Projekt sustava grijanja, hlađenja i ventilacije hotela

Stipeljković, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:235:005428

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

Matej Stipeljković

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Student:

doc. dr. sc. Darko Smoljan, dipl. ing. Matej Stipeljković

Zagreb, 2019.

Izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno koristeći literaturu navedenu u popisu literature.

Zahvaljujem se na savjetima i stručnoj pomoći mentoru ***doc. dr. sc. Darku Smoljanu.***

Zahvaljujem se i svojim **roditeljima** bez čije potpore ne bih mogao ostvariti sve svoje ciljeve.

Matej Stipeljković

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: **Matej Stipeljković** Mat. br.: 0035190767

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

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

Opis zadatka:

Potrebno je izraditi projekt sustava za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode za potrebe hotelske zgrade na tri etaže ukupne površine 1100 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Za potrebe grijanja i hlađenja zgrade treba predvidjeti termotehničko postrojenje s dizalicom topline zrak – voda.
Propremu potrošne tople vode potrebno je riješiti u izvedbi akumulacijskog sustava, pri čemu treba koristiti dizalicu topline i instalaciju sa sunčevim kolektorima. Treba predvidjeti tlačno odsisni sustav ventilacije s povratom topline iz istrošenog zraka za ventilaciju prizemlja, a za katove odsisni sustav ventilacije sanitarnih prostora.

Hotelska zgrada se nalazi na području južnog Jadrana.

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 i montaža opreme.

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

Zadatak zadan:	Datum predaje rada:	Predviđeni datum obrane:
7. ožujka 2019.	9. svibnja 2019.	15., 16. i 17. svibnja 2019.

Zadatak zadao: Predsjednica Povjerenstva:

Doc.dr.sc. Darko Smoljan

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE V
POPIS OZNAKA VI
SAŽETAK VII
SUMMARY VIII
1. Uvod 1
1.1. Opis zgrade 2
1.2. Djelovi sustava grijanja, hlađenja i ventilacije 3
1.2.1. Dizalica topline 3
1.2.2. Solarni kolektor 4
1.2.3. Ventilokonvektori 5
1.2.4. Kupaonske ljestve 6
1.2.5. Ventilacija 6
1.3. Postupak projektiranja sustava grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme PTV-a 7
2. Projektiranje sustava grijanja/hlađenja 9
2.1. Proračun toplinskog i rashladnog opterećenja 9
2.1.1. Proračun toplinskog opterećenja 9
2.1.2. Proračun rashladnog opterećenja 14
2.2. Odabir ogrjevnih/rashladnih tijela 19
2.3. Odabir izvora ogrjevnog/rashladnog učina 22
2.4. Hidraulički proračun cijevovoda 25
2.5. Dimenzioniranje i odabir pumpe 26
2.6. Dimenzioniranje i odabir ekspanzijskog sustava 29
3. Projektiranje sustava pripreme potrošne tople vode 31
3.1. Dimenzioniranje bivalentnih spremnika i dizalice topline 31
3.2. Dimenzioniranje i odabir solarnih kolektora 33
3.3. Dimenzioniranje pumpe i ekspanzijske posude solarnog sustava 36
4. Projektiranje ventilacijskog sustava 42
4.1. Dimenzioniranje ventilacijskog sustava 42

4.1.1. Centralni ventilacijski sustav 42
4.1.2. Lokalni ventilacijski sustav 46
5. Tehnički opis sustava 47
5.1. Sustav grijanja/hlađenja 47
5.2. Sustav pripreme potrošne tople vode 47
5.3. Sustav ventilacije 48
6. Zaključak 49
LITERATURA 50
PRILOZI 51

POPIS SLIKA

Slika 1. Udio potrošnje energije različitih sustava unutar zgradarstva [3] 2
Slika 2. Shematski prikaz dizalice topline zrak-voda 4
Slika 3. Shema solarnog sustava s prisilnom cirkulacijom tople vode 5
Slika 4. Shema tlačno-odsisne ventilacija [2] 7
Slika 5. Primjer ugradnje kanalnog ventilokonvektora [5] 19
Slika 6. Dizalica topline EWYQ050CWP [6] 24
Slika 7. Normirane bakrene cijevi za grijanje 25
Slika 8. Normirane čelične cijevi za grijanje 26
Slika 9. Pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice 28
Slika 10. Karakteristika i radna točka pumpe CRE10-2 [7] 28
Slika 11. Pumpa CRE10-2 [7] 29
Slika 12. Ekspanzijska posuda Gitral MB150 [8] 30
Slika 13. Podaci o posudi Gitral MB150 [8] 30
Slika 14. Dizalica topline ERRQ016AY1 [6] 33
Slika 15. Graf koji prikazuje odnos potrebne i isporučene energije za pripremu PTV uz predviđenu popunjenost hotela 35
Slika 16. Graf koji prikazuje odnos potrebne i isporučene energije za pripremu PTV uz maksimalnu popunjenost hotela 36
Slika 17. Pad tlaka u solarnim koletorima za predložene protoke solarne tekućine [5] 37
Slika 18. Pumpa Grundfos CRN 1S [7] 38
Slika 19. Karakteristika i radna točka pumpe CRN 1S za solarno polje orijentirano na jug [7] 38
Slika 20. Karakteristika i radna točka pumpe CRN 1S za solarno polje orijentirano na zapad [7] 39
Slika 21. Tablica preporuke proizvođača za izbor ekspanzijske posude [9] 40
Slika 22. Ekspanzijska posuda Gitral GS80 [8] 40
Slika 23. Rešetka UELA_AL_355 proizvođača ALNOR [10] 42
Slika 24. Rešetka CCV2 [11] 43
Slika 25. Tlačno-odsisna rekuperacijska jedinica VAM2000FC [6] 43
Slika 26. Pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice ventilacije 45
Slika 27. VARIO II V-II U-H odsisna ventilacijska jedinica 46

POPIS TABLICA

Tablica 1. Pretpostavljena popunjenost hotela, temeljena na stavrnim podacima.....3
Tablica 2. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja- soba 18. 13
Tablica 3. Rezultati proračuna toplinskog i rashladnog opterećenja 17
Tablica 4. Izbor ogrjevnih/rashladnih tijela po prostoriji i njihov učin 20
Tablica 5. Tehnički podaci - EWYQ040CWP.....23
Tablica 6. Tehinčki podaci - EWYQ050CWP.....23
Tablica 7. Tehničke karakteristike - VPS 800/3-7.....24
Tablica 8. Izvadak iz hidrauličkog proračuna cijevi.....26
Tablica 9. Izvadak iz proračuna pada tlaka na kritičnoj dionici 27
Tablica 10. Tehničke karakteristike - ERRQ016AY1 32
Tablica 11. Tehničke karakteristike - VFK 145H.....33
Tablica 12. Izvadak iz proračuna ukupno dobivene toplinske energije iz solarnih kolektora. 34
Tablica 13. Proračun pada tlaka u solarnom sustavu orijentiranom prema jugu 37
Tablica 14. Proračun pada tlaka u solarnom sustavu orijentiranom prema zapadu.....37
Tablica 15. Tehnički podaci o posudi Gitral GS80 [8].....41
Tablica 16. Tehnički podaci - VAM2000FC [6] 43
Tablica 17. Izvadak iz proračuna pada tlaka na kritičnoj dionici ventilacijskog sustava 44
Tablica 18. Tehničke karakteristike – VARIO II V-II U-H.....46

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1 Tlocrt prizemlja – sustav grijanja/hlađenja i pripreme PTV-a

2 Tlocrt prizemlja – sustav ventilacije

3 Tlocrt 1. kata – sustav grijanja/hlađenja i sustav ventilacije

4 Tlocrt 2. kata – sustav grijanja/hlađenja i sustav ventilacije

5 Tlocrt 3. kata – sustav grijanja/hlađenja i sustav ventilacije

6 Tlocrt krova – solarni sustav

7 Funkcionalna shema spajanja i regulacije grijanja/hlađenja

8 Funkcionalna shema spajanja i regulacije pripreme PTV-a

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
Φ_{HL}	W	toplinsko opterećenje zgrade
$\Phi_{T,i}$	W	transmisijski gubici prostorije
$\Phi_{V,i}$	W	vanjski gubici prostorije
$\Phi_{RH,i}$	W	toplina ponovnog zagrijavanja
θ_e	°C	vanjska projektna temperatura
$\theta_{\text{int},i}$	°C	unutarnja projektna temperatura grijanog prostora
Q_i	W	unutarnji izvor topline
Q_A	W	vanjski izvor topline
$\Delta\vartheta_m$	°C	srednja logaritamska temperatura
ϑ_{pol}	°C	temperatura polaza
ϑ_{pov}	°C	temperatura povrata
Φ_H	W	toplinski učin radijatora
p_{st}	Pa	statički tlak
p_d	Pa	dinamički tlak
Δp_{tr}	Pa	pad tlaka uslijed trenja
Δp_{lok}	Pa	lokalni pad tlaka
R	Pa/m	linijski pad tlaka
ζ	-	koeficijent lokalnog otpora strujanja
Q	m^3/h	protok pumpe
$V_{n,\min}$	l	minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude
V_e	l	volumen širenja vode
V_V	l Pa	dodatni volumen
p_e	Pa	projektni krajnji tlak
p_0	Pa	primarni tlak ekspanzijske posude

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad sadrži projektno rješenje sustava za grijanje i hlađenje hotela, sustav ventilacije i sustav za pripremu potrošne tople vode. Hotel se sastoji od četiri etaže ukupne površine od oko 1050 m^2 i smješten je na području grada Dubrovnika. Proračun toplinskog opterećenja je napravljen po normi HRN EN 12831, a proračun rashladnog opterećenja prema normi VDI 2078. Projektiran je sustav toplovodnog centralnog grijanja odnosno vodenog hlađenja, a za izvor ogrjevnog/rashladnog učina odabrana je dizalica topline zrak-voda. Zbog sigurnosti opskrbe ogrjevnim/rashladnim medijem kao izvor su uzete dvije manje dizalice topline ukupnog ogrjevnog/rashladnog učina 91,8 kW/93 kW. Kao ogrijevna tijela odabrani su kanalni ventilokonvektori, odnosno kupaonske ljestve. Temperaturni režim grijanja je 45/40°C, a hlađenja 7/12°C. Ukupni instalirani ogrjevni učin je 91,2 kW, dok rashladni učin iznosi 81,1 kW.

Sustav pripreme potrošne tople vode se sastoji od dva polja solarnih kolektora te dizalice topline ogrjevnog učina 16 kW. Solarni kolektori su dimenzionirani prema normi HRN EN 15316-4-3 uz odabrana 2 bivalentna spremnika volumena po 1500 l. Solarni kolektori su smješteni na krovu zgrade i to na južnoj strani – 7 kolektora i na zapadnoj strani – 8 kolektora.

Za održavanje visoke kvalitete zraka u prostorijama zgrade koristi se sustav mehaničke ventilacije. Za kuhinju, recepciju i dio sanitarnih prostorija koristi se ventilacijski sustav sačinjen od tlačno – odsisne ventilacijske jedinice s povratom topline i električnim grijačem te ventilacijskih kanala. Za ostale sanitarne prostorije koriste se lokalni kupaonski ventilator s funkcijom odsisa unutarnjeg zraka, protoka 100m^3/h.

Uz rad je priložena i tehnička dokumentacija sastavljena od crteža kojima su definirani raspored i montaža navedenih sustava te dvije funkcionalne sheme spajanja i regulacije sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, ventilokonvektori, dizalica topline zrak-voda, solarni kolektori, potrošna topla voda.

SUMMARY

This thesis contains a technical solution for heating and cooling system, ventilation system and hot water preparation system for a hotel. The hotel, with a total usable area of about 1050 m^2 is located in the city of Dubrovnik and consists of four. Calculation of heat losses is made according to HRN EN 12831 norm and the cooling load is calculated according to VDI 2078. A central heating/cooling system of the building is designed, and for the source of the heating/cooling capacity is selected an air to water heat pump. Due to the safety of the heating/cooling liquid supply, two smaller heaters of the total heating / cooling capacity of 91.8 kW / 93 kW were taken as a source. As a heating/cooling element, fan coil units and towel radiators are selected. The heating regime is 45/40 ° C and the cooling is 7/12 ° C, while the total installed heating capacity is 91.2 kW, while the cooling cpacity is 81.1 kW.

The domestic hot water heating system consists of two solar collector fields and 16 kW heat pump. Solar collectors are dimensioned according to HRN EN 15316-4-3 with the 2 selected bivalent tanks, 1500 l volume each. Solar collectors are located on the roof of the building on the south side - 7 collectors and on the west - 8 collectors.

The mechanical ventilation system is used to maintain high-quality air in the building. For the kitchen, reception and part of the sanitary facilities, a ventilation system consists of a ventilation unit with a return of heat and ventilation ducts. For other sanitary facilities there is a local bathroom ventilator with an indoor air suction, flow 100m^3/h.

