4	1						
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Infiltracija (W)		- 19	- 21	- 23	- 25	- 25	- 21	- 15	- 8	- 1	4	8	11						
Ukupno (W)		- 16	- 22	- 28	- 33	- 37	- 34	- 29	- 16	14	24	33	43						
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26						
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90						
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Rasvjeta (W)		32	34	35	36	0	0	0	0	0	0	0	0						
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Transmisija (W)		7	14	18	22	25	28	29	29	25	20	14	8						
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Infiltracija (W)		14	16	17	18	16	14	10	3	- 2	- 7	- 10	- 13						
Ukupno (W)		53	64	70	76	41	42	39	32	23	13	4	- 5						

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 76 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P10 P0.10											
Tip prostora	M - srednje	a (m)										12.40	
Orijentacija	J - jug	b (m)										1.00	
Tip zračenja	ukupno	c (m)										3.10	
Datum	23. Srpanj	V (m³)										38.44	
T		4.30 O (m²)										107.88	
		Ap (m)										12.40	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	11	172	178	181	185
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	17	18
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 35	- 44	- 52	- 61	- 65	- 55	- 35	- 12	12	30	44	58
Zračenje (W)		0	0	0	0	16	21	20	25	31	36	40	43
Infiltracija (W)		- 48	- 52	- 57	- 60	- 61	- 53	- 36	- 20	- 2	10	20	28
Ukupno (W)		- 83	- 96	- 109	- 121	- 110	- 87	- 51	5	229	269	302	332
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		190	192	195	197	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		18	19	19	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		70	81	89	94	93	88	76	55	32	16	3	- 8
Zračenje (W)		43	41	37	32	27	24	12	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		35	40	43	43	40	34	25	9	- 6	- 17	- 25	- 31
Ukupno (W)		356	373	383	386	160	146	113	64	26	- 1	- 22	- 39

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 386 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P11 P0.11											
Tip prostora	M - srednje	a (m)										5.10	
Orijentacija	J - jug	b (m)										1.00	
Tip zračenja	ukupno	c (m)										3.10	
Datum	23. Srpanj	V (m³)										15.81	
T		4.30 O (m²)										48.02	
		Ap (m)										5.10	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	9	50	55	58	62
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 19	- 28	- 37	- 46	- 54	- 49	- 43	- 19	8	34	52	60
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		- 59	- 64	- 70	- 75	- 75	- 65	- 45	- 24	- 3	13	24	35
Ukupno (W)		- 78	- 92	- 107	- 121	- 129	- 114	- 88	- 34	55	102	134	157
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		64	68	70	73	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		59	57	55	56	56	57	53	47	35	20	5	- 7
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		43	49	53	54	49	42	30	11	- 8	- 21	- 30	- 39
Ukupno (W)		166	174	178	183	105	99	83	58	27	- 1	- 25	- 46

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 183 (W) u 16 sati.

K2 KAT		P12 P0.12											
Tip prostora	M - srednje	a (m)		4.18									
Orijentacija	J - jug	b (m)		1.00									
Tip zračenja	ukupno	c (m)		3.10									
Datum	23. Srpanj	V (m ³)		12.96									
T		4.30		O (m ²)		40.48							
				Ap (m)		4.18							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	3	32	34	35	37
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		- 24	- 32	- 41	- 48	- 43	- 39	- 17	11	40	62	74	78
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		- 48	- 53	- 57	- 61	- 62	- 53	- 37	- 20	- 2	10	20	29
Ukupno (W)		- 72	- 85	- 98	- 109	- 105	- 92	- 54	- 6	70	106	129	144
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		37	38	39	40	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		77	75	74	70	65	55	43	31	17	5	- 6	- 16
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		35	40	43	44	40	34	25	9	- 6	- 17	- 25	- 32
Ukupno (W)		149	153	156	154	105	89	68	40	11	- 12	- 31	- 48

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 156 (W) u 15 sati.

Prilog C – Dimenzioniranje sustava podnog grijanja

GENERAL RESULTS

No. of sources	1	
Total number of terminal units	19	
Total number of pipe-runs	8	
Total number of manifolds	2	
Total number of pumps	0	
Spec. total rooms heat loss Q [W]	7681	
Spec. total req. heat output of other TU's [W]	0	
Spec. total rooms req. heat output Qreq. [W]	7681	
Calculation standards:		
Floor heating standard		EN 1264: 1:2011 2:2013 3,4:2009 5:2008

Source - (virtual): "{virtual}", Application: Heating engineering, Medium: Water

Source elevation [m]	0	
Supply and return temperature [°C]	38	31.2
Total output [W]	9453	
Total output of convector radiators Qrad [W]	0	
Total output of radiant heating Qrh [W]	8274	
Total output of other heaters [W]	0	
Heat gains from pipe-runs accounted for in balance [W]	0	
Not utilized heat loss of pipe-runs [W]	64	
Losses of radiant heating (outside building) [W]	1115	
Losses of radiant heating (inside building) [W]	1009	
Available pressure [kPa]	25.1	
Pressure drop along critical route [kPa]	25.1	
Pressure drop on critical terminal unit [kPa]	20.1	
Press. drop on source [kPa]	0	
Flow rate in source [kg/h]	1333.3	
Critical receptor	HF P1.02	
Critical TU route length [m]	57	
Capacity of system incl. terminal units [dm ³]	155	

RH GENERAL RESULTS

#	Source Name / Symbol	Component feeding the control circuit Name / Symbol	ts [°C]	tr [°C]	Qreq. [W]	Result.Qrh [W]	Flow [kg/h] for external losses	Flow- [kg/h]		
Control circuits										
1	Source - (virtual) / (virtual)	Source - (virtual) / (virtual)	38	31.2	7681	8274	1333.3	263.7		
Manifolds										
Manifold symbol	Control circuit	Storey	Building unit	No. of circ.	Total pipe len. [m]	ts [°C]	tr [°C]	Flow [kg/h]	Δpmin [kPa]	Δp [kPa]
R1	1	0 Suteran	Default	5	480.8	38	30	467.7	14.9	23.74
R2	1	1 Prizemlje	1	10	771	38	31.9	865.7	23.23	23.23

PIPE RUNS

PT	Pipe-run symbol	Symbol of conn. p.r.	Q [W]	Diameter [mm]	L [m]	R [Pa/m]	ζ	R*L+Z [Pa]	Press. drop [Pa]	v [m/s]	G [kg/h]	Insul. [mm]	Δt [K]	tinlet [°C]	q [W/m]	Qpr [W]
Source - (virtual): (virtual)																
Group: Ungrouped components																
S			5051	32 x 2,9	3	103	0.3	335	335	0.45	866	40	0.01	38	3	9
S			5051	32 x 2,9	3	103	0.3	335	335	0.45	866	40	0.01	38	3	9
S			3223	25 x 2,3	3	115	0.9	415	415	0.4	468	25	0.02	38	3	10
R			5051	32 x 2,9	3	103	0.3	335	335	0.45	866	40	0.01	31.9	2	6
R			5051	32 x 2,9	3	103	0.3	335	335	0.45	866	40	0.01	31.9	2	6
R			3223	25 x 2,3	3	115	0.9	415	415	0.4	468	25	0.01	30	2	6
S	SV		8274	40 x 3,7	3	78	0.3	259	259	0.45	1333	40	0.01	38	4	11
R	SV		8274	40 x 3,7	3	78	0.3	259	259	0.45	1333	40	0	31.2	2	7
Manifold Symbol	Symbol of conn. p.r.		Q flow [W]	Flow rate [kg/h]	Z [Pa]	tinlet [°C]	No. of ports									
R1	/		3223	467.7	0	38	5									
R2	/		5051	865.7	0	38	10									

ROOM LIST

Room Symbol	ti [°C]	No. of radiators	Q [W]	Qreq. [W]	Qrh [W]	Qrad. [W]	Result. Qrh [W]	Result. Qrad. [W]	Result. Qpr [W]	Heat loss coverage [%]
Storey 0, Elevation 0,0m, Building unit Default										
P0.01	20	4 rh	0	2373	2373	0	2814	0	0	119
P0.02	20	1 rh	0	48	48	0	89	0	0	185
P0.03	20	1 rh	0	99	99	0	104	0	0	105
P0.04	20	1 rh	0	156	156	0	216	0	0	139
Storey 1, Elevation 2,8m, Building unit 01										
102	20	1 rh	0	242	242	0	242	0	0	100
P1.02	20	1 rh	0	632	632	0	620	0	0	98
P1.03	20	1 rh	0	64	64	0	142	0	0	223
P1.04	24	1 rh	0	398	398	0	277	0	0	70
P1.05	20	1 rh	0	480	480	0	596	0	0	124
P1.06	20	1 rh	0	58	58	0	125	0	0	215
P1.07	24	1 rh	0	291	291	0	169	0	0	58
P1.08	20	1 rh	0	640	640	0	640	0	0	100
P1.09	20	1 rh	0	165	165	0	287	0	0	174
P1.10	20	1 rh	0	513	513	0	560	0	0	109
P1.11	24	1 rh	0	360	360	0	231	0	0	64
P1.12	20	1 rh	0	1162	1162	0	1162	0	0	100

