

# Projekt klimatizacije poliklinike za rehabilitaciju

---

Obućina, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:056580>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-21**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Matej Obućina**

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Prof. Dr. Sc. Igor Balen

Student:

Matej Obućina

Zagreb, 2015.

## IZJAVA

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

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc. Igoru Balenu, te zaposlenicima MB Frigo Grupe Davoru Brkanoviću i Željku Tufegdžiću na stručnim savjetima te podršci prilikom izrade rada.

Matej Obućina



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: **MATEJ OBUČINA** Mat. br.: 1191216082

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PROJEKT KLIMATIZACIJE POLIKLINIKE ZA REHABILITACIJU**

Naslov rada na engleskom jeziku: **DESIGN OF AIR-CONDITIONING SYSTEM FOR POLYCLINIC FOR REHABILITATION**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati instalaciju sustava klimatizacije te sustava grijanja i hlađenja zgrade Poliklinike za rehabilitaciju ukupne korisne površine 1850 m<sup>2</sup>, prema zadanoj arhitektonskoj podlozi.

Predvidjeti zračno-vodeni sustav s ventilacijom, grijanjem toplom vodom 70/55 °C i hlađenjem hladnom vodom 7/12 °C. Zračni sustav predvidjeti kao sustav centralne niskotlačne klimatizacije s povratom topline iz istrošenog zraka. Za potrebe grijanja i hlađenja vodom predvidjeti plinsku kotlovniciu i rashladnik vode sa zrakom hlađenim kondenzatorom.

Poliklinika se nalazi na području grada Zagreba.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- niskotlačni plinski priključak
- elektro-priključak 220/380V; 50Hz,
- vodovodni priključak 5 bar,

Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu zgrade za zimsko i ljetno razdoblje,
- toplinsku i količinsku bilancu zračnog sustava,
- hidraulički proračun zračnih kanala,
- hidraulički proračun cijevne mreže razvoda tople i hladne vode,
- 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 radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

24. rujna 2015.

Rok predaje rada:

26. studenog 2015.

Predviđeni datumi obrane:

2., 3. i 4. prosinca 2015.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

Predsjednica Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA .....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK .....	VIII
SUMMARY .....	IX
1. UVOD .....	1
1.1. ZRAČNI SUSTAVI .....	1
1.2. ZRAČNO - VODENI SUSTAVI .....	3
1.2.1. Centralna priprema primarnog zraka s odvojenim ventilokonvektorima .....	4
1.3. VODENI SUSTAVI .....	6
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE .....	7
2.1. FIZIKA ZGRADE .....	7
2.2. PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA PREMA HRN EN 12831 .....	8
2.2.1. Postupak proračuna toplinskih gubitaka .....	8
2.2.2. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka .....	10
2.3. PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA PREMA VDI 2078 .....	12
2.3.1. Postupak proračuna toplinskog opterećenja .....	12
2.3.2. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja .....	14
3. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA VENTILACIJE .....	17
3.1. ODREĐIVANJE POTREBNOG PROTOKA ZRAKA TLAČNO-ODSISNE I ODSISNE VENTILACIJE .....	17
3.2. ODABIR OTVORA ZA DOBAVU I ODSIS ZRAKA .....	18
3.3. ODABIR REGULATORA VARIJABILNOG PROTOKA .....	19
3.5. DIMENZIONIRANJE KANALA ZA VENTILACIJU .....	21
3.6. ODABIR KANALNIH VENTILATORA ODSISNE VENTILACIJE .....	22
4. DIMENZIONIRANJE KLIMATIZACIJSKE JEDINICE .....	23
4.1. ODREĐIVANJE PROCESA PRIPREME ZRAKA .....	23
4.1.1. Zimski period .....	24
4.1.2. Ljetno razdoblje .....	27

4.2. KONSTRUKCIJA KLIMA KOMORE .....	28
5. DIMENZIONIRANJE VODENOG SUSTAVA GRIJANJA I HLAĐENJA .....	32
5.1. DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH/RASHLADNIH TIJELA .....	32
5.2. ODABIR ELEKTRIČNIH GRIJAČA SANITARNIH PROSTORA .....	35
5.3. ODABIR RASHLADNIKA VODE .....	36
5.4. ODABIR KOTLA.....	37
5.4.2. Kotlovnica .....	40
5.5. ODABIR OSTALIH KOMPONENATA .....	41
5.5.1. Cirkulacijske pumpe sekundarnih krugova .....	41
5.5.2. Ekspanzijska posuda instalacije grijanja .....	47
5.5.3. Ekspanzijska posuda instalacije hlađenja .....	47
6. TEHNIČKI OPIS.....	49
6.1. GRIJANJE.....	49
6.2. HLAĐENJE.....	50
6.3. TLAČNO-ODSISNA VENTILACIJA .....	51
6.4. ODSISNA VENTILACIJA.....	53
6.5. REGULACIJA.....	53
ZAKLJUČAK .....	55
LITERATURA.....	56
PRILOZI .....	57

## POPIS SLIKA

Slika 1. Centralni zračni sustav klimatizacije [3].....	2
Slika 2. Podjela zračnih sustava klimatizacije [2].....	3
Slika 3. Podjela zračno-vodenih sustava klimatizacije [2] .....	4
Slika 4. Presjek vertikalnog zidnog ventilokonvektora [3] .....	5
Slika 5. Centralna priprema primarnog zraka s odvojenim ventilokonvektorima [3].....	5
Slika 6. Različite izvedbe dvocijevnih sustava [3].....	6
Slika 7. Sjeverno i južno pročelje poliklinike .....	7
Slika 8. Stropni vrtložni distributer "DEV-0" sa priključnom kutijom "UPK2" [6].....	18
Slika 9. Ventilacijska rešetke "OAB 1-0" za odsis zraka [6] .....	18
Slika 10. Zračni ventil za prozračivanje "ZOV" [6] .....	19
Slika 11. Prestrujna rešetka za vrata [6] .....	19
Slika 12. Regulator varijabilnog protoka "Klimaoprema RVP-C" sa kontrolerom "Codis 35" [6] .....	20
Slika 13. Osnovne komponente klimatizacijske jedinice .....	25
Slika 14. Proces pripreme zraka u hx dijagramu.....	28
Slika 15. Vrećasti filter [2].....	29
Slika 16. Regulacijska žaluzija [2] .....	29
Slika 17. Ventilokonvektor "Sabiana Carisma CRC-ECM" [7].....	32
Slika 18. Načini ugradnje ventilokonvektora [7] .....	32
Slika 19. El. grijač sanitarnih prostora [9].....	35
Slika 20. Rashladnik vode sa odvojenim zrakom hlađenim kondenzatorima [8].....	36
Slika 21. Plinski kondenzacijski kotao "ecoCRAFT exclusiv" [11] .....	39
Slika 22. Vođenje dimnih plinova i zraka preko krova [11].....	40
Slika 23. Cirkulacijska pumpa "Grundfos MAGNA 25-80" [12] .....	46



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Koeficijenti prolaza topline .....	8
Tablica 2. Dodatak zbog prekida grijanja [4] .....	10
Tablica 3. Unutarnje projektne temperature u režimu grijanja .....	10
Tablica 4. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka .....	11
Tablica 5. Unutarnje projektne temperature u režimu hlađenja .....	14
Tablica 6. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja .....	15
Tablica 7. Mjesečni maksimumi rashladnog učina .....	16
Tablica 8. Broj izmjena zraka ovisno o tipu prostorije.....	17
Tablica 9. Bilanca protoka zraka sustava ventilacije.....	17
Tablica 10. Pad tlaka u kanalima tlačne ventilacije .....	21
Tablica 11. Pad tlaka u kanalima otpadne ventilacije prizemlja .....	22
Tablica 12. Parametri instaliranih ventilokonvektora .....	33
Tablica 13. Pregled instaliranih kapaciteta el. grijača .....	35
Tablica 14. Pad tlaka sekundarnog kruga - zona sjever grijanje.....	42
Tablica 15. Pad tlaka sekundarnog kruga - zona sjever hlađenje .....	42
Tablica 16. Pad tlaka sekundarnog kruga - zona jug grijanje .....	43
Tablica 17. Pad tlaka sekundarnog kruga - zona jug hlađenje.....	43
Tablica 18. Pad tlaka sekundarnog kruga - grijač klimatizacijske jedinice.....	44
Tablica 19. Pad tlaka sekundarnog kruga - dogrijač klimatizacijske jedinice.....	44

## POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

- CRTEŽ 1. Dispozicija opreme - tlocrt prizemlja - grijanje i hlađenje
- CRTEŽ 2. Dispozicija opreme - tlocrt prizemlja - ventilacija
- CRTEŽ 3. Dispozicija opreme - tlocrt 1. kata
- CRTEŽ 4. Dispozicija opreme - tlocrt 2. kata
- CRTEŽ 5. Dispozicija opreme - tlocrt krova
- CRTEŽ 6. Funkcionalna shema spajanja i shema automatske regulacije
- CRTEŽ 7. Shematski prikaz klimatizacijske jedinice
- CRTEŽ 8. Shema usponskih vodova - prizemlje
- CRTEŽ 9. Shema usponskih vodova - 1. kat
- CRTEŽ 10. Shema usponskih vodova - 2. kat
- CRTEŽ 11. Ventilacija kotlovnice
- CRTEŽ 12. Detalj spajanja ventilokonvektora

## POPIS OZNAKA

$\Phi_T$	transmisijski gubici grijanog prostora [W]
$H_{T,ie}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]
$H_{T,iue}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]
$H_{T,ig}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu [W/K]
$H_{T,ij}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom prostoru grijanom na nižu različitu temperaturu [W/K]
$\theta_i$	unutarnja projektna temperatura [°C]
$\theta_e$	vanjska projektna temperatura [°C]
$\Phi_V$	ventilacijski gubici grijanog prostora [W]
$H_{V,i}$	koeficijent ventilacijske izmjene topline [W/K]
$f_{RH}$	dodatak zbog prekida grijanja [W/m <sup>2</sup> ]
$\Phi_{KR}$	potrebni rashladni učin [W]
$\Phi_I$	unutarnji rashladni teret [W]
$\Phi_A$	vanjski rashladni teret [W]
$\Phi_P$	rashladni teret od osoba [W]
$\Phi_B$	predaja topline od rasvjete [W]
$\Phi_M$	toplina od strojeva i uređaja [W]
$\Phi_C$	ostali izvori topline [W]
$\Phi_A$	vanjski rashladni teret [W]
$\Phi_W$	toplinski tok kroz zidove [W]
$\Phi_T$	toplinski tok kroz prozore [W]
$\Phi_S$	solarni dobici preko prozorskih površina [W]
$\Phi_{FL}$	toplinski dobici zbog infiltracije zraka [W]
$D$	potrošnja vode ovlaživača [kg <sub>w</sub> /h]
$Q_g$	projektne toplinski gubici prostorije [W]
$Q_h$	projektno toplinsko opterećenje prostorije [W]

---

$k_{ol}$	broj instaliranih ventilokonvektora u prostoriji [-]
$V_{zr}$	protok zraka [ $m^3/h$ ]
$\Phi_g$	toplinski učin ventilokonvektora [W]
$T_{z,g}$	izlazna temperatura zraka u režimu grijanja [ $^{\circ}C$ ]
$V_{w,g}$	protok vode u režimu grijanja [l/h]
$dp_{w,g}$	pad tlaka na strani vode u režimu grijanja [kPa]
$\Phi_h$	rashladni učin ventilokonvektora [W]
$T_{z,h}$	izlazna temperatura zraka u režimu hlađenja [ $^{\circ}C$ ]
$V_{w,h}$	protok vode u režimu hlađenja [ $m^3/h$ ]
$dp_{w,h}$	pad tlaka na strani vode u režimu hlađenja [kPa]
$Q_{UK}$	potrebna snaga izvora topline [W]
$Q_{GR}$	snaga grijača klimatizacijske jedinice [W]
$Q_{DG}$	snaga dogrijača klimatizacijske jedinice [W]
$Q_{KO}$	potrebni toplinski učin kotla [W]
$a$	gubici kotla i cjevovoda [-]
$b$	dodatak zbog prekida loženja [-]
$A_D$	minimalna efektivna površina dovodnog otvora zraka [ $cm^2$ ]
$A_O$	minimalna efektivna površina odvodnog otvora zraka [ $cm^2$ ]
$V_{n,min}$	minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske [ $m^3$ ]
$V_e$	volumen širenja vode uslijed povišenja temperature [ $m^3$ ]

## SAŽETAK

Rehabilitacijske ustanove su javne ustanove u kojima osim zaposlenika određeni dio vremena provode djeca, invalidi te osobe sa posebnim potrebama. Stoga se u takvim ustanovama zahtijevaju visoki kriteriji toplinske ugodnosti. Ispunjavanje kriterija toplinske ugodnosti je u uskoj vezi sa raspoloženjem i zdravljem korisnika. Iz tog je razloga od velike važnosti odabrati odgovarajući sustav te ga ispravno dimenzionirati. Neki od zahtjeva toplinske ugodnosti koje sustav mora ispunjavati su temperatura i vlažnost zraka u prostoriji, brzina istrujavanja zraka, čistoća zraka. Sustav također mora biti isplativ sa ekonomskog gledišta te funkcionalan i jednostavan za korištenje.

Klimatizacijski sustav za polikliniku na području Grada Zagreba izveden je kao zračno-vodeni sustav sa četverocijevnim ventilokonvektorima za grijanje i hlađenje zraka u prostorijama. Kao ogrjevni i rashladni medij koristi se voda koja se priprema centralno sa plinskim kotlom u režimu grijanja te sa rashladnim agregatom u režimu hlađenja. Sva oprema smješta se u za to predviđenu kotlovnicu na drugom katu poliklinike dok se kondenzatori hlađeni zrakom za odvođenje topline prema okolišu smještaju se na ravni krov poliklinike. U onim prostorijama u kojima je to potrebno omogućena je mehanička ventilacija sa odgovarajućom količinom zraka ovisno o namjeni prostorije. Ukupna količina zraka za mehaničku ventilaciju od 14750 m<sup>3</sup>/h priprema se u klimatizacijskoj jedinici smještenoj na krovu poliklinike. Kako bi se spriječilo širenje mirisa iz garderoba i sanitarnih prostora izveden je i sustav odsisne ventilacije koji takve prostore drži u potlaku.

U prvom dijelu rada provedeni su odgovarajući proračuni potrebni za dimenzioniranje sustava u režimu grijanja i u režimu hlađenja. Projektno opterećenje sustava grijanja iznosi 70,3 kW dok za sustav hlađenja ono iznosi 95 kW.

U drugom dijelu rada odabrane su komponente sustava i ostala potrebna oprema. Odabrane komponente klimatizacijskog sustava povezuju u funkcionalnu cjelinu sa odgovarajućim regulacijskim elementima za potpuno automatski rad kako bi korištenje sustava bilo što jednostavnije za korisnike. Klimatizacijski sustav projektiran je u skladu sa svim zakonima, propisima te pravilima struke.

Ključne riječi: rehabilitacija, grijanje, hlađenje, ventilacija

## SUMMARY

Rehabilitation institutions are public institutions in which, except employees, children, disabled persons and persons in need of special care spend a significant amount of time. Because of that, in buildings like rehabilitation institutions quality of thermal comfort criteria must be very high. Fulfilling of that criteria is in close relation with customers health and mood so it's very important to choose and size HVAC system properly. Some of the demands for thermal comfort criteria are temperature and humidity of indoor air, air velocity and air quality. Also, HVAC system must be payable in economical point of view and functional and simple to use.

Air conditioning system for polyclinic in city of Zagreb is designed as combination of air and water system with four pipe fan coil units for heating and cooling of indoor air. Water is used as a cooling and heating fluid and it's prepared centrally in gas boiler for heating and with water chiller for cooling. All system components are placed in room on second floor. Air cooled condensers for heat rejection are placed on flat part of the roof. In those rooms, in which needed, system of mechanical ventilation is designed in order to provide amount of fresh air corresponding to room demands. Total amount of 14750 m<sup>3</sup>/h of fresh air for mechanical ventilation is prepared in central air handling unit placed on the roof. In order to prevent spreading of bad smells from wardrobes and sanitary rooms, exhaust ventilation system is designed to keep those rooms in pressure lower than surrounding rooms.

Calculations needed to size and design the heating and cooling part of the HVAC system are provided in first part of this master thesis. Total heating load is 70,3 kW, and cooling load is 95 kW.

In second part of this master thesis, components of HVAC system are sized and chosen. Components of HVAC system are linked in automatic and functional system to ensure its reliability and simplicity for end users. HVAC system is designed in compliance with all regulations and professional rules.

Key words: rehabilitation, heating, cooling, ventilation

# 1. UVOD

Klimatizacijskim sustavima se smatraju sustavi koji omogućuju kompletno tretiranje zraka u zoni boravka ljudi. To uključuje grijanje, hlađenje, ovlaživanje i odvlaživanje te dovođenje vanjskog zraka. Ukoliko sustav ne ispunjava jedan od navedenih uvjeta govori se o sustavu djelomične klimatizacije. Kao medi za prijenos energije može se koristiti zrak ili voda. Zrak se može koristiti za pokrivanje toplinskih opterećenja, odvođenje vlage, dovođenje čistog zraka te za održavanja tlaka u prostoru. Istovremeno se za pokrivanje opterećenja prostora može koristiti i voda kao ogrjevno/rashladno sredstvo. Razlog tomu je taj što voda ima znatno povoljnija termodinamička svojstva u odnosu na zrak. Zrak u odnosu na vodu ima četiri puta manji specifični toplinski kapacitet ( $c_{p,voda} = 4,2 \text{ kJ/kgK}$ ,  $c_{p,zrak} = 1,005 \text{ kJ/kgK}$ ) te oko 830 puta manju gustoću ( $\rho_{voda} = 990 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{zrak} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ). U prijevodu to znači da će sustavi sa vodom imati znatno manji promjer cjevovoda te će prostor potreban za ugradnju cjevovoda biti manji što omogućuje bolje iskorištavanje prostora.

Prema navedenom klimatizacijske sustave možemo podijeliti na tri osnovna tipa:

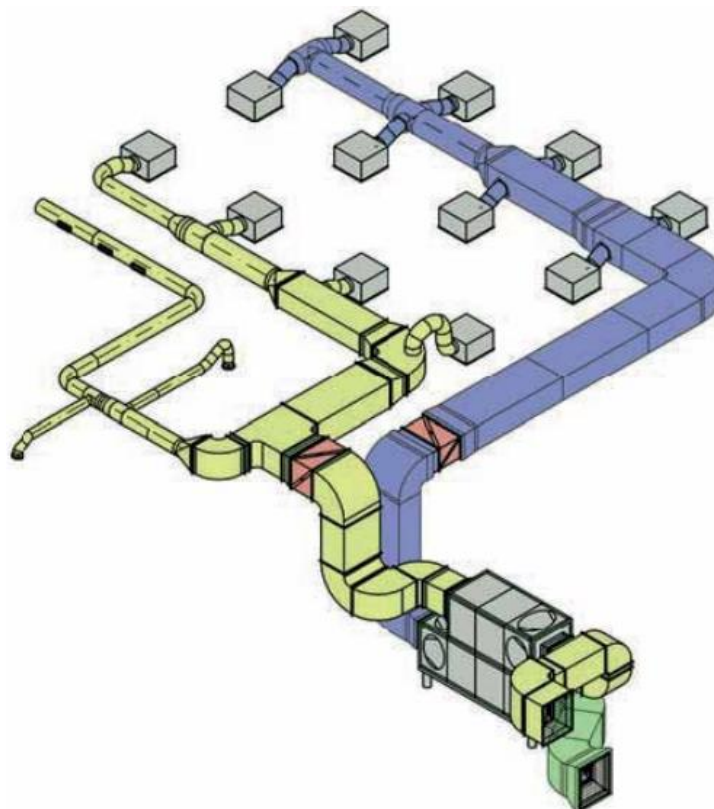
- zračni sustav
- zračno - vodeni sustav
- vodeni sustav

S obzirom na različite izvedbe i karakteristike svaki od navedenih sustava može se detaljnije klasificirati. U nastavku će se detaljnije navesti karakteristike zračnih i zračno-vodenih sustava.

## 1.1. ZRAČNI SUSTAVI

Zračne sustave karakterizira visoka fleksibilnost kod projektiranja jer omogućuju prilagodljivost sustava različitim lokalnim uvjetima. Time se dobiva mogućnost istovremenog grijanja i hlađenja te je omogućena optimalna distribucija zraka te regulacija puhanja. Postoji veliki izbor sustava regulacije po zonama te je uz povećan broj izmjena zraka omogućena vrlo precizna regulacija temperature i vlažnosti. Također, uz regulaciju podtlaka/pretlaka u prostoriji omogućuju visoku razinu komfora te mogu ispuniti i najviše zahtjeve za kvalitetom

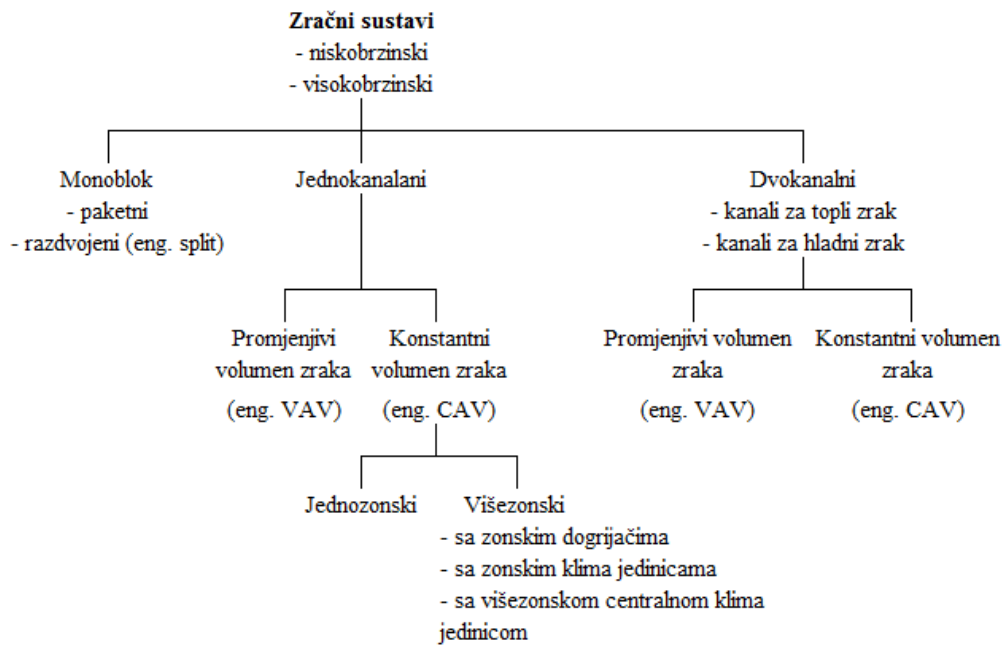
zraka. Omogućeno je i smještanje većine opreme u strojarnici što omogućava nesmetan pogon i održavanje sustava izvan prostora u kojemu borave ljudi. To omogućuje i veći izbor kod odabira same opreme te je omogućeno korištenje postolja i spojeva s ciljem smanjenja buke te prenošenja vibracija na konstrukciju zgrade. Time se cijevi, kanali, električna oprema, ožičenja, filtri i ostala oprema koja može ozlijediti korisnike ili ih može ometati u radu, smješta izvan klimatiziranog prostora. U ove je sustave jednostavna ugradnja ekonomajzera te ovisno o zahtjevima, rekuperatora ili regeneratora čime mogu postići znatne uštede u pogonskim troškovima.



