

# Projekt sustava grijanja i hlađenja stambeno-poslovne zgrade s dizalicom topline voda-voda

---

**Milanović, Matko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:205440>

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

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

*Repository / Repozitorij:*

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





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE  
LABORATORIJ ZA TOPLINU I TOPLINSKE UREĐAJE  
IVANA LUČIĆA 5, 10000 ZAGREB



## ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc.dr.sc. Darko Smoljan

Student:

Matko Milanović

Zagreb, rujan 2020.

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

Zahvaljujem se mentoru, doc.dr.sc. Darku Smoljanu, na stručnim savjetima i pruženoj pomoći pri izradi ovog rada.

Također, zahvaljujem se mojoj obitelji što su bili uz mene tijekom studiranja.

Matko Milanović



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



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

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

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Matko Milanović** Mat. br.: 0035209591

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja i hlađenja stambeno poslovne zgrade s dizalicom topline voda-voda**  
 Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating and cooling system for a residential and commercial building with a water water heat pump**

**Opis zadatka:**

Potrebno je izraditi projekt sustava grijanja i hlađenja stambeno poslovne zgrade površine stambenog prostora 180 m<sup>2</sup> i poslovnog prostora 300 m<sup>2</sup>, prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Kao izvor topline predvidjeti dizalicu topline voda-voda, s crpnom i upojnom bušotinom za podzemnu vodu.

Predvidjeti sustav podnog grijanja i hlađenja s temperaturnim režimom tople vode 36/30 °C odnosno hladne vode 16/19 °C. Predvidjeti sustav individualnog mjerenja potrošnje topline za grijanje i hlađenje, posebno za stambeni i posebno za poslovni prostor. Predvidjeti akumulacijski sustav pripreme potrošne tople vode. Zgrada se nalazi na području grada Osijeka.

**Rad treba sadržavati:**

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


U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:  
 28. studenog 2019.

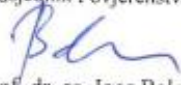
Datum predaje rada:  
 1. rok: 21. veljače 2020.  
 2. rok (izvanredni): 1. srpnja 2020.  
 3. rok: 17. rujna 2020.

Predviđeni datumi obrane:  
 1. rok: 24.2. – 28.2.2020.  
 2. rok (izvanredni): 3.7.2020.  
 3. rok: 21.9. – 25.9.2020.

Zadatak zadao:

  
 Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Predsjednik Povjerenstva:

  
 Prof. dr. sc. Igor Balen

**Sažetak**

U ovom završnom radu prikazano je projektno rješenje sustava grijanja i hlađenja poslovno-stambeno zgrade na području grada Osijeka. Zgrada je ukupne površine 480 m<sup>2</sup>, od čega je 180 m<sup>2</sup> stambeni i 300 m<sup>2</sup> poslovni prostor.

Projektne toplinski gubitci i dobici izračunati prema normama HRN EN 12831 i VDI 2078 pomoću programa *IntegraCAD*. Predviđen je sustav podnog/stropnog grijanja i hlađenja, gdje se kao izvor topline koristi dizalica topline voda-voda s crpnom i upojnom bušotinom za podzemnu vodu. Temperaturni režim ogrjevne vode je 36/30 °C, a rashladne 16/19 °C.

U sustavu je predviđen akumulacijski sustav pripreme potrošne tople vode. Potrošna topla voda se u spremnicima zagrijava pomoću dizalice topline uz dodatak električnog grijača radi zaštite od legionele.

U radu je opisan način proračuna komponenti sustava dok je detaljan proračun prikazan u prilogima.

U prilogima se nalaze crteži kojima se definira raspored i montaža opreme po prostorijama te funkcionalna shema spajanja sustava.

## Popis slika

Slika 1 Prikaz predvidljivog postotka nezadovoljnih (PPD) u funkciji predvidljivog prosječnog vrednovanja (PMV) .....	2
Slika 2 Princip rada dizalice topline .....	4
Slika 3 Dizalica topline s podzemnom vodom kao toplinskim spremnikom .....	6
Slika 4 Tlocrt prizemlja .....	7
Slika 5 Tlocrt kata .....	8
Slika 6 Podjela gubitaka uslijed ventilacije .....	12
Slika 7 Priključak zagrijača PTV na razvod hladne vode (vodovodnu mrežu) ...	24
Slika 8 „Centrometal TB 120“ .....	26
Slika 9 Mokra montaža podnog grijanja .....	28
Slika 10 Serpentina petlja .....	29
Slika 11 Stropno površinsko grijanje .....	30
Slika 12 Električni grijač .....	31
Slika 13 Razdjelnik i razdjelni ormar “REHAU HKV D 02” .....	32
Slika 14 Balans ventil “Danfoss AB-QM” .....	33
Slika 15 Kalorimetar “Siemens WSM5” .....	33
Slika 16 “Vitocell 100-E 750“ .....	35
Slika 17 Randa točka pumpe „Grundfos SQE 7“ .....	35
Slika 18 Pumpa „Grundfos SQE 7“ .....	35
Slika 19 Pumpa “Grundfos Magna1 25-80” .....	35
Slika 20 Radna točka “Grundfos Magna1 25-80” .....	35
Slika 21 Pumpa “Grundfos Up 15-14 BX PM” .....	35
Slika 22 Zatvoreni sustav s ekspanzijskom posudom .....	35
Slika 23 Ekspanzijska posuda „IMERA R12-12 I “ .....	35

**Popis tablica**

Tablica 1 Minimalni broj izmjena zraka u prostoriji .....	13
Tablica 2 Toplina koju odaju ljudi ovisno o fizičkoj aktivnosti .....	17
Tablica 3 Toplina koju odaju električni uređaji.....	18
Tablica 4 Vanjska projektna temperatura $\Theta_e$ i relativna vlažnost zraka $\varphi_e$ .....	20
Tablica 5 Odabrane projektne temperature po prostorijama .....	22
Tablica 6 Koeficijenti prolaza topline zidova, stropova i podova.....	23
Tablica 7 Tehnički podaci dizalice topline .....	27
Tablica 8 Tehnički podaci akumulacijskog spremnika .....	34
Tablica 9 Pad tlaka u krugu podzemne vode i dizalice topline .....	35
Tablica 10 Pad tlaka u kritičnoj petlji .....	35

## Sadržaj

1 UVOD .....	1
1.1. Toplinska ugodnost .....	1
1.2. Dizalica topline .....	3
1.3. Izvori topline .....	5
2 PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA ZGRADE .....	7
2.1. Opis zgrade .....	7
2.2. Proračun projektnog toplinskog opterećenja za grijanje .....	8
2.2.1. Transmijski toplinski gubici .....	9
2.2.2. Ventilacijski toplinski gubici .....	12
2.2.3. Toplinski gubici zbog prekida grijanja .....	15
2.3. Proračun projektnog toplinskog opterećenja za hlađenje .....	16
2.3.1. Unutrašnji izvori topline .....	16
2.3.2. Vanjski izvori topline .....	19
2.4. Proračun pomoću IntegraCAD software-a .....	22
3 SUSTAV PTV .....	24
3.1. Odabir spremnika PTV .....	25
4 DIMENZIONIRANJE KOMPONENTI SUSTAVA GRIJANJA I HLAĐENJA ...	27
4.1. Odabir dizalice topline .....	27
4.2. Podno grijanje i hlađenje .....	28
4.3. Stropno grijanje i hlađenje .....	30
4.4. Električni grijači .....	31
4.5. Razdjelnici .....	32
4.6. Odabir međuspremnika .....	34
5 DIMENZIONIRANJE CJEVOVODA .....	36
5.1. Odabir pumpe kruga podzemne vode .....	36
5.2. Odabir pumpe kruga međuspremnika i ogrjevnih tijela .....	38
5.3. Odabir pumpe kruga PTV .....	40
6 EKSPANZIJSKI SUSTAV .....	41
6.1. Dimenzioniranje ekspanzijske posude kruga podzemne vode .....	42
6.2. Dimenzioniranje ekspanzijske posude PTV .....	42
6.3. Dimenzioniranje ekspanzijske posude kruga međuspremnika .....	43
7 TEHNIČKI OPIS SUSTAVA .....	44



## **Popis Tehničke Dokumentacije**

Prilog A – Proračun toplinskih gubitaka prema normi EN 12831

Prilog B – Proračun toplinskih dobitaka prema normi VDI 2078

Prilog C – Proračun petlji podnog/stropnog grijanja

Prilog D – Proračun petlji podnog/stropnog hlađenja

Prilog E – Funkcijska shema spajanja sustava

Prilog F – Tehnički crteži dispozicije opreme

## POPIS OZNAKA

Oznake	Jedinica	Opis
U	W/m <sup>2</sup> K	Koeficijent prolaza topline
n <sub>50</sub>	h <sup>-1</sup>	Broj izmjena zraka pri razlici od 50 Pa
n	h <sup>-1</sup>	Broj izmjena zraka u jednom satu u prostoriji
e <sub>i</sub>	-	Koeficijent zaštićenosti zgrade
ε <sub>i</sub>	-	Korekcijski faktor za visinu
V <sub>a</sub>	m <sup>3</sup>	Volumen vode u sustavu
V <sub>nmin</sub>	L	Minimalni volumen ekspanzijske posude
V <sub>e</sub>	L	Volumen širenja vode
h <sub>sys</sub>	m	Statička visina instalacije od sredine ekspanzijske posude do najviše točke sustava
p <sub>0</sub>	bar	Primarni tlak ekspanzijske posude
p <sub>e</sub>	bar	Projektni krajnji tlak
V <sub>v</sub>	L	Dodatni volumen (zaliha)
p <sub>sv</sub>	bar	Tlak sigurnosnog ventila
n	%	Postotak širenja vode
V <sub>s</sub>	L	Minimalni volumen spremnika
b <sub>u</sub>	-	Faktor smanjenja temperaturne razlika
A	m <sup>2</sup>	Površina plohe
λ	-	Koeficijent trenja
Q	m <sup>3</sup> /h	Volumni protok vode
θ <sub>e</sub>	°C	Vanjska projektna temperatura
θ <sub>int</sub>	°C	Unutarnja projektna temperatura
H	m	Visina dobave pumpe
A <sub>i</sub>	m <sup>2</sup>	Površina prostorije
φ <sub>HL</sub>	W	Ukupni projektni toplinski gubici

$\phi_{T,i}$	W	Projektni transmisijski gubici
$\phi_{V,i}$	W	Projektni ventilacijski gubici
$\phi_{RH}$	W	Toplinski gubici zbog prekida grijanja
$f_{RH}$	W/m <sup>2</sup>	Korekcijski factor prekida grijanja
N	-	Broj osoba u prostoriji
$\phi_I$	W	Unutrašnji izvori topline
$\phi_P$	W	Toplina koju odaju ljudi
$\phi_A$	W	Vanjski izvori topline
$\phi_W$	W	Transmisija topline kroz zidove
$\phi_{T,s}$	W	Transmisija topline kroz prozore
$\phi_s$	W	Toplina od sunca dobivena zračenjem
qm	kg/s	Protok vode
DN	-	Nazivni promjer cjevovoda
du	mm	Unutarnji promjer cjevovoda
v	m/s	Brzina strujanja
R	Pa/m	Linijski pad tlaka
$\Sigma\zeta$	-	Suma lokalnih koeficijenata trenja
Z	Pa	Lokalni pad tlaka
$\Phi$	W	Toplinski tok
$\Phi_K$	W	Učin izvora topline
C	Wh	Toplinski kapacitet
COP	-	Koeficijent učinkovitosti
EER	-	Koeficijent energetske učinkovitosti
SCOP	-	Sezonski koeficijent učinkovitosti
$\Delta p$	Pa	Pad tlaka
$\phi_{GR}$	W	Toplina potrebna za grijanje
$\varphi_e$	%	Relativna vlažnost zraka
$\eta$	%	Učinkovitost



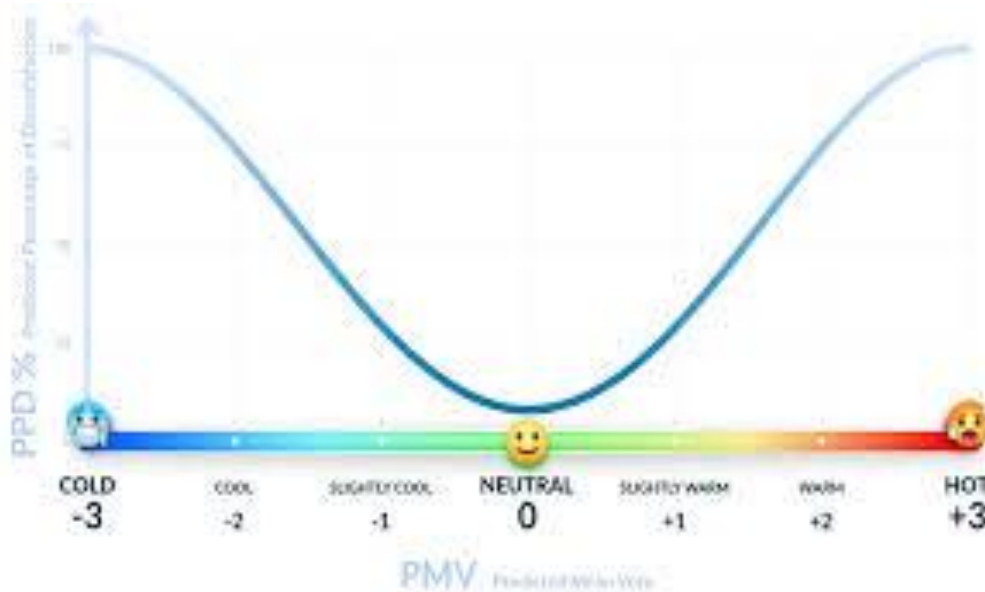
## 1. UVOD

### 1.1. Toplinska ugodnost

Podizanjem životnog standarda povećani su i zahtjevi prema tehnološkim rješenjima da osiguraju očekivani osjećaj toplinske ugone u prostorijama u kojima borave ljudi. Toplinska ugodnost prema normi ISO 7730 predstavlja stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Toplinska ugodnost u zgradama u kojima borave ljudi predstavlja bitan faktor u životu svakog pojedinca zato što se preko 90% vremena u suvremenom svijetu provodi u zatvorenim prostorima. U poslovnom sektoru se poslodavci trude osigurati optimalne uvjete kako bi njihovi zaposlenici ostvarili što bolje radne učinke. Naprimjer, u trgovačkim centrima je nivo toplinske ugone iznimno visok kako bi se kupci što dulje zadržali u trgovinama i time trgovine ostvarile veću prodaju svojih roba.

Obzirom da svaki pojedinac drugačije doživljava određeno stanje toplinskih parametara u prostoriji, nije moguće točno odrediti stanje okoliša koju bi svaku osobu u potpunosti zadovoljilo, nastoje se ostvariti uvjeti koji bi zadovoljili većinu korisnika. Vrednovanje toplinske ugodnosti određeno je dvama indeksima: PPD i PMV.

PPD (eng. Predicted Percentage of Dissatisfied) indeks predviđa postotak nezadovoljnih osoba, dok PMV (eng. Predicted Mean Vote) indeks predviđa subjektivno ocjenjivanje nivoa ugodnosti u istom okolišu od strane grupe ljudi. PMV je rezultat složenih matematičkih izraza iz norme ISO 7730 i kreće se od -3 (ledeni uvjeti) do +3 (vrući uvjeti).



**Slika 1 Prikaz predvidljivog postotka nezadovoljnih (PPD) u funkciji predvidljivog prosječnog vrednovanja (PMV)**

Budući da je nemoguće stvoriti takvo stanje okoliša koje bi ugodilo svakoj osobi, nastoji se ostvariti uvjete koji bi zadovoljili minimalno 90% osoba, odnosno PPD indeks mora biti manji ili jednak 10%. Ovisnost PPD i PMV indeksa prikazana je Slikom 1.

Područje strojarstva koje se bavi postizanjem i održavanjem parametara toplinske ugodnosti su postrojenja grijanja, ventilacije i klimatizacije (GVİK) sustavi. Ovo područje se bave proučavanjem parametara koji utječu na stupanj toplinske ugone, kao što su:

- temperatura zraka u prostoriji,
- temperatura ploha prostorije,
- vlažnost zraka,
- strujanje zraka (brzina, intenzitet turbulencije),
- razina fizičke aktivnosti,
- ostalo (buka, kvaliteta zraka, razina odjevenosti, namjena prostora, dob...).

Svi ti čimbenici utječu na osjećaj toplinske ugone i u međusobnoj su ovisnosti jedan o drugima što znači da ukoliko se promijeni vrijednost jednog čimbenika, ista razina ugodnosti moguće je postići promjenom vrijednosti drugih čimbenika. Osnovni cilj prilikom projektiranja je da se osigura toplinska ugodnost za većinu osobu koje borave u zoni boravka ispravnim određivanjem vrijednosti tih čimbenika. Zona boravka je prostor u kojem borave osobe. Definirano je kao prostor 0,5 m udaljen od unutarnjih zidova, 1 m od vrata, prozora i vanjskih zidova i 1,8 m visine od poda.

