

# Projekt sustava grijanja, hlađenja i ventilacije upravne zgrade

---

Vrbanec, Vedran

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:694933>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-03**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Vedran Vrbanec**

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

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

Student:

Vedran Vrbanec

Zagreb, 2018. godina

## *IZJAVA*

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

Vedran Vrbanec

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc. Darku Smoljanu na pomoći i izdvojenom vremenu te kolegama iz tvrtke Opus Optimus, čiji su savjeti i pomoć doprinijeli izradi diplomskog rada.*

*Zahvaljujem se svojoj obitelji na omogućenom školovanju i tvrtki Izvorplast na stipendiranju tijekom cijelog studija.*

*Također, zahvaljujem se bližnjima i svojoj djevojci na potpori i inspiraciji.*



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, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Vedran Vrbanec** Mat. br.: 0035192798

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja, hlađenja i ventilacije upravne zgrade**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating, cooling and ventilation system for administrative building**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati instalaciju sustava grijanja, hlađenja i ventilacije za upravnu zgradu (PO+PR+1K+2K) ukupne korisne površine 4600 m<sup>2</sup>, prema zadanoj arhitektonskoj podlozi.

Zračni sustav predvidjeti kao sustav varijabilnog volumena (VAV) s regulacijom preko osjetnika temperature i koncentracije CO<sub>2</sub>.

Za potrebe grijanja i hlađenja koristiti dizalicu topline zrak/voda gdje su ogrjevna tijela u izvedbi panelnog niskotemperaturnog grijanja, a rashladna u izvedbi indukcijskih uređaja, odnosno aktivnih rashladnih greda.

Upravna zgrada se nalazi na području Istre.

Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu zgrade za zimsko i ljetno razdoblje,
- toplinsku i količinsku bilancu zračnog sustava,
- hidraulički proračun zračnih kanala te cijevne mreže ogrjevnog i rashladnog medija,
- akustički proračun kojim se procjenjuje širenje zvučnog tlaka i zvučne snage prema prostorijama i vanjskom okolišu,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije termotehničkog postrojenja,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme u strojarnici i na prizemlju.

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

Zadatak zadan:

27. rujna 2018.

Datum predaje rada:

29. studenog 2018.

Predvideni datum obrane:

5., 6. i 7. prosinca 2018.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

  
Doc.dr.sc. Darko Smoljan

  
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 rashladnih aktivnih greda .....	4
1.2. Radijatori.....	11
1.3. Opis zgrade .....	12
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE ZA GRIJANJE PREMA NORMI HRN EN 12831 20	
2.1. Opis norme i svih faktora prema[3]: .....	20
3. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE ZA HLAĐENJE PREMA NORMI VDI 2078 .....	26
3.1. Opis norme i svih faktora prema [4]: .....	26
4. DIMENZIONIRANJE ZRAČNOG SUSTAVA .....	31
4.1. Ventilacijski zahtjevi.....	31
4.2. Odabir distribucijske opreme prizemlja.....	33
4.3. Pad tlaka ventilacijskog sustava.....	37
4.4. Odabir regulacijske opreme ventilacijskog sustava.....	39
4.5. Dimenzioniranje klimatizacijske jedinice prostora.....	41
4.5.1. Dimenzioniranje rekuperatora za povrat topline.....	46
4.5.2. Dimenzioniranje grijača.....	46
4.5.3. Dimenzioniranje hladnjaka .....	47
4.6. Odabir rashladnika vode- chillera i suhog hladnjaka.....	49
5. DIMENZIONIRANJE VODENOG SUSTAVA.....	50
5.1. Odabir ogrjevnih tijela vodenog sustava.....	50
5.2. Hidraulički proračun cijevnog razvoda.....	52
5.3. Odabir crpki .....	52
5.3.1. Crpka grijača klima komore.....	52
5.3.2. Crpka razdjelnik/sabirnik prema grijaču klimatizacijske komore .....	54
5.3.3. Crpka toplog kruga prema aktivnoj gredi od razdjelnika/sabirnika.....	55
5.3.4. Crpka razdjelnik/sabirnik prema hladnjaku klima jedinice .....	58
5.3.5. Crpka hladnog kruga prema aktivnoj gredi od razdjelnika/sabirnika.....	59
5.4. Odabir regulacijske opreme vodenog sustava.....	61
5.4.1. Nepovratni ventili .....	61
5.4.2. Hvatači nečistoća .....	61
5.4.3. Balansni ventili .....	61
5.5. Odabir kotla.....	62

---

5.6. Crpka kotlovskega kruga .....	65
5.7. Odabir ekspanzijske posude.....	67
5.7.1. Odabir ekspanzijske posude kruga grijanja .....	67
5.7.2. Odabir ekspanzijske posude kruga hlađenja .....	69
6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA .....	70
6.1. Grijanje i hlađenje .....	70
6.2. Ventilacija .....	72
7. ZAKLJUČAK.....	73
LITERATURA.....	74
PRILOZI.....	75



## POPIS SLIKA

Slika 1. Pasivna greda .....	5
Slika 2. Aktivna rashladna greda.....	5
Slika 3. Kapacitet pasivne grede ovisno o blizini zida.....	6
Slika 4. Utjecaj temperature ubacivanja na kapacitet .....	7
Slika 5. Primjer smještaja pasivne grede.....	7
Slika 6. Distribucija grijanja aktivnom rashladnom gredom.....	9
Slika 7. Brzine zraka kod aktivnih greda .....	10
Slika 8. Temperaturna stratifikacija ovisna o temperaturi ogrjevnog medija .....	11
Slika 9. Presjek kroz katove .....	14
Slika 10. Tlocrt podruma.....	15
Slika 11. Tlocrt prizemlja.....	16
Slika 12. Tlocrt 1. kata .....	17
Slika 13. Tlocrt 2. kata .....	18
Slika 14. 3D vizualizacija zgrade .....	19
Slika 15. Z-LVS distribucijski element, proizvođač TROX .....	33
Slika 16. LVS distribucijski element, proizvođač TROX.....	34
Slika 17. TROX aktivna greda .....	34
Slika 18. Smještaj aktivne rashladne grede u prostor.....	34
Slika 19. Pad tlaka polaza kanala klima komore Sredina .....	38
Slika 20. Pad tlaka povrata kanala klima komore Sredina.....	38
Slika 21. Kutija RN konstantnog protoka, proizvođača TROX.....	40
Slika 22. Kutija EN konstantnog protoka, proizvođača TROX .....	40
Slika 23. Kutija TVJ varijabilnog protoka, proizvođač TROX.....	40
Slika 24. Mollierov h-x dijagram za rekuperator.....	48
Slika 25. DID312-LR-M-ML-AV (priključak lijevo, dovod zraka sredina).....	51
Slika 26. Dijagram karakteristike crpke grajača klima komore .....	53
Slika 27. Crpka grijača klima komore.....	53
Slika 28. Karakteristika crpke MAGNA3 32-60F .....	54
Slika 29. Crpka MAGNA 32-60 F -98126820.....	55
Slika 30. Crpka toplog kruga prema aktivnoj gredi .....	56
Slika 31. Pad tlaka polaza cijevi grijanja .....	57
Slika 32. Pad tlaka povrata cijevi grijanja.....	57
Slika 33. Radna krivulja crpke prema klima jedinicama .....	58
Slika 34. Crpka hladnog kruga prema aktivnoj gredi.....	59
Slika 35. Pad tlaka polaza cijevi hlađenja .....	60
Slika 36. Pad tlaka povrata cijevi hlađenja .....	60
Slika 37. Tlocrt ugradnje kotla.....	63
Slika 38. Hidraulička skretnica .....	64
Slika 39. Radna krivulja crpke prema kotlu .....	66
Slika 40. Crpka MAGNA1 50-150 F 99221306 .....	66
Slika 41. Ekspanzijska posuda Reflex N 250.....	68

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Skala PMV indeksa .....	1
Tablica 2. Karakteristike aktivne rashladne grede .....	9
Tablica 3. Temperature prostora .....	12
Tablica 4. Koeficijenti prijelaza i prolaza topline .....	13
Tablica 5. Minimalni broj izmjena $n_{min}$ .....	22
Tablica 6. Toplinska bilanca grijanja .....	24
Tablica 7. Računske vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije ostakljenja $g \perp$ kod okomitog upada sunčeva zračenja .....	27
Tablica 8. Faktor umanjenja naprave za zaštitu od sunčeva zračenja .....	28
Tablica 9. Bilanca hlađenja objekta .....	28
Tablica 10. Protoci zraka odabrani prema II. Kvaliteti zraka .....	32
Tablica 11. Dimenzioniranje distribucijskih elemenata .....	35
Tablica 12. VAV kutije .....	39
Tablica 13. Odabir klima komora prema protocima i orijentaciji .....	41
Tablica 14. Prigušivač zraka .....	42
Tablica 15. Pločasti rekuperator - grijanje .....	42
Tablica 16. Pločasti rekuperator - hlađenje .....	43
Tablica 17. Prigušivač zraka PZ2 .....	43
Tablica 18. Prigušivač zraka PZ2, pad tlaka 8 Pa .....	45
Tablica 19. Prigušivač zraka PZ2, pad tlaka 11 Pa .....	45
Tablica 20. Distribucijske aktivne rashladne grede .....	50
Tablica 21. Odabir radijatora prizemlja .....	51
Tablica 22. Pad tlaka kruga grijača klima jedinice .....	52
Tablica 23. Padovi tlaka za odabir crpke razdjelnik/sabirnik prema grijaču .....	54
Tablica 24. Protok i padovi tlaka za odabir crpke toplog kruga .....	55
Tablica 25. . Protok i padovi tlaka za odabir crpke razdjelnik/sabirnik prema hladnjaku klima jedinica .....	58
Tablica 26. Protok i padovi tlaka za odabir crpke hladnog kruga .....	59
Tablica 27. Dimenzije ugradnje kotla .....	63
Tablica 28. Ulazni parametri za izračun temperature povrata grijanja sekundarnog kruga .....	64
Tablica 29. Protok i pad tlaka kotlovske kruga .....	65
Tablica 30. Volumen sustava grijanja .....	67
Tablica 31. Volumen sustava hlađenja .....	69

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

CRTEŽ 1	Tlocrt dispozicije opreme na krovu
CRTEŽ 2	3D prikaz ventilacijskog sustava prodora SREDINA
CRTEŽ 3	3D prikaz ventilacijskog sustava prodora ISTOK
CRTEŽ 4	3D prikaz ventilacijskog sustava prodora ZAPAD
CRTEŽ 5	3D prikaz vodenog sustava prodora ZAPAD
CRTEŽ 6	Vertikalni prodori klima jedinica
CRTEŽ 7	Shema sustava regulacije grijanja
CRTEŽ 8	Shema sustava regulacije hlađenja
CRTEŽ 9	Shema regulacije sustava ventilacije
CRTEŽ 10	Tlocrt dispozicije opreme prizemlja

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
IR	%	Omjer ukupnog i dobavnog zraka aktivne grede
$T_i$	°C	Unutarnje temperatura prostora
$\Delta t_{m,N}$	°C	Srednja logaritamska razlike temp. na radijatoru
$T_v$	°C	Normirana temperatura polaza radijatora
$T_r$	°C	Normirana temperatura povrata radijatora
$\Phi_H$	W	Učin radijatora u nestandardnim uvjetima
U	m <sup>2</sup> K/W	Koeficijent prolaza topline građevnog elementa
$\Phi_i$	W	Projektne toplinski gubici prostorije
$\Phi_{T,i}$	W	Projektne transmisijski gubici topline prostorije
$\Phi_{V,i}$	W	Projektne ventilacijski gubici topline prostorije
$H_{T,ie}$	W/K	Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$H_{T,iue}$	W/K	Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
$H_{T,ig}$	W/K	Stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu
$H_{T,ij}$	W/K	Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature
$H_{V,i}$	W/K	Koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka
$\vartheta_{int,i}$	°C	Unutarnja projektne temperatura grijanog prostora
$\vartheta_e$	°C	Vanjska projektne temperatura
$A_k$	m <sup>2</sup>	Površina ploha „k“ kroz koju prolazi topline
$V_i$	m <sup>3</sup> /h	Protok zraka u grijanoj prostoriji
$\Phi_{RH,i}$	W	Toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja
$A_i$	m <sup>2</sup>	Površina poda grijanog prostora sa 1/2 debljine zidova
$f_{RH}$	W/m <sup>2</sup>	Korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida rada
$\Phi_{HL,i}$	W	Toplinsko opterećenje grijane prostorije

$b$	-	Faktor umanjenja sunčevog zračenja
$g_{\perp}$	-	Stupanj propuštanja ukupne sunčeve energije kroz ostakljenje kod okomitog upada zračenja
$F_w$	-	Faktor smanjenja zbog ne okomitog upada sunčevog zračenja
$F_f$	-	Faktor umanjenja zbog učešća okvira u prozirnomo građevnom dijelu
$F_c$	-	Faktor umanjenja naprave za zaštitu od sunčevog zračenja
$\dot{V}_o$	$m^3/h$	Volumni protok vanjskog zraka
$N$	-	Broj osoba
$\dot{V}_{o,p}$	$m^3/h$	Volumni protok vanjskog zraka po osobi
$ACH$	$h^{-1}$	Broj izmjena zraka po satu
$V$	$m^3$	Volumen prostorije
$\Phi$	-	Stupanj povrata osjetne topline
$t_{22}$	$^{\circ}C$	Temperatura vanjskog zraka na izlazu iz regeneratora
$t_{21}$	$^{\circ}C$	Temperatura vanjskog zraka na ulasku u regenerator
$t_{11}$	$^{\circ}C$	Temperatura unutarnjeg zraka na ulasku u regenerator
$\Phi_{gr}$	W	Potreban ogrjevni učin grijača
$\Phi_{hl}$	W	Potreban rashladni učin hladnjaka
$\dot{V}_{VZ}$	$m^3/s$	Volumni protok vanjskog zraka
$\rho_z$	$kg/m^3$	Gustoća zraka
$c_p$	J/kgK	Specifični toplinski kapacitet
$\Delta\theta_z$	$^{\circ}C$	Temperaturna razlika zraka prije i poslije grijača
$\Phi_{CL,i}$	W	Toplinsko opterećenje hladene prostorije
$\Phi_{g,uk}$	W	Ukupno instalirani toplinski učin grijanja
$\Phi_{h,uk}$	W	Ukupno instalirani toplinski učin hlađenja
$\Phi_g$	W	Toplinski učin grijanja aktivne grede
$\Phi_h$	W	Toplinski učin hlađenja aktivne grede
$T_{pov,Kot}$	$^{\circ}C$	Temperatura povrata kotla
$V_{n,min}$	1	Minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude

---

$V_e$	l	Volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda od 35°C
$V_V$	l	Dodatni volumen, uzima se oko 0,5% volumena vode u instalaciji, minimalno 3 litre
$p_e$	bar	Projektni krajnji tlak, povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila (kod sustava koji rade pri tlakovima manjim od 5 bara procjenjuje se na 0,5 bara ispod tlaka sigurnosnog ventila)
$p_o$	bar	Primarni tlak ekspanzijske posude (tlak plina prilikom isporuke)
$n$	%	Postotak širenja ( dobije se linearnom interpolacijom između tabličnih vrijednosti za najvišu temperaturu polaza koja iznosi 35 °C
$V_A$	l	Volumen sustava grijanja

## SAŽETAK

U ovom radu prikazano je tehničko rješenje sustava grijanja, hlađenja i ventilacije za upravnu zgradu. Zgrade je smještena na području grada Poreča te se sastoji od četiri etaže na kojima se nalaze spremišta, arhive, uredi, kantina, sanitarni prostori te sobe za sastanke. Zgrada ima ukupnu korisnu površinu 4600 m<sup>2</sup>.

Proračun toplinske bilance je napravljen prema normi HRN EN 12831 dok projektni toplinski dobici prema smjernici VDI 2078. Projektiran je sustav centralnog grijanja odnosno hlađenja sa centralnom pripremom zraka u tri klima jedinice. Potrebe ventilacije su izračunate pomoću norme EN 15251. Ukupne potrebe grijanja zgrade iznose 257 kW dok potrebe hlađenja iznose 245 kW.

Za proračun toplinske bilance i projektnih toplinskih dobitaka je korišten računalni program „IntegraCad“. Izvor ogrjevnog učina je plinski kondenzacijski kotao dok toplinsko opterećenja hlađenja se odvodi pomoću suhog hladnjaka medija voda- 25% etilen-glikol. Sva oprema je smještena na krovu zgrade.

Radijatori i indukcijski uređaji, tj.aktivne grede su korištene u sustavu grijanja kao distribucijska oprema te iste aktivne grede preko četverocijevnog sustava su spojene i na sustav hlađenja. Hidraulički proračun zračnih kanala te cijevnih mreža ogrijevnog i rashladnog medija je nacrtan i izveden pomoću programa REVIT i njegovih dodataka „MagicCAD Piping“ i „MagicCad Ventilation“. U radu su dani tehnički proračuni odabira opreme te proračun buke za sobu najbližu klima jedinici. Na kraju rada je prikaz tehničkih crteža kojima se definira raspored komponenata sustava, njihova regulacija i spajanje.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, ventilacija, indukcijski uređaji, kotao, suhi hladnjak

## SUMMARY

This master's thesis presents a technical solution for heating, cooling and ventilation systems for an administrative building. The building is located in the Poreč area and consists of four storeys with storage, archives, offices, canteens, sanitary facilities and meeting rooms. The building has a total usable area of 4600 m<sup>2</sup>.

The heat balance calculation was made according to the HRN EN 12831 standard while the project heat gains according to the VDI directive 2078. The central heating system was designed with central air conditioning in three air handling units. Ventilation requirements are calculated using the EN 15251 standard. The total heating need of the building is 257 kW, while the cooling requirement is 245 kW.

The "IntegraCad" computer program was used to calculate the heat balance and project heat gains. The source of the heating effect is a gas condensing boiler while the heat load is drained off by dry-cooler with working fluid of water-25% ethylene glycol. All the equipment is located on the roof of the building.

Radiators and induction devices, ie. active beams, are used in the heating system as distribution equipment and the same active beams are connected through the four-way pipe to the cooling system. The hydraulic calculation of air ducts and piping networks of the heating and cooling media is drawn and carried out using the REVIT program and its accessories "MagicCAD Piping" and "MagicCad Ventilation". This paper presents the technical calculations of equipment selection and noise calculation for the room closest to the air handling unit. At the end of the work is an overview of the technical drawings defining the layout of the system components, their control and the connections.

Keywords: heating, cooling, ventilation, induction devices, boiler, dry-cooler



## 1. UVOD

Razvojem ljudske civilizacije, posebice u zadnjem stoljeću, došlo je do naglog porasta standarda kvalitete života. Veliki značaj ima i razvoj tehnologije koja omogućava održavanje mikroklimatskih uvjeta u prostorijama. Faktori koji utječu na toplinsku ugodnost osoba koje borave u prostoru prema [1] su:

- Temperatura zraka u prostoriji
- Temperatura ploha u prostoriji
- Vlažnost zraka
- Strujanje zraka
- Razina odjevenosti
- Razina fizičke aktivnosti
- Buka, namjena sobe, dob osoba itd.

Toplinska ugodnost je rezultat zajedničkog djelovanja navedenih faktora.

Vrednovanje toplinske ugodnosti je moguće pomoću dvije metode: PMV ili PPD

PMV (eng. Predicted Mean Vote) vrednuje razinu ugone, tj. predviđa subjektivno ocjenjivanje ugodnosti boravka u okolišu od strane grupe ljudi

PPD (eng. Predicted Percentage of Dissatisfied) indeks koji određuje postotak nezadovoljnih osoba iz jednostavnog matematičkog izraza (funkcija od PMV-a).

**Tablica 1. Skala PMV indeksa**

Skala PMV indeksa	
+3	Vruće
+2	Toplo
+1	Blago toplo
0	Neutralno
-1	Prohladno
-2	Hladno
-3	Ledeno

Sustave grijanje možemo podijeliti na :

- Toplozračne sustave grijanja
- Zračno-vodene sustave grijanja
- Toplovodni/vrelovodni sustavi grijanja
- Parni sustavi grijanja

Toplovodnim sustavima grijanja se nazivaju centralni sustavi čiji središnji toplinski izvor opskrbljuje cijelu zgradu. Prednost takvog sustava je jednolika razdioba temperature u prostoru, mali broj kotlova i dimnjaka, smanjeno zagađenje okoliša te manipulacija gorivom izvan grijanog prostora (podrum, krov). Nedostaci su mjerenje potrošnje toplinske energije za sve korisnike u zgradi, visoki investicijski troškovi i troškovi održavanja, te toplinski gubici razvoda.

Podjela prema načinu cijevnog razvoda je na jednocjevni i dvocjevni sustav. U ovom radu korišten je dvocjevni, koji se odlikuje promjenjivim protokom vode kroz ogrjevna tijela te većim padom temperature u ogrjevnim tijelima.

Sustave grijanja, ventilacije i klimatizacije možemo podijeliti na tri osnovna tipa:

- Zračni sustav
- Zračno-vodeni sustav
- Vodeni sustav

Zračno vodeni sustav se može podijeliti na slijedeće kategorije:

- Sa zonskim grijačima i hladnjacima
- S indukcijskim uređajima
- S ventilokonvektorima
- Grijanje/hlađenje zračenjem

Podjela vodenog sustava je na:

- dvocijevne sustave gdje imamo polaz i povrat s prekretanjem između toplog i hladnog medija
- trocijevne sustave gdje imamo polaz tople i hladne vode, ali zajednički povrat

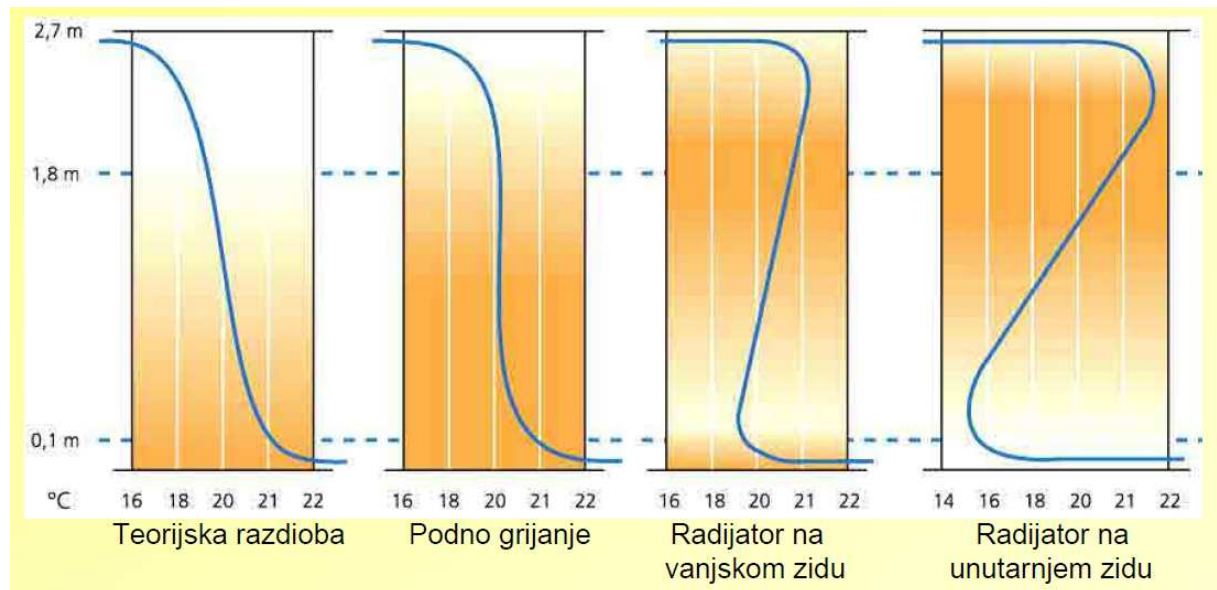
- četverocijevne sustave gdje su odvojeni polazi i povrati tople i hladne vode. Za četverocijevne sustave regulacija se vrši ventilima, te je potreban samo jedan izmjenjivač.

Zračno vodeni sustav ima centralnu pripremu primarnog zraka, visokobrzinski sustav s indukcijskim uređajima ili niskobrzinski sustav s ventilokonvektorima. Prednost sustava je zasebna regulacija temperature prostorije, odvojeni izvori grijanja i hlađenja primarnog zraka, a veličina centralne klima jedinice je manja pošto se priprema manja količina zraka. Dobava zraka za ventilaciju zajedno s vodenim sustavom zadovoljava u omjeru 3:1 potrebe grijanja i hlađenja. Što znači za dovedenih 250 W učina na vodi, dovedeno je 750 W učina na pripremi zraka. Prostor se može grijati i bez rada zračnog sustava, samo indukcijom preko sustava grijanja. Komponente indukcijskih uređaja su trajne te se redovno održavanje svodi na temperaturno umjeravanje regulacije i čišćenje filterskih mrežica. Dobava zraka je većinom konstantna bez mogućnosti isključenja, što je i nedostatak takvog sustava. Sustav nije primjeren za prostore s visokim zahtjevima za odsisom zraka, te postoji problem u ljetnim mjesecima od stvaranje kondenzacije na izmjenjivačkim površinama sekundarnog vodenog kruga. Potrošnja energije ventilatora za indukcijske sustave je veća nego kod većine ostalih sustava zbog veće snage potrebne za svladavanje pada tlaka primarnog zraka u terminalnim jedinicama.

Moguća ogrjevna tijela se mogu podijeliti na:

- Člankasta ogrjevna tijela
- Konvektore
- Cijevne grijače
- Panelne grijače

Sam odabir ogrjevnog tijela utječe na sljedeći način na toplinsku ugodnost:

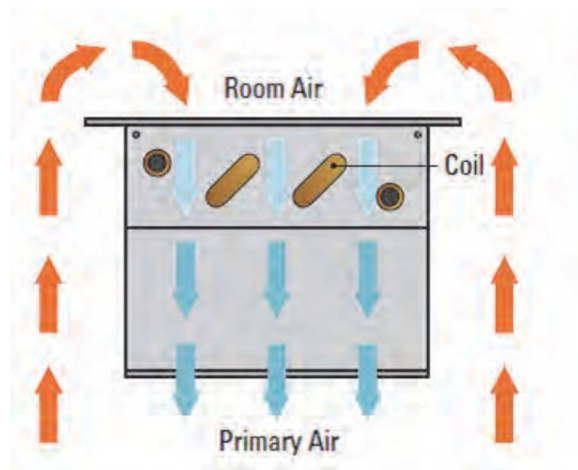


Konvektivna ogrjevna tijela se obično smještaju uz vanjski zid kako bi se kompenzirali utjecaji zračenja, konvekcije i propuha. Ogrjevni uređaji koji su se koristili u ovom radu su indukcijski rashladni uređaji tj. aktivne rashladne grede, te radijatori.

### 1.1. Opis rashladnih aktivnih greda

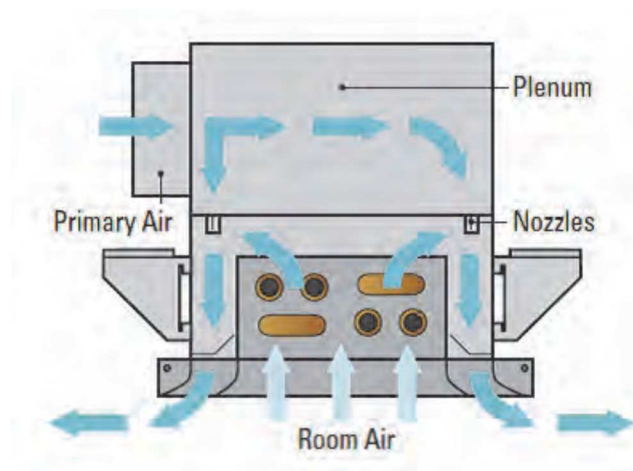
Aktivne i pasivne grede, u praksi poznate više kao rashladne grede, su efikasno rješenje za individualne zone gdje su unutarnji izvori vlage umjereni. Rashladne grede daju dobru toplinsku ugodnost, te štede energiju i prostor. Glavna prednost sustava je niska cijena održavanja. Kad govorimo o pasivnim gredama, one se odnose na uređaje koje prirodnim uzgonom predaju rashladni ili toplinski učin zraku, jer je topliji zrak lakši pa prirodnom cirkulacijom ostvarujemo izmjenu. Karakteristika aktivnih greda je nametnuta konvekcija uzrokovana indukcijom. Dobavni zrak ulazi u gredu velikom brzinom kroz sapnice pritom stvarajući podtlak. Zrak iz sobe ulazi kroz otvor grede, prelazi preko izmjenjivača topline, pritom preuzimajući toplinski ili rashladni učin te miješanjem u glavnoj kutiji s dobavnim zrakom dolazi kroz zazoru u prostoriju. Primjena rashladnih greda je moguća za urede, otvorene urede, konferencijske sobe, škole, vrtiće, restorane, kantine. Ograničenja na određene sobe se odnose zbog prevelike količine vlage koja se može javiti, pa bi moglo doći do rošenja na izmjenjivačima ako je temperatura preniska. Tako se u kuhinjama i prostorima, gdje imamo velike izvore vlage, ne stavljaju rashladne grede.