Slika 1. Centralni zračni sustav klimatizacije [3]

No međutim, zračni sustavi zahtijevaju znatan prostor za horizontalno i vertikalno vođenje kanalnog razvoda što smanjuje korisnu površinu zgrade te povećava visinu zgrade. Zbog toga i zbog mogućnosti pristupa terminalnim uređajima u fazi projektiranja sustava potrebna je bliska komunikacija između arhitekta, građevinara i strojara. Također se kao jedan od značajnih nedostataka pokazuje i otežano balansiranje protoka zraka što može biti značajan problem kod velikih sustava sa razgranatom mrežom kanala.





Slika 2. Podjela zračnih sustava klimatizacije [2]

## 1.2. ZRAČNO - VODENI SUSTAVI

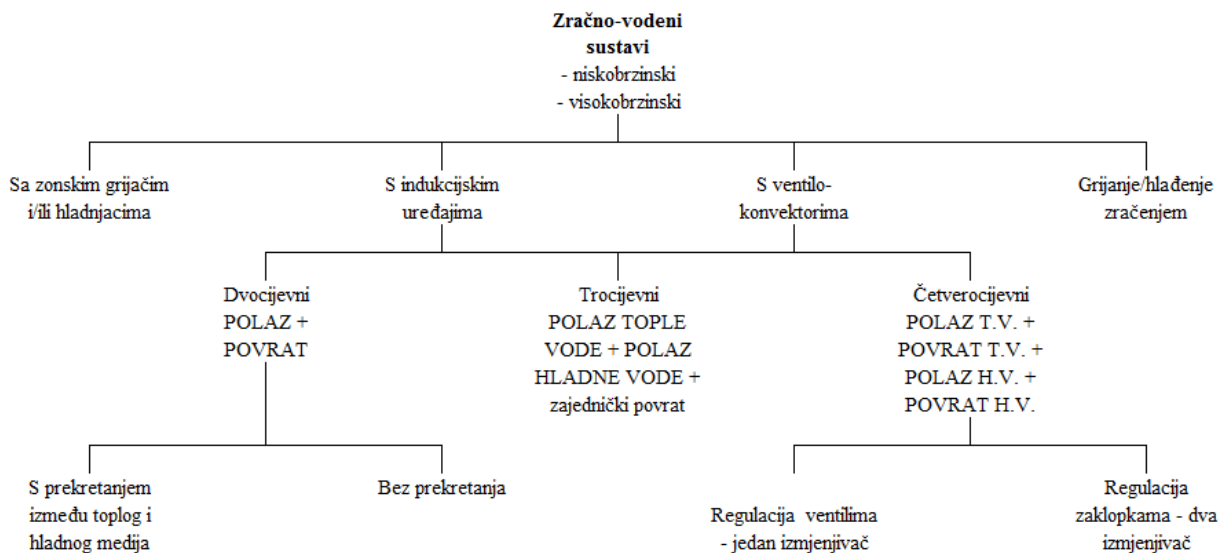
Primjenom zračno - vodenih sustava pokrivanje toplinskih opterećenja prostora provodi se preko vodenog sustava dok se zračnim sustavom omogućuje pokrivanje ventilacijskih zahtjeva sa održavanjem kvalitete zraka. Regulacija temperature u pojedinačnim prostorijama omogućena je primjenom sobnih termostata čime je omogućena jeftina regulacija koja je istovremeno korisnicima jednostavna za korištenje. Također je zbog odvojenih izvora grijanja i hlađenja omogućeno različitim korisnicima istovremeno grijanje i hlađenje. Ovlaživanje, odvlaživanje i filtracija zraka provode se izvan klimatiziranog prostora u centralnoj klima jedinici.

Centralna klimatizacijska jedinica će zbog manje količine primarnog zraka biti znatno manja nego kod sustava samo za zrakom. Veličina potrebnog prostora za sustav distribucije također je značajno manja dok su kanali za povrat zraka ponekad čak i nepotrebni jer se zrak može odvoditi odsisnim sustavom iz ostalih dijelova građevine.

Ukoliko to dopuštaju ventilacijski zahtjevi, zračni se sustav može kompletno isključiti iz pogona čime se sprječava nepotreban rad ventilatora u prostorijama u kojima se ne boravi. Kapacitet grijanja, ukoliko je potrebna zaštita od smrzavanja, preuzima vodeni sustav.

Ovakvi su sustavi ograničeni na rubne prostore, dok su u ostalim zonama potrebni zasebni sustavi te je ustav regulacije puno složeniji nego kod ostalih sustava. S obzirom da se

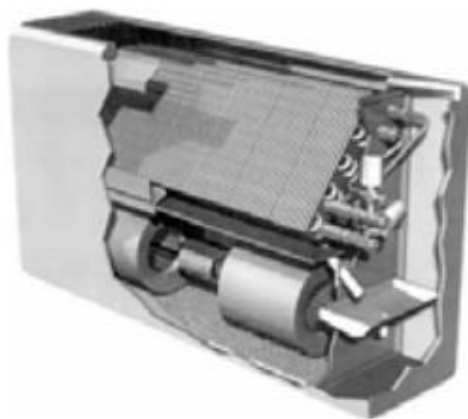
odvlaživanje zraka vrši centralno, spriječena je kondenzacija vodene pare na površinama izmjenjivača u režimu hlađenja. No međutim, nagli ulazak većeg broja ljudi u klimatizirani prostor ili pojave bilo kojeg većeg izvora vlage može dovesti do kondenzacije a time i oštećenja opreme te pojave neugodnih mirisa. Također je zbog recirkulacije zraka potrebno češće čišćenje terminalnih uređaja odnosno filtera za zaštitu terminalnih uređaja ukoliko se oni koriste. U suprotnome može doći do smanjenja kapaciteta samoga uređaja.



Slika 3. Podjela zračno-vodenih sustava klimatizacije [2]

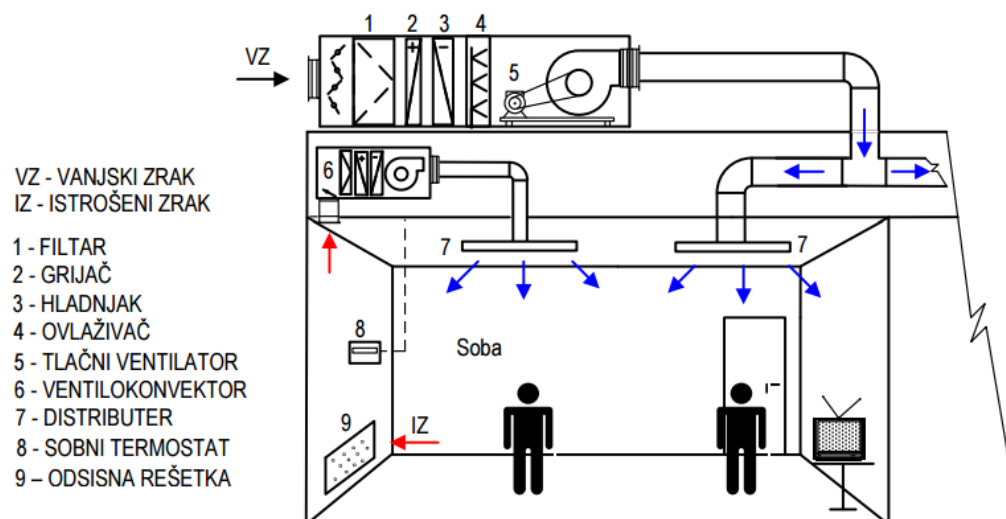
### 1.2.1. Centralna priprema primarnog zraka s odvojenim ventilokonvektorima

Ventilokonvektori su izmjenjivači topline voda/zrak koji se koriste za zagrijavanje struje zraka. U njemu se preko izmjenjivačkih površina grije ili hladi struja zraka koja se može sastojati od optoćnog zraka ili mješavine otpadnog i vanjskog zraka. Zrak se na ulazu u ventilokonvektor filtrira, preko izmjenjivača se dovodi na željenu temperaturu a zatim se ventilatorom ubacuje u prostoriju. Cijevi razvod može biti izveden kao dvocijevni (polaz + povrat), trocijevni (polaz tople vode + polaz hladne vode + zajednički povrat) ili četverocijevni (polaz tople vode + polaz hladne vode + povrat tople vode + povrat hladne vode). Regulacija učina vrši se promjenom protoka vode ventilima ili promjenom protoka zraka promjenom brzine vrtnje ventilatora.



Slika 4. Presjek vertikalnog zidnog ventilokonvektora [3]

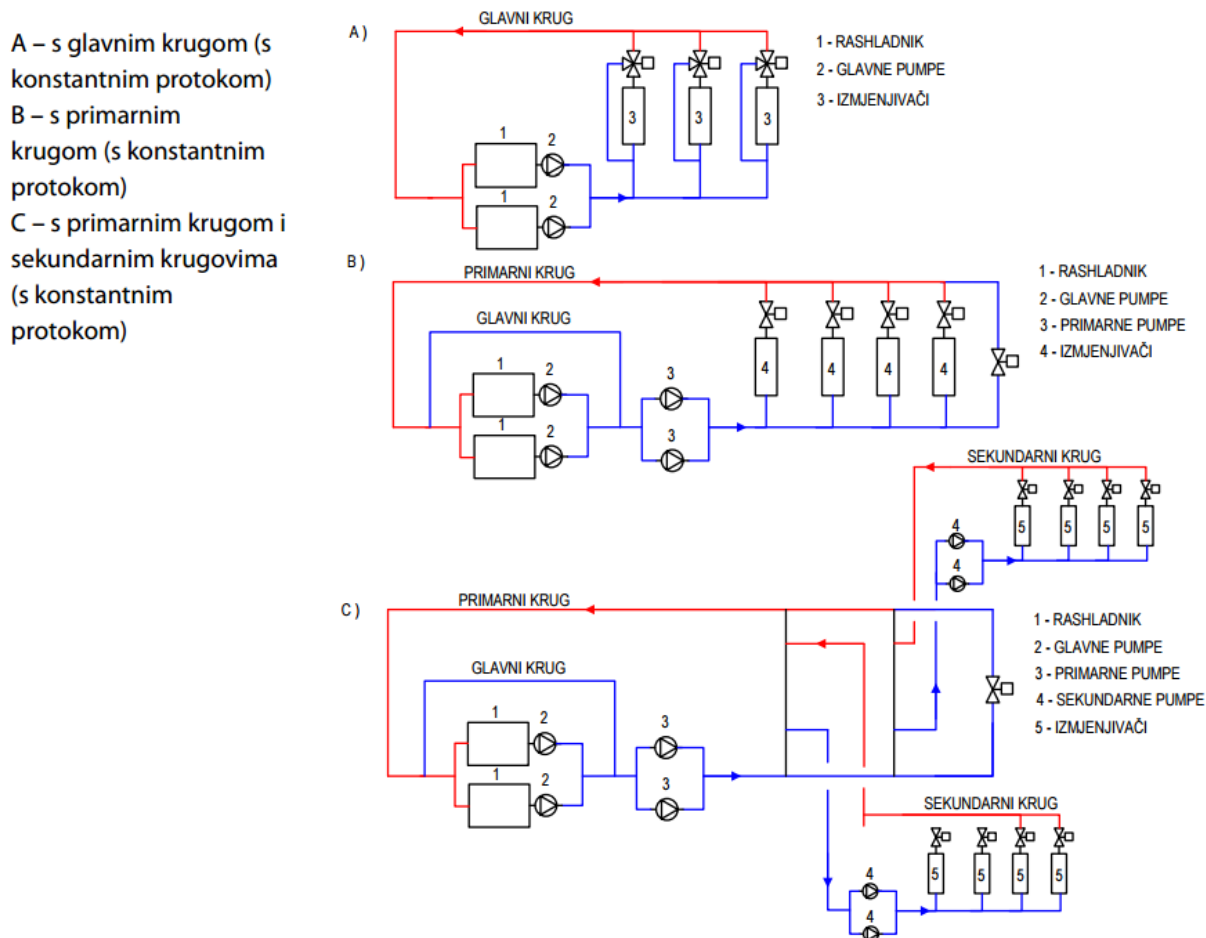
U praksi se najčešće izvode dvije varijante sustava sa primarnim zračnim sustavom i sekundarnim vodenim sustavom sa ventilokonvektorima. Prva varijanta je priprema zraka u centralnoj klimatizacijskoj jedinici koji se zatim kanalima vodi prema ventilokonvektorima. U njima se primarni zrak miješa sa optočnim zrakom iz prostorije te se mješavina dodatno grije ili hladi ovisno o potrebama. U drugoj se varijanti primarni zrak priprema u centralnoj klimatizacijskoj jedinici na temperaturu zraka koja je zahtijevana u prostoriji te se kanalima vodi direktno u prostoriju preko distributera zraka. Zrak iz prostorije recirkulira kroz ventilokonvektore te se grije ili hladi čime se regulira zahtijevana temperatura prostorije. Navedena druga varijanta sustava će se primijeniti prilikom projektiranja klimatizacijskog sustava u Poliklinici za rehabilitaciju.



Slika 5. Centralna priprema primarnog zraka s odvojenim ventilokonvektorima [3]

### 1.3. VODENI SUSTAVI

Iz razloga što rade samo sa recirkulacijskim zrakom i ne dovode vanjski zrak, vodeni sustavi grijanja i hlađenja ne mogu se smatrati klimatizacijskim sustavima u doslovnom smislu. No međutim, takvi sustavi omogućuju grijanje i hlađenje pa stoga se često pogrešno nazivaju klimatizacijskim sustavima. Najčešće se koriste dvocijevni i četverocijevni razvodni sustav sa ventilokonvektorima. Dvocijevni sustav omogućuje ili grijanje ili hlađenje dok četverocijevni sustav omogućuje istovremeno grijanje i hlađenje u različitim prostorima što je povoljno u prostorima sa zahtjevnijim korisnicima. Cijevi kroz koje struji rashladni medij potrebno je izolirati radi sprečavanje kondenzacije vlage iz okolišnjeg zraka. Izvedba dvocijevnog i četverocijevnog sustava različito se izvodi ovisno o složenosti instalacije i broju potrošača što se može vidjeti na sljedećoj slici.

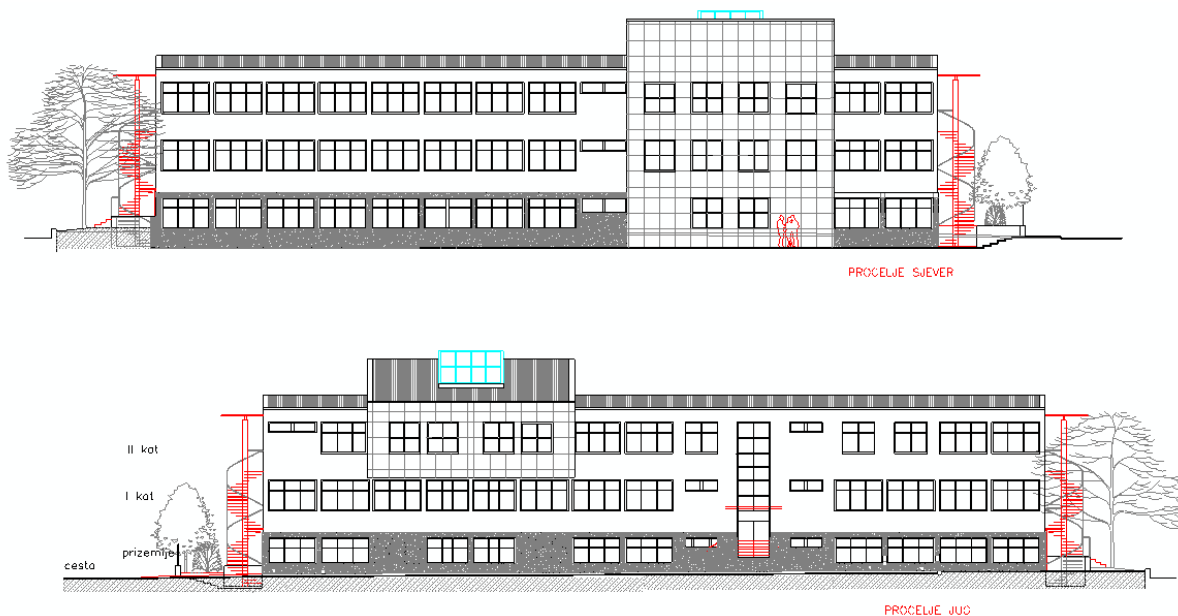


Slika 6. Različite izvedbe dvocijevnih sustava [3]

## 2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE

### 2.1. FIZIKA ZGRADE

Projektiranje klimatizacijskog sustava provodi se za "Polikliniku za rehabilitaciju slušanja i govora" smještenu na području Grada Zagreba. Poliklinika se prostire na tri etaže (prizemlje, 1.kat, 2.kat) ukupne korisne površine 1850 m<sup>2</sup>. U njoj se nalaze prostori za rehabilitaciju korisnika, prostori za sve vrste pregleda govora i sluha, administrativni uredi, apartmani za smještaj korisnika, predavaonice te sanitarni prostori. Prostor predviđen za smještaj kotlovnice sa strojarskom opremom nalazi se na drugom katu. Sjeverno i južno pročelje poliklinike prikazani su na slici 7.



Slika 7. Sjeverno i južno pročelje poliklinike

Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata potrebni za proračune dobivaju se iz dimenzija te toplinskih karakteristika pojedinog sloja materijala u građevnom elementu. Oni ovise u materijalu od kojeg je pojedini građevni element izrađen te o debljinama pojedinih slojeva korištenih materijala. Pregled svih koeficijenata prolaza topline dan je u tablici 1.

Tablica 1. Koeficijenti prolaza topline

Oznaka	Građevni element	U [W/m <sup>2</sup> K]	Oznaka	Građevni element	U [W/m <sup>2</sup> K]
<b>K1</b>	krov	0,86	<b>VZ4</b>	vanjski zid	0,39
<b>K2</b>	strop	0,31	<b>VZ5</b>	vanjski zid	0,26
<b>K3</b>	krov	0,23	<b>MK</b>	vanjski zid	0,51
<b>P</b>	pod prema tlu	0,44	<b>UZ1</b>	unutarnji zid	0,39
<b>VZ1</b>	vanjski zid	0,36	<b>UZ2</b>	unutarnji zid	1,30
<b>VZ2</b>	vanjski zid	0,22	<b>PR</b>	prozor	0,85
<b>VZ3</b>	vanjski zid	0,43	<b>UV</b>	unutarnja vrata	1,10

## 2.2. PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA PREMA HRN EN 12831

Kako bi se ispravno dimenzionirao sustav, potrebno je proračunati toplinske gubitke zgrade. Proračun se provodi prema Europskoj normi HRN EN 12831 koja definira proračun potrebnog toplinskog učinka za održavanje unutarnje projektne temperature prostorije pri vanjskim projektnim uvjetima. Unutarnja projektna temperatura ovisi o namjeni prostora te o navikama korisnika. Vanjski projektni uvjeti nisu definirani u normi nego se uzimaju zavisno o lokaciji objekta. Vanjska projektna temperatura predstavlja najnižu vanjsku temperaturu u zadnjih 20-30 godina u obliku dnevne, dvodnevne ili peterodnevne srednje vrijednosti.

### 2.2.1. Postupak proračuna toplinskih gubitaka

Projektni toplinski gubici se računaju za svaku grijanu prostoriju te se zatim sumiraju te se dobivaju ukupni toplinski gubici zgrade. Toplinski gubici sastoje se od gubitaka uslijed izmjene topline transmisijom i ventilacijom te dodatka zbog prekida rada sustava. Transmisijski gubici se događaju uslijed izmjene topline kroz građevne elemente prema okolnom prostoru niže temperature. Proračun transmisijskih gubitaka podrazumijeva proračun izmjene topline kroz sve građevne elemente prostorije prema vanjskom okolišu, prema susjednim negrijanim prostorijama, prema susjednima prostorijama grijanim na nižu temperaturu te prema tlu. Za određivanje ukupnih transmisijskih gubitaka grijanog prostora koristi se sljedeća formula:

$$\Phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W]$$

gdje su:

- $H_{T,ie}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu (W/K)
- $H_{T,iue}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu (W/K)
- $H_{T,ig}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu (W/K)
- $H_{T,ij}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom prostoru grijanom na nižu različitu temperaturu (W/K)
- $\theta_i$  - unutarnja projektana temperatura (°C)
- $\theta_e$  - vanjska projektana temperatura (°C)

Za određivanje ventilacijskih gubitaka, koji se u ovom projektu svode na infiltraciju (prirodna ventilacija) i mehaničku ventilaciju, potrebno je definirati protok te temperaturu zraka koji ulazi u prostoriju. Protok zraka se određuje prema minimalnom broju izmjena zraka za promatranu prostoriju ili prema kriteriju broja osoba koje borave u prostoriji. Ventilacijski gubici računaju se prema:

$$\Phi_V = H_{V,i}(\theta_i - \theta_e) = 0,34 \cdot V \quad [W]$$

gdje je:

- $H_{V,i}$  - koeficijent ventilacijske izmjene topline.

Koeficijent ventilacijske izmjene topline, koji u sebi sadrži volumenski protok zraka koji ulazi u prostoriju, određuje se računski zavisno o tome da li se radi o infiltraciji zraka kroz zatore ili o mehaničkoj ventilaciji.

Zbroju transmisijskih i ventilacijskih gubitaka potrebno je dodati i toplinski tok potreban za naknadno zagrijavanje prostora zbog prekida grijanja. U slučaju prekida rada sustava grijanja preko noći temperatura prostorije pada. Koliko će tijekom prekida rada ona pasti ovisi o toplinskoj tromosti zgrade. U ovome projektu, zbog dobre izolacije, pretpostavljen je pad temperature od 1 K te su sukladno normi odabrani korekcijski faktor koji se množe sa površinom prostorije te nadodaju na ukupan potrebni toplinski učin potreban za grijanje prostorije. Korekcijski faktori preuzeti iz norme dani su u tablici 2.

Tablica 2. Dodatak zbog prekida grijanja [4]

vrijeme zagrijavanja [h]	pretpostavljeni pad temperature [K]	$f_{RH}$ [W/m <sup>2</sup> ]
1	2	11

Dodatak se računa prema:

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

Ukupni toplinski gubici za prostoriju koja se proračunava dobivaju se sumiranjem transmisijskih i ventilacijskih gubitaka te dodatka zbog prekida rada grijanja.

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

### 2.2.2. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka

S obzirom da se sustav grijanja projektira za zgradu na području Grada Zagreba, potrebni podaci za proračun preuzimaju se iz meteoroloških podataka za Zagreb-Maksimir. Vanjska projektna temperatura za promatrano područje iznosi -15°C dok se unutarne projektne temperature odabiru zavisno o namjeni prostorije koja se proračunava. Vrijednosti unutarnjih projektnih temperatura za pojedine tipove prostorija dane su u tablici 3. dok su rezultati proračuna prikazani u tablici 4. Proračun je proveden u software-u "IntegraCAD 2012".

