

Projekt sustava grijanja i hlađenja restorana

Mataić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:351555>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Mataić

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Ivan Mataić

Zagreb, 2021.

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

Zahvaljujem se mentoru na ukazanom povjerenju i kontinuiranoj pomoći prilikom pisanja ovog rada.

Ivan Mataić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Ivan Mataić**

JMBAG: 0035208617

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja i hlađenja restorana**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating and cooling system for the restaurant**

Opis zadatka:

U ovom radu, potrebno je izraditi projekt sustava grijanja i hlađenja zgrade restorana McDonald's s kuhinjom na dvije etaže (Pr+1K) ukupne površine 1050 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Kao izvor toplinske i rashladne energije predvidjeti dizalicu topline zrak-voda. Za zgradu predvidjeti toplovodni sustav grijanja i sustav hlađenja s hladnom vodom pri čemu treba odabrati optimalne temperaturne režime s obzirom na toplinsku bilancu zgrade. Predvidjeti akumulacijski sustav pripreme potrošne tople vode s temperaturom 60°C za potrebe restorana i kuhinje. Zgrada se nalazi na području grada Zagreba.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- elektro priključak 230/400V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:

- pregled sustava grijanja i hlađenja restorana s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko razdoblje prema normi HRN EN 12831,
- toplinsku bilancu za ljetno razdoblje prema smjernici VDI 2078,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja sustava i automatske regulacije,
- crteže kojima se definira montaža i raspored opreme.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. rujna 2021.

Datum predaje rada:

2. prosinca 2021.

Predviđeni datumi obrane:

13. – 17. prosinca 2021.

Zadatak zadao:


Prof. dr. sc. Igor Balen

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	V
POPIS OZNAKA	VI
SAŽETAK.....	IX
SUMMARY	X
1. UVOD.....	1
1.1. Opis zgrade	1
1.2. Toplinska ugodnost.....	3
1.3. Sustavi grijanja i hlađenja u restoranima i uredima	5
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE	8
2.1. Toplinska bilanca za zimsko razdoblje	8
2.1.1. Osnovne formule.....	8
2.1.2. Ulazni podaci	10
2.1.3. Rezultati proračuna	11
2.2. Toplinska bilanca za ljetno razdoblje.....	13
2.2.1. Osnovne formule.....	14
2.2.2. Ulazni podaci	15
2.2.3. Rezultati proračuna	17
3. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SUSTAVA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE	20
3.1. Odabir i dimenzioniranje sustava podnog grijanja i hlađenja.....	20
3.2. Odabir i dimenzioniranje sustava ventilokonvektora.....	24
3.3. Odabir i dimenzioniranje razvoda i cirkulacijskih pumpi.....	27
3.4. Odabir i dimenzioniranje dizalice topline	34
3.5. Odabir i dimenzioniranje ekspanzijske posude i kalorimetra	35
3.6. Odabir i dimenzioniranje troputnih i balansnih ventila	37
4. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SUSTAVA ZA GRIJANJE POTROŠNE TOPLE VODE	39
4.1. Proračun	39
5. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SUSTAVA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE KLIMA KOMORA	41
6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA	43
6.1. Sustav grijanja.....	43
6.2. Sustav hlađenja	45
6.3. Sustav zagrijavanja PTV-a.....	46
7. ZAKLJUČAK.....	47
LITERATURA.....	48

PRILOZI.....	50
--------------	----

POPIS SLIKA

Slika 1. Prostorni prikaz zgrade [1].....	2
Slika 2. Sjeverno pročelje.....	2
Slika 3. Istočno pročelje	3
Slika 4. Južno pročelje	3
Slika 5. Zapadno pročelje.....	3
Slika 6. Ovisnost PPD i PMV indeksa[3]	5
Slika 7. Shematski prikaz dizalice topline[5].....	6
Slika 8. Distribucija topline kod podnog grijanja[7].....	7
Slika 9. Izgled razdjelnika i sabirnika[13]	21
Slika 10. Stropni ventilokonvektor [15].....	25
Slika 11. Parapetni ventilokonvektor [15].....	25
Slika 12. AB-QM ventil[16].....	27
Slika 13. Krivulja pumpe podnog grijanja i hlađenja Restorana[18]	32
Slika 14. Krivulja pumpe podnog grijanja i hlađenja Ureda[18]	32
Slika 15. Krivulja pumpe ventilokonvektora Restorana[18].....	33
Slika 16. Krivulja pumpe ventilokonvektora Ureda[18].....	33
Slika 17. Energycal AHW PRO AT 125[19]	34
Slika 18. Ekspanzijska posuda Imera RV50[22].....	36
Slika 19. Kalorimetar UH50-A60C[23]	37
Slika 20. VMV troputni ventili[25].....	38
Slika 21. ASV-PV automatski balansni ventil[26]`	38
Slika 22. Vitocell 300-V spremnik PTV-a od 500 l [27]	40
Slika 23. Dizalica topline tip AM050NXMDGR/EU[28].....	41
Slika 24. Dizalica topline tip AM0180AXVAGH/ET[28].....	42

POPIS TABLICA

Tablica 1. Koeficijenti prolaza topline građevnih dijelova	10
Tablica 2. Toplinski gubici po prostorijama za prizemlje.....	11
Tablica 3. Toplinski gubici po prostorijama za prvi kat	12
Tablica 4. Ukupni toplinski gubici za zgradu	13
Tablica 5. Toplinski dobici od različitih aktivnosti za prosječnu osobu	14
Tablica 6. Parametri pojedinih prostorija prizemlja	16
Tablica 7. Parametri pojedinih prostorija prvog kata	17
Tablica 8. Rashladno opterećenje po prostorijama za prizemlje.....	18
Tablica 9. Rashladno opterećenje po prostorijama za prvi kat	19
Tablica 10. Popis prostorija sa instaliranim kapacitetima podnog grijanja.....	22
Tablica 11. Popis prostorija sa instaliranim kapacitetima podnog hlađenja	23
Tablica 12. Podaci po razdjelnicima	24
Tablica 13. Popis i snage odabranih ventilokonvektora Restorana.....	26
Tablica 14. Popis i snage odabranih ventilokonvektora Ureda.....	26
Tablica 15. Odabrani AB-QH ventili prema tipu ventilokonvektora	27
Tablica 16. Kritična dionica kruga podnog grijanja i hlađenja Restorana	28
Tablica 17. Kritična dionica kruga podnog grijanja i hlađenja Ureda	29
Tablica 18. Kritična dionica kruga ventilokonvektora Restorana.....	30
Tablica 19. Kritična dionica kruga ventilokonvektora Ureda	31
Tablica 20. Ukupan volumen vode u sustavu	36

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Nacrt 1:	Podno grijanje i hlađenje prizemlja	M1:100
Nacrt 2:	Podno grijanje i hlađenje prvog kata	M1:100
Nacrt 3:	Razvod grijanja i hlađenja prizemlja	M1:100
Nacrt 4:	Razvod grijanja i hlađenja prvog kata	M1:100
Nacrt 5:	Ventilokonvektori prizemlje	M1:100
Nacrt 6:	Ventilokonvektori prvi kat	M1:100
Nacrt 7:	Dispozicija opreme na krovu	M1:100
Nacrt 8:	Shema grijanja i hlađenja	-/-
Nacrt 9:	Shema grijanja PTV-a	-/-
Nacrt 10:	Shema usponskih vodova podnog grijanja i hlađenja	-/-

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
ϕ_{HL}	W	Ukupni projektni toplinski gubici zgrade
$\sum \phi_{T,i}$	W	Suma transmisivskih gubitaka zgrade
$\sum \phi_{V,i}$	W	Suma ventilacijskih gubitaka zgrade
$\sum \phi_{RH,i}$	W	Suma gubitaka radi ponovnog zagrijavanja zgrade
$\phi_{T,i}$	W	Transmisivski toplinski gubici prostorije
$H_{T,ie}$	W/K	Koeficijent transmisivskog gubitka prema vanjskome okolišu
$H_{T,iue}$	W/K	Koeficijent transmisivskog gubitka kroz negrijane prostore
$H_{T,ig}$	W/K	Koeficijent transmisivskog gubitka prema tlu
$H_{T,ij}$	W/K	Koeficijent transmisivskog gubitka prema susjednim površinama grijanim na različitu temperaturu
$\theta_{int,i}$	°C	Unutarnja projektna temperatura prostorije
θ_e	°C	Vanjska projektna temperatura okoliša
A_k	m ²	Površina plohe "k" (pod, vrata, prozor, strop, zid) kroz koju prolazi toplina
U_k	W/m ² K	Koeficijent prolaza topline pojedinog građevnog elementa "k"
e_k	/	Korekcijski faktor izloženosti koji uzima u obzir klimatske utjecaje kao temperatura, vlažnost, brzina vjetra. Određuje se na nacionalnoj razini
ψ_l	W/m ² K	Linearni koeficijent prolaza topline linearnog mosta "l"
l_l	m	Dužina linijskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije
e_l	/	Korekcijski faktor izloženosti koji uzima u obzir klimatske utjecaje kao temperatura, vlažnost, brzina vjetra. Određuje se na nacionalnoj razini
b_u	/	Faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu
f_{g_1}	/	Korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
f_{g_2}	/	Faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razlike između godišnje srednje vanjske temperature i vanjske projektne temperature
$U_{equiv,k}$	W/m ² K	Ekvivalentni koeficijent prolaza topline iz tablica i dijagrama prema topologiji poda
G_w	/	Korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode
$\theta_{m,e}$	°C	Srednja godišnja vanjska temperatura
f_{ij}	/	Faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu susjednog prostora i vanjsku projektnu temperaturu
θ_{ads}	°C	Temperatura susjedne prostorije
$\phi_{V,i}$	W	Ventilacijski toplinski gubici prostorije

$H_{V,i}$	W/K	Koeficijent ventilacijskog gubitka prostorije prema vanjskome okolišu
V_i	m ³ /h	Protok zraka u grijani prostor
ρ	kg/m ³	Gustoća zraka pri unutarnjoj projektnoj temperaturi prostorije
c_p	kJ/kgK	Specifični toplinski kapacitet zraka pri unutarnjoj projektnoj temperaturi prostorije
$V_{inf,i}$	m ³ /h	Maksimalni protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazor
$V_{min,i}$	m ³ /h	Minimalni higijenski protok zraka
n_{min}	h ⁻¹	Minimalni broj izmjena zraka
n_{50}	h ⁻¹	Broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka od 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša
e_i	/	Koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetrova tj. zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu
ε_i	/	Korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različite odnose tlakova sa povećanjem visine iznad okolnog tla
$V_{su,i}$	m ³ /h	Količina zraka dovođena sa mehaničkim sustavom ventilacije
$f_{V,i}$	/	Faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu dobavnog zraka i vanjsku projektnu temperaturu
$\theta_{su,i}$	°C	Temperatura dobavnog zraka (može biti viša od temperature u prostoriji)
$V_{mech,inf,i}$	m ³ /h	Višak odvedenog zraka iz prostorije
$\phi_{RH,i}$	W	Toplinski gubici prostorije radi ponovnog zagrijavanja
A_i	m ²	Površina poda grijanog prostora sa polovicom debljine zidova
f_{RH}	W/m ²	Korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida grijanja
$q_{Pers,trocken}$	W/osobi	Osjetni toplinski dobici od osoba
$q_{Pers,feucht}$	W/osobi	Latentni toplinski dobici od osoba
p_j	W/m ²	Toplinski dobici od rasvjete
$p_{j,lx}$	W/m ²	Procjena električne snage po površini
$\bar{E}_m$	/	Indeks održavanja svjetlosnog intenziteta prema DIN V 18599-10
k_A	/	Redukcijski faktor za vizualno područje prema DIN V 18599-10
k_L	/	Faktor prilagodbe oblika rasvjete za sve oblike koje nisu fluorescentni valjci
k_R	/	Faktor ovisnosti o geometriji prostorije
a_R	m	Dubina prostorije
b_R	m	Širina prostorije
h'_R	/	Razlika između visine rasvjetnog tijela i radne površine
E_d	W	Ostali toplinski dobici
P_{max}	W/h	Maksimalna potrebna snaga po satu

$T_{B,d}$	h	Vremensko razdoblje pod punim opterećenjem u satima po danu
Δp	Pa	Pad tlaka u cjevovodu
λ	/	Faktor trenja u cjevovodu
l	m	Duljina cjevovoda
d	m	Unutarnji promjer cjevovoda
ζ	/	Koeficijent lokalnog gubitka
w	m/s	Brzina strujanja fluida u cjevovodu
$\sum R \times L$	Pa	Suma linijskih padova tlaka uslijed trenja
$\sum Z$	Pa	Suma lokalnih padova tlaka
$V_{n,min}$	l	Minimalan potrebni volumen ekspanzijske posude
V_e	l	Volumen širenja vode izazvan promjenom temperature vode
V_v	l	Dodatni volumen (zaliha vode)
p_e	bar	Krajnji projektni tlak, 0,5 manji od tlaka otvaranja sigurnosnog ventila
p_o	bar	Primarni tlak ekspanzijske posude
h_{sys}	m	Statička visina instalacije od sredine ekspanzijske posude do najviše točke
h_{dod}	m	Dodatnih 0,5 do 3 metra
V_A	l	Volumen vode u sustavu
n	/	Postotak širenja vode od 10 °C do 45 °C
$\dot{Q}$	kW	Maksimalno potrebna toplinska snaga za grijanje PTV-a
V	l/h	Maksimalna potrebna količina tople vode u jednom satu
φ	/	Faktor istovremenosti
$\dot{Q}_K$	kW	Kapacitet izvora topline za grijanje PTV-a
z_B	h	Broj sati zagrijavanja vode
z_A	h	Broj sati pogona
C	kWh	Kapacitet izvora spremnika za grijanje PTV-a
V_s	l	Volumen spremnika za PTV
c	(kWh)/(lK)	Specifični toplinski kapacitet vode
t_o	°C	Najviša srednja temperatura vode u spremniku PTV-a
t_u	°C	Dozvoljena najniža temperatura vode u spremniku PTV-a
b	/	Faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod grijane površine spremnika

SAŽETAK

U ovome radu projektira se sustav grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode zgrade restorana s uredima na području Zagreba. Zgrada ima dvije etaže, prizemlje i prvi kat koji su identičnih dimenzija ali različite namjene. Zgrada je podijeljena na dva dijela: Restoran i Urede. Pod Restoran spada cijelo prizemlje i manji dio prvog kata, dok ostatak prvog kata spada pod Urede. Proračun toplinskog i rashladnog opterećenja zgrade napravljen je prema normi HRN EN 12831, odnosno smjernici VDI 2078. Prema rezultatima tog proračuna potrebno je osigurati najmanje 88,09 kW rashladnog i 35,25 kW toplinskog učina kako bi se održali projektni uvjeti u prostorijama. Sustavom podnog grijanja zadovoljavaju se svi toplinski gubici zgrade u zimskome razdoblju, dok se podnim hlađenjem ne uspijevaju zadovoljiti sve potrebe za hlađenjem, koje su veće nego potrebe za grijanjem. Ukupno instalirani kapacitet podnog grijanja iznosi 41,59 kW, a podnog hlađenja 15,80 kW. Sustavom ventilokonvektora nadoknađuje se manjak kapaciteta podnog hlađenja. Ventilokonvektori mogu raditi i u grijanju i u hlađenju, ali kako su potrebe za grijanjem zadovoljene podnim grijanjem, oni će se u zimskome razdoblju paliti samo u iznimnim slučajevima. U periodu hlađenja oni se pale u onom trenutku kada podno hlađenje ne može zadovoljiti potrebe zgrade za hlađenjem. Instalirani ventilokonvektori imaju ukupni kapacitet 78,7 kW za grijanje i 74,62 kW za hlađenje. Uz ogrjevnja tijela dimenzionirana je i odabrana sva ostala potrebna armatura poput: troputnih miješajućih i prekretnih ventila, tlačno neovisnih i balansirajućih ventila, kalorimetra, cirkulacijskih pumpi, ekspanzijske posude i na kraju izvora topline tj. dizalice topline zrak-voda sa spremnikom ogrjevnje i rashladne vode volumena 1000 l. Dizalica topline izvedena je u monoblok izvedbi i smještena na krovu zgrade. Ogrjevnj kapacitet iznosi 53,9 kW pri vanjskoj temperaturi od -15 °C i temperaturnom režimu od 45/40°C, a rashladni kapacitet 100,7 kW pri vanjskoj temperaturi od 35 °C i temperaturnom režimu 7/12 °C. Za pripremu potrošne tople vode, odabrana je zasebna dizalica topline u monoblok izvedbi ogrjevnog kapaciteta 12,4 kW pri vanjskoj temperaturi od -15 °C i temperaturnom režimu 60/55 °C sa spremnikom za PTV volumena 500 l. Za potrebe grijača i hladnjaka dviju klima komora na krovu dimenzionirane su tri zasebne monoblok dizalice topline od toga jedna ogrjevnog i rashladnog kapaciteta od 14 kW, a dvije ogrjevnog i rashladnog kapaciteta 50,4 kW.

U prilogu ovog rada nalaze se nacrti u kojima je detaljno prikazan raspored i odabir opreme po etažama, sa pripadajućim shemama grijanja, hlađenja i pripreme PTV-a

Ključne riječi: podno grijanje i hlađenje, ventilokonvektori, dizalica topline zrak-voda, potrošna topla voda, cirkulacijske pumpe

SUMMARY

As part of this thesis, the system of heating, cooling and preparation of domestic hot water of a restaurant building with offices in the area of Zagreb is designed. The building has two floors, ground floor and first floor that are identical in size but have different purposes. The building is divided into two parts: Restaurant and Offices. The Restaurant includes the entire ground floor and a smaller part of the first floor, while the rest of the first floor falls under the Offices. The calculation of the heating and cooling load was made according to the standard HRN EN 12831, ie. guideline VDI 2078. According to the results of this calculation it is necessary to provide at least 88,09 kW of cooling and 35,25 kW of heating output in order to maintain the design conditions. The underfloor heating satisfies all heat losses of the building in the winter, while underfloor cooling fails to meet all cooling needs. The total installed capacity of underfloor heating is 41,59 kW and underfloor cooling 15,8 kW. The fan coil system compensates for the lack of floor cooling capacity. Fan coils can work in both heating and cooling, but as the heating demands are met with the underfloor heating, they will only be switched on in exceptional cases in winter. During the cooling period, they switch on at the moment when the floor cooling cannot meet the cooling needs of the building. The installed fan coils have a total capacity of 78,7 kW for heating and 74,62 kW for cooling. In addition to the heating bodies, all other necessary fittings were dimensioned and selected, such as: three-way mixing and reversing valves, pressure-independent and balancing valves, calorimeters, circulation pumps, expansion vessels and finally heat sources, ie. air-water heat pump with heating and cooling water tank with a volume of 1000 l. The heat pump is made in monoblock design and is located on the roof. Heating capacity is 53,9 kW at an outdoor temperature of -15 °C and at temperature regime of 45/40 °C, and cooling capacity of 100,7 kW at an outdoor temperature of 35 °C, and at temperature regime of 7/12 °C. For the preparation of domestic hot water, a separate heat pump in a monoblock design with a heating capacity of 12,4 kW at an outdoor temperature of -15 °C and at temperature regime of 60/55 °C with a DHW tank with a volume of 500 l was selected. For the needs of heaters and coolers of two air handling units on the roof, three separate monoblock heat pumps are dimensioned, one with heating and cooling capacity of 14 kW and two with heating and cooling capacity of 50,5 kW.

Attached to this paper are drafts detailing the layout and selection of equipment by floors, with associated heating, cooling and DHW preparation schemes.

