

Projekt grijanja stambene zgrade sustavom s dizalicom topline

Gregorić, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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:235:811489>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Domagoj Gregorić

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
Dr. sc. Igor Balen

Student:
Domagoj Gregorić

Zagreb, 2017

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

Zahvaljujem se mentoru, prof.dr.sc. Igoru Balenu, na stručnim savjetima i pruženoj pomoći pri izradi ovoga rada.

Domagoj Gregorić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske 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: **Domagoj GREGORIĆ** Mat. br.: 0035194217

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PROJEKT GRIJANJA STAMBENE ZGRADE SUSTAVOM S DIZALICOM TOPLINE**

Naslov rada na engleskom jeziku: **DESIGN OF HEATING SYSTEM WITH HEAT PUMP FOR RESIDENTIAL BUILDING**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati sustav grijanja za potrebe višestambene zgrade s 5 stanova površine 300 m² na 3 etaže (Pr+1K+2K), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Rad uključuje proračun potrebne toplinske energije za grijanje tijekom jedne godine uz određivanje energetskog razreda zgrade prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju.

Za potrebe grijanja treba predvidjeti niskotemperaturni sustav s dizalicom topline tlo-voda i s podnim grijanjem temperaturnog režima 35/30 °C. Predvidjeti sustav mjerenja potrošnje toplinske energije za svaku vlasničku cjelinu.

Potrebno je riješiti pripremu potrošne tople vode u izvedbi akumulacijskog sustava, pri čemu treba koristiti instalaciju sa sunčevim kolektorima. Zgrada se nalazi na području grada Zagreba.

Na raspolaganju su energetski izvori:

- elektro-priključak 220/380V; 50Hz
- vodovodni priključak tlaka 5 bar

Rad treba sadržavati:

- prikaz sustava grijanja za stambene zgrade s osnovnim shemama
- toplinsku bilancu za zimsko razdoblje
- godišnju toplinsku bilancu potrebne energije za grijanje
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme
- tehnički opis sustava
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu automatske regulacije za potpuno automatski rad postrojenja
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.


U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
30. studenog 2016.


Rok predaje rada:
1. rok: 24. veljače 2017.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2017.
3. rok: 22. rujna 2017.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 27.2. - 03.03. 2017.
2. rok (izvanredni): 30. 06. 2017.
3. rok: 25.9. - 29. 09. 2017.

Zadatak zadao:


Prof. dr. sc. Igor Balen

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ	Error! Bookmark not defined.
POPIS SLIKA	3
POPIS TABLICA	4
POPIS OZNAKA	5
SAŽETAK	6
1. SUSTAVI GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA	7
1.1. TOPLINSKI GUBIC	7
1.2. SUSTAVI GRIJANJA	9
1.2.1. Ogrjevna tijela	10
1.2.2. Dizalice topline	11
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE	14
2.1. PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA	14
2.2. GODIŠNJA POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE	16
2.2.1. Pregled osnovnih formula algoritma	16
2.2.2. Rezultati proačuna	19
3. DIMENZIONIRANJE POVRŠINSKOG GRIJANJA	20
3.1. PODNO GRIJANJE	20
3.2. ZIDNO GRIJANJE	20
4. ODABIR DIZALICE TOPLINE	26
5. DIMENZIONIRANJE VODORAVNOG KOLEKTORSKOG POLJA U TLU	27
6. DIMENZIONIRANJE SPREMNIKA PTV-a I SOLARNIH KOLEKTORA	30
7. DIMENZIONIRANJE I ODABIR KOMPONENATA SUSTAVA	32
7.1. MEĐUSPREMNIK	32
7.2. DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA KRUGA KOLEKTO-RA U TLU ...	33
7.3. DIMENZIONIRANJE CIJEVI MEĐUKRUGA	34
7.4. DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA KRUGA POVRŠINSKOG GRIJANJA	34
7.5. DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA SOLARNOG KRUGA	35
7.6. DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA KRUGA PTV-a	36
7.7. DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE MEĐUKRUGA I KRUGA GRIJANJA	37
7.8. DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE KRUGA PTV-a	38
7.9. DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE SOLARNOG SUSTAVA	39

7.10. DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE GEOTERMALNOG KOLEKTORA.....	40
8. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA.....	41
8.1. GRIJANJE.....	41
8.1. POTROŠNA TOPLA VODA.....	42
9. ZAKLJUČAK.....	44
LITERATURA.....	45
PRILOZI.....	45

POPIS SLIKA

- Slika 1. Transmisijski toplinski gubici
- Slika 2. Primjer centralnog grijanja
- Slika 3. Temperaturni profil različitih vrsta grijanja po visini prostora:
a) idealno, b) podno, c) stropno
- Slika 4. Primjer zidnog i podnog grijanja
- Slika 5. Princip dizalice topline (ljevokretnog procesa)
- Slika 6. Primjer podzemnih toplinskih kolektora i sondi
- Slika 7. Mjesečna potreba toplinske energije za grijanje
- Slika 8. 'Uponor Tecto' ploča za pozicioniranje
- Slika 9. Postavljanje 'Uponor Minitec' sustava zidnog grijanja
- Slika 10. razdjelnik „Uponor Vario Plus“
- Slika 11. Podžbukni ormarić "UHF2"
- Slika 12. "RAUGEO CLICK razdjelnik"
- Slika 13. "RAUGEO razdjelni šaht"
- Slika 14. Preporuka za potrošnju PTV-a
- Slika 15. Omjer potrebne i isporučene sunčeve energije po mjesecima
- Slika 16. Prikaz radne točke pumpe kruga izvora topline
- Slika 17. Prikaz radne točke pumpe kruga zgrade
- Slika 14. Preporuka za potrošnju PTV-a
- Slika 15. Omjer potrebne i isporučene sunčeve energije po mjesecima
- Slika 16. Prikaz radne točke pumpe kruga izvora topline
- Slika 17. Prikaz radne točke pumpe kruga zgrade
- Slika 18. Solarna stanica 'Solar Divicon PS10'
- Slika 19. Prikaz radne točke pumpe kruga PTV-a
- Slika 20. ekspanzijska posuda "IMERA RV50"
- Slika 21. Ekspanzijska posuda "IMERA R12"
- Slika 22. Ekspanzijska posuda solarnog kruga ELBI 50L

POPIS TABLICA

Tablica 1. Unutarnje projektne temperature

Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline

Tablica 3. Pregled toplinskih gubitaka po prostorima i stanovima

Tablica 4. Ulazni podaci

Tablica 5. Proračun podnog i zidnog grijanja

Tablica 6. Instalirana snaga površinskog grijanja

Tablica 7. Tehničke karakteristike dizalice "Vitocal 300-G BWC 301.B17"

Tablica 8. Tehnički podaci spremnika "VITOCCELL 100-B_CVB"

Tablica 9. Tehnički podaci odabranog kolektora

Tablica 10. Tehničke karakteristike međuspremnika "allSTOR VPS 500/2"

Tablica 11. Pad tlaka kruga izvora topline

Tablica 12. Pad tlaka međukruga

Tablica 13. Pad tlaka za krug zgrade

Tablica 14. Pad tlaka za krug PTV-a

POPIS OZNAKA

OZNAKA	JEDINICA	OPIS
θ_i	°C	unutarnja projektna temperatura
Q_{tr}	W	transmisijski toplinski gubici
Q_v	W	ventilacijski toplinski gubici
Q_{uk}	W	ukupni projektni toplinski gubici
Q_p	W	toplinski gubici kroz pod
Q_z	W	toplinski gubici kroz grijaču površinu zida
Q_{inst}	W	ukupna instalirana snaga
Φ_{DT}	W	toplinski učin dizalice topline
ϵ_{DT}	-	faktor grijanja dizalice topline
q_{tlo}	W/m ²	specifično površinsko odavanje topline tla
$A_{zem,kol,uk}$	m ²	ukupne površine zemljišta
L_{uk}	m	ukupna duljina cijevi kolektorskog polja
L_{SP}	m	ukupna duljina spojnih cijevi između petlji i razdjelne komore
L_{PU}	m	ukupna duljina cijevi koje se priključuju na dizalicu topline
V'_p	L/m	specifični volumen medija u cijevnim petljama
V'_{SP}	L/m	specifični volumen medija u spojnim cijevima
V'_{PU}	L/m	specifični volumen u priključnim cijevima dizalice topline
V_{RK}	L	ukupni volumen posrednog medija u razdjelnim komorama
V_{DT}	L	volumen posrednog medija u dizalici topline
$\Delta p'_{pet}$	Pa/m	specifični pad tlaka za cijevne petlje
$\Delta p'_{sp}$	Pa/m	specifični pad tlaka za spojne cijevi
V_{smin}	L	minimalni volumen spremnika za dnevnu potrošnju tople vode
V_p	L/dan	pretpostavljena dnevna potrošnja
t_{TW}	°C	temperatura tople vode
t_{HW}	°C	temperatura hladne vode
t_s	°C	temperatura tople vode u spremniku
$V_{n,min}$	L	minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude
V_e	L	volumen širenja vode uslijed povišenja temperature
V_A	L	volumen vode u instalaciji
V_V	L	dodatni volumen (zaliha)
p_e	bar	krajnji projektni tlak
p_o	bar	primarni tlak punjenja ekspanzijske posude
Δp	kPa	ukupni pad tlaka
R	kPa/m	jedinični pad tlaka

SAŽETAK

U sklopu ovog završnog rada projektiran je sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode stambene zgrade na području grada Zagreba. Zgrada se sastoji od 3 etaže te se u njoj nalaze 5 stanova ukupne korisne površine 304,4 m².

Sustav cjelogodišnje koristi dizalicu topline tlo-voda, koja izmjenjuje toplinsku energiju s tлом pomoću horizontalnog kolektorskog polja, odnosno cijevnih petlji koje su u tlu. Kao ogrjevna tijela koriste se petlje površinskog grijanja, podne i zidne. Ukupni toplinski gubici zgrade zimi iznose 12,09 kW a proračun toplinskih gubitaka proveden je prema normi HRN EN 12831. Sustav grijanja se izvodi u niskotemperaturnom režimu vode 38/32 °C.

Za pripremu potrošne tople vode koristi se akumulacijski sustav sa bivalentnim spremnikom koji se zagrijava solarnim kolektorima, uz podršku dizalice topline i električnog grijača. Kolektorsko polje sastoji se od pet serijski spojenih pločastih kolektora ukupne površine 11,6 m² smještenih na ravnom krovu zgrade te orijentiranih prema jugu uz fiksni nagib od 45° od horizontale. Proračun solarnog sustava proveden je prema normi HRN EN 15316-4-3 preuzetj iz „Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama - Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode“

Sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode u potpunosti je opremljen sa svom potrebnom armaturom i regulacijskim elementima za potpuno automatski rad.

U radu je također izračunata i godišnja potrebna energija za grijanje prema HRN EN 13790 na temelju koje je određen energetska razred zgrade prema važećem pravilniku. Ukupna godišnja toplinska energija za grijanje zgrade iznosi 7052 kWh što iznosi 23,17 kWh/m² godišnje te se time zgrada svrstava u energetska razred A.

1. SUSTAVI GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA

1.1. TOPLINSKI GUBICI

Za dimenzioniranje sustava grijanja stambene zgrade potrebno je proračunati toplinske gubitke zgrade. Proračun se provodi prema normi HRN EN 12831 [14]. Osnovni cilj ovog proračuna je određivanje toplinskih gubitaka koji se koriste pri određivanju toplinskog opterećenja zgrade. Proračunom se dobiva potreban toplinski učin za održavanje unutarnje projektne temperature prostorije pri vanjskim projektnim uvjetima. Vanjski projektni uvjeti se uzimaju zavisno o lokaciji objekta. Vanjska projektna temperatura predstavlja najnižu vanjsku temperaturu u zadnjih 20-30 godina u obliku dnevne, dvodnevne ili peterodnevne srednje vrijednosti.

Proračun normiranog toplinskog opterećenja vrši se određivanjem transmisijskih gubitaka topline (tj. izmijenjenog toplinskog toka kroz stijenke prostorije - zid, strop, pod, prozore, vrata, prema susjednim prostorima različite temperature, vanjskom zraku ili zemlji) te ventilacijskih gubitaka topline (izmijenjene topline zbog prisilne ili prirodne ventilacije prostora, te infiltracije kroz fuge prozora i vrata, prema vanjskom okolišu te izmijenjene topline ventilacijom između različitih prostora unutar zgrade).

Transmisijski toplinski gubici (slika 1) i-tog grijanog prostora izračunavaju se prema izrazu:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}]$$

gdje su:

$H_{T,ie}$ - koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora prema okolišu kroz omotač zgrade [W/K]

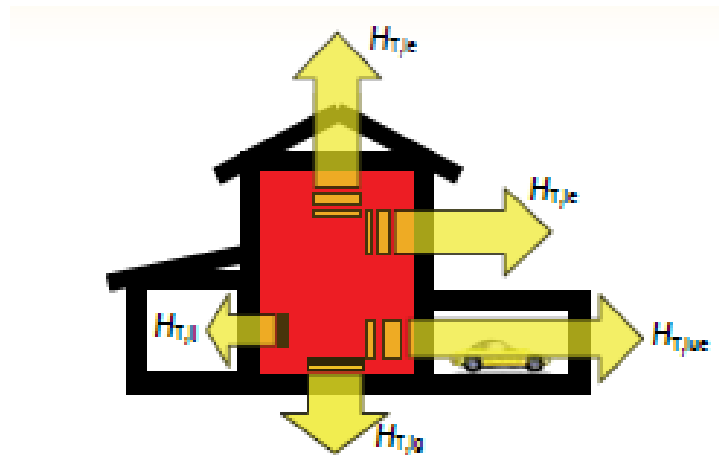
$H_{T,iue}$ - koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora prema okolišu kroz negrijani prostor [W/K]

$H_{T,ig}$ - koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora prema tlu [W/K]

$H_{T,ij}$ - koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora prema susjednom prostoru grijanog na nižu temperaturu [W/K]

$\theta_{int,i}$ - unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C] te

θ_e - vanjska projektna temperatura [°C]



Slika 1. Transmisijski toplinski gubici

Izmijenjeni toplinski tok uslijed ventilacijskih toplinskih gubitaka i -tog grijanog prostora izračunava se prema izrazu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (\text{W})$$

gdje su:

$H_{V,i}$ – projektni koeficijent ventilacijskih gubitaka topline [W/K],

$\theta_{int,i}$ - unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C] te

θ_e - vanjska projektna temperatura [°C]

U slučaju grijanja s prekidima, potrebno je i izračunavanje dodatnog kapaciteta za zagrijavanje prostorije. Ta dodatna toplina za zagrijavanje ovisi o toplinskom kapacitetu elemenata građevine, vremenu zagrijavanja, temperaturnom padu tijekom prekida te svojstvima sustava regulacije. Dodatna toplina za prostore sa prekidom grijanja računa se prema sljedećoj formuli:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [\text{W}]$$

gdje su:

A_i - površina poda grijanog prostora [m²]

f_{RH} - korekcijski faktor ovisan o trajanju prekida grijanja i padu temperature tijekom prekida grijanja [W/m²]

Za grijani prostor ukupno toplinsko opterećenje proračunava se prema izrazu:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}]$$

gdje su:

$\Phi_{T,i}$ - transmisijski toplinski gubici i -tog prostora [W]

$\Phi_{V,i}$ - ventilacijski toplinski gubici i-tog prostora [W] i

$\Phi_{RH,i}$ - dodatni toplinski učin kojim se kompenziraju učinci nekontinuiranog grijanja prostora [W].

Toplinsko opterećenje zgrade jest suma toplinskih opterećenja pojedinih prostora prema izrazu:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \text{ [W]}$$

gdje su:

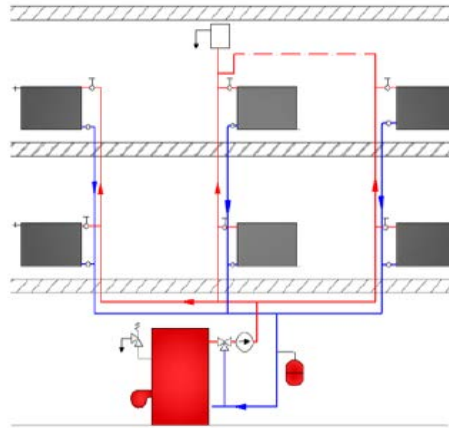
$\sum \Phi_{T,i}$ – suma transmisijskih toplinskih gubitaka svih grijanih prostora isključujući izmjenjenu toplinu unutar zgrade [W]

$\sum \Phi_{V,i}$ – ventilacijski toplinski gubici svih grijanih prostora isključujući izmjenjenu toplinu unutar zgrade [W] i

$\sum \Phi_{RH,i}$ – suma dodatnih toplinskih učina kojima se kompenziraju učinci nekontinuiranog grijanja svih prostora unutar zgrade [W].

1.2. SUSTAVI GRIJANJA

Odabir sustava grijanja ovisi o mnogim faktorima poput vremenskih uvjeta, položaja i tipa zgrade, raspoloživosti izvora energije, investicijskih i pogonskih troškova, zakonima, propisima... Prema izvedbi sustavi grijanja se dijele na [1]: pojedinačne grijače, centralno grijanje, daljinsko grijanje i sustave posebne izvedbe. Prema ogrjevnom mediju sustavi grijanja se dijele na: toplozračne sustave, zračno-vodene sustave, toplovodne/vrelovodne sustave i parne sustave. U ovom projektu koristi se centralni toplovodni sustav grijanja temperaturnog režima 38/32 °C sa dizalicom topline tlo-voda kao toplinskim izvorom. Kod centralnih sustava grijanja izvor topline je smješten na jednom mjestu u građevini, dok su ogrjevna tijela smještena u pojedinačnim prostorijama. Ukoliko centralno grijanje (slika 2) grije samo jednu stambenu jedinicu, riječ je o etažnom grijanju. Prednost sustava centralnog grijanja je jednolika razdioba temperature u prostoru, smanjeno zagađenje okoliša te baratanje gorivom izvan prostora koji se grije. Nedostatak su visoki investicijski i pogonski troškovi uz složenost mjerenja potrošnje toplinske energije ako je veći broj korisnika u zgradi. U sklopu ovog projekta za razvod vode prema potrošačima koristi se dvocjevni sustav cijevnog razvoda što znači da se jedan cjevovod koristi za polaznu a jedan za povratnu cirkulaciju vode.

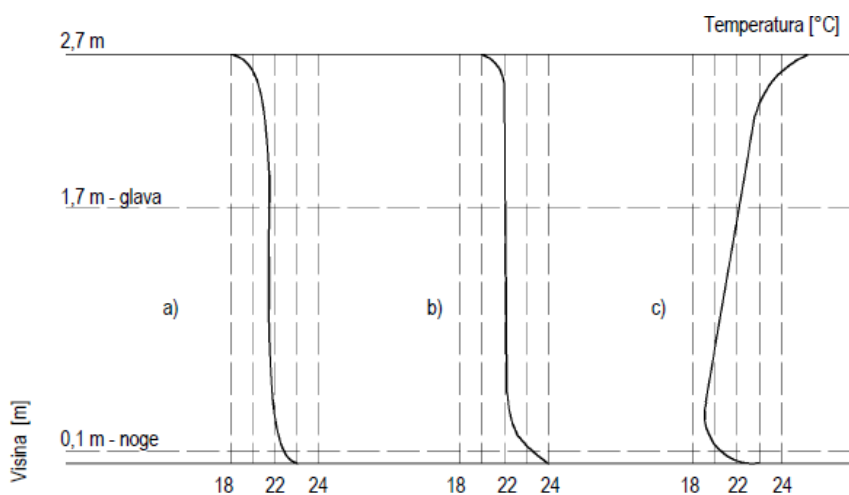


Slika 2. Primjer centralnog grijanja

1.2.1. OGRJEVNA TIJELA

Ogrjevna tijela su elementi sustava grijanja za zagrijavanje prostora odnosno izmjenjivači topline kojima se toplina prenosi s ogrjevnog medija (tople vode) na zrak u prostoru. Na ogrjevna tijela postavljaju se određeni zahtjevi kao što su ravnomjerna razdioba temperature po prostoru, visoka učinkovitost, mala masa i jednostavna ugradnja, niska cijena, jednostavno održavanje te postojanost na visoku temperaturu, tlak i koroziju. U ovom radu koristiti će se površinsko grijanje prostora.

Panelno odnosno površinsko grijanje je sustav grijanja kod kojeg se prijenos topline vrši vodom, koja struji kroz cijevi ugrađene u plohe prostorija: podove, zidove i stropove. Zbog velikih površina za izmjenu topline s prostorijom, temperature kod grijanja mogu biti znatno niže. Osnovni mehanizam izmjene topline za ove sustave je zračenje (60-75%). Prednost površinskog grijanja je ravnomjerna razdioba temperature zraka u prostoru (slika 3), visoka toplinska ugodnost i mogućnost primjene u niskotemperaturnim sustavima grijanja.



Slika 3. Temperaturni profil različitih vrsta grijanja po visini prostora:
a) idealno, b) podno, c) stropno

Vrlo je bitno da razlika temperature između razine glave i razine poda bude manja od 3°C. Najveći nedostaci ovakvih sustava su visoki investicijski troškovi te velik sadržaj vode u sustavu što usporava regulaciju. Primjer površinskog grijanja prikazan je na slici 4.