Na slici 1. vidimo strujanje zraka pasivne grede, gdje s gornje strane imamo usisne otvore, a obrađeni zrak izlazi s donje strane. Strujanje se ostvaruje zbog razlike u temperaturi.



**Slika 1. Pasivna greda**

Kod aktivnih rashladnih greda na slici 2., strujanje se ostvaruje indukcijom podtlaka na strani zraka iz sobe. Zrak prelazi preko izmjenjivača te se ispod plenuma miješa s dobavnim zrakom. Gustoća raste te teži zrak pada prema podu prostorije. Vlažnost zraka se kontrolira ubacivanjem vanjskog zraka.

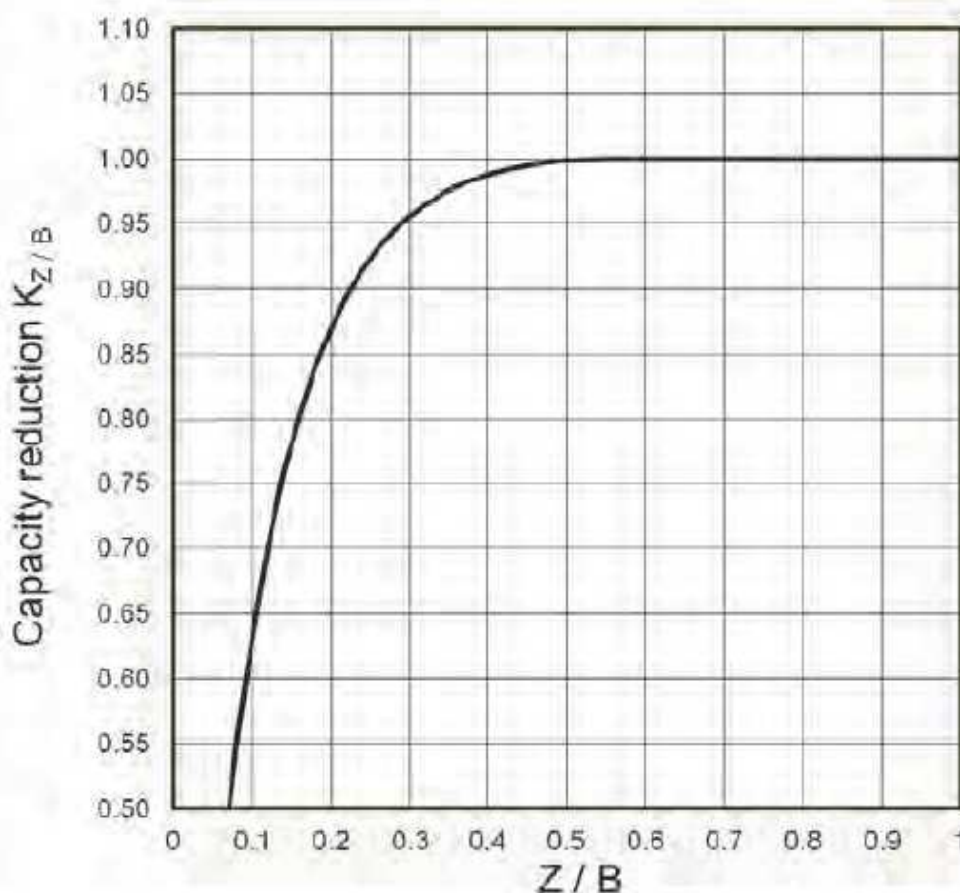


**Slika 2. Aktivna rashladna greda**

Voda ima veći koeficijent prijelaza od zraka i veći sadržaj energije po jedinici volumena kod transporta od i do zone ubacivanja. Tako da zahtjeva manje snage za transport rashladnog ili toplinskog učina. Zračni sustavi često ne postižu željene toplinske ili rashladne učine, a jedino rješenje je povećanje protoka zraka, što zahtjeva veće i šire kanale kako bi se postigli jednaki učini grijanja i hlađenja za vodeno - zračne sustave.

Kod smještaja pasivnih greda bitno je uzeti u razmatranje prirodno kretanje zraka unutar sobe. Treba izbjegavati snažne izvore topline direktno ispod pasivne grede. Maksimalna visina

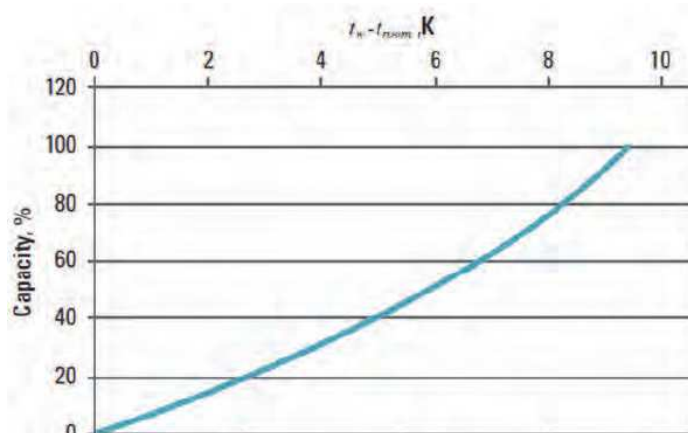
prostorije koja se preporuča je 4,5 m od gornjeg sloja poda. Potrebno je i osigurati prostore izvan zona korištenja gdje dolazi do boljeg miješanja svježeg i zraka iz prostorije. Pasivne grede sadrže izmjenjivač i kućište. Vanjski pokrov može biti u obliku rešetaka ili rupica. Izmjenjivač sadrži cijevi povećane površine kako bi se povećao prijenos topline između vode i zraka. Kada hladna voda cirkulira kroz izmjenjivač, hladni zrak pada direktno ispod rashladne grede pritom uzimajući topli zrak s gornje strane rashladne grede. Kako bi se izbjegle smetnje prirodne konvekcije na pasivnim gredama, bitno je odmaknuti dovod svježeg ventilacijskog zraka kako ne bi ometao strujnice na stranama rashladne grede. Kapacitet pasivnih greda se kreće između 50 - 200 W/m<sup>2</sup>. Kapacitet ovisi o temperaturi vode i prostorije. Na kapacitet također utječe visina sobe i veličina izmjenjivača. Ukoliko je pasivna greda smještena na udaljenosti manjoj od 1 m od zida, njezin kapacitet pada, što je vidljivo na slici 3.



**Slika 3. Kapacitet pasivne grede ovisno o blizini zida**

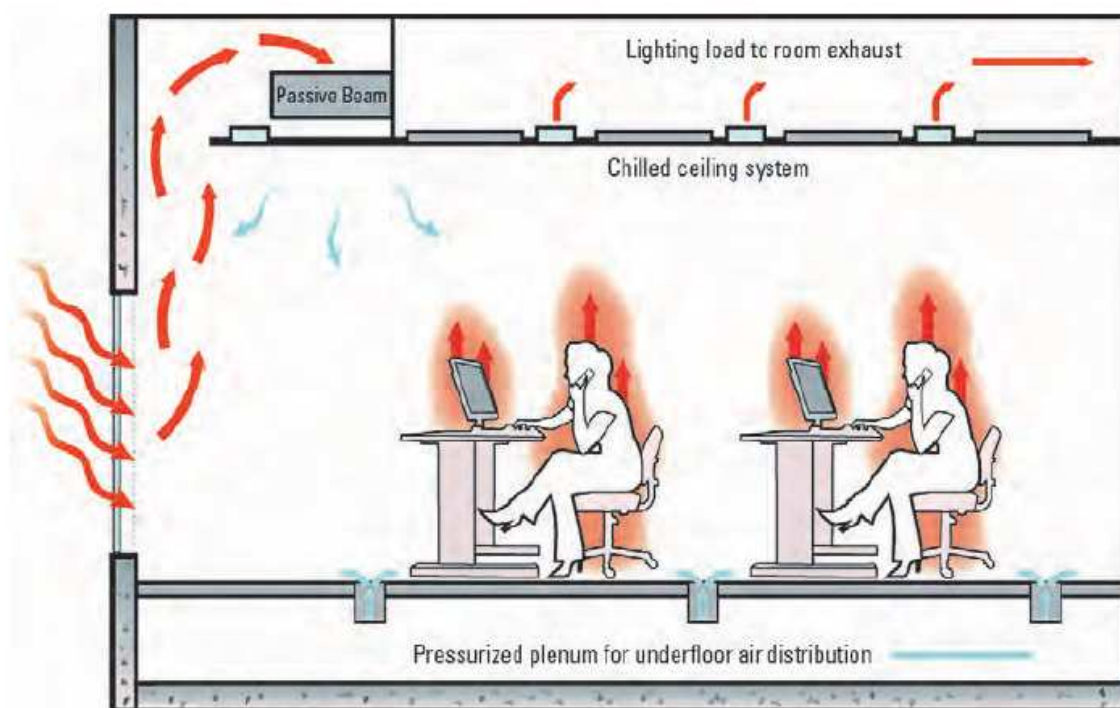
Ukoliko je udaljenost manja od preporučene B, Z/B predstavlja relativnu najmanju udaljenost u rasponu od 0,1 do 1,0.

Kapacitet rashladnih greda u ovisnosti o razlici temperature sobe i temperature ubacivanja, vidljiv je na slici 4.



Slika 4. Utjecaj temperature ubacivanja na kapacitet

Smještaj pasivnih greda je obično uz fasadu zbog velikih toplinskih gubitaka i dobitaka na samoj ovojnici prostorije, jer postoji veća razlika temperature, čime nastaje prirodna cirkulacija (slika5.).



Slika 5. Primjer smještaja pasivne grede

Aktivne rashladne grede su povezane na dobavni zrak, te vodeni sustav za hlađenje i grijanje. Primarni zrak ulazi kroz sapnice kako bi osigurao potrebnu ventilaciju i odvlaživanje prostora. Prilikom strujanja stvara se podtlak te indukcijom vuče zrak iz sobe kroz izmjenjivač s kojim se miješa s primarnim zrakom. Podtlak koji se stvara je u rasponu od 50 do 250 Pa. Jedan od faktora učinkovitosti aktivne grede je stupanj indukcije. On se definira kao ukupni volumen zraka koji izlazi iz grede podijeljen s dobavnim zrakom dovedenim na aktivnu gredu.

$$IR = \frac{Q_{dobavni} + Q_{sekundarni}}{Q_{dobavni}} \quad (1)$$

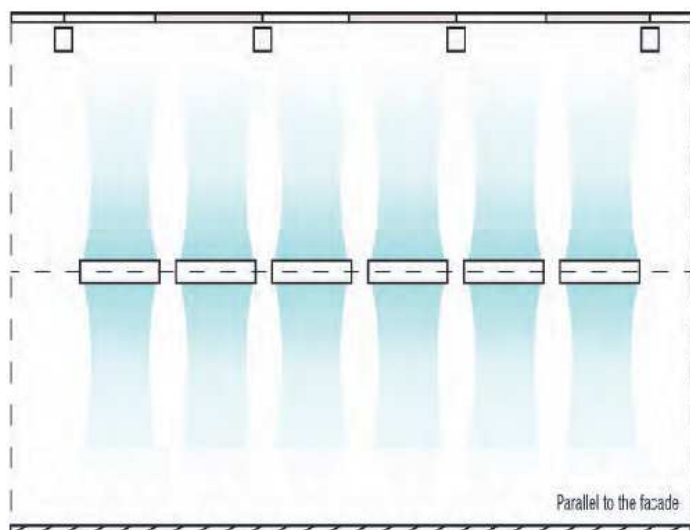
Aktivne rashladne grede mogu pokriti osjetno hlađenje do 80 W/m<sup>2</sup>. Temperature dovoda hladne vode ne smiju biti niže od 14 °C zbog opasnosti od pojave kondenzata. Temperature grijanja se kreću od 40 do 60 °C. Temperaturni režim izmjenjivača je oko 2 do 4 K.

Postoje dva moguća načina instalacije:

- Montiran na spušenom stropu
- Montiran na podu
- Montiran na lice zida

Protok dobavnog zraka ovisi o potrebnom ventilacijskom zahtjevu, održavanju vlažnosti prostora te odvođenju osjetne topline. U ovom radu je korišten četverocijevni sustav s odvojenim izmjenjivačima grijanja i hlađenja. Kod grijanja aktivnim rashladnim gredama postoji problem od ubacivanja u zonu korištenja toplog zraka. Potrebno je postignuti dovoljno velike brzine, kako bi došlo do miješanja sa zrakom iz sobe. Na slici 6. vidimo tlocrt distribucije toplog zraka unutar prostorije.





**Slika 6. Distribucija grijanja aktivnom rashladnom gredom**

Postupak odabira aktivne grede:

- Određivanje dizajna prostora
- Određivanje temperaturnih režima grijanja i hlađenja
- Potrebni ventilacijski zahtjevi prostora
- Latentno opterećenje sustava
- Osjetno opterećenje sustava
- Određivanje kapaciteta hlađenja i grijanja
- Određivanje količine, veličine, protoka aktivnih rashladnih greda
- Provjera razine buke u ovisnosti o namjeni prostora

Postupak odabira aktivnih rashladnih greda rađeni su uz pomoć softvera „Easy Finder“.

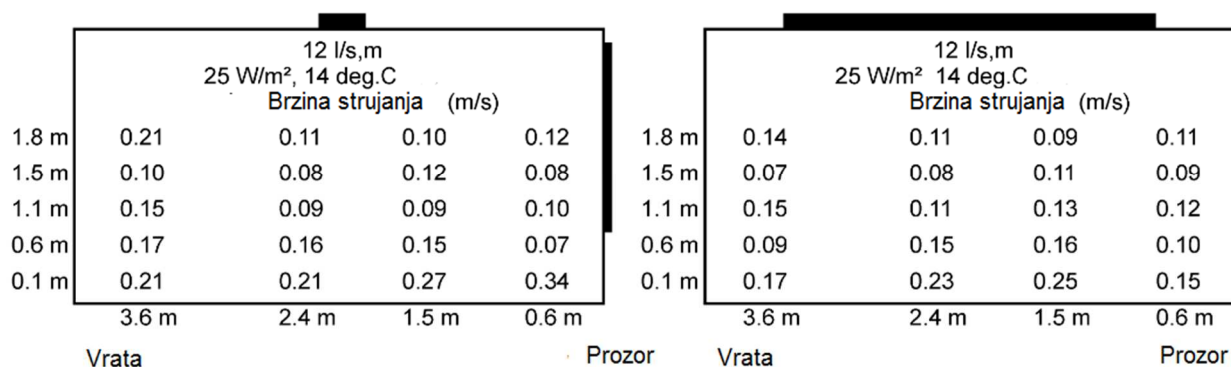
Preporučene vrijednosti dizajna:

**Tablica 2. Karakteristike aktivne rashladne grede**

	Hlađenje	Grijanje
Max. Opterećenje	80 W/m <sup>2</sup>	40 W/m <sup>2</sup>
Spec. kapacitet pasivnih greda	250 W/m	-

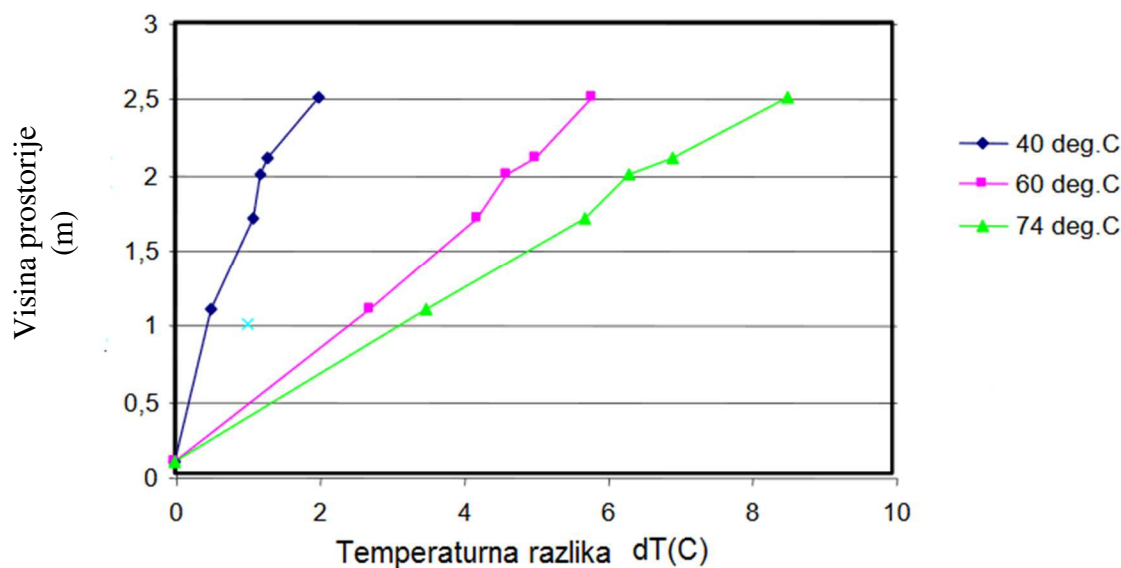
Spec. kapacitet aktivni greda	250 W/m	150 W/m
Protok primarnog zraka	5-15 l/s	5-15 l/s
Temperatura zraka	16-20 °C	19-21 °C
Pad tlaka na aktivnoj gredi	30...120 Pa	30...120 Pa
Protok vode za cijevi 15 mm	0,03...0,1 kg/s	0,03...0,1 kg/s
Pad tlaka u cjevovodu	0,5...15 kPa	0,5....15 kPa

Raspon brzina kod montaže aktivne grede paralelno na prozor ili okomito na njega vidi se na slici 7.



**Slika 7. Brzine zraka kod aktivnih greda**

Na temperaturnu stratifikaciju utječe i temperaturna razlika ogrjevnog medija, tako da su preporuke za maksimalnu temperaturu dovoda do 60 °C. Taj utjecaj je vidljiv na slici 8.



Slika 8. Temperaturna stratifikacija ovisna o temperaturi ogrjevnog medija

## 1.2. Radijatori

Radijatori se dijele na člankaste i pločaste. Člankasti radijatori se rade od lijevanog željeza/aluminija ili su zavareni od čelika. Osnovni mehanizam izmjene topline se vrši konvekcijom koja iznosi od 70-85%. Nedostatak radijatora je da pri visokim temperaturama ogrjevnog medija stvara tragove izgaranja prašine na zidovima.

Pločasti radijatori su zavarene čelične ploče čija prednja površina predstavlja jedinstveni blok. Moguća je izvedba s više ploča u dubini. Karakterizira ih povećani udio zračenja prednje strane, a normirane dimenzije su visine do 90 cm i duljine do 3 m. Na ogrjevni učin radijatora utječe: položaj ugradnje, način priključenja, temperaturni režim prostorije i ogrjevnog medija, te protok.

Podaci u katalogima se daju za normirane temperaturne vrijednosti:

- $T_v = 75 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_r = 65 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\Delta t_{m,N} = 49,83 \text{ }^\circ\text{C}$

Kad grijač radi u nestandardnim temperaturnim uvjetima:

$$Q_H = Q_{H,N} \left( \frac{\Delta t_m}{\Delta t_{m,N}} \right)^n \quad (2)$$

EkspONENT grijača n:

- 1,33 člankasti radijatori
- 1,2-1,3 pločasti radijatori

### 1.3. Opis zgrade

Odabrana zgrada za proračun je smještena na području grada Poreča. Geometrija zgrade, iz arhitektonskih podloga, ima površinu 7.534 m<sup>2</sup> nepravilnog oblika. Zgrada je predviđena kao upravna zgrada tvrtke na pet etaža: podrum, prizemlje, 1. kat, 2. kat, te krov. Krov zgrade je ravan, te je na njemu predviđeno smještanje strojarnice, dizalice topline, klima jedinica te kotlovnice. Proračun grijanja, hlađenja i ventilacije je napravljen za kompletnu zgradu, a detaljan proračun ventilacije i vodenog sustava samo za prizemlje neto površine 1.941 m<sup>2</sup>. U etaži podruma se nalaze: arhive, spremišta vode sprinkler sustava, hidrauličko opno, sistem sale, te garderoba. Za etažu podruma je predviđena ventilacija, te radijatorsko grijanje. Katovi su međusobno povezani sa stubištima i liftovima. U etaži prizemlja se nalaze: uredi, spremišta, sistem sala, kantina, ulazni lobby, te sanitarni prostori. Sve prostorije su grijane i hlađene preko rashladnih greda, osim spremišta i stubišta za koje je predviđeno radijatorsko grijanje. Na prvom i drugom katu su većinom uredi i konferencijske sale sa sanitarnim čvorovima. Nosivu konstrukciju čine nosivi stupovi, a vanjska ovojnica je kompletno obavijena staklom. Fizika zgrade je dobivena od arhitektonskog ureda te korištena u daljnjim proračunima.

Distribucijski elementi odabrani za proračun su aktivne grade i radijatori.

Željene temperature prostora vidljive su u tablici 3.:

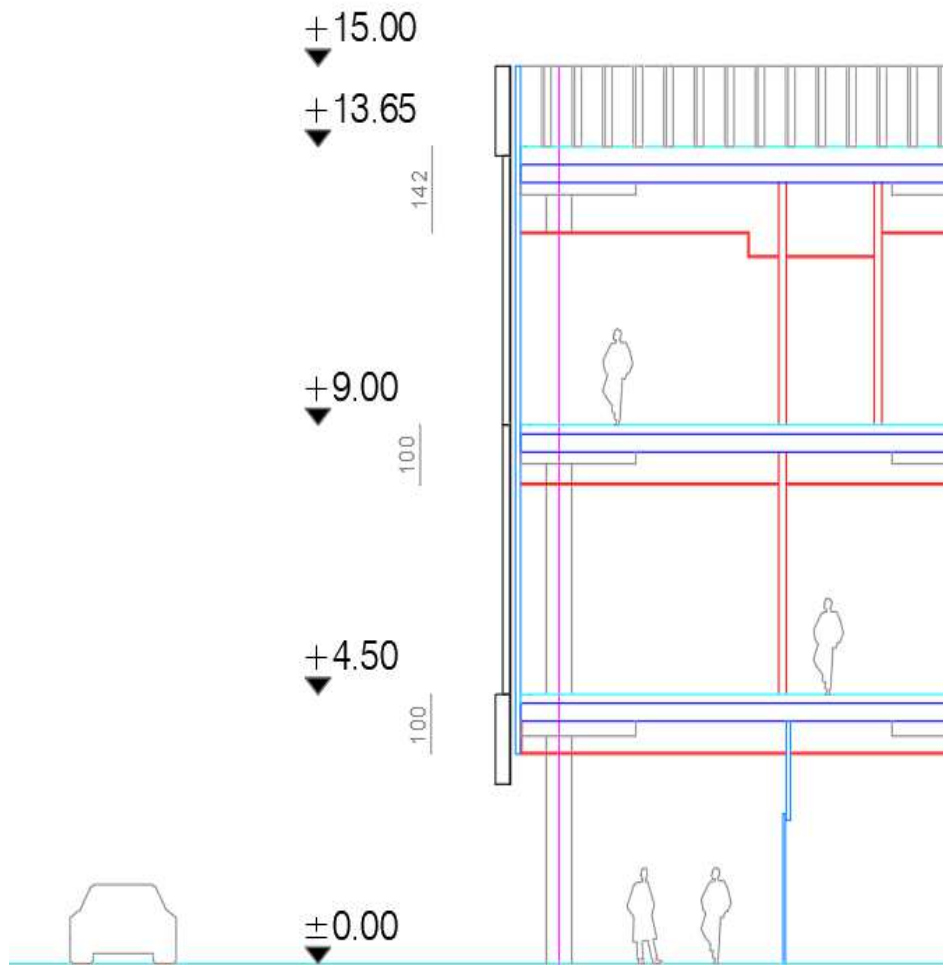
**Tablica 3. Temperature prostora**

	Ljeto	Zima
Garderoba	26 °C	26 °C
Spremište	28 °C	18 °C
Uredi	26 °C	22 °C
Kantina	26 °C	20 °C
Hodnici	28 °C	20 °C
Stubišta	26 °C	18 °C
Sanitarni prostori	28 °C	18 °C

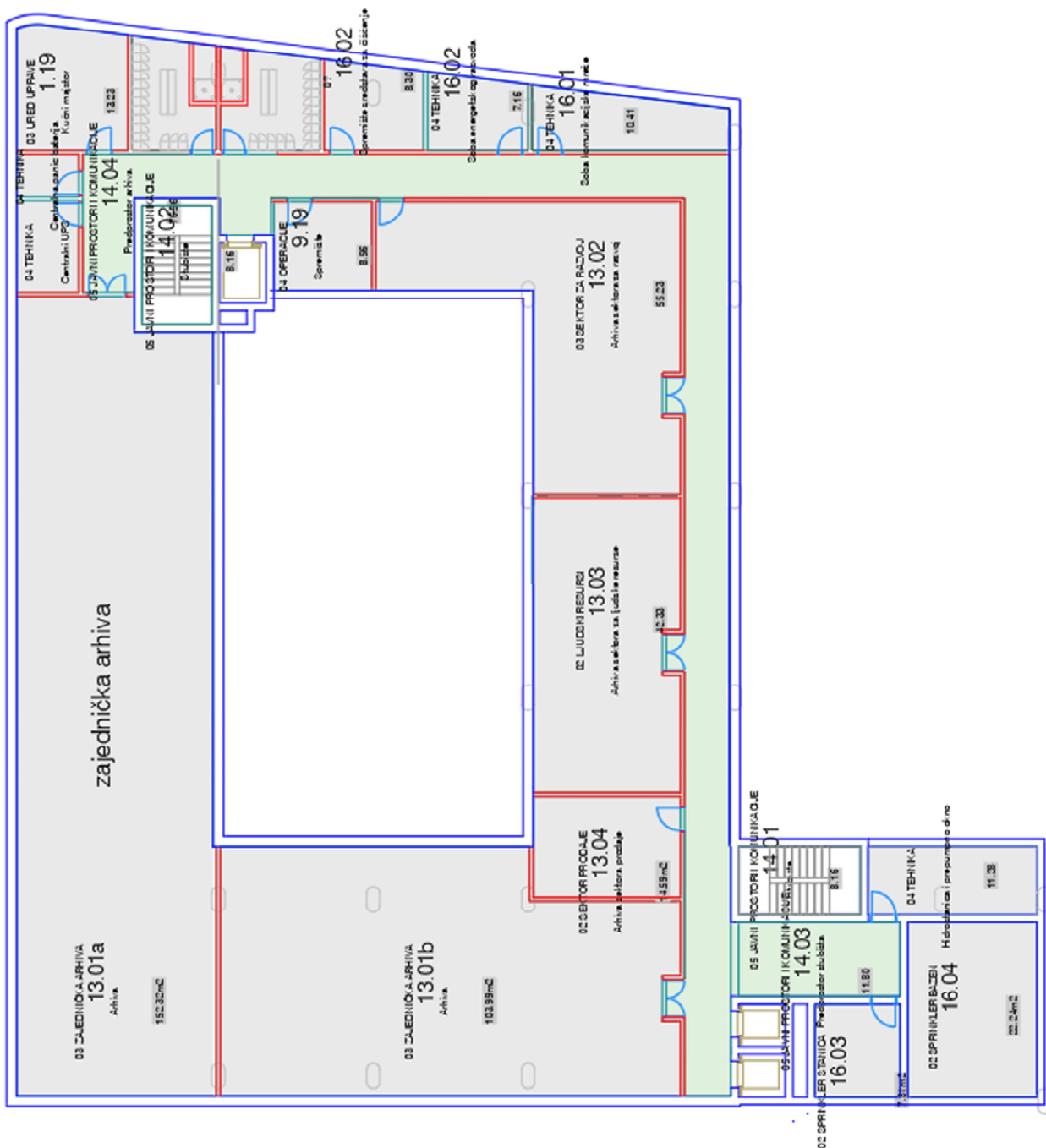
Koeficijenti dobiveni od arhitektonskog ureda:

**Tablica 4. Koeficijenti prijelaza i prolaza topline**

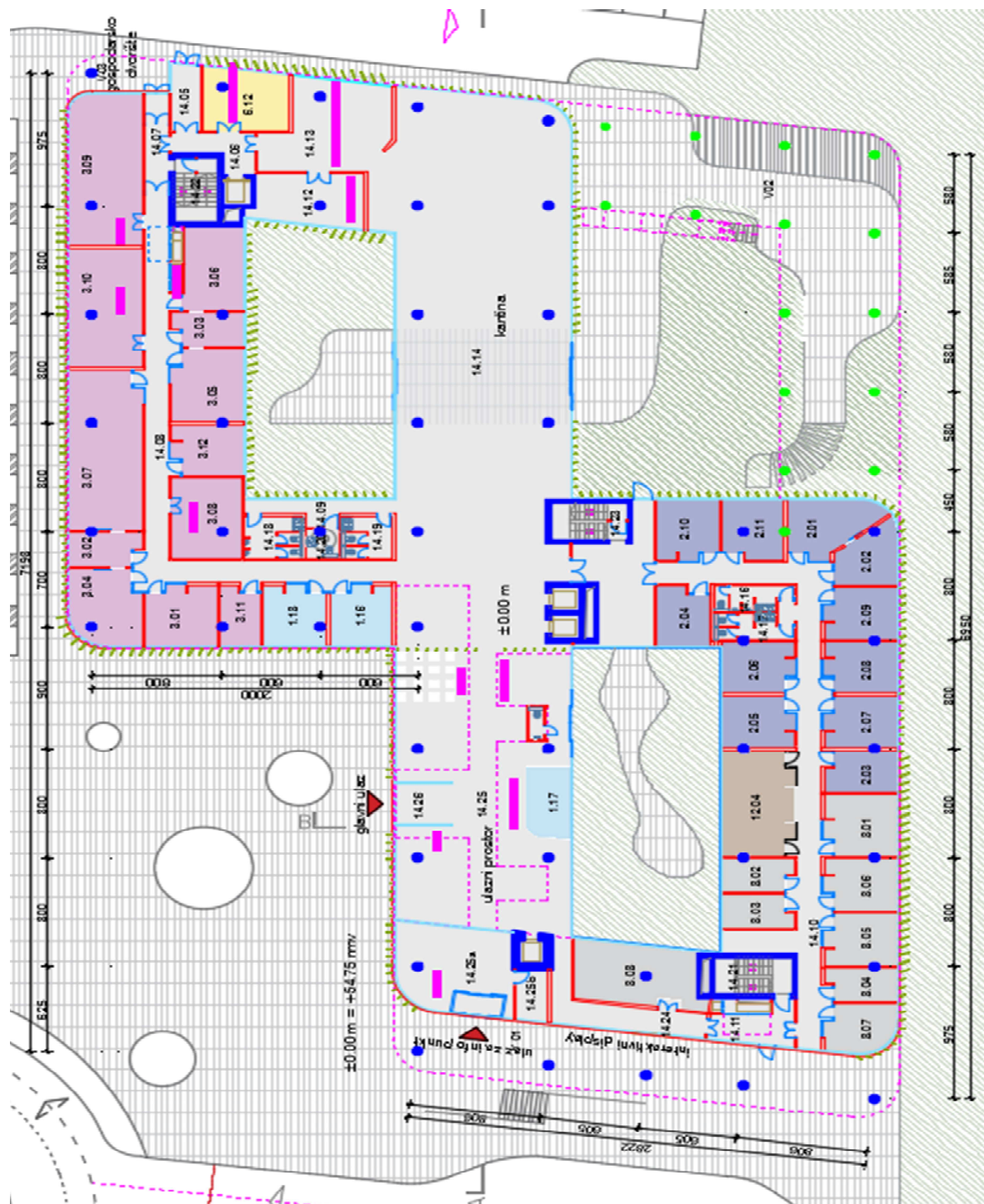
Oznaka	Vrsta	Ra (m <sup>2</sup> K/W)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)	U (m <sup>2</sup> K/W)
PR	Prozor	0	0	1,1
UZ	Unutarnji zid	0,13	0,13	2
PD	Zid prema tlu	0,04	0,17	0,39
VR	Vrata	0	0	2,2
POD	Pod prema tlu	0,04	0,17	0,4
KAT	Među-kat	0,13	0,13	0,64
UZ_NEG	Unutarnji zid	0,13	0,13	2
KROV	Krov prohodni	0,13	0,13	0,22
KROV_neproh.	Krov neprohodan	0,13	0,13	0,19



Slika 9. Presjek kroz katove

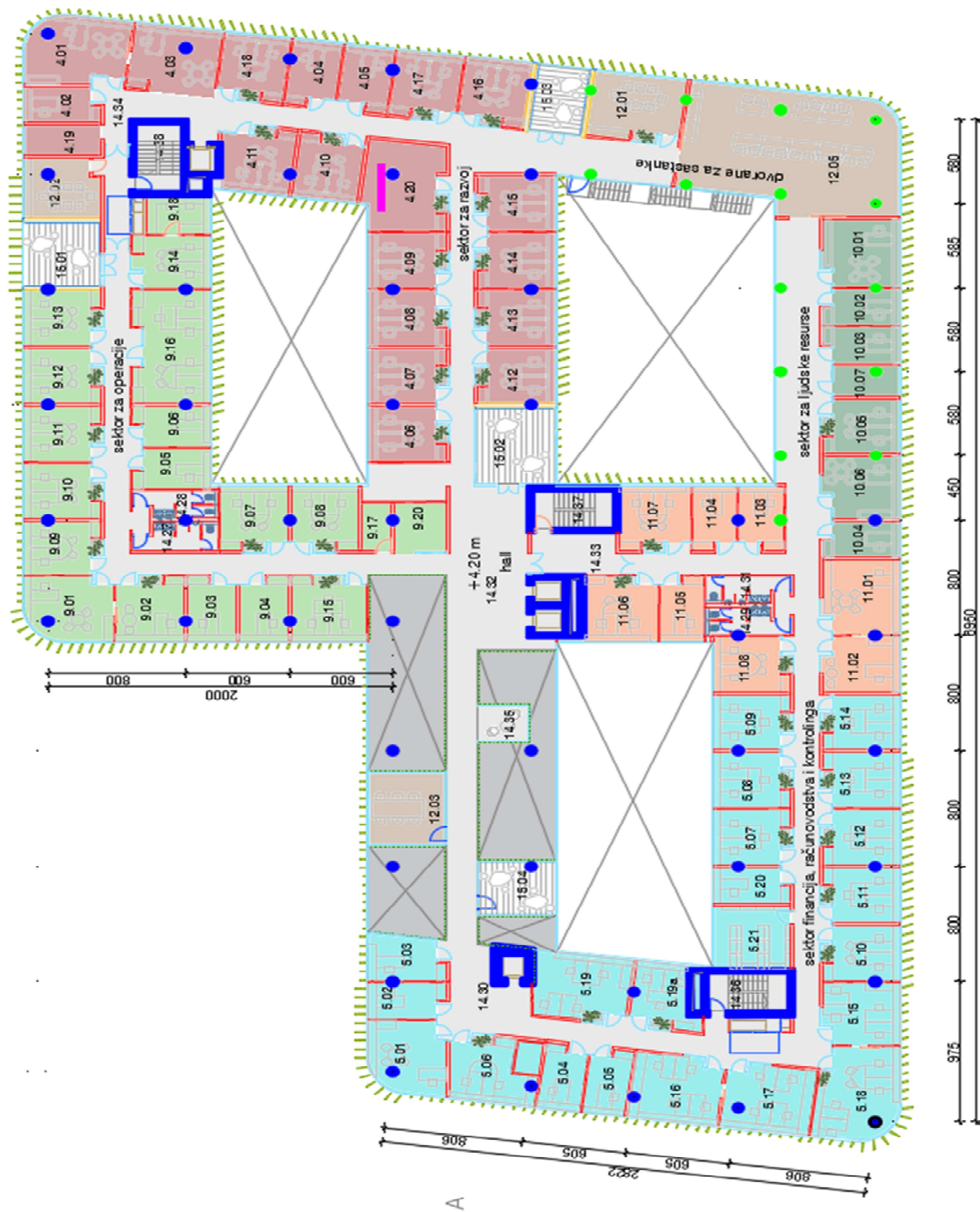


Slika 10. Tlocrt podruma

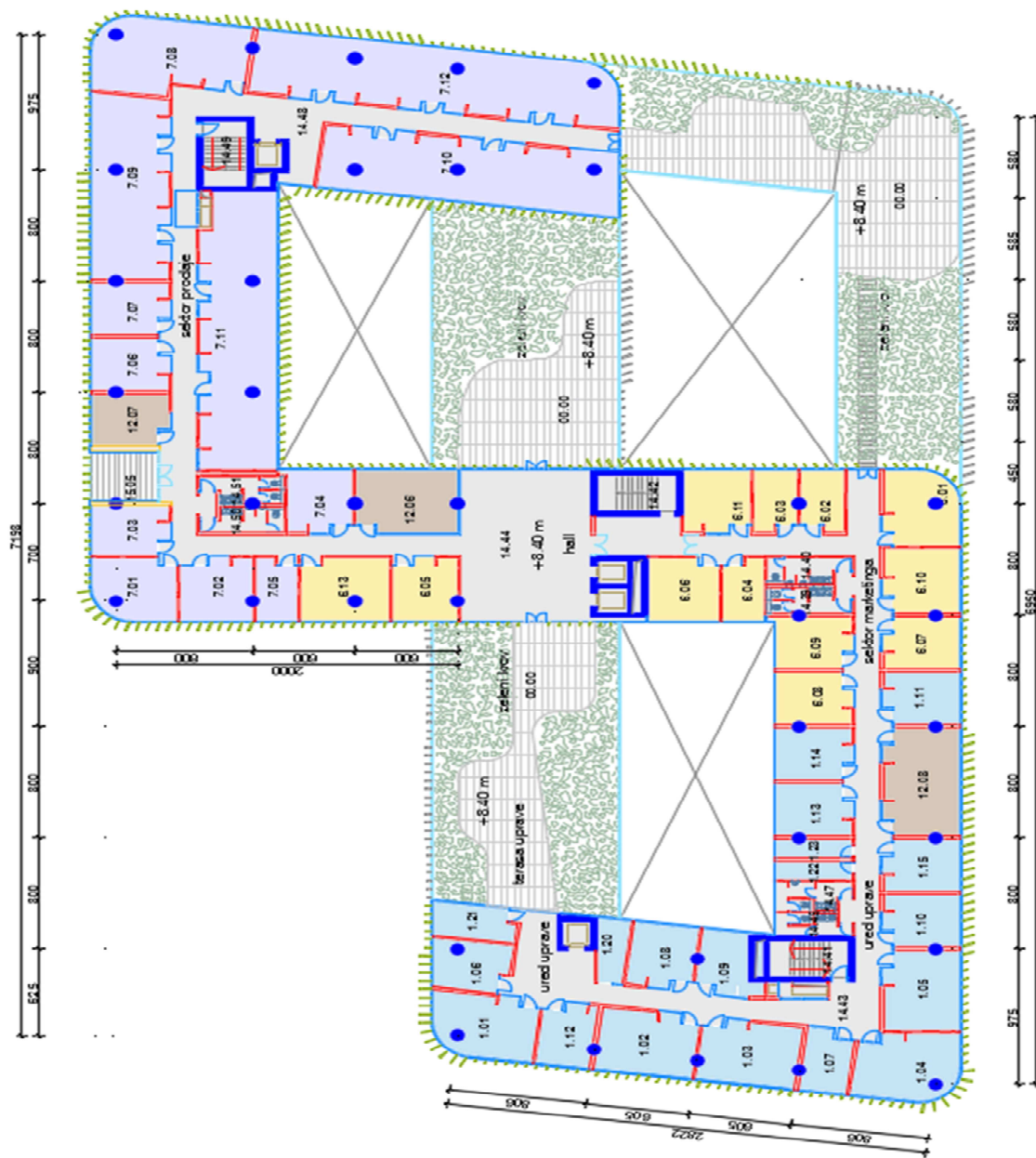


Slika 11. Tlocrt prizemlja





Slika 12. Tlocrt 1. kata



Slika 13. Tlocrt 2. kata



**Slika 14. 3D vizualizacija zgrade**

## 2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE ZA GRIJANJE PREMA NORMI HRN EN 12831

### 2.1. Opis norme i svih faktora prema[3]:

#### PROJEKTNI TOPLINSKI GUBICI PROSTORIJE

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (3)$$

$\Phi_{T,i}$  - projektni transmisivski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{V,i}$  - projektni ventilacijski gubici topline prostorije [W]

#### PROJEKTNI TRANSMISIJSKI GUBICI

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (4)$$

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

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

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

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

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

$\theta_e$  – vanjska projektna temperatura [°C]

**Koeficijent transmisivskih gubitka  $H_{T,ie}$  prema vanjskom okolišu se računa prema:**

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k U_k e_k + \sum_l \Psi_l l_l e_l \quad [\text{W/K}] \quad (5)$$

$A_k$  - površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi toplina [m<sup>2</sup>]

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

$U_k$  - koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k" [W/m<sup>2</sup>K]

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

$\Psi_l$  - linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l" [W/mK]

**Transmisijski gubici kroz negrijane prostore – koeficijent gubitka  $H_{T,iue}$** 

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k U_k b_u + \sum_l \Psi_l l_l b_u \quad [\text{W/K}] \quad (6)$$

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

**Transmisijski gubici prema tlu – koeficijent gubitka  $H_{T,ig}$** 

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} \left( \sum_k A_k U_{equiv,k} \right) G_w \quad [\text{W/K}] \quad (7)$$

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

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

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}; \quad (8)$$

$U_{eq,k}$  - ekvivalentni koef. prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )

$G_w$  - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode

**Gubici topline prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu – koeficijent transmisijskih gubitaka  $H_{T,ij}$** 

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} A_k U_k \quad [\text{W/K}] \quad (9)$$

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

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ads}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (10)$$

**VENTILACIJSKI TOPLINSKI GUBICI**

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad [\text{W}] \quad (11)$$

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

$\theta_{int,i}$  – unutarnja projektana temperatura grijanog prostora [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_e$  – vanjska projektana temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p = V_i \cdot 0,34 \quad [\text{W/K}] \quad (12)$$

$V_i$  – protok zraka u grijani prostor [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

**Tablica 5. Minimalni broj izmjena  $n_{min}$**

Tip prostorije	$n_{min}$ [ $\text{h}^{-1}$ ]
Prostor za boravak (default)	0,5
kuhinja ili kupaona s prozorom	1,5
Uredski prostor	1,0
Soba za sastanke, učiona	2,0

**Protok zraka s ventilacijskim sustavom:**

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \cdot f_{V,i} + V_{mech,inf,i} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (13)$$

- $V_{inf,i}$  - protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazoru [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $V_{su,i}$  - količina zraka dovođena mehaničkim sustavom ventilacije [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $V_{mech,inf,i}$  - višak odvedenog zraka iz prostorije [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $f_{V,i}$  - faktor smanjenja temperaturne razlike

$$f_{V,i} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{su,i}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e}$$

$\vartheta_{su,i}$  - temperatura dobavnog zraka (može biti viša od temperature u prostoriji) [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 Višak odvedenog zraka može se odrediti prema:

za cijelu zgradu:  $V_{mech,inf} = \max(V_{ex} - V_{su}, 0)$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

za prostoriju:  $V_{mech,inf,i} = V_{mech,inf} \cdot (V/\Sigma V)$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

## TOPLINSKI GUBICI

$$\text{prostorija:} \quad \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (14)$$

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

$\Phi_{V,i}$  - ventilacijski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{RH,i}$  - toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja [W]

$$\text{zgrada:} \quad \Phi_{HL} = \Sigma\Phi_{T,i} + \Sigma\Phi_{V,i} + \Sigma\Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (15)$$

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

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

bez sustava ventilacije:  $\sum V_i = \max(\sum 0,5 \cdot V_{inf,i}, \sum V_{min,i})$

s ventilacijskim sustavom:  $\sum V_i = 0,5 \cdot \sum V_{inf,i} + (1 - \eta_V) \cdot \sum V_{su,i} + \sum V_{mech,inf,i}$

$\Sigma\Phi_{RH,i}$  - suma toplina za zagrijavanje svih prostorija zbog prekida grijanja [W]

$\eta_V$  - korisnost sustava povrata topline (rekuperatora), ako ga nema  $\eta_V = 0$

Unošenjem svih faktora i definiranjem prostorija, dobivena je toplinska bilanca za cijelu zgradu prema projektnim parametrima za područje. Iz tablice 7. je vidljiva suma ukupnog potrebnog učina za grijanje zgrade koji iznosi 257 kW.

Tablica 6. Toplinska bilanca grijanja

<b>K1</b>	<b>Ukupno: Podrum</b>			<b>6249</b>	<b>6249</b>	<b>0</b>	<b>8581</b>	<b>2332</b>
<b>K2</b>	<b>PRIZEMLJE</b>							
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>tu (°C)</b>	<b>Qn (W)</b>	<b>PhiT (W)</b>	<b>PhiV (W)</b>	<b>Qinst (W)</b>	<b>Qost (W)</b>
P1	1.16	16	22	872	567	305	0	- 872
P2	1.17	14	20	730	489	241	0	- 730
P3	1.18	17	22	799	483	316	0	- 799
P4	2.01	23	22	1202	768	434	0	- 1202
P5	2.02	15	22	867	586	281	0	- 867
P6	2.03	10	22	583	389	194	0	- 583
P7	2.04	10	22	716	522	194	0	- 716
P8	2.05	16	22	801	494	307	0	- 801
P9	2.06	16	22	801	494	307	0	- 801
P10	2.07	16	22	803	496	307	0	- 803
P11	2.08	16	22	803	496	307	0	- 803
P12	2.09	16	22	803	496	307	0	- 803
P13	2.10	16	22	946	639	307	0	- 946
P19	2.11	16	22	873	566	307	0	- 873
P14	3.01	19	22	902	540	362	0	- 902
P15	3.02	10	22	494	300	194	0	- 494
P16	3.03	10	22	494	300	194	0	- 494
P17	3.04	22	22	1383	962	421	0	- 1383
P18	3.05	23	22	1013	573	440	0	- 1013
P20	3.06	26	22	1237	743	494	0	- 1237
P21	3.07	54	22	2425	1425	1000	0	-2425
P22	3.08	25	22	860	389	471	0	- 860
P23	3.09	50	20	2274	1406	868	0	- 2274
P24	3.10	39	20	1480	798	682	0	- 1480
P25	3.11	10	22	493	299	194	0	- 493
P26	3.12	17	22	780	466	314	0	- 780
P27	6.12	23	18	832	453	379	0	- 832
P28	8.01	20	22	946	576	370	0	- 946
P29	8.02	10	22	513	319	194	0	- 513
P30	8.03	10	22	513	319	194	0	- 513
P31	8.04	10	22	513	319	194	0	- 513
P32	8.05	16	22	788	480	308	0	- 788
P33	8.06	16	22	788	480	308	0	- 788
P34	8.07	15	22	1163	882	281	0	- 1163
P35	8.08	33	22	1509	882	627	0	- 1509
P36	12.04	34	22	1638	1004	634	0	- 1638
P37	14.05	8	20	524	242	282	0	- 524
P38	14.06	10	20	488	302	186	0	- 488



P39	14.07.01	3	20	290	176	114	0	- 290
P40	14.07.02	7	20	131	131	0	0	- 131
P41	14.08	73	20	251	251	0	0	- 251
P42	14.09	13	20	825	825	0	0	- 825
P43	14.10	130	20	1593	1593	0	0	- 1593
P44	14.11	17	22	1381	749	632	0	- 1381
P45	14.12	24	20	1032	603	429	0	- 1032
P46	14.13	45	20	1442	659	783	0	- 1442
P47	14.14 KANTINA	355	20	12235	6114	6121	0	- 12235
P49	14.16 wc	8	20	0	0	0	0	0
P50	14.17 wc	8	20	145	0	145	0	- 145
P51	14.18 wc	10	20	0	0	0	0	0
P52	14.19 wc	10	20	0	0	0	0	0
P53	14.20 wc	4	20	0	0	0	0	0
P54	14.21 stubište	20	18	0	0	0	0	0
P55	14.22 stubište	20	20	0	0	0	0	0
P56	14.23 stubište	17	20	0	0	0	0	0
P57	14.24 hodnik	23	20	1524	1123	401	0	- 1524
P58	14.25 ulaz	196	20	6982	3596	3386	0	- 6982
P59	14.25 WC	2	20	0	0	0	0	0
P60	14.25a	45	22	2605	1773	832	0	- 2605
P61	14.25b	7	20	504	373	131	0	- 504
P62	14.26 ulaz	11	20	683	304	379	0	- 683
	<b>Ukupno: PRIZEMLJE</b>			<b>67272</b>	<b>40214</b>	<b>27058</b>	<b>0</b>	<b>- 67272</b>
<b>K3</b>								
	<b>Ukupno: KAT 1</b>			<b>104464</b>	<b>64441</b>	<b>40023</b>	<b>0</b>	<b>- 104464</b>
<b>K4</b>								
	<b>Ukupno: KAT 2</b>			<b>78454</b>	<b>47120</b>	<b>31334</b>	<b>0</b>	<b>- 78454</b>
	<b>Ukupno: (W)</b>			<b>256439</b>	<b>158024</b>	<b>98415</b>	<b>8581</b>	<b>- 247858</b>
	<b>Ukupno W/m2</b>			<b>60</b>				

### 3. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE ZA HLAĐENJE PREMA NORMI VDI 2078

#### 3.1. Opis norme i svih faktora prema [4]:

Smjernice VDI 2078 norme daju proračunske metode: jednostavnu i složenu.

#### UKUPNO TOPLINSKO OPTEREĆENJE:

$$\Phi_{CL} = \Phi_I + \Phi_A \quad (16)$$

$\Phi_I$  – ukupno unutarnje toplinsko opterećenje [W]

$\Phi_A$  – ukupno vanjsko toplinsko opterećenje [W]

#### Unutarnji toplinski dobici:

$$\Phi_I = \Phi_P + \Phi_B + \Phi_M + \Phi_G + \Phi_C + \Phi_R \quad (17)$$

$\Phi_P$  – toplinski dobici osoba [W]

$\Phi_B$  – toplinski dobici od rasvjete [W]

$\Phi_M$  – toplinski dobici od strojeva i uređaja [W]

$\Phi_G$  – toplinski dobici od prolaznog materijala kroz prostoriju [W]

$\Phi_C$  – toplinski dobici od susjednih prostorija [W]

$\Phi_R$  – toplinski dobici od ostalih izvora [W]

#### Vanjski toplinski dobici:

$$\Phi_A = \Phi_W + \Phi_T + \Phi_S + \Phi_{FL} \quad (18)$$

$\Phi_W$  – toplinski dobici preko neprozirnih masivnih ploha [W]

$\Phi_T$  – toplinski dobici preko prozirnih nemasivnih ploha [W]

$\Phi_S$  – solarni dobici kroz n od strojeva i uređaja [W]

$\Phi_{FL}$  – ventilacijski toplinski dobici [W]

Ventilacijski dobici su uzeti u obzir kao i kod proračuna toplinskih gubitaka kao propisana infiltracija prostora.

Toplinski dobici  $\Phi_T$  preko prozirnih nemasivnih ploha:

Umanjuju se za faktor b:

$$b = g_{tot} = F_w \cdot g_{\perp} \cdot F_f \cdot F_c \quad (19)$$

$$b = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,25$$

$$b = 0,128$$

$g_{\perp}$  – stupanj propuštanja ukupne sunčeve energije kroz ostakljenje kod okomitog upada zračenja utvrđuje se prema tablici 7. (0,6)

$F_w$  – faktor smanjenja zbog ne okomitog upada sunčevog zračenja (0,9)

$F_f$  – faktor umanjena zbog učešća okvira u prozirnog građevnom dijelu, izražen kao količnik između ploštine prozirnog dijela i ukupne ploštine građevnog dijela, prozirni dio+ okvir(0,95)

$F_c$  – faktor umanjena naprave za zaštitu od sunčevog zračenja(0,25) prema tablici 8.

**Tablica 7. Računske vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije ostakljenja  $g_{\perp}$  kod okomitog upada sunčeva zračenja**

Redni broj	Tip ostakljenja	$g_{\perp}$
1	Jednostruko staklo	0,87
2	Dvostruko izolirajuće staklo s jednim međuslojem zraka	0,8
3	Trostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije	0,7
4	Dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije	0,6
5	Trostruko izolirajuće staklo s dva stakla niske emisije	0,5
6	Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od sunčeva zračenja	0,5
7	Staklena opeka	0,6

**Tablica 8. Faktor umanjenja naprave za zaštitu od sunčeva zračenja**

Redni broj	Naprava za zaštitu od sunčeva zračenja	F <sub>c</sub> (-)
1	Bez naprave za zaštitu od sunčeva zračenja	1
2.2	Naprava s unutrašnje strane-svijetla boja i mala transparentnost	0,8
2.3	Naprava s unutrašnje strane- tamne boje i povišene transparentnosti	0,9
3.1	Naprava s vanjske strane-žaluzine koje se mogu okretati	0,25
3.2	Naprava s vanjske strane- žaluzine, rolete, kapci	0,3
4	Strehe, lođe	0,5
5	Markize, gore i bočno provjetranje	0,4

Detaljan proračun je proveden u softveru “IntegraCAD“ sa sljedećim parametrima:

- Vrijeme rada zgrade od 8 do 16 h
- Broj osoba dobiven proračunom preko norme 15251
- Rasvjeta 7 W/m<sup>2</sup>
- Uređaji: stolno računalo 150 W
- Uređaji: print aparat i projektor 200 W

Za proračun ukupne potrebe rashladnog učina se gleda faktor istovremenosti za najtopliji dan u mjesecu. Na tablici 8. je vidljivo da najveće toplinsko opterećenje sustava se događa 24. kolovoza pa se prema tomu danu dimenzionira sustav.