Keywords: underfloor heating and cooling, fan coils, air-water heat pump, domestic hot water, circulation pumps

1. UVOD

1.1. Opis zgrade

Predmetna zgrada nalazi se na području grada Zagreba, tj. u zagrebačkom kvartu Vrbani. Smještena je unutar naselja, uz prometnice, te je sa svih strana okružena drugim zgradama. Bruto površina zgrade iznosi oko 1050 m², te se sastoji od dvije etaže, prizemlja i prvog kata, koje su istih dimenzija. Ravno krovšte može se koristiti za smještaj određene strojarске opreme. Zgrada je nova, te se ovim radom nastoji odabrati sustav koji bi mogao zadovoljiti potrebe ove zgrade za grijanjem, hlađenjem i potrošnom toplom vodom. U ovome radu zgrada je podijeljena na dva dijela. Prvi dio, koji će se dalje u radu nazivati "Restoran", predstavlja cijelo prizemlje zgrade i prostorije lobby-a, muških i ženskih sanitarija i sortirnice koje se nalaze na prvom katu. U prizemlju se nalazi veliki prostor lobbya- koji je namijenjen kao prostor u kojem će gosti restorana najviše obitavati. Druga najveća prostorija u prizemlju je kuhinja, a osim nje u prizemlju se nalaze i prostorije poput garderoba i sanitarija za muške i ženske zaposlenike u Restoranu. Prizemlje neće biti u potpunosti grijano, jer namjena prostorija gdje su smještene rashladne komore, zamrzivači i sl. zahtijeva što nižu temperaturu radi svježih namirnica koje se nalaze u njima. U prizemlju se nalazi i prostorija koja je namijenjena za skladištenje smeća, te za potrebe ovog rada ona će se koristiti kao strojarnica tj. prostorija gdje će se smještati oprema koja se odabere u sklopu ovog rada. Ta prostorija također neće biti grijana. Ukupna grijana korisna površina Restorana iznosi cca. 540 m². Drugi dio zgrade, u nastavku ovog rada "Uredi", predstavlja sve ostale prostorije koje se nalaze na prvom katu. Tu spada više prostorija ureda, onih većih otvorenog tipa i onih manjih zatvorenog tipa. Uz urede nalazi se i par prostorija raznih veličina za sastanke, čajna kuhinja, ženski i muški WC te server soba. Ukupna grijana korisna površina ovog dijela zgrade iznosi cca. 380 m². Prostorije Ureda i prostorije Restorana nisu fizički povezane tj. ne može se proći iz jednog dijela u drugi unutar zgrade, osim koristeći stubište. Također, radno vrijeme Restorana i Ureda je različito, te se na različite načine koristi. Iz tog je razloga zgrada podijeljena na dva dijela. Stoga, kako bi ti dijelovi mogli biti zasebno regulirani, i kako bi se mogla odvojeno mjeriti potrošnja toplinske i rashladne energije instalacije koje se nalaze u tim dijelovima su odvojene sve do prostorija strojarnice u kojima se spajaju na zajednički izvor topline.

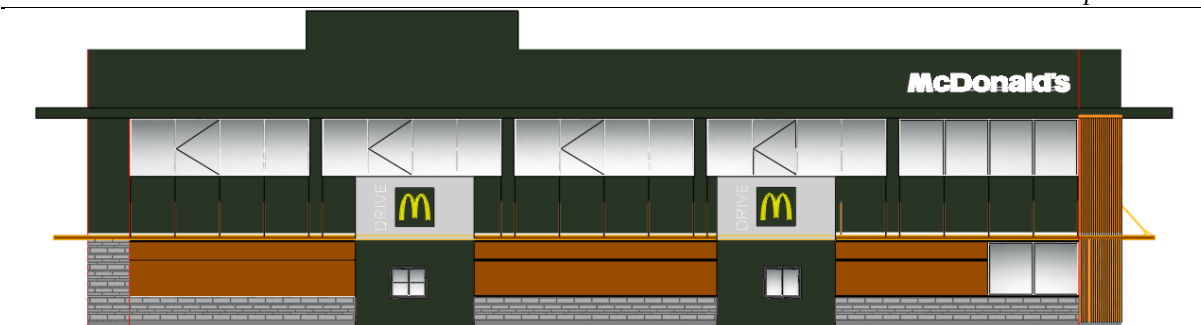
Na slici 1. prikazan je prostorni prikaz zgrade, a na slikama 2., 3., 4. i 5. prikazani su redom sjeverno, istočno, južno i zapadno pročelje koji su dobiveni iz arhitektonske podloge.



Slika 1. Prostorni prikaz zgrade [1]



Slika 2. Sjeverno pročelje



Slika 3. Istočno pročelje



Slika 4. Južno pročelje



Slika 5. Zapadno pročelje

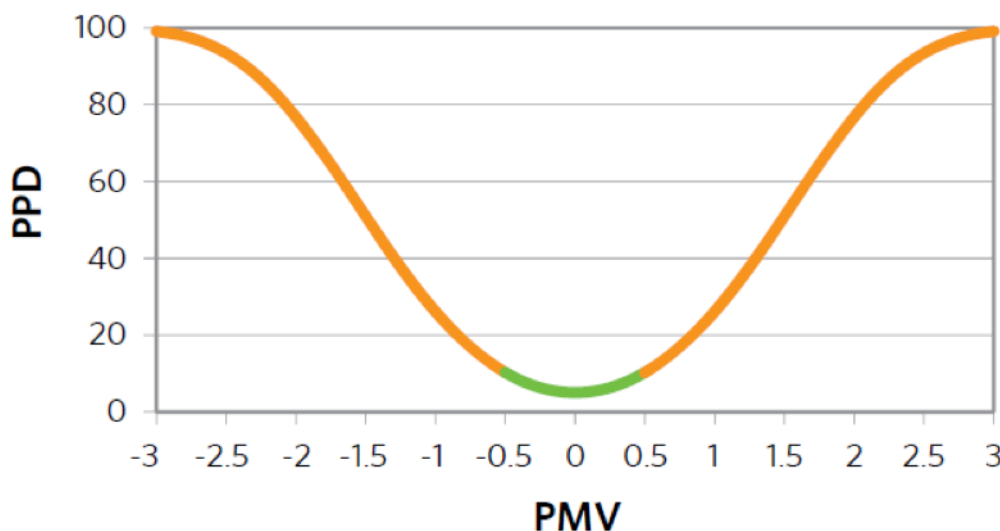
1.2. Toplinska ugodnost

Projektiranje i ugradnja termotehničkih sustava, točnije sustava grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije, u pojedinu zgradu ima za zadatak ostvarivanje toplinskih uvjeta koji odgovaraju što većem broju ljudi koji u tome prostoru borave. Prema ISO 7730 stanje svijesti

koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša naziva se toplinska ugodnost. Toplinska ugodnost je subjektivan dojam svakog pojedinca u prostoru, i ne postoji skup parametara okoliša pri kojima bi svi pojedinci u nekom prostoru bili u potpunosti zadovoljni. Cilj ovog rada je ugradnja sustava za grijanje i hlađenje koji bi odgovarao najvećem mogućem broju ljudi koji se nalaze u predmetnoj zgradi. Osnovni faktori koji utječu na toplinsku ugodnost su:

1. Temperatura zraka u prostoriji
2. Temperatura ploha u prostoriji
3. Vlažnost zraka
4. Strujanje zraka (brzina, smjer)
5. Razina odjevenosti
6. Razina fizičke aktivnosti
7. Ostali faktori (kvaliteta zraka, buka, namjena prostora, dob)

Ovi faktori su međuovisni, što znači da ukoliko se promijeni jedan od faktora mora se promijeniti barem jedan drugi kako bi se zadovoljila ista razina toplinske ugodnosti. Termotehnički sustavi mogu utjecati na prva četiri faktora i djelomično na sedmi faktor (kvaliteta zraka i buka), dok ostali faktori ovise o korisnicima koji se nalaze u promatranom prostoru. Kako bi se pokušala ostvariti toplinska ugodnost u prostoru potrebno je prilikom projektiranja saznati ili predvidjeti veliki broj čimbenika i potencijalnih situacija poput: željene projektne temperature, broja osoba u prostorijama, razinu fizičke aktivnosti korisnika u prostorijama itd. Toplinska ugodnost ocjenjuje se pomoću dva indeksa, a oni su PPD (eng. Predicted Percentage of Dissatisfied) i PMV (eng. Predicted Mean Vote). PPD indeks predviđa, pomoću jednostavnijih matematičkih izraza, kvantitativni broj osoba koji će biti nezadovoljni s osjećajem toplinske ugodnosti. PMV indeks, uz pomoć kompleksnijih matematičkih izraza i proračuna, predviđa prosječnu ocjenu za toplinsku ugodnost za veću skupinu ljudi. Prema ISO 7730 Toplinska ugodnost je zadovoljena ako se indeks PMV nalazi između -0,5 i 0,5, a indeks PPD manji ili jednak 10% [2]. Na slici 6. prikazana je međusobna ovisnost PPD indeksa, koji se nalazi na ordinati, i PMV indeksa koji se nalazi na apscisi. Prihvatljiva razina toplinske ugodnosti obojana je zelenom bojom, dok su sve ostale razine toplinske ugodnosti, koje se smatraju neprihvatljivima, obojane narančastom bojom.



Slika 6. Ovisnost PPD i PMV indeksa[3]

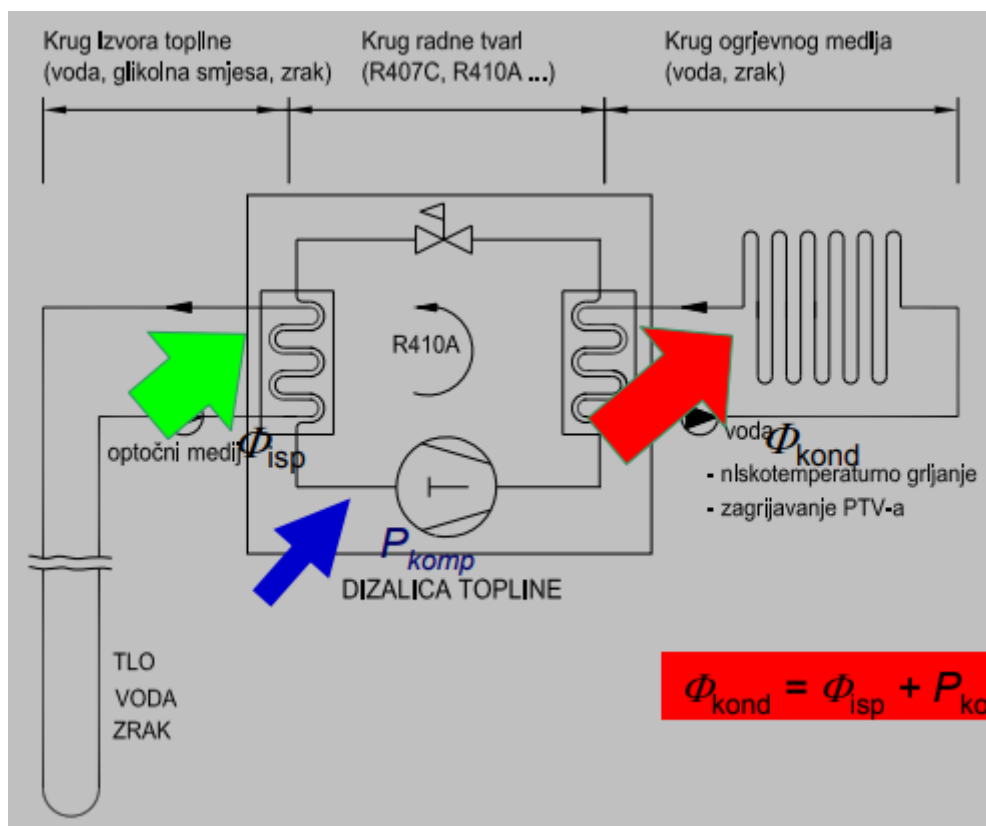
Toplinska ugodnost može imati veliki utjecaj na zadovoljstvo gostiju restorana ili na učinkovitost zaposlenika u uredima. Stoga je svakom restoranu i uredu u cilju ostvariti što bolje i prihvatljivije uvjete toplinske ugodnosti kako bi gosti i korisnici tih prostorija bili što zadovoljniji odnosno učinkovitiji. Ukoliko je npr. u restoranu prevruće ili prehladno, gost može biti nezadovoljan unatoč tome što su neke druge stvari bile odlične. Isto tako, ukoliko je u prostorijama ureda "prezagušljivo" odnosno nema dovoljno svježeg zraka, učinkovitost radnika opada, što nikome nije u interesu. Stoga je jasno da toplinska ugodnost ima veliki značaj u samoj eksploataciji restorana i ureda.

1.3. Sustavi grijanja i hlađenja u restoranima i uredima

Za sustave grijanja i hlađenja u poslovnim zgradama, poput restorana i ureda, koriste se najmodernija rješenja koja se uklapaju u interijer prostora i koja istovremeno ne smiju izazivati osjećaj nelagode kod korisnika. U vrijeme sve izraženijeg globalnog zatopljenja, inicijativa od strane Europske Unije u što većoj upotrebi obnovljivih izvora energije je jasna. Stoga, izvori topline za poslovne zgrade, više nisu izvori pokretani na fosilna goriva, već izvori pokretani na obnovljive izvore energije. Kotlovi na lož ulje i na prirodni plin sve se manje koriste, a zamjenjuju ih većinom dizalice topline [4]. Dizalica topline je uređaj koji prenosi toplinu između dva spremnika. Jednom spremniku se toplina odvodi, dok se drugom dovodi a uvećana je za energiju kompresora. Dizalice topline koriste električnu energiju za pogon, te se smatraju obnovljivim izvorom energije jer koriste energiju okoliša. Ta energija može biti vanjski zrak,

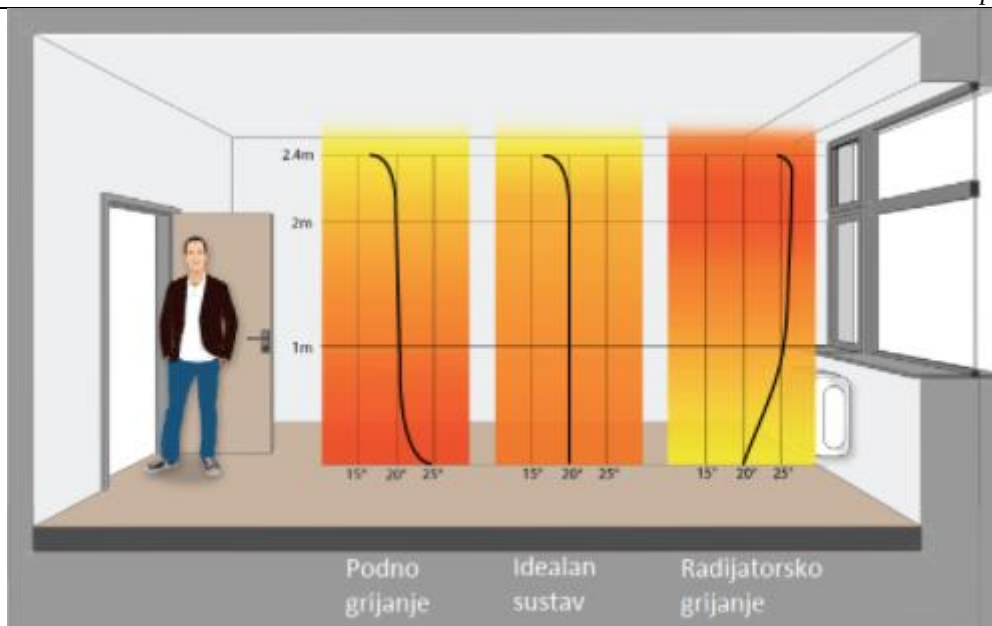
voda ili tlo. One se smatraju ekološkim i vrlo učinkovitim izvorima za grijanje i hlađenje [5].

Na slici 7. prikazan je shematski prikaz dizalice topline.



Slika 7. Shematski prikaz dizalice topline[5]

Dizalice topline rade najučinkovitije sa niskotemperaturnim režimom grijanja. Tu se smatraju sva površinska grijanja. Podno, zidno i stropno grijanje rade na principu prijenosa energije zračenjem. Velike površine dozvoljavaju da polazna temperatura grijanja bude vrlo niska cca. 35°C. Što je niža temperatura polaznog voda grijanja, to dizalica topline radi sa većim nazivnim koeficijentom učinkovitosti tj. COP-om. Prednosti podnog grijanja su u tome što su temperature na različitim visinama u prostoriji koja koristi podno grijanje najbliže idealnima, što pruža najveći osjećaj zadovoljstva. Distribucija topline kod podnog grijanja prikazana je na slici 8. Također, toplinska energija se kod podnog grijanja prenosi zračenjem što znači da nema strujanja zraka zbog konvektivnog prijelaza topline kao npr. kod radijatora. Tople površine također odaju osjećaj zadovoljstva korisnika prostora. Zadnja prednost koja će se navesti kod podnog grijanja je ta što je ono većinom sakriveno. Time korisnik u prostoru ima osjećaj vizualnog zadovoljstva. Također, površinska grijanja mogu se koristiti i kao površinska hlađenje, samo se mora voditi temperatura površina kako ne bi došlo do kondenzacije vodene pare iz zraka[6].



Slika 8. Distribucija topline kod podnog grijanja[7]

Uz površinska grijanja, veliki obujam upotrebe imaju i ventilokonvektori. Oni također mogu služiti kako za grijanje, tako i za hlađenje. Mogućnost ugradnje raznih oblika ventilokonvektora (podni, parapetni, zidni, kazetni i kanalni) i mogućnost njihovog sakrivanja i uklapanja u interijer prostorija pridonosi njihovoj upotrebi kako u poslovnim zgradama, tako i u stambenim[8].

U ovome radu ideja je napraviti sustav grijanja i hlađenja, koji će za izvor topline imati dizalicu topline zrak-voda. Smještaj vanjske jedinice predviđa se na krovu zgrade, dok bi unutarnja jedinica, spremnik topline, razdjelnik i sva ostala potrebna armatura bili smješteni u strojarnici u prizemlju. Sustavom podnog grijanja i hlađenja nastoje se prvenstveno zadovoljiti potrebe za grijanjem. Ukoliko se potrebe za hlađenjem, koje su veće nego potrebe za grijanje, ne mogu zadovoljiti samo podnim hlađenjem, instalirati će se i sustav ventilokonvektora. Ukoliko kombinacija sustava ventilokonvektora sa sustavom podnog hlađenja ne može zadovoljiti potrebe za hlađenjem, nastojati će se klimatizacijom nadoknaditi sami nedostatak. Za potrebe grijanja potrošne tople vode, dalje u tekstu "PTV", koristiti će se zasebna visokotemperaturna dizalica topline. Treća, četvrta i peta dizalica topline koristiti će se za potrebe klimatizacije, odnosno za potrebe grijača i hladnjaka koji se nalaze u klimakomorama na krovu zgrade.

2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE

Zgrada restorana McDonald's nalazi se u Zagrebu, stoga su referentni podaci za proračun uzeti iz najbliže meteorološke postaje, a to je Zagreb-Maksimir. Prema toj postaji projektna temperatura za zimu iznosi $-12,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, a srednja godišnja temperatura iznosi $11,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proračun toplinske bilance za zimsko i ljetno razdoblje napravljen je pomoću računalnog programa IntegraCAD. Toplinska bilanca za zimsko razdoblje napravljena je prema normi HRN EN 12831, a za ljetno razdoblje prema smjernici VDI 2078.

2.1. Toplinska bilanca za zimsko razdoblje

Gubici koji utječu na toplinsku bilancu za zimsko razdoblje su transmisijski i ventilacijski. Transmisijski toplinski gubici predstavljaju toplinski tok koji se iz grijanih prostorija predaje okolišu, tlu ili ostalim negrijanim prostorijama kroz okolne plohe. U ovome slučaju negrijane prostorije predstavljaju prostorije poput "spremišta" i "smeća". Transmisijski gubitak ovisi o koeficijentu prolaza topline U koji će u nastavku biti napisan u tablici za pojedine građevne dijelove. Ventilacijski toplinski gubici predstavljaju toplinski tok za zagrijavanje zraka koji je ušao u prostor kao posljedica strujanja zraka kroz ovojnicu zgrade, te između njezinih pojedinih dijelova tj. prostorija. Taj gubitak ovisi o volumenu prostorije i o broju izmjena zraka n za svaku prostoriju. Uz ove gubitke potrebno je i izračunati potreban toplinski tok za potrebe ponovnog zagrijavanja prostora uslijed prekida rada sustava grijanja[9].