RH RESULTS

HZ symbol	Q:	Q:	Δt	PZ:	area:	VA:	tfs/q	Area:	Qfeeds:	No. of:	Total len.:	Flow:	Press.drop:	Valve
Covering Rλb [(m ² ·K)/W]	req.:	surp.:	[K]	OZ:	[m ²]	[mm]	[°C]/[W/m ²]	feeds:	[W]	circ.:	pipes:	[kg/h]	pipe + fit.:	set.
	[W]	[W]						pass.:			feed+circ.:	[m/s]	s.v.; r.v. [kPa]	

Storey: 0 Suteran; Building unit: Default

Double apartment manifold: R1; Supplied by: (virtual) (ts = 38,0 °C)
 No. of outlets: 5; Settings on: r.v.; G: 467,7 kg/h; Δpmin 14,90 kPa; Δp 23,74 kPa

Room: P0.01; ti = 20 °C; Q req. = 2373 W; Q surplus = + 441 W; Result. Qrh = 2814 W;
 No. of HZs: 4;

P0.01_a Normal parquet - 0,100	521	98	8	OZ:	13.6:	150:	24,4/45				102,1:	100,0:	9,80:	1,35
											11,2+90,9:	0,246:	0,84; 13,10:	l/min
P0.01_b Normal parquet - 0,100	583	109	8	OZ:	15.2:	150:	24,4/45				112,4:	110,2:	12,78:	1,57
											10,9+101,5:	0,271:	1,02; 9,95:	l/min
P0.01_c Normal parquet - 0,100	485	91	8	OZ:	12.7:	150:	24,4/45				90,7:	88,4:	7,03:	1,35
											6,1+84,6:	0,217:	0,66; 16,06:	l/min
P0.01_d Normal parquet - 0,100	784	143	8	OZ:	20.1:	150:	24,4/45	4.4:	213.8		106,1:	103,4:	10,79:	1,57
											1,6+104,6:	0,254:	0,90; 12,05:	l/min

Room: P0.04; ti = 20 °C; Q req. = 156 W; Q surplus = + 60 W; Result. Qrh = 216 W;
 No. of HZs: 1;

P0.04 Normal parquet - 0,100	156	60	8	OZ:	4.8:	150:	24,4/45				69,4:	65,6:	3,20:	0,90
											37,7+31,7:	0,161:	0,36; 20,18:	l/min

HZ symbol	Q:	Q:	Δt	PZ:	area:	VA:	tfs/q	Area:	Qfeeds:	No. of:	Total len.:	Flow:	Press.drop:	Valve
Covering Rλb [(m ² ·K)/W]	req.:	surp.:	[K]	OZ:	[m ²]	[mm]	[°C]/[W/m ²]	feeds:	[W]	circ.:	pipes:	[kg/h]	pipe + fit.:	set.
	[W]	[W]						pass.:			feed+circ.:	[m/s]	s.v.; r.v. [kPa]	

Storey: 0 Suteran; Building unit: Default

Zones heated by pipe feeds, supplied by source: (virtual)

Room: P0.02; ti = 20 °C; Q req. = 48 W; Q surplus = + 41 W; Result. Qrh = 89 W;
 No. of HZs: 0; incl. to other manifolds: 0; HZs heated by pipe feeds: 1;

P0.02 Normal parquet - 0,100	48	41			2.2:	100:		1.7:	89:					
---------------------------------	----	----	--	--	------	------	--	------	-----	--	--	--	--	--

Room: P0.03; ti = 20 °C; Q req. = 99 W; Q surplus = + 5 W; Result. Qrh = 104 W;
 No. of HZs: 0; incl. to other manifolds: 0; HZs heated by pipe feeds: 1;

P0.03 Thin ceramic tiles - 0,011	99	5			1.8:	100:		1.2:	103.9:					
-------------------------------------	----	---	--	--	------	------	--	------	--------	--	--	--	--	--

HZ symbol	Q:	Q:	Δt	PZ:	area:	VA:	tfs/q	Area:	Qfeeds:	No. of:	Total len.:	Flow:	Press.drop:	Valve
Covering Rλb [(m ² ·K)/W]	req.:	surp.:	[K]	OZ:	[m ²]	[mm]	[°C]/[W/m ²]	feeds:	[W]	circ.:	pipes:	[kg/h]	pipe + fit.:	set.
	[W]	[W]						pass.:			feed+circ.:	[m/s]	s.v.; r.v. [kPa]	

Storey: 1 Prizemlje; Building unit: 01

Double apartment manifold: R2; Supplied by: (virtual) (ts = 38,0 °C)
 No. of outlets: 10; Settings on: r.v.; G: 865,7 kg/h; Δpmin 23,23 kPa; Δp 23,23 kPa

Room: 102; ti = 20 °C; Q req. = 242 W; Q surplus = 0 W; Result. Qrh = 242 W;
 No. of HZs: 1;

102 Normal parquet - 0,100	242		4.4	OZ:	4.2:	100:	25,5/58				82,7:	123,8:	11,40:	1,80
											40,9+41,8:	0,304:	1,29; 10,55:	l/min

Room: P1.02; ti = 20 °C; Q req. = 632 W; Q surplus = -12 W; Result. Qrh = 620 W;
 No. of HZs: 1;

P1.02 Normal parquet - 0,100	632	-12	6.7	OZ:	13:	150:	24,6/48				126,7:	133,7:	20,10:	2,02
											40,4+86,4:	0,328:	1,50; 1,63:	l/min

Room: P1.04; ti = 24 °C; Q req. = 398 W; Q surplus = -121 W; Result. Qrh = 277 W;
 No. of HZs: 1;

P1.04 Thin ceramic tiles - 0,011	398	-121	5	OZ:	4.2:	100:	30,2/66				71,7:	94,1:	6,13:	1,35
											29,8+41,8:	0,231:	0,74; 16,36:	l/min

Room: P1.05; ti = 20 °C; Q req. = 480 W; Q surplus = + 116 W; Result. Qrh = 596 W;
 No. of HZs: 1;

P1.05 Normal parquet - 0,100	480	116	8	OZ:	13.2:	150:	24,4/45				103,9:	89,7:	8,25:	1,35
											16,1+87,8:	0,220:	0,67; 14,31:	l/min

Room: P1.07; ti = 24 °C; Q req. = 291 W; Q surplus = -122 W; Result. Qrh = 169 W;
No. of HZs: 1;

P1.07	291	-122	5	OZ:	2.6	100	30,2/66			43,2	54,6	0,92	0,67
Thin ceramic tiles - 0,011										17,6+25,6	0,134	0,25; 22,06	l/min

Room: P1.08; ti = 20 °C; Q req. = 640 W; Q surplus = 0 W; Result. Qrh = 640 W;
No. of HZs: 1;

P1.08	640		6.3	OZ:	13.2	150	24,7/49			110,4	125,7	15,71	1,80
Normal parquet - 0,100										22,6+87,8	0,309	1,32; 6,20	l/min

Room: P1.09; ti = 20 °C; Q req. = 165 W; Q surplus = +122 W; Result. Qrh = 287 W;
No. of HZs: 1;

P1.09	165	122	6	OZ:	5.3	100	25,2/55	0.7	36.8	54,4	51,6	1,11	0,67
Normal parquet - 0,100										8,6+45,8	0,127	0,22; 21,90	l/min

Room: P1.10; ti = 20 °C; Q req. = 513 W; Q surplus = +47 W; Result. Qrh = 560 W;
No. of HZs: 1;

P1.10	513	47	8	OZ:	12.2	150	24,4/45	2.1	99.6	79,6	67,8	3,89	0,90
Normal parquet - 0,100										11,7+67,9	0,167	0,39; 18,96	l/min

Room: P1.11; ti = 24 °C; Q req. = 360 W; Q surplus = -129 W; Result. Qrh = 231 W;
No. of HZs: 1;

P1.11	360	-129	5	OZ:	3.5	100	30,2/66			58,8	77,6	3,59	1,13
Thin ceramic tiles - 0,011										24,0+34,8	0,190	0,50; 19,14	l/min

Room: P1.12; ti = 20 °C; Q req. = 1162 W; Q surplus = 0 W; Result. Qrh = 1162 W;
No. of HZs: 1;

P1.12	1162		6.1	OZ:	24	150	24,7/49	18.3	883.6	39,5	47,1	0,74	0,67
Normal parquet - 0,100										1,6+37,9	0,116	0,19; 22,31	l/min

Storey: 1 Prizemlje; Building unit: 01

Zones heated by pipe feeds, supplied by source: (virtual)

Room: P1.03; ti = 20 °C; Q req. = 64 W; Q surplus = +78 W; Result. Qrh = 142 W;
No. of HZs: 0; incl. to other manifolds: 0; HZs heated by pipe feeds: 1;

P1.03	64	78		OZ:	3.9	100		2.7	142.5				
Normal parquet - 0,100													

Room: P1.06; ti = 20 °C; Q req. = 58 W; Q surplus = +67 W; Result. Qrh = 125 W;
No. of HZs: 0; incl. to other manifolds: 0; HZs heated by pipe feeds: 1;