Along with the thesis is also provided technical documentation consisted of drawings defining the arrangement and installation of the above mentioned systems and two functional schemes of connection and regulation of heating system and preparation of domestic hot water.

Keywords: heating, cooling, fan coils, air-water heat sink, solar collectors, domestic hot water.

1. Uvod

Kroz povijest su ugodni klimatski uvijeti jedna od glavnih potreba ljudi. Pronalaskom vatre uvelike se olakšalo osiguravanje boljih uvjeta za život. Jedan od najstarijih oblika grijanja bilo je grijanje drvima i to otvorenim ložištem smještenim u sredini prostorije. Napretkom tehnologije došlo je do povećanja standarda, ali i povećanja potreba ljudi za kvalitetom zraka. Osim grijanja, ljudi danas zahtjevaju i sustav hlađenja i ventilacije, a taj, nekoć komoditet, sada je esencijalna potreba. [1]

Prema normi HRN EN ISO 7730 toplinska ugodnost se definira kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša, a osnovni faktori koju utječu na toplinsku ugodnost jesu:

- temperatura zraka,
- temperatura ploha u prostoriji,
- vlažnost zraka,
- brzina strujanja zraka i intezitet turbulencije,
- razina odjevenosti,
- razina fizičke aktivnosti,
- ostali faktori. [2]

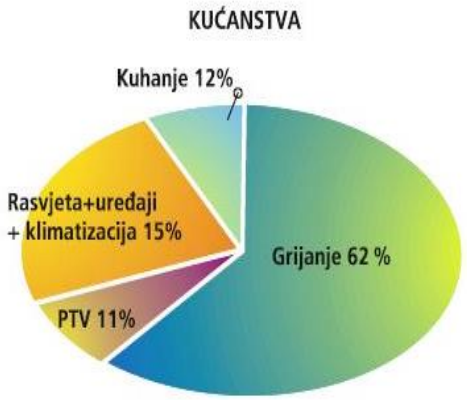
Vidljivo je da na većinu tih faktora možemo utjecati pomoću sustava grijanja, hlađenja i ventilacije, čime se ovaj rad u nastavku bavi.

Sama definicija toplinske ugodnosti kazuje da će se promjenom toplinske ugodnosti promijeniti i zadovoljstvo ljudi, a proučavanje toplinske ugodnosti seže toliko duboko da se sitnim mijenjanjem uvjeta postižu značajne promjene u produktivnosti ljudi pa se i investiranje u kvalitetne termotehničke sustave, osobito u radnom okruženju, itekako isplati.

Osim što je bitno voditi brigu o postizanju visokog stupnja ugodnosti, potrebno je i paziti da sustav koji će to osigurati bude maksimalno učinkovit i što manje štetan po okoliš, te se stoga cilja na smanjenje potrošnje primarne enrgije. Budući je udio potrošnje energije u sektoru zgradarstva u odnosu na ostale sektore iznimno visok potrebno je, osobito u novo projektiranim zgradama, osigurati što manju potrošnju energije u termotehničkim sustavima. To se postiže

izborom visoko učinkovitih izvora toplinskog i rashladnog učina, dobrim toplinskim izoliranjem zgrada te upotrebom što veće količine energije iz obnovljivih izvora energije.

Udio potrošnje energije termotehničkih sustava unutar zgradarstva je iznimno visoka, osobito za potrebe grijanja, kao što to prikazuje Slika 1.



Slika 1. Udio potrošnje energije različitih sustava unutar zgradarstva [3]

Za održavanje visokog stupnja toplinske ugodnosti, uz održavanje ugodne temperature potrebno je paziti i na kvalitetu zraka te je u tu svrhu potrebno ventilirati unutarnji zrak.

1.1. Opis zgrade

Predmet ovog rada je hotel smješten na području grada Dubrovnika. Dimenzije zgrade preuzete su iz arhitektonskih podloga, dok su za vrijednosti koje opisuju toplinska svojstva zgrade uzete maksimalne dopuštene vrijednosti iz "Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama". Zgrada je u prizemlju pravokutnog oblika, dimenzija 19,75 m x 17,65 m te se sastoji od četiri etaže: prizemlje, 1. kat, 2. kat i potkrovlje. Etaže su povezane sigurnosnim stubištem i liftom. U prizemlju se nalaze kuhinja, restoran, recepcija, suvenirnica te popratne prostorije, dok se na katovima nalaze sobe i apartmani u kojima borave gosti. Sve sobe, dnevni boravci i hodnici su grijani i hlađeni ventilokonvektorima, dok su kupaonice isključivo grijane cijevnim radijatorima (kupaonskim ljestvama). Budući se radi o hotelu, kapaciteta 43 osobe, broj korisnika zgrade varira ovisno o mjesecu, te

je prema podacima dobivenim iz sličnih hotela na području grada Dubrovnika predviđeno da će popunjenost hotela biti kako prikazuje Tablica 1.

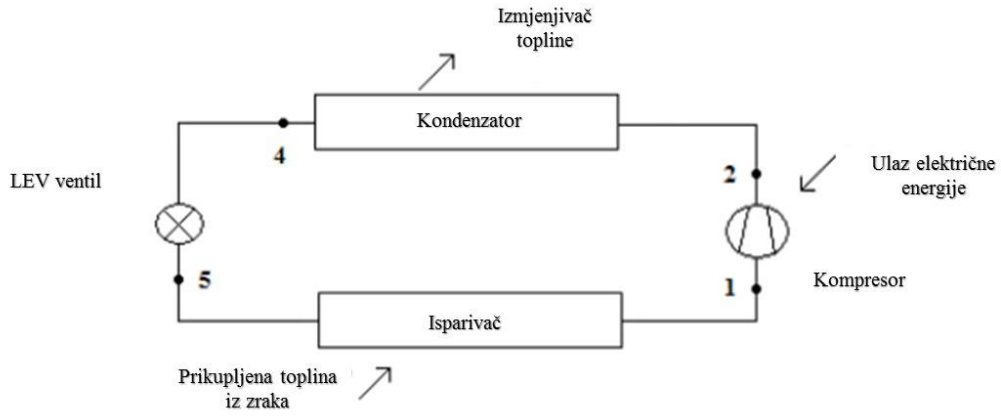
Tablica 1. Pretpostavljena popunjenost hotela, temeljena na stavrnim podacima

Mjesec	Popunjenost [osoba]	Postotak popunjenosti [%]
Siječanj	6	15
Veljača	12	29
Ožujak	13	31
Travanj	18	42
Svibanj	27	63
Lipanj	38	88
Srpanj	41	96
Kolovoz	43	97
Rujan	36	83
Listopad	31	73
Studeni	7	15
Prosinac	8	18

1.2. Djelovi sustava grijanja, hlađenja i ventilacije

1.2.1. Dizalica topline

Dizalica topline je uređaj koji podiže toplinsku energiju s niže na višu razinu. Osnovni princip rada temelji se na ljevokretnom Rainkine-ovom ciklusu između dva toplinska spremnika. Kako dizalica topline može raditi kao ogrjevni i kao rashladni uređaj, sa strane korisnika, uloge toplinskih spremnika se mijenjaju. Zimi koristimo vanjski toplinski spremnik kao ogrjevni toplinski spremnik, a unutarnji kao rashladni, dok je ljeti situacija obrnuta. Shematski prikaz rada dizalice prikazuje *Slika 2*.

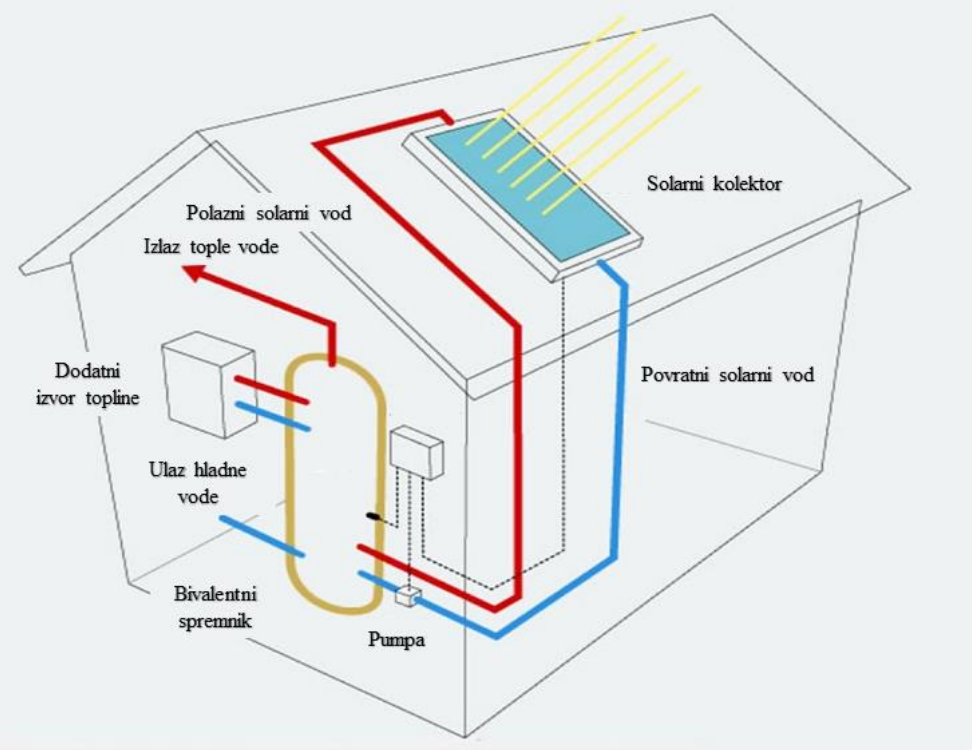


Slika 2. Shematski prikaz dizalice topline zrak-voda

U ovome radu koristi se dizalica topline zrak-voda kod koje se koristi orebreni tip izmjenjivača s prisilnom cirkulacijom zraka zbog malog koeficijenta prijelaza topline na strani zraka. Kod ovakve izvedbe dizalice topline potrebno je uzeti u obzir temperaturu okolišnog zraka za danu lokaciju i paziti na mogućnost stvaranja inja leda na orebrenim sekcijama isparivača.

1.2.2. Solarni kolektor

Solarni kolektor je uređaj koji služi za apsorpciju sunčeve energije koja se pretvara u toplinsku. Njegova najčešća primjena je zagrijavanje vode ili zraka. Solarni kolektori mogu se podijeliti na niskotemperaturne, srednjetemperaturne i visokotemperaturne, također se mogu podijeliti na ravne pločaste i cijevne vakuumske kolektore. Ravni pločasti kolektori imaju vrlo visok koeficijen apsorbcije sunčevog zračenja što rezultira visokim stupnjem iskoristivosti. Ugrađuju se na kose ili ravne krovove te se najčešće koriste zbog prihvatljive cijene. Cijevni vakuumski kolektori imaju vakuumirane cijevi te su im toplinski gubici prema okolini svedeni na minimum. Za razliku od ravnih pločastih kolektora efikasnije apsorbiraju difuzno zračenje, te mogu postići više temperature. *Slika 3.* prikazuje primjer zgrade sa solarnim sustavom s prisilnom cirkulacijom vode te bivalentnim spremnikom potrošne tople vode koji ima priključen i sekundarni izvor topline.



Slika 3. Shema solarnog sustava s prisilnom cirkulacijom tople vode

1.2.3. Ventilokonvektori

Ventilokonvektori su uređaji koji služe za grijanje i hlađenje prostora. U sebi sadrže cijevni izmjenjivač s lamelama unutar kojeg struji voda koja služi kao prijenosnik energije. Ovisno o tome struji li hladna ili topla voda , zrak se hladi ili grije. Ventilatori u konvektorima služe za povećanje učinkovitosti izmjene topline prisilnim strujanjem zraka.

Općenite prednosti ventilokonvektora su:

- širok raspon regulacije protoka vode i zraka u ventilatoru te time i širok raspon regulacije učina,
- mogućnost grijanja i hlađenja,
- mogu raditi na srednjetemperaturnom i visokotemperaturnom režimu, a rijetko i niskotemperaturnom

Općenite mane ventilokonvektora:

- zauzimaju prostor u odnosnu na panelno grijanje
- potrebno čišćenje izmjenjivača

- stvaraju šum (buku)

U ovom radu koriste se kanalni ventilokonvektori čija je prednost mogućnost skrivene ugradnje pod strop ili zid.

1.2.4. Kupaonske ljestve

Kupaonske cijevne ljestve su ogrjevna tijela koja se izvode jednostruko u obliku cijevnih spirala ili kao cijevni registri (baterija paralelno spojenih cijevi). Jednostavne su konstrukcije te im je osnovni mehanizam izmjene topline konvekcija.

1.2.5. Ventilacija

Postupkom ventilacije vrši se izmjena zraka u zatvorenom prostoru dovodom vanjskog i odvodom unutarnjeg zraka.

