Projekt klimatizacije multifunkcionalne poliklinike

Brajković, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:094887

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Josip Brajković

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

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

Student:

Josip Brajković

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem se svom mentoru, profesoru Darku Smoljanu, na pruženoj prilici te pomoći prilikom izrade ovog rada, ali i tijekom studija. Uz mentora, zahvalio bi se i ostalim profesorima na fakultetu, a posebno onima s Katedre, kao i kolegama i prijateljima za svo odvojeno vrijeme, pomoć te podršku.

Također se zahvaljujem kolegama iz Mikro-Klime za svu pomoć i savjete.

Neizmjerno hvala mojoj obitelji i posebno mojoj djevojci Antoniji na bezuvjetnoj podršci, bezgraničnoj ljubavi i beskonačnom strpljenju koje su imali za mene tokom studiranja, ali i života.

Na kraju, hvala dragom Bogu na svemu. Njegovo vodstvo i žrtva su mi uvijek davali snagu i inspiraciju kroz život, pa tako i u pisanju ovog rada.

Josip

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, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Josip Brajković** Mat. br.: 0035194696

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt klimatizacije multifunkcionalne poliklinike**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of air conditioning system for a multifunctional polyclinic**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati instalaciju sustava grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode za zgradu multifunkcionalne poliklinike (SU+PR+1K+2K) ukupne korisne površine 2500 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Grijanje i hlađenje drugog kata provesti multi-split sustavom a suterena i prizemlja VRV sustavom s mogućnošću zagrijavanja potrošne tople vode.
Zračni sustav za prvi kat predvidjeti kao sustav grijanja hlađenja i ventilacije varijabilnog volumena zraka (VAV) pri čemu pretlak u operacijskim dvoranama treba iznositi minimalno 5 Pa. Suteren je potrebno ventilirati sustavom konstantnog volumena zraka (CAV), a za drugi kat i prizemlje predvidjeti prirodnu ventilaciju. Za potrebe grijanja i hlađenja zraka u klima jedinicama za prvi kat i suteren koristiti dizalice topline zrak/voda s temperaturnim režimom smjese glikola i vode 45/35 °C za grijanje i 6/12 °C za hlađenje.
Zgrada poliklinike se nalazi na području grada Šibenika.

Rad treba sadržavati:
- toplinsku bilancu zgrade za zimsko i ljetno razdoblje,
- toplinsku i količinsku bilancu zračnog sustava,
- hidraulički proračun zračnih kanala te cijevne mreže ogrjevnog i rashladnog medija,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije termotehničkog postrojenja,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored opreme.

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

Zadatak zadan: 14. studenoga 2019.

Datum predaje rada: 16. siječnja 2020.

Predviđeni datum obrane: 20. – 24.1.2020.

Zadatak zadao:

Doc.dr.sc. Darko Smoljan

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

POPIS SLIKA III

POPIS TABLICA IV

POPIS OZNAKA VI

POPIS KRATICA VIII

1 UVOD 1

2 SUSTAVI GViK U ZGRADAMA ZDRAVSTVENE NAMJENE 3

3 TOPLINSKA BILANCA ZGRADE 6

3.1 Podaci o zgradi 6

3.2 Projektno toplinsko opterećenje zimi 9

3.3 Projektno toplinsko opterećenje ljeti 10

4 VENTILACIJSKI SUSTAV 12

4.1 Ventilacijski zahtjev 13

4.2 Odabir istrujnih otvora 15

4.3 Dimenzioniranje ventilacijskih kanala 16

4.4 Dimenzioniranje ventilacijske jedinice 22

4.5 Dimenzioniranje ostale opreme 23

5 KLIMATIZACIJSKI SUSTAV 27

5.1 Ventilacijski zahtjev 27

5.2 Odabir istrujnih otvora 29

5.3 Dimenzioniranje kanalskog razvoda 29

5.4 Dimenzioniranje klima komore 34

5.5 Dimenzioniranje ostale opreme 36

6 SUSTAVI S RADNOM TVARI 37
6.1 Sustav varijabilnog protoka radne tvari 37
6.2 Multi-split sustav 41
7 PRIPREMA POTROŠNE TOPLE VODE 43
7.1 Dimenzioniranje akumulacijskog spremnika 43
7.2 Solarni sustav 46
7.2.1 Odabir kolektorskog polja 47
7.2.2 Dimenzioniranje ostale opreme 48
8 ELEKTRIČNO PODNO GRIJANJE 50
9 TEHNIČKI OPIS SUSTAVA 51
SAŽETAK 55
ABSTRACT 56
LITERATURA 57
PRILOZI 58

POPIS SLIKA

Slika 1.1 Ovisnost PPD indeksa o PMV indeksu 1
Slika 2.1 Ovalni operacijski strop s HEPA filtrom 5
Slika 3.1 Tlocrt suterena 6
Slika 3.2 Tlocrt prizemlja 7
Slika 3.3 Tlocrt prvog kata 7
Slika 3.4 Tlocrt drugog kata 8
Slika 4.1 Centralizirani sustav ventilacije 12
Slika 4.2 Prikaz odabira istrujnih otvora 16
Slika 4.3 Prikaz OAH rešetke (gore) i ANK stropnog distributera (dolje) 16
Slika 4.4 Dijagram pada tlaka za okrugle kanale [8] 18
Slika 4.5 Prikaz sučelja aplikacije "SystemAirCAD" 22
Slika 4.6 Centralna ventilacijska jedinica "Geniox 14" 23
Slika 4.7 Karakteristika pumpe dizalice topline SYSAQUA 25 24
Slika 4.8 Membranska ekspanzijska posuda „Imera“ R12 26
Slika 5.1 Odsisna rešetka OAH (gore) i stropni distributer DEV-K (dolje) 29
Slika 5.2 Regulator varijabilnog protoka RVP-P-T 34
Slika 5.3 Centralna klima komora etaže 1. kata 35
Slika 5.4 Dizalica topline SYSAQUA 125 35
Slika 6.1 Sustav varijabilnog protoka radne tvari i split sustav 37
Slika 6.2 Izgled sučelja web-aplikacije proizvođača "Daikin" 39
Slika 6.3 Kazetna jedinica FXZQ (gore) te Zidna jedinica FXAQ (dolje) 39
Slika 6.4 HydroBox jedinica HXHD125A8 40
Slika 6.5 Vanjska jedinica REYQ12U+REYQ10U 40
Slika 6.6 Multi-split sustav 41
Slika 6.7 Kazetna FFA (lijevo), zidna FTXM (sredina) i vanjska jedinica MXM (desno) 41
Slika 7.1 Prikaz indirektnog solarnog sustava za pripremu PTV-a 47
Slika 7.2 Usporedba potrebne energije za pripremu PTV-a i isporučene solarne energije 48
Slika 7.3 Solarna grupa Solar Divicon 49
Slika 8.1 Mrežica podnog grijanja Comfort E 50

POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Stopa proizvodnje bakterijskih aerosola po stomatološkom postupku [3] 4
Tablica 3.1 U vrijednosti..... 8
Tablica 3.2 Unutarnje projektne temperature zimi 9
Tablica 3.3 Projektno toplinsko opterećenje zimi po prostorijama i etažama 10
Tablica 3.4 Unutarnje projektne temperature ljeti 11
Tablica 3.5 Projektno toplinsko opterećenje ljeti po prostorijama i etažama 11
Tablica 4.1 Kategorije kvalitete unutarnjeg zraka prema koncentraciji CO_2 13
Tablica 4.2 Iskustvene vrijednosti broja izmjena zraka prostorija prema namjenama [4] 14
Tablica 4.3 Potrebni protok zraka po prostorijama etaža suterena 15
Tablica 4.4 Dimenzioniranje dobavnih kanala ventilacijskog sustava 19
Tablica 4.5 Dimenzioniranje odsisnih kanala ventilacijskog sustava..... 20
Tablica 4.6 Proračun kritične dionice dobavnog kanala ventilacijskog sustava..... 21
Tablica 4.7 Proračun kritične dionice odsisnog kanala ventilacijskog sustava 21
Tablica 4.8 Dimenzioniranje cijevnog razvoda glikolne smjese ventilacijske jedinice 24
Tablica 4.9 Volumen glikolne smjese u instalaciji 25
Tablica 4.10 Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude 25
Tablica 5.1 Potrebni protok zraka po prostorijama etaža 1. kata..... 28
Tablica 5.2 Dimenzioniranje kanala dobavnog zraka klimatizacijskog sustava..... 31
Tablica 5.3 Dimenzioniranje odsisnih kanala klimatizacijskog sustava..... 32
Tablica 5.4 Proračun kritične dionice dobavnog kanala klimatizacijskog sustava..... 33
Tablica 5.5 Proračun kritične dionice odsisnog kanala klimatizacijskog sustava 33
Tablica 5.6 Dimenzioniranje cijevnog razvoda glikolne smjese klimatizacijskog sustava 36
Tablica 5.7 Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude 36
Tablica 7.1 Potrošnja PTV-a po izljevnim mjestima [2] 43
Tablica 7.2 Potrebna toplinska snaga za grijanje PTV-a 44
Tablica 7.3 Potrebni učin grijača PTV-a..... 44
Tablica 7.4 Minimalni potrebni volumen akumulacijskog spremnika 45
Tablica 7.5 Dimenzioniranje cijevnog razvoda HydroBox-a 45
Tablica 7.6 Minimalni potrebni volumen ekspanzijske posude HydroBox-a..... 46
Tablica 7.7 Proračun isporučene sunčeve energije 47

Tablica 7.8 Dimenzioniranje kritične dionice cjevovoda solarnog kruga 48
Tablica 7.9 Minimalni potrebni volumen ekspanzijske posude..... 49

POPIS OZNAKA

Veličina	Jedinica	Opis
Φ_{HL}	kW	projektno toplinsko opterećenje zimi
$\Sigma\Phi_{T,i}$	kW	suma transmisijskih toplinskih gubitaka prostorija
$\Sigma\Phi_{V,i}$	kW	suma ventilacijskih toplinskih gubitaka prostorija
$\Sigma\Phi_{RH,i}$	kW	suma dodataka zbog prekida grijanja po prostorijama
$\dot{V}_o$	m^3/h	potrebni protok zraka
$\dot{V}_{o,p}$	m^3/h osoba	protok zraka po osobi
ACH	h^{-1}	broj izmjena zraka
λ	-	faktor trenja
k	mm	apsolutna hrapavost
d_{ekv}	mm	ekvivalentni promjer
Re	-	Reynoldsov broj
w	m/s	brzina strujanja
ρ	kg/m^3	gustoća zraka
μ	Pas	dinamička viskoznost
R	Pa/m	duljinski pad tlaka
Δp	Pa	pad tlaka
L	m	duljina dionice
V_e	l	volumen širenja medija
n	-	koeficijent širenja
V_A	l	ukupni volumen medija u sustavu
V_V	l	volumen zalihe
p_e	bar	krajnji tlak
p_0	bar	tlak pretpunjenja ekspanzijske posude
q_s	kW	toplinsko opterećenje za grijanje/hlađenje
c_p	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet zraka
Δt	°C	razlika između temperature ubacivanja i unutarnje projektne temperature

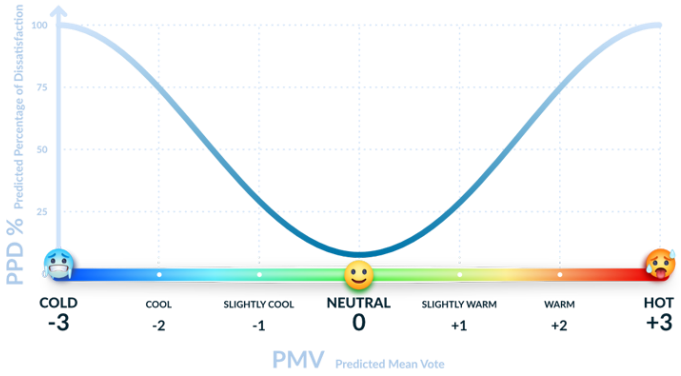
Φ_{PTV}	kW	potrebna snaga za pripremu PTV-a
ρ_w	kg/m^3	gustoća vode
c_w	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet vode
$q_{v,h}$	m^3/h	satna potrošnja PTV-a
ϑ_{tw}	°C	temperatura tople vode
ϑ_{hw}	°C	temperatura hladne vode
ϕ	-	faktor istovremenosti
Φ_{gr}	kW	učin grijača PTV-a
z_a	h	vrijeme predzagrijavanja
z_b	h	vrijeme potrošnje
ϑ_s	°C	temperatura vode u spremniku
b	-	faktor negrijanog volumena
$V_{spr,min}$	m^3	minimalni volumen akumulacijskog spremnika PTV-a

POPIS KRATICA

GViK	Grijanje, Ventilacija i Klimatizacija
SPT	Sustav Povrata Topline
VRF	Variable Refrigerant Flow
VRV	Variable Refrigerant Volume
VAV	Variable Air Volume
CFU	Colony Forming Unit
HEPA	High Efficiency Particulate Air
ULPA	Ultra-Low Penetration Air
ACH	Air Changes per Hour
IDA	InDoor Air
BS	Branch Selector
PTV	Potrošna Topla Voda

1 UVOD

U ovom radu daje se idejno rješenje termotehničkih sustava klimatizacije, ventilacije te grijanja i hlađenja za zgradu zdravstvene namjene na širem području grada Šibenika. Kako bi se ušlo u problematiku i projektiranje sustava grijanja, klimatizacije i ventilacije (GViK) prvo je potrebno definirati onaj parametar na temelju kojega određujemo i odabiremo taj sustav, a to je toplinska ugodnost. Ona se prema ISO 7730 standardu određuje kao stanje svijesti u kojem je osoba zadovoljna s toplinskim stanjem sredine u kojoj se nalazi. Odmah se daje zaključiti kako se radi o „veličini“ koja je individualna te zbog toga nikad nećemo moći postići toplinsko stanje u prostoriji kojim će svi korisnici biti zadovoljni, no ako broj nezadovoljnih dovoljno malen tada možemo reći da je toplinska ugodnost postignuta. Upravo je zadatak GViK sustava postizanje i održavanje toplinske ugodnosti u prostoriji. Kao načini vrednovanja ugodnosti u prostoriji koriste se indeksi PMV (*eng. Predicted Mean Vote*) te PPD (*eng. Predicted Percentage of Dissatisfied*) te se u literaturi mogu pronaći izrazi za njihov proračun te međuovisnost.



Slika 1.1 Ovisnost PPD indeksa o PMV indeksu

Toplinsko stanje u prostoriji je definirano s jako velikim brojem faktora, među kojima valja istaknuti temperaturu zraka u prostoriji, temperaturu ploha prostorije, vlažnost zraka, brzinu strujanja zraka u prostoriji te razine odjevenosti i fizičke aktivnosti osoba [1]. Upravo se međudjelovanjem navedenih osnovnih faktora, kao i ostalih koji nisu navedeni (namjena prostora, kvaliteta zraka itd.) ostvaruje trenutno toplinsko stanje prostorije te se promjena jednog od njih može kompenzirati prilagodbom ostalih.

Kako je već rečeno GViK sustavi su zaslužni za održavanje povoljnih toplinskih parametara u prostorijama, a njihova je funkcija osiguravanje energije za grijanje i hlađenje, priprema

dobavnog zraka, distribucija kondicioniranog zraka te regulacija i održavanje tih parametara u zadanim granicama [1]. Sami sustavi GViK se, i to pojedinačno (grijanje, hlađenje, ventilacija i klimatizacija), dijele na velik broj načina, i to npr. prema namjeni, prema području primjene, prema ogrjevnom/rashladnom mediju itd., a sve su podjele dane u stručnoj literaturi.

U ovom idejnom rješenju koristit će se više sustava za obavljanje različitih funkcija te će se odvajati etažno. Tako će se na etaži suterena koja se djelomično nalazi i ispod razine zemlje koristiti sustav ventilacije u svrhu dobave vanjskog zraka jer velik broj prostorija nema otvora prema vanjskom okolišu. Centralna etažna ventilacijska jedinica će se koristiti za dobavu vanjskog zraka koji će se prvo provesti preko sustava povrata topline (SPT) kako bi se uštedila energija za pripremu zraka. Nakon SPT slijedi zagrijavanje na temperaturu ubacivanja koja odgovara unutarnjoj projektnoj temperaturi prostorije. Za nadoknađivanje toplinskog opterećenja zimi i ljeti koristit će se sustav promjenjivog protoka radne tvari tj. VRF sustav (*eng. Variable Refrigerant Flow*) odnosno VRV sustav (*eng. Variable Refrigerant Volume*), patent grupe „*Daikin*“. Takvi sustavi omogućuju spajanje većeg broja unutrašnjih jedinica na jednu vanjsku jedinicu, a kako im ime govori protok radne tvari u pojedinu jedinicu je promjenjiv i regulabilan. VRV sustavi rade na klasičnom principu hlađenja zraka u prostoriji direktnom ekspanzijom radne tvari u unutrašnjoj jedinici, dok u režimu grijanja radi o kondenzaciji radne tvari u unutarnjoj jedinici. Isti sustav će se također koristiti za grijanje i hlađenje etaže prizemlja u kojoj će se, zbog velike količine otvora prema vanjskom zraku, prostori ventilirati prirodno. Nadalje na prvom katu se nalaze ordinacije dentalne medicine te operacijski blok, pa će se tu koristiti sustav klimatizacije sa 100% vanjskog zraka. Zrak se priprema u klima komori lociranoj na krovu zgrade te se distribuira u prostorije preko pravokutnih kanala. Multi-split sustav se koristi za grijanje i hlađenje uredskih prostorija na drugom katu.

Zgrada promatrana u samom radu je zdravstvena ustanova te se sastoji od 4 etaže ukupne korisne površine 2500 m^2. Prostori su predviđeni za ordinacije dentalne medicine, ortopedije te ginekologije, a također su predviđeni prostori za fizikalnu terapiju te ortopedski izokinetički laboratorij i gipsaonu. Posebni naglasak će se staviti na operacijski blok na prvom katu gdje će biti potrebno osigurati ciljanu atmosferu u samim OP dvoranama. Više informacija o klimatizaciji zgrada sa zdravstvenim aplikacijama će se dati u sljedećem poglavlju.

2 SUSTAVI GViK U ZGRADAMA ZDRAVSTVENE NAMJENE

Zgrade zdravstvenih ustanova, zbog svojih specifičnih zahtjeva, uvijek predstavljaju izazove prilikom projektiranja sustava GViK. Znanstvene studije ukazuju na to da se pacijenti u pravilno klimatiziranom okruženju brže oporavljaju nego u neklimatiziranom, ali relativno veliki troškovi investicije i pogona zračnih sustava zahtijevaju efikasan rad sustava kao i njegov odgovarajući odabir da bi potrošnja energije bila minimalna moguća [2]. Mikroklima unutar bolničkih zgrada koja se mora postići često je diktirana s namjenom same zgrade te znatno utječe na terapiju pacijenta. Kako je namjena bitna za odabir i projektiranje GViK sustava ovdje se daje podjela zdravstvenih ustanova prema [2] na:

- Bolnice,
- Zdravstvene ustanove za kratkoročnu terapiju,
- Ustanove za njegu,
- Stomatološke ustanove.

Bitno je naglasiti kako jasna distinkcija između pojedinih ustanova ipak ne postoji, jer se, kao u slučaju multifunkcionalnih klinika, unutar objekta mogu pojavljivati prostorije koje imaju različite zahtjeve te ne moraju pripadati istoj podskupini.

Vrlo važan parametar za kontrolu u zgradama zdravstvene namjene općenito je kvaliteta zraka, a tu se posebna pozornost daje koncentraciji *zagađivača*, koji u takvim objektima mogu biti razni. U klasičnim bolničkim zgradama tako govorimo o bakterijama i drugim patogenima (virusi, gljivice, itd.) koji otpuštaju pacijenti svojim boravkom u kondicioniranim prostorima. Nadalje, stomatološke ordinacije, koje se pojavljuju u ovom radu, imaju svoje specifične vrste emisija koje nisu dovoljno istražene u znanstvenom krugu među kojima je bitno istaknuti didušikov oksid, N_2O, odnosno njegov višak koji se ne iskoristi kao anestetik nego se otpusti u prostoriju, emisije prašine i sličnih čestica nastalih stomatološkim postupcima te bakterijski aerosol koji se otpušta prilikom stomatoloških postupaka. U Tablica 2.1 dane su vrijednosti produkcije bakterijskog aerosola po stomatološkom postupku, prikazane veličinom CFU po minuti. CFU (eng. Colony Forming Units) predstavlja broj bakterijskih jedinica sposobnih za stvaranje kolonija.

Postupak	Stopa „proizvodnje“, CFU/min
Pregled	3
Pranje zuba	10
Profilaksa	42
Uklanjanje karijesa (zračno hlađena turbina)	58
Uklanjanje karijesa (vodom hlađena turbina)	1000
Sušenje zuba	72
Poliranje zuba	2300

Tablica 2.1 Stopa proizvodnje bakterijskih aerosola po stomatološkom postupku [3]

Poseban dio bolničkih prostorija su čisti prostori (*eng. Cleanroom*) u kojima je generiranje, sakupljanje i zadržavanje *zagađivačkih* čestica minimizirano do krajnjih granica. U takvim prostorima se zahtjeva minimalno tri stupnja filtracije dobavnog zraka, te ostvarivanje pretlaka u odnosu na susjedne prostorije kako bi se onemogućio transport kontaminanata infiltracijom kroz zazore prostorije. Operacijski blokovi, koji se nalaze i u ovom radu, podliježu takvim zahtjevima zbog očitih razloga, ali i u industriji postoje primjene u kojima su zahtijevani parametri čistih prostora (npr. proizvodnja lijekova i poluvodiča). Jasno je, iz prethodnih navoda, da filtracija dobavnog zraka predstavlja vrlo važan segment pripreme zraka. Prethodno navedena tri stupnja filtracije najčešće podrazumijevaju srednjeučinske filtre klase M5 ili M6 kao prvi stupanj filtracije. Nakon toga slijede fini filtri najniže dopuštene klase F7 kao drugi stupanj, te treći stupanj filtracije na samom stropu OP dvorane, HEPA/ULPA visokoučinski filtri koji osiguravaju da zrak doveden bude najviše kvalitete. Zahtijevani pretlak u čistim prostorima se ostvaruje odabirom opreme, pa se sve OP dvorane opremaju s regulatorima varijabilnog protoka tj. VAV uređajima (*eng. Variable Air Volume*) u dobavnom i odsisnom kanalu te se njihovim tandemskim radom, tzv. „*master-slave*“ princip, ostvaruje da tlak u prostoru uvijek bude veći od tlaka u susjednim prostorijama.



Slika 2.1 Ovalni operacijski strop s HEPA filtrom

Kako bi se prostorije unutar zgrada sa zdravstvenim aplikacijama pravilno klimatizirale, svaka se od njih klasificira prema zahtjevima za kvalitetu zraka pa se tako prostorije dijele u 3 skupine prema DIN 1946 navedene u [4]:

- Prostorije s kvalitetom zraka I – prostori s najvećim zahtjevima za čistoćom zraka, zahtijevaju 3-stupanjsku filtraciju (OP blok, intenzivna njega),
- Prostorije s kvalitetom zraka II – laboratoriji, ambulante, bolnički odjeli, zahtijevaju 2-stupanjsku filtraciju,
- Prostorije s kvalitetom zraka III – nemaju visoke zahtjeve za čistoćom zraka (sobe administracije, za pomoćne djelatnosti itd.).

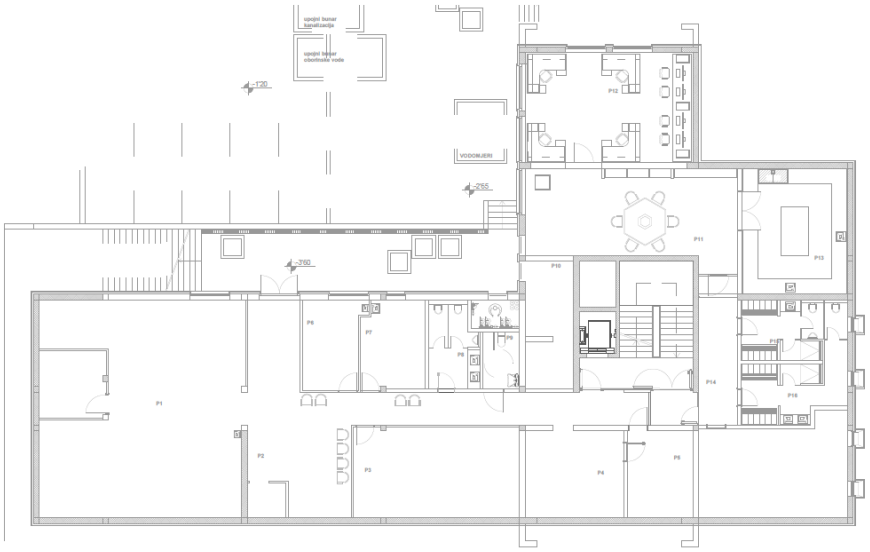
U okviru ovog projekta biti će zastupljena sva tri kategorije prostorija.

3 TOPLINSKA BILANCA ZGRADE

U ovom poglavlju daje se prvi korak u dimenzioniranju svih sustava grijanja i hlađenja, a odnosi se na proračun toplinskih gubitaka zimi i toplinskog opterećenja ljeti. Informacije dobivene proračunom su od ključne važnosti za pravilno dimenzioniranje opreme te konačno izvora toplinske energije ili rashladnog učina.

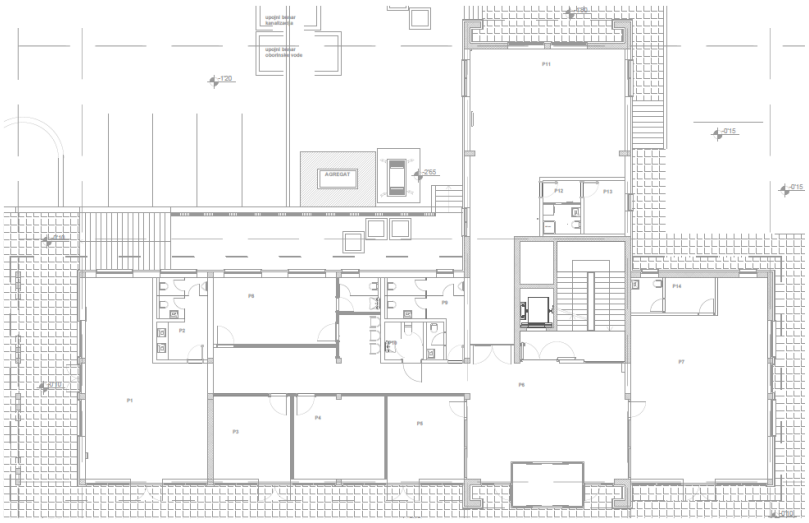
3.1 Podaci o zgradi

Prema ranije spomenutom opisu, zgrada se sastoji od 4 etaže ukupne korisne površine 2500 m^2. Smještena je na širem području Grada Šibenika, što je stavlja na ugodnu primorsku klimu s blagim zimama i vrućim ljetima. Radi se o multifunkcionalnoj klinici u kojoj se nalaze razni zdravstveni odjeli. Na etaži suterena, visine 4 metra, nalaze se ortopedske i ginekološke ordinacije, izokinetički laboratorij, soba za rendgen, ortopedska gipsaona te prostorija za fizikalnu terapiju većeg broja ljudi. Nadalje se tu nalaze administrativni prostori te sanitarni čvorovi i kupaonice. Također je predviđena i strojarnica u kojoj se nalazi projektirana strojarska oprema. Prema južnoj strani, etaža suterena je ukopana ispod razine tla pa je potrebno i predvidjeti sustav mehaničke ventilacije za dobavu vanjskog zraka.



Slika 3.1 Tlocrt suterena

Etaža prizemlja je u razini s tlom, visine je također 4 metra, a u njoj se nalazi ugostiteljski prostor, ortopedske i oftalmološke ordinacije, saloni za ljepotu te sanitarni čvorovi.