2.1.1. Osnovne formule

Za sustave grijanja u zgradarstvu, kao metoda proračuna toplinskog opterećenja, koristi se norma HRN EN 12831. Za proračun toplinskog opterećenja postoje i druge norme, ali za ovu se može reći da je najprihvatljivija i najčešće korištena. Sljedećim jednadžbama prikazane su osnovne formule koje se koriste u ovoj normi. Projektni toplinski gubici predstavljaju zbroj transmisijskih gubitaka, ventilacijskih gubitaka i gubitaka radi ponovnog zagrijavanja i dani su sljedećom formulom:

$$\phi_{HL} = \sum \phi_{T,i} + \sum \phi_{V,i} + \sum \phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (1)$$

Projektni transmisijski gubici računaju se pomoću četiri koeficijenta koji se množe sa razlikom unutarnje i vanjske projektne temperature:

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \times (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

Prvi član te jednadžbe je koeficijent transmisijskog gubitka prema vanjskome okolišu i on se računa prema:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k U_k e_k + \sum_l \psi_l l_l e_l \quad [\text{W/K}] \quad (3)$$

Drugi član je koeficijent transmisijskog gubitka kroz negrijane prostore:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k U_k b_u + \sum_l \psi_l l_l b_u \quad [\text{W/K}] \quad (4)$$

Treći član je koeficijent transmisijskog gubitka prema tlu:

$$H_{T,ig} = f_{g_1} \times f_{g_2} \times \left(\sum_k A_k U_{equiv,k} \right) \times G_w \quad [\text{W/K}] \quad (5)$$

$$f_{g_2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (6)$$

Četvrti član je koeficijent transmisijskog gubitka prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} A_k U_k \quad [\text{W/K}] \quad (7)$$

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ads}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (8)$$

Ventilacijski toplinski gubici predstavljaju umnožak koeficijenta ventilacijskog gubitka i razlike između unutarnje i vanjske projektne temperature:

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \times (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (9)$$

$$H_{V,i} = V_i \times \rho \times c_p \quad [\text{W/K}] \quad (10)$$

Proračun bez ventilacijskog sustava:

$$V_i = \max(V_{inf,i} \times V_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (11)$$

$$V_{min,i} = n_{min} \times V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (12)$$

$$V_{inf,i} = 2 \times V_{int} \times n_{50} \times e_i \times \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (13)$$

Proračun s ventilacijskim sustavom:

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \times f_{V,i} + V_{mech,inf,i} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (14)$$

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (15)$$

Za prostore s prekidom grijanja potreban je i dodatni toplinski učin za zagrijavanje do projektne unutarnje temperature s neke niže temperature koja je ostvarena radi prekida grijanja[9]:

$$\phi_{RH,i} = A_i \times f_{RH} \quad [\text{W}] \quad (16)$$

2.1.2. Ulazni podaci

Prvi ulazni podatak je projektna vanjska temperatura. Ona iznosi $-12,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, a prilikom unošenja u program ona je zaokružena na $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Drugi parametar je unutarnja projektna temperatura koja za sanitarije iznosi $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, a za sve ostale prostorije $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pretpostavka je da se prilikom prekida grijanja temperatura spusti za $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, i da je potrebno dva sata kako bi se prostorije ponovno ugrijale na željenu temperaturu. Stoga, korekcijski faktor iznosi $f_{RH}=6$ W/m^2 [9]. Vrijednosti koeficijenta prolaza topline U dobiveni su od arhitekata i dani su u tablici 1.

Tablica 1. Koeficijenti prolaza topline građevnih dijelova

Građevni dio	Oznaka u programu	Koeficijent prolaza topline U [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Pod prema tlu	POD	0,29
Vanjski zid	VZ	0,24
Prozor	PR	1,4
Vrata	VR	2,0
Unutarnji zid prema negrijanim prostorijama	UZ	0,4
Međukatna konstrukcija	MK	0,35
Krov	KROV	0,21

Kako prema arhitektonskoj podlozi nisu naznačeni toplinski mostovi za potrebe proračuna oni se uzimaju u obzir na način da se koeficijenti prolaza topline za pojedine građevne dijelove uvećaju za $0,05\text{ W/m}^2\text{K}$. Kako je poznato da će zgrada imati kompletan sustav klimatizacije i mehaničke ventilacije, ventilacijski gubici će biti puno manji nego što bi bili u slučaju da zgrada ne posjeduje te sustave. No ipak, ne smiju se u potpunosti zanemariti, stoga se broj izmjena zraka svih prostorija pretpostavlja na vrijednost $0,2\text{ [h}^{-1}\text{]}$ [9].

2.1.3. Rezultati proračuna

Rezultati proračuna toplinskih gubitaka prikazani su po etažama u tablici 2. za prizemlje i u tablici 3. za prvi kat. Podaci koji su prikazani u tablici za svaku prostoriju su površina, transmisijski gubici, ventilacijski gubici, toplina potrebna za ponovno zagrijavanje, ukupni toplinski gubici i ukupni toplinski gubici po m² efektivne površine.

Tablica 2. Toplinski gubici po prostorijama za prizemlje

Prostorija	A_k [m ²]	ϕ_T [W]	ϕ_V [W]	ϕ_{RH} [W]	ϕ_{HL} [W]	ϕ_{HL}/A_k [W/m ²]
Lobby	215	4368	1447	1290	7105	33
McCafe	11,05	166	67	66	299	37,1
Servis	17,3	401	105	103	609	35,2
Točionik	11,75	75	87	70	232	19,7
Kuhinja	55,85	432	414	335	1181	21,1
Naplata	4,2	318	25	25	368	87,6
Ured	4,9	8	31	29	68	13,9
Kurir	7,5	13	47	45	105	14
Osoblje	12	20	75	72	167	13,9
Garderoba M	5,15	8	32	30	70	13,6
Garderoba Ž	7,45	12	47	44	103	13,8
Tuš žene	1,9	85	13	11	109	57,4
Hodnik	45,2	682	284	271	1237	27,4
WC invalidi	4,75	12	33	28	73	15,4
Sortirnica	4,75	8	30	28	66	13,9
Tuš muškarci	2,4	6	17	14	37	15,4
Sanitarije M	4,45	11	31	26	68	15,3
Sanitarije Ž	2,8	7	20	16	43	15,4
Spremište	3,6	6	29	21	56	15,6
Stubište	16,35	931	130	98	1159	70,9
UKUPNO	438,35	7569	2964	2622	13155	30,01

Iz tablice 2. vidi se da je za prizemlje potrebno osigurati minimalno 13,155 kW toplinskog učina odnosno u prosjeku 30,01 W/m², od toga jedino odstupaju prostorije stubišta i naplata koje imaju velike staklene površine i izbočene su iz konstrukcije pa sa tri strane graniče s vanjskim okolišem, te prostorija tuš žene koja ima visoku unutarnju temperaturu i veliki udio zida koji graniči sa vanjskim okolišem.

Tablica 3. Toplinski gubici po prostorijama za prvi kat

Prostorija	A_k [m ²]	ϕ_T [W]	ϕ_V [W]	ϕ_{RH} [W]	ϕ_{HL} [W]	ϕ_{HL}/A_k [W/m ²]
Lobby	84,75	2515	571	508	3594	42,4
Sanitarije M	13,15	126	93	78	297	22,6
Sanitarije Ž	11,1	106	78	66	250	22,5
Sortirnica	4,35	37	27	26	90	20,7
Uredi	130,35	4199	878	782	5859	44,9
Sastanci 3	13,75	490	93	82	665	48,4
IT lab	11,7	100	79	70	249	21,3
Ured	72,1	2911	485	432	3828	53,1
Spremište	3,65	31	25	21	77	21,1
WC M	6,55	56	44	39	139	21,2
WC Ž	7,1	60	48	42	150	21,1
Sastanci 2	11,8	144	79	70	293	24,8
Ured	14,8	586	100	88	774	52,3
Lobby	38,75	332	261	232	825	21,3
Sastanci 1	39,35	1676	265	236	2177	55,3
Stubište	20,8	1835	278	124	2237	107,5
Sastanci 4	9,35	444	76	56	576	61,6
UKUPNO	493,4	15648	3480	2952	22080	44,75

Iz tablice 3. vidi se da je za prvi kat potrebno osigurati minimalno 22,08 kW toplinskog učina odnosno u prosjeku 44,75 W/m². Ovi podaci su veći u odnosu na prizemlje, prvenstveno jer se na prvome katu, u odnosu na prizemlje, veća površina grije. Prostorije u prizemlju u koje su smješteni zamrzivači, rashladne komore, smeće i sl. ne griju se, dok na prvome katu takvih

prostorija nema. Osim toga na prvome katu veći su transmisijski gubici jer su gubici prema vanjskome okolišu kroz krov veći u odnosu na gubitke kroz pod. Od prosječne vrijednosti odstupa samo prostorija stubišta, koja ima veću visinu od ostalih prostorija, stoga i veliku površinu zidova koji graniče sa vanjskim okolišem i veliku površinu staklenih otvora.

U tablici 4. prikazani su ukupni toplinski gubici po etažama i njihov zbroj.

Tablica 4. Ukupni toplinski gubici za zgradu

Etaža	A_k [m ²]	ϕ_T [W]	ϕ_V [W]	ϕ_{RH} [W]	ϕ_{HL} [W]	ϕ_{HL}/A_k [W/m ²]
Prizemlje	438,35	7569	2964	2622	13155	30,01
Prvi kat	493,4	15648	3480	2952	22080	44,75
UKUPNO	931,75	23217	6444	5574	35235	37,82

Iz tablice 4. vidljivo je da je ukupno potrebno minimalno dovesti 35,235 kW toplinskog učina kako bi se ostvarile željene projektne unutarnje temperature. Kako je zgrada podijeljena na dva dijela, ukupan potreban učin za grijanje prostorija Restorana iznosi 17,386 kW, a za potrebe grijanja prostorija Ureda 17,849 kW. Za potrebe odabira i dimenzioniranja opreme, te vrijednosti će se radi faktora sigurnosti uvećati za 10%.

2.2. Toplinska bilanca za ljetno razdoblje

Proračun za ljetno razdoblje, odnosno proračun kojim se nastoji odrediti potrebno rashladno opterećenje prostorija prati smjernicu VDI 2078, a također je napravljen u računalnom programu IntegraCAD. Ovaj proračun razlikuje se od proračun za zimsko razdoblje zato što se u ovome proračunu uzimaju i toplinski dobici i napravljen je uz pomoć drugačijih matematičkih izraza. Ti toplinski dobici, u ovome slučaju, nastaju zbog ljudi koji borave i koriste prostorije, te rasvjete i uređaja koji se nalaze u njima. Ovi dobici se nazivaju unutarnji toplinski dobici. Vanjski toplinski dobici predstavljaju infiltraciju toplijeg vanjskog zraka, transmisiju kroz građevne dijelove i sunčevog zračenja kroz ostakljene površine[10].

2.2.1. Osnovne formule

Sljedećim jednadžbama prikazane su osnovne formule koje se koriste za proračun rashladnog opterećenja. Uz pomoć sljedećih formula računaju se osjetni toplinski dobici od osoba:

$$q_{Pers,trocken} = 161 - 3,8 \times \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti I} \quad [\text{W/osobi}] \quad (17)$$

$$q_{Pers,trocken} = 166 - 3,8 \times \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti II} \quad [\text{W/osobi}] \quad (18)$$

$$q_{Pers,trocken} = 183 - 4,1 \times \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti III} \quad [\text{W/osobi}] \quad (19)$$

$$q_{Pers,trocken} = 266 - 6,6 \times \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti IV} \quad [\text{W/osobi}] \quad (20)$$

Uz pomoć sljedećih formula računaju se latentni toplinski dobici od osoba:

$$q_{Pers,feucht} = -61 + 3,8 \times \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti I} \quad [\text{W/osobi}] \quad (21)$$

$$q_{Pers,feucht} = -41 + 3,8 \times \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti II} \quad [\text{W/osobi}] \quad (22)$$

$$q_{Pers,feucht} = -13 + 4,1 \times \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti III} \quad [\text{W/osobi}] \quad (23)$$

$$q_{Pers,feucht} = -53 + 6,6 \times \theta_{P,D} \text{ za razinu aktivnosti IV} \quad [\text{W/osobi}] \quad (24)$$

Minimalna vrijednost $q_{Pers,feucht}$ iznosi 25 W/osobi. U tablici 5. prikazane su vrijednosti koje prosječna osoba prilikom određenja aktivnosti emitira[10].

Tablica 5. Toplinski dobici od različitih aktivnosti za prosječnu osobu

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

Kod toplinskih dobitaka od rasvjete, uzima se samo onaj dio koji utječe na prostor. Ukoliko se sva toplina proizvedena rasvjetom odvede pomoću odsisnih ventilatora, ona se ne uključuje u proračun. Proračun toplinskih dobitaka iz rasvjete računa se sljedećom formulom koja procjenjuje toplinske dobitke rasvjete po m² površine prostorije:

$$p_j = p_{j,lx} \times \bar{E}_m \times k_A \times k_L \times k_R \quad [\text{W/m}^2] \quad (25)$$

$$k = \frac{a_R \times b_R}{h'_R \times (a_R + b_R)} \quad (26)$$

Proračun svih ostalih toplinskih dobitaka računa se uz pomoć sljedeće formule prema DIN 18599-10[10]:

$$E_d = P_{max} \times T_{B,d} \quad [W] \quad (27)$$

2.2.2. Ulazni podaci

Računalni program IntegraCAD koristeći formule iz norme VDI 2078, preuzima sve potrebne podatke koji su uneseni u proračunu za zimsko razdoblje. Preuzimaju se sve površine koje su definirane u tom proračunu i prema njima se radi proračun za ljetno razdoblje. Nakon definiranja sastava građevnih dijelova koji graniče sa vanjskim okolišem, definira se i faktor kojim se određuje propusnost solarnog zračenja kroz ostakljena. Iz arhitektonske podloge vidljivo je da su sva ostakljenja djelomično natkrivena izbočenjima sa zida zgrade koja bacaju sjenu na sve staklene površine i time smanjuju solarne dobitke u prostoriji. Dimenzije tih izbočenja očitane su iz podloga i unešene u program. Kako sami program ima definirane 4 zone sa različitim insolacijama i vanjskim temperaturama, odabrana je zona 3 koja najviše odgovara Zagrebu. Sve prostorije u kojima je predviđeno hlađenje imaju projektnu temperaturu 26 °C. Prostorije u kojima nije predviđeno grijanje, nije predviđeno ni hlađenje. Uz te prostorije hlađenje se ne predviđa ni u prostorijama sanitarija, wc-a i spremišta. Nakon definiranja navedenih osnovnih parametara, za svaku prostoriju se redom unosi predviđeni broj ljudi, njihova razina aktivnosti, toplinski dobici od rasvjete i od strojeva. Broj ljudi procijenjen je pomoću arhitektonskih podloga i broja sjedećih mjesta. Razina aktivnosti je za sve prostorije niska (I) osim prostorija kuhinje u kojoj je srednja (III). Prema normi HRN EN 12464 razina osvjetljenosti, za sve prostorije u ovoj zgradi iznosi 300 lx, osim za prostorije kuhinje i ureda za koje iznosi 500 lx[11]. Stoga je za sve prostorije uzeto da toplinski dobici rasvjete iznose 10 W/m², a za kuhinju i urede 14 W/m². Za toplinske dobitke uređaja koristile su se arhitektonske podloge, predviđeni toplinski dobici po radnome stolu iznose 150 W. U velikim uredima otvorenog tipa predviđen je i uređaj za kopiranje i printanje čiji toplinski dobici iznose 300 W. Za prostorije kuhinje teško je procijeniti stvarne toplinske dobitke uređaja, jer kompletna kuhinjska tehnika nije poznata i nisu poznati toplinski dobici od svih uređaja. Toplinski dobici uređaja u cijeloj kuhinji procijenjeni su na 16 kW. Tablicom 6. i 7. prikazani su parametri koje je bilo potrebno unositi u program za svaku prostoriju prizemlja i prvog kata.

Tablica 6. Parameti pojedinih prostorija prizemlja

Prostorija	Broj osoba	Razina aktivnosti	Rasvjeta [W/m ²]	Uređaji [W]
Lobby	160	I	10	600
McCafe	2	III	14	1000
Servis	7	III	14	3000
Točionik	2	III	14	1000
Kuhinja	12	III	14	12000
Naplata	1	III	10	300
Ured	1	I	14	150
Kurir	1	I	10	0
Osoblje	4	I	10	0
Hodnik	0	/	10	0
Sortirnica	1	I	10	0
Stubište	0	/	10	0

Tablica 7. Parametri pojedinih prostorija prvog kata

Prostorija	Broj osoba	Razina aktivnosti	Rasvjeta [W/m ²]	Uređaji [W]
Lobby	55	I	10	0
Sortirnica	1	I	10	0
Uredi	21	I	14	1825
Sastanci 3	4	I	14	450
IT lab	1	I	10	600
Ured	9	I	14	1650
Sastanci 2	4	I	14	450
Ured	2	I	14	300
Lobby	2	I	10	300
Sastanci 1	12	I	14	1050
Stubište	0	/	10	0
Sastanci 4	4	I	14	300

2.2.3. Rezultati proračuna

Rezultati proračuna ispisani su u tablici 8. za prizemlje, i u tablici 9. za prvi kat. Po prostorijama je prikazano maksimalno opterećenje i datum, odnosno vrijeme tog maksimalnog opterećenja.

Tablica 8. Rashladno opterećenje po prostorijama za prizemlje

Prostorija	Toplinski dobici [W]	Datum i vrijeme
Lobby	22631	23.Srpanj 16h
McCafe	1458	23.Srpanj 20h
Servis	4343	23.Srpanj 18h
Točionik	1459	23.Srpanj 20h
Kuhinja	14147	23.Srpanj 20h
Naplata	511	23.Srpanj 18h
Ured	314	23.Srpanj 18h
Kurir	181	23.Srpanj 18h
Osoblje	558	23.Srpanj 20h
Hodnik	975	22.Rujan 13h
Sortirnica	155	23.Srpanj 16h
Stubište	1465	23.Srpanj 16h
UKUPNO	48197	/

Iz tablice 8. vidljivo je vršno rashladno opterećenje prostorija prizemlja. Kada bi sve prostorije imale u isto vrijeme maksimalne toplinske dobitke, ukupno bi bilo potrebno dovesti 48,197 kW rashladnog učina kako bi se ostvarili projektni uvjeti. Kako različite prostorije imaju maksimalne vrijednosti u različitim trenucima i danima, projektno toplinsko opterećenje prizemlja iznosi 47,747 kW i taj iznos se dogodi 23.srpnja.

Tablica 9. Rashladno opterećenje po prostorijama za prvi kat

Prostorija	Toplinski dobici [W]	Datum i vrijeme
Lobby	7524	22.Rujan 9h
Sortirnica	165	23.Srpanj 19h
Uredi	10247	22.Rujan 9h
Sastanci 3	1624	22.Rujan 9h
IT lab	818	23.Srpanj 20h
Ured	7094	23.Srpanj 17h
Sastanci 2	1058	23.Srpanj 20h
Ured	1204	22.Rujan 12h
Lobby	998	23.Srpanj 20h
Sastanci 1	4261	23.Rujan 17h
Stubište	3710	21.Svibanj 16h
Sastanci 4	1647	21.Svibanj 17h
UKUPNO	40350	/

Iz tablice 9. vidljivo je da kada bi sve prostorije imale vršno rashladno opterećenje u isto vrijeme, bilo bi potrebno dovesti 40,35 kW rashladnog učina kako bi se zadovoljili projektni uvjeti. Kako i za prizemlje, tako i za prvi kat ukupni maksimalni toplinski dobici dogode se 23. srpnja, stoga projektno toplinsko opterećenje za prvi kat iznosi 36,48 kW rashladnog učina. Za potrebe proračuna opreme, te vrijednosti će se radi faktora sigurnosti uvećati za 10% isto kao i u grijanju.

3. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SUSTAVA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE

Podno grijanje i hlađenje izvodi se na način da primarnu funkciju ima podno grijanje. Sustav se dimenzionira na način da se podnim grijanjem zadovolje svi potrebni kapaciteti zgrade za grijanjem. Nakon što je dimenzioniran sustav u grijanju, parametri dimenzioniranja ostaju isti te se pomoću njih dobiva određeni učinak hlađenja koji nije dovoljan da zadovolji potrebe zgrade za hlađenjem. Uz podno hlađenje, u glavne prostorije predvidjeti će se i ventilokonvektori parapetne i kazetne tj. stropne izvedbe. Ventilokonvektori, iako imaju mogućnost i grijanja, predviđeni su samo za hlađenje. U svakom trenutku oni se mogu uključiti i u periodu grijanja, pa mogu služiti kao rezerva ili dodatna snaga grijanja. Dizalica topline moći će pokriti i djelomičan kapacitet ventilokonvektora u grijanju pošto je kapacitet hlađenja zgrade veći nego kapacitet grijanja.