Tablica 3. Unutarnje projektne temperature u režimu grijanja

prostorija	unutarnja projektna temperatura (°C)
uredi, prostori za rehabilitaciju, laboratoriji, apartmani	22
kupaonice	24
sanitarni prostori, spremišta	20



Tablica 4. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka

Prostorija	Qn (W)	Prostorija	Qn (W)	Prostorija	Qn (W)
0.1 audiometrija	1111	1.1 rehabilitacija	704	2.1 sastanci	1066
0.2 audiometrija	776	1.2 rehabilitacija	533	2.2 psihijatrija	604
0.3 laboratorij	580	1.3 rehabilitacija	527	2.3 pedijatar	597
0.4 laboratorij	889	1.4 rehabilitacija	532	2.4 orl	602
0.5 laboratorij	813	1.5 rehabilitacija	531	2.5 orl	602
0.6 garderoba	401	1.6 rehabilitacija	526	2.6 orl	595
0.7 sanitarije	178	1.7 rehabilitacija	531	2.7 neurološka	602
0.8 sanitarije	308	1.8 rehabilitacija	583	2.8 neurološka	649
0.9 prijava	1789	1.9 sanitarije	153	2.9 sanitarije	185
0.10 predsoblje	1370	1.10 sanitarije	306	2.10 sanitarije	185
0.11 hall	558	1.11 grupna rehabilitacija	1850	2.11 biblioteka	1922
0.12 kartoteka	632	1.12 grupna rehabilitacija	1850	2.12 sastanci	1931
0.13 apartman	538	1.13 hall	970	2.13 hall	2056
0.14 kupaona	127	1.14 laboratorij	1192	2.14 spremiste	441
0.15 apartman	657	1.15 rehabilitacija	699	2.15 čajna kuhinja	658
0.16 kupaona	177	1.16 rehabilitacija	513	2.16 hodnik	817
0.17 kupaona	117	1.17 grupna rehabilitacija	1351	2.17 sanitarije	354
0.18 apartman	733	1.18 grupna rehabilitacija	1351	2.18 sanitarije	175
0.19 apartman	525	1.19 rehabilitacija	513	2.22 predavaonica	5355
0.20 kupaona	125	1.20 rehabilitacija	561	2.19 prevoditelj	375
0.21 kancelarija	562	1.21 sanitarije	141	2.20 spremište	725
0.22 kancelarija	516	1.22 sanitarije	256	2.21 prevoditelj	162
0.23 kancelarija	516	1.23 sanitarije	256	2.23 grupna rehabilitacija	801
0.24 rehabilitacija	565	1.24 sanitarije	141	2.24 rehabilitacija	598
0.25 laboratorij	565	1.25 rehabilitacija	562	2.25 fizijatrija	700
0.26 rehabilitacija	610	1.26 rehabilitacija	513	2.26 sanitarije	289
0.27 sanitarije	459	1.27 rehabilitacija	512	2.27 sanitarije	244

0.28 sanitarije	280	1.28 rehabilitacija	699	2.28 dijagnostika	874
0.29 sanitarije	164	1.29 hodnik	2283	2.29 psiholog	604
0.30 laboratorij	561	<b>Ukupno: Kat 2</b>	<b>21139</b>	2.30 dijagnostika	786
0.31 laboratorij	565			2.31 hodnik	1943
0.32 laboratorij	1061			<b>Ukupno: Kat 3</b>	<b>27497</b>
0.33 sterilizacija	416				
0.34 hodnik	2017				
0.35 hodnik	401				
<b>Ukupno: Kat 1</b>	<b>21662</b>				
<b>Ukupno zgrada: 70298 W</b>					

Ukupni toplinski gubici proračunati prema HRN EN 12831 iznose 70298 W te se ta vrijednost koristi za dimenzioniranje izvora topline sustava grijanja. Toj vrijednosti je potrebno dodati i potrebnu snagu grijača klimatizacijske jedinice koja se koristi za pripremu vanjskog zraka za potrebe ventilacije.

## 2.3. PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA PREMA VDI 2078

### 2.3.1. Postupak proračuna toplinskog opterećenja

Ukoliko se potrebni rashladni učin sustava hlađenja  $\Phi_{KR}$  računa za zadanu konstantnu temperaturu prostora  $\theta_{LR}$  u svakom vremenskom trenutku mora vrijediti:

$$\Phi_{KR} = \Phi_I + \Phi_A \quad [W]$$

gdje je:

- $\Phi_{KR}$  - potrebni rashladni učin
- $\Phi_I$  - unutarnji rashladni teret
- $\Phi_A$  - vanjski rashladni teret

Unutarnji rashladni teret  $\Phi_I$  jednog prostora sastoji se od parcijalnih rashladnih tereta uslijed predaje topline od osoba  $\Phi_P$ , predaje topline od rasvjete  $\Phi_B$ , topline od strojeva i uređaja  $\Phi_M$ ,

topline od prolaznog materijala kroz prostor  $\Phi_G$ , topline koja dolazi preko unutarnjih površina iz susjednih prostorija  $\Phi_R$  i ostalih izvora topline  $\Phi_C$ .

$$\Phi_I = \Phi_P + \Phi_B + \Phi_M + \Phi_G + \Phi_C + \Phi_R \quad [W]$$

Vanjski rashladni teret  $\Phi_A$  obuhvaća onu energiju koja izvana ulazi preko površina kojima je zgrada okružena, ukoliko se ista mora odvoditi iz zraka prostora. Sastoji se od toplinskog toka kroz zidove  $\Phi_W$ , toplinskog toka kroz prozore  $\Phi_T$ , solarnih dobitaka preko prozorskih površina  $\Phi_S$ , te toplinski dobitaka zbog infiltracije zraka  $\Phi_{FL}$ .

$$\Phi_A = \Phi_W + \Phi_T + \Phi_S + \Phi_{FL} \quad [W]$$

Iz navedenih rashladnih tereta koji su u pravilu vremenski promjenjivi, proizlazi rashladni teret u svakom vremenskom trenutku  $t$ :

$$\Phi_{KR}(t) = \Phi_I(t) + \Phi_A(t) \quad [W]$$

Maksimalna vrijednosti predstavlja nominalni rashladni teret koji određuje snagu rashladnog uređaja, odnosno struju zraka dovedenu u prostor:

$$\Phi_{KR,nomin} = \max \Phi_{KR}(t) \quad [W]$$

Rashladni teret zgrade  $\Phi_{KG}$  je definiran kao maksimum iz zbroja svih vremensko jednakih rashladnih tereta prostora (a ne zbroj maksimuma rashladnih tereta prostora).  $\Phi_{KG}$  određuje maksimalni rashladni učin potreban zgradi, odnosno kod uređaja samo sa zrakom, on određuje strujanje volumena zraka uređaja za hlađenje.

$$\Phi_{KG} = \max \sum \Phi_{KR}(t) \quad [W]$$

Skraćeni postupak proračuna rashladnog učina se provodi uz sljedeće pretpostavke:

- konstantna temperatura zraka u prostoru
- periodična unutrašnja i vanjska opterećenja
- konstantna faktor zaštite od Sunca cijelog prostora (bez pomičnih sjena)

Zbog složenosti proračuna neće se navoditi detaljniji postupak proračuna pojedinih komponenata rashladnog tereta.

### 2.3.2. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja

Proračun rashladnog učina za polikliniku smještenu na području Grada Zagreba provodi se prema VDI 2078. Vrijednosti unutarnjih projektnih temperatura za pojedine tipove prostorija dane su u tablici 5.

Tablica 5. Unutarnje projektne temperature u režimu hlađenja

prostorija	unutarnja projektna temperatura (°C)
uredi, prostori za rehabilitaciju, laboratoriji, apartmani	26
kupaonice	-
sanitarni prostori, spremišta	-

Proračun je proveden u software-u "IntegraCAD 2012" uz sljedeće pretpostavke:

- vrijeme rada poliklinike: 08:00 - 16:00 h
- broj osoba:
  - uredi, prostori za rehabilitaciju: 2 (lagani rad)
  - čajna kuhinja: 6 (lagani rad)
  - prostori za grupnu rehabilitaciju, soba za sastanke: 8 (lagani rad)
  - predavaonica: 40 (lagani rad)
  - prevoditelj: 1 (lagani rad)
- dobici od rasvjete (udio konvekcije 30 %):  $10 \text{ W/m}^2$ 
  - prevoditelj, apartmani:  $5 \text{ W/m}^2$
- dobici od strojeva:  $10 \text{ W/m}^2$ 
  - prevoditelj, apartmani:  $5 \text{ W/m}^2$
  - hodnici:  $0 \text{ W/m}^2$
  - čajna kuhinja: apartmani:  $15 \text{ W/m}^2$
- faktor propusnosti prozora za sunčevo zračenje b: 0,80
- postotak rekuperacije: 60 %

Tablica 6. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja

Prostorija	Qn (W)	Prostorija	Qn (W)	Prostorija	Qn (W)
0.1 audiometrija	2176	1.1 rehabilitacija	1501	2.1 sastanci	3112
0.2 audiometrija	2650	1.2 rehabilitacija	1513	2.2 psihijatrija	1449
0.3 laboratorij	1499	1.3 rehabilitacija	1508	2.3 pedijatar	1778
0.4 laboratorij	1716	1.4 rehabilitacija	1774	2.4 orl	1805
0.5 laboratorij	2528	1.5 rehabilitacija	1771	2.5 orl	1762
0.6 garderoba	665	1.6 rehabilitacija	1731	2.6 orl	1780
0.7 sanitarije	0	1.7 rehabilitacija	1751	2.7 neurološka	1762
0.8 sanitarije	0	1.8 rehabilitacija	1751	2.8 neurološka	1778
0.9 prijava	2017	1.9 sanitarije	0	2.9 sanitarije	0
0.10 predsoblje	2264	1.10 sanitarije	0	2.10 sanitarije	0
0.11 hall	672	1.11 grupna rehabilitacija	5465	2.11 biblioteka	5411
0.12 kartoteka	998	1.12 grupna rehabilitacija	6397	2.12 sastanci	4751
0.13 apartman	1352	1.13 hall	877	2.13 hall	2939
0.14 kupaona	0	1.14 laboratorij	2804	2.14 spremiste	0
0.15 apartman	1372	1.15 rehabilitacija	699	2.15 čajna kuhinja	1926
0.16 kupaona	0	1.16 rehabilitacija	710	2.16 hodnik	1419
0.17 kupaona	0	1.17 grupna rehabilitacija	1780	2.17 sanitarije	0
0.18 apartman	514	1.18 grupna rehabilitacija	1780	2.18 sanitarije	0
0.19 apartman	496	1.19 rehabilitacija	728	2.22 predavaonica	5877
0.20 kupaona	0	1.20 rehabilitacija	708	2.19 prevoditelj	395
0.21 kancelarija	635	1.21 sanitarije	0	2.20 spremiste	0
0.22 kancelarija	590	1.22 sanitarije	0	2.21 prevoditelj	153
0.23 kancelarija	572	1.23 sanitarije	0	2.23 grupna rehabilitacija	2411
0.24 rehabilitacija	641	1.24 sanitarije	0	2.24 rehabilitacija	1917
0.25 laboratorij	542	1.25 rehabilitacija	710	2.25 fizijatrija	1487

0.26 rehabilitacija	634	1.26 rehabilitacija	715	2.26 sanitarije	0
0.27 sanitarije	0	1.27 rehabilitacija	713	2.27 sanitarije	0
0.28 sanitarije	0	1.28 rehabilitacija	502	2.28 dijagnostika	1452
0.29 sanitarije	0	1.29 hodnik	2981	2.29 psiholog	1801
0.30 laboratorij	637			2.30 dijagnostika	647
0.31 laboratorij	562			2.31 hodnik	893
0.32 laboratorij	980				
0.33 sterilizacija	735				
0.34 hodnik	2335				
0.35 hodnik	1387				

Toplinsko opterećenje pojedinih prostorija koristi za dimenzioniranje ventilokonvektora za hlađenje prostora. Suma opterećenja svih prostorija ne smije se koristiti za dimenzioniranje rashladnika voda. Razlog je taj što se ta opterećenja u prostorijama neće pojaviti u isto vrijeme. Stoga je potrebno odrediti koje je to ukupno toplinsko opterećenje koje se u najnepovoljnijem slučaju može pojaviti u poliklinici. Iz tablice 7. vidljivo je da se najviša potreba za hlađenjem od 95 080 W pojavljuje 24. kolovoza u 13 sati, te se ta vrijednost koristi za dimenzioniranje rashladnika vode.

Tablica 7. Mjesečni maksimumi rashladnog učina

Datum	21. Lipanj	23. Srpanj	24. Kolovoz	22. Rujan
Sat	13	14	13	13
Ukupno (W)	84484	91163	<b>95080</b>	92348

### 3. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA VENTILACIJE

#### 3.1. ODREĐIVANJE POTREBNOG PROTOKA ZRAKA TLAČNO-ODSISNE I ODSISNE VENTILACIJE

S obzirom da se poliklinika obnavlja, te će se koristiti prozori koji onemogućavaju prirodnu izmjenu zraka, nije moguće koristiti sustav prirodne ventilacije. S ciljem održavanja kvalitete zraka u prostorima u kojima borave ljudi, potrebno je dovesti i/ili odvesti određenu količinu zraka sustavom prisilne ventilacije. Potreban protok dovedenog i odvedenog zraka u ovome se slučaju određuje prema preporukama iz literature prema potrebnom broju izmjena zraka i prema preporučenom protoku zraka po osobi od 30-50 m<sup>3</sup>/h te se usvaja veća od te dvije vrijednosti. Točan broj izmjena zraka, ovisno o tipu prostorije, naveden je u tablici 8.

Tablica 8. Broj izmjena zraka ovisno o tipu prostorije

tip prostorije	broj izmjena [h <sup>-1</sup> ]
sanitarije, kupaonice, garderobe	3
prostorije za boravak većeg broja ljudi, prostor za sterilizaciju	5
uredi	2
spremišta, prostorije s izlazom prema vanjskom prostoru	0

Sustav ventilacije sastoji od kanala i otvora za dobavu i odsis zraka, te od kanala i otvora sustava otpadne ventilacije sanitarnih prostora i kupaonica. U prostorijama gdje borave ljudi održava se pretlak što znači da se više zraka dovodi nego što se odvodi. U sanitarnim prostorima zrak se samo odvodi što znači da je tamo potlak. Otpadni kanali vode se na otvore na fasadi gdje se izbacuju u okoliš dok se kanali za dobavu i odsis zraka vode prema klima komori koja je smještena u kotlovnici. Sustav je dimenzioniran tako da se na svakoj etaži, ukupno gledajući, održava lagani pretlak uslijed razlike dovedenog i ukupno odvedenog volumena zraka što se može vidjeti iz sljedeće tablice:

Tablica 9. Bilanca protoka zraka sustava ventilacije

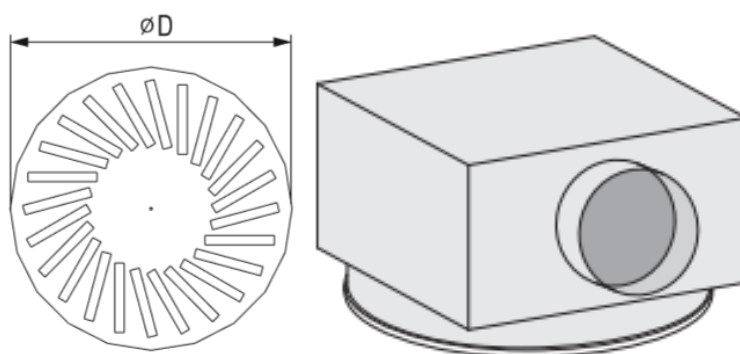
etaža	dobava zraka	odsis zraka	otpadni zrak	ukupno odvedeno	razlika dovedeno i odvedeno
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
prizemlje	2850	1860	900	2760	90

1. kat	5600	4955	450	5405	195
2. kat	6300	5260	750	6010	290
ukupno	14750	12075	2100	14175	575

### 3.2. ODABIR OTVORA ZA DOBAVU I ODSIS ZRAKA

Kako bi se kondicionirani zrak mogao dovesti i/ili odvesti iz prostorije potrebno je pravilno odabrati i dimenzionirati otvore. Prilikom odabira i smještanja otvora potrebno je paziti na pravilnu distribuciju zraka, odgovarajuću brzinu te pad tlaka zraka. Za odabir otvora koristi se software "AURA Select" proizvođača "Klimaoprema".

Za dobavu kondicioniranog zraka u svim se prostorijama koriste okrugli stropni vrtložni distributeri "DEV-0" sa priključnom kutijom "UPK2" proizvođača "Klimaoprema". Dimenzije i broj distributera u svakoj od prostorija ovise o potrebnoj količini zraka koja se dovodi u prostoriju te o veličini prostorije.



Slika 8. Stropni vrtložni distributer "DEV-0" sa priključnom kutijom "UPK2" [6]

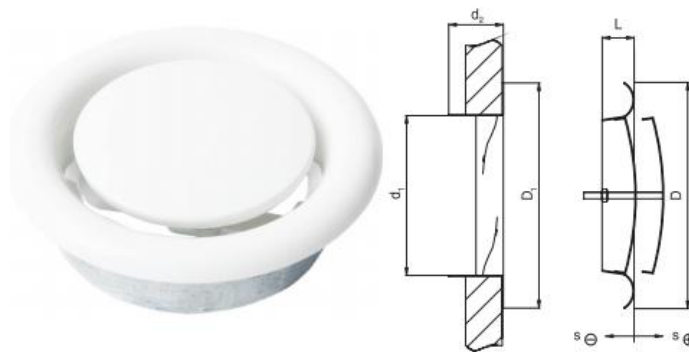
Za odsis zraka iz kondicioniranog prostora koriste se ventilacijske rešetke "OAB 1-0" i "OAS" proizvođača "Klimaoprema". Rešetke se smještaju na zid te se na glavne kanale spajaju sa prijelaznim komadom pravokutnog na okrugli presjek. Dimenzije rešetke ovise o količini zraka koju je potrebno odvesti. Distributeri za dobavu te rešetke za odsis moraju biti smješteni na odgovarajućoj udaljenosti kako ne bi došlo do recirkulacije zraka.



Slika 9. Ventilacijska rešetke "OAB 1-0" za odsis zraka [6]



Za odsis otpadnog zraka iz sanitarnih prostora koriste se zračni ventili za prozračivanje "ZOV" proizvođača "Klimaoprema". Dimenzije ventila ovisi o količini zraka koja se odvodi iz prostora.



Slika 10. Zračni ventil za prozračivanje "ZOV" [6]

U prostore sa otpadnom ventilacijom potrebno je dovesti zrak te se u tu svrhu na vrata ugrađuju rešetke koji omogućuju strujanje zraka između prostorija uslijed razlike tlaka.



Slika 11. Prestrujna rešetka za vrata [6]

### 3.3. ODABIR REGULATORA VARIJABILNOG PROTOKA

Regulatori varijabilnog protoka koriste se regulaciju količine zraka koja se sustavom prisilne ventilacije dovodi ili odvodi iz prostorije. Time se omogućava prilagodba ventilacijskog sustava stvarnim potrebama čime se postižu značajne uštede na pogonskim troškovima. regulator varijabilnog protoka zraka sastoji se od:

- osjetnika tlaka
- pretvornika diferencijalnog tlaka
- upravljačke jedinice

- lamele
- motornog pogona

Funkcija regulatora je održavanje protoka zraka između minimalne i maksimalne unaprijed postavljene vrijednosti protoka zraka. Količina zraka se određuje preko sobnog osjetnika ugljičnog dioksida koji zatim izlaznim signalom 0-10 V pokreće motorni pogon koji zakreće lamele. Postavljena količina dobavnog/odsisnog zraka postiže se održavanjem diferencijalnog tlaka na regulatoru. Kod složenog ventilacijskog sustava, svaka zona (prostorija) ima svoji regulator, što znači da će promjena protoka zraka u jednoj od zona imati utjecaj na kut zakreta lamela na regulatorima u drugim zonama. Pogonom motora regulatora upravlja osjetnik CO<sub>2</sub> smješten u prostoriji. Osjetnik ima mogućnost namještanja minimalne i maksimalne vrijednosti protoka zraka koji se odvodi i/ili dovodi iz prostorije. Osjetnik je integriran u sobni kontroler "Codis 35" proizvođača "Koer" namijenjen je za zidnu ugradnju te može upravljati sa više regulatora istovremeno.



Slika 12. Regulator varijabilnog protoka "Klimaoprema RVP-C" sa kontrolerom "Codis 35" [6]

U kanale za ventilaciju prostorija sa isključivo odsisnom (otpadnom) ventilacijom, u koje spadaju sanitarije, čajna kuhinja i garderoba, ugrađuju se regulatori konstantnog protoka "RKP-C" proizvođača "Klimaoprema". Oni služe za održavanje konstantnog protoka na unaprijed podešenoj vrijednosti bez obzira na promjene u ostalim kanalima koji su spojeni na isti ventilacijski sustav. Sustav odsisne ventilacije pali se istovremeno kada i rasvjeta te ostaje raditi dvije minute nakon gašenja rasvjete. U sve ogranke odsisne ventilacije potrebno je ugraditi nepovratne zaklopke kako bi se spriječilo širenje mirisa kada sustav ventilacije nije aktivan. Također je na završetke kanala na fasadi gdje se zrak izbacuje u okoliš potrebno ugraditi zaštitne mrežice.

### 3.5. DIMENZIONIRANJE KANALA ZA VENTILACIJU

Kanali za ventilaciju vode se po ravnom krovu te ulaze u unutrašnji dio zgrade kroz strop kotlovnice. Glavni dobavni i odsisni kanali vode se vertikalno kroz zgradu te se na svakoj od etaža odgovarajuća količina zraka odvaja kanalima koji se vode u spušenom stropu. Na mjestima gdje je to moguće izvesti kanali su okruglog presjeka dok su one dionice sa povećanim protom izvedene u pravokutnom obliku. U kanalima koji ulaze u zoni boravka presjeci su okruglog presjeka sa brzinama strujanja zraka do maksimalno 3 m/s kako ne bi došlo do narušavanja komfora uslijed pojave buke zbog povećanog pada tlaka. Kanali koji se vode po hodniku uglavnom su pravokutnog presjeka s brzinama do 5 m/s. Kanali se na dobavne otvore spajaju sa fleksibilnim crijevom što kraće dužine kako ne bi došlo do nepotrebnog povećanog pada tlaka u sustavu ventilacije. Sve navedeno vrijedi i za kanale odsisne ventilacije.

Tablica 10. Pad tlaka u kanalima tlačne ventilacije

dionica	L	V	V	a	b	d	A'	v'	R	RL	$\xi$	$p_{din}$	Z	RL+Z
-	m	m <sup>3</sup> /h	l/s	mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	8	14750	819,44	900	900	983,84	0,75	5,39	0,7	5,6	1,8	17,44	31,40	37,00
2	3	8450	469,44	900	900	983,84	0,75	3,08	0,4	1,2	0,2	5,72	1,14	2,34
3	3	2850	158,33	450	450	491,92	0,18	4,16	1	3	0,6	10,42	6,25	9,25
4	1	2050	113,88	355	300	356,43	0,09	5,70	2,7	2,7	0,6	19,56	11,73	14,43
5	0,5	1825	101,38	300	300	327,94	0,08	6,00	3,5	1,75	0,6	21,63	12,97	14,72
6	4	1675	93,05	300	300	327,94	0,08	5,51	2,8	11,2	0,2	18,22	3,64	14,84
7	4	1525	84,72	300	300	327,94	0,08	5,01	2,5	10	0,2	15,10	3,02	13,02
8	3,5	1425	79,16	300	300	327,94	0,08	4,68	2,3	8,05	0,2	13,18	2,63	10,68
9	1,7	1325	73,61	250	300	299,06	0,0	5,24	2,6	4,42	0,2	16,48	3,29	7,71
10	1,6	1100	61,11	250	300	299,06	0,07	4,35	2,4	3,84	0,2	11,36	2,27	6,11
													$\Sigma=$	<b>130,14</b>
dionica	L	V	V	d	A	v	R	RL	$\xi$	$p_{din}$	Z	RL+Z		
-	m	m <sup>3</sup> /h	l/s	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa		
11	3	1000	55,55	250	0,04	5,66	3,2	9,6	0,2	19,23	3,84	13,44		
12	1	900	50	250	0,04	5,09	3	3	0,2	15,57	3,11	6,11		
13	6	300	16,66	200	0,03	2,65	0,9	5,4	0,9	4,22	3,80	9,20		
											$\Sigma=$	<b>28,76</b>		

Ukupni pad tlaka u kanalima za dobavni zrak iznosi 158,9 Pa. Kako bi se dobio ukupni eksterni pad tlaka tome je iznosu potrebno dodati pad tlaka rešetke i zaštitne kape za usis zraka, pad tlaka na regulatoru varijabilnog protoka, pad tlaka fleksibilnog komada te pad tlaka na istrujnom otvoru. Time se dolazi do eksternog pada tlaka dobavne ventilacije od 295 Pa. Istovjetnim postupkom određen je eksterni pad tlaka odsisne ventilacije u iznosu od 112 Pa.