**Tablica 9. Bilanca hlađenja objekta**

<b>Rekapitulacija za objekt [W]</b>				
	<b>21. Lipanj</b>	<b>23. Srpanj</b>	<b>24. Kolovoz</b>	<b>22. Rujan</b>
<b>∑ PODRUMA</b>	2320	2320	2296	2296
K2 PRIZEMLJE \ P1 1.16	1340	1361	680	562
K2 PRIZEMLJE \ P2 1.17	414	457	1215	1387
K2 PRIZEMLJE \ P3 1.18	1021	1041	348	227

K2 PRIZEMLJE \ P4 2.01	672	725	885	850
K2 PRIZEMLJE \ P5 2.02	417	459	1183	1351
K2 PRIZEMLJE \ P6 2.03	463	488	921	1019
K2 PRIZEMLJE \ P7 2.04	1211	1228	639	536
K2 PRIZEMLJE \ P8 2.05	711	735	728	665
K2 PRIZEMLJE \ P9 2.06	711	735	728	665
K2 PRIZEMLJE \ P10 2.07	663	695	1231	1355
K2 PRIZEMLJE \ P11 2.08	658	690	1226	1347
K2 PRIZEMLJE \ P12 2.09	916	948	1480	1604
K2 PRIZEMLJE \ P13 2.10	891	918	888	840
K2 PRIZEMLJE \ P19 2.11	137	164	143	95
K2 PRIZEMLJE \ P14 3.01	1753	1776	985	852
K2 PRIZEMLJE \ P15 3.02	631	646	640	599
K2 PRIZEMLJE \ P16 3.03	595	615	961	1039
K2 PRIZEMLJE \ P17 3.04	1743	1749	976	878
K2 PRIZEMLJE \ P18 3.05	965	1009	1757	1925
K2 PRIZEMLJE \ P20 3.06	1012	1063	1933	2134
K2 PRIZEMLJE \ P21 3.07	2672	2744	2718	2523
K2 PRIZEMLJE \ P22 3.08	196	227	416	430
K2 PRIZEMLJE \ P23 3.09	734	843	780	635
K2 PRIZEMLJE \ P24 3.10	487	541	536	392
K2 PRIZEMLJE \ P25 3.11	780	793	370	296
K2 PRIZEMLJE \ P26 3.12	663	695	1231	1355
K2 PRIZEMLJE \ P27 6.12	218	256	901	1049
K2 PRIZEMLJE \ P28 8.01	705	748	1502	1676
K2 PRIZEMLJE \ P29 8.02	637	652	646	606
K2 PRIZEMLJE \ P30 8.03	637	652	646	606
K2 PRIZEMLJE \ P31 8.04	606	626	972	1054
K2 PRIZEMLJE \ P32 8.05	663	695	1231	1355
K2 PRIZEMLJE \ P33 8.06	663	695	1231	1355
K2 PRIZEMLJE \ P34 8.07	1744	1846	1724	1239
K2 PRIZEMLJE \ P35 8.08	282	338	293	186
K2 PRIZEMLJE \ P36 12.04	3232	3279	3247	3118
K2 PRIZEMLJE \ P37 14.05	66	78	68	45
K2 PRIZEMLJE \ P38 14.06	71	71	70	70
K2 PRIZEMLJE \ P39 14.07.01	38	54	39	13
K2 PRIZEMLJE \ P40 14.07.02	46	46	46	45
K2 PRIZEMLJE \ P41 14.08	479	479	474	469
K2 PRIZEMLJE \ P42 14.09	149	211	164	51
K2 PRIZEMLJE \ P43 14.10	1882	1928	1035	835
K2 PRIZEMLJE \ P44 14.11	1172	1200	251	89
K2 PRIZEMLJE \ P45 14.12	1460	1495	328	129
K2 PRIZEMLJE \ P46 14.13	343	384	350	271

K2 PRIZEMLJE \ P47 14.14 KANTINA	29926	30355	34047	34502
K2 PRIZEMLJE \ P49 14.16 wc	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P50 14.17 wc	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P51 14.18 wc	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P52 14.19 wc	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P53 14.20 wc	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P54 14.21 stubište	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P55 14.22 stubište	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P56 14.23 stubište	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P57 14.24 hodnik	2011	2061	393	108
K2 PRIZEMLJE \ P58 14.25 ulaz	2220	2454	4672	4904
K2 PRIZEMLJE \ P59 14.25 WC	0	0	0	0
K2 PRIZEMLJE \ P60 14.25a	1981	1990	936	807
K2 PRIZEMLJE \ P61 14.25b	445	455	105	45
K2 PRIZEMLJE \ P62 14.26 ulaz	149	167	166	118
K4 KAT 2 \ P1 1.01	1587	1593	756	654
$\Sigma$ 1. KATA	90856	94832	97090	94639
$\Sigma$ 2. KATA	67407	70285	64562	62160
<b>Ukupno (W)</b>	<b>234097</b>	<b>241243</b>	<b>244503</b>	<b>242103</b>
<b>Ukupno (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>87</b>			

## 4. DIMENZIONIRANJE ZRAČNOG SUSTAVA

Zbog velike površine zgrade odlučeno je da se smjeste tri vertikalna prodora za dobavu i odvodnju zraka. Pošto su sanitarni prostori raspršeni po prizemlju, nema odvojene odvodnje istrošenog zraka. Ventilacija zatvorenih prostora se vrši pomoću ventilacijskih kanala i distribucijskih uređaja. Glavni kanali koji se spuštaju niz vertikale su pravokutnog oblika, dok manje dionice prema sobama i sanitarnim prostorima se izvode s okruglim presjekom. Korišteni su prijelazni kanali pri spajanju kanala različitih dimenzija širine i visine. Okrugle cijevi se povezuju „nabijanjem“ na glavne razvode. Dobavni kanali se spajaju na hladne grede te pravilnom regulacijom dobavljaju potrebne količine zraka propisane normom. Dobava svježeg zraka se vrši iz tri klima komore smještenih na ravnom krovu zgrade. Odsis se vrši također preko rashladnih greda pridržavajući se pritom zahtjevima buke i brzina strujanja unutar kanala. Glavni kriterij dimenzioniranja zračnog sustava je brzina strujanja zraka u dionicama koja iznosi za vertikalne do 5,5 m/s, smanjuje se sve do distribucijske opreme gdje se brzina strujanja zraka kreće od 2 do 3 m/s. Temperatura ubacivanja za ljeto iznosi 16 °C, dok za zimsko razdoblje se ubacuje izotermno s 22°C.

### 4.1. Ventilacijski zahtjevi

Svaki prostor zahtjeva različitu obradu zraka. Odabrana zgrada sadrži prostore poput ureda, spremišta, arhiva, sanitarnih prostora i kantine. Pomoću norme EN 15251 se odabire potrebna količina vanjskog zraka po prostorijama. Pošto je predviđen u svim prostorijama lagan rad odabrana količina zraka po osobi iznosi 25,2 [m<sup>3</sup>/h].

$$V_0 = N \cdot V_{\text{potreban}} \quad (20)$$

Normom je predviđeno da se uzima i potreban protok zraka prema površini prostorije. Odabrano je 2,52 [(m<sup>3</sup>/h)/(m<sup>2</sup>)] koji se množi sa stvarnom površinom prostorije.

$$V_0 = 2,52 \cdot P \quad (21)$$

Za prostore poput arhiva i spremišta se uzima samo potrebna izmjena zraka [h<sup>-1</sup>] za zadanu površinu.

$$V_0 = ACH \cdot V \quad (22)$$

Odabrani protok zraka se dobiva zbrajanjem potrebne količine zraka po osobi i za površinu te zaokružuje na prvi veći broj. U sustavu sa hladnim gredama preko kojih ide sveukupni ventilacijski zrak potrebno je zadovoljiti i učine grijanja i hlađenja. Zbog toga se u nekim prostorima povećala potrebna količina zraka jer u protivnom učin hlađenja i grijanja ne bi postigli. Na slijedećoj tablici 10. vidimo dio prostorija koji se nalazi u prizemlju te na koji način je odabrana ukupna količina zraka. Isti princip se primijenio na cjelokupnu zgradu.

**Tablica 10. Protoci zraka odabrani prema II. Kvaliteti zraka**

Prostorija		m <sup>2</sup>	Osobe N	Protok po osobi	Ukupna količina zraka	Faktor	Faktor površine x površina	Ukupna Količina Zraka [m <sup>3</sup> /h]	Ukupan protok [m <sup>3</sup> /h]
3.01	Ured 1	19,32	2	25,2	50,4	2,52	48,7	99,1	100
3.02	Ured 1	10,47	2	25,2	50,4	2,52	26,4	76,8	100
3.03	Ured 1	10,47	2	25,2	50,4	2,52	26,4	76,8	100
3.04	Ured 2	23,24	3	25,2	75,6	2,52	58,6	134,2	150
3.05	Ured 2	23,24	3	25,2	75,6	2,52	59,3	134,9	150
3.06	Ured 2	23,34	3	25,2	75,6	2,52	58,9	309,1	150
3.07	Ured 7	52,67	7	25,2	176,4	2,52	132,7	76,8	325
3.11	Ured 1	10,47	2	25,2	50,4	2,52	26,4	92,3	100
3.12	Ured 1	16,62	2	25,2	50,4	2,52	41,9		100
Pomoćni prostori						Broj izmjena zraka			
3.08	Sistem sala	25,56	-	-			2	191,7	200
3.09	Skladiš te	50,09	-	-			0,5	93,9	100
3.10	Skladiš te	39,6	-	-			0,5	74,3	75

Ukupni potrebni ventilacijski dobici su zbrojene sve prostorije po svim prodorima. Na crtežu 3. vidimo podjelu i odabir klima komora prema zadanim protocima.



## 4.2. Odabir distribucijske opreme prizemlja

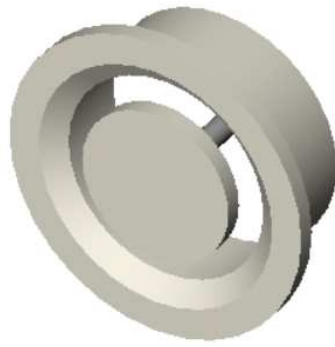
Za dobavu i odsis zraka potrebno je odabrati adekvatne otvore te ih pravilno rasporediti kako bi osigurali distribuciju zraka s prihvatljivim brzinama strujanja te prihvatljivim iznosima buke. Za dobavu zraka se u svim uredima i kantini koriste aktivne indukcijske rashladne grede koje na svojem kraju imaju ugrađen odsis.

Model koji je odabran je serije DID312-LR-4-G-LL-AB dimenzija 3000x2400x312 ili 2100x1500x312. Indukcijska rešetka je metalna s okruglim rupama, četverocijevni sustav napaja izmjenjivače unutar uređaja, sapnice miješanja svježeg i zraka iz sobe su odabrane prema potrebnom protoku između velikih i srednjih. Srednje sapnice imaju veći pad tlaka ali raspon protoka od 65 m<sup>3</sup>/h do 247 m<sup>3</sup>/h. Za protoke veće od 100 m<sup>3</sup>/h uzete su velike sapnice. LL u nazivu predstavlja smještaj otvora svježeg zraka te poziciju četverocijevnog vodenog sustava priključka fi 12mm, u ovom slučaju oboje se nalazi na lijevoj strani. Istrujni otvor istrošenog zraka se nalazi s prednje strane. Prilikom proračuna, u obzir je uzeti potrebni protok, razmak između dvaju rashladnih greda, udaljenost od zida te visina prostorije. Ukoliko dobavni zrak nije zadovoljavao toplinsku bilancu za grijanje i hlađenje povećan je protok dobavnog zraka što se vidi u tablici 11.

Za spremišta, arhivu i pomoćne prostore je previđena ventilacija prostora bez dodatne pripreme zraka koja se distribuira pomoću elemenata proizvođača TROX LVS za doavni zrak i TROX Z-LVS za odsisni zrak.



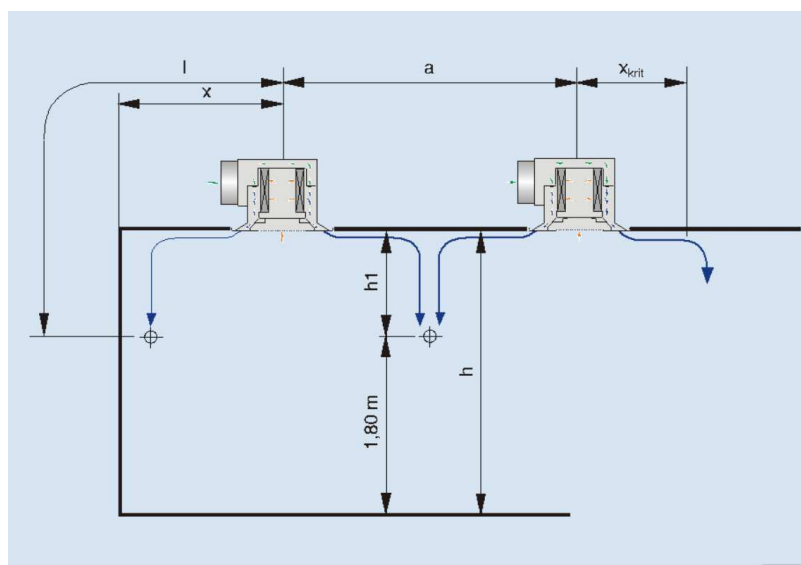
Slika 15. Z-LVS distribucijski element, proizvođač TROX



Slika 16. LVS distribucijski element, proizvođač TROX



Slika 17. TROX aktivna greda



Slika 18. Smještaj aktivne rashladne grede u prostor

- $x$  – udaljenost chilled beam-a od zida
- $a$  – udaljenost dvaju chilled beam-ova
- $h_1$  = visina od stropa od visine 1,8m
- $l = h_1 + x$
- $h = 1,8 + h_1$

Za dimenzioniranje distribucijskih elemenata se ne gleda rekapitulacija objekta za zaseban mjesec, nego najgori mogući slučaj koji se može dogoditi kroz cijelu godinu. Zbog fizike zgrade, zahtjevi na hlađenje su veći nego zahtjevi za grijanjem, pa se sustav dimenzionira prema kriteriju hlađenja. Tablica 10. prikazuje odabir aktivnih rashladnih greda koji zadovoljavaju toplinska opterećenja.

**Tablica 11. Dimenzioniranje distribucijskih elemenata**

PRIZEMLJE					Protok prema normi (m3/h)	Protok prema hlađenju (m3/h)	Odabrani element
	Qsuho (W)	Qvlažno (W)	Qukupno (W)	Datum			
P1 1.16	1276	85	1361	23. Srpanj 16h	100	150	3000x2400x312(1x150)
P2 1.17	1345	42	1387	22. Rujan 12h	100	150	3000x2400x312(1x150)
P3 1.18	1041	0	1041	23. Srpanj 16h	100	100	3000x2400x312(1x100)
P4 2.01	1469	122	1591	23. Srpanj 9h	125	200	3000x2400x312(1x200)
P5 2.02	1309	42	1351	22. Rujan 12h	100	150	3000x2400x312(1x150)
P6 2.03	935	84	1019	22. Rujan 12h	100	125	2100x1500x312(1x125)
P7 2.04	1143	85	1228	23. Srpanj 16h	100	125	3000x2400x312(2x100)
P8 2.05	679	84	763	23. Srpanj 13h	100	100	2100x1500x312(1x100)
P9 2.06	679	84	763	23. Srpanj 13h	100	100	2100x1500x312(1x100)
P10 2.07	1271	84	1355	22. Rujan 12h	100	150	3000x2400x312(1x150)
P11 2.08	1263	84	1347	22. Rujan 12h	100	150	3000x2400x312(1x150)
P12 2.09	1478	126	1604	22. Rujan 12h	100	200	3000x2400x312(1x200)
P13 2.10	1298	122	1420	23. Srpanj 9h	100	150	3000x2400x312(1x150)
P19 2.11	698	0	698	23. Srpanj 9h	50	50	Spremište
P14 3.01	1648	128	1776	23. Srpanj 16h	100	200	3000x2400x312(2x100)
P15 3.02	579	84	663	23. Srpanj 13h	100	100	2100x1500x312(1x100)
P16 3.03	955	84	1039	22. Rujan 12h	100	100	3000x2400x312(1x100)
P17 3.04	1621	128	1749	23. Srpanj 16h	150	200	2100x1500x312(2x100)
P18 3.05	1799	126	1925	22. Rujan 12h	150	200	2100x1500x312(2x100)

P20 3.06	2008	126	2134	22. Rujan 12h	150	200	3000x2400x312(2x100)
P21 3.07	2489	338	2827	23. Srpanj 13h	325	325	3000x2100x312(3x100)
P22 3.08	430	0	430	22. Rujan 12h	200	200	3000x2400x312(1x200)
P23 3.09	1765	0	1765	21. Lipanj 7h	100	100	Spremište
P24 3.10	616	0	616	23. Srpanj 13h	75	75	Spremište
P25 3.11	751	42	793	23. Srpanj 16h	100	100	2100x1500x312(1x100)
P26 3.12	1271	84	1355	22. Rujan 12h	100	150	3000x2400x312(1x150)
P27 6.12	1049	0	1049	22. Rujan 12h	50	100	3000x2400x312(1x100)
P28 8.01	1592	84	1676	22. Rujan 12h	125	200	3000x2400x312(1x200)
P29 8.02	585	84	669	23. Srpanj 13h	100	100	2100x1500x312(1x100)
P30 8.03	585	84	669	23. Srpanj 13h	100	100	2100x1500x312(1x100)
P31 8.04	970	84	1054	22. Rujan 12h	100	100	3000x2400x312(1x100)
P32 8.05	1271	84	1355	22. Rujan 12h	100	150	2100x1500x312(1x150)
P33 8.06	1271	84	1355	22. Rujan 12h	100	150	2100x1500x312(1x150)
P34 8.07	2087	85	2172	24. Kolovoz 15h	100	200	3000x2400x312(2x100)
P35 8.08	1526	0	1526	23. Srpanj 8h	75	75	3000x2400x312(1x175)
P36 12.04	2599	719	3318	23. Srpanj 13h	525	525	3000x2100x312(3x175)
P37 14.05	328	0	328	23. Srpanj 9h	225	225	3000x2400x312(1x225)
P38 14.06	71	0	71	23. Srpanj 16h	75	75	2100x1500x312(1x75)
P39 14.07.01	260	0	260	23. Srpanj 8h	50	50	2100x1500x312(1x50)
P40 14.07.02	46	0	46	23. Srpanj 13h	25	50	2100x1500x312(1x50)
P41 14.08	479	0	479	23. Srpanj 16h	450	450	3000x2400x312(3x150)
P42 14.09	1627	0	1627	23. Srpanj 8h	75	150	3000x2400x312(2x75)
P43 14.10	1928	0	1928	23. Srpanj 16h	500	500	2100x1500x312(5x100)
P44 14.11	1200	0	1200	23. Srpanj 16h	75	125	3000x2100x312(1x125)
P45 14.12	1495	0	1495	23. Srpanj 16h	50	200	3000x2400x312(2x100)
P46 14.13	1240	0	1240	23. Srpanj 9h	700	720	3000x2400x312(3x240)
P47 14.14 KANTIN A	24562	9940	34502	22. Rujan 12h	6825	6825	3000x2400x312(28x240)
P49 14.16 wc	0	0	0	23. Srpanj 1h	200	200	Sanitarni prostor
P50 14.17 wc	0	0	0	23. Srpanj 1h	200	200	Sanitarni prostor
P51 14.18 wc	0	0	0	23. Srpanj 1h	250	250	Sanitarni prostor
P52 14.19 wc	0	0	0	23. Srpanj 1h	225	225	Sanitarni prostor

P53 14.20 wc	0	0	0	23. Srpanj 1h	100	100	Sanitarni prostor
P54 14.21 stubište	0	0	0	23. Srpanj 1h	100	100	Stubište
P55 14.22 stubište	0	0	0	23. Srpanj 1h	100	100	Stubište
P56 14.23 stubište	0	0	0	23. Srpanj 1h	100	100	Stubište
P57 14.24 hodnik	2061	0	2061	23. Srpanj 16h	150	150	Stubište
P58 14.25 ulaz	4904	0	4904	22. Rujan 12h	1650	1650	Ulaz
P59 14.25 WC	0	0	0	23. Srpanj 1h			Sanitarni prostor
P60 14.25a	1905	85	1990	23. Srpanj 16h	250	250	3000x2400x312(2x125)
P61 14.25b	455	0	455	23. Srpanj 16h	50	50	2100x1500x312(1x50)
P62 14.26 ulaz	193	0	193	23. Srpanj 13h	75	75	3000x2400x312(1x75)

### 4.3. Pad tlaka ventilacijskog sustava

Projektiran je niskotlačni zračni sustav s brzinama strujanja do 10 m/s.

Za dimenzioniranje ventilatora potrebno je proračunati pad tlaka u kritičnoj dionici. Proračun pada tlaka napravljen je pomoću dodatka programa "REVIT MagicCad Ventilation" gdje rezultat predstavlja eksterni pad tlaka. Prikazan je pad tlaka za prodor na srednju klima komoru te iznosi 500 Pa.

Supply       Outdoor supply       Calculate resulting flow for unbr  
 Extract       Outdoor exhaust     

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv [m³/h]	v [m/s]	dpt [Pa]	K factor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pst [Pa]
	2. KAT		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x500	3.6		9900	4.6	1.1		0.30	389.1	376.5
	KROV		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	1200x500			9900	4.6	14.1	1.116		388.0	
	KROV		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x500	2.2		9900	4.6	0.7		0.30	373.9	361.3
	KROV		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	1200x500			9900	4.6	14.1	1.116		373.3	
	KROV		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x500	0.8		9900	4.6	0.2		0.30	359.2	346.6
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	500x1200			9900	4.6	7.9	0.624		359.0	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x500	8.5		9900	4.6	2.6		0.30	351.1	338.5
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	500x1200			9900	4.6	7.9	0.624		348.5	
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	1200x500			9900	4.6	14.1	1.116		340.6	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x500	0.3		9900	4.6	0.1		0.30	326.6	314.0
	PRIZEMLJE	1	T-BRANCH	-CAx RE BS	-CAx Standar	1100x500/40			9900	4.6	15.8	1.254		326.5	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1100x500	6.6		8375	4.2	1.8		0.27	310.7	299.9
	PRIZEMLJE	2	T-BRANCH	-CAx RE BS	-CAx Standar	1100x500/80			8375	4.2	11.4	1.062		308.9	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	900x500	0.1		3825	2.4	0.0		0.10	297.5	294.2
	PRIZEMLJE		REDUCER	-CAx RE BS	-CAx Standar	900x500/900			3825	2.4	0.3	0.037		297.5	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	900x300	4.9		3825	3.9	1.9		0.40	297.2	287.9
	PRIZEMLJE	3	FLOWDAMP		TVJ/900x30	900x300			3825	3.9	20.0			295.2	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	900x300	0.2		3825	3.9	0.1		0.40	275.2	265.9
	PRIZEMLJE		SILENCER		TX-/900x30	900x300			3825	3.9	26.9			275.1	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	900x300	2.5		3825	3.9	1.0		0.40	248.3	239.0
	PRIZEMLJE	4	T-BRANCH	-CAx RE BS	-CAx Standar	900x300/800			3825	3.9	9.9	1.067		247.3	
	PRIZEMLJE		REDUCER	-CAx RE BS	-CAx Standar	275x300/275			675	2.3	0.1	0.019		237.4	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	275	1.1		675	3.2	0.5		0.48	237.3	231.3
	PRIZEMLJE		BEND-30	-CAx RU BS	1.0 d	275			675	3.2	0.8	0.126		236.8	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	275	0.3		675	3.2	0.1		0.48	236.0	230.0
	PRIZEMLJE		BEND-30	-CAx RU BS	1.0 d	275			675	3.2	0.8	0.126		235.9	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	275	0.4		675	3.2	0.2		0.48	235.1	229.1
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RU BS	1.0 d	275			675	3.2	2.4	0.404		234.9	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	275	0.0		675	3.2	0.0		0.48	232.5	226.6
	PRIZEMLJE		REDUCER	-CAx RU BS	-CAx Standar	275/200			675	3.2	1.0	0.049		232.5	

Slika 19. Pad tlaka polaza kanala klima komore Sredina

Supply       Outdoor supply       Calculate resulting flow for unbr  
 Extract       Outdoor exhaust     

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv [m³/h]	v [m/s]	dpt [Pa]	K factor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pst [Pa]
	2. KAT		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x400	2.0		9750	5.6	1.1		0.55	-473.9	-493.0
	KROV		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	1200x400			9750	5.6	22.7	1.188		-472.8	
	KROV		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x400	2.2		9750	5.6	1.2		0.55	-450.1	-469.2
	KROV		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	1200x400			9750	5.6	22.7	1.188		-448.9	
	KROV		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x400	2.3		9750	5.6	1.3		0.55	-426.2	-445.3
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	400x1200			9750	5.6	10.6	0.555		-424.9	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x400	8.8		9750	5.6	4.8		0.55	-414.3	-433.4
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	400x1200			9750	5.6	10.6	0.555		-409.5	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x400	1.6		9750	5.6	0.9		0.55	-398.9	-418.0
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RE BS	-CAx Standar	1200x400			9750	5.6	22.7	1.188		-398.0	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	1200x400	1.5		9750	5.6	0.8		0.55	-375.3	-394.4
	PRIZEMLJE	1	T-BRANCH	-CAx RE BS	-CAx Standar	1200x400/40			9750	5.6				-374.5	
	PRIZEMLJE		REDUCER	-CAx RE BS	-CAx Standar	400x400/400			1525	2.6	0.7	0.092		-374.5	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	400x300	0.0		1525	3.5	0.0		0.45	-373.8	-381.2
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	400x300	0.1		1525	3.5				-373.7	
	PRIZEMLJE	2	TAP	-CAx RU BS	-CAx Standar	100			150	5.3	16.3	2.183		-373.7	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	100	3.9		150	5.3	17.2		4.47	-357.4	-374.3
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RU BS	1.0 d	100			150	5.3	6.7	0.398		-340.2	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	100	1.7		150	5.3	7.4		4.47	-333.5	-350.4
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RU BS	1.0 d	100			150	5.3	6.7	0.398		-326.1	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	100	0.6		150	5.3	2.6		4.47	-319.3	-336.2
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RU BS	1.0 d	100			150	5.3	6.7	0.398		-316.7	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	100	0.3		150	5.3	1.2		4.47	-310.0	-326.9
	PRIZEMLJE	3	CONN.NOD			100			150	5.3	308.9			-308.9	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	400x300	0.1		1375	3.2	0.0		0.37	-372.3	-378.4
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RE BS	-CAx RE BS	400x300	0.2		1375	3.2				-372.3	
	PRIZEMLJE	4	TAP	-CAx RU BS	-CAx Standar	160			200	2.8	4.3	0.714		-372.3	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	160	0.7		200	2.8	0.6		0.74	-368.0	-372.5
	PRIZEMLJE		BEND-90	-CAx RU BS	1.0 d	160			200	2.8	2.0	0.442		-367.4	
	PRIZEMLJE		DUCT	-CAx RU BS	-CAx RU BS	160	0.1		200	2.8	0.1		0.74	-365.4	-370.0

Slika 20. Pad tlaka povrata kanala klima komore Sredina

#### 4.4. Odabir regulacijske opreme ventilacijskog sustava

Sustav ima centralnu pripremu zraka s jednokanalnim razvodom. Regulacija unutar prostora se vrši kutijama promjenjivog volumena zraka za prostorije gdje nemamo konstantne potrebe dovodnje dobavnog zraka poput kantina, soba za sastanke te regulaciju kutijama konstantnog volumena zraka za većinu ureda.

Regulacija pomoću promjenjivog volumena zraka regulira temperaturu u prostoru mijenjanjem količine dobavnog zraka pomoću osjetnika temperature i CO<sub>2</sub> koji se nalazi u prostoru. Najveća ušteda takvog sustava se javlja u rubnim zonama gdje imamo velike oscilacije u dnevnim količinama zračenja i vanjskih temperatura. Drugi kriterij dobave su nedovoljna količina zraka ukoliko dođe do povećane koncentracije CO<sub>2</sub>.

Kriterij odabira VAV kutije je minimalni protok dobavnog zraka koji iznosi minimalno 20% projektne vrijednosti.

Kod regulacije s konstantnim protokom zraka, zajednički kanalni razvod dobavlja zrak jednake temperature u sve terminalne uređaje. Regulacije na kutijama s konstantnim protokom nema, te radi na principu paljenja i gašenja klima komore.

Prigušivači koji se stavljaju nakon regulacijskog elementa smanjuju prijenos zvukova preko kanala na ostale prostorije. Granični iznos maksimalne buke za urede iznosi 35 db (A), dok za kantine i do 40 db (A). Prigušivač proizvođača TROX model CS050 s duljinom 1000 mm je odabran prema nominalnom radijusu zračnih kanala te stavljen na sve polaze i povrate zraka.

**Tablica 12. VAV kutije**

<b>Prostorija</b>	<b>Min. Protok</b>	<b>Max. Protok</b>	<b>Regulator+prig.</b>
<b>8.07</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>TVR/160+CS</b>
<b>12.04</b>	<b>105</b>	<b>525</b>	<b>TVR/250+CS</b>
<b>1.17</b>	<b>160</b>	<b>800</b>	<b>EN/400x200+TX</b>
<b>14.14</b>	<b>1350</b>	<b>6750</b>	<b>TVJ/700x300+TX</b>
<b>3.01</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>TVR/100+CS</b>
<b>2.03</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>TVR/100+CS</b>

Za sve ostale prostore prizemlja odabrani su regulatori konstantnog protoka, model RN za kanale okruglog presjeka(slika 19.) te EN za kanale pravokutnog presjeka(slika 20.). Uz regulator dolazi i odgovarajući prigušivač serije CS050.



**Slika 21. Kutija RN konstantnog protoka, proizvođača TROX**



**Slika 22. Kutija EN konstantnog protoka, proizvođača TROX**



**Slika 23. Kutija TVJ varijabilnog protoka, proizvođač TROX**



#### 4.5. Dimenzioniranje klimatizacijske jedinice prostora

Za uredske prostore odabran je premium modularni klima uređaj s dvoetažnom izvedbom.

Za tri vertikalna prodora odabrane su tri klima jedinice prema potrebnim protocima.

**Tablica 13. Odabir klima komora prema protocima i orijentaciji**

Pozicija komore	klima	Protok	Tip	Eksterni pad tlaka (Pa)
Zapad		11840 m <sup>3</sup> /h	KEK 8-M-DU50S-S	400 Pa
Sredina		25325 m <sup>3</sup> /h	KEK 12-M-DU50S-S	500 Pa
Istok		12325 m <sup>3</sup> /h	KEK 8-M-DU50P-S	400 Pa

#### Vanjski projektni parametri za grad Poreč:

- zima  $T_v = -7^\circ\text{C}$ ,  $T_{ub} = 22^\circ\text{C}$ , povratni zrak  $20^\circ\text{C}$
- ljeto  $T_v = 32^\circ\text{C}$ , relativna vlaga 40%,  $T_{ub} = 16^\circ\text{C}$ , povratni zrak  $26^\circ\text{C}$

Odabir klima komora je jednak za sva tri slučaja pošto se radi o prostorima iste namjene. Prikazan je primjer odabira karakteristika klima jedinice za zapadno krilo zgrade.