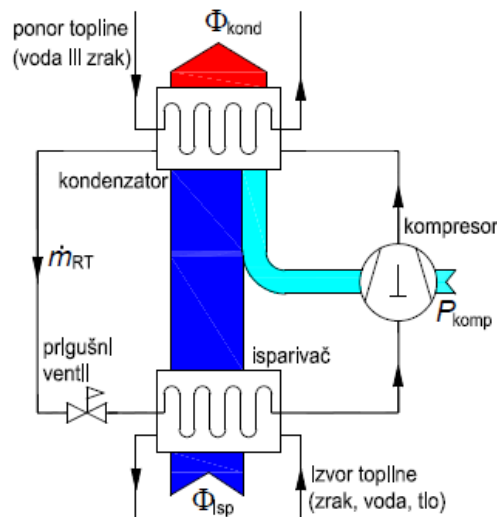
Slika 4. Primjer zidnog i podnog grijanja

1.2.2. DIZALICE TOPLINE

Dizalice topline su uređaji koji omogućavaju prijenos toplinske energije iz toplinskog spremnika niže temperaturne razine u toplinski spremnik više temperaturne razine korištenjem dodatne energije pomoći ljevokretnog kružnog procesa prikladnog radnog medija. Toplinski spremnici različitih temperaturnih razina pri tome su :

- toplinski izvor: prostor ili medij niže temperaturne razine od kojeg se toplina odvodi (tlo, površinske ili podzemne vode, okolni zrak...)
- toplinski ponor: prostor ili medij više temperaturne razine kojem se toplina dovodi (potrošna topla voda, zrak u prostoriji, voda u sustavu grijanja)

Proces rada dizalice topline (slika 5) može se podijeliti u četiri koraka: isparavanje, kompresija, ukapljivanje i ekspanzija. U prvom koraku, u isparivaču se radnoj tvari predaje toplinska energija iz okoliša (tlo/voda/zrak). Radna tvar se zagrijava i prelazi u plinovito stanje. U drugom koraku radna tvar se putem rada kompresora tlači, što rezultira povišenjem temperature radne tvari. U trećem koraku, toplinska energija radne tvari na izlasku iz kompresora se na kondenzatoru predaje vodi u sustavu grijanja. U četvrtom koraku radna tvar cirkulira dalje, prolazi kroz termo-ekspanzijski ventil gdje će uslijed naglog pada tlaka i temperature preći u tekuće stanje.



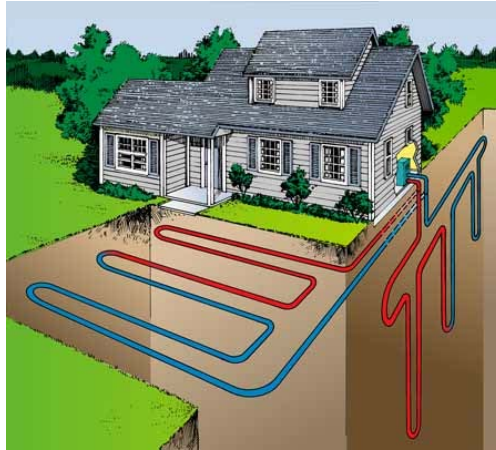
Slika 5. Princip dizalice topline (ljevokretnog procesa)

S obzirom na toplinski izvor, dizalice topline se dijele na tri osnovne skupine:

- dizalice topline tlo-voda: kao toplinski izvor koriste slojeve tla
- dizalice topline voda-voda: kao toplinski izvor koriste podzemne, površinske ili otpadne vode
- dizalice topline zrak-voda i zrak-zrak: kao toplinski izvor koriste okolni, istrošeni, otpadni ili onečišćeni zrak

Kako će u ovom radu biti korištena dizalica topline koja koristi tlo, detaljnije će se pojasniti takav tip.

Osnovna značajka tla kao toplinskog izvora je sposobnost pohrane toplinske energije cijele godine, što omogućava njegovo iskorištavanje također cijele godine. Izmjena topline ovisi o njegovom koeficijentu toplinske vodljivosti, gustoći i sastavu te specifičnom odavanju topline. Tlo ima stabilne temperature tokom cijele godine (5 do 14°C po dubini) i uglavnom je hladnije od vanjskog zraka u sezoni hlađenja a toplije od vanjskog zraka u sezoni grijanja. Za iskorištavanje topline tla koriste se dizalice topline tlo-voda. Kako bi se omogućila izmjena topline između tla i posrednog medija dizalice topline koriste se izmjenjivači koji se ukopavaju u tlo. Pri tome postoje dvije osnovne izvedbe izmjenjivača (slika 6): podzemni toplinski kolektori (horizontalna kolektorska polja) i podzemne toplinske sonde (vertikalna izvedba). Podzemni toplinski kolektori služe za izmjenu topline posrednog medija i površinskih slojeva tla do dubine od 2 metra, zahtijevaju niže investicijske troškove ali potrebna im je veća površina za polaganje izmjenjivača topline u tlo. Podzemne toplinske sonde koriste okomite izmjenjivače topline koji se uobičajeno koriste kada veća površina zemljišta nije dostupna. Ova je varijanta skuplja zbog potrebnih bušotina koje se protežu i do 200 metara dubine.



Slika 6. Primjer podzemnih toplinskih kolektora i sonde

Osnovni pokazatelj učinkovitosti rada dizalica topline je faktor grijanja ili toplinski množitelj (COP, eng. coefficient of performance). COP nije konstantan, on se mijenja kroz period korištenja zbog promjene temperature tla. Jednak je omjeru toplinskog učina koji dizalica topline preko kondenzatora predaje prostoru ili mediju koji treba grijati i električne snage elektromotora koji pokreće njezin kompresor.

$$COP = \frac{Q_K}{P_{el}}$$

pri čemu je:

Q_K – toplinski učin kondenzatora, kW

P_{el} – snaga za pogon kompresora, kW

2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE

2.1. PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA

Proračun toplinskih gubitaka proveden je prema normi HRN EN 12831 za stambenu zgradu u gradu Zagrebu. Vanjska projektna temperatura za ovo područje iznosi -15°C . Unutarnje projektne temperature dane su u tablici 1 zavisno o namjeni prostorije koja se proračunava.

namjena prostorije	unutarnja projektna temperatura $^{\circ}\text{C}$
dnevna soba, spavaća soba, kuhinja, zahod	20
kupaona	24
hodnik i pomoćne grijane prostorije	15

Tablica 1. Unutarnje projektne temperature

U ovome projektu koeficijenti prolaza topline nisu bili definirani već su njihove vrijednosti bile pretpostavljene takve da omoguće primjenu površinskog grijanja. Utjecaj toplinskih mostova uzeti će se u obzir povećanjem koeficijenta prolaza topline koji se odnose na zidove, podove i krov za $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$. Takva metoda korekcije koeficijenta prolaska topline građevnih dijelova vanjske ovojnice zgrade nalazi se u "Algoritmu za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prema HRN EN 13790". U tablici 2 su dane njihove odabrane vrijednosti.

Oznaka	Građevni element	koef.prolaza topline U [$\text{W/m}^2\text{K}$]
VZ	vanjski zid	0,2
VP	prozor	1
K	krov	0,18
UV	vrata	2,2
UVH	vrata prema hodniku	1,8
UZ	unutarnji zid	1,2
UZS	unutarnji zid prema stubištu	0,5
MK	međukatna konstrukcija	0,3
P	pod	0,2
ZH	zid prema hodniku	0,3
MKG	pod prema garaži	0,25
ZG	zid prema garaži	0,3

Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline

Za proračun je korišten softver IntegraCAD. Rezultati proračuna za pojedinu prostoriju, stan i cijelu zgradu dani su u tablici 3. Detaljan proračun izrađen u softveru IntegraCAD dan je u prilogu 1.

	prostor	θ_i	Q_{tr}	Q_V	Q_{uk}	A	Q_{uk}/A
-	-	°C	W	W	W	m ²	W/m ²
1_1	dnevni boravak	20	691	565	1256	35,70	35,18
1_2	spavaća soba 1	20	236	172	408	10,90	37,43
1_3	spavaća soba 2	20	143	155	298	9,80	30,41
1_4	kupaona	24	148	84	232	3,50	66,29
1_5	kupaona	24	166	104	270	4,30	62,79
1_6	garderoba	20	59	0	59	3,90	15,13
1_7	spavaća soba 3	20	298	185	483	11,70	41,28
1_8	predsoblje	20	67	139	225	8,80	25,57
Σ	stan 1		1808	1404	3231		
2_1	dnevni boravak	20	658	453	1111	28,60	38,85
2_2	spavaća soba	20	294	179	473	11,30	41,86
2_3	kupaona	24	202	107	309	4,60	67,17
Σ	stan 2		1154	739	1893		
3_1	dnevni boravak	20	672	548	1220	34,60	35,26
3_2	spavaća soba 1	20	309	206	515	13,00	39,62
3_3	spavaća soba 2	20	136	155	291	9,80	29,69
3_4	kupaona	24	181	87	268	3,80	70,53
3_5	WC	20	56	18	74	2,40	30,83
3_6	spavaća soba 3	20	180	128	308	8,10	38,02
3_7	predsoblje	20	66	119	185	7,50	24,67
Σ	stan 3		1600	1261	2861		
4_1	dnevni boravak	20	629	374	1003	23,60	42,50
4_2	spavaća soba	20	288	179	467	11,30	41,33
4_3	kupaona	24	222	107	329	4,60	71,52
Σ	stan 4		1139	660	1799		
5_1	dnevni boravak	20	594	339	933	21,40	43,60
5_2	spavaća soba1	20	265	155	420	9,80	42,86
5_3	kupaona	24	197	87	284	3,80	74,74
5_4	spavaća soba 2	20	67	38	105	2,40	43,75
5_5	spavaća soba 2	20	219	128	347	8,10	42,84
5_6	predsoblje	20	102	119	221	7,50	29,47
Σ	stan 5		1444	866	2310		
Σukupno	zgrada		7145	4930	12094	305	

Tablica 3. Pregled toplinskih gubitaka po prostorima i stanovima

Oznake u tablici 3:

θ_i - unutarnja projektana temperatura , °

Q_{tr} - transmisijski toplinski gubici, W

Q_V - ventilacijski toplinski gubici, W

Q_{uk} - ukupni projektani toplinski gubici, W

A - površina prostorije, m²

Q_{uk}/A - ukupni projektni toplinski gubici svedeni na jedinicu površine prostorije W/m²

2.2. GODIŠNJA POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade. Određuje se prema HRN EN ISO 13790 [3]. Ulazni podaci za proračun su broj dana, broj sati i srednja vanjska temperatura $\theta_{e,m}$ za proračunski period za kontinentalnu Hrvatsku dani u tablici 4. Proračun je proveden prema mjesečnoj metodi.

mjesec	broj dana	vrijeme (h)	$\theta_{e,m}$ (°C)
1	31	744	-0,6
2	28	672	2,2
3	31	744	6,5
4	30	720	11,2
5	31	744	15,9
6	30	720	19,2
7	31	744	21,1
8	31	744	20,1
9	30	720	16,4
10	31	744	11,1
11	30	720	5,6
12	31	744	0,9

Tablica 4. Ulazni podaci

Ostali potrebni podaci su :

- korisna površina zgrade $A_k = 304,4 \text{ m}^2$
- unutarnja postavna temperatura zone za grijanje $\theta_{int,H} = 20^\circ\text{C}$
- specifični unutarnji dobitak $q_{spec} = 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

2.2.1. Pregled osnovnih formula algoritma

Potrebna toplinska energija za grijanje:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol}) \text{ [kWh]}$$

gdje su:

$Q_{H,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh)

$Q_{H,ht}$ - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh)

$\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka

$Q_{H,gn}$ - ukupni toplinski dobitci zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) (kWh)

Q_{Tr} - izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh)

Q_{Ve} - potrebna toplinska energija za ventilaciju za proračunsku zonu (kWh)

Q_{int} - unutarnji toplinski dobitci zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh)

Q_{sol} - toplinski dobitci od Sunčeva zračenja (kWh)

Izmjenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom proračunske zone za promatrani period računa se pomoću koeficijenta toplinske izmjene topline H (W/K):

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} (\theta_{int,H} - \theta_e) t \quad [kWh]$$

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000} (\theta_{int,H} - \theta_e) t \quad [kWh]$$

gdje je :

t -trajanje proračunskog razdoblja (h)

$\theta_{e,m}$ - srednja vanjska temperatura za proračunski period (mjesec) (°C)

Proračunom je dobiveno:

- koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone $H_{Tr} = 203,703 \frac{W}{K}$
- koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone $H_{Ve} = 46,9 \frac{W}{K}$

Unutarnji toplinski dobitci od ljudi i uređaja računaju se za stambene prostore s vrijednošću 5 W/m² korisne površine za stambene prostore:

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_k t}{1000} \quad [kWh]$$

gdje su:

q_{spec} - specifični unutarnji dobitak po m² korisne površine [W/m²]

A_k - korisna površina [m²]

t - proračunsko vrijeme [h]

Solarni toplinski dobici za promatrani vremenski period t:

$$Q_{sol} = \left[\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right] t + \left[\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right] t \quad [\text{kWh}]$$

gdje su:

$\Phi_{sol,mn,k}$ - srednji toplinski tok od sunčeva izvora kroz k-ti građevni dio u grijani prostor (W)

$\Phi_{sol,mn,u,l}$ - srednji toplinski tok od sunčeva izvora kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (W)

$b_{tr,l}$ - faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l

Srednji toplinski tok od sunčeva zračenja kroz građevni dio zgrade k:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob} I_{S,k} A_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k} \quad [W]$$

gdje su:

$F_{sh,ob}$ - faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja

$I_{S,k}$ - srednji toplinski tok od sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela k za mjesečni proračun (W/m^2)

$A_{sol,k}$ - efektivna površina otvora k na koju upada sunčevo zračenje (m^2)

$F_{r,k}$ - faktor oblika između otvora k i neba

$\Phi_{r,k}$ - toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu (W)

- faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - y_H^{a_H}}{1 - y_H^{a_H+1}} \quad \text{za } y_H > 0 \text{ i } y_H \neq 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad \text{za } y_H = 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{y_H} \quad \text{za } y_H < 1$$

gdje su:

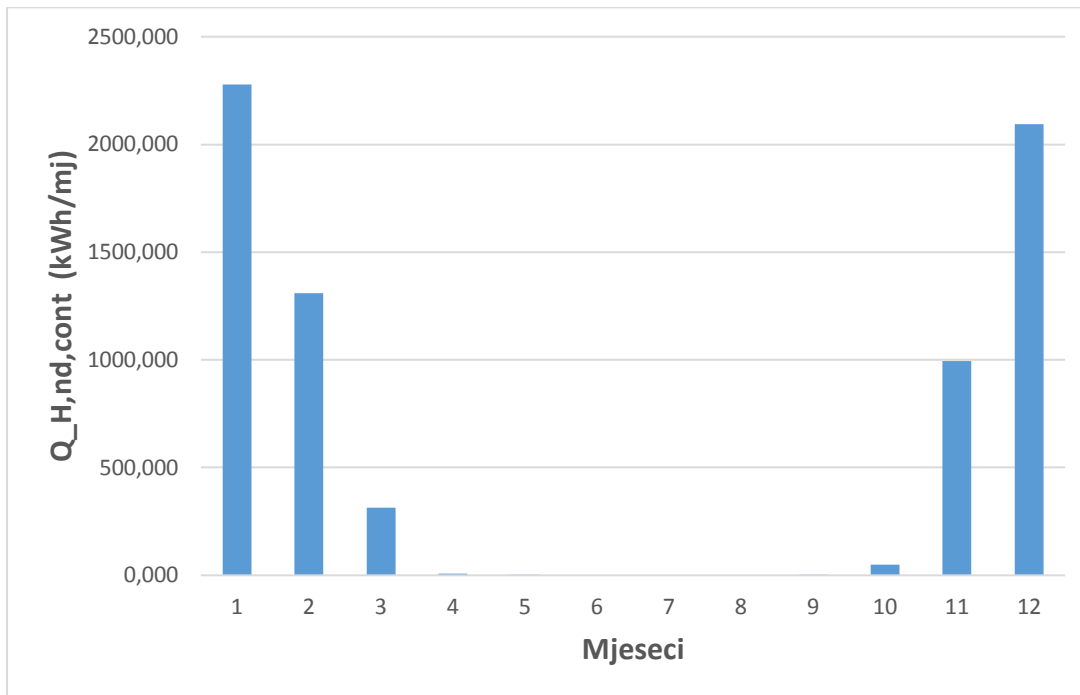
a_H – bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ

y_H – omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmjenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja

$$y_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

2.2.2. Rezultati proračuna

Proračun je proveden u MS Excelu i dobivene su mjesečne vrijednosti potrebne toplinske energije za grijanje.



Slika 7. Mjesečna potreba toplinske energije za grijanje

Godišnja vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje proračunske zone izračunava se kao suma pozitivnih mjesečnih vrijednosti te iznosi 7051,953 kWh/a.

Zahtijevana vrijednost godišnje potrebne toplinske energije za grijanje stambene zgrade, svedena na jedinicu korisne površine iznosi 23,167 kWh/m²a.

Prema važećem pravilniku o energetske pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada ova stambena zgrada spada u energetski razred A.

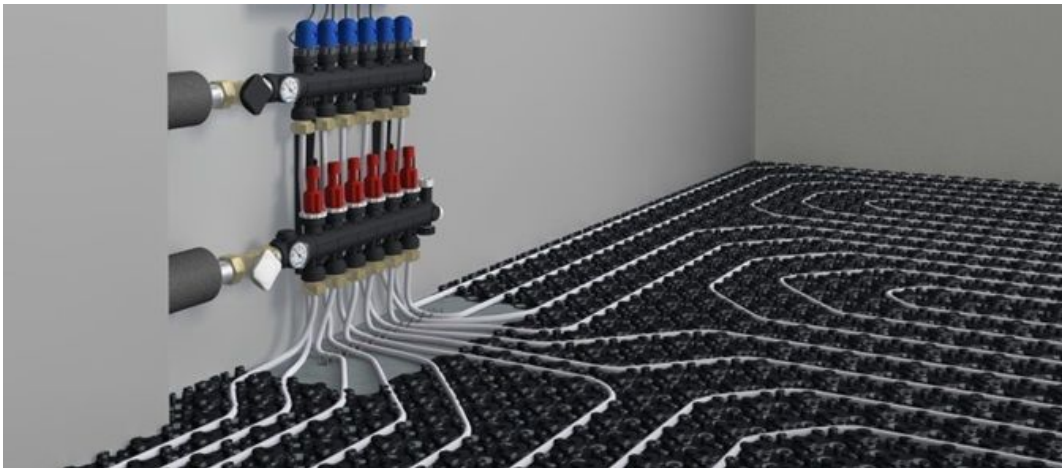
Detaljan proračun proveden u Excelu dan je u prilogu 2.

3. DIMENZIONIRANJE POVRŠINSKOG GRIJANJA

3.1. PODNO GRIJANJE

U ovom projektu sustav površinskog grijanja izveden je u niskotemperaturnom režimu vode 38/32°C tako da je u svim prostorima korišteno podno grijanje, dok je u kupaonicama korišteno i zidno grijanje da bi se zadovoljila potreba za toplinom. Na temelju proračunatih toplinskih gubitaka za svaku prostoriju predmetne građevine izrađen je proračun podnog i zidnog razvoda grijanja. Proračun je izrađen u programskom paketu 'Uponor HSE-Therm' prema normi HRN EN 1264-dio 1,2,3,4.

Za sustav podnog grijanja odabrane su polimerne PE-Xa cijevi promjera $\varnothing 16 \times 1,8$ mm koje će biti pozicionirane pomoću 'Uponor Tecto ND 30-2' ploče (slika 8) (izvedba u mokrom cementnom estrihu) koja služi kao toplinska i zvučna izolacija. Kao način polaganja odabran je jednocjevni spiralni razvod zbog ravnomjernije raspodjele toplinskog toka kroz podnu konstrukciju. Toplinski učin ovisi o temperaturnom režimu medija, razmaku polaganja cijevi, otporu podne obloge i temperaturi zraka u prostoriji. Maksimalno dopuštena duljina pojedine petlje je 120 metara, zbog održavanja pada tlaka unutar zadovoljavajućih vrijednosti, dok je sam pad tlaka ograničen na 25 kPa. Minimalni razmak između cijevi iznosi 10 cm.



Slika 8. 'Uponor Tecto' ploča za pozicioniranje

3.2. ZIDNO GRIJANJE

U cijeloj zgradi ima sveukupno 6 petlji zidnog grijanja i postavljene su u kupaonicama u svim stanovima jer samo podno grijanje nije dovoljno za pokrivanje toplinskih gubitaka u ovim prostorijama. Jedno od mogućih rješenja za kupaonice bili su kupaonski radijatori ali u temperaturnom režimu vode 38/32°C oni ne bi davali dovoljan toplinski učin. Za zidno grijanje odabrane su 'Uponor Minitec Comfort' (slika 9) cijevi promjera $\varnothing 9,9 \times 1,1$ mm.

Rezultati proračuna podnog i zidnog površinskog grijanja su prikazani u nastavku u tablici 5.

U tablici 6 prikazana je instalirana snaga površinskog grijanja.