### 3.6. ODABIR KANALNIH VENTILATORA ODSISNE VENTILACIJE

Tablica 11. Pad tlaka u kanalima otpadne ventilacije prizemlja

dionica	L	V	V	d	A	v	R	RL	ξ	p <sub>din</sub>	Z	RL+Z
-	m	m <sup>3</sup> /h	l/s	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	1,25	900	50,00	250	0,049	5,09	4,4	5,5	0,2	15,58	3,12	8,62
2	2,75	825	45,83	250	0,049	4,67	4,25	11,68	0,2	13,09	2,62	14,31
3	1,5	675	37,50	224	0,039	4,76	2,7	4,05	0,6	13,60	8,16	12,21
4	13	600	33,33	200	0,031	5,30	2,5	32,5	0,6	16,90	10,14	42,64
5	2	525	29,17	200	0,031	4,64	2,3	4,6	0,2	12,94	2,59	7,19
6	2	450	25,00	180	0,025	4,91	5	10	0,6	14,49	8,70	18,70
7	2,2	300	16,67	150	0,018	4,71	4	8,8	0,6	13,36	8,01	16,81
8	2	225	12,50	125	0,012	5,09	3,8	7,6	0,6	15,58	9,35	16,95
9	4	150	8,33	100	0,008	5,30	3,9	15,6	0,6	16,90	10,14	25,74
10	9	75	4,17	80	0,005	4,146	3,1	27,9	0,6	10,32	6,19	34,09
											Σ=	197,25

Kako bi se odredio ukupni eksterni pad tlaka otpadne ventilacije padu tlaka u kanalima potrebno je dodati i pad tlaka na ventilu za odsis zraka te pad tlaka na zaštitnoj rešetki kroz koju se otpadni zrak izbacuje u vanjski okoliš. Ukupni eksterni pad tlaka otpadne ventilacije prizemlja iznosi 250 Pa. Na istovjetan način računa se pad tlaka otpadne ventilacije prvog i drugog kata. Odabrani kanalni ventilatori su:

- prizemlje: Klimaoprema RK 200 LS
  - $V_{\max} = 1110 \text{ m}^3/\text{h}$
  - $H = 500 \text{ Pa}$
  - $P_{\max} = 192 \text{ W}$
- prvi kat: Klimaoprema RK 160 S
  - $V_{\max} = 490 \text{ m}^3/\text{h}$
  - $H = 300 \text{ Pa}$

- $P_{\max} = 60 \text{ W}$
- drugi kat: Klimaoprema RK 200 S
  - $V_{\max} = 760 \text{ m}^3/\text{h}$
  - $H = 370 \text{ Pa}$
  - $P_{\max} = 95 \text{ W}$

## 4. DIMENZIONIRANJE KLIMATIZACIJSKE JEDINICE

Za pokrivanje transmisijskih gubitaka i transmisijskog opterećenja koristi se četverocijevni sustav grijanja i hlađenja ventilokonvektorima dok se za pokrivanje ventilacijskih zahtjeva koristi klimatizacijska jedinica. Kako bi direktno ubacivanje vanjskog zraka u zonu boravka bilo energetski nepovoljno potrebno je zrak dovesti u stanje prihvatljivo za ubacivanje. Stoga će se u klima komori zrak zimi pripremati na temperaturu od  $18^\circ\text{C}$  te relativnu vlažnost kojom će se u prostoru održavati relativna vlažnost od 50 %. Klimatizacijska jedinica će raditi bez miješanja vanjskog i povratnog zraka, odnosno sa 100% svježeg zraka.

### 4.1. ODREĐIVANJE PROCESA PRIPREME ZRAKA

Kako bi se mogla dimenzionirati klimatizacijska jedinica te odabrati sve komponente za ispravan rad, potrebno je odrediti kako će se termodinamički procesi sa zrakom voditi kako bi se postigla odgovarajuća temperatura i vlažnost zraka na izlazu iz klima komore.

Ulazni parametri:

- vanjski projektни uvjeti:
  - ljeto:  $t = 32^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 50 \%$
  - zima:  $t = -15^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 85 \%$
- unutarnji projektни uvjeti
  - ljeto:  $t = 26^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 50 \%$
  - zima:  $t = 22^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 50 \%$
- protok zraka
  - dobavni zrak:  $14\,750 \text{ m}^3/\text{h}$

- odsisni zrak: 12 075 m<sup>3</sup>/h

Potreban sadržaj vlage zraka na stanju ubacivanja:

$$x_U = x_P - \Delta x$$

$$x_U = x_P - \frac{Q_L}{\rho \cdot V \cdot r} = 8,2 - \frac{8034}{1,19 \cdot \frac{14750}{3600} \cdot 2500} = 8,2 - 0,66$$

$$x_U = 7,54 \text{ g}_w/\text{kg}_z$$

iz čega slijedi relativna vlažnost zraka na stanju ubacivanja:

$$\varphi_U(t_U, x_U) = \varphi_U\left(18^\circ\text{C}, 7,54 \frac{\text{g}_w}{\text{kg}_z}\right) = 59 \%$$

gdje je:

- latentno toplinsko opterećenje:  $Q_L = 8034 \text{ W}$
- željena vlažnost zraka u prostoriji:  $x_p(22^\circ\text{C}, 50 \%) = 8,2 \text{ g}_w/\text{kg}_z$
- gustoća zraka:  $\rho = 1,19 \text{ kg/m}^3$
- toplina isparavanja vode =  $2500 \text{ kJ/kgK}$

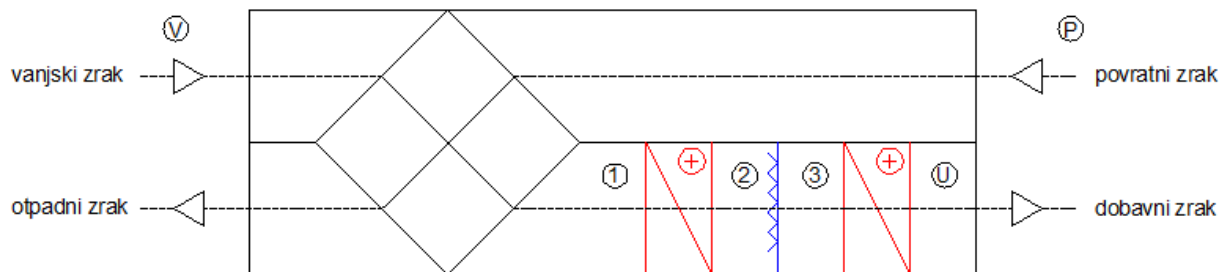
Proračun te odabir komponenata klimatizacijske jedinice bit će proveden u software-u "Vulcan Pro" talijanskog proizvođača "Sabiana".

#### 4.1.1. Zimski period

Željeno stanje zraka za ubacivanje u zonu boravka je u zimskom razdoblju je 18°C i 59 % relativne vlažnosti kako bi se unutar zone boravka održavali željeni uvjeti od 22°C te 50 % relativne vlažnosti. Stoga će u proces kondicioniranja zraka biti uključene sljedeće komponente:

- rekuperator
- grijač

- ovlaživač
- dogrijač



Slika 13. Osnovne komponente klimatizacijske jedinice

### Rekuperator: V - 1

Rekuperator topline će biti izveden kao pločasti sa stupnjem iskoristivosti od 62 %.

Karakteristike rekuperatora:

- protok dobavnog zraka: 14 750 m<sup>3</sup>/h
- ulazna temperatura dobavnog zraka: -15 °C
- ulazna relativna vlažnost dobavnog zraka: 85 %
- izlazna relativna vlažnost dobavnog zraka: 13 %
- izlazna temperatura dobavnog zraka: 7,86 °C
- pad tlaka na strani dobavnog zraka: 267 Pa
- snaga rekuperatora: 112,85 kW
- protok otpadnog zraka: 12 075 m<sup>3</sup>/h
- ulazna temperatura otpadnog zraka: 22 °C
- ulazna relativna vlažnost otpadnog zraka: 50 %
- izlazna temperatura otpadnog zraka: 3,3 °C
- pad tlaka na strani otpadnog zraka: 203 Pa
- efikasnost: 61,78 %

### Grijač: 1 - 2

Karakteristike grijača:

- protok dobavnog zraka: 14750 m<sup>3</sup>/h
- ulazna temperatura dobavnog zraka: 7,86 °C
- izlazna temperatura dobavnog zraka: 30 °C
- ulazna relativna vlažnost dobavnog zraka: 13 %
- izlazna relativna vlažnost dobavnog zraka: 3,2 % ( $x = 3,9 \text{ g}_w/\text{kg}_z$ )
- snaga grijača: 110,18 kW
- pad tlaka na strani dobavnog zraka: 37 Pa
- brzina zraka: 2,83 m/s
- ulazna temperatura vode: 70°C
- izlazna temperatura vode: 55°C
- protok vode: 6439 l/h
- pad tlaka na strani vode: 11 kPa
- dimenzije cijevi: Cu 16,45 x 0,4
- debljina lamela: 0,12 mm

### Ovlaživač: 2 - 3

Karakteristike ovlaživača:

- ulazna temperatura dobavnog zraka: 30 °C
- ulazna relativna vlažnost dobavnog zraka: 3,2 %
- izlazna temperatura dobavnog zraka: 13,13 °C
- izlazna relativna vlažnost dobavnog zraka: 80,89 %
- medij za ovlaživanje: voda
- snaga pumpe: 3 kW
- eliminator kapljica
- efikasnost: 90 %
- potrošnja vode:

$$D = V_{zr} \cdot \rho_{zr} \cdot (x_3 - x_2) / 3600$$

$$D = 14750 \cdot 1,24 \cdot (7,44 - 3,9) / 3600$$

$$D = 17,98 \text{ kg}_w/h$$



### Dogrijač: 3 - U

Karakteristike grijača:

- protok dobavnog zraka: 14 750 m<sup>3</sup>/h
- ulazna temperatura dobavnog zraka: 13,13 °C
- izlazna temperatura dobavnog zraka: 18 °C
- snaga grijača: 28,12 kW
- pad tlaka na strani dobavnog zraka: 18 Pa
- brzina zraka: 2,83 m/s
- ulazna temperatura vode: 70°C
- izlazna temperatura vode: 55°C
- protok vode: 2164 l/h
- pad tlaka na strani vode: 20 kPa
- dimenzije cijevi: Cu 16,45 x 0,4
- debljina lamela: 0,12 mm

#### **4.1.2. Ljetno razdoblje**

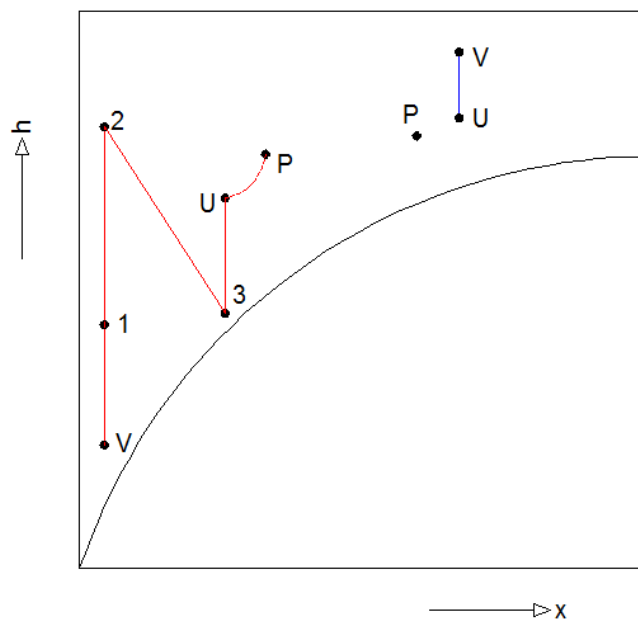
U ljetnom periodu zrak će se kondicionirati samo sa rekuperatorom što znači da će stanje zraka koji se ubacuje biti istovjetno stanju zraka na izlazu iz rekuperatora:

#### Rekuperator: V - 1 (U)

Karakteristike rekuperatora:

- protok dobavnog zraka: 14 750 m<sup>3</sup>/h
- ulazna temperatura dobavnog zraka: 32 °C
- ulazna relativna vlažnost dobavnog zraka: 50 %
- izlazna temperatura dobavnog zraka: 28,93 °C
- pad tlaka na strani dobavnog zraka: 267 Pa
- snaga rekuperatora: 15,17 kW
- protok otpadnog zraka: 12 075 m<sup>3</sup>/h
- ulazna temperatura otpadnog zraka: 26 °C
- ulazna relativna vlažnost otpadnog zraka: 50 %
- izlazna temperatura otpadnog zraka: 29,75 °C

- pad tlaka na strani otpadnog zraka: 216 Pa
- efikasnost: 62,56 %



Slika 14. Proces pripreme zraka u hx dijagramu

## 4.2. KONSTRUKCIJA KLIMA KOMORE

Klimatizacijska jedinica namijenjena je za vanjsku ugradnju na krov poliklinike. Isporučuje se u 4 sekcije koje se na mjestu ugradnje povezuju u funkcionalnu cjelinu. Vanjski okvir klima komore izrađen je od aluminija debljine 50 mm te se klima komora postavlja na predmontirano postolje debljine 120 mm. Kako bi se osigurala funkcionalnost te ispravan rad klimatizacijske jedinice, potrebno ju je opremiti svim potrebnim komponentama i regulatorima za siguran i automatski rad.

Da bi zrak za ventilaciju bio odgovarajuće kvalitete, sekciju zraka za dobavu zraka potrebno je opremiti odgovarajućim filtrima. Za to se koriste vrećasti filter klase F8 sa predfiltrrom F5. Filtri se postavljaju u dobavnu sekciju na samom ulazu nakon regulacijske žaluzije.

S obzirom da klimatizacijska jedinica radi sa 100 % vanjskog zraka, u sekciju za odsis smjestit će se samo filter F5 s ciljem zaštite ventilatora i rekuperatora od nečistoća iz povratnog zraka.



Slika 15. Vrećasti filter [2]

Regulacijske žaluzije smještaju se na ulaz vanjskog te na izlaz istrošenog zraka. One služe za regulaciju količine zraka koja ulazi/izlazi iz klimatizacijske jedinice. Regulacija se vrši zakretanjem zaklopki pokretanih servomotorom.



Slika 16. Regulacijska žaluzija [2]

Kako bi se pojedine komponente klima komore mogle čistiti ili servisirati potrebno je na odgovarajućim mjestima osigurati inspeksijske otvore. U ovome slučaju klimatizacijska jedinica imat će četiri inspeksijska otvora.

Vanjske dimenzije klimatizacijske jedinice:

- dužina
  - gornja sekcija: 5864 mm
  - donja sekcija: 7736 mm
- širina: 1665 mm

- visina: 2 x 1320 mm + 120 mm

Kako bi se zrak mogao distribuirati kroz kanale prema zoni boravka, potrebno je odabrati odgovarajuće ventilatore. Svaka od sekcija ima po jedan ventilator. Ventilatori su odabrani u istom software-u kao i klima komora. Ventilatori su odabrani u istom software-u kao i klima komora.

Interni pad tlaka:

- sekcija za dobavu zraka: 904 Pa
- sekcija za odsis zraka: 316 Pa

Eksterni pad tlaka:

- sustav za dobavu zraka: 295 Pa
- sustav za odsis zraka: 112 Pa

Ventilator za dobavu zraka:

- protok zraka: 14750 m<sup>3</sup>/h
- totalni tlak: 1414 Pa
- dinamički tlak: 61 Pa
- interni pad tlaka: 904 Pa
- broj okretaja motora: 1209 rpm
- efikasnost: 62,4 %
- snaga: 11 kW
- napajanje: 400/3/50
- regulator broja okretaja: IP 51
- broj polova 4

Ventilator za odsis zraka:

- protok zraka: 12075 m<sup>3</sup>/h

- totalni tlak: 1096 Pa
- dinamički tlak: 161 Pa
- interni pad tlaka: 316 Pa
- broj okretaja motora: 1380 rpm
- efikasnost: 64,1 %
- snaga: 7,5 kW
- napajanje: 400/3/50
- regulator broja okretaja: IP 51
- broj polova 4

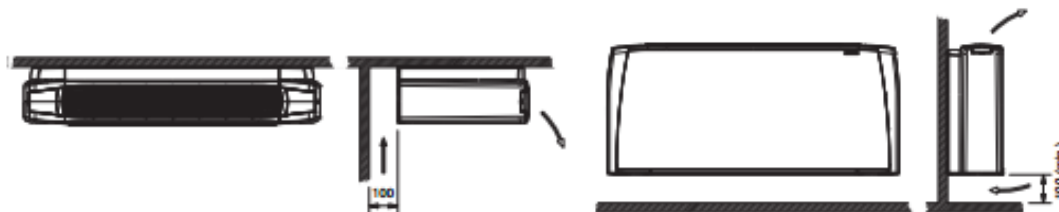
## 5. DIMENZIONIRANJE VODENOG SUSTAVA GRIJANJA I HLAĐENJA

### 5.1. DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH/RASHLADNIH TIJELA

Kao ogrjevna/rashladna tijela koriste se ventilokonvektori "Carisma CRC-ECM" proizvođača "Sabiana". Ventilokonvektori su opremljeni sa svom potrebnom armaturom potrebnom za rad u četverocijevnom sustavu grijanja i hlađenja. Mogu se ugraditi podstropno ili parapetno te ih odlikuje mala potrošnja energije te niska razina buke. Mogu se ugraditi tako da zrak ulazi sa donje ili prednje strane te da se priključci za vodu spoje sa stražnje strane ili sa donje strane. Na Slika 17. Ventilokonvektor "Sabiana Carisma CRC-ECM" [7]slici 17. prikazan je izgled ventilokonvektora dok su na slici 18. prikazani načini ugradnje.



Slika 17. Ventilokonvektor "Sabiana Carisma CRC-ECM" [7]



Slika 18. Načini ugradnje ventilokonvektora [7]

U tablici 12. dan je pregled svih parametara instaliranih ventilokonvektora koji su dimenzionirani za rad u četverocijevnom sustavu grijanja i hlađenja temperature u režimu hlađenja 7/12 °C te u režimu grijanja 70/55 °C. Svi parametri su navedeni za srednju brzinu ventilatora. Zbog radnih uvjeta, koji nisu u skladu sa standardnim kataloškim vrijednostima, za proračun ventilokonvektora korišten je software "Sabiana Ventcoils". Za proračun je potrebno poznavati potreban toplinski ili rashladni učin, temperature polaza i/ili povrata vode, te temperaturu i vlažnost zraka u prostoriji u režimu grijanja i hlađenja.

Tablica 12. Parametri instaliranih ventilokonvektora

prostorija	Qg W	Qh W	tip	kol	Vzr m <sup>3</sup> /h	Φg W	Tz,g °C	Vw,g l/s	dpw,g kPa	Φh W	Tz,h °C	Vw,h l/s	dpw,h kPa
0.1 audiometrija	1111	2176	53+1	1	495	2416	37,4	0,04	1	2658	13	0,13	9,3
0.2 audiometrija	776	2650	53+1	1	495	2416	37,4	0,04	1	2658	13	0,13	9,3
0.3 laboratorij	580	1499	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
0.4 laboratorij	889	1716	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
0.5 laboratorij	813	2528	53+1	1	495	2416	37,4	0,04	1	2658	13	0,13	9,3
0.6 garderoba	401	665	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.9 prijava	1789	2017	23+1	2	220	1066	37,2	0,02	0,97	1124	13,3	0,05	3,7
0.10 predsoblje	1370	2264	53+1	1	495	2416	37,4	0,04	1	2658	13	0,13	9,3
0.11 hall	558	672	13+1p	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.12 kartoteka	632	998	23+1	1	220	1066	37,2	0,02	0,97	1124	13,3	0,05	3,7
0.13 apartman	538	1352	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
0.15 apartman	657	1372	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
0.18 apartman	733	514	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.19 apartman	525	496	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.21 kancelarija	562	635	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.22 kancelarija	516	590	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.23 kancelarija	516	572	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.24 rehabilitacija	565	641	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.25 laboratorij	565	542	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.26 rehabilitacija	610	634	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.30 laboratorij	561	637	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.31 laboratorij	565	562	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.32 laboratorij	1061	980	13+1	2	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.33 sterilizacija	416	735	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
0.34 hodnik	2017	2335	53+1p	1	495	2416	37,4	0,04	1	2658	13	0,13	9,3
0.35 hodnik	401	1387	33+1p	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
1.1 rehabilitacija	704	1501	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
1.2 rehabilitacija	533	1513	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
1.3 rehabilitacija	527	1508	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
1.4 rehabilitacija	532	1774	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
1.5 rehabilitacija	531	1771	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
1.6 rehabilitacija	526	1731	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
1.7 rehabilitacija	531	1751	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
1.8 rehabilitacija	583	1751	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
1.11 gr. rehab.	1850	5465	54+1	2	495	2416	37,4	0,04	1	3032	11,8	0,15	18,3
1.12 gr. rehab.	1850	6397	64+1	2	590	2707	37	0,04	1,2	3610	11,7	0,17	22,2
1.13 hall	970	877	23+1p	1	220	1066	37,2	0,02	0,97	1124	13,3	0,05	3,7
1.14 laboratorij	1192	2804	33+1	2	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
1.15 rehabilitacija	699	699	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
1.16 rehabilitacija	513	710	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4

1.17 gr. rehab.	1351	1780	14+1	2	175	733	35,3	0,01	0,42	921	12,7	0,04	3,3
1.18 gr. rehab.	1351	1780	14+1	2	175	733	35,3	0,01	0,42	921	12,7	0,04	3,3
1.19 rehabilitacija	513	728	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
1.20 rehabilitacija	561	708	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
1.25 rehabilitacija	562	710	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
1.26 rehabilitacija	513	715	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
1.27 rehabilitacija	512	713	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
1.28 rehabilitacija	699	502	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
1.29 hodnik	2283	2981	33+1p	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
2.1 sastanci	1066	3112	64+1	1	590	2707	37	0,04	1,2	3610	11,7	0,17	22,2
2.2 psihijatrija	604	1449	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
2.3 pedijatar	597	1778	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
2.4 orl	602	1805	43+1	1	335	1782	38,7	0,03	3	1971	12,2	0,09	14,2
2.5 orl	602	1762	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
2.6 orl	595	1780	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
2.7 neurološka	602	1762	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
2.8 neurološka	649	1778	34+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
2.11 biblioteka	1922	5411	54+1	2	495	2416	37,4	0,04	1	3032	11,8	0,15	18,3
2.12 sastanci	1931	4751	53+1	2	495	2416	37,4	0,04	1	2658	13	0,13	9,3
2.13 hall	2056	2939	54+1p	1	495	2416	37,4	0,04	1	3032	11,8	0,15	18,3
2.15 čajna kuhinja	658	1926	43+1	1	335	1782	38,7	0,03	3	1971	12,2	0,09	14,2
2.16 hodnik	817	1419	34+1p	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1787	10,9	0,09	6
2.22 predavaonica	5355	5877	33+1	4	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
2.19 prevoditelj	375	395	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
2.21 prevoditelj	162	153	13+1	1	175	733	35,3	0,01	0,42	763	14,1	0,04	1,4
2.23 gr. rehab.	801	2411	53+1	1	495	2416	37,4	0,04	1	2658	13	0,13	9,3
2.24 rehabilitacija	598	1917	43+1	1	335	1782	38,7	0,03	3	1971	12,2	0,09	14,2
2.25 fizijatrija	700	1487	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
2.28 dijagnostika	874	1452	33+1	1	270	1538	39,9	0,02	2,3	1657	11,8	0,08	10,4
2.29 psiholog	604	1801	43+1	1	335	1782	38,7	0,03	3	1971	12,2	0,09	14,2
2.30 dijagnostika	786	647	13+2	1	175	1273	45,1	0,02	0,32	763	14,1	0,04	1,4
2.31 hodnik	1943	893	33+2p	1	270	2446	50,4	0,04	1,5	1657	11,8	0,08	10,4

Oznake u Tablica 12:

Qg - projektni toplinski gubici prostorije; Qh - projektno toplinsko opterećenje prostorije; tip - veličina ventilokonvektora ("p" označava da je za ventilokonvektor smješten podstropno; kol - broj instaliranih ventilokonvektora u prostoriji; Vzr - protok zraka,  $\Phi_g$  - toplinski učin ventilokonvektora; Tz,g - izlazna temperatura zraka u režimu grijanja; Vw,g - protok vode u režimu grijanja; dpw,g - pad tlaka na strani vode u režimu grijanja;  $\Phi_h$  - rashladni učin ventilokonvektora; Tz,h - izlazna temperatura zraka u režimu hlađenja; Vw,h - protok vode u režimu hlađenja; dpw,h - pad tlaka na strani vode u režimu hlađenja



## 5.2. ODABIR ELEKTRIČNIH GRIJAČA SANITARNIH PROSTORA

Zbog vrlo malih vrijednosti toplinskih gubitaka te, pokrivanje potrebnog toplinskog učina u sanitarnim prostorima te u spremištima neće biti izvedeno kao u ostalim prostorijama već će se koristiti električni grijači. Električni grijači su izvedeni u obliku kompaktnih mramornih ploča koje odlikuje estetski dizajn sa debljinom od 30 mm, te ravnomjerna razdioba temperature u prostoru. Mramorna ploča proizvođača "Mramoterm" prikazana je na slici 19. dok su instalirani kapaciteti prikazani u tablici 13.