#### Klima jedinica - zapad

Potrebni zahtjevi za klima jedinicu su:

- volumenski protok – 11840 m<sup>3</sup>/h
- eksterni pad tlaka - 400 Pa
- prigušivači unutar komore
- grijač (režim 55/40° C)
- hladnjak (režim 7/12° C)
- Katna izvedba s križnim rekuperatorom

## Odabrane komponente klima jedinice dobavne strane:

### Odabir filtera tip Hi-Flo p 520 mm F7:

- Početni pad tlaka 58 Pa
- Konačni pad tlaka 200 Pa
- Stupanj učinkovitosti 54 %
- Potrošnja energije godišnje 1.008 kWh/god
- Klasa prema EN779: F7

### Prigušivač zraka:

- Model: PZ 2 s padom tlaka 8 Pa
- Tip kulise 1830-800-200

Tablica 14. Prigušivač zraka

Frekvencija Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Prigušenje dB	5	9	19	20	22	14	10	9

### Pločasti rekuperator:

#### Grijanje:

Tablica 15. Pločasti rekuperator - grijanje

Dobava [m <sup>3</sup> /h]	11840	Pad tlaka [Pa]	187
Ulaz [°C]	-7	Vlažnost [%]	90
Izlaz [°C]	15,8	Vlažnost [%]	18
Odsis [m <sup>3</sup> /h]	11940	Pad tlaka [Pa]	196
Ulaz [°C]	20	Vlažnost [%]	50
Izlaz [°C]	3,6	Vlažnost [%]	100

Temperaturna učinkovitost rekuperatora iznosi 84,3[%] s povratom topline od 90,19 kW.

**Hlađenje:****Tablica 16. Pločasti rekuperator - hlađenje**

Dobava [m <sup>3</sup> /h]	11840	Pad tlaka [Pa]	209
Ulaz [°C]	32	Vlažnost [%]	40
Izlaz [°C]	27,5	Vlažnost [%]	52
Odsis [m <sup>3</sup> /h]	11940	Pad tlaka [Pa]	21
Ulaz [°C]	26	Vlažnost [%]	50
Izlaz [°C]	30,5	Vlažnost [%]	38

Temperaturna učinkovitost rekuperatora iznosi 74,4 [%] s povratom topline 17,84 kW.

**Ventilator bez spiralnog kućišta:**

- Protok zraka 11840 m<sup>3</sup>/h
- Eksterni pad tlaka 400 Pa
- Totalni pad tlaka 946 Pa
- Učinkovitost sistema 67,76 %
- Razina zvučne snage ulaza 81,8 db (A)
- Razina zvučne snage izlaza 87,8 dB (A)

**Prigušivač zraka:**

- model PZ 2 s padom tlaka 11 Pa

**Tablica 17. Prigušivač zraka PZ2**

Frekvencija Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Prigušenje dB	5	9	19	20	22	14	10	9

**Odabrani hladnjak:**

- Brzina zraka 1,84 m/s
- Zrak ulaz 29,5 °C s vlažnošću 46,3 %
- Zrak izlaz 16 °C s vlažnošću 86,6 %
- Pad tlaka na strani zraka 100 Pa
- Ukupni učin 76,53 kW
- Protok medija je voda s protok 3,65 l/s, s padom tlaka 13,77 kPa
- Sadržaj vode 49,7 l

**Odabrani grijač:**

- Brzina zraka 1,82 m/s
- Zrak ulaz 10 °C
- Zrak izlaz 22 °C
- Pad tlaka na strani zraka 21 Pa
- Ukupna snaga 47,66 kW
- Protok medija je voda sa protok 1,15 l/s, sa padom tlaka 10,44 kPa
- Sadržaj vode 17,5 l

**Odabrane komponente klima jedinice odsisne strane:****Odabir filter** tip BASIC FLO 600mm M5:

- Početni pad tlaka 29 Pa
- Konačni pad tlaka 200 Pa
- Stupanj učinkovitosti 6,6 %
- Potrošnja energije godišnje 859 kWh/god
- Klasa prema EN779: M7

**Prigušivač zraka:**

- Model: PZ 2 s padom tlaka 8 Pa

**Tablica 18. Prigušivač zraka PZ2, pad tlaka 8 Pa**

Frekvencija Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Prigušenje dB	5	9	19	20	22	14	10	9

**Ventilator bez spiralnog kućišta:**

- Protok zraka 11940 m<sup>3</sup>/h
- Eksterni pad tlaka 400 Pa
- Totalni pad tlaka 801 Pa
- Učinkovitost sistema 66,98 %
- Razina zvučne snage ulaza 81,3 db (A)
- Razina zvučne snage izlaza 86,4 dB (A)

**Prigušivač zraka:**

- model PZ 2 s padom tlaka 11 Pa

**Tablica 19. Prigušivač zraka PZ2, pad tlaka 11 Pa**

Frekvencija Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Prigušenje dB	5	9	19	20	22	14	10	9

#### 4.5.1. Dimenzioniranje rekuperatora za povrat topline

Temperatura zraka na izlazu iz rekuperatora računa se preko stupnja povrata topline

$$\Phi = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \quad (23)$$

Gdje su:

$\Phi$  - Stupanj povrata osjetne topline [°C]

$t_{22}$ - Temperatura vanjskog zraka na izlazu iz rekuperatora [°C]

$t_{21}$ -Temperatura vanjskog zraka na ulazu u rekuperator [°C]

$t_{11}$ -Temperatura unutarnjeg zraka na ulazu u rekuperator [°C]

#### 4.5.2. Dimenzioniranje grijača

Odabirom klima komore dobili smo maksimalni kapacitet grijača koji bi trebao zadovoljiti potrebe svih distribucijskih elemenata. Ukupni potreban učin kruga grijača dobivamo izračunom temperature izlaza vanjskog zraka iz rekuperatora za projektne uvjete, te izračunamo potrebne topline zimskog razdoblja za temperaturom ubacivanja od 22 °C. Protok zraka za odabranu klima jedinicu iznosi 11.840 m<sup>3</sup>/h. Potreban učin se izračunava:

$$Q_g = q_z \cdot c_z \cdot \rho \cdot (T_{z_{ul}} - T_{z_{iz}})$$

$$Q_g = \frac{11840}{3600} \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot (15,8 - 22)$$

$$Q_g = 23,4 \text{ kW}$$

Gdje su:

$q_z$  – protok zraka [m<sup>3</sup>/h]

$c_z$  – specifični toplinski kapacitet zraka kJ/kgK

$\rho$  - gustoća zraka kg/m<sup>3</sup>

$T_{z_{ul}}$  – temperatura svježeg zraka na izlazu iz rekuperatora [K]

$T_{z_{iz}}$  – temperatura zraka na izlazu iz grijača [K]

#### Zimsko razdoblje

Vanjski zrak protoka 11840 m<sup>3</sup>/h te projektne temperature za grad Poreč od -7 °C i relativne vlažnosti 90% ulazi kroz filter u pločasti protusmjerni rekuperator gdje izmjenjuje

osjetnu toplinu s povratnim zrakom iz zgrade temperature 22 °C i relativne vlažnosti 45 %. Učinkovitost rekuperatora iznosi 84,3 %. Vanjski zrak izlazi iz rekuperatora s temperaturom od 15,8 °C i relativnom vlažnošću 18 %, a povratni zrak izlazi s temperaturom 3,6 °C i vlažnošću 100 %. Ukupni povrat topline rekuperatora za zapadu iznosi 90,19 kW. Kao sigurnost protiv smrzavanja, rekuperator je izveden s by-pass ventilom koji sprečava da temperatura povrata padne ispod 0 °C. Nakon rekuperatora za sezonu grijanja, temperatura ubacivanja iznosi 22 °C, zrak se dodatno zagrijava na grijaču te ovlažuje parnim ovlaživačem na relativnu vlažnost 45 %.

#### 4.5.3. Dimenzioniranje hladnjaka

Odabirom klima komore dobili smo maksimalni kapacitet hladnjaka. Za vrijeme hlađenja u ljetnim mjesecima uzima se vanjska projektna temperatura od 32 °C. Temperatura ubacivanja svježeg zraka je 16 °C. Odnos učina hlađenja zrakom i vodenim sustavom je blizu omjera 3:1. Stvarni učin hladnjaka klima komore se izračunava pomoću protoka zraka koji iznosi 11840 m<sup>3</sup>/h.

$$Q_h = q_z \cdot c_z \cdot \rho \cdot (T_{z_{ul}} - T_{z_{iz}})$$

$$Q_h = \frac{11840}{3600} \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot (27,5 - 16)$$

$$Q_h = 45,62 \text{ kW}$$

$q_z$  – protok zraka [m<sup>3</sup>/h]

$c_z$  – specifični toplinski kapacitet zraka kJ/kgK

$\rho$  - gustoća zraka kg/m<sup>3</sup>

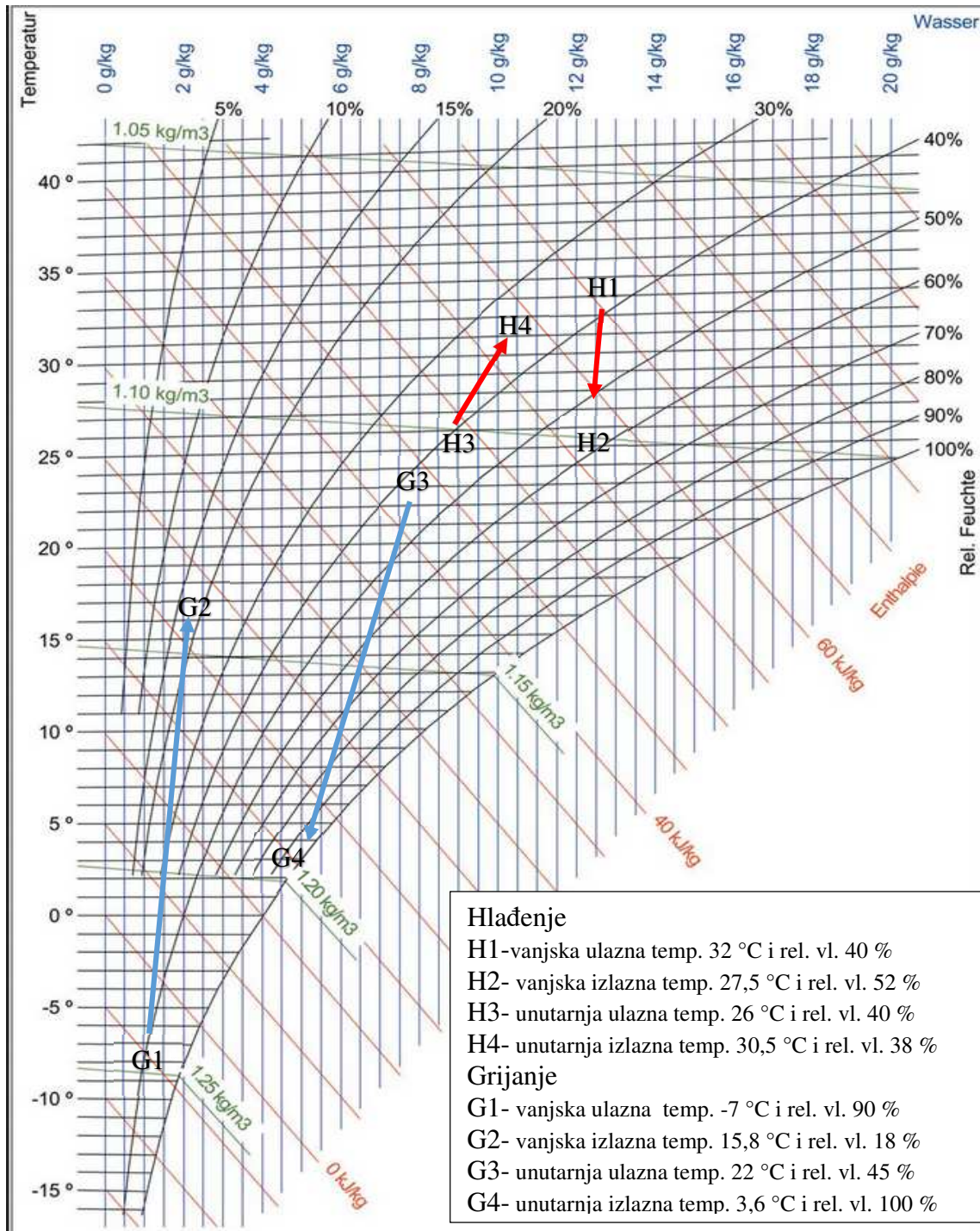
$T_{z_{ul}}$  – temperatura svježeg zraka na izlazu iz rekuperatora [K]

$T_{z_{iz}}$  – temperatura zraka na izlazu iz hladnjaka [K]

#### Ljetno razdoblje

Vanjski zrak protoka 11840 m<sup>3</sup>/h te projektne temperature za grad Poreč od 32 °C i relativne vlažnosti 40% ulazi kroz filter u pločasti protusmjerni rekuperator gdje izmjenjuje osjetnu toplinu s povratnim zrakom iz zgrade temperature 26 °C i relativne vlažnosti 40%. Ulazni zrak iz prostorije se pritom hladi na 30,5 °C i relativnu vlažnost 38%. Učinkovitost rekuperatora iznosi 74,4 %. Vanjski zrak se prolaskom kroz rekuperator hladi na 27,5 °C i ima vlažnost od

52 %. Istrošeni zrak izlazi s temperaturom od 30,5 °C i vlažnošću od 38 %. Ukupno povrat topline za klima jedinicu zapad iznosi 17,84 kW. Zrak temperature 27,5 °C potom prolazi do hladnjaka gdje se hladi na temperaturu ubacivanja od 16 °C i vlažnosti 40 %. Rashladni učin hlađenja iznosi 45,62 kW.



Slika 24. Mollierov h-x dijagram za rekuperator



#### 4.6. Odabir rashladnika vode- chillera i suhog hladnjaka

Rashladnik vode služi kao izvor rashladnog učina pri neizravnom hlađenju. Sastoji se od kondenzatora, isparivača, kompresora smještenih u zajedničkom kućištu. Radna tvar koja se koristi u procesu je R-134a s minimalnim kapacitetom 15 %. Temperaturni režim na kondenzatoru je odabran prema vanjskoj projektnoj temperaturi od 35 °C. Odabrani model rashladnika vode je Carrier 30XW-0254A.

Kapacitet hlađenja: 240 kW

Koeficijent hlađenja EER: 3,53 kW/kW

Kapacitet odbacivanja topline: 307 kW

Snaga kompresora: 68 kW

##### **Krug evaporatora**

Radna tvar: voda

Temperaturni režim 7/12 °C

Protok vode: 9,56 l/s

Pad tlaka 15,5 kPa

##### **Krug kondenzatora**

Radna tvar: voda - 25 % glikol

Temperaturni režim 45/40 °C

Protok vode 15,4 l/s

Pad tlaka 41,4 kPa

Razina buke LwA: 93 dB (A)

Za hlađenje smjese voda – 25 % glikol na rashladniku vode je odabran Liquid Cooler Superjumbo EQ3C 2490.4/4-90 %. Potreban učin sa 15 % dodatnih gubitaka iznosi 310 kW.

Ulazna temperatura zraka iznosi 35 °C a izlazna 42,8 °C. Tekućina je u režimu 45/40 °C.

Broj ventilatora: 8

Brzina vrtnje: 90 % kapaciteta

Pritisak buke ( Lp): 43,5 dB (A)

Površina izmjenjivača na strani zraka 2.132 m<sup>2</sup>.

Masa praznog dry-coolera je 2.622 kg.

## 5. DIMENZIONIRANJE VODENOG SUSTAVA

### 5.1. Odabir ogrjevnih tijela vodenog sustava

Za uredne, kantine i hodnike su korištene aktivne rashladne grede proizvođača TROX, dok za grijanje spremišta i pomoćnih prostora prizemlja su odabrani radijatori proizvođača RADEON prema tablici 3. Temperaturni režim hladnih greda je za grijanje odabran 55/40 °C, hlađenje 16/19 °C, a temperaturni režim radijatora iznosi 55/45 °C. Odabrane rashladne grede su prikazane u prethodnom poglavlju pošto se ventilacija i vodeni sustav spajaju na isti distribucijski element.

Tablica distribucijskih aktivnih rashladnih greda:

Model:	Veličina:	Komada:
DID312-LR-M-ML-AV	3000X2400X312	39
DID312-LR-M-MR-AV	3000X2400X312	21
DID312-LR-M-ML-AV	2100X1500X312	12
DID312-LR-M-MR-AV	2100X1500X312	6

**Tablica 20. Distribucijske aktivne rashladne grede**

Režim odabira aktivnih greda ovisi o zadanom konstantnom protoku ili zadanom razlikom temperatura polaza i povrata. Temperatura ubacivanja za ljetno razdoblje je zrak temperature 16 °C a za zimsko izotermno 22 °C. Proračunom u Easy Finder-u dobivamo i temperaturu rosišta od 13,2 °C što je bitno da ne postignemo jer će doći do stvaranja kondenzata. Jedina komponenta koja se može mijenjati za odabir učina je veličina izmjenjivača, te protok vode unutar izmjenjivača do maksimalno 250 l/h.



Slika 25. DID312-LR-M-ML-AV (priključak lijevo, dovod zraka sredina)

Radijatori su odabrani pomoću programa IntegraCAD gdje je proračunata toplinska bilanca za prostore gdje je potrebno radijatorsko grijanje. Odabrani su radijatori prema slijedećoj tablici:

Tablica 21. Odabir radijatora prizemlja

K2	PRIZEMLJE									
P	Prostorija	tu (°C)	Qn (W)	Qi (W)	R	Radijator	Br. čl.	Fa. (m)	Qi(rad) (W)	
P19	2.11	22	1014	1155	416	21S 600 1500 INTEGRA		1,00	1155	EN442
P23	3.09	20	2801	3248	422	21S 600 2400 INTEGRA		1,00	1624	EN442
					418	21S 600 2400 INTEGRA		1,00	1624	EN442
P24	3.10	20	1779	2000	421	21S 600 1200 INTEGRA		1,00	1000	EN442
					419	21S 600 1200 INTEGRA		1,00	1000	EN442
P27	6.12	18	1002	1212	420	21S 600 1350 INTEGRA		1,00	1212	EN442
P35	8.08	22	1798	2078	423	21S 600 1350 INTEGRA		1,00	1039	EN442
					417	21S 600 1350 INTEGRA		1,00	1039	EN442

## 5.2. Hidraulički proračun cijevnog razvoda

Cijevi za vodeni sustav su odabrane prema normi DIN 1786. Ulazni parametar je protok i potreban učin, a kao kriterij se gleda maksimalni pad tlaka po metru cijevi koji ne smije prelaziti 100 Pa/m. Odabir zaklopnih i balansnih ventila se odabiru prema odabranom promjeru cjevovoda.

Za regulaciju samih distribucijskih uređaja se koriste AB-QM ventili proizvođača Danfoss koji se stavljaju na povratni cjevovod hladnog i toplog kruga.

Izračun balansiranja cjevovoda se vršilo pomoću dodatka programa MagicCad Piping unutar računalnog softvera REVIT. Rezultat je najveći pad tlak najudaljenije dionice prema kojoj se odabire crpka.

## 5.3. Odabir crpki

Sve pumpe su odabrane od proizvođača Danfoss za slijedeće vodene krugove:

### 5.3.1. Crpka grijača klima komore

Pumpa instalirana kao zaštita protiv smrzavanja sa prestrujnim vodom zadužena je za cirkulaciju vode unutar grijača. Navedeni primjer je za klima jedinicu smještenu na zapadnom krovu zgrade. Isti princip je korišten za sve tri klima jedinice.

Odabran protok zraka za klima jedinicu zapad iznosi 11840 m<sup>3</sup>/h sa učinkom 24,6 kW.

Razlika temperature na grijaču iznosi 15 °C.

$$q_w = \frac{Q}{3600} \cdot \Delta T \cdot c_w$$

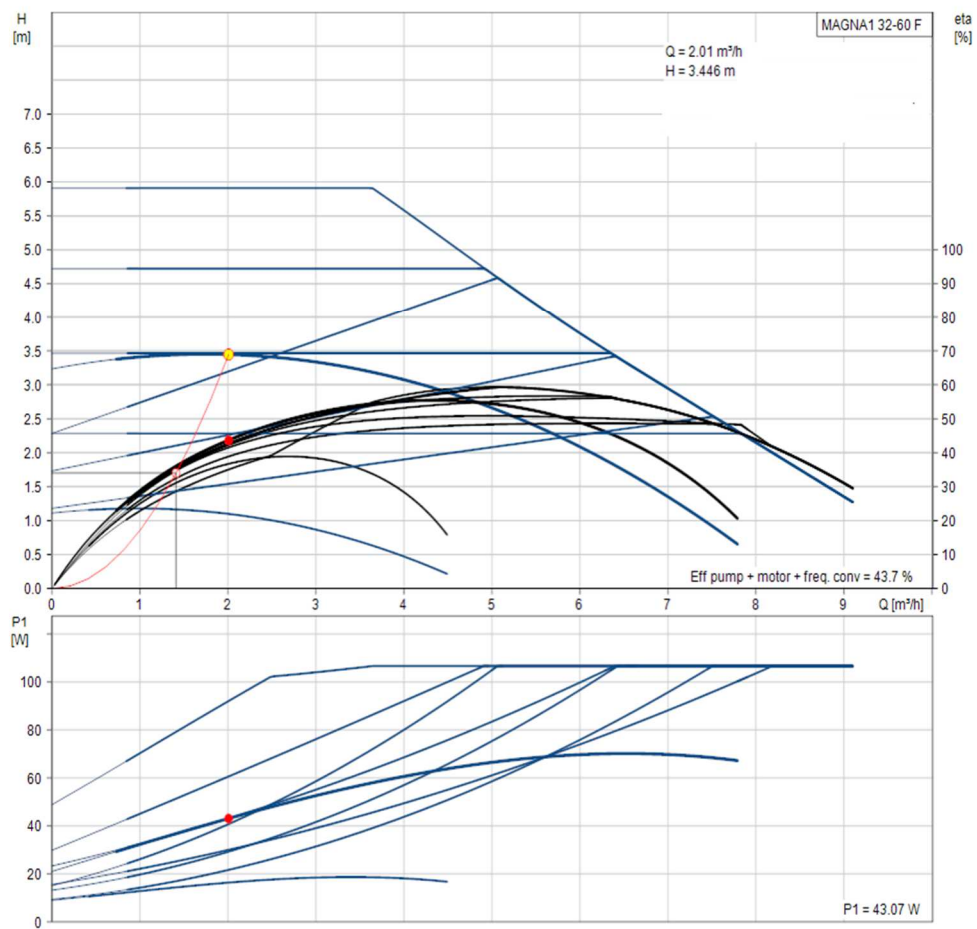
$$q_w = \frac{24,6}{3600} \cdot 15 \cdot 4,187$$

$$q_w = 1,41 \text{ m}^3/\text{h}$$

Za odabir odgovarajuće pumpe potrebno je poznati ukupni pad tlaka te protok crpke.

**Tablica 22. Pad tlaka kruga grijača klima jedinice**

Pad tlaka cjevovoda (100 Pa/m)	2 kPa
Pad tlaka zbog lokalnih otpora (kPa)	4 kPa
Pad tlaka na grijaču (kPa)	11 kPa
Ukupni pad tlaka(kPa)/ visine dobave(m)	17 kPa /1,7 m



Slika 26. Dijagram karakteristike crpke grajača klima komore



Slika 27. Crpka grijača klima komore

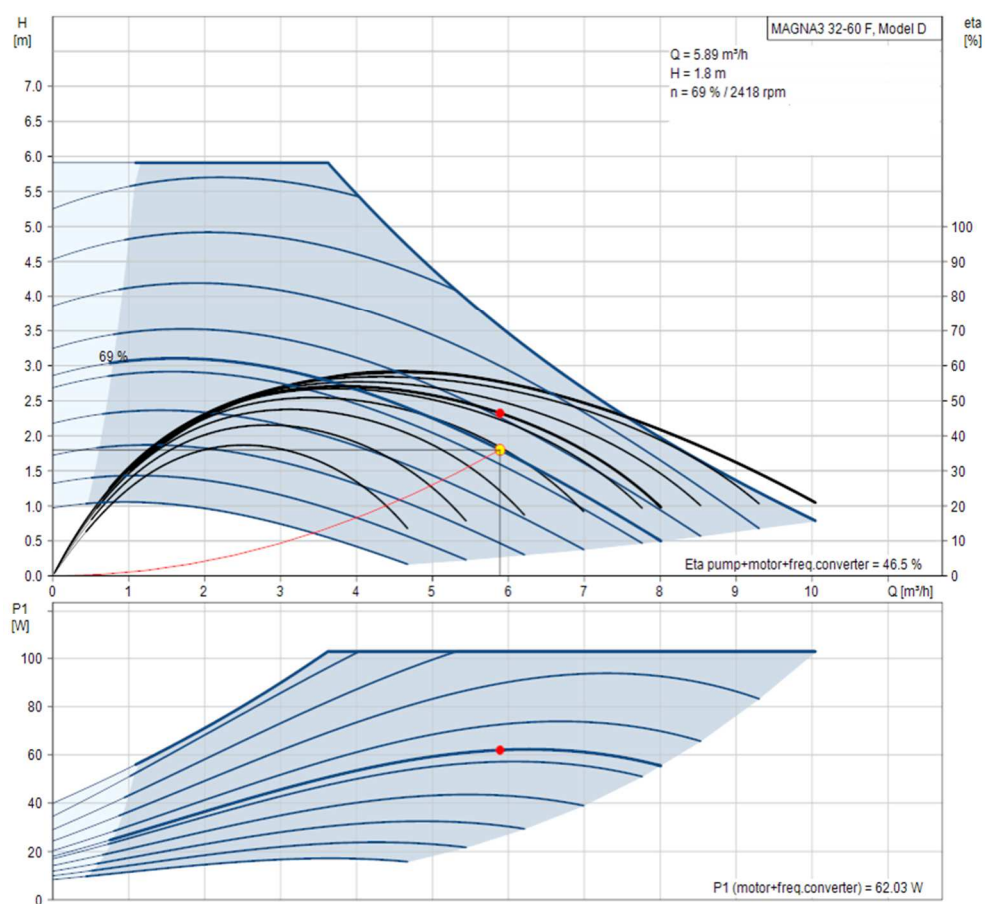
### 5.3.2. Crpka razdjelnik/sabirnik prema grijaču klimatizacijske komore

Učin ogrjevnog kruga klimatizacijske jedinice iznosi 102,8 kW. Za razliku temperature 15 °C dobivamo potreban protok od 5,89 m<sup>3</sup>/h. Za odabir crpke potrebna je i visina dobave koja se izračunava prema padu tlaka iz tablice 6.:

**Tablica 23. Padovi tlaka za odabir crpke razdjelnik/sabirnik prema grijaču**

Pad tlaka cjevovoda (100 Pa/m)	10 kPa
Pad tlaka zbog lokalnih otpora (kPa)	8 kPa
Ukupni pad tlaka (kPa)/ visine dobave(m)	18 kPa /1,8 m

Odabrana crpka je MAGNA 32-60 F -98126820.



**Slika 28. Karakteristika crpke MAGNA3 32-60F**



**Slika 29. Crpka MAGNA 32-60 F -98126820**

Pumpa sadrži konstantnu kontrolu proporcionalnog tlaka i temperature, monitor za kontrolu topline, zrakom hladenu elektroniku, 4-polni sinkroni motor sa stalnim magnetom. Brzina vrtnje pumpe je kontrolirana integriranim frekvencijskim pretvaračem. Radni temperaturni raspon iznosi od -10 do 100 °C. Gustoća vode je uzeta 998,2 kg/m<sup>3</sup>.