Slika 9. Postavljanje 'Uponor Minitec' sustava zidnog grijanja

Pr	Kr	A _{kr}	T	L	q _m	v	Q _{kr,p}	Q _{kr,z}	Δp	R
-	-	m ²	cm	m	kg/h	m/s	W	W	kPa	kPa/m
Stan 1										
1.1	S 1.1	4,04	25	20,9	37,1	0,085	211	0	0,3	0,014
	S 1.1 _b	13,24	25	40,4	72,1	0,166	523	0	2,11	0,052
	S 1.1 _a	14,21	25	64,4	118,2	0,272	573	0	7,95	0,123
1.2	S 1.2	10,91	25	54,3	99,3	0,228	441	0	4,95	0,091
1.3	S 1.3	9,79	25	49,5	80,1	0,184	396	0	3,1	0,063
1.4	S 1.4	2,79	10	37,1	39,3	0,09	161	0	0,56	0,015
	S 1.4 _z	1,43	10	31	31,5	0,188	0	61	2,63	0,085
1.5	S 1.5	3,29	10	41,3	41,3	0,01	189	0	0,66	0,016
	S 1.5 _z	1,73	10	36,5	31,8	0,19	0	75	3,13	0,086
1.6 +1.7	S1.6 S1.7	12,93	20	78,5	110	0,253	578	0	8,55	0,109
Stan 2										
2.1	S 2.1	11,36	20	63,7	88,1	0,203	506	0	4,72	0,074
	S 2.1 _a	4	20	25,7	39,1	0,09	236	0	0,39	0,015
	S 2.1 _b	9,63	20	46,6	66	0,152	425	0	2,09	0,045
2.2	S 2.2	11,25	20	64,3	93,2	0,214	500	0	5,25	0,082
2.3	S 2.3	3,15	10	35,8	30,3	0,07	173	0	0,42	0,012
	S 2.3 _z	3,51	10	41,2	31,5	0,188	0	151	3,5	0,085

Pr	Kr	A_kr	T	L	q_m	v	Q_kr,p	Q_kr,z	Δp	R
-	-	m ²	cm	m	kg/h	m/s	W	W	kPa	kPa/m
Stan 3										
3.1	S 3.1	14,51	25	61,7	103,2	0,237	578	0	6,02	0,098
	S 3.1_a	3,9	25	20,2	33,5	0,077	204	0	0,27	0,013
	S 3.1_b	14,51	25	45,1	71,1	0,164	569	0	2,3	0,051
3.2	S 3.2	13	25	70,5	119,7	0,275	521	0	8,91	0,126
3.3	S 3.3	9,8	25	48	75,6	0,174	394	0	2,72	0,057
3.4	S 3.4	2,25	10	31,9	28,4	0,065	124	0	0,35	0,011
	S 3.4 z	3,36	10	31,9	36,7	0,219	0	144	7,04	0,221
3.5	S 3.5	1,8	25	15	17,3	0,04	94	0	0,1	0,007
3.6	S 3.6	8,1	25	40	58,3	0,134	325	0	0,91	0,023
Stan 4										
4.1	S 4.1_a	7,63	15	57	77	0,177	385	0	3,33	0,058
	S 4.1_b	7,63	15	49	72,2	0,166	383	0	2,56	0,052
	S 4.1_c	4,5	20	28,4	43,5	0,1	264	0	0,49	0,017
4.2	S 4.2	10,42	20	60	90,7	0,209	467	0	4,66	0,078
4.3	S 4.3	2,79	10	32,2	33,6	0,077	161	0	0,42	0,013
	S 4.3 z	3,15	10	37,4	27,7	0,165	0	135	2,8	0,075
Stan 5										
5.1	S 5.1	9,8	15	72,7	98	0,225	486	0	6,47	0,089
	S 5.1_b	9	15	59,5	81,2	0,187	447	0	3,81	0,064
5.2	S 5.2	8,21	10	90,3	85,4	0,196	444	0	6,34	0,070
5.3	S 5.3	2,25	10	31,8	38,6	0,089	131	0	0,48	0,015
	S 5.3 z	3,34	10	44	37,7	0,225	0	142	7,35	0,167
5.4 + 5.5	S5.4 S5.5	10,31	20	58,9	83	0,191	456	0	3,93	0,067

Tablica 5. Proračun podnog i zidnog grijanja

Oznake u tablici 5: Kr - krug podnog grijanja

A_kr - površina kruga, m²

T-razmak cijevi, cm

L - duljina kruga, m

Q_kr,p - toplinski učin kruga podnog grijanja, W

Q_kr,z - toplinski učin kruga zidnog grijanja, W

q_m - maseni protok vode kroz krug, kg/s

v - brzina strujanja vode, m/s

R - jedinični pad tlaka, kPa/m

Δp – ukupni pad tlaka, kPa

prostor	Ti	A	ΔT_m	Q_n	Q_p	Q_z	Q_pr	Qinst,p	Qinst,z	Qinst
-	°C	m ²	°C	W	W	W	W	W	W	W
Stan 1										
1.1	20	35,70	14,80	1256	79	0	1177	1308	0	1308
1.2	20	10,90	14,80	408	24	0	384	441	0	441
1.3	20	9,80	14,80	298	21	0	277	396	0	396
1.4	24	3,50	10,72	232	11	43	178	161	61	222
1.5	24	4,30	10,72	270	13	51	206	189	75	264
1.6+1.7	20	15,60	14,80	543	34	0	509	578	0	578
1.8	20	8,80	14,80	225	18	0	207	183	0	183
Σ		88,60		3232	200	94	2938	3256	136	3392
Stan 2										
2.1	20	28,60	14,80	1111	145	0	966	1165	0	1165
2.2	20	11,30	14,80	473	75	0	398	500	0	500
2.3	24	4,60	10,72	309	12	34	254	173	151	324
Σ		44,50		1893	232	34	1618	1838	151	1989
Stan 3										
3.1	20	34,60	14,80	1220	51	0	1169	1351	0	1351
3.2	20	13,00	14,80	515	19	0	496	521	0	521
3.3	20	9,80	14,80	291	14	0	277	394	0	394
3.4	24	3,80	10,72	268	10	45	217	124	144	268
3.5	20	2,40	14,80	74	3	0	71	94	0	94
3.6	20	8,10	14,80	308	12	0	296	325	0	325
3.7	20	7,50	14,80	185	11	0	174	151	0	151
Σ		79,20		2861	120	45	2700	2960	144	3104
Stan 4										
4.1	20	23,60	14,80	1003	35	0	968	1033	0	1033
4.2	20	11,30	14,80	467	17	0	450	467	0	467
4.3	24	4,60	10,72	329	12	40	274	161	135	296
Σ		39,50		1799	64	40	1692	1661	135	1796
Stan 5										
5_1	20	21,40	14,80	933	32	0	901	933	0	933
5_2	20	9,80	14,80	420	14	0	406	444	0	444
5_3	24	3,80	10,72	284	10	41	233	131	142	273
5.4+5.5	20	10,50	14,80	452	15	0	437	456	0	456
5.6	20	7,50	14,80	221	11	0	210	163	0	163
Σ		53,00		2310	82	41	2187	2127,00	142	2269
zgrada										
Σ		305		12095	698	254	11143	11842	708	12550

Tablica 6. Instalirana snaga površinskog grijanja

Oznake u tablici 6:

T_i - unutarnja projektna temperatura, °C

A – površina prostorije, m²

ΔT_m - srednja temperaturna razlika ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji, °C

Q_n -projektni toplinski gubici, W

Q_p - toplinski gubici kroz pod, W

Q_z - toplinski gubici kroz grijaču površinu zida, W

Q_{pr} - pročišćeni toplinski gubici, W

$Q_{inst,p}$ - instalirana snaga podnog grijanja, W

$Q_{inst,z}$ - instalirana snaga zidnog grijanja, W

Q_{inst} - ukupna instalirana snaga, W

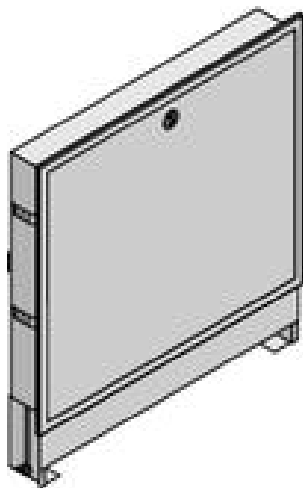
Ukupna instalirana snaga površinskog grijanja zgrade iznosi 12550 W.

Krugove podnog grijanja potrebno je povezati na razdjelnike te je za sve stanove odabran model: „Uponor Vario Plus“ (slika 10) razdjelnik i sabirnik proizvođača Uponor koji će u stanu 1 biti izveden za spajanje 10 petlji, u stanu 3 za spajanje 9 petlji a u stanovima 2,4 i 5 za spajanje 6 petlji.



Slika 10. razdjelnik „Uponor Vario Plus“

Razdjelnici se smještaju u podžbukne ormariće "UHF 2" (slika 11) proizvođača "Uponor". Ormarići su visine 820, širine 710 i dubine 120 milimetara.



Slika 11. Podžbukni ormarić "UHF2"

4. ODABIR DIZALICE TOPLINE

Određivanje potrebnog toplinskog učina dizalice topline provodi se prema izračunatom potrebnom učinku za zagrijavanje PTV-a te instaliranoj snazi sustava grijanja. Dizalica topline pri grijanju PTV-a diže temperaturu spremnika na 45°C. Jednom tjedno dizalica će pregrijavati vodu u spremniku na 60°C zbog sprječavanja stvaranja legionele. Za dizanje temperature spremnika sa 10°C na 45°C dizalica topline treba u sustav predati 22,613 kWh/dnevno. Uz vrijeme zagrijavanja od 8 h dodatak snage za grijanje PTV-a za 14 osoba iznosi 3,5 kW što je u skladu sa preporukom proizvođača od 0,25kW po osobi. Uz instaliranu snagu grijanja od 12,55 kW odabire se da je potreban toplinski učin dizalice topline 16,05 kW. Prema svemu navedenome odabrana je dizalica topline tlo-voda "Vitocal 300-G BWC 301.B17" proizvođača Viessmann (tehničke karakteristike u tablici 7).

Vitocal 300-G BWC 301.B17		
Podaci o učinku (B0/W45, ΔT=5K)		
Nazivni toplinski učin	16,59	kW
Rashladni učin	12,42	kW
Primljena električna snaga	4,49	kW
Učinski koeficijent (COP)	3,7	
RASOLINA (primarni krug)		
Volumen	5,9	l
Min. volumni protok	2490	l/h
Maks.temperatura polaznog voda	25	°C
Min.temperatura polaznog voda	-10	°C
OGRIJEVNA VODA (sekundarni krug)		
Volumen	5,7	l
Nazivni volumni protok	2980	l/h
Min.volumni protok	1490	l/h
Maks.temperatura polaznog voda	65	°C
Dozvoljeni radni tlak		
Primarni krug	3	bar
	0,3	Mpa
Sekundarni krug	3	bar
	0,3	MPa
Dimenzije		
Ukupna duljina	844	mm
Ukupna širina	600	mm
Ukupna visina	1155	mm
Težina		
Toplinska crpka, tip BWC	158	kg

Tablica 7.Tehničke karakteristike dizalice "Vitocal 300-G BWC 301.B17"

Oprema koja se isporučuje sa dizalicom topline:

- kompletna toplinska crpka kompaktne konstrukcije
- zvučnoapsorbirajuće noge za postavljanje
- ugrađena cirkulacijska crpka za krug rasoline (primarni krug)
- ugrađena cirkulacijska crpka za sekundarni krug
- sigurnosna grupa za krug grijanja
- regulacija toplinske crpke "Vitoltronic 200" vođena vremenskim prilikama s osjetnikom temperature

5. DIMENZIONIRANJE VODORAVNOG KOLEKTORSKOG POLJA U TLU

Proračun se provodi prema „Osnove primjene dizalica topline“ [2]:

Vrijednost ukupne površine zemljišta za polaganje vodoravnog kolektorskog polja određuje se jednadžbom:

$$A_{zem,kol,uk1} = \frac{\Phi_{DT}}{q_{tlo}} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_{DT}}\right) = \frac{16900}{25} \left(1 - \frac{1}{4,2}\right) = 516 \quad [m^2]$$

gdje su:

Φ_{DT} - toplinski učin dizalice topline [W]

ε_{DT} - faktor grijanja dizalice topline [-]

q_{tlo} - specifično površinsko odavanje topline tla [W/m²]

Kako bi se smanjila potrebna površina tla za ugradnju kolektora, odabrano je postavljanje cijevi na dvije razine. Poštovan je preporučeni razmak između razina od minimalno 60 cm.

$$A_{zem,kol,uk} = \frac{A_{zem,kol,uk1}}{2} = 258 \quad [m^2]$$

Minimalna ukupna duljina cijevi vodoravnog kolektorskog polja za jednu razinu određena je jednadžbom:

$$L_{uk} = \frac{A_{zem,kol,uk}}{s} = \frac{258}{0,8} = 322,55 \quad [m]$$

Potreban broj petlji jedne razine vodoravnog kolektorskog polja za polietilenske cijevi dimenzija $\Phi 25 \times 2,3$ mm i duljinu petlje 100 m:

$$X = A_{zem,kol,uk} \frac{2}{L_p} = 258 \frac{2}{100} = 5$$

pri čemu je:

X -broj petlji

L_p –odabrana duljina pojedine petlje, [m]

Ukupna duljina cijevi kolektorskog polja:

$$L_{uk} = 2 \cdot 5 \cdot 100 = 1000 \text{ [m]}$$

Za petlje kolektora korištene su cijevi "RAUGEO collect PE-X" dimenzije $\phi 25 \times 2,3$. Korištena je jedna razdjelna komora, za obje razine kolektora, a ukopana je ispod razine tla. Na razdjelnu komoru spojeno je 10 petlji kolektora. Petlje se priključuju na "RAUGEO CLICK razdjelnik" (slika 12) koji se nalazi unutar "RAUGEO razdjelnog šahta" (slika 13).



Slika 12. "RAUGEO CLICK razdjelnik"



Slika 13. "RAUGEO razdjelni šaht"

Ukupni volumen posrednog medija odnosno smjese vode i propilen-glikola sa masenim udjelom propilen glikola 30 % u cijevima vodoravnog kolektorskog polja i spojnim cijevima za povezivanje s razdjelnikom i sabirnikom određuje se jednažbom:

$$V_{PM} = L_{UK} \cdot V'_p + L_{SP} \cdot V'_{SP} + L_{PU} \cdot V'_{PU} + V_{RK} + V_{DT}$$

$$V_{PM} = 1000 \cdot 0,326 + 130 \cdot 0,326 + 25 \cdot 0,835 + 2 + 5,9$$

$$V_{PM} = 397,16 \text{ l}$$

pri čemu je:

L_{UK} -ukupna duljina cijevnih petlji, m

V'_p -specifični volumen medija u cijevnim petljama, l/m

L_{SP} -ukupna duljina spojnih cijevi između petlji i razdjelne komore, m

V'_{SP} -specifični volumen medija u spojnim cijevima, l/m

L_{PU} -ukupna duljina cijevi koje se priključuju na dizalicu topline, m

V'_{PU} -specifični volumen medija u priključnim cijevima dizalice topline, l/m

V_{RK} -ukupni volumen posrednog medija u razdjelnim komorama, l

V_{DT} -volumen posrednog medija u dizalici topline, l

Moguće je još odrediti pad tlaka za kolektor, odnosno pad tlaka kritične petlje:

$$\Delta p_{pet} = \Delta p'_{pet} \cdot L_{pet} + \Delta p'_{sp} \cdot L_{sp}$$

$$\Delta p_{pet} = 65,9 \cdot 100 + 65,9 \cdot 25$$

$$\Delta p_{pet} = 8237,5 \text{ Pa}$$

pri čemu je:

$\Delta p'_{pet}$ -specifični pad tlaka za cijevne petlje (iz kataloga proizvođača), Pa/m

L_{pet} -duljina cijevne petlje, m

$\Delta p'_{sp}$ -specifični pad tlaka za spojne cijevi, Pa/m

L_{sp} -duljina spojnih cijevi kritične petlje, m

6. DIMENZIONIRANJE SPREMNIKA PTV-a I SOLARNIH KOLEKTORA

Osnovni parametar u procesu dimenzioniranja solarnog sustava je potrebna dnevna količina PTV-a. Za ovaj projekt koristimo iskustvene podatke [1] o potrošnji (slika 14). Pretpostavljena je potrošnja od 560 l dnevno što odgovara potrošnji za 14 osoba (slika 14).

Vrsta zgrade	Dnevna potrošnja PTV po osobi V_p
Stambena zgrada - niska potrošnja - srednja potrošnja - visoka potrošnja	10-30 l/(osoba dan) 60°C 30-50 l/(osoba dan) 50-90 l/(osoba dan)
Bolnica	100-300 l/(ležaj dan) 60°C
Uredska zgrada	10-40 l/(osoba dan) 45°C
Hotel/motel	100-200 l/(osoba dan) 60°C
Škola – s tuševima – bez tuševa	30-50 l/(učenik dan) 45°C 5-15 l/(učenik dan)
Sportski centar s tuševima	50-70 l/(osoba dan) 45°C
Dom umirovljenika	30-70 l/(osoba dan) 45°C
Vojarna	30-50 l/(osoba dan) 45°C

Slika 14. Preporuka za potrošnju PTV-a

Dnevna potrebna toplina za zagrijavanje PTV-a se računa prema:

$$Q_w = V_p \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (t_{TW} - t_{HW})$$

$$Q_w = 560 \cdot 992 \cdot 4,187 \cdot (45 - 10) = 22,613 \left[\frac{kWh}{dan} \right]$$

a minimalni potrebni volumen spremnika za dnevnu potrošnju tople vode:

$$V_{smin} = \frac{V_p \cdot (t_{TW} - t_{HW})}{(t_s - t_{HW})} = \frac{560 \cdot (45 - 10)}{(60 - 10)} = 392 \text{ [l]}$$

pri čemu je:

V_{smin} – minimalni volumen spremnika za dnevnu potrošnju tople vode, l

V_p – pretpostavljena dnevna potrošnja: 560 l/dan

t_{TW} – temperatura tople vode: 45°C

t_{HW} – temperatura hladne vode: 10°C

t_s – temperatura tople vode u spremniku: 60°C

Odabrani spremnik mora biti bivalentan odnosno mora imati dvije izmjenjivačke površine, donju za solarni sustav i gornju za dogrijavanje dizalicom topline u vremenu kada nema dovoljno energije sunca za zagrijavanje PTV-a. U slučaju grijanja vode dizalicom topline temperatura spremnika se podiže na 45°C a električni grijač podiže temperaturu na 60°C. Odabran je bivalentni spremnik "VITOCCELL 100-B_CVB" volumena 500l proizvođača Viessmann (tablica 8).

VITOCCELL 100-B_CVB		
Volumen spremnika	500	l
visina	1955	mm
promjer	850	mm
max.radni tlak	10	bar
Gornji izmjenjivač		
V_vode	9	l
Grijaća površina	1,4	m ²
Δp pri nazivnom protoku	9	mbar
Donji izmjenjivač (solar)		
V_vode	12,5	l
Grijaća površina	1,9	m ²
Δp pri nazivnom protoku	18	mbar

Tablica 8. Tehnički podaci spremnika "VITOCCELL 100-B_CVB"

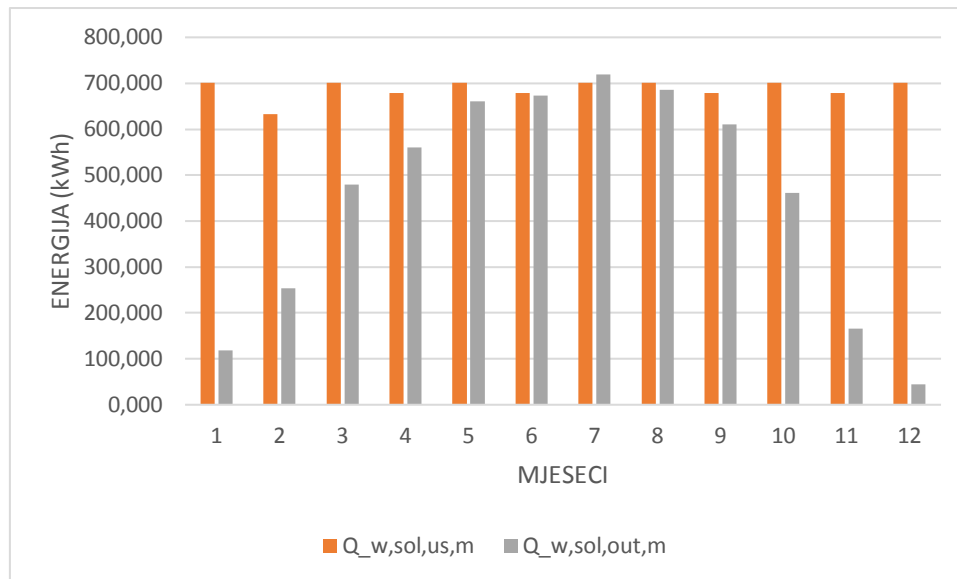
Za odabir potrebne površine kolektorskog polja potrebno je proračunati solarni sustav prema normi HRN EN 15136-4-3 te odrediti ukupan broj solarnih kolektora da bismo dobili stupanj solarnog pokrivanja. Odabran je solarni kolektor 'Vitosol 100-F-SV1A' proizvođača Viessmann, fiksnog nagiba od 45° prema horizontali orijentiran prema jugu. Tehnički podaci kolektora dani su u tablici 9.

VITOSOL 100-F-SV1A		
A_bruto	2,51	m ²
A_apsorbera	2,32	m ²
razmak između kolektora	21	mm
volumen tekućine	1,48	l
top.kapacitet	4,7	kJ/m ² K
max.temp.u mirovanju	200	°C
dozvoljeni radni tlak	6	bar
Dimenzije		
širina	1056	mm
visina	2380	mm
dubina	72	mm
težina	41,5	kg

Tablica 9. Tehnički podaci odabranog kolektora

Proračun broja kolektora vrši se u Excelu prema normi HRN EN 15316-4-3 preuzetoj iz "Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama" [4].

Prema rezultatima proračuna 5 kolektora ukupne površine 11,6 m² dovoljno je da se pokrije potrebna toplina za zagrijavanje PTV-a u lipnju, srpnju i kolovozu. Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV-a iznosi 8253,935 kWh, a solarnim sustavom je moguće prikupiti godišnje 5429,718 kWh. Godišnja solarna pokrivenost potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a iznosi 66 %. Detaljan proračun dan je u prilogu 3 a tablični prikaz isporučene i potrebne energije prikazan je na slici 15.