Slika 19. El. grijač sanitarnih prostora [9]

Tablica 13. Pregled instaliranih kapaciteta el. grijača

Prostorija	Q <sub>gr</sub>	Φ <sub>gr</sub>
-	W	W
0.8 sanitarije	308	450
0.27 sanitarije	459	450
0.28 sanitarije	280	450
1.10 sanitarije	306	450
1.22 sanitarije	256	450
1.23 sanitarije	256	450
2.14 spremiste	441	450
2.17 sanitarije	354	450
2.20 spremiste	725	800
2.26 sanitarije	289	450
2.27 sanitarije	244	450
Ukupno instalirana snaga el. grijača		5300

### 5.3. ODABIR RASHLADNIKA VODE

Za hlađenje vode režim 7/12 °C koristi se rashladnik vode "ME - 322" namijenjen za unutarnju ugradnju sa odvojenim zrakom hlađenim kondenzatorom "CE - 322" smještenim na krovu poliklinike, oboje proizvođača "Clivet".



Slika 20. Rashladnik vode sa odvojenim zrakom hlađenim kondenzatorima [8]

Tehničke karakteristike rashladnika vode "ME - 322":

- Rashladni učin: 96,9 kW ( $T_w = 7/12^{\circ}\text{C}$ ,  $T_c = 50^{\circ}\text{C}$ )
- El. snaga kompresora: 29,4 kW
- Ukupna potrebna el. snaga: 29,8 kW
- EER: 3,25
- Tip kompresora: Scroll
- Broj kompresora: 2
- Broj stupnjeva regulacije: 2
- Radna tvar: R-407C
- Napajanje: 400/3/50
- Razina zvučnog tlaka (1 m): 66 dB(A)
- Dimenzije: V/D/Š = 1538/1062/580 mm

Tehničke karakteristike zrakom hlađenog kondenzatora "CE - 322":

- Rashladni učin: 138,1 kW ( $T_o = 35^{\circ}\text{C}$ ,  $T_c = 50^{\circ}\text{C}$ )
- Broj ventilatora: 2
- Protok zraka: 8567 l/s
- El. snaga: 2,6 kW
- Radna tvar: R-407C
- Napajanje: 400/3/50
- Razina zvučnog tlaka (1 m): 79 dB(A)
- Dimenzije: V/D/Š = 1255/2635/900 mm

Međuspremnik topline se u sustave hlađenja s rashladnicima vode ugrađuje iz nekoliko razloga. Smanjuje se učestalost uključivanja rashladnika, pokriva se vršna potrošnja, omogućuje se opskrba topline u vrijeme kada rashladnik iz nekog razloga prestane s radom te je moguć noćni rad sa jeftinijom strujom. Također je upotrebom međuspremnika osiguran konstantan protok vode kroz rashladnik što je izuzetno važno za ispravan rad samog rashladnika. Prema uputama proizvođača odabranog rashladnika "ME - 322" odabire se međuspremnik "A550PPS" volumena 550 l.

## 5.4. ODABIR KOTLA

Ukupna potrebna snaga izvora topline  $Q_{UK}$  mora biti dovoljna za pokrivanje toplinskih gubitaka prostora koji se pokrivaju ventilokonvektorima, te grijača i dogrijača u klimatizacijskoj jedinici koja priprema zrak za ventilaciju:

$$Q_{UK} = Q_{TG} + Q_{GR} + Q_{DG}$$

$$Q_{UK} = 70,3 + 110,18 + 28,12$$

$$Q_{UK} = 208,6 \text{ kW}$$

gdje je:

- $Q_{TG}$  - projektni toplinski gubici: 70,3 kW

- $Q_{GR}$  - snaga grijača: 110,18 kW
- $Q_{DG}$  - snaga dogrijača: 28,12 kW

Potrebna snaga kotla mora se povećati za određene gubitke koji se javljaju u radu instalacije grijanja:

$$Q_{KO} = Q_{UK} \cdot (1 + a + b)$$

$$Q_{KO} = 208,6 \cdot (1 + 0,1 + 0)$$

$$Q_{KO} = 229,46 \text{ kW}$$

gdje je:

- $a$  - gubici kotla i cjevovoda: 0,1
- $b$  - dodatak zbog prekida loženja: 0

Prema potrebnoj snazi kotla odabran je plinski kondenzacijski kotao "ecoCRAFT exclusiv 2806/2-E" proizvođača "Vaillant" sa sljedećim karakteristikama:

- područje nazivnog toplinskog učina (pri 40/30°C): 12,5 - 292 kW
- područje nazivnog toplinskog učina (pri 60/40°C): 12 - 280 kW
- područje nazivnog toplinskog učina (pri 80/60°C): 11,6 - 275,5 kW
- područje nazivnog toplinskog opterećenja: 12 - 280 kW
- modulacijsko područje: 4,2 - 100 %
- normni stupanj iskorištenja pri 40/30°C: 110 %
- normni stupanj iskorištenja pri 75/60°C: 105 %
- temperatura dimnih plinova kod grijanja 40/30°C: 35°C
- temperatura dimnih plinova, max: 80°C
- raspoloživi uzgon ventilatora: 100 Pa
- emisija NO<sub>x</sub>: < 60 mg/kWh
- dopušteni radni pretlak: 4 bar
- temperatura polaznog voda: 30 - 90°C
- priključni tlak plina: 20 mbar
- priključak dimnih plinova:  $\Phi 200$  mm

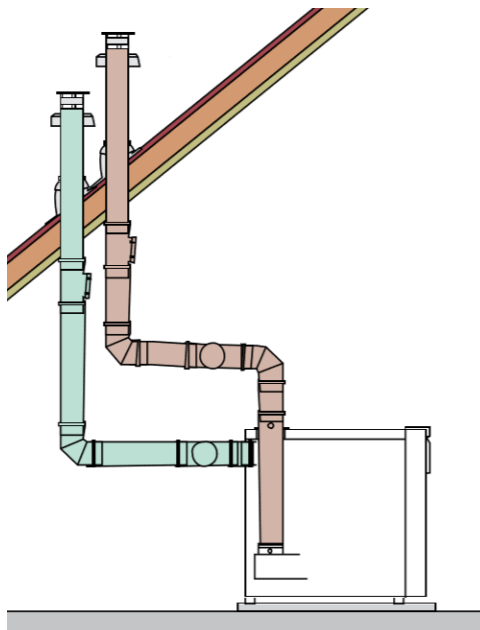
- priključak za zrak:  $\Phi 150$  mm
- dimenzije V/Š/D: 1091/695/1605 mm
- zapremnina vode: 31 l



Slika 21. Plinski kondenzacijski kotao "ecoCRAFT exclusiv" [11]

Za odvođenje dimnih plinova plinskog kondenzacijskog kotla "ecoCRAFT exclusiv" koristi se pretlak. Kotlovi su opremljeni specijalnim priključnim nastavcima za priključenje na dimovode sigurne od prodora kondenzata. Na dimovodnom putu mora biti predviđen priključak za mjerenje emisija štetnih plinova. Priključak za dimne plinove nalazi se unutar oplata kotla. Na kotlu se osim priključka za dimne plinove nalazi i priključni nastavak za dovod zraka. Time je omogućeno zasebno polaganje cijevi za dimne plinove i za dovod zraka te je način rada kotla neovisan o zraku u kotlovnici. Zrakovodne/dimovodne cijevi su ispitane i odobrene za rad sa plinskim kotlom "ecoCRAFT exclusiv". Za kotao veličine "2806/2-E" cijevi za dovod zraka i za odvođenje dimnih plinova su promjera 200 mm. Pri polaganju cijevi kroz krov treba obratiti pozornost na sljedeća ograničenja:

- Max. dužina horizontalnih vodova: 4 m
- Max. dužine cijevi: 25 m
- Kut koljena: max.  $87^\circ$



Slika 22. Vođenje dimnih plinova i zraka preko krova [11]

#### 5.4.2. Kotlovnica

Kotao se zajedno sa ostalom strojarskom opremom smješta u kotlovnicu koja se nalazi na drugom katu poliklinike. Pri tome se kotao mora smjestiti tako da se do njega može nesmetano prići, odnosno potrebno se pridržavati smjernica o minimalnoj udaljenosti kotla od zidova koje ovise o dimenzijama kotla. Također, kotao je potrebno postaviti na povišeno postolje odvojeno od zidova kako se ne bi prenosila buka i vibracije te zbog zaštite kotla od prodora vode prilikom pražnjenja.

Prilikom projektiranja kotlovnice treba paziti na sljedeća pravila:

- najmanje jedan zid prema vanjskom prostoru
- mora postojati najmanje jedan siguran izlaz
- vrata kotlovnice moraju se otvarati prema van s mogućnošću učvršćenja u otvorenom položaju
- kotlovnica mora imati najmanje 1 prozor površine ne manje od 1/8 površine poda
- prostor kotlovnice mora se provjetravati, prvenstveno prirodno, a ako to nije moguće, moraju se stvoriti tehnički uvjeti za prisilnu ventilaciju
- minimalna površina dovodnih otvora izračunava se na temelju kapaciteta kotlovnice

- bez obzira na proračun efektivna površina dovodnog otvora ne smije biti manja od 500 cm<sup>2</sup>, a odvodnog od 250 cm<sup>2</sup>
- odvodni otvori moraju biti izvedeni tako da ne postoji mogućnost njihova zatvaranja
- dovodni i odvodni otvori moraju biti izvedeni tako da je u svim okolnostima osigurana njihova efektivna površina
- prirodna ventilacije kotlovnice
  - odvod zraka izvodi se na što većoj visini, najmanje na 2/3 visine računajući od poda do donjeg ruba otvora
  - odnos manje i veće stranice odvodnog kanal pravokutnog presjeka treba biti najviše 1:2, te kraća stranica ne smije biti manja od 10 cm
  - dovod zraka izvodi se nisko, ali ne niže od 30 cm iznad poda i ne više od 1/3 ukupne unutarnje visine kotlovnice
  - kod pravokutnih otvora odnos manje i veće stranice može biti najviše 1:1,5

Ako se zrak za izgaranje uzima izravno izvana, minimalna efektivna površina dovodnog i odvodnog otvora zraka jednaka je i iznosi:

$$A_D = A_O = 2 \cdot Q$$

$$A_D = A_O = 2 \cdot 280$$

$$A_D = A_O = 560 \text{ [cm}^2\text{]}$$

U kotlovnice se na vanjski zid postavlja dovodni i odvodni otvor dimenzija 30x20 cm, što osigurava površinu od 600 cm<sup>2</sup>.

## 5.5. ODABIR OSTALIH KOMPONENATA

### 5.5.1. Cirkulacijske pumpe sekundarnih krugova

Krugovi grijanja i hlađenja podijeljeni su na dvije zone, zona sjever i zona jug. Proračun se vrši za svaku od zona te se na temelju proračunatog pada tlaka vrši odabir sekundarne pumpe odgovarajućeg kruga. Za razvod tople i hladne vode koriste se bakrene cijevi koje se vode u spušenom stropu. Ukupni pad tlaka kritične dionice prema kojoj se dimenzioniraju sekundarne pumpe krugova grijanja i hlađenja dobivaju se zbrojem pada tlaka kritičnog kruga

grijanja ili hlađenja, pada tlaka na razdjelniku te linijskog i lokalnog pada tlaka kroz cjevovod od kotla/međuspremenika do kritičnog kruga grijanja/hlađenja i nazad do kotla/međuspremnika.

Tablica 14. Pad tlaka sekundarnog kruga - zona sjever grijanje

dionica	$Q_{inst}$	$mc_p$	$q_m$	L	DN	$d_i$	v	R	RL	$\xi$	Z	RL+Z
-	W	W/K	kg/s	m	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	45748	3049,87	0,729	14	32	35	0,771	180	2520	8	2337,04	4857,04
2	25535	1702,33	0,407	6,6	25	28	0,672	240	1584	2	444,40	2028,40
3	13483	898,87	0,215	5,7	20	22	0,575	240	1368	2	325,10	1693,10
4	8135	542,33	0,130	1	15	18	0,518	260	260	1	132,05	392,05
5	7402	493,47	0,118	24	15	18	0,472	240	5760	1	109,32	5869,32
6	6669	444,60	0,106	6	15	18	0,425	220	1320	1	88,74	1408,74
7	5936	395,73	0,095	6	15	18	0,378	200	1200	1	70,31	1270,31
8	5203	346,87	0,083	6	15	18	0,332	180	1080	1	54,02	1134,02
9	4470	298,00	0,071	6	15	18	0,285	170	1020	1	39,87	1059,87
10	3738	249,20	0,060	5	15	18	0,238	160	800	1	27,88	827,88
11	3004	200,27	0,048	6	15	18	0,191	150	900	1	18,01	918,01
12	2271	151,40	0,036	6	10	12	0,326	130	780	1	52,10	832,10
13	1538	102,53	0,025	15	10	12	0,220	120	1800	6	143,36	1943,36

Padu tlaka cjevovoda potrebno je dodati pad tlaka ne regulacijskom ventilu ventilokonvektora te pad tlaka na samome ventilokonvektoru. Ukupni pad tlaka sekundarnog kruga zone sjever u režimu grijanja iznosi 3,075 m pri protoku od 2,669 m<sup>3</sup>/h.

Tablica 15. Pad tlaka sekundarnog kruga - zona sjever hlađenje

dionica	$Q_{inst}$	$mc_p$	$q_m$	L	DN	$d_i$	v	R	RL	$\xi$	Z	RL+Z
-	W	W/K	kg/s	m	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	47954	9590,8	2,288	14	50	54	0,999	220	3080	8	3927,95	7007,95
2	25679	5135,8	1,225	6,6	40	42	0,885	240	1584	2	769,47	2353,47
3	14234	2846,8	0,679	5,7	32	35	0,706	160	912	2	490,25	1402,25
4	8494	1698,8	0,405	1	25	28	0,658	240	240	1	213,11	453,11
5	7731	1546,2	0,369	24	25	28	0,599	200	4800	1	176,54	4976,54
6	6968	1393,6	0,332	6	25	28	0,540	160	960	1	143,41	1103,41
7	6205	1241	0,296	6	20	22	0,779	400	2400	1	298,40	2698,40
8	5442	1088,4	0,260	6	20	22	0,683	330	1980	1	229,52	2209,52
9	4679	935,8	0,223	6	20	22	0,588	260	1560	1	169,67	1729,67
10	3916	783,2	0,187	5	20	22	0,492	180	900	1	118,85	1018,85
11	3153	630,6	0,150	6	15	18	0,591	550	3300	1	171,93	3471,93
12	2390	478	0,114	6	12	15	0,646	400	2400	1	204,85	2604,85



13	1657	331,4	0,079	15	10	12	0,699	700	10500	6	1442,36	11942,36
----	------	-------	-------	----	----	----	-------	-----	-------	---	---------	----------

Padu tlaka cjevovoda potrebno je dodati pad tlaka ne regulacijskom ventilu ventilokonvektora te pad tlaka na samome ventilokonvektoru. Ukupni pad tlaka sekundarnog kruga zone sjever u režimu hlađenja iznosi 5,032 m pri protoku od 8,236 m<sup>3</sup>/h.

Tablica 16. Pad tlaka sekundarnog kruga - zona jug grijanje

dionica	Q <sub>inst</sub>	mc <sub>p</sub>	q <sub>m</sub>	L	DN	d <sub>i</sub>	v	R	RL	ξ	Z	RL+Z
-	W	W/K	kg/s	m	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	74751	4983,4	1,191	28	40	42	0,875	220	6160	8	3009,06	9169,06
2	47172	3144,8	0,751	6,6	32	35	0,795	190	1254	2	621,20	1875,20
3	20480	1365,333	0,326	5,4	25	28	0,539	170	918	2	285,87	1203,87
4	15648	1043,2	0,249	1	20	22	0,667	280	280	1	218,94	498,94
5	14110	940,6667	0,225	6	20	22	0,602	260	1560	1	178,02	1738,02
6	12572	838,1333	0,200	7,6	20	22	0,536	200	1520	1	141,33	1661,33
7	10156	677,0667	0,162	7,6	20	22	0,433	150	1140	1	92,23	1232,23
8	9423	628,2	0,150	21	20	22	0,402	130	2730	1	79,39	2809,39
9	4875	325	0,078	1,2	15	18	0,311	160	192	1	47,42	239,42
10	4142	276,1333	0,066	9	15	18	0,264	120	1080	1	34,23	1114,23
11	3076	205,0667	0,049	4,8	12	15	0,282	150	720	1	39,15	759,15
12	1538	102,5333	0,025	6	10	12	0,220	70	420	4	95,58	515,58

Padu tlaka cjevovoda potrebno je dodati pad tlaka ne regulacijskom ventilu ventilokonvektora te pad tlaka na samome ventilokonvektoru. Ukupni pad tlaka sekundarnog kruga zone jug u režimu grijanja iznosi 3,123 m pri protoku od 4,361 m<sup>3</sup>/h.

Tablica 17. Pad tlaka sekundarnog kruga - zona jug hlađenje

dionica	Q <sub>inst</sub>	mc <sub>p</sub>	q <sub>m</sub>	L	DN	d <sub>i</sub>	v	R	RL	ξ	Z	RL+Z
-	W	W/K	kg/s	m	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	86472	17294,4	4,126	28	50	54	1,802	500	14000	8	12772,2	26772,2
2	53916	10783,2	2,572	6,6	50	54	1,124	420	2772	2	1241,34	4013,34
3	22288	4457,6	1,063	5,4	40	42	0,768	150	810	2	579,66	1389,66
4	16874	3374,8	0,805	1	32	35	0,837	220	220	1	344,48	564,48
5	15217	3043,4	0,726	6	32	35	0,755	180	1080	1	280,15	1360,15
6	13470	2694	0,643	7,6	32	35	0,668	140	1064	1	219,52	1283,52
7	10812	2162,4	0,516	7,6	32	35	0,536	100	760	1	141,43	901,43
8	10049	2009,8	0,479	21	25	28	0,779	330	6930	1	298,27	7228,27
9	5143	1028,6	0,245	1,2	15	18	0,965	1000	1200	1	457,45	1657,45
10	4380	876	0,209	9	15	18	0,822	800	7200	1	331,79	7531,79
11	3314	662,8	0,158	4,8	12	15	0,895	600	2880	1	393,86	3273,86

12	1657	331,4	0,079	6	10	12	0,699	600	3600	4	961,57	4561,57
----	------	-------	-------	---	----	----	-------	-----	------	---	--------	---------

Padu tlaka cjevovoda potrebno je dodati pad tlaka ne regulacijskom ventilu ventilokonvektora te pad tlaka na samome ventilokonvektoru. Ukupni pad tlaka sekundarnog kruga zone jug u režimu hlađenja iznosi 7,741 m pri protoku od 14,852 m<sup>3</sup>/h.

Tablica 18. Pad tlaka sekundarnog kruga - grijač klimatizacijske jedinice

dionica	Q <sub>inst</sub>	mc <sub>p</sub>	q <sub>m</sub>	L	DN	d <sub>i</sub>	v	R	RL	ξ	Z	RL+Z
-	W	W/K	kg/s	m	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	110180	7345,3	1,755	36	50	54	0,780	500	5040	28	8373,22	13413,22

Padu tlaka cjevovoda potrebno je dodati pad tlaka ne regulacijskom ventilu grijača te pad tlaka na samome grijaču. Ukupni pad tlaka sekundarnog kruga grijača klimatizacijske jedinice iznosi 3,05 m pri protoku od 6,428 m<sup>3</sup>/h.

Tablica 19. Pad tlaka sekundarnog kruga - dogrijač klimatizacijske jedinice

dionica	Q <sub>inst</sub>	mc <sub>p</sub>	q <sub>m</sub>	L	DN	d <sub>i</sub>	v	R	RL	ξ	Z	RL+Z
-	W	W/K	kg/s	m	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	28120	1874,7	0,448	32	25	28	0,740	280	8960	14	3772,51	12732,51

Padu tlaka cjevovoda potrebno je dodati pad tlaka ne regulacijskom ventilu dogrijača te pad tlaka na samome dogrijaču. Ukupni pad tlaka sekundarnog kruga dogrijača klimatizacijske jedinice iznosi 3,913 m pri protoku od 1,64 m<sup>3</sup>/h.

Na temelju proračunatih padova tlakova i protoka ogrjevnog i rashladnog medija odabiru se cirkulacijske pumpe sekundarnih krugova. Odabir frekventno reguliranih cirkulacijskih pumpi sekundarnih krugova grijanja i hlađenja provodi se u software-u "WinCAPS" proizvođača "Grundfos".