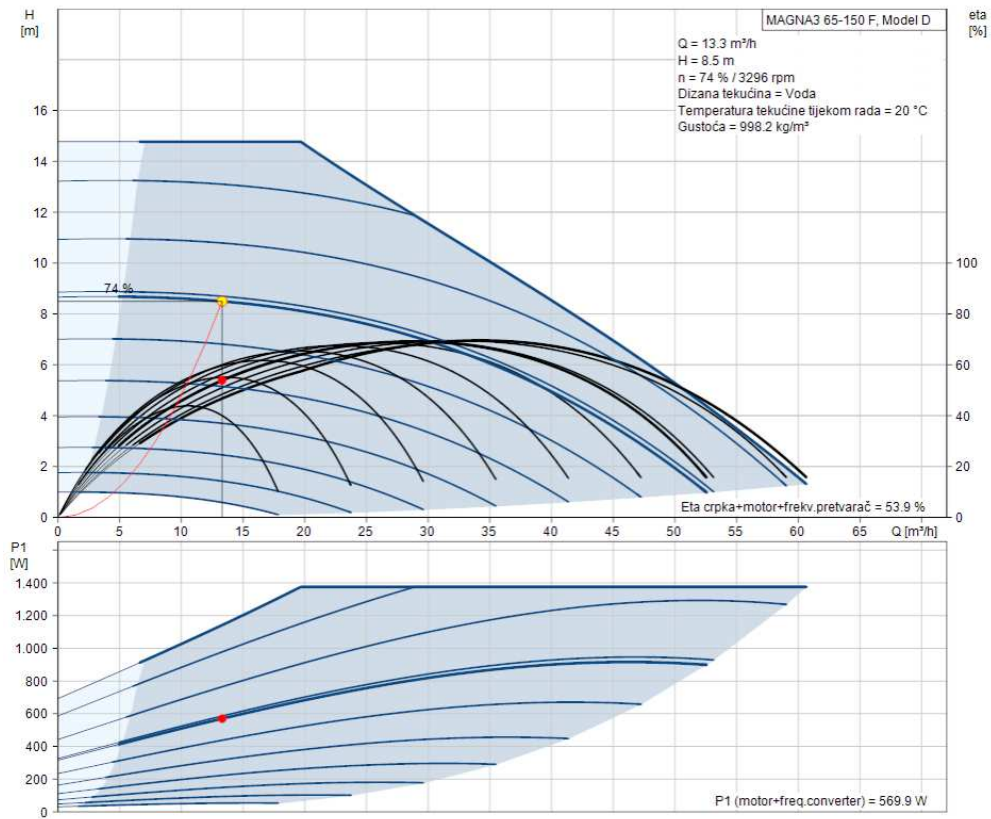
### 5.3.3. Crpka toplog kruga prema aktivnoj gredi od razdjelnika/sabirnika

Proračun pada tlaka cjevovoda izvršen je pomoću dodatka “MagicCad Piping“ unutar računalnog softwera REVIT.

**Tablica 24. Protok i padovi tlaka za odabir crpke toplog kruga**

Pad tlaka cjevovoda (kPa)	71 kPa
Pad tlaka opreme u strojarnici (kPa)	14 kPa
Ukupni pad tlaka (kPa)/visina dobave	85 kPa / 8,5 m
Protok vode(m <sup>3</sup> /h)	13,26 m <sup>3</sup> /h

Odabrana crpka je MAGNA3 65-150F, 97924299.



Slika 30. Crpka toplog kruga prema aktivnoj gredi



Supply  
 Return

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulatio	P [W]	qv [m³/h]	v [m/s]	dp/L [Pa/m]	dpt [Pa]	K factor	pt [Pa]
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	0.3			2.05	0.48	65.8	19		40938
	KROV		BEND-90	Viega-Pres	Standard	40				2.05	0.48		53	0.472	40919
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	22.4			2.05	0.48	65.8	1474		40866
	KROV		BEND-90	Viega-Pres	Standard	40				2.05	0.48		53	0.472	39392
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	31.8			2.05	0.48	65.8	2095		39339
	KROV		BEND-90	Viega-Pres	Standard	40				2.05	0.48		53	0.472	37244
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	25.5			2.05	0.48	65.8	1678		37191
	KROV		BEND-90	Viega-Pres	Standard	40				2.05	0.48		53	0.472	35513
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	0.9			2.05	0.48	65.8	59		35460
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	40				2.05	0.48		53	0.472	35401
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	9.3			2.05	0.48	65.8	615		35348
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	40				2.05	0.48		53	0.472	34733
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	0.3			2.05	0.48	65.8	20		34680
	PRIZEMLJ	1	BRANCH	Viega-Pres	Standard	40/25				2.05	0.48		112	1.000	34660
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	25	0.9			0.93	0.53	136.1	119		34549
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	25				0.93	0.53		63	0.464	34430
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	25	7.5			0.93	0.53	136.1	1022		34366
	PRIZEMLJ	2	BRANCH	Viega-Pres	Standard	25/25				0.93	0.53		136	1.000	33345
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	25	2.3			0.83	0.47	110.7	258		33209
	PRIZEMLJ	3	BRANCH	Viega-Pres	Standard	25/15				0.83	0.47		108	1.000	32951
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	15	2.7			0.04	0.06	4.3	12		32843
	PRIZEMLJ	4	CONN.NO			15			513	0.04			100		32832
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	25	4.2			0.78	0.44	100.3	426		32951
	PRIZEMLJ	5	BRANCH	Viega-Pres	Standard	25/15				0.78	0.44		97	1.000	32525
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	15	2.9			0.07	0.10	13.8	39		32428
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	15				0.07	0.10		2	0.485	32389
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	15	0.3			0.07	0.10	13.8	4		32387
	PRIZEMLJ	6	CONN.NO			15			788	0.07			7000		32382

Slika 31. Pad tlaka polaza cijevi grijanja

Supply  
 Return

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulatio	P [W]	qv [m³/h]	v [m/s]	dp/L [Pa/m]	dpt [Pa]	K factor	pt [Pa]
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.1			0.09	0.09	9.3	1		30314
	PRIZEMLJ	50	CONN.NO			20			1043	0.09			2400		32715
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	25	0.3			0.36	0.21	27.3	9		8317
	PRIZEMLJ		REDUCER	Viega-Pres	Standard	25/20				0.36	0.21		11	0.178	8326
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	11.5			0.36	0.36	100.6	1154		8337
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	20				0.36	0.36		29	0.463	9491
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	3.1			0.36	0.36	100.6	307		9520
	PRIZEMLJ	107	BRANCH	Viega-Pres	Standard	20/20				0.36	0.36				9827
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.3			0.09	0.09	9.3	2		9827
	PRIZEMLJ	108	ZONE VAL	Viega-Pres	AB-QM 20	20				0.09			19230		9829
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.1			0.09	0.09	9.3	1		29060
	PRIZEMLJ	52	CONN.NO			20			1043	0.09			2400		31460
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.0			0.27	0.27	61.1	2		9827
	PRIZEMLJ	109	BRANCH	Viega-Pres	Standard	20/20				0.27	0.27		2	0.048	9829
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.9			0.09	0.09	9.3	8		9831
	PRIZEMLJ	110	ZONE VAL	Viega-Pres	AB-QM 20	20				0.09			19238		9839
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.2			0.09	0.09	9.3	1		29077
	PRIZEMLJ	54	CONN.NO			20			1043	0.09			2400		31479
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	2.6			0.18	0.18	30.3	79		9829
	PRIZEMLJ	111	BRANCH	Viega-Pres	Standard	20/20				0.18	0.18		16	1.000	9908
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.8			0.09	0.09	9.3	8		9924
	PRIZEMLJ	112	ZONE VAL	Viega-Pres	AB-QM 20	20				0.09			19091		9931
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.2			0.09	0.09	9.3	1		29023
	PRIZEMLJ	56	CONN.NO			20			1043	0.09			2400		31424
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.3			0.09	0.09	9.3	3		9924
	PRIZEMLJ	113	ZONE VAL	Viega-Pres	AB-QM 20	20				0.09			19103		9926
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.1			0.09	0.09	9.3	1		29030
	PRIZEMLJ	57	CONN.NO			20			1043	0.09			2400		31431

Slika 32. Pad tlaka povrata cijevi grijanja

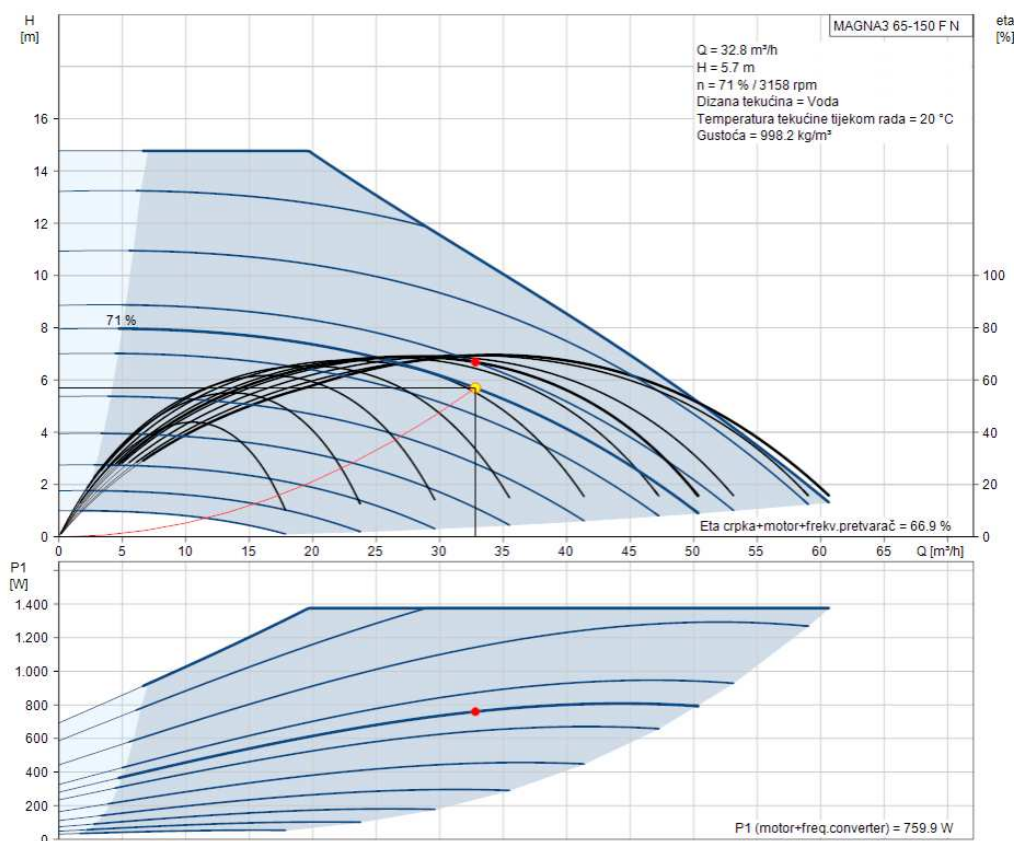
### 5.3.4. Crpka razdjelnik/sabirnik prema hladnjaku klima jedinice

Za odabir crpke se gleda kritična dionica sa najvećim padom tlaka hladnjaka i cjevovoda.

**Tablica 25. . Protok i padovi tlaka za odabir crpke razdjelnik/sabirnik prema hladnjaku klima jedinica**

Pad tlaka cjevovoda (100 Pa/m)	10 kPa
Pad tlaka zbog lokalnih otpora (kPa)	8 kPa
Pad tlaka na hladnjaku (kPa)	39 kPa
Ukupni pad tlaka(kPa)/ visine dobave(m)	57 kPa / 5,7 m
Protok vode(m <sup>3</sup> /h)	32,8 m <sup>3</sup> /h

Odabrana crpka je MAGNA3 65-150 F N -97924366.



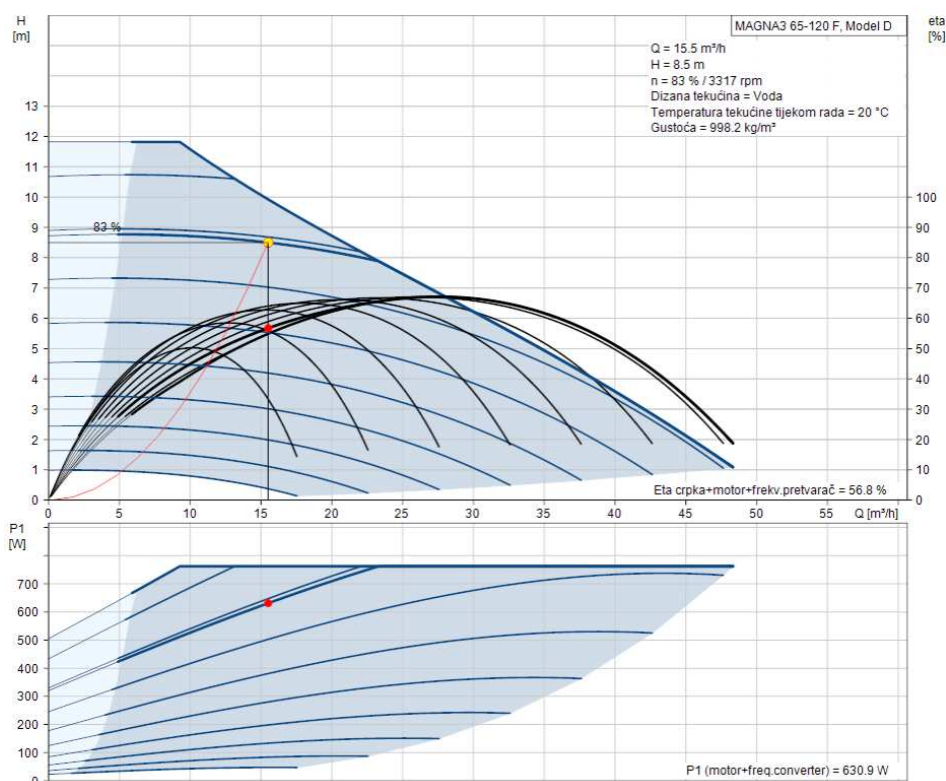
**Slika 33. Radna krivulja crpke prema klima jedinicama**

## 5.3.5. Crpka hladnog kruga prema aktivnoj gredi od razdjelnika/sabirnika

Tablica 26. Protok i padovi tlaka za odabir crpke hladnog kruga

Pad tlaka cjevovoda (100 Pa/m)	71 kPa
Pad tlaka opreme u strojarnici (kPa)	14 kPa
Ukupni pad tlaka(kPa)/ visine dobave(m)	85 kPa / 8,5 m
Protok vode (m <sup>3</sup> /h)	15,47 m <sup>3</sup> /h

Odabrana crpka je MAGNA 65-120F-97924298.



Slika 34. Crpka hladnog kruga prema aktivnoj gredi

Supply  
 Return

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulatio	P [W]	qv [m³/h]	v [m/s]	dp/L [Pa/m]	dpt [Pa]	K factor	pt [Pa]
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	1.1			3.78	0.50	61.6	66		39494
	KROV		BEND-90	Viega-Pres	Standard	50				3.78	0.50		60	0.474	39428
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	22.3			3.78	0.50	61.6	1373		39368
	KROV		BEND-90	Viega-Pres	Standard	50				3.78	0.50		60	0.474	37996
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	31.8			3.78	0.50	61.6	1958		37936
	KROV		BEND-90	Viega-Pres	Standard	50				3.78	0.50		60	0.474	35977
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	26.4			3.78	0.50	61.6	1626		35918
	KROV		BEND-90	Viega-Pres	Standard	50				3.78	0.50		60	0.474	34292
	KROV		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	1.6			3.78	0.50	61.6	100		34232
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	50				3.78	0.50		60	0.474	34132
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	9.5			3.78	0.50	61.6	584		34072
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	50				3.78	0.50		60	0.474	33488
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	0.1			3.78	0.50	61.6	5		33428
	PRIZEMLJ	2	BRANCH	Viega-Pres	Standard	50/50				3.78	0.50		126	1.000	33423
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	0.5			2.79	0.37	36.0	16		33297
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	50				2.79	0.37		33	0.474	33281
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	50	6.9			2.79	0.37	36.0	247		33248
	PRIZEMLJ		REDUCER	Viega-Pres	Standard	50/40				2.79	0.37		38	0.180	33002
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	0.2			2.79	0.65	137.1	26		32964
	PRIZEMLJ	3	BRANCH	Viega-Pres	Standard	40/40				2.79	0.65		210	1.000	32938
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	2.0			2.36	0.55	101.9	204		32728
	PRIZEMLJ	4	BRANCH	Viega-Pres	Standard	40/20				2.36	0.55		150	1.000	32524
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	2.8			0.16	0.16	30.9	87		32374
	PRIZEMLJ	5	CONN.NO			20			574	0.16			1100		32287
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	40	4.3			2.19	0.51	89.6	382		32524
	PRIZEMLJ	6	BRANCH	Viega-Pres	Standard	40/20				2.19	0.51		130	1.000	32141
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	2.9			0.24	0.24	60.6	177		32012
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	20				0.24	0.24		13	0.463	31834

Slika 35. Pad tlaka polaza cijevi hladenja

Supply  
 Return

Location	Level	Node	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulatio	P [W]	qv [m³/h]	v [m/s]	dp/L [Pa/m]	dpt [Pa]	K factor	pt [Pa]
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.1			0.07	0.06	5.9	1		31376
	PRIZEMLJ	50	CONN.NO			20			231	0.07			500		31876
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	25	0.2			0.27	0.15	18.6	4		7289
	PRIZEMLJ		REDUCER	Viega-Pres	Standard	25/20				0.27	0.15		6	0.178	7293
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	11.3			0.27	0.26	68.0	768		7299
	PRIZEMLJ		BEND-90	Viega-Pres	Standard	20				0.27	0.26		16	0.463	8067
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	3.0			0.27	0.26	68.0	204		8083
	PRIZEMLJ	106	BRANCH	Viega-Pres	Standard	20/20				0.27	0.26				8286
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.2			0.07	0.06	5.9	1		8286
	PRIZEMLJ	107	ZONE VAL	Viega-Pres	AB-QM 20	20				0.07			22208		8287
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.1			0.07	0.06	5.9	1		30495
	PRIZEMLJ	54	CONN.NO			20			231	0.07			500		30995
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.0			0.20	0.19	41.6	2		8286
	PRIZEMLJ	108	BRANCH	Viega-Pres	Standard	20/20				0.20	0.19		1	0.048	8288
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	1.1			0.07	0.06	5.9	6		8289
	PRIZEMLJ	109	ZONE VAL	Viega-Pres	AB-QM 20	20				0.07			22183		8295
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.2			0.07	0.06	5.9	1		30478
	PRIZEMLJ	52	CONN.NO			20			231	0.07			500		30979
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	2.6			0.13	0.13	20.8	54		8288
	PRIZEMLJ	110	BRANCH	Viega-Pres	Standard	20/20				0.13	0.13		8	1.000	8342
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	1.1			0.07	0.06	5.9	6		8350
	PRIZEMLJ	111	ZONE VAL	Viega-Pres	AB-QM 20	20				0.07			22105		8357
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.1			0.07	0.06	5.9	1		30461
	PRIZEMLJ	56	CONN.NO			20			231	0.07			500		30962
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.2			0.07	0.06	5.9	1		8350
	PRIZEMLJ	112	ZONE VAL	Viega-Pres	AB-QM 20	20				0.07			22117		8351
	PRIZEMLJ		PIPE	Viega-Pres	Viega-Pres	20	0.1			0.07	0.06	5.9	1		30468
	PRIZEMLJ	57	CONN.NO			20			231	0.07			500		30969

Slika 36. Pad tlaka povrata cijevi hladenja

## **5.4. Odabir regulacijske opreme vodenog sustava**

### **5.4.1. Nepovratni ventili**

Dozvoljava protok fluida u samo jednom smjeru uz minimalno mogući pad tlaka. Pad tlaka je i kriterij kvalitete nepovratnog ventila. Nepovratni ventil spada u grupu zapornih ventila. Kriterij zatvaranja može biti potreban pad tlaka na ventilu u nedozvoljenom smjeru (bez opruge) ili zatvaranje kad izostane pad tlaka na ventilu (s oprugom koja zatvara ventil). Promjer ventila je reda veličine cjevovoda.

### **5.4.2. Hvatači nečistoća**

Hvatač nečistoća osigurava zaštitu ventila, povećava pouzdanost sustava i smanjuje troškove održavanja. Koriste se u sustavima pitke vode, grijanja, hlađenja te u procesima obrade pri temperaturama do 400 C. Karakterizira ih jednostavna konstrukcija i održavanje, jednostavna demontaža kod čišćenja te mali gubitak tlaka zbog povoljnog hidrauličkog oblika. Promjer koji se stavlja je reda veličine cjevovoda.

### **5.4.3. Balansni ventili**

Prema [7] jedan od glavnih problema u sustavima grijanja i hlađenja je nedostatak dobrog hidrauličkog balansa, uzorkovan diferencijalnim tlakom koji se neprekidno mijenja. Balansni ventil služi da osigura optimalnu razliku tlakova za regulacijske ventile i ispravan protok u individualnim cijevima. Automatski balansni ventil se može koristiti za konstantne i promjenjive protoke kod aktivnih greda, klima komora itd.

Regulacijski ventil protok AB-QM se ugrađuje na samo jedan vod, polaz ili povrat te služi za preciznu regulaciju protoka. Karakterizira ga učinkovit prijenos energije i minimalni troškovi pupanja jer pri djelomičnom opterećenju ne dolazi do prevelikog protoka zbog linearne karakteristike regulacije. AB-QM ventil je tlačno neovisan te na njegovu regulacijsku karakteristiku ne ovisi postojeći tlak i na nju ne utječe niski autoritet. Ograničenje protoka na ventilu se ostvaruje ograničenjem hoda ventila što uzorkuje linearnu karakteristiku neovisno o vrijednosti i diferencijalnom tlaku. Balansni ventili su obično reda veličine manji nego promjer cjevovoda i ovise isključivo o protoku.

Troputni miješajući ventil namijenjen je miješanju polaza vode kotla te povratne vode iz uređaja za dobivanje željene temperature polaza prema distributerima. Prilikom odabira troputnog

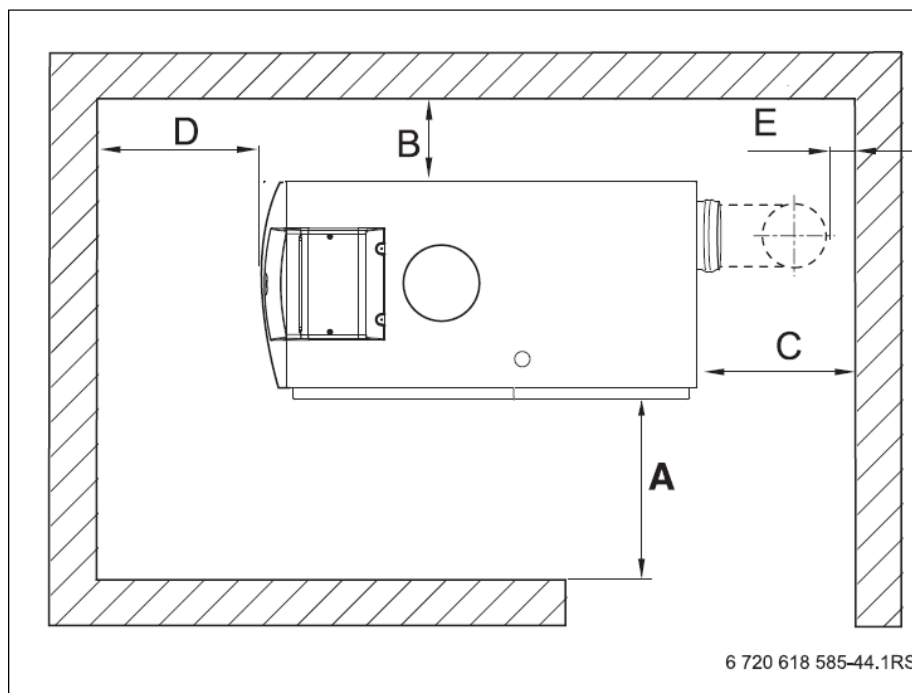
ventila potrebno je paziti na autoritet ventila. Troputni ventili su odabrani pomoću programa „Siemens Activax“-a.

### 5.5. Odabir kotla

Kao faktor sigurnosti kotla uzima se dodatak od 12 % za gubitke kotla i cjevovoda. Ukupni projektni učin grijanja tako iznosi 312 kW. Odabrane su cijevi Prestabo DN 65 sa padom tlaka od 100 Pa/m za potreban učin te dobivene brzine strujanja od 0,81 m/s.

Odabran je model kotla GB402-395-6:

- Nazivno toplinsko opterećenje: kW 75,2-376,2
- Nazivni toplinski učinak pri temperaturama sustava 80/60 °C: 80,5-395 kW
- Stupanj djelovanja kotla pri maksimalnom toplinskom učinku i temperaturama sustava 55/40 °C: 97,6%
- Stupanj djelovanja kotla pri maksimalnom toplinskom učinku i temperaturama sustava 50/30 °C: 105 %
- Sadržaj vode kotla u litrama: 53,3 L
- Gubitak tlaka na strani vode grijanja pri delta t 20 K: 105 mbar
- Maksimalna temperatura polaznog voda pogona grijanja/tople vode: 85 °C
- Priključak vode grijanja: 80 DN
- Dimovodni priključak: 250 mm
- Dimenzije za unošenje kotla(širina x dubina x visina): 781 x 1.740 x 1.542 mm.
- Minimalne dimenzije kotla za unošenje u kotlovcu:
  - Min. Dubina 1740 mm
  - Min. Širina 781 mm
  - Min. Visina 1542 mm
  - Min. Težina 465 kg



Slika 37. Tlocrt ugradnje kotla

Tablica 27. Dimenzije ugradnje kotla

Dimenzija [mm]	Min [mm]	Preporučeno [mm]
A	700	1000
B	150	400
C	-	-
D	700	1000
E	150	400

**Izračun temperature povrata sekundarnog kruga:**

Ulazni parametri:

**Tablica 28. Ulazni parametri za izračun temperature povrata grijanja sekundarnog kruga**

Krug	Temperatura povrata [°C]	Protok povrata [m <sup>3</sup> /h]
Klima komora	40	5,9
Hladnih greda	45	13,26
Radijatora	45	1,9

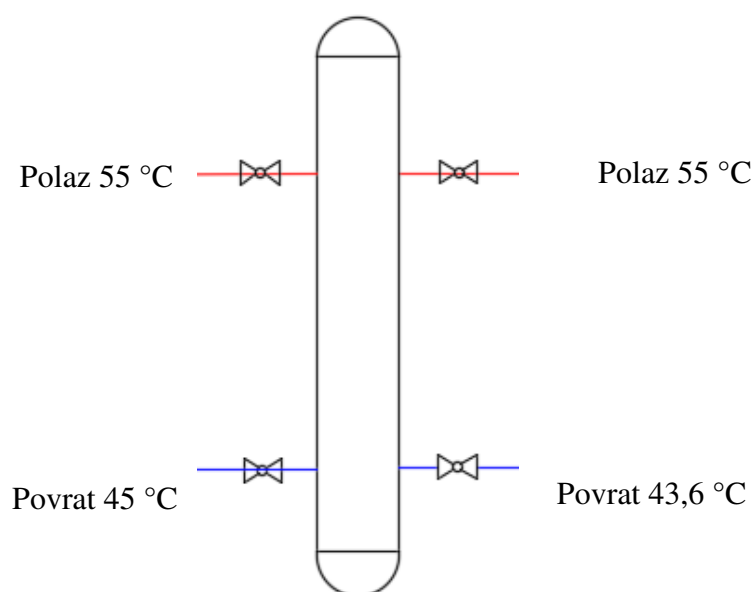
$$q_{KK}T_{pov\_kk} + q_{hg}T_{pov\_hg} + q_R T_{pov\_r} = T_{pov\_Kot} q_{uk}$$

$$5,9 \cdot 40 + 13,26 \cdot 45 + 1,9 \cdot 45 = T_{pov\_Kot} \cdot 21,06$$

$$T_{pov\_Kot} = 43,6 \text{ °C}$$

**Izračun protoka crpke primarnog kruga kotla:**

Potrebno je izračunati stvarne temperature polaza i povrata zbog hidrauličke skretnice. Polazi primarnog i sekundarnog kruga su različiti.