P1.06	58	67		OZ:	3.5	100		2.3	124.8				
Normal parquet - 0,100													

RH INSTALLATION PARAMETERS

HZ symbol Covering RAb [(m ² ·K)/W]	PZ: OZ:	area [m ²]	VA: [mm]	Pipe type Pipe laying pattern	No. of circ.	Total len. pipes feed+circ.	Valve: set.	Floor build-up
---	------------	---------------------------	-------------	----------------------------------	-----------------	-----------------------------------	----------------	----------------

Storey: 0 Suteran; Building unit: Default

Double apartment manifold: R1; No. of outlets: 5; Type: Uponor Vario S manifold FM; s.v.: Thermostatic valve; r.v.: Smart FM; Manifold cabinet: Uponor Vario cabinet in-wall PT;

Room: P0.01, No. of HZs: 4

System same as default: Tecto Nub

P0.01_a Normal parquet - 0,100	OZ:	13.6	150	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2		102,1 11,2+90,9	1,35 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2 PRO insulation plate PRO 20 mm Uponor Multi foil 0.2 mm
P0.01_b Normal parquet - 0,100	OZ:	15.2	150	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 1		112,4 10,9+101,5	1,57 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2 PRO insulation plate PRO 20 mm Uponor Multi foil 0.2 mm
P0.01_c Normal parquet - 0,100	OZ:	12.7	150	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2		90,7 6,1+84,6	1,35 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2 PRO insulation plate PRO 20 mm Uponor Multi foil 0.2 mm
P0.01_d Normal parquet - 0,100	OZ:	20.1	150	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 1		106,1 1,6+104,6	1,57 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2 PRO insulation plate PRO 20 mm Uponor Multi foil 0.2 mm

Room: P0.04, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P0.04 Normal parquet - 0,100	OZ:	4.8:	150:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2	69,4 37,7+31,7	0,90 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2 PRO insulation plate PRO 20 mm Uponor Multi foil 0.2 mm
---------------------------------	-----	------	------	---	-------------------	---------------	--

Storey: 0 Suteran; Building unit: Default

Zones heated by pipe feeds, supplied by source: (virtual)

Room: P0.02, No. of HZs: 0

System same as default: Tecto Nub

P0.02 Normal parquet - 0,100		2.2:	100:				Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2 PRO insulation plate PRO 20 mm Uponor Multi foil 0.2 mm
---------------------------------	--	------	------	--	--	--	--

Room: P0.03, No. of HZs: 0

System same as default: Tecto Nub

P0.03 Thin ceramic tiles - 0,011		1.8:	100:				Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2 PRO insulation plate PRO 20 mm Uponor Multi foil 0.2 mm
-------------------------------------	--	------	------	--	--	--	--

Storey: 1 Prizemlje; Building unit: 01

Double apartment manifold: R2; No. of outlets: 10; Type: Uponor Vario S manifold FM; s.v.: Thermostatic valve; r.v.: Smart FM; Manifold cabinet: Uponor Vario cabinet in-wall PT;

Room: 102, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

102 Normal parquet - 0,100	OZ:	4.2:	100:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2	82,7 40,9+41,8	1,80 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
-------------------------------	-----	------	------	---	-------------------	---------------	--

Room: P1.02, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.02 Normal parquet - 0,100	OZ:	13:	150:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 1	126,7 40,4+86,4	2,02 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
---------------------------------	-----	-----	------	---	--------------------	---------------	--

Room: P1.04, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.04 Thin ceramic tiles - 0,011	OZ:	4.2:	100:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2	71,7 29,8+41,8	1,35 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
-------------------------------------	-----	------	------	---	-------------------	---------------	--

Room: P1.05, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.05 Normal parquet - 0,100	OZ:	13.2:	150:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 1	103,9 16,1+87,8	1,35 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
---------------------------------	-----	-------	------	---	--------------------	---------------	--

Room: P1.07, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.07 Thin ceramic tiles - 0,011	OZ:	2.6:	100:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2	43,2 17,6+25,6	0,87 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
-------------------------------------	-----	------	------	---	-------------------	---------------	--

Room: P1.08, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.08 Normal parquet - 0,100	OZ:	13.2:	150:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 1	110,4 22,6+87,8	1,80 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
---------------------------------	-----	-------	------	---	--------------------	---------------	--

Room: P1.09, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.09 Normal parquet - 0,100	OZ:	5.3:	100:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2	54,4 8,6+45,8	0,87 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
---------------------------------	-----	------	------	---	------------------	---------------	--

Room: P1.10, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.10 Normal parquet - 0,100	OZ:	12.2:	150:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 1	79,8 11,7+67,9	0,90 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
---------------------------------	-----	-------	------	---	-------------------	---------------	--

Room: P1.11, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.11 Thin ceramic tiles - 0,011	OZ:	3.5:	100:	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2	58,8 24,0+34,8	1,13 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
-------------------------------------	-----	------	------	---	-------------------	---------------	--

Room: P1.12, No. of HZs: 1

System same as default: Tecto Nub

P1.12 Normal parquet - 0,100	OZ:	24	150	Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0 Spiral pipe pattern Coils: Coil 2	39,5 1,6+37,9	0,67 l/min	Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
---------------------------------	-----	----	-----	---	------------------	---------------	--

Storey: 1 Prizemlje; Building unit: 01

Zones heated by pipe feeds, supplied by source: (virtual)

Room: P1.03, No. of HZs: 0

System same as default: Tecto Nub

P1.03 Normal parquet - 0,100		3,9	100				Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
---------------------------------	--	-----	-----	--	--	--	--

Room: P1.06, No. of HZs: 0

System same as default: Tecto Nub

P1.06 Normal parquet - 0,100		3,5	100				Screed with screed additive VD 450: 6,4 cm (Su: 4,5cm) Uponor Tecto nub panel 30-2
---------------------------------	--	-----	-----	--	--	--	--

LIST OF COMPONENTS ON PIPE-RUNS

Catalogue	Component name	Catalogue code	ζ	kv	Press. drop [Pa]
Source - (virtual): (virtual)					
Group: Ungrouped components					
Pipe-run (S) : G=865,7 kg/h, Diameter: 32 x 2,9 mm, Insulation: PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 35 mm - 40 mm					
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS tee - RS 2	Comp. on piperun	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E evolution ring white - 32	1057456	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS adapter Q&E PL Q&E - RS 2 - 32	1047022	0,25	-	25
Pipe-run (S) : G=865,7 kg/h, Diameter: 32 x 2,9 mm, Insulation: PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 35 mm - 40 mm					
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E evolution ring white - 32	1057456	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E adapter male thread PL W - 32 - 1"MT	1008730	0,25	-	25
Pipe-run (S) : G=467,7 kg/h, Diameter: 25 x 2,3 mm, Insulation: PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 25 mm - 25 mm					
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS tee - RS 2	Comp. on piperun	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E adapter male thread PL - 25 - 1"MT	1047863	0,63	-	50
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E evolution ring white - 25	1057455	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E evolution ring white - 25	1057455	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS adapter Q&E PL Q&E - RS 2 - 25	1047021	0,25	-	20
Pipe-run (R) : G=865,7 kg/h, Diameter: 32 x 2,9 mm, Insulation: PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 35 mm - 40 mm					
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E evolution ring white - 32	1057456	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E adapter male thread PL W - 32 - 1"MT	1008730	0,25	-	25
Pipe-run (R) : G=865,7 kg/h, Diameter: 32 x 2,9 mm, Insulation: PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 35 mm - 40 mm					
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS tee - RS 2	Comp. on piperun	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E evolution ring white - 32	1057456	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS adapter Q&E PL Q&E - RS 2 - 32	1047022	0,25	-	25
Pipe-run (R) : G=467,7 kg/h, Diameter: 25 x 2,3 mm, Insulation: PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 25 mm - 25 mm					
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS tee - RS 2	Comp. on piperun	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E adapter male thread PL - 25 - 1"MT	1047863	0,63	-	50
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E evolution ring white - 25	1057455	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E evolution ring white - 25	1057455	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS adapter Q&E PL Q&E - RS 2 - 25	1047021	0,25	-	20

Pipe-run (S) : G=1333,3 kg/h, Diameter: 40 x 3,7 mm, Insulation: PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 42 mm - 40 mm

UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS coupling - RS 2	1029144	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS adapter Q&E PL Q&E - RS 2 - 40	1047023	0.25	-	25
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E ring with stop edge natural - 40	1045464	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS tee - RS 2	1029142	-	-	0

Pipe-run (R) : G=1333,3 kg/h, Diameter: 40 x 3,7 mm, Insulation: PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 42 mm - 40 mm

UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS coupling - RS 2	1029144	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS adapter Q&E PL Q&E - RS 2 - 40	1047023	0.25	-	25
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor Q&E ring with stop edge natural - 40	1045464	-	-	0
UPONOR EEI PE-Xa	Uponor RS tee - RS 2	1029142	-	-	0