Ventiliranjem unutarnjeg prosotra postiže se dovođenje vanjskog zraka (kisika) u zatvoreni unutarnji prostor, razrjeđivanje koncentracije zagađivača u zraku, uklanjanje zagađivača iz prostora, uklanjanje topline i vlage iz prosotra i uspostavljanje željene razdiobe zraka unutar prostora.

Osnovni zahtjevi kod projektiranja sustava ventilacije su:

- čist zrak bez mirisa, prašine i ostalih nečistoća
- temperatura i relativna vlažnost u unutarnjem prostoru trebaju zadovoljavati proračunske uvjete prema namjeni i aktivnostima u prostoru
- dobavna struja zraka mora sadržavati udio vanjskog zraka

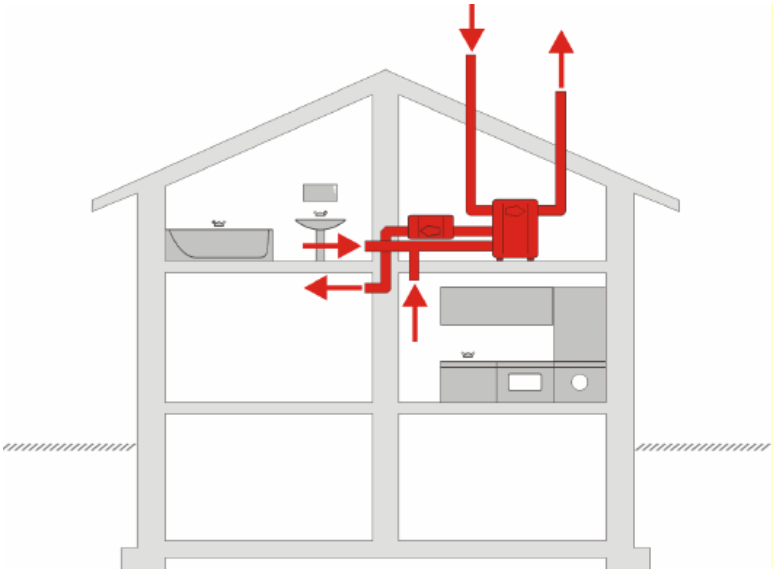
Ventilacija može biti prirodna i mehanička, dok prirodna ventilacija podrazumjeva ventiliranje zraka bez korištenja ventilatora, mehaničkom se smatra prisilna izmjena zraka u zatvorenom prostoru kroz vertikalne kanale na mehanički pogon. Mehanička se ventilacije dijeli na:

- odsisnu – koristi se u prostorijma u kojima želimo postići podtlak, tj. spriječiti širenje neugodnih mirisa iz prostorije, npr. kuhinja, wc, kupaonica…

- tlačnu – koristi se u prostorijama u kojima se duže boravi i u kojima želimo postići pretlak, npr. sobe, učionice…

- odsisno-tlačnu – koristi se za prostorijama gdje je potreban komfor i dobra kvaliteta zraka.

Kombinacijom navedenih mehaničkih ventilacija u određenim prostorijama može se postići pretlak ili podtlak te tako spriječiti širenje ili ulazak neugodnih mirisa, zraka pri vanjskoj temperaturi i slično. Slika 4. prikazuje primjer tlačno-odsisne ventilacije kakvu sadrži i ovaj rad. Vidljivo je da se odsis vrši u prostorijama iz kojih se mogu širiti neugodni mirisi, te se zrak pomoću centralne jedinice i sustava kanala izbacuje izvan zgrade.



Slika 4. Shema tlačno-odsisne ventilacija [2]

1.3.Postupak projektiranja sustava grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme PTV-a

Po dobivenom projektnom zadatku kojim je definiran sustav grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme PTV-a potrebno je poduzeti sljedeće korake:

- proračun projektnog toplinskog opterećenja i projektnog rashladnog opterećenja,
- odabir ogrjevnih i rashladnih tijela,
- odabir izvora ogrjevnog i rashladnog učina, u ovom slučaju dizalice topline,
- dimenzioniranje cjevovoda,
- dimenzioniranje i odabir pumpe, ekspanzijskog sustava i međuspremnika ogrjevnog i rashladnog medija za grijanje,
- proračun potreba PTV-a,

- odabir i dimenzioniranje spremnika PTV-a,
- odabir i dimenzioniranje solarnih kolektora, pumpe i ekspanzijskog sustava,
- odabir dodatnog izvora topline, u ovom slučaju dizalice topline,
- proračun ventilacijskog sustava,
- odabir ventilacijskih jedinica i dimenzioniranje ventilacijskih kanala. [4]

Osim proračuna projekt mora sadržavati i :

- tlocrtnu dispoziciju opreme za grijanje/hlađenje i vodova ogrjevnog medija te cijevi za odvod kondenzata,
- tlocrtnu dispoziciju opreme za ventilaciju i ventilacijskih kanala,
- funkcionalnu shemu spajanja i regulacije sustava.

2. Projektiranje sustava grijanja/hlađenja

2.1. Proračun toplinskog i rashladnog opterećenja

2.1.1. Proračun toplinskog opterećenja

Prvi korak pri projektiranju sustava grijanja jest izračun toplinskog opterećenja pojedinih prostorija zgrade za zimsko razdoblje prema normi HRN EN 12831. Toplinsko opterećenje je definirano kao ogrjevni učin koji je potrebno dovesti prostoriji kako bi se temperatura zraka održala pri vanjskim projektnim uvjetima. Proračun podrazumijeva izračun transmisijskih i ventilacijskih gubitaka te gubitaka usljed intermitentnog načina rada.

Proračun se vrši prema formulama koje slijede u nastavku.

Izraz za potrebno toplinsko opterećenje zgrade

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

gdje je:

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

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

$\sum \Phi_{RH,i}$ – suma toplinskih tokova za zagrijavanje svih prostorija zbog prekida grijanja $[\mathrm{W}]$

.

Transmisijski toplinski gubici pojedine prostorije određuju se prema izrazu

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\mathrm{int},i} - \theta_e) \quad [\mathrm{W}], \qquad (2)$$

gdje je:

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

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

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

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

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

θ_e – vanjska projektna temperatura $[\mathrm{°C}]$.

Gubici prema vanjskom okolišu nastaju zbog razlika u temeperaturi vanjske projektne temperature (za Dubrovnik -2°C) i temperature zraka prostorije koju želimo održavati grijanjem.

$$H_{T,ie} = \sum A_k U_k e_k + \sum \Psi_l l_l e_l \qquad [\mathrm{W/K}] \quad (3)$$

gdje je :

A_k – površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi toplina $[\mathrm{m^2}]$,

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

U_k – koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k" $[\mathrm{W/m^2 \cdot K}]$,

l_l – dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije $[\mathrm{m}]$,

Ψ_l – linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l" $[\mathrm{W/m \cdot K}]$.

U pojedinim zgradama postoje prostori koje nije potrebno grijati, samim time će negrijana prostorija imati nižu temperaturu te će se uspostaviti toplinski tok iz grijane u negrijanu prostoriju koji predstavlja gubitak jer je promatrani sustav grijana prostorija. Izraz za koeficijent transmisijskih gubitaka prema negrijanim prostorima glasi:

$$H_{T,iue} = \sum A_k U_k b_u + \sum \Psi_l l_l b_u \qquad [\mathrm{W/K}] \quad (4)$$

Gornji izraz se razlikuje od izraza za toplinske gubitke samo zbog faktora b_u.

b_u – faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperature.

Ako je poznata temperatura negrijanog prostora, faktor b_u se računa prema sljedećem izrazu:

$$b_u = \frac{\theta_{\mathrm{int},i} - \theta_u}{\theta_{\mathrm{int},i} - \theta_e} \qquad [-] \qquad (5)$$

Ako nije poznat faktor smanjenja temperaturne razlike, iščitava se iz tablice koja je dana normom HRN EN 12831. Te vrijednosti su određene s obzirom na broj graničnih ploha (zidova i vrata/prozora) koje promatrana prostorija ima. Važnu ulogu kod određivanja faktora smanjenja temperaturne razlike ima i tip odnosno svrha negrijanog prostora. Također treba napomenuti da se nazivnik ($\theta_{\mathrm{int},i} - \theta_e$) krati prilikom uvrštavanja koeficijenata transmisijskih gubitaka kroz negrijane prostore u jednadžbu (2) te preostaje samo brojnik ($\theta_{\mathrm{int},i} - \theta_u$) koji prikazuje stvarnu temperaturnu razliku prostorija između kojih i određujemo gubitke. Iz toga se da zaključiti kako faktor b_u olakšava prikaz ovako postavljenih jednadžbi toplinskih gubitaka.

Transmisijski gubitci prema tlu računaju se prema jednadžbi

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} \cdot \left(\sum A_k U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \qquad [\mathrm{W/K}], \qquad (6)$$

gdje je :

f_{g1} – korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature (predložena vrijednost =1.45),

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

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \qquad [-], \tag{7}$$

$U_{equiv,k}$ – ekvivalentni koef. prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda $\left[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}\right]$,

G_w – korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode, za udaljenost poda do vode (≤1m uzeti 1.15; inače =1.00).

Gubici topline prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu računaju se prema sljedećoj jednadžbi

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} A_k U_k \qquad [\text{W/K}], \tag{8}$$

gdje faktor f_{ij} koji predstavlja smanjenje temperaturne razlike uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature prema izrazu:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{ads}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \qquad [-]. \tag{9}$$

Ventilacijski toplinski gubitci pojedine prostorije određuju se prema sljedećem izrazu

$$\Phi_{\text{V},i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \qquad [\text{W}], \tag{10}$$

gdje je :

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

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

θ_e – vanjska projektna temperatura $[°\text{C}]$.

Koficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka računa se prema izrazu

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p = V_i \cdot 0{,}34 \qquad [\mathrm{W/K}], \tag{11}$$

gdje je *Vi* protok vanjskog zraka u grijani prostor $\left[\mathrm{m^3/h}\right]$. Protok zraka ovisi prvenstveno o tome je li to prostorija sa sustavom mehaničke ventilacije ili ne.

Nakon prekida grijanja potrebna je dodatna toplina kako bi ponovno postigli projektnu temperaturu prostorije koja se snizi u periodu prekida grijanja. Toplina zagrijavanja ovisi o:

- toplinskom kapacitetu građevnih elemenata,
- vremenu zagrijavanja,
- temperaturnom padu tijekom prekida grijanja,
- svojstvima sustava regulacije

te se određuje izrazom:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \qquad [\mathrm{W}] \tag{12},$$

gdje je:

A_i – površina poda grijanog prostora sa ½ debljine zidova $\left[\mathrm{m^2}\right]$,

f_{RH} – korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida $\left[\mathrm{W/m^2}\right]$.

Tablica 2. prikazuje rezultate proračuna toplinskih gubitaka za sobu 18. u potkrovlju.

Tablica 2. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja - soba 18.

Soba18					
Građevinski element	A [m^2]	U [W/m^2K]	ϑe [°C]	ϑint [°C]	ΦT,i [W]
Vanjski zid	9,1	0,3	-2	20	60
Prozor	1,8	1,6	-2	20	63
Strop	16,0	0,25	-2	20	88
$\Phi_{T,i}$ [W]	**211**				

H [m]	3,0
V [m^3/s]	0,00656
n	0,5
$\Phi_{V,i}$ [W]	**174**
f_{RH} [W/m^2]	5,0
$\Phi_{RH,i}$ [W]	**80**
Projektno toplinsko opterećenje, $\Phi_{HL,i}$ [W]	**465**

2.1.2. Proračun rashladnog opterećenja

U ljetnom razdoblju potrebno je izračunati projektno toplinsko opterećenje prema normi VDI 2078 koja podrazumijeva izračun transmisijskih toplinskih dobitaka, dobitaka usljed ventilacije te solarnih i unutarnih toplinskih dobitaka. Proračun za ovaj rad je učinjen uz korištenje programa IntegraCAD.

Izvori topline, prema normi VDI 2078 dijele se na dvije vrste:

- Unutrašnji izvori topline – dobici od ljudi, strojeva, susjednih prostorija, rasvjete i sl.
- Vanjski izvori topline – dobici kroz vanjske zidove i staklene plohe transmisijom i zračenjem

Unutrašnji izvor topline čini zbroj svih dobitaka kojima je izvor u unutrašnjosti prostorije te se računa prema sljedećoj jednadžbi:

$$Q_i = Q_P + Q_B + Q_M + Q_R + Q_G + Q_C \; [W] \quad (13),$$

gdje je:

Q_i – ukupni unutrašnji toplinski dobici [W],

Q_P – toplina koju predaju ljudi [W],

Q_B – dobitak topline od rasvjete [W],

Q_M – toplina koju odaju različiti strojevi [W],

Q_R – dobitak topline od susjednih prostorija [W],

Q_G – dobitak/gubitak topline od predmeta koji prolaze kroz prostoriju [W],

Q_C – ostali dobitci topline [W].