**Slika 38. Hidraulička skretnica**



Odabran je pad temperature primarnog kruga od 10 °C. Izračunati učin na strani kotla s faktorom sigurnosti 1,1 iznosi 311 kW. Protok primarnog kruga se izračunava:

$$Q = 311 \text{ kW}$$

$$Q = \Delta T \cdot q_v \cdot \rho \cdot c_p$$

$$q_v = \frac{Q}{\Delta T \cdot \rho \cdot c_p}$$

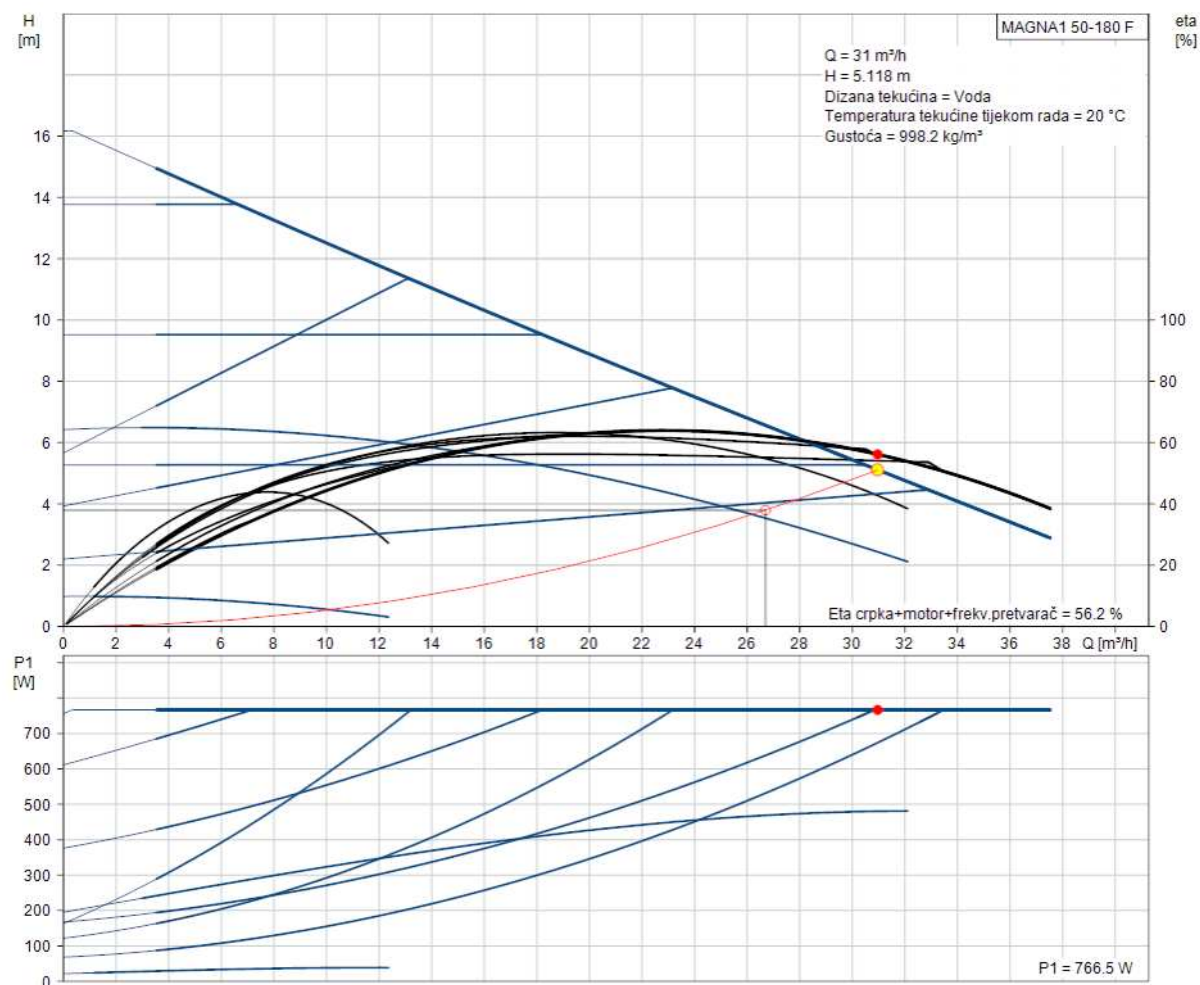
$$q_v = 26,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 5.6. Crpka kotlovsog kruga

Tablica 29. Protok i pad tlaka kotlovsog kruga

Pad tlaka cjevovoda (100 Pa/m)	2 kPa
Pad tlaka zbog lokalnih otpora (kPa)	6 kPa
Pad tlaka na kotlu (kPa)	30 kPa
Ukupni pad tlaka (kPa)/ visine dobave (m)	38 kPa /3,8 m

Za protok **26,7 m<sup>3</sup>/h** i visinu dobave 3,8 m odabrana je Grundfos MAGNA1 50-150 F 99221306.



Slika 39. Radna krivulja crpke prema kotlu



Slika 40. Crpka MAGNA1 50-150 F 99221306

## 5.7. Odabir ekspanzijske posude

Potrebno je odabrati ekspanzijske posude sustava grijanja i hlađenja. Ekspanzijska posuda služi kao posuda za održavanje tlaka unutar zadanih granica, što uključuje podešenje minimalnog tlaka i sprječavanje prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog pretlaka. Kompenzacija promjene volumena ogrjevnog medija kao posljedica promjene temperature.

### 5.7.1. Odabir ekspanzijske posude kruga grijanja

Određivanje zapremnine:

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} , \quad V_n \geq V_{n,min} \quad (24)$$

Gdje su:

- $V_{n,min}$ - minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude[lit]
- $V_e$ - volumen širenja vode u litrama izazvan povišenjem temperature vode od 10 °C do maksimalne temperature polaznog voda [lit]
- $V_v$ - dodatni volumen(zaliha)- oko 0,5% volumena vode u instalaciji, min 3. litre
- $p_e$ -projektirani krajnji tlak, povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila- kod sustava koji rade pri tlakovima manjim od 5 bara procjenjuje se na 0,5 bara ispod tlaka sigurnosnog ventila
- $p_o$ -primarni tlak ekspanzijske posude(tlak plina prilikom isporuke)

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} \quad (25)$$

Gdje su:

- n-postotak širenja %
- $V_A$ - ukupni volumen vode u sustavu

Volumen vode u sustavu:

**Tablica 30. Volumen sustava grijanja**

Komponenta	Volumen [l]
Kotao	53,3
Grijači aktivnih greda	100
Grijači klima jedinica	17,5+32,1+18
Cjevovod	660
Radijatori	100
Razdjelnik	13
Ukupno [l]	994

$$V_e = \frac{1,66 \cdot 994}{100} = 16,5$$

$$V_{n,min} = (16,5 + 4,97) \frac{1,8 + 1}{1,8 - 1,5}$$

$$V_{n,min} = 200,3 \text{ l}$$

Odabrana prva veća ekspanzijska posuda koja zadovoljava proračun. Ekspanzijska posuda REFLEX N 250:

- Nominalni volumen: 250l
- Iskoristiv volumen: 225l
- Najviša temperatura 120 °C
- Maksimalni tlak: 6 bar
- Tlak predpunjenja 1,5 bar



**Slika 41. Ekspanzijska posuda Reflex N 250**

### 5.7.2. Odabir ekspanzijske posude kruga hlađenja

Određivanje zapremnine:

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

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100}$$

Volumen vode u sustavu:

**Tablica 31. Volumen sustava hlađenja**

Komponenta	Volumen [l]
Spremnik	1500
Hladnjaci aktivnih greda	100
Hladnjaci klima jedinica	80
Cjevovod	660
Razdjelnik	13
Ukupno [l]	2353

$$V_e = \frac{0,33 \cdot 2353}{100} = 7,8$$

$$V_{n,min} = (7,8 + 3) \frac{1,8 + 1}{1,8 - 1,5}$$

$$V_{n,min} = 100,8 \text{ l}$$

Odabrana prva veća koja zadovoljava proračun. Ekspanzijska posuda REFLEX NG 140:

- Nominalni volumen: 140l
- Koristan volumen: 126l
- Najviše temperatura 120 C
- Maksimalni tlak 6 bar
- Tlak predpunjenja: 1,5 bar

## 6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Predmetna upravna zgrada, ukupne korisne površine 4600 m<sup>2</sup> se nalazi na području grada Poreča te se sastoji od četiri etaže. U podrumu se nalaze arhiva, garderoba, ured domara, soba sa sprinkler bazenom, hidruličko okno te sistem soba. Na prizemlju se nalaze uredi, spremišta, sistem sala te kantina. Na prvom i drugom katu se nalaze uredi i sobe za sastanke.

Prema normi HRN EN 12831, toplinski gubici zgrade iznose 257 kW dok toplinsko opterećenje zgrade prema normi VDI 2078 iznosi 245 kW. Za sve uredi, kantu, sobe za sastanke je predviđen zračno vodeni sustav s centralnom klimatizacijskom jedinicom za pripremu zraka s aktivnim gredama kao distributorima. Četverocijevni sustav aktivnih greda ima odvojene izmjenjivače na samom uređaju te imaju mogućnost istovremenog grijanja i hlađenja. Za spremišta i arhive je predviđen sustav ventilacije sa centralnom pripremom zraka na klimatizacijskim jedinicama te radijatorsko grijanje u zimskim mjesecima. Snabdijevanje kompletnog objekta potrošnom toplom vodom (PTV) predviđeno je putem lokalnih elektro bojlera zbog izrazito male potrošnje PTV-a. Ne postoji ekonomska opravdanost izrade centralnog postrojenja pripreme PTV-a.

### 6.1. Grijanje i hlađenje

Centralni sustav grijanja smješten u strojarnici na krovu zgrade je izveden s prisilnom cirkulacijom vode u temperaturnom režimu 55/45 °C. Izvor topline u sustavu grijanja je plinski kondenzacijski kotao firme *Buderus*, model *Logano plus GB402-395-6* nazivnog toplinskog opterećenja 376,2 kW. Primarni i sekundarni cirkulacijski krug je odvojen pomoću hidrauličke skretnice koja uzrokuje smanjenje opterećenja kotla od stalnog paljenja/gašenja. Potreban protok vode u primarnom krugu kotla osigurava frekventno upravljana pumpa MAGNA 50-150 F a kriterij odabira je kao i za sve pumpe visina dobave te potreban protok. Na povratnom vodu je smještena i ekspanzijska posuda *REFLEX N 250*, zapremnine 250 l i sigurnosni ventil. Temperaturu polaza kotla kontrolira vanjski osjetnik temperature preko regulatora, dok je temperatura polaza grijača, aktivnih greda i radijatora jednaka temperaturi polaza kotla. Ukoliko je temperatura polaza preniska, ventil će propustiti veći protok prema razdjelniku, također u suprotnom, ako je previsoka, ventil će propustiti manji protok. Regulacija učina aktivnih greda se vrši pomoću AB-QM ventila koji su regulirani preko osjetnika temperature u

sobi. Ugrađeni su na povratni vod toplog i hladnog kruga te služe kao i balansirajući ventili tako da je cijevna mreža hidraulički uravnotežena. Pumpama na grijačima klima jedinica upravlja osjetnik temperature u kanalu iza grijača koje služe sa prestrujnim vodom kao zaštita od smrzavanja.

Za pokrivanje toplinskog opterećenja zgrade koriste se aktivne rashladne grede. Razvod je dvocijevni s instaliranim rashladnim učinkom od 54 kW u režimu 16/19 °C te 191 kW na hladnjacima klima jedinica u režimu 7/12 °C. Odvodnja toplinskog opterećenja se vrši pomoću rashladnika vode Carrier 30XW koji radi u režimu 45/40 °C. Rashladnik je spojen pomoću radnoj medija voda-25% glikol na suhi hladnjak Liquid Cooler Superjumbo EQ3C 2490.4/4-90 % s mogućom toplinom odbacivanja od 307 kW. Temperatura polaza sustava rashladnih greda se regulira preko troputnog ventila, čiji omjer miješanja je reguliran temperaturom nakon miješanja. Sustav je spojen na rashladnik vode preko puffer spremnika litraže 1500l koji je dimenzioniran s pretpostavkom 6l po kW učina. Na povratnom vodu je smještena i ekspanzijska posuda *REFLEX NG 140*, zapremnine 140 l i sigurnosni ventil. Temperaturni režim prema klima jedinicama je 7/12 °C te je jednak kao i režim primarnog kruga. Predviđeno je da se voda hladnjaka klima jedinica u zimskim mjesecima ispušta kako ne bi došlo do smrzavanja. Protoci kroz pojedinačne klima jedinice se vrše pomoću AB-QM ventila koji propuštaju protok regulacijom preko osjetnika temperature smještenog u kanalu nakon hladnjaka. Regulacija vodenog sustava aktivnih greda kod hlađenja se vrši AB-QM ventilima prema temperaturnom osjetniku i koncentraciji CO<sub>2</sub> u sobi.

## 6.2. Ventilacija

Za postizanje kvalitete zraka koriste se tlačni zračni kanali sustava s centralnom klima jedinicom smještenom na ravnom krovu zgrade. Priprema zraka je djelomična te nema potrebe za kontroliranjem vlažnosti. Zgrada ima tri vertikalna prodora s tri instalirane klima jedinice protoka 11840 m<sup>3</sup>/h, 25325 m<sup>3</sup>/h i 12325 m<sup>3</sup>/h. Odabir klima jedinica se vršio prema vanjskim projektnim parametrima za grad Poreč. Zadana konfiguracija je bila katna izvedba s križnim rekuperatorom, volumenski protok, eksterni pad tlaka, prigušivač unutar komore te režim grijača 55/40 °C i hladnjaka 7/12 °C. Eksterni pad tlaka je dobiven pomoću softvera "MagicCad Piping" unutar programa Revit, unošenjem karakteristika svih elemenata ventilacijskog sustava. Vertikalni kanali se dimenzioniraju prema kriteriju brzine od maksimalno 5 m/s dok grananjem prema krajnim potrošačima brzina pada do 2,5 m/s. Distributeri su spojeni pomoću Flex cijevi okruglog presjeka, a okrugle cijevi "Viga Prestabo" na glavne pravokutne kanale spojeni nabijanjem. Zrak se u prostoriju ubacuje preko indukcijskih uređaja koji se spajaju na četverocijevni vodeni sustav. Odsis zraka se vrši pomoću ugrađenog odsisa aktivnih greda. Priključak odsisa je promjera  $\Phi 100$  te zbog kriterija brzine i buke je ograničen na maksimalni odsis od 180 m<sup>3</sup>/h. U prostorijama gdje imamo veće protoke, odsis se vrši preko hodnika. Regulacija većine ureda s istočne i sjeverne strane je pomoću kutija konstatnog protoka RN za okrugli presjek ili EN za pravokutni presjek. Konferencijske sale, kantina te sobe s juga i zapada koji imaju povećani protok zraka zbog ostvarivanja učina imaju instaliran TVR kutiju varijabilnog protoka te pravokutne TVJ kutije sve s priležećim prigušivačima CS. Varijabilne kutije se reguliraju pomoću sobnog osjetnika temperature i koncentracije CO<sub>2</sub>.



## 7. ZAKLJUČAK

Ovim radom je prikazano rješenje sustava grijanja, hlađenja i ventilacije upravne zgrade smještene u Poreču. Prema vanjskim projektnim uvjetima za grad Poreč proračunata je toplinska bilanca prema normi HRN EN 12831 te prema smjernicama VDI 2078 toplinsko opterećenje sustava. Prilikom odabira komponenti, pazilo se na optimalno dimenzioniranje opreme kako bi se postigla toplinska ugodnost uz potrebnu funkcionalnost i učinkovitost. Sustav grijanja je riješen preko plinskog kondenzacijskog kotla učina 311 kW koji snabdijeva potrebe klima jedinica te ogrjevnih tijela unutar zgrade. Sustav grijanja je izveden preko radijatorskog kruga režima 55/45 °C i sustava aktivnih greda režima 55/40 °C. Sustav hlađenja je riješen preko rashladnika vode i suhog hladnjaka s udjelom etilen-glikola 25%. Potrebe hlađenja su 282 kW sa sustavom distribucije aktivnih greda režima 16/19 °C. Priprema dobavnog zraka se vrši u tri klima jedinice ukupnog protoka 49500 m<sup>3</sup>/h smještenih na krovu zgrade zajedno s strojarnicom i kotlom. Proračun ventilacijskih potreba napravljen je prema normi EN 15251. Regulacija ventilacije je postignuta preko kutija varijabilnog i konstantnog protoka sa odgovarajućim prigušivačima kako ne bi došlo do širenja buke. Regulacija vodenog sustava je napravljena da se postigne hidraulički izbalansirana mreža.

Sustav distribucije preko indukcijskih uređaja se pokazao s dosta mana pošto ima ograničenja mogućeg toplinskog i rashladnog učina te samim time je potrebno povećati broj distribucijskih elemenata u sobama okrenutim prema jugu ili zapadu. Ograničenja za režim grijanja iznose oko 40 W/m<sup>2</sup> dok za hlađenje iznose 80 W/m<sup>2</sup>. Proračunato grijanje za upravnu zgradu iznosi 60 W/m<sup>2</sup> te hlađenja 87 W/m<sup>2</sup> iz čega se zaključuje da zgrada nije pogodna za rješenje distribucije pomoću aktivnih greda. Kao posljedica takvog rješenja, sustavu je povećan dobavni protok zraka i broj distribucijskih jedinica kako bi se postigli potrebni učini. Također, aktivne grede nisu pogodne za prostorije s velikim izvorima vlage pošto može doći do stvaranja kondenzata te je izvedba poprilično osjetljiva zbog latentnih izvora topline. Prednosti aktivnih greda u odnosu na ventilokonvektore su manji troškovi održavanja, jednostavna kontrola, bolja ugodnost prostora pošto nemamo ventilatora u prostorijama te zbog toga i bolja energetska učinkovitost. Povećana potrošnja energije se javlja jedino na ventilatoru klima jedinice. Zaključno smatram da zbog nepogodne fizike zgrade, potrebe ventilacije i broja aktivnih greda se morao povećati u odnosu na rješenje pomoću ventilokonvektora ali dugoročno gledajući troškovi održavanja su manji.

## LITERATURA

- [1] I. Balen: Podloge za predavanje kolegija „Klimatizacija“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [2] I. Balen: Podloge za predavanje kolegija „Grijanje“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [3] Norma HRN 12831
- [4] Norma VDI 2078
- [5] Norma EN 15251
- [6] [http://grijanje.danfoss.com/PCMPDF/VDA9J137\\_ASV\\_4gen\\_print.pdf](http://grijanje.danfoss.com/PCMPDF/VDA9J137_ASV_4gen_print.pdf)
- [7] <https://hr.grundfos.com/>
- [8] Buderus; Projektantske podloge Logano plus GB402; Plinski kondenzacijski kotlovi  
Izdanje 2014/12
- [9] [https://www.reflex-winkelmann.com/produkte/produkt-detail/?tx\\_esreflexproducts\\_pi2%5Bartikelnr%5D=8211400&cHash=8c6c122eff5e2a8ebef993d78bf44367](https://www.reflex-winkelmann.com/produkte/produkt-detail/?tx_esreflexproducts_pi2%5Bartikelnr%5D=8211400&cHash=8c6c122eff5e2a8ebef993d78bf44367)
- [10] [www.IMI-hydronic.com](http://www.IMI-hydronic.com)
- [11] [www.daikin.hr](http://www.daikin.hr)
- [12] <https://www.priceindustries.com/beams/products/acblr-active-chilled-beam-linear>
- [13] <http://www.jacco.com/assets/chilled-beam-design-guide---tb012309.pdf>

## **PRILOZI**

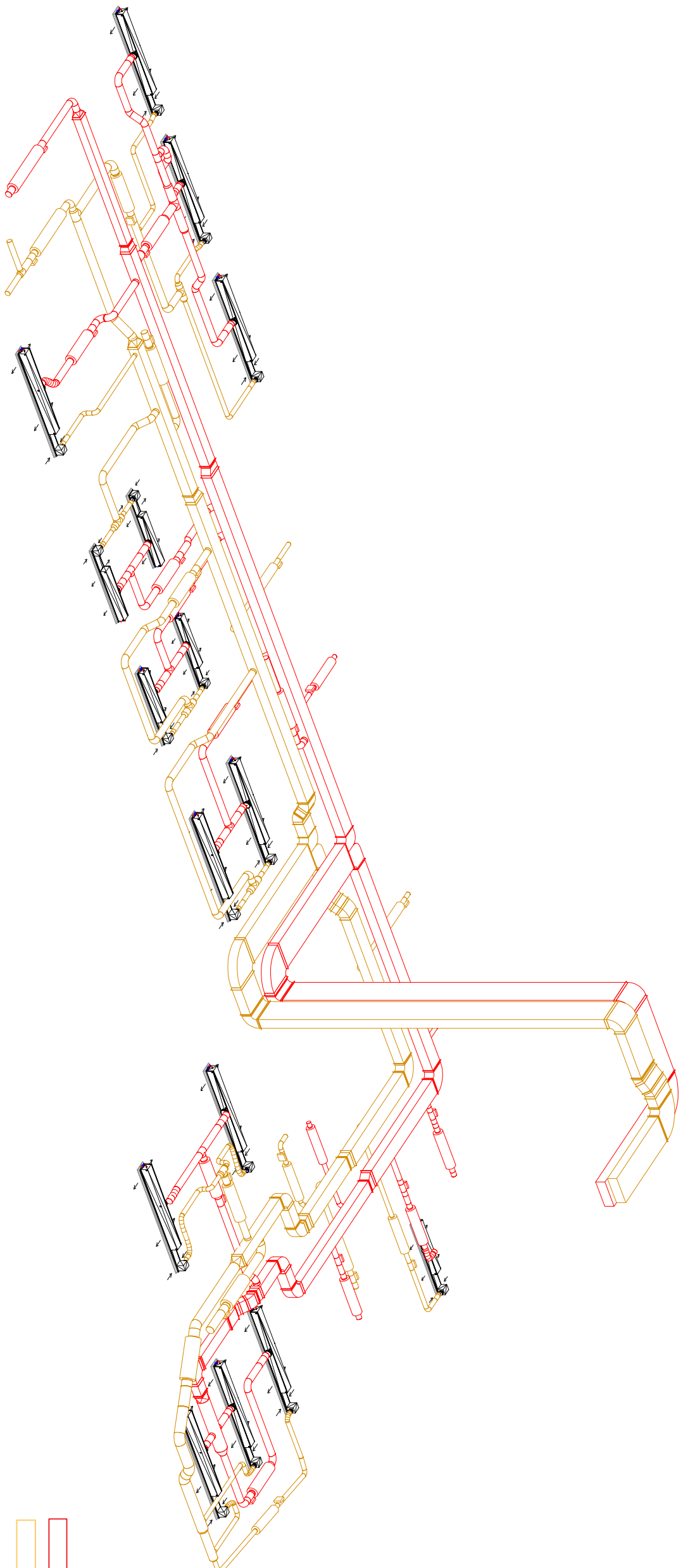
I. CD-R disc

Tehnička dokumentacija





1 2 3 4 5 6 7 8



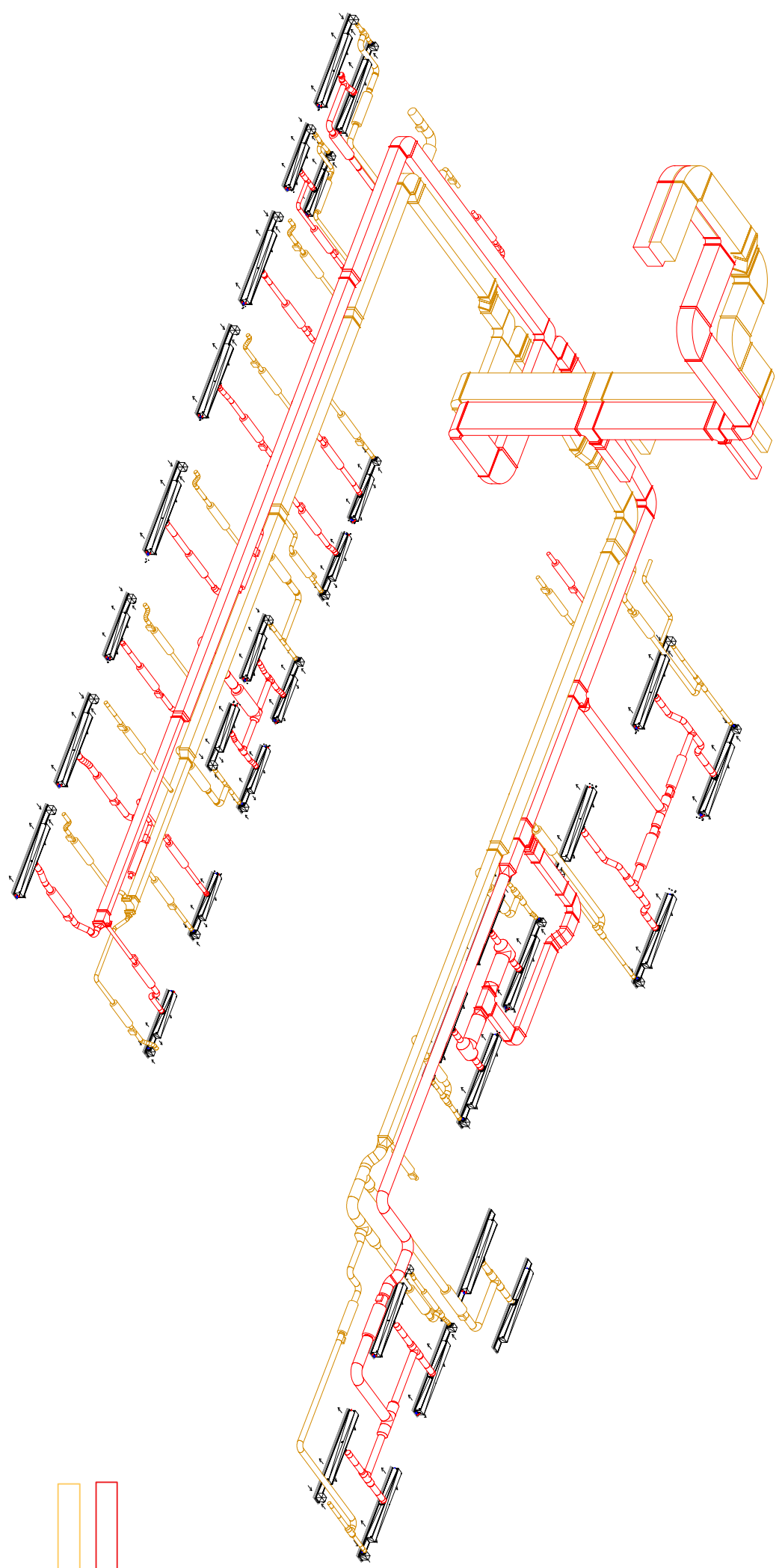
▭ Dobava zraka  
▭ Odsis zraka

Design by  
CADLab

Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis	
Projektirao		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
Razradio		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
Crtao		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
Pregledao				Darko Smolian			
Mentor				Darko Smolian			
ISO - tolerancije				Objekt broj:			
Objekt:				R. N. broji:			
Napomena:				Smjer:			
Materijal:		Masa:		<b>DIPLOMSKI RAD</b>			
Mjerilo originala		Crtež broji: 3					
Naziv:		3D prikaz ventilacijskog sustava prodora IStOK		Kopija		Format: A3	
Mjerilo originala		Crtež broji: 3		Listova:		List: 3	

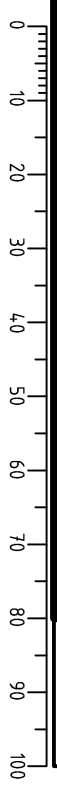


1 2 3 4 5 6 7 8



▭ Dobava zraka  
▭ Odsis zraka

Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis	
Projektirao		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
Razradio		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
Crtao		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
Pregledao				Darko Smoljan			
Mentor				Darko Smoljan			
ISO - tolerancije				Objekt broj:			
Objekt:				R. N. broji:			
Napomena:				Smjer:			
Materijal:		Masa:		<b>DIPLOMSKI RAD</b>			
Mjerilo originala		Naziv:					
Mjerilo originala		3D prikaz ventilacijskog sustava prodora ZAPAD		Kopija		Format: A3	
Crtež broji: 4		Listova:		List: 4			