COILS ALLOCATION

Coil No	Total coil length [m]	HZ Length [m]	Remaining [m]
Coil 1 Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0, Coil 640 m	640	639.23	0.77
<i>HZ Symbol</i>	<i>HZ Length [m]</i>		
P1.02	126.75		
P0.01_b	112.41		
P1.08	110.44		
P0.01_d	106.14		
P1.05	103.92		
P1.10	79.57		
Coil 2 Uponor Comfort Pipe Plus 16 x 2,0, Coil 640 m	640	612.52	27.48
<i>HZ Symbol</i>	<i>HZ Length [m]</i>		
P0.01_a	102.11		
P0.01_c	90.71		
102	82.72		
P1.04	71.67		
P0.04	69.42		
P1.11	58.8		
P1.09	54.39		
P1.07	43.19		
P1.12	39.5		
Summary	1280	1251.74	28.26

BILL MAT. – PIPES**Pipes&fittings (Planned components)****UPONOR EEI PE-Xa**

Pipes - UPONOR EEI PE-Xa				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Uponor Radi Pipe natural PN6 in coils	25 x 2,3	1022689	6	m
Uponor Radi Pipe natural PN6 in coils	32 x 2,9	1001220	12	m
Uponor Radi Pipe natural PN6 in coils	40 x 3,7	1008979	6	m
Pipe fittings - UPONOR EEI PE-Xa				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Uponor Q&E adapter male thread PL	25 - 1"MT	1047863	2	pcs.
Uponor Q&E adapter male thread PL W	32 - 1"MT	1008730	2	pcs.
Uponor Q&E evolution ring white	25	1057455	4	pcs.
Uponor Q&E evolution ring white	32	1057456	4	pcs.
Uponor Q&E ring with stop edge natural	40	1045464	2	pcs.
Uponor RS adapter Q&E PL Q&E	RS 2 - 25	1047021	2	pcs.
Uponor RS adapter Q&E PL Q&E	RS 2 - 32	1047022	2	pcs.
Uponor RS adapter Q&E PL Q&E	RS 2 - 40	1047023	2	pcs.
Uponor RS coupling	RS 2	1029144	2	pcs.
Uponor RS tee	RS 2	1029142	2	pcs.

BILL MAT. – INSULATION**List of insulation (Planned components)****Standard insulation catalogue**

Lagging - Standard insulation catalogue				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 25 mm	25 mm		6	m
PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 35 mm	40 mm		12	m
PU foam lagging, $\lambda(20^{\circ}\text{C})=0,036\text{W/mK}$ inner diam. 42 mm	40 mm		6	m

BILL MAT. – RH COMPONENTS**List of components RH (Planned components)****Uponor Home Comfort**

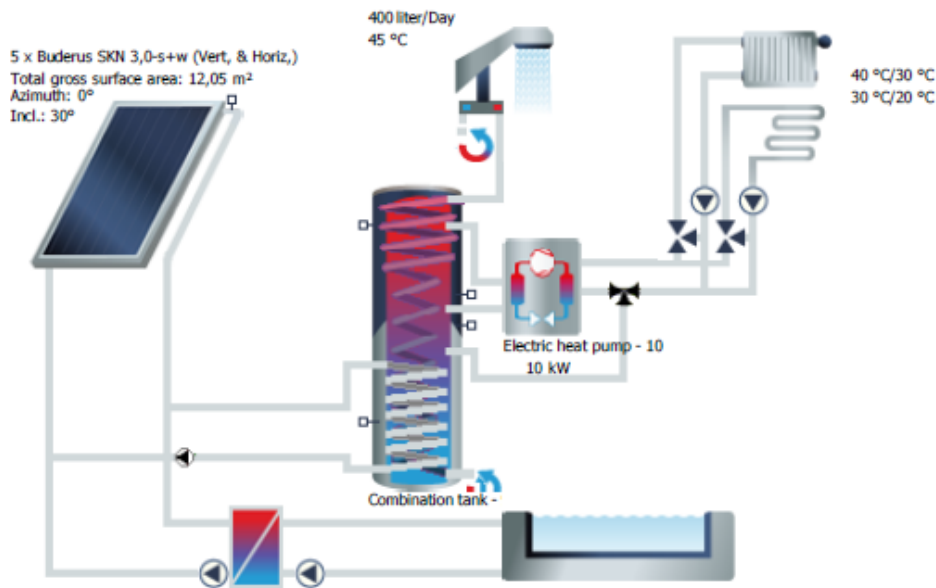
Coils - Uponor Home Comfort				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Uponor Comfort Pipe Plus	16 x 2,0, Coil 640 m	1062046	1280	m
Pipe fittings - Uponor Home Comfort				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Uponor Vario compression adapter PEX 16 x 3/4		1065284	30	pcs.
Manifolds - Uponor Home Comfort				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Uponor Vario S manifold FM	5 out	1086541	1	pcs.
Uponor Vario S manifold FM	10 out	1086546	1	pcs.
Manifold cabinets - Uponor Home Comfort				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Uponor Vario cabinet in-wall PT	PT 565x123mm	1046991	1	pcs.
Uponor Vario cabinet in-wall PT	PT 952x123mm	1046994	1	pcs.

Structural slabs - Uponor Home Comfort				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Uponor Tecto nub panel	30-2	1005478	174	m ²
Insulation plates - Uponor Home Comfort				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
PRO insulation plate	PRO 20 mm	any producer	71	m ²
Uponor Multi foil	0.2 mm	1005049	78	m ²
Circuit control system - Uponor Home Comfort				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Actuators 24V	Uponor Smart actuator 24V S	1087778	15	pcs.
Accessories - Uponor Home Comfort				
Product	Size	Catalogue code	Quantity	Unit
Uponor Minitec edging strip, self-adh.		1005267	209	m
Uponor Multi bend support string plastic 18		1000118	30	pcs.
Uponor Multi joint profile PP		1090229	16	m
Uponor Multi marking set		1000083	16	set
Uponor Multi screed additive VD 450		1000084	32	l
Uponor Tecto diagonal pipe fixation		1005482	32	pcs.
Uponor Tecto double strip element, foil		1005484	9	m
Uponor Tecto expansion element 30-2		1005480	16	m
Uponor Tecto expansion element foil		1005481	32	m

PIPES SUMMARY

Type	Catalogue code	Short	Insulated [m]	In corr. pipe [m]	Non-insulated [m]	User specified [m]	Sized [m]	Existing [m]	Under design [m]	For RH [m]
Uponor Comfort Pipe Plus16 x 2,0			0	0	0	0	0	0	0	1251.7
Uponor Radi Pipe natural PN6 in coils25 x 2,3	1022689	radi_PN6	6	0	0	0	6	0	6	0
Uponor Radi Pipe natural PN6 in coils32 x 2,9	1001220	radi_PN6	12	0	0	0	12	0	12	0
Uponor Radi Pipe natural PN6 in coils40 x 3,7	1008979	radi_PN6	6	0	0	0	6	0	6	0

Prilog D – Rezultati simulacije solarnog sustava u računalnom programu T*SOL



Results of annual simulation

Installed collector power:	8,44 kW	
Installed solar surface area (gross):	12,05 m ²	
Irradiation on to collector surface (active):	22,22 MWh	1.843,60 kWh/m ²
Energy delivered by collectors:	9,29 MWh	770,57 kWh/m ²
Energy delivered by collector loop:	8,55 MWh	709,43 kWh/m ²
DHW heating energy supply:	4,82 MWh	
Space-heating energy supply:	5,73 MWh	
Solar contribution to combination tank:	5,38 MWh	
Energy swimming pool solar system:	3,17 MWh	
Energy from auxiliary heating:	8,2 MWh	
Electricity savings:		3.419,4 kWh
CO2 emissions avoided:		2.277,35 kg
Total solar fraction:		39,7 %
Average swimming pool temp:		28,61 °C
Pool temperature above 22 °C:		99,7 % of operating hours
System efficiency:		38,5 %

Site data

Climate data

Location:	SPLIT\MARJAN
Climate data record:	SPLIT\MARJAN
Total annual global irradiation:	1578,168 kWh/m ²
Latitude:	43,51 °
Longitude:	-16,43 °

Domestic hot water

Average daily consumption:	400 l
Desired temperature:	45 °C
Consumption profile:	Multi-family dwelling
Cold water temperature:	February:14 °C / August:19,5 °C
Circulation:	Yes

Space-heating

Standard building peak heating load:	6 kW
Standard external temperature:	-2,19 °C
HT design temperatures:	40 °C/30 °C
LT design temperatures:	30 °C/20 °C

Outdoor pool

Pool area:	40 m ²
Auxiliary heating:	No

System components

Collector loop

Manufacturer:	Bosch Thermotechnology Corp.
Type:	Buderus SKN 3,0-s+w (Vert, & Horiz,)
Number:	5,00
Total gross surface area:	12,05 m ²
Total active solar surface area:	12,05 m ²
Tilt angle:	30 °
Azimuth:	0 °