3.1. Odabir i dimenzioniranje sustava podnog grijanja i hlađenja

Sustav podnog grijanja i hlađenja izvodi se preko razvodnih ormara koji su pozicionirani po prostorijama. Za prostorije Restorana predviđena su četiri razvodna ormara (tri na prizemlju i jedan na prvome katu), a za prostorije Ureda također četiri komada na prvome katu. U razvodnim ormarima smješteni su razdjelnici pojedinih krugova grijanja i hlađenja. Razdjelnici se opskrbljuju toplom i hladnom vodom iz strojarnice preko bakrenog cijevnog razvoda. Razvodni ormarići su podžbuknog tipa i ugrađuju se u zid. U njima se nalaze povezani razdjelnik i sabirnik s potrebnim brojem priključaka, odzračnim ventilom, slavinom za pražnjenje, termometrima polaza i povrata i glavnim priključnim ventilima. Na slici 9. prikazan je jedan standardni razdjelnik i sabirnik. U prostorijama u kojima je potrebno samo grijanje, u sezoni hlađenja zatvoriti će se ventili krugova podnog hlađenja. Krugovi sustava podnog grijanja i hlađenja formirat će se iz višeslojnih cijevi PE-RT/AI/PE-RT 16x2,0mm. Cijevi se polažu sa razmakom od 100 do 200 mm, na način da se tehnikom šiljaka za učvršćivanje pričvrste za gornji sloj toplinske izolacije. Uz vanjske zidove i staklene stijene razmak između cijevi je 100 mm a u ostalim dijelovima prostorija razmak je ili 150 ili 200 mm. Ideja je da se ispod sve raspoložive površine postavljaju petlje podnog grijanja i hlađenja, tj. da nema niti jednog dijela raspoložive površine bez petlji podnog grijanja i hlađenja. Ispod cijevi potrebno je postaviti toplinsku izolaciju i PE foliju. Nakon što se provede ispitivanje cijelog sustava na

nepropusnost, cijevi se prekrivaju cementnim estrihom u koji je dodan odgovarajući aditiv kako bi se poboljšao prijenos topline[12].



Slika 9. Izgled standardnog razdjelnika i sabirnika[13]

Ucrtavanje i dimenzioniranje petlji podnog grijanja i hlađenja napravljeno je pomoću računalnog programa InstalSoft HSE Therm. Ovaj program koristi normu HRN EN 1264, koja opisuje površinske sustava grijanja i hlađenja vodom. Maksimalna duljina petlje podnog grijanja je postavljena na 150 m kako ne bi došlo do prevelikog pada tlaka. Tablica 10. prikazuje sve prostorije sa potrebnim kapacitetima grijanja, instaliranim kapacitetima grijanja, viškom odnosno manjkom instaliranog grijanja i postotkom pokrivenosti potrebnog grijanja, a tablica 11. sve te podatke vezane uz hlađenje. Kako u par prostorija nije bilo moguće zadovoljiti sav potrebni kapacitet za grijanjem radi premale dostupne površine, taj manjak nadoknađen je u okolnim prostorijama kako bi ukupan kapacitet na razini cijele zgrade bio zadovoljen. Ukoliko se željelo ostvariti više podnog hlađenja, bilo je potrebno postaviti više cijevi, odnosno slagati ih sa što manjim međusobnim razmakom. Kada bi se to napravilo, na svakoj promjeni sezone grijanja u sezonu hlađenja bilo bi potrebno podešavati protoke na svakom razdjelnom ormariću, što se u realnosti rijetko radi. Osim toga, drugi razlog zašto se nije postavljala gušća mreža cijevi je i radi prevelikih troškova investicije u tome slučaju. Investicija bi rasla, a učinak podnog hlađenja bi imao neznatan utjecaj, jer bi i onda trebalo postavljati sustav ventilokonvektorskog hlađenja jer samim podnim hlađenjem nikako ne bi uspjeli zadovoljiti sve potrebe za hlađenjem. Regulacija sustava podnog grijanja i hlađenja riješena je na način da se u razvodnom ormaru, na polaznom vodu, za svaki pojedini krug, ugrađuje elektrotermički ventil s on/off pogonom, koji je upravljani signalom sobnog temperaturnog kontrolera. Na povratne krugove ugraditi će se regulacijski ventili kojima se regulira protok kroz pojedini krug grijanja i hlađenja[14].

Tablica 10. Popis prostorija sa instaliranim kapacitetima podnog grijanja

Prostorija	Potrebni kapacitet grijanja [W]	Instalirani kapacitet grijanja [W]	-/+ [W]	Postotak pokrivenosti grijanja [%]
Stubište	1275	292	-983	23%
Sastanci 4	634	533	-101	84%
Cijela kuhinja	2553	2603	50	102%
Lobby	7896	9799	1903	124%
Naplata i ured	480	483	3	101%
Kuriri	116	304	188	262%
Osoblje	599	599	0	100%
Garderoba M	118	192	74	163%
Garderoba Ž	233	258	25	111%
Hodnik	1423	2215	792	156%
WC invalidi	80	212	132	265%
WC M	75	198	123	264%
WC Ž	47	124	77	264%
Lobby	3953	4242	289	107%
Sanitarije M	327	538	211	165%
Sanitarije Ž	275	616	341	224%
Sortirnica	99	243	144	245%
Uredi	6445	6474	29	100%
Sastanci 3	732	729	-3	100%
IT lab	274	553	279	202%
Ured	4211	3966	-245	94%
Spremište	85	169	84	199%
WC M	153	182	29	119%
WC Ž	165	259	94	157%
Sastanci 2	322	555	233	172%
Ured	851	828	-23	97%
Lobby	908	1537	629	169%
Sastanci 1	2395	2287	-108	95%
Stubište	2461	598	-1863	24%
UKUPNO	39185	41588	2403	106%

Tablica 11. Popis prostorija sa instaliranim kapacitetima podnog hlađenja

Prostorija	Potrebni kapacitet hlađenja [W]	Instalirani kapacitet hlađenja [W]	-/+ [W]	Postotak pokrivenosti hlađenja [%]
Stubište	1612	131	-1481	8%
Sastanci 4	1812	227	-1585	13%
Cijela kuhinja	23257	1294	-21963	6%
Lobby	24317	4459	-19858	18%
Naplata i ured	908	214	-694	24%
Kuriri	199	199	0	100%
Osoblje	614	271	-343	44%
Garderoba M	0	0	0	0%
Garderoba Ž	0	0	0	0%
Hodnik	1073	759	-314	71%
WC invalidi	0	0	0	0%
WC M	0	0	0	0%
WC Ž	0	0	0	0%
Lobby	8276	1663	-6613	20%
Sanitarije M	0	0	0	0%
Sanitarije Ž	0	0	0	0%
Sortirnica	182	115	-67	63%
Uredi	11470	1535	-9935	13%
Sastanci 3	1786	348	-1438	19%
IT lab	900	283	-617	31%
Ured	7803	1695	-6108	22%
Spremište	0	0	0	0%
WC M	0	0	0	0%
WC Ž	0	0	0	0%
Sastanci 2	1164	279	-885	24%
Ured	1324	414	-910	31%
Lobby	1098	639	-459	58%
Sastanci 1	4687	1023	-3664	22%
Stubište	4081	254	-3827	6%
UKUPNO	96563	15802	-80761	16%

Tablicom 12. prikazuju se podaci po svakom razdjelniku zasebno. Ukupan broj krugova grijanja, duljina cijevi, protok i pad tlaka. Razdjelnici pod oznakama RAZ 1.1, RAZ 1.2, RAZ 1.3, RAZ 1.4 su dio Restorana, dok su razdjelnici pod oznakama RAZ 2.1, RAZ 2.2, RAZ 2.3,

RAZ 2.4 dio Ureda. Razvod do razdjelnika Restorana i razvod do razdjelnika Ureda je razdvojen i vodi se različitim trasama, kako bi se mogla regulirati i pratiti zasebno potrošnja Restorana, odnosno potrošnja Ureda.

Tablica 12. Podaci po razdjelnicima

Oznaka razdjelnika	Broj krugova grijanja	Ukupna duljina cijevi [m]	Protok [kg/h]	Pad tlaka [kPa]
RAZ 1.1	12	924	1217,8	29,02
RAZ 1.2	9	715,4	952,2	29,25
RAZ 1.3	9	492,9	806,5	29,03
RAZ 1.4	8	584,2	923,7	28,85
RAZ 2.1	11	800	1556,4	28,65
RAZ 2.2	10	701,1	982,7	29,23
RAZ 2.3	5	506,3	693,1	29,18
RAZ 2.4	6	592,2	948,9	28,81

Projektni temperaturni režim sustava podnog grijanja iznosi 38/32,8 °C, a podnog hlađenja 18/20,2 °C. Ukupni volumen vode koji se nalazi u sustavu podnog grijanja i hlađenja iznosi 650,3 l. Detaljan prikaz podnog grijanja i hlađenja sa ucrtanim petljama i pozicijama razdjelnika nalazi se u prilogu na nacrtima 1. i 2.

3.2. Odabir i dimenzioniranje sustava ventilokonvektora

Kako potrebe za hlađenjem nisu zadovoljene ugrađuju se u pojedine prostorije ventilokonvektori. Oni neće biti ugrađeni u sve prostorije, pogotovo ne u one manje radi toga što zauzimaju dosta mjesta. Razlika koja nije pokrivena u tim manjim prostorijama dodati će se većim prostorijama. U prostorijama Restorana ventilokonvektori se smještaju u prostorije lobby-ja na prizemlju i prvom katu i u prostorijama kuhinje. Ugrađuju se stropni ventilokonvektori koji se ugrađuju u spuštenu strop. Četverosmjerne kazete imaju mogućnost dovodenja svježeg zraka iz klima komora u iznosu od 30% njihovog protoka zraka na ventilatoru [15]. Odabrane su stropne kazete jer ne zauzimaju prostor i lakše ih je za održavati. U prostorijama Ureda, predviđeni su parapetni ventilokonvektori. U malim uredima na prvome katu, kao i u manjim sobama za sastanke nisu predviđeni ventilokonvektori, već će sustav

klimatizacije čiji dobavni zrak ima temperaturu od 18 °C zadovoljiti potrebe za hlađenjem. Prikaz kazetnih i parapetnih ventilokonvektora nalazi se na slikama 10. i 11. Odabrani su ventilokonvektori potrebnih kapaciteta proizvođača Daikin i prikazani u tablici 13. za Restoran, odnosno u tablici 14. za Urede. Temperaturni režim u grijanju iznosi 45/40 °C, a u hlađenju 7/12 °C.



Slika 10. Stropni ventilokonvektor [15]



Slika 11. Parapetni ventilokonvektor [15]

Tablica 13. Popis i snage odabranih ventilokonvektora Restorana

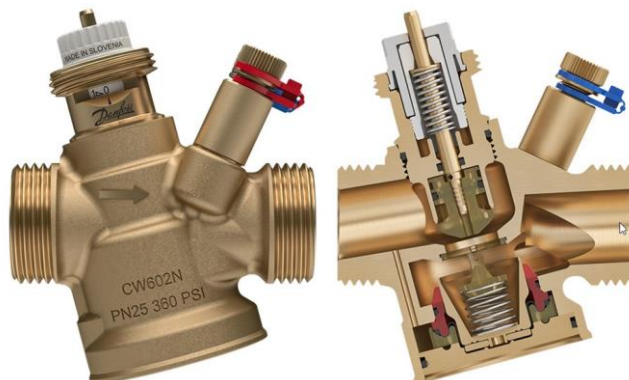
Prostorija	Oznaka jedinice	Tip jedinice	Snaga grijanja [kW]	Snaga hlađenja [kW]
Lobby prizemlja	UJ-1/1	FWF-BT/BF05	4,4	4
	UJ-1/2	FWF-BT/BF05	4,4	4
	UJ-1/3	FWF-BT/BF05	4,4	4
	UJ-1/4	FWF-BT/BF05	4,4	4
	UJ-1/5	FWF-BT/BF05	4,4	4
	UJ-1/6	FWF-BT/BF05	4,4	4
Kuhinja	UJ-1/7	FWG-AT/AF08	7,52	7,2
	UJ-1/8	FWG-AT/AF08	7,52	7,2
	UJ-1/9	FWG-AT/AF08	7,52	7,2
Lobby prvog kata	UJ-1/10	FWF-BT/BF03	3,3	3
	UJ-1/11	FWF-BT/BF03	3,3	3
UKUPNO			55,56	51,6

Tablica 14. Popis i snage odabranih ventilokonvektora Ureda

Prostorija	Oznaka jedinice	Tip jedinice	Snaga grijanja [kW]	Snaga hlađenja [kW]
Ured 2.08	UJ-2/1	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
	UJ-2/2	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
	UJ-2/3	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
Sastanci 4	UJ-2/4	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
Sastanci 1	UJ-2/5	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
	UJ-2/6	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
Ured 2.13	UJ-2/7	FWV-AT/AF02	1,81	1,69
Uredi 2.05	UJ-2/8	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
	UJ-2/9	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
	UJ-2/10	FWV-AT/AF03	2,37	2,37
UKUPNO			23,14	23,02

Upravljanje radom unutarnjih jedinica riješeno je pomoću daljinskog upravljača s mogućnošću ON/OFF regulacije, režima rada, smjera istrujavanja zraka, podešavanja temperature u prostoru, brzine ventilatora. Na svaku unutarnju jedinicu ugrađuje se i tlačno neovisno balansirajući i regulacijski ventil AB-QM proizvođača Danfoss. Taj ventil radi ugrađenog regulatora diferencijalnog tlaka konstantno održava potpuni autoritet i uvijek pruža stabilnu

regulaciju. Tijekom djelomičnog opterećenja neće doći do prekomjernog protoka jer ovi ventili ograničavaju protok na određenu vrijednost. Za dimenzioniranje tih ventila potreban je samo protok vode za ventilokonvektore. Na slici 12. prikazan je AB-QM ventil, a u tablici 15. prikazani su koji su ventili odabrani za pojedine ventilokonvektore[16].



Slika 12. AB-QM ventil[16]

Tablica 15. Odabrani AB-QH ventili prema tipu ventilokonvektora

Tip ventilokonvektora	Veličina cjevovoda [DN]	Protok [l/h]	Odabrana dimenzija AB-QM ventila [DN]	Postotak prethodnog podešavanja ventila [%]
FWF-BT/BF05	25	690	20	63
FWG-AT/AF08	32	1249	25	73
FWV-AT/AF03	20	410	15	63
FWV-AT/AF02	20	290	15	45

Kazetni ventilokonvektori imaju ugrađenu pumpu za odvod kondenzata s visinom dobave od 750 mm, s čime se povećava fleksibilnost i brzina ugradnje. Odvod kondenzata svih ventilokonvektora vodi se u spušenom stropu prizemlja u padu do najbliže vertikalne odvodnje. Odvod kondenzata izvodi se iz plastičnih cijevi promjera 32 mm.

3.3. Odabir i dimenzioniranje razvoda i cirkulacijskih pumpi

Razvod koji služi za distribuciju ogrjevne i rashladne vode od izvoda topline do samih ogrjevnih tijela, dimenzionira se prema brzini u cjevovodu i linijskom padu tlaku. U ovome

radu, odabire se bakreni cjevovod do nazivnog promjera DN 65. Razvod većih dimenzija izvodi se iz čeličnih cijevi. Uz pomoć računalnog programa MultiCalc dimenzioniran je sav razvod prema linijskom padu tlaku. Kako se u periodu hlađenja radi sa manjim temperaturnim razlikama, cjevovod podnog grijanja i hlađenja dimenzioniran je prema kapacitetima iz hlađenja. Cjevovod ventilokonvektora je također dimenzioniran prema hlađenju jer se oni koriste samo u sezoni hlađenja. Ograničenja koja su uzeta u obzir su: pad tlaka u prostorijama gdje borave ljudi preporuča se između 40 i 100 Pa/m, a u prostorijama gdje ne borave ljudi dozvoljava se i veći pad tlaka do 200 Pa/m [17]. Odabrane su te vrijednosti jer bi većim padom tlaka, došlo do vibracija i pojave buke, te bi bile potrebne cirkulacijske pumpe jače snage. Dimenzije svake dionice jasno su vidljive u Prilogu na nacrtima.

Za dimenzioniranje i odabir cirkulacijskih pumpi sekundarnih krugova grijanja, potrebno je za svaki krug odrediti kritičnu dionicu u kojoj se pojavljuje najveći pad tlaka. Pad tlaka računa se prema sljedećoj formuli i jednak je lokalnom padu tlaku i padu tlaka uslijed trenja[17]:

$$\Delta p = \left(\sum \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \times \frac{\rho w^2}{2} = \sum R \times L + \sum Z \quad [W] \quad (28)$$

U tablicama 16., 17., 18., i 19. prikazani su padovi tlaka za kritične dionice redom: kruga podnog grijanja i hlađenja Restorana, kruga podnog grijanja i hlađenja Ureda, kruga ventilokonvektora Restorana i kruga ventilokonvektora Ureda.

Tablica 16. Kritična dionica kruga podnog grijanja i hlađenja Restorana

D.	Cijev	Ø	q _v	d	w	L	R	RxL	Σζ	Z	RL+Z
		[kW]	[m ³ /h]	[mm]	[m/s]	[m]	[Pa/m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]
1.	Cu Ø35	2,36	0,932	32,00	0,322	8,0	50,48	403,8	17,5	903,96	1307,77
2.	Cu Ø54	7,851	3,065	50,00	0,434	14,5	48,27	700,0	7,5	703,64	1403,61
3.	Cu Ø54	8,724	3,406	50,00	0,482	12,0	58,08	697,0	19,5	2.258,92	2955,93
Pad tlaka kroz kalorimetar [Pa]										2000	
Pad tlaka kroz miješajući ventil [Pa]										2000	
Pad tlaka kroz razdjelnik [Pa]										29250	
Ukupno [Pa]										38917,31	
Ukupno (20% rezerve) [Pa]										48646,64	

Tablica 17. Kritična dionica kruga podnog grijanja i hlađenja Ureda

D.	Cijev	$\emptyset$ [kW]	q_v [m ³ /h]	d [mm]	w [m/s]	L [m]	R [Pa/m]	R _x L [Pa]	$\sum \zeta$	Z [Pa]	RL+Z [Pa]
1.	Cu Ø28	1,835	0,716	25,0	0,405	5,0	103,11	515,6	10,5	861,03	1376,59
2.	Cu Ø35	4,199	1,639	32,0	0,566	4,5	134,77	606,5	1,5	239,94	846,41
3.	Cu Ø35	5,761	2,249	39,0	0,523	3,0	91,50	274,5	1,5	204,71	479,21
4.	Cu Ø54	7,898	3,083	50,0	0,436	25,0	48,78	1219,5	27,5	2610,9	3830,51
Pad tlaka kroz kalorimetar [Pa]										2000	
Pad tlaka kroz miješajući ventil [Pa]										2000	
Pad tlaka kroz razdjelnik [Pa]										28810	
Ukupno [Pa]										39342,71	
Ukupno (20% rezerve) [Pa]										491787,39	

Tablica 18. Kritična dionica kruga ventilokonvektora Restorana

D.	Cijev	$\emptyset$ [kW]	q_v [m ³ /h]	d [mm]	w [m/s]	L [m]	R [Pa/m]	R _x L [Pa]	$\sum \zeta$	Z [Pa]	RL+Z [Pa]
1.	Cu Ø28	4	0,687	25,00	0,389	5,0	95,95	479,7	9,5	716,65	1196,38
2.	Cu Ø35	8	1,374	32,00	0,475	5,5	99,07	544,9	7,5	843,07	1387,93
3.	Cu Ø42	16	2,748	39,00	0,639	2,5	130,09	325,2	1,5	305,70	630,92
4.	Cu Ø54	20	3,435	50,00	0,486	3,0	58,98	176,9	3,5	412,54	589,47
5.	Cu Ø54	28	4,810	50,00	0,680	3,0	106,70	320,1	1,5	346,54	666,64
6.	DN 65	35,2	6,046	70,00	0,436	3,0	34,46	103,4	1,5	142,56	245,94
7.	DN 65	39,2	6,733	70,00	0,486	1,0	41,89	41,9	1,5	176,80	218,69
8.	DN 65	46,4	7,970	70,00	0,575	4,0	56,95	227,8	1,5	247,72	475,53
9.	DN 65	53,6	9,207	70,00	0,665	20, 0	74,17	1483,4	17,5	3856,5	5339,97
Pad tlaka kroz izmjenjivač ventilokonvektora [Pa]										24000	
Pad tlaka kroz AB-QM ventil [Pa]										16000	
Pad tlaka kroz kalorimetar [Pa]										2000	
Ukupno [Pa]										52751,46	
Ukupno (20% rezerve) [Pa]										65939,33	