Za sve navedene dobitke potrebno je poznavati snagu uređaja, temperature okolnih prostorija, broj ljudi koji redovito boravi u prostoriju te razina njihove fizičke aktivnosti ili instaliranu snagu rasvjete. Ti podaci uglavnom su dani tablično te su funkcija temperature ili instalirane snage.

Vanjske izvore topline uzrokuje sunce te ih se opisuje sljedećom formulom:

$$Q_A = Q_W + Q_F = Q_W + (Q_T + Q_S)\ [W] \qquad (14),$$

gdje je:

Q_A – Ukupni vanjski toplinski dobici [W],

Q_W – dobitak topline transmisijom kroz zidove [W],

Q_F – dobitak topline kroz staklene površine (prozore) [W],

Q_T – dobitak topline kroz staklene površine (prozore) transmisijom [W],

Q_S – dobitak topline kroz staklene površine (prozore) zračenjem [W].

$$Q_W = A \times U \times (\theta_e - \theta_{int})\ [W] \qquad (15),$$

gdje je:

A – površina plohe [m^2],

U – koeficijent prolaza topline [$W/(m^2 \times K)$],

Θ_e – vanjska projektna temperatura [°C],

Θ_{int} – unutarnja projektna temperatura [°C].

Vanjska projektna temperatura u Dubrovniku iznosi 33°C, a unutarnja projektna temperatura

je 26°C. Dobitak topline kroz staklene površine transmisijom računamo prema izrazu

$$Q_T = A \times U \times (\theta_e - \theta_{int})\ [W] \qquad (16)$$

Svi članovi jednadžbe su isti kao kod transmisijskih gubitaka kroz zid, no koeficijent prolaska topline kroz staklenu površinu dosta su veći nego kroz zid. Dobitak topline kroz staklene površine zračenjem računamo prema izrazu

$$Q_s = I_{max} \times A_s \times b + I_{dif,max} \times A_{sjena} \times b\ [W] \qquad (17),$$

gdje je:

I_{max} – maksimalna vrijednost ukupnog sunčevog zračenja [W/m^2],

A_s – osunčana površina stakla [m^2],

$I_{dif,max}$ – maksimalna vrijednost difuznog sunčevog zračenja [W/m^2],

A_{sjena} – zasjenjena površina stakla [m^2],

b – koeficijent propusnosti sunčevog zračenja [-].

Rezultate proračuna toplinskog i rashladnog opterećenja po pojedinoj prostoriji prikazuje *Tablica 3*.

.

Tablica 3. Rezultati proračuna toplinskog i rashladnog opterećenja

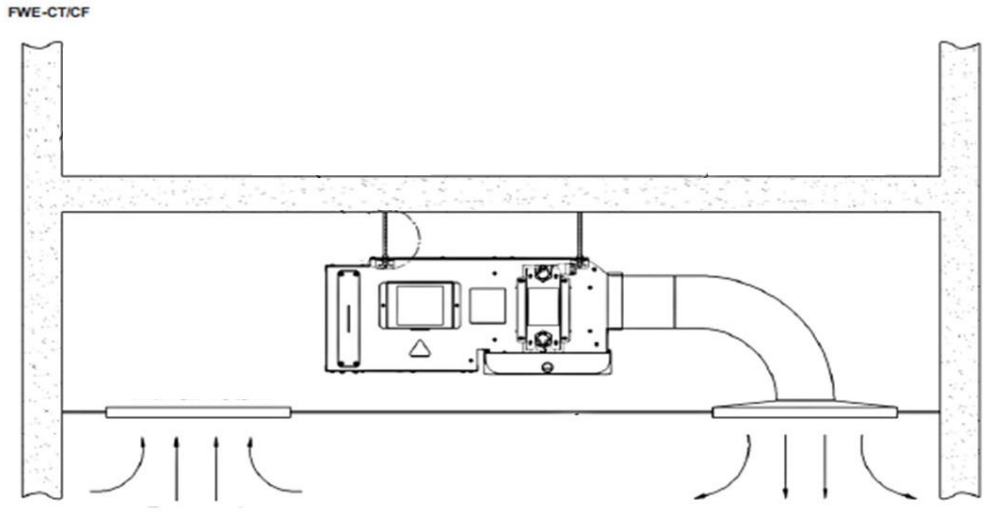
Naziv prostorije	**$\Phi_{T,i}$ [W]**	**$\Phi_{V,i}$ [W]**	**$\Phi_{RH,i}$ [W]**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**	**Φ_{CL} [W]**
Restoran	3995	3949	1440	9.384	14.446
Kuhinja	1.702	1.360	496	3.558	8.256
WC - gosti	185	90	50	325	120
Tehnika	132	103	90	531	1.724
Sanitarije – osoblje	404	122	117	643	663
Ured	235	95	83	413	714
Apartman 1 - soba	307	113	44	464	1.047
Apartman 1 - boravak	206	175	68	449	536
Apartman 1 - wc	250	175	54	479	730
Apartman 2 – soba	307	113	44	464	924
Apartman 2 – boravak	206	175	68	494	951
Apartman 2 – wc	250	175	54	479	719
Soba 3	140	170	66	375	427
Soba 3 - wc	143	128	18	289	2.105
Soba 4	437	175	78	690	163
Soba 4 - wc	64	131	18	213	1.576
Soba 5	263	187	73	523	162
Soba 5 – wc	31	128	18	177	1.576
Soba 6	263	187	73	523	162
Soba 6 - wc	31	128	18	177	1.520
Soba 7	406	185	72	663	158
Soba 7 – wc	62	131	20	213	854
Soba 8	150	131	52	335	685

Soba 8 - wc	148	105	15	268	-
Hodnik 1	251	439	188	879	1.047
Apartman 9 – soba	386	121	44	551	536
Apartman 9 – boravak	193	188	68	449	730
Apartman 9 – wc	305	188	54	574	924
Apartman 10 – soba	386	121	44	551	951
Apartman 10 – boravak	193	188	68	449	719
Apartman 10 – wc	305	188	54	547	655
Soba 11	140	182	66	388	427
Soba 11 – wc	134	138	18	289	1.520
Soba 12	467	188	78	722	163
Soba 12 – wc	54	141	18	213	1.615
Soba 13	249	201	73	523	162
Soba 13 – wc	22	138	18	177	1.615
Soba 14	249	201	73	523	162
Soba 14 – wc	22	138	18	177	1.520
Soba 15	475	199	72	745	158
Soba 15 – wc	54	141	20	213	854
Soba 16	140	143	52	335	685
Soba 16 – wc	141	113	15	268	-
Hodnik 2	219	471	188	879	724
Soba 17	370	150	80	599	502
Soba 17 – wc	142	91	41	274	623
Soba 18	211	174	80	465	323
Soba 18 – wc	168	131	41	340	566
Soba 19	288	97	52	437	188

Soba 19 – wc	76	89	40	204	1.499
Soba 20	411	180	70	661	151
Soba 20 – wc	57	131	18	206	1.499
Soba 21	411	180	70	661	151
Soba 21 – wc	57	131	18	206	777
Soba 22	288	97	52	437	188
Soba 22 – wc	76	89	40	204	782
Soba 23	173	131	41	344	489
Soba 23 – wc	486	309	120	296	824
Soba 24	370	150	80	599	291
Soba 24 – wc	142	91	41	274	1.890
Hodnik 3	486	309	120	915	-

2.2. Odabir ogrjevnih/rashladnih tijela

Za ogrjevna tijela izabrani su kanalni, odnostno ugradbeni ventilokonvektori koji su čest izbor u hotelskim sobama. Najveća prednost takvih ventilokonvektora je ta što nisu vidljivi i ne zauzimaju koristan prostor budući se ugrađuju podstropno. Primjer ugradnje takvih ventilokonvektora prikazuje Slika 5.



Slika 5. Primjer ugradnje kanalnog ventilokonvektora [5]

Od strane firme Daikin, a prema toplinskom opterećenju prostorija hotela, predloženi su sljedeći kanalni ventilokonvektori:

- FWE02CT; ogrijevni učin = 1,83 kW, rashladni učin = 1,60 kW, pad tlaka je 1,83 kPa pri hlađenju, odnosno 7,7 kPa pri grijanju. Protok vode kao radnog medija u ventilokonvektoru pri grijanju i hlađenju je 4,58 l/min
- FWE03CT; ogrijevni učin = 2,89 kW, rashladni učin = 2,45 kW, pad tlaka je 2,89 kPa pri hlađenju, odnosno 6,2 kPa pri grijanju. Protok vode kao radnog medija u ventilokonvektoru pri grijanju i hlađenju je 7,01 l/min
- FWE06CT; ogrijevni učin = 4,69 kW, rashladni učin = 4,56 kW, pad tlaka je 4,69 kPa pri hlađenju, odnosno 24,2 kPa pri grijanju. Protok vode kao radnog medija u ventilokonvektoriu pri grijanju i hlađenju je 13,04 l/min

Osim ventilokonvektora za ogrjevna tijela koriste se i cijevni radijatori. Radi se o Viessmann 1186/600 koji pri temperaturnom režimu 45/40 °C imaju ogrijevni učin od 190W.

Tablica 4. prikazuje izbor ogrjevnih i rashladnih tijela po prostoriji te ukupni ogrijevni i rashladni učin u hotelu.

Tablica 4. Izbor ogrjevnih/rashladnih tijela po prostoriji i njihov učin

Naziv prostorije	Oznaka ogrijevnog tijela	Broj komada	Ogrijevni učin [kW]	Rashladni učin [kW]
Tehnika	FWE02CT	1	1,83	1,6
Kuhinja	FWE06CT	2	9,38	9,12
Restoran	FWE06CT	4	18,76	18,24
Ured	FWE02CT	1	1,83	1,6
Ured – wc	1186/600	2	0,381	-
Apartman 1 – soba	FWE02CT	1	1,83	1,6
Apartman 1 – boravak	FWE02CT	1	1,83	1,6
Apartman 1- wc	1186/600	2	0,1905	-
Apartman 2– soba	FWE02CT	1	1,83	1,6

Apartman 2 – boravak	FWE02CT	1	1,83	1,6
Apartman 2- wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 3	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 3 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 4	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 4 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 5	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 5 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 6	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 6 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 7	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 7 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 8	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 8 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Hodnik 1	FWE03CT	1	2,89	2,45
Apartman 9 – soba	FWE02CT	1	1,83	1,6
Apartman 9 – boravak	FWE02CT	1	1,83	1,6
Apartman 9- wc	1186/600	2	0,1905	-
Apartman 10– soba	FWE02CT	1	1,83	1,6
Apartman 10 – boravak	FWE02CT	1	1,83	1,6
Apartman 10- wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 11	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 11 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 12	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 12 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 13	FWE02CT	1	1,83	1,6

Soba 13 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 14	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 14 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 15	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 15 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 16	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 16 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Hodnik 2	FWE03CT	1	2,89	2,45
Soba 17	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 17 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 18	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 18 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 19	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 19 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 20	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 20 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 21	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 22 – wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 23	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 23– wc	1186/600	1	0,1905	-
Soba 24	FWE02CT	1	1,83	1,6
Soba 24– wc	1186/600	1	0,1905	-
Hodnik 3	FWE03CT	1	2,89	2,45

2.3. Odabir izvora ogrjevnog/rashladnog učina

Prema dobivenom ogrjevnom i rashladnom učinu koje je potrebno raspodijeliti po cijelom hotelu odabiremo dizalice topline. Prijedlog firme Daikin je da se umjesto jedne dizalice većeg kapaciteta odaberu dvije dizalice manjeg kapaciteta kako bi u slučaju kvara jedne dizalice druga nastavila nesmetano raditi te se tako osiguralo grijanje i hlađenje hotela u slučaju kvara. Prema prijedlogu su odabrane dvije dizalice topline i to:

- EWYQ040CWP; ogrijevni učin = 41,69 kW, rashladni učin = 42,31 kW, radni medij je R410A, protok vode inosi oko 120 l/min te uz taj protok integrirana pumpa ima visinu dobave od oko 270 kPa.
- *Tablica 5.* prikazuje još nek podatke o dizalici za režim grijanja 45/40 °C i vanjsku temperaturu zraka -2°C, odnosno režim hlađenja 7/12°C i vanjsku temperaturu zraka 35°C.

Tablica 5. Tehnički podaci - EWYQ040CWP

EER	2,79
COP	3,06
Ulazna snaga pri hlađenju	15,1 kW
Ulazna snaga pri grijanju	13,7 kW
Dimenzije	1860 mm x 2377 mm x 838 mm
Masa	45 kg
Tip ventilatora	Aksijalni

- EWYQ050CWP; ogrijevni učin = 50,1 kW, rashladni učin = 50,7 kW, radni medij je R410A, protok vode iznosi 144 l/min te uz taj protok integrirana pumpa ima visinu dobave od oko 250 kPa. Tablica 6. prikazuje još nek podatke o dizalici za režim grijanja 45/40 °C i vanjsku temperaturu zraka -2°C, odnosno režim hlađenja 7/12°C i vanjsku temperaturu zraka 35°C.