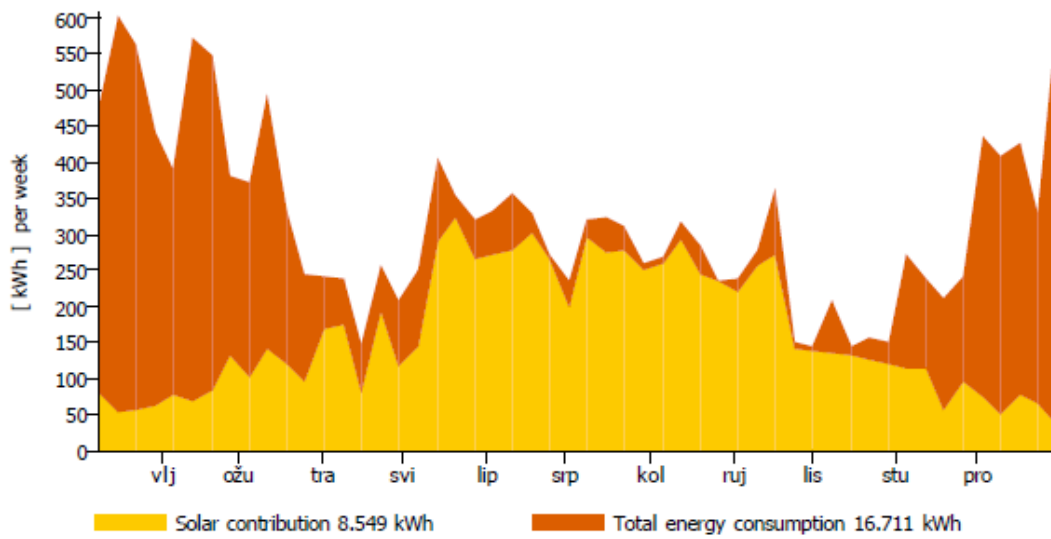
Combination tank (int HX)

Manufacturer:	Standard
Type:	Combination tank - 900
Volume:	900 l

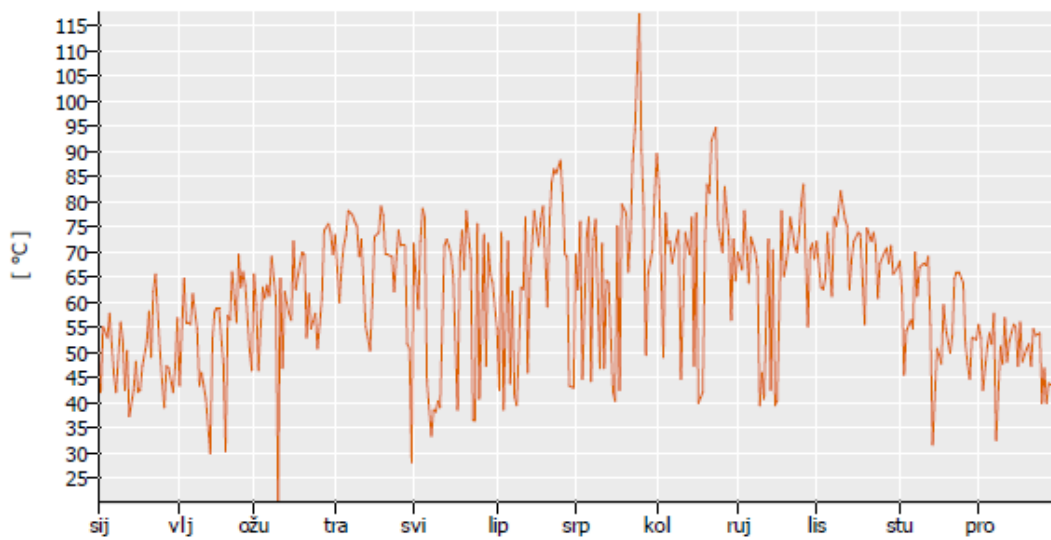
Auxiliary heating

Manufacturer:	Standard
Type:	Electric heat pump - 10
Nominal output:	10 kW

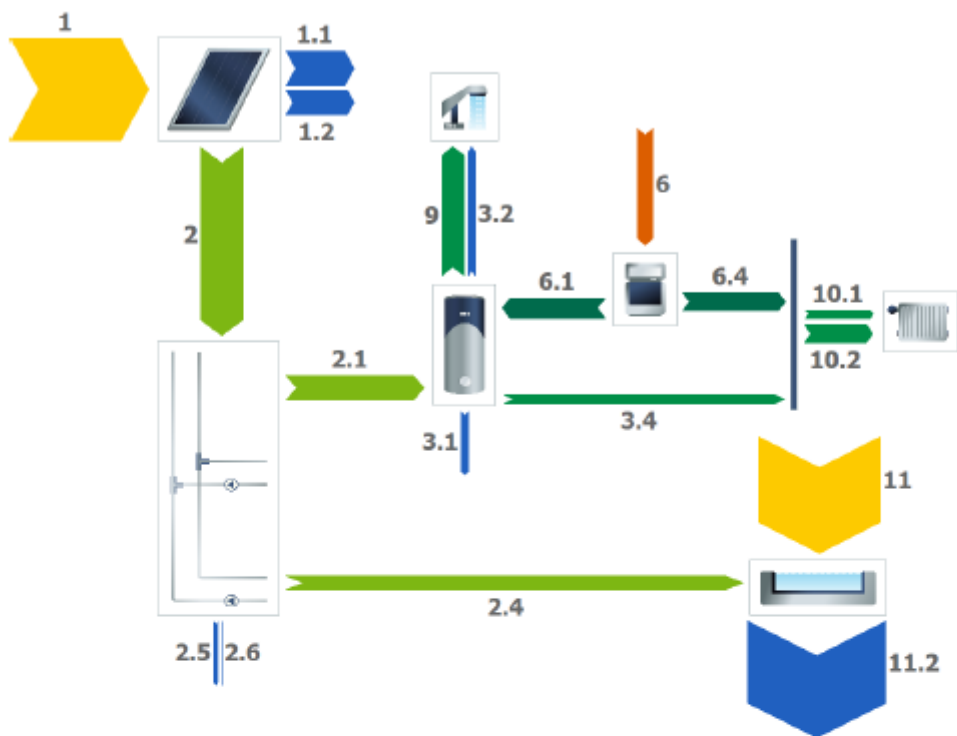
Solar energy consumption as percentage of total consumption



Daily maximum collector temperature



Energy balance schematic



Legend

1	Irradiation on to collector surface (active)	22 MWh
1.1	Optical collector losses	8 MWh
1.2	Thermal collector losses	5 MWh
2	Energy from collector array	9 MWh
2.1	Solar energy to storage tank	5 MWh
2.4	Solar energy to swimming pool	3 MWh
2.5	Internal piping losses	670 kWh
2.6	External piping losses	67 kWh
3.1	Tank losses	1.557 kWh
3.2	Circulation losses	1.441 kWh
3.4	Tank to space-heating	1.962 kWh
6	Final energy	3 MWh
6.1	Supplementary energy to tank	4 MWh
6.4	Supplementary energy to space-heating	4 MWh
9	DHW energy from tank	5 MWh
10.1	Heat to HT heating	1.719 kWh
10.2	Heat to LT heating	4 MWh
11	Swimming pool irradiation	27 MWh
11.2	Swimming pool losses	30 MWh

Glossary

- 1 **Irradiation on to collector surface (active)**
Solar energy irradiated onto tilted collector area (active surface area)
- 1.1 **Optical collector losses**
Reflection and other losses
- 1.2 **Thermal collector losses**
Heat conduction and other losses
- 2 **Energy from collector array**
Energy output at collector array outlet (i.e. before piping)
- 2.1 **Solar energy to storage tank**
Energy from collector loop to storage tank (minus piping losses)
- 2.4 **Solar energy to swimming pool**
Energy from collector loop to swimming pool (minus piping losses)
- 2.5 **Internal piping losses**
Internal piping losses
- 2.6 **External piping losses**
External piping losses
- 3.1 **Tank losses**
Heat losses via surface area
- 3.2 **Circulation losses**
Circulation piping losses
- 3.4 **Tank to space-heating**
Heat from tank to HT/LT heating. For tanks with circulation, there is a solar contribution and a contribution from the water mixed into the tank.
- 6 **Final energy**
Final energy supply to system. This can be from natural gas, oil or electricity (not including solar energy) and takes efficiency into account.
- 6.1 **Supplementary energy to tank**
Supplementary energy (e.g. boiler) to tank
- 6.4 **Supplementary energy to space-heating**
Supplementary energy (e.g. boiler) to HT/LT heating
- 9 **DHW energy from tank**
Heat from tank (excluding circulation) for DHW consumption
- 10.1 **Heat to HT heating**
Heat to high-temperature heating
- 10.2 **Heat to LT heating**
Heat to low-temperature heating
- 11 **Swimming pool irradiation**
Energy irradiated onto swimming pool
- 11.2 **Swimming pool losses**
Swimming pool losses, i.e. evaporation, radiation and heat conduction

Results of annual simulation

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Savings Electricity in MWh												
3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1
CO2 emissions avoided in kg												
2.277	70	106	153	160	314	302	320	301	230	153	98	71
Total solar fraction in %												
40	12	21	39	63	58	72	81	86	79	78	29	14
DHW solar fraction in %												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Heating solar fraction in %												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
System efficiency in %												
38	26	30	31	30	50	46	47	47	42	31	29	26
Energy swimming pool solar system in MWh												
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0
Swimming pool solar fraction in %												
100	0,0	0,0	0,0	0,0	100	100	100	100	100	0,0	0,0	0,0

Results of annual simulation

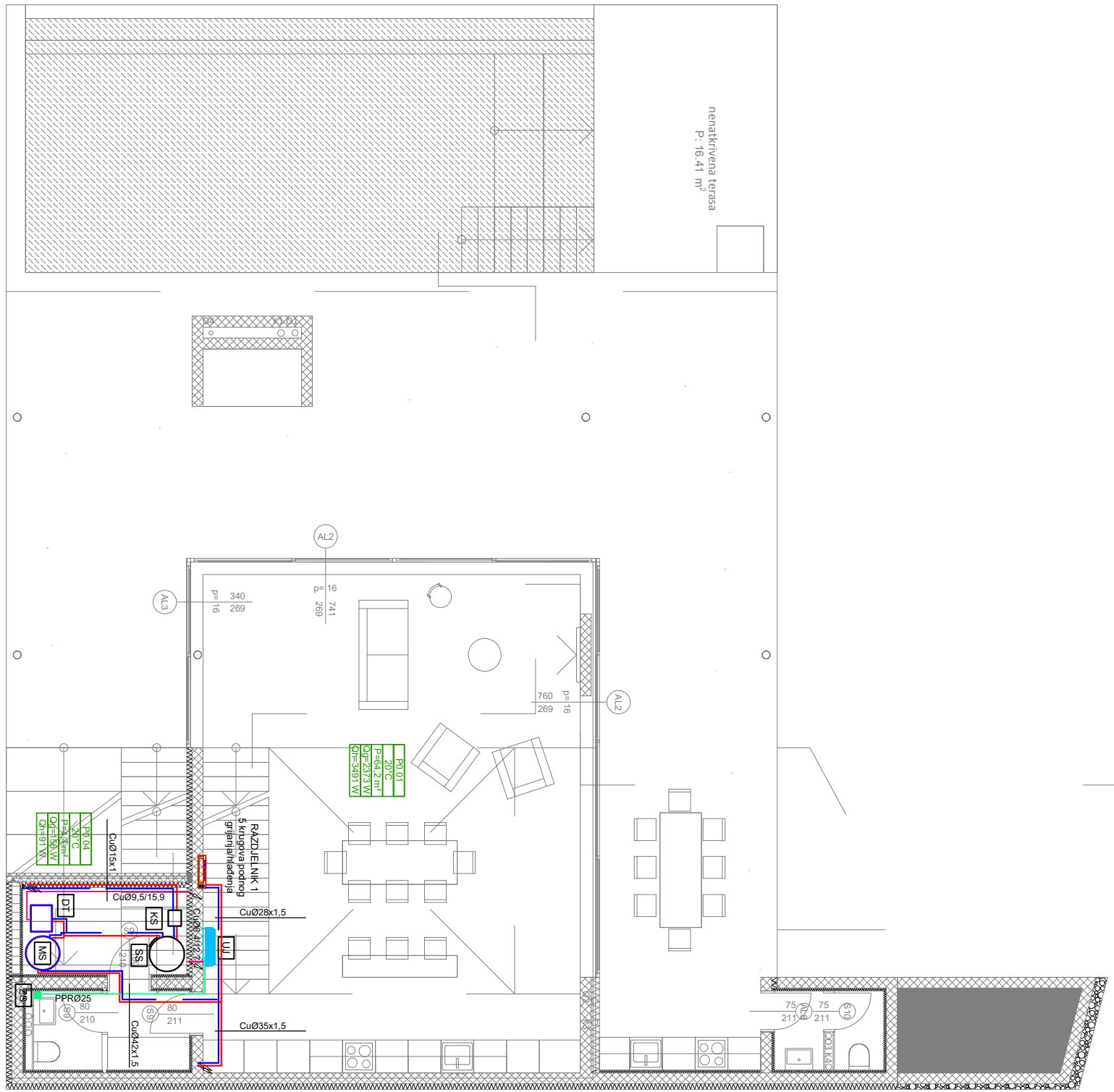
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Energy: Aux heating in MWh												
8	2	1	0,9	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,9	2
Solar contribution to combination tank in MWh												
5	0,3	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3
Energy from boiler to tank in MWh												
4	0,8	0,6	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,8
Boiler energy to heating in MWh												
4	1	0,8	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9
Global radiation - horizontal in kWh/m²												
1.578	53	75	121	153	198	213	216	189	143	106	62	48
Wind speed in m/s												
4	4	4	5	4	4	3	3	3	4	4	5	5
DHW heating energy supply in MWh												
5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
DHW heating energy requirement in MWh												
5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
Circulation losses in kWh												
1.441	116	104	118	119	120	126	133	134	120	123	111	116
DHW temperature in °C												
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Preset DHW consumption in m³												
146	14	13	13	12	11	11	10	11	11	13	12	14
DHW - consumption in m³												
94	10	9	9	8	7	7	6	7	7	8	8	10
Heating energy requirement in MWh												
6	1	1	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	1
Energy from collector loop in MWh												
9	0,3	0,4	0,6	0,6	1	1	1	1	0,9	0,6	0,4	0,3
Collector loop output to tank in MWh												
5	0,3	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3
Collector loop output to swimming pool in MWh												
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0
Collector loop efficiency in %												
38	26	30	31	30	50	46	47	47	42	31	29	26

Results of annual simulation

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Specific global radiation onto inclined surface area in kWh/m ²												
1.844	85	111	153	169	196	203	210	200	172	155	105	84
Spec. global radiation onto inclined, shaded surface in kWh/m ²												
1.844	85	111	153	169	196	203	210	200	172	155	105	84
Irradiation onto gross surface area -unshaded- in MWh												
22	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	1	1
Irradiation onto gross surface area in MWh												
22	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	1	1
Irradiation onto active solar surface area -unshaded- in MWh												
22	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	1	1
Irradiation onto active surface area in MWh												
22	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	1	1
Optical losses in MWh												
8	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3
Losses - external piping in kWh												
67	5	5	7	8	4	5	5	5	6	7	5	5
Losses - internal piping in kWh												
670	28	35	54	69	48	72	82	82	63	69	40	29
Thermal collector losses in MWh												
5	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4
Pumpenenergie in kWh												
308	16	18	24	23	35	36	37	36	29	23	18	16
Transferred energy in MWh												
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0
Primary loop inlet temperature in °C												
38	0,0	0,0	0,0	0,0	35	38	40	40	38	0,0	0,0	0,0
Primary loop return temperature in °C												
31	0,0	0,0	0,0	0,0	27	31	33	33	30	0,0	0,0	0,0
Secondary return temperature in °C												
27	0,0	0,0	0,0	0,0	24	27	29	29	27	0,0	0,0	0,0
Secondary loop inlet temperature in °C												
35	0,0	0,0	0,0	0,0	32	35	37	37	35	0,0	0,0	0,0
Primary loop heat flow in W/K												
45	0,0	0,0	0,0	0,0	133	117	120	103	66	0,0	0,0	0,0

Results of annual simulation

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Secondary loop heat flow in W/K												
44	0,0	0,0	0,0	0,0	130	114	118	100	65	0,0	0,0	0,0
Tank losses in kWh												
1.557	97	93	119	134	137	149	162	164	144	146	112	101
Change in internal energy in kWh												
-3,1	0,2	4	12	-12,1	3	7	18	-17,9	1	-5,8	-11,1	-1,1
Heating return increase energy in kWh												
1.962	395	385	331	181	7	0,0	0,0	0,0	0,0	45	254	366
Energy from boiler in MWh												
8	2	1	0,9	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,9	2
Primary energy equivalent in MWh												
3	0,8	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,7
Consumption Electricity in MWh												
3	0,8	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,7
High temperature space-heating loop energy in kWh												
1.719	440	368	231	89	3	0,0	0,0	0,0	0,0	22	189	377
Low temperature space-heating loop energy in MWh												
4	1	0,9	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,9
Operating temperature in °C												
29	0,0	0,0	0,0	0,0	25	28	30	30	27	0,0	0,0	0,0
Total losses in MWh												
30	0,7	1	2	3	3	4	4	4	4	2	2	0,8
Change of energy content (pool) in kWh												
-91,4	86	98	297	-86,9	837	85	232	-33,2	-800,1	-130,8	-555,2	-121,4
Radiation gains in MWh												
27	0,8	1	2	3	3	4	4	3	2	2	1,0	0,7