Tablica 19. Kritična dionica kruga ventilokonvektora Ureda

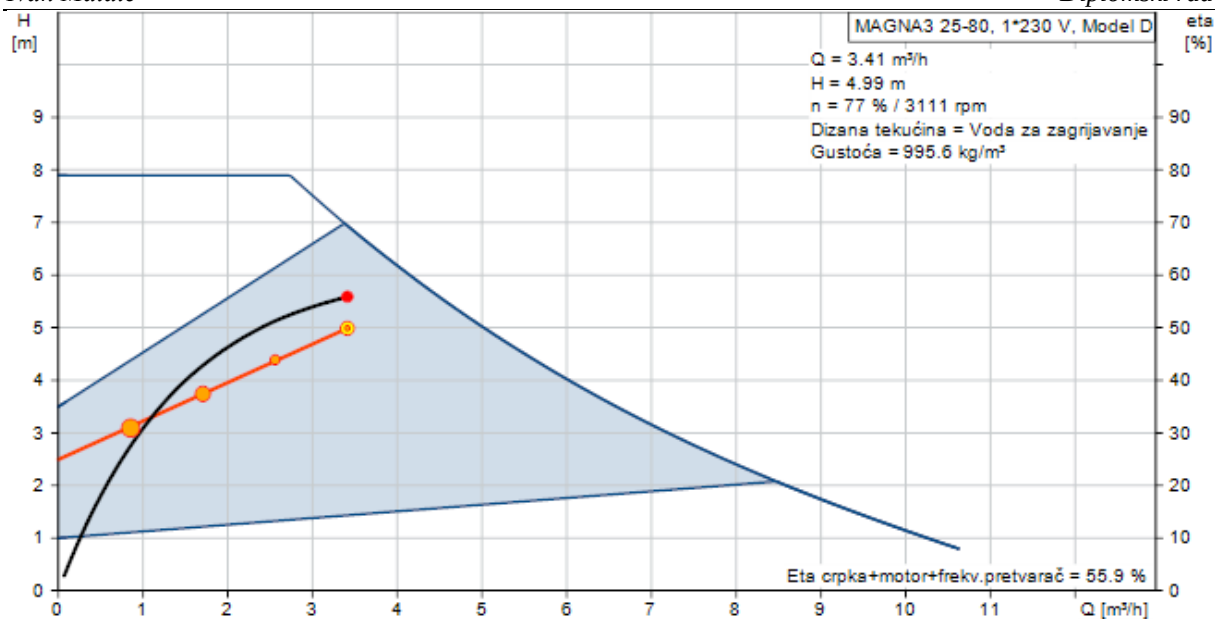
D.	Cijev	Ø	q _v	d	w	L	R	R _x L	Σζ	Z	RL+Z
		[kW]	[m ³ /h]	[mm]	[m/s]	[m]	[Pa/m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]
1.	Cu Ø22	2,37	0,407	20,00	0,360	9,0	111,94	1007,5	9,5	614,22	1621,69
2.	Cu Ø28	4,74	0,814	25,00	0,461	8,5	128,66	1093,6	1,5	158,89	1252,54
3.	Cu Ø35	7,11	1,221	32,00	0,422	6,0	80,69	484,1	1,5	133,18	617,33
4.	Cu Ø35	9,48	1,628	32,00	0,562	10,5	133,21	1398,8	3,5	552,47	1951,22
5.	Cu Ø42	11,17	1,919	39,00	0,446	5,0	69,31	346,5	1,5	148,99	495,52
6.	Cu Ø42	13,54	2,326	39,00	0,541	9,0	97,04	873,4	3,5	510,82	1384,20
7.	Cu Ø42	15,91	2,733	39,00	0,635	3,0	128,81	386,4	1,5	302,27	688,69
8.	Cu Ø54	23,02	3,954	50,00	0,559	5,0	75,53	377,6	11,5	1.795, 76	2173,40
Pad tlaka kroz izmjenjivač ventilokonvektora [Pa]										24000	
Pad tlaka kroz AB-QM ventil [Pa]										16000	
Pad tlaka kroz kalorimetar [Pa]										2000	
Ukupno [Pa]										52184,58	
Ukupno (20% rezerve) [Pa]										65230,73	

Kako bi se osiguralo da cirkulacijske pumpe uvijek mogu zadovoljiti sve padove tlaka u sustavu, uzima se rezerva od 20 % s kojom se mogu zadovoljiti svi nepredviđeni padovi tlaka prilikom izvođenja termotehničkog sustava.

Iz tablica 16., 17., 18. i 19. i uz pomoć sljedeće formule:

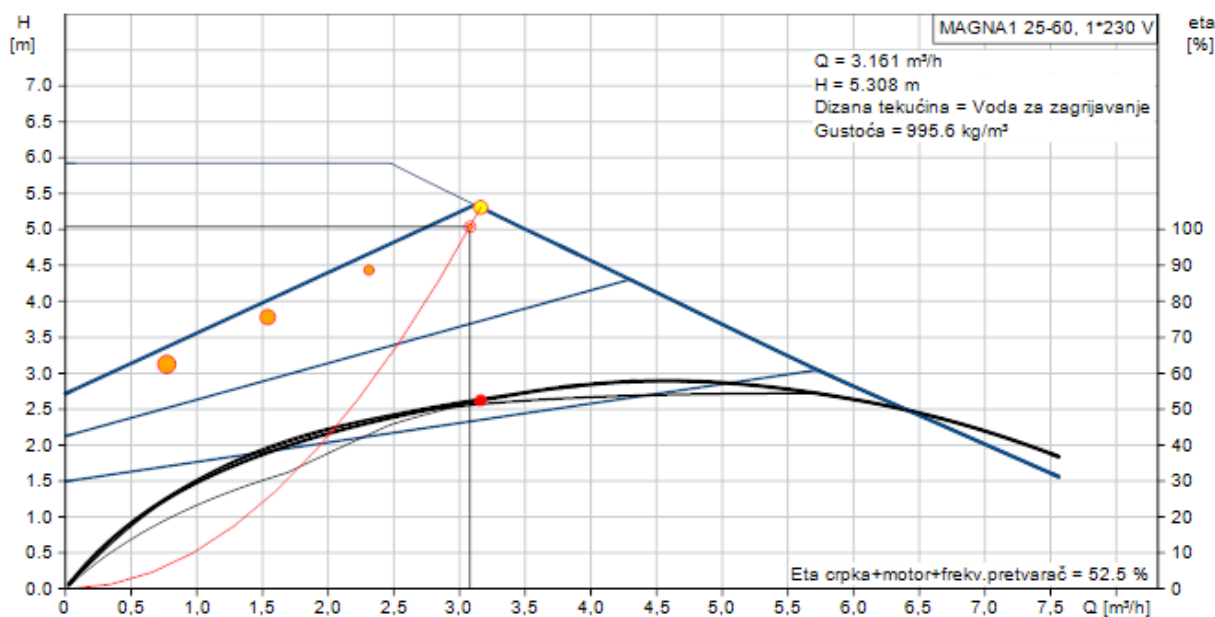
$$h_p = \frac{\Delta p}{\rho g} \quad [\text{m}] \quad (29)$$

Dobiveni su podaci da pumpa kruga podnog grijanja i hlađenja Restorana ima nazivni protok od 3,41 m³/h i nazivnu visinu dobave 4,99 m. Uz pomoć Grundfoss Product Centre-a odabrana je pumpa Magna3 25-80, čija je krivulja prikazana na slici 13[18].



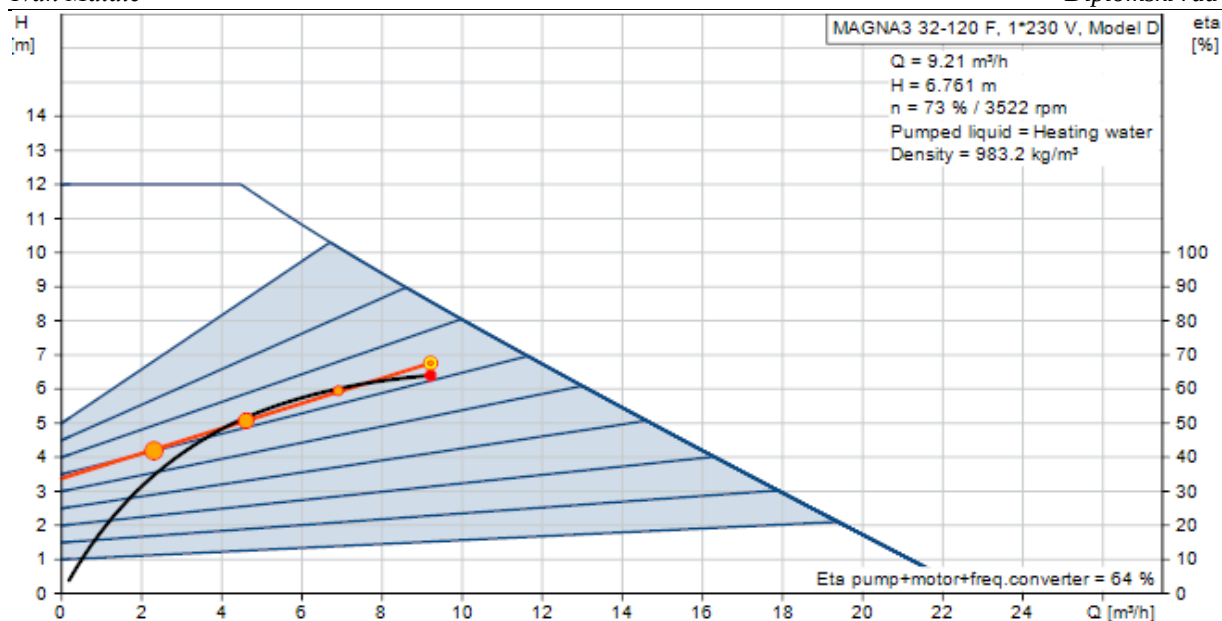
Slika 13. Krivulja pumpe podnog grijanja i hlađenja Restorana[18]

Nazivni protok za pumpu podnog grijanja i hlađenja Ureda iznosi $3,08 \text{ m}^3/\text{h}$ a nazivna visina dobave $5,04 \text{ m}$. Odabrana je pumpa Magna1 25-60 čija je krivulja pumpe prikazana na slici 14[18].



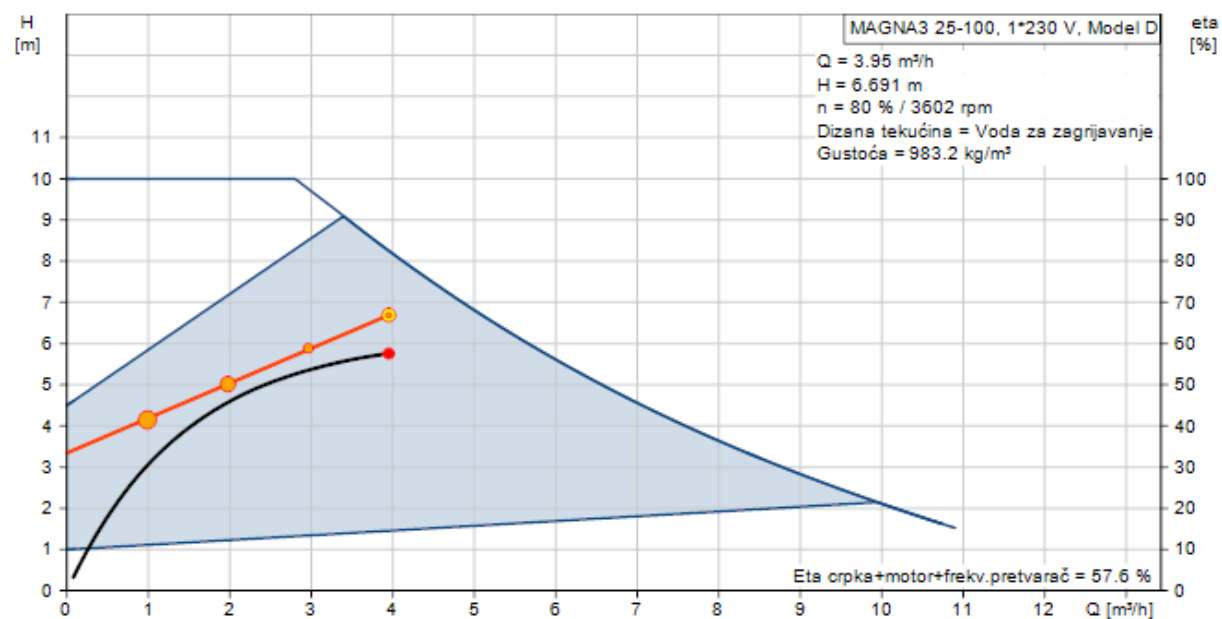
Slika 14. Krivulja pumpe podnog grijanja i hlađenja Ureda[18]

Nazivni protok za pumpu kruga ventilokonvektora Restorana iznosi $9,21 \text{ m}^3/\text{h}$ a nazivna visina dobave $6,76 \text{ m}$. Odabrana je pumpa Magna3 32-120 F čija je krivulja pumpe prikazana na slici 15[18].



Slika 15. Krivulja pumpe ventilokonvektora Restorana[18]

Nazivni protok za pumpu kruga ventilokonvektora Ureda iznosi 3,95 m³/h, a nazivna visina dobave 6,69 m. Odabrana je pumpa Magna3 25-100 čija je krivulja pumpe prikazana na slici 16[18].



Slika 16. Krivulja pumpe ventilokonvektora Ureda[18]

3.4. Odabir i dimenzioniranje dizalice topline

Radi najjednostavnije instalacije i upotrebe, odabire se dizalica topline zrak-voda. Monoblok izvedba dizalice topline znači da su sve komponente dizalice topline spojene u jednom uređaju koji se može smjestiti na krov zgrade. Dizalica topline dimenzionirana je prema instaliranom kapacitetu ogrjevnih i rashladnih tijela. Ukupno instalirani kapacitet rashladnih tijela iznosi 90,42 kW a ogrjevnih tijela 120,29 kW. Potrebno je zadovoljiti ukupni kapacitet rashladnih tijela, jer bi se ventilokonvektori koristili samo u hlađenju. U grijanju oni mogu služiti kao rezerva koju nije potrebno u potpunosti zadovoljiti kapacitetom dizalice topline. Odabrana je dizalica topline Energycal AHW PRO AT 125 proizvođača Viessmann. Odabrana dizalica, pri vanjskoj temperaturi okoliša od 35 °C i temperaturnom režimu 7/12 °C, ima rashladni kapacitet u iznosu od 100,7 kW. Pri vanjskoj temperaturi okoliša od -15 °C i temperaturnom režimu 45/40 °C ima ogrjevni kapacitet od 53,9 kW. Na ovaj način dizalica topline zadovoljava sav potrebni rashladni i ogrjevni kapacitet zgrade, te posjeduje rezervu od cca. 20% u grijanju kako bi se mogli upaliti i pojedini ventilokonvektori u zimskome razdoblju[19]. Na slici 17. prikazana je odabrana dizalica topline.



Slika 17. Energycal AHW PRO AT 125[19]

Odabrana dizalica topline zrak/voda u monoblok izvedbi jačeg kapaciteta predviđena je za vanjsku ugradnju. Radna tvar koju koristi je R 410-A. Reverzibilne je izvedbe, odnosno može se koristiti i u grijanju i u hlađenju, te i za zagrijavanje PTV-a preko dodatnog modula sa troputnim ventilom koje se u ovome slučaju neće koristiti. Ovaj tip dizalice ima dvostupanjsku izvedbu sa dva scroll kompresora i 2 rashladna kruga. Dizalica posjeduje i klizni tj. dinamički ciklus odmrzavanja. Regulacija dizalice upravlja ciklusom odmrzavanja prema promjenjivim graničnim uvjetima rada uzimajući i vanjsku temperaturu u radne parametre rashladnog kruga. Regulacija prepoznaje početak stvaranja leda na vanjskome izmjenjivaču i započinje ciklus odmrzavanja samo u onom trenutku kada je to potrebno kako bi osigurala siguran rad dizalice i što veću učinkovitost. Na ovaj način izbjegava se nepotrebno odleđivanje i smanjuje se vrijeme trajanja odleđivanja vanjske jedinice tako da dizalica topline u ciklusu odmrzavanja na vodenu stranu prenosi zanemarivu količinu rashlada[20]. Detaljnije o upravljanju i regulaciji dizalice topline u poglavlju Tehnički opis sustava.

Kako bi se osigurano neprekidni rad dizalice topline, proizvođač prema iskustvenim podacima predlaže ugradnju i spremnika rashladne i ogrjevnice vode. Preporuka je da se ugradi spremnik volumena 10-20 litara po kW rashladne energije. Prema tome za potrebe grijanja i hlađenja predmetne zgrade odabran je spremnik Solarcell SPCF volumena 1000 l[21].

Kako bi se omogućila 4 kruga sekundara u strojarnicu se ugrađuju razdjelnik i sabirnih ogrjevnice i rashladne vode. Kako pad tlaka na razdjelniku ne bi bio preveliki, odabire se brzina u njemu od 0,3 m/s. Za tu brzinu potreban je poprečni presjek razdjelnika od 150 mm. Kako bi stala sva potrebna armatura na njega predlaže se da bude duljine 1200 mm.

3.5. Odabir i dimenzioniranje ekspanzijske posude i kalorimetra

Ekspanzijsku posudu potrebno je ugraditi u sustav kako bi ona preuzela određeni višak tlaka u sustavu prije nego li bi se otvorio sigurnosni ventil. Te promjene tlaka dešavaju se radi promjene temperature vode u sustavu. Ekspanzijska posuda sadrži u sebi određeni volumen vode kako bi mogla nadomjestiti potencijalni nedostatak vode u sustavu. Proračun ekspanzijske posude provodi se pomoću sljedećih formula[2]:

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) \times \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} \quad [l] \quad (30)$$

$$V_e = \frac{n \times V_A}{1000} \quad [l] \quad (31)$$

$$p_0 = \frac{h_{sys} + h_{dod}}{10} \quad [bar] \quad (32)$$

U tablici 20. nalazi se ukupan volumen vode u sustavu po pojedinim dijelovima termotehničkog sustava.

Tablica 20. Ukupan volumen vode u sustavu

Dio termotehničkog sustava	Volumen vode [m ³]
Podno grijanje i hlađenje	0,65
Cjevovod	0,876
Spremnik ogrjevnog i rashladnog vode	1
Ventilokonvektori	0,042
UKUPNO	2,567

Uz pomoć prethodnih formula i prethodne tablice izračunati je minimalni volumen ekspanzijske posude koji iznosi 48,63 l. Odabrana je ekspanzijska posuda Imera RV50 volumena 50 l proizvođača Imera i prikazana je na slici 18[22].



Slika 18. Ekspanzijska posuda Imera RV50[22]

Kako je ideja da se prostorije Ureda i Restorana odvoje, potrebno je ugraditi kalorimetre na polazu i povratu kruga podnog grijanja i hlađenja, odnosno krugu ventilokonvektora i za

Restoran i za Urede. Na taj način moći će se očitati točna potrošnja toplinske odnosno rashladne energije za oba dijela. U polazni vod ugrađuje se sonda, a u povratni ultrazvučni mjerač koji prema protoku i toplinskom gubitku kao razlici temperatura mjeri potrošenu energiju. Odabrani kalorimetri su od proizvođača Siemens naziva UH50-A60C koji rade pri nazivnom protoku do $10 \text{ m}^3/\text{h}$ [23]. Odabrani kalorimetar nalazi se na slici 19.



Slika 19. Kalorimetar UH50-A60C[23]

3.6. Odabir i dimenzioniranje troputnih i balansnih ventila

Na strani dizalice topline ugrađena su četiri prekretna ventila kako bi sustav funkcionirao kako u grijanju tako i u hlađenju, što će detaljnije biti objašnjeno u poglavlju Tehnički opis sustava. Prema protoku sustava koji iznosi $19,65 \text{ m}^3/\text{h}$ odabrana su četiri troputna prekretna ventila VMV (DN 32) proizvođača Danfoss. Pad tlaka za te ventile iznosi 2 kPa [24]. Na shemi grijanja i hlađenja koja se nalazi u prilogu na nacrtu broj 8., oni su označeni brojem 12.

Na strani sekundarnog kruga grijanja potrebno je ugraditi 2 troputna miješajuća ventila koji mogu regulirati temperaturu polaza u sustav podnog grijanja i hlađenja. Također, dimenzionirani su prema protoku a odabrani su VMV (DN 20) proizvođača Danfoss. Njihov pad tlaka također iznosi 2 kPa [24]. Odabrani troputni ventili prikazani su na slici 20.