Tablica 6. Tehinčki podaci - EWYQ050CWP

EER	2,63
COP	32,87
Ulazna snaga pri hlađenju	19,2 kW
Ulazna snaga pri grijanju	17,5 kW
Dimenzije	1860 mm x 2377 mm x 838 mm
Masa	45 kg
Tip ventilatora	Aksijalni

Slika 6. prikazuje dizalicu topline EWYQ050CWP.



Slika 6. Dizalica topline EWYQ050CWP [6]

Kako bi se kompenzirale nagle promjene toplinskog ili rashladnog opterećenja, odnosno potreba za ogrjevnim/rashladnim učinom potrebno je dimenzionirati i odabrati međuspremnik Međuspremnik se koristi kako bi se akumuliranjem toplinske energije olakšalo pokrivanje vršnih opterećenja te osigurao minimalan protok fluida u dizalici topline. Prema procijeni od 5-20 l/kw i učinu od oko 93 kW odabran je međuspremnik kapaciteta VPS 800/3-7 nazivnog volumena 778 l. Tehničke karakteristike spremnika prikazuje Tablica 7.

Tablica 7. Tehničke karakteristike - VPS 800/3-7

Razred energetske učinkovitosti	B
Stalni gubici	97 W
Volumen spremnika	778 l
Vanjski promjer s izolacijom	1070 mm
Visina spremnika uključujući izolaciju	1944 mm
Masa praznog spremnika	130 kg
Masa u pogonskom stanju	908 kg

2.4. Hidraulički proračun cijevovoda

Kako bismo odabrali pumpu koja će ogrjevni medij potiskivati do ogrjevnih tijela potrebno je dimenzionirati cijevi. Dimenzioniranje i proračun se vrši po dionicama koje se dijele s obzirom na ogrjevni učin koji kroz cijevi dolazi do ogrjevnih tijela. Prilikom proračuna je pretpostavljeno da nema toplinskih gubitaka u cijevima, a za cijevi se koriste bakrene ili čelične cijevi.

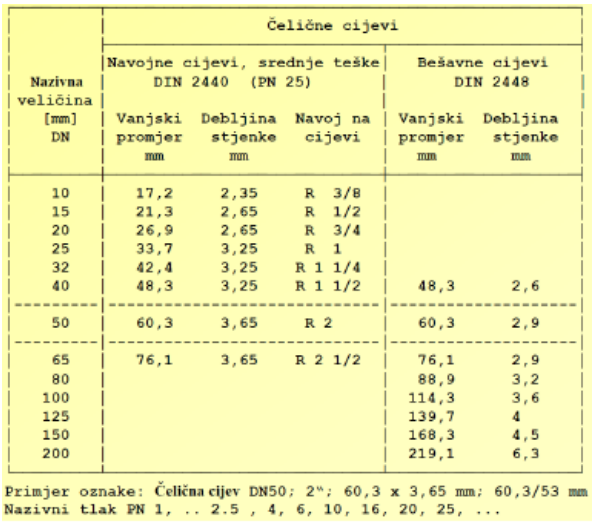
Proračun se vrši prema sljedećim točkama:

- podjela sustava po dionicama s obzirom na protok medija, u svakoj dionici protok medija je konstantan,
- određivanje toplinskog učina i protoka svake dionice za period grijanja i period hlađenja,
- odabir promjera cijevi za dionicu iz normiranih promjera koje prikazuju Slika 7. I Slika 8.,
- određivanje jediničnog pada tlaka R iz tablice.

Nazivna veličina [mm] DN	Bakrene cijevi Lemljene cijevi DIN 1786 Vanjski promjer mm	Debljina stjenke mm
10	12	1
12	15	1
15	18	1
20	22	1
25	28	1,5
32	35	1,5
40	42	1,5
50	54	2

Primjer oznake: Bakrena cijev Cu Ø 18 x 1 mm

Slika 7. Normirane bakrene cijevi za grijanje



Nazivna veličina [mm] DN	Čelične cijevi: Navojne cijevi, srednje teške DIN 2440 (PN 25) – Vanjski promjer mm	Debljina stjenke mm	Navoj na cijevi	Bešavne cijevi DIN 2448 – Vanjski promjer mm	Debljina stjenke mm
10	17,2	2,35	R 3/8		
15	21,3	2,65	R 1/2		
20	26,9	2,65	R 3/4		
25	33,7	3,25	R 1		
32	42,4	3,25	R 1 1/4		
40	48,3	3,25	R 1 1/2	48,3	2,6
50	60,3	3,65	R 2	60,3	2,9
65	76,1	3,65	R 2 1/2	76,1	2,9
80				88,9	3,2
100				114,3	3,6
125				139,7	4
150				168,3	4,5
200				219,1	6,3

Primjer oznake: Čelična cijev DN50; 2"; 60,3 x 3,65 mm; 60,3/53 mm
Nazivni tlak PN 1, .. 2.5 , 4, 6, 10, 16, 20, 25, ...

Slika 8. Normirane čelične cijevi za grijanje

Hidraulički proračun za ovaj rad proveden je u programu Microsoft Excel, a primjer proračuna prikazuje Tablica 8.

Tablica 8. Izvadak iz hidrauličkog proračuna cijevi

DIONICA	Lokacija ventilokonvektora	tu [°C]	Q [W]	Δq [K]	cp,w [kJ/kgK]	ρ [kg/m^3]	V [l/s]	mcw [W/°C]	d [mm]	A [m^2]	v [m/s]	DN	R [Pa/m]
D1	soba 24	20	1830	5	4,179	992	0,0884	91,5	21,25	0,00036	0,25	20	50
		26	1600	5	4,193	1000	0,07634	61,5	21,25	0,00036	0,22	20	33

Nakon što su odabrane dimenzije cijevi potrebno je dimenzionirati i odabrati pumpu i ekspanzijski sustav.

2.5. Dimenzioniranje i odabir pumpe

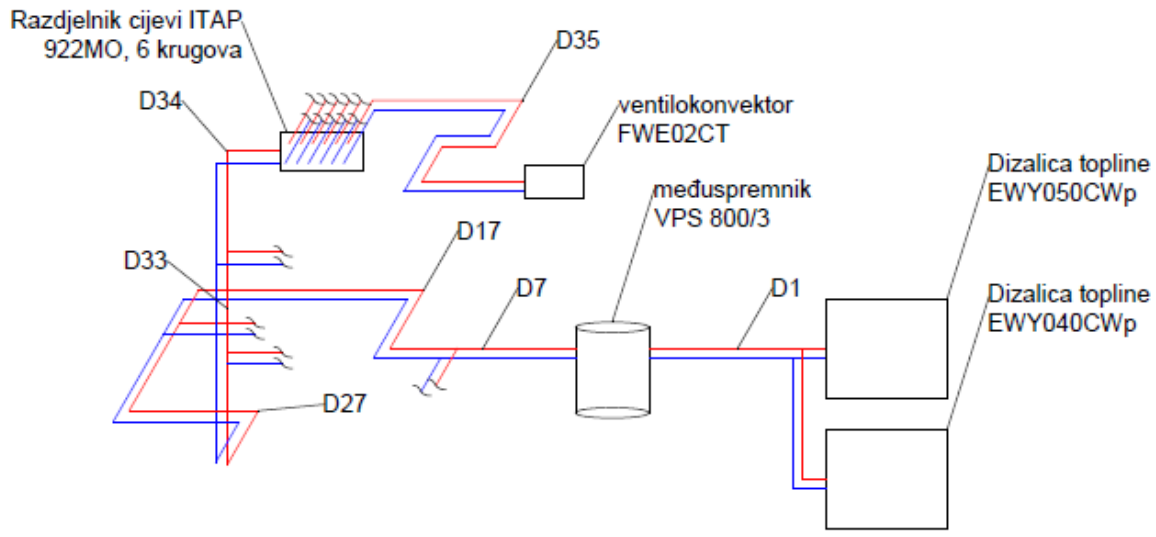
Kako bi svako ogrjevno tijelo moglo odavati predviđenu toplinu bitno je da kritično ogrjevno tijelo dobije potreban protok za rad. Stoga je potrebno izračunati pad tlaka u sustavu od početka, tj. dizalice topline, do najčešće najudaljenijeg ogrijevnog tijela. Proračun prikazije Tablica 9. i vrši se prema sljedećim točkama:

- određivanje koeficijenata lokalnih otpora u dionici te izračun lokalnih otpora
- određivanje duljine pojedinih dionica
- izračun linijskog pada tlaka

Tablica 9. Izvadak iz proračuna pada tlaka na kritičnoj dionici

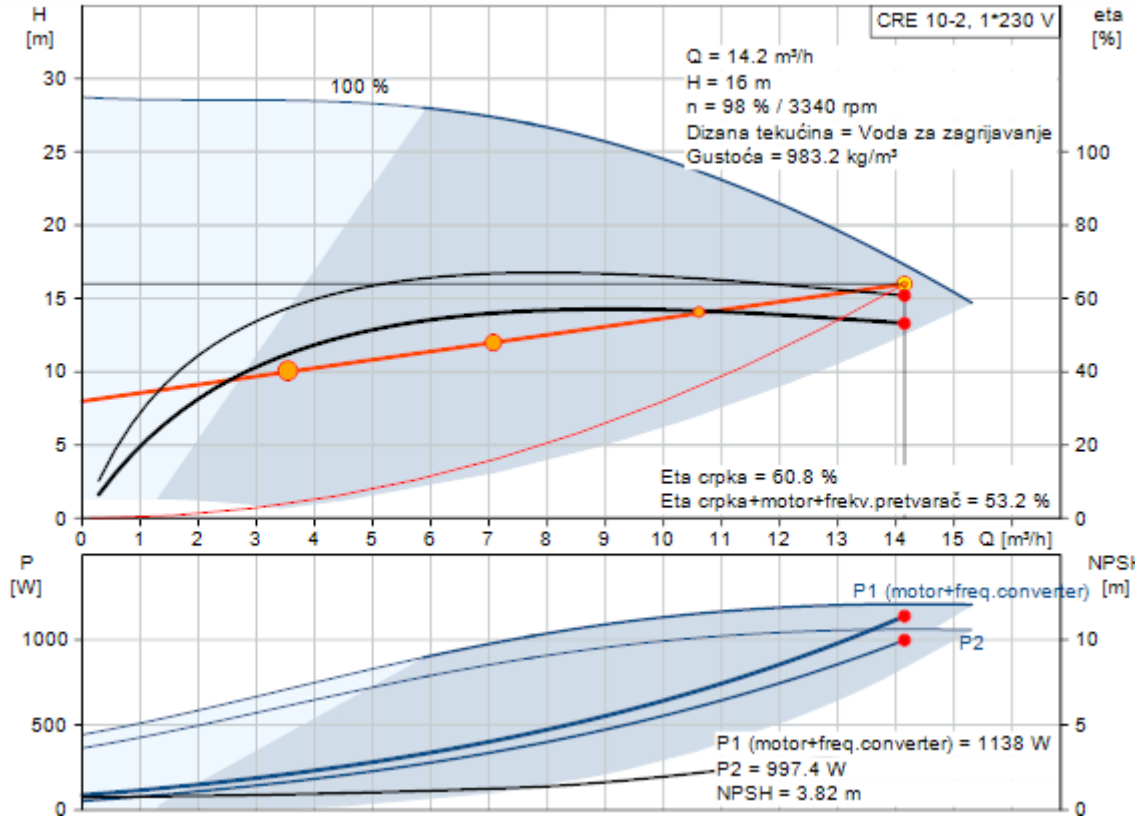
Dionica	**Duljina dionice [m]**	**Toplina [W]**	**R [Pa/m]**	**R*L [Pa]**	**Σ ξ**	**ρ [kg/m^3]**	**v [m/s]**	**Z**	**R×L + Z [Pa]**
D1	32	1830	50	1600	7	991,18	0,249	215	1815
D7	8	6060	33	264	4	991,18	0,291	169	432
D17	6,6	14140	24	158	4	991,18	0,328	213	371
D27	6,6	22220	60	396	4	991,18	0,515	526	921
D33	36	40980	45	1620	5	991,18	0,514	655	2275
D34	38	66140	100	3800	7	991,18	0,830	2389	6189
D35	4	96650	90	360	5	991,18	0,873	1888,47	2248
						SUMA			14253
			Pad tlaka u VK						7700
			Pad tlaka u ventilima i razdjelniku						22000
			Ukupan pad tlaka						**43953**

Slika 9. Prikazuje pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice prema kojoj je dimenzionirana pumpa.



Slika 9. Pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice

Potreban protok vode koji pumpa treba ostvariti je 14,2 m^3/h, a pad tlaka iznosi 44 kPa te je unosom tih vrijednosti u online aplikaciji firme Grundfos predložena pumpa Grundfos CRE10-2. Slika 10. prikazuje karakteristiku i radnu točku pumpe.