Slika 15. Omjer potrebne i isporučene sunčeve energije po mjesecima

7. DIMENZIONIRANJE I ODABIR KOMPONENATA SUSTAVA

7.1. MEĐUSPREMNIK

Međuspremnik topline u sustavu grijanja i pripreme potrošne tople vode s dizalicom topline služi za poboljšavanje pogonskih uvjeta, odnosno za smanjivanje učestalosti uključivanja dizalice topline, pokrivanje vršne potrošnje i opskrbu toplinom u vrijeme kada dizalica topline zbog raznih razloga ne radi. Prema uputama proizvođača volumen spremnika treba iznositi 20- 30 l/kW toplinskog učina dizalice topline. Odabran je spremnik "allSTOR VPS 500/2" proizvođača Vaillant. Tehničke karakteristike prikazane su tablici 10.

međuspremnik allSTOR VPS 500/2		
zapremnina spremnika	500	l
max. temperatura	95	°C
dopušteni radni tlak	3	bar
Dimenzije		
visina	1805	mm
vanjski promjer bez izolacije	650	mm
vanjski promjer s izolacijom	820	mm

Tablica 10. Tehničke karakteristike međuspremnika "allSTOR VPS 500/2"

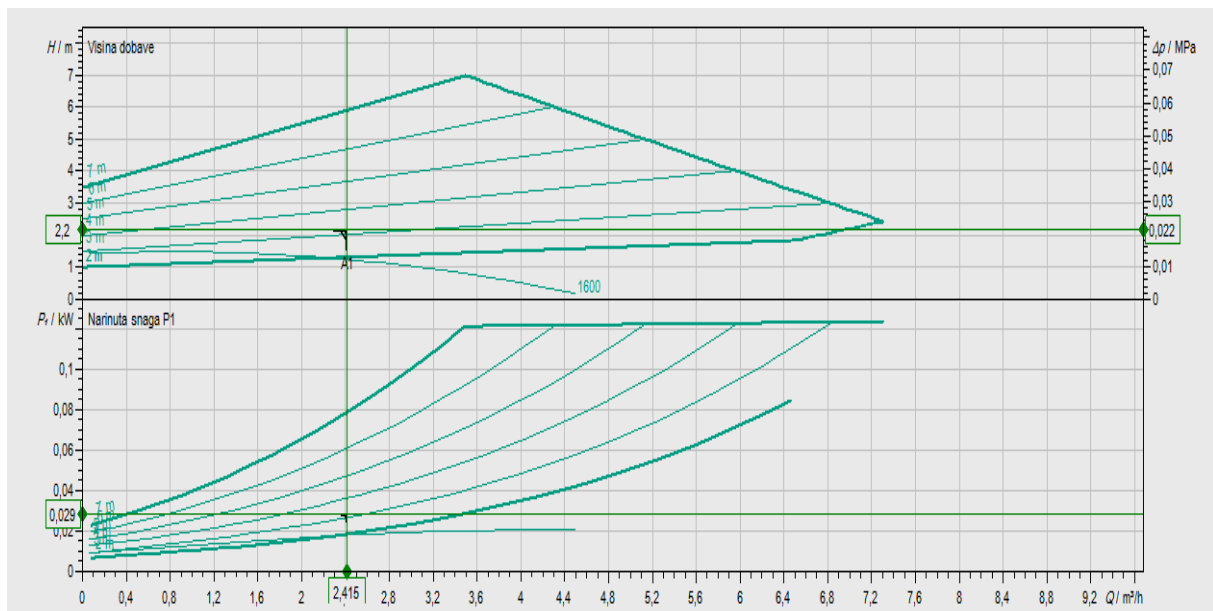
7.2. DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA KRUGA KOLEKTORA U TLU

Cijevni razvod kruga izvora topline proteže se od dizalice topline do svih petlji kolektora u tlu. Sastoji se od polimernih PE-X cijevi kroz koje struji 30%-tna smjesa proplien-glikola. Zbog veće gustoće i viskoznosti glikolne smjese, pad tlaka je veći nego što bi bio za čistu vodu. Pad tlaka kritične petlje izračunat je u poglavlju 5, a pad tlaka na dizalici topline i razdjelnoj komori mogu se očitati iz tehničke dokumentacije proizvođača za navedene proizvode. Dionica 1 odnosi se na razvod od dizalice topline do razdjelnika petlji kolektora a kritična petlja odnosi se na petlju kolektora najudaljeniju od razdjelnika. Dimenzioniranje je prikazano tablicom 11.

Dionica (-)	Toplina (kW)	Protok (m ³ /h)	Dužina dionice (m)	DN (mm)	Unutarnji promjer cijevi (mm)	$\Sigma \xi$ (-)	Brzina strujanja (m/s)	R (Pa/m)	R*L (Pa)	Z (Pa)	Ukupno R*L+Z (Pa)	
1	13,135	2,42	25	50	40,8	10,8	0,5133	160,24	4005,9	1485,0	5491,00	
											Pad tlaka kritične petlje	8237,5
											pad tlaka na dizalici topline	5000
											pad tlaka na razdjelniku	3000
										Σ	21728,50	

Tablica 11. Pad tlaka kruga izvora topline

Proračunom se dobije da pad tlaka kruga kolektora u tlu iznosi 21728 Pa, odnosno potrebna visina dobave od 2,2 metra vodenog stupca. Volumni protok iznosi 2,42 m³/h. Pumpa "Stratos PARA 25/1-8 PWM" proizvođača Wilo dobivena sa dizalicom topline zadovoljava. Pri nazivnim uvjetima potrošnja energije iznosi 29 W kao što je prikazano na slici 16.



Slika 16. Prikaz radne točke pumpe kruga izvora topline

7.3. DIMENZIONIRANJE CIJEVI MEĐUKRUGA

Proračun se provodi kako bi se dimenzionirao cjevovod međukruga te da bi se provjerilo da li pumpa dizalice topline može savladati ukupni pad tlaka međukruga. Međukrug se sastoji od cjevovoda koji povezuje dizalicu topline sa međuspremnikom. Uz dizalicu topline je dobivena pumpa međukruga 'Grundfos UPML 25-85'- Rezultati su prikazani u tablici 12.

Dionica (-)	Toplina (kW)	Protok (m ³ /h)	Dužina dionice (m)	DN (mm)	Unutarnji promjer cijevi (mm)	$\Sigma \xi$ (-)	Brzina strujanja (m/s)	R (Pa/m)	R*L (Pa)	Z (Pa)	Ukupno R*L+Z (Pa)
1	12,55	1,81	5	35	32	12	0,6300	151,00	756,0	2338,0	3094,00
pad tlaka na dizalici topline											6000,00

Tablica 12. Pad tlaka međukruga

Ukupni pad tlaka primarnog kruga iznosi 9094 Pa (0,9 m) što znači da pumpa dizalice topline sa visinom dizanja 2,67 m može savladati ukupni pad tlaka međukruga.

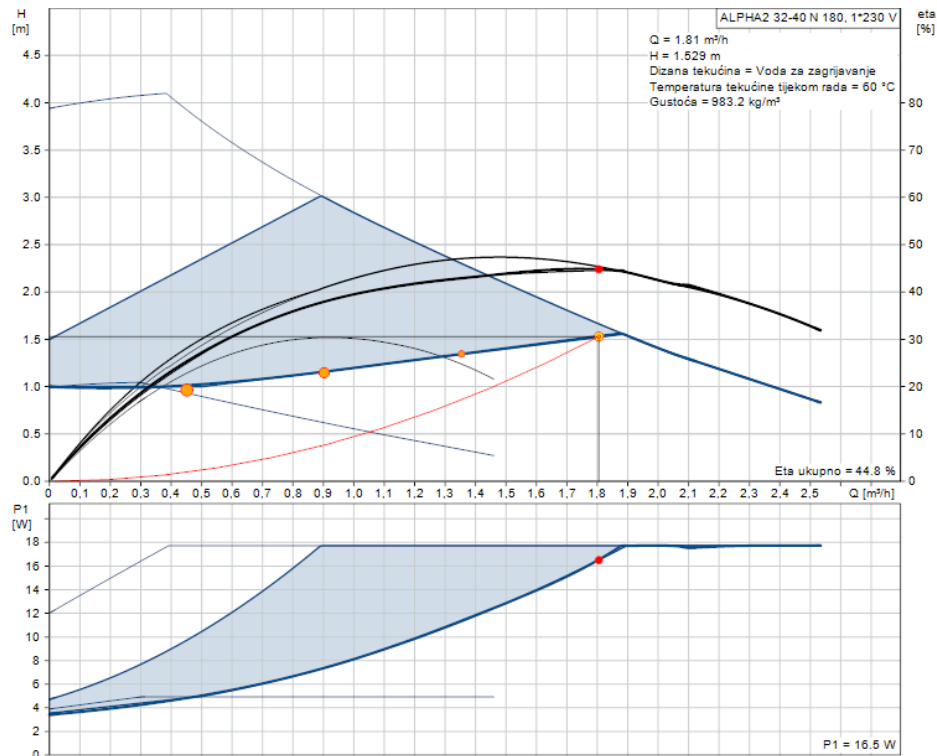
7.4. DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA KRUGA POVRŠINSKOG GRIJANJA

Cijevni razvod kruga površinskog grijanja obuhvaća cijevi od međuspremnika do ogrjevnih tijela. Za potrebnu visinu dobave pumpe mjerodavan je pad tlaka kritične dionice, one koja završava na razdjelnom ormaru (S1). Kritična dionica je od međuspremnika topline do najdulje petlje (S1.6 S1.7) u stanu broj 1 koji se nalazi u prizemlju. Veliki broj krugova (10) spojenih na razdjelnik u zidnom ormariću uvjetuje da je pad tlaka na ovoj dionici veći nego na drugim razdjelnim ormarićima iako postoje stanovi koji su udaljeniji od međuspremnika nego stan 1. Dimenzioniranje je prikazano sljedećom tablicom:

Dionica (-)	Toplina (kW)	Protok (m ³ /h)	Dužina dionice (m)	DN (mm)	Unutarnji promjer cijevi (mm)	$\Sigma \xi$ (-)	Brzina strujanja (m/s)	R (Pa/m)	R*L (Pa)	Z (Pa)	R*L+Z (Pa)
1	12,55	1,81	8,9	32	35,9	7,7	0,4974	94,78	843,6	946,9	1790,47
2	8,765	1,27	11	32	35,9	2,4	0,3474	49,34	542,7	144,0	686,68
3	3,392	0,49	2	25	27,2	10,8	0,2342	34,29	68,6	294,4	362,94
pad tlaka u razdjelnom ormariću											12070,00
Σ											14910,09

Tablica 13. Pad tlaka za krug zgrade

Potrebna visina dobave iznosi 1,53 metra, uz volumenski protok 1,81 m³/h. Odabrana je pumpa "ALPHA2 32-40 N 180 " proizvođača "Grundfos". Potrošnja električne energije pri nazivnim uvjetima iznosi 16,2 W. Prikaz radne točke dan je dijagramom na slici 17.



Slika 17. Prikaz radne točke pumpe kruga zgrade

7.5. DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA SOLARNOG KRUGA

Protok sveden na jedinicu površine kolektora u ovoj instalaciji iskazan je preko l/m^2h . Kod istog sunčevog zračenja, dakle istog učina kolektora, visoki volumni protok znači nisku razliku temperature u krugu kolektora. Nizak volumni protok znači visoku razliku temperature. Kod visoke razlike temperature raste srednja temperatura kolektora, tj. stupanj djelovanja kolektora opada. Solarna regulacija "Vitosolic" tvrtke Viessmann rade prema pogonu "matched-flow". Dotični volumni protok podešava se ovisno o temperaturi kolektora. Maksimalni volumni protok za pločaste kolektore iznosi $40 l/m^2h$. Pridržavajući se navedenog ograničenja za 5 pločastih kolektora ukupne površine $11,6 m^2$ proizlazi ukupni protok od $464 l/h$ i bakrena cijev Cu $\phi 18 \times 1$. Prema katalogu proizvođača za protok od $0,464 m^3/h$ odabire se solarna pumpna stanica 'Solar-Divicon PS10' prikazana na slici 18.

Solarna stanica sadrži:

- cirkulacijsku crpku 'P10 25-60' proizvođača Grundfos
- nepovratni ventil
- zaporni ventil
- termometar
- izlaz za priključak ekspanzijske posude
- prikaz protoka

-regulator "Vitosolic"



Slika 18. Solarna stanica 'Solar Divicon PS10'

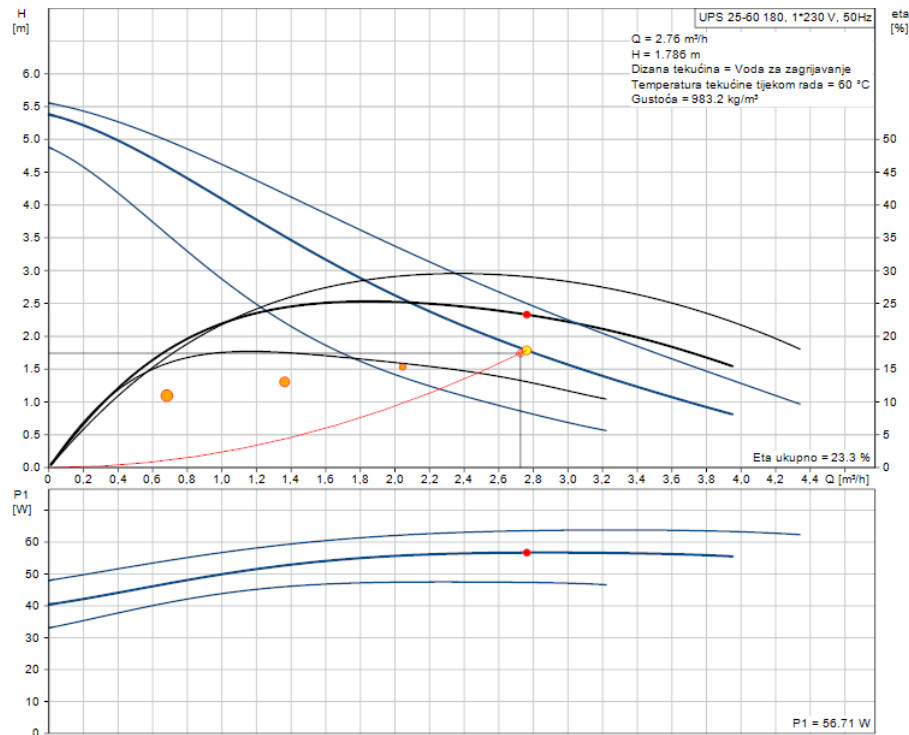
7.6. DIMENZIONIRANJE CIJEVNOG RAZVODA KRUGA PTV-a

Cijevni razvod kruga PTV-a obuhvaća cijevi od dizalice topline do spremnika potrošne tople vode. Rezultat dimenzioniranja prikazan je u tablici 14.

Dionica (-)	Toplina (kW)	Protok (m ³ /h)	Dužina dionice (m)	DN (mm)	Unutarnji promjer cijevi (mm)	$\Sigma \xi$ (-)	Brzina strujanja (m/s)	R (Pa/m)	R*L (Pa)	Z (Pa)	R*L+Z (Pa)
1	15,6	2,73	1,5	35	32	10	0,9400	283,00	425,0	4368,0	4793,00
								pad tlaka u izmjenjivaču			15000
										Σ	19793,00

Tablica 14. Pad tlaka za krug PTV-a

Potrebna visina dobave iznosi 2 m uz protok od 2,73 m³/h. Odabrana je pumpa "UPS 25-60 180" proizvođača Grundfos. Ulazna električna snaga pri nazivnim uvjetima iznosi 58 W. Prikaz radne točke dan je dijagramom na slici 19.



Slika 19. Prikaz radne točke pumpe kruga PTV-a

7.7. DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE MEĐUKRUGA I KRUGA GRIJANJA

Minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude kruga grijanja se određuje prema:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (12,616 + 3,8) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1} = 38,3 \text{ l}$$

gdje je :

V_e – volumen širenja vode uslijed povišenja temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda (60°C)

$$V_e = \frac{n V_A}{100} = \frac{1,66 \cdot 760}{100} = 12,616 \text{ l}$$

V_A – volumen vode u instalaciji – 760 l

V_V – dodatni volumen (zaliha), uzima se kao 0,5% ukupnog volumena, min. 3 l, l

$$V_V = \frac{0,5}{100} V_A = \frac{0,5}{100} 760 = 3,8 \text{ l}$$

p_e – krajnji projektni tlak – 2,5 bara (0,5 bara ispod tlaka otvaranja sigurnosnog ventila)

p_o – primarni tlak punjenja ekspanzijske posude – za visinu instalacije do 10 m iznosi

1 bar

n – postotak širenja vode – 1,66 %

Odabrana je ekspanzijska posuda "IMERA RV50" volumena 50 litara prikazana na slici 20 [10].



Slika 20. ekspanzijska posuda "IMERA RV50"

7.8. DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE KRUGA PTV-a

Minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude kruga grijanja se određuje prema:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (0,27 + 0,08) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1} = 0,82 \text{ l}$$

gdje je :

V_e – volumen širenja vode uslijed povišenja temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda (60°C)

$$V_e = \frac{n V_A}{100} = \frac{1,66 \cdot 16,1}{100} = 0,27 \text{ l}$$

V_A – volumen vode u instalaciji – 16,1 l

V_V – dodatni volumen (zaliha), uzima se kao 0,5% ukupnog volumena, min. 3 l, l

$$V_V = \frac{0,5}{100} V_A = \frac{0,5}{100} 16,1 = 0,08 \text{ l}$$

p_e – krajnji projektni tlak – 2,5 bara (0,5 bara ispod tlaka otvaranja sigurnosnog ventila)

p_o – primarni tlak punjenja ekspanzijske posude – za visinu instalacije do 10 m iznosi

1 bar

n – postotak širenja vode – 1,66 %

Odabrana je ekspanzijska posuda "IMERA R12" volumena 12 litara prikazana na slici 21.



Slika 21. Ekspanzijska posuda "IMERA R12"

7.9. DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE SOLARNOG SUSTAVA

Ekspanzijska posuda solarnog sustava odabire se prema preporuci proizvođača Viessmann. Za površinu apsorbera od 11,5 m², volumen instalacije od 34 l i statičku visinu instalacije 10 m preporučeni volumen ekspanzijske posude iznosi 50 l. Odabrana je ekspanzijska posuda od 50 l proizvođača Elbi za solarne sustave prikazana na slici 21.



Slika 22. Ekspanzijska posuda solarnog kruga ELBI 50L

7.10. DIMENZIONIRANJE EKSPANZIJSKE POSUDE GEOTERMALNOG KOLEKTORA

Minimalni potrebni volumen ekspanzijske posude može se odrediti sljedećom formulom:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (1,47 + 2) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1} = 8,09 \text{ l}$$

pri čemu je:

V_e –volumen širenja glikolne smjese, l

$$V_e = \frac{n V_{PM}}{100} = \frac{0,37 \cdot 397,16}{100} = 1,47 \text{ l}$$

n -postotak širenja (uzeto za temperature od 0 do 30°C)

V_{PM} –volumen posrednog medija, l (izračunat kod dimenzioniranja kolektora u poglavlju 5)

V_V –volumen zalihe, uzima se kao 0,5% ukupnog volumena, min. 3 l, l

$$V_V = \frac{0,5}{100} V_{PM} = \frac{0,5}{100} 397,16 = 2 \text{ l}$$

p_e –krajnji projektni tlak (0,5 bara ispod tlaka otvaranja sigurnosnog ventila), bar

p_o – primarni tlak punjenja ekspanzijske posude – za visinu instalacije do 10 m iznosi 1 bar

Odabrana je ekspanzijska posuda „IMERA R12“ volumena 12 l.

8. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Projekt grijanja izveden je za stambenu zgradu na području Grada Zagreba prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Zgrada se sastoji od tri etaže (prizemlje, 1. kat i 2. kat) ukupne površine grijanog prostora 304,4 m². U prizemlju se nalazi jedan stan, na prvom katu su dva stana kao i na drugom katu. Smještaj opreme je predviđen u garaži. Proračun toplinskih gubitaka zimi proveden je prema normi HRN EN 12831 i oni iznose 12,09 kW.

8.1. GRIJANJE

Sustav je izveden kao centralni toplovodni dvocijevni sa površinskim grijanjem temperaturnog režima 38/32°C. Kao izvor topline odabrana je dizalica topline tlo-voda "Vitocal 300-G BWC 301.B17" proizvođača Viessmann koja ima ogrjevni učin od 16,59 kW i faktor grijanja 3,7 pri temperaturi polaza od 45°C (polaz od dizalice topline prema međuspremniku). Dizalica je opremljena sa tri pumpe:

- Wilo "Stratos PARA 25/1-8 PWM" za pumpanje rasoline kroz krug kolektora u tlu,
- Grundfos "UPML 25-85 PWM" za pumpanje vode kroz međukrug između dizalice topline i međuspremnika topline,
- Grundfos "UPS 25-60 180" za dogrijavanje PTV-a u spremniku.