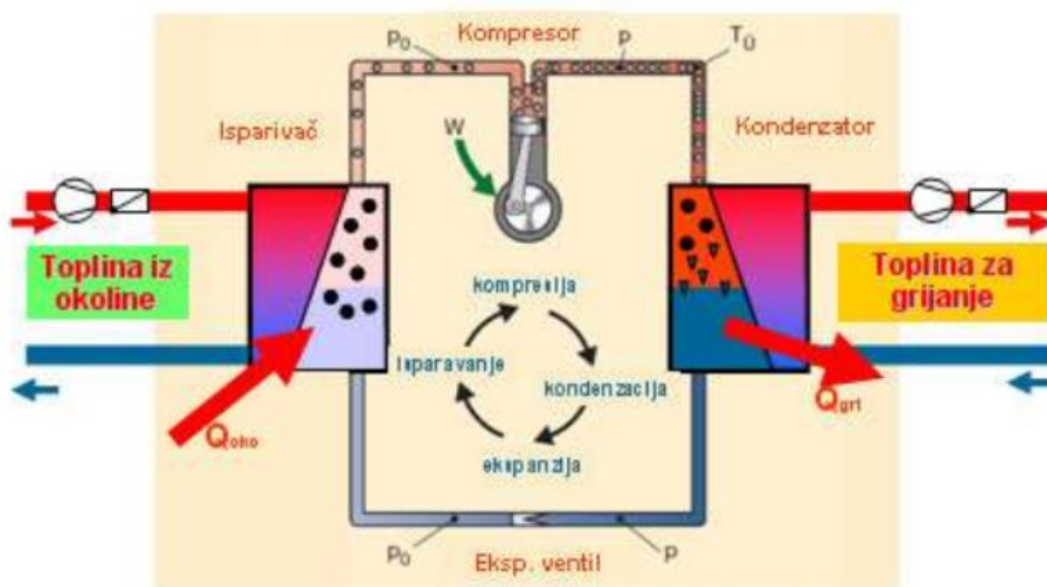
## **1.2. Dizalica topline**

U ovom projektu, kao izvor topline predviđena je dizalica topline.

Dizalice topline vrlo su česti izbor u zgradarstvu budući da su ekološki puno prihvatljivije od za sada još uvijek široko rasprostranjenom načinu grijanja koji za proizvodnju toplinske energije koristi izgaranje fosilnih goriva. Dizalice topline ne štete direktno okoliš budući da nema izgaranja, ne proizvode štetne plinove, jedino na indirektan način doprinose onečišćenju okoliša budući da za svoj rad koriste električnu energiju.

Funkcionalnost dizalice topline se ostvaruje ljevokretnim kružnim procesom odgovarajuće radne tvari. U isparivaču dolazi do izmjene topline s odgovarajućim okolnim medijem kao što su podzemne ili površinske vode, tlo ili okolni zrak gdje radna tvar prikuplja toplinsku energiju iz okoliša. Kompresor tu energiju podiže na višu razinu temperature i tlaka. Slijedi kondenzator u kojem radna tvar predaje toplinu ogrjevnom mediju sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode. Ekspanzijskim ventilom se smanjuje razina tlaka i temperature radne tvari te se zatvara kružni proces.

Iznimno su praktične jer su osim grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode, sposobne i hladiti prostor.



Slika 2 Princip rada dizalice topline



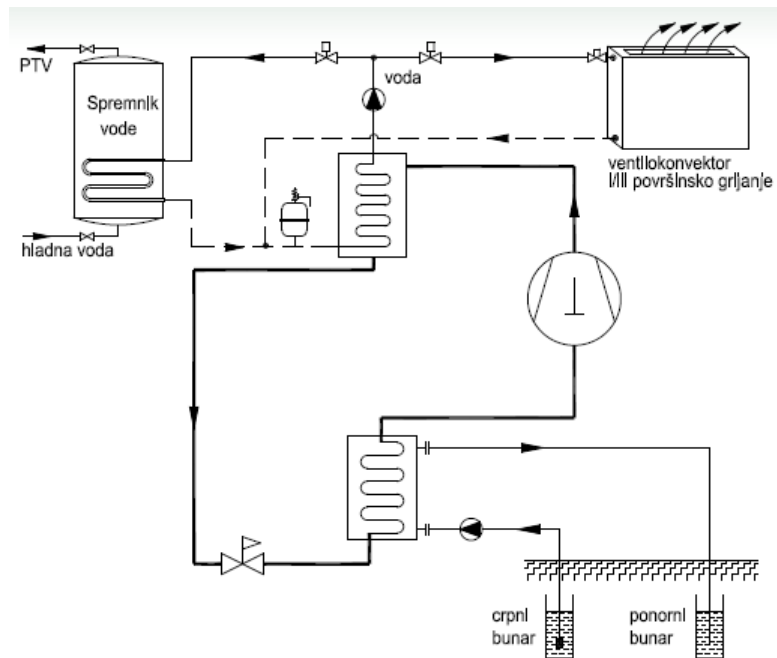
### 1.3. Izvori topline

Izbor ili dostupnost prikladnog toplinskog izvora je od iznimne važnosti kako bi sustav za grijanje dizalicom topline funkcionirao efikasno. Kao toplinski spremnici za niskotemperaturno grijanje i visokotemperaturno hlađenje koriste se voda, zrak, otpadna toplota ili tlo. Riječna, jezerska, morska ili podzemna voda mogu poslužiti kao toplinski spremnik. Ako je tlo u pitanju, isparivač se zakopava u tlo.

Izvor topline mora ispuniti niz zahtjeva:

- potrebno je osigurati potrebnu količinu topline u svako doba i na što višoj temperaturi,
- priključni troškovi trebaju biti što manji,
- energija za transport topline od izvora do isparivača treba biti što manja.

Za ovaj sustav grijanja i hlađenja, kao toplinski izvor odabrana je podzemna voda koja je u našem slučaju odabrana kao najpovoljniji izvor topline. Temperature podzemnih voda su tijekom cijele godine približno konstantne i iznose od 8 do 13°C. Kako bi se to ostvarilo, potrebni su ponorni i crpni bunari. Razmak između ta dva bunara treba biti što je moguće veći, ne manji od 10 metara. Ponorni bunar postavlja se nizvodno od crpnog bunara. Crpni bunar služi kako bi se iz njega pomoću pumpe izvlačila voda koja se koristi kao ogrjevni medij za isparavanje radne tvari u isparivaču. Ponorni bunar služi za povrat ohlađene vode u podzemni vodotok ili kanalizaciju.

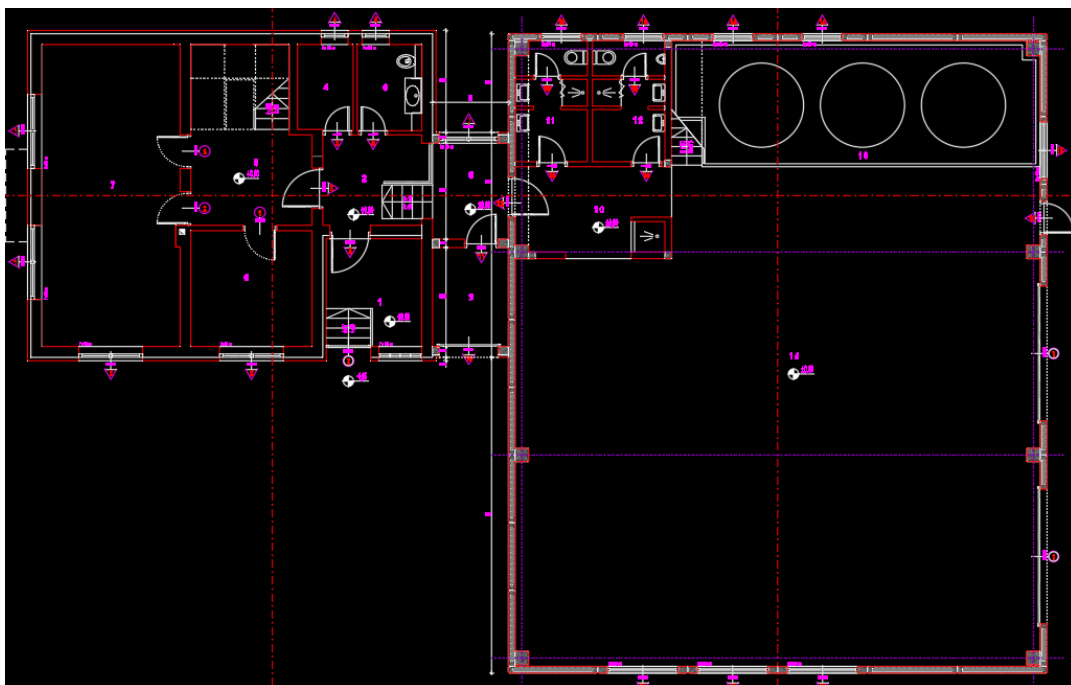


**Slika 3 Dizalica topline s podzemnom vodom kao toplinskim spremnikom**

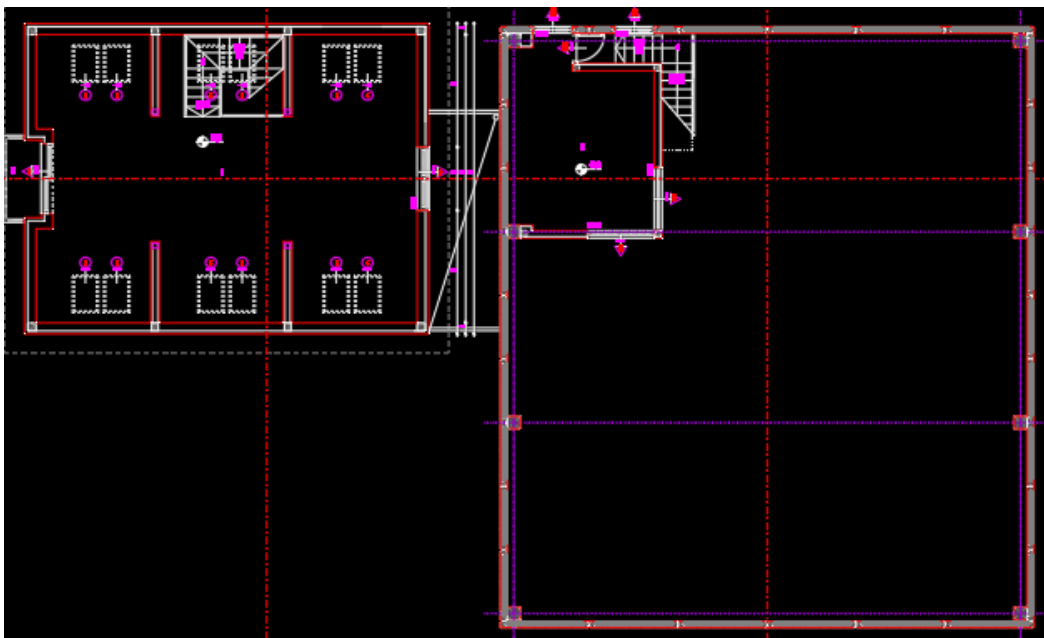
## 2. PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA ZGRADE

### 2.1. Opis zgrade

Stambeno-poslovna zgrada nalazi se na području grada Osijeka. Sastoji se od dva glavna dijela povezana hodnikom. Prvi dio zgrade ima 2 etaže od ukupno 490 m<sup>2</sup>. U prizemlju se nalazi stambeni prostor, a na katu je uredski prostor. U drugom dijelu zgrade se nalaze dva skladišta i laboratorij.



Slika 4 Tlocrt prizemlja



Slika 5 Tlocrt kata

## 2.2. Proračun projektnog toplinskog opterećenja za grijanje

Proračun gubitaka topline proveden je prema HRN EN 12831 normi. Nakon proračuna dobivamo informaciju o energetske potrebama zgrade za grijanje. Na temelju te informacije odabiremo odgovarajuću opremu. Ukupni toplinski gubici se sastoje od transmisijskih, ventilacijskih i gubitaka uslijed prekida rada sustava grijanja prema izrazu:

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

$\sum \Phi_{T,i}$  - suma transmisijskih gubitaka svih prostora isključujući toplinu koja se izmjenjuje između dijelova zgrade ili prostorija [W],

$\sum \Phi_{V,i}$  - suma ventilacijskih gubitaka svih prostorija isključujući toplinu koja se izmjenjuje između dijelova zgrade ili prostorija [W],

$\sum \Phi_{RH,i}$  - suma topline za zagrijavanje svih prostorija zbog prekida grijanja.

### 2.2.1. Transmisijski toplinski gubici

Transmisijski toplinski gubici pojedine prostorije određuju se prema izrazu:

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

$H_{T,ie}$  – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K],

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

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

$H_{T,ij}$  – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K],

$\theta_{int}$  – unutarnja projektna temperature grijanog prostora [°C],

$\theta_e$  – vanjska projektna temperature [°C].

Gubici prema vanjskom okolišu nastaju zbog temperaturne razlike između vanjske projektne temperature i unutarnjih temperatura prostorija koje održavamo sustavom grijanja. Ti gubici se izračunavaju prema izrazu:

$$H_{T,ie} = \sum A_k U_k e_k + \sum \Psi_l l_l e_l \quad [\text{W/K}]$$

$A_k$  – površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi toplina [ $\text{m}^2$ ],

$e_k, e_l$  – korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperatura, brzina vjetra. Određuju se na nacionalnoj razini. Ako vrijednosti nisu određene na nacionalnoj razini uzeti =1,

$U_k$  – koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k" [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ],

$l_l$  – dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m],

$\Psi_l$  – linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l" [ $\text{W/m} \cdot \text{K}$ ].

Nije potrebno grijati sve prostorije u zgradi. Međutim, uspostavlja se toplinski tok od grijanih prema negrijanim prostorijama uslijed razlika temperature što rezultira transmisijskim gubicima kroz negrijane prostore. Zaključuje se da će negrijana prostorija imati manju temperaturu što nam predstavlja toplinski gubitak. Izračunavaju se prema izrazu:

$$H_{T,iue} = \sum A_k U_k b_u + \sum \Psi_l l_l b_u \quad [\text{W/K}]$$

Izraz je sličan onome za izračun gubitaka prema vanjskom okolišu. Jedino što se razlikuje je koeficijent  $b_u$  koji predstavlja faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektenu temperaturu.

Faktor  $b_u$  se računa ako nam je poznata temperatura negrijanog prostora prema sljedećem izrazu.

$$b_u = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_u}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \quad [-]$$

Transmisijski gubici se također pojavljuju uslijed niže temperature tla na kojem se zgrada nalazi. Izračunavaju se prema izrazu:

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} \cdot \left( \sum A_k U_{\text{equiv},k} \right) \cdot G_w \quad [\text{W/K}]$$

$f_{g1}$  - korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature (predložena vrijednost =1.45)

$f_{g2}$  - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature prema izrazu:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \quad [-]$$

$U_{\text{equiv},k}$  - ekvivalentni koef. prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda (dubina ispod površine tla, koef. Upod, karakt. B'...)  $[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$

$G_w$  - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode, za udaljenost poda do vode ( $\leq 1\text{m}$  uzeti 1.15; inače =1.00)

Gubici topline prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu su također nezanemarivi. Izračunavaju se prema izrazu:

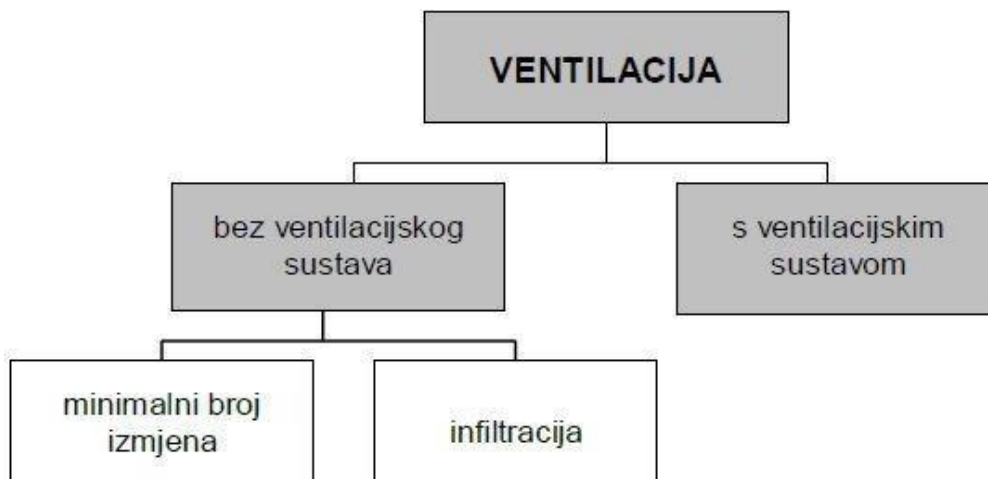
$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} A_k U_k \quad [\text{W/K}]$$

Jedina dosad nespomenuta veličina je faktor  $f_{ij}$  koji predstavlja smanjenje temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature prema izrazu:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},j} - \theta_{\text{ads}}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \quad [-]$$

### 2.2.2. Ventilacijski toplinski gubici

Ventilacijski gubici se javljaju uslijed mehaničke ili prirodne ventilacije.



Slika 6 Podjela gubitaka uslijed ventilacije

Izračunavaju se prema izrazu:

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



$H_{V,i}$  - koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K],

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

$\theta_e$  - vanjska projektna temperatura [°C],

Koficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka možemo izraziti sljedećom jednažbom:

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p = V_i \cdot 0,34 \text{ [W/K]}$$

$V_i$  predstavlja protok vanjskog zraka u grijani prostor. Iznos tog protoka ovisi o tome imamo li mehaničku ili prirodnu ventilaciju te kako su zabrtvljeni prozori i vrata.

U slučaju kada nemamo mehanički ventilacijski sustav, prostor se ventilira infiltracijom ili otvaranjem vrata/prozora . Postoji propis o minimalnom higijenskom broju izmjena zraka u prostoriji ovisno o namjeni te prostorije. Potreban broj izmjena zraka prikazan je u sljedećoj tablici.

**Tablica 1 Minimalni broj izmjena zraka u prostoriji**

Vrsta prostora	ACH
Ured	3-6
Knjižnica	3-5
Restoran	6-8
Dućan	4-8
Kazalište, kino dvorana	4-6
Lakirnica	20-50
Operacijska dvorana	15-20
Skladište	4-6
Garderoba	3-6
Zatvoreni bazen	3-6
Laboratorij	8-15

Kako bi izračunali gubitke uslijed prirodne ventilacije, potrebno je usporediti volumen zraka uslijed infiltracije i volumen dobiven na temelju minimalnog broja izmjena zraka.

Izračunavaju se prema izrazima:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i})$$
$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$
$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$V_{inf,i}$  - maksimalan protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazor,

$V_{min,i}$  – minimalni higijenski protok zraka,

$V_i$  – volumen prostorije izračunat prema dimenzijama prostorije,

$n_{min}$  – broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka od 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša (određuje se tzv. blower door testom),

$e_i$  - koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetrova i broj otvora prema okolišu,

$\varepsilon_i$  – korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir razliku tlakova uslijed promjene visine iznad tla.

Volumen zraka potreban za ventiliranje prostorije kada se koristi sustav mehaničke ventilacije se izračunava prema sljedećem izrazu:

$$V_i = V_{inf,i} + V_{SU,i} \cdot f_{V,i} + V_{mech,inf,i} \quad [\text{m}^3]$$

$V_{inf,i}$  - protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazor,

$V_{SU,i}$  – količina zraka dovedena ventilacijskim sustavom,

$V_{mech,inf,i}$  – višak odvedenog zraka iz prostorije,

$f_{V,i}$  – faktor smanjenja temperaturne razlike.

### 2.2.3. Toplinski gubici zbog prekida grijanja

Pri prekidu sustava grijanja, prostorije se hlade te je pri ponovnom paljenju potrebna dodatna toplina kako bi se postigli projektni uvjeti.

Iznos te topline ovisi o:

- toplinskom kapacitetu građevnih elemenata
- vremenu zagrijavanja
- temperaturnom padu tijekom prekida grijanja
- svojstvima sustava regulacije

Iznos se određuje izrazom:

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

$A_i$  – površina poda grijanog prostora sa polovinom debljine zidova,

$f_{RH}$  - korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida  $[\text{W/m}^2]$ ,

## 2.3. Proračun toplinskih dobitaka

Proračun dobitaka topline u ljetnom razdoblju proveden je prema normi VDI 2078 U nastavku ćemo pojasniti postupak proračuna na ovaj način.

Izvori topline u ljetnom razdoblju:

1. unutrašnji izvori topline  $\phi_I$  (dobitak topline od ljudi, rasvjete, strojeva, susjednih prostorija,...),
2. vanjski izvori topline  $\phi_A$  (dobitak topline kroz zidove i staklene plohe transmisijom i zračenjem).

### 2.3.1. Unutrašnji izvori topline

Iznos topline dobivene unutar prostorije ovisi o broju ljudi u prostoriji, broju uređaja, snazi rasvjete i slično. Izračunavaju se prema izrazu:

$$\phi_I = \phi_P + \phi_M + \phi_E + \phi_R$$

$\phi_P$  - toplina koju odaju ljudi [W],

$\phi_M$  - toplina koju odaju različiti električni uređaji [W],

$\phi_E$  - dobitak topline od rasvjete [W],

$\phi_R$  - dobitak topline od susjednih prostorija [W].

Toplina koju odaju ljudi ovisi o intenzitetu fizičke aktivnosti osobe koja boravi u prostoriji. Iznosi toplina u ovisnosti o intenzitetu rada dani su u Tablici 4.

$$\phi_P = N \cdot \phi_{ukupna}$$

$N$  - broj osoba,

$\phi_{ukupna}$  - ukupna toplina (osjetna+latentna) koju odaje jedna osoba [W].

Tablica 2 Toplina koju odaju ljudi ovisno o fizičkoj aktivnosti

Temp. okolnog zraka [°C]		18	20	22	23	24	25	26
Ljudi koji ne vrše fizički rad	$\phi_{\text{osjetna}}$ [W]	100	95	90	85	75	75	70
	$\phi_{\text{latentna}}$ [W]	25	25	30	35	40	40	45
	$\phi_{\text{ukupna}}$ [W]	125	120	120	120	115	115	115
	od.v.p.*	35	35	40	50	60	60	65
Srednje težak rad	$\phi_{\text{ukupna}}$ [W]	270	270	270	270	270	270	270
	$\phi_{\text{osjetna}}$ [W]	155	140	120	115	110	105	95

\* odavanje vodene pare, [g/h]

Iznos topline koju odaju električni uređaji je propisan normom VDI 3804. Prikazani su u tablici 3.

Tablica 3 Toplina koju odaju električni uređaji

Električni uređaj	Priključna vrijednost [W]	Trajanje upotrebe [min/h]	Voda [g/h]	Odavanje topline	
				osjetna [W]	ukupna [W]
Računalo (PC)	100..150	60	-	40..50	<b>80..100</b>
Printer	20..30	15	-	5..7	<b>5..7</b>
Ploter	20..60	15	-	5..15	<b>5..15</b>
Električni štednjak	3000	60	2100	1450	<b>3000</b>
	5000	60	3600	2500	<b>5000</b>
Usisavač	200	15	-	50	<b>50</b>
Perilica rublja	3000	60	2100	1450	<b>3000</b>
	6000	60	4200	2900	<b>6000</b>
Centrifuga za rublje	100	10	-	15	<b>15</b>
Hladnjak	100	60	-	300	<b>300</b>
	175	60	-	500	<b>500</b>
Pegla	500	60	400	230	<b>500</b>
Radio	40	60	-	40	<b>40</b>
Televizor	175	60	-	175	<b>175</b>
Aparat za kavu	500	30	100	180	<b>250</b>
	3000	30	500	1200	<b>1500</b>
Toaster	500	30	70	200	<b>250</b>
	2000	30	300	800	<b>1000</b>
Sušilo za kosu-fen	500	30	120	175	<b>250</b>
	1000	30	240	350	<b>500</b>

### 2.3.2. Vanjski izvori topline

Vanjskim izvorima topline se smatraju veća vanjska temperatura zraka od projektne te sunčevo zračenje. Iznos dobitaka od vanjskih izvora se izračunava prema sljedećem izrazu:

$$\phi_A = \phi_W + \phi_F = \phi_W + (\phi_T + \phi_S)$$

$\phi_W$  - dobitak topline transmisijom kroz zidove [W],

$\phi_F$  - dobitak topline kroz staklene površine-prozore [W],

$\phi_T$  - dobitak topline kroz staklene površine-prozore transmisijom [W],

$\phi_S$  - dobitak topline kroz staklene površine-prozore zračenjem [W].

Transmijski dobici predstavljaju toplinu koja prodire izvana kroz zidove i krov prema unutra. Prolaz topline opisan je općepoznatom jednačbom:

$$\phi_W = A \cdot U \cdot (\Theta_e - \Theta_{int})$$

Vanjske projektne temperature i relativne vlažnosti za pojedina mjesta normirane su Tehničim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Prikazane su u Tablici 4.

Tablica 4 Vanjska projektna temperatura  $\Theta_e$  i relativna vlažnost zraka  $\varphi_e$ 

Mjesto	$\Theta_e$ [°C]	$\varphi_e$ [%]
Dubrovnik	32	52
Hvar	32	48
Karlovac	32	40
Ogulin	31	45
<b>Osijek</b>	<b>33</b>	<b>44</b>
Pula	31	47
Rijeka	32	40
Sisak	32	37
Slavonski Brod	33	37
Split	34	46
Šibenik	34	39
Varaždin	31	43
Vinkovci	32	43
Zadar	32	45
Zagreb	32	40



Dobitci topline kroz prozore transmisijom i zračenjem se izračunavaju prema sljedećim izrazima:

$$\phi F = \phi_{T,s} + \phi S$$

#### **TRANSMISIJA kroz staklene površine-prozore $\phi_T$**

$$\phi_{T,s} = A_s \cdot U \cdot (\Theta_e - \Theta_{int})$$

$\phi_{T,s}$  - transmisija topline kroz prozore, [W]

#### **ZRAČENJE kroz staklene površine-prozore $Q_s$**

$$\phi_s = I_{max} \cdot A_s \cdot b + I_{dif\ max} \cdot A_{sjena} \cdot b$$

$I_{max}$  - maksimalna vrijednost ukupnog sunčevog zračenja, [W/m<sup>2</sup>] stara jedinica 1 kcal/(m<sup>2</sup>h) = 1.163 W/m<sup>2</sup>,

$I_{dif\ max}$  - maksimalna vrijednost difuznog sunčevog zračenja, [W/m<sup>2</sup>]

$A_s$  - osunčana površina stakla, [m<sup>2</sup>]

$A_{sjena}$  - zasjenjena površina stakla, [m<sup>2</sup>]

$b_s$  - koeficijent propusnosti sunčevog zračenja, [-]

Zasjenjeni dio prozora prima samo difuzno sunčevo zračenje, a osunčani dio prozora prima i direktno i difuzno sunčevo zračenje.

Postoje i dobici uslijed ventilacije, ali u ovom radu se ne projektira sustav ventilacije te takve dobite zanemarujemo.

## 2.4. Proračun pomoću IntegraCAD software-a

Proračun je proveden u računalnom programu IntegraCAD što značajno ubrzava proces projektiranja. U program je potrebno unijeti dimenzije prostorija, koeficijente prolaza topline zidova, unutarnje i vanjsku projektne temperaturu i slično. Za proračun dobitaka topline potrebno je dodatno unijeti orijentacije prostorija, podatke o osobama i uređajima u prostoriji.

Odabrane projektne temperature ovise o namjeni prostorija:

**Tablica 5 Odabrane projektne temperature po prostorijama**

Prostorija	Ljeto [°C]	Zima [°C]
WC	26	24
Kuhinja i blagovaonica	26	20
Soba	26	20
Hodnik	26	15
Garderoba	26	24
Skladište	26	15
Poslovni prostor	26	20
Laboratorij	26	20

Koeficijenti prolaza topline zidova, stropova i podova su iščitani iz dobivenih građevinskih podloga o zgradi.

**Tablica 6 Koeficijenti prolaza topline zidova, stropova i podova**

<b>Građevni element</b>	<b>U [W/m<sup>2</sup>K]</b>
Zid pročelja	0,26
Krovni paneli	0,26
Pod na tlu	0,49
Krovni prozori	1,62
Prozori	1,37
Ulazna vrata	1,37
Čelična vrata s toplinskom izolacijom	0,30

Nakon što su unešeni koeficijente prolaza topline, dimenzije zidova, broj otvora, temperature susjednih prostorija i slično, dobije se iznos topline potreban za grijanje i hlađenje te prostorije. Postupak je ponavljan za svaku prostoriju koju treba grijati/hladiti te nakon toga se dobiva ukupan iznos energije potrebne za grijanje/hlađenje zgrade u projektnim uvjetima. Na temelju podatka o energiji potrebnoj za grijanje/hlađenje pojedine prostorije odabiremo opremu, a izvor topline odabiremo prema zbroju energija svih prostorija, isključujući toplinu koju prostorije izmjenjuju međusobno. Detaljan opis toplinskih gubitaka i dobitaka pojedinih prostorija je dan u prilogima A i B.

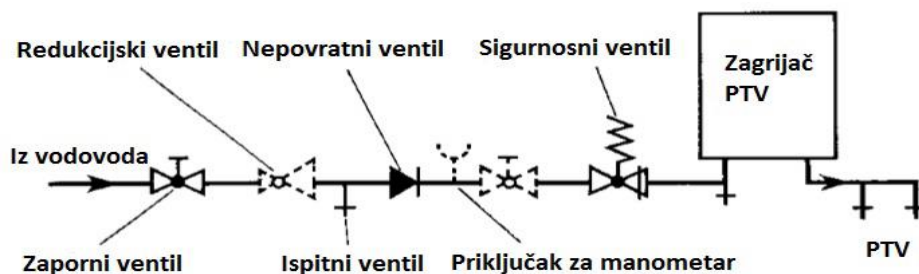
### 3. SUSTAV PTV

Postrojenje za pripremu PTV-a mora optimalno zadovoljiti potrebe potrošača u smislu tehničkog rješenja, isplativosti i higijenske čistoće.

Prema načinu zagrijavanja razlikujemo:

- akumulacijski – zagrijavanje veće količine PTV iz izvora topline unaprijed i akumuliranje u spremniku
- protočni – zagrijavanje količine PTV koja se trenutno troši
- kombinirani – korištenje akumulacijskog i protočnog zagrijavanja

Za potrebe potrošnje PTV odabran je akumulacijski sustav.



**Slika 7 Priključak zagrijača PTV na razvod hladne vode (vodovodnu mrežu)**

Prednosti akumulacijskog sustava:

- Pokrivanje vršnog opterećenja,
- Isporuka velike količine PTV u kratkom vremenu,
- Regulabilna temperatura PTV,
- Velik kapacitet.

Nedostatci akumulacijskog sustava:

- Moguća korozija i taloženje,
- Veća investicija u usporedbi s protočnim sustavom,
- Povećan prostor za ugradnju.

### 3.1. Odabir spremnika PTV

Određivanje najveće potrebne energije ovisi o najvećem izljevnom mjestu (kada, tuš), a manje izljevna mjesta se pri tom zanemare. Najveća potrošnja pretpostavlja se u vremenu 20:00 do 22:00 (trajanje 2h).

Potreban toplinski tok za zagrijavanje PTV ovisi o broju izljevnih mjesta. U zgradi se nalaze 3 tuša (50 l PTV po tušu). Pretpostavit ćemo da se obavi dva tuširanja u satu. Toplinski tok se za taj slučaj izračunava prema izrazu:

$$\Phi = 100 \cdot n \cdot \varphi (40-10) \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} = 3,5 \cdot n \cdot \varphi = 3,5 \cdot 3 \cdot 0,5 = 5,25 \text{ kW}$$

N – broj izljevnih mjesta; n=3

$\varphi$  - faktor istovremenosti; uzima se 0.5

40 – temperatura vode na izljevnom mjestu [°C]

10 – temperatura vode iz vodovoda [°C]

Toplinski učin izvora topline za akumulacijski sustav ovisi o trajanju zagrijavanja do radne temperature spremnika te o trajanju najveće potrošnje:

$$\Phi_K = \frac{\Phi \cdot Z_b}{Z_a + Z_b} = \frac{5,25 \cdot 2}{2+2} = 2,625 \text{ kW}$$

Z<sub>a</sub> – trajanje zagrijavanja do radne temperature spremnika

Z<sub>b</sub> – trajanje najveće potrošnje

Toplinski kapacitet spremnika:

$$C = Z_a \cdot \Phi_K = 2 \cdot 2,625 = 5,25 \text{ kWh}$$

S izračunatim toplinskim kapacitetom spremnika dolazi se do informacije o minimalnom volumenu spremnika za akumulacijski sustav:

$$V_S = \frac{C \cdot \rho}{\rho_w c_w (\theta_s - \theta_u)} = \frac{5,25 \cdot 1,1 \cdot 1000}{1,16 \cdot (60 - 10)} = 100 \text{ l}$$

$C$  – toplinski kapacitet spremnika, kWh

$$\rho_{wcw} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}/(\text{l} \cdot \text{K})$$

$\theta_S$  – srednja najviša temperatura u spremniku, °C

$\theta_U$  – najniža dopuštena temperatura u spremniku, °C

$b$  – faktor za mrtvi prostor ispod izmjenjivača, - ( $\approx 1,1 \dots 1,2$ )

Odabran je akumulacijski bojler „Centrometal TB 120“ zapremnine od 120 l i vanjskog promjera 640 mm. Potrebno je ugraditi električni grijač kako bi se voda u spremniku jednom dnevno mogla zagrijavati na temperaturu od 60 °C radi zaštite od legionele.



Slika 8 „Centrometal TB 120“

#### 4. DIMENZIONIRANJE KOMPONENTI SUSTAVA GRIJANJA I HLAĐENJA

Za ogrjevna tijela je odabrana kombinacija podnog te stropnog grijanja i hlađenja u prostorijama u kojima je nemoguće klasičnim sustavom podnog grijanja ostvariti željeni učinak, kao što je skladište. Petlje hlađenja se ne koriste za hlađenje garderoba i WC-a u ljetnom režimu rada. Zatvaranjem ventila tih petlji se onemogućuje protok vode. U zimskom režimu rada petljama podnog grijanja je nemoguće ostvariti dovoljan učinak za grijanje WC-a i garderoba. U te prostorije se dodaju električni grijači kako bi se nadoknadila potreba za grijanjem.

##### 4.1. Odabir dizalice topline

Na temelju provedenog proračuna dolazimo do ukupne količine energije potrebne za grijanje i hlađenje pomoću čega odabiremo izvor topline. Za grijanje prostorija i potrebe PTV-a, potrebno je 27,3 kW, a za hlađenje 14,4 kW. Odabran je „Bluebox CORE 32“ uređaj. Dizalica topline je sljedećih karakteristika:

Tablica 7 Tehnički podaci dizalice topline

<b>Ogrjevni učin (kW)</b>	32,7
<b>COP</b>	4,49
<b>Rasladni učin (kW)</b>	25,1
<b>EER</b>	4,31
<b>SCOP</b>	5,67
<b>Električna snaga (kW)</b>	7,38
<b>Broj kompresora</b>	1
<b>Dužina (mm)</b>	890
<b>Dubina (mm)</b>	760
<b>Visina (mm)</b>	1235
<b>Masa (kg)</b>	255

Uređaj dolazi sa integriranim pumpama za krug izvora i potrošača te troputnim mješajućim ventilom za regulaciju PTV.

#### 4.2. Podno grijanje i hlađenje

Koristse se petlje podnog grijanja niskotemperaturnog režima 36/30°C. Prema normi HRN EN 1264 bitno je pripaziti na neka ograničenja. Dopuštene temperature poda su:

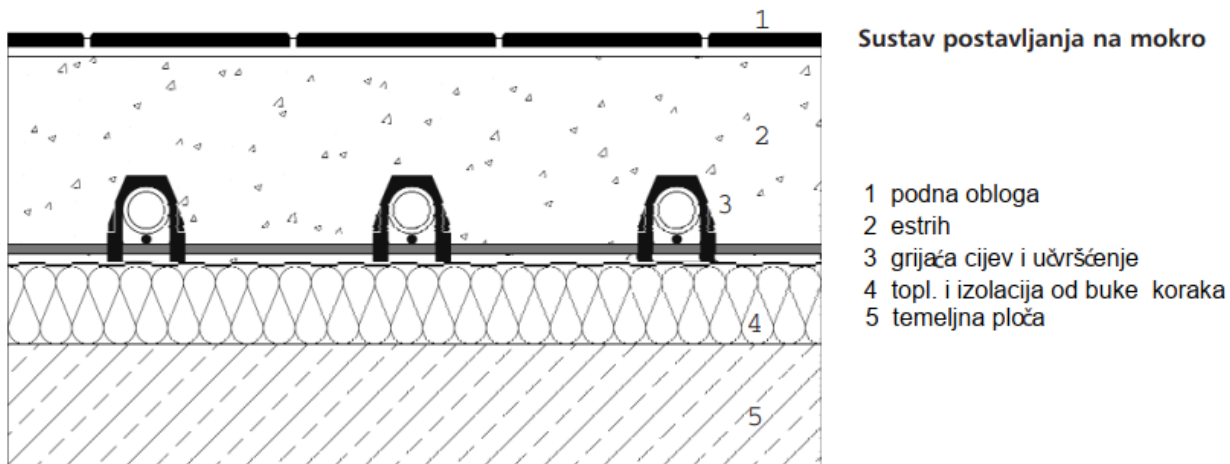
- 27°C u boravišnoj zoni za duži boravak u prostoriji,
- 29°C u boravišnoj zoni za kraći boravak u prostoriji,
- 35°C u rubnim zonama prostorije.

Potrebno je podijeliti prostor na zone pomoću dilatacijskih traka radi smanjenja naprezanja cementnog estriha. Kroz rub dilatacijske zone smiju prolaziti samo 2 cijevi. Najveća dopuštena duljina zone je 8 m, a površina 40 m<sup>2</sup>. Također je važno ograničenje ukupnog toplinskog otpora podne obloge na najviše 0,15 m<sup>2</sup>K/W.

Razlikujemo dva načina montaže cijevnih petlji u pod:

- Mokra – cijevi postavljene u estrih
- Suha – cijevi postavljene u podlozi, odvojene od estriha

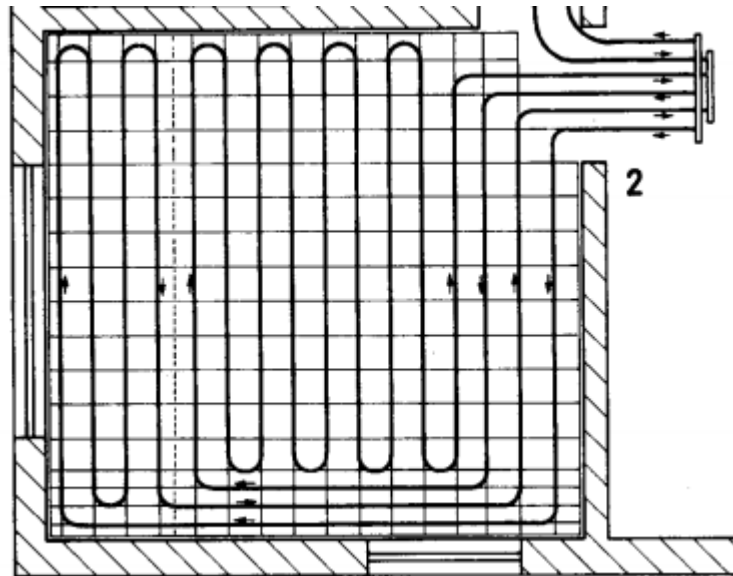
Odabran je mokri način montaže što dovodi do smanjenog opterećenja materijala.



**Slika 9 Mokra montaža podnog grijanja**



Cijevi koje se koriste za podno grijanje su od proizvođača „Rehau“, model „Rautherm S 17x2,0“. Odabran je serpentinški način postavljanja cijevi.



Slika 10 Serpentinška petlja

Za podno hlađenje koriste se iste cijevi kao i za grijanje sa temperaturnim režimom 16/19 °C. Proračun petlji je proveden u IntegraCAD-u. Prikazan je detaljno u priložima C i D.

### 4.3. Stropno grijanje i hlađenje

Petlje zidnog hlađenja i grijanja spojene su na isti toplinski izvor kao i podni sustav. Koriste vodu istih temperaturnih režima. Konvencionalni sustav stropnog grijanja se postavlja direktno na strop ili u spuštene stropove. Odabrane su cijevi proizvođača „Rehau“, model „Rautherm 17x2 S“. Stropne petlje su ugrađene u skladišta. Proračun petlji je proveden u IntegraCAD-u. Prikazan je detaljno u prilogima C i D.



Slika 11 Stropno površinsko grijanje

#### 4.4. Električni grijači

U ovom sustavu služe kao pomoćni grijači za prostorije s visokim potrebama za toplinom kao što su WC i garderobe u kojima je nemoguće ostvariti potreban učinak petljama podnog grijanja. U tim prostorijama je potrebno održavati veću temperaturu nego u ostalim prostorijama.



**Slika 12 Električni grijač**

Odabran je električni grijač „Innsbruck 500 W“ dimenzija 480x920 mm. U svakoj prostoriji je ugrađen jedan grijač kojim se pokrivaju sva potrebna opterećenja.

#### 4.5. Razdjelnici

Razdjelnici služe za povezivanje petlji podnog grijanja i osiguravaju potreban protok za svaku petlju. Odabrani su „REHAU razdjeljivači s mjerачem protoka HKV D “. Moguće je priključiti do 12 petlji na jedan razdjelnik. Dopolnjeni su regulacijskim komponentama za neposrednu montažu te odgovarajućim razvodnim ormarima.



**Slika 13 Razdjelnik i razdjelni ormar “REHAU HKV D 02”**

Prije svakog razdjelnika, u ormarić se ugrađuje “Danfoss AB-QM” tlačno neovisni balans i regulacijski ventil kako bi se sustav održavao u hidrauličkoj ravnoteži.



**Slika 14 Balans ventil”Danfoss AB-QM”**

Također se ugrađuju kalorimetri kako bi se omogućilo praćenje potrošnje po svakom razdjelniku. Kalorimetri su postavljeni u razvodne ormariće prije balans ventila. Odabran je ultrazvučni kalorimetar “Siemens WSM5”.



**Slika 15 Kalorimetar “Siemens WSM5”**

#### 4.6. Odabir međuspremnika

Uporaba akumulacijskog međuspremnika se preporuča u sustavima koji koriste dizalice topline. Rezultat je smanjenje učestalosti uključivanja kompresora. Vršna opterećenja se efikasnije zadovoljavaju. Moguće je opskrbljivati prostor toplinskom energijom u periodima kada je dizalica topline isključena. Prema normama, preporuča se 10 do 30 litara volumena spremnika po kilovatu ogrjevnog učina. U međuspremnik se ugrađuje električni grijač kako bi se jednom dnevno voda zagrijavala na temperature veću od 60°C radi zaštite od legionele. Skladno tome, odabaran je spremnik „Vitocell 100-E 750“ proizvođača „Viessmann“, s volumenom zapremnine od 750 litara. Karakteristike spremnika su:

**Tablica 8 Tehnički podaci akumulacijskog spremnika**

Kapacitet spremnika (L)	750
Duljina (mm)	1004
Širina (mm)	1059
Visina (mm)	1895
Masa (mm)	147
Potrebna toplina za stanje spremnosti za pogon (kWh/24h)	3,5



**Slika 16 "Vitocell 100-E 750"**

## 5. DIMENZIONIRANJE CJEVOVODA

### 5.1. Odabir pumpe kruga podzemne vode

Crpni bunar dobavlja podzemnu vodu s dubine 30 m sve do izmjenjivača dizalice topline. Nakon toga, voda se vraća u podzemni tok preko upojnog bunara. Preporučeni razmak između crpne i upojne bušotine je minimalno 15 metara. Kako bi odabrali adekvatnu pumpu ovog kruga, potrebna nam je informacija o protoku podzemne vode koju dobivamo preko potrebnog toplinskog toka.

Za vrijeme grijanja se isporučuje veći toplinski tok te se pumpa dimenzionira prema zimskom režimu rada. Volumenski protok se određuje prema izrazu:

$$V_{pv} = \frac{\phi_{gr}}{\rho_w \cdot c_w \cdot \Delta\theta} = \frac{32,7 \cdot 1000 \cdot 3600}{1000 \cdot 4187 \cdot 4} = 7,02 \text{ m}^3/\text{h}$$

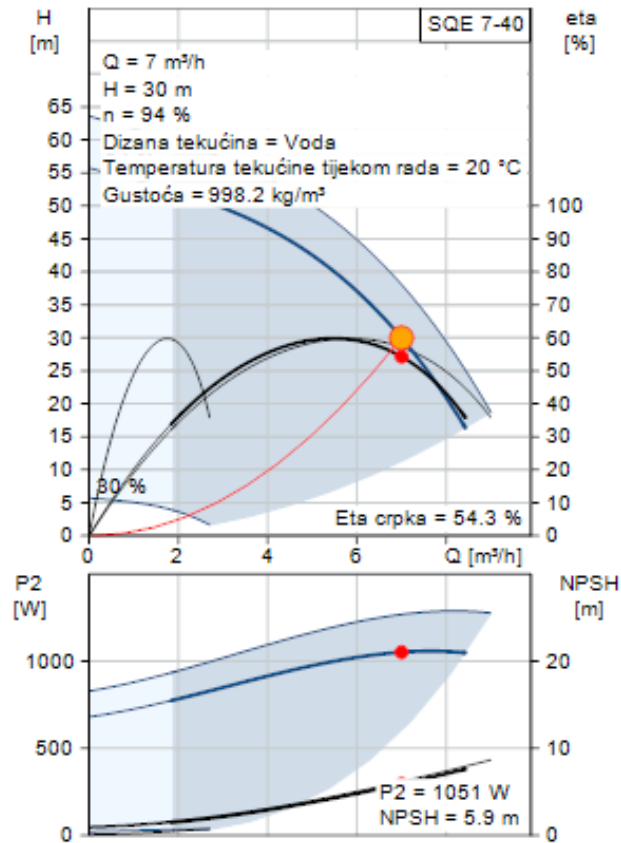
Cijevi bušotina su dimenzija DN50.

**Tablica 9 Pad tlaka u krugu podzemne vode i dizalice topline**

$\rho$	$g$	$H$	$\Delta p_H$	$\lambda$	$L$	$d$	$A$	$Q$	$v$	$\Delta p_{TR}$	$R$	$\Sigma \xi$	$\Delta p_{LOK}$	$\Delta p_{IZM}$	$\Delta p_{UK}$
kg/m <sup>3</sup>	m/s <sup>2</sup>	m	Pa	-	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	m/s	Pa	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa
1000	9.80665	30	294200	0.02	35	0.0525	0.00216	7.02	0.9008	5410	155	2	811	51000	351421



Odabrana je potopna pumpa „Grundfos SQE 7“ s protokom vode do  $9 \text{ m}^3/\text{h}$ .  
Pumpa ima ugrađeni protupovratni ventil.



Slika 17 Randa točka pumpe „Grundfos SQE 7“



Slika 18 Pumpa „Grundfos SQE 7“

## 5.2. Odabir pumpe kruga međuspremnika i ogrjevnih tijela

Za odgovarajući odabir pumpe ovog kruga mjerodavna je kritična petlja. Kritična petlja je ona s najvećim padom tlaka. To je najčešće dionica najudaljenija od izvora topline (krug2.7S). Dimenzioniranje je prikazano u sljedećoj tablici:

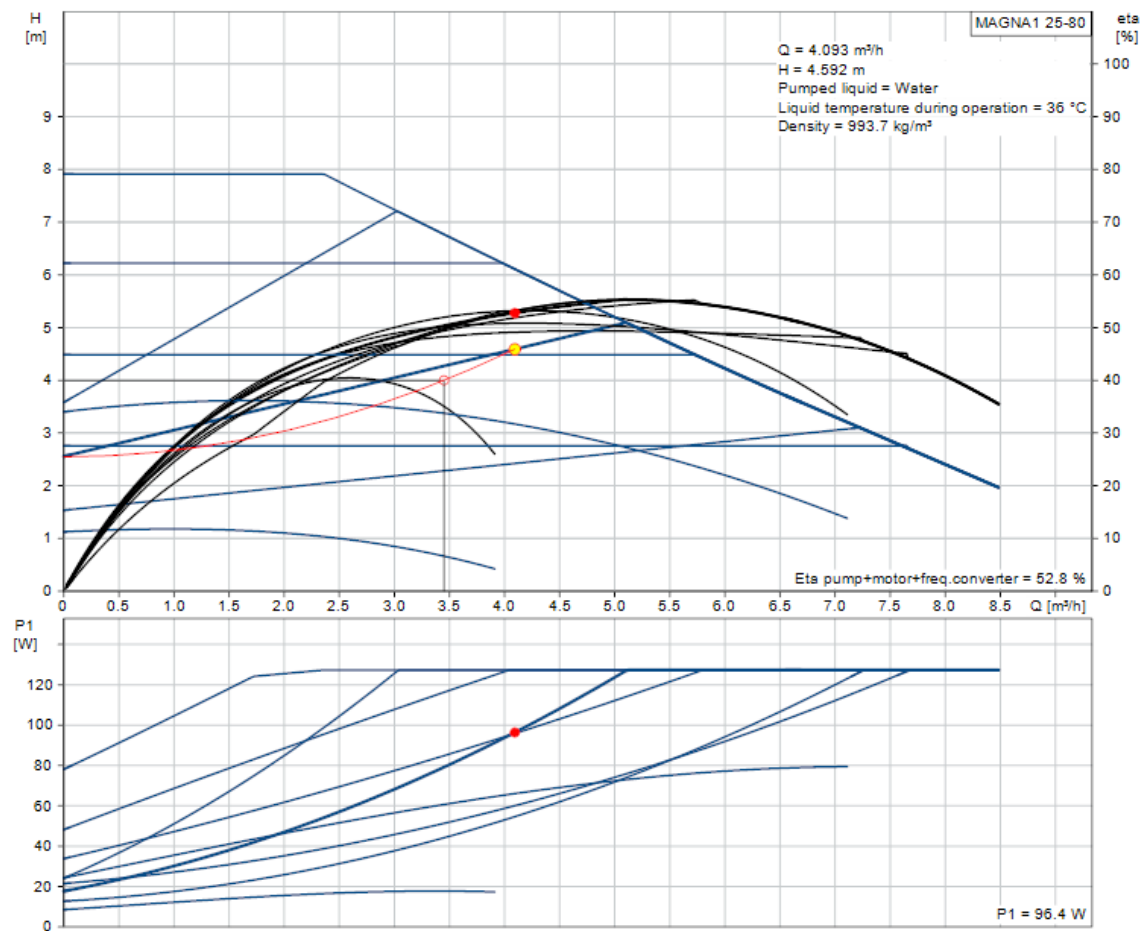
**Tablica 10 Pad tlaka u kritičnoj petlji**

Dionica	Duljina	Toplina	Vodena vrijednost	Protok	DN	Unutarnji promjer	Brzina strujanja	R	R*L	$\Sigma\xi$	Z	R*L+Z
-	m	kW	W/°C	kg/s	-	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	1.6	27.2	4533	1.083	-	57	0.44	36	57.6	1	96.8	154.4
2	2.36	23.7	3950	0.943	50	51.5	0.48	50	118	3	345.6	463.6
3	1.92	20.7	3450	0.824	50	51.5	0.42	40	76.8	3	264.6	341.4
4	13.8	14.7	2450	0.585	40	41.25	0.46	60	828	4	423.2	1251.2
5	43.8	1.17	195	0.047	15	15.75	0.26	65	2847	5	169	3016
Pad tlaka u petlji											22000	
Pad tlaka u ormariću											17800	
<b>Ukupno</b>											<b>45026.6</b>	

Iz proračuna se vidi da je potrebna visina dobave 4,6m ili 45026,6 Pa. Odabrana je pumpa "Grundfos Magna1 25-80".



**Slika 19 Pumpa "Grundfos Magna1 25-80"**



Slika 20 Radna točka "Grundfos Magna1 25-80"

### 5.3. Odabir pumpe kruga PTV

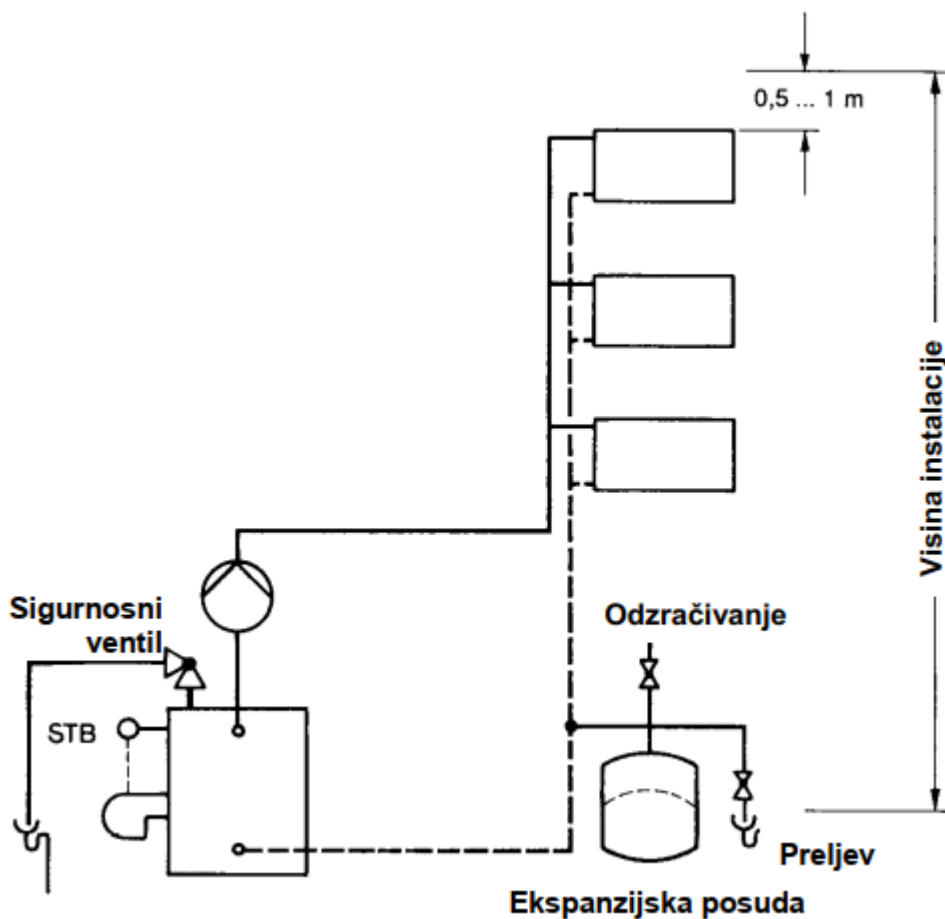
Za krug PTV odabrana je “Grundfos Up 15-14 BX PM” pumpa. Specijalizirana je za sustave tople vode u kućanstvima. Namijenjena je za uporabu u kućanstvima s jednom ili dvije obitelji što zadovoljava potrebe za PTV u zgradi.



Slika 21 Pumpa “Grundfos Up 15-14 BX PM”

## 6. EKSPANZIJSKI SUSTAV

Ekspanzijske posude u sustavu služe za održavanje tlaka u sustavu unutar zadanih granica, kompenzaciju promjene volumena ogrjevnog medija uslijed promjene temperature te kao zaliha vode u sustavu. U zatvorenom sustavu se postavlja na poziciju u kotlovnici i spaja na povratni vod u blizini izvora topline. Potrebno je odabrati dvije ekspanzijske posude. Jednu za krug podzemne vode i dizalice topline, drugu za krug dizalice topline i ogrjevnih tijela.



Slika 22 Zatvoreni sustav s ekspanzijskom posudom

## 6.1. Dimenzioniranje ekspanzijske posude kruga podzemne vode

U krugu podzemne vode i dizalice topline se nalazi 151 l vode.

Minimalni potrebni volumen zatvorene ekspanzijske posude određuje se izrazom:

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

$V_e$  – volumen širenja vode u litrama izazvan povišenjem temperature vode,

$V_v$  – dodatni volumen (zaliha), min. 3 litra,

$p_e$  – projektni krajnji tlak, povezan s tlakom otvaranja sigurnosnog ventila,

$p_o$  – primarni tlak ekspanzijske posude.

Krug podzemne vode i dizalice topline:

$$V_e = \frac{n \cdot V_a}{100} = \frac{0,37 \cdot 151}{100} = 0,56 \text{ l}$$

$$p_o = \frac{H_{sys} + H_{dod}}{10} = \frac{0 + 3}{10} = 0,3 \text{ bar}$$

$$V_{n, min} = (0,56 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 0,3} = 5,66 \text{ l}$$

## 6.2. Dimenzioniranje ekspanzijske posude PTV

Za ukupan volumen vode u sustavu PTV uzima se volumen spremnika koji iznosi 100L. Iz tog podatka se proračunava volumen širenje vode  $V_e$ :

$$V_e = \frac{n \cdot V_a}{100} = \frac{1,66 \cdot 100}{100} = 1,66 \text{ l}$$

Za primarni tlak isporuke  $p_o$  uzima se 1,0 bar jer je visina instalacije manja od 10m. Tlak otvaranja sigurnosnog ventila je 3 bara, iz čega proizlazi projektni krajnji tlak  $p_e$  u iznosu 2,5 bara.

Minimalan volumen zatvorene ekspanzijske posude iznosi:

$$Vn, min = (Ve + Vv) \cdot \frac{pe+1}{pe-po} = (1,66+3) \cdot \frac{2,5+1}{2,5-1} = 10,87 \text{ l}$$

### 6.3. Dimenzioniranje ekspanzijske posude kruga međuspremnika

Za ukupan volumen vode u ovom krugu uzima se volumen međuspremnika koji iznosi 120L. Volumen vode u cijevima je zanemariv jer se međuspremnik nalazi u blizini dizalice topline u strojarnici. Iz tog podatka se proračunava volumen širenje vode  $V_e$ :

$$Ve = \frac{n \cdot Va}{100} = \frac{0,72 \cdot 120}{100} = 0,864 \text{ l}$$

Za primarni tlak isporuke  $p_o$  uzima se 1,0 bar jer je visina instalacije manja od 10m. Tlak otvaranja sigurnosnog ventila je 3 bara, iz čega proizlazi projektni krajnji tlak  $p_e$  u iznosu 2,5 bara.

Minimalan volumen zatvorene ekspanzijske posude iznosi:

$$Vn, min = (Ve + Vv) \cdot \frac{pe+1}{pe-po} = (0,864+3) \cdot \frac{2,5+1}{2,5-1} = 9,02 \text{ l}$$

Za sva tri kruga odabrana je ekspanzijska posuda „IMERA R12 – 12 l“.



Slika 23 Ekspanzijska posuda „IMERA R12-12 l“

## 7. TEHNIČKI OPIS FUNKCIJE SUSTAVA

Projektiran je sustav grijanja i hlađenja stambeno-poslovne zgrade na području grada Osijeka. Ukupna površina iznosi 490 m<sup>2</sup>. Griju se sve prostorije osim ulaznog prostora, a hlade se sve prostorije osim WC-a, garderoba i ulaznog prostora. Dizalica topline voda-voda „Bluebox Core 32“ s crpnom i upojnom bušotinom predstavlja izvor topline. Podzemna voda u izmjenjivaču promijeni svoju temperaturu za 4 °C. Pomoću potopne pumpe „Grundfos SQE 7“ se podzemna voda crpi iz crpne bušotine. Nakon prolaska kroz izmjenjivač topline, voda se vraća u podzemni tok preko upojne bušotine udaljene 15m od crpne kroz cijevi dimenzija DN50. Dizalica topline se isporučuje s integriranim pumpama koje omogućuju cirkulaciju na strani izvora topline i u krugu međuspremnik. Zbog zaštite izmjenjivača unutar dizalice, odabran je indirektan sustav transporta topline što podrazumijeva dodatni pločasti izmjenjivač između bušotina i dizalice topline. Radna tvar u dizalici topline je R410A. Kao pomoćni grijači u WC-u i garderobi se koriste električni cijevni grijači koji se mogu koristiti i izvan sezone grijanja u svrhu sušenja ručnika. Ogrjevna snaga dizalice topline iznosi 32,7kW za temperaturni režim 36/30°C, a rashladni učin iznosi 25,1kW za temperaturni režim 16/19°C. Za pripremu PTV se također koristi ista dizalica topline koja je spojena s akumulacijskim spremnikom „Centrometal TB120“ u koji je ugrađen električni grijač kako bi se omogućilo zagrijavanje zbog zaštite od legionele. Cirkulacija vode u tom krugu omogućena je pumpom za PTV „Grundfos Up 15-14 BX PM“. U sustavu se koristi međuspremnik ogrjevne vode „Vitocell 100-E 750“ proizvođača „Viessmann“ s volumenom zapremnine od 750 litara. Korištenjem međuspremnik se efikasnije zadovoljavaju vršna opterećenja te se smanjuje učestalost uključivanja kompresora. Također je moguće isporučivati ogrjevnu vodu do ogrjevnih tijela kada dizalica topline nije uključena. Cirkulaciju vode kroz krug ogrjevnih tijela i međuspremnik omogućuje pumpa za centralno grijanje „Grundfos Magna1 25-80“. Za ogrjevna tijela su odabrani podni i stropni paneli. Petlje podnog i stropnog grijanja direktno su spojene na



razdjelnik i sabirnik „Rehau HKV D“ uz koje dolazi prikladan razvodni ormarić. Cijevi korištene u petljama su „Rehau Rautherm S  $\phi$ 17x2mm“ (PE-Xa). U razvodni ormarić se ugrađuju prije svakog razdjelnika „Danfoss AB-QM“ tlačno neovisni balans i regulacijski ventili kako bi se sustav održavao u hidrauličkoj ravnoteži. Kalorimetar „Siemens WSM5“ se također ugrađuje ispred razdjelnika u sklopu ormarića.

Time je omogućeno mjerenje potrošnje toplinske energije po pojedinom razdjelniku. Za sustav regulacije odabrana je „Uponor Smatrix Wave“ skupina proizvoda. Sastoji se od kontrolne jedinice, grafičkog sučelja, termostata i aktuatora. Kontrolna jedinica upravlja radom aktuatora, koji mjenjaju protok vode kroz petlje kako bi se promijenila unutarnja temperatura prostorije. Termostat i kontrolna jedinica komuniciraju radio valovima. U svaku prostoriju je postavljen jedan termostat. Aktuator i kontrolna jedinica su žično povezani. Sustavom regulacije upravljamo temperaturama prostorije u ovisnosti o trenutnom opterećenju. U kombinaciji s tlačno neovisnim ventilom, sustav je uvijek hidraulički uravnotežen. Uz dizalicu topline dolazi sustav regulacije koji na temelju vremenskih uvijeta upravlja radom sustava. Atmosferski regulator u kombinaciji s vanjskim osjetnikom temperature diktiraju rad sustava. Regulacijski sustav je također opremljen osjetnicima temperature koji se postavljaju u međuspremnik, akumulacijski bojler i po cjevovodu. Na temelju povratne informacije iz osjetnika temperature, regulator upravlja radom troputnih ventila i pumpi u instalaciji.

**Literatura**

- [1] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Grijanje“, FSB
- [2] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Klimatizacija“, FSB
- [3] A. Galović: „Termodinamika 1 i 2“, FSB
- [4] Impuls ing d.o.o.: Upute za rad u programu „IntegraCAD“
- [5] J.Babiak, B.W.Olesen, D. Petraš: „Low temperature heating and high temperature cooling
- [6] Tritex d.o.o: Generalni katalog „Bluebox“
- [7] Grundfos: “SQ/SQN” katalog
- [8] Grundfos: Product center (internet) <raspoloživo na> <https://product-selection.grundfos.com/catalogue.product%20families.q%26h%20sp.html?custid=GCR&familycode=SPFAM&flow=0&head=0&lang=HRV&time=1600111084164&qcid=1054060227>
- [9] Imera: „Catalogo Generale 2020“
- [10] Viessmann: Informacijski list „Vitocell“ proizvoda
- [11] Rehau: Product Catalog 2020.
- [12] B. Halasz, A. Galović, I. Boras: „Toplinske tablice“
- [13] V.Soldo, M. Grozdek: Podloge za predavanja iz kolegija „Hlađenje i dizalice topline“
- [14] B.Kraut: „Strojarski priručnik“ 1988.
- [15] Razni autori: Osnove primjene dizalice topline, Energetika marketing
- [16] Danfoss: „AB-QM DN 10-250“ Data sheet

## **Prilog A– Proračun toplinskih gubitaka prema normi EN12831**

Prizemlje				Prostorija:				R3 WC																
Duljina (m)				1.92		T (m)		150.00																
Širina (m)				2.56		Gw		1.00																
Površina (m <sup>2</sup> )				4.92		f g1		1.45																
Visina (m)				2.55		Broj otvora		0																
Volumen (m <sup>3</sup> )				12.53		e i		0.00																
Oplošje (m <sup>2</sup> )				32.68		f vi		1.00																
Visina iznad tla (m)				0.90		V ex (m <sup>3</sup> /h)		0.00																
Theta int, i (°C)				24		V su (m <sup>3</sup> /h)		0.00																
Theta e (°C)				-16		V su,i (m <sup>3</sup> /h)		0.00																
f RH				11.00		n min (1/h)		1.50																
Korekcijski faktor - fh,i				1.00																				
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m <sup>2</sup> )	A' (m <sup>2</sup> )	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)				
Prozor Sjever	exterior	N	1	0.80	0.80	0.64	-	0.64	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.909	36			
Zid Sjever	exterior	N	1	1.92	2.75	5.28	+	4.64	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.206	48			
Zid Istok	exterior	E	1	2.56	2.75	7.04	+	7.04	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.830	73			
vrata jug	heated room	S	1	1.87	1.00	1.87	-	1.87	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	15	1.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.597	23			
zid jug	heated room	S	1	1.92	2.75	5.28	+	3.41	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	15	1.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.199	8			
zid zapad	heated room	W	1	2.56	2.75	7.04	+	7.04	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	15	1.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.412	16			
pod	ground (floor)	hor.	1	5.00	1.00	5.00	+	5.00	12.00	0.83	0.00	0.440	0.14	-16	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.305	12			
strop	heated room	hor.	1	5.00	1.00	5.00	+	5.00	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.130	5			
<b>Rezultati proračuna</b>																								
Phi V,inf (W)						0		Phi T,i (W)															223	
Phi V,min (W)						19		Phi V,i (W)																256
Phi V,meh,inf						0		Phi V,meh (W)																0
Phi V,su (W)						0		Phi (W)																533
Phi RH (W)						54		Phi/A (W/m <sup>2</sup> )																108

Prizemlje		Prostorija:		R6 Kuhinja i blagovaonica																		
Duljina (m)		12.38		T (m)														150.00				
Širina (m)		1.00		Gw														1.00				
Površina (m <sup>2</sup> )		12.38		f g1														1.45				
Visina (m)		2.55		Broj otvora														1				
Volumen (m <sup>3</sup> )		31.57		e i														0.03				
Oplošje (m <sup>2</sup> )		93.00		f vi														1.00				
Visina iznad tla (m)		0.90		V ex (m <sup>3</sup> /h)														0.00				
Theta int, i (°C)		20		V su (m <sup>3</sup> /h)														0.00				
Theta e (°C)		-16		V su,i (m <sup>3</sup> /h)														0.00				
f RH		11.00		n min (1/h)														1.50				
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																				
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	ViŠ (m)	A O (m <sup>2</sup> )	A' (m <sup>2</sup> )	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
vrata sjever	heated room	N	1	2.20	1.00	2.20	-	2.20	0.00	0.00	0.00	1.370	0.00	15	1.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.419	15	
zid sjever	heated room	N	1	3.60	2.75	9.90	+	7.70	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	15	1.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.278	10	
zid istok	heated room	E	1	3.86	2.75	10.61	+	10.61	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	15	1.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.383	13	
prozor jug	exterior	S	1	1.90	1.20	2.28	-	2.28	0.00	0.00	0.00	1.370	0.00	-16	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.562	56	
zid jug	exterior	S	1	3.60	2.75	9.90	+	7.62	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.991	35	
pod	ground (floor)	hor.	1	15.69	1.00	15.69	+	15.69	28.76	1.17	0.00	0.440	0.19	-16	1.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.961	34	
strop	heated room	hor.	1	12.38	1.00	12.38	+	12.38	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	20	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0	
<b>Rezultati proračuna</b>																						
Phi V,inf (W)				4	Phi T,i (W)																	165
Phi V,min (W)				47	Phi V,i (W)																	580
Phi V,mech,inf				0	Phi V,mech (W)																	46
Phi V,su (W)				0	Phi (W)																	881
Phi RH (W)				136	Phi/A (W/m <sup>2</sup> )																	71
Phi/V (W/m <sup>2</sup> )				27																		

Prizemlje	Prostorija:		R7 Soba	
Duljina (m)	9.20	T (m)	150.00	
Širina (m)	4.53	Gw	1.00	
Površina (m <sup>2</sup> )	41.68	f g1	1.45	
Visina (m)	2.55	Broj otvora	0	
Volumen (m <sup>3</sup> )	106.27	e i	0.00	
Oplošje (m <sup>2</sup> )	153.38	f vi	1.00	
Visina iznad tla (m)	0.90	V ex (m <sup>3</sup> /h)	0.00	
Theta int, i (°C)	20	V su (m <sup>3</sup> /h)	0.00	
Theta e (°C)	-16	V su,i (m <sup>3</sup> /h)	0.00	
f RH	11.00	n min (1/h)	0.50	
Korekcijski faktor - fh,i	1.00			

OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m <sup>2</sup> )	A' (m <sup>2</sup> )	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)	
zid sjever	exterior	N	1	4.53	2.75	12.46	+	12.46	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.240	116
vrata istok	heated room	E	2	2.20	1.00	2.20	-	4.40	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	15	1.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.868	31
zid istok	heated room	E	1	5.74	2.75	15.78	+	11.38	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	15	1.00	0.00	0.14	0.00	0.00	2.244	80
prozor jug	exterior	S	1	1.90	1.20	2.28	-	2.28	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.238	116
zid jug	exterior	S	1	4.53	2.75	12.46	+	10.18	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.647	95
prozor zapad	exterior	W	2	2.20	1.20	2.64	-	5.28	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.498	269
zid zapad	exterior	W	1	9.81	2.75	26.98	+	21.70	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.642	203
pod	ground (floor)	hor.	1	37.22	1.00	37.22	+	37.22	76.44	0.97	0.00	0.440	0.16	-16	1.00	0.00	0.00	0.22	0.00	1.919	69
strop	heated room	hor.	1	37.22	1.00	37.22	+	37.22	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	20	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0

## Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	0	Phi T,i (W)	982
Phi V,min (W)	53	Phi V,i (W)	650
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	0
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	2090
Phi RH (W)	458	Phi/A (W/m <sup>2</sup> )	50
PhiV (W/m <sup>2</sup> )	19		

Activate Windows

Prizemlje				Prostorija:				R10 Hodnik														
Duljina (m)				11.00		T (m)		150.00														
Širina (m)				1.00		Gw		1.00														
Površina (m <sup>2</sup> )				11.00		f g1		1.45														
Visina (m)				2.55		Broj otvora		0														
Volumen (m <sup>3</sup> )				28.05		e i		0.00														
Oplošje (m <sup>2</sup> )				83.20		f vi		1.00														
Visina iznad tla (m)				0.90		V ex (m <sup>3</sup> /h)		0.00														
Theta int, i (°C)				15		V su (m <sup>3</sup> /h)		0.00														
Theta e (°C)				-16		V su,i (m <sup>3</sup> /h)		0.00														
f RH				11.00		n min (1/h)		0.50														
Korekcijski faktor - fh,i				1.00																		
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m <sup>2</sup> )	A' (m <sup>2</sup> )	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
vrata sjever	heated room	N	2	0.85	2.10	1.78	-	3.56	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	24	1.00	0.00	-0.29	0.00	0.00	-1.468	0	
zid sjever	heated room	N	1	4.65	2.75	12.79	+	9.23	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	24	1.00	0.00	-0.29	0.00	0.00	-0.697	0	
pod	ground (floor)	hor.	1	15.69	1.00	15.69	+	15.69	24.00	1.31	0.00	0.440	0.22	-16	1.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.484	15	
strop	exterior	hor.	1	11.00	1.00	11.00	+	11.00	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.860	88	

## Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	0	Phi T,i (W)	103
Phi V,min (W)	14	Phi V,i (W)	148
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	0
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	372
Phi RH (W)	121	Phi/A (W/m <sup>2</sup> )	33
Phi/V (W/m <sup>2</sup> )	13		

Prizemlje				Prostorija:				R11 Garderoba i S.Č.Ž.														
Duljina (m)				7.29		T (m)		150.00														
Širina (m)				1.00		Gw		1.00														
Površina (m <sup>2</sup> )				7.29		f g1		1.45														
Visina (m)				2.55		Broj otvora		1														
Volumen (m <sup>3</sup> )				18.59		e i		0.03														
Oplošje (m <sup>2</sup> )				56.86		f vi		1.00														
Visina iznad tla (m)				0.90		V ex (m <sup>3</sup> /h)		0.00														
Theta int, i (°C)				24		V su (m <sup>3</sup> /h)		0.00														
Theta e (°C)				-16		V su,i (m <sup>3</sup> /h)		0.00														
f RH				11.00		n min (1/h)		1.00														
Korekcijski faktor - fh,i				1.00																		
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m <sup>2</sup> )	A' (m <sup>2</sup> )	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)		
prozor sjever	exterior	N	1	1.20	0.80	0.96	-	0.96	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.363	54	
zid sjever	exterior	N	1	2.32	2.75	6.38	+	5.42	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.409	56	
vrata jug	heated room	S	1	0.85	2.10	1.78	-	1.78	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	15	1.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.569	22	
zid jug	heated room	S	1	7.29	2.75	20.05	+	18.27	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	15	1.00	0.00	0.22	0.00	0.00	1.069	42	
zid zapad	exterior	W	1	3.75	2.75	10.31	+	10.31	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.681	107	
pod	ground (floor)	hor.	1	15.69	1.00	15.69	+	15.69	33.38	0.94	0.00	0.440	0.16	-16	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	1.092	43	
strop	heated room	hor.	1	5.00	1.00	5.00	+	5.00	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	20	1.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.130	5	

## Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	2	Phi T,i (W)	332
Phi V,min (W)	19	Phi V,i (W)	253
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	30
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	665
Phi RH (W)	80	Phi/A (W/m <sup>2</sup> )	91
Phi/V (W/m <sup>2</sup> )	35		





Prizemlje		Prostorija:						R14 Skladište 2															
Duljina (m)		218.13						T (m)		150.00													
Širina (m)		1.00						Gw		1.00													
Površina (m <sup>2</sup> )		218.13						f g1		1.45													
Visina (m)		6.13						Broj otvora		0													
Volumen (m <sup>3</sup> )		1337.14						e i		0.00													
Oplošje (m <sup>2</sup> )		3122.79						f vi		1.00													
Visina iznad tla (m)		0.90						V ex (m <sup>3</sup> /h)		0.00													
Theta int, i (°C)		15						V su (m <sup>3</sup> /h)		0.00													
Theta e (°C)		-16						V su,i (m <sup>3</sup> /h)		0.00													
f RH		11.00						n min (1/h)		0.50													
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																					
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m <sup>2</sup> )	A' (m <sup>2</sup> )	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)			
čelična vrata	exterior	E	2	4.00	3.50	14.00	-	28.00	0.00	0.00	0.00	0.350	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	9.800	303			
vrata istok	exterior	E	1	2.40	1.00	2.40	-	2.40	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	3.408	105			
prozor istok	exterior	E	1	1.70	1.20	2.04	-	2.04	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.530	16			
zid istok	exterior	E	1	15.00	2.75	41.25	+	8.81	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	2.291	71			
prozor jug	exterior	S	3	2.10	1.20	2.52	-	7.56	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	10.735	332			
zid jug	exterior	S	1	16.00	2.75	44.00	+	36.44	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	9.474	293			
zid zapad	exterior	W	1	9.38	2.75	25.80	+	25.80	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	6.708	208			
krov	exterior	hor.	1	262.00	1.00	262.00	+	262.00	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	68.120	2111			
pod	ground (floor)	hor.	1	15.69	1.00	15.69	+	15.69	59.00	0.53	0.00	0.440	0.09	-16	1.00	0.00	0.10	0.00	0.198	6			
<b>Rezultati proračuna</b>																							
Phi V,inf (W)		0						Phi T,i (W)		3449													
Phi V,min (W)		669						Phi V,i (W)		7047													
Phi V,mech,inf		0						Phi V,mech (W)		0													
Phi V,su (W)		0						Phi (W)		12895													
Phi RH (W)		2399						Phi/A (W/m <sup>2</sup> )		59													
Phi/V (W/m <sup>2</sup> )		9																					

Kat		Prostorija:						R1 Poslovni prostor															
Duljina (m)		92.69						T (m)		150.00													
Širina (m)		1.00						Gw		1.00													
Površina (m <sup>2</sup> )		92.69						f g1		1.45													
Visina (m)		2.55						Broj otvora		0													
Volumen (m <sup>3</sup> )		236.36						e i		0.00													
Oplošje (m <sup>2</sup> )		663.20						f vi		1.00													
Visina iznad tla (m)		3.65						V ex (m <sup>3</sup> /h)		0.00													
Theta int, i (°C)		20						V su (m <sup>3</sup> /h)		0.00													
Theta e (°C)		-16						V su,i (m <sup>3</sup> /h)		0.00													
f RH		11.00						n min (1/h)		0.50													
Korekcijski faktor - fh,i		1.00																					
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m <sup>2</sup> )	A' (m <sup>2</sup> )	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)			
zid sjever	exterior	N	1	12.13	2.75	33.36	+	33.36	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	8.674	312			
zid jug	exterior	S	1	12.13	2.75	33.36	+	33.36	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	8.674	312			
prozor istok	exterior	E	1	2.00	1.00	2.00	-	2.00	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	2.840	102			
zid istok	exterior	E	1	9.81	2.75	26.98	+	24.98	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	6.495	233			
prozor zapad	exterior	W	1	2.20	2.00	4.40	-	4.40	0.00	0.00	0.00	1.420	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	6.248	224			
zid zapad	exterior	W	1	9.81	2.75	26.98	+	22.58	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	5.871	211			
krovni prozori	exterior	Dif - hor	12	0.78	1.40	1.09	-	13.08	0.00	0.00	0.00	1.670	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	21.844	786			
strop	non-heated room	hor.	1	148.00	1.00	148.00	+	134.92	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	1.00	0.00	0.00	35.079	1262			
pod	heated room	hor.	1	15.69	1.00	15.69	+	15.69	0.00	0.00	0.00	0.440	0.00	20	1.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0			

Kat				Prostorija:				R2 Laboratorij																					
Duljina (m)				24.13				T (m)				150.00																	
Širina (m)				1.00				Gw				1.00																	
Površina (m <sup>2</sup> )				24.13				f g1				1.45																	
Visina (m)				2.55				Broj otvora				0																	
Volumen (m <sup>3</sup> )				61.53				e i				0.00																	
Oplošje (m <sup>2</sup> )				176.42				f vi				1.00																	
Visina iznad tla (m)				3.65				V ex (m <sup>3</sup> /h)				0.00																	
Theta int, i (°C)				20				V su (m <sup>3</sup> /h)				0.00																	
Theta e (°C)				-16				V su,i (m <sup>3</sup> /h)				0.00																	
f RH				11.00				n min (1/h)				0.50																	
Korekcijski faktor - fh,i				1.00																									
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m <sup>2</sup> )	A' (m <sup>2</sup> )	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/as	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)									
prozor sjever	exterior	N	1	1.20	1.20	1.44	-	1.44	0.00	0.00	0.00	1.370	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.973	71								
zid sjever	exterior	N	1	2.30	1.00	2.30	+	0.86	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.224	8								
vrata istok	heated room	E	1	0.95	2.20	2.09	-	2.09	0.00	0.00	0.00	1.370	0.00	15	1.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.398	14								
prozor istok	heated room	E	1	2.00	1.20	2.40	-	2.40	0.00	0.00	0.00	1.370	0.00	15	1.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.457	16								
zid istok	heated room	E	1	6.68	1.00	6.68	+	2.19	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	15	1.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.079	2								
prozor jug	exterior	S	1	2.00	1.20	2.40	-	2.40	0.00	0.00	0.00	1.370	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.288	118								
zid jug	exterior	S	1	4.65	2.75	12.79	+	10.39	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.701	97								
krov	okolici	hor.	1	28.20	1.00	28.20	+	28.20	0.00	0.00	0.00	0.260	0.00	-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.332	264								

**Rezultati proračuna**

Phi V,inf (W)	0	Phi T,i (W)	592
Phi V,min (W)	31	Phi V,i (W)	377
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	0
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	1234
Phi RH (W)	265	Phi/A (W/m <sup>2</sup> )	51
Phi/V (W/m <sup>2</sup> )	20		

## **Prilog B – Proračun toplinskih dobitaka prema normi VDI 2078**

F2 Prizemlje		R3 WC											
Tip prostora	XL - veoma lagano	a (m)						1.92					
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)						2.56					
Tip zračenja	ukupno	c (m)						2.55					
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>2</sup> )						12.53					
T	4.30	O (m <sup>2</sup> )						32.68					
		Ap (m)						4.92					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 0 (W) u 0 sati.

F2 Prizemlje		R6 Kuhinja i blagovaonica											
Tip prostora	XL - veoma lagano	a (m)		12.38									
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)		1.00									
Tip zračenja	ukupno	c (m)		2.55									
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>2</sup> )		31.57									
T		4.30 O (m <sup>2</sup> )		93.00									
		Ap (m)		12.38									
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	1	103	106	106	107
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	10	129	132	133	135
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		-12	-18	-23	-31	-35	-37	-33	-29	-23	-19	-15	-9
Zračenje (W)		0	0	0	0	22	81	56	68	84	100	110	113
Infiltracija (W)		-39	-43	-46	-49	-50	-43	-30	-16	-2	8	16	23
Ukupno (W)		-51	-61	-69	-80	-63	1	-7	34	291	327	350	369
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		107	107	108	108	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		135	136	136	138	138	139	139	139	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		-3	3	11	19	22	25	24	19	13	8	4	-2
Zračenje (W)		111	102	89	73	57	55	25	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		28	32	35	36	32	28	20	7	-5	-14	-20	-26
Ukupno (W)		378	380	379	374	249	247	208	165	8	-6	-16	-28
Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 380 (W) u 14 sati.													

F2 Prizemlje		R7 Soba											
Tip prostora	M - srednje	a (m)						9.20					
Orijentacija	Z - zapadno	b (m)						4.53					
Tip zračenja	ukupno	c (m)						2.55					
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>2</sup> )						106.27					
T	4.30	O (m <sup>2</sup> )						153.38					
		Ap (m)						41.68					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	16	258	264	271	279
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	2	15	16	17	18
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	13	45	48	51	54
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		-10	-29	-46	-67	-80	-79	-65	-48	-28	-11	2	19
Zračenje (W)		0	0	0	0	38	60	55	69	85	101	112	122
Infiltracija (W)		-133	-145	-157	-168	-169	-147	-102	-55	-6	29	55	79
Ukupno (W)		-143	-174	-203	-235	-211	-166	-112	-3	369	447	508	571
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		286	289	292	296	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		19	20	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		56	58	60	61	63	64	65	66	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		37	57	77	93	102	105	100	83	61	49	36	21
Zračenje (W)		187	411	694	865	815	559	189	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		97	110	119	121	110	95	69	25	-19	-48	-69	-88
Ukupno (W)		682	945	1263	1457	1090	823	423	174	42	1	-33	-67

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 1457 (W) u 16 sati.

F2 Prizemlje		R10 Hodnik											
Tip prostora	XL - veoma lagano	a (m)						11.00					
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)						1.00					
Tip zračenja	ukupno	c (m)						2.55					
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>2</sup> )						28.05					
T	4.30	O (m <sup>2</sup> )						83.20					
		Ap (m)						11.00					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	6	213	215	215	217
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	16	17	17	17
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		0	-2	-5	-7	-10	-14	-17	-20	-22	-23	-24	-23
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		-35	-38	-41	-44	-44	-38	-26	-14	-1	7	14	21
Ukupno (W)		-35	-40	-46	-51	-54	-52	-43	-28	206	216	222	232
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		217	217	217	220	220	220	220	222	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		-21	-17	-14	-10	-6	-3	0	3	3	4	3	3
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		25	29	31	32	29	25	18	6	-5	-12	-18	-23
Ukupno (W)		238	246	251	259	243	242	238	231	-2	-8	-15	-20

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 259 (W) u 16 sati.

F2 Prizemlje		R11 Garderoba i S.Č.Ž.											
Tip prostora	XL - veoma lagano	a (m)						7.29					
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)						1.00					
Tip zračenja	ukupno	c (m)						2.55					
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>3</sup> )						18.59					
T	4.30	O (m <sup>2</sup> )						56.86					
		Ap (m)						7.29					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		-70	-76	-82	-88	-89	-77	-53	-29	-3	15	29	41
Ukupno (W)		-70	-76	-82	-88	-89	-77	-53	-29	-3	15	29	41
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		50	58	62	63	58	50	36	13	-10	-25	-36	-46
Ukupno (W)		50	58	62	63	58	50	36	13	-10	-25	-36	-46
Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 63 (W) u 16 sati.													



<b>F2 Prizemlje</b>		<b>R12 Garderoba i S.Č.M.</b>											
Tip prostora	XL - veoma lagano	a (m)						7.29					
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)						1.00					
Tip zračenja	ukupno	c (m)						2.55					
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>2</sup> )						18.59					
T		4.30 O (m <sup>2</sup> )						56.86					
		Ap (m)						7.29					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		166	160	153	148	147	159	182	207	232	251	265	278
Ukupno (W)		166	160	153	148	147	159	182	207	232	251	265	278
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		287	294	299	300	294	286	272	250	226	210	200	190
Ukupno (W)		287	294	299	300	294	286	272	250	226	210	200	190
Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 300 (W) u 16 sati.													

<b>F2 Prizemlje</b>		<b>R13 Skladište 1</b>											
Tip prostora	XL - veoma lagano	a (m)	36.37										
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)	1.00										
Tip zračenja	ukupno	c (m)	2.55										
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>3</sup> )	92.74										
T	4.30	O (m <sup>2</sup> )	263.33										
		Ap (m)	36.37										
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	7	345	353	353	356
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	16	17	17	17
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	14	298	309	313	313
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		-33	-36	-39	-44	-49	-49	-46	-45	-42	-41	-39	-38
Zračenje (W)		0	0	0	0	70	114	79	95	118	140	154	159
Infiltracija (W)		-232	-254	-275	-293	-296	-257	-178	-96	-12	51	96	139
Ukupno (W)		-265	-290	-314	-337	-275	-192	-145	-25	723	829	894	946
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		356	356	360	360	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		316	320	320	323	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		-36	-34	-31	-28	-26	-26	-26	-28	-30	-29	-29	-28
Zračenje (W)		156	144	124	102	81	118	82	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		169	193	208	211	193	166	120	45	-33	-84	-120	-154
Ukupno (W)		978	996	998	985	248	258	176	17	-63	-113	-149	-182

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 998 (W) u 15 sati.

<b>F2 Prizemlje</b>		<b>R14 Skladište 2</b>											
Tip prostora	XL - veoma lagano	a (m)						218.13					
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)						1.00					
Tip zračenja	ukupno	c (m)						6.13					
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>3</sup> )						1337.14					
T	4.30	O (m <sup>2</sup> )						3122.79					
		Ap (m)						218.13					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	25	1209	1236	1236	1249
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	3	82	86	87	87
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	7	149	154	156	156
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		644	562	484	398	332	293	282	286	310	339	381	449
Zračenje (W)		0	0	0	0	199	948	1543	2406	2883	3301	3700	3800
Infiltracija (W)		-1678	-1831	-1983	-2114	-2136	-1853	-1286	-697	-87	370	697	1002
Ukupno (W)		-1034	-1269	-1499	-1716	-1605	-612	539	2030	4546	5486	6257	6743
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		1249	1249	1263	1263	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		87	88	88	89	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		158	160	160	161	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		527	626	724	825	896	948	972	960	911	875	814	753
Zračenje (W)		3671	3259	2625	1826	1045	536	178	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		1220	1395	1504	1526	1395	1199	872	327	-239	-610	-872	-1111
Ukupno (W)		6912	6777	6364	5690	3336	2683	2022	1287	672	265	-58	-358
Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 6912 (W) u 13 sati.													

F3 Kat		R1 Poslovni prostor											
Tip prostora	L - lagano	a (m)		92.69									
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)		1.00									
Tip zračenja	ukupno	c (m)		2.55									
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>3</sup> )		236.36									
T	4.30	O (m <sup>2</sup> )		663.20									
		Ap (m)		92.69									
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	20	517	537	558	572
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	5	50	56	62	67
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	23	198	225	245	265
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		200	146	95	37	-5	-10	18	55	102	142	183	238
Zračenje (W)		0	0	0	0	61	313	696	1124	1482	1752	1937	2096
Infiltracija (W)		-296	-323	-350	-373	-377	-327	-227	-123	-15	65	123	177
Ukupno (W)		-96	-177	-255	-336	-321	-24	487	1104	2334	2777	3108	3415
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		586	599	606	619	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		70	74	76	80	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		281	293	304	316	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		289	354	414	476	509	524	523	480	420	383	339	294
Zračenje (W)		2118	2041	1830	1465	1000	520	146	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		215	246	265	269	246	211	154	57	-42	-107	-154	-196
Ukupno (W)		3559	3607	3495	3225	1755	1255	823	537	378	276	185	98

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 3607 (W) u 14 sati.

F3 Kat		R2 Laboratorij											
Tip prostora	XL - veoma lagano	a (m)						24.13					
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)						1.00					
Tip zračenja	ukupno	c (m)						2.55					
Datum	23. Srpanj	V (m <sup>2</sup> )						61.53					
T	4.30	O (m <sup>2</sup> )						176.42					
		Ap (m)						24.13					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	3	208	213	213	215
Rasvjeta (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	16	17	17	17
Strojevi i uređaji (W)		0	0	0	0	0	0	0	5	104	108	109	109
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		-27	-31	-33	-37	-39	-35	-27	-18	-8	-2	3	8
Zračenje (W)		0	0	0	0	53	85	59	72	89	105	115	119
Infiltracija (W)		-77	-84	-91	-97	-98	-85	-59	-32	-4	17	32	46
Ukupno (W)		-104	-115	-124	-134	-84	-35	-27	30	405	458	489	514
		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)		215	215	217	217	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)		17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)		110	112	112	113	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)		12	16	19	21	19	18	14	5	-4	-10	-13	-17
Zračenje (W)		117	108	93	77	61	89	62	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)		56	64	69	70	64	55	40	15	-11	-28	-40	-51
Ukupno (W)		527	532	527	515	144	162	116	20	-15	-38	-53	-68
Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 532 (W) u 14 sati.													

## **Prilog C - Proračun petlji podnog/stropnog grijanja**

### Toplinska bilanca

<b>F2 Prizemlje</b>												
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b>A</b>	<b>tu</b>	<b>Qn</b>	<b>PhiT</b>	<b>PhiV</b>		<b>Qi(pod)</b>	<b>Qi(strop)</b>	<b>Qinst</b>	<b>Qost</b>	<b>Qinst/m<sup>2</sup></b>
		<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(°C)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	
R3	WC	4	24	533	223	256	54	122	0	122	-411	24
R6	Kuhinja i	12	20	881	165	580	136	1060	0	1060	179	85
R7	Soba	41	20	2090	982	650	458	2734	0	2734	644	65
R10	Hodnik	11	15	372	103	148	121	648	0	648	276	58
R11	Garderoba i S.Č.Ž.	7	24	665	332	253	80	207	0	207	-458	28
R12	Garderoba i S.Č.M.	7	24	720	261	379	80	362	0	362	-358	49
R13	Skladište 1	36	15	1323	434	489	400	0	2167	2167	844	59
R14	Skladište 2	218	15	12895	3449	7047	2399	0	12903	12903	8	59
<b>Ukupno:</b>				<b>20151</b>	<b>6243</b>	<b>10010</b>	<b>3898</b>	<b>5897</b>	<b>15070</b>	<b>20967</b>	<b>816</b>	

<b>F3 Kat</b>												
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b>A</b>	<b>tu</b>	<b>Qn</b>	<b>PhiT</b>	<b>PhiV</b>		<b>Qi(pod)</b>	<b>Qi(zid)</b>	<b>Qinst</b>	<b>Qost</b>	<b>Qinst/m<sup>2</sup></b>
R1	Poslovni prostor	92	20	5912	3446	1447	1019	7088	0	7088	1176	76
R2	Laboratorij	24	20	1234	592	377	265	1193	0	1193	-41	49
<b>Ukupno: Kat</b>				<b>7146</b>	<b>4038</b>	<b>1824</b>	<b>1284</b>	<b>8281</b>	<b>0</b>	<b>8281</b>	<b>1135</b>	

<b>Ukupno:</b>				<b>27297</b>	<b>10281</b>	<b>11834</b>	<b>0</b>	<b>14178</b>	<b>15070</b>	<b>29248</b>	<b>1951</b>	
----------------	--	--	--	--------------	--------------	--------------	----------	--------------	--------------	--------------	-------------	--

## Podno grijanje

### H1-Heating installation \ Entry point on Prizemlje (1.1)

#### REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 05 (1.1).1

Temperatura polazne vode 36.0 (°C)

Temperatura povratne vode 30.0 (°C)

Broj priključaka 5

Uk. površina petlji 59.8 (m<sup>2</sup>)

Uk. duljina cijevi 637.6 (m)

Instalirani učin 4558 (W)

Uk. instalirani učin 4811 (W)

Uk. volumen medija 87.34 (l)

Uk. protok 689.20 (kg/h)

21.31 (kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m <sup>2</sup> K/W)	A (m <sup>2</sup> )	T (mm)	tp (°C)	q (W/m <sup>2</sup> )	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent
<b>Prizemlje \ R6 Kuhinja i blagovaonica</b>																	
4	B	Ceramics tiles	5	0.005	6.0	50	28.0	88.3	6.0	120.0	0.0	530	562	80.5	0.2	5.9	0.25
5	B	Ceramics tiles	5	0.005	6.0	50	28.0	88.3	6.0	120.0	0.0	530	562	80.5	0.2	5.9	0.25
<b>Prizemlje \ R7 Soba</b>																	
1	B	Ceramics tiles	5	0.005	12.0	100	27.0	76.4	6.0	120.0	0.0	916	972	139.3	0.3	14.9	0.50
2	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.9	100	27.0	76.4	6.0	119.0	0.0	909	965	138.2	0.3	14.6	0.50
3	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.9	100	27.0	76.4	6.0	119.0	0.0	909	965	138.2	0.3	14.6	0.50

#### REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 05 (1.1).4

Temperatura polazne vode 36.0 (°C)

Temperatura povratne vode 30.0 (°C)

Broj priključaka 5

Uk. površina petlji 38.3 (m<sup>2</sup>)

Uk. duljina cijevi 298.5 (m)

Instalirani učin 2532 (W)

Uk. instalirani učin 2696 (W)

Uk. volumen medija 39.62 (l)

Uk. protok 386.40 (kg/h)

26.46 (kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m <sup>2</sup> K/W)	A (m <sup>2</sup> )	T (mm)	tp (°C)	q (W/m <sup>2</sup> )	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz.
<b>Prizemlje \ R3 WC</b>																	
1	B	Ceramics tiles	5	0.005	2.3	100	28.9	51.8	6.0	23.5	0.0	122	133	19.1	0.0	0.1	0.25
<b>Prizemlje \ R10 Hodnik</b>																	
5	B	Ceramics tiles	5	0.005	7.0	150	23.4	92.6	6.0	46.2	0.0	648	673	96.4	0.2	3.1	0.25
<b>Prizemlje \ R11 Garderoba i S.Č.Ž.</b>																	
2	B	Ceramics tiles	5	0.005	4.0	100	28.9	51.8	6.0	40.0	0.0	207	226	32.5	0.1	0.4	0.25
<b>Prizemlje \ R12 Garderoba i S.Č.M.</b>																	
3	B	Ceramics tiles	5	0.005	7.0	100	28.9	51.8	6.0	70.0	0.0	362	397	56.9	0.1	1.2	0.25
<b>Prizemlje \ R2 Laboratorij</b>																	
4	B	Ceramics tiles	5	0.005	18.0	150	26.2	66.3	6.0	118.8	0.0	1193	1267	181.5	0.4	23.4	2.50



**REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1**

Temperatura polazne vode	36.0 (°C)
Temperatura povratne vode	30.0 (°C)
Broj priključaka	8
Uk. površina petlji	92.8 (m <sup>2</sup> )
Uk. duljina cijevi	928.0 (m)
Instalirani učin	7088 (W)
Uk. instalirani učin	7520 (W)
Uk. volumen medija	123.18 (l)
Uk. protok	1077.60 (kg/h)
	18.99 (kPa)

P	Tip	Obloga	D	RlaB	A	T	tp	q	Δt	I	Id	Qi(k)	Quk	m	w	Δp	Poz.
Kat \ R1 Poslovni prostor																	
1	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	27.0	76.4	6.0	116.0	0.0	886	940	134.7	0.3	13.6	2.50
2	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	27.0	76.4	6.0	116.0	0.0	886	940	134.7	0.3	13.6	2.50
3	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	27.0	76.4	6.0	116.0	0.0	886	940	134.7	0.3	13.6	2.50
4	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	27.0	76.4	6.0	116.0	0.0	886	940	134.7	0.3	13.6	2.50
5	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	27.0	76.4	6.0	116.0	0.0	886	940	134.7	0.3	13.6	2.50
6	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	27.0	76.4	6.0	116.0	0.0	886	940	134.7	0.3	13.6	2.50
7	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	27.0	76.4	6.0	116.0	0.0	886	940	134.7	0.3	13.6	2.50
8	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	27.0	76.4	6.0	116.0	0.0	886	940	134.7	0.3	13.6	2.50

**Stropno grijanje****H1-Heating installation \ Entry point on Prizemlje (1.1)****REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).2**

Temperatura polazne vode	36.0 (°C)
Temperatura povratne vode	30.0 (°C)
Uk. površina petlji	70.00 (m <sup>2</sup> )
Uk. duljina cijevi	700.0 (m)
Uk. instalirani učin	8211 (W)
Uk. volumen medija	92.9 (l)
Uk. protok	1360.8 (kg/h)
Maks. pad tlaka	31.4 (kPa)

P	Oz	Obloga	U	Van. temp.	Duljina (m)	Visina (m)	A (m <sup>2</sup> )	X-zona	T (mm)	tz (°C)	Δt (°C)	I (m)	Quk (W)	q (W/m <sup>2</sup> )	m (kg/h)	Δp (kPa)	Poz. vent
Prizemlje \ R14 Skladište 2																	
1S	1	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50
2S	2	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50
3S	3	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50
4S	4	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50
5S	5	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50
6S	6	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50
7S	7	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50

**REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 06 (1.1).3**

Temperatura polazne vode			36.0	(°C)															
Temperatura povratne vode			30.0	(°C)															
Uk. površina petlji			60.00	(m <sup>2</sup> )															
Uk. duljina cijevi			570.0	(m)															
Uk. instalirani učin			6859	(W)															
Uk. volumen medija			75.7	(l)															
Uk. protok			1136.7	(kg/h)															
Maks. pad tlaka			28.8	(kPa)															
P	Oz	Obloga	U	Van. temp.	Duljina (m)	Visina (m)	A (m <sup>2</sup> )	X-zona	T (mm)	tz (°C)	Δt (°C)	l (m)	Q <sub>uk</sub> (W)	q (W/m <sup>2</sup> )	m (kg/h)	Δp (kPa)	Poz. vent		
<b>Prizemlje \ R13 Skladište 1</b>																			
1S	1	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	2.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.6	2.50		
2S	2	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	2.00	150	27.4	6.0	66.00	1147	99.4	164.7	11.3	0.50		
<b>Prizemlje \ R14 Skladište 2</b>																			
3S	3	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50		
4S	4	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50		
5S	5	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50		
6S	6	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	29.7	6.0	100.00	1354	117.3	194.4	22.2	2.50		

## **Prilog D - Proračun petlji podnog/stropnog hlađenja**

Bilanca hlađenja							
<b>F2 Prizemlje</b>							
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)
R3	WC	0		0	0	0	0
R6	Kuhinja i blagovaonica	380		572	-192	572	0
R7	Soba	1457		1522	-65	1522	0
R10	Hodnik	259		261	-2	261	0
R11	Garderoba i S.Č.Ž.	0		0	0	0	0
R12	Garderoba i S.Č.M.	0		0	0	0	0
R13	Skladište 1	985		1022	-37	0	1022
R14	Skladište 2	6365		6120	245	0	6120
<b>Ukupno: Prizemlje</b>		<b>10273</b>		<b>10362</b>	<b>-89</b>	<b>3220</b>	<b>7142</b>
<b>F3 Kat</b>							
P	Prostorija	Qn	Datum	Qinst	Qost	Qi(pod)	Qi(zid)
R1	Poslovni prostor	3607		3704	-97	3704	0
R2	Laboratorij	527		672	-145	672	0
<b>Ukupno: Kat</b>		<b>4134</b>		<b>4376</b>	<b>-242</b>	<b>4376</b>	<b>0</b>
<b>Ukupno:</b>		<b>14407</b>		<b>14738</b>	<b>-331</b>	<b>7596</b>	<b>7142</b>

## Podno hlađenje

### H1-Heating installation \ Entry point on Prizemlje (1.1)

#### REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 05 (1.1).1

Temperatura polazne vode	16.0 (°C)
Temperatura povratne vode	18.0 (°C)
Broj priključaka	5
Uk. površina petlji	59.8 (m <sup>2</sup> )
Uk. duljina cijevi	637.6 (m)
Instalirani učin	2392 (W)
Uk. instalirani učin	2695 (W)
Uk. volumen medija	87.34 (l)
Uk. protok	1161.00 (kg/h)
	43.70 (kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m <sup>2</sup> K/W)	A (m <sup>2</sup> )	T (mm)	tp (°C)	q (W/m <sup>2</sup> )	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent
<b>Prizemlje \ R6 Kuhinja i blagovaonica</b>																	
4	B	Ceramics tiles	5	0.005	6.0	50	18.7	47.6	2.0	120.0	0.0	286	319	137.4	0.3	16.1	0.25
5	B	Ceramics tiles	5	0.005	6.0	50	18.7	47.6	2.0	120.0	0.0	286	319	137.4	0.3	16.1	0.25
<b>Prizemlje \ R7 Soba</b>																	
1	B	Ceramics tiles	5	0.005	12.0	100	19.5	42.5	2.0	120.0	0.0	510	573	246.8	0.5	43.7	0.50
2	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.9	100	19.5	42.5	2.0	119.0	0.0	506	568	244.7	0.5	42.7	0.50
3	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.9	100	19.5	42.5	2.0	119.0	0.0	506	568	244.7	0.5	42.7	0.50

#### REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 05 (1.1).4

Temperatura polazne vode	16.0 (°C)
Temperatura povratne vode	18.0 (°C)
Broj priključaka	5
Uk. površina petlji	38.3 (m <sup>2</sup> )
Uk. duljina cijevi	298.5 (m)
Instalirani učin	1500 (W)
Uk. instalirani učin	1692 (W)
Uk. volumen medija	39.62 (l)
Uk. protok	729.60 (kg/h)
	70.90 (kPa)

P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m <sup>2</sup> K/W)	A (m <sup>2</sup> )	T (mm)	tp (°C)	q (W/m <sup>2</sup> )	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz.
<b>Prizemlje \ R10 Hodnik</b>																	
5	B	Ceramics tiles	5	0.005	7.0	150	20.3	37.3	2.0	46.2	0.0	261	295	127.4	0.3	5.4	0.25
<b>Prizemlje \ R2 Laboratorij</b>																	
4	B	Ceramics tiles	5	0.005	18.0	150	20.3	37.3	2.0	118.8	0.0	672	760	327.6	0.7	70.9	2.50

**REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1**

Temperatura polazne vode	16.0 (°C)
Temperatura povratne vode	19.0 (°C)
Broj priključaka	8
Uk. površina petlji	92.8 (m <sup>2</sup> )
Uk. duljina cijevi	928.0 (m)
Instalirani učin	3704 (W)
Uk. instalirani učin	4168 (W)
Uk. volumen medija	123.18 (l)
Uk. protok	1198.40 (kg/h)
	17.90 (kPa)

P	Tip	Obloga	D	RlaB	A	T	tp	q	Δt	l	ld	Qi(k)	Quk	m	w	Δp	Poz.
<b>Kat \ R1 Poslovni prostor</b>																	
1	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	19.9	39.9	3.0	116.0	0.0	463	521	149.8	0.3	17.9	2.50
2	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	19.9	39.9	3.0	116.0	0.0	463	521	149.8	0.3	17.9	2.50
3	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	19.9	39.9	3.0	116.0	0.0	463	521	149.8	0.3	17.9	2.50
4	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	19.9	39.9	3.0	116.0	0.0	463	521	149.8	0.3	17.9	2.50
5	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	19.9	39.9	3.0	116.0	0.0	463	521	149.8	0.3	17.9	2.50
6	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	19.9	39.9	3.0	116.0	0.0	463	521	149.8	0.3	17.9	2.50
7	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	19.9	39.9	3.0	116.0	0.0	463	521	149.8	0.3	17.9	2.50
8	B	Ceramics tiles	5	0.005	11.6	100	19.9	39.9	3.0	116.0	0.0	463	521	149.8	0.3	17.9	2.50

**Stropno hlađenje****H1-Heating installation \ Entry point on Prizemlje (1.1)****REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).2**

Temperatura polazne vode	16.0 (°C)
Temperatura povratne vode	18.8 (°C)
Uk. površina petlji	70.00 (m <sup>2</sup> )
Uk. duljina cijevi	700.0 (m)
Uk. instalirani učin	3908 (W)
Uk. volumen medija	92.9 (l)
Uk. protok	1523.2 (kg/h)
Maks. pad tlaka	72.2 (kPa)

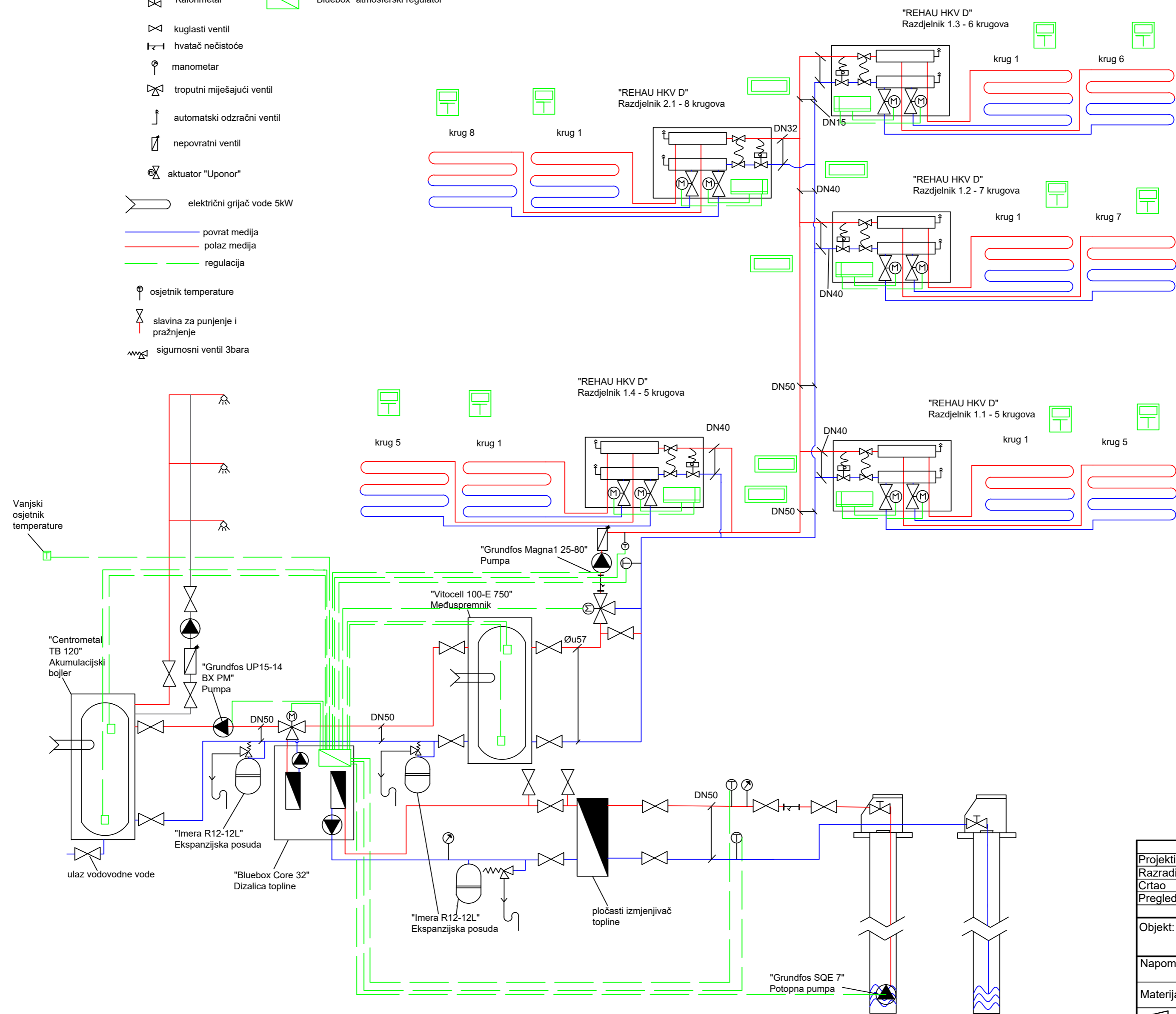
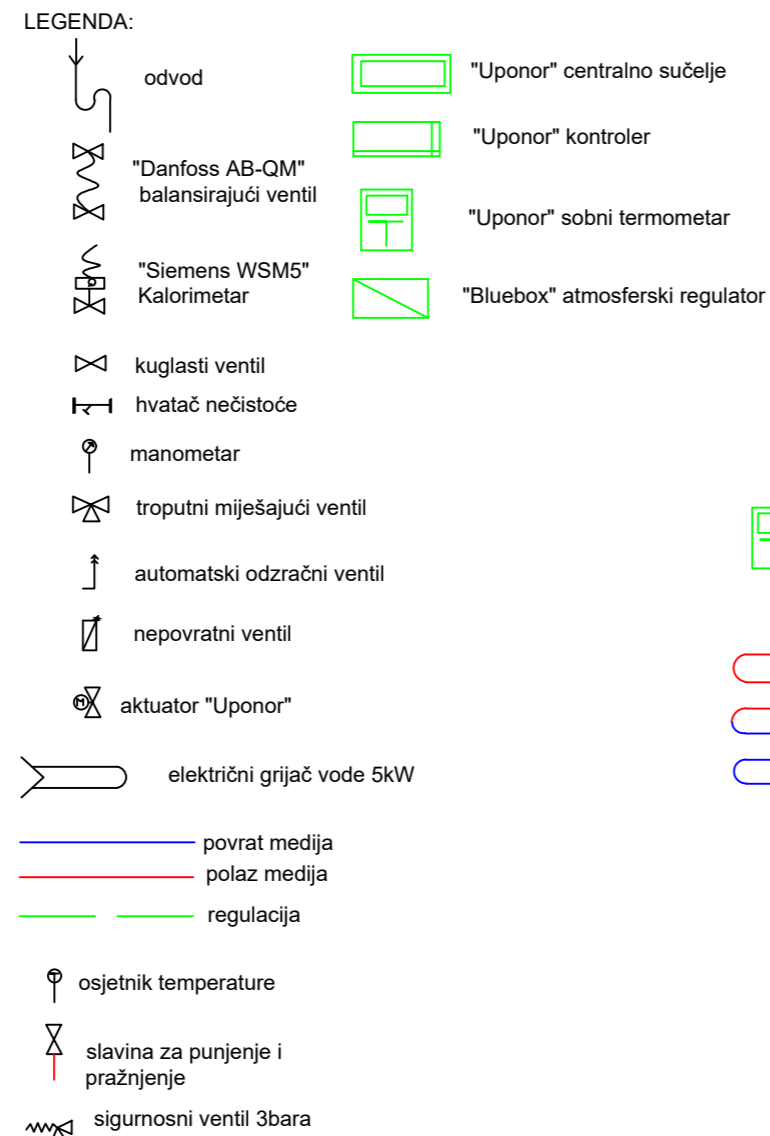
P	Oz	Obloga	U	Van. temp.	Duljina (m)	Visina (m)	A (m <sup>2</sup> )	X-zona	T (mm)	tz (°C)	Δt (°C)	l (m)	Quk (W)	q (W/m <sup>2</sup> )	m (kg/h)	Δp (kPa)	Poz. vent
<b>Prizemlje \ R14 Skladište 2</b>																	
1S	1	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	0.25
2S	2	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	0.25
3S	3	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	0.25
4S	4	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	0.25
5S	5	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	0.25
6S	6	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	0.25
7S	7	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	0.25

**REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 06 (1.1).3**

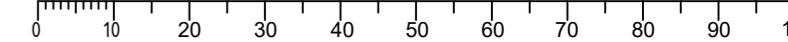
Temperatura polazne vode	16.0 (°C)																
Temperatura povratne vode	19.0 (°C)																
Uk. površina petlji	60.00 (m <sup>2</sup> )																
Uk. duljina cijevi	570.0 (m)																
Uk. instalirani učin	3234 (W)																
Uk. volumen medija	75.7 (l)																
Uk. protok	1046.2 (kg/h)																
Maks. pad tlaka	31.1 (kPa)																
P	Oz	Obloga	U	Van. temp.	Duljina (m)	Visina (m)	A (m <sup>2</sup> )	X-zona	T (mm)	tz (°C)	Δt (°C)	l (m)	Q <sub>uk</sub> (W)	q (W/m <sup>2</sup> )	m (kg/h)	Δp (kPa)	Poz. vent
<b>Prizemlje \ R13 Skladište 1</b>																	
1S	1	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	2.00	100	19.1	3.0	100.00	472	55.3	135.7	13.3	0.25
2S	2	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	2.00	150	20.1	3.0	66.00	375	46.9	107.7	6.0	0.25
<b>Prizemlje \ R14 Skladište 2</b>																	
3S	3	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	2.50
4S	4	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	2.50
5S	5	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	2.50
6S	6	Boja	1.20	15.0	5.00	2.00	10.00	0.00	100	19.1	3.0	100.00	699	55.3	200.7	25.3	2.50

## **Prilog E – Funkcijska shema spajanja sustava**





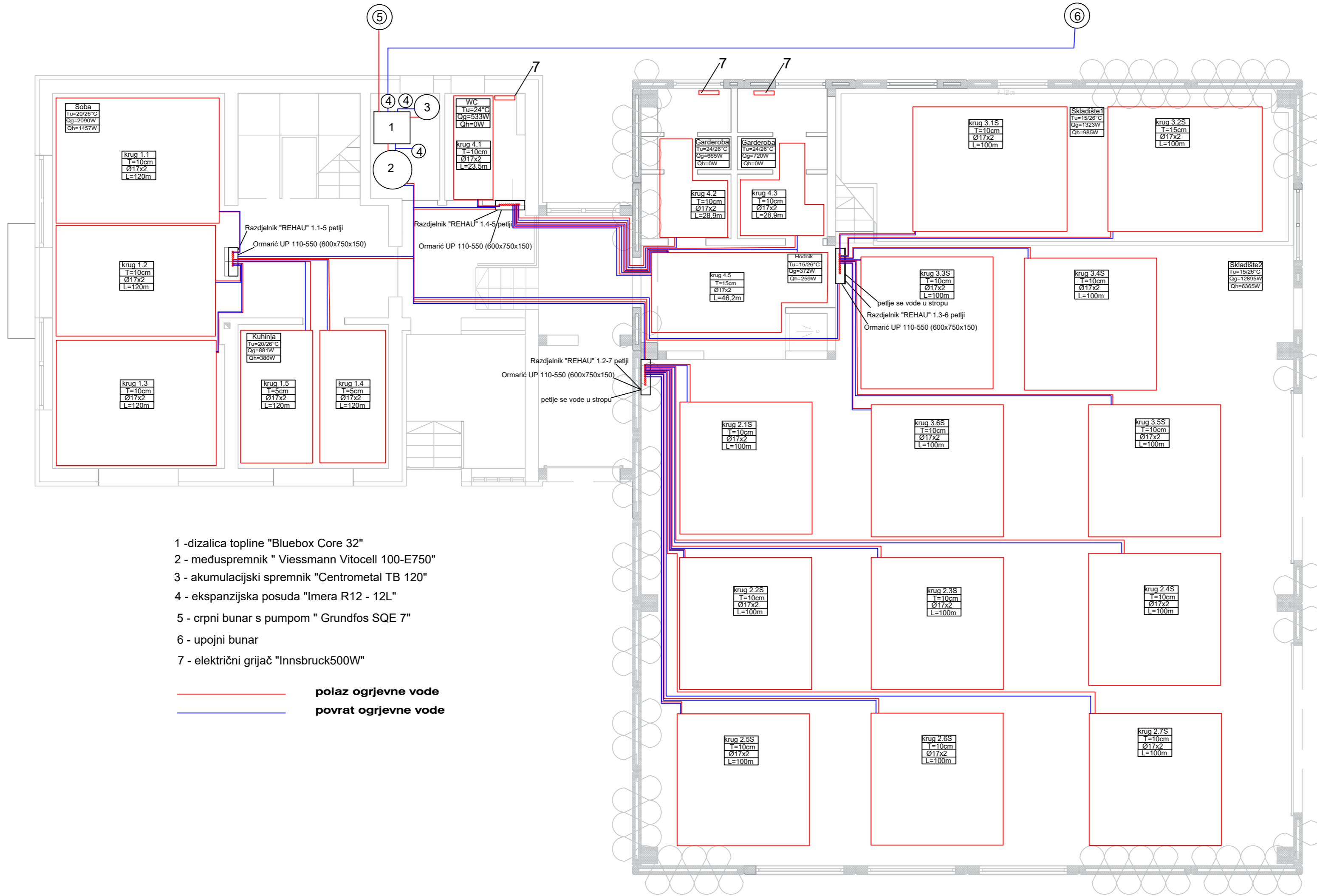
Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio		Matko Milanović		
Crtao		Matko Milanović		
Pregledao				
Objekt:		Projekt sustava grijanja i hlađenja zgrade		Objekt broj:
Napomena:				R. N. broj:
Materijal:		Masa:		Kopija
Mjerilo originala		Naziv: Funkcionalna shema spajanja sustava		Pozicija: Format: A2
		Crtež broj:		Listova: 1
				List: 1



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

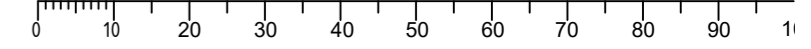
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

## **Prilog F– Tehnički crteži dispozicije opreme**



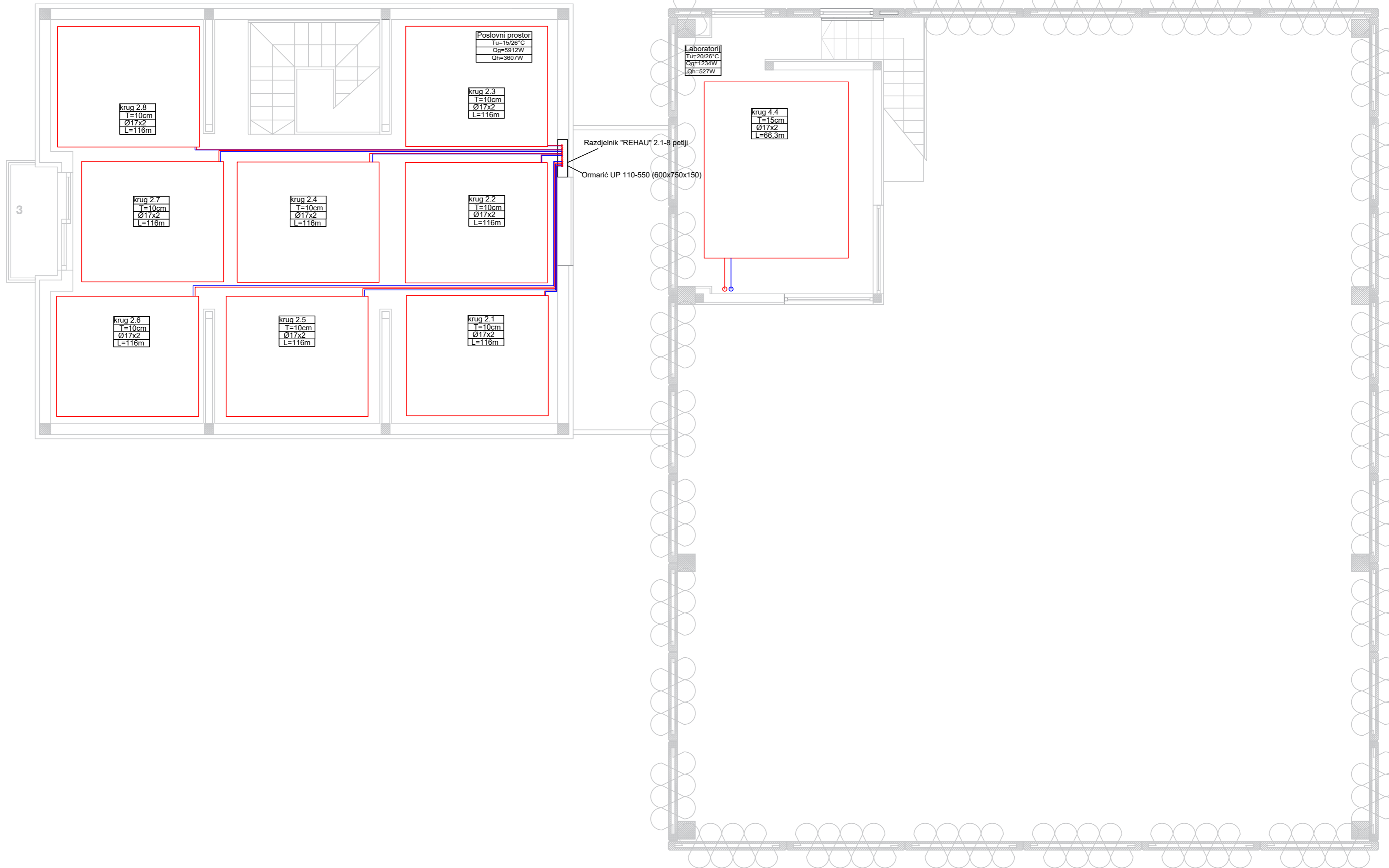
- 1 - dizalica topline "Bluebox Core 32"
  - 2 - međuspremnik "Viessmann Vitocell 100-E750"
  - 3 - akumulacijski spremnik "Centrometal TB 120"
  - 4 - ekspanzijska posuda "Imera R12 - 12L"
  - 5 - crpni bunar s pumpom "Grundfos SQE 7"
  - 6 - upojni bunar
  - 7 - električni grijač "Innsbruck500W"
- polaz ogrjevne vode  
— povrat ogrjevne vode

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis
Razradio		Matko Milanović	
Crtao		Matko Milanović	
Pregledao			
Objekt:		Objekt broj:	
Projekt sustava grijanja i hlađenja zgrade		R. N. broj:	
Napomena:			Kopija
Materijal:		Masa:	
Mjerilo originala	Naziv:		Pozicija:
	Raspored opreme - prizemlje		Format: A2
Crtež broj:			Listova: 2
			List: 1



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Design by  
CADLab

Projekтирао	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio		Matko Milanović		
Crtao		Matko Milanović		
Pregledao				
Objekt:		Projekt sustava grijanja i hlađenja zgrade		Objekt broj:
Napomena:		R. N. broj:		Kopija
Materijal:		Masa:		
	Naziv:		Pozicija:	Format: A2
	Mjerilo originala		Raspored opreme - kat	Listova: 2
Crtež broj:				List: 2