Slika 10. Karakteristika i radna točka pumpe CRE10-2 [7]

Pumpa je višebrzinska, centrifugalna crpka s usisnim i ispusnim priključkom na istoj razini. Promjenom brzine vrtnje pumpa može raditi u četiri različita stupnja te time može mijenjati radnu točku pri konstantnom tlaku. Slika 11. prikazuje odabranu pumpu.



Slika 11. Pumpa CRE10-2 [7]

2.6. Dimenzioniranje i odabir ekspanzijskog sustava

Da bi se tlak u sustavu održao unutar zadanih granica, što podrazumjeva održavanje minimalno potrebnog tlaka, ali i sprječavanje prekoračenja najvećeg dozvoljenog pretlaka potrebno je u sustav ugraditi i ekspanzijsku posudu. Uslijed promjene temperature vode u sustavu dolazi do promjene volumena vode koji preuzima ekspanzijska posuda, ali on također osigurava da ne dođe do manjka ogrjevnog medija tijekom pogona sustava putem dodatne zalihe vode.

Proračun ekspanzijske posude se odvija prema sljedećoj jednadžbi:

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) \times \frac{p_e+1}{p_e-p_0} \; [l] \qquad (18),$$

gdje je:

$V_{n,min}$ – minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude [l],

V_e – Volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode [l],

V_v – dodatni volume,

p_e – projektni krajnji tlak,

p_0 – primarni tlak ekspanzijske posude,

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} \quad [l] \qquad (19),$$

gdje je:

V_A – volumen vode u sustavu,

n – postotak širenja (tablični podatak).

Provedbom navedenog proračuna dobiven je minimalni volumen ekspanzijske posude i iznosi 114,75 litara. Odabrana je posuda Gitral MB 150, 3/4“ volumena 150 litara koju prikazuje Slika 12.



Slika 12. Ekspanzijska posuda Gitral MB150 [8]

Detaljnije podatke o posudi prikazuje Slika 13.

Code Article	Reference	Capacité Capacity (litre)	Hauteur - Total height (mm) Dimensions hors tout Overall dimensions	Diamètre Diameter (mm)	Raccord Water connection (male)	Pression gonflage Standard setting precharge pressure
1300008007	MB80	80	608	450	3/4"	1,5
1300010506	MB105	105	665	500	3/4"	2
1300015006	MB150	150	897	500	3/4"	2
1300020007	MB200	200	812	600	3/4"	2,5

Slika 13. Podaci o posudi Gitral MB150 [8]

3. Projektiranje sustava pripreme potrošne tople vode

Za zagrijavanje potrošne tople vode predviđen je sustav s dva bivalentna spremnika budući su solarni kolektori smješteni na dvije različte strane krova te je potrebno cijevi iz svakog solarnog polja provući zasebno, a samim time i priključiti ih na zasebne spremnike. Svaki bivalentni spremnik ima tri izmjenjivača. Prvi izmjenjivač služi za zagrijavanje pomoću solarnih kolektora, drugi izmjenjivač za zagrijavanje pomoću dizalice topline zrak-voda, a u treći izmjenjivač se priključuje kalorifer koji služi za izmjenu topline s vanjskim zrakom u slučaju pregrijavanja spremika, odnosno solarnih kolektora. U slučaju da se voda ne može dovoljno zagrijati pomoću kolektora i potreban je dodatan izvor topline, regulacijskim sustavom pali se dizalica topline te grije prvi spremnik. Ukoliko je potrebno zagrijati i drugi spremnik, nakon što se zagrije prvi, elektromagnetnim troputnim ventilom mijenja se smjer tople vode iz dizalice i ide prema izmjenjivaču drugog spremnika. Nakon što se ugrije i drugi spremnik dizalica topline se gasi.

3.1. Dimenzioniranje bivalentnih spremnika i dizalice topline

Predviđeno je da bivalentni spremnici imaju kapacitet nešto veći od dnevne potrošnje PTV-a temperature 65 °C. Pretpostavka je da će gosti hotela dnevno trošiti maksimalno 60 l/osoba PTV-a, a znajući da je maksimalan kapacitet hotela 43 osobe jednostavnim je računom dobivena maksimalna potrošnja PTV-a od 2580 l. Stoga je uzet kapacitet bivalentnih spremnika od 3000 l, što bi značilo dva bivalentna spremnika od po 1500 l.

Dnevna potrebna toplina za zagrijavanje PTV-a računa se prema izrazu:

$$Q_W = V_{PTV} \times \rho_W \times c_W \times (t_{PTV} - t_{HV}) \quad [\text{kWh/dan}] \qquad (20),$$

gdje je:

Q_w – dnevna potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a [kWh/dan],

V_{PTV} – pretpostavljena dnevna potrošnja potrošne tople vode na temperature od 65 °C,

ρ_W – gustoća vode, 1000 kg/m3,

c_W – specificni toplinski kapacitet vode, 4,187 [kJ/kgK],

t_{PTV} – temperatura potrošne tople vode, [65 °C],

t_{HV} – temperature hladne vode, [65 °C].

Prema izračunu, potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a iznosi 150 kWh/dan. Prema Hrvatskom tehničkom izvještaju HRI CEN/TR 12831-3 maksimalni udio potrošnje PTV-a jest u 8 sati ujutro i iznosi 9%. U slučaju da je hotel pun, vrijeme oblačno, tj. PTV se uopće ne grije pomoću solara, potrebna je dizalica topline koja će potpuno preuzeti grijanje PTV-a. Prema navedenim podacima, a uz faktor sigurnost 1,2 potrebna je dizalica topline ogrjevnog učina 16kW.

Predložena je visokotemperaturna dizalica topline ERRQ016AY1, proizvođača Daikin, a tehničke karakteristike dizalice topline prikazuje Tablica 10.

Tablica 10. Tehničke karakteristike - ERRQ016AY1

Nominalni ogrjevni učin	16 kW
Ulazna snaga	6,65 kW
COP	2,41
Dimenzije	1345mm X 900mm X 320 mm
Temperaturni režim	65/55°C
Masa	120 kg
Radna tvar	R-410A
Protok	22,9 l/min

Odabrana dizalica topline sastoji se od vanjske i unutarnje jedinice kao što prikazuje Slika 14.



Slika 14. Dizalica topline ERRQ016AY1 [6]

3.2. Dimenzioniranje i odabir solarnih kolektora

Budući je samo manji dio krova okrenut na jug potrebno je solare podijeliti u dva polja. Na južnu stranu krova postavlja se maksimalan broj kolektora, tj. 7, a ostali kolektori se postavljaju na zapadnu stranu. Pomoću norme HRN EN 15316-4-3 u programu Microsoft Excel proračunat jr optimalan broj kolektora na zapadnoj strani, no prije toga je bilo potrebno odabrati tip solarnih kolektora. Uvidom u široki spektar pločastih solarnih kolektora na tržištu odabrani su solarni kolektori proizvođača Vaillant, tip VFK 145 H. Solarni kolektori povezuju se paralelno i smješteni su pod kutem od 20° na jugu, odnosno 25° na zapadu. Tablica 11. prikazuje tehničke karakteristike kolektora

Tablica 11. Tehničke karakteristike - VFK 145H

Površina apsorbera	2,35 m^2
Ukupna površina	2,51 m^2
Koeficijent prvog reda, a_1	3,79 W/m^2K^2

Koeficijent drugog reda, a_2	0,016 W/m^{2}K^2
Stupanj djelovanja, η_0	0,798
Zapremnina	2,16 l
Masa	38 kg
Najveći radni tlak	10 bar

Proračun isporučene sunčeve energije u sustav se vrši prema formuli koja slijedi:

$$Q_{H,sol,out,m} = Q_{H,sol,us,m} \times (aY_H + bX_H + cY_H^2 + dX_H^2 + eY_H^3) \quad \text{[kWh]} \quad (21),$$

gdje je:

$Q_{H,sol,out,m}$ – isporučena sunčeva energija u sustav [kWh],

a,b,c,d,e – faktori sunčanog spremnika [-],

X,Y – bezdimenzijski faktori [-].

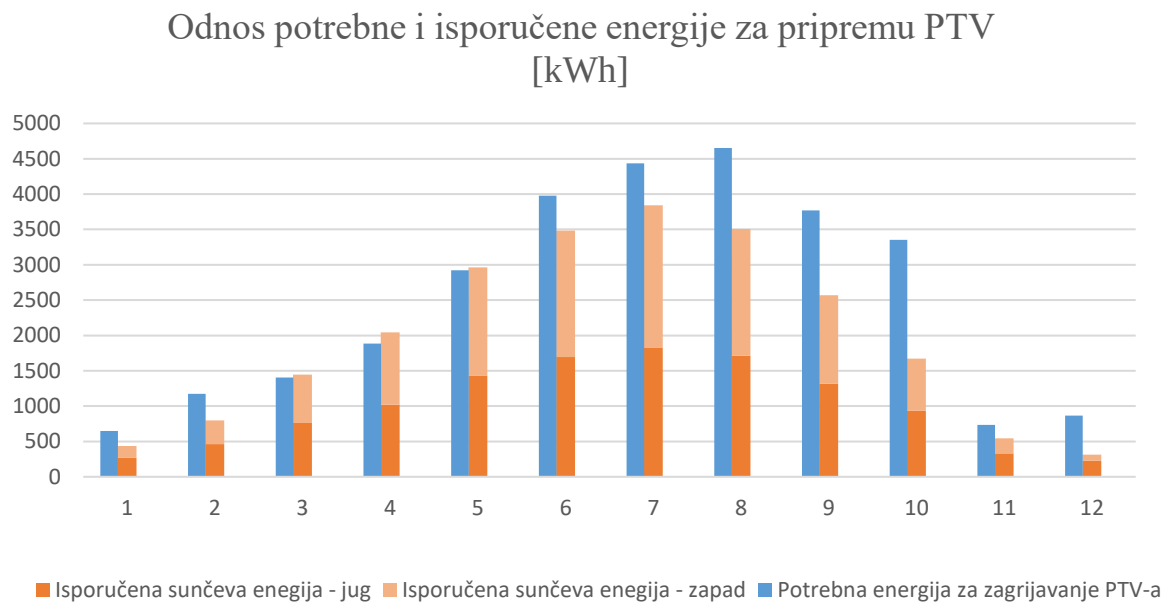
Dalje se prema normi HRN EN 15316-4-3 iz ulaznih podataka, dobiju ostali podaci potrebni za proračun, kao što prikazuje *Tablica 12*. Bitno je naglasiti da su u ovoj tablici prikazani rezultati za slučaj da je hotel popunjen kako prikazuje *Tablica 1.* Dalje u radu bit će grafički prikazani krajnji rezultati i za slučaj da je hotel pun tijekom cijele godine. Takav proračun je također bilo potrebno provesti budući se ne može garantirati da hotel neće biti pun i van sezone.

Tablica 12. Izvadak iz proračuna ukupno dobivene toplinske energije iz solarnih kolektora.

Mjesec	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Broj dana	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Srednja mjesečna temperatura [°C]	6,6	7,5	9,9	13,4	18	21,6	24,5	24	20,5	16,2	11	7,6
$Q_{W,sol,us,m}$ [kWh]	649	1172	1406	1884	2920	3977	4434	4651	3768	3353	732	865
ΔT [K]	107	105	99	91	80	72	65	67	75	85	97	105
$X_{W,j}$ [-]	12,5	6,1	5,4	3,6	2,1	1,3	1,1	1,1	1,5	1,9	9,7	9,2