Slika 3.2 Tlocrt prizemlja

Na prvom katu se nalaze stomatološke ordinacije te operacijski blok klinike. OP blok sastoji se od 4 prostorije od koje su 3 OP dvorane, jedna za manje zahvate te dvije za veće. Uz operacijski blok nalazi se i soba za buđenje pacijenata te za sterilizaciju. Također se tu nalaze računalna prostorija, čekaonica te sanitarni čvorovi. Visina etaže je 4.5 metara te su u njoj najstroži zahtjevi za kvalitetom zraka. Drugi kat obuhvaća administrativne prostore voditelja klinike te računovodstva i tajništva.



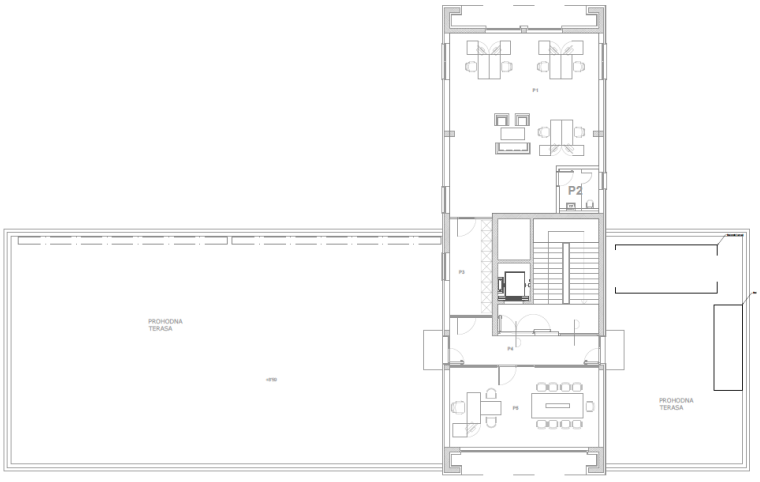
Slika 3.3 Tlocrt prvog kata

Zgrada prati moderan suvremeni dizajn te ima velik broj staklenih površina, što nije nužno dobro za njezina toplinska svojstva iako se koriste troslojni stakleni prozori, jer staklo nije dobar toplinski izolator. Zidovi od opeke i betona su dobro izolirani (12 cm ekspandirani polistiren) i imaju dobra izolacijska svojstva. Pregradni zidovi se većinom izvode s gipskartonskim pločama te mineralnom vunom između. Utjecaj toplinskih mostova se uzima u obzir tako da se na vrijednost koeficijenta prolaza topline doda 0.05 W/m^{2}K [5]. Koeficijenti prolaza topline površina se daju u Tablica 3.1.

Pregradni element	Oznaka	U vrijednost, W/m^{2}K
Vanjski zid	VZ	0.253
Unutarnji zid 1	UZ1	0.514
Unutarnji zid 2	UZ2	0.152
Unutarnji zid 3	UZ3	0.606
Zid prema tlu	ZT	0.217
Međukatna konstrukcija	MK	0.849
Pod na tlu	P	0.340
Krov	K	0.199
Prozori	Pr	1.050

Tablica 3.1 U vrijednosti

Nakon definiranja osnovnih parametara zgrade slijedi sam proračun projektnih toplinskih opterećenja.



Slika 3.4 Tlocrt drugog kata

3.2 Projektno toplinsko opterećenje zimi

Za proračun projektnog toplinskog opterećenja kao ulazni podatak potrebne su nam unutarnje projektne temperature prostorija. Budući da na objektu postoje prostorije s različitim namjenama, sukladno njihovoj namjeni odabrana je vrijednost unutarnje projektne temperature. Preporučene vrijednosti se mogu pronaći u literaturi [6], a one koje su odabrane u ovom radu su dane u Tablica 3.2.

Prostorija	Unutarnja projektna temperatura, °C
Kupaonica	24
Operacijski blok	24
Ostale prostorije	20

Tablica 3.2 Unutarnje projektne temperature zimi

Podaci o stanju vanjskog zraka su dani u Tehničkom propisu, a vanjska projektna temperatura za grad Šibenik iznosi -5.7°C [7]. Proračun projektnog toplinskog opterećenja se radi prema normi HRN EN 12831 za stacionarno stanje u kojem se zanemaruju svi dobici topline, a obuhvaća proračun transmisijskih i ventilacijskih toplinskih gubitaka te dodataka zbog prekida grijanja. Jednadžba kojom se radi proračun glasi:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}.$$

Gdje su:

Φ_{HL} – projektno toplinsko opterećenje zimi [kW],

$\Sigma\Phi_{T,i}$ – suma transmisijskih toplinskih gubitaka prostorija [kW],

$\Sigma\Phi_{V,i}$ – suma ventilacijskih toplinskih gubitaka prostorija [kW],

$\Sigma\Phi_{RH,i}$ – suma dodataka zbog prekida grijanja po prostorijama [kW].

Budući da su sve potrebne jednadžbe navedene u samoj normi ovdje se neće raspisivati, a metodika proračuna prati samu normu. Projektno toplinsko opterećenje zimi je proračunato koristeći program „*IntegraCAD*“. U Tablica 3.3 dane su vrijednosti projektnog toplinskog opterećenja po prostorijama.

Suteren		Prizemlje		1. Kat		2. Kat	
P1	4542 W	**P1**	3016 W	**P1**	1359 W	P1	5537 W
P2	1258 W	**P2**	921 W	**P2**	1206 W	P2	530 W
P3	927 W	**P3**	1195 W	**P3**	1206 W	P3	680 W
P4	530 W	**P4**	1392 W	**P4**	1206 W	P4	919 W
P5	391 W	**P5**	1195 W	**P5**	1206 W	P5	1919 W
P6	429 W	**P6**	3541 W	**P6**	1206 W		
P7	432 W	**P7**	3343 W	**P7**	1186 W		
P8	592 W	**P8**	1353 W	**P8**	1128 W		
P9	271 W	**P9**	1058 W	**P9**	983 W		
P10	496 W	**P10**	244 W	**P10**	954 W		
P11	1340 W	**P11**	3328 W	**P11**	1485 W		
P12	1739 W	**P12**	444 W	**P12**	1491 W		
P13	1494 W	**P13**	284 W	**P13**	953 W		
P14	287 W	**P14**	738 W	**P14**	191 W		
P15	671 W			**P15**	1386 W		
P16	1157 W			**P16**	3317 W		
				P17	875 W		
				P18	1307 W		
				P19	273 W		
				P20	2790 W		
				P21	1031 W		
				P22	1253 W		
				P23	1239 W		
				P24	1029 W		

Tablica 3.3 Projektno toplinsko opterećenje zimi po prostorijama i etažama

3.3 Projektno toplinsko opterećenje ljeti

Kako bi pravilno dimenzionirali ogrjevna tijela bitno je pravilno proračunati toplinsko opterećenje zimi. Analogno vrijedi i za rashladna tijela, ali uz zamjenu godišnjeg doba iz zime u ljeto. Prvi korak je identičan proračunu projektnog opterećenja zimi, a to je definiranje unutarnjih projektnih temperatura. Za odabir je korištena ista literatura kao i kod grijanja, te se tu navodi da OP dvorane zahtijevaju identične toplinske uvjete cjelogodišnje, dok ostale prostorije nemaju takve zahtjeve. Tablica 3.4 prikazuje odabrane vrijednosti.

Prostorija	Unutarnja projektna temperatura, °C
Operacijski blok	24
Ostale prostorije	26

Tablica 3.4 Unutarnje projektne temperature ljeti

U Tehničkom propisu su dane projektne vrijednosti vanjskog okoliša za ljeto, a proračun se radi prema smjernici njemačkog saveza inženjera VDI 2078. Proračun je kao takav nestacionaran, budući da toplinsko opterećenje za hlađenje nije jednako toplinskom dobicima, te se računa za 24 sata u danu. Dobici topline koje je potrebno, preko rashladnih tijela, odvoditi iz prostorije se dijele na unutarnje (ljudi, rasvjeta, oprema...) te vanjske (solarni dobici). Kao i proračun toplinskog opterećenja zimi, proračun toplinskog opterećenja ljeti se proračunao u programskom paketu „*IntegraCAD*“. U Tablica 3.5 je dano toplinsko opterećenje po prostorijama.

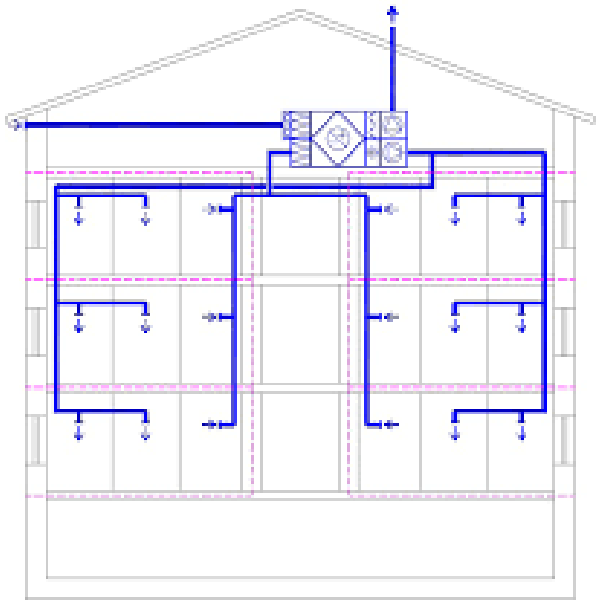
Suteren		Prizemlje		1. Kat		2. Kat	
P1	3566 W	**P1**	2943 W	**P1**	1098 W	**P1**	1078 W
P2	1541 W	**P2**	225 W	**P2**	1100 W	**P2**	296 W
P3	557 W	**P3**	1251 W	**P3**	1100 W	**P3**	204 W
P4	545 W	**P4**	1375 W	**P4**	1100 W	**P4**	395 W
P5	320 W	**P5**	1251 W	**P5**	1100 W	**P5**	911 W
P6	383 W	**P6**	3288 W	**P6**	1100 W		
P7	376 W	**P7**	2147 W	**P7**	1166 W		
P8	129 W	**P8**	350 W	**P8**	413 W		
P9	123 W	**P9**	222 W	**P9**	413 W		
P10	214 W	**P10**	0 W	**P10**	306 W		
P11	874 W	**P11**	889 W	**P11**	650 W		
P12	1243 W	**P12**	112 W	**P12**	240 W		
P13	382 W	**P13**	127 W	**P13**	284 W		
P14	221 W	**P14**	196 W	**P14**	343 W		
P15	359 W			**P15**	478 W		
P16	357 W			**P16**	1302 W		
				P17	168 W		
				P18	159 W		
				P19	135 W		
				P20	1514 W		
				P21	622 W		
				P22	668 W		
				P23	656 W		
				P24	698 W		

Tablica 3.5 Projektno toplinsko opterećenje ljeti po prostorijama i etažama

Izračunati podaci u toplinskoj bilanci zgrade su ključni za pravilno dimenzioniranje ogrjevnih i rashladnih tijela, ali i sustava za proizvodnju toplinske energije.

4 VENTILACIJSKI SUSTAV

Sustavi ventilacije se koriste za dovođenje vanjskog zraka u prostorije, kako bi se koncentracija *zagađivača* (npr. CO_2 u komfornoj klimatizaciji) održavala u prihvatljivim granicama. Kao takva ventilacija može biti prisilna i prirodna. Prirodna ventilacija se pokreće razlikama tlaka koje se ostvaruju u prostorijama bez rada ventilatora. Prisilna ventilacija pak koristi mehaničke uređaje za postizanje razlike tlakova te je karakteriziraju relativno visoki troškovi pogona i investicije, no ipak nema ovisnosti o vanjskim vremenskim uvjetima te dovođenje zraka možemo jako dobro regulirati. Bitno je za naglasiti da postojanje mehaničkih uređaja za ostvarivanje strujanja zraka u prostoriji ne znači nužno da nam je prostorija ventilirana, već se o ventilaciji govori samo onda kada se vanjski zrak namjerno i kontrolirano ubacuje u prostor. Osim prema ostvarivanju razlike tlakova, važna podjela sustava ventilacije je prema centraliziranosti sustava. Decentralizirani sustavi su oni kod kojih svaka prostorija ima zasebni sustav ventilacije za razliku od centraliziranog. Često se u praksi ventilacijski sustavi odvajaju, tj. zoniraju prema određenim zonama, pa će se tako raditi i u ovom projektu gdje će svaka etaža imati svoj zasebni sustav ventilacije.



Slika 4.1 Centralizirani sustav ventilacije

Dovod vanjskog zraka se određuje prema odgovarajućem ventilacijskom zahtjevu, koji se može određivati na temelju potreba ljudi za disanjem, kontrole koncentracije *zagađivača* u prostoriji ili pokrivanja toplinskih opterećenja. Uz pomoć koncentracije *zagađivača*, tj. kontaminanata se definira kvaliteta zraka, kako vanjskog tako i unutarnjeg. U slučaju unutarnjeg zraka najznačajniji *zagađivač* je ugljikov (IV) oksid, CO_2, kada se radi o komfornoj klimatizaciji, jer u različitim industrijskim ili drugim pogonima mogu postojati i drugi koji su dominantniji, npr. prašina u industrijskim postrojenjima. U Tablica 4.1 dane su grupacije kvalitete unutarnjeg zraka (*eng. InDoor Air quality*).

Kvaliteta unutarnjeg zraka	**Koncentracija CO_2 iznad vanjskog zraka, ppm**
IDA 1 (visoka)	<400
IDA 2 (srednja)	400-600
IDA 3 (umjerena)	600-1000
IDA 4 (niska)	>1000

Tablica 4.1 Kategorije kvalitete unutarnjeg zraka prema koncentraciji CO_2

U zdravstvenim ustanovama koncentracija drugih kontaminanata, osim ugljikova (IV) oksida može biti značajna, no budući da namjena ove klinike nije klasična bolnička, već specijalizirana, pretpostavlja se da je *dominantan zagađivač* CO_2, koji ljudi otpuštaju procesom disanja. U ovom radu etaže će se odvojeno ventilirati, kako je prethodno navedeno, te će se u ovom poglavlju obraditi sustav ventilacije suterena zbog čije konfiguracije i namjene prostora pretpostavka o CO_2 kao *dominantnom zagađivaču* ima smisla. Tako je odabran ventilacijski zahtjev, za projektirani ventilacijski sustav, onaj prema broju osoba u prostorijama i u sljedećim potpoglavljima se obrađuje postupak dimenzioniranja sustava.

4.1 Ventilacijski zahtjev

Početni podatak važan za dimenzioniranje ventilacijskih sustava je potrebna količina dobavnog zraka koji se dobavlja u ventilirani prostor. Iz prethodnih navoda je poznato da ventilacijskih zahtjeva postoji više vrsta te je upravo zadaća projektanta termotehničkog sustava da izvrši pravilan izbor ventilacijskog zahtjeva, a time i protok zraka te nadalje odgovarajuće opreme.

Ventilacijski zahtjev se određuje prema [1]:

- Broju osoba,
- Dopuštenoj koncentraciji *zagađivača* u prostoru,
- Izračunatim toplinskim opterećenjima za grijanje/hlađenje,
- Zahtjevu za odvlaživanjem,
- Broju izmjena zraka.

Kada se određuje količina dobavnog zraka uputno je koristiti jedan od prva četiri uvjeta određivanja protoka zraka ovisno o namjeni zgrade i prostorije. Određivanje količine dobavnog zraka prema broju izmjena bi se trebao koristiti uvjetno (npr. u slučaju kada nam koncentracije *zagađivača* nisu poznate) ili kao kontrolni proračun.

Vrsta prostora	ACH, [h^{-1}]
Uredi	3-6
Knjižnice	3-5
Ugostiteljske prostorije	5-10
Skladišta	4-6
Kazalište	4-6
Bazen	3-6
Laboratorij	8-15
Operacijske dvorane	15-20

Tablica 4.2 Iskustvene vrijednosti broja izmjena zraka prostorija prema namjenama [4]

Budući da je ventilacijski zahtjev prema broju osoba odabran kao relevantan za ventilaciju suterena, prema njemu se određuje protok dobavnog zraka u prostoriju, a on kaže da je preporučeni ventilacijski minimum 30 m^3/h po osobi za nepušačke prostore. U slučaju prostorija u kojima je pušenje dozvoljeno protok zraka po osobi je uputno udvostručiti. U Tablica 4.3 se daje metodika određivanja potrebnog protoka zraka za etažu suterena.

Protok zraka prema broju osoba se računa prema izrazu:

$$\dot{V}_o = N \cdot \dot{V}_{o,p}.$$

Gdje su:

$\dot{V}_{o,p}$ – protok zraka po osobi [m^3/h osoba],

N – broj osoba.

Prostorija	Površina, m^2	Volumen, m^3	Ventilacijski zahtjev	ACH	Očekivani broj osoba	Protok po osobi, m^3/h	Potrebni protok zraka; m^3/h
1	120,9	423,2	Broju osoba	-	20	100	2000
2	74,2	259,7	ACH	6	-	-	1560
3	40,4	141,4	Broju osoba	-	4	50	200
4	23	80,5	Broju osoba	-	3	50	150
5	15,3	53,6	Broju osoba	-	3	50	150
6	14,1	49,4	Broju osoba	-	3	50	150
7	15,8	55,3	Broju osoba	-	3	50	150
8	11,1	38,9	ACH	6	-	-	240
9	5,5	19,3	ACH	6	-	-	120
10	16,5	57,8	ACH	4	-	-	240
11	51,5	180,3	Broju osoba	-	6	80	480
12	49,6	173,6	Broju osoba	-	6	80	480
13	40,8	142,8	Broju osoba	-	3	50	150
14	15,4	53,9	ACH	6	-	-	330
15	13,2	46,2	ACH	6	-	-	280
16	19,5	68,3	ACH	6	-	-	410

Tablica 4.3 Potrebni protok zraka po prostorijama etaža suterena

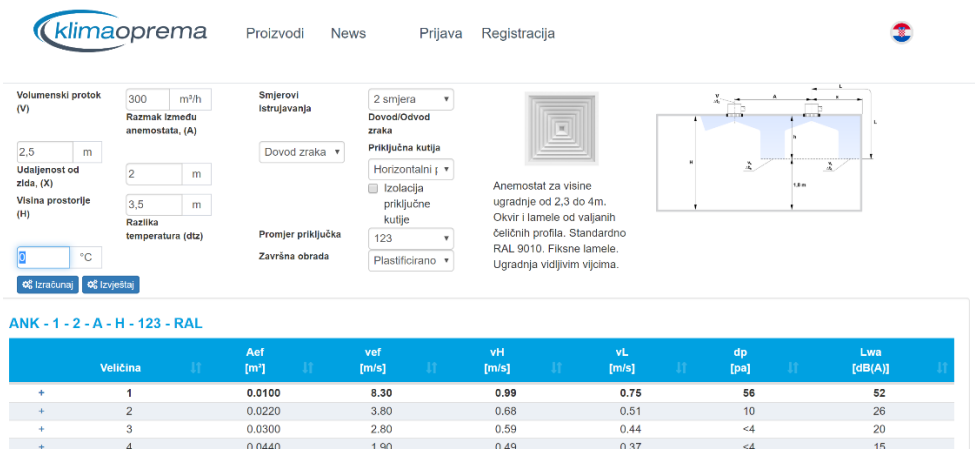
Vidljivo je da je protok zraka u sanitarijama proračunavan prema broju izmjena zraka koje se računa kao umnožak volumena prostorije i broja izmjena zraka.

$$\dot{V}_o = V_p \cdot ACH.$$

Sanitarni čvorovi zbog očitih razloga će biti prostorije u potlaku, a prestrujavanje zraka će se vršiti preko prestrujnih rešetki koje će se montirati na ulazna vrata prostorije. Budući da su sanitarije u potlaku u hodnicima će se postaviti samo istrujni otvori za dobavu zraka.

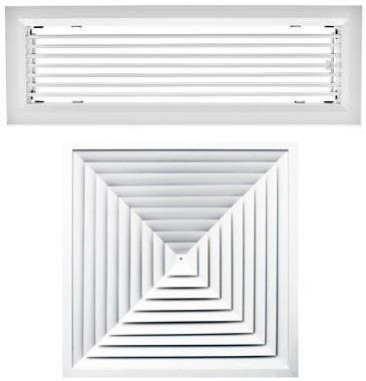
4.2 Odabir istrujnih otvora

Nakon određenog protoka zraka prema odgovarajućem ventilacijskom zahtjevu slijedi odabir istrujnih otvora. Isti su odabrani koristeći web-aplikaciju „*SolveAir*“ proizvođača klimatizacijske opreme „*Klimaoprema*“, u kojem se za zadane parametre protoka zraka, položaja otvora u prostoru kao i karakterističnih dimenzija prostora daju istrujni otvori prema želji projektanta ili investitora. U ovom slučaju za dobavne otvore odabrani su istrujni otvori tipa ANK istog proizvođača. ANK stropni distributeri imaju mogućnost montaže s priključnom kutijom ili bez nje, te također izbor broja smjerova istrujavanja. Slika 4.2 prikazuje izgled sučelja spomenute web-aplikacije. Na tehničkim crtežima u prilogu će biti specificirano točno o kojim se istrujnim otvorima radi.



Slika 4.2 Prikaz odabira istrujnih otvora

Odsisni otvori se odabiru na isti način i u istoj aplikaciji, a kao otvori su odabrane rešetke prethodno navedenog proizvođača tip OAH, raznih dimenzija. Bitne stavke prilikom odabira otvora su brzine strujanja zraka pri ulasku u zonu boravka, koja je poželjno da bude manja od 0.25 m/s. Nadalje, s tim povezano, je pad tlaka na istrujnom otvoru koji ne smije biti prevelik te razina buke koja je također povoljno da bude što manja, a prilikom odabira svih istrujnih otvora na objektu je to uzeto u obzir.



Slika 4.3 Prikaz OAH rešetke (gore) i ANK stropnog distributera (dolje)

4.3 Dimenzioniranje ventilacijskih kanala

Stavka koja slijedi nakon odabira istrujnih otvora je dimenzioniranje kanala razvoda zraka. Kanali služe za razvod kondicioniranog zraka do prostorija u kojima borave ljudi. Po svom obliku oni mogu biti pravokutni, okrugli, ovalni ili fleksibilni. Pravokutni kanali su karakteristični za niskobrzinske sustave te se lagano sklapaju na mjestu, dok okrugle kanale karakterizira manje

propuštanje zraka, bolja hidrodinamička svojstva te manja buka. Spoj kanala na istrujne otvore se izvodi s komadom fleksibilnog kanala koji moraju biti što kraći (ne dulji od 2 m). Nakon numeriranja dionica kanala slijedi sam postupak dimenzioniranja. Kanalski razvod se izvodi djelomično pravokutnim, a djelomično okruglim presjecima. Prilikom proračuna izraz koji se koristi za proračun faktora trenja je formula Swamee-Jain koja glasi:

$$\lambda = \frac{1.325}{\left(\ln\left(\frac{k}{3.7 \cdot d_{ekv}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2}.$$

Gdje je:

k – hrapavost kanala [mm],

d_{ekv} – ekvivalentni promjer [mm],

Re – Reynoldsov broj [-].

Reynoldsov broj se računa prema izrazu:

$$Re = \frac{v \cdot d_{ekv} \cdot \rho}{\mu}.$$

Gdje je:

v – brzina strujanja u kanalu [m/s],

ρ – gustoća zraka [kg/m^3],

μ – dinamička viskoznost [Pas].

Pomoću prethodnih izraza proračunava se duljinski pad tlaka dionice [Pa/m]:

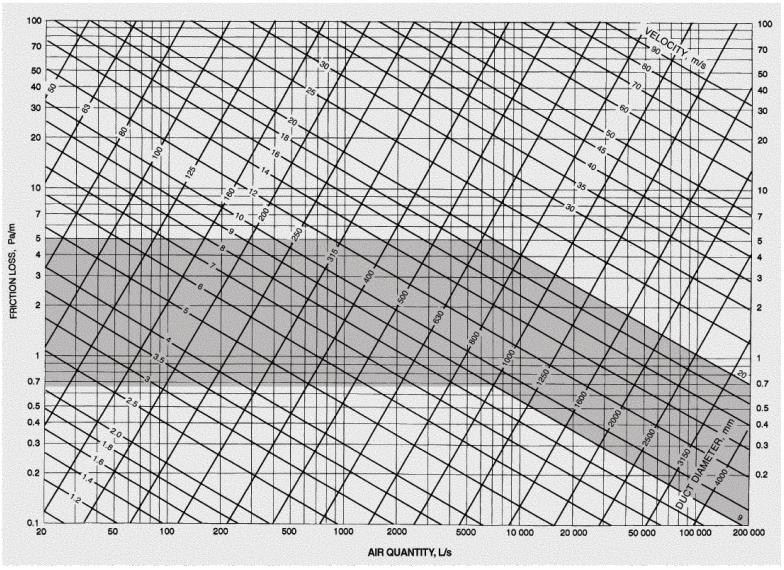
$$R = \frac{\Delta p}{L} = \frac{\lambda}{d_{ekv}} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}.$$

Gdje je:

Δp – pad tlaka [Pa],

L – duljina dionice [m].

U literaturi [8] se mogu pronaći podaci o preporučenim rasponima za vrijednost duljinskog pada tlaka dionica, a jedan takav dijagram dan je na Slika 4.4.



Slika 4.4 Dijagram pada tlaka za okrugle kanale [8]

Tablični proračun dimenzioniranja kanala ventilacije je proveden koristeći programski paket „*MS Excel*“ te su rezultati dani u Tablica 4.4.

Dionica	**V**	**A**	**B**	**d**	**d_{ekv}**	**A**	**w**	**k/d_{ekv}**	**Re**	**λ**	**R**
-	m3/h	mm	mm	mm	m	m2	m/s	-	-	-	Pa/m
1	5800	500	450	-	0,518	0,211	7,63	0,00017	271364	0,016	1,098
2	5800	500	450	-	0,518	0,211	7,63	0,00017	271364	0,016	1,098
3	5650	500	450	-	0,518	0,211	7,44	0,00017	264346	0,016	1,046
4	150	-	-	125	0,124	0,012	3,46	0,00073	29385	0,026	1,482
5	5500	500	425	-	0,504	0,199	7,67	0,00018	264915	0,016	1,148
6	150	-	-	125	0,124	0,012	3,46	0,00073	29385	0,026	1,482
7	3280	500	400	-	0,488	0,187	4,87	0,00018	162966	0,018	0,510
8	2220	500	250	-	0,381	0,114	5,41	0,00024	141370	0,018	0,840
9	3280	-	-	400	0,399	0,125	7,29	0,00023	199466	0,017	1,385
10	3080	-	-	355	0,354	0,098	8,70	0,00025	211127	0,017	2,232
11	200	-	-	125	0,124	0,012	4,62	0,00073	39180	0,024	2,506
12	2690	-	-	355	0,354	0,098	7,60	0,00025	184393	0,018	1,731
13	390	-	-	160	0,159	0,020	5,47	0,00057	59561	0,022	2,511
14	2190	-	-	315	0,314	0,077	7,87	0,00029	169255	0,018	2,136
15	500	-	-	200	0,199	0,031	4,47	0,00045	60996	0,022	1,313
16	1690	-	-	315	0,314	0,077	6,07	0,00029	130612	0,019	1,316
17	500	-	-	200	0,199	0,031	4,47	0,00045	60996	0,022	1,313
18	1190	-	-	315	0,314	0,077	4,27	0,00029	91970	0,020	0,687

19	500	-	-	200	0,199	0,031	4,47	0,00045	60996	0,022	1,313
20	690	-	-	250	0,249	0,049	3,94	0,00036	67259	0,021	0,788
21	500	-	-	200	0,199	0,031	4,47	0,00045	60996	0,022	1,313
22	390	-	-	160	0,159	0,020	5,47	0,00057	59561	0,022	2,511
23	300	-	-	160	0,159	0,020	4,21	0,00057	45816	0,023	1,550
24	150	-	-	125	0,124	0,012	3,46	0,00073	29385	0,026	1,482
25	150	-	-	125	0,124	0,012	3,46	0,00073	29385	0,026	1,482
26	780	-	-	250	0,249	0,049	4,46	0,00036	76032	0,021	0,988
27	1440	300	250	-	0,299	0,070	5,69	0,00030	116774	0,019	1,240
28	1440	-	-	315	0,314	0,077	5,17	0,00029	111291	0,019	0,978
29	960	-	-	250	0,249	0,049	5,49	0,00036	93578	0,020	1,449
30	480	-	-	200	0,199	0,031	4,30	0,00045	58557	0,022	1,218
31	240	-	-	160	0,159	0,020	3,37	0,00057	36653	0,024	1,031
32	240	-	-	160	0,159	0,020	3,37	0,00057	36653	0,024	1,031
33	240	-	-	160	0,159	0,020	3,37	0,00057	36653	0,024	1,031
34	720	-	-	250	0,249	0,049	4,11	0,00036	70183	0,021	0,852
35	240	-	-	160	0,159	0,020	3,37	0,00057	36653	0,024	1,031
36	480	-	-	200	0,199	0,031	4,30	0,00045	58557	0,022	1,218
37	330	-	-	160	0,159	0,020	4,63	0,00057	50398	0,023	1,846
38	150	-	-	125	0,124	0,012	3,46	0,00073	29385	0,026	1,482

Tablica 4.4 Dimenzioniranje dobavnih kanala ventilacijskog sustava

Postupak dimenzioniranja odsisnih kanala je identičan onome za dobavne kanale te se rezultati daju u Tablica 4.5.

Dionica	**V**	**A**	**B**	**d**	**d_{ekv}**	**A**	**w**	**k/d_{ekv}**	**Re**	**λ**	**R**
-	m3/h	mm	mm	mm	m	m2	m/s	-	-	-	Pa/m
1	5200	500	450	-	0,518	0,211	6,84	0,00017	243292	0,017	0,895
2	5200	500	450	-	0,518	0,211	6,84	0,00017	243292	0,017	0,895
3	4360	500	400	-	0,488	0,187	6,47	0,00018	216626	0,017	0,867
4	840	250	250	-	0,273	0,059	3,98	0,00033	74543	0,021	0,714
5	4210	500	400	-	0,488	0,187	6,25	0,00018	209173	0,017	0,812
6	4060	500	400	-	0,488	0,187	6,03	0,00018	201721	0,017	0,759
7	2860	500	250	-	0,381	0,114	6,97	0,00024	182125	0,018	1,347
8	1200	300	250	-	0,299	0,070	4,75	0,00030	97312	0,020	0,884
9	2860	-	-	400	0,399	0,125	6,36	0,00023	173925	0,018	1,072
10	2200	-	-	355	0,354	0,098	6,22	0,00025	150805	0,018	1,189
11	660	-	-	250	0,249	0,049	3,77	0,00036	64335	0,021	0,727
12	2000	-	-	355	0,354	0,098	5,65	0,00025	137095	0,018	0,995
13	1000	-	-	250	0,249	0,049	5,71	0,00036	97477	0,020	1,563
14	1000	-	-	250	0,249	0,049	5,71	0,00036	97477	0,020	1,563
15	500	-	-	200	0,199	0,031	4,47	0,00045	60996	0,022	1,313
16	500	-	-	200	0,199	0,031	4,47	0,00045	60996	0,022	1,313
17	300	-	-	160	0,159	0,020	4,21	0,00057	45816	0,023	1,550

18	360	-	-	200	0,199	0,031	3,22	0,00045	43917	0,023	0,720
19	150	-	-	125	0,124	0,012	3,46	0,00073	29385	0,026	1,482
20	240	-	-	160	0,159	0,020	3,37	0,00057	36653	0,024	1,031
21	120	-	-	125	0,124	0,012	2,77	0,00073	23508	0,027	0,990
22	120	-	-	125	0,124	0,012	2,77	0,00073	23508	0,027	0,990
23	120	-	-	125	0,124	0,012	2,77	0,00073	23508	0,027	0,990
24	1200	-	-	315	0,314	0,077	4,31	0,00029	92743	0,020	0,698
25	960	-	-	250	0,249	0,049	5,49	0,00036	93578	0,020	1,449
26	480	-	-	200	0,199	0,031	4,30	0,00045	58557	0,022	1,218
27	480	-	-	200	0,199	0,031	4,30	0,00045	58557	0,022	1,218
28	240	-	-	160	0,159	0,020	3,37	0,00057	36653	0,024	1,031
29	240	-	-	160	0,159	0,020	3,37	0,00057	36653	0,024	1,031
30	840	-	-	250	0,249	0,049	4,80	0,00036	81880	0,020	1,132
31	690	-	-	200	0,199	0,031	6,17	0,00045	84175	0,021	2,380
32	150	-	-	125	0,124	0,012	3,46	0,00073	29385	0,026	1,482
33	345	-	-	200	0,199	0,031	3,09	0,00045	42088	0,023	0,666
34	345	-	-	200	0,199	0,031	3,09	0,00045	42088	0,023	0,666
35	205	-	-	160	0,159	0,020	2,88	0,00057	31308	0,025	0,775
36	205	-	-	160	0,159	0,020	2,88	0,00057	31308	0,025	0,775

Tablica 4.5 Dimenzioniranje odsisnih kanala ventilacijskog sustava

Nakon što su određene dimenzije kanala obavljen je proračun kritične dionice sustava, koji je ključan za dimenzioniranje centralne ventilacijske jedinice, tj. opreme (grijač, ventilator, itd.). Kritična dionica dobavnog kanala će u ovom slučaju biti ona koja dobavlja zrak u prostoriju P7, dok će za odsis kritična dionica usisavati zrak iz prostorije P1. Lokalni padovi tlaka koji se pojavljuju po trasi se proračunavaju uz pomoć podataka iz literature, odnosno iz dokumentacije proizvođača. Usisna rešetka kao i istrujna su odabrani iz kataloga proizvođača „*Klimaoprema*“ tip FŽ 585x450, dok je kao prigušivač buke odabran kulisni prigušivač PZ-100/100 istog proizvođača, razmaka kulisa 100 mm. Tablica 4.6 iTablica 4.7 daju prikaz padova tlaka kritičnih dionica dobavnog i odsisnog kanala respektivno.

Dionica	L	q_v	Dimenzije kanala		d	d_{ekv}	Brzina	R	R*L	Σζ	Z	R*L+Z
			A	B								
-	m	m3/h	mm	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	4,7	5800	500	450	-	0,518	7,64	1,098	5,16	1,698	59,38	64,5
2	8,2	5800	500	450	-	0,518	7,64	1,098	8,93	1,116	39,03	47,9
3	4,2	5650	500	450	-	0,518	7,44	1,046	4,41	0,004	0,13	4,6
5	2,5	5500	500	425	-	0,504	7,67	1,148	2,84	0,04	1,41	4,3
7	2,3	3280	500	400	-	0,488	4,87	0,510	1,15	0,31	4,41	5,6
9	2,4	3280	-	-	400	0,399	7,29	1,385	3,28	0,05	1,60	4,9
10	6,5	3080	-	-	355	0,354	8,70	2,232	14,55	0,14	6,36	20,9
12	14,4	2690	-	-	355	0,354	7,60	1,731	24,99	0,38	13,17	38,2
14	2,2	2190	-	-	315	0,314	7,87	2,136	4,57	0,13	4,83	9,4
16	2,2	1690	-	-	315	0,314	6,07	1,316	2,82	0,13	2,87	5,7
18	2,2	1190	-	-	315	0,314	4,27	0,687	1,47	0,12	1,32	2,8
20	12,2	690	-	-	250	0,249	3,94	0,788	9,64	0,25	2,33	11,9
23	3	300	-	-	160	0,159	4,21	1,550	4,62	0,135	1,43	6,1
25	5	150	-	-	125	0,124	3,46	1,482	7,34	0,11	0,79	8,1
											Pad tlaka na usisnoj rešetki, Pa	40
											Pad tlaka na prigušivaču buke, Pa	100
											Pad tlaka na distributeru, Pa	5
											Σ	379,8

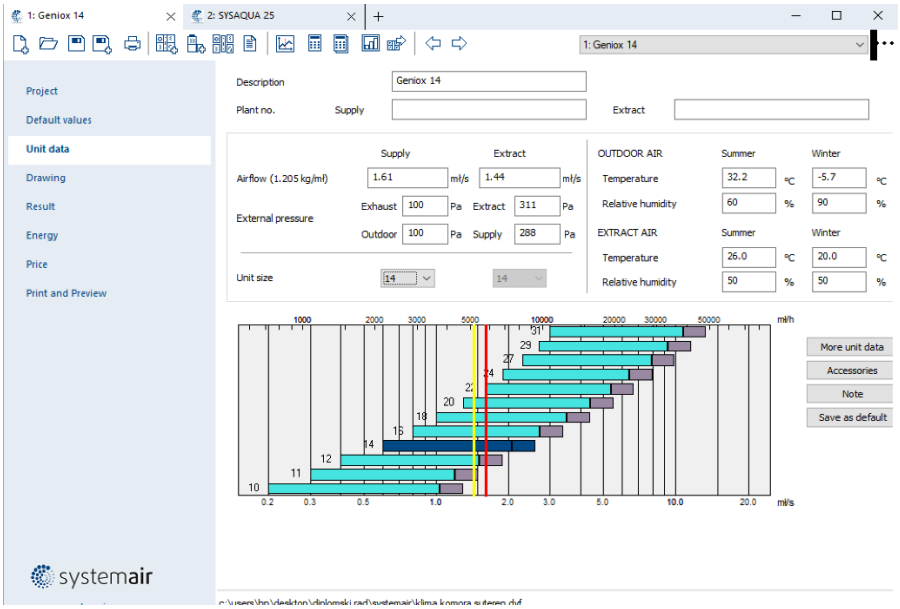
Tablica 4.6 Proračun kritične dionice dobavnog kanala ventilacijskog sustava

Dionica	L	q_V	Dimenzije kanala		d	d_{ekv}	v	R	R*L	Σζ	Z	R*L+Z
			A	B								
-	m	m3/h	mm	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	7,2	5200	500	450	-	0,518	6,84	0,895	6,41	1,698	47,73	54,1
2	6,8	5200	500	450	-	0,518	6,84	0,895	6,09	3,028	85,12	91,2
3	5,3	4360	500	400	-	0,488	6,47	0,867	4,59	0,05	1,26	5,8
5	2,8	4210	500	400	-	0,488	6,25	0,812	2,30	0,05	1,17	3,5
6	1,4	4060	500	400	-	0,488	6,03	0,759	1,02	0,76	16,56	17,6
7	4,9	2860	500	250	-	0,381	6,97	1,347	6,55	0,05	1,46	8,0
9	2,8	2860	-	-	400	0,399	6,36	1,072	3,02	0,51	12,38	15,4
10	1,2	2200	-	-	355	0,354	6,22	1,189	1,40	0,05	1,16	2,6
12	10,4	2000	-	-	355	0,354	5,65	0,995	10,37	1,6	30,66	41,0
14	1,1	1000	-	-	250	0,249	5,71	1,563	1,69	0,05	0,98	2,7
16	2,1	500	-	-	200	0,199	4,47	1,313	2,81	0,05	0,60	3,4
											Pad tlaka na ispušnoj rešetki, Pa	50
											Pad tlaka na prigušivaču buke, Pa	100
											Pad tlaka na usisnoj rešetki, Pa	10
											Σ	405,3

Tablica 4.7 Proračun kritične dionice odsisnog kanala ventilacijskog sustava

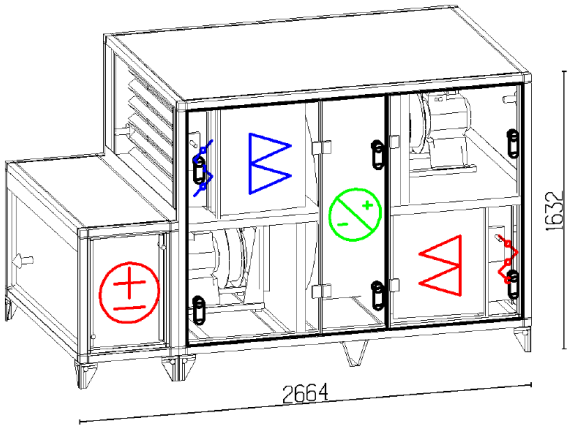
4.4 Dimenzioniranje ventilacijske jedinice

Zadnji korak koji je preostao je dimenzioniranje i odabir centralne ventilacijske jedinice u kojoj će se vršiti kondicioniranje zraka koji se ubacuje u prostor. Odabran je proizvođač opreme „*SystemAir*“ te se pomoću njihova programskog paketa „*SystemAirCAD*“ odabire centralna jedinica. Ulazni podaci za samu aplikaciju su eksterni padovi tlaka te protoci dobave i odsisa. S druge strane, također je potrebno odabrati i izvedbu centralne jedinice, način pripreme zraka (grijanje i hlađenje), filtraciju te sustav povrata topline. Nakon proračuna odabrana jedinica Geniox 14 koja, prema odabiru autora, predstavlja optimum među onim jedinicama koje zadovoljavaju uvjete.



Slika 4.5 Prikaz sučelja aplikacije "SystemAirCAD"

Odabrana jedinica, uz već poznate podatke o protocima i padu tlaka, ima dva filtra klase F7 u dobavnom i odsisnom kanalu, ventilatori su opremljeni s frekventnim pretvaračima te su aksijalnog tipa. Kao sustav povrata topline koristi se rotacijski regenerator koji u projektnim uvjetima ima temperaturnu efikasnost 80% te učin 57 kW. Nadalje, za dogrijavanje ili hlađenje zraka na temperaturu ubacivanja koristi se izmjenjivač topline zrak/glikolna smjesa koji u sezoni grijanja radi u režimu 45/35 °C, a u sezoni hlađenja 6/12 °C. Učin grijača/hladnjaka iznosi 10 kW i 5 kW, respektivno. Temperatura ubacivanja, budući da se ventilacijska jedinica koristi samo za dobavu vanjskog zraka, odgovara unutarnjoj projektnoj temperaturi prostorija.



Slika 4.6 Centralna ventilacijska jedinica "Geniox 14"

Izmjenjivač topline koji se koristi kao grijač i hladnjak, ovisno o sezoni, koristi 30%-tnu smjesu etilen-glikola i vode kao ogrjevni/rashladni medij. Za ostvarivanje traženog temperaturnog režima, odnosno pripremu medija za izmjenu topline, koristi se dizalica topline zrak-voda SYSAQUA 25 proizvođača „*SystemAir*“ koji preporučuje tandemski rad dizalice topline i centralne ventilacijske jedinice. Glikolna smjesa je odabrana iz sigurnosnog razloga jer je montaža dizalice planirana na krov objekta. Dizalica topline u projektnim uvjetima ima učin grijanja 16 kW te hlađenja 25 kW, a budući da je kompaktne izvedbe cirkulacijska pumpa je integrirana u samom uređaju. Proizvođač, pak, preporučuje da se ugradi „*buffer*“, tj. akumulacijski spremnik medija izmjene topline i to u iznosu od 12.5 litara po kW učina dizalice. Korištenje međuspremnika toplinske energije poboljšava pogonske parametre sustava te reducira broj paljenja/gašenja dizalice topline. Spremnik je u ovoj izvedbi spojen u seriju s dizalicom u povratnom vodu te je lociran u strojarnici na etaži suterena.

4.5 Dimenzioniranje ostale opreme

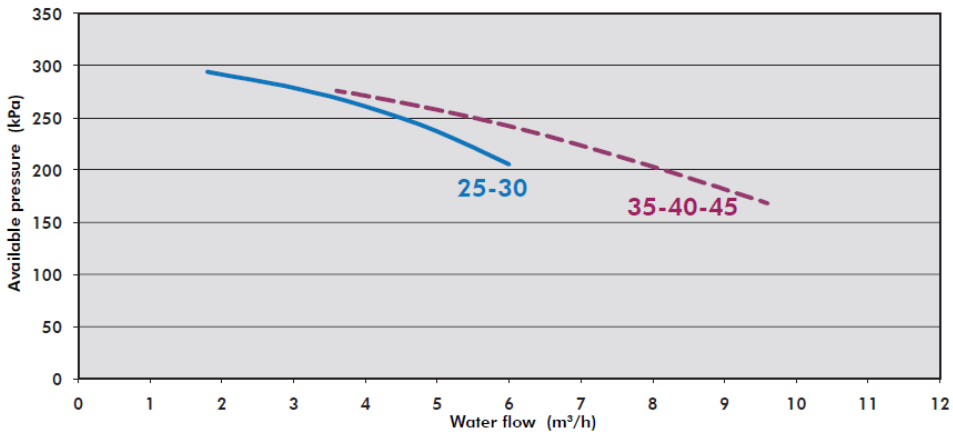
Prethodno navedeni spremnik toplinske energije zahtjeva volumen od 312.5 litara pa je odabran spremnik proizvođača „*Centrometal*“, CAS 501, nominalnog volumena 475 litara. Cijevni razvod glikolne smjese je potrebno razvući od krova do ventilacijske jedinice koja se nalazi u strojarnici suterena. Cijevi će se razvlačiti kroz spušteni strop horizontalno, te vertikalno kroz prostor predviđen za razvode sustava. Prema toplinskom toku koji je potrebno predati kondicioniranom zraku, kao i armaturi na cijevnom razvodu, provodi se dimenzioniranje

cjevovoda te provjera zadovoljava li integrirana pumpa u dizalici narinuti eksterni pad tlaka. U Tablica 4.8 se daje prikaz postupka koji je praktički identičan onome za kanalski razvod.

Dionica	**L**	**Φ**	**q_m**	**D**	**D_u**	**A**	**w**	**R**	**R*L**	**Σζ**	**Z**	**R*L+Z**
-	m	kW	kg/s	DN	m	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	kPa
1	55,5	10	0,27	DN25	0,0285	0,00064	0,40	80	4440	14	1182,0	5,6
											Pad tlaka u "bufferu", kPa	0,15
											Pad tlaka u SYSAQUA, kPa	5
											Pad tlaka filter, kPa	1,3
											Pad tlaka ventil (kuglasti), kPa	6
											Pad tlaka izmjenjivač u KK, kPa	124,5
											Σ	142,6

Tablica 4.8 Dimenzioniranje cijevnog razvoda glikolne smjese ventilacijske jedinice

Slijedi provjera zadovoljava li integrirana pumpa uvjete eksternog pada tlaka. Karakteristika pumpe je dana u podacima proizvođača dizalice topline te je dana na Slika 4.7.



Slika 4.7 Karakteristika pumpe dizalice topline SYSAQUA 25

Vidljivo je da je projektirani pad tlaka od 143 kPa, manji od maksimalnog dopuštenog za protok koji se pojavljuje u projektnom stanju (1 m^3/h), što znači da integrirana pumpa dizalice topline zadovoljava uvjete u projektnom stanju.

Nakon cijevnog razvoda slijedi dimenzioniranje ekspanzijskog sustava. Membranske ekspanzijske posude imaju vrlo važnu ulogu u termotehničkim postrojenjima i sustavima grijanja budući da služe za održavanje povoljnog tlaka u sustavu te preuzimanje viška ogrjevnog/rashladnog medija. Postupak počinje s određivanjem volumena medija u instalaciji.

Volumen u cijevi po metru DN25	**0,581**	**l/m**
Volumen u cijevima	32,3	l
Volumen „buffera“	475	l
Volumen u SYSAQUA 25	5	l
Volumen u izmjenjivaču	6,6	l
Ukupni volumen	518,9	l

Tablica 4.9 Volumen glikolne smjese u instalaciji

Postupak određivanja volumena ekspanzijske posude se nastavlja određivanjem primarnog tlaka posude (kojeg nam određuje proizvođač) na temelju visine instalacije, u ovom slučaju 13 m pa onda tlak iznosi 1.5 bar. Nakon toga slijedi određivanje volumena širenja radnog medija prema izrazu:

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

Gdje je:

n – postotak širenja [-],

V_A – ukupni volumen medija u sustavu [l].

Iz poznatog podatka ukupnog volumena medija u sustavu te postotka širenja koji se određuje iz literature [4] vrši se proračun volumena širenja. Dodatni volumen, V_V, (zaliha) se odabire kao 0,5% volumena medija u sustavu ili 3 litre kao minimum. Zadnji korak je određivanje projektnog krajnjeg tlaka, p_e, koji je povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila. Minimalni volumen ekspanzijske posude se određuje prema izrazu:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}.$$

p_0	**1,5**	**bar**
V_V	3	l
V_e	4,85	l
p_e	8	bar
$V_{n,min}$	10,871	l

Tablica 4.10 Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude

Prema minimalnom potrebnom volumenu posude odabire se membranska ekspanzijska posuda proizvođača „*Imera*“ R12, volumena 12 litara.



Slika 4.8 Membranska ekspanzijska posuda „Imera“ R12

5 KLIMATIZACIJSKI SUSTAV

Pojam klimatizacijskog sustava podrazumijeva onaj sustav koji obavlja četiri slijedeća procesa, a to su grijanje, hlađenja, ovlaživanja i odvlaživanje zraka te se zbog toga teorija klimatizacije nastavlja na onu ventilacije, grijanja i hlađenja. Osnove su iste, dobava vanjskog zraka za disanje ljudi ili potrebe procesa te se na to nadovezuje da zrak koji se ubacuje mora biti u mogućnosti preuzimanja trenutnog toplinskog opterećenja bilo da se radi o grijanju ili hlađenju. Zahtjevi za kvalitetom zraka su isti kao i kod ventilacijskog sustava, ali razlika se javlja kod *dominantnog zagađivača* prostora. Kako je prethodno opisano, prvi kat klinike je rezerviran za ordinacije dentalne medicine, kao i operacijski blok te je navedeno u literaturi da su istraživanja vezana na temu ventilacije prostora namijenjenih stomatološkim procesima su dosta opskurna. *Dominantan zagađivač* može u danom trenutku biti CO_2, N_2O ili čak baterijski aerosoli. Ninomura i Byrns [3] preporučuju da, u slučaju da se N_2O koristi kao anestetik i za potrebe sterilizacije, minimalna dovedena količina vanjskog zraka u prostor bude 25 l/s po osobi (odgovara oko 10 ACH). Taj uvjet će se uzeti u obzir prilikom odabira ventilacijskog zahtjeva za OP blok, budući da će se, u manjim ordinacija, anestezija pacijentima davati lokalno.

5.1 Ventilacijski zahtjev

Kao i kod ventilacijskog sustava, kod klimatizacije prvi korak je određivanje minimalnog protoka zraka za prostorije. Osim prethodno navedenih ventilacijskih zahtjeva prema broju osoba i prema broju izmjena zraka, sada se i proračunava ventilacijski zahtjev prema toplinskom opterećenju za grijanje i hlađenje. Izraz koji se koristi glasi:

$$\dot{V}_o = \frac{q_s}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t}.$$

Gdje su:

q_s – toplinsko opterećenje za grijanje/hlađenje [kW],

ρ – gustoća zraka [kg/m^3],

c_p – specifični toplinski kapacitet zraka [kJ/kgK],

Δt – razlika između temperature ubacivanja zraka i unutarnje projektne temperature [°C].

Toplinsko opterećenje je proračunato u poglavlju 2, dok se temperature ubacivanja odabiru prema iskustvenim preporukama najčešće danima u literaturi s tim da to najčešće znači odabir optimuma između dvije krajnosti, jer manja temperaturna razlika znači veće protoke zraka, i obrnuto. U ovom slučaju ide se u smjeru manje temperaturne razlike iz razloga što se mikroklima u operacijskim blokovima mora održavati u ciljanim toplinskim uvjetima bez velikih oscilacija. U režimu grijanja temperatura ubacivanja zraka je 32°C, dok u hlađenju ona iznosi 22°C. U Tablica 5.1 se daje proračun ventilacijskog zahtjeva po prostorijama i odabrani protok dobavnog i odsisnog zraka.

Podaci o prostoriji					**Ventilacijski zahtjev prema:**						**Protok zraka prema:, m^3/h**				**Dobavni zraka, m^3/h**	**Odsisni zrak, m^3/h**
P	$\vartheta_{u,gr}$; °C	$\vartheta_{u,hl}$; °C	A, m^2	V, m^3	N	Φ_{HL}, W	Φ_{CL}, W	ACH	$dt_{gr,}$ °C	$dt_{hl,}$ °C	N	Φ_{HL}	Φ_{CL}	ACH		
1	20	26	19,8	81,2	3	1359	1098	-	12	4	150	340	820	0	820	820
2	20	26	19,8	81,2	3	1206	1100	-	12	4	150	300	830	0	830	830
3	20	26	19,8	81,2	3	1206	1100	-	12	4	150	300	830	0	830	830
4	20	26	19,8	81,2	3	1206	1100	-	12	4	150	300	830	0	830	830
5	20	26	19,8	81,2	3	1206	1100	-	12	4	150	300	830	0	830	830
6	20	26	19,8	81,2	3	1206	1100	-	12	4	150	300	830	0	830	830
7	20	26	19	77,9	3	1186	1166	-	12	4	150	300	880	0	880	880
8	20	26	20,9	85,7	3	1128	413	-	12	4	150	290	310	0	310	310
9	20	26	21,2	86,9	3	983	413	-	12	4	150	250	310	0	310	310
10	20	26	20,6	84,5	2	954	306	-	12	4	100	240	230	0	240	240
11	20	26	30,6	125,5	5	1485	650	-	12	4	250	370	490	0	490	490
12	24	26	16,6	68,1	0	1491	240	6	8	4	0	560	180	410	0	560
13	20	26	19,7	80,8	2	953	284	-	12	4	100	240	220	0	240	240
14	20	26	7,9	32,4	2	191	343	-	12	4	100	50	260	0	260	260
15	20	26	54,1	221,8	3	1386	478	4	12	4	150	350	360	890	890	330
16	20	26	75,1	307,9	8	3317	1302	4	12	4	400	830	980	1240	1240	580
17	20	26	10,8	44,3	0	875	168	4	12	4	0	220	130	180	0	220
18	20	26	15,6	64,0	0	1307	159	4	12	4	0	330	120	260	0	330
19	20	26	4,6	18,9	0	273	135	-	12	4	0	70	110	0	0	110
20	20	26	42,4	173,8	6	2790	1514	-	12	4	300	700	1130	0	1130	1130
21	24	24	20,4	83,6	5	1031	622	-	8	2	250	390	930	0	1310	1180
22	24	24	23,3	95,5	5	1253	668	-	8	2	250	470	1000	0	1000	1100
23	24	24	23,2	95,1	5	1239	656	-	8	2	250	470	980	0	1380	1250
24	24	24	18,5	75,9	5	1029	698	-	8	2	250	390	1050	0	1470	1330
															16120	**15820**

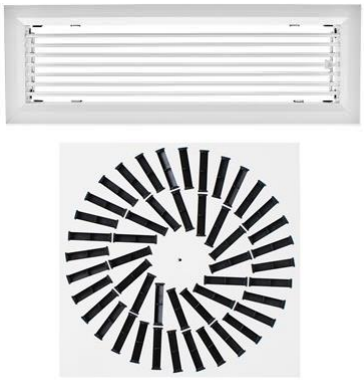
Tablica 5.1 Potrebni protok zraka po prostorijama etaža 1. kata

Sanitarije će i u ovom slučaju biti prostori koji će biti u potlaku zbog kontrole širenja neugodnih mirisa, a hodnici će biti opremljeni s dobavnim i odsisnim otvorima, dok će se

prestrujavanje viška zraka će se osiguravati preko rešetki lociranih na vratima sanitarija. Prilikom određivanja projektnog protoka zraka za prostorije operacijskog bloka, protok dobavnog zraka u dvoranu će biti veći za 10% od odsisnog kako bi se osigurao pretlak u odnosu na susjedne prostorije. Također je, iz tog razloga, odabrana i odgovarajuća oprema u vidu regulatora protoka koji će uvijek osiguravati minimalan pretlak od 10 Pa u operacijskim dvoranama.

5.2 Odabir istrujnih otvora

Istrujni otvori su odabrani iz kataloga proizvođača klimatizacijske opreme „*Klimaoprema*“ pomoću njihove besplatne web-aplikacije čije je sučelje prikazano u poglavlju 4. Kao istrujni otvori u ovom slučaju su odabrani otvori tipa DEV-K za dobavu zraka koji zrak upuhuju u radijalnom smjeru čime se, zbog efekta vrtloženja, postižu bolji uvjeti toplinske ugodnosti, a rešetke tip OAH za odsis zraka.



Slika 5.1 Odsisna rešetka OAH (gore) i stropni distributer DEV-K (dolje)

Podaci o padu tlaka se koriste kod proračuna kritičnih dionica kanalskog razvoda potrebnih za odabir centralne klimatizacijske jedinice.

5.3 Dimenzioniranje kanalskog razvoda

Dimenzioniranje kanalskog razvoda se provodi na način identičan u poglavlju 4, uz razliku da se ovdje u potpunosti koriste pravokutni kanali od čeličnog lima za distribuciju zbog lakšeg i fleksibilnijeg razmještanja u prostoru. Dimenzioniranje dobavnog kanala je dano u Tablica 5.2.

Dionica	V	A	B	d_{ekv}	A	w	k/d_{ekv}	Re	λ	R
-	m3/h	mm	mm	m	m2	m/s	-	-	-	Pa/m
1	16120	800	600	0,755	0,448	9,99	0,0001	517522	0,015	1,16
2	4160	600	300	0,457	0,164	7,04	0,0002	220758	0,017	1,10
3	1310	600	180	0,344	0,093	3,91	0,0003	92302	0,020	0,52
4	655	300	180	0,252	0,050	3,65	0,0004	63040	0,021	0,67
5	2850	600	300	0,457	0,164	4,83	0,0002	151240	0,018	0,54
6	1380	600	180	0,344	0,093	4,12	0,0003	97234	0,019	0,57
7	690	300	180	0,252	0,050	3,84	0,0004	66408	0,021	0,74
8	1470	600	180	0,344	0,093	4,39	0,0003	103576	0,019	0,64
9	735	300	180	0,252	0,050	4,09	0,0004	70739	0,021	0,83
10	11960	700	600	0,708	0,394	8,44	0,0001	409726	0,015	0,91
11	1000	250	250	0,273	0,059	4,74	0,0003	88741	0,020	0,98
12	10960	700	600	0,708	0,394	7,73	0,0001	375468	0,015	0,77
13	240	150	150	0,164	0,021	3,16	0,0005	35496	0,024	0,88
14	10720	700	600	0,708	0,394	7,57	0,0001	367246	0,015	0,74
15	260	150	150	0,164	0,021	3,42	0,0005	38454	0,024	1,02
16	10460	700	550	0,677	0,360	8,07	0,0001	374674	0,015	0,88
17	2370	400	300	0,378	0,112	5,88	0,0002	152175	0,018	0,99
18	1544	400	250	0,343	0,093	4,63	0,0003	109064	0,019	0,71
19	1130	300	250	0,299	0,070	4,47	0,0003	91635	0,020	0,79
20	565	200	200	0,219	0,038	4,18	0,0004	62673	0,021	1,03
21	565	200	200	0,219	0,038	4,18	0,0004	62673	0,021	1,03
22	414	200	150	0,189	0,028	4,11	0,0005	53165	0,022	1,19
23	826	300	200	0,266	0,056	4,12	0,0003	75194	0,021	0,78
24	413	200	150	0,189	0,028	4,10	0,0005	53036	0,022	1,19
25	413	200	150	0,189	0,028	4,10	0,0005	53036	0,022	1,19
26	8090	600	500	0,598	0,281	8,00	0,0002	328022	0,016	1,01
27	178	150	100	0,133	0,014	3,55	0,0007	32408	0,025	1,41
28	7912	600	500	0,598	0,281	7,82	0,0002	320805	0,016	0,97
29	880	300	200	0,266	0,056	4,39	0,0003	80110	0,020	0,88
30	440	200	200	0,219	0,038	3,26	0,0004	48808	0,022	0,65
31	440	200	200	0,219	0,038	3,26	0,0004	48808	0,022	0,65
32	7032	550	500	0,573	0,258	7,57	0,0002	297578	0,016	0,96
33	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
34	6202	550	500	0,573	0,258	6,68	0,0002	262454	0,016	0,76
35	178	150	100	0,133	0,014	3,55	0,0007	32408	0,025	1,41
36	6024	500	450	0,518	0,211	7,93	0,0002	281844	0,016	1,18
37	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
38	5194	500	450	0,518	0,211	6,84	0,0002	243011	0,017	0,89
39	178	150	100	0,133	0,014	3,55	0,0007	32408	0,025	1,41
40	5016	500	450	0,518	0,211	6,60	0,0002	234683	0,017	0,84
41	490	200	200	0,219	0,038	3,63	0,0004	54354	0,022	0,79
42	245	200	125	0,172	0,023	2,94	0,0005	34612	0,024	0,73

43	245	200	125	0,172	0,023	2,94	0,0005	34612	0,024	0,73
44	4526	500	400	0,488	0,187	6,72	0,0002	224874	0,017	0,93
45	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
46	3696	500	350	0,455	0,163	6,30	0,0002	196787	0,017	0,90
47	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
48	240	200	125	0,172	0,023	2,88	0,0005	33906	0,024	0,71
49	2626	450	300	0,400	0,125	5,82	0,0002	159371	0,018	0,91
50	178	150	100	0,133	0,014	3,55	0,0007	32408	0,025	1,41
51	2448	425	300	0,389	0,119	5,73	0,0002	152672	0,018	0,91
52	310	200	150	0,189	0,028	3,07	0,0005	39809	0,023	0,70
53	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
54	1308	350	250	0,322	0,082	4,46	0,0003	98446	0,019	0,72
55	820	300	200	0,266	0,056	4,09	0,0003	74648	0,021	0,77
56	310	200	150	0,189	0,028	3,07	0,0005	39809	0,023	0,70
57	178	150	100	0,133	0,014	3,55	0,0007	32408	0,025	1,41

Tablica 5.2 Dimenzioniranje kanala dobavnog zraka klimatizacijskog sustava

Tablica 5.3 prikazuje dimenzioniranje odsisnih kanala sustava klimatizacije.

Dionica	**V**	**A**	**B**	**d_{ekv}**	**A**	**w**	**k/d_{ekv}**	**Re**	**λ**	**R**
-	m3/h	mm	mm	m	m2	m/s	-	-	-	Pa/m
1	15820	800	600	0,755	0,448	9,80	0,0001	507891	0,015	1,12
2	3760	500	400	0,488	0,187	5,58	0,0002	186815	0,017	0,66
3	1180	300	300	0,328	0,084	3,88	0,0003	87262	0,020	0,55
4	656	250	200	0,244	0,047	3,90	0,0004	65187	0,021	0,79
5	328	250	125	0,190	0,028	3,20	0,0005	41774	0,023	0,75
6	2580	400	350	0,409	0,131	5,46	0,0002	153060	0,018	0,78
7	1250	300	300	0,328	0,084	4,11	0,0003	92439	0,020	0,61
8	690	250	200	0,244	0,047	4,10	0,0004	68565	0,021	0,87
9	345	250	125	0,190	0,028	3,37	0,0005	43939	0,023	0,82
10	1330	300	300	0,328	0,084	4,37	0,0003	98355	0,019	0,68
11	736	250	200	0,244	0,047	4,37	0,0004	73136	0,021	0,98
12	368	250	125	0,190	0,028	3,59	0,0005	46869	0,023	0,92
13	12060	700	600	0,708	0,394	8,51	0,0001	413152	0,015	0,93
14	11510	700	600	0,708	0,394	8,12	0,0001	394310	0,015	0,85
15	240	150	150	0,164	0,021	3,16	0,0005	35496	0,024	0,88
16	11270	700	600	0,708	0,394	7,95	0,0001	386088	0,015	0,81
17	10720	700	600	0,708	0,394	7,57	0,0001	367246	0,015	0,74
18	260	150	150	0,164	0,021	3,42	0,0005	38454	0,024	1,02
19	10460	700	550	0,677	0,360	8,07	0,0001	374674	0,015	0,88
20	2370	350	350	0,383	0,115	5,73	0,0002	150226	0,018	0,93
21	580	250	200	0,244	0,047	3,44	0,0004	57634	0,022	0,63
22	290	200	150	0,189	0,028	2,88	0,0005	37241	0,024	0,62
23	1790	350	300	0,354	0,098	5,05	0,0003	122644	0,019	0,81
24	1130	300	250	0,299	0,070	4,47	0,0003	91635	0,020	0,79

25	565	250	200	0,244	0,047	3,35	0,0004	56144	0,022	0,60
26	660	300	200	0,266	0,056	3,29	0,0003	60083	0,021	0,52
27	330	200	150	0,189	0,028	3,27	0,0005	42378	0,023	0,79
28	330	200	150	0,189	0,028	3,27	0,0005	42378	0,023	0,79
29	110	150	100	0,133	0,014	2,19	0,0007	20028	0,027	0,59
30	220	150	150	0,164	0,021	2,89	0,0005	32538	0,025	0,75
31	8090	650	500	0,622	0,304	7,40	0,0001	315503	0,016	0,83
32	880	300	200	0,266	0,056	4,39	0,0003	80110	0,020	0,88
33	7210	600	500	0,598	0,281	7,13	0,0002	292341	0,016	0,81
34	7045	600	500	0,598	0,281	6,96	0,0002	285651	0,016	0,78
35	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
36	6215	550	500	0,573	0,258	6,69	0,0002	263004	0,016	0,76
37	560	250	175	0,228	0,041	3,82	0,0004	59632	0,022	0,83
38	280	150	150	0,164	0,021	3,68	0,0005	41413	0,024	1,17
39	280	150	150	0,164	0,021	3,68	0,0005	41413	0,024	1,17
40	5655	550	450	0,543	0,232	6,78	0,0002	252497	0,016	0,83
41	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
42	4825	500	450	0,518	0,211	6,35	0,0002	225747	0,017	0,78
43	490	250	150	0,210	0,035	3,93	0,0004	56591	0,022	0,97
44	245	150	150	0,164	0,021	3,22	0,0005	36236	0,024	0,92
45	245	150	150	0,164	0,021	3,22	0,0005	36236	0,024	0,92
46	4335	500	450	0,518	0,211	5,71	0,0002	202821	0,017	0,64
47	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
48	3505	450	400	0,464	0,169	5,77	0,0002	183360	0,017	0,74
49	3340	450	400	0,464	0,169	5,50	0,0002	174728	0,017	0,68
50	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
51	240	150	150	0,164	0,021	3,16	0,0005	35496	0,024	0,88
52	2270	400	350	0,409	0,131	4,80	0,0002	134669	0,018	0,62
53	830	300	200	0,266	0,056	4,14	0,0003	75559	0,021	0,79
54	310	200	150	0,189	0,028	3,07	0,0005	39809	0,023	0,70
55	1130	300	250	0,299	0,070	4,47	0,0003	91635	0,020	0,79
56	820	300	200	0,266	0,056	4,09	0,0003	74648	0,021	0,77
57	310	200	150	0,189	0,028	3,07	0,0005	39809	0,023	0,70

Tablica 5.3 Dimenzioniranje odsisnih kanala klimatizacijskog sustava

Nakon dimenzioniranja kanala korak koji slijedi je proračun kritične dionice kanalskog razvoda, koji nam je ključan za pravilan odabir centralne jedinice. Kritične dionice kanalskog razvoda su upravo one koje dovode i odvode zrak, u i iz operacijskog bloka. Razlog tome su jako veliki padovi tlaka koji se pojavljuju na HEPA filtru tj. operacijskom stropu, kao i na odsisnoj rešetki u OP dvorani. Proračun je identičan i prikazan u poglavlju ventilacijskog sustava. Lokalni padovi tlaka koji se pojavljuju su padovi tlaka na usisnom otvoru klima komore, istrujnom otvoru

u prostoriji te pad tlaka na prigušivaču buke PZ-200/200 koji je proizvod proizvođača „*Klimaoprema*“ te je kulisnog tipa s razmakom kulisa 200 mm.

Dionica	**L**	**q_V**	**Dimenzije kanala**		**w**	**R**	**R*L**	**Σζ**	**Z**	**R*L+Z**
			A	B						
-	m	m3/h	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	10,7	16120	800	600	9,99	1,160	12,4	3,4	203,6	216,0
2	4	4160	600	300	7,04	1,100	4,4	0,07	2,1	6,5
5	2,9	2850	600	300	4,83	0,544	1,6	1,03	14,4	16,0
6	6,8	1380	600	180	4,12	0,574	3,9	4,1	41,8	45,7
7	2,7	690	300	180	3,84	0,741	2,0	2	17,7	19,7
									ΣR*L+Z	303,9
									Pad tlaka na usisnoj rešetci, Pa	10
									Pad tlaka na istrujnom otvoru, Pa	83
									Pad tlaka na prigušivaču buke, Pa	250
									Pad tlaka na HEPA filtru, Pa	500
									Pad tlaka na VAV kutiji, Pa	125
									Σ	1271,9

Tablica 5.4 Proračun kritične dionice dobavnog kanala klimatizacijskog sustava

Dionica	**L**	**q_V**	**Dimenzije kanala**		**w**	**R**	**R*L**	**Σζ**	**Z**	**R*L+Z**
			A	B						
-	m	m3/h	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	10,8	15820	800	600	9,80	1,12	12,1	2,85	164,39	176,5
2	3,1	3760	500	400	5,58	0,66	2,0	3,5	65,42	67,5
8	2,9	2580	400	350	5,46	0,78	2,3	1,95	34,88	37,2
9	6,1	1250	300	300	4,11	0,61	3,7	2,51	25,45	29,1
10	2	690	250	200	4,10	0,87	1,7	1,7	17,12	18,9
11	2,5	345	250	125	3,37	0,82	2,1	0,5	3,40	5,5
									ΣR*L+Z	334,5
									Pad tlaka na ispušnoj rešetci, Pa	10
									Pad tlaka na odsisnoj rešetci, Pa	70
									Pad tlaka na prigušivaču buke, Pa	250
									Pad tlaka na OPR filtru, Pa	250
									Pad tlaka na VAV kutiji, Pa	125
									Σ	1039,5

Tablica 5.5 Proračun kritične dionice odsisnog kanala klimatizacijskog sustava

Važan dio klimatizacijskog sustava su regulatori varijabilnog protoka tzv. VAV ventili ili kutije. Odabrani proizvođač je opet „*Klimaoprema*“, a koriste se regulatori tipa RVP-P-T, dimenzija ovisnih o protoku. VAV kutije su dijelovi klimatizacijske opreme koji imaju mogućnost promjene protoka zraka kroz kanal promjenom otvorenosti zaklopke koja je integrirana u samoj kutiji. Zaklopka se pokreće elektromotornim pogonom, na temelju informacija koju dobiva od osjetnika u prostoriji.

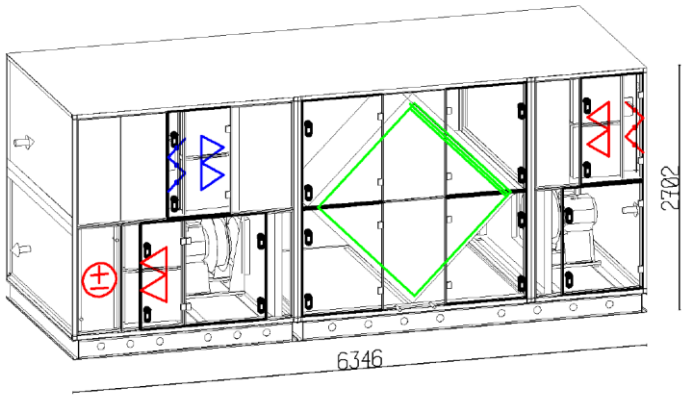


Slika 5.2 Regulator varijabilnog protoka RVP-P-T

U ovom konkretnom slučaju odabrani su regulatori protoka koji imaju mogućnost održavanja konstantnog pretlaka ili potlaka u prostorijama, što je od iznimne važnosti za prostore operacijskih dvorana gdje je potrebno održavati minimalno 10 Pa pretlaka u odnosu na susjedne prostorije. Minimalni pretlak se prednamiješta i regulira pomoću potenciometra koji je sastavni dio automatike VAV kutije.

5.4 Dimenzioniranje klima komore

Nakon definiranja maksimalnog eksternog pada tlaka, tj. određivanja kritične dionice cjevovoda, slijedi dimenzioniranje i odabir klima komore odnosno klimatizacijske jedinice. Postupak je opet identičan onome za odabir ventilacijske jedinice te je korištena „*SystemAirCAD*“ aplikacija proizvođača opreme „*SystemAir*“. Sučelje je prikazano u poglavlju ventilacije, a odabrana je klima komora Geniox 24 prikazana na Slika 5.3.



Slika 5.3 Centralna klima komora etaže 1. kata

Centralna jedinica je sustav pripreme 100% vanjskog zraka, ima dvostupanjsku filtraciju dobavnog zraka, grubi filter klase M5 i fini filter F7 na izlazu jedinice. Sustav povrata topline je visokoučinkoviti pločasti rekuperator učina 124 kW i temperaturne efikasnosti u projektnim uvjetima 85%. Izmjenjivač topline ima funkciju grijača i hladnjaka, učina 81 kW i 84 kW respektivno. Kao medij prijenosnik toplinske energije se koristi 30%-tna smjesa etilen-glikola i vode zbog toga što je komora za vanjsku montažu na krov zgrade. Izvor toplinske energije je dizalica topline zrak-voda SYSAQUA 125, istog proizvođača „*SystemAir*“. Temperaturni režim glikolne smjese u sezoni grijanja je 45/35°C te grijač zagrijava zrak na projektiranu temperaturu ubacivanja. U režimu hlađenje režim glikolne smjese je 6/12°C. Kao i kod ventilacijske jedinice preporuča ugradnja „*buffera*“ toplinske energije. Akumulacijski spremnik toplinske energije je odabran CAS 1501, proizvođača opreme „*Centrometal*“, volumena 1475 litara, prema preporuci proizvođača dizalice koji preporučuje ugradnju spremnika 12.5 litara po kW učina dizalice. Spremnik je spojen u seriju te je odgovarajuće toplinski izoliran.



Slika 5.4 Dizalica topline SYSAQUA 125

5.5 Dimenzioniranje ostale opreme

Preostaje još dimenzioniranje cijevnog razvoda i membranske ekspanzijske posude. Cijevni razvod se proračunava na isti način kao i kod ventilacijskog sustava te se sastoji od jedne dionice koja spaja dizalicu topline i klima komoru. Lokalni padovi tlaka u cjevovoda te na armaturi su preuzeti iz literature ili podataka proizvođača.

Dionica	**L**	**Φ**	**q_m**	**D**	**D_u**	**A**	**w**	**R**	**R*L**	**Σζ**	**Z**	**R*L+Z**
-	m	kW	kg/s	DN	m	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	20	83,5	3,74	DN50	0,0545	0,00233	1,53	400	8000	8	9782,2	17,8
											Pad tlaka u "bufferu", kPa	4
											Pad tlaka u SYSAQUA, kPa	33,8
											Pad tlaka filter, kPa	5,2
											Pad tlaka ventil (kuglasti), kPa	24
											Pad tlaka izmjenjivač u KK, kPa	72,6
											Σ	157,4

Tablica 5.6 Dimenzioniranje cijevnog razvoda glikolne smjese klimatizacijskog sustava

Membranska ekspanzijska posuda se dimenzionira prema prethodno navedenom opisu u potpoglavlju 4.5, a karakteristične veličine su dane u Tablica 5.7.

Volumen cijevi po metru DN50	**2,16**	**l/m**
Volumen u cijevima	43,2	l
Volumen buffera	1475	l
Volumen u SYSAQUA 125	9	l
Volumen u izmjenjivaču	31,8	l
Ukupni volumen	1559	l
p_0	1,5	bar
V_v	7,8	l
V_e	14,6	l
p_e	8	bar
$V_{n,min}$	30,98	l

Tablica 5.7 Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude

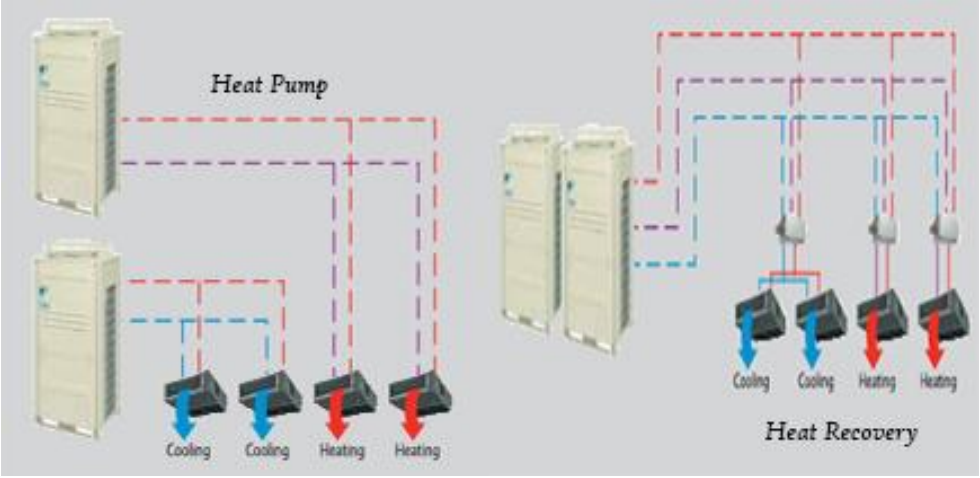
Prema izračunatoj vrijednosti minimalnog potrebnog volumena odabire se MEP proizvođača „*Imera*“, R35 volumena 35 litara.

6 SUSTAVI S RADNOM TVARI

Za pokrivanje toplinskog opterećenja zimi i ljeti na etažama suterena, prizemlja i drugog kata ovog projekta, koriste se sustavi s radnom tvari. Konkretno u slučaju suterena i prizemlja koristi se sustav varijabilnog protoka radne tvari, a uredske prostorije na drugom katu se griju i hlade pomoću multi-split sustava. Sustavi u osnovi rade na istom principu, a to je hlađenje prostora direktnim isparavanjem radne tvari u unutarnjoj jedinici ili u slučaju grijanja kondenzacijom radne tvari. Iako rade na istom principu prema izvedbi i načinu rada imaju određenih razlika pa će se razdvojiti u dva potpoglavlja u nastavku.

6.1 Sustav varijabilnog protoka radne tvari

Glavna razlika sustava varijabilnog protoka radne tvari u odnosu na mono ili multi-split sustave je broj jedinica koje se mogu spojiti na jednu vanjsku jedinicu. Naime, kod multi-split sustava smo limitirani na 5 unutrašnjih jedinica, dok se kod VRF sustava na jednu vanjsku može spojiti i čak 50 unutarnjih jedinica pa su ti sustavi namijenjeni za montažu na većim zgradama. Druga važna značajka, a i razlika u odnosu na split sustave, je lokacija ekspanzijskih ventila koja kod VRF-a u unutarnjim jedinicama zbog čega su takvi sustavi efikasniji od split sustava.



Slika 6.1 Sustav varijabilnog protoka radne tvari i split sustav

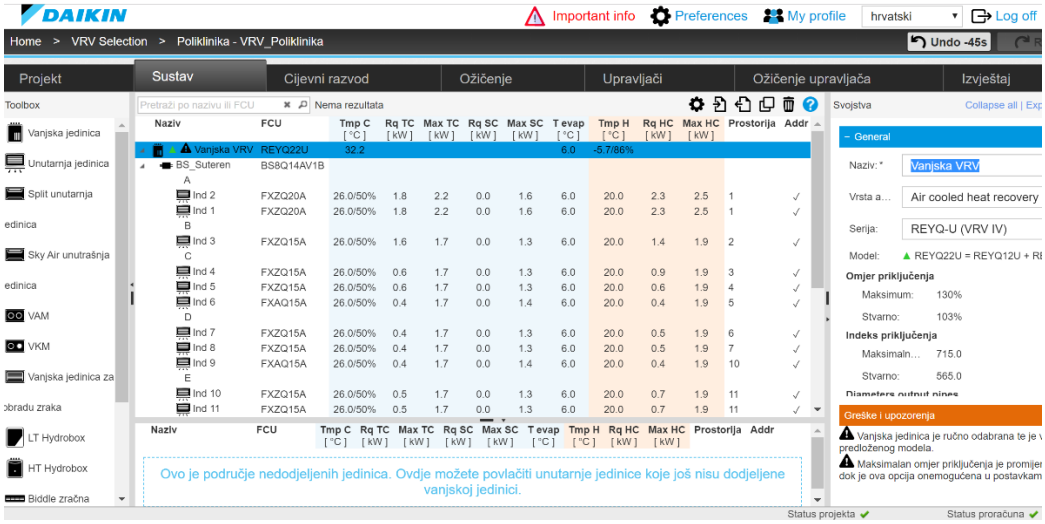
Vrlo interesantna prednost VRF sustava, konkretno trocijevnog sustava kakav je projektiran i u ovom idejnom rješenju, je mogućnost istovremenog grijanja i hlađenja u istoj zgradi. Takvi sustavi se nazivaju VRF sustavi s povratom topline (*eng. Heat Recovery*). Kod takve izvedbe sustava energija se praktički prenosi iz jednog prostora u drugi putem radne tvari. U zonama gdje

je potrebno grijanje radna tvar kondenzira i zagrijava prostor te se onda u kapljevitom stanju transportira do unutrašnje jedinice prostorije u kojoj je potrebno hlađenje gdje će, nakon ekspanzije na ventilu jedinice, isparavanjem hladiti prostoriju. Poslije tog procesa radna tvar putuje prema vanjskoj jedinici i kompresoru pa se proces ponavlja. Primjećuje se da će povrat topline, a time i efikasnost sustava biti maksimalna kada bi pola unutarnjih jedinica radilo u režimu grijanja, a pola u režimu hlađenja. Spomenuto je da je sustav trocijevni, no tri cijevi spajaju samo razvodne, tj. BS kutije i vanjsku jedinicu, a unutarnje jedinice su spojene s BS (*eng. Branch Selector*) kutijom s dvije cijevi. Spomenute BS kutije se proizvode s 4, 6, 8, 10, 12 i 16 priključaka, a svaki priključak predstavlja jednu temperaturnu zonu. Temperaturne zone ovdje označavaju kondicionirane prostore sa sličnim profilima toplinskih opterećenja zimi i ljeti (npr. dvije prostorije orijentirane prema jugu, sličnih namjena i površina). Prostorije koje se nalaze u istoj temperaturnoj zoni se spajaju na isti priključak te se nakon BS kutije cjevovodi račvaju prema unutarnjim jedinicama, s tim da se mora uzeti u obzir ograničenje broja jedinica koje se mogu spojiti na jedan priključak, a te informacije dobivamo od strane proizvođača opreme. Sustavi s povratom topline se koriste isključivo kada se koristi sustav s HydroBox jedinicom, što je slučaj u ovom projektnom rješenju, upravo zbog razloga da se, na ovom konkretnom rješenju, potrošna topla voda može zagrijavati putem VRF jedinice čak i onda kada unutarnje jedinice sustava rade u režimu hlađenja.

Dimenzioniranje sustava i opreme

Proizvođač opreme sustava varijabilnog protoka radne tvari je „*Daikin*“, te se pomoću web-aplikacije istog proizvođača dimenzionirao sustav grijanja i hlađenja. Postupak započinje s unošenjem projektnih parametara vanjskog okoliša, danih u [7], u odgovarajuća polja početnog izbornika te određivanje unutarnjih projektnih podataka za grijani/hlađeni prostor. Taj dio je praktično obrađen u Poglavlju 3 pa se ovdje neće ponavljati. Slijedi odabir sustava VRV-a, tj. radi li se o sustavu s povratom topline, dizalici topline ili samo o sustavu hlađenja. Podaci o potrebnim učinima, kao i unutarnjim projektnim parametrima se unose u odgovarajuća polja pri odabiru unutarnje jedinice. Nakon toga unutarnje jedinice se spajaju na BS kutije koje se povezuju na vanjsku jedinicu. Pri tome je bitno naglasiti da se spomenuti HydroBox, koji se koristi za pripremu PTV-a, spaja direktno na vanjsku jedinicu, a ne preko BS kutija. Prema specificiranim unutarnjim jedinicama, web-aplikacija samostalno određuje račve koje su potrebne prilikom

montaže, promjer cjevovoda svih vodova te potrebni kapacitet vanjske jedinice. Prethodno je zadatak projektanta odrediti trasu cjevovoda te broj koljena na svakoj dionici.



Slika 6.2 Izgled sučelja web-aplikacije proizvođača "Daikin"

U projektnom rješenju odabrana je ugradnja kazetnih jedinica, tip FXZQ različitih kapaciteta, koje se ugrađuju u spušteni strop te zidnih jedinica, tip FXAQ koje se montiraju na zidove. Radna tvar koja se koristi je R410A. Minimalni kapacitet obaju tipova jedinica je 1.7 kW u režimu hlađenja te 1.9 kW u režimu grijanja pa se u prostorijama koje imaju toplinsko opterećenje manje od toga ugrađuju jedinice tih kapaciteta FXZQ15A, tj. FXAQ15A. Ako je toplinsko opterećenje veće ugrađuju se jedinice minimalnog kapaciteta hlađenja 2.2 kW i grijanja 2.5 kW tipa FXZQ20A.



Slika 6.3 Kazetna jedinica FXZQ (gore) te Zidna jedinica FXAQ (dolje)

Planirana je ugradnja jedinice HydroBox HXHD125A8, kapaciteta grijanja 14 kW koja se koristi kao potpora solarnom sustavu za pripremu potrošne tople vode.



Slika 6.4 HydroBox jedinica HXHD125A8

Svaka jedinica ugrađena u pojedinu prostoriju je označena u tehničkim crtežima u prilogu, a uz nju su navedeni nominalni kapaciteti, dimenzije priključaka cjevovoda i odvoda kondenzata, ali i revizijski otvor jedinice dimenzija 500x500 mm.

Vanjska jedinica koju je potrebno ugraditi je sačinjena od dvije jedinice REYQ12U i REYQ10U, a zajednički kapacitet iznosi 55 kW u režimu hlađenja te 48 kW u grijanju.



Slika 6.5 Vanjska jedinica REYQ12U+REYQ10U

Načini ožičenja unutrašnjih jedinica te dimenzije cjevovoda su proračunati i odabrani automatski u web-aplikaciji proizvođača te su označeni na tehničkim crtežima danima u prilogu.

6.2 Multi-split sustav

Multi-split sustavi su nešto jednostavniji od VRF-a te se koriste za manje aplikacije, npr. dosta često kod obiteljskih kuća ili manjih uredskih objekata. Ovisno o proizvođaču, broj unutarnjih jedinica koje se mogu spojiti na jednu vanjsku je 5 ili 6, a naravno može i manje od toga. Ekspanzijski ventili kod multi-split sustava se nalaze u vanjskoj jedinici, za razliku od VRF-a, a osim toga sustav ne može raditi istovremeno u grijanju i hlađenju. Posljedično ovakvi sustavi za iste objekte bi trebali biti jeftiniji, ako su uopće izvedivi, jer je poznato da postoje ograničenja vezano uz duljinu cjevovoda radne tvari, kao i visinsku razliku između unutrašnjih i vanjske jedinice.



Slika 6.6 Multi-split sustav

U projektnom rješenju odabran je sustav proizvođača „*Daikin*“, koji kombinira četiri unutarnje jedinice i jednu vanjsku. Tri su unutarnje jedinice su kazetne, tipa FFA25 učina grijanja 2.5 kW i hlađenja 2.2 kW, a jedna je zidna, tip FTXM20 učina grijanja i hlađenja 1.9 kW te 1.7 kW. Odabir vanjske jedinice su vrši pomoću uputa proizvođača koji za tri jedinice nominalnog učina 2.4 kW te jedne 1.9 kW preporučuje izbor vanjske jedinice 4MXM68N nominalnog učina grijanja 8.4 kW i hlađenja 6.8 kW.



Slika 6.7 Kazetna FFA (lijevo), zidna FTXM (sredina) i vanjska jedinica MXM (desno)

Poseban proračun dimenzija cjevovoda nije provođen budući da jedna dionica spaja vanjsku i svaku unutarnju jedinicu posebno, a bakrene cijevi freonskog kruga su odabrane prema odgovarajućim priključcima na unutarnjim jedinicama koji su dani u specifikacijama proizvođača. Vanjska jedinica može raditi do vanjske temperature -10°C što je zadovoljavajuće budući da je vanjska projektna -5.7°C, a osim toga maksimalna duljina cjevovoda je 25 metara što je također zadovoljeno jer je maksimalna duljina do najdalje unutarnje jedinice 20 metara.

7 PRIPREMA POTROŠNE TOPLE VODE

Potrošna topla voda je potrebna svakodnevno u razne svrhe kako u obiteljskim kućama, ugostiteljskim objektima itd., ali i posebno u zgradama zdravstvenih ustanova. Ipak je važno istaknuti da je dosta veća potreba za PTV-om u klasičnim bolničkim ustanovama nego u multifunkcionalnim klinikama kao što je ova. Stomatološke ordinacije praktički PTV trebaju u higijenske svrhe dok njihova oprema ne zahtijeva zagrijanu vodu za rad (npr. zubarska svrdla). Operacijski blokovi troše značajne količine tople vode, napose prilikom sterilizacije i pranja, ali se također mora uzeti u obzir da operacija neće biti u svakom trenutku cijelog trajanja radnog vremena. Sve je to uzeto u obzir prilikom projektiranja sustava potrošne tople vode te su se preporučene vrijednosti potrošača ponešto promijenile prema uputama i iskustvenim podacima u stručnoj literaturi. Odabran je sustav potrošne tople vode kao akumulacijski, a budući da je zgrada smještena na lokaciji na kojoj ima dosta sunčanih dana godišnje, kao primarni sustav za pripremu PTV-a je odabran solarni, dok se kao potpora solarima koristi jedinica HydroBox-a sustava VRV-a.

7.1 Dimenzioniranje akumulacijskog spremnika

Kako bi se pravilno dimenzionirao akumulacijski spremnik sustava PTV-a, potrebno je odrediti očekivanu potrošnju vode na izljevnim mjestima. Potrošači se pojavljuju na sve četiri etaže te se potrošnja daje u Tablica 7.1.

	Izljevno mjesto	**Broj**	**Potrošnja po satu, [l/h]**	**Potrošnja ukupna, [l/h]**
Suteren	Tuš	2	75	150
	Umivaonik	7	23	161
	Gipsaona	1	100	100
Prizemlje	Umivaonik	8	23	184
1. Kat	Umivaonik	16	23	368
	Sterilizacija	1	100	100
2. Kat	Umivaonik	1	23	23

Tablica 7.1 Potrošnja PTV-a po izljevnim mjestima [2]

Nakon što nam je poznata ukupna satna potrošnja PTV-a (suma zadnjeg stupca u Tablica 7.1) slijedi proračun toplinske snage za pripremu PTV-a koja se računa prema slijedećem izrazu:

$$\Phi_{PTV} = \rho_w \cdot c_w \cdot q_{v,h} \cdot (\vartheta_{tw} - \vartheta_{hw}) \cdot \varphi.$$

Gdje su:

Φ_{PTV} – potrebna snaga za pripremu PTV-a [kW],

ρ_w – gustoća vode [kg/m^3],

c_w – specifični toplinski kapacitet vode [kJ/kgK],

$q_{v,h}$ – ukupna satna potrošnja [m^3/h],

ϑ_{tw} – temperatura tople vode [°C],

ϑ_{hw} – temperatura hladne vode [°C],

ϕ – faktor istovremenosti [-].

ρ_w	1000	kg/m^3
c_w	4,187	kJ/kgK
ϑ_{tw}	40	°C
ϑ_{hw}	15	°C
ϕ	0,5	-
Φ_{PTV}	15,8	kW

Tablica 7.2 Potrebna toplinska snaga za grijanje PTV-a

Nakon izračunate vrijednosti potrebne snage za grijanje PTV-a, slijedi proračun potrebne snage grijača koja se računa prema izrazu:

$$\Phi_{gr} = \frac{\Phi_{PTV} \cdot z_b}{z_a + z_b}.$$

Gdje je:

z_a – vrijeme predzagrijavanja vode [h],

z_b – vrijeme potrošnje vode [h].

z_a	2	h
z_b	4	h
Φ_{gr}	10,5	kW

Tablica 7.3 Potrebni učin grijača PTV-a

Slijedi proračun minimalnog potrebnog volumena spremnika PTV-a prema formuli:

$$V_{spr,min} = \frac{\Phi_{gr} \cdot z_a \cdot b}{\rho_w \cdot c_w \cdot (\vartheta_s - \vartheta_{hw})}.$$

Gdje su:

Φ_{gr} – potrebna snaga grijača PTV-a [kW],

ϑ_s – temperatura tople vode u spremniku [°C],

b – faktor negrijanog volumena [-].

Φ_{gr}	10,5	kW
z_a	2	h
b	1,1	-
ρ_w	1000	kg/m^3
c_w	4,187	kJ/kgK
ϑ_s	60	°C
ϑ_{hw}	15	°C
$V_{spr,min}$	0.44	m^3

Tablica 7.4 Minimalni potrebni volumen akumulacijskog spremnika

Odabran je akumulacijski spremnik proizvođača „*Viessmann*“, Vitocell 100-B volumena 500 litara. 100-B je spremnik bivalentnog tipa, što znači da ima dvije ogrjevne spirale, gdje je gornja spojena na HydroBox VRV sustava, a donja na solarni sustav. Spremnik je također opremljen s električnim grijačem koji se pali onda kada ni VRV ni solari ne mogu isporučiti dovoljno energije za zagrijavanje na traženu temperaturu. Bitno je i napomenuti da je HydroBox VRV-a HXHD125A8, nazivnog učina 10.5 kW, odabran upravo prema potrebnom učinu grijača koji se proračunao tokom dimenzioniranja spremnika PTV-a. Dimenzioniranje cijevnog razvoda od HydroBox-a se daje u Tablica 7.5.

Dionica	**L**	**Φ**	**qm**	**D**	**Du**	**A**	**w**	**R**	**R*L**	**Σζ**	**Z**	**R*L+Z**
-	m	kW	kg/s	DN	m	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	kPa
1	5,3	14,1	0,67	DN25	0,0285	0,00064	1,06	400	2120	1	557,3	2,7
											Pad tlaka u spremniku, kPa	12,5
											Pad tlaka ventil, kPa	4
											Pad tlaka protupovratni ventil, kPa	2
											Σ	21,2

Tablica 7.5 Dimenzioniranje cijevnog razvoda HydroBox-a

HydroBox u sebi ima integriranu pumpu čiji je maksimalni dopušteni eksterni pad tlaka 47 kPa, što je manje od projektiranog pa je pumpa zadovoljavajuća. Osim pumpe u jedinici se nalazi membranska ekspanzijska posuda volumena 7 litara, pa je u Tablica 7.6 prikazan proračun minimalnog potrebnog volumena ekspanzijske posude radi provjere.

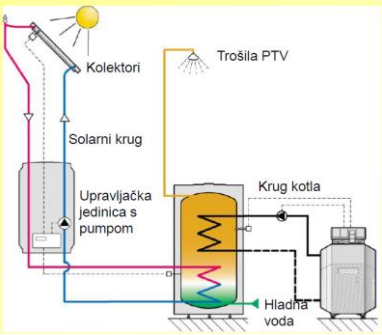
Volumen cijevi po metru DN25	0,518	l/m
Volumen u cijevima	2,7	l
Volumen u HydroBoxu	2,2	l
Volumen u izmjenjivaču spremnika	9	l
Ukupni volumen	13,9	l
$\mathbf{p_0}$	1	bar
$\mathbf{V_v}$	3	l
$\mathbf{V_e}$	0,13	l
$\mathbf{p_e}$	3	bar
$\mathbf{V_{n,min}}$	6,3	l

Tablica 7.6 Minimalni potrebni volumen ekspanzijske posude HydroBox-a

Kako je minimalni potrebni volumen manji od predinstaliranih 7 litara, integrirana MEP je zadovoljavajuća.

7.2 Solarni sustav

Solarni sustav, već je rečeno, se koristi kao primarni sustav za zagrijavanje potrošne tople vode, budući da lokacija zgrade ima dosta sunčanih dana cjelogodišnje. Sunce predstavlja neograničen izvor energije te nam korištenje te energije doista donosi uštede u pogonu, no ipak je to dosta nepouzdan izvor te se gotovo uvijek koristi u kombinaciji s nekim drugim energentima. Najisplativija aplikacija solarnih sustava je zagrijavanje bazenske vode, no kao takva je dosta isplativa i ona u sustavima za pripremu PTV-a. Solarni sustavi se mogu izvoditi kao otvoreni i zatvoreni, a razlika je u tome što kod otvorenog sustava voda koja se troši je i ona koja se zagrijava na solarnim kolektorima. Takvi sustavi su, s termodinamičkog stajališta prihvatljiviji, no problem je što se zimi u slučaju niskih temperatura ispod ništice ta ista voda može zamrznuti. Zato su češći zatvoreni sustavi kod kojih je solarni medij odvojen od potrošne tople vode. Takav se sustav koristi i u ovom projektnom rješenju gdje je radni medij smjesa vode i kapljevine na bazi propilen-glikola.



Slika 7.1 Prikaz indirektnog solarnog sustava za pripremu PTV-a

Između raznih izvedbi solarnih kolektora izabrani su vakuum-cijevni kolektori okrenuti prema jugu, iz razloga što na cjelogodišnjoj razini takvi kolektori rade efikasnije, te daju više energije u prijelaznim razdobljima.

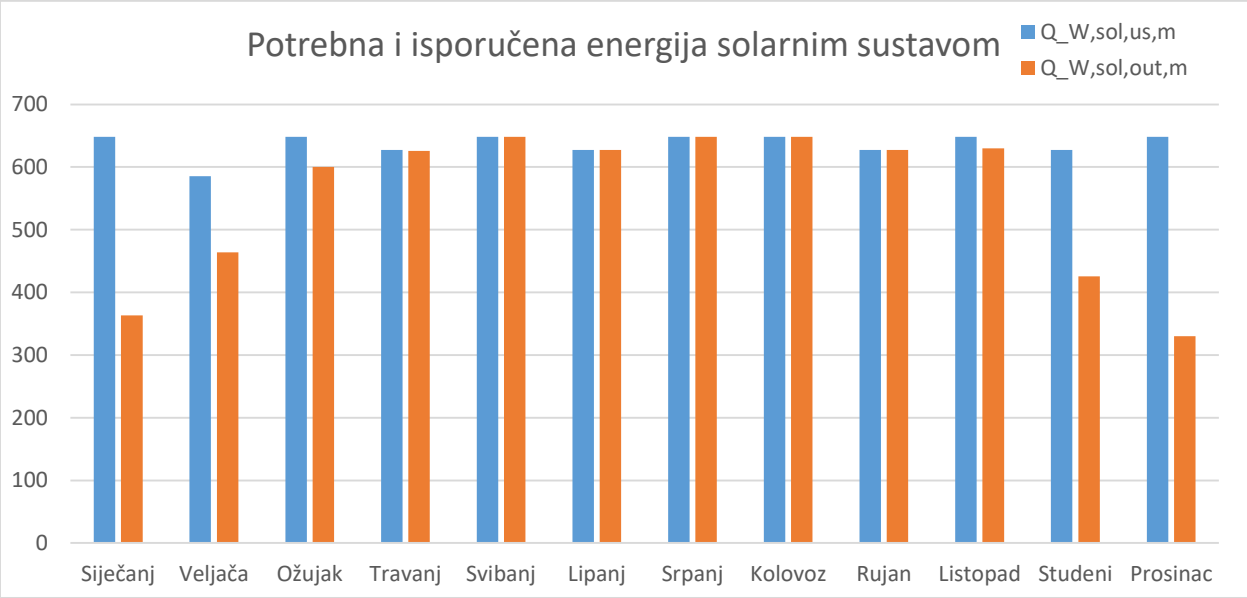
7.2.1 Odabir kolektorskog polja

Postupak proračuna isporučene energije solarnog sustava opisan u [9] se provodi prema normi HRN EN 15316-4-3. Meteorološki podaci preuzeti su iz Tehničkog propisa [7], a odabran je tip solarnog kolektora Vitosol 300-TM, proizvođača opreme „*Viessmann*“ bruto površine kolektora 1.51 m^2. Kolektorsko polje je sačinjeno od sedam takvih kolektora ukupne bruto površine 10.57 m^2 okrenutih prema jugu te postavljenih pod kutom od 45°. Proračun isporučene energije je proveden u aplikaciji „*MS Excel*“ te je tablični prikaz dan u Tablica 7.7, a sam proračun prati izraze koji se pojavljuju u prethodno navedenoj normi.

Mjesec	**Dani**	**d'**	**Sati mjesec**	**Radni sati**	**Q_W**	**$Q_{W,sol,us,m}$**	**ϑ_m**	**ϑ_{ref}**	**ΔT**	**X_W**	**I_m**	**Y_W**	**$Q_{W,sol,out,m}$**
-	dan	dan	h	h	kWh	kWh	°C	°C	K	-	W/m2	-	kWh
Siječanj	31	22	744	528	460	648	7	113	106	4,421	168	1,012	363
Veljača	28	20	672	480	418	585	7,5	113	105	4,411	240	1,453	464
Ožujak	31	22	744	528	460	648	10,4	109	98	4,102	289	1,740	600
Travanj	30	21	720	504	439	627	13,8	104	91	3,722	319	1,889	626
Svibanj	31	22	744	528	460	648	19	98	79	3,271	327	1,968	648
Lipanj	30	21	720	504	439	627	23	92	69	2,845	346	2,053	627
Srpanj	31	22	744	528	460	648	25,7	89	63	2,623	351	2,110	648
Kolovoz	31	22	744	528	460	648	25,3	89	64	2,662	338	2,034	648
Rujan	30	21	720	504	439	627	20,4	96	75	3,093	331	1,961	627
Listopad	31	22	744	528	460	648	16,4	101	85	3,522	297	1,784	630
Studeni	30	21	720	504	439	627	11,9	107	95	3,903	198	1,174	426
Prosinac	31	22	744	528	460	648	8,1	112	104	4,324	153	0,921	330

Tablica 7.7 Proračun isporučene sunčeve energije

Usporedba potrebne energije za pripremu PTV-a i isporučene energije solarnim sustavom je zornije prikazana u dijagramu.



Slika 7.2 Usporedba potrebne energije za pripremu PTV-a i isporučene solarne energije

Na Slika 7.2 se jasno vidi kako u ljetnim mjesecima solarni sustav nema problema s isporučenjem energije potrebne za pripremu PTV-a, dok će u zimskim mjesecima dodatni grijač trebati češće raditi.

7.2.2 Dimenzioniranje ostale opreme

Nakon definiranja veličine kolektorskog polja, odnosno broja kolektora, dimenzionira se cijevni razvod solarnog kruga. Proračun cjevovoda se vrši prema, već definiranim jednadžbama i iskustvenim podacima te se tablični prikaz daje u nastavku.

Dionica	**L**	**q_v**	**D**	**D_u**	**A**	**w**	**R**	**R*L**	**Σζ**	**Z**	**R*L+Z**
-	m	L/h	DN	m	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	kPa
1	93	532	Φ22	0,0196	0,00030	0,49	154	14322	13	1634,5	16,0
2	10,6	228	Φ18	0,009	0,00006	1,00	85	901	2	1038,9	1,9
3	3,2	152	Φ18	0,009	0,00006	0,66	45	144	1	230,9	0,37
4	6,2	76	Φ18	0,009	0,00006	0,33	12	74	2	115,4	0,19
										Pad tlaka u spremniku, kPa	0,5
										Pad tlaka u kolektoru, kPa	0,2
										Pad tlaka zaporni ventil, kPa	4,5
										Pad tlaka protupovratni ventil, kPa	6
										Σ	29,7

Tablica 7.8 Dimenzioniranje kritične dionice cjevovoda solarnog kruga

Za upravljanje solarnim sustavom pripreme PTV-a je zadužena solarna grupa proizvođača „*Viessmann*“ koja u sebi ima integriranu pumpu proizvođača „*Grundfos*“ 15-60, osjetnike tlaka te upravljač. Maksimalni eksterni pad tlaka za navedenu pumpu je 71 kPa, te je jasno da je uvjet eksternog pada tlaka cjevovoda zadovoljen.



Slika 7.3 Solarna grupa Solar Divicon

Na kraju je potrebno odrediti i volumen ekspanzijske posude, koja se određuje prema, već dobro poznatom postupku. Karakteristične vrijednosti proračuna i minimalni volumen se daje u Tablica 7.9.

Volumen cijevi po metru Φ18	0,2	l/m
Volumen cijevi po metru Φ22	0,3	l/m
Volumen u cijevima	36,98	l
Volumen u kolektorima	6,1	l
Volumen u izmjenjivaču	12,5	l
Ukupni volumen	55,6	l
$\mathbf{p_0}$	2,5	bar
$\mathbf{V_v}$	3	l
$\mathbf{V_e}$	1,24	l
$\mathbf{p_e}$	10	bar
$\mathbf{V_{n,min}}$	6,2	l

Tablica 7.9 Minimalni potrebni volumen ekspanzijske posude

Prema izračunatim vrijednostima odabire se membranska ekspanzijska posuda namijenjena solarnim sustavima proizvođača „*Imera*“, S8, volumena 8 litara.

8 ELEKTRIČNO PODNO GRIJANJE

Kao zadnja stavka termotehničkih instalacija ostaje sustav električnog podnog grijanja. Taj sustav koristi se za grijanje sanitarnih čvorova budući da se unutarnje jedinice VRV-a i multi-split sustava ne postavljaju u prostore s takvom namjenom. Izbor opreme se vrši prema izračunatim toplinskim opterećenjima u toplinskim bilancama. Sustav koji je odabran je onaj proizvođača „*Uponor*“, Comfort E i sastoji se od grijaće mrežice u koju su postavljene elektrootporne cijevi. Prema podacima proizvođača odabrana je mrežica koja po 1 m^2 površine daje 160 W toplinskog toka.



Slika 8.1 Mrežica podnog grijanja Comfort E

9 TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

U ovom radu je dano projektno rješenje termotehničkih instalacija multifunkcionalne klinike. U okviru instalacija je obuhvaćeno grijanje i hlađenje sustavima s radnim tvarima, klimatizacija i ventilacija te priprema potrošne tople vode koristeći solarni sustav. Objekt je izveden kao samostojeća zgrada, ukupne bruto površine 2500 m^2, te je lociran na hrvatskom primorju u široj okolici grada Šibenika.

Instalacije etaže suterena se sastoje od ventilacije te grijanja i hlađenja preko VRV-sustava. Ventilacijski sustav se koristi isključivo za dobavu vanjskog zraka zbog disanja ljudi te radi kontinuirano tokom cijelog radnog vremena klinike. Zrak se dobavlja u sve prostorije osim sanitarija odakle se vrši samo odsis. Priprema zraka se vrši u centralnoj ventilacijskoj jedinici proizvođača „*SystemAir*“, Geniox 14 te se sastoji od filtracije s filtrima klase F7 u tlačnom i odsisnom vodu, povrata topline preko rotacijskog regeneratora projektnog učina 57 kW te grijanja ili hlađenja na unutarnju projektnu temperaturu preko izmjenjivača topline zrak-glikolna smjesa učina grijanja 10 kW i hlađenja 5 kW. Dizalica topline SYSAQUA 25 istog proizvođača se koristi za pripremu 30%-tne smjese etilen-glikola i vode koja u sezoni grijanja ima temperaturni režim 45/35°C, a u hlađenju radi u režimu 6/12°C. Navedena dizalica je izvedbe zrak-glikolna smjesa te u projektnim uvjetima ima učin grijanja 16 kW te hlađenja 25 kW. Sustav je opremljen s membranskom ekspanzijskom posudom „*Imera*“ R12 volumena 12 litara, te akumulacijskim spremnikom CAS 501 proizvođača „*Centrometal*“, volumena 475 litara. Količina dobavnog zraka iznosi 5800 m^3/h, a odsisnog 5200 m^3/h, te se isti transportira u ventilacijskim kanalima pravokutnog i okruglog oblika. Istrujni otvori u prostorijama su stropni distributeri tipa ANK te odsisne rešetke tipa OAH raznih dimenzija proizvođača „*Klimaoprema*“. Regulacija rada ventilacijske jedinice je dvopoložajna, odnosno *on/off* regulacija. Temperatura ubacivanja zraka se regulira pomoću troputnog miješajućeg ventila lociranog u povratnom vodu glikolne smjese. Kada osjetnik temperature smješten nakon izmjenjivača osjeti porast temperature zraka u dobavnom kanalu, šalje informaciju glavnoj upravljačkoj jedinici koja nadalje daje naredbu miš ventilu da smanji protok kroz izmjenjivač topline, tj. da poveća protok kroz obilazni vod. Ista se logika koristi i u hlađenju. Na glavnu upravljačku jedinicu je priključena i dizalica topline sa svojom regulacijskom grupom. Dizalica topline grije ili hladi smjesu te se tokom rada toplinska energija akumulira u toplinskom spremniku. Kada osjetnik temperature u spremniku osjeti

značajniju razliku temperature od *set-pointa* dizalica topline se pali ili gasi. Kad se jedinica ugasi na kraju radnog vremena, glavna regulacijska grupa ugasi i dizalicu topline.

VRV sustav se koristi za nadomještanje toplinskog opterećenja suterena i prizemlja. Sustav koristi radnu tvar R410A koja nije štetna za ozonski omotač, dok joj je potencijal globalnog zatopljenja 2088. VRV sustav koji se koristi je proizvod grupe „*Daikin*“, te se sastoji od vanjske jedinice tip zrak-radna tvar, REYQ10U+REYQ12U, smještene na krovu objekta, kapaciteta grijanja u projektnim uvjetima 48 kW i hlađenja 55 kW. Broj unutarnjih jedinica spojenih na VRV je 28, a jedinice koje se koriste su kazetne FXZQ, montirane u spušteni strop, te zidne FXAQ jedinice čiji su kapaciteti odabrani prema toplinskom opterećenju prostorije. Izvedba sustava je ona s povratom topline, tzv. *Heat Recovery* koji je trocijevni. Tri cijevi spajaju vanjsku jedinicu i BS kutije, dok su BS kutije s unutarnjim jedinicama spojene s dvije cijevi. Sustav povrata topline omogućuje istovremeno grijanje i hlađenje. Regulacija rada unutarnje jedinice se vrši pomoću temperaturnih osjetnika smještenih u grijanim/hlađenim prostorijama. Vanjska jedinica ima frekventno regulirane kompresore, što znači da se vrši regulacija prema trenutnom toplinskom opterećenju. Svaka unutarnja jedinica ima revizijski otvor za servisiranje i izmjenu filtara te svoj odvod kondenzata prema najbližem kanalizacijskom odvodu.

Klimatizacijski sustav je zadužen za održavanje toplinskih parametara etaže prvog kata na kojem se nalaze stomatološke ordinacije kao i operacijski blok. Priprema 100% vanjskog zraka se vrši u centralnoj klima komori Geniox 24, proizvođača „*SystemAir*“ smještenoj na krovu. U komori se obavlja dvostruka filtracija zraka gdje je prvi stupanj srednjeučinski filtar klase M5, a drugi stupanj je fini F7. Sustav povrata topline je pločasti rekuperator projektnog učina 123 kW opremljen s obilaznim vodom. Ventilatori su opremljeni s inverterskim pogonom. Dogrijavanje ili ohlađivanje zraka na temperaturu ubacivanja se osigurava s izmjenjivačem topline kroz koji struji 30%-tna smjesa etilen-glikola i vode koja u grijanju radi u režimu 45/35 °C, a u hlađenju 6/12°C. Dizalica topline koja priprema medij za izmjenu topline je SYSAQUA 125, zrak-glikolna smjesa, proizvođača „*SystemAir*“, projektnih kapaciteta grijanja i hlađenja 87 kW i 116 kW respektivno. Protok dobavnog zraka je 16120 m^3/h, temperature ubacivanja zimi 32°C i ljeti 22°C, a protok odsisnog zraka 15820 m^3/h. Transport zraka se obavlja putem pravokutnih kanala, a distribucija u prostorijama ide putem stropnih distributera DEV-K i ANK proizvođača „*Klimaoprema*“, a odsis putem rešetki OAH istog proizvođača. Distribucija zraka u operacijske prostore se vrši putem

operacijskog stropa SIP („*Klimaoprema*“) koji u sebi sadrži HEPA filtar kao treći stupanj filtracije kako bi se osigurala maksimalna kvaliteta dobavnog zraka. Odsis iz OP bloka se vrši putem odsisne rešetke OPR („*Klimaoprema*“) koja također ima fini filtar za sprečavanje širenja kontaminanata. Klimatizacijski sustav je opremljen i regulatorima varijabilnog protoka (VAV kutije), RVP-P-T, pomoću kojih se i vrši regulacija temperature u prostorijama. Kada osjetnik temperature u prostoru osjeti porast ili pad, šalje informaciju upravljačkoj jedinici koja daje naredbu VAV kutiji da smanji ili poveća protok zraka u prostor. Posljedično dolazi do porasta ili pada tlaka u kanalu što registrira osjetnik tlaka u dobavnom kanalu te na temelju te informacije upravljačka jedinica klima komore smanjuje broj okretaja ventilatora u komori. VAV ventili su smješteni u dobavnom i odsisnom kanalu i rade u tzv. *Master-Slave* načinu rada te se takvim radom omogućuje osiguravanje odgovarajućeg pretlaka u OP dvoranama. Temperatura ubacivanja zraka osigurava radom dizalice topline, a regulira se putem troputnog ventila koji regulira protok kroz sam izmjenjivač u klima komori. Akumulacijski spremnik toplinske energije je spojen u seriju s dizalicom topline u povratni vod, te je proizvod firme „*Centrometal*“, CAS 1501, volumena 1475 litara. Ekspanzijska posuda je volumena 35 litara, R35 proizvođača „*Imera*“.

Priprema potrošne tople vode se osigurava radom solarnog sustava i VRV-a. Sustav PTV-a je akumulacijski, te koristi bivalentni spremnik Vitocell 100-B volumena 500 litara, proizvođača „*Viessmann*“. Gornja ogrjevna spirala se spaja na jedinicu HydroBox, VRV-a učina 10.5 kW koja sadrži integriranu pumpu i ekspanziju. HydroBox pali pumpu onda kada solarni sustav ne može isporučiti dovoljno energije. Sustav solara je sačinjen od sedam solarnih kolektora proizvođača „*Viessmann*“, Vitosol 300-TM bruto površine 1.51 m^2, okrenutih prema jugu pod kutom 45°. Solarna grupa Solar Divicon upravlja radom sustava i osigurava strujanje solarnog medija koji je 30%-tna smjesa vode i koncentrirane kapljevine TYFOCOR na bazi propilen-glikola. Membranska ekspanzijska posuda je proizvod grupe „*Imera*“, S8 volumena 8 litara. Upravljanje radom sustava je na bazi diferencijalnog temperaturnog regulatora. Kada je razlika temperatura osjetnika u kolektoru i onoga u bivalentnom spremniku veća od one koja je određena u automatici upravljač solarne grupe pali pumpu solarnog kruga dok se ta temperaturna razlika ne smanji na definiranu vrijednost. U slučaju da tokom rada solarnog sustava na tako opisanom principu temperatura u spremniku ne naraste iznad 60°C, pali se dodatni grijač tj. HydroBox VRV-a dok se ta temperatura ne postigne.

Multi-split sustav se koristi za grijanje i hlađenje uredskih prostorija na drugom katu. Proizvođač je „*Daikin*“, a koristi se kombinacija četiri unutarnje jedinice od kojih su 3 kazetnog tipa FFA, a jedna je zidna FTXM. Vanjska jedinica je 4MXM68N projektnog učina grijanja 8.4 kW te hlađenja 6.8 kW. Regulacija rada kompresora vanjske jedinice je frekventno regulirana, a unutarnje jedinice su upravljane preko sobnog termostata. Kada se postigne tražena temperatura prostorije, unutarnje jedinica će se ugasiti, a vanjskoj će se smanjiti broj okretaja motora kompresora.

Grijanje prostorija sanitarnih čvorova se osigurava radom električnog podnog grijana Comfort E, proizvođača „*Uponor*“. Učin podnog grijanja ovisi o montiranoj površini te se odabire na temelju proračunatog toplinskog opterećenja prostorije. Grijaći kablovi su umetnuti u mrežicu te se stavljaju ispod glazure, tj. estriha. Radom sustava upravlja sobni termostat koji kada se postigne tražena temperatura, prekida dovod struje u grijaće kablove te onda prestaje grijanje.

SAŽETAK

U ovom radu obrađeno je projektno rješenje termotehničkih instalacija multifunkcionalne klinike u široj okolici grada Šibenika. Zgrada je samostojeća zgrada s četiri etaže ukupne površine 2500 m^2. Toplinske bilance zgrade za zimu i ljeto su proračunate koristeći normu HRN EN 12831 te smjernicu VDI 2078 respektivno, na temelju čega je odabran sustav grijanja i hlađenja. Projektno opterećenja zimi za zgradu iznosi 79 kW, a ljeti 45 kW. Sustavi s radnom tvari, VRV i multi-split, se koriste za pokrivanje toplinskog opterećenja na svim etažama izuzev prvog kata, gdje se koristi klimatizacija. Dovođenje vanjskog zraka na etažu suterena se vrši putem sustava prisilne ventilacije prema određenom ventilacijskom zahtjevu. Projektni protok dobavnog zraka centralne ventilacijske jedinice je 5800 m^3/h, a odsisnog 5200 m^3/h. Etaže prizemlja i drugog kata se ventiliraju prirodno. Klimatizacija prvog kata se koristi za pokrivanje toplinskog opterećenja kao i dovod vanjskog zraka. Projektirani protok klima komore iznosi 16120 m^3/h za dobavu, a 15820 m^3/h za odsis. Sustav potrošne tople vode je izveden kao akumulacijski te se koristi solarni sustav za pripremu, s sustavom radne tvari, jedinica HydroBox, kao potpora kada solarni sustav nije u mogućnosti isporučiti dovoljnu količinu energije. Solarni sustav koristi vakuum-cijevne kolektore (7 jedinica) za apsorpciju sunčeve energije.

Ključne riječi: klinika, grijanje, hlađenje, ventilacija, klimatizacija, varijabilni protok, radna tvar solarni sustav, potrošna topla voda

ABSTRACT

In this thesis, design solution of HVAC system for multifunctional clinic in Šibenik area, is given. Considered building is detached, with four floors and total area of 2500 m^2. Design heating and cooling loads are calculated using HRN EN 12831 norm, and VDI 2078 guideline respectivley, on which basis are heating and cooling systems chosen. Design heat load is 79 kW and design cooling load is 45 kW. Systems with refrigerants, VRV and multi-split, are used to make up heating and coolong loads on all floors except third, where air-conditioning system is used. Mehanical ventilation system is used to supply first floor with outdoor air according to corresponding ventilation requirements. Design supply air flow rate of ventilation unit is 5800 m^3/h and flow rate of exhaust air is 5200 m^3/h. Second and fourth floor are ventilated naturally. Third floor air-conditioning is used to cover heating and cooling load as well as outdoor air supply. Design air flow of supply and exhaust air are 16120 and 15820 m^3/h respectivley. Domestic hot water system is designed as accumulation system and solar system is used for heating cold water, with HydroBox as backup. Vaccum-tube solar collectors are used for solar energy apsorption.

Key words: clinic, heating, cooling, ventilation, air-conditioning, variable flow, refrigerant, solar systems, domestic hot water

LITERATURA

[1] I. Balen, *Podloge za predavanja iz kolegija Klimatizacija*, Zagreb.

[2] ASHRAE, ASHRAE Handbook - HVAC Applications, Atlanta: ASHRAE, 2007.

[3] P. Ninomura i G. Byrns, »Dental Ventilation Theory and Applications,« *ASHRAE Journal*, pp. 48-52, 1998..

[4] H. Recknagel, E. Sprenger i E. R. Schramek, Grijanje i klimatizacija, Vrnjačka Banja: Interklima, 1995..

[5] V. Soldo, S. Novak i I. Horvat, *Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790,* Zagreb, 2017..

[6] ASHRAE, *HVAC Design Manual for Hosipitals and Clinics*, Atlanta, 2003.

[7] *Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama,* Zagreb: Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, 2018..

[8] ASHRAE, ASHRAE Handbook - Fundamentals, Atlanta: ASHRAE, 2009.

[9] D. Dović, I. Horvat, A. Rodić, V. Soldo i S. Švaić, Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama, Zagreb, 2017..

[10] »Viessmann - Tehnička dokumentacija,« [Mrežno]. Available: www.viessmann.hr.

[11] »Daikin - Tehnička dokumentacija,« [Mrežno]. Available: www.daikin.hr.

[12] »Uponor - Tehnička dokumentacija,« [Mrežno]. Available: www.uponor.hr.

[13] »Klimaoprema - Tehnička dokumentacija,« [Mrežno]. Available: www.klimaoprema.hr.

[14] »SystemAir - Tehnička dokumentacija,« [Mrežno]. Available: www.systemair.hr.

[15] »Centrometal - Tehnička dokumentacija,« [Mrežno]. Available: www.centrometal.hr.

[16] »Imera - Tehnička dokumentacija,« [Mrežno]. Available: www.imera.com.

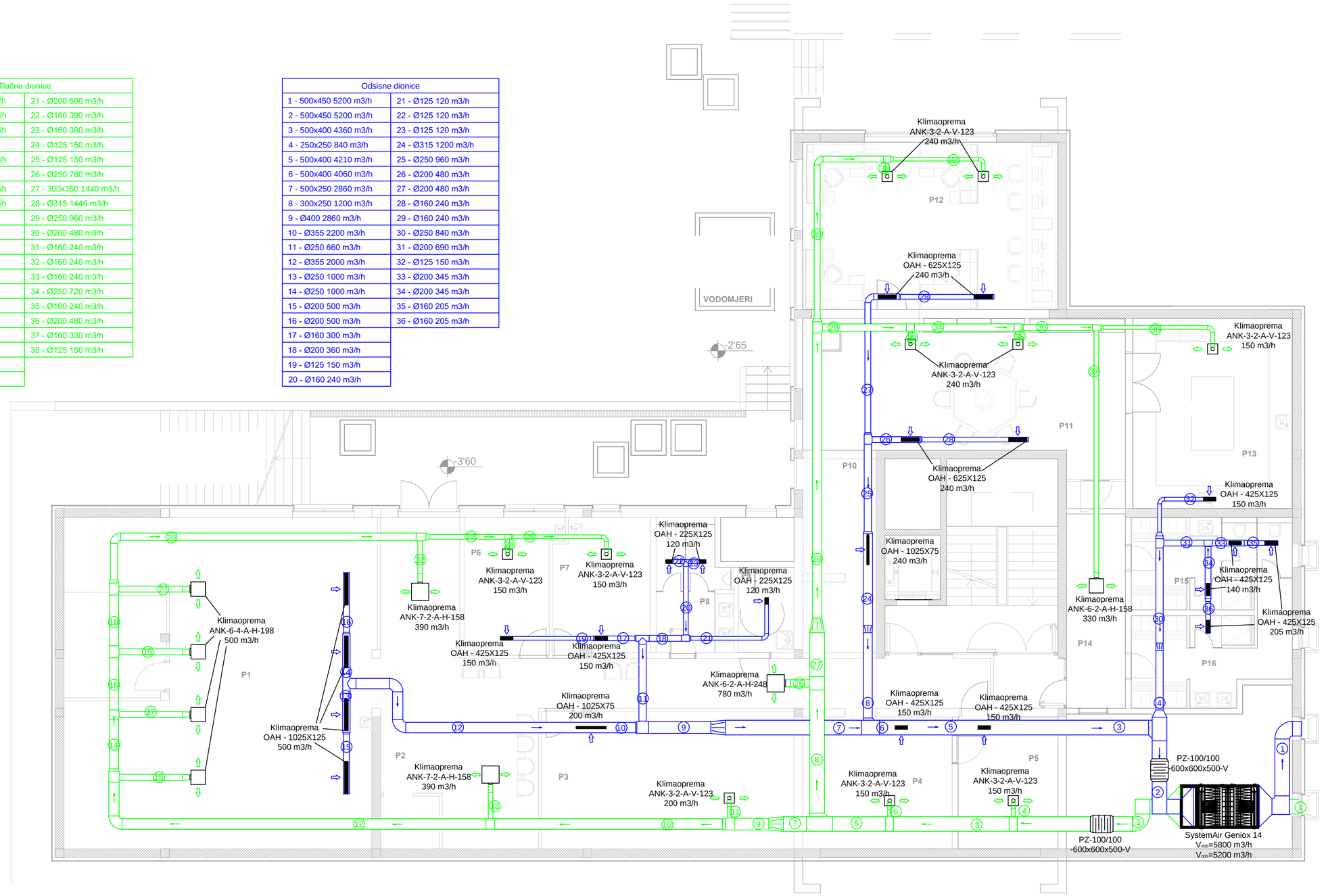
PRILOZI

1. CD-R disk
2. Tehnička dokumentacija

Tehnički crteži

Tlačne dionice	
1 - 500x450 5800 m3/h	21 - Ø200 500 m3/h
2 - 500x450 5800 m3/h	22 - Ø160 390 m3/h
3 - 500x450 5650 m3/h	23 - Ø160 300 m3/h
4 - Ø125 150 m3/h	24 - Ø125 150 m3/h
5 - 500x425 5500 m3/h	25 - Ø125 150 m3/h
6 - Ø125 150 m3/h	26 - Ø250 780 m3/h
7 - 500x400 3280 m3/h	27 - 300x250 1440 m3/h
8 - 500x250 2220 m3/h	28 - Ø315 1440 m3/h
9 - Ø400 3280 m3/h	29 - Ø250 960 m3/h
10 - Ø355 3080 m3/h	30 - Ø200 480 m3/h
11 - Ø125 200 m3/h	31 - Ø160 240 m3/h
12 - Ø355 2690 m3/h	32 - Ø160 240 m3/h
13 - Ø160 390 m3/h	33 - Ø160 240 m3/h
14 - Ø315 2190 m3/h	34 - Ø250 720 m3/h
15 - Ø200 500 m3/h	35 - Ø160 240 m3/h
16 - Ø315 1690 m3/h	36 - Ø200 480 m3/h
17 - Ø200 500 m3/h	37 - Ø160 330 m3/h
18 - Ø315 1190 m3/h	38 - Ø125 150 m3/h
19 - Ø200 500 m3/h	
20 - Ø250 690 m3/h	

Odsisne dionice	
1 - 500x450 5200 m3/h	21 - Ø125 120 m3/h
2 - 500x450 5200 m3/h	22 - Ø125 120 m3/h
3 - 500x400 4360 m3/h	23 - Ø125 120 m3/h
4 - 250x250 840 m3/h	24 - Ø315 1200 m3/h
5 - 500x400 4210 m3/h	25 - Ø250 960 m3/h
6 - 500x400 4060 m3/h	26 - Ø200 480 m3/h
7 - 500x250 2860 m3/h	27 - Ø200 480 m3/h
8 - 300x250 1200 m3/h	28 - Ø160 240 m3/h
9 - Ø400 2860 m3/h	29 - Ø160 240 m3/h
10 - Ø355 2200 m3/h	30 - Ø250 840 m3/h
11 - Ø250 660 m3/h	31 - Ø200 690 m3/h
12 - Ø355 2000 m3/h	32 - Ø125 150 m3/h
13 - Ø250 1000 m3/h	33 - Ø200 345 m3/h
14 - Ø250 1000 m3/h	34 - Ø200 345 m3/h
15 - Ø200 500 m3/h	35 - Ø160 205 m3/h
16 - Ø200 500 m3/h	36 - Ø160 205 m3/h
17 - Ø160 300 m3/h	
18 - Ø200 360 m3/h	
19 - Ø125 150 m3/h	
20 - Ø160 240 m3/h	



Kanali dobavnog zraka ventilacije

Kanali odsisnog zraka ventilacije

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Mjerilo originala 1:100

Naziv: Tlocrt suterena - Raspored ventilacijskih kanala

Pozicija:

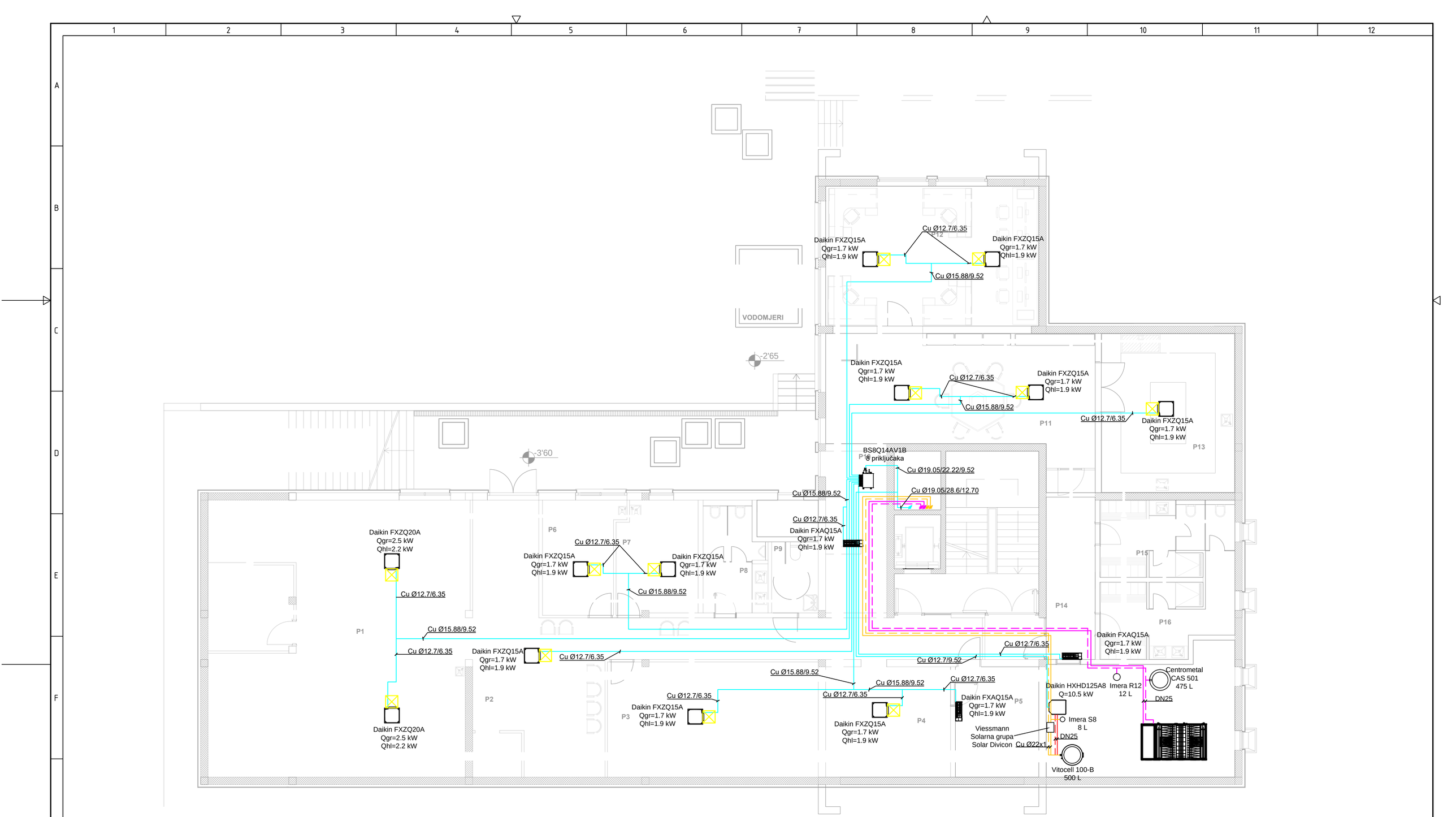
Format: A2

Listova: 1

List: 1

Crtež broj: 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Cijevi polaza solarnog kruga

Cijevi povrata solarnog kruga

Cijevi polaza kruga glikolne smjese

Cijevi povrata kruga glikolne smjese

Cijevi sustava VRV-a

Revizijski otvor 500x500 mm

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Mjerilo originala 1:100

Naziv: Tlocrt suterena - Raspored sustava VRV-a i opreme

Pozicija:

Format: A2

Listova: 1

Crtež broj: 2

List: 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

upojni bunar kanalizacija

upojni bunar oborinske vode

AGREGAT

±0,00=

-1'20
-1'80
-2'65
-0'15
-0'15
-0'10
-0'10
-0'10
-0'10
-0'20
-0'20
-0'20

P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
P8
P9
P10
P11
P12
P13
P14

Daikin FXZQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW
Cu Ø12.7/6.35

Daikin FXZQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW
Cu Ø12.7/6.35

Daikin FXZQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW
Cu Ø12.7/6.35

Daikin FXZQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW
Cu Ø12.7/6.35

Daikin FXZQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW
Cu Ø12.7/6.35

Daikin FXZQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW
Cu Ø12.7/6.35

Daikin FXZQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW
Cu Ø12.7/6.35

Daikin FXZQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW
Cu Ø12.7/6.35

Daikin FXZQ20A
Qgr=2.5 kW
Qhl=2.2 kW

Daikin FXZQ20A
Qgr=2.5 kW
Qhl=2.2 kW

Daikin FXAQ15A
Qgr=1.7 kW
Qhl=1.9 kW

Cu Ø15.88/9.52
Cu Ø15.88/9.52
Cu Ø15.88/9.52
Cu Ø15.88/9.52
Cu Ø15.88/9.52
Cu Ø15.88/9.52
Cu Ø19.05/22.22/9.52

BS6Q14AV1B
6 priključaka

GLAVNI ULAZ

soba za odmor

Cijevi polaza solarnog kruga
Cijevi povrata solarnog kruga
Cijevi polaza kruga glikolne smjese
Cijevi povrata kruga glikolne smjese
Cijevi sustava VRV-a
Revizijski otvor 500x500 mm

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Mjerilo originala
1:100

Naziv:
Tlocrt prizemlja -
Raspored sustava VRV-a

Pozicija:

Format: A2

Listova: 1

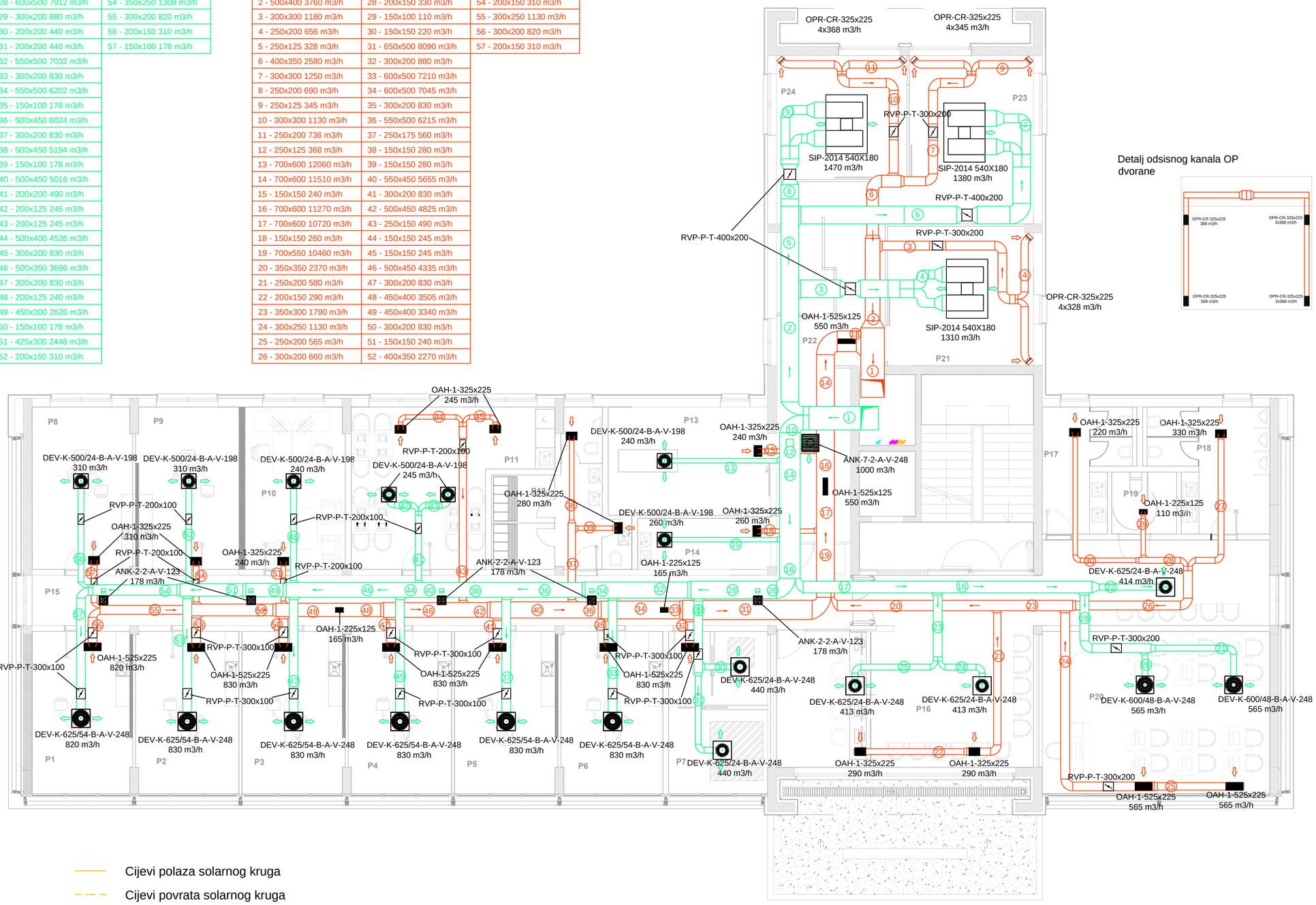
List: 1

Crtež broj: 3

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Tlačne dionice		
1 - 800x600 16120 m3/h	27 - 150x100 178 m3/h	53 - 300x200 830 m3/h
2 - 600x300 4160 m3/h	28 - 600x500 7912 m3/h	54 - 350x250 1308 m3/h
3 - 600x180 1310 m3/h	29 - 300x200 880 m3/h	55 - 300x200 820 m3/h
4 - 300x180 655 m3/h	30 - 200x200 440 m3/h	56 - 200x150 310 m3/h
5 - 600x300 2850 m3/h	31 - 200x200 440 m3/h	57 - 150x100 178 m3/h
6 - 600x180 1380 m3/h	32 - 550x500 7032 m3/h	
7 - 300x180 690 m3/h	33 - 300x200 830 m3/h	
8 - 600x180 1470 m3/h	34 - 550x500 6202 m3/h	
9 - 300x180 735 m3/h	35 - 150x100 178 m3/h	
10 - 700x600 11960 m3/h	36 - 500x450 6024 m3/h	
11 - 250x250 1000 m3/h	37 - 300x200 830 m3/h	
12 - 700x600 10960 m3/h	38 - 500x450 5194 m3/h	
13 - 150x150 240 m3/h	39 - 150x100 178 m3/h	
14 - 700x600 10720 m3/h	40 - 500x450 5016 m3/h	
15 - 150x150 260 m3/h	41 - 200x200 490 m3/h	
16 - 700x550 10460 m3/h	42 - 200x125 245 m3/h	
17 - 400x300 2370 m3/h	43 - 200x125 245 m3/h	
18 - 400x250 1544 m3/h	44 - 500x400 4526 m3/h	
19 - 300x250 1130 m3/h	45 - 300x200 830 m3/h	
20 - 200x200 565 m3/h	46 - 500x350 3696 m3/h	
21 - 200x200 565 m3/h	47 - 300x200 830 m3/h	
22 - 200x150 414 m3/h	48 - 200x125 240 m3/h	
23 - 300x200 826 m3/h	49 - 450x300 2626 m3/h	
24 - 200x150 413 m3/h	50 - 150x100 178 m3/h	
25 - 200x150 413 m3/h	51 - 425x300 2448 m3/h	
26 - 600x500 8090 m3/h	52 - 200x150 310 m3/h	

Odsisne dionice		
1 - 800x600 15820 m3/h	27 - 200x150 330 m3/h	53 - 300x200 830 m3/h
2 - 500x400 3760 m3/h	28 - 200x150 330 m3/h	54 - 200x150 310 m3/h
3 - 300x300 1180 m3/h	29 - 150x100 110 m3/h	55 - 300x250 1130 m3/h
4 - 250x200 656 m3/h	30 - 150x150 220 m3/h	56 - 300x200 820 m3/h
5 - 250x125 328 m3/h	31 - 650x500 8090 m3/h	57 - 200x150 310 m3/h
6 - 400x350 2580 m3/h	32 - 300x200 880 m3/h	
7 - 300x300 1250 m3/h	33 - 600x500 7210 m3/h	
8 - 250x200 690 m3/h	34 - 600x500 7045 m3/h	
9 - 250x125 345 m3/h	35 - 300x200 830 m3/h	
10 - 300x300 1130 m3/h	36 - 550x500 6215 m3/h	
11 - 250x200 736 m3/h	37 - 250x175 560 m3/h	
12 - 250x125 368 m3/h	38 - 150x150 280 m3/h	
13 - 700x600 12060 m3/h	39 - 150x150 280 m3/h	
14 - 700x600 11510 m3/h	40 - 550x450 5655 m3/h	
15 - 150x150 240 m3/h	41 - 300x200 830 m3/h	
16 - 700x600 11270 m3/h	42 - 500x450 4825 m3/h	
17 - 700x600 10720 m3/h	43 - 250x150 490 m3/h	
18 - 150x150 260 m3/h	44 - 150x150 245 m3/h	
19 - 700x550 10460 m3/h	45 - 150x150 245 m3/h	
20 - 350x350 2370 m3/h	46 - 500x450 4335 m3/h	
21 - 250x200 580 m3/h	47 - 300x200 830 m3/h	
22 - 200x150 290 m3/h	48 - 450x400 3505 m3/h	
23 - 350x300 1790 m3/h	49 - 450x400 3340 m3/h	
24 - 300x250 1130 m3/h	50 - 300x200 830 m3/h	
25 - 250x200 565 m3/h	51 - 150x150 240 m3/h	
26 - 300x200 660 m3/h	52 - 400x350 2270 m3/h	



Detalj odsisnog kanala OP dvorane

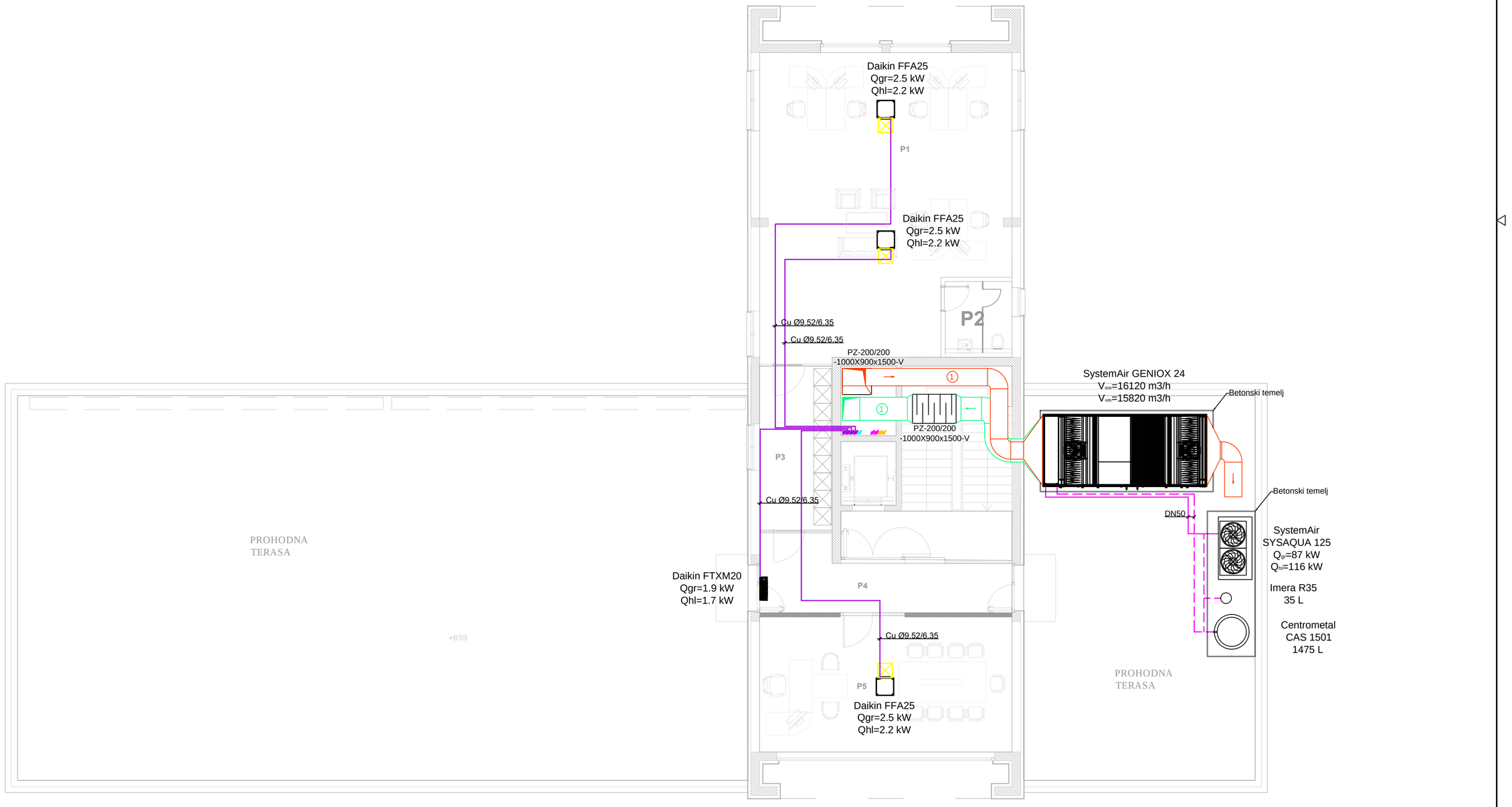
- Cijevi polaza solarnog kruga
- Cijevi povrata solarnog kruga
- Cijevi polaza kruga glikolne smjese
- Cijevi povrata kruga glikolne smjese
- Cijevi sustava VRV-a
- Kanali dobavnog zraka klimatizacije
- Kanali odsisnog zraka klimatizacije

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:	Objekt broj:
	R. N. broj:
Mjerilo originala 1:100	Naziv: Tlocrt prvog kata - Raspored klimatizacijskih kanala
Pozicija:	Format: A2
Listova: 1	List: 1
Crtež broj: 4	

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Cijevi polaza solarnog kruga
Cijevi povrata solarnog kruga
Cijevi polaza kruga glikolne smjese
Cijevi povrata kruga glikolne smjese
Cijevi multi-split sustava
Cijevi sustava VRV-a
Kanali dobavnog zraka klimatizacije
Kanali odsisnog zraka klimatizacije
Revizijski otvor 500x500 mm

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Mjerilo originala
1:100

Naziv: Tlocrt drugog kata - Raspored klimatizacijskih kanala i opreme

Pozicija:

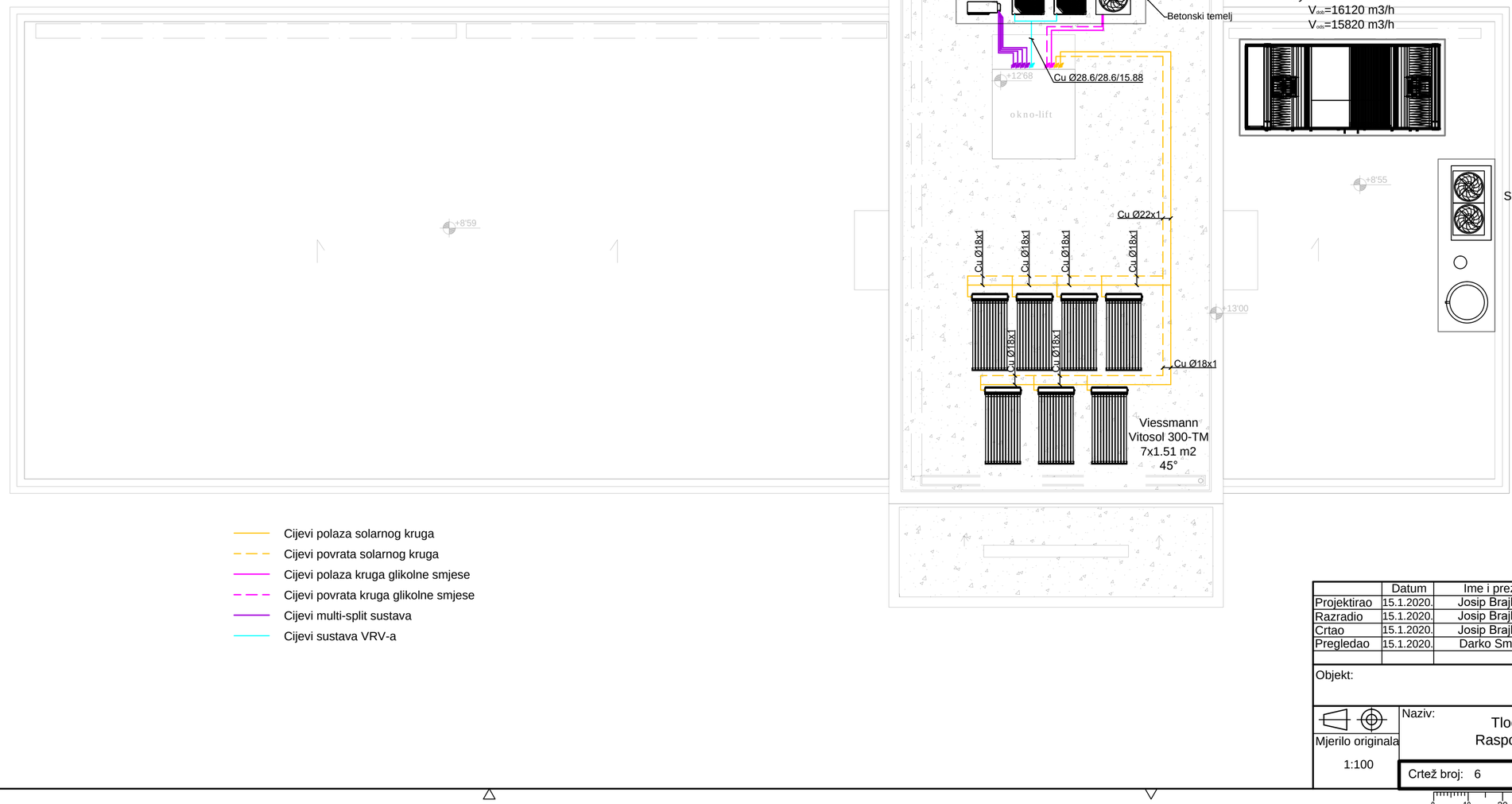
Format: A2

Listova: 1

List: 1

Crtež broj: 5

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Cijevi polaza solarnog kruga
Cijevi povrata solarnog kruga
Cijevi polaza kruga glikolne smjese
Cijevi povrata kruga glikolne smjese
Cijevi multi-split sustava
Cijevi sustava VRV-a

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Mjerilo originala
1:100

Naziv:
Tlocrt krova -
Raspored opreme

Pozicija:

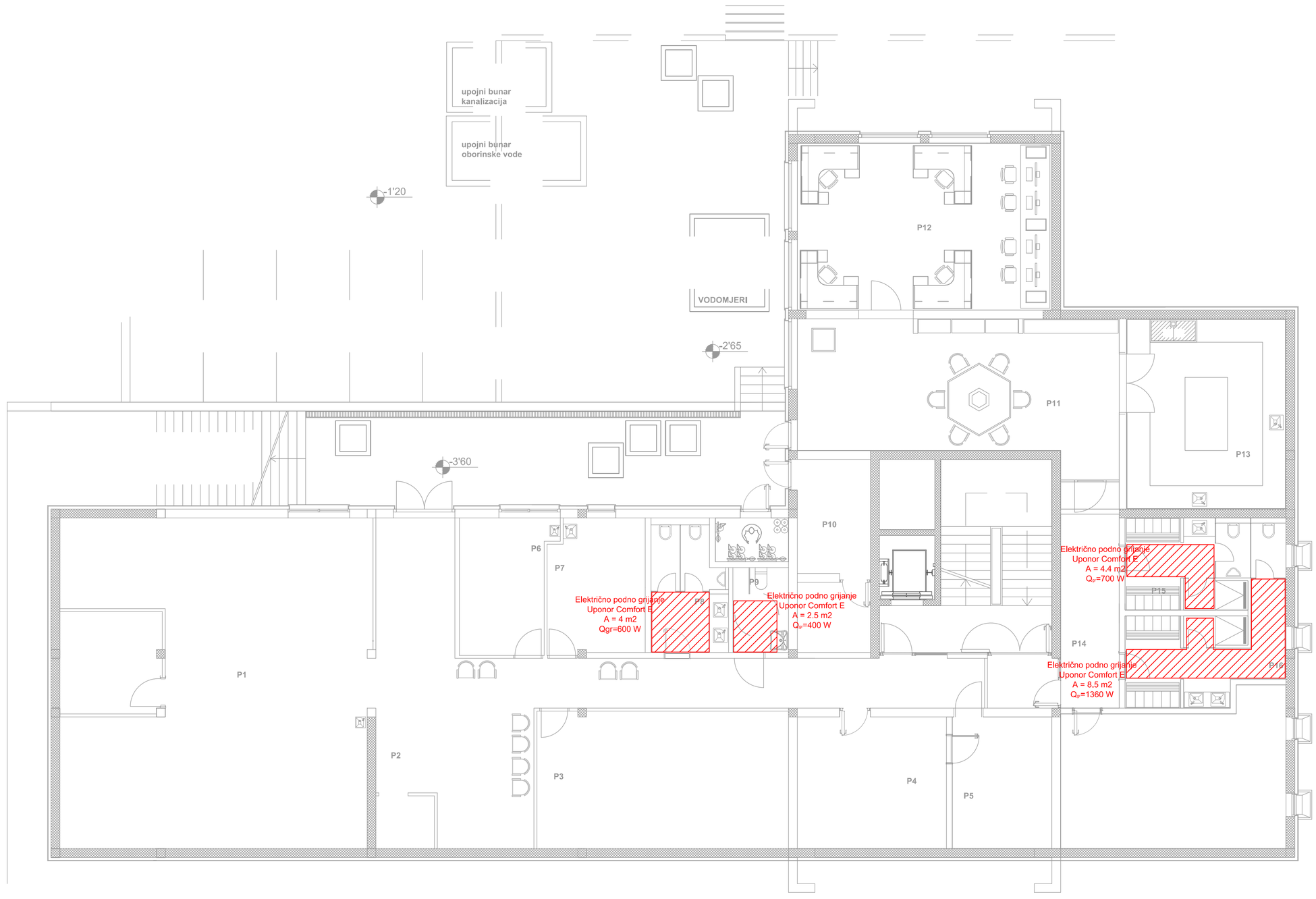
Format: A2

Listovi: 1

List: 1

Crtež broj: 6

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Josip Brajković	
Razradio		Josip Brajković	
Crtao		Josip Brajković	
Pregledao		Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Naziv: Raspored električnog podnog grijanja suteren

Pozicija:

Mjerilo originala 1:100

Format: A2

Listova: 1

Crtež broj: 7

List: 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

upojni bunar kanalizacija

upojni bunar oborinske vode

-1'20

-1'80

-0'15

-0'15

±0,00=

1

AGREGAT

-2'65

P11

P12

P13

Električno podno grijanje
Uponor Comfort E
A = 2.4 m2
Q_{ip}= 380 W

-0'10

P8

Električno podno grijanje
Uponor Comfort E
A = 6 m2
Q_{ip}=960 W

P2

P9

Električno podno grijanje
Uponor Comfort E
A = 8 m2
Q_{ip}=1280 W

P10

Električno podno grijanje
Uponor Comfort E
A = 2,6 m2
Q_{ip}=400 W

P14

Električno podno grijanje
Uponor Comfort E
A = 2.4 m2
Q_{ip}=380 W

P7

P1

P3

P4

P5

P6

-0'10

-0'10

-0'10

-0'10

-0'20

-0'20

-0'20

GLAVNI ULAZ

soba za odmor

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Josip Brajković	
Razradio		Josip Brajković	
Crtao		Josip Brajković	
Pregledao		Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Mjerilo originala 1:100

Naziv: Raspored električnog podnog grijanja prizemlje

Pozicija:

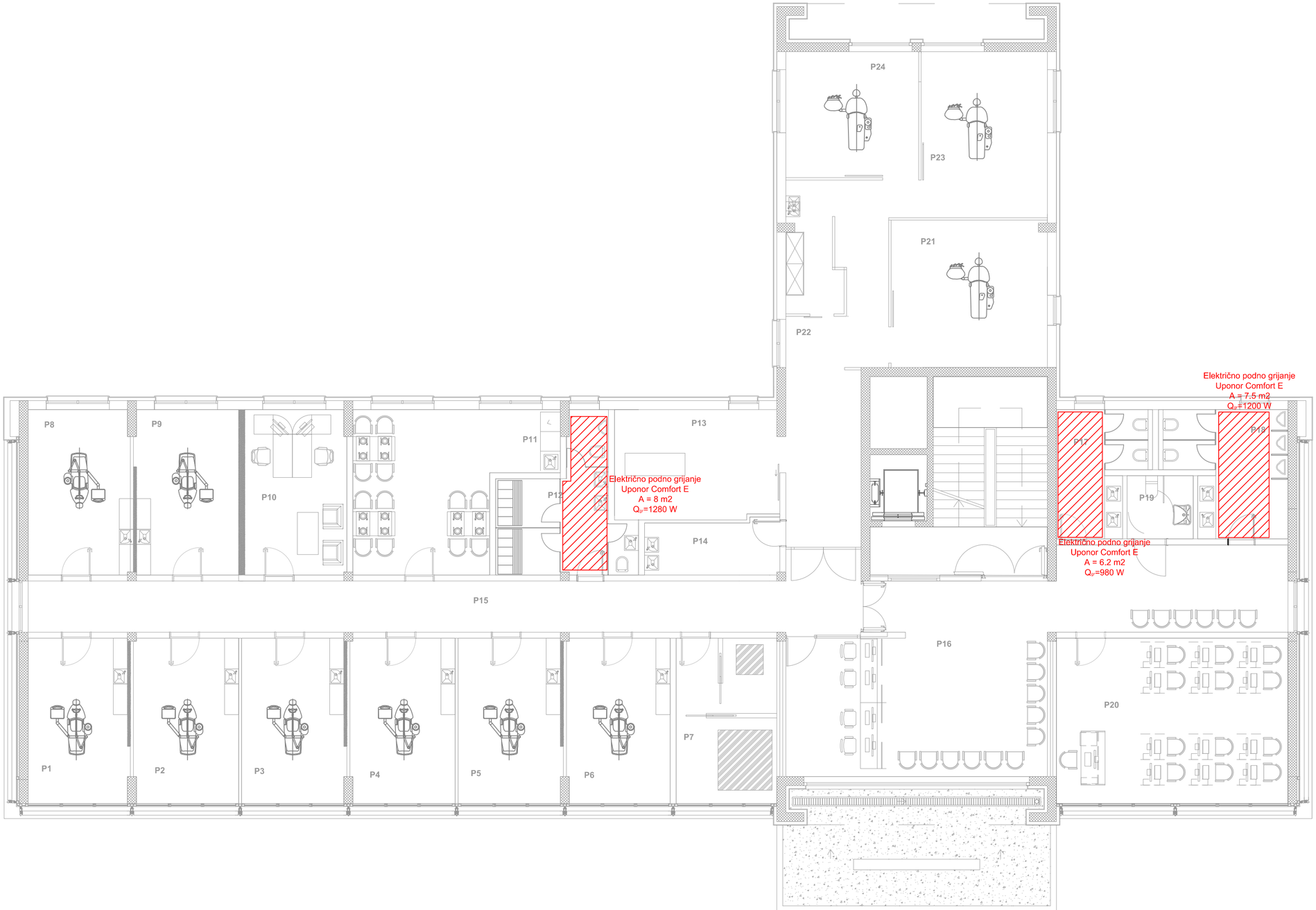
Format: A2

Listova: 1

Crtež broj: 8

List: 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Josip Brajković	
Razradio		Josip Brajković	
Crtao		Josip Brajković	
Pregledao		Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Mjerilo originala 1:100

Naziv: Raspored električnog podnog grijanja 1. kat

Pozicija:

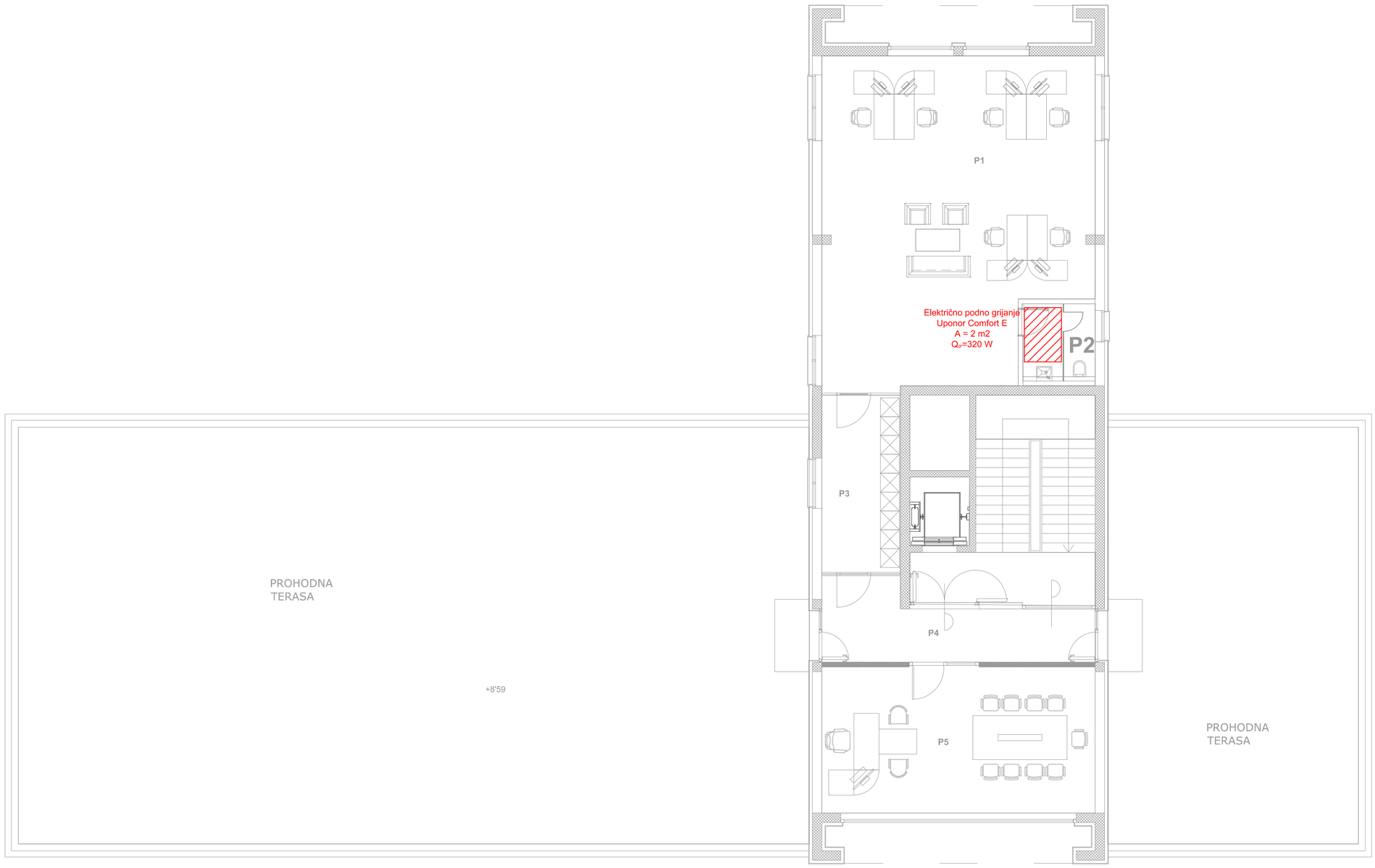
Format: A2

Listova: 1

Crtež broj: 9

List: 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Josip Brajković	
Razradio		Josip Brajković	
Crtao		Josip Brajković	
Pregledao		Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Mjerilo originala

1:100

Naziv: Raspored električnog podnog grijanja 2. kat

Pozicija:

Format: A2

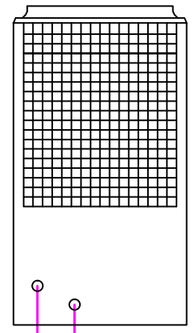
Listova: 1

List: 1

Crtež broj: 10

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Dizalica topline zrak-glikolna smjesa
SystemAir SYSAQUA 25
Q_{gr} =16 kW
Q_{hl} =25 kW

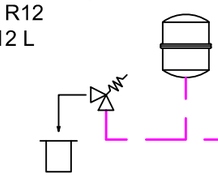


Upravljačka jedinica dizalice topline

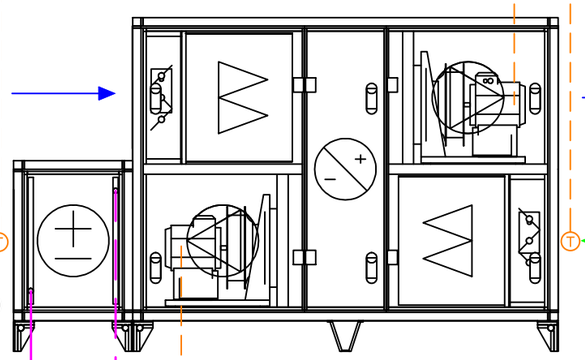
Upravljačka jedinica klima komore

Ventilacijska jedinica
SystemAir Geniox 14
Filter klase F7 tlačni i odsisni kanal
Izmjenjivač topline glikolna smjesa-zrak
Q_{gr} = 10 kW
Q_{hl} = 5 kW
Rotacijski regenerator učina 57 kW

Membranska ekspanzijska posuda
Imera R12
V = 12 L



Povratni zrak 5200 m3/h
(iz prostorija suterena)

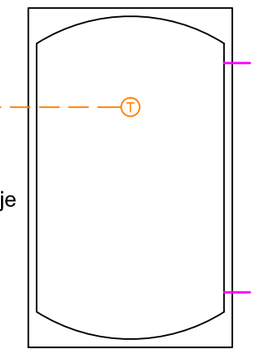


Istrošeni zrak 5200 m3/h
(u okoliša)

Dobavni zrak 5800 m3/h
(prema prostorijama suterena)

Vanjski zrak 5800 m3/h
(iz okoliša)

Akumulator toplinske energije
Centrometal CAS 501
475 l



DN50
920 l/h

- Odzraka
- Zaporni ventil
- Ventil za punjenje/pražnjenje sustava
- Osjetnik tlaka
- Sigurnosni ventil
- Troputni razdjelni ventil
- Hvatač nečistoća
- Povratni vod 30%-tne glikolne smjese
- Polazni vod 30%-tne glikolne smjese
- Osjetnik temperature

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt: Funkcionalna shema spajanja - Ventilacija suterena

Objekt broj:

Crtež broj: 11

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Klimatizacijska jedinica
SystemAir Geniox 24
Filteri klase M5 i F7 tlačni i F7 odsisni kanal
Izmjenjivač topline glikolna smjesa-zrak
Q_{gr} = 81 kW
Q_{hl} = 84 kW
Pločasti rekuperator učina 123 kW

Upravljačka jedinica klima komore

Upravljačka jedinica dizalice topline

Membranska ekspanzijska posuda Imera R35
V = 35 L

Dizalica topline zrak-glikolna smjesa
SystemAir SYSAQUA 125
Q_{gr} =87 kW
Q_{hl} =116 kW

Povratni zrak
15820 m3/h

Vanjski zrak
16120 m3/h

Dobavni zrak
161200 m3/h

Istrošeni zrak
15820 m3/h

Akumulator toplinske energije
Centrometal CAS 1501
V = 1475 l

DN50
12800 l/h

Regulator varijabilnog protoka
Klimaoprema RVP-P-T
U povratnom i odsisnom kanalu

Odsisne rešetke u stropu

Stropni distributeri zraka

- Odzraka
- Zaporni ventil
- Ventil za punjenje/pražnjenje sustava
- Osjetnik tlaka
- Sigurnosni ventil
- Troputni razdjelni ventil
- Hvatač nečistoća
- Povratni vod 30%-tne glikolne smjese
- Polazni vod 30%-tne glikolne smjese
- Osjetnik temperature
- Osjetnik tlaka u kanalu
- Sobni termostat

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt: Funkcionalna shema spajanja - Klimatizacija 1. kata

Objekt broj:

Crtež broj: 12

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Vakuum cijevni kolektori
Viessmann Vitosol 300-TM
Ukupna površina 7x1.51=10.57 m2
Kut nagiba 45° - prema jugu

Vanjske jedinice VRV-a
Daikin REYQ10U+REYQ12U
Q_{gr} = 48 kW
Q_{hl} = 55 kW

Upravljačka jedinica VRV sustava

Upravljačka jedinica solarnog sustava

Membranska ekspanzijska posuda
Imera S8
V = 8 L

Prema unutarnjim jedinicama u prostorijama

Unutarnja jedinica
Daikin Hydrobox HXHD125A8
Q = 10.5 kW

Izljevna mjesta

Solarna grupa
Viessmann Solar Divicon

DN25
2430 l/h

Cu Ø22x1.2 mm
530 l/h

Bivalentni akumulacijski spremnik PTV-a
Viessmann Vitocell 100-B
V = 500 l

Iz vodovoda

- Odzraka
- Zaporni ventil
- Protupovratni ventil
- Kuglasti ventil
- Hvatač nečistoća
- Redukcijski ventil
- Cirkulacijska pumpa
- Manometar
- Sigurnosni ventil
- Sigurnosni ventil
- Osjetnik temperature
- Pitka voda
- Polaz vode iz Hydrobox-a
- Povrat vode iz Hydrobox-a
- Polaz solarnog kruga
- Povrat solarnog kruga
- Cijevi VRV-a
- Komunikacija

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

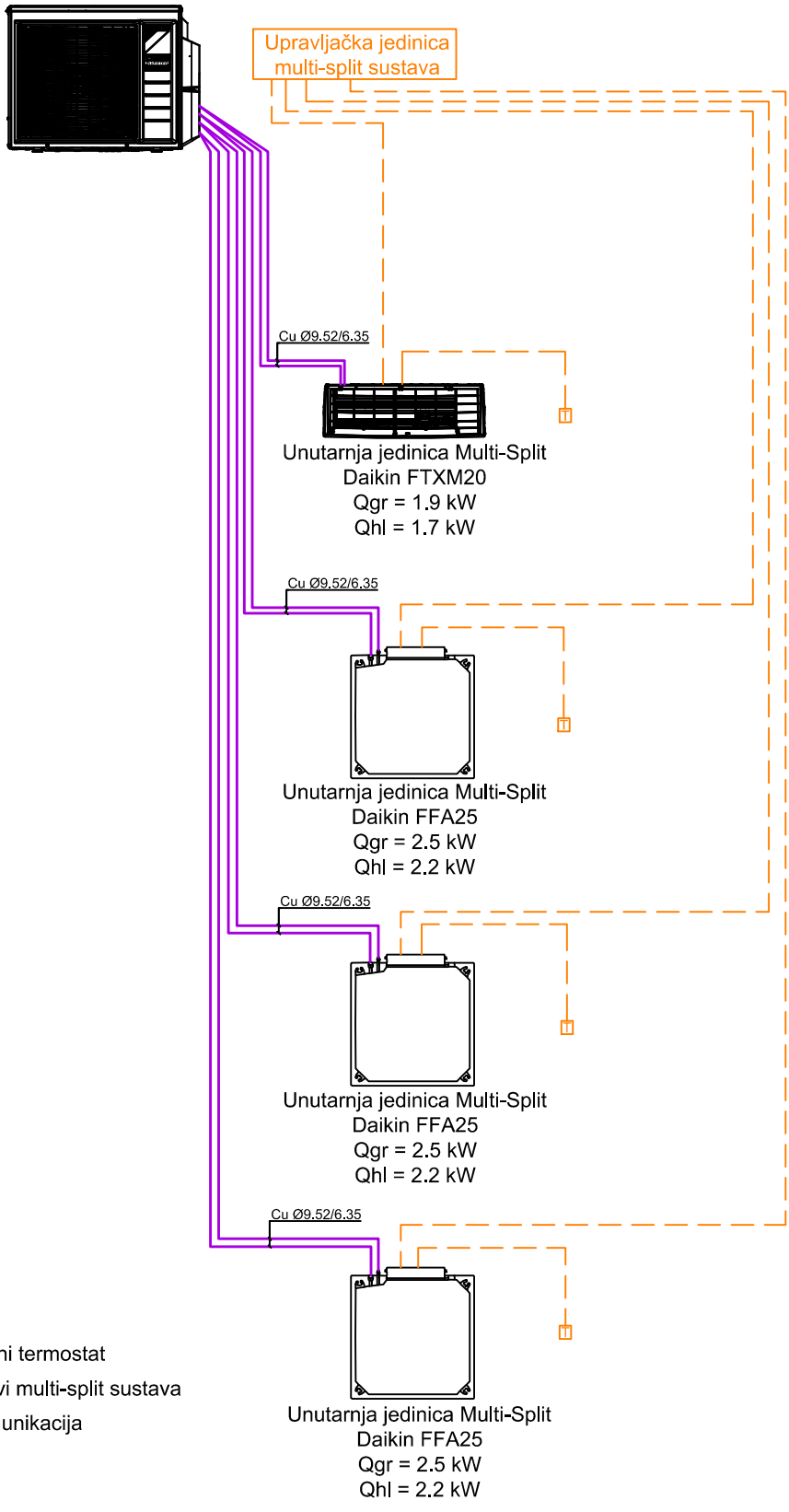
FSB Zagreb

Objekt: Funkcionalna shema spajanja - Solarni sustav i Hydrobox

Objekt broj:

Crtež broj: 13

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



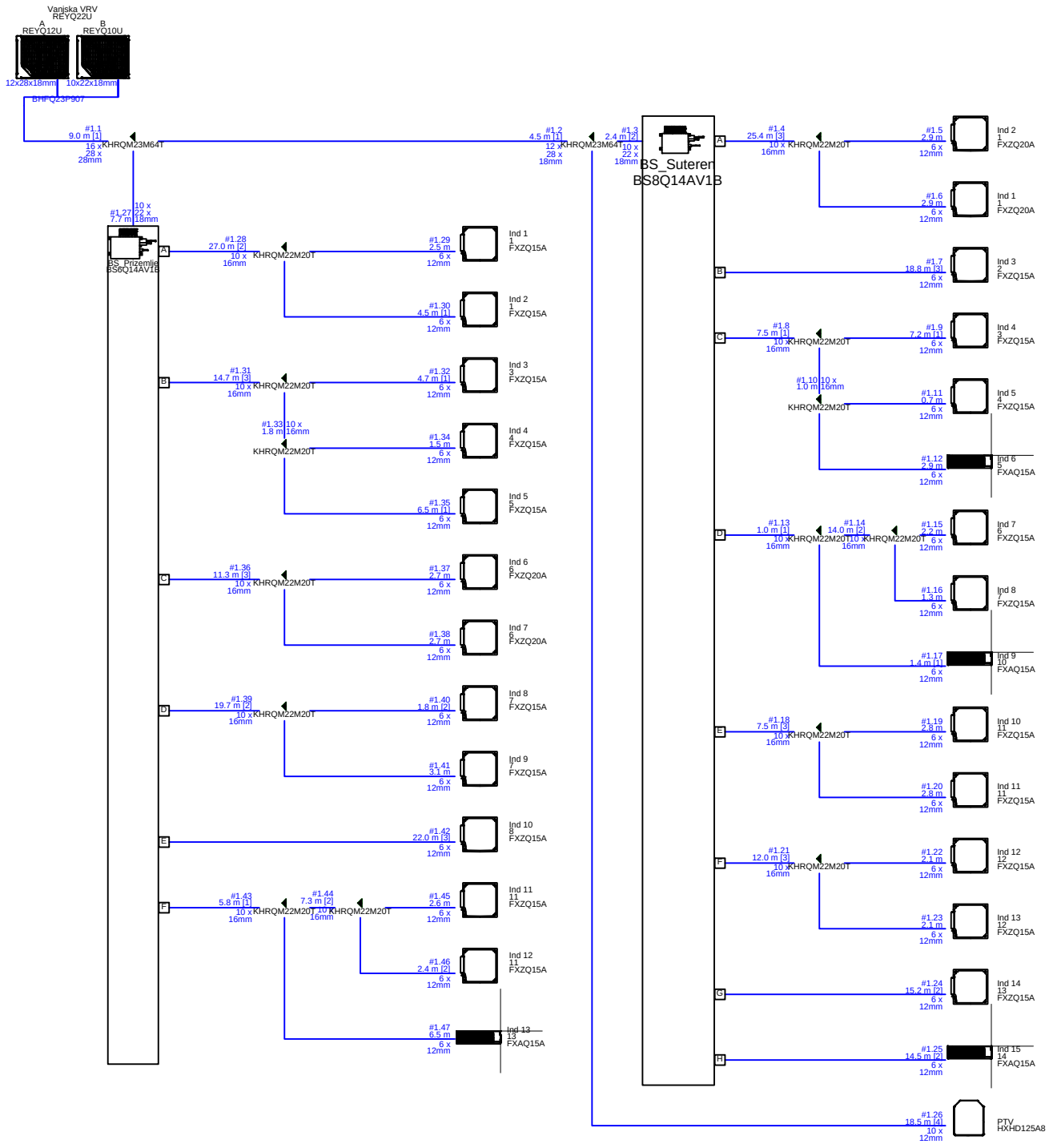
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt: Funkcionalna shema spajanja - Multi-split 2. kata

Objekt broj:

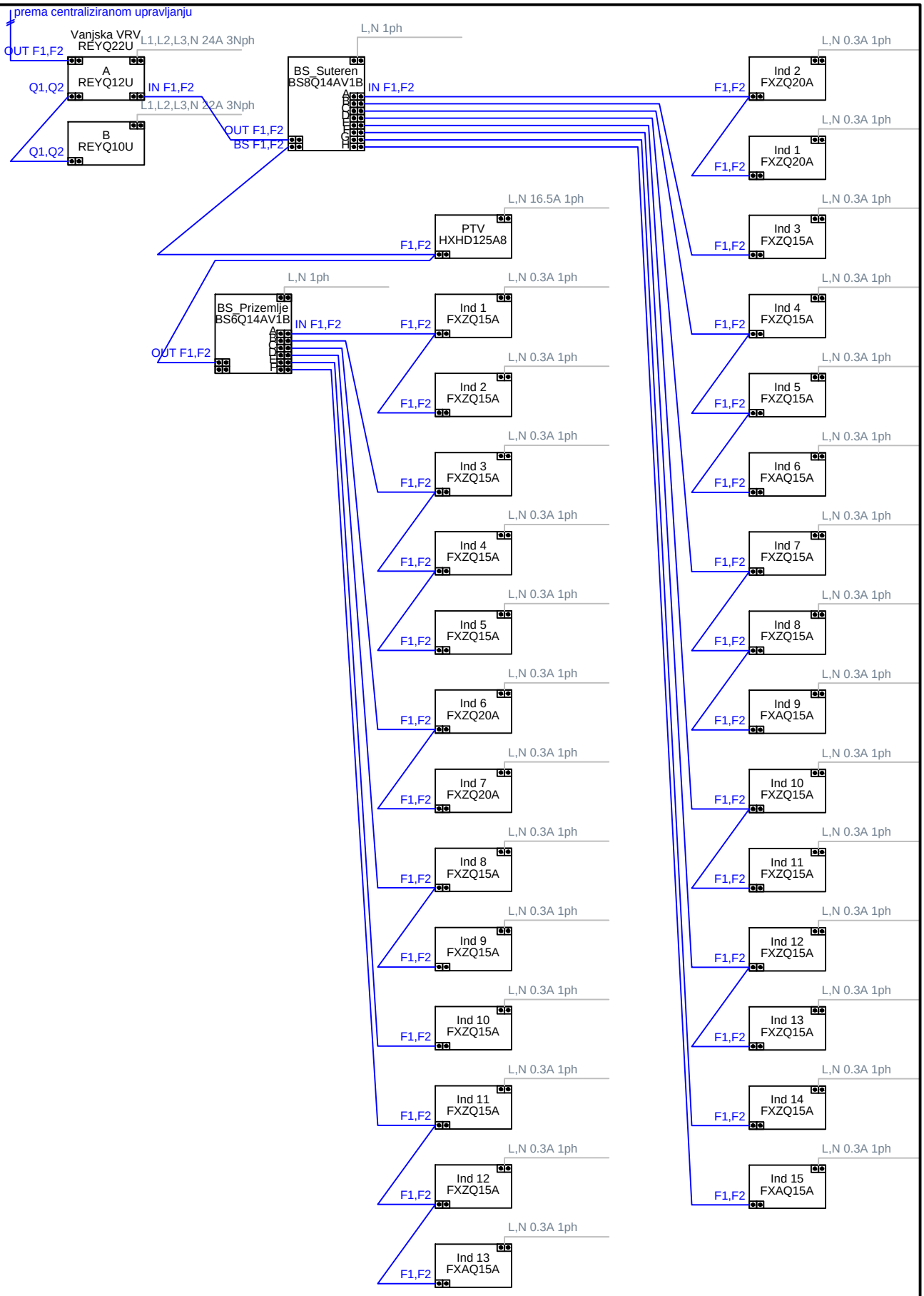
Crtež broj: 14



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Josip Brajković	
Razradio		Josip Brajković	
Crtao		Josip Brajković	
Pregledao		Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt: Shema spajanja - VRV sustav	Objekt broj:
	Crtež broj: 15



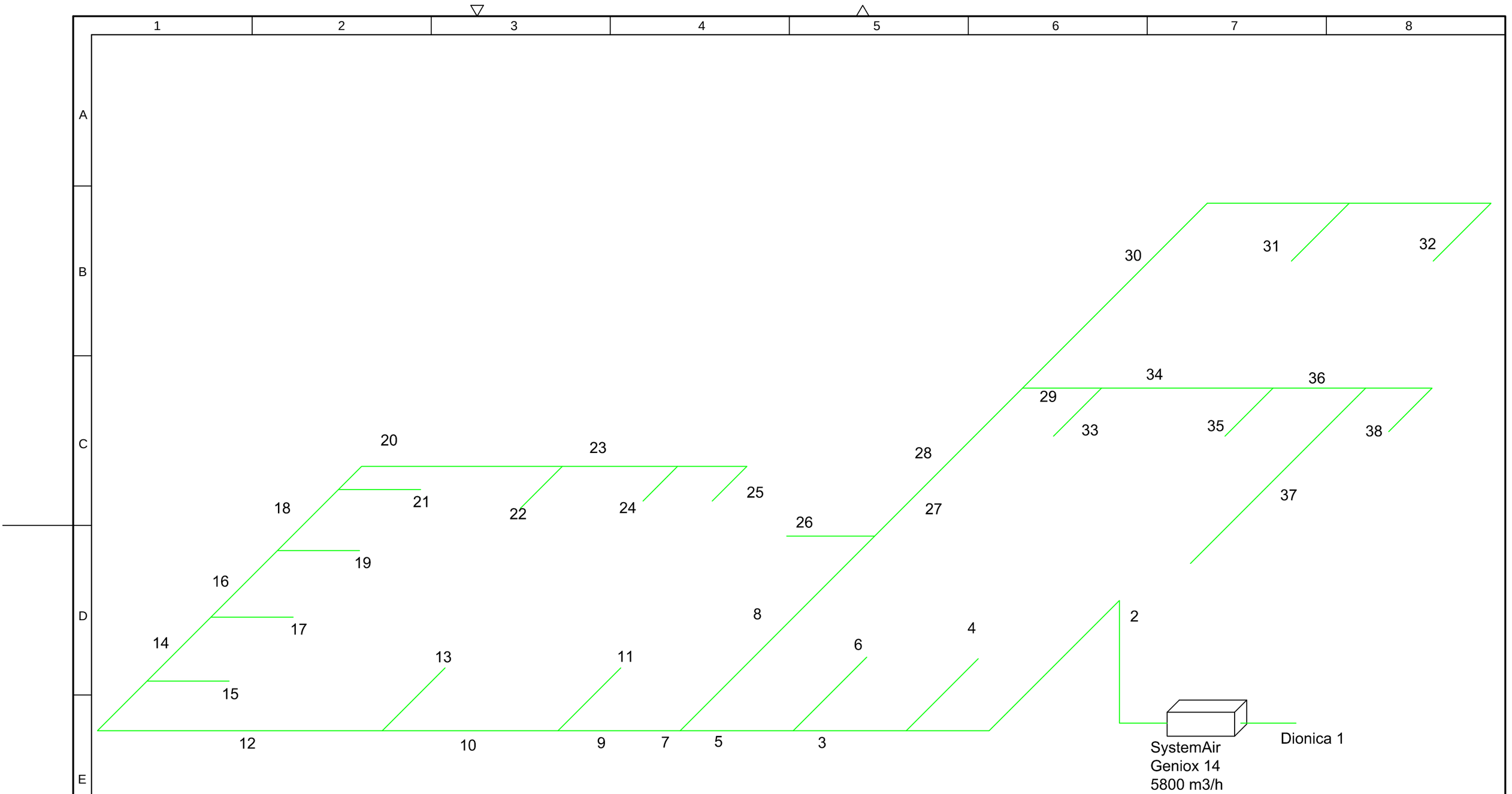
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Josip Brajković	
Razradio		Josip Brajković	
Crtao		Josip Brajković	
Pregledao		Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:
Shema spajanja ožičenja - VRV sustav

Objekt broj:

Crtež broj: 16



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

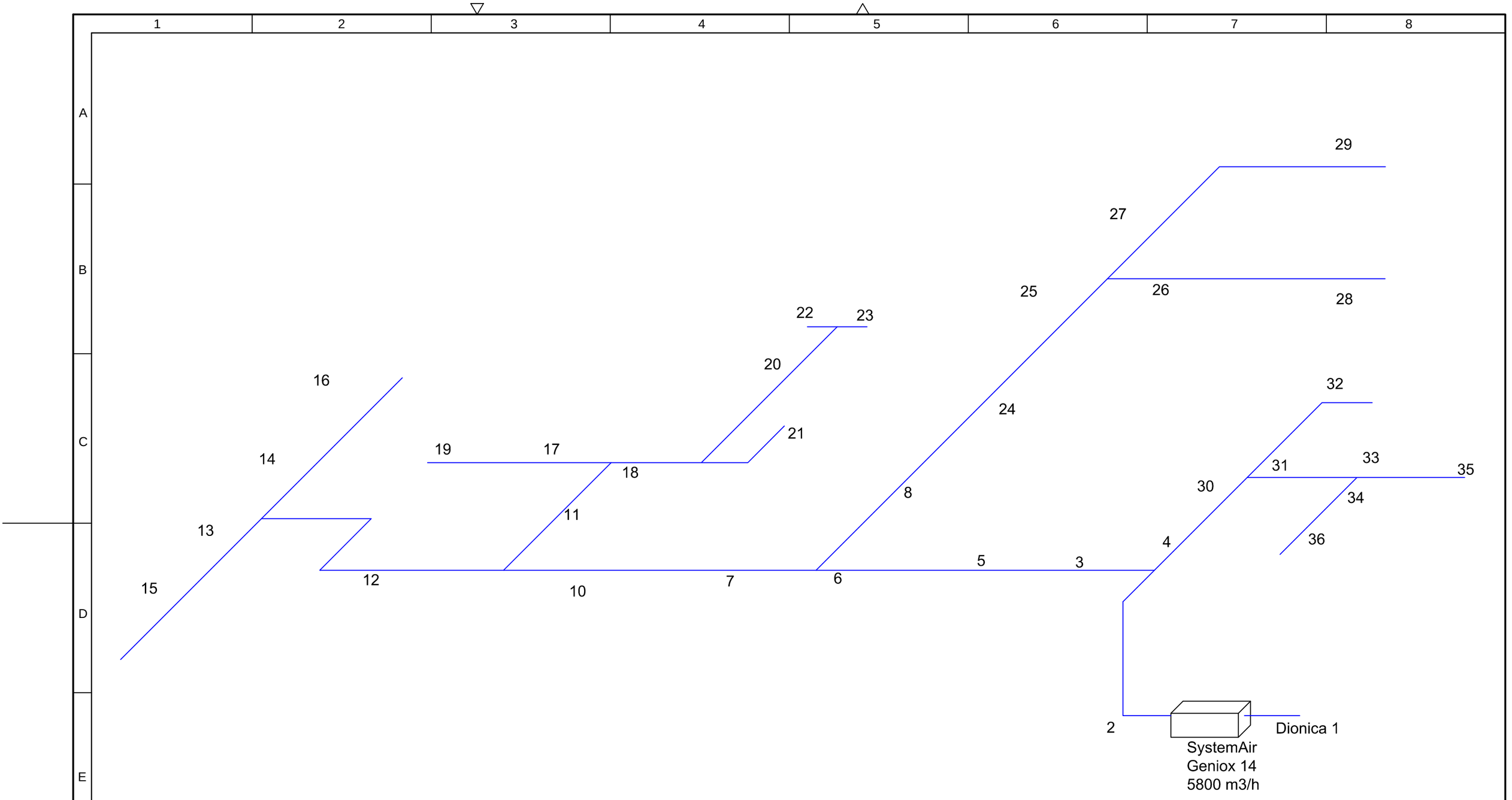
FSB Zagreb

Objekt: Shema dovodnih dionica ventilacijskog sustava

Objekt broj:

Crtež broj: 17

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

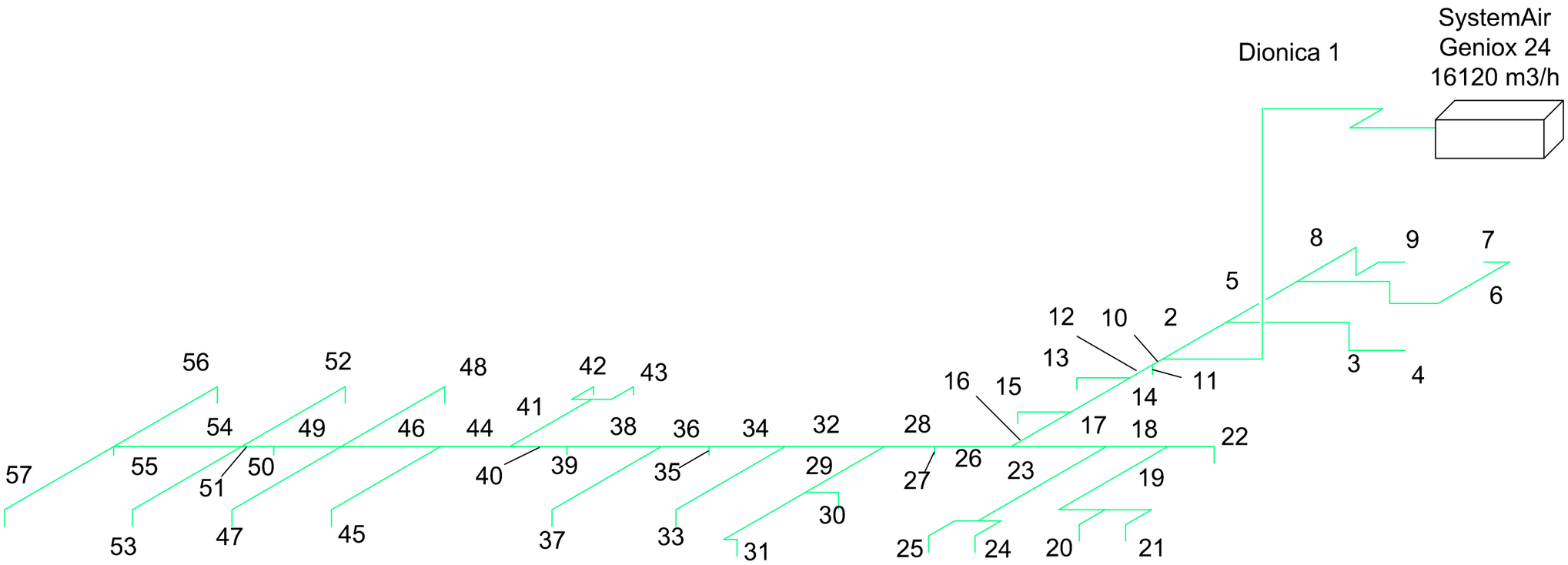
FSB Zagreb

Objekt: Shema odsisnih dionica ventilacijskog sustava

Objekt broj:

Crtež broj: 18

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

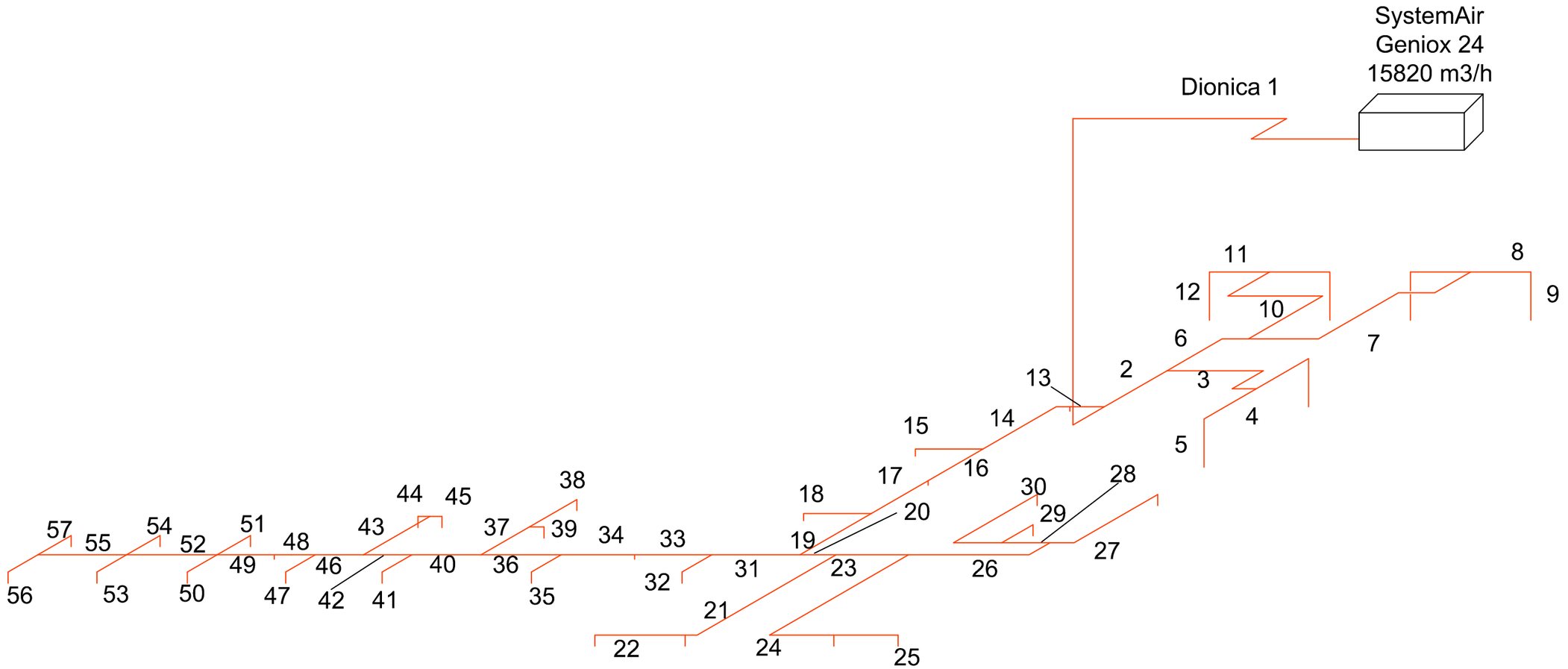
FSB Zagreb

Objekt: Shema dovodnih dionica klimatizacijskog sustava

Objekt broj:

Crtež broj: 19

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Razradio	15.1.2020.	Josip Brajković	
Crtao	15.1.2020.	Josip Brajković	
Pregledao	15.1.2020.	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt: Shema odsisnih dionica klimatizacijskog sustava

Objekt broj:

Crtež broj: 20

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100