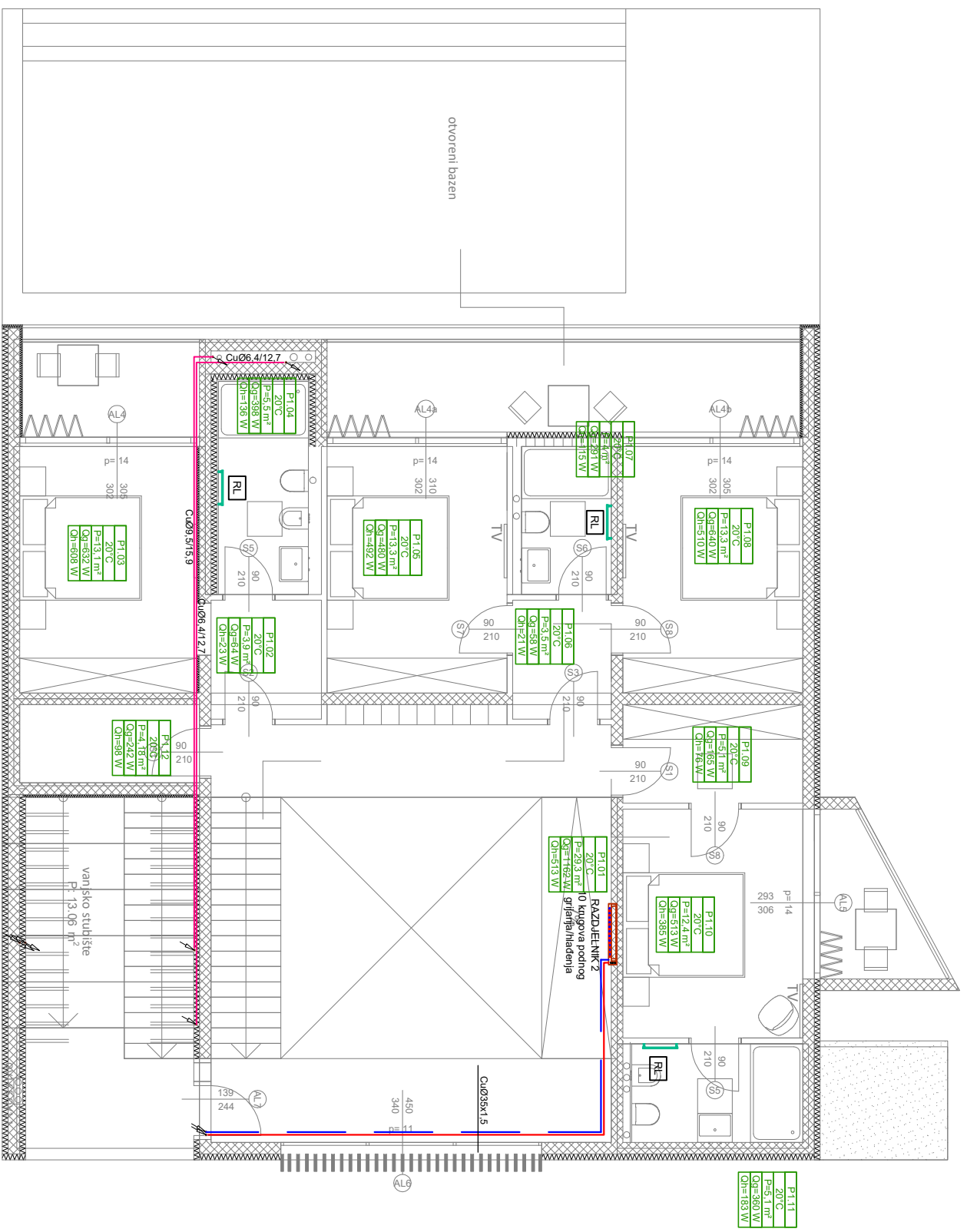
P002	20°C	P=2.7m²	QH=113.3W
P001	20°C	P=2.7m²	QH=113.3W
P003	20°C	P=2.7m²	QH=113.3W

P002	20°C	P=2.7m²	QH=113.3W
P001	20°C	P=2.7m²	QH=113.3W
P003	20°C	P=2.7m²	QH=113.3W

- LEGENDA:**
- GRIJANJE:**
- DT - Compress 6000 AWE 13-17, proizvod kao Bosch
Dizalica topline zrak-voda
Og=13.12kW, QH=8.86kW
Dimenzije (VxDxŠ): 700x386x485
Težina: 35 kg
- MS - AT500, proizvod kao Bosch
Niskotlačni međuspremnik tehničke vode
Vapn=500
dimenzije (VxD): 1677xØ624 mm
- SS - Lugalux kombinirani spremnik PL750/2S,
proizvod kao Buderus
Dimenzije (ØxV) = 1000/800x1920 mm
- KS - kompletna stanica solarnog sustava
Logasol (KS0105), proizvod kao Buderus
Dimenzije (VxDxŠ): 355x235x290 mm
Težina: 7.1 kg
- HLADNJE:**
- U - Parapetna klima jedinica
FYXM-50F, proizvod kao Daikin
QH=5 kW
Dimenzije (VxŠxD)= 600x700x210mm
Radna var: R32
- ZS - Zidni sifon DN32
- Napomena:**
- odvod kondenzata iz uređajla vodi u min. prirodnom padu od 1% PPR cijevima do najbližeg odvoda ili vertikalne nepovoljnijim putem, a na odvod se spaja preko sifona sa zaštitom od povrata neugodnih mirisa.
- freonski razvod u vanjskom prostoru, dodatno se izdirla mineralnom vunom u aluminijskim platu

Objekt:	Tloct prizemlja - grijanje i hlađenje	
Mjerilo:	M1:100	
Projektrao	Ime i prezime	Potpis
Razradio	Marija Mikišićka	
Crtao	Marija Mikišićka	
Pregledao		
Objekt:	Mjerilo:	M1:100
Tloct prizemlja - grijanje i hlađenje	List broji:	1





LEGENDA:
 GRUPLANJE:
 RL - Električna dekorativna lustrica
 DL - Delica electric 1100x600 mm
 Proizvod kao Vogel&noet
 Qg=400W

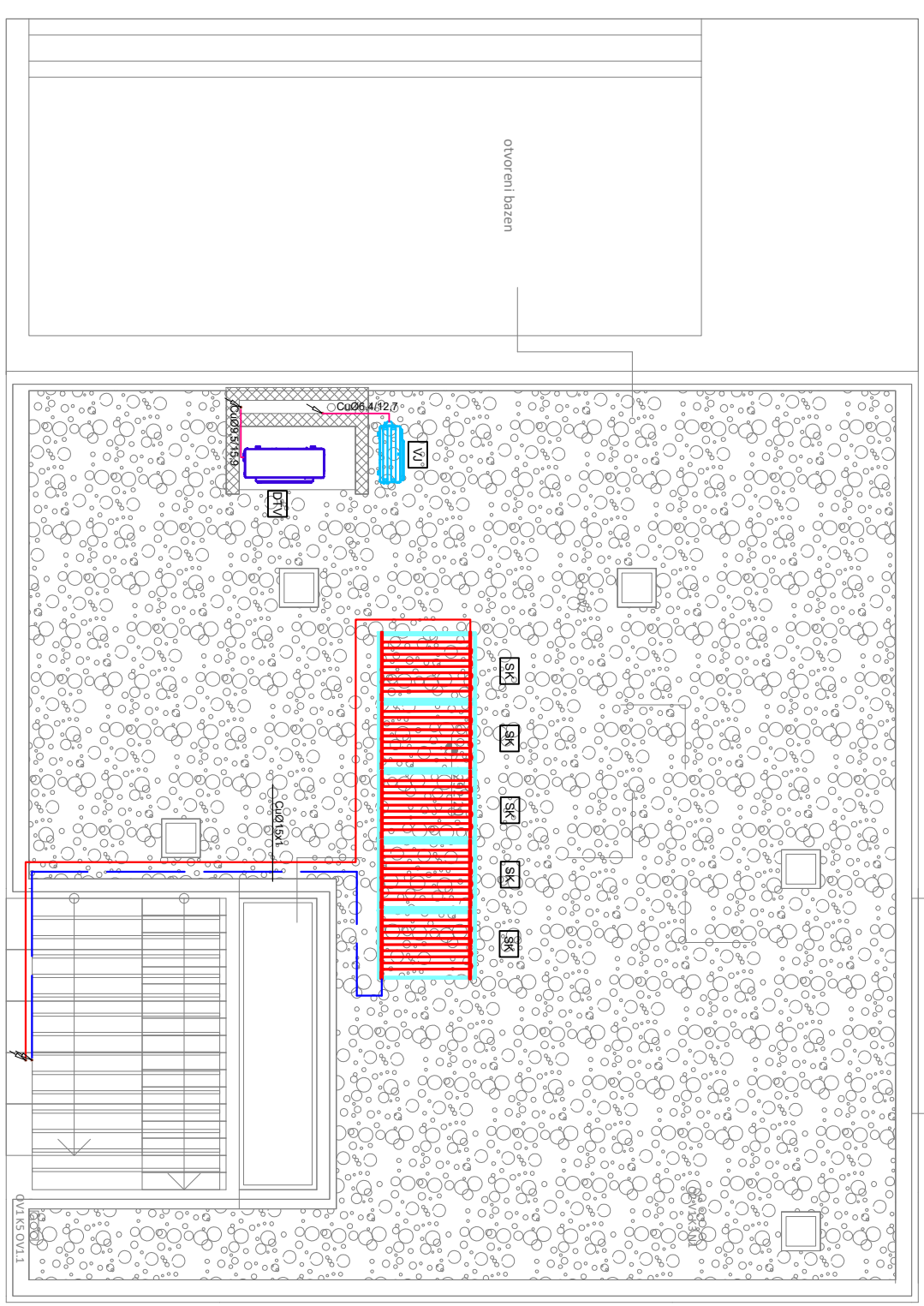
Napomena:
 - freonski razvod u vanjskom prostoru, dodatno se izolira mineralnom vunom u aluminjskim plaštu