- zona sjever - grijanje
  - model: "Grundfos MAGNA 25-80"
  - protok vode: 2,67 m<sup>3</sup>/h
  - visina dizanja: 3,07 m
  - maksimalna visina dizanja: 8 m
  - napajanje: 220/1/50

- težina: 5,3 kg
- $P_{el} = 52 \text{ W}$
- $\eta_{\text{pumpa+motor}} = 42,1 \%$
- zona sjever - hlađenje
  - model: "Grundfos TP 40-60/2"
  - protok vode:  $8,24 \text{ m}^3/\text{h}$
  - visina dizanja: 5,03 m
  - maksimalna visina dizanja: 6 m
  - napajanje: 220/1/50
  - težina: 20,8 kg
  - $P_{el} = 157 \text{ W}$
  - $\eta_{\text{pumpa+motor}} = 71,8 \%$
- zona jug - grijanje
  - model: "Grundfos MAGNA 25-80"
  - protok vode:  $4,36 \text{ m}^3/\text{h}$
  - visina dizanja: 3,12 m
  - maksimalna visina dizanja: 8 m
  - napajanje: 220/1/50
  - težina: 5,3 kg
  - $P_{el} = 75,7 \text{ W}$
  - $\eta_{\text{pumpa+motor}} = 48,2 \%$
- zona jug - hlađenje
  - model: "Grundfos TP 40-180/2"
  - protok vode:  $14,9 \text{ m}^3/\text{h}$
  - visina dizanja: 7,74 m
  - maksimalna visina dizanja: 18 m
  - napajanje: 220/1/50
  - težina: 24,6 kg
  - $P_{el} = 470 \text{ W}$
  - $\eta_{\text{pumpa+motor}} = 51,9 \%$
- grijač klimatizacijske jedinice
  - model: "Grundfos MAGNA 25-80"
  - protok vode:  $6,43 \text{ m}^3/\text{h}$

- visina dizanja: 3,05 m
- maksimalna visina dizanja: 8 m
- napajanje: 220/1/50
- težina: 5,3 kg
- $P_{el} = 114 \text{ W}$
- $\eta_{\text{pumpa+motor}} = 46,1 \%$
- dogrijač klimatizacijske jedinice
  - model: "Grundfos MAGNA 25-80"
  - protok vode:  $1,64 \text{ m}^3/\text{h}$
  - visina dizanja: 3,91 m
  - maksimalna visina dizanja: 8 m
  - napajanje: 220/1/50
  - težina: 5,3 kg
  - $P_{el} = 52,6 \text{ W}$
  - $\eta_{\text{pumpa+motor}} = 32,6 \%$



Slika 23. Cirkulacijska pumpa "Grundfos MAGNA 25-80" [12]

### 5.5.2. Ekspanzijska posuda instalacije grijanja

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

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (5,91 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 2} = 62 [l]$$

gdje je:

- $V_e$  – volumen širenja vode uslijed povišenja temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} = \frac{2,24 \cdot 264}{100} = 5,91 [l]$$

- $V_V$  – dodatni volumen (zaliha) – 3 l
- $p_e$  – projektni krajnji tlak – 2,5 bara (0,5 bara ispod tlaka otvaranja sigurnosnog ventila)
- $p_0$  – primarni tlak punjenja ekspanzijske posude – za visinu instalacije 15 do 20 m iznosi 2 bar
- $n$  – postotak širenja vode – 2,24 %
- $V_A$  – volumen vode u instalaciji – 264 l

- odabrana je ekspanzijska posuda "ETC-20" proizvođača "Therm-o-flex" volumena 75 litara.

### 5.5.3. Ekspanzijska posuda instalacije hlađenja

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

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (3,11 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 2} = 43 [l]$$

gdje je:

- $V_e$  – volumen širenja vode uslijed povišenja temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} = \frac{0,3 \cdot 1037}{100} = 3,11 [l]$$

- $V_V$  – dodatni volumen (zaliha) – 3 l
- $p_e$  – projektni krajnji tlak – 2,5 bara (0,5 bara ispod tlaka otvaranja sigurnosnog ventila)
- $p_0$  – primarni tlak punjenja ekspanzijske posude – za visinu instalacije 15 do 20 m iznosi 2 bar
- $n$  – postotak širenja vode – 0,3 %
- $V_A$  – volumen vode u instalaciji – 1037 l

- odabrana je ekspanzijska posuda "CA90-60" proizvođača "Taco" volumena 60 litara.

## 6. TEHNIČKI OPIS

Projekt grijanja, hlađenja i ventilacije izveden je za polikliniku za rehabilitaciju na području Grada Zagreba prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Zgrada se sastoji od tri etaže (prizemlje, 1. kat i 2. kat) ukupne korisne površine 1850 m<sup>2</sup>.

Kako bi se sustav grijanja, hlađenja i ventilacije mogao ispravno dimenzionirati potrebno je odrediti projektne toplinske gubitke i projektno toplinsko opterećenje. Projektne toplinske gubitke određeni su prema normi HRN EN 12831 te iznose 70298 W. Projektno toplinsko opterećenje poliklinike određeno je prema smjernicama VDI 2078 te ono u trenutku najvišeg ukupnog opterećenja iznosi 95080 W. Unutarnji projektne uvjeti koji se održavaju sustavom klimatizacije su 22°C i  $\phi=50\%$  u zimskom razdoblju te 26°C i  $\phi=50\%$  u ljetnom razdoblju.

### 6.1. GRIJANJE

Sustav grijanja izveden je kao centralni sustav sa prisilnom cirkulacijom ogrjevnog medija sa ventilokonvektorima kao ogrjevnim tijelima. Kao izvor topline u sustavu grijanja koristi se plinski kondenzacijski kotao "ecoCRAFT exclusiv 2806/2-E" proizvođača "Vaillant" snage 292 kW. Kotao je opremljen svom potrebnom sigurnosnom armaturom za tehnički ispravan rad. Na kotao su spojene dimovodna cijev promjera  $\Phi 200$  mm za odvođenje dimnih plinova u okoliš te zrakovodna cijev promjera  $\Phi 200$  mm za dovodjenje zraka za izgaranje.

Kotao se smješta u kotlovnici koja se nalazi na drugom katu poliklinike. Pri tome se kotao mora smjestiti tako da se do njega može nesmetano pristupiti, odnosno potrebno se pridržavati smjernica o minimalnoj udaljenosti kotla od zidova koje ovise o dimenzijama kotla. Također, kotao je potrebno postaviti na povišeno postolje odvojeno od zidova kako se ne bi prenosila buka i vibracije te zbog zaštite kotla od prodora vode prilikom pražnjenja. Kako bi se osiguralo provjetranje, u kotlovnici se na vanjski zid postavljaju dovodni i odvodni otvor za zrak dimenzija 30x20 cm, što osigurava površinu od 600 cm<sup>2</sup>.

Da bi se u kotlovskom krugu osigurala nužna količina vode u optoku, u njemu su instalirani visokoučinska crpka s regulacijom broja okretaja "VKK 2806/2-E" te hidraulička skretnica "WH 280" koja omogućava hidrauličko odvajanje kotlovskog kruga od krugova potrošača, oboje proizvođača "Vaillant". U kotlovskom krugu su smješteni i sigurnosni ventil DN 25 tlaka 3 bara te ekspanzijska posuda volumena 75 litara.

Na primarni krug spojeni su razdjelnik i sabirnik sa četiri priključka na koje su spojeni sekundarni krugovi grijanja. Sustav grijanja izveden je tako da postoje dva zasebna sekundarna kruga, "zona sjever" i "zona jug" te sekundarni krugovi grijača i dogrijača klimatizacijske jedinice. Ukupni instalirani kapacitet "zone sjever" iznosi 74751 W, "zone jug" 45748 W, grijača klimatizacijske jedinice 110180 W te dogrijača klimatizacijske jedinice kapaciteta 28120 W. U sekundarnim krugovima grijanja instalirane su odgovarajuće cirkulacijske pumpe. Za sva četiri sekundarna kruga grijanja koristi se po jedna cirkulacijska pumpa "Grundfos MAGNA 25-80". Odabir cirkulacijskih pumpi proveden je prema izračunatom padu tlaka odgovarajućeg kruga te prema nazivnom protoku ogrjevnog medija. Cijevi za razvod ogrjevnog medija vode se u spušenom stropu one etaže koja se nalazi ispod etaže na kojoj se nalazi instalirani ventilokonvektor.

Kao ogrjevna tijela koriste se četverocijevni ventilokonvektori "Carisma CRC" proizvođača "Sabiana". Ventilokonvektori imaju dva izmjenjivača topline, manji za režim grijanja 70/55°C te veći izmjenjivač za režim hlađenja. Ventilokonvektori su dimenzionirani prema prethodno određenim toplinskim gubicima prostorije. Proračun ogrjevnog učina i odabir ventilokonvektora provodi se sa temperaturnim režimom grijanja te unutarnjim projektnim uvjetima kao ulaznim podacima. Sa ventilokonvektorima se isporučuju i nogice kroz koje se izvodi priključak na cjevovode grijanja i hlađenja.

## 6.2. HLAĐENJE

Sustav hlađenja izveden je kao centralni sustav sa prisilnom cirkulacijom sa ventilokonvektorima kao rashladnim tijelima. Kao izvor rashladnog medija u sustavu hlađenja koristi se rashladnik vode "ME - 322" proizvođača "Clivet" rashladnog učina 96,9 kW smješten u kotlovnici na drugom katu poliklinike. Za odvođenje topline koriste se zrakom hlađeni kondenzatori "CE - 322" proizvođača "Clivet" koji se smještaju na ravni dio krova poliklinike. Rashladnik i zrakom hlađeni kondenzator sastoje se od dva odvojena rashladna kruga sa radnom tvari R-407C. Rashladnik vode je sa zrakom hlađenim kondenzatorom povezan freonskim vodom promjera parne faze  $\Phi 42$  mm te kapljevinskim vodom promjera  $\Phi 35$  mm. Freonski vodovi su predizolirani te ih je na krovu potrebno zaštititi metalnim limom. Zrakom hlađeni kondenzator ima dva ventilatora ukupne električne snage 5,2 kW.

U primarni krug hlađenja instalirana je ekspanzijska posuda volumena 60 litara, hvatač nečistoga "IFWX" te međuspremnik "A550PPS" proizvođača "Clivet" volumena 550 l.



Međuspremnik ima zadaću akumulirati toplinu kako se rashladnik vode ne bi prečesto pokretao. Također omogućava stabilan protok kroz isparivač što je nužno za ispravan rad rashladnika vode. Na primarni krug spojeni su razdjelnik i sabirnik sa dva priključka na koje su spojeni sekundarni krugovi hlađenja.

Sustav hlađenja izveden je tako da postoje dva zasebna sekundarna kruga, "zona sjever" rashladnog učina 86472 W te "zona jug" rashladnog učina 47954 W. Cirkulacijska pumpa sekundarnog kruga hlađenja "zona sjever" je "Grundfos TP 40-60/2" dok je u sekundarnom krugu "zona jug" cirkulacijska pumpa "Grundfos TP 40-180/2". Cijevni razvod rashladnog medija i ogrjevnog medija te odvod kondenzata sa ventilokonvektora vode se u spušenom stropu etaže koja se nalazi ispod etaže na kojoj se nalazi ventilokonvektor.

Kao rashladna tijela koriste se četverocijevni ventilokonvektori "Carisma CRC" proizvođača "Sabiana" sa temperaturnim režimom hlađenja 7/12°C.

### 6.3. TLAČNO-ODSISNA VENTILACIJA

Kako bi se u zoni boravka održala odgovarajuća kvaliteta zraka, za polikliniku je projektiran i sustav prisilne ventilacije. Sustav se sastoji od tlačne i od odsisne ventilacije te je dimenzioniran tako da je prostor stalno u laganom pretlaku. Potrebne količine zraka za pojedine prostorije određene su ovisno o veličini i namjeni prostorije. Ukupni projektni protok zraka tlačne ventilacije iznosi 14 750 m<sup>3</sup>/h dok za sustav odsisne ventilacije on iznosi 12 075 m<sup>3</sup>/h.

Kanali za distribuciju dobavnog zraka u pojedini prostor opremljeni su regulatorima varijabilnog protoka koji imaju zadaću regulirati protok zraka koji se dovodi u zonu boravka preko dobavnih ventilacijskih otvora. Pogonom regulatora varijabilnog protoka upravljaju sobni osjetnici CO<sub>2</sub> koji u ovisnosti o koncentraciji otvaraju ili pritvaraju regulator. Osjetnik je integriran u sobni kontroler "Codis 35" proizvođača "Koer" te je namijenjen za zidnu ugradnju i može upravljati sa više regulatora varijabilnog protoka istovremeno. Protoci kroz regulator su namješteni tako da maksimalni protok odgovara projektnom protoku dok je minimalni protok zraka definiran minimalnom vrijednošću protoka koji je potreban kako bi regulator ispravno funkcionirao. U prosjeku to iznosi od 30 do 40 % projektnog protoka zraka. Dobava zraka u zonu boravka vrši se preko stropnih vrtložnih distributera "DEV" dok

se odsis zraka vrši preko pravokutnih rešetki "OAS" i "OAB", oboje proizvođača "Klimaoprema".

Zrak za ventilaciju priprema se centralno u klimatizacijskoj jedinici smještenoj na krovu zgrade. Kod vanjskih projektnih uvjeta u zimskom periodu zrak se dovodi na stanje ubacivanja temperature 18°C i 59 % relativne vlažnosti koje će u prostoru održavati unutarnje projektne uvjete. Kako bi se to ostvarilo klimatizacijska se jedinica sastoji od rekuperatora topline, grijača, ovlaživača, dogrijača, filtera te dobavnog i odsisnog ventilatora.

Rekuperator topline ima funkciju izmjene topline između dobavnog i odsisnog zraka što omogućava uštedu na pogonskim troškovima. Učin rekuperatora kod zimskih projektnih uvjeta iznosi 112,85 kW te kod ljetnih projektnih uvjeta 15,17 kW. Grijač snage 110,18 kW kod temperaturnog režima ogrjevnog medija 70/55 °C koristi se kako bi se zrak predgrijao na stanje koje će omogućiti ovlaživanje vodom.

Ovlaživač vode koristi se kako bi se zraku dovela odgovarajuća količina vlage s ciljem održavanja relativne vlažnosti u prostoru. Ovlaživanje se vrši ubrizgavanjem kapljica vode u struju dobavnog zraka. Kako bi se spriječilo odnošenje kapljica vode, iza ovlaživača je smješten i eliminator kapljica. Nakon ovlaživanja zrak se dogrijačem snage 28,12 kW dovodi na željeno stanje ubacivanja.

U ljetnom razdoblju zrak se kondicionira samo sa rekuperatorom te se zrak na željeno stanje u zoni boravka dovodi sustavom hlađenja preko ventilokonvektora.

Za distribuciju zraka koriste se tlačni i odsisni ventilator smješteni u klimatizacijskoj jedinici. Frekventno regulirani tlačni ventilator ima nazivni protok od 14750 m<sup>3</sup>/h sa ukupnim tlakom od 1414 Pa i priključnu električnu snagu od 11 kW. Frekventno regulirani odsisni ventilator ima nazivni protok od 12075 m<sup>3</sup>/h sa ukupnim tlakom od 1096 Pa i priključnu električnu snagu od 7,5 kW.

Filtri i predfiltri imaju funkciju održavanja zadovoljavajuće kvalitete zraka te zaštite komponenata klimatizacijske jedinice. U tu se svrhu u dobavnu sekciju ugrađuje vrećasti filter F8 sa predfiltrom F5. U odsisnu sekciju ugrađuje se filter F5 s ciljem zaštite komponenata od zaprljanja. Klimatizacijska jedinica opremljena je sa antivibracijskim priključcima za sprječavanje prenošenja vibracija te inspeksijskim otvorima za nadzor i servis.

## 6.4. ODSISNA VENTILACIJA

Za prostorije poput garderoba i sanitarija predviđen je sustav odsisne ventilacije. To znači da se iz tih prostorija zrak samo odvodi čime se prostori drže u potlaku kako bi se spriječilo širenje mirisa. Za odsis zraka koriste se ventili "ZOV" proizvođača "Klimaoprema". Sustav odsisne ventilacije izveden je tako da postoji zaseban sustav na svakom katu. Kanali koji dolaze iz pojedinih prostora se spajaju u hodniku te se zrak odvodi preko rešetke na bočnoj fasadi zgrade. U odsisnoj ventilaciji prizemlja instaliran je kanalni ventilator "Klimaoprema RK 200 LS", u odsisnoj ventilaciji prvog kata kanalni ventilator "Klimaoprema RK 160 S" dok je u sustavu odsisne ventilacije drugog kata instaliran kanalni ventilator "Klimaoprema RK 200 S". Protok zraka odsisne ventilacije iznosi  $900 \text{ m}^3/\text{h}$  na prizemlju,  $450 \text{ m}^3/\text{h}$  na 1. katu, te  $750 \text{ m}^3/\text{h}$  na 2. katu.

Za sanitarne prostore i garderobe koji se nalaze u sustavu odsisne ventilacije, nije predviđen sustav grijanja i hlađenja sa ventilokonvektorima već samo grijanja sa električnim grijačima. Električni grijači su integrirani u mramorne ploče, debljine 30 mm kako bi zauzimale što manji prostor, te su namijenjene za zidnu ugradnju. Ukupna instalirana snaga električnih grijača iznosi 5300 W.

## 6.5. REGULACIJA

Centralna regulacija sustava grijanja izvodi se atmosferskim regulatorom "colorMATIC 630" proizvođača "Vaillant". Regulator vodi temperaturu polaza i povrata sustava grijanja klizno u ovisnosti o vanjskoj temperaturi koja se prati preko osjetnika vanjske temperature "AF" smještenog u vanjskom okolišu na sjevernom pročelju. Regulator upravlja radom svih elemenata samoga kotla, pumpom primarnog kruga te pumpama sekundarnih krugova grijanja.

Centralna regulacija sustava hlađenja izvodi se regulatorom "RCMRX" proizvođača "Clivet". Regulator upravlja radom rashladnika vode i zrakom hlađenih kondenzatora te pumpama primarnog i sekundarnih krugova hlađenja.

Uz ventilokonvektore se isporučuju dva troputna ventila za regulaciju učina ventilokonvektora promjenom protoka ogrjevnog/rashladnog medija. Ventili funkcioniraju kao on-off ventili te u slučaju zatvaranju preusmjeravaju radni medij u povratni vod. Ventilima upravlja sobni termostat "Sabiana TM-T-AU". Termostati dolaze predmontirani

unutar kućišta ventilokonvektora te im je zadaća lokalna regulacija učina sustava grijanja i hlađenja. Oni omogućuju regulaciju na strani vode otvaranjem i zatvaranjem troputnih ventila te regulaciju na strani zraka promjenom brzine vrtnje ventilatora.

Regulaciju rada svih komponenata klimatizacijske jedinice omogućava regulator "AHU". Regulator upravlja ventilatorima, regulacijskim ventilima grijača i dogrijača, pumpom za ovlaživanje te žaluzijama.

## ZAKLJUČAK

U diplomskom radu izrađeno je projektno rješenje klimatizacijskog sustava poliklinike za rehabilitaciju na području Grada Zagreba. Poliklinika se sastoji od tri etaže ukupne korisne površine 1850 m<sup>2</sup>. U radu su provedeni svi potrebni proračuni potrebni za optimalno dimenzioniranje sustava klimatizacije.

Izrada projektog rješenja sustava grijanja, hlađenja i ventilacije poliklinike za rehabilitaciju provedena je u skladu sa svim važećim normama i pravilnicima te u skladu sa pravilima struke. Kod dimenzioniranja i odabira komponenata sustava pazilo se kako korištena oprema ne bi bila predimenzionirana ili poddimenzionirana kako bi se omogućio pravilan rad sustava. Pravilan rad sustava podrazumijeva rad sa minimalnim mogućim pogonskim troškovima, što manjim zastojećima u radu uslijed kvarova te što jednostavnije prilagođavanje rada sustava klimatizacije trenutnim opterećenjima.

Sustav grijanja i hlađenja izveden je kao četverocijevni sustav sa ventilokonvektorima. Izvor topline u sustavu grijanja je plinski kondenzacijski kotao učina 292 kW dok se u sustavu hlađenja rashladni medij priprema rashladnikom vode učina 96,9 kW sa zrakom hlađenim kondenzatorima smještenima na krovu poliklinike. Za održavanje kvalitete zraka u prostoru zadužen je sustav tlačno - odsisne mehaničke ventilacije. Ukupni projektni protok zraka tlačne ventilacije iznosi 14 750 m<sup>3</sup>/h dok za sustav odsisne ventilacije on iznosi 12 075 m<sup>3</sup>/h. Zrak za ventilaciju priprema se u centralnoj klimatizacijskoj jedinici.

Centralna klimatizacijska jedinica sa povratom topline će zbog manje količine primarnog zraka biti znatno manja nego u slučaju korištenja sustava samo za zrakom. Korištenjem sustava povrata topline iz istrošenog zraka mogu se ostvariti značajne uštede na pogonskim troškovima. Sustav je projektiran tako da ne narušava funkcionalnost i estetiku prostora te da bude siguran za korisnike.

Primjenom zračno - vodenih sustava pokrivanje toplinskih opterećenja prostora provodi se preko vodenog sustava dok se zračnim sustavom omogućuje pokrivanje ventilacijskih zahtjeva sa održavanjem kvalitete zraka. Regulacija temperature u pojedinačnim prostorijama omogućena je primjenom sobnih termostata čime je omogućena jeftina regulacija koja je istovremeno korisnicima jednostavna za korištenje. Također je zbog odvojenih sustava grijanja i hlađenja omogućeno istovremeno korištenje oba sustava.