1 2 3 4 5 6 7 8

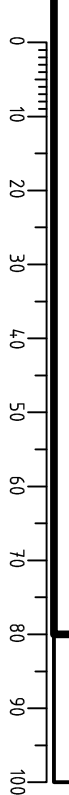
Design by  
CADLab

A B C D E F

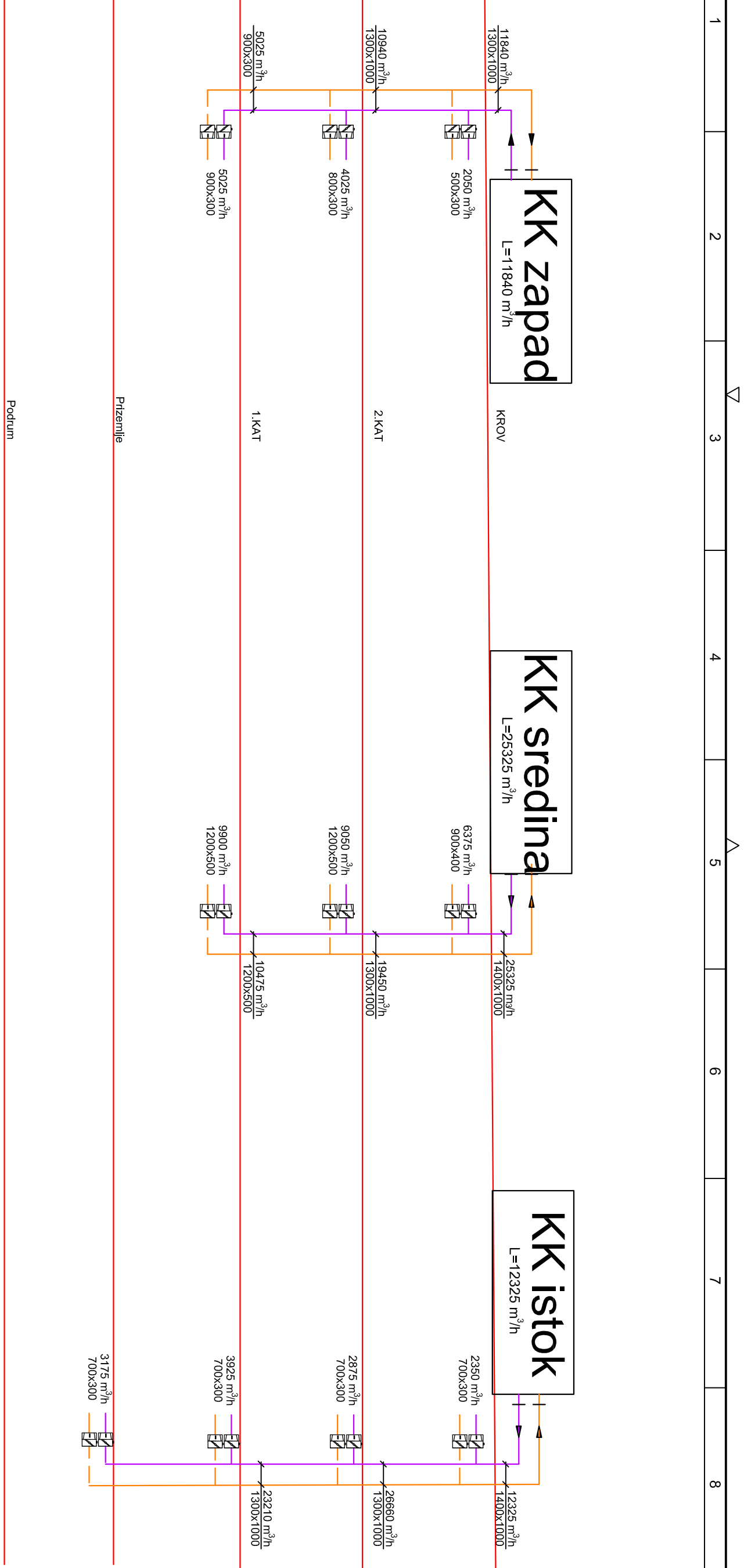


- Polaz kruga tople vode
- Povrat kruga tople vode
- Polaz kruga hladne vode
- Povrat kruga hladne vode

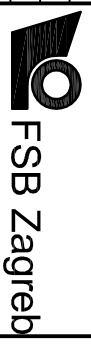
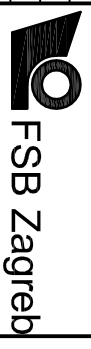
Broj naziva - code		Projektirao		Datum		Ime i prezime		Potpis	
		Razradio		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
		Crtao		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
		Pregledao				Darko Smolian			
		Mentor				Darko Smolian			
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		R. N. broj:		Objekt broj:	
		Napomena:		Smjer:		Kopija			
		Materijal:		Masa:		<b>DIPLOMSKI RAD</b>			
		Mjerilo originala		Naziv:		3D prikaz vodenog sustava prodora ZAPAD		Pozicija:	
				Crtež broj: 5		Format: A3		Listova:	
						List: 5			

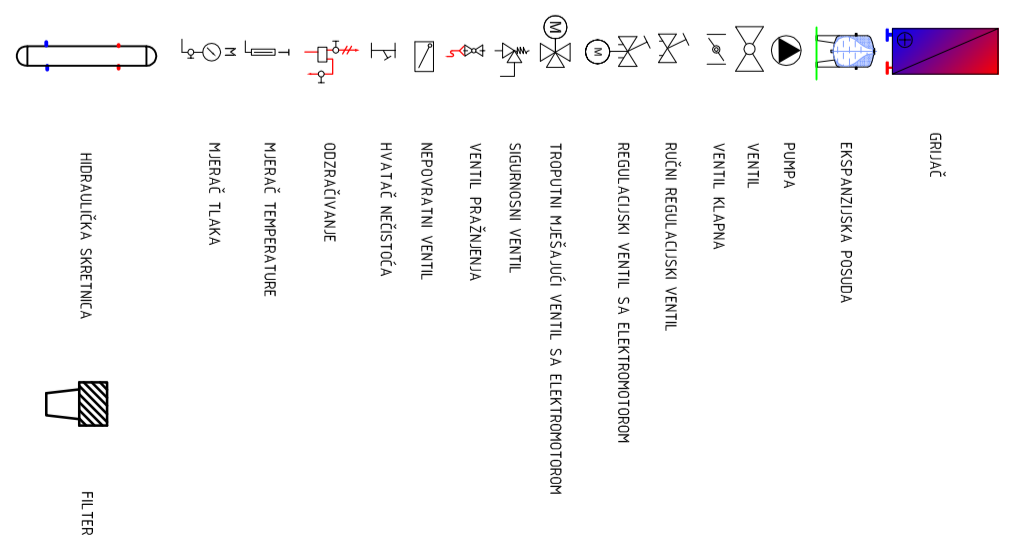
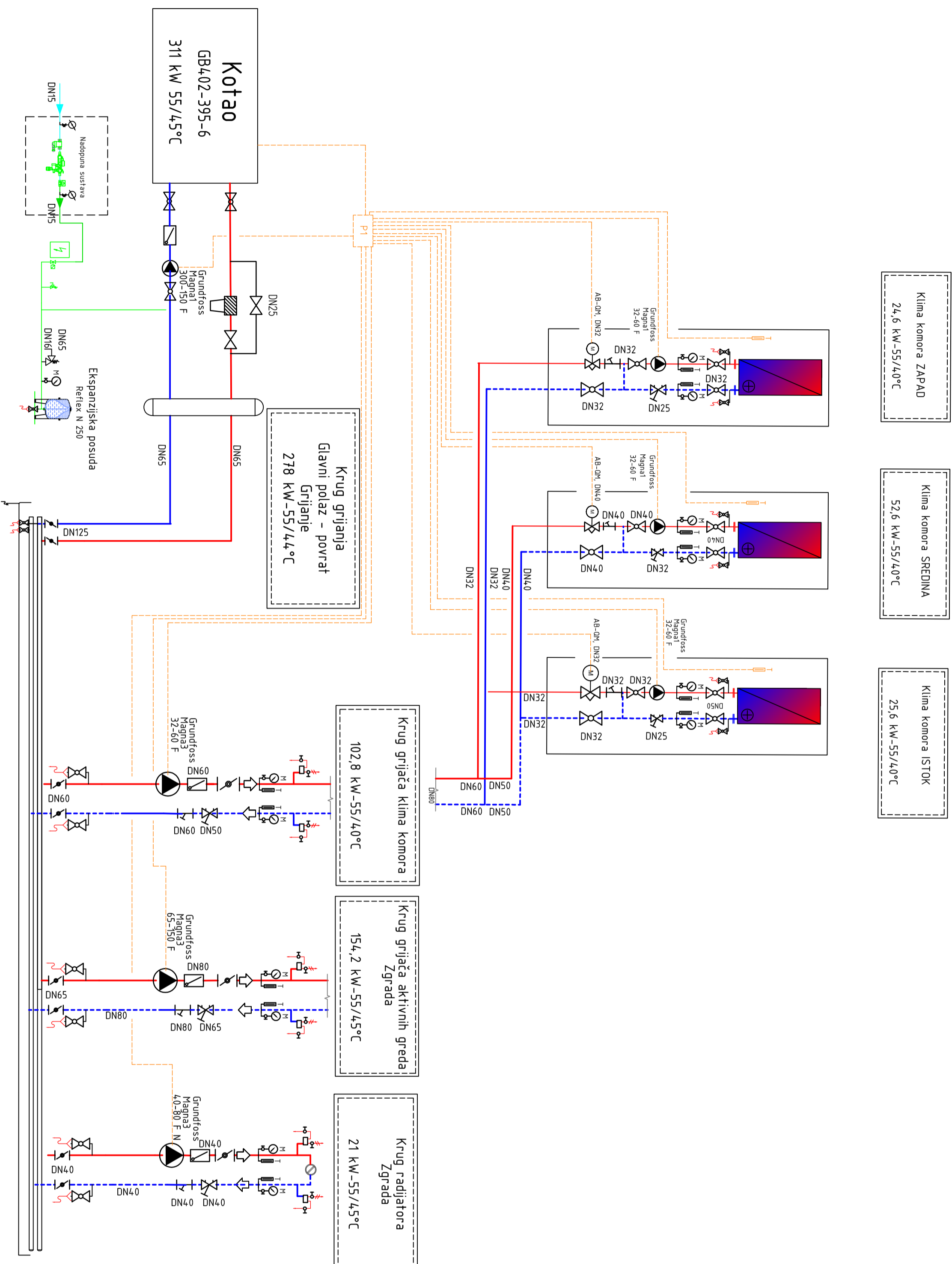




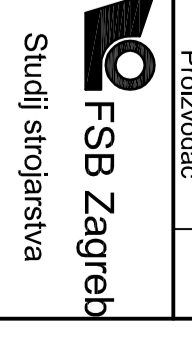


 REGULATOR I MERAČ PROTOKA

Broj naziva - code	Projektirao	27.11.2018	Ime i prezime	Vedran Vrbaneć	Potpis	
	Razradio	27.11.2018	Vedran Vrbaneć			
ISO - tolerancije	Crtao	27.11.2018	Vedran Vrbaneć			
	Pregledao		Darko Smolijan			
Objekt:		Darko Smolijan		Objekt broj:		
Napomena:				R. N. broj:		
Materijal:				Kopija		
Mjerilo originala		Naziv:		Vertikalni prodori klima jedinica		
		Crtež broj: 6		List: 6		



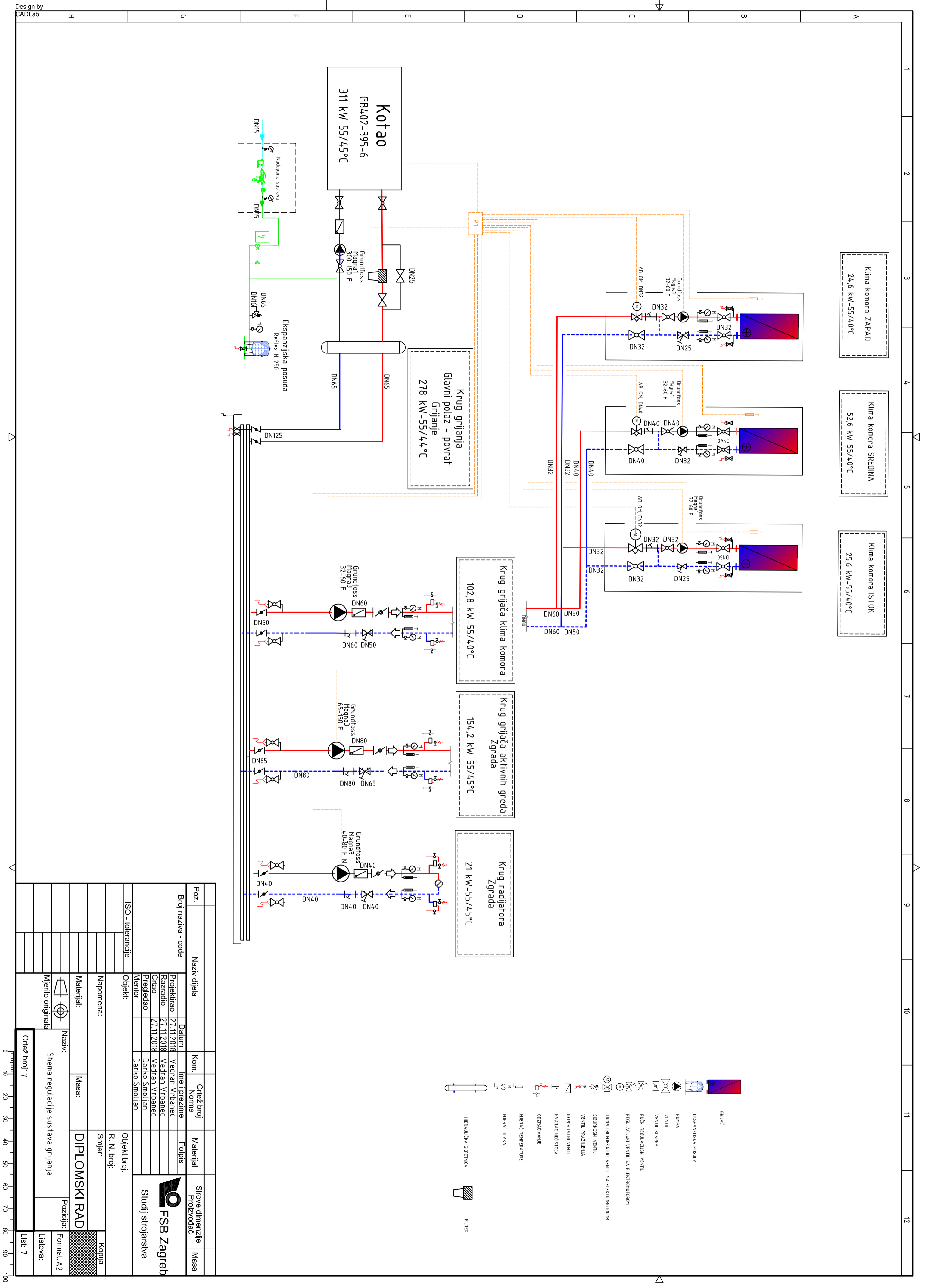
Poz.	Naziv dijela	Crež broj Norma	Materijal	Šrove dimenzije Proizvođač	Masa
	Broj naziva - code				
	Datum	Kom. Ina i prezime	Projektirao	Šrovi	
	27.11.2018	Vedran Vrbanec	Razradio	27.11.2018	
	27.11.2018	Vedran Vrbanec	Crtao	27.11.2018	
	Pregledao	Danko Smoljan	Meritor		
	Objekt:	Danko Smoljan			
	Objekt broj:				
	R. N. broj:				
	Smiar:				
	Napomena:				
	Materijal:				
	Masa:				
	Naziv:				
	Mjerilo originala				
	Crež broj: 7				

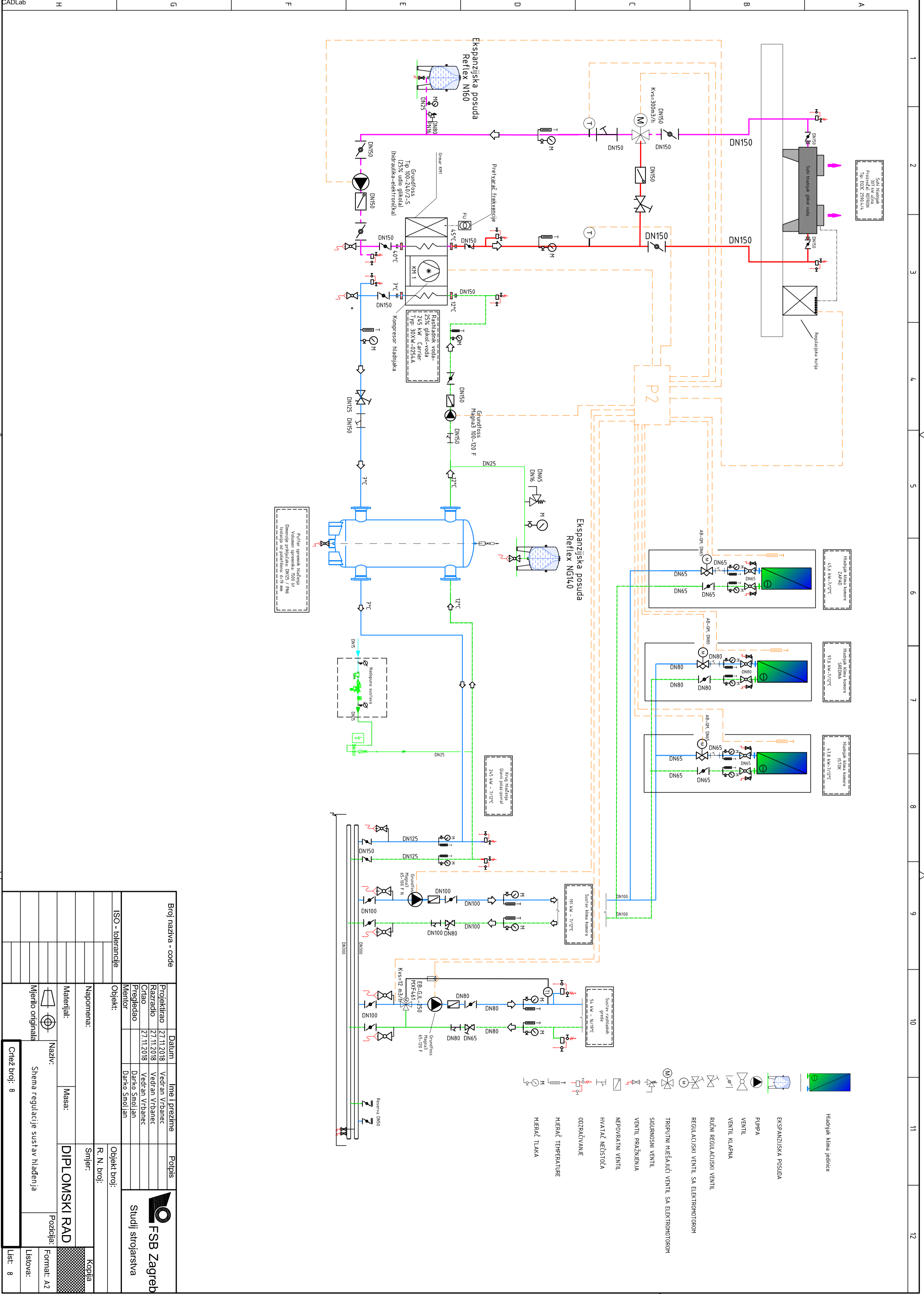


**DIPLOMSKI RAD**

Shema regulacije sustava grijanja

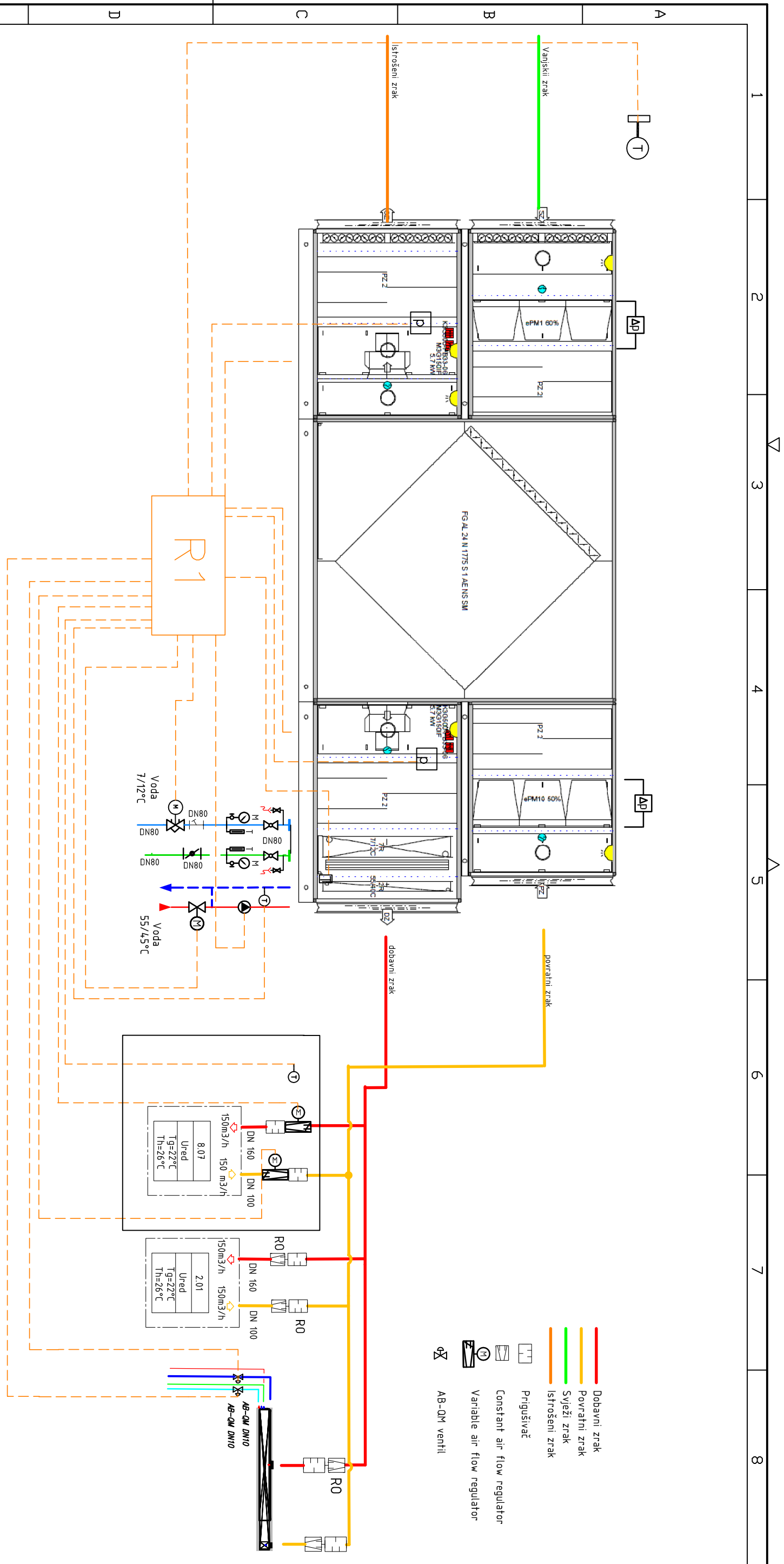
Format: A2  
Listova: 7  
List: 7





Broj naziva - code		Ime i prezime		Fojpis	
Projektirao	27.11.2018	Vedran Vrbanc			
Razradio	27.11.2018	Vedran Vrbanc			
Crtao	27.11.2018	Vedran Vrbanc			
Pregledao		Dario Smolian			
Mentor		Dario Smolian			
ISO - tolerancije		Objekt broj:		R. N. broj:	
Napomena:		Smjer:		Kopija	
Materijal:		Masa:		DIPLOMSKI RAD	
Mjerilo originala		Naziv:		Pozicija:	
Crež broj: 8		Shema regulacije sustav hlađenja		Format: A2	
				Listova:	
				List: 8	



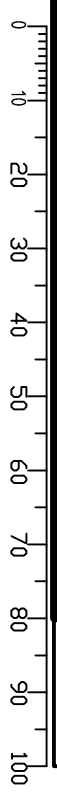


- Dobavni zrak
- Povratni zrak
- Sveži zrak
- Istrošeni zrak
- Prigušivač
- Constant air flow regulator
- Variable air flow regulator
- AB-QM ventil

Projekcija:		Datum: 27.11.2018		Ime i prezime: Vedran Vrbanec		Potpis:	
Razradio:		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
Crtao:		27.11.2018		Vedran Vrbanec			
Pregledao:				Darko Smojan			
Objekt:				Objekt broji:			
Napomena:				R. N. broji:			
Materijali:		Masa:		Kopija:			
Naziv:		Shema regulacije sustave ventilacije		Pozicija:			
Mjerilo originala:		Crtež broji: 9		Forma: A3			
				Listova:		Listi: 9	

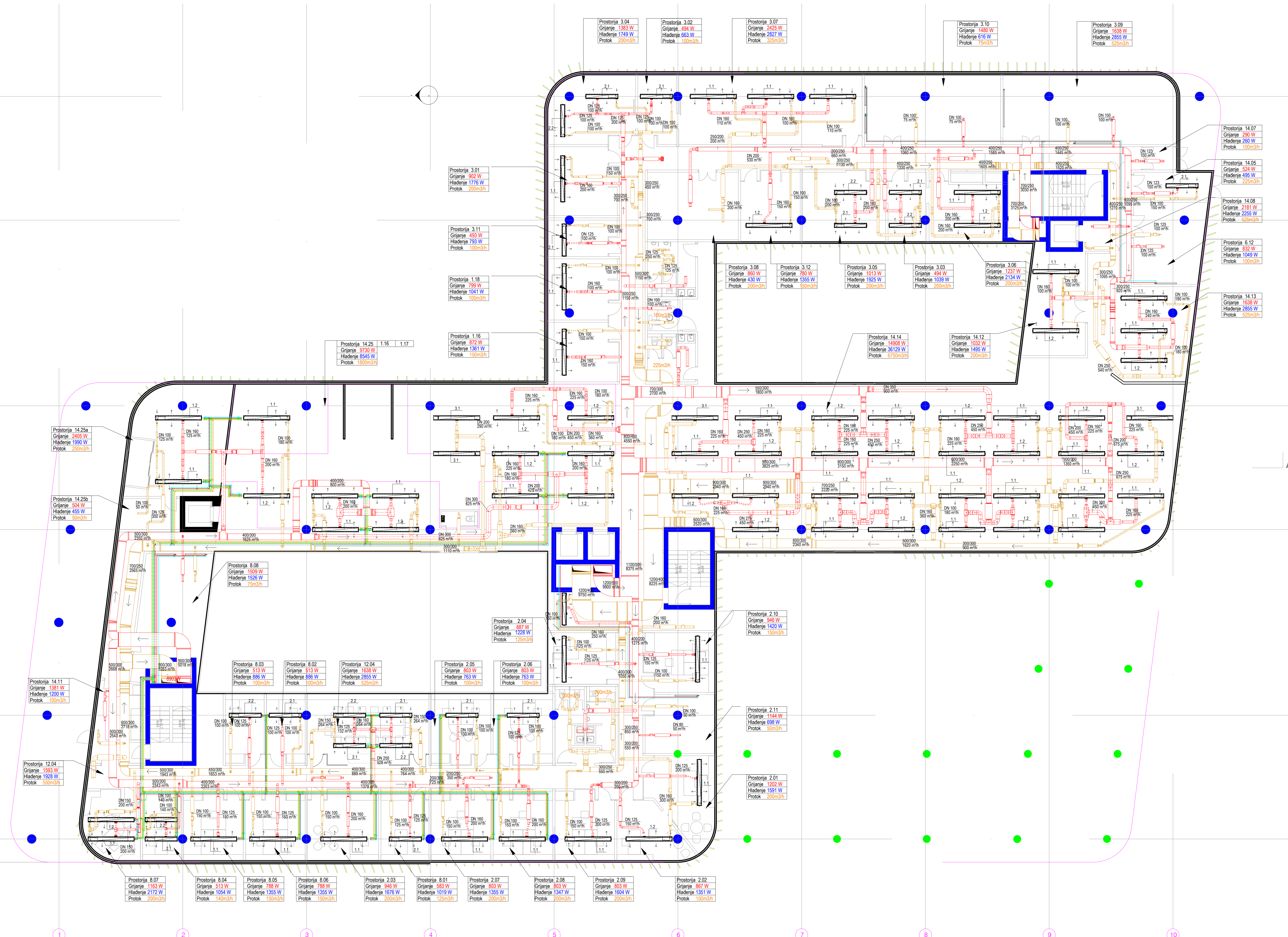


FSB Zagreb



SJEVER

Aktivne grede				
Pozicija	Opis	Proizvođač	Tip	Assembly Code
1.1	Aktivna greda	TROX	DID3000x2 400x312	DID312-DE-LR-4-M-LL-AV-0
1.2	Aktivna greda	TROX	DID3000x2 400x312	DID312-DE-LR-4-M-RR-AV-0
2.1	Aktivna greda	TROX	DID2100x1 500x312	DID312-DE-LR-4-M-LL-AV-0
2.2	Aktivna greda	TROX	DID2100x1 500x312	DID312-DE-LR-4-M-RR-AV-0
3.1	Aktivna greda	TROX	DID3000x2 400x312	odsis



Brj. naziva - code	Naziv djela	Datum	Kom.	Crtež broj	Norma	Materijal	Potpis	Sklope dimenzije	Proizvođač	Mass
	Projektirao	22.11.2018		Vedran Vrbanić						
	Revidirao	22.11.2018		Vedran Vrbanić						
	Čitao	22.11.2018		Vedran Vrbanić						
	Projektirao			Darko Smoljan						
	Mentor			Darko Smoljan						

ISO - tolerancije	Objekt broj:	R. N. broj:	Objekt naziv:
Napomena:	Smjer:	PROCESNO ENERGETSKI	Kodir:
Materijal:	Mass:	DIPLOMSKI RAD	
Merilo originala	1:100	Naziv:	TLOCRT DISPOZICIJE OPREME PRIZEMLJA
		Crtež broj:	
		Forma:	A0
		Lista:	
		List:	