1
 2

Projektitrao	Datum	Ime i prezime	Potpis
Razradio		Marija Mikloška	
Crtao		Marija Mikloška	
Pregledao			

Objekt:	Mjerilo:
Tloort kata - grijanje i hlađenje	M1:100
	List broji:
	2





A

LEGENDA:

GRILANJE:

SK - Pločasti solarni kolektor Logasol SKN 3.0-s
Proizvođ kao Buderus
Površina: 2,26 m²
Dimenzije (VxDxŠ): 2070x1145x90 mm
Težina: 41 kg

DTV - Vanjska jedinica dizalice topline
zrak - voda,
Compress 6000 AW-13s
Proizvođ kao Bosch

Qg=13,12 kW, QH=11,12 kW
Dimenzije (VxDxŠ): 1695x545x1122 mm
Težina: 154 kg

HLADENJE:

VU - Vanjska klima jedinica u monospilit izvedbi,
RXM50N9, proizvođ kao Daikin
QH=5 KW
Dimenzije (VxDxŠ): 735x625x300 mm
Radna tvar: R32
Težina: 47 kg

Napomena:

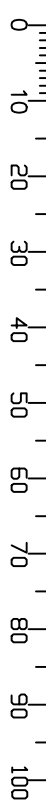
- freonski razvođ u vanjskom prostoru, dodatno se izolira mineralnom vunom u aluminjskim plaštima

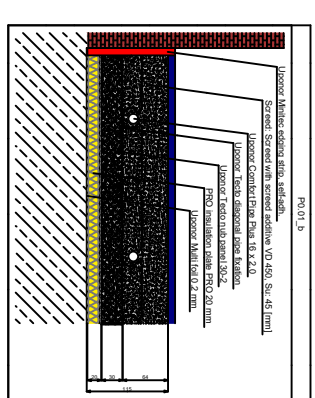
1
2

Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektitrao	Matija Mikićoška	
Razradio	Matija Mikićoška	
Crtao	Matija Mikićoška	
Pregledao		



Objekt:	M1:100
Tloct krova - grijanje i hlađenje	3





P0.01 +20 °C
Qreq.: 2373 W

UPONOR

Model: R1
 H = 300 (mm)
 G = 4077 (mm)
 Δp = 237,4 (kPa)
 Δp = 1480 (Pa)

No.	Ime i prezime	L	A	VA	G	Δp (Pa)	Δp (kPa)
1	P0.01 a	106,4	4,3	150	1032,4	1,22	0,20
2	P0.01 b	112,4	15,2	150	110,2	1,22	0,20
3	P0.01 c	102,1	13,8	150	100,0	0,84	0,15
4	P0.01 d	80,7	12,7	150	89,4	0,84	0,15

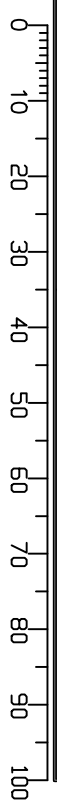
P0.02 +20 °C
Qreq.: 48 W

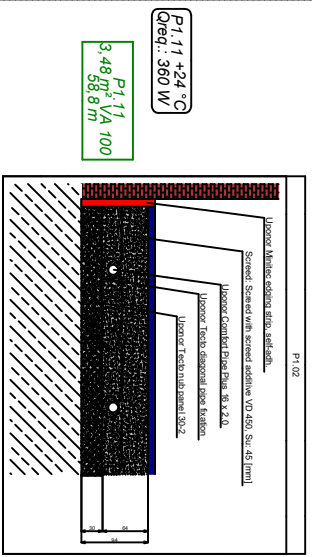
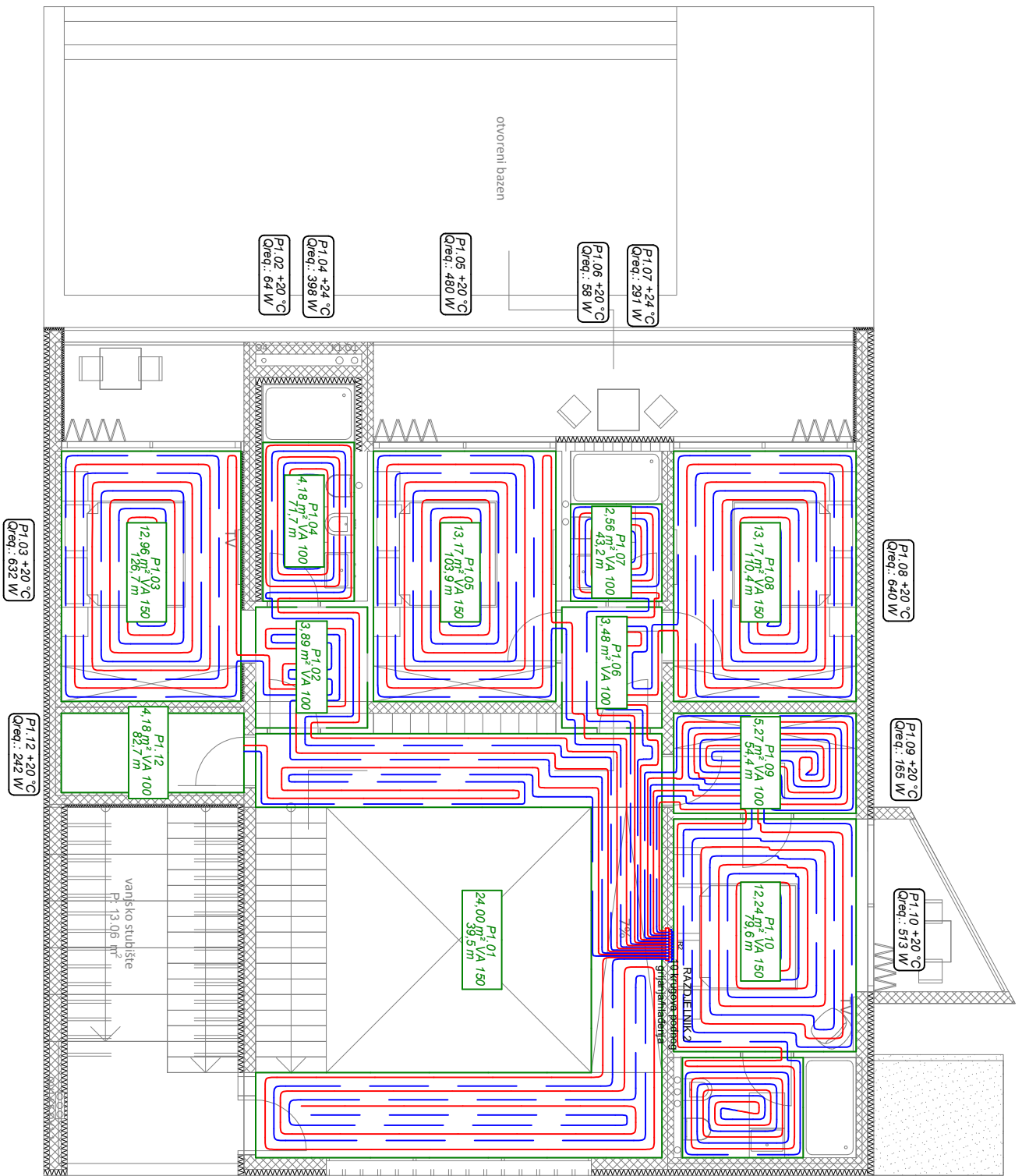
P0.03 +20 °C
Qreq.: 99 W

Datum	Ime i prezime	Polpis
Projektirao	Marija Mikićka	
Razradio	Marija Mikićka	
Crtao	Marija Mikićka	
Pregledao		

Objekt: Mjerilo: M1:100

Tloct prizemlja - Podno grijanje i hlađenje List broj: 4





UPONOR

Standard 82
Type: Usonor Vico S rounded fin
h = 38.0 (C)
p = 318.0 (C)
s = 10.0 (C)
d = 22.0 (C)
d_{ext} = 23.0 (C)
d_{int} = 22.0 (C)
d_{ext} = 23.0 (C)

No.	To	From	Unit	L	A	VA	G	Start (S)	End (E)
P1.11	54.8	3.5	100	7.8	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
P1.10	54.4	5.3	100	51.6	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
4 P1.08	110.4	13.2	150	15.7	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
5 P1.07	43.2	2.5	100	54.6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
6 P1.05	103.9	13.2	150	80.7	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
P1.04	79.7	4.2	100	34.1	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
8 P1.12	82.7	100	123.8	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
10 P1.01	38.5	24.0	150	47.1	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19

P1.01 +20 °C
Q_{req.}: 1162 W

P1.11 +24 °C
Q_{req.}: 360 W

P1.11
3.48 m² VA 100

Objekt:	Tloctrt kata - Podno grijanje i hlađenje	
Mjerilo:	M1:100	
List broji:	5	
Datum	Ime i prezime	Polpis
Projektirao	Marija Mikloška	
Razradio	Marija Mikloška	
Crtao	Marija Mikloška	
Pregledao		



1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

D

E

F