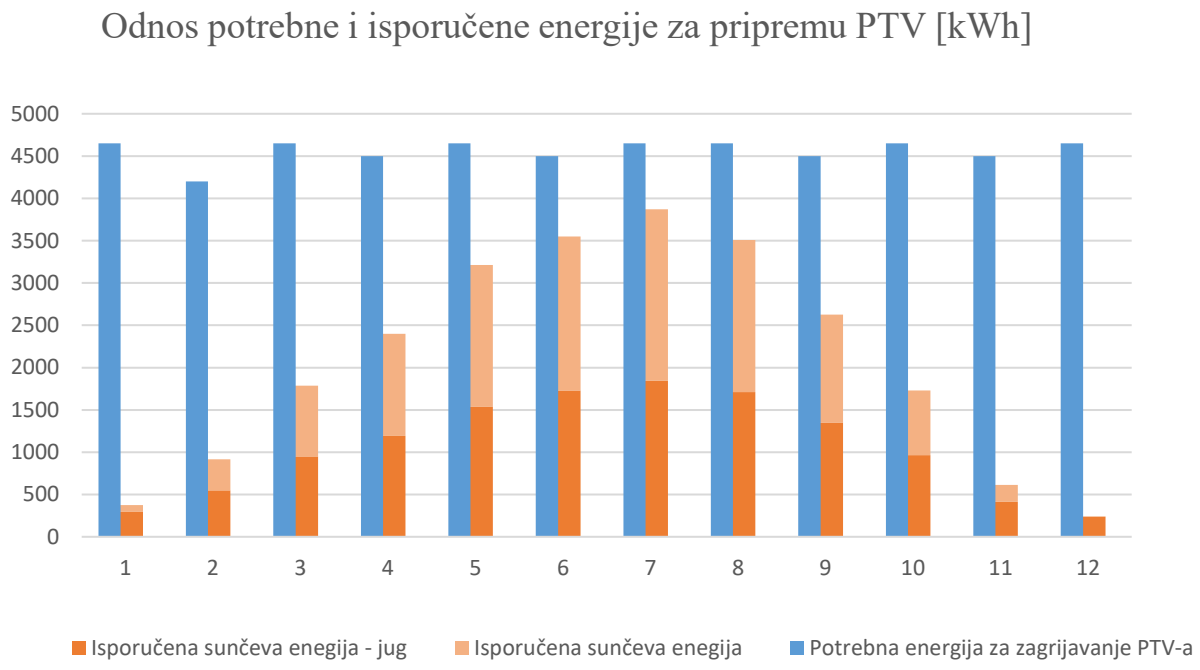
$X_{W,z}$ [-]	14,8	7,3	6,3	4,2	2,5	1,6	1,3	1,3	1,7	2,3	11,5	10,9
$E_{sol,\ j}$ [kWh/mj]	72,8	92,1	133,6	154,2	187,2	203,2	212,7	198,9	163,1	128,6	78,1	65,9
$I_{m,\ j}$ [W/m2]	97,9	137,0	179,5	214,1	251,5	282,2	285,9	267,3	226,5	172,9	108,4	88,6
$E_{sol,\ z}$ [kWh/mj]	52,5	71,4	114,2	142,8	182,8	193,1	210,6	187,5	141,4	100,8	57,2	46,1
$I_{m,\ z}$ [W/m2]	70,6	106,2	153,4	198,3	245,7	268,1	283,0	252,0	196,4	135,5	79,5	62,0
$Y_{W,\ j}$ [-]	1,25	0,87	1,06	0,91	0,71	0,57	0,53	0,48	0,48	0,43	1,19	0,85
$Y_{W,\ z}$ [-]	1,03	0,77	1,03	0,96	0,80	0,62	0,60	0,51	0,48	0,38	0,99	0,68
$Q_{W,sol,out,m,j}$ [kWh]	268	464	763	1021	1428	1696	1829	1712	1320	933	330	229
$Q_{W,sol,out,m,z}$ [kWh]	166	332	683	1022	1534	1787	2014	1794	1248	741	215	85
$Q_{W,sol,out,m,uk}$ [kWh]	**434**	**796**	**1446**	**2043**	**2962**	**3483**	**3842**	**3506**	**2568**	**1674**	**545**	**314**

Slika 15. prikazuje odnos potrebne i isporučene energije za pripremu PTV-a za slučaj da je hotel popunjen prema Tablica 1.



Slika 15. Graf koji prikazuje odnos potrebne i isporučene energije za pripremu PTV uz predviđenu popunjenost hotela

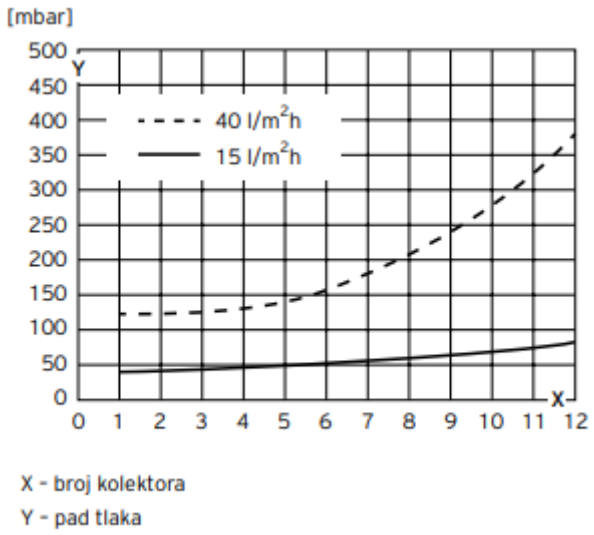
Slika 16. Prikazuje odnos potrebne i isporučene energije za pripremu PTV-a za slučaj da je hotel pun tijekom cijele godine.



Slika 16. Graf koji prikazuje odnos potrebne i isporučene energije za pripremu PTV uz maksimalnu popunjenost hotela

3.3. Dimenzioniranje pumpe i ekspanzijske posude solarnog sustava

Kako bi se ostvarila optimalna predaja topline u kolektorima potreban je određen protok solarne tekućine kroz kolektore te se preporuča protok između 15 i 40 l/(m^2h), a Slika 17. prikazuje graf pada tlaka za oba krajnja protoka i određen broj kolektora. Za proračun je odabran maksimalni protok, tj. 40 l/(m^2h). Pomoću odabranog broja kolektora na jugu (7) i zapadu (8) te njihove površine od 2,35 m^2 jednostavno dolazimo do protoka od 658 l/h za sustav na jugu i 732 l/h za sustav na zapadu. Tablica 13 i Tablica 14 prikazuju proračune pada tlaka za oba navedena sustava, a koji se sastoje od pada tlaka u cijevima, kolektorima i izmjenjivaču u bivalentnom spremniku.



Slika 17. Pad tlaka u solarnim koletorima za predložene protoke solarne tekućine [5]

Tablica 13. Proračun pada tlaka u solarnom sustavu orijentiranom prema jugu

Dionica	**L [m]**	**qv [l/h]**	**DN [mm]**	**du [mm]**	**V [l/s]**	**v [m/s]**	**R [Pa/m]**	**R*L [Pa]**	$\Sigma\xi$	ρ **[kg/m³]**	**Z [Pa]**	**R*L+Z [Pa]**
1	40	658	25	27,2	0,183	0,3147	110	4400	4	1004	199	4599
							Pad tlaka na izmjenjivaču					4000
							Pad tlaka u apsorberima					45500
							Ukupan pad tlaka					54099

Tablica 14. Proračun pada tlaka u solarnom sustavu orijentiranom prema zapadu

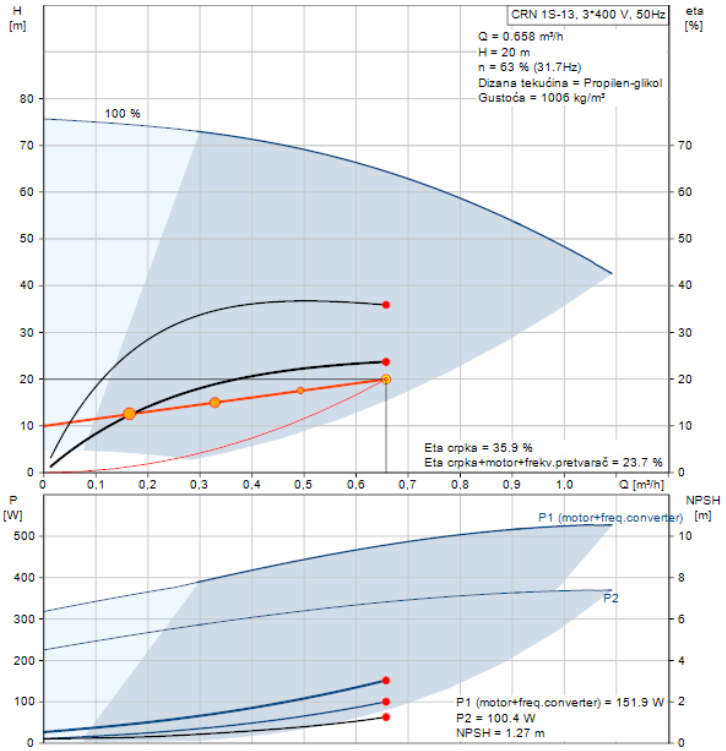
Dionica	**L [m]**	**qv [l/h]**	**DN [mm]**	**du [mm]**	**V [l/s]**	**v [m/s]**	**R [Pa/m]**	**R*L [Pa]**	$\Sigma\xi$	ρ **[kg/m³]**	**Z [Pa]**	**R*L+Z [Pa]**
1	54	752	25	27,2	0,209	0,3597	140	7560	4	1004	260	7820
							Pad tlaka na izmjenjivaču					4000
							Pad tlaka u apsorberima					52000
							Ukupan pad tlaka					63820

Dobivene protoke i pad tlaka ponovno smo upisali u online aplikaciju firme Grundfos i dobili predložak pumpi. Pumpa Grundfos CRN 1S je prikladna za oba polja solarnih kolektora, te je prikazuje Slika 18.

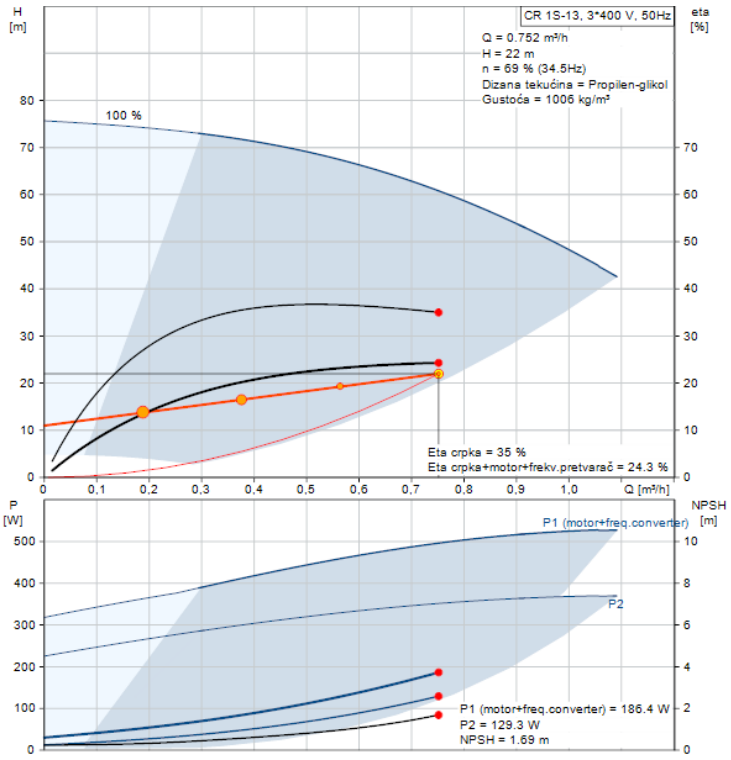


Slika 18. Pumpa Grundfos CRN 1S [7]

Slika 19. i Slika 20. prikazuju karakteristiku i radnu točku pumpe za oba solarna polja.



Slika 19. Karakteristika i radna točka pumpe CRN 1S za solarno polje orijentirano na jug [7]



Slika 20. Karakteristika i radna točka pumpe CRN 1S za solarno polje orijentirano na zapad [7]

Ekspanzijska posuda za solarni sustav izabrana je prema preporuci proizvođača koju prikazuje Slika 21, te je za sustav sa 7, odnosno 8 kolektora, na visini do 20 m i duljini cjevovoda do 60 m potrebna ekspanzijska posuda od minimalno 80 litara.

Broj kolektora VFK 145	Statička visina [m]								
	10			20			30		
	Ukupna duljina cjevovoda [m]								
	30	40	50	40	50	60	60	70	80
2	18	18	18	18	18	25	35	35	35
3	25	25	25	25	25	25	50	50	50
4	25	25	25	35	35	35	50	50	50
5	35	35	35	50	50	50	80	80	80
6	50	50	50	80	80	80	100	100	100
7	80	80	80	80	80	80	118	118	118
8	80	80	80	80	80	80	118	118	118
9	80	80	80	118	118	118	180	180	180
10	100	100	100	118	118	118	180	180	180
11	100	100	100	125	125	125	200	200	200
12	118	118	118	150	150	150	218	218	218
13	118	118	118	180	180	180	235	235	235
14	125	125	125	180	180	180	250	250	250

Slika 21. Tablica preporuke proizvođača za izbor ekspanzijske posude [9]

Izabrana je posuda proizvođača Gitral GS 80, 1” koju prikazuje Slika 22.



Slika 22. Ekspanzijska posuda Gitral GS80 [8]

Tablica 15. prikazuje detaljnije podatke o odabranoj ekspanzijskoj posudi.