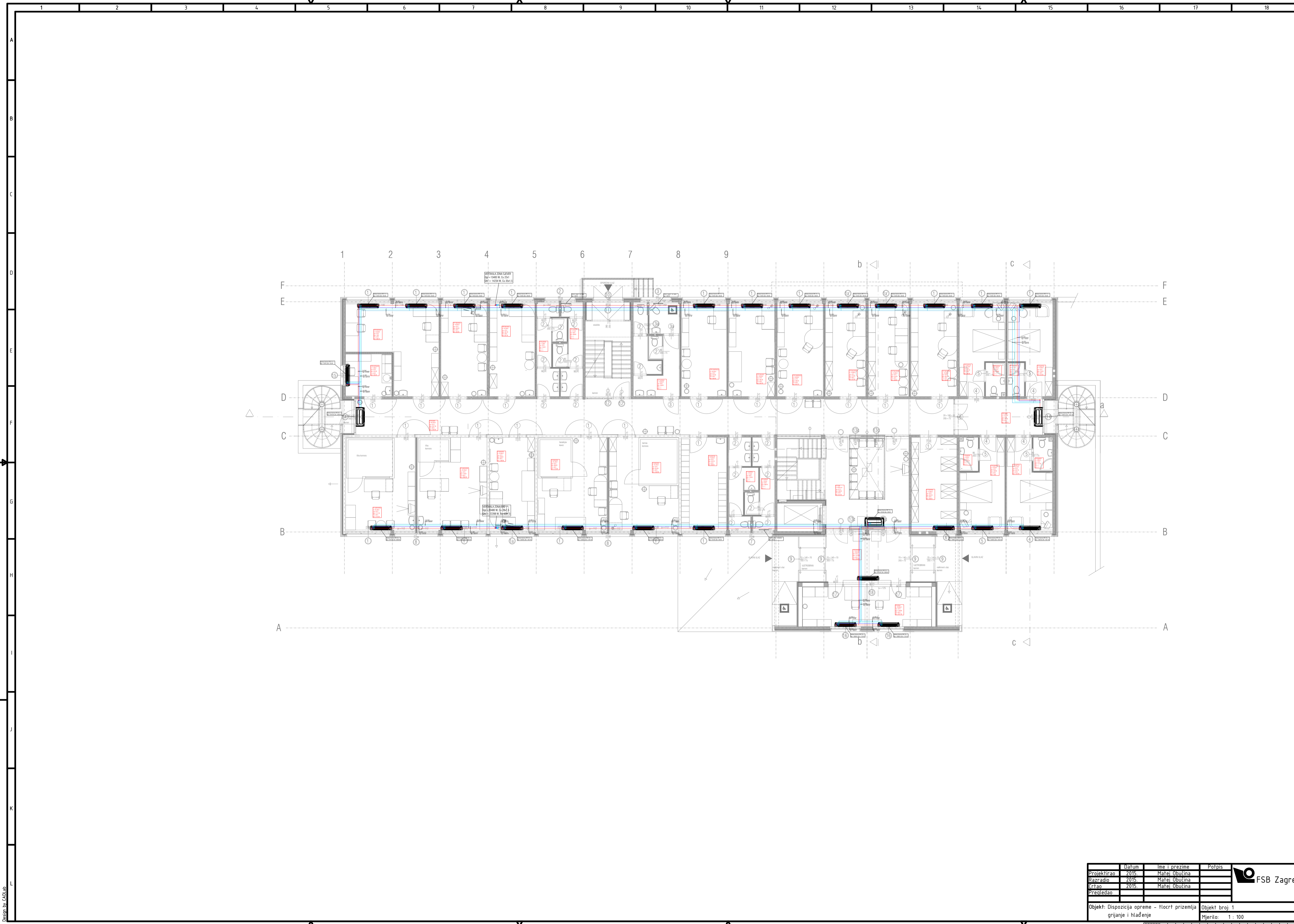
## LITERATURA

- [1] "Grejanje i klimatizacija"; Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković, Energetika marketing, 2011., Zagreb
- [2] I. Balen "Podloge za predavanja iz kolegija Klimatizacija"; FSB, Zagreb
- [3] Priručnik za energetska certificiranje zraka
- [4] HRN EN 12831
- [5] VDI 2078
- [6] [www.klimaoprema.hr](http://www.klimaoprema.hr)
- [7] [www.sabiana.it](http://www.sabiana.it)
- [8] [www.clivet.com](http://www.clivet.com)
- [9] [www.mramoterm.hr](http://www.mramoterm.hr)
- [10] I. Balen "Podloge za predavanja iz kolegija Grijanje"; FSB, Zagreb
- [11] Vaillant projektantske podloge
- [12] [www.grundfos.hr](http://www.grundfos.hr)
- [13] [www.mbfrigo.hr](http://www.mbfrigo.hr)

## **PRILOZI**

Prilog 1      Tehnička dokumentacija

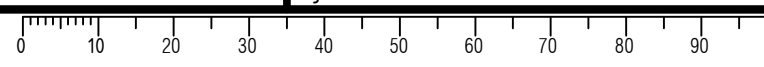
Prilog 2      CD-R



	Datum	Ime i prezime	Polis
Projektirao	2015.	Matej Obucina	
Razradio	2015.	Matej Obucina	
Crtao	2015.	Matej Obucina	
Pregledao			

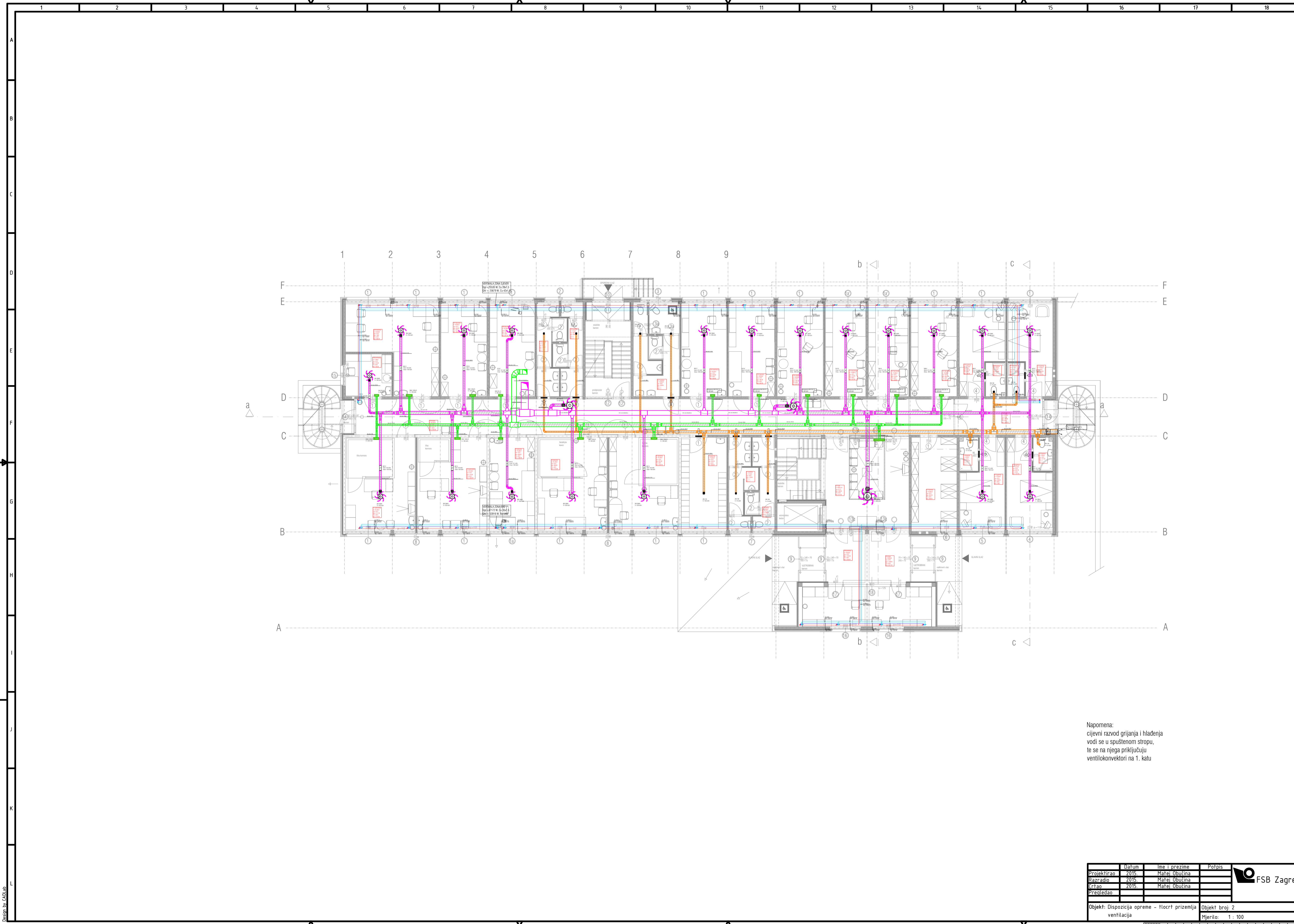
  

Objekt: Dispozicija opreme - tlocrt prizemlja		Objekt broj: 1
grijanje i hlađenje		Mjerilo: 1 : 100



Dizajn: CAD, s.p.





Napomena:  
 cijevni razvod grijanja i hlađenja  
 vodi se u spušenom stropu,  
 te se na njega priključuju  
 ventilokonvektori na 1. katu

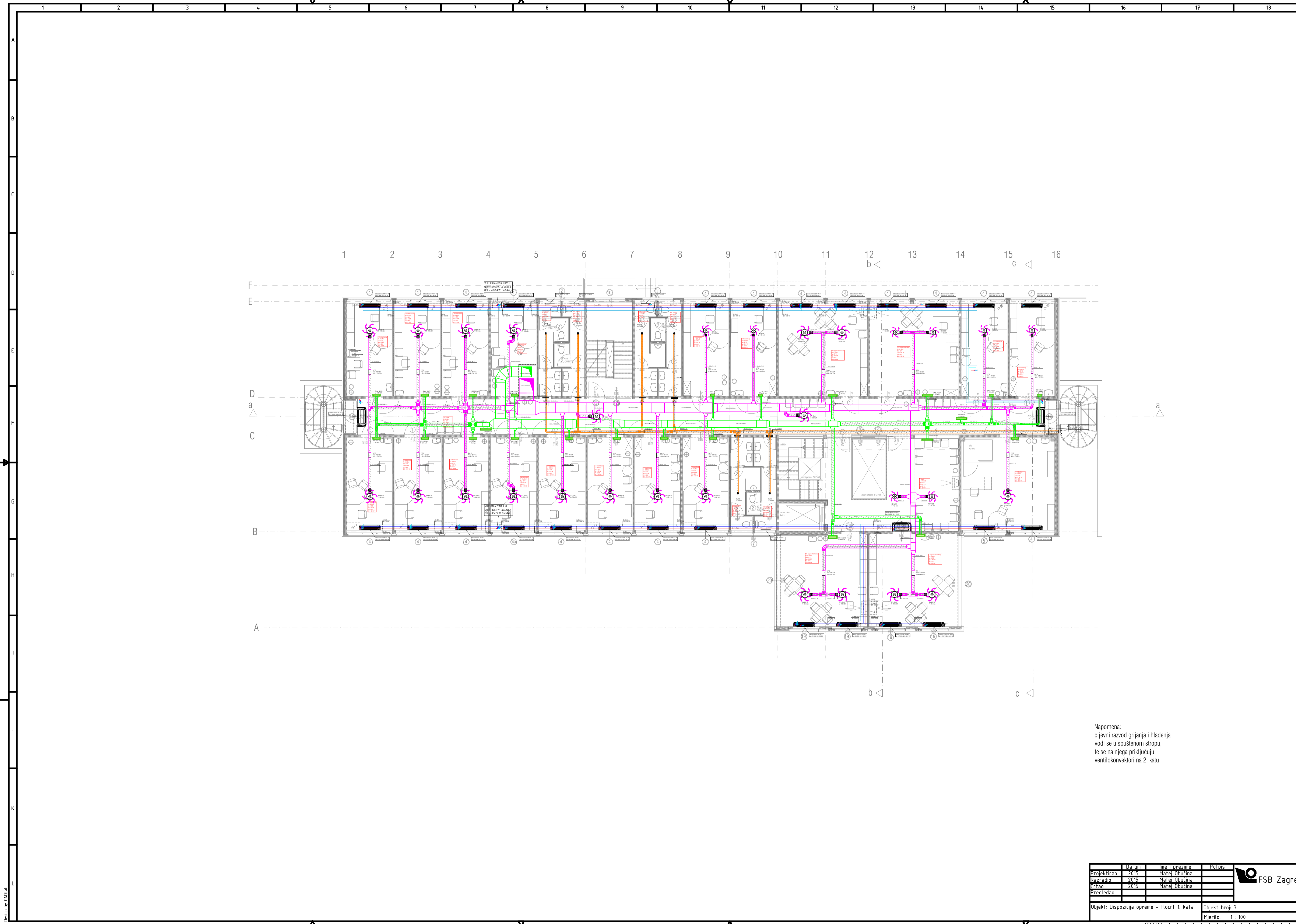
Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	2015.	Matej Obućina	
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Crtao	2015.	Matej Obućina	
Pregledao			

Objekt: Dispozicija opreme – tlocrt prizemlja ventilacija	Objekt broj: 2 Mjerilo: 1 : 100
--------------------------------------------------------------	------------------------------------



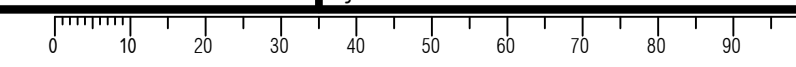
Design by CADLAB

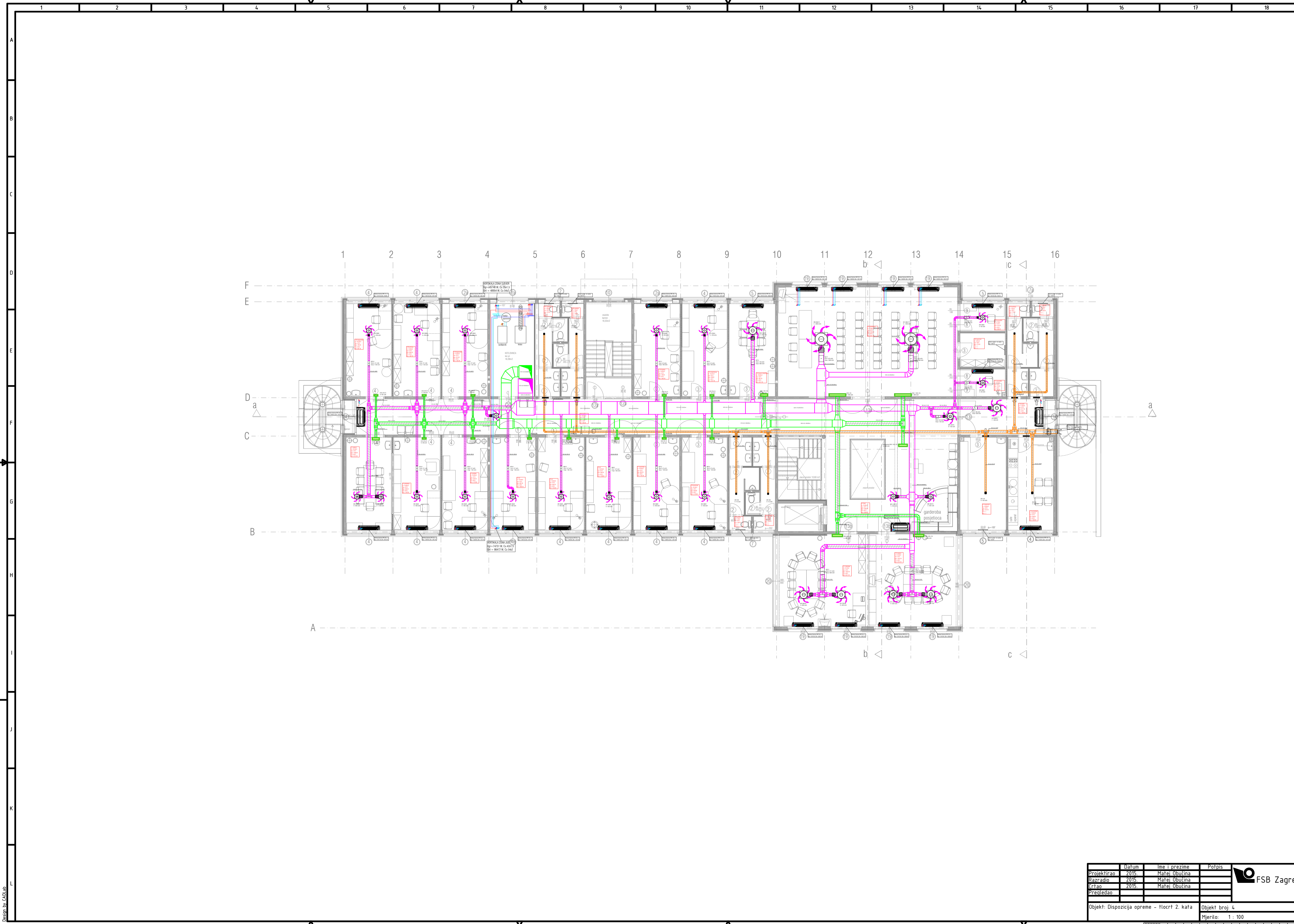


Napomena:  
 cijevni razvod grijanja i hlađenja  
 vodi se u spušenom stropu,  
 te se na njega priključuju  
 ventilokonvektori na 2. katu

	Datum	Ime i prezime	Polis
Projektirao	2015.	Matej Obućina	
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Crtao	2015.	Matej Obućina	
Pregledao			

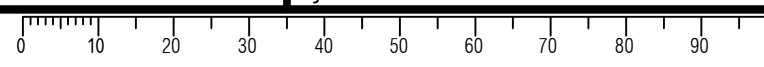
Objekt: Dispozicija opreme – floor 1. kata      Objekt broj: 3  
 Mjerilo: 1 : 100



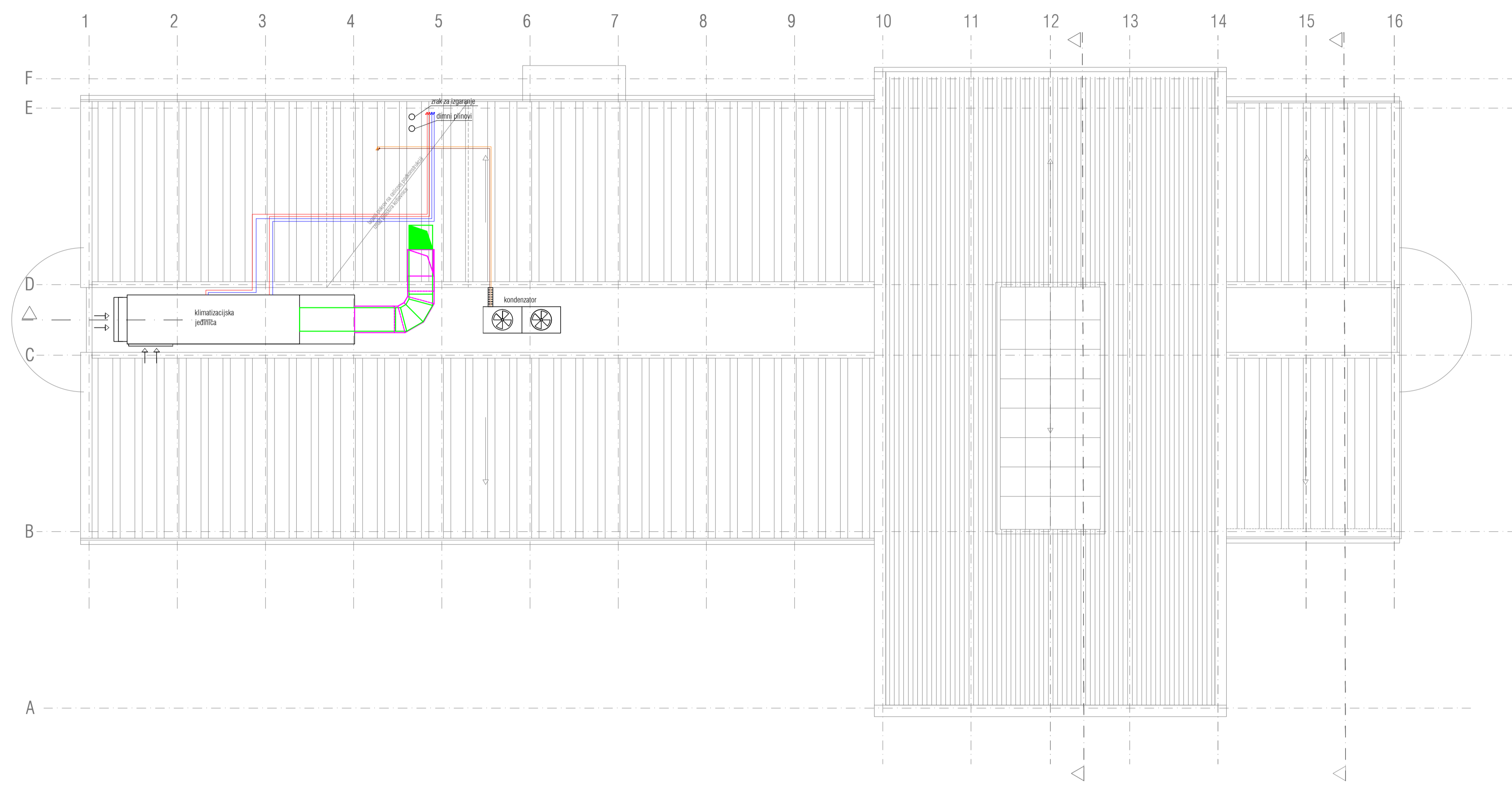


Projekcija	Datum	Ime i prezime	Polis
Projektirao	2015.	Matej Obucina	
Razradio	2015.	Matej Obucina	
Crtao	2015.	Matej Obucina	
Pregledao			

Objekt: Dispozicija opreme - II. spr. 2. k. k. Objekt broj: 4  
Mjerilo: 1 : 100



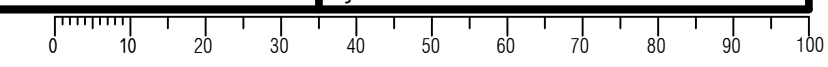
Dizajn: CADLAB

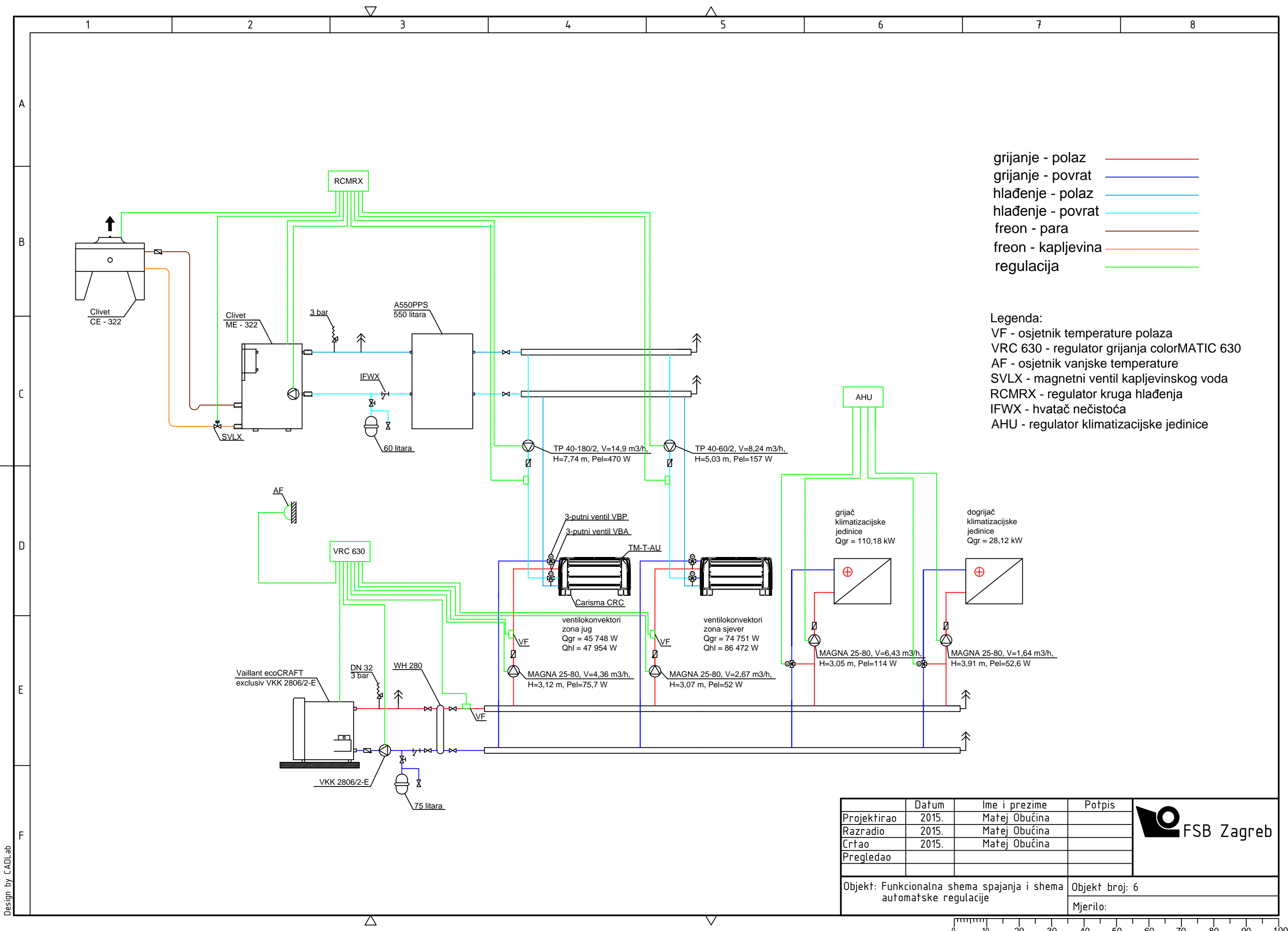


	Datum	Ime i prezime	Polis
Projektirao	2015.	Matej Obućina	
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Crtao	2015.	Matej Obućina	
Pregledao			