Slika 20. VMV troputni ventili[25]

Kako bi sustav bio hidraulički uravnotežen na svaki krug podnog grijanja i hlađenja i na svaki krug ventilokonvektora ugrađuje se automatski balans ventil. Oni konstantno balansiraju sustav od 0 do 100% opterećenja reguliranjem tlaka. Na taj način osigurava se točno potrebni protok pojedinog kruga. Ti ventili odabiru se prema protoku pojedinog kruga. Za krugove podnog grijanja i hlađenja i krug ventilokonvektora Ureda odabran je automatski balans ventil ASV-PV (DN 25) dok je za krug ventilokonvektora Restorana odabran ASV-PV (DN 40) proizvođača Danfoss. Uz njih ugrađuju se i partner ventili jednakih dimenzija na povratni vod kruga ASV-BD[26]. Odabrani automatski balans ventil nalazi se na slici 21.



Slika 21. ASV-PV automatski balansni ventil[26]

4. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SUSTAVA ZA GRIJANJE POTROŠNE TOPLE VODE

Kako je odlučeno da se za izvor topline za grijanje i hlađenje odabere dizalica topline, isto tako je i odabrana kao izvor za grijanje PTV-a. Kako se ne bi izvedba i regulacija postojeće dizalice topline zakomplicirala ukoliko bi se koristila uz grijanje i hlađenje i za grijanje PTV-a, odabrana je zasebna visokotemperaturna dizalica topline za grijanje PTV-a.

4.1. Proračun

Za potrebe proračuna potrebno je odrediti broj izljevniha mjesta i vrstu izljevniha mjesta. Prema arhitektonskim podlogama zgrada posjeduje dva tuša, jedanaest umivaonika i četiri sudopera u kuhinji. Predviđena temperatura tople vode na izljevnom mjestu je 40 °C. Odabrana potrošnja vode za tuš iznosi 100 l/h, za umivaonik 20 l/h, a za sudoper 50 l/h[17]. Prema ovim podacima maksimalna potrebna količina tople vode u jednome satu iznosi 620 l i u sljedećim formula označava se oznakom V. Prema tim podacima i sljedećim formulama napravljen je proračun sistema za grijanje PTV-a[17].

Formula za maksimalno potrebnu toplinsku snagu glasi:

$$\dot{Q} = V \times \varphi \times (40 - 10) \times 1,16 \times 10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (33)$$

Formula za kapacitet izvora topline glasi:

$$\dot{Q}_K = \frac{\dot{Q} \times z_B}{z_A + z_B} \quad [\text{kW}] \quad (34)$$

Formula za kapacitet spremnika glasi:

$$C = z_A \times \dot{Q}_K \quad [\text{kWh}] \quad (35)$$

Formula za volumen spremnika glasi:

$$V_s = \frac{c}{c \cdot (t_o - t_u)} \cdot b \quad [\text{l}] \quad (35)$$

Prema prethodnim formulama dobiveni su sljedeći rezultati. Potrebna minimalna snaga odabrane dizalice topline mora biti 10,79 kW, te minimalni spremnik PTV-a mora biti 446,4 l. Kako je vodu potrebno grijati na 60 °C odabrana je dizalica topline Energycal AHW PRO AT 40 koja pri vanjskoj temperaturi od -15 °C i temperaturnom režimu vode 60/55 °C ima ogrjevni učinak od 12,4 kW[19]. Kako i odabrana dizalica topline za grijanje i hlađenje, i ova dizalica je izvedena u monoblok izvedbi tako da se u strojarnici nalazi samo spremnik PTV-a. Odabrani spremnik PTV-a je Vitocell 300-V volumena 500 l, proizvođača Viessmann i nalazi se na slici

22[27]. Razvod i distribucija PTV-a nisu predmet ovog rada. Predlaže se ugradnja recirkulacijske crpke sa ugrađenim tajmerom tip UP 15-14 BA-PM visine dobave 1,2 m i protoka od 0,7 m³/h.



Slika 22. Vitocell 300-V spremnik PTV-a od 500 l [27]

5. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SUSTAVA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE KLIMA KOMORA

Sustavom mehaničke ventilacije i klimatizacije cijele zgrade, koja nije predmet ovoga rada, održavaju se pojedini parametri toplinske ugodnosti. Predviđene su dvije odvojene klima komore, jedna za prostorije Restorana, a druga za prostorije Ureda. Kako je ukupna površina prostorija Restorana veća, te se unutra nalazi i prostorija kuhinje koja zbog svoje namjene ima jako veliki broj izmjena zraka, klimakomora Restorana je puno većeg kapaciteta nego li je to klimakomora Ureda. Dobava klimakomore 1, odnosno klimakomore Restorana iznosi 12500 m³/h, a odsis 11300 m³/h, a dobava klimakomore 2, odnosno klimakomore Ureda iznosi 2000 m³/h, a odsis 1700 m³/h. Na taj način kontinuirano se u zgradi održava mali pretlak.

Dobiveni su zahtjevi za dimenzioniranjem izvora topline prema učinku hladnjaka pojedinih klimakomora. Za hladnjak klimakomore 1 potrebno je osigurati 106,19 kW, a za hladnjak klimakomore 2 13,76 kW rashladnog učina. Prema tim kapacitetima odabrani su sljedeće dizalice topline. Za klimakomoru 1 odabrane su dvije dizalice topline tip AM0180AXVAGH/ET kapaciteta hlađenja 50,4 kW, a za klimakomoru 2 odabrana je dizalica topline tip AM050NXMDGR/EU kapaciteta 14 kW proizvođača Samsung. Klimakomora 1 ima četiri rashladna kruga povezana na dvije dizalice topline, dok klimakomora 2 ima jedan rashladni krug povezan na jednu dizalicu topline. Odabrane dizalice topline rade na principu promjenjivog volumena radne tvari, odnosno vanjska jedinica na temelju potreba klima komore kontrolira potrebnu količinu radnog medija uz pomoć termičkih ekspanzijskih ventila[28]. Odabrane dizalice topline nalaze se na slici 23. i slici 24.



Slika 23. Dizalica topline tip AM050NXMDGR/EU[28]



Slika 24. Dizalica topline tip AM0180AXVAGH/ET[28]

6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Odabrani termotehnički sustav za grijanje i hlađenje zgrade, te grijanje PTV-a sastoji se od više dijelova. Jedan izvor topline služi za grijanje i hlađenje zgrade, drugi izvor topline za grijanje PTV-a, te treći, četvrti i peti za grijače i hladnjake koji se nalaze u dvije klima komore. Detaljan opis dati će se prvenstveno za grijanje i hlađenje zgrade. Sve odabrane dizalice topline za grijanje, hlađenje i grijanje PTV-a su u monoblok izvedbi, te su smještene na krovu zgrade. Za zaštitu od smrzavanja cijevi koje se nalaze na krovu zgrade koriste se električni grijači kabele. Njima se omotavaju cijevi, te oni pomoću temperaturnog osjetnika očitavaju vanjsku temperaturu i pri zadanoj temperaturi se pale i griju vodu koja se nalazi u cijevima kako ne bi došlo do smrzavanja te vode. Sve ostale komponente termotehničkog sustava se nalaze unutar zgrade. U strojarnici se nalazi spremnik ogrjevnog i rashladnog vode, razdjelnik i sabirnik krugova grijanja sa svom potrebnom armaturom. U strojarnici se također nalazi i sustav pripreme vode koji se sastoji od omekšivača vode, redukcijskog ventila, mehaničkog filtera vode, sigurnosnog ventila i slavine za punjenje i pražnjenje sustava. Sustav se prilikom puštanja u pogon napuni sa obrađenom vodom kako bi uvijek trajanja komponenti sustava što duže trajao. Također prilikom svakog servisa kada je potrebno ispustiti vodu iz sustava, potrebno je napuniti sustav obrađenom vodom. Detaljan raspored opreme sa shemom grijanja i hlađenja nalazi se u prilogu na nacrtima. U daljnjim potpoglavljima biti će opisani redom sustav grijanja pa sustav hlađenja sa pripadajućom regulacijom te zatim sustav grijanja PTV-a.

6.1. Sustav grijanja

Kako bi se rad dizalice topline promijenio sa zimskog na ljetni i obrnuto, odgovorna osoba za termotehnički sustav mora osobno dati signal na dizalici da prekrene iz zimskog u ljetni režim rada. U režimu grijanja dizalicom topline potrebno je osigurati minimalno 42,6 kW ogrjevnog učina. Dizalica topline proizvodi ogrjevnu vodu koja se sprema u spremnik ogrjevnog vode volumena 1000 l. Dva uranjajuća temperaturna osjetnika koja se nalaze u spremniku topline šalju signale regulaciji dizalice topline o temperaturama u spremniku. Ukoliko temperatura u spremniku dosegne gornju zadanu temperaturu spremnika npr. 45 °C, tada se kompresor dizalice topline gasi i pali se u onom trenutku kada temperatura u spremniku padne za određeni ΔT koji je najčešće između 2 i 5 °C. Proces paljenja i gašenja kompresora vodi dizalica topline s on/off regulacijom. Na sekundarnoj strani imamo već spomenuta četiri kruga grijanja. Dva kruga su za podno grijanje, a druga dva za ventilokonvektore. Prema proračunima sustav podnog grijanja će zadovoljiti u svakome trenutku potrebe za grijanjem zgrade. Vanjski

osjetnik temperature koji se nalazi na dizalici topline šalje signal pumpi i troputnom miješajućem ventilu o tome kada je potrebno upaliti odnosno ugasi pumpu kruga podnog grijanja, odnosno s kojom temperaturom treba ići u podno grijanje. Što je niža vanjska temperatura, to pumpe krugova podnog grijanja rade s većim protokom. Isto tako, što je niža vanjska temperatura to je troputni miješajući ventil više otvoren, odnosno veća temperatura ide u sustav podnog grijanja. Na polaznom vodu krugova podnog grijanja ugrađen je nalijegajući temperaturni osjetnik koji šalje signal nadzornom regulatoru o temperaturnom režimu podnog grijanja. Prema tom signalu nadzorni regulator može pojačati stupanj otvorenosti troputnog miješajućeg ventila. Kako bi se osigurali da previsoka temperatura ne uđe u sustav podnog grijanja, posebni temperaturni graničnik u slučaju da osjeti zadanu temperaturu, šalje signal pumpi te se pumpa u tome slučaju gasi i upaliti će se u onom trenutku kada temperatura polaznog voda padne ispod te zadane temperature. Svaka grijana zona ima sobni termostat koji komunicira s termostatskim ventilima na razdjelniku podnog grijanja. Prema toj temperaturi termostatski ventili mogu otvoriti ili zatvoriti pojedini krug grijanja u prostoriji, ukoliko temperatura u prostoriji bude preniska ili previsoka. Sustav podnog grijanja ugrađuje se na svu dostupno površinu radi što veće ugodnosti. Uz vanjske zidove i staklene stijene razmak između cijevi je manji nego li je to u ostalim dijelovima jer su uz vanjske zidove i prozore najveći toplinski gubici, te u tim dijelovima treba najviše grijanja. Ventilokonvektori služe kao rezerva u grijanju, te se oni pale samo onda kada termostat na njima osjeti prenisku temperaturu tj. ako podno grijanje ne može zadovoljiti potrebe za grijanjem. Zasebni sobni termostat očitava temperaturu u grijanoj zoni, te ukoliko ona padne ispod određene temperature on šalje signal nadzornom regulatoru koji će u tom slučaju upaliti pumpu kruga ventilokonvektorskog grijanja. Jedan takav termostat se nalazi u prostoriji lobby-a prizemlja i on šalje signal regulatoru kojim će se upaliti pumpa ventilokonvektora Restorana. Drugi takav termostat nalazi se u prostoriji s uredima i radi na isti princip i šalje signal pumpi ventilokonvektora Ureda. Takva situacija će se desiti jedino u iznimnim i rijetkim situacijama npr. nakon dužeg nestanka struje, sustavu podnog grijanja treba dugo vremena da ugrije prostorije pa je potrebno uključiti i ventilokonvektore kako bi taj proces bio brži, ili u slučaju ekstremno niskih temperatura, odnosno temperatura nižih od projektne vanjske temperature u grijanju. Odabrani proizvod koji može voditi procese nadzornog regulatora naziva se Vitotronic HK3B i Vitotronic HK1B proizvođača Viessmann[29]. Odabrani relejni sklopnik koji služi za preketanje ventila u sezoni hlađenja će detaljnije biti opisan u sljedećem potpoglavlju.

6.2. Sustav hlađenja

U režimu hlađenja dizalicom topline potrebno je osigurati minimalno 90,2 kW rashladnog učina. Sustav hlađenja radi na isti princip kao i sustav grijanja. Dizalica topline prelazi u ljetni režim rada u onome trenutku kada joj korisnik da signal. Kako se u spremniku topline hladna voda nakuplja u donjem dijelu, a polazni vod izlazi iz gornjeg dijela, potrebno je prekrenuti polaze i povrate s obje strane spremnika. Kada dizalica dobije signal da mora početi hladiti, ona šalje signal relejnom sklopniku koji je povezan sa četiri elektromotorna troputna prekretna ventila. Odabrani relejni sklopnik je od proizvođača Schrack tip Mikroskolpnik[30]. Oni na taj način zamijene polazni i povratni vod. Na taj način polazni vod povlači vodu iz donjeg dijela spremnika u kojem se nakuplja hladna voda. Kada ne bi bilo prekretnih ventila u polazni vod bi išla voda veće temperature nego li je to proračunom predviđeno. Isto kao i u grijanju temperaturni osjetnici u spremniku rashladne vode šalju signale regulaciji dizalice o temperaturi u spremniku i na temelju tih signala dizalica pali odnosno gasi kompresor. Određeni dio godine, kada nisu potrebni veliki kapaciteti hlađenja, sustav podnog hlađenja će zadovoljiti sve potrebe zgrade za hlađenjem. Na temelju vanjske temperature i nadzorni regulator može upaliti odnosno ugasi pumpu podnog hlađenja. Isto tako prema sobnom termostatu i uz temperaturni osjetnik koji se nalazi na polaznom vodu hlađenja, može se otvarati odnosno zatvarati troputni miješajući ventil. Kako i u grijanju, tako i u hlađenju na polaznom se vodu nalazi jedan temperaturni osjetnik koji blokira ulazak prehladne vode u sustav. Prema određenoj točki rošenja on šalje signal pumpi podnog hlađenja da se ugasi kako ne bi došlo do pojave kondenzacije na pojedinim plohamu u zgradi. Kada sustav podnog hlađenja nije dostatan da zadovolji potrebe za hlađenjem, pali se pumpa ventilokonvektorskog kruga hlađenja. Taj signal šalje se nadzornom regulatoru preko zasebnog sobnog termostata, jedan šalje signal da se upali pumpa ventilokonvektora Restorana i nalazi se u lobby-ju prizemlja, dok se drugi nalazi u prostorijama ureda i šalje signal za pumpu ventilokonvektora Ureda. Ventilokonvektori će u sezoni hlađenja biti više u pogonu nego u sezoni grijanja jer je sustav podnog hlađenja nedovoljan da zadovolji sve potrebe za hlađenjem. Ventilokonvektori imaju na sebi termostat kojim se očitava temperatura u prostoriji. Na temelju tog termostata podešava se brzina ventilatora na ventilokonvektoru. Shema grijanja i hlađenja nalazi se u prilogu na nacrtu br. 8.

6.3. Sustav zagrijavanja PTV-a

Za zagrijavanje PTV-a, također se koristi dizalica topline u monoblok izvedbi. Spremnik PTV-a nalazi se u strojarnici sa svom ostalom opremom za grijanje i hlađenje. Spremnik u sebi ima ugrađeni spiralni izmjenjivač topline preko kojeg se, pomoću dizalice topline, voda u njemu grije na 60 °C. Kada osjetnik temperature, koji se nalazi u spremniku PTV- osjeti da je dostignuta navedena temperatura, šalje se signal dizalici da ugasi kompresor. U onom trenutku kada temperatura vode u spremniku padne za određeni ΔT , koji može biti 5 ili 10 °C, šalje se signal da dizalica topline ponovno pokrene kompresor. Vrlo je važno da se voda periodično zagrije iznad 50 °C, kako bi se izbjegla slučajna pojava bakterije *Legionelle* koja je jako štetna za ljude[31]. Razvod PTV-a nije predmet ovog rada ali je ideja da se on napravi na način da prostorije Restorana i Ureda imaju odvojene razvode kako bi se zasebno mogla pratiti potrošnja. Predlaže se ugradnja recirkulacijske pumpe kako bi se osigurala brza dostupnost tople vode. Recirkulacijska pumpa programira se prema volji korisnika. Može se paliti u više navrata u svakom satu kako bi se hladna voda iz razvoda prebacila u spremnik i ponovno zagrijala. Shema zagrijavanja PTV-a nalazi se u prilogu na nacrtu br.9.

7. ZAKLJUČAK

Ovim radom napravljeno je projektno rješenje termotehničkog sustava grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode zgrade restorana s uredima u Zagrebu. Cilj rada bio je dimenzionirati i odabrati energetske učinkovit termotehnički sustav koji koristi obnovljive izvore energije.

Proračunom prema HRN EN 12831 odnosno VDI 2078 napravljen je proračun toplinskog opterećenja zgrade za zimsko odnosno ljetno razdoblje. Prema tim rezultatima dimenzionirani su dijelovi termotehničkog sustava. Podnim grijanjem i hlađenjem omogućava se veliki stupanj toplinske ugodnosti u zgradi. Ventilokonvektorima zadovoljavaju se ostale potrebe za hlađenjem i omogućuje se korisnicima zgrade relativno brži odziv za grijanjem i hlađenjem. Kao izvor topline odabrana je dizalica topline zrak-voda u monoblok izvedbi kapaciteta 100,7 kW hlađenja pri vanjskoj temperaturi 35 °C i temperaturnom režimu 7/12 °C i 53,9 kW grijanja prvi vanjskoj temperaturi od -15 °C i temperaturnom režimu 45/40 °C. Kao izvor topline za PTV također je odabrana dizalica topline zrak-voda u monoblok izvedbi kapaciteta grijanja od 12,4 kW pri vanjskoj temperaturi -15 °C i temperaturnom režimu 60/55 °C. Za potrebe grijača i hladnjaka klimakomora odabrane su tri zasebne dizalice topline zrak-voda također u monoblok izvedbi.

Odabranim termotehničkim sustavom u svakom trenutku zadovoljene su potrebe za grijanjem i hlađenjem. Regulacija sustava u potpunosti vodi grijanje i hlađenje bez potrebe intervencije korisnika. Iznimka je u prijelaznom razdoblju kada odgovorni korisnik samoinicijativno mora dati nalog dizalici topline da prekrene iz ljetnog u zimski režim rada i obrnuto. Odabranom armaturom sustav je balansiran, dinamički uravnotežen s mogućnošću praćenja zasebne potrošnje pojedinih dijelova.

Sve dizalice topline smještene su na krovu zgrade, dok je sva ostala potrebna oprema i armatura, poput spremnika ogrjevnice i rashladne vode, ekspanzijske posude, razdjelnika i sabirnika, cirkulacijskih pumpi i potrebnih balansirajućih ventila smještena u prostoriji strojarnice u prizemlju. Razvod od strojarnice do ogrjevnih i rashladnih tijela vodi se ili u podu ili u spuštеноm stopu.

Odabranim termotehničkim sustavom u potpunosti se zadovoljavaju potrebe za grijanjem, hlađenjem i potrošnom toplom vodom zgrade, te se korisnicima prostorija omogućava visok stupanj toplinske ugodnosti sa jednostavnim upravljanjem sustava.