Kao izvor topline za dizalicu topline postavljeno je vodoravno kolektorsko polje od 10 petlji u tlu, ukupne duljine 1000 m koje se postavlja na 2 razine. Razmak između razina je 60 cm a razmak između cijevi 80 cm. Petlje su izrađene od "RAUGEO collect" PE-X cijevi dimenzije $\Phi 25 \times 2,3$ mm koje se ukopavaju na dubinu od 1,2 i 1,8 m. Kroz cijevi struji rasolina (smjesa od 33% propilen glikola i 66% vode). Krug kolektorskog polja u tlu ima i svoju ekspanzijsku posudu, "Imera R12" volumena 12 litara. Cijevi se spajaju na razdjelnik "RAUGEO CLICK" koji se smješta u "RAUGEO" razdjelni šaht proizvođača Rehau. Razvod grijanja ima vlastitu ekspanzijsku posudu "IMERA RV50" volumena 50 L i međuspremnik ogrjevnje vode. Odabran je međuspremnik "allSTOR VPS 500/2" volumena 500 litara proizvođača Vaillant. Međuspremnik ogrjevnje vode služi za akumuliranje topline te pokrivanje vršne potrošnje i daljnju distribuciju topline prema razvodu grijanja u vrijeme kada dizalica topline ne radi. Cijevni razvod od međuspremnika do dizalice topline izoliran je "Armaflex" izolacijom proizvođača Armacell, debljine 25 mm. Krug površinskog grijanja zgrade proteže se od međuspremnika do krugova podnog i zidnog grijanja. Podno i zidno grijanje dimenzionirano je računalnim programom 'Uponor HSE-Therm'. U svim prostorijama korišteno je podno grijanje osim u kupaonicama u kojima je osim podnog ugrađeno i zidno grijanje. Sustav površinskog grijanja sastoji se od 6 krugova zidnog i 31 kruga podnog grijanja ukupne instalirane snage 12550 W. Za sustav podnog grijanja odabrane su polimerne PE-Xa cijevi promjera $\Phi 16 \times 1,8$ mm a za zidno grijanje odabrane su 'Uponor Minitec Comfort' cijevi promjera $\Phi 9,9 \times 1,1$ mm. Svaki stan ima po jedan razdjelnik/sabirnik 'Uponor Vario Plus' u zidnom ormariću 'UHF2' proizvođača Uponor. Broj priključaka odgovara broju cijevnih petlji:

- stan 1 - 10 cijevnih petlji
- stan 3 - 9 cijevnih petlji
- stanovi 2,4 i 5 - 6 petlji.

Kao pumpa kruga površinskog grijanja zgrade odabrana je "ALPHA2 32-40 N 180" proizvođača Grundfos na temelju proračunatog pada tlaka kritične dionice površinskog grijanja. Cijevni razvod od međuspremnika topline do vertikalna površinskog grijanja izoliran je "Armaflex" izolacijom debljine 19 mm a same vertikale i cijevi do razdjelnika površinskog grijanja izolirani su "Armaflex" izolacijom debljine 13mm. Od sustava u strojarnici do razdjelnika/sabirnika površinskog grijanja cijevni razvod vođen je u spušenom stropu građevine. Na mjestima vertikalna i na spuštanjima do razdjelnih ormarića vođen je u usjecima u zidu, podžbukno. Hidrauličko balansiranje kruga potrošača je vrlo bitno. Kako bi se protok

vode pravilno distribuirao prema svim stanovima, u ormariće se prije razdjelnika ugrađuju automatski balansirajući ventili "ASV-PV 20" proizvođača Danfoss s ciljem održavanja konstantne razlike tlaka na strani potrošača. U ormariće se također, u povratni vod ugrađuju mjerila toplinske energije odnosno ultrazvučni kalorimetri „SONOMETER 1100 HE“ proizvođača Danfoss. Njihov je zadatak mjerenje potrošnje toplinske energije što čine mjerenjem protoka vode i razlike temperatura polaznog i povratnog voda. Osnovna komponenta regulacije grijanja je digitalni regulator "Vitoltronic 200" proizvođača Viessmann koji se isporučuje u paketu s dizalicom topline. Njegov osnovni zadatak je regulacija temperature polaznog voda površinskog grijanja zgrade na vrijednosti od 38°C u ovisnosti o vanjskoj temperaturi koja se prati preko osjetnika vanjske temperature. Regulator upravlja pumpom kruga kolektorskog polja u tlu, pumpom međukruga, pumpom za zagrijavanje PTV-a, pumpom površinskog grijanja i troputnim miješajućim ventilom koji je smješten u polaznom vodu kruga grijanja. Pomoću osjetnika temperature u polaznom vodu kruga površinskog grijanja, regulator "Vitoltronic 200" kontrolira temperaturu ogrjevnice vode polaznog voda, a time i krug grijanja. U istom vodu smješten je i graničnik temperature polaza koji sprječava prekoračenje maksimalne temperature polaza prema razdjelnicima od 38°C. Pumpa međukruga doprema ogrjevnu vodu prema međuspremniku ogrjevnice vode. Dizalica topline se sa pumpom kruga kolektora u tlu i pumpom međukruga isključuje kada se na integriranom osjetniku temperature povratnog voda postigne zadana temperatura. Preko pumpe kruga površinskog grijanja, potrebna količina vode se transportira do razdjelnika svakog stana. Protok u krugu grijanja se regulira otvaranjem i zatvaranjem ventila na razdjelniku podnog grijanja upravljanih preko zonskih termostata. Za izjednačavanje razlike u količini vode između pumpe kruga kolektora u tlu i pumpe međukruga je uz krugove grijanja predviđen međuspremnik ogrjevnice vode. Toplina koja nije preuzeta od strane krugova grijanja se pohranjuje u međuspremniku ogrjevnice vode. Nakon pada ispod zadane temperature na gornjem osjetniku temperature međuspremnik, dizalica topline se opet uključuje. Regulacija kruga površinskog grijanja, vrši se promjenom protoka kroz krugove površinskog grijanja. Kao sustav regulacije odabran je "Danfoss link" bežični sustav regulacije proizvođača Danfoss. U petlje površinskog grijanja, na priključku na sabirnik, ugrađeni su zonski ventili sa elektrotermičkim pogonom "TWA-A" koji su povezani (žično) sa regulacijskim razdjelnikom "Danfoss link HC". Korisnik željenu temperaturu prostorije namješta na sobnom termostatu "Danfoss link RS" koji bežično komunicira sa centralnom upravljačkom jedinicom "Danfoss link CC". Sobni termostat ima ugrađen elektronički senzor za mjerenje sobne temperature te se s njime postavlja željena sobna temperatura. Centralna kontrolna jedinica "Danfoss link CC" zatim šalje signal prema regulatoru "Danfoss link HC" koji zatvara, ili otvara zonske ventile pripadajućih krugova za tu prostoriju preko elektrotermičkog pogona ventila. Centralne kontrolne jedinice povezane su sa dizalicom topline kojoj šalju signal da se uključi ili isključi ovisno o potrebi.

8.2. POTROŠNA TOPLA VODA

Za pripremu potrošne tople vode koristi se akumulacijski sustav sa bivalentnim spremnikom koji se zagrijava sa solarnim kolektorima uz podršku dizalice topline. Solarni kolektori pokrivaju cjelokupnu potrebu za PTV-om samo tijekom ljetnih mjeseci. Solarni kolektorski sustav sastoji se od pet kolektora "Vitosol 100-F-SV1A" proizvođača Viessmann ukupne površine 11,6 m² koji su postavljeni na ravni krov uz fiksni nagib od 45° od horizontale i orijentirani prema jugu. Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV-a iznosi 8253,94 kWh a solarni sustav pokriva 66 % ukupne potrebne toplinske energije za pripremu potrošne tople vode. Proračunati cjevovod solarnog kruga Φ Cu 18x1mm, od donjeg izmjenjivača bivalentnog spremnika do solarnih kolektora, vodi se po zidu objekta (fasadi) i izolira se

"Armaflex HT" izolacijom proizvođača Armacell debljine 20 mm. Prisilna cirkulacija ostvarena je pumpom 'P10 25-60' koja se nalazi u dvocijevnoj solarnoj pumpnoj stanici 'Solar-Divicon PS10' proizvođača Grundfos. Ekspanzijska posuda solarnog kruga je volumena 50 litara proizvođača Elbi. Pretpostavljena je dnevna potrošnja od 560 litara potrošne tople vode te je odabran bivalentni spremnik "Vitocell 100-B_CVB" volumena 500 litara proizvođača Viessmann. Spremnik ima dva izmjenjivača. Gornji indirektni izmjenjivač služi za zagrijavanje vode dizalicom topline dok donji izmjenjivač služi za indirektno zagrijavanje vode pomoću solarnog sustava. Regulacija solarnog kruga upravljana je solarnim regulatorom "Vitosolic 100". Regulator je potpuno opremljen sustav za solarne uređaje s kolektorskim poljem i solarnim spremnikom. On upravlja pumpom solarnog kruga, te ima osjetnike temperature kolektora, temperature spremnika PTV-a te osjetnik temperature polazne vode prema kolektoru. Ako je grijanje PTV-a potrebno i temperaturna razlika donjeg osjetnika temperature kolektora i osjetnika temperature spremnika prelazi podešenu vrijednost, uključuje se cirkulacijska pumpa u solarnoj stanici i spremnik PTV-a se zagrijava. Grijanje spremnika PTV-a putem solarne instalacije odvija se do zadane vrijednosti podešene u solarnom regulatoru. U slučaju ako energija dozračena od sunca nije dovoljno za zagrijavanje PTV-a, voda se dizalicom topline grije na 60°C. Zahtjev zagrijavanja upućuje se preko gornjeg osjetnika temperature spremnika PTV-a i regulatora dizalice topline, prema cirkulacijskoj pumpi za dogrijavanje spremnika. Temperatura polaznog voda se povisuje od strane regulatora na vrijednost potrebnu za zagrijavanje PTV-a. Razvodni cjevovod tople vode od akumulacijskog spremnika do trošila PTV-a stalno je ispunjen toplom vodom. Ukoliko neko vrijeme nema potrošnje vode, temperatura joj pada zbog toplinskih gubitaka cijevi. Zato je ugrađen recirkulacijski vod sa pumpom "UP 15-14 BU" proizvođača Grundfos. Na taj način se omogućuje miješanje ohlađene vode u cijevima sa toplom vodom iz spremnika PTV-a te se održava stalna temperatura vode na izljevnim mjestima. Za utrošak zajedničke toplinske energije za pripremu PTV-a predviđen je kalorimetar Danfoss koji se ugrađuje na ogrjevni krug PTV-a. Potrošnja tople vode po stanovima mjeri se na vodomjerima " ugrađenim na ulazu u stan. Utrošak ukupne količine sanitarne vode mjeri se na zajedničkom vodomjeru na ulazu u spremnik PTV-a. Omjer utrošene količine vode po svakom stanu te zajedničke potrošnje vode koristi se kao parametar za raspodjelu utrošene toplinske energije očitane na kalorimetru ugrađenom na ogrjevnom cjevovodu PTV-a. Na taj način se ukupno utrošena toplinska energija za pripremu PTV-a i sanitarna voda proporcionalno dijeli po stanovima.

9. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu izveden je projekt grijanja stambene zgrade s pet stanova na tri etaže. Izrada projekta provedena je u skladu sa svim važećim normama i pravilnicima te u skladu sa svim pravilima struke. Sustav je izveden kao niskotemperaturni sustav s dizalicom topline tlo-voda i sa površinskim grijanjem (podnim i zidnim) temperaturnog režima 38/32 °C, vrijednosti koeficijenta prolaza topline građevnih elemenata su pretpostavljene kako bi omogućile primjenu takvog sustava grijanja. Sa stajališta toplinske ugone niskotemperaturni sustav sa površinskim grijanjem bio je bio bolji izbor u odnosu na isti sustav ali sa radijatorima kao grijaćim tijelima. Osim aspekta toplinske ugone razlog za odabir podnog sustava je i sam način ugradnje kojim se ne zauzima prostor u boravišnim prostorijama i ne narušava izgled istih. Sustav također koristi pumpe male snage jer je kvalitetno dimenzioniran sa međuspremnikom topline koji podržava mirniji rad dizalice topline. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje stambene zgrade, svedena na jedinicu korisne površine iznosi 23,167 kWh/m²a. Prema važećem pravilniku o energetske pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada ova stambena zgrada spada u energetski razred A. Sustavi grijanja i pripreme potrošne tople vode sa dizalicama topline i solarnim kolektorima su tehnologije koje pridonose smanjenju emisije stakleničkih plinova zbog smanjenog korištenja fosilnih goriva. Razlog zašto se ovakvi sustavi za sada toliko često ne koriste su visoki investicijski troškovi.

LITERATURA

- [1] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Grijanje“, FSB, Zagreb
- [2] Razni autori: Osnove primjene dizalica topline, Energetika marketing, 2009
- [3] V. Soldo, S. Novak: Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790
- [4] Razni autori: Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama
- [5] Viessmann: Vitocal (5,7 do 117,8 kW) -Upute za projektiranje
- [6] Viessmann: Vitosol -Upute za projektiranje
- [7] Vaillant, Projektantske podloge
- [8] Grundfos, <https://product-selection.grundfos.com/>
- [9] Wilo, <http://productfinder.wilo.com/com/en/Wilo/home.html>
- [10] Imera, <http://www.imer.it/home/>
- [11] Danfoss, <http://www.danfoss.com/>
- [12] <https://www.rehau.com/download/1044796/raugeo-tehnicka-informacija.pdf>
- [13] A. Galović: Termodinamika II, FSB, 2013.
- [14] Podloge za vježbe iz kolegija „Grijanje: Metoda proračuna toplinskog opterećenja prema HRN EN 12831
- [15] <https://catalog.uponor.com/hr-HR/catalog/>

PRILOZI

- Prilog 1 - Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831
- Prilog 2 - Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{h,nd}$ prema HRN EN ISO 13790
- Prilog 3 - Određivanje potrebne površine solarnih kolektora prema HRN EN 15316-4-3
- Prilog 4 – Tehnički nacrti

Prilog 1 - Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Projekt:																					
2	Toplinski gubici																					
3																						
4																						
5																						
6	Prizemlje \ Stan S1			Prostorija:				P1 1.1														
7	Duljina (m)			35,70				T (m)				5,00										
8	Širina (m)			1,00				Gw				1,00										
9	Površina (m²)			35,70				f g1				1,45										
10	Visina (m)			2,66				Broj otvora				2										
11	Volumen (m³)			94,96				e i				0,03										
12	Oplošje (m²)			266,64				f vi				1,00										
13	Visina iznad tla (m)			0,41				V ex (m³/h)				0,00										
14	Theta int, i (°C)			20				V su (m³/h)				0,00										
15	Theta e (°C)			- 15				V su,i (m³/h)				0,00										
16	f RH			0,00				n min (1/h)				0,50										
17	Korekcijski faktor - fh,i			1,00																		
18	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/S (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
19	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	2,55	3,00	7,65	+	7,65	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,656	23
20	VP	okolici	Z	1	2,10	2,30	4,83	-	4,83	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,830	169
21	VP	okolici	Z	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58
22	VZ	okolici	Z	1	10,20	3,00	30,60	+	24,09	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,818	168
23	VP	okolici	J	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58
24	VZ	okolici	J	1	4,40	3,00	13,20	+	11,52	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,304	80
25	P	zemlji (pod)	hor.	1	35,70	1,00	35,70	+	35,70	14,60	4,89	0,00	0,200	0,17	- 13	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	2,263	79
26	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	35,70	1,00	35,70	+	35,70	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	1,530	53
27																						
28	Rezultati proračuna																					
29	Phi V,inf (W)			34				Phi T,i (W)				691										
30	Phi V,min (W)			47				Phi V,i (W)				565										
31	Phi V,mech,inf			0				Phi V,mech (W)				407										
32	Phi V,su (W)			0				Phi (W)				1256										
33	Phi RH (W)			0				Phi/A (W/m²)				35										
34	Phi/V (W/m³)			13																		
35																						
36																						
37	Prizemlje \ Stan S1			Prostorija:				P2 1.2														
38	Duljina (m)			10,90				T (m)				5,00										
39	Širina (m)			1,00				Gw				1,00										
40	Površina (m²)			10,90				f g1				1,45										
41	Visina (m)			2,66				Broj otvora				1										
42	Volumen (m³)			28,99				e i				0,02										
43	Oplošje (m²)			85,11				f vi				1,00										
44	Visina iznad tla (m)			0,41				V ex (m³/h)				0,00										
45	Theta int, i (°C)			20				V su (m³/h)				0,00										
46	Theta e (°C)			- 15				V su,i (m³/h)				0,00										
47	f RH			0,00				n min (1/h)				0,50										
48	Korekcijski faktor - fh,i			1,00																		
49	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/S (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
50	VP	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58
51	VZ	okolici	I	1	3,70	3,00	11,10	+	9,42	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,884	65
52	VZ	okolici	J	1	3,40	3,00	10,20	+	10,20	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,040	71
53	P	zemlji (pod)	hor.	1	10,90	1,00	10,90	+	10,90	7,10	3,07	0,00	0,200	0,17	- 13	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,691	24
54	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	10,90	1,00	10,90	+	10,90	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,467	16
55																						
56	Rezultati proračuna																					
57	Phi V,inf (W)			7				Phi T,i (W)				236										
58	Phi V,min (W)			14				Phi V,i (W)				172										
59	Phi V,mech,inf			0				Phi V,mech (W)				83										
60	Phi V,su (W)			0				Phi (W)				408										
61	Phi RH (W)			0				Phi/A (W/m²)				37										
62	Phi/V (W/m³)			14																		
63																						
64																						
65	Prizemlje \ Stan S1			Prostorija:				P3 1.3														
66	Duljina (m)			9,80				T (m)				5,00										
67	Širina (m)			1,00				Gw				1,00										
68	Površina (m²)			9,80				f g1				1,45										
69	Visina (m)			2,66				Broj otvora				1										
70	Volumen (m³)			26,07				e i				0,02										
71	Oplošje (m²)			77,06				f vi				1,00										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V			
72	Visina iznad tla (m)						0,41	V ex (m³/h)						0,00											
73	Theta int, i (°C)						20	V su (m³/h)						0,00											
74	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						0,00											
75	f RH						0,00	n min (1/h)						0,50											
76	Korekcijski faktor - fh,i						1,00																		
77	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
78	VP	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58			
79	VZ	okolici	I	1	2,85	3,00	8,55	+	6,87	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,374	48			
80	P	zemlji (pod)	hor.	1	9,80	1,00	9,80	+	9,80	2,85	6,88	0,00	0,200	0,17	- 13	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,621	21			
81	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	9,80	1,00	9,80	+	9,80	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,420	14			
82																									
83	Rezultati proračuna																								
84	Phi V,inf (W)						6	Phi T,i (W)						143											
85	Phi V,min (W)						13	Phi V,i (W)						155											
86	Phi V,mech,inf						0	Phi V,mech (W)						74											
87	Phi V,su (W)						0	Phi (W)						298											
88	Phi RH (W)						0	Phi/A (W/m²)						30											
89	Phi/V (W/m³)						11																		
90																									
91																									
92	Prizemlje \ Stan S1				Prostorija:				P4 1.4																
93	Duljina (m)						3,50	T (m)						5,00											
94	Širina (m)						1,00	Gw						1,00											
95	Površina (m²)						3,50	f g1						1,45											
96	Visina (m)						2,66	Broj otvora						1											
97	Volumen (m³)						9,31	e i						0,02											
98	Oplošje (m²)						30,94	f vi						0,10											
99	Visina iznad tla (m)						0,41	V ex (m³/h)						0,00											
100	Theta int, i (°C)						24	V su (m³/h)						0,00											
101	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						40,00											
102	f RH						0,00	n min (1/h)						0,00											
103	Korekcijski faktor - fh,i						1,00																		
104	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
105	VP	okolici	I	1	0,60	0,80	0,48	-	0,48	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,480	18			
106	VZ	okolici	I	1	2,00	3,00	6,00	+	5,52	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,104	43			
107	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,15	3,00	6,45	+	6,45	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,794	31			
108	UV	grijanoj prostoriji	hor.	1	0,70	2,10	1,47	-	1,47	0,00	0,00	0,00	2,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,332	12			
109	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,00	3,00	6,00	+	4,53	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,558	21			
110	P	zemlji (pod)	hor.	1	3,50	1,00	3,50	+	3,50	2,00	3,50	0,00	0,200	0,17	- 15	1,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,288	11			
111	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,50	1,00	3,50	+	3,50	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,242	9			
112																									
113	Rezultati proračuna																								
114	Phi V,inf (W)						2	Phi T,i (W)						148											
115	Phi V,min (W)						0	Phi V,i (W)						84											
116	Phi V,mech,inf						0	Phi V,mech (W)						84											
117	Phi V,su (W)						54	Phi (W)						232											
118	Phi RH (W)						0	Phi/A (W/m²)						66											
119	Phi/V (W/m³)						24																		
120																									
121																									
122	Prizemlje \ Stan S1				Prostorija:				P5 1.5																
123	Duljina (m)						4,30	T (m)						5,00											
124	Širina (m)						1,00	Gw						1,00											
125	Površina (m²)						4,30	f g1						1,45											
126	Visina (m)						2,66	Broj otvora						1											
127	Volumen (m³)						11,44	e i						0,02											
128	Oplošje (m²)						36,80	f vi						0,10											
129	Visina iznad tla (m)						0,41	V ex (m³/h)						0,00											
130	Theta int, i (°C)						24	V su (m³/h)						0,00											
131	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						50,00											
132	f RH						0,00	n min (1/h)						0,00											
133	Korekcijski faktor - fh,i						1,00																		
134	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
135	VP	okolici	I	1	0,80	0,60	0,48	-	0,48	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,480	18			
136	VZ	okolici	I	1	2,35	3,00	7,05	+	6,57	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,314	51			
137	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,15	3,00	6,45	+	6,45	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,794	31			
138	UV	grijanoj prostoriji	hor.	1	0,70	2,10	1,47	-	1,47	0,00	0,00	0,00	2,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,332	12			
139	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,40	3,00	7,20	+	5,73	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,705	27			
140	P	zemlji (pod)	hor.	1	4,30	1,00	4,30	+	4,30	2,35	3,66	0,00	0,200	0,17	- 13	1,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,353	13			
141	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	4,30	1,00	4,30	+	4,30	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,298	11			

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
142																						
143	Rezultati proračuna																					
144	Phi V,inf (W)					3	Phi T,i (W)					166										
145	Phi V,min (W)					0	Phi V,i (W)					104										
146	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					104										
147	Phi V,su (W)					68	Phi (W)					270										
148	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					62										
149	Phi/V (W/m³)					23																
150																						
151																						
152	Prizemlje \ Stan S1					Prostorija:					P6 1.6											
153	Duljina (m)					3,90	T (m)					5,00										
154	Širina (m)					1,00	Gw					1,00										
155	Površina (m²)					3,90	f g1					1,45										
156	Visina (m)					2,66	Broj otvora					0										
157	Volumen (m³)					10,37	e i					0,00										
158	Oplošje (m²)					33,87	f vi					0,00										
159	Visina iznad tla (m)					0,41	V ex (m³/h)					0,00										
160	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00										
161	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					60,00										
162	f RH					0,00	n min (1/h)					0,00										
163	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																
164	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
165	VZ	okolici	I	1	2,15	3,00	6,45	6,45	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,290	45
166	P	zemlji (pod)	hor.	1	3,90	1,00	3,90	+	3,90	2,15	3,63	0,00	0,200	0,17	- 13	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,247	8
167	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,90	1,00	3,90	+	3,90	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,167	5
168																						
169	Rezultati proračuna																					
170	Phi V,inf (W)					0	Phi T,i (W)					59										
171	Phi V,min (W)					0	Phi V,i (W)					0										
172	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					0										
173	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					59										
174	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					15										
175	Phi/V (W/m³)					5																
176																						
177																						
178	Prizemlje \ Stan S1					Prostorija:					P7 1.7											
179	Duljina (m)					11,70	T (m)					5,00										
180	Širina (m)					1,00	Gw					1,00										
181	Površina (m²)					11,70	f g1					1,45										
182	Visina (m)					2,66	Broj otvora					1										
183	Volumen (m³)					31,12	e i					0,02										
184	Oplošje (m²)					90,96	f vi					1,00										
185	Visina iznad tla (m)					0,41	V ex (m³/h)					0,00										
186	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00										
187	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00										
188	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50										
189	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																
190	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
191	VP	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58
192	VZ	okolici	I	1	3,35	3,00	10,05	+	8,37	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,674	58
193	ZG	negrijanoj prostoriji	S	1	3,30	3,00	9,90	+	9,90	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 10	1,00	0,86	0,00	0,00	0,00	2,546	89
194	ZH	negrijanoj prostoriji	Z	1	5,35	3,00	16,05	+	16,05	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	1,376	48
195	P	zemlji (pod)	hor.	1	11,70	1,00	11,70	+	11,70	6,60	3,55	0,00	0,200	0,17	- 13	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,742	26
196	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	11,70	1,00	11,70	+	11,70	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,501	17
197																						
198	Rezultati proračuna																					
199	Phi V,inf (W)					8	Phi T,i (W)					298										
200	Phi V,min (W)					16	Phi V,i (W)					185										
201	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					89										
202	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					483										
203	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					41										
204	Phi/V (W/m³)					15																
205																						
206																						
207	Prizemlje \ Stan S1					Prostorija:					P8 1.8											
208	Duljina (m)					8,80	T (m)					5,00										
209	Širina (m)					1,00	Gw					1,00										
210	Površina (m²)					8,80	f g1					1,45										
211	Visina (m)					2,66	Broj otvora					1										
212	Volumen (m³)					23,41	e i					0,02										
213	Oplošje (m²)					69,74	f vi					1,00										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V			
214	Visina iznad tla (m)					0,41	V ex (m³/h)					0,00													
215	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00													
216	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00													
217	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50													
218	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																			
219	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
220	UVH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,00	2,10	2,10	-	2,10	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	1,080	37			
221	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,90	3,00	5,70	+	3,60	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,309	10			
222	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	0,65	3,00	1,95	+	1,95	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,167	5			
223	P	zemlji (centralna prostorija)	hor.	1	8,80	1,00	8,80	+	8,80	0,00	8,22	0,00	0,200	0,16	- 13	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,525	18			
224	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	8,80	1,00	8,80	+	8,80	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,377	13			
225																									
226	Rezultati proračuna																								
227	Phi V,inf (W)					6	Phi T,i (W)					86													
228	Phi V,min (W)					12	Phi V,i (W)					139													
229	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					67													
230	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					225													
231	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					25													
232	Phi/V (W/m³)					9																			
233																									
234																									
235	1. Kat \ Stan S3				Prostorija:			P1 3.1																	
236	Duljina (m)					34,60	T (m)					5,00													
237	Širina (m)					1,00	Gw					1,00													
238	Površina (m²)					34,60	f g1					1,45													
239	Visina (m)					2,66	Broj otvora					2													
240	Volumen (m³)					92,04	e i					0,03													
241	Oplošje (m²)					258,59	f vi					1,00													
242	Visina iznad tla (m)					3,41	V ex (m³/h)					0,00													
243	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00													
244	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00													
245	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50													
246	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																			
247	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
248	VP	okolici	Z	1	2,10	2,30	4,83	-	4,83	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,830	169			
249	VZ	okolici	Z	1	10,25	3,00	30,75	+	25,92	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,184	181			
250	VP	okolici	J	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58			
251	VZ	okolici	J	1	3,80	3,00	11,40	+	9,72	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,944	68			
252	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,10	3,00	9,30	+	9,30	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,797	27			
253	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	34,60	1,00	34,60		34,60	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	1,483	51			
254	K	okolici	hor.	1	13,20	1,00	13,20	+	13,20	0,00	0,00	0,00	0,180	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,376	83			
255	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	21,40	1,00	21,40	+	21,40	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,917	32			
256																									
257	Rezultati proračuna																								
258	Phi V,inf (W)					33	Phi T,i (W)					672													
259	Phi V,min (W)					46	Phi V,i (W)					548													
260	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					394													
261	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					1220													
262	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					35													
263	Phi/V (W/m³)					13																			
264																									
265																									
266	1. Kat \ Stan S3				Prostorija:			P2 3.2																	
267	Duljina (m)					13,00	T (m)					5,00													
268	Širina (m)					1,00	Gw					1,00													
269	Površina (m²)					13,00	f g1					1,45													
270	Visina (m)					2,66	Broj otvora					1													
271	Volumen (m³)					34,58	e i					0,02													
272	Oplošje (m²)					100,48	f vi					1,00													
273	Visina iznad tla (m)					3,41	V ex (m³/h)					0,00													
274	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00													
275	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00													
276	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50													
277	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																			
278	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
279	VP	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58			
280	VZ	okolici	I	1	3,70	3,00	11,10	+	9,42	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,884	65			
281	VZ	okolici	J	1	3,95	3,00	11,85	+	11,85	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,370	83			
282	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	13,00	1,00	13,00	+	13,00	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,557	19			

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
283	K	okolici	hor.	1	13,00	1,00	13,00	+	13,00	0,00	0,00	0,00	0,180	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,340	81	
284																							
285	Rezultati proračuna																						
286	Phi V,inf (W)					8	Phi T,i (W)					309											
287	Phi V,min (W)					17	Phi V,i (W)					206											
288	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					99											
289	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					515											
290	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					39											
291	Phi/V (W/m³)					14																	
292																							
293																							
294	1. Kat \ Stan S3					Prostorija:					P3 3.3												
295	Duljina (m)					9,80	T (m)					5,00											
296	Širina (m)					1,00	Gw					1,00											
297	Površina (m²)					9,80	f g1					1,45											
298	Visina (m)					2,66	Broj otvora					1											
299	Volumen (m³)					26,07	e i					0,02											
300	Oplošje (m²)					77,06	f vi					1,00											
301	Visina iznad tla (m)					3,41	V ex (m³/h)					0,00											
302	Theta int, i (°C)					20	V su (m³/h)					0,00											
303	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					0,00											
304	f RH					0,00	n min (1/h)					0,50											
305	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
306	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
307	VP	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58	
308	VZ	okolici	I	1	2,85	3,00	8,55	+	6,87	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,374	48	
309	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	9,80	1,00	9,80	+	9,80	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,420	14	
310	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	9,80	1,00	9,80		9,80	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,420	14	
311																							
312	Rezultati proračuna																						
313	Phi V,inf (W)					6	Phi T,i (W)					136											
314	Phi V,min (W)					13	Phi V,i (W)					155											
315	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					74											
316	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					291											
317	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					29											
318	Phi/V (W/m³)					11																	
319																							
320																							
321	1. Kat \ Stan S3					Prostorija:					P4 3.4												
322	Duljina (m)					3,80	T (m)					5,00											
323	Širina (m)					1,00	Gw					1,00											
324	Površina (m²)					3,80	f g1					1,45											
325	Visina (m)					2,66	Broj otvora					1											
326	Volumen (m³)					10,11	e i					0,02											
327	Oplošje (m²)					33,14	f vi					0,10											
328	Visina iznad tla (m)					3,41	V ex (m³/h)					0,00											
329	Theta int, i (°C)					24	V su (m³/h)					0,00											
330	Theta e (°C)					- 15	V su,i (m³/h)					40,00											
331	f RH					0,00	n min (1/h)					0,00											
332	Korekcijski faktor - fh,i					1,00																	
333	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
334	VP	okolici	I	1	0,80	0,60	0,48	-	0,48	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,480	18	
335	VZ	okolici	I	1	1,95	3,00	5,85	+	5,37	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,074	41	
336	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	2	2,30	3,00	6,90	+	13,80	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,698	66	
337	UV	grijanoj prostoriji	hor.	1	0,70	2,10	1,47	-	1,47	0,00	0,00	0,00	2,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,332	12	
338	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,95	3,00	5,85	+	4,38	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,539	21	
339	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,80	1,00	3,80	+	3,80	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,263	10	
340	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,80	1,00	3,80	+	3,80	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,263	10	
341																							
342	Rezultati proračuna																						
343	Phi V,inf (W)					2	Phi T,i (W)					181											
344	Phi V,min (W)					0	Phi V,i (W)					87											
345	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					87											
346	Phi V,su (W)					54	Phi (W)					268											
347	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					70											
348	Phi/V (W/m³)					26																	
349																							
350																							
351	1. Kat \ Stan S3					Prostorija:					P5 3.5												
352	Duljina (m)					2,40	T (m)					5,00											
353	Širina (m)					1,00	Gw					1,00											
354	Površina (m²)					2,40	f g1					1,45											

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V			
355	Visina (m)						2,66	Broj otvora						1											
356	Volumen (m³)						6,38	e i						0,02											
357	Oplošje (m²)						22,89	f vi						0,00											
358	Visina iznad tla (m)						3,41	V ex (m³/h)						0,00											
359	Theta int, i (°C)						20	V su (m³/h)						0,00											
360	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						30,00											
361	f RH						0,00	n min (1/h)						0,00											
362	Korekcijski faktor - fh,i						1,00																		
363	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/S (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
364	VP	okolici	I	1	0,60	0,80	0,48	-	0,48	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,480	16			
365	VZ	okolici	I	1	1,70	3,00	5,10	+	4,62	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,924	32			
366	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	2,40	1,00	2,40	+	2,40	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,103	3			
367	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	2,40	1,00	2,40	+	2,40	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,103	3			
368																									
369	Rezultati proračuna																								
370	Phi V,inf (W)						2	Phi T,i (W)						56											
371	Phi V,min (W)						0	Phi V,i (W)						18											
372	Phi V,mech,inf						0	Phi V,mech (W)						18											
373	Phi V,su (W)						0	Phi (W)						74											
374	Phi RH (W)						0	Phi/A (W/m²)						30											
375	Phi/V (W/m³)						11																		
376																									
377																									
378	1. Kat \ Stan S3				Prostorija:				P6 3.6																
379	Duljina (m)						8,10	T (m)						5,00											
380	Širina (m)						1,00	Gw						1,00											
381	Površina (m²)						8,10	f g1						1,45											
382	Visina (m)						2,66	Broj otvora						1											
383	Volumen (m³)						21,55	e i						0,02											
384	Oplošje (m²)						64,61	f vi						1,00											
385	Visina iznad tla (m)						3,41	V ex (m³/h)						0,00											
386	Theta int, i (°C)						20	V su (m³/h)						0,00											
387	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						0,00											
388	f RH						0,00	n min (1/h)						0,50											
389	Korekcijski faktor - fh,i						1,00																		
390	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/S (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
391	VP	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58			
392	VZ	okolici	I	1	2,85	3,00	8,55	+	6,87	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,374	48			
393	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	2,75	3,00	8,25	+	8,25	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,707	24			
394	UZS	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,30	3,00	9,90	+	9,90	0,00	0,00	0,00	0,500	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,707	24			
395	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	8,10	1,00	8,10	+	8,10	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,347	12			
396	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	8,10	1,00	8,10	+	8,10	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,347	12			
397																									
398	Rezultati proračuna																								
399	Phi V,inf (W)						5	Phi T,i (W)						180											
400	Phi V,min (W)						11	Phi V,i (W)						128											
401	Phi V,mech,inf						0	Phi V,mech (W)						62											
402	Phi V,su (W)						0	Phi (W)						308											
403	Phi RH (W)						0	Phi/A (W/m²)						38											
404	Phi/V (W/m³)						14																		
405																									
406																									
407	1. Kat \ Stan S3				Prostorija:				P7 3.7																
408	Duljina (m)						7,50	T (m)						5,00											
409	Širina (m)						1,00	Gw						1,00											
410	Površina (m²)						7,50	f g1						1,45											
411	Visina (m)						2,66	Broj otvora						1											
412	Volumen (m³)						19,95	e i						0,02											
413	Oplošje (m²)						60,22	f vi						1,00											
414	Visina iznad tla (m)						3,41	V ex (m³/h)						0,00											
415	Theta int, i (°C)						20	V su (m³/h)						0,00											
416	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						0,00											
417	f RH						0,00	n min (1/h)						0,50											
418	Korekcijski faktor - fh,i						1,00																		
419	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/S (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
420	UVH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,00	2,10	2,10	-	2,10	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	1,080	37			
421	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,40	3,00	4,20	+	2,10	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,180	6			
422	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	7,50	1,00	7,50	+	7,50	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,321	11			
423	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	7,50	1,00	7,50	+	7,50	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,321	11			
424																									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
496	1. Kat \ Stan S2				Prostorija:			P3 2.3														
497	Duljina (m)				4,60			T (m)			5,00											
498	Širina (m)				1,00			Gw			1,00											
499	Površina (m²)				4,60			f g1			1,45											
500	Visina (m)				2,66			Broj otvora			1											
501	Volumen (m³)				12,24			e i			0,02											
502	Oplošje (m²)				38,99			f vi			0,10											
503	Visina iznad tla (m)				3,41			V ex (m³/h)			0,00											
504	Theta int, i (°C)				24			V su (m³/h)			0,00											
505	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m³/h)			50,00											
506	f RH				0,00			n min (1/h)			0,00											
507	Korekcijski faktor -				1,00																	
508	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/S (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
509	VP	okolici	I	1	0,80	0,60	0,48	-	0,48	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,480	18
510	VZ	okolici	I	1	2,02	3,00	6,06	+	5,58	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,116	43
511	UZS	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,90	3,00	8,70		8,70	0,00	0,00	0,00	0,500	0,00	15	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	1,004	39
512	UV	grijanoj prostoriji	hor.	1	0,70	2,10	1,47	-	1,47	0,00	0,00	0,00	2,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,332	12
513	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,02	3,00	6,06	+	4,59	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,565	22
514	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	1	2,90	3,00	8,70	+	8,70	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,071	41
515	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	4,60	1,00	4,60	+	4,60	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,318	12
516	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	4,60	1,00	4,60	-	4,60	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,318	12
517																						
518	Rezultati proračuna																					
519	Phi V,inf (W)				3			Phi T,i (W)			202											
520	Phi V,min (W)				0			Phi V,i (W)			107											
521	Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)			107											
522	Phi V,su (W)				68			Phi (W)			309											
523	Phi RH (W)				0			Phi/A (W/m²)			67											
524	Phi/V (W/m³)				25																	
525																						
526																						
527	2. Kat \ Stan S5				Prostorija:			P1 5.1														
528	Duljina (m)				21,40			T (m)			5,00											
529	Širina (m)				1,00			Gw			1,00											
530	Površina (m²)				21,40			f g1			1,45											
531	Visina (m)				2,66			Broj otvora			2											
532	Volumen (m³)				56,92			e i			0,03											
533	Oplošje (m²)				161,97			f vi			1,00											
534	Visina iznad tla (m)				3,41			V ex (m³/h)			0,00											
535	Theta int, i (°C)				20			V su (m³/h)			0,00											
536	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m³/h)			0,00											
537	f RH				0,00			n min (1/h)			0,50											
538	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																	
539	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/S (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
540	VP	okolici	Z	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58
541	VZ	okolici	Z	1	6,55	3,00	19,65	+	17,97	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,594	125
542	VP	okolici	J	1	2,10	2,30	4,83	-	4,83	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,830	169
543	VZ	okolici	J	1	3,80	3,00	11,40	+	6,57	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,314	46
544	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,10	3,00	9,30	+	9,30	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,797	27
545	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	21,40	1,00	21,40		21,40	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,917	32
546	K	okolici	hor.	1	21,40	1,00	21,40	+	21,40	0,00	0,00	0,00	0,180	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,852	134
547																						
548	Rezultati proračuna																					
549	Phi V,inf (W)				21			Phi T,i (W)			594											
550	Phi V,min (W)				28			Phi V,i (W)			339											
551	Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)			244											
552	Phi V,su (W)				0			Phi (W)			933											
553	Phi RH (W)				0			Phi/A (W/m²)			43											
554	Phi/V (W/m³)				16																	
555																						
556																						
557	2. Kat \ Stan S5				Prostorija:			P2 5.2														
558	Duljina (m)				9,80			T (m)			5,00											
559	Širina (m)				1,00			Gw			1,00											
560	Površina (m²)				9,80			f g1			1,45											
561	Visina (m)				2,66			Broj otvora			1											
562	Volumen (m³)				26,07			e i			0,02											
563	Oplošje (m²)				77,06			f vi			1,00											
564	Visina iznad tla (m)				3,41			V ex (m³/h)			0,00											
565	Theta int, i (°C)				20			V su (m³/h)			0,00											
566	Theta e (°C)				- 15			V su,i (m³/h)			0,00											
567	f RH				0,00			n min (1/h)			0,50											

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V		
568	Korekcijski faktor -					1,00																		
	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)			
569	VP	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58		
570	VZ	okolici	I	1	2,85	3,00	8,55	+	6,87	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,374	48		
571	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	9,80	1,00	9,80	+	9,80	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,420	14		
572	K	okolici	hor.	1	9,80	1,00	9,80		9,80	0,00	0,00	0,00	0,180	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,764	61		
573	VZ	okolici	J	1	3,90	3,00	11,70	+	11,70	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,340	81		
574																								
575																								
576	Rezultati proračuna																							
577	Phi V,inf (W)					6		Phi T,i (W)					265											
578	Phi V,min (W)					13		Phi V,i (W)					155											
579	Phi V,mech,inf					0		Phi V,mech (W)					74											
580	Phi V,su (W)					0		Phi (W)					420											
581	Phi RH (W)					0		Phi/A (W/m²)					42											
582	Phi/V (W/m³)					16																		
583																								
584																								
585	2. Kat \ Stan S5				Prostorija:			P3 5.3																
586	Duljina (m)					3,80		T (m)					5,00											
587	Širina (m)					1,00		Gw					1,00											
588	Površina (m²)					3,80		f g1					1,45											
589	Visina (m)					2,66		Broj otvora					1											
590	Volumen (m³)					10,11		e i					0,02											
591	Oplošje (m²)					33,14		f vi					0,10											
592	Visina iznad tla (m)					3,41		V ex (m³/h)					0,00											
593	Theta int, i (°C)					24		V su (m³/h)					0,00											
594	Theta e (°C)					- 15		V su,i (m³/h)					40,00											
595	f RH					0,00		n min (1/h)					0,00											
596	Korekcijski faktor -					1,00																		
	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)			
597	VP	okolici	I	1	0,80	0,60	0,48	-	0,48	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,480	18		
598	VZ	okolici	I	1	1,95	3,00	5,85	+	5,37	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,074	41		
599	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	2	2,30	3,00	6,90	+	13,80	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,698	66		
600	UV	grijanoj prostoriji	hor.	1	0,70	2,10	1,47	-	1,47	0,00	0,00	0,00	2,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,332	12		
601	UZ	grijanoj prostoriji	hor.	1	1,95	3,00	5,85	+	4,38	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	20	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,539	21		
602	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,80	1,00	3,80	+	3,80	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,263	10		
603	K	okolici	hor.	1	3,80	1,00	3,80	+	3,80	0,00	0,00	0,00	0,180	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,684	26		
604																								
605																								
606	Rezultati proračuna																							
607	Phi V,inf (W)					2		Phi T,i (W)					197											
608	Phi V,min (W)					0		Phi V,i (W)					87											
609	Phi V,mech,inf					0		Phi V,mech (W)					87											
610	Phi V,su (W)					54		Phi (W)					284											
611	Phi RH (W)					0		Phi/A (W/m²)					74											
612	Phi/V (W/m³)					28																		
613																								
614																								
615	2. Kat \ Stan S5				Prostorija:			P4 5.4																
616	Duljina (m)					2,40		T (m)					5,00											
617	Širina (m)					1,00		Gw					1,00											
618	Površina (m²)					2,40		f g1					1,45											
619	Visina (m)					2,66		Broj otvora					1											
620	Volumen (m³)					6,38		e i					0,02											
621	Oplošje (m²)					22,89		f vi					1,00											
622	Visina iznad tla (m)					3,41		V ex (m³/h)					0,00											
623	Theta int, i (°C)					20		V su (m³/h)					0,00											
624	Theta e (°C)					- 15		V su,i (m³/h)					0,00											
625	f RH					0,00		n min (1/h)					0,50											
626	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 u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)			
627	VP	okolici	I	1	0,60	0,80	0,48	-	0,48	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,480	16		
628	VZ	okolici	I	1	1,70	3,00	5,10	+	4,62	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,924	32		
629	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	2,40	1,00	2,40	+	2,40	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,103	3		
630	K	okolici	hor.	1	2,40	1,00	2,40	+	2,40	0,00	0,00	0,00	0,180	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,432	15		
631																								
632																								
633	Rezultati proračuna																							
634	Phi V,inf (W)					2		Phi T,i (W)					67											
635	Phi V,min (W)					3		Phi V,i (W)					38											
636	Phi V,mech,inf					0		Phi V,mech (W)					18											
637	Phi V,su (W)					0		Phi (W)					105											

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
638	Phi RH (W)						0	Phi/A (W/m²)						43								
639	Phi/V (W/m³)						16															
640																						
641																						
642	2. Kat \ Stan S5						Prostorija:						P5 5.5									
643	Duljina (m)						8,10	T (m)						5,00								
644	Širina (m)						1,00	Gw						1,00								
645	Površina (m²)						8,10	f g1						1,45								
646	Visina (m)						2,66	Broj otvora						1								
647	Volumen (m³)						21,55	e i						0,02								
648	Oplošje (m²)						64,61	f vi						1,00								
649	Visina iznad tla (m)						3,41	V ex (m³/h)						0,00								
650	Theta int, i (°C)						20	V su (m³/h)						0,00								
651	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						0,00								
652	f RH						0,00	n min (1/h)						0,50								
653	Korekcijski faktor - fh,i						1,00															
654	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
655	VP	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	-	1,68	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,680	58
656	VZ	okolici	I	1	2,85	3,00	8,55	+	6,87	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,374	48
657	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	2,75	3,00	8,25	+	8,25	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,707	24
658	UZS	negrijanoj prostoriji	hor.	1	3,30	3,00	9,90	+	9,90	0,00	0,00	0,00	0,500	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,707	24
659	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	8,10	1,00	8,10	+	8,10	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,347	12
660	K	okolici	hor.	1	8,10	1,00	8,10	+	8,10	0,00	0,00	0,00	0,180	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,458	51
661																						
662	Rezultati proračuna																					
663	Phi V,inf (W)						5	Phi T,i (W)						219								
664	Phi V,min (W)						11	Phi V,i (W)						128								
665	Phi V,mech,inf						0	Phi V,mech (W)						62								
666	Phi V,su (W)						0	Phi (W)						347								
667	Phi RH (W)						0	Phi/A (W/m²)						42								
668	Phi/V (W/m³)						16															
669																						
670																						
671	2. Kat \ Stan S5						Prostorija:						P6 5.6									
672	Duljina (m)						7,50	T (m)						5,00								
673	Širina (m)						1,00	Gw						1,00								
674	Površina (m²)						7,50	f g1						1,45								
675	Visina (m)						2,66	Broj otvora						1								
676	Volumen (m³)						19,95	e i						0,02								
677	Oplošje (m²)						60,22	f vi						1,00								
678	Visina iznad tla (m)						3,41	V ex (m³/h)						0,00								
679	Theta int, i (°C)						20	V su (m³/h)						0,00								
680	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						0,00								
681	f RH						0,00	n min (1/h)						0,50								
682	Korekcijski faktor - fh,i						1,00															
683	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
684	UVH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,00	2,10	2,10	-	2,10	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	1,080	37
685	ZH	negrijanoj prostoriji	hor.	1	1,40	3,00	4,20	+	2,10	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	10	1,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,180	6
686	MK	negrijanoj prostoriji	hor.	1	7,50	1,00	7,50	+	7,50	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,321	11
687	K	okolici	hor.	1	7,50	1,00	7,50	+	7,50	0,00	0,00	0,00	0,180	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,350	47
688																						
689	Rezultati proračuna																					
690	Phi V,inf (W)						5	Phi T,i (W)						102								
691	Phi V,min (W)						10	Phi V,i (W)						119								
692	Phi V,mech,inf						0	Phi V,mech (W)						57								
693	Phi V,su (W)						0	Phi (W)						221								
694	Phi RH (W)						0	Phi/A (W/m²)						29								
695	Phi/V (W/m³)						11															
696																						
697																						
698	2. Kat \ Stan S4						Prostorija:						P1 4.1									
699	Duljina (m)						23,60	T (m)						5,00								
700	Širina (m)						1,00	Gw						1,00								
701	Površina (m²)						23,60	f g1						1,45								
702	Visina (m)						2,66	Broj otvora						2								
703	Volumen (m³)						62,78	e i						0,03								
704	Oplošje (m²)						178,07	f vi						1,00								
705	Visina iznad tla (m)						3,41	V ex (m³/h)						0,00								
706	Theta int, i (°C)						20	V su (m³/h)						0,00								
707	Theta e (°C)						- 15	V su,i (m³/h)						0,00								
708	f RH						0,00	n min (1/h)						0,50								
709	Korekcijski faktor - fh,i						1,00															

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
779																						
780	Rezultati proračuna																					
781	Phi V,inf (W)					3		Phi T,i (W)									222					
782	Phi V,min (W)					0		Phi V,i (W)									107					
783	Phi V,mech,inf					0		Phi V,mech (W)									107					
784	Phi V,su (W)					68		Phi (W)									329					
785	Phi RH (W)					0		Phi/A (W/m ²)									71					
786	Phi/V (W/m ³)					26																
787																						

**Prilog 2 - Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{h,nd}$ prema HRN
EN ISO 13790**

mjesec	sati (h)	T_sr (°C)	Q_tr (kW)	Q_ve (kWh/2)	Q_ht (kWh/m)	Q_int (kWh)	Q_sol (kWh)	H_gn (kWh/m)	γ_h	η	Q_H,nd,cont (kWh)
1	744	-0,6	3122,03	718,81	3840,84	1132,37	429,15	1561,52	0,40656	0,99965617	2279,855
2	672	2,2	2436,61	561	2997,61	1022,78	670,9	1693,68	0,56501	0,99613402	1310,478
3	744	6,5	2045,99	471,06	2517,05	1132,37	1291,85	2424,22	0,96312	0,9082468	315,260
4	720	11,2	1290,66	297,16	1587,82	1095,84	1598,06	2693,9	1,69660	0,58635301	8,244
5	744	15,9	621,38	143,06	764,44	1132,37	2136,62	3268,99	4,27632	0,23384486	0,003478
6	720	19,2	117,33	27,01	144,34	1095,84	2231,97	3327,81	23,05536	0,04337387	7,14E-10
7	744	21,1	0	0	0	1132,37	2239,59	3371,96	0,00000	1	0
8	744	20,1	0	0	0	1132,37	1833,27	2965,64	0,00000	1	0
9	720	16,4	528	121,56	649,56	1095,84	1449,64	2545,48	3,91878	0,25517941	0,0059
10	744	11,1	1348,84	310,55	1659,39	1132,37	1017,92	2150,29	1,29583	0,74906275	48,688
11	720	5,6	2111,99	486,26	2598,25	1095,84	520,14	1615,98	0,62195	0,99250426	994,383
12	744	0,9	2894,7	666,47	3561,17	1132,37	334,32	1466,69	0,41186	0,99962065	2095,036

$Q_{H,nd} = 7051,953$ kWh/a godišnja potrebna toplina za grijanje

$Q_{h,nd} = 23,167$ kWh/m²a godišnja potrebna toplina za grijanje po kvadratu korisne površine grijanog prostora

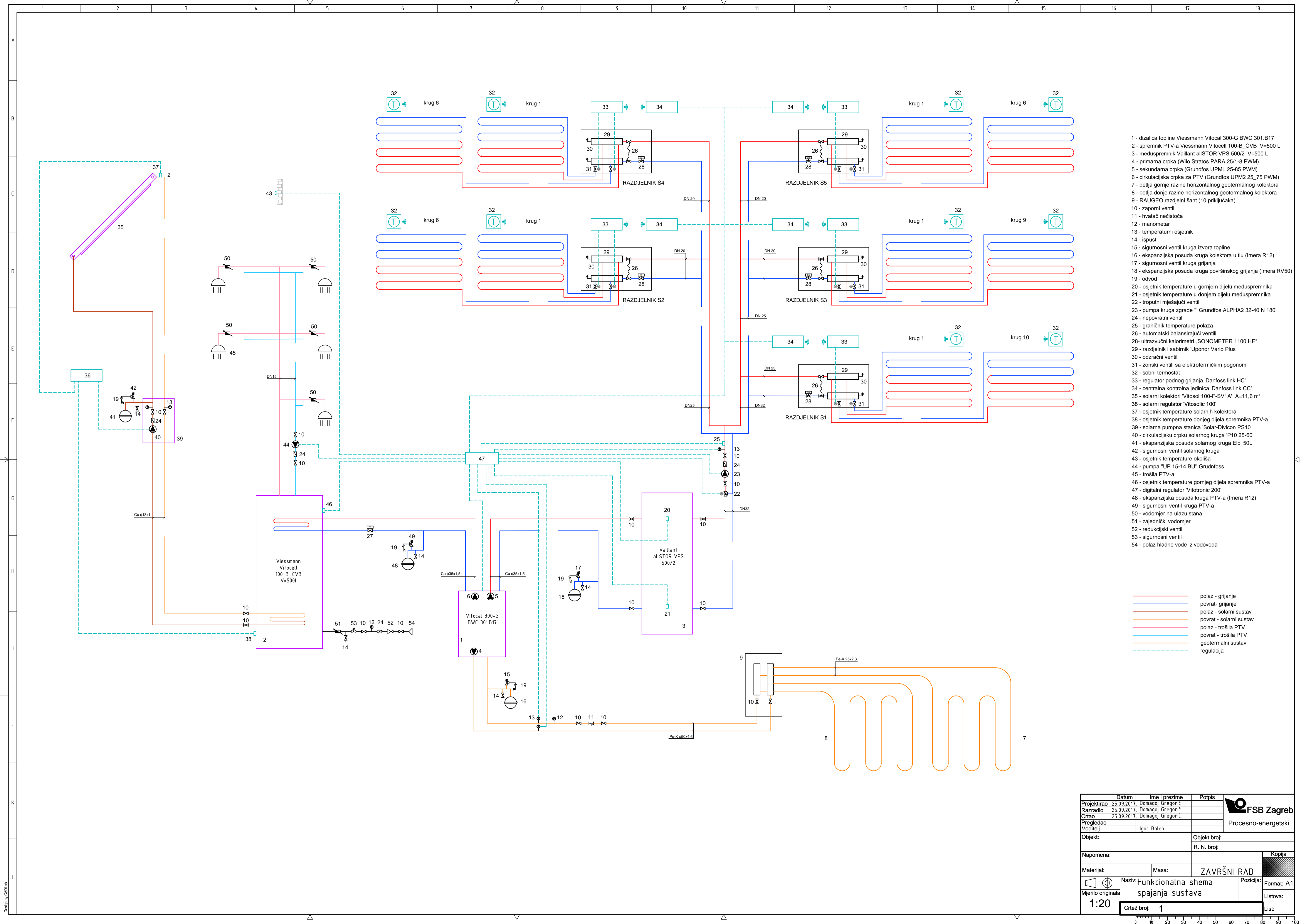
Prilog 3 - Određivanje potrebne površine solarnih kolektora prema HRN EN 15316-4-3

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	-
broj dana	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	dan
broj sati, t_m	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	h
broj sekundi	2678400	2419200	2678400	2592000	2678400	2592000	2678400	2678400	2592000	2678400	2592000	2678400	s
θe,m,pros	-0,6	2,2	6,5	11,2	15,9	19,2	21,1	20,1	16,4	11,1	5,6	0,9	°C
θref	104,092	100,396	94,72	88,516	82,312	77,956	75,448	76,768	81,652	88,648	95,908	102,112	°C
ΔT	104,692	98,196	88,22	77,316	66,412	58,756	54,348	56,668	65,252	77,548	90,308	101,212	K
l_m	63,8	99,6	152	180,6	206	215,7	222,2	208,7	192,1	139,7	69,9	47	W/m2
E_sol_in	47,5	66,9	113,1	130	153,3	155,3	165,3	155,3	138,3	103,9	50,3	35	kWh/mj
Q_w,sol,us,m	701,019	633,179	701,019	678,406	701,019	678,406	701,019	701,019	678,406	701,019	678,406	701,019	kWh
X_w	5,7035	5,3496	4,8061	4,2121	3,6180	3,2009	2,9608	3,0872	3,5548	4,2247	4,9199	5,5139	-
Y_w	0,5316	0,8299	1,2665	1,5048	1,7164	1,7973	1,8514	1,7389	1,6006	1,1640	0,5824	0,3916	-
Q_w,sol,out,m	118,356	254,094	478,867	559,731	660,023	673,788	718,602	685,634	610,023	460,739	165,688	44,172	kWh
f	0,168834	0,401299	0,683101	0,825068	0,94152	0,993194	1,025082	0,978053	0,899201	0,657242	0,244231	0,063012	-
mj.rad.pumpe	72,29	101,81	172,12	197,84	233,30	236,34	251,56	236,34	210,47	158,12	76,55	53,26	h
el.en.pumpe	3,4842	4,9073	8,2962	9,5358	11,2450	11,3917	12,1252	11,3917	10,1447	7,6213	3,6896	2,5673	kWh

Qw,sol,out,g = 5429,72 kWh/a godišnja toplina isporučena u sustav

Pel,g = 96 kWh/a godišnja potrošnja energije za pogon pumpe

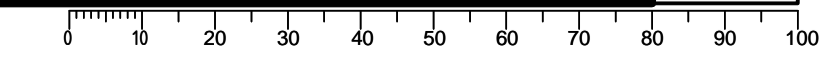
Prilog 4 – Tehnički nacrti

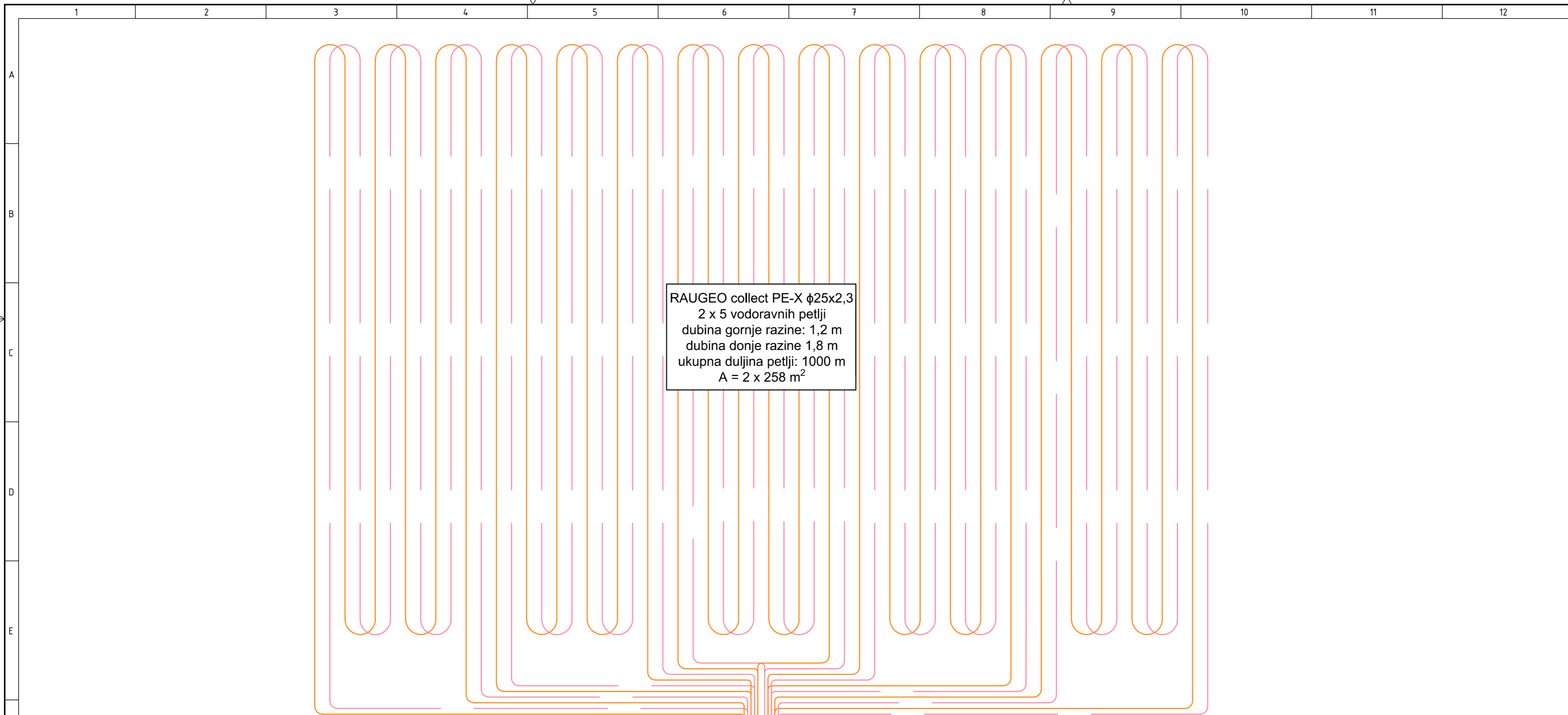


- 1 - dizalica topline Viessmann Vitocal 300-G BWC 301.B17
- 2 - spremnik PTV-a Viessmann Vitocell 100-B_CVB V=500 L
- 3 - međuspremnik Vaillant allSTOR VPS 500/2 V=500 L
- 4 - primarna crpka (Wilo Stratos PARA 25/1-8 PWM)
- 5 - sekundarna crpka (Grundfos UPML 25-85 PWM)
- 6 - cirkulacijska crpka za PTV (Grundfos UPM2 25_75 PWM)
- 7 - petlja gornje razine horizontalnog geotermalnog kolektora
- 8 - petlja donje razine horizontalnog geotermalnog kolektora
- 9 - RAUGE0 razdjelni šaht (10 priključaka)
- 10 - zaporni ventil
- 11 - hvatač nečistoća
- 12 - manometar
- 13 - temperaturni osjetnik
- 14 - ispus
- 15 - sigurnosni ventil kruga izvora topline
- 16 - ekspanzijska posuda kruga kolektora u tlu (Imera R12)
- 17 - sigurnosni ventil kruga grijanja
- 18 - ekspanzijska posuda kruga površinskog grijanja (Imera RV50)
- 19 - odvod
- 20 - osjetnik temperature u gornjem dijelu međuspremnik
- 21 - osjetnik temperature u donjem dijelu međuspremnik
- 22 - trouputni mješajući ventil
- 23 - pumpa kruga zgrade " Grundfos ALPHA2 32-40 N 180"
- 24 - nepovratni ventil
- 25 - graničnik temperature polaza
- 26 - automatski balansirajući ventil
- 28 - ultrazvučni kalorimetar „SONOMETER 1100 HE“
- 29 - razdjelnik i sabirnik „Uponsor Vario Plus“
- 30 - odzračni ventil
- 31 - zonski ventili sa elektrotermičkim pogonom
- 32 - sobni termostat
- 33 - regulator podnog grijanja 'Danfoss link HC'
- 34 - centralna kontrolna jedinica 'Danfoss link CC'
- 35 - solarni kolektori 'Vitosol 100-F-SV1A' A=11,6 m²
- 36 - solarni regulator 'Vitosolic 100'
- 37 - osjetnik temperature solarnih kolektora
- 38 - osjetnik temperature donjeg dijela spremnika PTV-a
- 39 - solarna pumpna stanica 'Solar-Divicon PS10'
- 40 - cirkulacijsku crpku solarnog kruga 'P10 25-60'
- 41 - ekspanzijska posuda solarnog kruga Eibi 50L
- 42 - sigurnosni ventil solarnog kruga
- 43 - osjetnik temperature okoliša
- 44 - pumpa "UP 15-14 BU" Grundfos
- 45 - trošila PTV-a
- 46 - osjetnik temperature gornjeg dijela spremnika PTV-a
- 47 - digitalni regulator 'Votronic 200'
- 48 - ekspanzijska posuda kruga PTV-a (Imera R12)
- 49 - sigurnosni ventil kruga PTV-a
- 50 - vodomjer na ulazu stana
- 51 - zajednički vodomjer
- 52 - redukcijski ventil
- 53 - sigurnosni ventil
- 54 - polaz hladne vode iz vodovoda

- polaz - grijanje
- povrat - grijanje
- polaz - solarni sustav
- povrat - solarni sustav
- polaz - trošila PTV
- povrat - trošila PTV
- geotermalni sustav regulacija

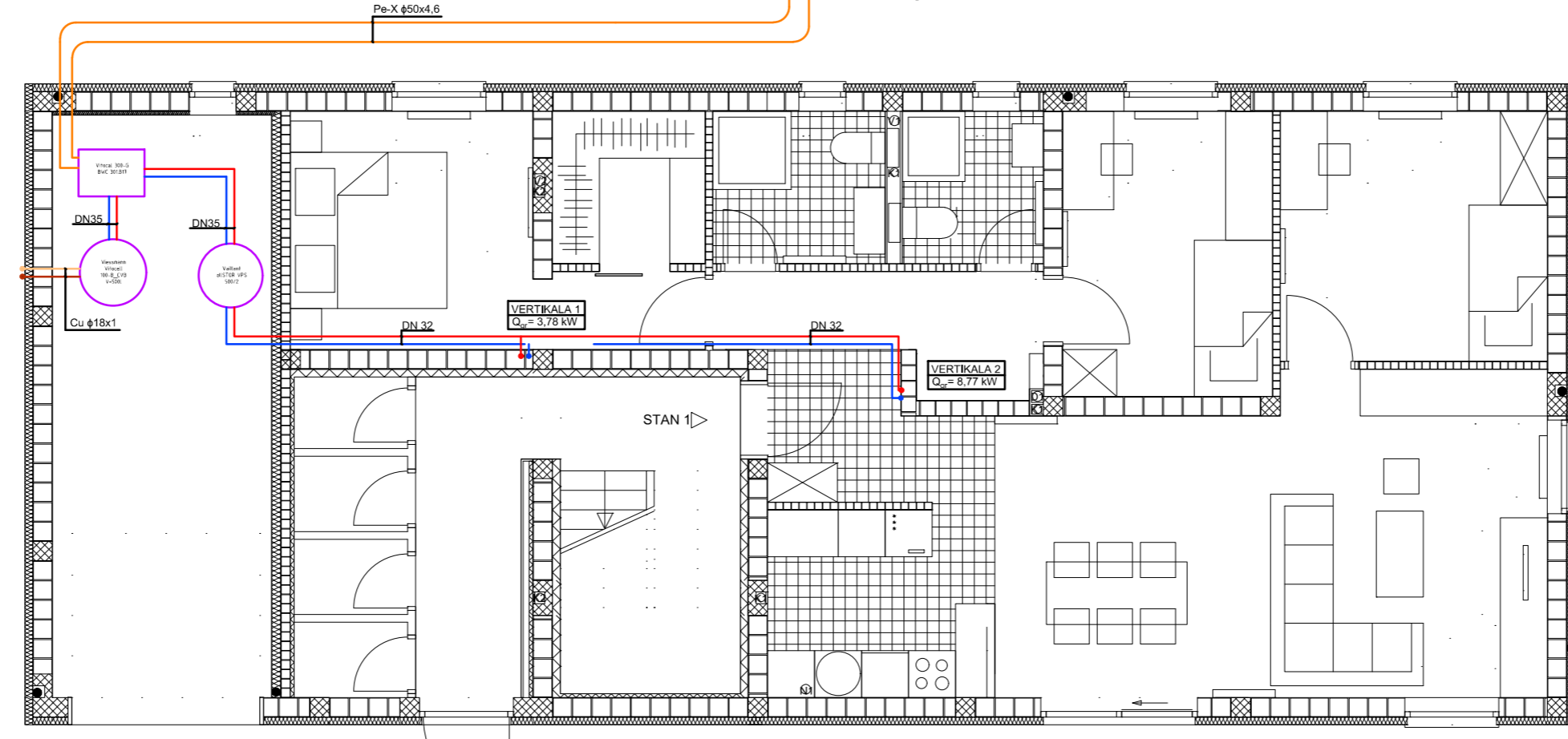
Datum	25.09.2017	Ime i prezime	Domagoj Gregoric	Potpis	 FSB Zagreb Procesno-energetski
Projektirao	25.09.2017	Ime i prezime	Domagoj Gregoric		
Razradio	25.09.2017	Ime i prezime	Domagoj Gregoric		
Crtao	25.09.2017	Ime i prezime	Domagoj Gregoric		
Pregledao		Ime i prezime	Igor Balen		
Voditelj		Ime i prezime			
Objekt:		Objekt broj:			
		R. N. broj:			
Napomena:		Kopija			
Materijal:	Masa:	ZAVRŠNI RAD			
Naziv: Funkcionalna shema spajanja sustava		Pozicija:		Format: A1	
Mjerilo originala: 1:20		Listova:		List:	
Crtež broj: 1					





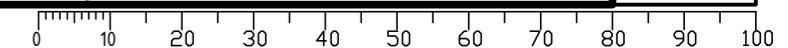
RAUGEO collect PE-X φ25x2,3
 2 x 5 vodoravnih petlji
 dubina gornje razine: 1,2 m
 dubina donje razine 1,8 m
 ukupna duljina petlji: 1000 m
 A = 2 x 258 m²

RAUGEO razdjelni šaht
 10 krugova

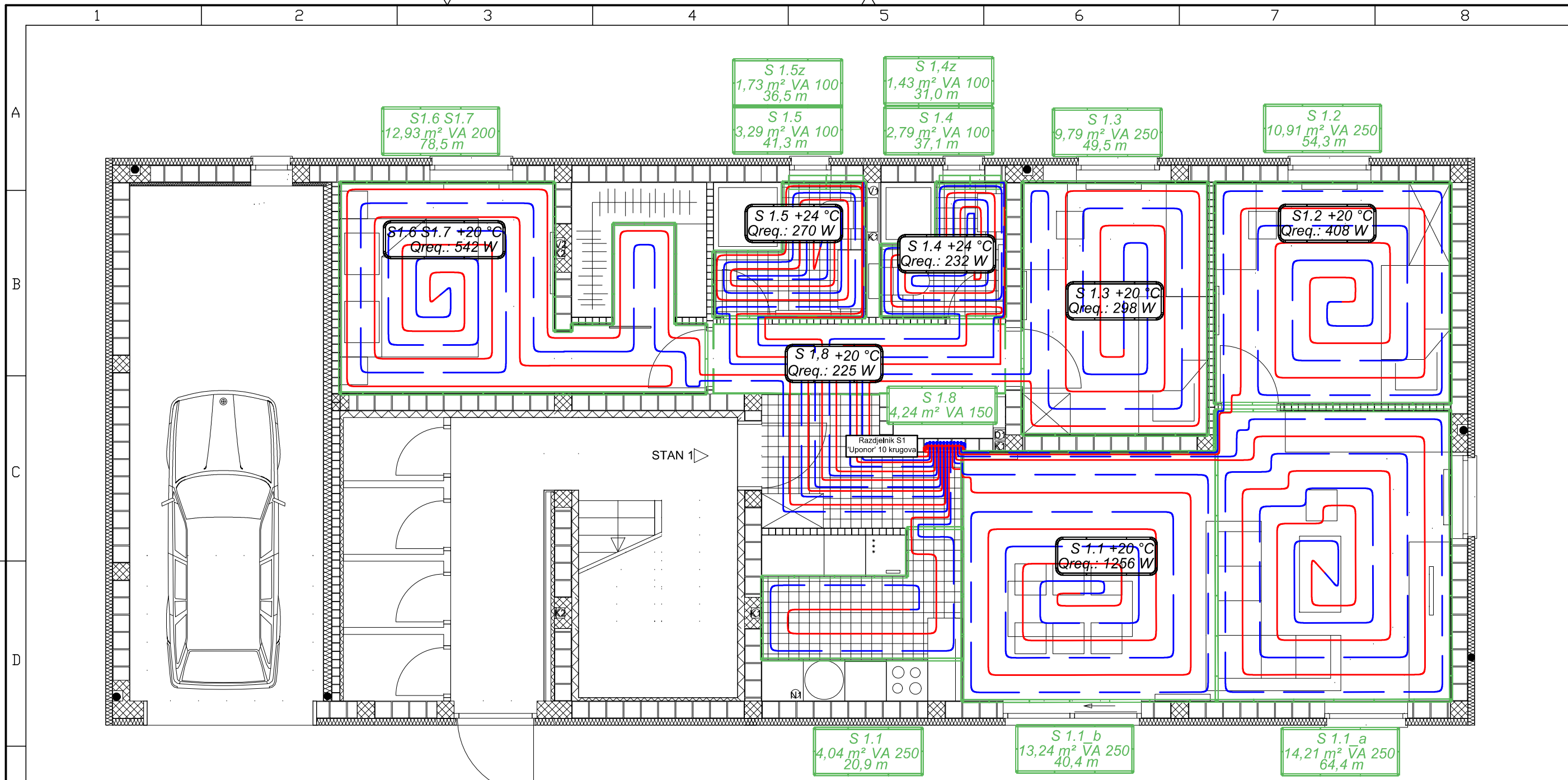


— polaz - grijanje
 — povrat - grijanje
 — geotermalni sustav

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Procesno-energetski
Razradio	25.09.2017	Domagoj Gregorić		
Crtao	25.09.2017	Domagoj Gregorić		
Pregledao				
Voditelj		Igor Balen		
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				ZAVRŠNI RAD
Materijal:	Masa:	Naziv: Raspored opreme i geotermalni kolektor		
Mjerilo originala	1:100	Pozicija:	Format: A2	
Crtež broj:		Listova:	List:	

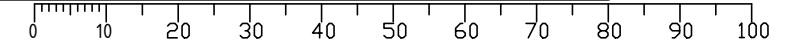


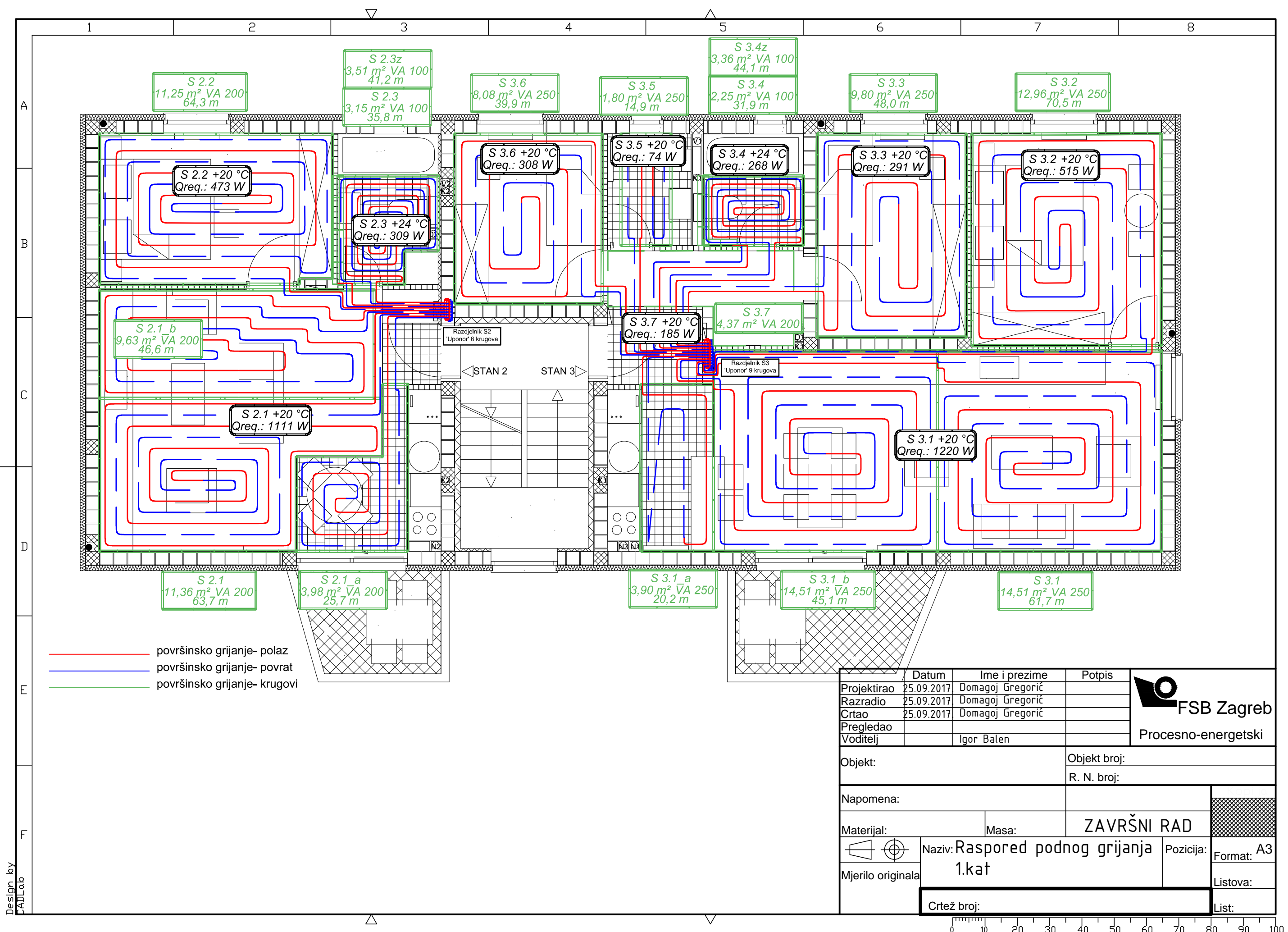
Design by CAD100



- površinsko grijanje- polaz
- površinsko grijanje- povrat
- površinsko grijanje- krugovi

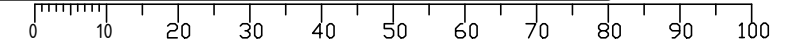
Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Procesno-energetski
Razradio	25.09.2017	Domagoj Gregorić		
Crtao	25.09.2017	Domagoj Gregorić		
Pregledao				
Voditelj		Igor Balen		
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				
Materijal:		Masa:	ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala		Naziv: Raspored podnog grijanja prizemlje		Pozicija: Format: A3
		Crtež broj:		Listova:
				List:



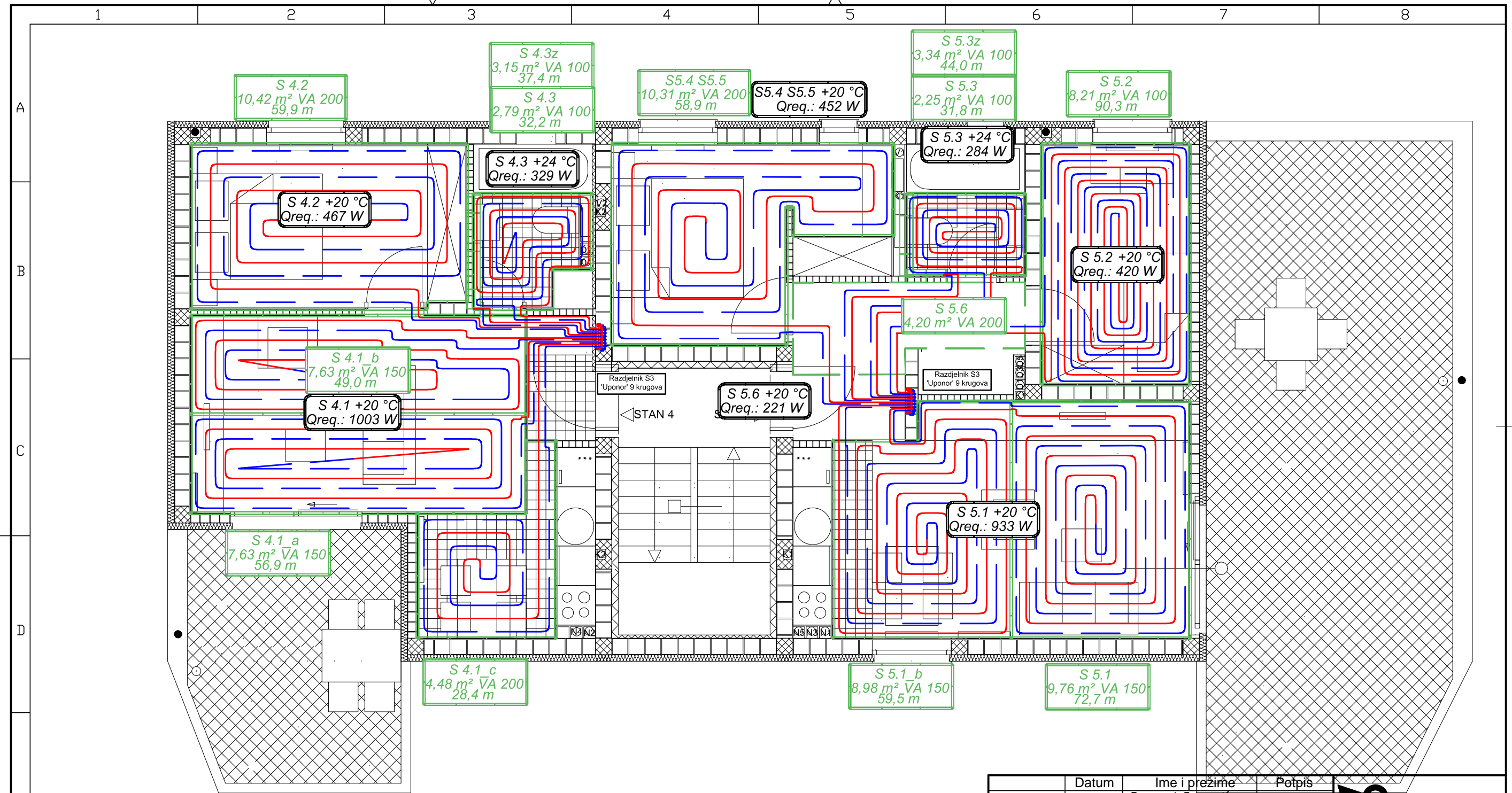


— površinsko grijanje- polaz
— površinsko grijanje- povrat
— površinsko grijanje- krugovi

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Procesno-energetski
Razradio	25.09.2017	Domagoj Gregorić		
Crtao	25.09.2017	Domagoj Gregorić		
Pregledao				
Voditelj		Igor Balen		
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				
Materijal:		Masa:	ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala		Naziv: Raspored podnog grijanja	Pozicija:	Format: A3
		1.kat		Listova:
		Crtež broj:		List:



Design by CADLab

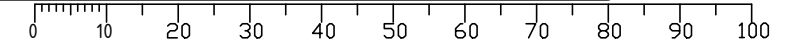


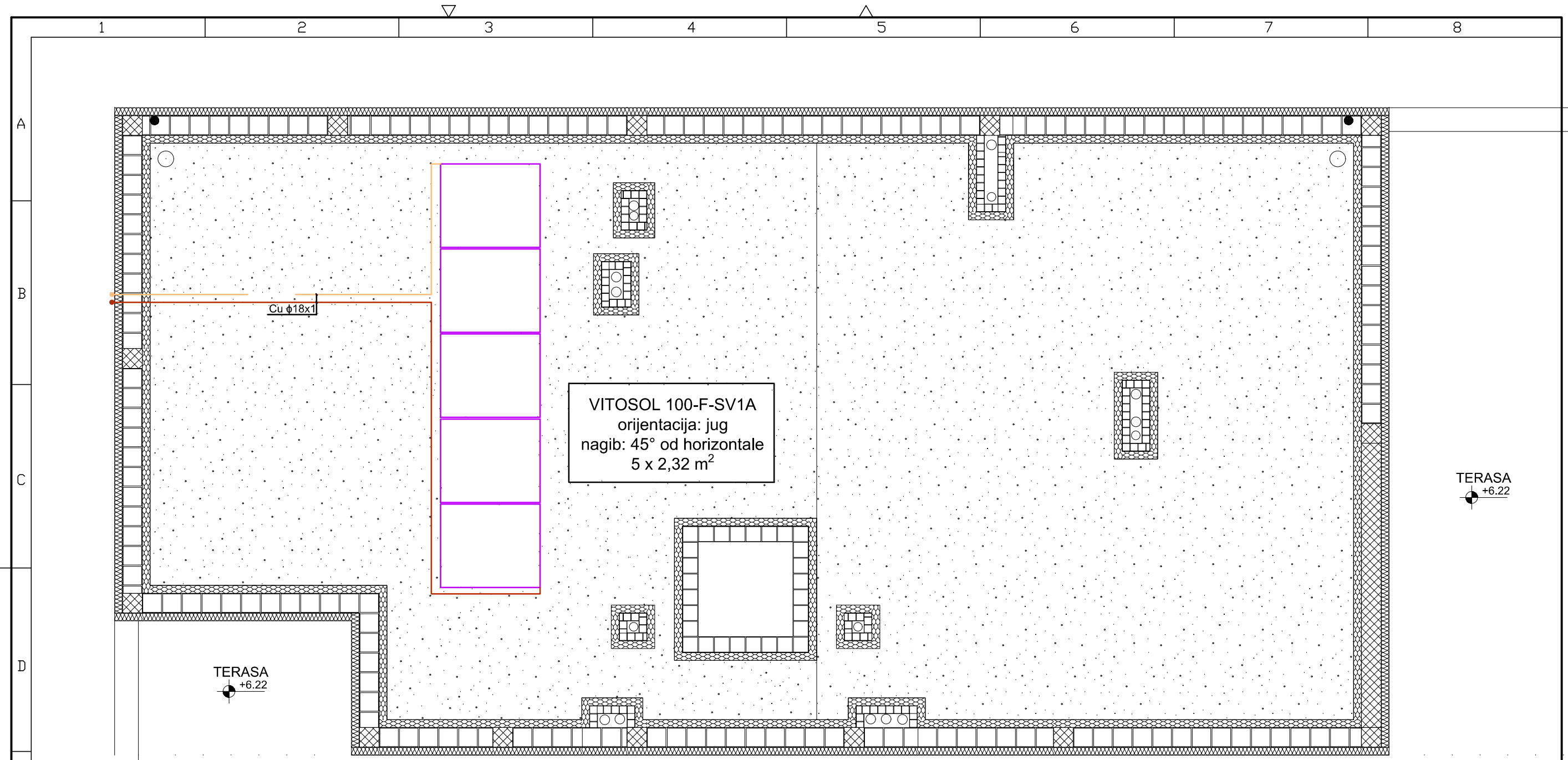
— površinsko grijanje- polaz
— površinsko grijanje- povrat
— površinsko grijanje- krugovi

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis
Razradio			
Crtao			
Pregledao			
Voditelj		Igor Balen	
Objekt:			Objekt broj:
			R. N. broj:
Napomena:			
Materijal:	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
Naziv: Raspored podnog grijanja		Pozicija:	Format: A3
Mjerilo originala		Listova:	
Crtež broj:		List:	



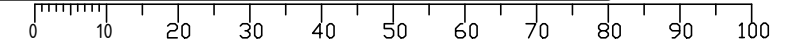
Design by CADLab





— polaz - solarni sustav
 — povrat - solarni sustav

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Procesno-energetski
Razradio	25.09.2017	Domagoj Gregorić		
Crtao	25.09.2017	Domagoj Gregorić		
Pregledao				
Voditelj		Igor Balen		
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				
Materijal:		Masa:	ZAVRŠNI RAD	
 Mjerilo originala		Naziv: Raspored solarnih kolektora		Pozicija:
		Crtež broj:		Format: A3
				Listova:
				List:



Design by
CADLab