Objekt: Dispozicija opreme - floclrt krova		Objekt broj: 5
		Mjerilo: 1 : 100





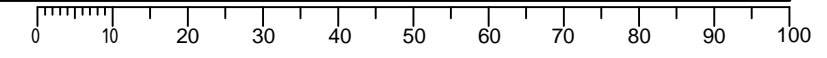
- grijanje - polaz —
- grijanje - povrat —
- hlađenje - polaz —
- hlađenje - povrat —
- freon - para —
- freon - kapljevina —
- regulacija —

- Legenda:
- VF - osjetnik temperature polaza
  - VRC 630 - regulator grijanja colorMATIC 630
  - AF - osjetnik vanjske temperature
  - SVLX - magnetni ventil kapljevinskog voda
  - RCMRX - regulator kruga hlađenja
  - IFWX - hvatač nečistoća
  - AHU - regulator klimatizacijske jedinice

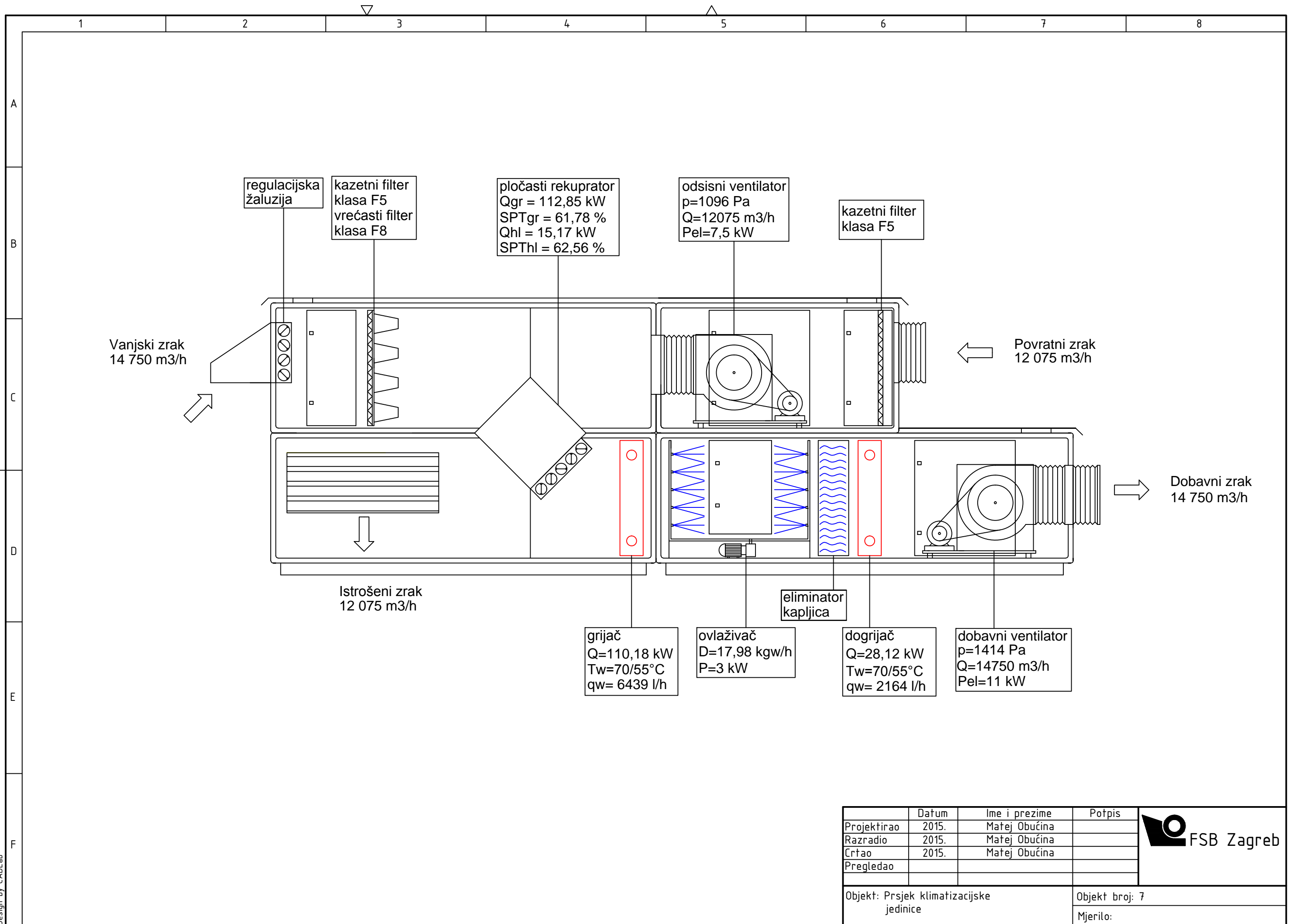
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	2015.	Matej Obućina	
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Crtao	2015.	Matej Obućina	
Pregledao			

Objekt: Funkcionalna shema spajanja i shema automatske regulacije	Objekt broj: 6
	Mjerilo:



Design by CADLab

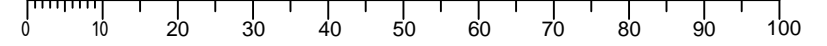


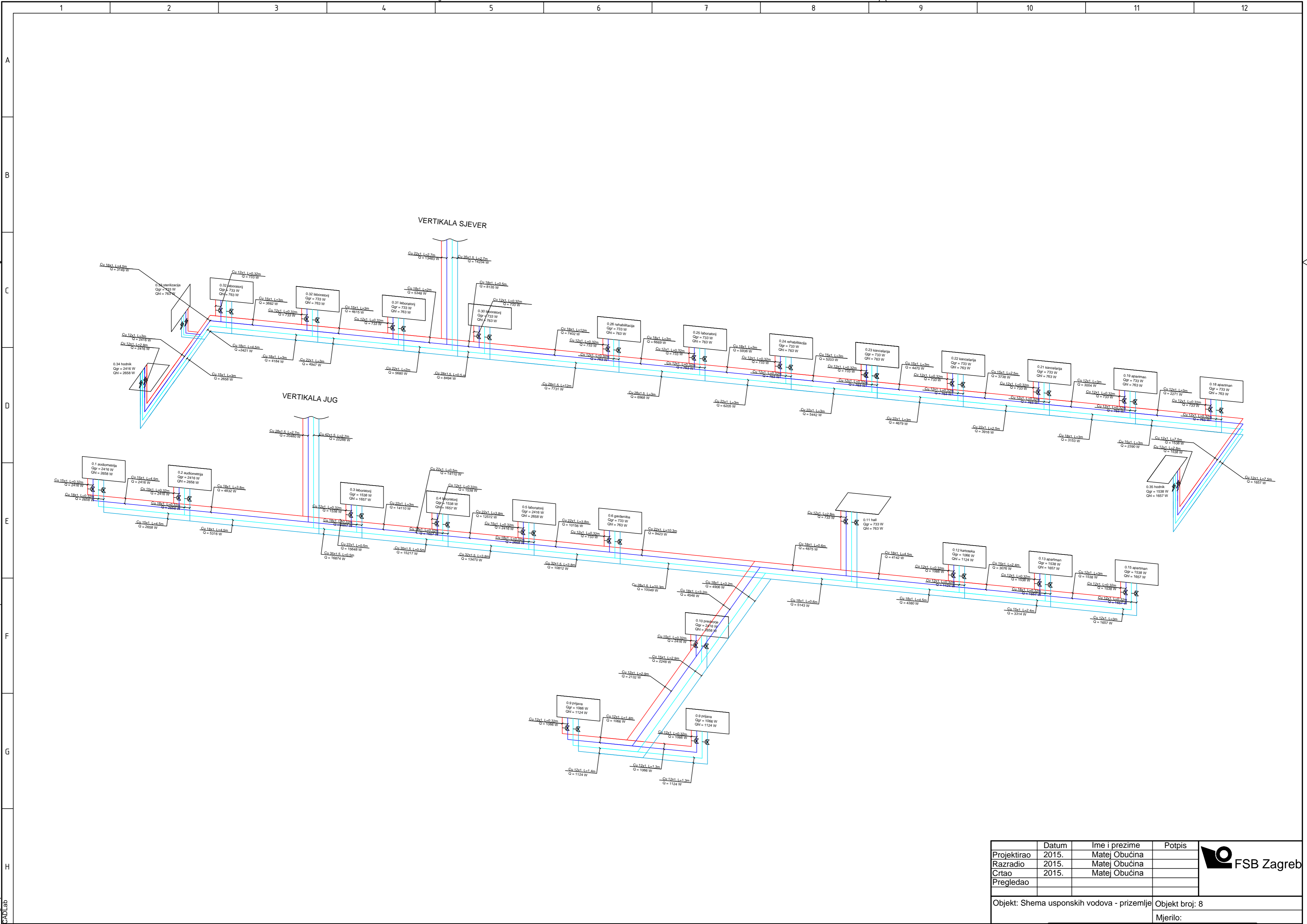
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	2015.	Matej Obućina	
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Crtao	2015.	Matej Obućina	
Pregledao			

Objekt: Prsjek klimatizacijske jedinice

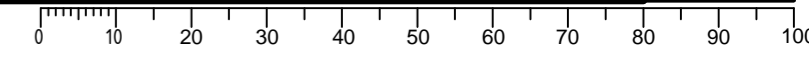
Objekt broj: 7

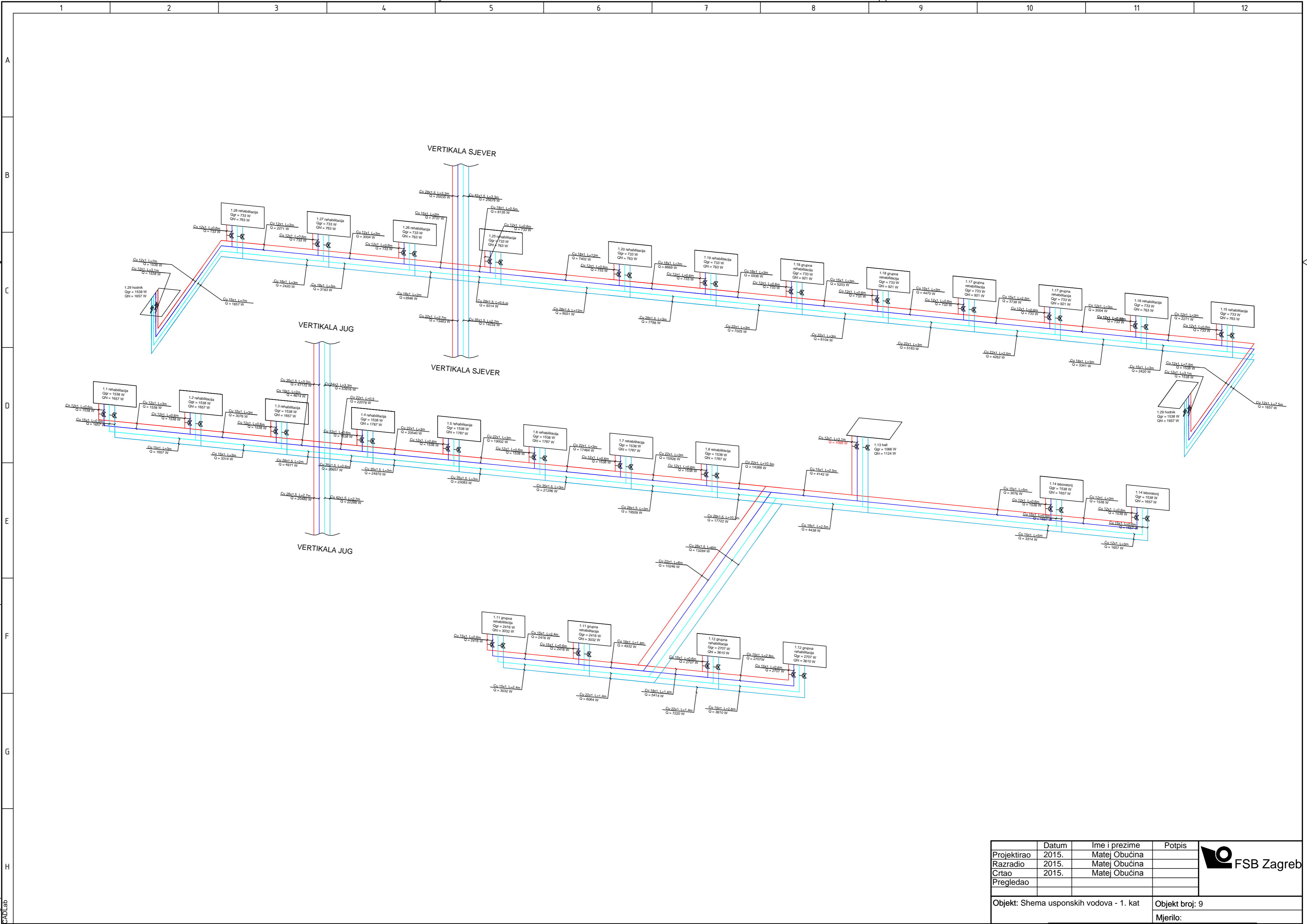
Mjerilo:





	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	2015.	Matej Obućina	
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Pregledao	2015.	Matej Obućina	
Objekt: Shema usponskih vodova - prizemlje			Objekt broj: 8
			Mjerilo:

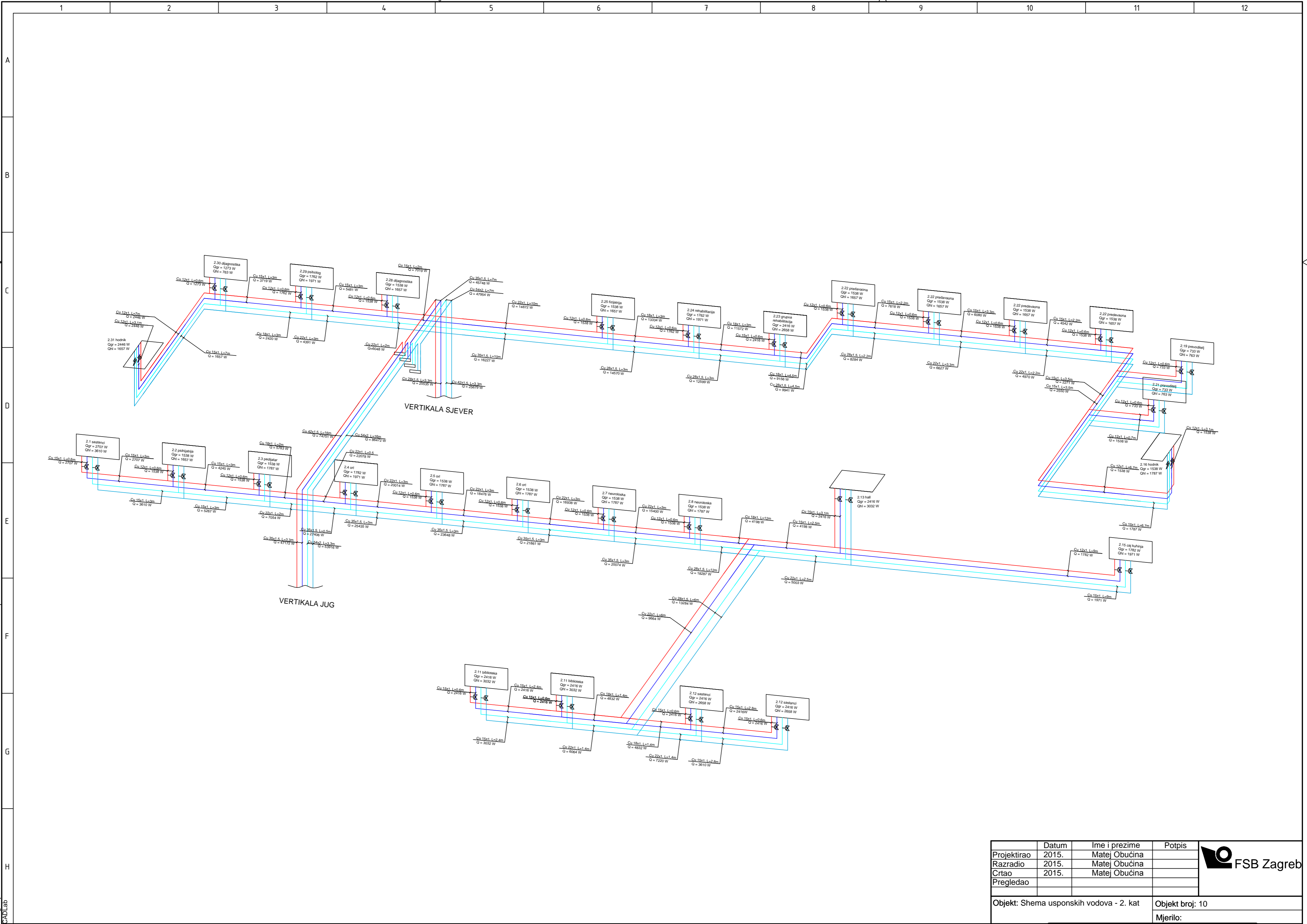




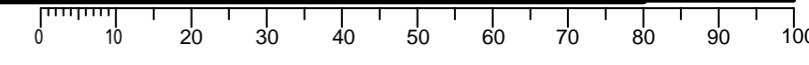
Projekтираo	Datum	Ime i prezime	Potpis
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Pregledao	2015.	Matej Obućina	
Objekt: Shema usponskih vodova - 1. kat			Objekt broj: 9
			Mjerilo:



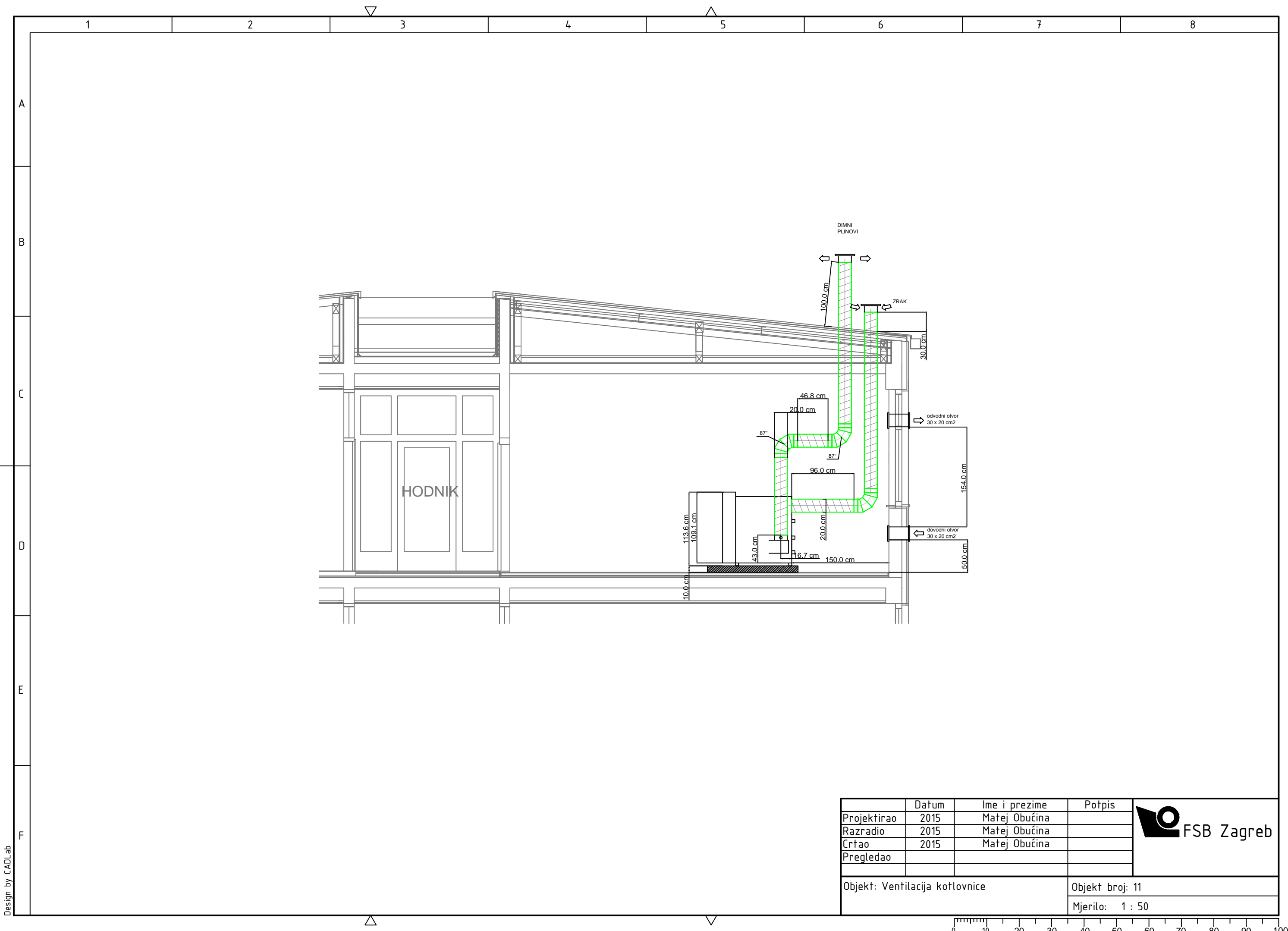




Projekтираo	Datum	Ime i prezime	Potpis
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Pregledao	2015.	Matej Obućina	
Objekt: Shema usponskih vodova - 2. kat		Objekt broj: 10	
		Mjerilo:	



Design by CADLAB



Design by CADLab

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	2015	Matej Obućina	
Razradio	2015	Matej Obućina	
Crtao	2015	Matej Obućina	
Pregledao			

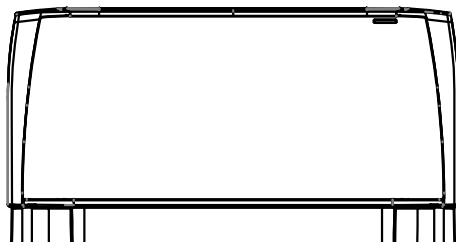
Objekt: Ventilacija kotlovnice

Objekt broj: 11

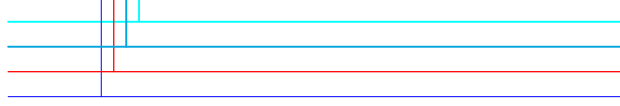
Mjerilo: 1 : 50



GRIJANJE/HLADJENJE  
 CETVEROCIJEVNI  
 VENTILOKONVEKTORI  
 70/55°C i 7/12°C



POLAZ HLADJENJE  
 POVRAT HLADJENJE  
 POLAZ GRIJANJE  
 POVRAT GRIJANJE



POD – etaža "n"

SPUŠTENI STROP –  
 etaža "n-1"

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	2015.	Matej Obućina	
Razradio	2015.	Matej Obućina	
Crtao	2015.	Matej Obućina	
Pregledao			



Objekt: Detalj spajanja ventilokonvektora

Objekt broj: 12

Mjerilo: