

Projekt grijanja, hlađenja i ventilacije obiteljske kuće s bazenom

Tunuković, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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:235:304620>

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

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

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Vedran Tunuković

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc.dr.sc.Darko Smoljan

Student:

Vedran Tunuković

Zagreb, 2018.

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

Zahvaljujem se mentoru, Doc.dr.sc.Darku Smoljanu, na njegovom stručnom vodstvu i pruženoj pomoći prilikom izrade ovog rada. Također zahvaljujem se gospodinu Nenadu Tiriću na pomoći prilikom izbora opreme i stručnim savjetima.

Vedran Tunuković



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

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

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Vedran Tunuković** Mat. br.: 0035196120

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt grijanja, hlađenja i ventilacije obiteljske kuće s bazenom**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating and ventilation system for a family house**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati sustav grijanja i hlađenja za potrebe obiteljske kuće smještene na području grada Zaprešića, površine 400 m² na 3 etaže (Po+Pr+1Kat), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Za kuću predvidjeti sustav podnog i zidnog grijanja i hlađenja. Instalacija niskotemperaturnog grijanja koristi se s temperaturnim režimom tople vode 35/30°C. Instalacija hlađenja koristi se s temperaturnim režimom rashladne vode 16/19°C. Predvidjeti sustav prisilne ventilacije i povratom topline iz istrošenog zraka prema ventilacijskom zahtjevu. Kao izvor topline za grijanje i hlađenje predvidjeti dizalicu topline zrak-voda. Potrebno je riješiti pripremu potrošne tople vode u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim panelima.

Na raspolaganju su energetske izvori:

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

Rad treba sadržavati:

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

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
30. studenog 2017.


Rok predaje rada:
1. rok: 23. veljače 2018.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.
3. rok: 21. rujna 2018.

Predvideni datumi obrane:
1. rok: 26.2. - 2.3. 2018.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.
3. rok: 24.9. - 28.9. 2018.

Zadatak zadao:


Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	6
POPIS TABLICA.....	8
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	9
POPIS OZNAKA	10
1. Sustavi grijanja i hlađenja	13
1.1. Toplinska ugodnost	13
1.2. Pregled sustava grijanja i hlađenja	18
1.3. Dizalice topline kao izvor toplinske energije	21
1.4. Ogrjevna i rashladna tijela.....	22
2. Toplinsko opterećenje objekta	26
2.1. Pregled norme HRN EN 12 831	26
2.2. Proračun toplinskog opterećenja grijanja	28
2.2. Pregled norme VDI 2078	30
2.2. Proračun rashladnih opterećenja	34
3. Proračun površine solarnih panela	35
3.1. Pregled norme HRN EN 15 316-4-3:2008	35
3.2. Prikaz rezultata proračuna površine solarnih panela	39
4. Dimenzioniranje i odabir opreme.....	42
4.1 Odabir dizalice topline	42
4.2. Odabir sustava podnog grijanja.....	44
4.3. Odabir sustava zidnog hlađenja.....	44
4.4. Odabir razdjelnika	45
4.5. Odabir cijevnih grijača za kupaonice	46
4.6. Odabir podnog grijanja za kupaonice.....	47
4.7. Odabir i dimenzioniranje ekspanzijske posude	48
4.8. Odabir i dimenzioniranje pumpe	49
4.9. Odabir termostata i ostale opreme za automatiku	51
4.10. Odabir solarnih panela.....	53
5. Dimenzioniranje i odabir ventilacijskog sustava	54
5.2. Odabir kuhinjske nape.....	54
5.3. Odabir odsisnih ventilatora za kupaonice	55
5.4. Odabir sustava ventilacije	56
5.5. Odabir rekuperatora i proračun dobivene topline.....	58
5.6. Dimenzioniranje kanala.....	60
5.7. Prikaz kritičnih dionica i pregled rješenja proračuna	62
6. Tehnički opis sustava	64
ZAKLJUČAK	66
LITERATURA.....	67
PRILOZI.....	68

POPIS SLIKA

Slika 1 Raspon temperatura zraka za zimski i ljetni period	14
Slika 2 Zavisnost PMV-a i PPD-a.....	17
Slika 3 Primjer pojedinačnog grijača	18
Slika 4 Primjer sustava centralnog grijanja.....	19
Slika 5 Primjer sustava daljinskog grijanja	19
Slika 6 Primjer sustava s dizalicom topline zrak-voda	20
Slika 7 Lijevo-kretni proces u dizalicama topline	21
Slika 8 Temperaturna razdioba u prostoru	22
Slika 9 Pločasti radijator	
Slika 10 Člankasti radijator	23
Slika 11 Primjer konvektora s nagaznom rešetkom	24
Slika 12 Primjer cijevnog grijača	24
Slika 13 Primjer podnog grijanja	25
Slika 14 Isporučena toplota za površinu solara 2m ²	39
Slika 15 Isporučena toplota za površinu solara 4m ²	39
Slika 16 Isporučena toplota za površinu solara 6m ²	40
Slika 17 Proračun potrebne površine solarnih panela – excel.....	40
Slika 18 Rotex HPSU Compact	42
Slika 19 Primjer mreže podnog grijanja 1	44
Slika 20 Primjer postavljanja cijevi podnog grijanja 2	44
Slika 21 Primjer mreže zidne instalacije 1	
Slika 22 Primjer mreže zidne instalacije 2	45
Slika 23 Rehau HKV-D razdjelnik s mjeracem protoka	45
Slika 24 Vogel&Noot DION VM	47
Slika 25 TMGt sustav za podno grijanje	48
Slika 26 Ekspanzijska posuda S80	49
Slika 27 Ekspanzijska posuda DD8	49
Slika 28 Grundfos pumpa serije UMP3	50
Slika 29 Karakteristika pumpe Grundfos UPM3K 25-75	50
Slika 30 Rehau NEA HCT termostat	51
Slika 31 Servopogon za ventile	51
Slika 32 Regulacijski razdjelnik NEA	51
Slika 33 ELPOS S430PE termostat.....	52
Slika 34 Daikin V21P solarni panel	53
Slika 35 Kuhinjska napa Faber Synthesis HIP PBXA60	54
Slika 36 Helios MiniVent M1 ventilator.....	55
Slika 37 EWR200 Cijevi za ukop	56
Slika 38 EWR200 vanjska usisna jedinica	56
Slika 39 Wernig sustav za stambenu ventilaciju	56
Slika 40 Shema polaganja cijevi i spajanja na unutrašnju jedinicu.....	57
Slika 41 Dijagram zagrijavanja/ohlađivanja zraka s obzirom na duljinu ukopanih cijevi.....	57
Slika 42 Rekuperator COMFORT-VENT Q600.....	58
Slika 43 Dijagram trenja u kanalima kružnog presjeka	60
Slika 44 Tablica lokalnih gubitaka trenja za koljena	60
Slika 45 Ventilacijska rešetka OAH - 1	61
Slika 46 Priključna kutija PK1 s dimenzijama.....	61

Slika 47 Dijagram za odabir opreme proizvođača Klimaoprema	62
Slika 48 Skica dionice za dobavu – galerija	
Slika 49 Skica dionice za odsis -galerija.....	62

POPIS TABLICA

Tablica 1 Razina fizičke aktivnosti	15
Tablica 2 Razina odjevenosti	16
Tablica 3 PMV indeksi.....	16
Tablica 4 Klase ugodnosti tipičnih prostora.....	17
Tablica 5 U koeficijenti ploha.....	29
Tablica 6 Unutrašnje projektne temperature	29
Tablica 7 Transmisijski i infiltracijski gubici po prostorijama	30
Tablica 8 Razina aktivnosti prema VDI 2078.....	31
Tablica 9 Procjena snage rasvjetnih tijela	32
Tablica 10 Faktor prilagodbe kL.....	32
Tablica 11 Odnos faktora k i faktora kR.....	33
Tablica 12 Procjena maksimalne potrebne snage po osobi za ostale uređaje	33
Tablica 13 Rashladno opterećenje po prostorijama i mjesecima u Wattima	34
Tablica 14 Faktori a,b,c,d,e i f.....	35
Tablica 15 Srednje vanjske temperature za Hrvatsku po mjesecima.....	37
Tablica 16 Podaci o prosječnom zračenju i ozračenosti plohe nagnute za 45° po mjesecima za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku.....	38
Tablica 17 Postotak topline koju dobavljaju solarni paneli na godišnjoj razini.....	41
Tablica 18 Karakteristike Rotex COMPACT sustava.....	43
Tablica 19 Karakteristike pumpe Grundfos UPM3K 25-75	43
Tablica 20 Učinak grijanja i hlađenja vanjske jedinice RRLQ0011V	43
Tablica 21 Karakteristike Vogel&Noot DION VM cijevnog grijača	46
Tablica 22 Karakteristike sustava TGMt za kupaonice	47
Tablica 23 Volumeni vode u sustavu prema vrsti cijevi	48
Tablica 24 Svojstva ekspanzijske posude S80	49
Tablica 25 Svojstva ekspanzijske posude DD8.....	49
Tablica 26 Svojstva ELPOS S430PE termostata	52
Tablica 27 Svojstva Daikin V21P solarnog panela.....	53
Tablica 28 Potrebni volumeni zraka za svaku prostoriju	54
Tablica 29 Karakteristike Helios MiniVent M1 serije ventilatora.....	55
Tablica 30 Svojstva COMFORT-VENT Q600 rekuperatora.....	58
Tablica 31 Rezultati proračuna rekuperatora	59

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

10-12-94-1 Shema spajanja i regulacija

10-12-94-2 Podne i zidne petlje prizemlja

10-12-94-3 Podne i zidne petlje kata

10-12-94-4 Ventilacija i smještaj opreme podrum i prizemlje

10-12-94-5 Ventilacija i smještaj opreme kat

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$\Phi_{GR,i}$	W	projektno toplinsko opterećenje grijanja prostorije
$\Phi_{T,i}$	W	transmisijski toplinski gubici prostorije
$\Phi_{V,i}$	W	ventilacijski toplinski gubici prostorije
$\Phi_{RH,i}$	W	dodatni toplinski učinak za kompenzaciju prekida grijanja
$H_{T,ie}$	W/K	Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$H_{T,iue}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
$H_{T,ig}$	W/K	stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu
$H_{T,ij}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature
$\theta_{int,i}$	°C	unutarnja projektna temperatura grijanog prostora
θ_e	°C	vanjska projektna temperatura
A_k	m ²	površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi toplina
e_k, e_l	-	korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperatura, brzina vjetra
U_k	W/m ² K	koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k"
l_l	m	dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije
Ψ_l	W/mK	linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l"
b_u	-	faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu
f_{gl}	-	korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
$U_{equiv,k}$	W/m ² K	ekvivalentni koef. prolaza topline

G_w	-	korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode
f_{ij}	-	faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature
n_{50}	-	broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša
e_i	-	koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu
ε_i	-	korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova sa povećanjem visine iznad okolnog tla
U	W/m^2K	Izračunati koeficijent prolaza topline
U_{propis}	W/m^2K	Koeficijent prolaza topline iz tehničkog propisa
$Q_{H,sol,out,m}$	kWh	mjesečno toplinsko opterećenje sunčanog sustava u dijelu koji se odnosi na potrebnu energiju za grijanje prostora
$Q_{H,sol,us,m}$	kWh	mjesečno toplinsko opterećenje sunčanog sustava u dijelu koji se odnosi na potrebnu energiju za pripremu PTV-a
a,b,c,d,e	-	faktori sunčanog spremnika
f	-	faktor koji se odnosi na direktan spoj kolektora na cijevi podnog grijanja koje djeluju kao spremnik
X,Y	-	bezdimenzijski faktori
t_m	-	broj sati pojedinog mjeseca
V_{nom}	l	nazivna zapremnina sunčanog spremnika
V_{bu}	l	zapremnina dijela spremnika između vrha spremnika i donjeg dijela dodatnog grijačeg elementa
θ_w	$^{\circ}C$	tražena temperatura PTV-a
θ_{c_w}	$^{\circ}C$	temperatura svježe hladne vode
$\theta_{e,avg}$	$^{\circ}C$	prosječna vanjska temperatura u promatranom periodu
a_1, a_2	-	koeficijenti toplinskih gubitaka kolektora prvog reda
x	-	regulacijski koeficijent
η_0	-	učinkovitost kolektora pri razlici srednje temperature

		radnog medija i zraka = 0 K
IAM	-	faktor promjene kuta upadnog zračenja
I_m	W/m^2	prosječno sunčevo zračenje tijekom promatranog mjeseca koji ima tm sati
Q_I	W	toplinski učinak isparivača
Q_K	W	toplinski učinak kondenzatora
P	W	snaga za pogon kompresora
EER	-	Omjer toplinskog učina kondenzatora i snage kompresora
COP	-	Omjer toplinskog učina isparivača i snage kompresora

1. Sustavi grijanja i hlađenja

1.1. Toplinska ugodnost

Prema definiciji iz norme HRN EN ISO 7730, toplinsku ugodnost opisuje stanje svijesti izazvano zadovoljstvom toplinskim stanjem okoliša. Cilj svakog sustava grijanja i hlađenja jest upravo zadovoljavanje raznih međusobno povezanih faktora kako bi se postigao maksimalni komfor za krajnjeg korisnika. Okvirne vrijednosti parametra toplinske ugodnosti definiraju se međunarodnim normama ASHRAE 55 i HRN EN ISO 7730, prema kojima se pokušavaju zadovoljiti očekivanja minimalno 80% ljudi koji borave u određenoj prostoriji.

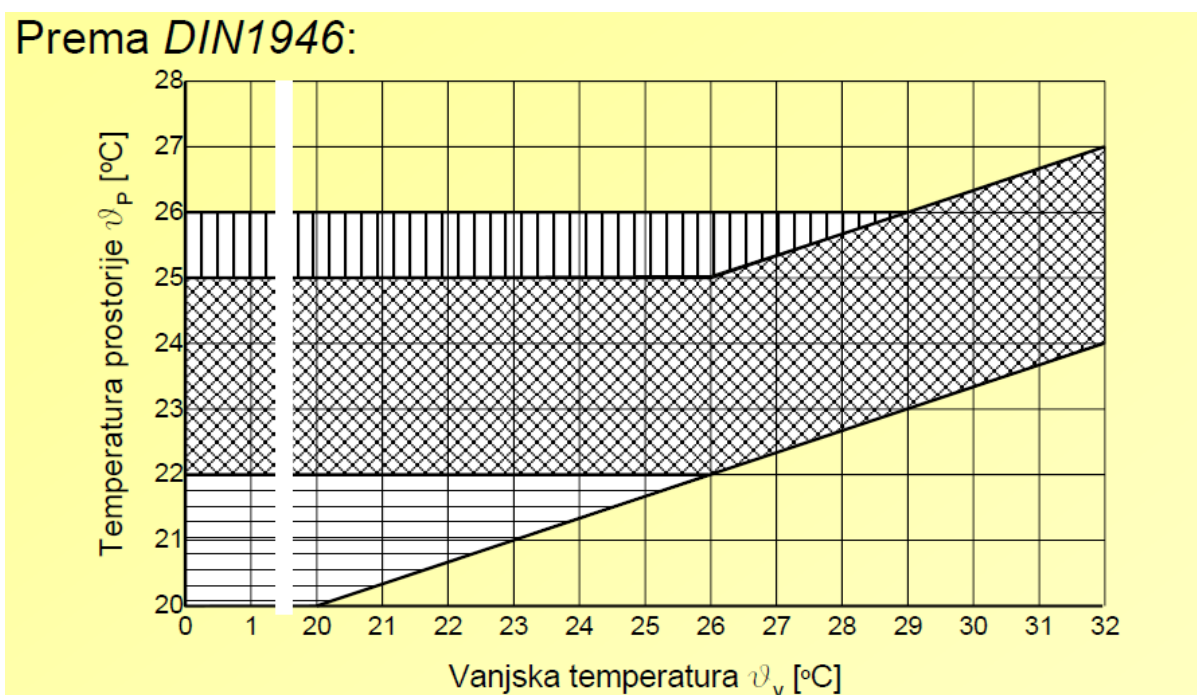
Neki od faktora uzetih u obzir prilikom izračuna toplinske ugodnosti su:

1. Temperatura zraka u prostoriji
2. Temperatura ploha u prostoriji
3. Vlažnost zraka
4. Brzina i smjer strujanja zraka
5. Razina odjevenosti
6. Razina fizičke aktivnosti
7. Kvaliteta zraka i buka

Gore navedeni faktori međusobno ovise jedan o drugome. Ukoliko dođe do promjene samo jednog čimbenika, ugodnost je moguće zadržati jedino promjenom neke druge veličine. Na primjer, ako temperatura zraka u prostoru padne ispod željene granice, toplinsku ugodnost možemo vratiti na prijašnju razinu podizanjem temperature ploha. Također, treba uzeti u obzir činjenicu da ne postoji idealan prostor u kojemu će 100% ispitanika izraziti zadovoljstvo toplinskim stanjem u prostoriji. Valja napomenuti da je zadatak KGVH sustava zadovoljiti projektne parametre u zoni boravka. Zona boravka definira se kao zamišljena zona unutar prostora koja se prostire do 1,8 metara visine te 1 metar udaljenosti od vanjskih zidova, odnosno 0,5 metara udaljenosti od unutarnjih zidova.

Temperatura zraka u prostoriji, prema DIN 1946, iznosi između 22°C i 26°C za ljeto te između 20°C i 22°C za zimu. Normom definirane temperature uzimaju se kao unutrašnje projektne temperature. Da bi se postigla toplinska ugodnost, temperatura zraka mora biti bliska srednjoj temperaturi ploha u promatranoj prostoriji. Ukoliko se temperatura okolnih

ploha previše razlikuje od temperature zraka, korisnici prostora bi mogli izraziti svoje nezadovoljstvo zbog efekta asimetričnog grijanja, bez obzira na činjenicu da je postignuta zadana temperatura zraka. Također, potrebno je obratiti pozornost na temperaturnu raspodjelu u odnosu na visinu prostora. Prema HRN EN ISO 7730, maksimalna dozvoljena temperaturna razlika od poda do 1,8 m visine iznosi 3°C.



Slika 1 Raspon temperatura zraka za zimski i ljetni period

Uz gore navedene čimbenike koji utječu na temperaturu zraka u prostoriji, ne treba zaboraviti na relativnu vlažnost. Definirana kao dio maksimalne vlage koja se nalazi u zraku prilikom dosezanja određene temperature te izražena u postocima, jedna je od potrebnih komponenti za postizanje toplinske ugodnosti. Korisnici prostorije ne osjećaju promjenu relativne vlažnosti u rasponu od 30 do 70% pri temperaturama od 20 do 25°C, ali kao mehanizam odbacivanja topline imaju sposobnost evaporativnog hlađenja putem znoja. Upravo se zbog toga izbjegavaju visoki postoci relativne vlažnosti jer pri takvim uvjetima dolazi do otežanog odbacivanja topline.

Najčešći prigovori na toplinsku ugodnost dolaze zbog korisnikovih nezadovoljstva brzinom strujanja zraka u prostoru. Posebna se pozornost mora usmjeriti na smjer i brzinu ubacivanja zraka u prostorije. Za standardne temperaturne uvjete, brzina strujanja zraka u zoni

boravka ne smije prelaziti 0,25 m/s. Međutim, potrebno je uvesti u obzir i fizičke aktivnosti koje će se u prostoriji odvijati, kao i odjevenost korisnika, stoga se brzina strujanja zraka može korigirati.

Različite prostorije imaju i različite namjene te se u njima korisnici bave različitim aktivnostima. S obzirom na razinu fizičke aktivnosti, ljudi izmjenjuju latentnu i osjetilnu toplinu s okolišem. Upravo je zbog toga važno prilagoditi temperaturu zraka u prostoriji s obzirom na njenu namjenu. Na primjer, kod težih fizičkih aktivnosti korisnicima će više odgovarati niže temperature zraka te niže razine vlažnosti.

Tablica 1 Razina fizičke aktivnosti

Razina fizičke aktivnosti	Metabolički učinak M	
Odmaranje – spavanje	46 W/m ²	0,8 Met
Mirno sjedenje	58 W/m ²	1,0 Met
Pisanje na računalu	65 W/m ²	1,1 Met
Stajanje, opušteno	70 W/m ²	1,2 Met
Vožnja automobilom	60-115 W/m ²	1,0 – 2,0 Met
Stajanje, lagana aktivnost	93 W/m ²	1,6 Met
Šetanje	100 W/m ²	1,7 Met
Stajanje, umjerena aktivnost	116 W/m ²	2,0 Met
Pranje posuđa	145 W/m ²	2,5 Met
Hodanje, 4.3 km/h	150 W/m ²	2,6 Met
Teški rad za strojem	235 W/m ²	4,0 Met
Rad na gradilištu	275 W/m ²	4,7 Met
Trčanje brzinom 15 km/h	550 W/m ²	9,5 Met

Na toplinsku ugodnost također utječe razina odjevenosti korisnika. Prijenos topline narušava se čim na korisniku postoji sloj odjeće jer se ona ponaša kao dodatni otpor. Definirana jedinica za mjeru toplinskog otpora kojeg pruža odjeća jest 1clo (0,155 m²K/W).

Tablica 2 Razina odjevenosti

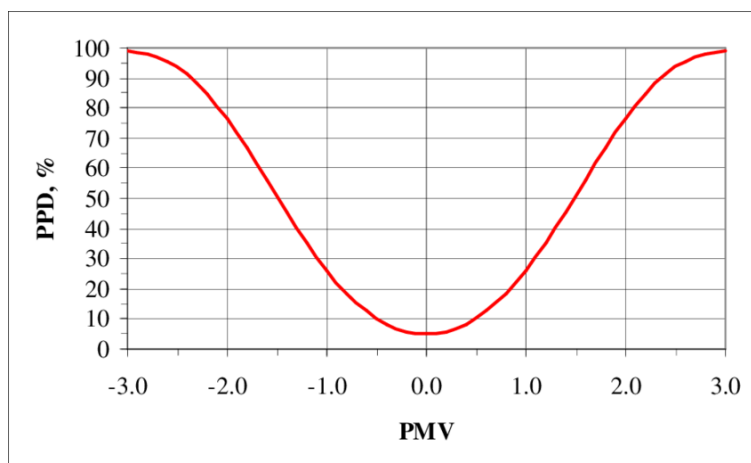
Odjeća	Clo
Golo tijelo	0
Laka odjeća (kratke hlače, majica)	0,5
Odjeća s hlačama, košuljom, čarapama, cipelama	0,65
Normalna radna odjeća	0,8 - 1
Laka sportska odjeća s jaknom	1
Poslovno odijelo s košuljom, kravatom, sakoom	1
Zimska odjeća s debelim puloverom	1,25
Radna odjeća s dugim donjim rubljem, puloverom i jaknom	1,3
Poslovno odijelo s lakšim kaputom	1,5
Odjeća za vrlo hladno vrijeme sa zimskom jaknom	1,6-2
Teška odjeća za najhladnije vrijeme	3-4

Kako bi što bolje odredili razinu toplinske ugodnosti, inženjeri se koriste indeksima PMV i PPD. Ovaj sustav ocijene subjektivnog doživljaja prostora razvio je danski profesor Povl Ole Fanger. Indeks PMV (eng. Predicted mean vote) predviđa osobnu ocjenu ugodnosti ili neugodnosti boravka u nekom prostoru. Raspon mogućih ocjena kreće se između -3 i +3 sa ocjenom 0 kao idealnom ocjenom koja predstavlja neutralnost kombinacije ranije navedenih faktora koji doprinose toplinskoj ugodnosti. Raspon ocjena s pojašnjenjem je naveden u sljedećoj tablici.

Tablica 3 PMV indeksi

Ocjena	Opis
-3	Ledeno
-2	Hladno
-1	Prohladno
0	Neutralno
+1	Blago toplo
+2	Toplo
+3	Vruće

Indeks PPD (eng. Predicted Percentage od Dissatisfied) je funkcija PMV indeksa koja predviđa postotak nezadovoljnih osoba u nekom prostoru. Kao prihvatljivu granicu nezadovoljstva uzima se 10% od ukupnog broja osoba. Nezadovoljstvo od 10% ispitanika odgovara ukupnoj PMV vrijednosti od -0,5 do 0,5.



Slika 2 Zavisnost PMV-a i PPD-a

Za određene prostore moguće je i korigirati iznos PPD-a. Na primjer, za prostore gdje toplinska ugodnost nije od izričite važnosti možemo pomaknuti granicu PPD-a na neki veći postotak. Također, postoje složene formule za izračun PMV-a koje u sebi objedinjuju utjecaj metabolizma, rada, otpora odjeće i mnogih drugih faktora. U tablici su navedene klase ugodnosti tipičnih prostora prema EN ISO 15251:2007

Tablica 4 Klase ugodnosti tipičnih prostora

Kategorija	Objašnjenje	PPD
I	Vrlo visoka klasa ugodnosti. Preporučuje se za prostore u kojima borave osjetljive osobe (bolesnici, djeca, starije osobe...)	<6%
II	Standardna klasa ugodnosti za nove i renovirane zgrade	<10%
III	Umjerena klasa ugodnosti za postojeće objekte	<15%
IV	Prihvatljiva klasa ugodnosti samo za neke periode u godini	>15%

1.2. Pregled sustava grijanja i hlađenja

Sustavi grijanja se mogu podijeliti prema izvedbi na :

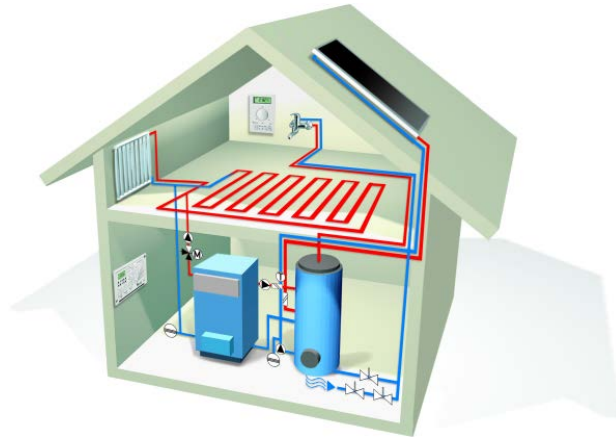
- Pojedinačne grijače
- Centralno grijanje
- Daljinsko grijanje
- Sustave posebne izvedbe (obnovljivi izvori energije)

Pojedinačni grijači su najjednostavniji sustavi čiji je zadatak direktno grijanje prostora u kojemu se nalaze (kamini, električne grijalice itd.). Ovakvu vrstu grijača ćemo najčešće koristiti u prostorima koji se rjeđe koriste ili kao eventualnu pomoć glavnom sustavu grijanja.



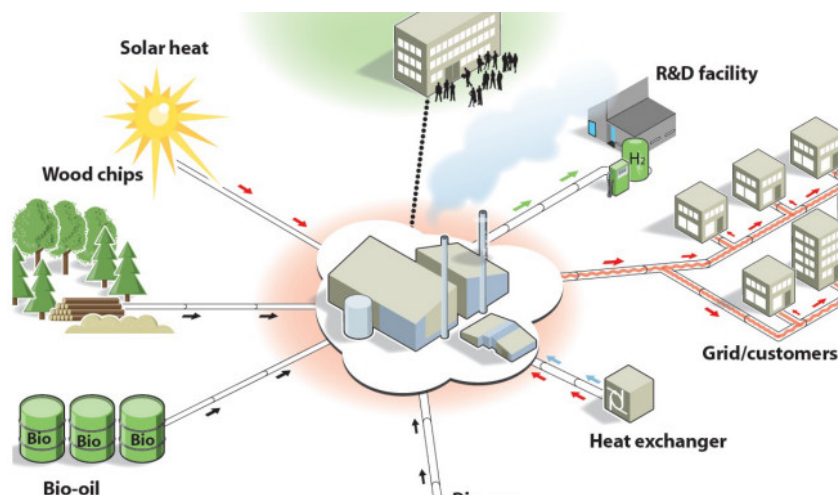
Slika 3 Primjer pojedinačnog grijača

U modernoj stambenoj gradnji kao standard nameće se sustav centralnog grijanja. On osigurava jednoliku razdiobu temperatura po prostoru kao i mali broj kotlova i dimnjaka. Smanjenjem broja kotlova i dimnjaka značajno smanjujemo zagađenje okoliša. Nedostaci su mu visoki investicijski i pogonski troškovi kao i toplinski gubici u cijevima i kanalima jer se oprema najčešće nalazi izvan grijanih prostora.



Slika 4 Primjer sustava centralnog grijanja

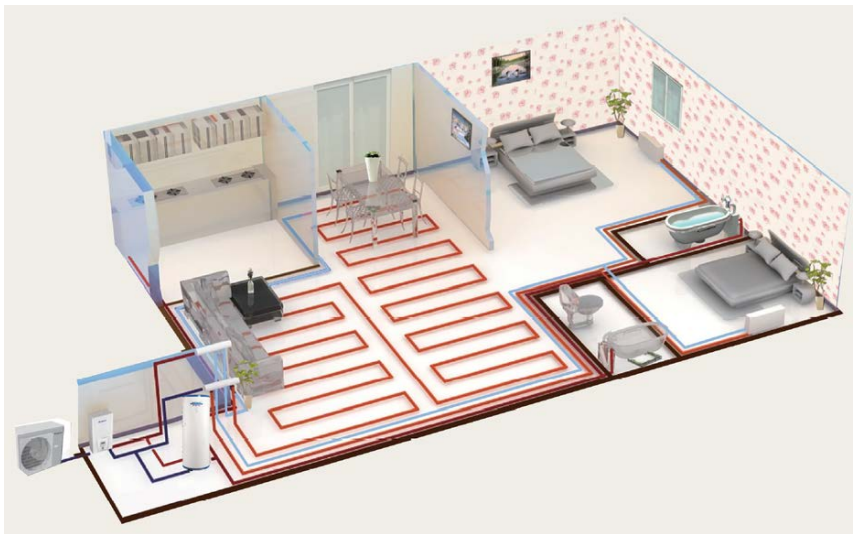
Sustave daljinskoga grijanja čine sustavi u kojima se toplina proizvodi u za to predviđenim postrojenjima te se do krajnjih potrošača dovode putem razvodnih sustava. Prednosti ovakvog sustava su visoka efikasnost jer se u isto vrijeme u postrojenju može proizvoditi električna energija. Sama proizvodnja provodi se pod stručnim nadzorom, a zbog manje količine potrebne opreme povećava se efektivna površina zgrade. Ovakvi sustavi se koriste u područjima gdje postoji visoka gustoća toplinskog opterećenja i veliki koeficijent godišnjeg opterećenja. Kao distribucijski medij se najčešće koristi voda temperature polaza do 175°C za grijanje i 4°C za hlađenje. Također se može koristiti i para temperature polaza do 250°C i 17 bar tlaka.



Slika 5 Primjer sustava daljinskog grijanja

Sustavi posebnih izvedbi su posebno zanimljivi u novije vrijeme zbog veće potrebe za zaštitom okoliša. Pogodni su za niskotemperaturne režime ali imaju izuzetno visoke investicijske troškove. Neki od primjera ove skupine sustava su dizalice topline zrak-zrak, zrak-voda, voda-voda, tlo-voda, solarni sustavi zagrijavanja zgrade i sl.

Na slici je prikazan sustav koji koristi kao izvore i ponore topline koristi zrak i vodu. Ovakav sustav predaje višestruko više energije nego li troši za pogon. Vanjska jedinica koristi okolišni zrak kao izvor i ponor.



Slika 6 Primjer sustava s dizalicom topline zrak-voda

Sustavi grijanja također se mogu podijeliti prema ogrjevnom mediju:

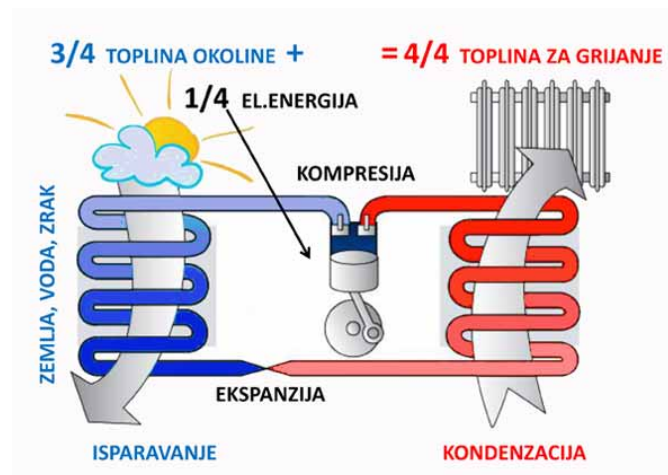
- Toplozračni
- Zračnovodeni
- Toplovodni
- Vrelvodni
- Parni

Na promatrani objekt u sklopu ovog rada primijenit će se sustav centralnog grijanja i hlađenja. Za opskrbu sustava poslužiti će dizalica topline koja će biti smještena u strojarnici u podrumu obiteljske kuće. Ona će, kao toplinski izvor, odnosno ponor u režimu hlađenja, koristiti zrak. Pojašnjenje rada takvog sustava s dizalicom topline dano je u sljedećem poglavlju.

1.3. Dizalice topline kao izvor toplinske energije

U modernije vrijeme, dizalice topline su popularno rješenje zbog njihova smanjenog utjecaja na okoliš za razliku od konvencionalnih sustava grijanja. Ako se izuzme činjenica da se električna energija u većini slučajeva proizvodi uz pomoć fosilnih goriva, same dizalice topline ne proizvode dimne plinove. Unatoč visokim investicijskim troškovima, dizalice topline postaju sve češći izbor zbog njihova efikasnog pogona, ali i zbog sve većih cijena fosilnih goriva. Osnovna premisa rada dizalice topline jest održavanje temperature prostora tijekom cijele godine uz pomoć preokretanja sustava koristeći „besplatne“ dostupne toplinske spremnike (tlo, voda, zrak).

Pogon dizalice topline temelji se na lijevokretnom kružnom procesu koji omogućava posredni prijenos toplinske energije sa niže na višu energetska razinu.



Slika 7 Ljevokretni proces u dizalicama topline

U sezoni hlađenja dolazi do preokretanja procesa (zamjene isparivača i kondenzatora) te tretirani prostor postaje toplinski izvor, a vanjski zrak toplinski ponor.

Uspješnost rada dizalice topline iskazuje se pomoću dvije veličine:

EER (eng. *Energy Efficiency Ratio*) i COP (eng. *Coefficient Of Performance*), a njihovo značenje dano je sljedećim formulama:

$$EER = \frac{Q_I}{P} ; COP = \frac{Q_K}{P}$$

pri čemu je:

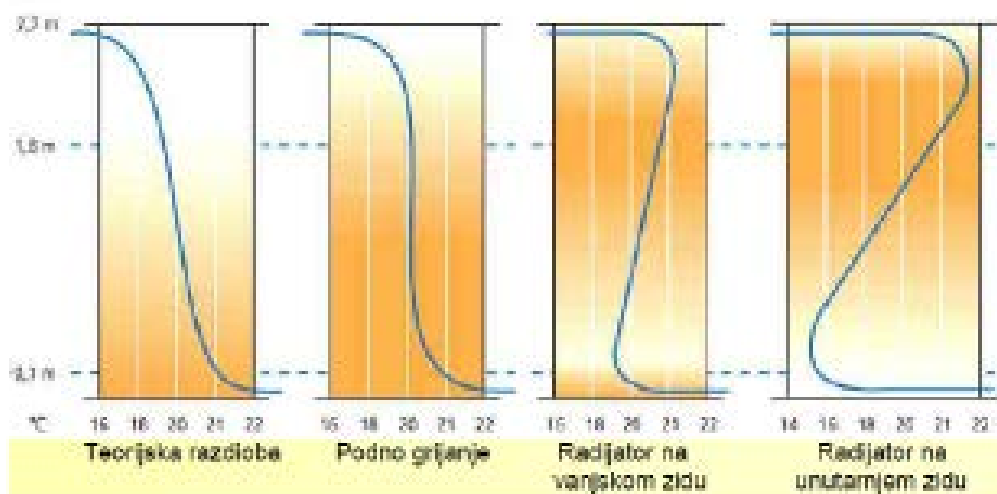
Q_I - toplinski učinak isparivača [W]

Q_K - toplinski učinak kondenzatora [W]

P - snaga za pogon kompresora [W]

1.4. Ogrjevna i rashladna tijela

Ogrjevna, odnosno rashladna tijela su izmjenjivači topline preko kojih posredni medij sustava grijanja, odnosno hlađenja, izmjenjuje toplinski tok s prostorijom u kojoj se tijela nalaze. Od ogrjevnih tijela zahtjeva se visoka učinkovitost, postojanost na visoke temperature i tlakove, mogućnost jednostavnog čišćenja i održavanja, mala masa i jednostavnost instalacije. Uz navedene zahtjeve poželjan je i dizajn koji se uklapa u unutrašnji dizajn prostora i prihvatljiva cijena.



Slika 8 Temperaturna razdioba u prostoru

Utjecaj na toplinsku ugodnost ima i razdioba temperature po cjelokupnoj visini prostora. Na slici 8. prikazano je nekoliko razdioba za različita ogrjevna tijela. Može se zaključiti da će najveći toplinski komfor osiguravati podno grijanje koje pruža ujednačenu temperaturu zraka u cijelom području boravka.

U sustavima grijanja ogrjevna tijela dijelimo na:

- Člankasta ogrjevna tijela (člankasti radijatori)
- Pločasta ogrjevna tijela (pločasti radijatori, ogrjevne ploče)
- Konvektori - Cijevni grijači (cijevni registri, kupaonski i kuhinjski grijači)
- Panelni grijači (Podni, stropni, zidni paneli)



Slika 9 Pločasti radijator



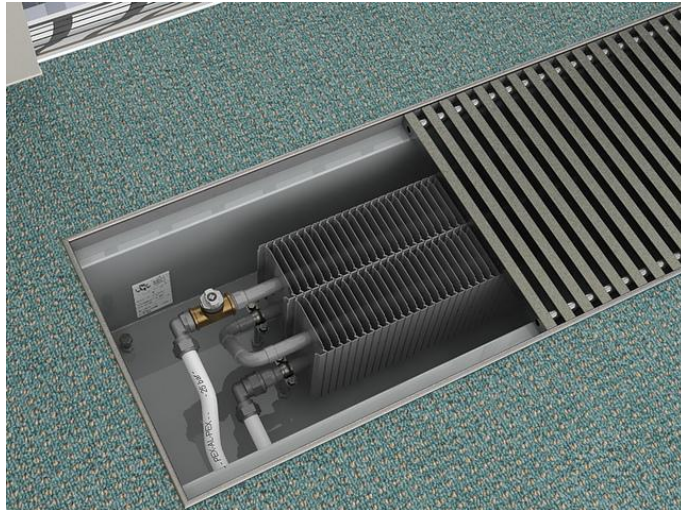
Slika 10 Člankasti radijator

Člankasti radijatori su najčešće izrađeni od lijevanog željeza ili aluminijski ili su od zavarenog čelika. Većina toplinskog toka (70-85%) prenose konvekcijom dok ostatak učina zračenjem. Za pojedino ogrjevno tijelo maksimalni broj članaka iznosi 30.

Pločasti radijatori su najčešće izvedeni kao zavarene čelične ploče sa konvektorskim limovima sa stražnje strane. Za razliku od člankastih radijatora, većinu toplinskog toka prenose zračenjem. Dolaze u standardiziranim dimenzijama do 3m duljine i 90cm visine.

Na učin obje vrste radijatora utječe položaj ugradnje u prostor i način priključivanja na razvodnu mrežu (primjer slika 8. radijator na unutarnjem i radijator na vanjskom zidu)

Konvektore često nalazimo u komercijalnoj upotrebi. Najčešće su načinjeni od čeličnih cijevi s nanizanim lamelama od visoko vodljivog materijala. Malih su dimenzija i masa te zbog malog sadržaja vode imaju brzu regulaciju. Zbog svoga izgleda i otežanog održavanja i čišćenja izbjegavaju se kao rješenje u stambenim zgradama.



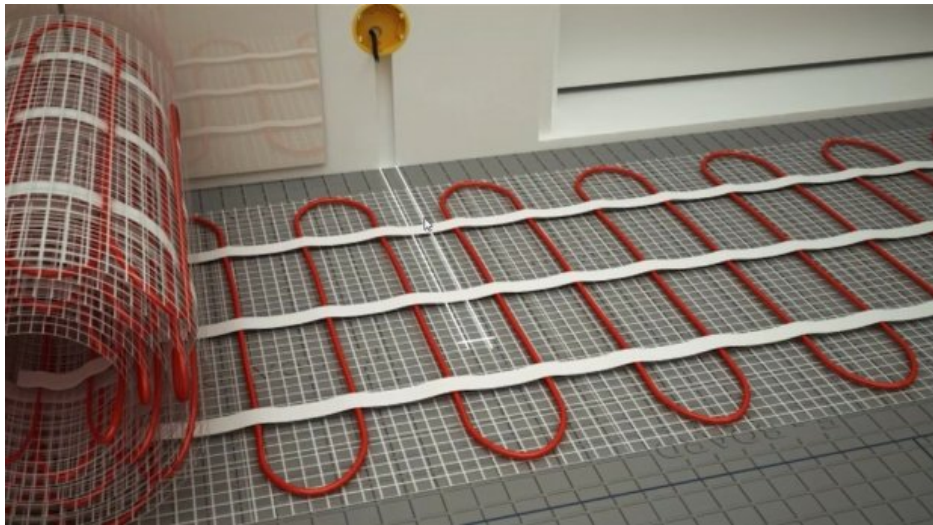
Slika 11 Primjer konvektora s nagaznom rešetkom

Kao često rješenje grijanja kupaonica, nameću se cijevni grijači. Oni su malih učinaka, jednostavne konstrukcije i niskih cijena. Vrlo često se koriste kao dopuna glavnom sustavu grijanja.



Slika 12 Primjer cijevnog grijača

Sustavi površinskog grijanja i hlađenja su pogodni za niskotemperaturne režime, tako da odlično rade u kombinaciji sa dizalicama topline. Dvije trećine toplinskog učinka prenosi se zračenjem. Upravo se zbog tog razloga smatra da panelni sustavi postižu isti efekt ugodnosti sa 2°C nižom temperaturom zraka nego u slučaju konvektivnih grijača jer toplina neposredno dolazi do ljudi. Ogrjevna tijela skrivena su u podu i zidovima kuće te se tako štedi unutrašnja korisna površina. Također, iste postavljene cijevi za grijanje može se koristiti u režimu hlađenja.



Slika 13 Primjer podnog grijanja

Glavni nedostatak ovakvog sustava su veliki investicijski troškovi zbog relativno zahtjevnih građevinskih radova i velike količine potrebne izolacije. Također, zbog velikog sadržaja vode, ovaj sustav je inertniji od prije navedenih sustava.

2. Toplinsko opterećenje objekta

2.1. Pregled norme HRN EN 12 831

U općem zapisu norme HRN EN 12831 nalaze se izrazi za račun toplinskih opterećenja za jednu prostoriju:

$$\phi_{GR,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} + \phi_{RH,i} [W]$$

gdje su

$\Phi_{GR,i}$ – projektno toplinsko opterećenje grijanja prostorije [W]

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

$\Phi_{V,i}$ – ventilacijski toplinski gubici prostorije [W]

$\Phi_{RH,i}$ – dodatni toplinski učinak za kompenzaciju prekida grijanja [W]

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

$H_{T,ie}$ - 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]

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

θ_e - vanjska projektna temperatura [°C]

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu se računaju prema

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k * U_k * E_k + \sum_l \Psi_l * l_l * e_l [W/K]$$

A_k - površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi toplina [m²]

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" [W/m²K]

l_l - dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m]

Ψ_l - linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l" [W/mK]

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore se računaju prema:

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

b_u - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektanu temperaturu

Faktor smanjenja temperaturne razlike se određuje sljedeći način:

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

Transmisijski gubici prema tlu se računaju prema:

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * \left(\sum_k A_k * U_{equiv,k} \right) * G_W \quad [W/K]$$

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:

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

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

G_W - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode, za udaljenost poda do vode $\leq 1m$ uzeti =1.15; inače =1.00

Gubici topline prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu se računaju prema:

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

f_{ij} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature:

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

Gubici uslijed infiltracije zraka se računaju prema:

$$V_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i [m^3/h]$$

$$\phi_{inf,i} = V_{inf,i} * \rho_z * c_{pz} * (\theta_{int} - \theta_e) [W]$$

n_{50} - broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša

e_i - koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu (odabrano 0,05)

ε_i - korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova sa povećanjem visine iznad okolnog tla (odabrano 1)

2.2. Proračun toplinskog opterećenja grijanja

Proračun toplinskih opterećenja za ovu obiteljsku kuću proveden je prema normi EN 12 831 i prema klimatskim podacima za projektiranje Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ). Trenutno ne postoje podaci za grad Zaprešić pa je vanjska projektna temperatura uzeta iskustveno na temelju podataka za grad Zagreb. DHMZ daje podatak o vanjskoj projektnoj temperaturi od $-12,8^{\circ}\text{C}$ za stanicu Zagreb-Maksimir. Odabrana je vanjska projektna temperatura od -15°C . Tijekom provedbe proračuna prema normi u obzir nisu uzeti unutrašnji izvori topline kao strojevi i ljudi te vanjski dobici od sunčevog zračenja. Ovaj postupak nam omogućava da izbjegnemo odabir opreme slabijeg kapaciteta koja ne bi mogla zadovoljiti toplinske gubitke. Prema normi računamo dvije vrste gubitaka: transmisijske i ventilacijske.

Kako bi izračunali transmisijske gubitke, potrebne su nam U vrijednosti koje nam dostavlja inženjer građevine ili arhitekt. U tablici su prikazane oznake i U vrijednosti pojedinih vrsta zidova. U posljednjem stupcu su navedene U vrijednosti prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja. Usporedbom tih vrijednosti može se zaključiti da su odabrani vrata i prozori vrlo visoke kvalitete te da su svi zidovi izrađeni vrlo blizu vrijednostima iz propisa.

Tablica 5 U koeficijenti ploha

ELEMENT	OZNAKA	U [W/m ² K]	U _{propis} [W/m ² K]
Vanjski zid 1	VZ1	0,314	0,3
Vanjski zid 2	VZ2	0,184	0,3
Vanjski zid 3	VZ3	0,353	0,3
Unutrašnji zid	UZ	0,592	/
Krovna konstrukcija 1	KK1	0,231	0,25
Međukatna konstrukcija 1	MK1	0,192	0,4
Vrata	Vrata	1,8	2
Prozor	Prozor	1,5	1,6

Ventilacijski gubici sadrže gubitke uslijed infiltracije i ventilacije. U ovome poglavlju su izostavljeni gubici zbog ventilacije te će oni biti obrađeni kasnije u zasebnom poglavlju. U tablici 6 su prikazane odabrane unutrašnje projektne temperature za pojedine prostorije objekta u režimu grijanja.

Tablica 6 Unutrašnje projektne temperature

Prostorija	Unutarnja projektna temperatura za režim grijanja
Garaža	10°C
Kupaonica	24°C
Dnevna soba	20°C
Spavaća soba	20°C
Soba	20°C

Tablica 7 prikazuje transmisijske i infiltracijske gubitke prema HRN EN 12 831 za pojedine prostorije objekta.

Tablica 7 Transmisijski i infiltracijski gubitci po prostorijama

Prostorija	Transmisijski gubitci [W]	Infiltracijski gubitci [W]	Ukupno [W/m ²]
Garaža	1362	80	47,64
Kupaonica	232	27	66,41
Dnevna soba	3541	1038	78,77
Dječja soba	376	0	29,79
Spavaća soba	687	107	63,93
Garderoba	77	0	25,67
Kupaonica kat	366	63	43,87
Suma	6641	1315	/

2.2. Pregled norme VDI 2078

Prilikom proračuna rashladnog opterećenja prema normi VDI 2078, u obzir se uzimaju toplinski dobici od osoba, rasvjete, strojeva i sunca.

Osjetni toplinski dobici od osoba se računaju prema

$$q_{Pers,trocken} = 161 - 3,8 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti I [W/osobi]}$$

$$q_{Pers,trocken} = 166 - 3,8 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti II [W/osobi]}$$

$$q_{Pers,trocken} = 183 - 4,1 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti III [W/osobi]}$$

$$q_{Pers,trocken} = 263 - 6,6 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti IV [W/osobi]}$$

Latentni toplinski dobici od osoba se računaju prema

$$q_{Pers,feucht} = -61 + 3,8 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti I [W/osobi]}$$

$$q_{Pers,feucht} = -41 + 3,8 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti II [W/osobi]}$$

$$q_{Pers,feucht} = -13 + 4,1 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti III [W/osobi]}$$

$$q_{Pers,feucht} = -53 + 6,6 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti IV [W/osobi]}$$

Ukoliko je $q_{pers,feucht} < 25$ uzima je vrijednost $q_{pers,feucht} = 25$ W/osobi

Emisija vodene pare [g/h*osobi] se računa prema

$$m_{Pers,Wasserdampf} = -86 + 5,4 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti I [g/h * osobi]}$$

$$m_{Pers,Wasserdampf} = -58 + 5,4 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti II [g/h * osobi]}$$

$$m_{Pers,Wasserdampf} = -18 + 5,8 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti III [g/h * osobi]}$$

$$m_{Pers,Wasserdampf} = -75 + 9,4 * \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti IV [g/h * osobi]}$$

Ukoliko je $m_{Pers,Wasserdampf} < 35$ uzima je vrijednost $m_{Pers,Wasserdampf} = 35$ W/osobi

$$\theta_{P,D} = \theta_{Heizen,16} + (28 - \theta_{Heizen,16}) * \left(\frac{\theta_{AL} - 16}{\theta_{a,max} - 16} \right) [^{\circ}C]$$

$\theta_{heizen,16}$ – temperatura grijanja ako je vanjska temperatura $16^{\circ}C$

$\theta_{a,max}$ – maksimalna vanjska temperatura

Ako je $\theta_{P,D} < 16$ onda $\theta_{P,D} = 16$ i ako je $\theta_{P,D} > 28$ onda $\theta_{P,D} = 28$

Tablica 8 Razina aktivnosti prema VDI 2078

Razina aktivnosti	Opis	Iznos [W po osobi]
I	Sjedenje, opušteno	100
II	Sjedeća aktivnost	125
III	Stajaća lagana aktivnost	170
IV	Stajaća umjerena aktivnost	210

Prema standardu, rasvjetni sistemi su svi umjetni izvori svijetla neke prostorije ili zone koji joj predaju toplinu. U proračun se uzima samo toplina koja ima utjecaj na prostoriju. Toplina direktno odvedena npr. odsisnim ventilatorom, nije uključena u kalkulaciju. Točniji proračun može se dobiti ako se primjeni satna metoda upotrebe rasvjete. Ukoliko nije moguće napraviti detaljnu analizu koristi se iskustvena metoda procjene:

$$p_j = p_{j,lx} * \bar{E}_m * k_A * k_L * k_R [W/m^2]$$

gdje su

$p_{j,lx}$ – procjena električne snage prema površini

E_m – indeks održavanja svjetlosnog intenziteta prema DIN V 18599-10

k_A – redukcijски faktor za vizualno područje prema DIN V 18599-10

k_L – faktor prilagodbe oblika rasvjete za sve oblike koji nisu fluorescentni valjci

Tablica 9 Procjena snage rasvjetnih tijela

Tip osvjetljenja	Procjena specifične potrošnje električne energije [W/m^2lx]		
	Vrlo niski balast	Niski balast	Konvencionalni balast
Direktno	0,05	0,057	0,062
Direktno/indirektno	0,06	0,068	0,074
Indirektno	0,10	0,114	0,123

Tablica 10 Faktor prilagodbe k_L

Tip rasvjetnog tijela		Faktor prilagodbe k_L
Sa žarnom niti		6
Halogeno		5
Kompaktno fluorescentno s vanjskom kontrolom	Vrlo niski balast	1,2
	Niski balast	1,4
	Konvencionalni balast	1,5
Kompaktno fluorescentno s unutarnjom kontrolom	Vrlo niski balast	1,6
	Niski balast	-
	Konvencionalni balast	-
S parom visokog tlaka halogenih metala		1
S parom visokog tlaka natrija		0,8
S parom visokog tlaka žive		1,7
Zamjenske LED žarulje		1,5
Originalne LED žarulje		1,1

Faktor k_r jest faktor koji ovisi o geometriji prostorije, a računa se prema

$$k = \frac{a_R * b_R}{h'_R * (a_R + b_R)} \quad [-]$$

gdje su

a_r – dubina prostorije

b_r – širina prostorije

h'_r – razlika između visine rasvjetnog tijela i radne površine

Ukoliko se dobije $k < 0,6$ uzima se zbog pojednostavljenja $k=0,6$

Tablica 11 Odnos faktora k i faktora k_R

Tip osvjetljenja	Faktor prilagodbe k_R											
	Indeks prostorije k											
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Direktno	1.08	0,97	0,89	0,82	0,77	0,68	0,63	0,58	0,55	0,53	0,51	0,48
Direktno/indirektno	1,3	1,17	1,06	0,97	0,90	0,79	0,72	0,64	0,58	0,56	0,53	0,53
Indirektno	1.46	1.25	1.08	0.95	0.85	0.69	0.60	0.52	0.47	0.44	0.42	0.39

Proračun ostalih unutrašnjih dobitaka topline računa se prema DIN 18599-10

$$E_d = P_{max} * T_{B,d} \quad [W]$$

gdje su:

P_{max} – maksimalna potrebna snaga u Wattima po satu

$T_{B,d}$ – vremensko razdoblje pod punim opterećenjem u satima po danu

Ili prema iskustvenoj tablici

Tablica 12 Procjena maksimalne potrebne snage po osobi za ostale uređaje

Uredska pomagala (računala, zasloni, printeri i sl.)	Maksimalna snaga u W/osobi
Osnovne uredske djelatnosti	50-150
CAD/CAE uredi	100-300
Za ostalo pogledati DIN V 18599 poglavlje 10	

2.2. Proračun rashladnih opterećenja

Proračun rashladnih opterećenja prati normu VDI 2078. Za razliku od proračuna toplinskih gubitaka, ovoga puta uzimamo u obzir vanjske i unutrašnje toplinske gubitke. U unutrašnje dobitke spadaju dobiti od strojeva, ljudi i rasvjete. U vanjske toplinske dobitke spada transmisija kroz plohe prostorija, infiltracija toplog vanjskog zraka i sunčevo zračenje kroz ostakljene površine. Proračun je napravljen u programu IntegraCad koji uzima u obzir toplinska opterećenja kroz sve ljetne mjesece. Unutrašnja projektna temperatura za režim hlađenja je za sve prostorije jednaka i iznosi 26°C. U ovome slučaju, maksimalno opterećenje za rashladni sustav dogoditi će se 24. Rujna u 13h. Odlučeno je da se obje kupaonice, garaža i garderoba neće hladiti.

Tablica 13 Rashladno opterećenje po prostorijama i mjesecima u Wattima

Prostorija	21.Lipanj	23.Srpanj	24.Kolovoz	24.Rujan
	Toplinski dobiti [W]			
Dječja soba	134	141	127	103
Kupaonica prizemlje	15	17	8	3
Dnevna soba	3226	3566	4305	4798
Garaža	0	0	0	0
Kupaonica kat	181	183	169	157
Garderoba	26	26	26	26
Spavaća soba	197	197	197	197
Sati	13h	13h	13h	13h
Suma	3779	4130	4832	5284

Iz rezultata je vidljivo da je prostorija s najvećim toplinskim dobitcima dnevna soba zbog dvaju kliznih staklenih vrata vrlo velikih površina. Konstrukcijski balkon iznad kliznih vrata u prizemlju zaklanja vrlo visoki postotak staklene površine pa je u proračunu uzet faktor zasjenjena od 50%. Čak i bez uračunavanja faktora zasjenjenja bi odabrana dizalica topline mogla pokriti toplinska opterećenja ali bi bila potrebna mnogo veća površina podnih i zidnih panela.

3. Proračun površine solarnih panela

3.1. Pregled norme HRN EN 15 316-4-3:2008

Proračun solarnih sustava za obiteljske kuće provodi se prema normi HRN EN 15 316. Sam postupak rješavanja odrađen je u programu Microsoft Excel, a intenziteti zračenja i insulacija preuzeti su za grad Zagreb. Većina proizvođača u svojem katalogu ima ponudene solarne panele površina od oko 2 m. Toplinsko opterećenje sunčanog sustava jest toplinska energija koju je potrebno isporučiti sustavu razvoda grijanja i pripreme PTV-a kako bi se pokrila toplinska potreba za grijanjem prostora, pripremu PTV-a te svi toplinski gubici u podsustavu predaje i razvoda, umanjeno za vraćenu pomoćnu energiju i iskorištene gubitke u navedenim podsustavima.

$$Q_{H,sol,out,m} = Q_{H,sol,us,m} * (aY_H + bX_H + cY_H^2 + dX_H^2 + eY_H^3 + fX_H^3)$$

$$Q_{H,sol,out,m} = Q_{H,sol,us,m} * (aY_W + bX_W + cY_W^2 + dX_W^2 + eY_W^3 + fX_W^3)$$

gdje su

$Q_{H,sol,out,m}$ - mjesečno toplinsko opterećenje sunčanog sustava u dijelu koji se odnosi na potrebnu energiju za grijanje prostora (kWh);

$Q_{H,sol,us,m}$ - mjesečno toplinsko opterećenje sunčanog sustava u dijelu koji se odnosi na potrebnu energiju za pripremu PTV-a (kWh);

a,b,c,d,e – faktori sunčanog spremnika (-) , tablica

f – faktor koji se odnosi na direktan spoj kolektora na cijevi podnog grijanja koje djeluju kao spremnik (-), tablica

Tablica 14 Faktori a,b,c,d,e i f

Faktor	Spremnik	Podno grijanje
a	1,029	0,863
b	-0,065	-0,147
c	-0,245	-0,263
d	0,0018	0,008
e	0,0215	0,029
f	0	0,025

Izračun faktora X

$$X_H = A_H * U_{loop} * \eta_{loop} * \Delta T * f_{st} * t_m / (Q_{H,sol,us,m} * 1000)$$

$$X_W = A_W * U_{loop} * \eta_{loop} * \Delta T * f_{st} * t_m / (Q_{H,sol,us,m} * 1000)$$

gdje je

t_m – broj sati pojedinog mjeseca [h]

V_{nom} – nazivna zapremnina sunčanog spremnika [L]

V_{bu} - zapremnina dijela spremnika između vrha spremnika i donjeg dijela dodatnog grijačeg elementa (el. grijača ili izmjenjivača)

Svijetla površina kolektora za potreba grijanja prostora i pripremu PTV-a

$$A_H = A * P_H$$

$$A_W = A * P_W$$

Efektivni udio

$$f_{aux} = x * V_{bu} / V_{nom}$$

x – regulacijski koeficijent

x=1 ako je dodatni generator stalno uključen

x=0,7 ako je uključen noću

x=0,3 ako se uključuje u slučaju nužde

Ukupni koeficijent toplinskih gubitaka svih cjevovoda u kolektorskom krugu (uključujući cjevovode između kolektora te one između kolektorskog polja i spremnika)

$$U_{loop,p} = 5 + 0,5 * A$$

Koeficijent toplinskih gubitaka kolektorskog gruga ovisi o karakteristikama kolektora i izolaciji cjevovoda

$$U_{loop} = a_1 + a_2 * 40 + U_{loop,p} / A$$

a_1, a_2 – koeficijenti toplinskih gubitaka kolektora prvog reda , podaci s mjerenja prema HRN EN 12975-2

$a_1=1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ – cijevni vakuumski kolektori

$a=3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ – ostakljeni pločasti kolektori

$a_1=15 \text{ W/m}^2\text{K}$ – neostakljeni pločasti kolektori

$a_2=0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Za sustav pripreme PTV-a

$$\theta_{ref} = 11,6 + 1,18 * \theta_w + 3,86 * \theta_{cw} - 1,32 * \theta_{e,avg} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

gdje je

θ_w – tražena temperatura PTV-a , $\theta_w=40^\circ\text{C}$

θ_{cw} – temperatura svježe hladne vode, $\theta_w=10^\circ\text{C}$

$\theta_{e,avg}$ – prosječna vanjska temperatura u promatranom periodu, tablica

Referentna razlika temperatura se računa prema:

$$\Delta T = \theta_{ref} - \theta_{e,avg} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Tablica 15 Srednje vanjske temperature za Hrvatsku po mjesecima

Mjesec	Kontinentalni dio	Primorski dio
1	-0,6	6,6
2	2,2	7,5
3	6,5	9,9
4	11,2	13,4
5	15,9	18
6	19,2	21,6
7	21,1	24,5
8	20,1	24
9	16,	20,5
10	11,1	16,2
11	5,6	11,6
12	0,9	7,9

Izračun faktora Y

$$Y_H = A_H * IAM * \eta_0 * \eta_{loop} * I_m * t_m / (Q_{H,sol,us,m} * 1000)$$

$$Y_W = A_W * IAM * \eta_0 * \eta_{loop} * I_m * t_m / (Q_{H,sol,us,m} * 1000)$$

gdje su

t_m - broj sati pojedinog mjeseca (h);

η_0 - učinkovitost kolektora pri razlici srednje temperature radnog medija i zraka = 0 K, podatak s mjerenja prema HRN EN 12975-2 ili $\eta_0=0,8$;

IAM - faktor promjene kuta upadnog zračenja (-), podatak s mjerenja prema HRN EN 12975-2 ili

$IAM=0,94$ za ostakljeni pločasti kolektor,

$IAM=1$ za neostakljeni pločasti kolektor;

$IAM=0,97$ za vakuumski kolektor s ravnim apsorberom;

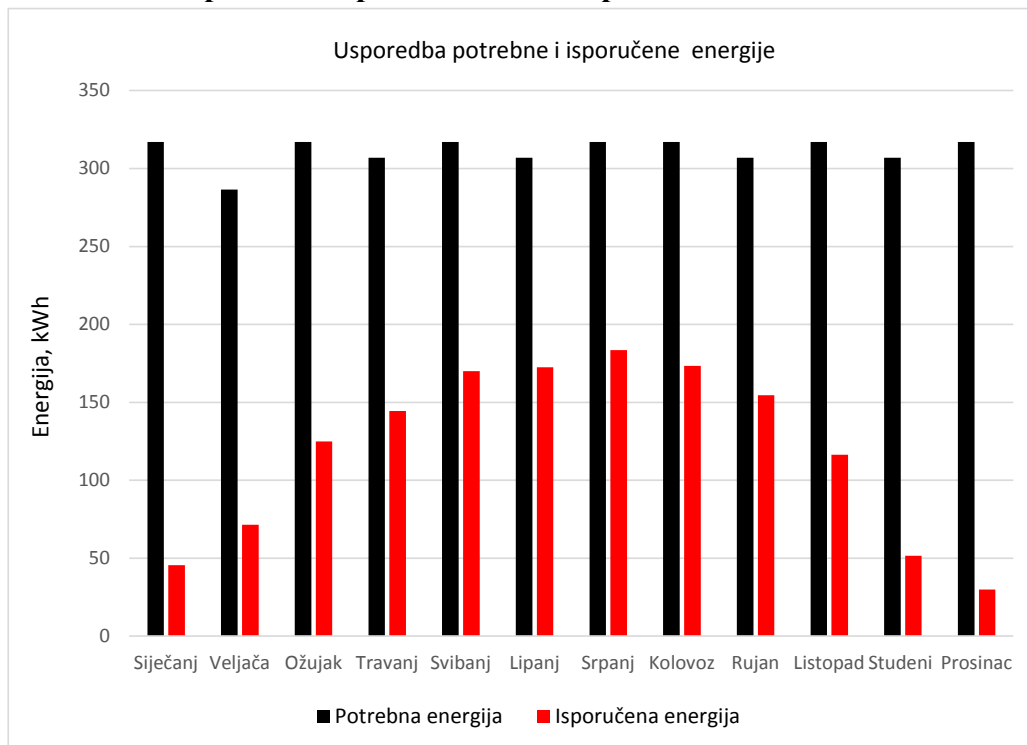
$IAM=1$ za vakuumski s ovalnim apsorberom.

I_m - prosječno sunčevo zračenje tijekom promatranog mjeseca koji ima t_m sati (W/m^2),

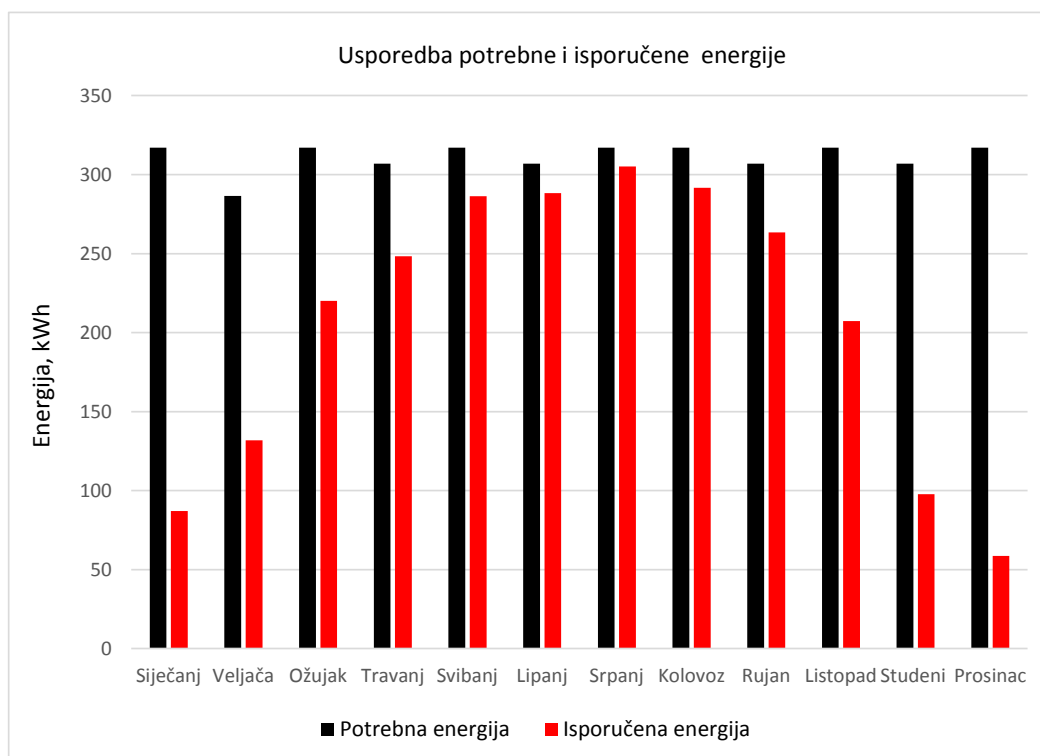
Tablica 16 Podaci o prosječnom zračenju i ozračenosti plohe nagnute za 45° po mjesecima za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku

Mjesec	Kontinentalni dio		Primorski dio	
	I_m W/m ²	$E_{sol,in}$ kWh/mj	I_m W/m ²	$E_{sol,in}$ kWh/mj
1	63,8	47,5	119,5	88,9
2	99,6	66,9	171,6	115,3
3	152,0	113,1	205,4	152,8
4	180,6	130,0	223,1	160,6
5	206,0	153,3	232,3	182,8
6	215,7	155,3	242,3	174,7
7	222,2	165,3	249,1	185,3
8	208,7	155,3	240,5	178,9
9	192,1	138,3	231,1	166,4
10	139,7	103,9	210,6	156,7
11	69,9	50,3	138,5	99,7
12	47,0	35,0	108,6	80,8
sum		1314,2		1732,8

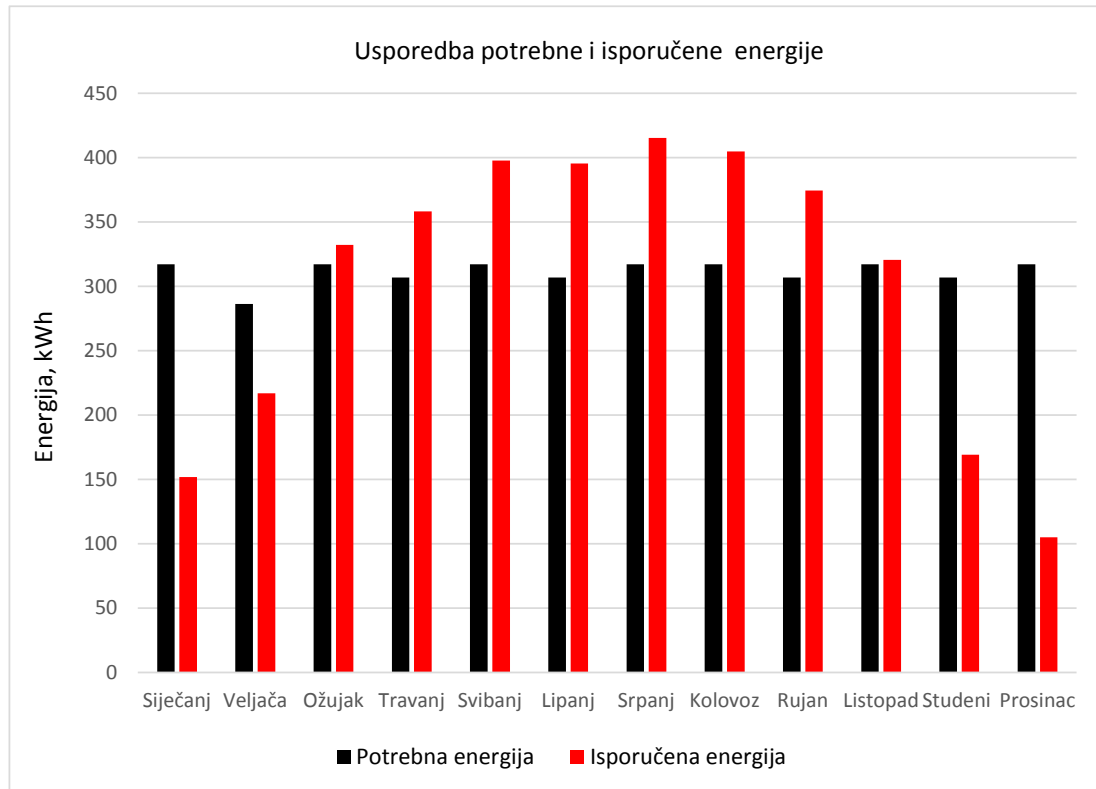
3.2. Prikaz rezultata proračuna površine solarnih panela



Slika 14 Isporučena toplina za površinu solara 2m²



Slika 15 Isporučena toplina za površinu solara 4m²



Slika 16 Isporučena toplina za površinu solara 6m²

Mjesec	Broj dana	Broj sati	Srednja mjesečna temperatura	QW _{sol,us,m}	θ _{ref}	Δθ	X	Im	Y	QW _{sol,out,m}
-	dan	h	°C	kWh	°C	K	-	W/m ²	-	kWh
Siječanj	31	744	-0,6	317,13	121,79	122,39	3,5	63,8	0,81	151,82
Veljača	28	672	2,2	286,44	118,1	115,9	3,32	99,6	1,27	217,62
Ožujak	31	744	6,5	317,13	112,42	105,92	3,03	152	1,93	332,2
Travanj	30	720	11,2	306,9	106,22	95,02	2,72	180,6	2,29	357,94
Svibanj	31	744	15,9	317,13	100,01	84,11	2,41	206	2,62	397,9
Lipanj	30	720	19,2	306,9	95,66	76,46	2,19	215,7	2,74	395,49
Srpanj	31	744	21,1	317,13	93,15	72,05	2,06	222,2	2,82	415,23
Kolovoz	31	744	20,1	317,13	94,47	74,37	2,13	208,7	2,65	404,71
Rujan	30	720	16,4	306,9	99,35	82,95	2,38	192,1	2,44	374,4
Listopad	31	744	11,1	317,13	106,35	95,25	2,73	139,7	1,77	319,97
Studeni	30	720	5,6	306,9	113,61	108,01	3,09	69,9	0,89	169,79
Prosinac	31	744	0,9	317,13	119,81	118,91	3,4	47	0,6	105,81
			Σ	3733,95					Σ	3642,88

Slika 17 Proračun potrebne površine solarnih panela – excel

U sljedećoj tablici prikazana je okvirna mogućnost pokrivanja topline za zagrijavanje PTV-a:

Tablica 17 Postotak topline koju dobavljaju solarni paneli na godišnjoj razini

Površina solara [m ²]	Postotak topline za PTV na godišnjoj razini [%]
2	49,44
4	68,14
6	81,31

Prilikom provedbe proračuna uzeta je vrijednost od 40l/osobi dnevne potrošnje PTV-a kojega zagrijavamo do temperature od 60°C kako bi se izbjegla pojava bakterije Legionele. U svojoj ponudi tvrtka Daikin nudi solarne pločaste panele površine od oko 2m². Proračun dobivene toplinske energije je provode za 3 slučaja te je nakon ekonomske analize odlučeno da će biti instalirana dva solarna panela ukupne površine 4m². Kada bi sustav grijanja PTV-a bio izveden isključivo preko solarnih panela svakako bi uzeli više solarnih panela. Taj pristup uvelike povećava početnu investiciju. U trenutnome projektu PTV se također zagrijava dizalicom topline, dok u ekstremnom slučaju automatska regulacija u pogon pušta dodatni električni grijač učina 9kW.

4. Dimenzioniranje i odabir opreme

4.1 Odabir dizalice topline

Odabir dizalice topline vrši se prema instaliranome učinku podnih i zidnih panela za grijanje i hlađenje. Potreban učinak za savladavanje toplinskih gubitaka izračunatih prema HRN EN 12831, iznosi 7956W. Odlučeno je da se garderoba neće grijati te da se obje kupaonice izvedu sa sustavom električnog podnog grijanja. Električno grijanje odabrano je zbog osiguravanja toplinske ugodnosti tijekom cijele godine. U usporedbi sa konvencionalnim podnim grijanjem, električni sustav ima mnogo brži odaziv te ga po potrebi možemo isključiti iz upotrebe. Također, odabrana dizalica topline ne može raditi u režimu grijanja i hlađenja istovremeno, pa se tijekom ljetnog režima rada podovi u kupaonici ne bi mogli zagrijati na zahtjev korisnika. Kada se od ukupno izračunatih gubitaka oduzmu gubici garderobe i dvaju kupaonica, dolazimo do ukupne sume od 7254W potrebnih za zagrijavanje svih prostorija. U spomenuti učinak uračunat je i određeni faktor sigurnosti zbog smanjenja vanjske projektne temperature. Prema tablici od DHMZ-a, projektna temperatura za Zagreb iznosi -13°C , dok je za proračun uzeta vanjska projektna temperatura od -15°C . Odabrana je dizalica topline tvrtke Rotex HPSU Compact s spremnikom Biv516 i vanjskom jedinicom RRLQ0011V. Specifikacije odabranih elemenata dane su u tablici.



Slika 18 Rotex HPSU Compact

Tablica 18 Karakteristike Rotex COMPACT sustava

Svojstvo	Veličina	Mjerna jedinica
Dimenzije	180 x 79 x79	cm
Masa	118	Kg
Volumen spremnika	477	l
Max.temp.spremnika	85	°C
Razina buke	46	dB(A)
Napon napajanja	230	V
Frekvencija napajanja	50	Hz

Tablica 19 Karakteristike pumpe Grundfos UPM3K 25-75

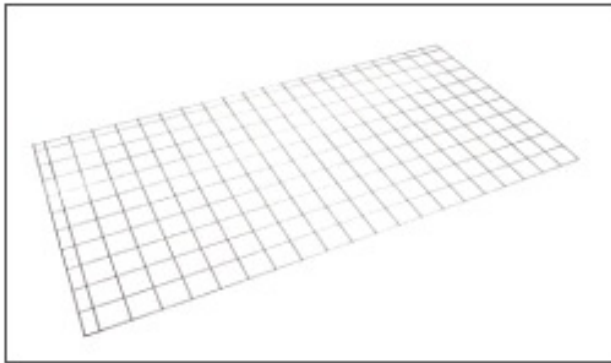
Svojstvo	Veličina	Mjerna jedinica
Napon napajanja	220	V
Frekvencija napajanja	50	Hz
Zaštita	IP42	-
Maksimalna snaga	45	W
Kontrola brzine vrtnje	Kontinuirano varijabilna	-

Tablica 20 Učinak grijanja i hlađenja vanjske jedinice RRLQ0011V

Vanjska temperatura °C	Učinak grijanja kW	Temperatura povrata hladne vode °C	Učinak hlađenja kW
-20	8,61	7	12,88
-15	10,24	10	13,67
-7	10,41	13	15,02
-2	11,31	15	15,95
2	11,33	18	17,8
7	11,38	22	19,17
12	12,31		
15	13,34		
20	15,20		

4.2. Odabir sustava podnog grijanja

Obiteljska kuća će se zagrijavati pomoću Rehau rešetkastog sustava podnog grijanja. Površina grijanih prostorija dovoljna je da se zadovolje toplinski gubitci, dok će se za hlađenje dodatno uključivati u pogon zidni paneli. Odabran je Rehau rešetkasti sustav zbog mogućnosti brzog polaganja, mogućnosti primjene neovisno o izolaciji i prikladnosti za upotrebu sa tekućim estrihom. U ponudi se nalaze cijevi RAUTHERM S 17 x 2,0 mm i RAUTHERM S 20 x 2,0 mm u razmacima od 50mm do 300mm. Petlje podnog grijanja su projektirane tako da ukupne površine svake od petlji ne prelazi 40m², da bi se izbjegla potreba za upotrebom dilatacijskim trakama. Duljine petlji su ograničene na 120m kako bi se izbjegli preveliki padovi tlaka.



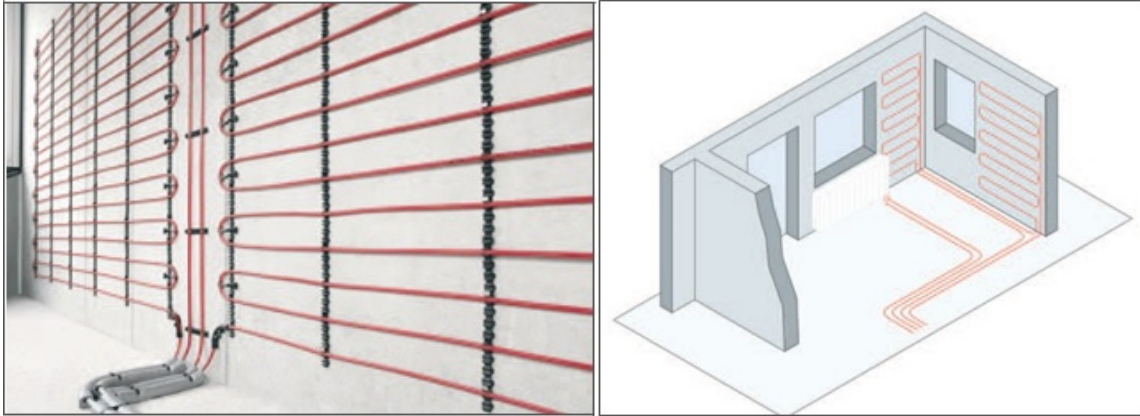
Slika 19 Primjer mreže podnog grijanja 1



Slika 20 Primjer postavljanja cijevi podnog grijanja 2

4.3. Odabir sustava zidnog hlađenja

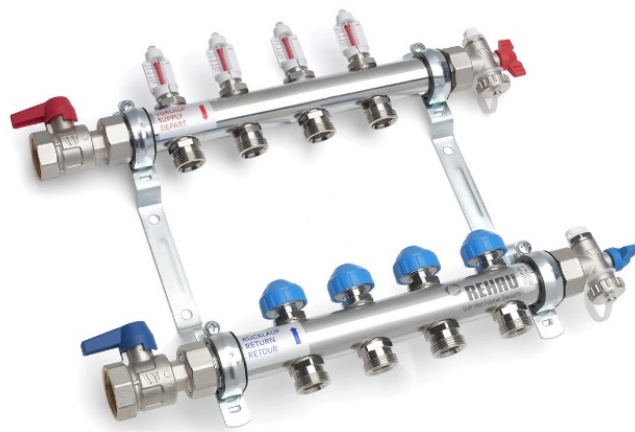
Prilikom ljetnog režima rada dizalice topline, sustav podnog hlađenja ne bi imao dovoljan rashladni učinak za pokrivanje projektnih opterećenja. Kao dodatna rashladna tijela dodajemo 6 petlji „Rehau zidnog grijanja/hlađenja mokrim sustavom“. Korištene cijevi za ovaj sustav su RAUTHERM S 10 x 1,0 mm i RAUTHERM S 17 x 2,0 mm.



Slika 21 Primjer mreže zidne instalacije 1 **Slika 22** Primjer mreže zidne instalacije 2

4.4. Odabir razdjelnika

Za sustav površinskih panela biram dva razdjelnika Rehau HKV-D, po jedan za svaki kat. Interijerom kuće prevladava drvo i drvene grede. Stoga je umjesto korištenja Rehau ormara za razdjeljivače zbog mogućeg narušavanja estetike unutrašnjeg prostora razdjeljivač sakriven u drvenu oblogu uz zid. Razdjelnik za donji kat ima 8 priključaka dok razdjelnik za kat ima 7 priključaka.



Slika 23 Rehau HKV-D razdjelnik s mjeracom protoka

4.5. Odabir cijevnih grijača za kupaonice

Cijevni grijači Vogel & Noot DION VM sa EHS 300 električnim grijačem odabrani su za kupaonice. Iz priloženih podataka vidljivo je da će pri temperaturnom režimu 35/30°C cijevni grijač davati zanemarivo mali učinak u usporedbi sa drugim mogućim rješenjima. U ovome projektu cijevni grijači nisu ugrađeni s namjerom da pokrivaju toplinska opterećenja, nego da pruže veći komfor u kupaonicama (sušenje ručnika, estetski izgled uklopljen u interijer). Vogel & Noot u standardnoj ponudi nude ugrađene električne grijače u cijevne radijatore od 300W. On se može po potrebi uključiti za brzo zagrijavanje kupaonice uz pomoć podnog grijanja. Cijevni grijači se spajaju u seriju na razdjelnik HKV-D, smješten na gornjem katu. Pad tlaka kroz cijevne grijače je zanemariv u odnosu na petlje podnog grijanja.

Tablica 21 Karakteristike Vogel&Noot DION VM cijevnog grijača

Svojstvo	Veličina	Mjerna jedinica
Nazivna visina	700	mm
Ugradbena visina	714	mm
Dužina	500	mm
Snaga 75/65/20°C	374	W
Snaga 75/65/20°C	304	W
Snaga 75/65/20°C	265	W
Snaga 75/65/20°C	196	W
Snaga 75/65/20°C	161	W
El.grijač snaga	300	W
Količina vode	2,8	L
Težina	6,8	kg



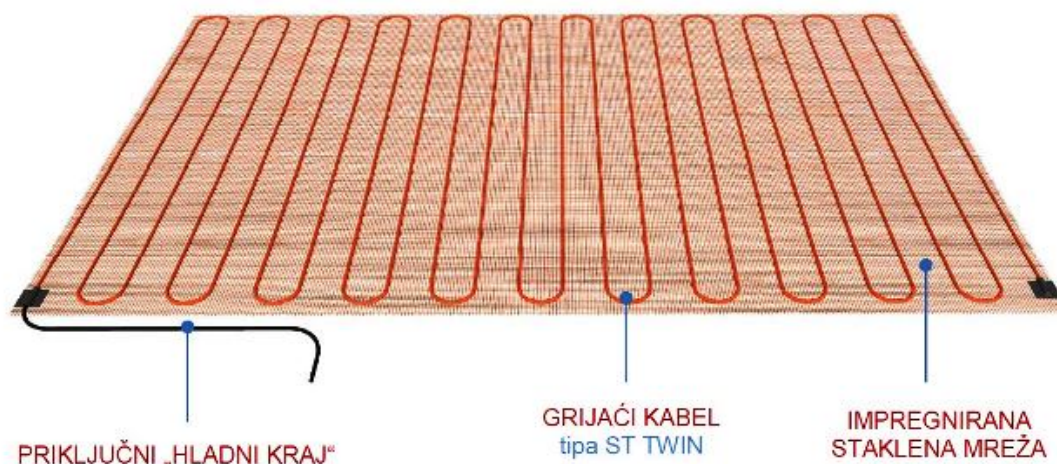
Slika 24 Vogel&Noot DION VM

4.6. Odabir podnog grijanja za kupaonice

Odlučeno je da će se podno grijanje za kupaonice izvesti u drugačijem obliku od ostatka kuće. Naime, tijekom cijele godine poželjne su više temperature u kupaonicama. Kako odabrana dizalica topline nema mogućnost istovremenog rada u režimu grijanja i hlađenja, u ljetnim mjesecima ne možemo osigurati komfor najviše razine. Iz tog razloga odabirem strujno podno grijanje koje radi neovisno o ostatku sustava. Njezine prednosti su manja inercija i dobra mogućnost regulacije za svaku kupaonicu posebno. Odabrao sam podno grijanje tvrtke ELPOS koja nudi mogućnost izrezivanja podnih modula prema tlocrtnim crtežima. Na ovaj način izbjegavamo postavljanje grijanja ispod kada i ostalih elemenata u kupaonicama. Za kupaonicu uz prizemlju odabrana je mreža TGMt 05-3,0-120, a za kupaonicu na katu TGMt 1-5,4-90. Obje grijače mreže napajaju se sa običnoga strujnoga izvora 230V.

Tablica 22 Karakteristike sustava TGMt za kupaonice

Oznaka	Dimenzije [cm]	Površina [m ²]	Snaga [W]	Jedinična snaga [W/m ²]
TGMt 05-3,0-120	50x600	3	360	120
TGMt 1-5,4-90	100x535	5,4	482	90



Slika 25 TMGt sustav za podno grijanje

4.7. Odabir i dimenzioniranje ekspanzijske posude

Tablica 23 Volumeni vode u sustavu prema vrsti cijevi

Dimenzija cijevi	Ukupna duljina [m]	Površina presjeka [m ²]	Volumen vode [L]
Rautherm S 20 x 2,0 mm	729,96	0,000201	146,69
Rautherm S 17 x 2,0 mm	196,08	0,000094985	18,62
Rautherm S 10 x 1,0 mm	74,89	0,00005024	3,76

Volumen vode u razdjelnicima i spojnim cijevima do razdjelnika zanemaren je u proračunu (manji je od 1L). Ukupni volumen vode u sustavu jest zbroj volumena vode u cijevima i volumena vode u HPSU Compact jedinici te iznosi 646L. Kao početni tlak je, prema preporukama za visinu sustava, uzet 1bar (proračunska vrijednost iznosi 0,9bar). Tlak sigurnosnog ventila se nalazi 1,5bar iznad tlaka po te iznosi 2,5bar. Krajnji projektni tlak je 2bar. Prema formuli za izračun V_{nmin} dobivamo vrijednost od 63L. Prema katalogu proizvođača Reflex odabrana je ekspanzijska posuda S 80.

$$V_n = (V_e + V_v) * \frac{(p_e + 1)}{(p_e - p_o)} = (18,6 + 3) \frac{(1,9 - 1)}{(1,9 - 0,9)} = 63L$$

$$V_e = \frac{V_{sustav} * n}{100} = \frac{646 * 2,88}{100} = 18,6L$$

Tablica 24 Svojstva ekspanzijske posude S80

Svojstvo S 80	Veličina	Mjerna jedinica
Volumen	80	L
Masa	12,1	Kg
Promjer	480	Mm
Visina	565	Mm
Veličina priključka	R 3/4	
Maksimalni tlak	3	bar

**Slika 26 Ekspanzijska posuda S80**

Za ekspanzijsku posudu PTV-a odabrana je manja ekspanzijska posuda D.D. 8 istoga proizvođača.

Tablica 25 Svojstva ekspanzijske posude DD8

Svojstvo DD 8	Veličina	Mjerna jedinica
Volumen	8	L
Masa	3,4	Kg
Promjer	206	Mm
Visina	344	Mm
Veličina priključka	G 3/4	
Maksimalni tlak	4	bar

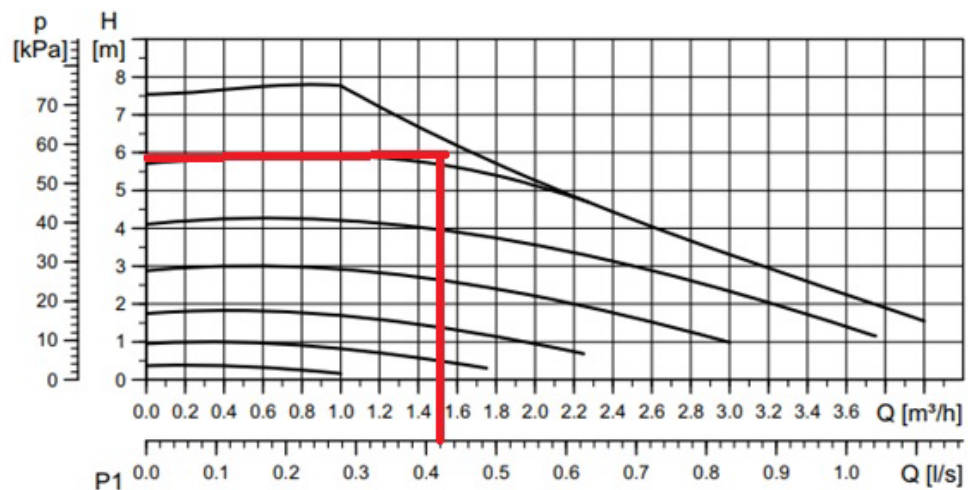
**Slika 27 Ekspanzijska posuda DD8**

4.8. Odabir i dimenzioniranje pumpe

Uključeno u sustav Rotex HPSU Compact dolazi pumpa proizvođača Grundfos tipa UPM3K 25-75 CHBL RT. Grundfos također pruža dijagrame za provjeru dobavnih visina i protoka. U dijagramu je ucrtana radna točka pumpe za kritičan slučaj u kojem je potrebno isporučiti maksimalni učin hlađenja.



Slika 28 Grundfos pumpa serije UMP3



Slika 29 Karakteristika pumpe Grundfos UPM3K 25-75

4.9. Odabir termostata i ostale opreme za automatiku

Za podna grijanja tvrtka REHAU u svojoj ponudi nudi i opremu za automatiku. Termostati koji će biti postavljeni po prostorima su REHAU NEA HCT. NEA ima sposobnost programiranja do 3 vremenska programa dnevno kako bi se prostor u potpunosti prilagodio željama korisnika. Na LCD displeju moguć je prikaz vremena, dana u tjednu i trenutne temperature.



Slika 30 Rehau NEA HCT termostat

U kompletu sa termostatom NEA dolaze i servopogoni za upravljanje povratnim ventilima u razdjelniku krugova grijanja kao i regulacijski razdjelnik NEA koji omogućuje sigurno i pregledno ožičenje sustava u razvodnom ormaru.



Slika 31 Servopogon za ventile



Slika 32 Regulacijski razdjelnik NEA

Za kupaonice, tvrtka ELPOS nudi u svojoj ponudi elektronički termostat S430PE. On dolazi sa dva osjetnika temperature, jednim u sebi i jednim koji se ugrađuje u pod. Također ima mogućnost programiranja temperatura prema satima i danima u tjednu.



Slika 33 ELPOS S430PE termostat

Tablica 26 Svojstva ELPOS S430PE termostata

Svojstvo	Veličina
Napon napajanja	230V 50/60 Hz
Vlasita potrošnja	4W
Princip regulacije	ON/OFF
Opseg regulacije	+5/+45°C
Programiranje	4 postavke dnevno
Dozvoljena relativna vlaga	Do 90%
Mehanička zaštita	IP20
Dimenzije	86 x 86 x 46 mm

4.10. Odabir solarnih panela

Za solarne panele odabran je pločasti kolektor „Daikin“ EKSV21P1 u vertikalnoj izvedbi. Potrebna površina solarnih panela određuje se prema normi HRN EN 15316-4-3. Norma je preuzeta iz „Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama - Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode“. Proračun je proveden pomoću programa Microsoft Excel prema klimatskim podacima za Zagreb. Sustav je optimiziran tako da tijekom ljetnih mjeseci solarni paneli pokrivaju svu potrebno količinu topline za zagrijavanje PTV-a, dok se za ostale mjesece toplina nadomješta iz dizalice topline/električnog grijača. Svi potrebni spojevi, cijevi, ekspanzijske posude i ostala oprema nalaze se u Altherma Solarkitu.



Slika 34 Daikin EKSV21P1 solarni panel

Tablica 27 Svojstva Daikin EKSV21P1 solarnog panela

Svojstvo	Veličina	Mjerna jedinica
Visina	1006	mm
Širina	85	mm
Dubina	2000	mm
Težina	33	Kg
Volumen	1,3	L
Površina	2,01	m ²
Radni tlak	6	Bar
Termalni učin	4,9	kJ/K

5. Dimenzioniranje i odabir ventilacijskog sustava

5.1. Potrebne količine zraka prema prostorijama

Prilikom proračuna potrebnih volumena dobave svježeg zraka korišteni su preporučeni podaci o higijenskom broju izmjena zraka prema HRN EN 12831. Za hodnik, garderobu i garažu nisu predviđeni ventilacijski otvori.

Tablica 28 Potrebni volumeni zraka za svaku prostoriju

Prostorija	Volumen [m ³]	Broj izmjena zraka	Zraka za dobaviti [m ³ /h]
Kupaonica prizemlje	10,7	2	21,45
Kupaonica kat	22,49	2	45
Dnevna soba	161,5	1	161,5
Dnevna soba - galerija	35,2	1	35,2

5.2. Odabir kuhinjske nape

Iz kataloga tvrtke Faber odabrana je napa SYNTHESIS HIP PBXA60. Karakteristike su dane na slici ispod. Ovaj model odabran je zbog dobre regulacije kapaciteta (3 brzine), estetike koja se uklapa u dizajn kuhinje te materijala otpornog na trošenje. Kod izračuna učina rekuperatora uzeto je u obzir da napa radi s kapacitetom od 300 m³/h (maksimalni mogući protok iznosi 570m³/h).



Slika 35 Kuhinjska napa Faber Synthesis HIP PBXA60

5.3. Odabir odsisnih ventilatora za kupaonice

Za obje kupaonice odabrani su ventilatori Helios MiniVent M1 100. To je najmanji ventilator u ponudi i više je nego dovoljan za potrebe odvodnje zraka. Ventilator je dvobrzinski s relativno visokim raspoloživim tlakom. Zbog malih dimenzija, ugradnja je jednostavna, ne narušava unutrašnju estetiku prostora i sa nivoom zvučnog tlaka od 30dB jako je tih u radu.



Slika 36 Helios MiniVent M1 ventilator

Tablica 29 Karakteristike Helios MiniVent M1 serije ventilatora

Svojstvo	Veličina	Mjerna jedinica
Protok zraka	90/75	m ³ /h
Potrošnja električne energije	9/5	W
Nivo zvučnog tlaka	30/25	dB

5.4. Odabir sustava ventilacije

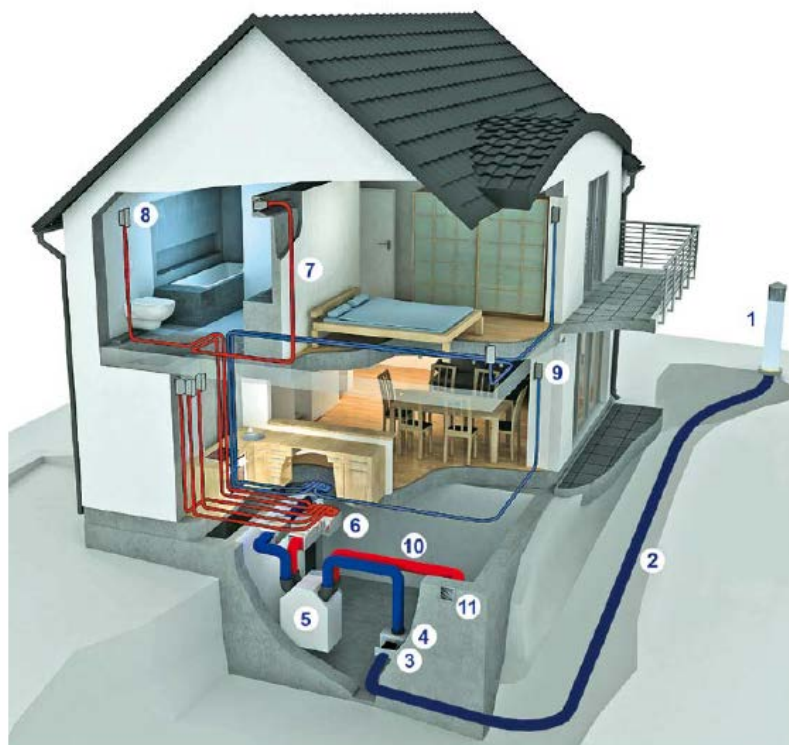
Kao središte sustava ventilacije, odabran je sustav COMFORT-VENT EASY tvrtke Wernig. Sustav se sastoji od vanjske jedinice koja usisava okolišni zrak koji do unutrašnje jedinice putuje ukopanim cijevima. Na taj se način zrak predgrijava toplinom tla prije samog ulaska u rekuperator.



Slika 38 EWR200 vanjska usisna jedinica

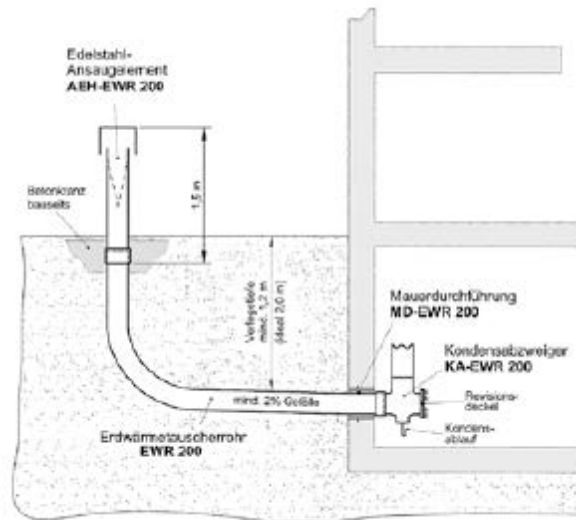


Slika 37 EWR200 Cijevi za ukop



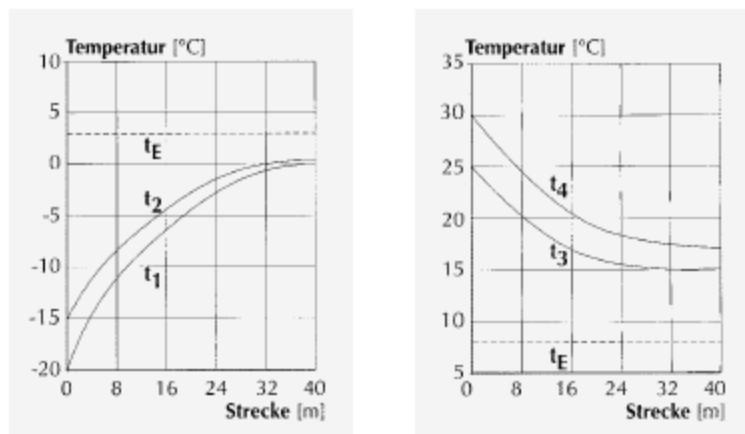
Slika 39 Wernig sustav za stambenu ventilaciju

Kombinacijom zagrijavanja zraka toplinom od tla i rekuperatorom, dobivamo veće razine iskoristivosti od konvencionalnih izvedbi rekuperatora.



Slika 40 Shema polaganja cijevi i spajanja na unutrašnju jedinicu

U sljedećim tablicama prikazan je omjer duljine ukopanih cijevi i moguća temperatura predgrijavanja zraka za ljetni i zimski režim.



Slika 41 Dijagram zagrijavanja/ohlađivanja zraka s obzirom na duljinu ukopanih cijevi

5.5. Odabir rekuperatora i proračun dobivene topline

Nakon prolaska kroz ukopane cijevi zrak dalje prolazi kroz rekuperator. Rekuperator je odabran prema potrebnome protoku od $563\text{m}^3/\text{h}$.



Slika 42 Rekuperator COMFORT-VENT Q600

Tablica 30 Svojstva COMFORT-VENT Q600 rekuperatora

Svojstvo	Veličina	Mjerna jedinica
Max.volumni protok	600	m ³ /h
Stupanj povrata topline	87%	
Snaga ventilatora	Od 28 do 296	W
Električni grijač	2620	W
Dimenzije	825 x 725 x 570	Mm
Težina	51	Kg
Raspoloživi tlak	100	Pa
Napon izvora	230	V
Frekvencija izvora	50	Hz

Dobivena toplina rekuperacije se računa pomoću ukupnog volumena ubačenog zraka, unutrašnjih i vanjskih temperatura te iskoristivosti rekuperatora prema jednadžbama:

$$\varphi_{otpad} = V_{potrebni} * \rho * c_p * (\theta_{unutrašnja} - \theta_{vanjska}) = 563 * 1,2 * 1,005 * (22 - (-15)) \\ = 6,98 \text{ kW}$$

$$\eta_{rekuperator} = \frac{\varphi_{rekuperator}}{\varphi_{otpad}} = 0,87$$

$$\varphi_{rekuperator} = \varphi_{otpad} * \eta_{rekuperator} = 6,98 * 0,87 = 6,07 \text{ kW}$$

$$\theta_{rekuperator} = \frac{\varphi_{rekuperator}}{V_{potrebni} * \rho * c_p} + \theta_{zemlje} = \frac{6,07}{563 * 1,2 * 1,005} - 15 = 17,9^{\circ}\text{C}$$

Tablica 31 Rezultati proračuna rekuperatora

Veličina	Vrijednost	Mjerna jedinica
Temp. ubacivanja	22	°C
Temp. izbacivanja	20	°C
Temp. prije rekuperatora	0	°C
Temp. nakon rekuperatora	17,9	°C
Otpadna toplina	6,98	kW
Toplina dobivena od rekuperatora	6,07	kW
Potrebno za dogrijati	750	W

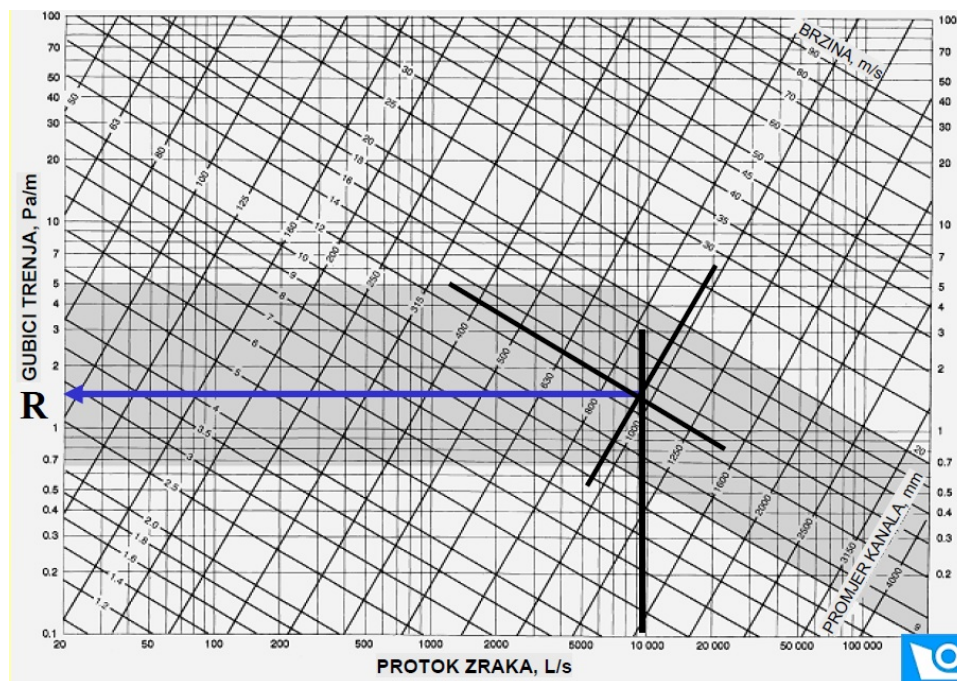
Proračun pokazuje da pomoću predgrijavanja zraka pomoću tla i pomoću rekuperatora možemo postići vrlo visoke temperature zraka. Za zagrijavanje zraka do temperature od ubacivanja od 22°C moramo utrošiti još 750W. Taj dodatni toplinski tok za zagrijavanje do temperature ubacivanja možemo dobiti ih ugrađenih električnih grijača u rekuperatorskoj jedinici snage 2620W. Također imamo rezervu na dizalici topline koja može pokriti taj učin pa ne moramo koristiti električne grijače.

5.6. Dimenzioniranje kanala

Prilikom dimenzioniranja kanala korištena je sljedeća formula koja objedinjuje lokalne i dužinske gubitke trenja:

$$\Delta P = (RL + Z) * \frac{\rho * w^2}{2} [Pa]$$

Gubici trenja u kanalima modelirani su tako da odgovaraju zatamnjenom području u dijagramu, dok su lokalni gubici modelirani preko C_p vrijednosti zadanim u tablici.



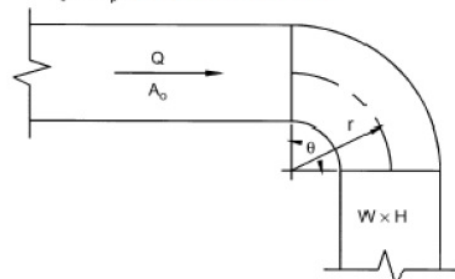
Slika 43 Dijagram trenja u kanalima kružnog presjeka

CR3-1 Koljena, glatki prijelaz, bez usmjerivača

C_p vrijednosti											
r/W	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
0.50	1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

Faktor kuta K											
θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0.00	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40

$C_o = KC_D$ gdje je K = faktor kuta



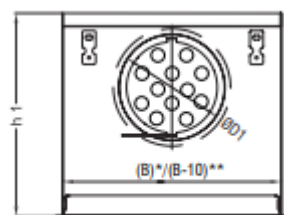
Slika 44 Tablica lokalnih gubitaka trenja za koljena

5.6. Odabir rešetki i priključnih kutija

Iz kataloga proizvođača „Klimaoprema“ su prema protoku i brzinama iz dijagrama odabrane odgovarajuće rešetke i priključne kutije. Ventilacijske rešetke tipa OAH-1L omogućuju ručno predpodešenje nagiba zaklopki čime se regulira protok kroz rešetke. Ovu mogućnost će mo iskoristiti kod odsisnog kanala na galeriji kako bi osigurali jednake protoke kroz svaku rešetku. Također iz istog kataloga su odabrane priključne kutije tipa PK1 koje odgovaraju dimenzijama rešetki tipa OAH-1L.

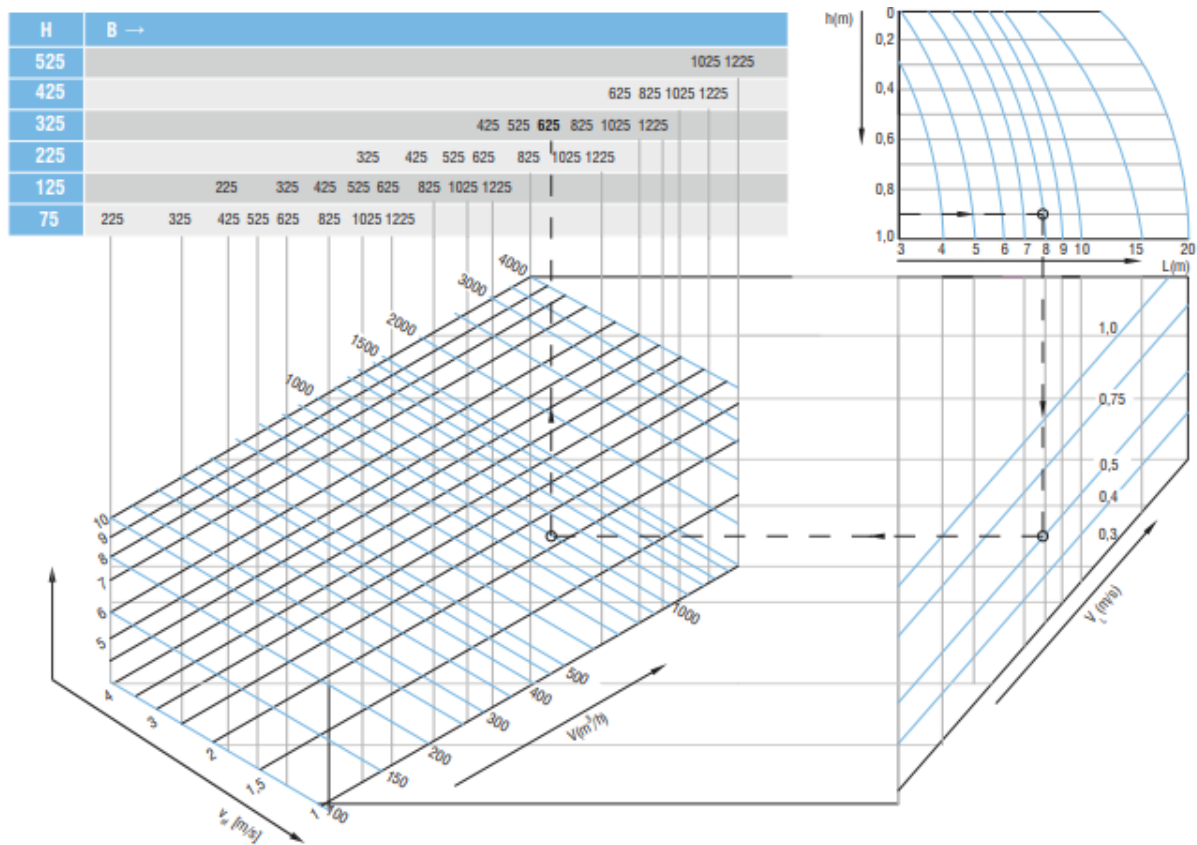


Slika 45 Ventilacijska rešetka OAH - 1



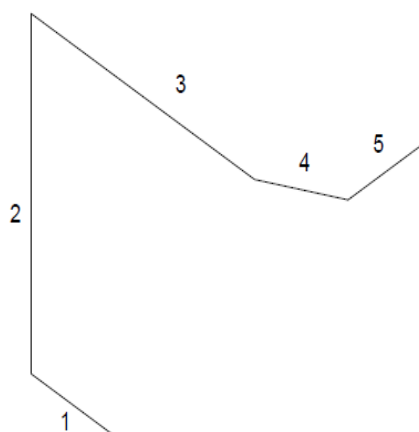
PK1 / PK1-UR				
B mm	H mm	øD mm	Number of connections	h1 mm
225	75	123	1	265
325	75	158	1	300
425	75	158	1	300
525	75	158	1	300
625	75	198	1	340

Slika 46 Priključna kutija PK1 s dimenzijama

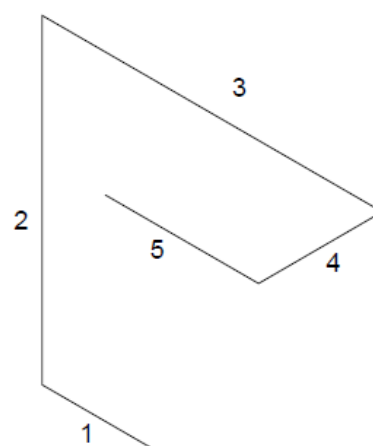


Slika 47 Dijagram za odabir opreme proizvođača Klimaoprema

5.7. Prikaz kritičnih dionica i pregled rješenja proračuna



Slika 48 Skica dionice za dobavu – galerija



Slika 49 Skica dionice za odsis -galerija

Tablica 32 Prikaz rješenja za pojedine dionice

Kritična dionica za dobavu : galerija												
Dionica	l	V	V	D	A	v	R	RL	zeta	pdin	Z	RL+Z
	m	m3/h	m3/s	mm	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	0,63	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	2,21	0,21	20,74	4,36	6,57
2	6	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	21	0,21	20,74	4,36	25,36
3	2	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	7	0,5	20,74	10,37	17,37
4	2,2	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	7,7	0,5	20,74	10,37	18,07
5	1,5	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	5,25	0	20,74	0	5,25
												72,62
Kritična dionica za dobavu : prizemlje												
Dionica	l	V	V	D	A	v	R	RL	zeta	pdin	Z	RL+Z
	m	m3/h	m3/s	mm	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	0,63	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	2,21	0,21	20,74	4,36	6,57
2	3,5	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	12,25	0,21	20,74	4,36	16,61
3	3,4	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	11,9	0,21	20,74	4,36	16,26
4	1,8	94	0,026	75	0,00442	5,88	3,5	6,3	0	20,74	0	6,3
												45,74
Kritična dionica za odsis : galerija												
Dionica	l	V	V	D	A	v	R	RL	zeta	pdin	Z	RL+Z
	m	m3/h	m3/s	mm	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	4	563	0,156	200	0,0314	4,97	2	8	1	14,82	14,82	22,82
2	6	563	0,156	200	0,0314	4,97	2	12	0,21	14,82	3,11	15,11
3	3,6	563	0,156	200	0,0314	4,97	2	7,2	0,21	14,82	3,11	10,31
4	7,8	563	0,156	200	0,0314	4,97	2	15,6	0,21	14,82	3,11	18,71
5	7	563	0,156	200	0,0314	4,97	2	14	0,21	14,82	3,11	17,11
												84,06
Kritična dionica za odsis : kuhinjska napa												
Dionica	l	V	V	D	A	v	R	RL	zeta	pdin	Z	RL+Z
	m	m3/h	m3/s	mm	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	7	300	0,083	200	0,0314	2,64	2	14	1	4,18	4,18	18,18
2	5	300	0,083	200	0,0314	2,64	2	10	0,21	4,18	0,88	10,88
3	3,6	300	0,083	200	0,0314	2,64	2	7,2	0,21	4,18	0,88	8,08
4	7,8	300	0,083	200	0,0314	2,64	2	15,6	0,21	4,18	0,88	16,48
5	7	300	0,083	200	0,0314	2,64	2	14	0,21	4,18	0,88	14,88
												68,5

6. Tehnički opis sustava

Kao rješenje predlažu se odvojeni sustavi za grijanje i hlađenje te poseban sustav za ventilaciju. Također je projektiran i solarni sustav kao pomoć pri zagrijavanju PTV-a. Za sustav grijanja i hlađenja odabran je sustav Rotex HPSU Compact. U kompletu se nalazi vanjska jedinica (dizalica topline) „Daikin“ RRLQ0011V koja kao izvore i ponore koristi vodu i vanjski zrak. Ogrjevni učin dizalice topline iznosi 10,24 kW dok rashladni učin iznosi 17,8 kW. Radna tvar unutar dizalice topline je R410A. U kompletu se također nalazi i spremnik BIV516 koji u sebi sadrži 477 l vode koja služi kao akumulacijski medij. Ovaj spremnik je bivalentan što nam omogućava spajanje više izvora topline. U ovoj izvedbi će na njega biti spojena vanjska jedinica RRLQ0011V i solarni sustav sa solarnim panelima V21P.

Kao ogrjevna tijela odabrane su tri dimenzije cijevi tipa RAUTHERM za podno i zidno grijanje i hlađenje proizvođača „REHAU“: Cijevi u kolutu dimenzija 20x2mm, 17x2mm i 10x1mm. Svi koluti dolaze isporučeni u duljinama od 120m. Cijevi RAUTHERM su spojene na dva razdjeljivača tvrtke tipa HKVD-08 za prizemlje i HKVD-07 za prvi kat objekta. U režimu grijanja će raditi sve podne petlje dok će se u režimu hlađenja isključiti podna petlja garaže te će se dodatno uključiti zidne petlje u dnevnom boravku. Sve petlje će biti regulirane pomoću termostata NEA HCT i razdjelnika tipa NEA. Razdjelnik NEA u sebi sadrži servopogone za ventile na povratu svake petlje koji reguliraju protoke.

Odlučeno je da će se kupaonice grijati pomoću električnih podnih petlji tipa TGMt 05-3,0-120 i TGMt 1-5,4-90 proizvođača „ELPOS“. One će se regulirati pomoću termostata S430PE istog proizvođača. Kao dodatak električnom podnom grijanju koristiti će se i kupaonske ljestve DION VM tvrtke „Vogel&Noot“. Također je važno napomenuti da se kupaonice, garderoba ni garaža neće hladiti. Kao dodatnu pogodnost se može izdvojiti činjenica da se kupaonice mogu zagrijavati podnim petljama neovisno o svim ostalim parametrima, čak i u ljetnom režimu.

Strujanje ogrjevne i rashladne vode kroz sustav omogućuje pumpa proizvođača „Grundfos“ tipa UMP3K 25-75. Za ekspanzijsku posudu odabrana je posuda S80 volumena 80l tvrtke „Reflex“ dok je za PTV odabrana ekspanzijska posuda DD8 volumena 8l također od istog proizvođača.

Solarni sustav je izveden pomoću solarnih panela tipa EKS21P1 ukupne površine 6m² i Altherma Solarkita tvrtke „Daikin“.

Objekt će se ventilirati pomoću sustava EASY COMFORT-VENT tvrtke „Wernig“. EASY COMFORT-VENT se sastoji od više dijelova: vanjske usisne jedinice EWR200, ukopanih cijevi ukupne duljine 40m te rekuperatorske jedinice COMFORT-VENT Q600. Nakon rekuperatorske jedinice zrak dolazi do razdjeljivača protoka ZAV SD-500 gdje se kroz dobavne cijevi promjera 75mm ubacuje u prostor preko dobavnih kutija PK1 i rešetki OAH-1L proizvođača „Klimaoprema“. Odsisne cijevi imaju promjer 200mm dok je promjer odsisnih cijevi za kuhinjsku napu 250mm. Odabrana je kuhinjska napa tvrtke „Faber“ tipa SYNTHESIS HIP PBXA60.

ZAKLJUČAK

Sustav grijanja, hlađenja i ventilacije opisan u ovom radu će upravo zbog kombinacije niskotemperaturnog režima i panelnih ogrjevnih tijela pružiti krajnjem korisniku visoku razinu toplinske ugodnosti tijekom cijele godine. Također usporedbom utrošene električne energije i topline predane izvorima i ponorima može se zaključiti da sustavi s dizalicom topline pružaju značajne uštede troškova pogona. Svakako treba uzeti u obzir i visoku početnu investiciju ovakvoga sustava te se preporuča usporedba s nekim drugim sustavima grijanja, hlađenja i ventilacije prije nego li se donese konačna odluka.

LITERATURA

- [1] Državni hidrometeorološki zavod, Meteorološki podaci za Hrvatsku, prilog E
- [2] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama
- [3] Balen I.: kolegij „Grijanje“ - predavanja i vježbe, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [4] Balen I.: kolegij „Klimatizacija“ - predavanja i vježbe, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [5] HRN EN 12831
- [6] VDI 2078
- [7] HRN EN 15316-4-3
- [8] Soldo V., Novak S., Horvat I.: Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, Zagreb, 2017.
- [9] Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković; Grijanje i klimatizacija 05/06, Interklima, Vrnjačka Banja, 2004.
- [10] Grundfos, katalog proizvoda
- [11] Vogel&Noot, katalog proizvoda
- [12] Wernig, katalog proizvoda
- [13] Reflex, katalog proizvoda
- [14] Klimaoprema, katalog proizvoda
- [15] Rehau, katalog proizvoda
- [16] Daikin, katalog proizvoda
- [17] Rotex, katalog proizvoda
- [18] Elpos, katalog proizvoda

PRILOZI

Prilog 1: Proračun iz programa IntegraCad

Prilog 2: Tehnički crteži

Prilog 1: Proračun iz programa IntegraCad

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Projekt: Niskoengergetska obiteljska kuća														
2	Toplinska bilanca														
3															
4															
5															
6	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)		
7	P1	Dječja soba	12	20	456	376	80	0	560	0	560	104	44		
8	P2	Kupaona	3	24	259	232	27	0	0	0	0	- 259	0		
9	P3	Dnevni boravak	58	20	4579	3541	1038	0	3423	4038	7461	2882	128		
10	P4	Garaža	30	10	1362	1362	0	0	1363	0	1363	1	45		
11		Ukupno: Kat 1			6656	5511	1145	0	5346	4038	9384	2728			
12															
13	K2	Kat 2													
14	P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/ m² (W)		
15	P1	Kupaona	9	24	429	366	63	0	0	0	0	- 429	0		
16	P2	Garderoba	2	20	77	77	0	0	0	0	0	- 77	0		
17	P3	Spavaća soba	12	20	794	687	107	0	666	0	666	- 128	53		
18		Ukupno: Kat 2			1300	1130	170	0	666	0	666	- 634			
19															
20		Ukupno:			7956	6641	1315	0	6012	4038	10050	2094			

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Projekt: Niskoengergetska obiteljska kuća									
2	Bilanca hlađenja									
3										
4										
5	K1 Kat 1									
6	P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
7	P1	Dječja soba	96		331	- 235	331	0	0	344
8	P2	Kupaona	- 2		0	- 2	0	0	0	0
9	P3	Dnevni boravak	4703		3879	824	2021	1858	0	82
10	P4	Garaža	0		425	- 425	425	0	0	0
11	Ukupno: Kat 1		4797		4635	162	2777	1858	0	
12										
13	K2 Kat 2									
14	P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
15	P1	Kupaona	164		0	164	0	0	0	0
16	P2	Garderoba	29		0	29	0	0	0	0
17	P3	Spavaća soba	223		406	- 183	406	0	0	182
18	Ukupno: Kat 2		416		406	10	406	0	0	
19										
20	Ukupno:		5213		5041	172	3183	1858	0	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V		
1	Projekt: Niskoengergetska obiteljska kuća																							
2	Toplinski gubici																							
3																								
4																								
5																								
6	Kat 1			Prostorija:			P1 Dječja soba																	
7	Duljina (m)			12,62			T (m)			15,00														
8	Širina (m)			1,00			Gw			1,00														
9	Površina (m²)			12,62			f g1			1,45														
10	Visina (m)			2,95			Broj otvora			1														
11	Volumen (m³)			37,23			e i			0,03														
12	Oplošje (m²)			105,60			f vi			1,00														
13	Visina iznad tla (m)			0,00			V ex (m³/h)			0,00														
14	Theta int, i (°C)			20			V su (m³/h)			0,00														
15	Theta e (°C)			- 15			V su,i (m³/h)			0,00														
16	f RH			0,00			n min (1/h)			0,00														
17	Korekcijski faktor - fh,i			1,00																				
18	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/ps	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)			
19	VZ1	okolici	I	1	3,93	2,95	11,59	+	11,59	0,00	0,00	0,00	0,360	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,172	146		
20	UZ	negrijanoj prostoriji	S	1	3,80	2,95	11,21	+	11,21	0,00	0,00	0,00	0,640	0,00	15	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	1,025	35		
21	MK1	negrijanoj prostoriji	hor.	1	0,00	0,00	12,62	+	12,62	0,00	0,00	0,00	0,240	0,00	- 15	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3,029	106		
22	PROZOR	okolici	I	1	1,20	1,40	1,68	+	1,68	0,00	0,00	0,00	1,500	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,520	88		
23																								
24	Rezultati proračuna																							
25	Phi V,inf (W)			7			Phi T,i (W)			376														
26	Phi V,min (W)			0			Phi V,i (W)			80														
27	Phi V,mech,inf			0			Phi V,mech (W)			80														
28	Phi V,su (W)			0			Phi (W)			456														
29	Phi RH (W)			0			Phi/A (W/m²)			36														
30	Phi/V (W/m³)			12																				
31																								
32																								
33	Kat 1			Prostorija:			P2 Kupaona																	
34	Duljina (m)			3,90			T (m)			15,00														
35	Širina (m)			1,00			Gw			1,00														
36	Površina (m²)			3,90			f g1			1,45														
37	Visina (m)			2,95			Broj otvora			1														
38	Volumen (m³)			11,51			e i			0,03														
39	Oplošje (m²)			36,71			f vi			1,00														
40	Visina iznad tla (m)			0,00			V ex (m³/h)			0,00														
41	Theta int, i (°C)			24			V su (m³/h)			0,00														
42	Theta e (°C)			- 15			V su,i (m³/h)			0,00														
43	f RH			0,00			n min (1/h)			0,00														
44	Korekcijski faktor - fh,i			1,00																				
45	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/ps	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)			
46	VZ1	okolici	S	1	2,08	2,95	6,14	+	6,14	0,00	0,00	0,00	0,360	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,210	86		
47	VZ1	okolici	Z	1	2,50	2,95	7,38	+	7,38	0,00	0,00	0,00	0,360	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,657	103		
48	PROZOR	okolici	S	1	0,70	0,70	0,49	+	0,49	0,00	0,00	0,00	1,500	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,735	28		
49	MK1	zemlji (zid)	hor.	1	0,00	0,00	3,90	+	3,90	0,00	0,00	0,00	0,240	0,21	- 15	1,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,365	14		
50																								
51	Rezultati proračuna																							
52	Phi V,inf (W)			2			Phi T,i (W)			232														
53	Phi V,min (W)			0			Phi V,i (W)			27														
54	Phi V,mech,inf			0			Phi V,mech (W)			27														
55	Phi V,su (W)			0			Phi (W)			259														
56	Phi RH (W)			0			Phi/A (W/m²)			66														
57	Phi/V (W/m³)			22																				
58																								
59																								
60	Kat 1			Prostorija:			P3 Dnevni boravak																	
61	Duljina (m)			58,13			T (m)			50,00														
62	Širina (m)			1,00			Gw			1,00														
63	Površina (m²)			58,13			f g1			1,45														
64	Visina (m)			5,00			Broj otvora			4														
65	Volumen (m³)			290,65			e i			0,05														
66	Oplošje (m²)			707,56			f vi			1,00														
67	Visina iznad tla (m)			0,00			V ex (m³/h)			0,00														
68	Theta int, i (°C)			20			V su (m³/h)			0,00														
69	Theta e (°C)			- 15			V su,i (m³/h)			0,00														
70	f RH			0,00			n min (1/h)			0,00														
71	Korekcijski faktor - fh,i			1,00																				
72	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/ps	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)			
73	VZ3	okolici	I	1	10,00	0,48	4,80	+	4,80	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,920	67		
74	VZ3	okolici	J	1	6,36	0,48	3,05	+	3,05	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,220	42		
75	VZ3	okolici	S	1	4,93	0,48	2,37	+	2,37	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,948	33		
76	VZ1	okolici	I	1	4,93	3,23	15,92	+	15,92	0,00	0,00	0,00	0,360	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,731	200		
77	VZ1	okolici	J	1	10,00	3,23	32,30	+	32,30	0,00	0,00	0,00	0,360	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,628	407		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V				
149	PROZ OR	okolici	S	1	1,00	0,90	0,90	+	0,90	0,00	0,00	0,00	1,500	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,350	52				
150	KK1	okolici	hor.	1	5,28	2,63	13,89	+	13,89	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,167	162				
151																										
152	Rezultati proračuna																									
153	Phi V,inf (W)					5	Phi T,i (W)					366														
154	Phi V,min (W)					0	Phi V,i (W)					63														
155	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					63														
156	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					429														
157	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					43														
158	Phi/V (W/m³)					16																				
159																										
160																										
161	Kat 2				Prostorija:				P2 Garderoba																	
162	Duljina (m)				2,99				T (m)				50,00													
163	Širina (m)				1,00				Gw				1,00													
164	Površina (m²)				2,99				f g1				1,45													
165	Visina (m)				4,30				Broj otvora				0													
166	Volumen (m³)				12,86				e i				0,00													
167	Oplošje (m²)				40,29				f vi				1,00													
168	Visina iznad tla (m)				3,15				V ex (m³/h)				0,00													
169	Theta int, i (°C)				20				V su (m³/h)				0,00													
170	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)				0,00													
171	f RH				0,00				n min (1/h)				0,00													
172	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																					
173	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)					
174	VZ2	okolici	S	1	0,00	0,00	5,57	+	5,57	0,00	0,00	0,00	0,230	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,281	44				
175	KK1	okolici	hor.	1	0,00	0,00	4,09		4,09	0,00	0,00	0,00	0,230	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,941	32				
176																										
177	Rezultati proračuna																									
178	Phi V,inf (W)					0	Phi T,i (W)					77														
179	Phi V,min (W)					0	Phi V,i (W)					0														
180	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					0														
181	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					77														
182	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					25														
183	Phi/V (W/m³)					6																				
184																										
185																										
186	Kat 2				Prostorija:				P3 Spavaća soba																	
187	Duljina (m)				12,42				T (m)				50,00													
188	Širina (m)				1,00				Gw				1,00													
189	Površina (m²)				12,42				f g1				1,45													
190	Visina (m)				2,41				Broj otvora				2													
191	Volumen (m³)				29,93				e i				0,05													
192	Oplošje (m²)				89,52				f vi				1,00													
193	Visina iznad tla (m)				3,15				V ex (m³/h)				0,00													
194	Theta int, i (°C)				20				V su (m³/h)				0,00													
195	Theta e (°C)				- 15				V su,i (m³/h)				0,00													
196	f RH				0,00				n min (1/h)				0,00													
197	Korekcijski faktor - fh,i				1,00																					
198	OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Thet a	ek	bu	fij	fg2	TM	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)					
199	VZ2	okolici	S	1	0,00	0,00	9,71	+	9,71	0,00	0,00	0,00	0,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,942	68				
200	VZ2	okolici	I	1	3,93	2,00	7,86	+	7,86	0,00	0,00	0,00	0,230	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,808	63				
201	VRAT A	okolici	I	2	0,80	2,10	1,68	+	3,36	0,00	0,00	0,00	2,500	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,400	294				
202	KK1	okolici	hor.	1	0,00	0,00	25,00	+	25,00	0,00	0,00	0,00	0,300	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,500	262				
203																										
204	Rezultati proračuna																									
205	Phi V,inf (W)					9	Phi T,i (W)					687														
206	Phi V,min (W)					0	Phi V,i (W)					107														
207	Phi V,mech,inf					0	Phi V,mech (W)					107														
208	Phi V,su (W)					0	Phi (W)					794														
209	Phi RH (W)					0	Phi/A (W/m²)					63														
210	Phi/V (W/m³)					26																				
211																										

	A	B	C	D	E	F
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća					
2	Rekapitulacija objekta					
3						
4						
5						
6	Objekt					
7	Tip zgrade	Obiteljska				
8	Konstrukcija	Srednja				
9	Klasa zaštićenosti	Nezaštićen tip				
10	Stupanj zabrtvljenosti	Visok				
11	Broj izmjena zraka pri 50 (Pa):	3,0 (1/h)				
12						
13	Temperature					
14						
15	Vanjska projektna temperatura	- 15 (°C)				
16	Srednja godišnja temperatura	12 (°C)				
17						
18						
19						
20						
21						

	A	B	C	D	E	F
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća					
2	Koeficijenti prolaza topline					
3						
4						
5						
6	KK1	Strop	0,13		0,13	0,231
7	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
8	Gipskartonska ploča - do 15 mm (kartonska)	0,0250	900,00	22,50	0,210	0,119
9	Slaboprovjetreni sloj zraka	0,0350	1,20	0,04	0,025	1,400
10	Bitumenska traka - debljine 0,1 mm (traka s uloškom od alum,folije)	0,0040	900,00	3,60	0,190	0,021
11	Mineralna ili staklena vuna	0,2000	50,00	10,00	0,350	0,571
12	Mineralna ili staklena vuna	0,1500	50,00	7,50	0,350	0,429
13	Slaboprovjetreni sloj zraka	0,0250	1,20	0,03	0,025	1,000
14	Drvo - hrastovina	0,0240	750,00	18,00	0,210	0,114
15	Polietilenske folije	0,0010	1000,00	1,00	0,190	0,005
16	Drvo - hrastovina	0,0300	750,00	22,50	0,210	0,143
17	Drvo - hrastovina	0,0500	750,00	37,50	0,210	0,238
18	Crijep	0,0300	1900,00	57,00	0,990	0,030
19						
20						
21	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
22	KK2	Strop	0,13		0,13	3,846
23						
24						
25	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
26	VRATA	Vrata	0,00		0,00	1,800
27						
28						
29	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
30	PROZOR	Prozor	0,00		0,00	1,500
31						
32						
33	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
34	UZ	Unutarnji zid	0,13		0,13	0,592
35	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
36	Drvo - hrastovina	0,3000	500,00	150,00	0,210	1,429
37						
38						
39	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
40	VZ3	Vanjski zid	0,04		0,13	0,353
41	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
42	Gipsana i vapneno-g	0,0150	1500,00	22,50	0,700	0,021
43	Betoni od kamenog a	0,3000	2500,00	750,00	2,330	0,129
44	Ekspandirana polist	0,1000	30,00	3,00	0,040	2,500
45	Toplinsko-izolacijs	0,0025	600,00	1,50	0,190	0,013
46						
47						
48	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
49	VZ2	Vanjski zid	0,04		0,13	0,184
50	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
51	Panel ploča - lakše	0,0300	400,00	12,00	0,080	0,375
52	Iverica - tvrda	0,0190	1000,00	19,00	0,120	0,158

	A	B	C	D	E	F
53	PVC-folija, mekana	0,0010	1200,00	1,20	0,190	0,005
54	Mineralna i staklen	0,1800	115,00	20,70	0,040	4,500
55	Bitumenska traka -	0,0002	1000,00	0,20	0,190	0,001
56	Panel ploča - teške	0,0300	620,00	18,60	0,130	0,231
57						
58						
59	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
60	VZ1	Vanjski zid	0,04		0,13	0,314
61	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
62	Panel ploča - lakše	0,0125	400,00	5,00	0,080	0,156
63	Mineralna i staklen	0,0500	115,00	5,75	0,035	1,429
64	Drvo - hrastovina	0,3000	500,00	150,00	0,210	1,429
65						
66						
67	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
68	MK2	Unutarnji zid	0,13		0,13	3,846
69						
70						
71	Oznaka	Vrsta	Ra (m ² K/W)		Ri (m ² K/W)	k (W/m ² K)
72	MK1	Pod prema tlu	0,04		0,17	0,192
73	Materijal sloja	d (m)	Ro (kg/m ³)	D*Ro (kg/m ²)	L (W/mK)	R (m ² K/W)
74	Keramika - 50mm x 5	0,0150	1900,00	28,50	0,990	0,015
75	Cementni estrih	0,0700	2000,00	140,00	1,400	0,050
76	Polietilenske folij	0,0002	1000,00	0,20	0,190	0,001
77	Stiropor EPS 200	0,0600	0,00	0,00	0,035	1,714
78	Stiropor EPS T	0,0200	0,00	0,00	0,035	0,571
79	Geotekstil	0,0020	0,00	0,00	0,000	0,000
80	Pijesak i sitni šlj	0,0300	1750,00	52,50	1,500	0,020
81	Betoni od kamenog a	0,1600	2500,00	400,00	2,330	0,069
82	Mineralna i staklen	0,1000	115,00	11,50	0,040	2,500
83	Gipskartonska ploča	0,0125	900,00	11,25	0,210	0,060
84						
85						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća																	
2	Podno grijanje																	
3																		
4																		
5																		
6	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).1																	
7	Temperatura polazne vode			35,0			(°C)											
8	Temperatura povratne vode			30,0			(°C)											
9	Broj priključaka			7														
10	Uk. površina petlji			78,0			(m ²)											
11	Uk. duljina cijevi			473,1			(m)											
12	Instalirani učin			5000			(W)											
13	Uk. instalirani učin			5677			(W)											
14	Uk. volumen medija			93,07			(l)											
15	Uk. protok			1189,10			(kg/h)											
16				23,64			(kPa)											
17	P	Tip	Obloga	D	R_{laB}	A	T	tp	q	Δt	l	ld	Qi(k)	Q_{uk}	m	w	Δp	Poz.
				(mm)	(m ² K/W)	(m ²)	(mm)	(°C)	(W/m ²)	(°C)	(m)	(m)	(W)	(W)	(kg/h)	(m/s)	(kPa)	vent
18	Kat 1 \ P1 Dječja soba																	
19	132	B	Keramičke pločice	20	0,019	10,0	150	25,3	56,0	4,0	66,0	0,0	560	655	140,8	0,2	3,2	0,50
20	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak																	
21	127	B	Keramičke pločice	20	0,019	17,0	150	25,3	56,0	4,0	112,2	0,0	952	1114	239,3	0,3	13,3	2,50
22	128	B	Keramičke pločice	20	0,019	17,0	150	25,3	56,0	4,0	112,2	0,0	952	1114	239,3	0,3	13,3	2,50
23	129	B	Keramičke pločice	20	0,019	9,0	100	25,9	63,0	4,0	90,0	0,0	567	663	142,6	0,2	4,4	0,50
24	Kat 1 \ P4 Garaža																	
25	136	B	Keramičke pločice	15	0,014	19,0	300	16,7	71,7	4,0	62,7	0,0	1363	1407	302,3	0,4	11,2	2,50
26																		
27																		
28	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1																	
29	Temperatura polazne vode			35,0			(°C)											
30	Temperatura povratne vode			30,0			(°C)											
31	Broj priključaka			8														
32	Uk. površina petlji			62,0			(m ²)											
33	Uk. duljina cijevi			499,8			(m)											
34	Instalirani učin			5050			(W)											
35	Uk. instalirani učin			5703			(W)											
36	Uk. volumen medija			77,06			(l)											
37	Uk. protok			1032,70			(kg/h)											
38				25,99			(kPa)											
39	P	Tip	Obloga	D	R_{laB}	A	T	tp	q	Δt	l	ld	Qi(k)	Q_{uk}	m	w	Δp	Poz.
				(mm)	(m ² K/W)	(m ²)	(mm)	(°C)	(W/m ²)	(°C)	(m)	(m)	(W)	(W)	(kg/h)	(m/s)	(kPa)	.
40	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak																	
41	130	B	Keramičke pločice	20	0,019	17,0	150	25,3	56,0	4,0	112,2	0,0	952	1114	239,3	0,3	13,3	2,00
42	Kat 1 \ P3 Spavaća soba																	
43	133	B	Keramičke pločice	20	0,019	11,0	100	25,7	60,6	4,9	110,0	0,0	666	779	136,7	0,2	5,0	0,25
44																		
45																		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća																	
2	Podno hlađenje																	
3																		
4																		
5																		
6	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).1																	
7	Temperatura polazne vode				16,0 (°C)													
8	Temperatura povratne vode				19,0 (°C)													
9	Broj priključaka				7													
10	Uk. površina petlji				78,0 (m ²)													
11	Uk. duljina cijevi				473,1 (m)													
12	Instalirani učin				2455 (W)													
13	Uk. instalirani učin				3295 (W)													
14	Uk. volumen medija				93,07 (l)													
15	Uk. protok				1420,60 (kg/h)													
16					24,70 (kPa)													
17	P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m²K/W)	A (m²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent
18	Kat 1 \ P1 Dječja soba																	
19	132	B	Keramičke pločice	20	0,019	10,0	150	20,9	33,1	2,0	66,0	0,0	331	445	191,7	0,3	5,9	0,50
20	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak																	
21	127	B	Keramičke pločice	20	0,019	17,0	150	20,9	33,1	2,0	112,2	0,0	563	756	325,9	0,5	24,7	2,50
22	128	B	Keramičke pločice	20	0,019	17,0	150	20,9	33,1	2,0	112,2	0,0	563	756	325,9	0,5	24,7	2,50
23	129	B	Keramičke pločice	20	0,019	9,0	100	20,3	36,9	2,0	90,0	0,0	332	440	189,7	0,3	7,8	0,50
24	Kat 1 \ P4 Garaža																	
25	136	B	Keramičke pločice	15	0,014	19,0	300	22,6	22,4	2,0	62,7	0,0	425	604	260,5	0,4	9,3	0,50
26																		
27																		
28	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1																	
29	Temperatura polazne vode				16,0 (°C)													
30	Temperatura povratne vode				19,0 (°C)													
31	Broj priključaka				8													
32	Uk. površina petlji				62,0 (m ²)													
33	Uk. duljina cijevi				499,8 (m)													
34	Instalirani učin				2586 (W)													
35	Uk. instalirani učin				3083 (W)													
36	Uk. volumen medija				77,06 (l)													
37	Uk. protok				1329,00 (kg/h)													
38					27,80 (kPa)													
39	P	Tip	Obloga	D (mm)	RlaB (m²K/W)	A (m²)	T (mm)	tp (°C)	q (W/m²)	Δt (°C)	l (m)	ld (m)	Qi(k) (W)	Quk (W)	m (kg/h)	w (m/s)	Δp (kPa)	Poz. vent
40	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak																	
41	130	B	Keramičke pločice	20	0,019	17,0	150	20,9	33,1	2,0	112,2	0,0	563	756	325,9	0,5	24,7	2,50
42	Kat 1 \ P3 Spavaća soba																	
43	133	B	Keramičke pločice	20	0,019	11,0	100	20,3	36,9	2,0	110,0	0,0	406	538	231,9	0,3	13,4	0,50
44																		
45																		

	A	B	C	D	E
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća				
2	Cijevi za podno grijanje				
3					
4					
5					
6	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).1				
7	Prostorija	Cijev		NO	Duljina cijevi (m)
8	Kat 1 \ P1 Dječja soba	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	66,0
9	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	112,2
10	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	112,2
11	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	90,0
12	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	112,2
13	Kat 1 \ P4 Garaža	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	62,7
14					
15					
16	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1				
17	Prostorija	Cijev		NO	Duljina cijevi (m)
18	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	112,2
19	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	112,2
20	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	90,0
21	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	112,2
22	Kat 1 \ P3 Spavaća soba	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		15	110,0
23					
24					
25	Prostorija	Cijev	Duljina petlje (m)	Ukupna duljina cijevi (m)	Duljina ostataka (m)
26	P3 (1-B) Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m	112,20	112,20	7,80
27					
28	P3 (2-B) Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m	112,20	112,20	7,80
29					
30	P3 (4-B) Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m	112,20	112,20	7,80
31					
32	P3 (1-B) Spavaća soba	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m	110,00	110,00	10,00
33					
34	P3 (3-B) Dnevni boravak	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m	90,00	90,00	30,00
35					
36	P1 (1-B) Dječja soba	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m	66,00	66,00	54,00
37					
38	P4 (1-B) Garaža	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m	62,70	62,70	57,30
39					
40	Ukupna količina cijevi za narudžbu				
41	Cijev		kom.		
42	REHAU-RAUTHERM S 20 x 2,0 kolut 120 m		7		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća																	
2	Zidno grijanje																	
3																		
4																		
5	G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 1 (1.1)																	
6	REHAU-razdjeljivač s mjerčem protoka HKV-D 07 (1.1).1																	
7	Temperatura polazne vode			35,0		(°C)												
8	Temperatura povratne vode			30,0		(°C)												
9	Uk. površina petlji			49,00		(m ²)												
10	Uk. duljina cijevi			344,4		(m)												
11	Uk. instalirani učin			3077		(W)												
12	Uk. volumen medija			67,2		(l)												
13	Uk. protok			746,0		(kg/h)												
14	Maks. pad tlaka			23,6		(kPa)												
15	P	Oz	Obloga	U	Van. tem p.	Duljina (m)	Visina (m)	A (m²)	X-zona	T (mm)	tz (°C)	Δt (°C)	l (m)	Q_{uk} (W)	q (W/m²)	m (kg/h)	Δp (kPa)	Poz. vent.
16	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak																	
17	1	UZ	Boja	0,59	0,0	3,00	2,00	6,00	0,00	200	32,6	5,0	30,00	724	101,0	124,8	3,1	0,25
18																		
19																		
20	REHAU-razdjeljivač s mjerčem protoka HKV-D 08 (2.1).1																	
21	Temperatura polazne vode			35,0		(°C)												
22	Temperatura povratne vode			30,0		(°C)												
23	Uk. površina petlji			50,98		(m ²)												
24	Uk. duljina cijevi			389,8		(m)												
25	Uk. instalirani učin			4384		(W)												
26	Uk. volumen medija			54,9		(l)												
27	Uk. protok			896,0		(kg/h)												
28	Maks. pad tlaka			26,0		(kPa)												
29	P	Oz	Obloga	U	Van. tem p.	Duljina (m)	Visina (m)	A (m²)	X-zona	T (mm)	tz (°C)	Δt (°C)	l (m)	Q_{uk} (W)	q (W/m²)	m (kg/h)	Δp (kPa)	Poz. vent.
30	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak																	
31	6	VZ2	Boja	0,18	0,0	2,22	2,00	4,44	0,00	150	32,6	5,0	29,30	469	101,0	80,9	14,3	0,25
32	7	UZ	Boja	0,59	0,0	2,47	2,00	4,94	0,00	200	32,6	5,0	24,70	595	101,0	102,5	18,2	2,50
33	8	VZ1	Boja	0,31	0,0	6,00	2,00	12,00	0,00	200	32,6	5,0	60,00	1324	101,0	228,1	17,6	2,50
34	9	VZ2	Boja	0,18	0,0	3,30	2,00	6,60	0,00	150	32,6	5,0	43,56	698	101,0	120,4	4,3	0,25
35	10	UZ	Boja	0,59	0,0	3,00	2,00	6,00	0,00	50	32,6	5,0	120,00	724	101,0	124,8	12,3	0,50
36																		
37																		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća																	
2	Zidno hladjenje																	
3																		
4																		
5	G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 1 (1.1)																	
6	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).1																	
7	Temperatura polazne vode			16,0		(°C)												
8	Temperatura povratne vode			19,0		(°C)												
9	Uk. površina petlji			49,00		(m ²)												
10	Uk. duljina cijevi			344,4		(m)												
11	Uk. instalirani učin			1699		(W)												
12	Uk. volumen medija			67,2		(l)												
13	Uk. protok			968,4		(kg/h)												
14	Maks. pad tlaka			37,6		(kPa)												
15	P	Oz	Obloga	U	Van. tem p.	Duljina (m)	Visina (m)	A (m²)	X-zona	T (mm)	tz (°C)	Δt (°C)	l (m)	Q_{uk} (W)	q (W/m²)	m (kg/h)	Δp (kPa)	Poz. vent.
16	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak																	
17	1	UZ	Boja	0,59	0,0	3,00	2,00	6,00	0,00	200	21,0	2,0	30,00	294	40,2	126,9	3,5	0,25
18																		
19																		
20	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1																	
21	Temperatura polazne vode			16,0		(°C)												
22	Temperatura povratne vode			19,0		(°C)												
23	Uk. površina petlji			50,98		(m ²)												
24	Uk. duljina cijevi			389,8		(m)												
25	Uk. instalirani učin			2180		(W)												
26	Uk. volumen medija			54,9		(l)												
27	Uk. protok			####		(kg/h)												
28	Maks. pad tlaka			41,4		(kPa)												
29	P	Oz	Obloga	U	Van. tem p.	Duljina (m)	Visina (m)	A (m²)	X-zona	T (mm)	tz (°C)	Δt (°C)	l (m)	Q_{uk} (W)	q (W/m²)	m (kg/h)	Δp (kPa)	Poz. vent.
30	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak																	
31	6	VZ2	Boja	0,18	0,0	2,22	2,00	4,44	0,00	150	19,8	2,0	29,30	231	49,3	99,5	22,4	0,25
32	7	UZ	Boja	0,59	0,0	2,47	2,00	4,94	0,00	200	20,7	2,0	24,70	252	42,1	108,8	21,8	0,50
33	8	VZ1	Boja	0,31	0,0	6,00	2,00	12,00	0,00	200	21,0	2,0	60,00	535	40,2	230,6	19,4	1,00
34	9	VZ2	Boja	0,18	0,0	3,30	2,00	6,60	0,00	150	20,1	2,0	43,56	329	47,2	141,9	6,2	0,25
35	10	UZ	Boja	0,59	0,0	3,00	2,00	6,00	0,00	50	17,7	2,0	120,00	442	66,0	190,4	27,8	2,50
36																		
37																		

	A	B	C	D	E	F	G
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća						
2	Podno grijanje po razdjelnicama						
3							
4							
5	G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 1 (1.1)						
6	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).1						
7	Temperatura polazne vode:	35,0		(°C)			
8	Temperatura povratne vode:	30,0		(°C)			
9	Broj priključaka:	7					
10	Ukupna površina petlji:	78,0		(m ²)			
11	Duljina cijevi:	473,1		(m)			
12	Instalirani učin	5000		(W)			
13	Uk. instalirani učin	5677		(W)			
14	Maseni protok:	19,92		(l/min)			
15	Maksimalni pad tlaka sustava:	236,4		(mbar)			
16	P	I	w	Δt	Maseni	Δp	Poz.
		(m)	(m/s)	(°C)	protok:	(mbar)	vent.
					(l/min)		
17	Kat 1 \ P1 Dječja soba						
18	Podno						
19	132	66,0	0,20	4,0	2,36	32,0	0,50
20	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak						
21	Podno						
22	127	112,2	0,33	4,0	4,01	133,0	2,50
23	128	112,2	0,33	4,0	4,01	133,0	2,50
24	129	90,0	0,20	4,0	2,39	44,0	0,50
25	Zidno						
26	1	30,0	0,26	5,0	2,09	31,0	0,25
27	6	29,3	0,45	5,0	1,35	143,0	0,25
28	7	24,7	0,57	5,0	1,72	182,0	2,50
29	8	60,0	0,48	5,0	3,82	176,0	2,50
30	9	43,6	0,25	5,0	2,02	43,0	0,25
31	10	120,0	0,26	5,0	2,09	123,0	0,50
32	Kat 1 \ P4 Garaža						
33	Podno						
34	136	62,7	0,42	4,0	5,06	112,0	2,50
35							
36							
37	G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 2 (2.1)						
38	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1						
39	Temperatura polazne vode:	35,0		(°C)			
40	Temperatura povratne vode:	30,0		(°C)			
41	Broj priključaka:	8					
42	Ukupna površina petlji:	62,0		(m ²)			
43	Duljina cijevi:	499,8		(m)			
44	Instalirani učin	5050		(W)			
45	Uk. instalirani učin	5703		(W)			
46	Maseni protok:	17,30		(l/min)			
47	Maksimalni pad tlaka sustava:	259,9		(mbar)			
48	P	I	w	Δt	Maseni	Δp	Poz.
		(m)	(m/s)	(°C)	protok:	(mbar)	vent.
					(l/min)		
49	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak						
50	Podno						
51	130	112,2	0,33	4,0	4,01	133,0	2,00
52	Zidno						
53	1	30,0	0,26	5,0	2,09	31,0	0,25
54	6	29,3	0,45	5,0	1,35	143,0	0,25
55	7	24,7	0,57	5,0	1,72	182,0	2,50
56	8	60,0	0,48	5,0	3,82	176,0	2,50
57	9	43,6	0,25	5,0	2,02	43,0	0,25
58	10	120,0	0,26	5,0	2,09	123,0	0,50
59	Kat 1 \ P3 Spavaća soba						
60	Podno						
61	133	110,0	0,19	4,9	2,29	50,0	0,25
62							
63							

	A	B	C	D	E	F	G
64	G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 1 (1.1)						
65	REHAU-razdjeljivač s mjerčem protoka HKV-D 07 (1.1).1						
66	Temperatura polazne vode:		35,0	(°C)			
67	Temperatura povratne vode:		30,0	(°C)			
68	Broj priključaka:		7				
69	Ukupna površina petlji:		78,0	(m ²)			
70	Duljina cijevi:		473,1	(m)			
71	Instalirani učin		5000	(W)			
72	Uk. instalirani učin		5677	(W)			
73	Maseni protok:		19,92	(l/min)			
74	Maksimalni pad tlaka sustava:		236,4	(mbar)			
	P	I	w	Δt	Maseni	Δp	Poz.
75		(m)	(m/s)	(°C)	protok:	(mbar)	vent.
76	Kat 1 \ P1 Dječja soba						
77	Podno						
78	132	66,0	0,20	4,0	2,36	32,0	0,50
79	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak						
80	Podno						
81	127	112,2	0,33	4,0	4,01	133,0	2,50
82	128	112,2	0,33	4,0	4,01	133,0	2,50
83	129	90,0	0,20	4,0	2,39	44,0	0,50
84	Zidno						
85	1	30,0	0,26	5,0	2,09	31,0	0,25
86	6	29,3	0,45	5,0	1,35	143,0	0,25
87	7	24,7	0,57	5,0	1,72	182,0	2,50
88	8	60,0	0,48	5,0	3,82	176,0	2,50
89	9	43,6	0,25	5,0	2,02	43,0	0,25
90	10	120,0	0,26	5,0	2,09	123,0	0,50
91	Kat 1 \ P4 Garaža						
92	Podno						
93	136	62,7	0,42	4,0	5,06	112,0	2,50
94							
95							
96	G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 2 (2.1)						
97	REHAU-razdjeljivač s mjerčem protoka HKV-D 08 (2.1).1						
98	Temperatura polazne vode:		35,0	(°C)			
99	Temperatura povratne vode:		30,0	(°C)			
100	Broj priključaka:		8				
101	Ukupna površina petlji:		62,0	(m ²)			
102	Duljina cijevi:		499,8	(m)			
103	Instalirani učin		5050	(W)			
104	Uk. instalirani učin		5703	(W)			
105	Maseni protok:		17,30	(l/min)			
106	Maksimalni pad tlaka sustava:		259,9	(mbar)			
	P	I	w	Δt	Maseni	Δp	Poz.
107		(m)	(m/s)	(°C)	protok:	(mbar)	vent.
107					(l/min)		
108	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak						
109	Podno						
110	130	112,2	0,33	4,0	4,01	133,0	2,00
111	Zidno						
112	1	30,0	0,26	5,0	2,09	31,0	0,25
113	6	29,3	0,45	5,0	1,35	143,0	0,25
114	7	24,7	0,57	5,0	1,72	182,0	2,50
115	8	60,0	0,48	5,0	3,82	176,0	2,50
116	9	43,6	0,25	5,0	2,02	43,0	0,25
117	10	120,0	0,26	5,0	2,09	123,0	0,50
118	Kat 1 \ P3 Spavaća soba						
119	Podno						
120	133	110,0	0,19	4,9	2,29	50,0	0,25
121							
122							

	A	B	C	D	E	F	G
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća						
2	Podno hlađenje po razdjelniku						
3							
4							
5							
6	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).1						
7	Temperatura polazne vode:			16,0		(°C)	
8	Temperatura povratne vode:			19,0		(°C)	
9	Broj priključaka:			7			
10	Ukupna površina petlji:			78,0		(m ²)	
11	Duljina cijevi:			473,1		(m)	
12	Instalirani učin			2455		(W)	
13	Uk. instalirani učin			3295		(W)	
14	Maseni protok:			23,7		(l/min)	
15	Maksimalni pad tlaka sustava:			376,5		(mbar)	
16	P	l (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.
17	Kat 1 \ P1 Dječja soba						
18	Podno						
19	132	66,0	0,27	2,0	3,20	59,0	0,50
20	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak						
21	Podno						
22	127	112,2	0,45	2,0	5,44	247,0	2,50
23	128	112,2	0,45	2,0	5,44	247,0	2,50
24	129	90,0	0,26	2,0	3,17	78,0	0,50
25	Zidno						
26	1	30,0	0,27	2,0	2,12	35,0	0,25
27	6	29,3	0,55	2,0	1,66	224,0	0,25
28	7	24,7	0,60	2,0	1,82	218,0	0,50
29	8	60,0	0,48	2,0	3,85	194,0	1,00
30	9	43,6	0,30	2,0	2,37	62,0	0,25
31	10	120,0	0,40	2,0	3,18	278,0	2,50
32	Kat 1 \ P4 Garaža						
33	Podno						
34	136	62,7	0,36	2,0	4,35	93,0	0,50
35							
36							
37	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1						
38	Temperatura polazne vode:			16,0		(°C)	
39	Temperatura povratne vode:			19,0		(°C)	
40	Broj priključaka:			8			
41	Ukupna površina petlji:			62,0		(m ²)	
42	Duljina cijevi:			499,8		(m)	
43	Instalirani učin			2586		(W)	
44	Uk. instalirani učin			3083		(W)	
45	Maseni protok:			22,2		(l/min)	
46	Maksimalni pad tlaka sustava:			413,8		(mbar)	
47	P	l (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.
48	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak						
49	Podno						
50	130	112,2	0,45	2,0	5,44	247,0	2,50
51	Zidno						
52	1	30,0	0,27	2,0	2,12	35,0	0,25
53	6	29,3	0,55	2,0	1,66	224,0	0,25
54	7	24,7	0,60	2,0	1,82	218,0	0,50
55	8	60,0	0,48	2,0	3,85	194,0	1,00
56	9	43,6	0,30	2,0	2,37	62,0	0,25
57	10	120,0	0,40	2,0	3,18	278,0	2,50
58	Kat 1 \ P3 Spavaća soba						
59	Podno						
60	133	110,0	0,32	2,0	3,87	134,0	0,50
61							
62							

	A	B	C	D	E	F	G
63	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 07 (1.1).1						
64	Temperatura polazne vode:			16,0 (°C)			
65	Temperatura povratne vode:			19,0 (°C)			
66	Broj priključaka:			7			
67	Ukupna površina petlji:			78,0 (m ²)			
68	Duljina cijevi:			473,1 (m)			
69	Instalirani učin			2455 (W)			
70	Uk. instalirani učin			3295 (W)			
71	Maseni protok:			23,7 (l/min)			
72	Maksimalni pad tlaka sustava:			376,5 (mbar)			
73	P	l (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.
74	Kat 1 \ P1 Dječja soba						
75	Podno						
76	132	66,0	0,27	2,0	3,20	59,0	0,50
77	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak						
78	Podno						
79	127	112,2	0,45	2,0	5,44	247,0	2,50
80	128	112,2	0,45	2,0	5,44	247,0	2,50
81	129	90,0	0,26	2,0	3,17	78,0	0,50
82	Zidno						
83	1	30,0	0,27	2,0	2,12	35,0	0,25
84	6	29,3	0,55	2,0	1,66	224,0	0,25
85	7	24,7	0,60	2,0	1,82	218,0	0,50
86	8	60,0	0,48	2,0	3,85	194,0	1,00
87	9	43,6	0,30	2,0	2,37	62,0	0,25
88	10	120,0	0,40	2,0	3,18	278,0	2,50
89	Kat 1 \ P4 Garaža						
90	Podno						
91	136	62,7	0,36	2,0	4,35	93,0	0,50
92							
93							
94	REHAU-razdjeljivač s mjeracem protoka HKV-D 08 (2.1).1						
95	Temperatura polazne vode:			16,0 (°C)			
96	Temperatura povratne vode:			19,0 (°C)			
97	Broj priključaka:			8			
98	Ukupna površina petlji:			62,0 (m ²)			
99	Duljina cijevi:			499,8 (m)			
100	Instalirani učin			2586 (W)			
101	Uk. instalirani učin			3083 (W)			
102	Maseni protok:			22,2 (l/min)			
103	Maksimalni pad tlaka sustava:			413,8 (mbar)			
104	P	l (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.
105	Kat 1 \ P3 Dnevni boravak						
106	Podno						
107	130	112,2	0,45	2,0	5,44	247,0	2,50
108	Zidno						
109	1	30,0	0,27	2,0	2,12	35,0	0,25
110	6	29,3	0,55	2,0	1,66	224,0	0,25
111	7	24,7	0,60	2,0	1,82	218,0	0,50
112	8	60,0	0,48	2,0	3,85	194,0	1,00
113	9	43,6	0,30	2,0	2,37	62,0	0,25
114	10	120,0	0,40	2,0	3,18	278,0	2,50
115	Kat 1 \ P3 Spavaća soba						
116	Podno						
117	133	110,0	0,32	2,0	3,87	134,0	0,50
118							
119							

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća												
2	Toplinski dobici												
3													
4													
5													
6	Tip prostora	M - srednje				a (m)	12,62						
7	Orijentacija	I - istočno				b (m)	1,00						
8	Tip zračenja	ukupno				c (m)	2,95						
9	Datum	22. Rujan				V (m³)	37,23						
10	T	3,90				O (m²)	105,60						
11						Ap (m)	12,62						
12		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
14	Vanj. temp. (°C)	13,20	12,40	11,80	11,60	10,80	10,50	11,60	14,90	17,50	20,00	21,70	22,80
15	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	8	89	92	93	95
16	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	3	32	34	35	37
17	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Transmisija (W)	- 85	- 87	- 88	- 89	- 91	- 92	- 88	- 78	- 71	- 64	- 59	- 56
22	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	7	153	353	400	269	97	37
23	Infiltracija (W)	- 46	- 49	- 51	- 52	- 55	- 56	- 52	- 40	- 30	- 21	- 15	- 11
24	Ukupno (W)	- 131	- 136	- 139	- 141	- 146	- 141	13	246	420	310	151	102
25		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
26	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	Vanj. temp. (°C)	23,60	24,00	24,00	23,60	22,30	20,40	18,50	17,20	16,20	15,30	14,50	13,80
28	Osobe (W)	97	98	99	100	102	102	103	105	0	0	0	0
29	Rasvjeta (W)	37	38	39	40	0	0	0	0	0	0	0	0
30	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	Transmisija (W)	- 54	- 53	- 54	- 53	- 57	- 65	- 70	- 74	- 76	- 79	- 81	- 83
35	Zračenje (W)	31	25	19	13	7	0	0	0	0	0	0	0
36	Infiltracija (W)	- 8	- 7	- 7	- 8	- 13	- 20	- 27	- 32	- 35	- 38	- 41	- 44
37	Ukupno (W)	103	101	96	92	39	17	6	- 1	- 111	- 117	- 122	- 127
38	Dnevni maksimum za 22. Rujan iznosi 420 (W) u 9 sati.												
39													
40	K1 Kat 1				P2 Kupaona								
41	Tip prostora	M - srednje				a (m)	3,90						
42	Orijentacija	Z - zapadno				b (m)	1,00						
43	Tip zračenja	ukupno				c (m)	2,95						
44	Datum	22. Rujan				V (m³)	11,51						
45	T	3,90				O (m²)	36,71						
46						Ap (m)	3,90						
47		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
49	Vanj. temp. (°C)	13,20	12,40	11,80	11,60	10,80	10,50	11,60	14,90	17,50	20,00	21,70	22,80
50	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	Transmisija (W)	- 30	- 30	- 31	- 31	- 32	- 32	- 31	- 29	- 27	- 25	- 24	- 22
57	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	4	8	12	17	21	23
58	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	Ukupno (W)	- 30	- 30	- 31	- 31	- 32	- 32	- 27	- 21	- 15	- 8	- 3	1
60		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
61	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
62	Vanj. temp. (°C)	23,60	24,00	24,00	23,60	22,30	20,40	18,50	17,20	16,20	15,30	14,50	13,80

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
126	Transmisija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
127	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
129	Ukupno (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
131	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
132	Vanj. temp. (°C)	28,10	28,60	29,00	28,90	28,50	28,10	26,20	24,10	22,60	21,30	20,40	19,50
133	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
134	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
135	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
136	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
139	Transmisija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	Ukupno (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 0 (W) u 0 sati.												
144													
145													
146													
147	K2 Kat 2		P1 Kupaona										
148	Tip prostora	M - srednje				a (m)			9,78				
149	Orijentacija	S - sjeverno				b (m)			1,00				
150	Tip zračenja	ukupno				c (m)			2,72				
151	Datum	22. Rujan				V (m³)			26,60				
152	T	3,90				O (m²)			78,20				
153						Ap (m)			9,78				
154		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
155	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
156	Vanj. temp. (°C)	13,20	12,40	11,80	11,60	10,80	10,50	11,60	14,90	17,50	20,00	21,70	22,80
157	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
159	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
161	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
163	Transmisija (W)	- 58	- 67	- 75	- 81	- 81	- 81	- 67	- 41	- 9	29	64	93
164	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	7	15	23	31	38	42
165	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
166	Ukupno (W)	- 58	- 67	- 75	- 81	- 81	- 81	- 60	- 26	14	60	102	135
167		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
168	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
169	Vanj. temp. (°C)	23,60	24,00	24,00	23,60	22,30	20,40	18,50	17,20	16,20	15,30	14,50	13,80
170	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
171	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
176	Transmisija (W)	115	128	133	126	109	81	50	22	- 1	- 23	- 36	- 49
177	Zračenje (W)	42	38	31	23	12	1	0	0	0	0	0	0
178	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
179	Ukupno (W)	157	166	164	149	121	82	50	22	- 1	- 23	- 36	- 49
180	Dnevni maksimum za 22. Rujan iznosi 166 (W) u 14 sati.												
181													
182	K2 Kat 2		P2 Garderoba										
183	Tip prostora	M - srednje				a (m)			2,99				
184	Orijentacija	S - sjeverno				b (m)			1,00				
185	Tip zračenja	ukupno				c (m)			4,30				
186	Datum	22. Rujan				V (m³)			12,86				

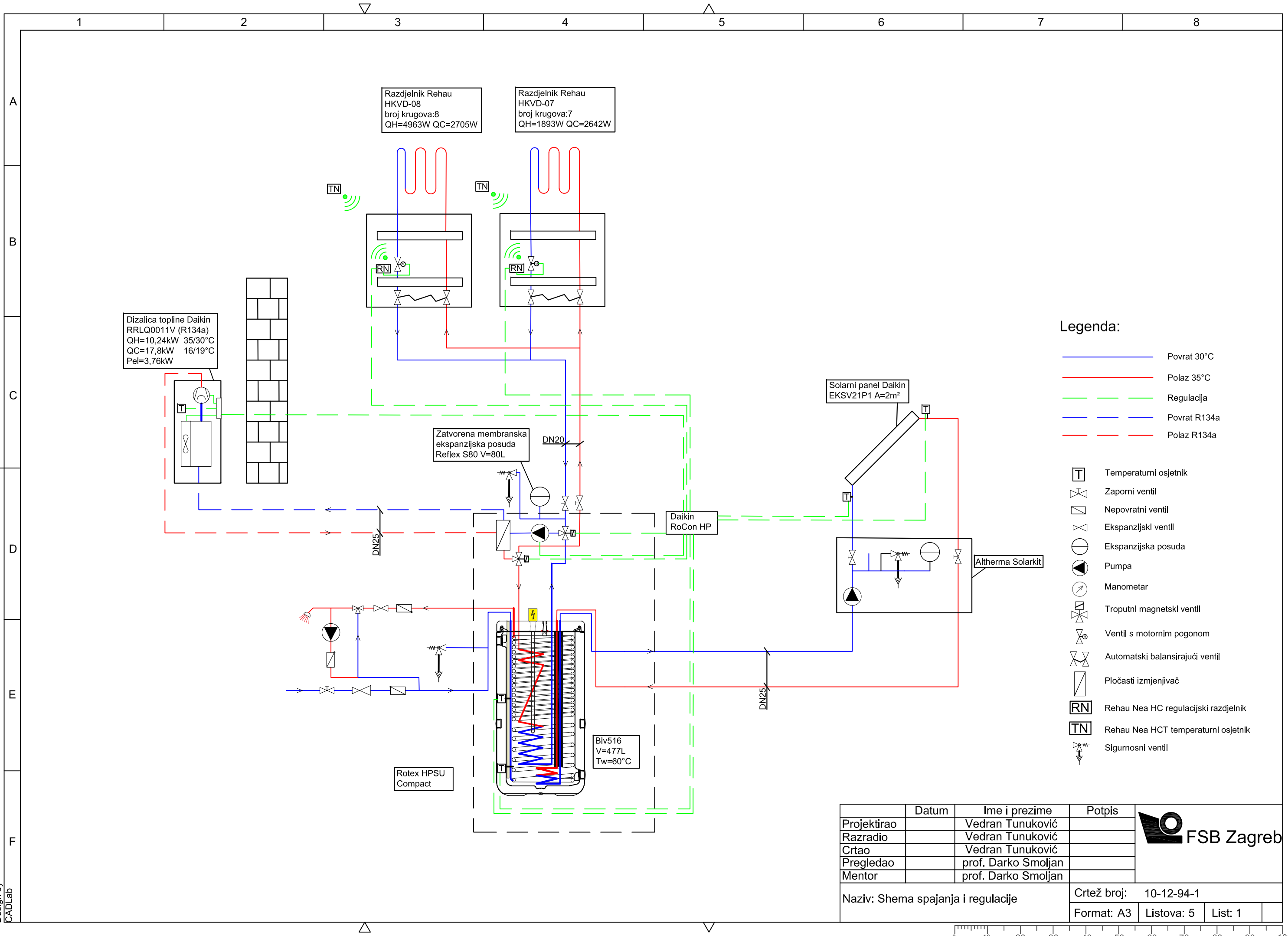
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
187	T	3,90					O (m ²)	40,29					
188							Ap (m)	2,99					
189		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
190	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
191	Vanj. temp. (°C)	13,20	12,40	11,80	11,60	10,80	10,50	11,60	14,90	17,50	20,00	21,70	22,80
192	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
193	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
194	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
195	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
196	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
197	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
198	Transmisija (W)	- 11	- 12	- 14	- 15	- 15	- 15	- 11	- 7	0	7	15	21
199	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
201	Ukupno (W)	- 11	- 12	- 14	- 15	- 15	- 15	- 11	- 7	0	7	15	21
202		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
203	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
204	Vanj. temp. (°C)	23,60	24,00	24,00	23,60	22,30	20,40	18,50	17,20	16,20	15,30	14,50	13,80
205	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
206	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
207	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
208	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
211	Transmisija (W)	26	28	29	28	24	19	13	7	2	- 4	- 6	- 9
212	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
213	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
214	Ukupno (W)	26	28	29	28	24	19	13	7	2	- 4	- 6	- 9
215	Dnevni maksimum za 22. Rujan iznosi 29 (W) u 15 sati.												
216													
217	K2 Kat 2	P3 Spavaća soba											
218	Tip prostora	M - srednje				a (m)		12,42					
219	Orijentacija	Sl - sjevero - istočno				b (m)		1,00					
220	Tip zračenja	ukupno				c (m)		2,41					
221	Datum	22. Rujan				V (m ³)		29,93					
222	T	3,90					O (m ²)	89,52					
223							Ap (m)	12,42					
224		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
225	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
226	Vanj. temp. (°C)	13,20	12,40	11,80	11,60	10,80	10,50	11,60	14,90	17,50	20,00	21,70	22,80
227	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
228	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
229	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
231	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
232	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
233	Transmisija (W)	- 94	- 109	- 122	- 134	- 133	- 132	- 109	- 68	- 13	48	109	158
234	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
235	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
236	Ukupno (W)	- 94	- 109	- 122	- 134	- 133	- 132	- 109	- 68	- 13	48	109	158
237		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
238	Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
239	Vanj. temp. (°C)	23,60	24,00	24,00	23,60	22,30	20,40	18,50	17,20	16,20	15,30	14,50	13,80
240	Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
241	Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
242	Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
243	Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
244	Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
245	Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
246	Transmisija (W)	197	217	223	211	181	137	88	39	1	- 37	- 58	- 80
247	Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
248	Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
249	Ukupno (W)	197	217	223	211	181	137	88	39	1	- 37	- 58	- 80
250	Dnevni maksimum za 22. Rujan iznosi 223 (W) u 15 sati.												

	A	B	C	D	E
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća				
2	Rekapitulacija za objekt				
3					
4					
5		21. Lipanj	23. Srpanj	24. Kolovoz	22. Rujan
6	K1 Kat 1 \ P1 Dječja soba	134	141	127	103
7	K1 Kat 1 \ P2 Kupaona	15	17	8	3
8	K1 Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	3226	3566	4305	4798
9	K1 Kat 1 \ P4 Garaža	0	0	0	0
10	K2 Kat 2 \ P1 Kupaona	181	183	169	157
11	K2 Kat 2 \ P2 Garderoba	26	26	26	26
12	K2 Kat 2 \ P3 Spavaća soba	197	197	197	197
13	Sat	13	13	13	13
14	Ukupno (W)	3779	4130	4832	5284

	A	B	C	D	E
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća				
2	Rekapitulacija za objekt				
3					
4					
5	Zona 1				
6		21. Lipanj	23. Srpanj	24. Kolovoz	22. Rujan
7	K1 Kat 1 \ P1 Dječja soba	134	141	127	103
8	K1 Kat 1 \ P2 Kupaona	15	17	8	3
9	K1 Kat 1 \ P3 Dnevni boravak	3226	3566	4305	4798
10	K1 Kat 1 \ P4 Garaža	0	0	0	0
11	K2 Kat 2 \ P1 Kupaona	181	183	169	157
12	K2 Kat 2 \ P2 Garderoba	26	26	26	26
13	K2 Kat 2 \ P3 Spavaća soba	197	197	197	197
14	Sat	13	13	13	13
15	Ukupno (W)	3779	4130	4832	5284
16					

	A	B	C	D	E
1	Projekt: Niskoenergetska obiteljska kuća				
2	Rekapitulacija po prostorijama				
3					
4					
5					
6		Qsuho (W)	Qvlažno (W)	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
7	P1 Dječja soba	474	35	509	23. Srpanj 9h
8	P2 Kupaona	18	0	18	21. Lipanj 18h
9	P3 Dnevni boravak	4724	74	4798	22. Rujan 13h
10	P4 Garaža	0	0	0	23. Srpanj 1h
11					
12					
13	Kat 2				
14		Qsuho (W)	Qvlažno (W)	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
15	P1 Kupaona	193	0	193	23. Srpanj 14h
16	P2 Garderoba	29	0	29	23. Srpanj 15h
17	P3 Spavaća soba	223	0	223	23. Srpanj 15h
18					
19					

Prilog 2: Tehnički crteži



Projektor	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Vedran Tunuković	
Razradio		Vedran Tunuković	
Crtao		Vedran Tunuković	
Pregledao		prof. Darko Smoljan	
Mentor		prof. Darko Smoljan	

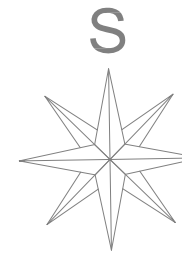
Naziv: Shema spajanja i regulacije		Crtež broj: 10-12-94-1	
Format: A3	Listova: 5	List: 1	



Design by CADLab



Poz	Naziv	Površina	Projektna temperatura režim grijanja	Projektna temperatura režim hlađenja
1	Garaža	30,27m ²	10°C	26°C
2	Soba	12,62m ²	20°C	26°C
3	Dnevna soba	38,94m ²	20°C	26°C
4	Kuhinja	10,75m ²	20°C	26°C
5	Kupaonica	3,90m ²	24°C	26°C
6	Hodnik	8,44m ²	20°C	26°C



Vogel&Noot DION-VM kupaonske ljestve
700x500mm
QH=300W

ELPOS TGMt 05-3,0-120
A=3m²
QH=360W

REHAU-RAUTHERM S17x2,0 kolut 120m
QC=274W (16/19°C)
L=35,58m
T=200mm

REHAU-RAUTHERM S17x2,0 kolut 120m
QC=294W (16/19°C)
L=42,87m
T=200mm

REHAU-RAUTHERM S20x2,0 kolut 120m
QH=1114W (35/30°C) / QC=756W (16/19°C)
L= 120m
T=150mm

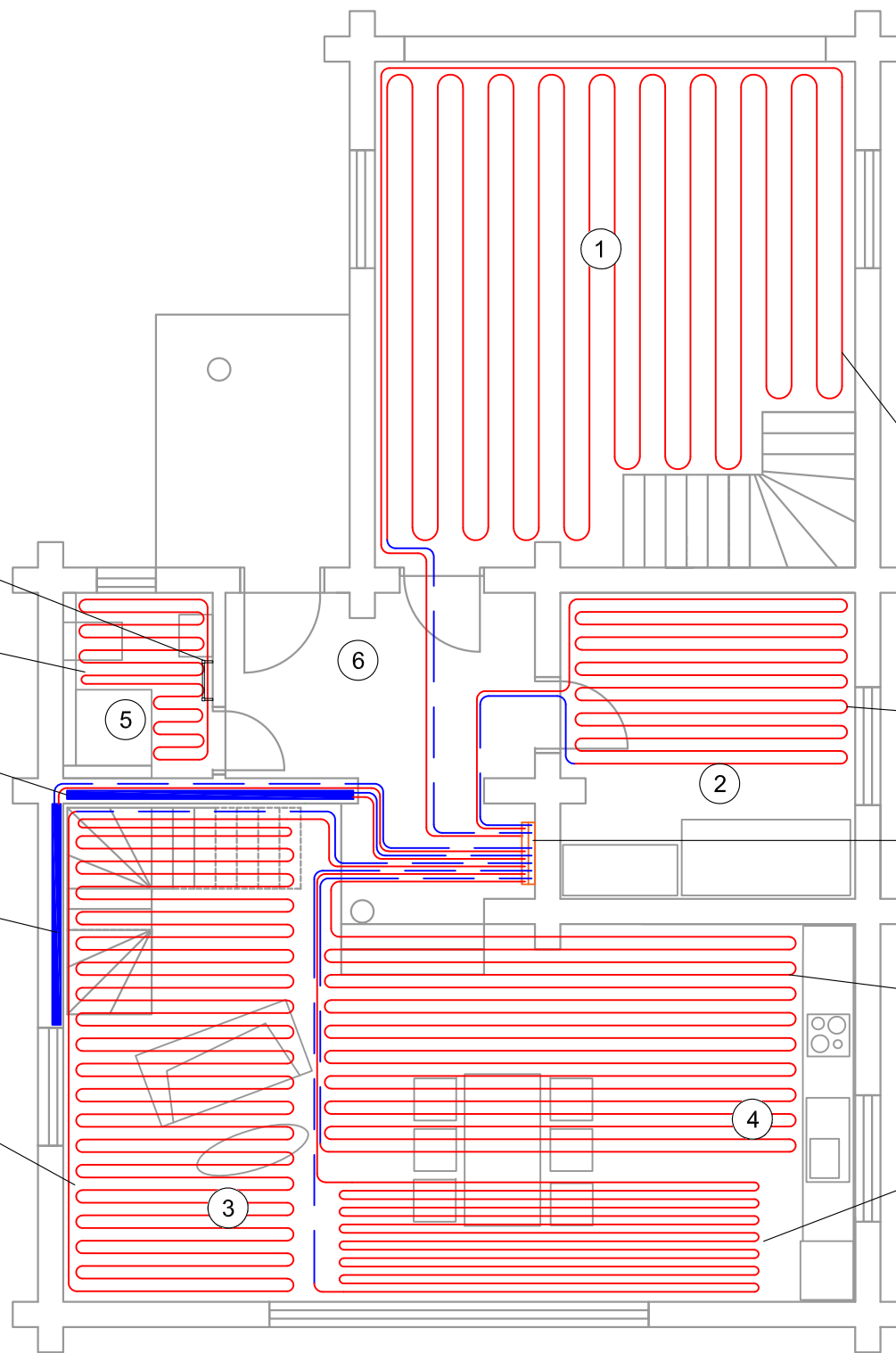
REHAU-RAUTHERM S20x2,0 kolut 120m
QH=1407W (35/30°C)
L= 72,79m
T=300mm

REHAU-RAUTHERM S20x2,0 kolut 120m
QH=655W (35/30°C) / QC=455W (16/19°C)
L= 73,15m
T=150mm

REHAU razdjelnik
HKV-D 08
8 priključaka

REHAU-RAUTHERM S20x2,0 kolut 120m
QH=1114W (35/30°C) / QC=756W (16/19°C)
L= 120m
T=150mm

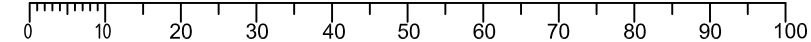
REHAU-RAUTHERM S20x2,0 kolut 120m
QH=663W (35/30°C) / QC=440W (16/19°C)
L=103,41m
T=100mm



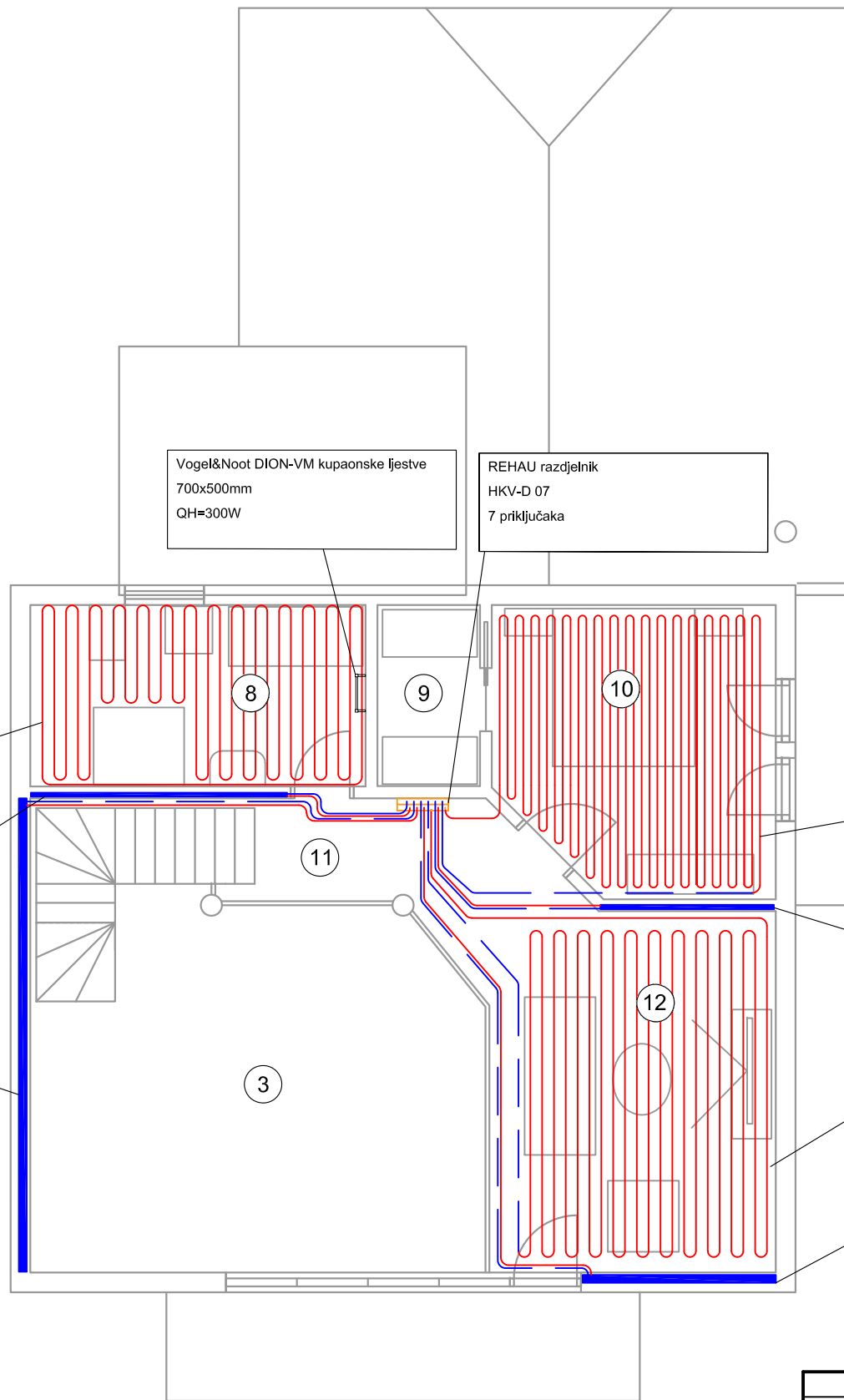
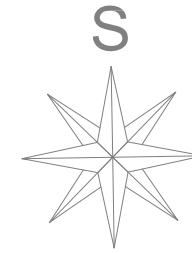
Projektor	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Vedran Tunuković	
Razradio		Vedran Tunuković	
Crtao		Vedran Tunuković	
Pregledao		prof. Darko Smoljan	
Mentor		prof. Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Naziv: Podne i zidne petlje prizemlja		Crtež broj: 10-12-94-2	
Format: A3	Listova: 5	List: 2	



Poz	Naziv	Površina	Projektna temperatura režim grijanja	Projektna temperatura režim hlađenja
3	Dnevna soba	36,94m ²	20°C	26°C
8	Kupaonica	9,78m ²	24°C	26°C
9	Garderoba	2,99m ²	20°C	26°C
10	Spavaća soba	12,42m ²	20°C	26°C
11	Hodnik	6,69m ²	20°C	26°C
12	Galerija	15,98m ²	20°C	26°C



ELPOS TGMt 1-5,4-90
A=5,4m²
QH=482W

REHAU-RAUTHERM S17x2,0 kolut 120m
QC=329W (16/19°C)
L= 47,24m
T=150mm

REHAU-RAUTHERM S17x2,0 kolut 120m
QC=535W (16/19°C)
L=70,39m
T=200mm

Vogel&Noot DION-VM kupaonske ljestve
700x500mm
QH=300W

REHAU razdjelnik
HKV-D 07
7 priključaka

REHAU-RAUTHERM S20x2,0 kolut 120m
QH=779W (35/30°C) / QC=539W (16/19°C)
L= 116m
T=100mm

REHAU-RAUTHERM S10x1,0 kolut 120m
QC=231W (16/19°C)
L=35,44m
T=150mm

REHAU-RAUTHERM S20x2,0 kolut 120m
QH=1114W (35/30°C) / QC=756W (16/19°C)
L= 123m
T=150mm

REHAU-RAUTHERM S10x1,0 kolut 120m
QC=252W (16/19°C)
L= 39,45m
T=200mm

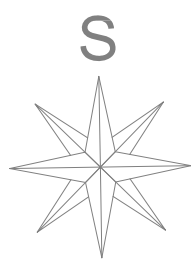
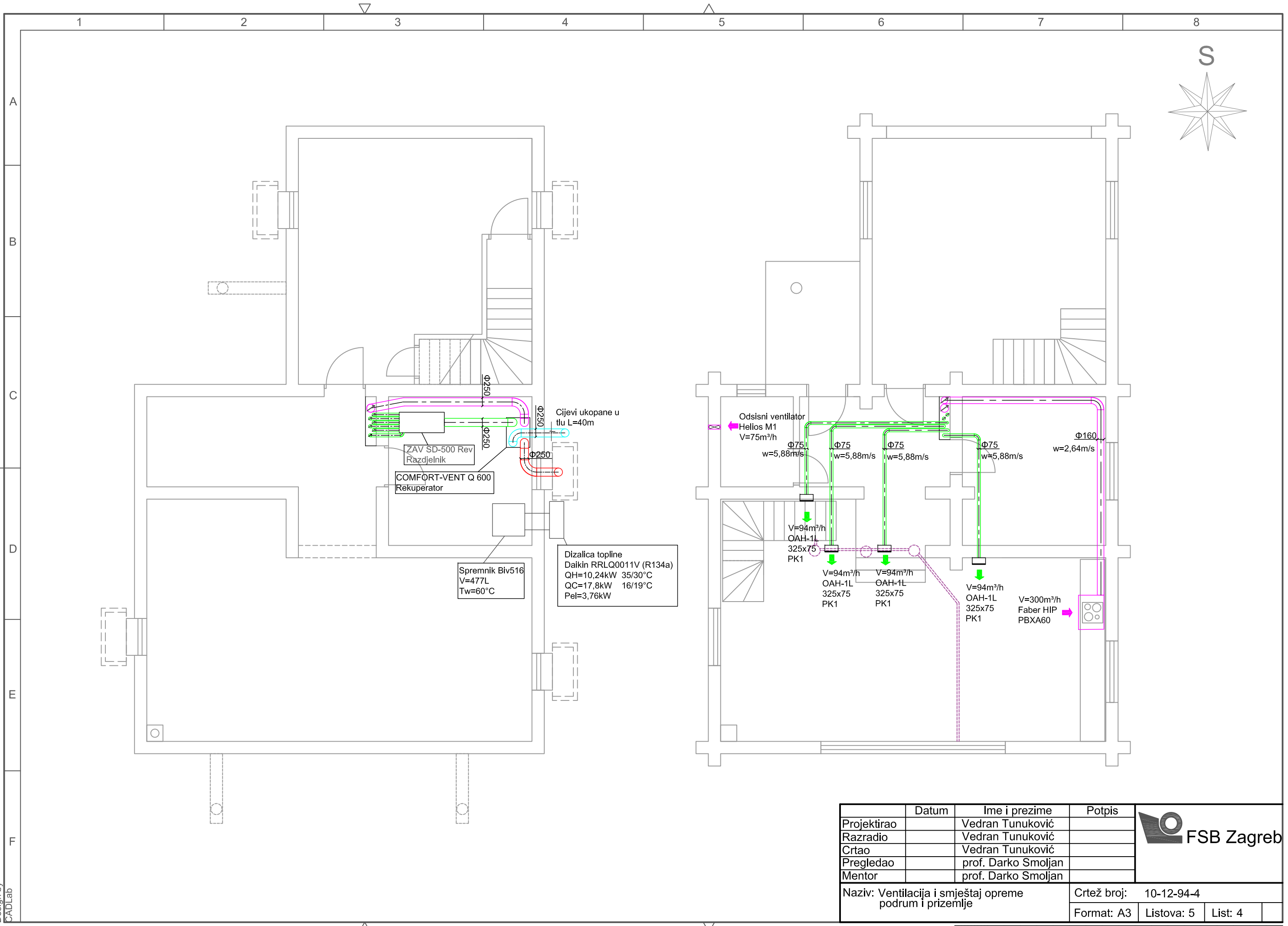
Projektor	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Vedran Tunuković	
Razradio		Vedran Tunuković	
Crtao		Vedran Tunuković	
Pregledao		prof. Darko Smoljan	
Mentor		prof. Darko Smoljan	

Naziv: Podne i zidne petlje kata

Crtež broj: 10-12-94-3

Format: A3 Listova: 5 List: 3

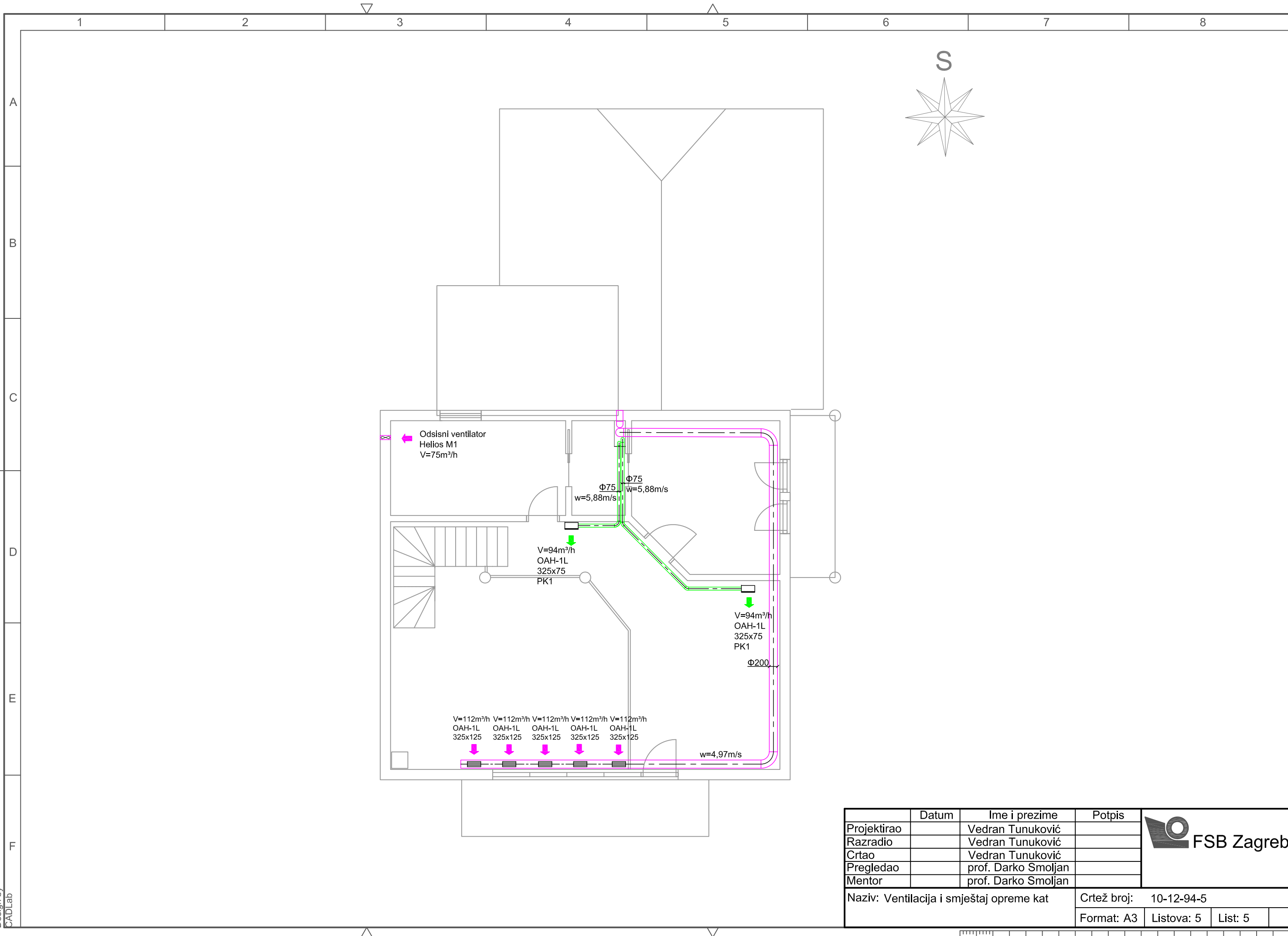




	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Vedran Tunuković	
Razradio		Vedran Tunuković	
Crtao		Vedran Tunuković	
Pregledao		prof. Darko Smoljan	
Mentor		prof. Darko Smoljan	
Naziv: Ventilacija i smještaj opreme podrum i prizemlje		Crtež broj: 10-12-94-4	
		Format: A3	Listova: 5
			List: 4



Design by CADLab



Odsisni ventilator
Helios M1
V=75m³/h

Φ75
w=5,88m/s

V=94m³/h
OAH-1L
325x75
PK1

V=94m³/h
OAH-1L
325x75
PK1
Φ200

V=112m³/h V=112m³/h V=112m³/h V=112m³/h V=112m³/h
OAH-1L OAH-1L OAH-1L OAH-1L OAH-1L
325x125 325x125 325x125 325x125 325x125

w=4,97m/s

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Vedran Tunuković	
Razradio		Vedran Tunuković	
Crtao		Vedran Tunuković	
Pregledao		prof. Darko Smoljan	
Mentor		prof. Darko Smoljan	
Naziv: Ventilacija i smještaj opreme kat		Crtež broj: 10-12-94-5	
		Format: A3	Listova: 5
		List: 5	