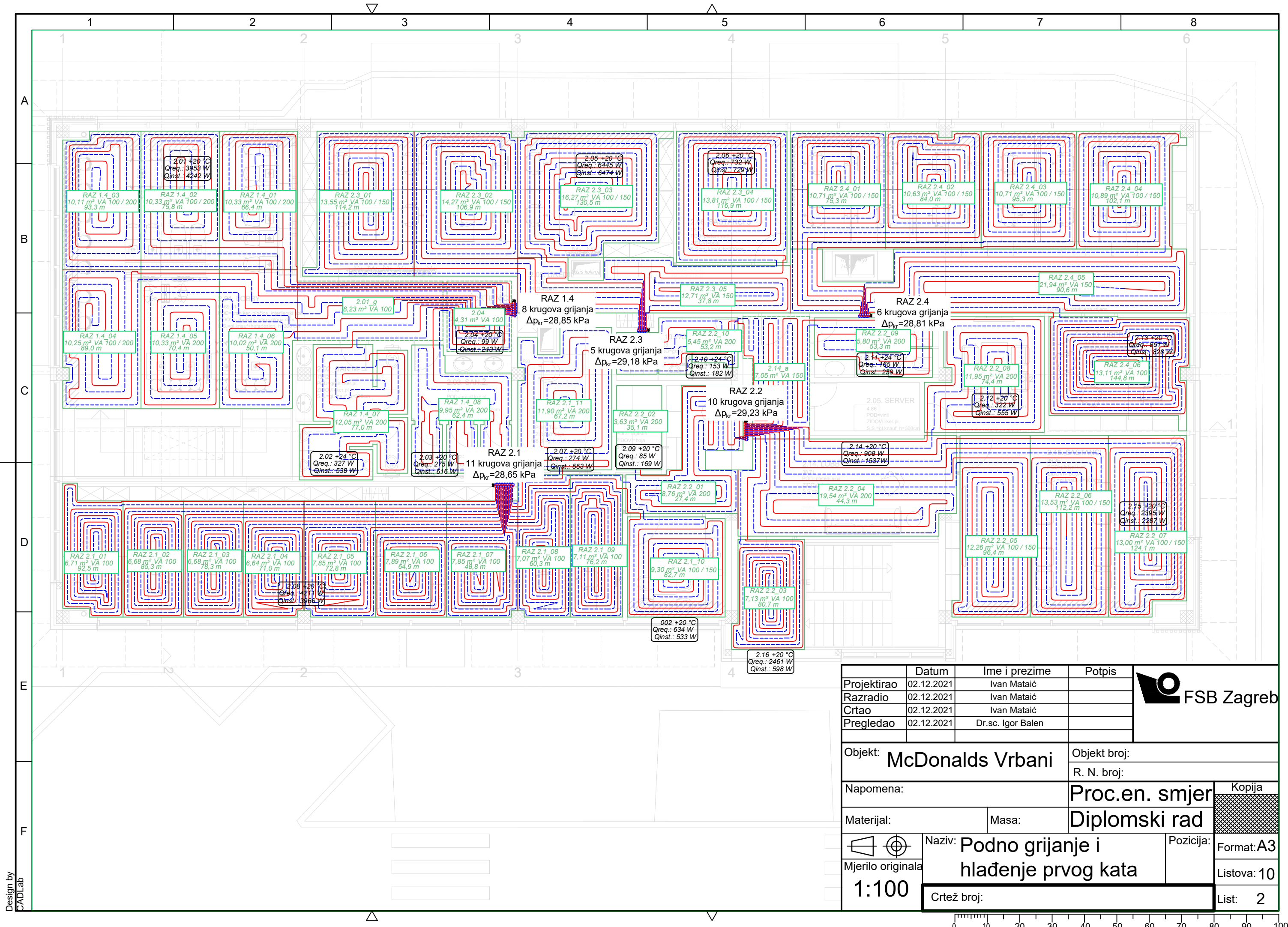
LITERATURA

- [1] <https://www.google.com/maps> (preuzeto 13.11.2021.)
- [2] I.Balen: Podloge za predavanja iz kolegija "Grijanje", Fakultet Strojарstva i Brodogradnje, Zagreb
- [3] <https://www.greenquarter.biz/green-engineering/thermal-comfort/> (preuzeto 13.11.2021.)
- [4] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019H1019&from=EN> (preuzeto 14.11.2021.)
- [5] V.Soldo: Podloge za predavanja iz kolegija "Dizalice topline", Fakultet Strojарstva i Brodogradnje, Zagreb
- [6] <https://www.uponor.com/hr-hr/proizvodi/podno-grijanje-i-hladenje> (preuzeto 14.11.2021.)
- [7] <https://regulator.hr/savjeti/podno-grijanje/> (preuzeto 14.11.2021.)
- [8] <https://petrov.hr/ventilokonvektori-kao-moderni-sustavi-grijanja-i-hladenja/> (preuzeto 14.11.2021.)
- [9] HRN EN 12831
- [10] VDI 2078
- [11] HRN EN 12464
- [12] <https://www.aqt-aquatherm.hr/wp-content/uploads/katalozi/AQUATHERM%20ORANGE%20PIPE.pdf> (preuzeto 15.11.2021.)
- [13] <https://www.fragmat.hr/gradzevni-program/proizvodi/povrsinsko-grijanje/ostale-komponente-sustava-povrsinskog-grijanja/505-razdjelnik-za-podno-grijanje-frts1-prosirena-konfiguracija> (preuzeto 15.11.2021.)
- [14] <https://assets.danfoss.com/documents/100654/AG000086464408en-010201.pdf> (preuzeto 15.11.2021.)
- [15] <https://www.daikin.hr/content/dam/dace-hr/literature/Vodeni%20sustavi%20Katalog%202018.pdf> (preuzeto 15.11.2021.)
- [16] <https://assets.danfoss.com/documents/82885/AI186586479945hr-000501.pdf> (preuzeto 15.11.2021.)
- [17] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković; Grejanje i klimatizacija, uključujući toplu vodu i tehniku hlađenja; Interklіma; Vrnjačka Banja; 2014.
- [18] <https://product-selection.grundfos.com/hr> (preuzeto 19.11.2021.)
- [19] Viessmann; Upute za projektiranje Energycal AHW PRO AT

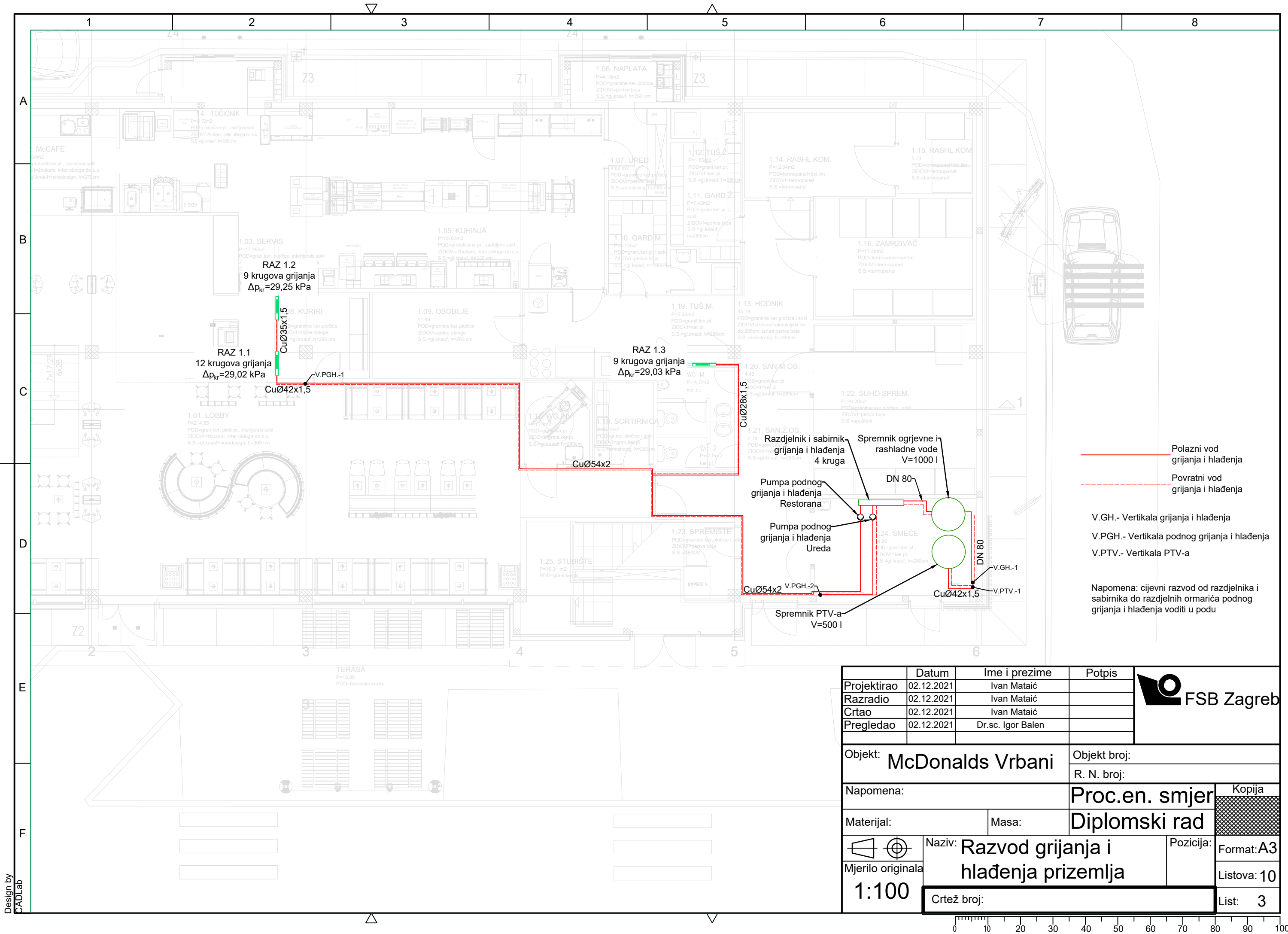
-
- [20] Viessmann; Seminar za zračne dizalice topline serije Energycal
- [21] Viessmann; Grijanje i hlađenje iz obnovljivih izvora energije, Vitocal, Vitosol, Vitoligno
- [22] <https://termometal.hr/ekspanzijska-posuda-imer-rv50-50l-s-nogicama-centralno-grijanje-promjenjiva-membrana-proizvod-2878/> (preuzeto 19.11.2021.)
- [23] <https://sid.siemens.com/v/u/A6V10388515> (preuzeto 19.11.2021.)
- [24] Danfoss; Katalog grijanja; Komponente i sustavi za stambeno grijanje, daljinsko grijanje i potrošnu toplu vodu
- [25] <https://store.danfoss.com/hr/hr/Climate-Solutions-za-grijanje/Termostati-bez-pomo%C4%87ne-energije/Ventili-za-termostatske-osjetnike/VMV%2C-12-00-m%C2%B3-h%2C-G-2-A%2C-M30/p/065F6040> (preuzeto 20.11.2021.)
- [26] Danfoss; Automatski balans ventili ASV
- [27] <https://www.viessmann.hr/hr/stambene-zgrade/uredaji-za-pripremu-tople-vode/spremnici-ptv/vitocell-300v.html> (preuzeto 20.11.2021.)
- [28] <https://www.samsung.com/hr/business/> (preuzeto 29.11.2021.)
- [29] <https://www.heizungsdiscout24.de/regelungstechnik/viessmann-vitotronic-200-h-typ-hk3b-witterungsgefuehrte-regelung.html> (preuzeto 21.11.2021.)
- [30] <https://www.schrack.hr/trgovina/upravljanje-regulacija/sklopnici-bimetalni-releji-motorne-zastitne-sklopke/sklopnici-serije-la/mikro-sklopnici-serije-la-velicina-m/mikro-sklopnik-2-2kw-5a-ac3-24v-ac-3no-1no-lamd0510.html> (preuzeto 21.11.2021.)
- [31] <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/identifikacija-legionella-iz-uzoraka-vode/> (preuzeto 21.11.2021.)

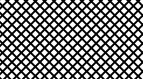
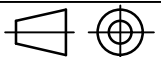
PRILOZI

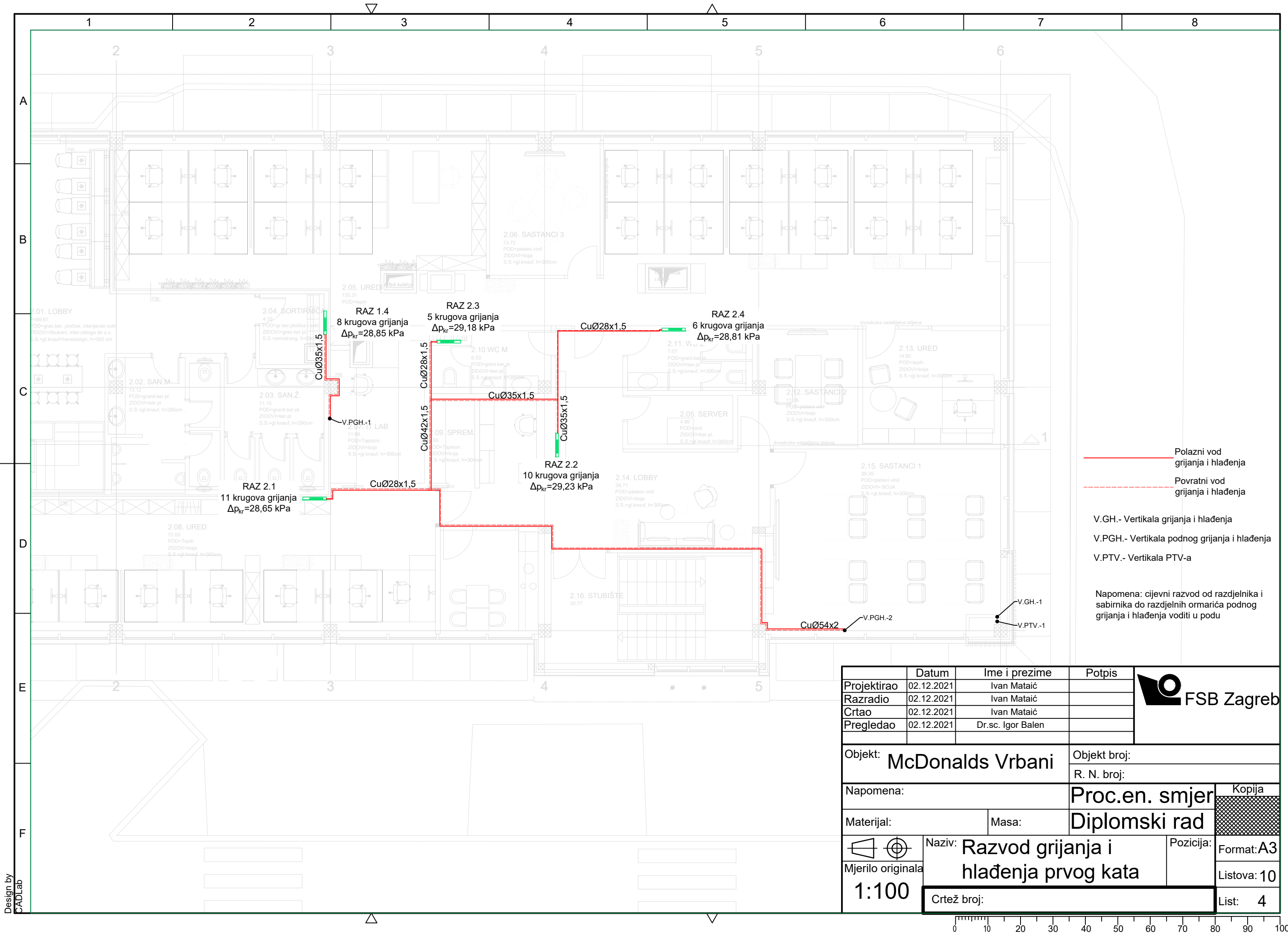
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija



	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Razradio	02.12.2021	Ivan Mataić		
Crtao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Pregledao	02.12.2021	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt: McDonalds Vrbani			Objekt broj:	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal:			Masa:	Proc.en. smjer
Mjerilo originala			1:100	Diplomski rad
Naziv: Podno grijanje i hlađenje prvog kata			Pozicija:	Kopija
Crtež broj:				Format: A3
				Listova: 10
				List: 2



	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb	
Projektirao	02.12.2021	Ivan Mataić			
Razradio	02.12.2021	Ivan Mataić			
Crtao	02.12.2021	Ivan Mataić			
Pregledao	02.12.2021	Dr.sc. Igor Balen			
Objekt: McDonalds Vrbani			Objekt broj:		
			R. N. broj:		
Napomena:			Proc.en. smjer		Kopija
Materijal:		Masa:	Diplomski rad		
 Mjerilo originala		Naziv: Razvod grijanja i hlađenja prizemlja		Pozicija:	
1:100					Format: A3
		Crtež broj:			Listova: 10
					List: 3



Polazni vod
grijanja i hlađenja

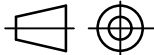
Povratni vod
grijanja i hlađenja

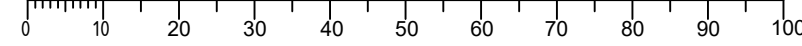
V.GH.- Vertikalna grijanja i hlađenja

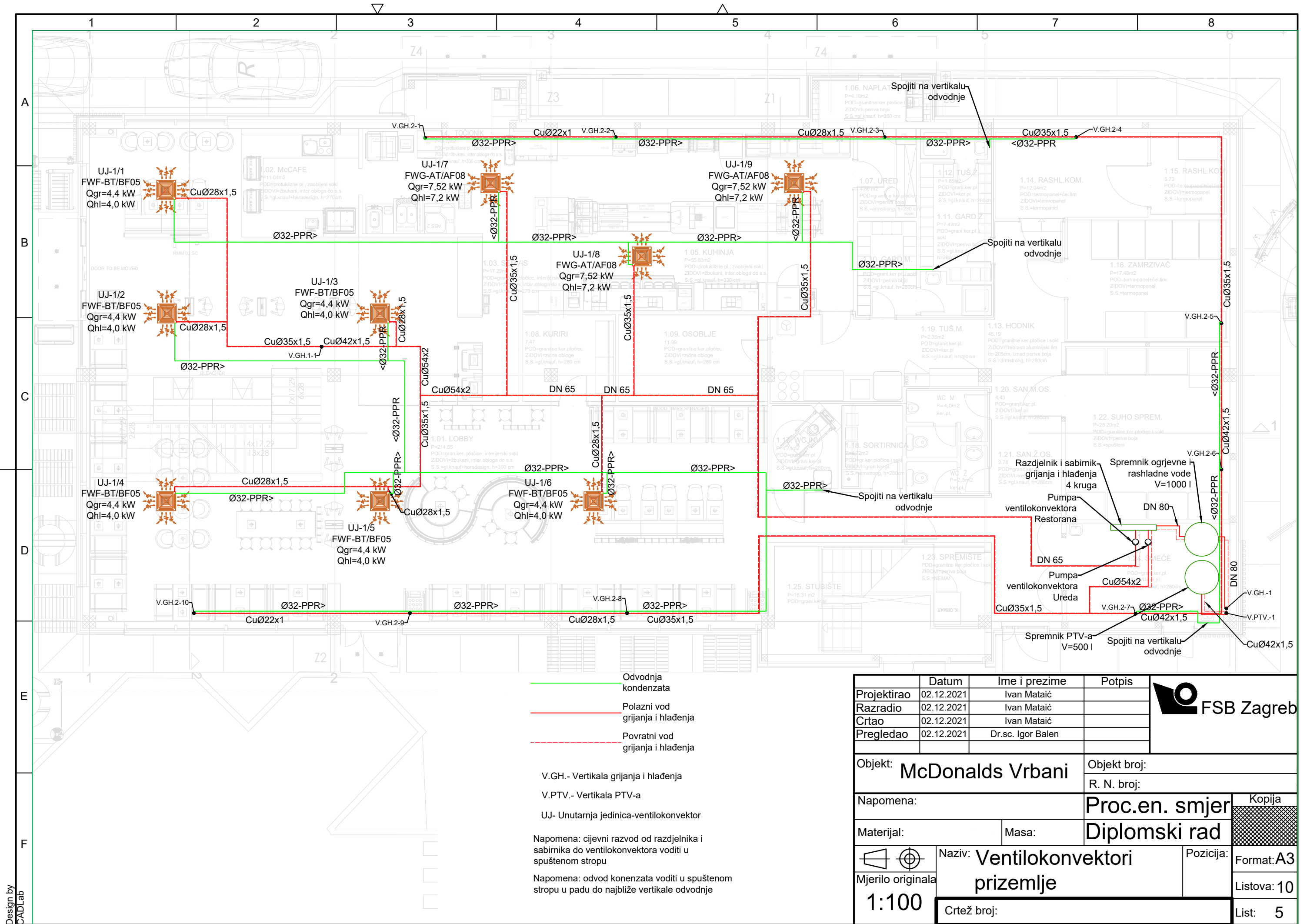
V.PGH.- Vertikalna podnog grijanja i hlađenja

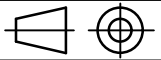
V.PTV.- Vertikalna PTV-a

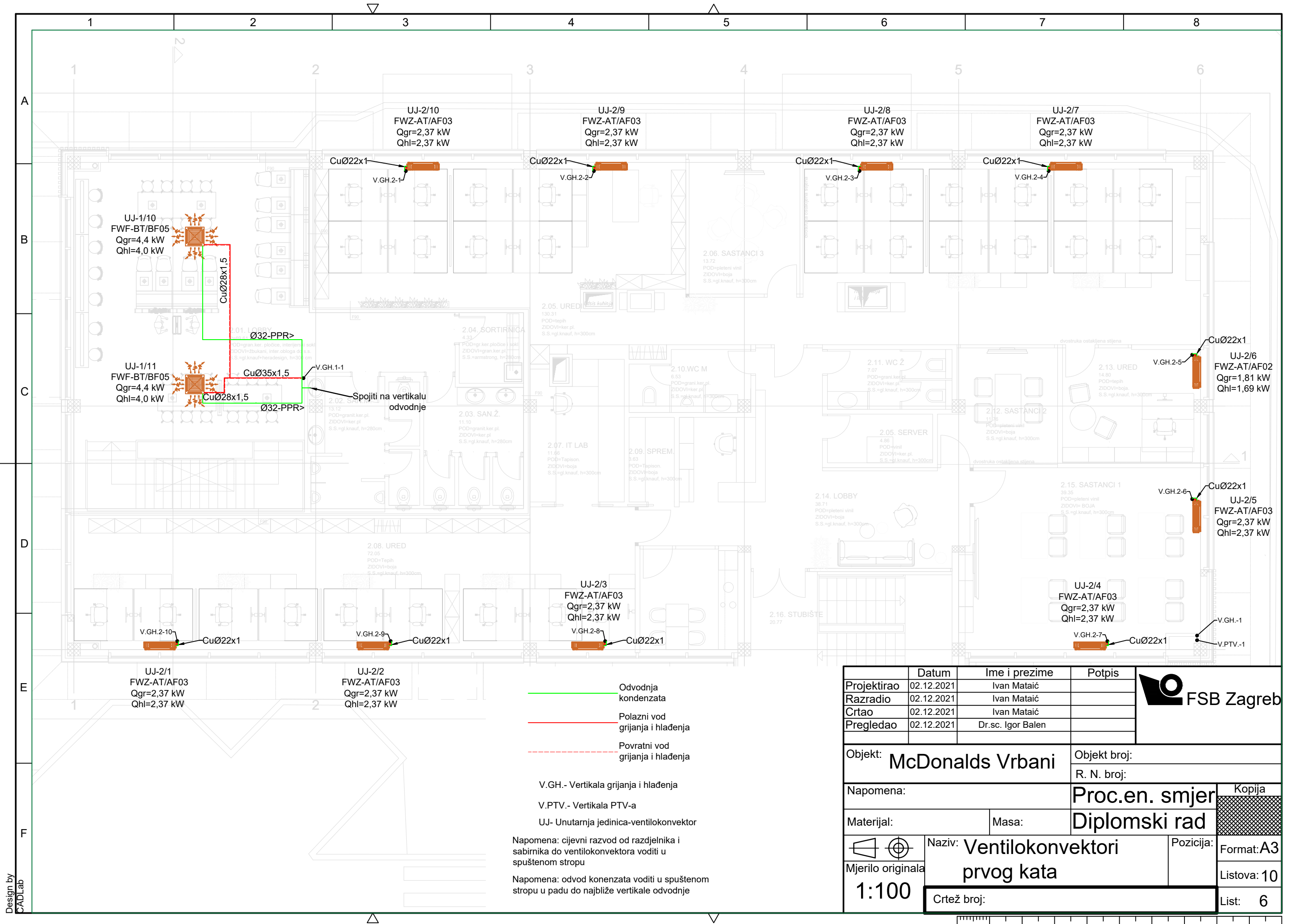
Napomena: cijevni razvod od razdjelnika i
sabirnika do razdjelnih ormarića podnog
grijanja i hlađenja voditi u podu

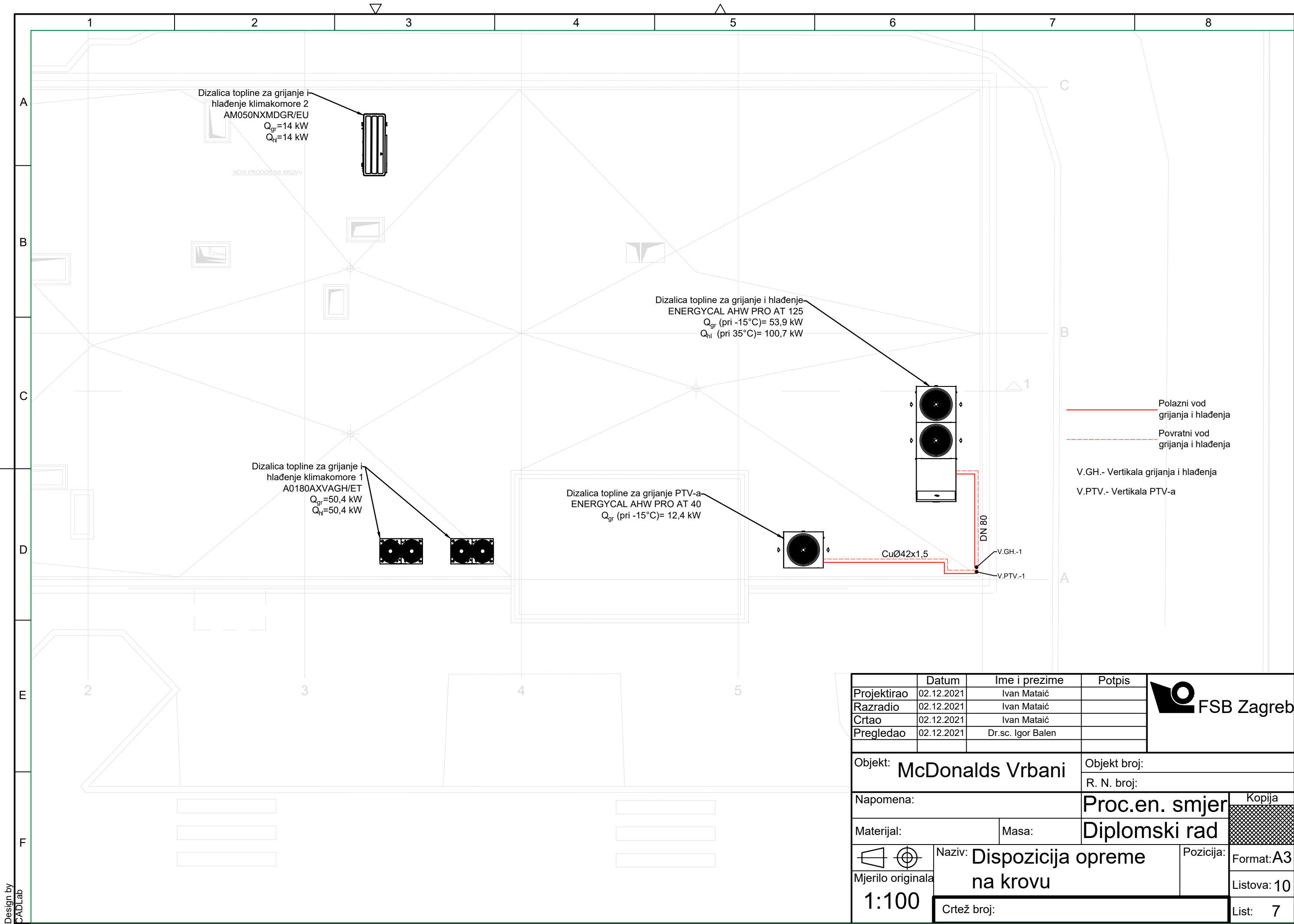
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Razradio	02.12.2021	Ivan Mataić		
Crtao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Pregledao	02.12.2021	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt: McDonalds Vrbani			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:			Proc.en. smjer	
Materijal:			Masa:	Diplomski rad
		Naziv: Razvod grijanja i hlađenja prvog kata		Pozicija:
Mjerilo originala				Format: A3
1:100				Listova: 10
Crtež broj:				List: 4

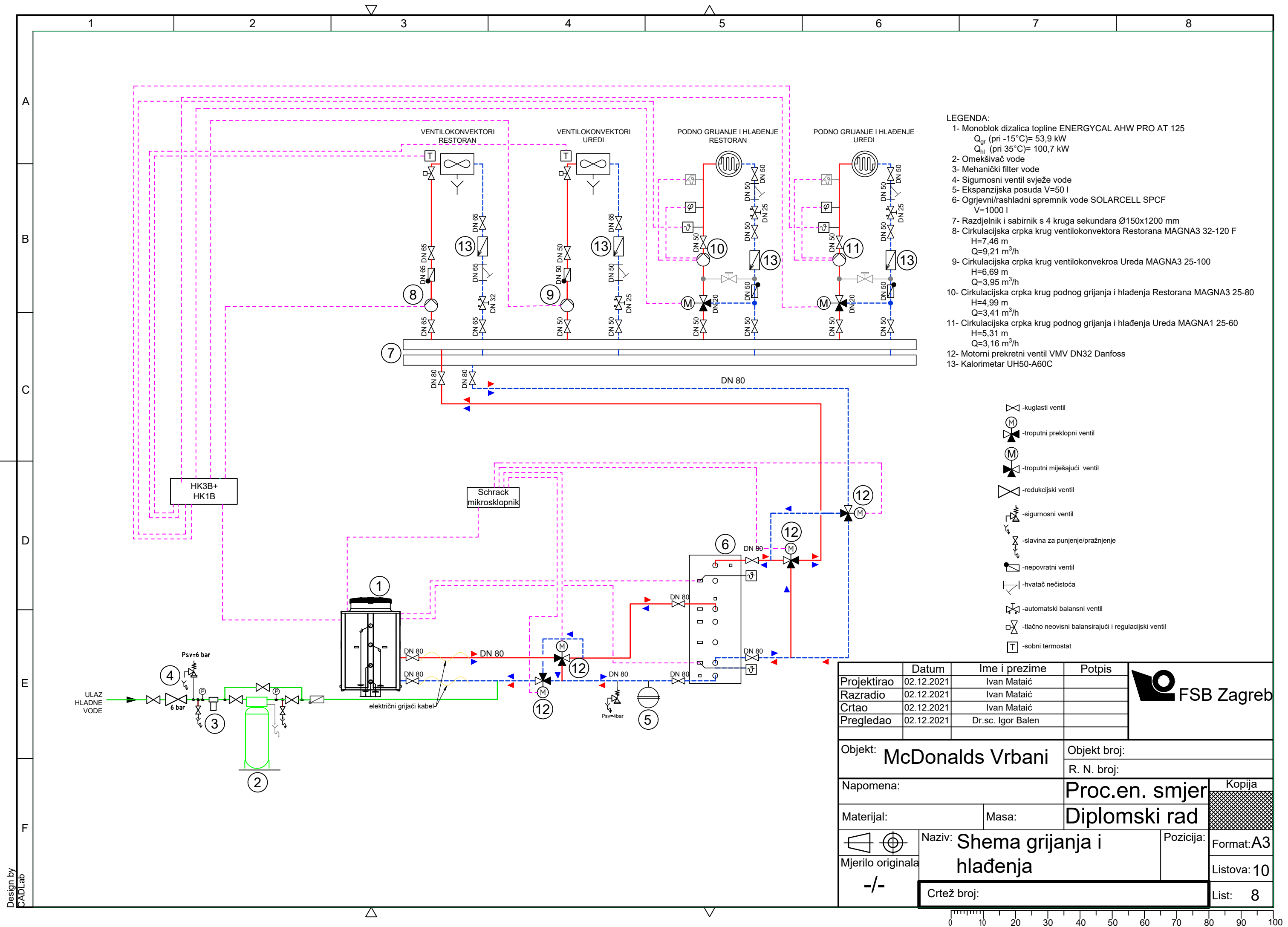


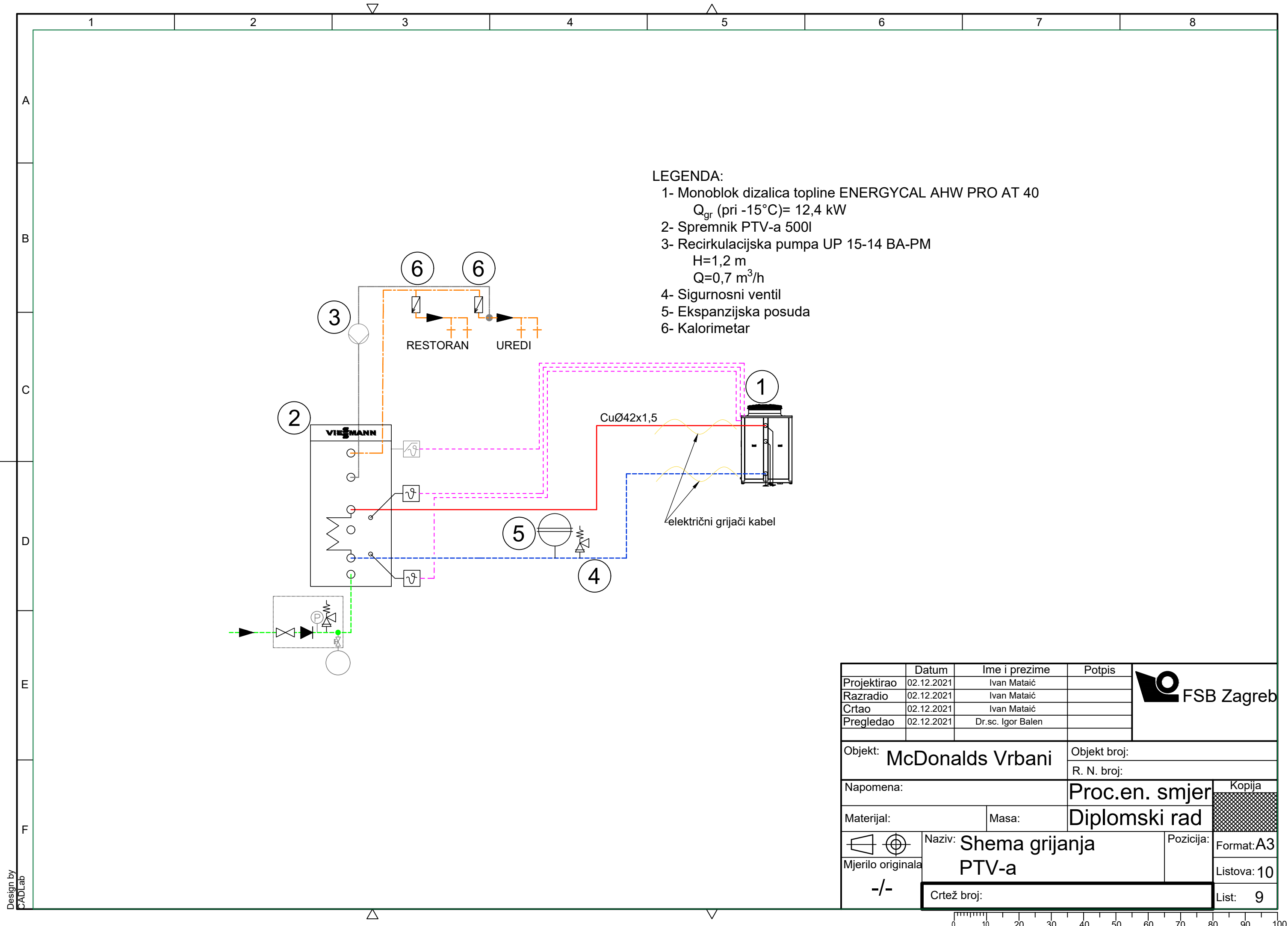


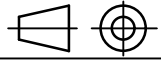
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Razradio	02.12.2021	Ivan Mataić		
Crtao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Pregledao	02.12.2021	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt: McDonalds Vrbani				Objekt broj:
				R. N. broj:
Napomena:			Proc.en. smjer	Kopija
Materijal:		Masa:	Diplomski rad	
	Naziv: Ventilokonvektori prizemlje		Pozicija:	Format: A3
Mjerilo originala				Listova: 10
1:100	Crtež broj:			List: 5

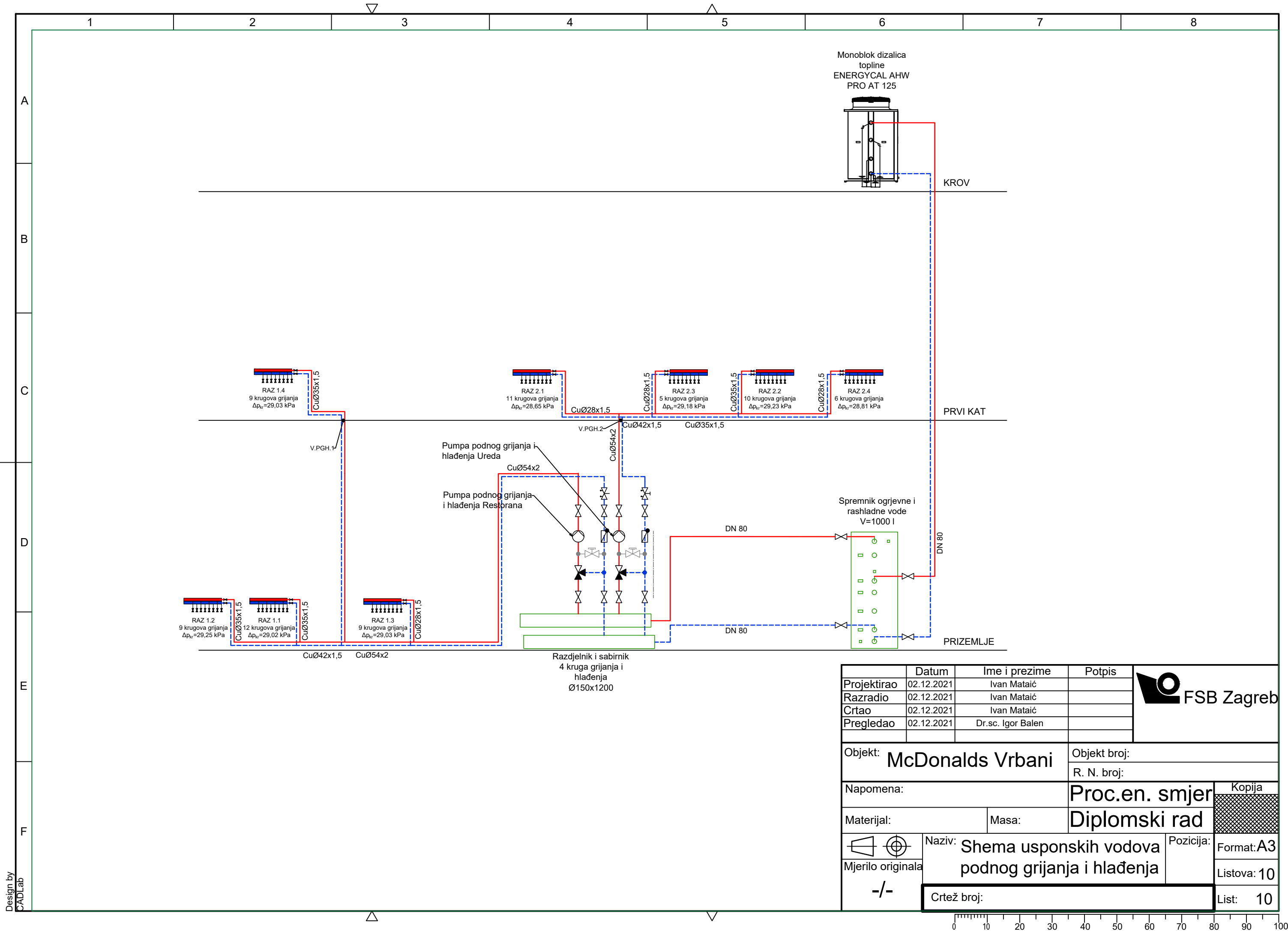








	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Razradio	02.12.2021	Ivan Mataić		
Crtao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Pregledao	02.12.2021	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt: McDonalds Vrbani			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:			Proc.en. smjer	Kopija
Materijal:			Masa:	Diplomski rad
			Naziv: Shema grijanja	Pozicija:
Mjerilo originala			PTV-a	Format: A3
-/-			Crtež broj:	Listova: 10
				List: 9



	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Razradio	02.12.2021	Ivan Mataić		
Crtao	02.12.2021	Ivan Mataić		
Pregledao	02.12.2021	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt: McDonalds Vrbani				Objekt broj:
Napomena:				R. N. broj:
Materijal:				Masa:
Naziv: Shema usponskih vodova podnog grijanja i hlađenja				Pozicija:
Mjerilo originala -/-				Format: A3
Crtež broj:				Listova: 10
				List: 10