Tablica 15. Tehnički podaci o posudi Gitral GS80 [8]

Naziv	Kapacitet [l]	Visina [mm]	Promjer [mm]	Visina postolja [mm]	Dimenzija cijevi za spoj s cjevovodom	Tlak predpunjenja [bar]	Maksimalni radni tlak [bar]	Minimalna /maksimalna radna temperatura [°C]
GS80	80	850	450	153	1”	1,5	10	-10/110

4. Projektiranje ventilacijskog sustava

4.1.Dimenzioniranje ventilacijskog sustava

Ventilacijski sustav u ovom radu može se podijeliti na dva sustava

- centralni tlačno-odsisni ventilacijski sustav koji ventilira dio prostorija u prizemlju
- lokalni odsisni ventilacijski sustav koji ventilira dio sanitarija u prizemlju te sanitarije na katovima

4.1.1. Centralni ventilacijski sustav

Centralni ventilacijski sustav sastoji se od ventilacijskih kanala te centralne ventilacijske jedinice. Ventilacijski kanali dimenzioniraju se prema potrebnom protoku koji se mora odvesti ili dovesti iz prostorija. Nakon što se kanali dimenzioniraju potrebno je izračunati pad tlaka kako bi se odredili minimalni tehnički uvjeti za ventilacijsku jedinicu. Ukupni pad tlaka uzrokovat će linijski pad tlaka uzrokovan trenjem, lokalni padovi tlaka te pad tlaka na istrujnom i usisnom otvoru. Otvori su odabrani prema protoku zraka i dimenziji kanala. Za usisni odnosno istrujni otvor koji se postavljaju na fasadu zida i u kontaktu su s vanjskim zrakom odabrana je rešetka UELA-AL-355 proizvođača ALNOR koju prikazuje Slika 23.

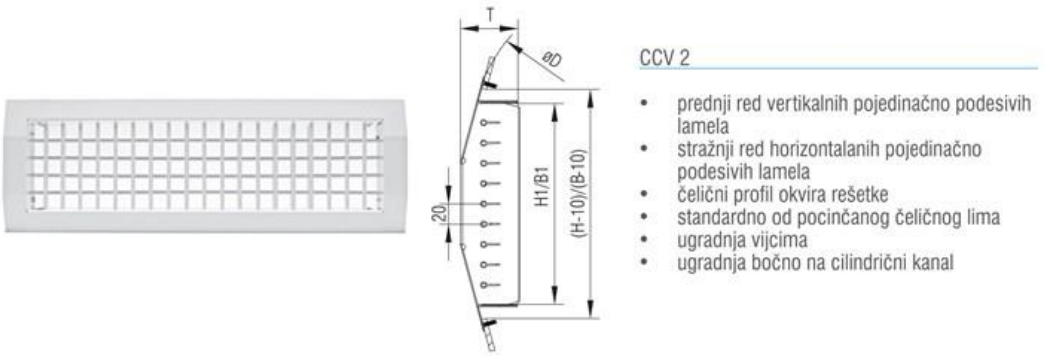


Slika 23. Rešetka UELA_AL_355 proizvođača ALNOR [10]

Za istrujne i usisne rešetke, koje se postavljaju na okrugle ventilacijske kanale odabiru se rešetke CCV2 mm koju prikazuje Slika 24. Dimenzije rešetki ovise i o dimenzijama kanala na koje se rešetke postavljaju te za naš slučaj se odabiru sljedeće dimenzije:

- B425 x H75
- B225 x H125
- B525 x H125

Svaka rešetka također ima i šiber zaklopku koja se ručno podešava te time regulira protok zraka kroz rešetku.



Slika 24. Rešetka CCV2 [11]

Za ventilacijsku jedinicu odabrana je tlačno-odsisna rekuperacijska jedinica VAM2000FC s ugrađenim električnim dogrijačem zraka, proizvođača DAIKIN koju prikazuje Slika 25.



Slika 25. Tlačno-odsisna rekuperacijska jedinica VAM2000FC [6]

Tablica *16* sadrži tehničke podatke o ventilacijskoj jedinici.

Tablica 16. Tehnički podaci - VAM2000FC [6]

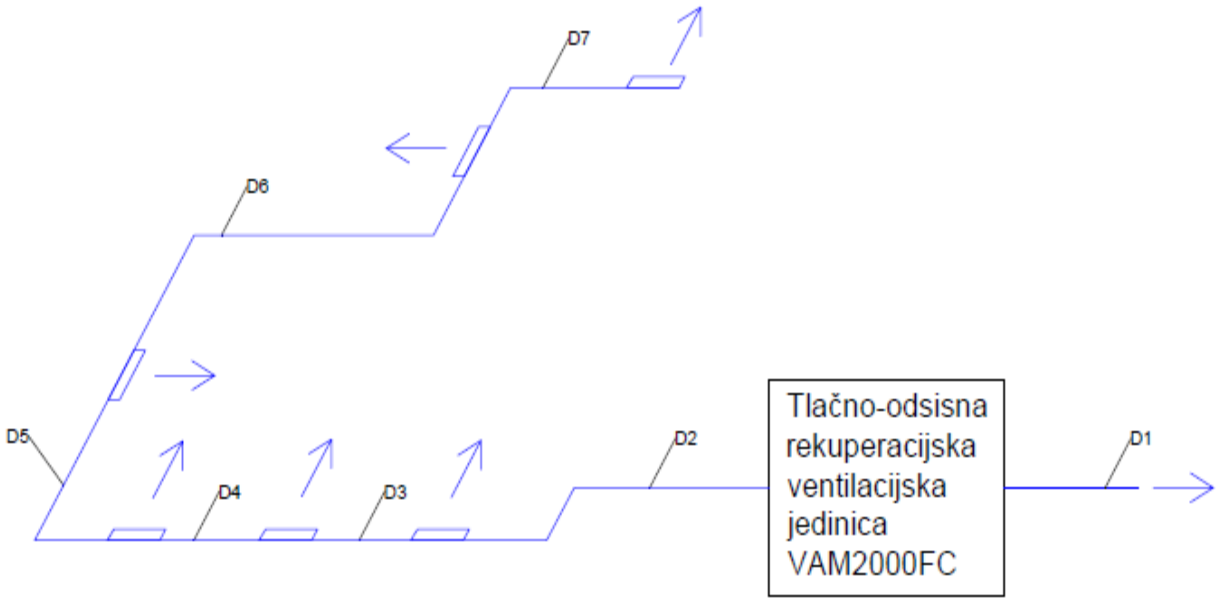
Dopušteni pad tlaka pri protoku od 1870 m^3/h	165 Pa
Ulazna snaga	0,617 kW
Dimenzija	726 x 1.510 x 1.160 mm
Promjer priključka na cijev	350 mm
Temperaturni raspon rada	-15/50 °C
Korisnost rekuperacijske jedinice pri zadanim uvjetima	69,1 %

Tablica 17. prikazuje izračun pada tlaka na kritičnoj dionici, u ovom slučaju za tlačni kanal.

Tablica 17. Izvadak iz proračuna pada tlaka na kritičnoj dionici ventilacijskog sustava

Dionica	Duljina, L	Protok zraka, V	Protok zraka, V'	DN	d_u	A	v	R	R*L	Σζ	Z	R*L+Z
-	m	m3/h	l/s	-	mm	m2	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	6,3	320	88,89	DN200	199	0,0311	2,86	0,68	4,28	0,9	4,42	8,7
2	9,5	640	177,78	DN280	278,8	0,061	2,91	0,6	5,7	2,9	14,73	20,43
3	6,6	920	255,56	DN315	313,8	0,0773	3,31	0,55	3,63	1,1	7,23	10,86
4	4,7	1200	333,33	DN315	313,8	0,0773	4,31	0,65	3,06	0,2	2,23	5,29
5	6	1480	411,11	DN315	313,8	0,0773	5,32	1,5	9	0,2	3,4	12,4
6	5,5	1760	488,89	DN 355	353,8	0,0983	4,97	1,8	9,9	2	29,64	39,54
7	1	1760	488,89	DN 355	353,8	0,0983	4,97	1,8	1,8	0	0	1,8
								Pad tlaka na usisnom otvoru				35
								Pad tlaka na istrujnom otvoru				22
											Σ	156,02

Slika 26. prikazuje pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice za ventilaciju, prema kojoj je proračunat potreban minimalni tlak, te odabrana ventilacijska jedinica.

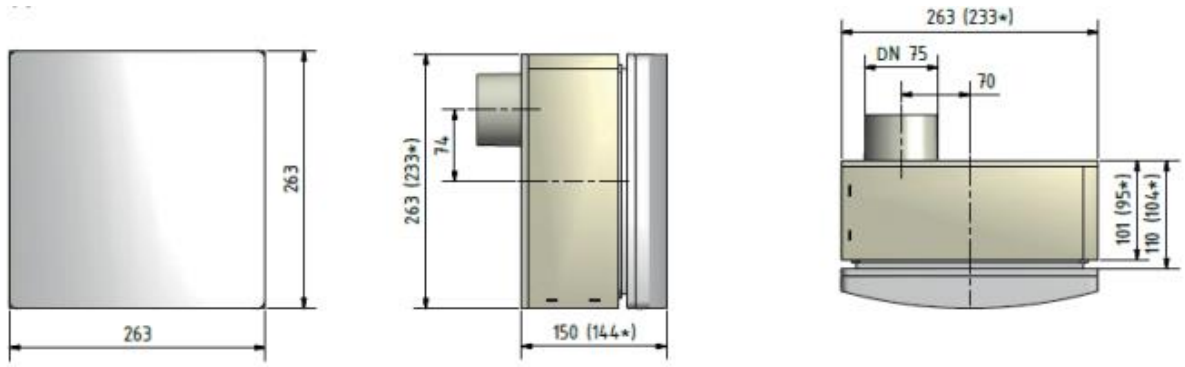


Slika 26. Pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice ventilacije

S obzirom da je dopušteni pad tlaka oko 165 Pa, a prema proračunu je maksimalni pad tlaka u kritičnoj dionici 156 Pa, zaključujemo da odabrana jedinica zadovoljava uvjet maksimalnog pada tlaka.

4.1.2. Lokalni ventilacijski sustav

Lokalni ventilacijski sustav sastoji se od lokalnih ventilacijskih jedinica VARIO II V-II U-H te okruglih kanala koji vode do okoliša. Slika 27. prikazuje odabranu lokalnu ventilacijsku jedinicu.



Slika 27. VARIO II V-II U-H odsisna ventilacijska jedinica

Tehničke podatke o ventilacijskoj jedinici sadrži Tablica 18.

Tablica 18. Tehničke karakteristike – VARIO II V-II U-H

Protok zraka [m^3/h]	100
Snaga [W]	27.7
Dopušteni pad tlaka [Pa]	168

5. Tehnički opis sustava

5.1. Sustav grijanja/hlađenja

Za predmetnu zgradu, hotel na području Dubrovnika ukupne korisne površine od oko 1050 m^2, projektno toplinsko opterećenje izračunato je prema normi HRN EN 12831 i iznosi 38,4 kW, a projektno rashladno opterećenje izračunato je prema normi VDI 2078 i iznosi 66.1 kW. Projektiran je sustav toplovodnog grijanja, odnosno vodenog hlađenja s dvije dizalice topline zrak-voda kao izvorima ogrjevnog/rashladnog učina od ukupno 91,8 kW / 93 kW. Odabran je sustav s dvije dizalice topline prema preporuci proizvođača Daikin kako bi u slučaju kvara jedne jedinice, druga jedinica mogla nesmetano grijati vodu u međuspremniku. Dizalice topline zimi će raditi na režimu 45/40 °C, a ljeti na režimu 7/12°C. Za ogrjevna/rashladna tijela izabrani su ventilokonvektori, osim u kupaonicama gdje se nalaze samo kupaonske ljestve. Dizalice topline su spojene u Tichelmannov spoj, a voda se akumulira u međuspremniku VPS 800/3-7, nazivnog volumena 778 l. Cirkulaciju vode iz dizalice topline, preko međuspremnika do ventilokonvektora vrši se pomoću pumpe CRE 10-2, proizvođača Grundfos. Ekspanzija vode u sustavu se kompenzira pomoću odabrane ekspanzijske posude Gitral MB 150, 3/4“ volumena 150 litara. Ventilokonvektori su povezani u tri vertikale pomoću razdjelnika cijevi na svakom katu. Prije svakog ventilokonvektora nalazi se i stalnotlačni ventil proizvođača Danfoss koji služi za balansiranje tlaka i regulaciju protoka vode, odnosno toplinskog učina, te osigurava siguran rad svim ogrjevnim/rashladnim tijelima. U svakoj prostoriji nalazi se osjetnik temperature direktno spojen na glavni regulator koji upravlja protokom zraka u ventilokonvektorima te tako regulira toplinski/rashladni učin.

5.2. Sustav pripreme potrošne tople vode

Potrošna topla voda priprema se pomoću sustava koji se sastoji od dva bivalentna spremnika, dva polja solarnih kolektora, koji služe kao primarni izvor topline te visokotemperaturne dizalice topline ERRQ016AY1, ogrjevnog učina 16 kW. Solarni kolektori su podjeljeni u dva solarna polja zbog konfiguracije krova, odnosno male površine krova okrenutog na jug. Stoga se polje od 7 solarnih kolektora postavlja na južnu stranu, a polje od 8 solarnih kolektora stranu okrenutu prema zapadu. Budući su dva odvojena solarna polja s odvojeni sustavom cijevi bilo

je potrebno projektirati i dva odvojena bivalentna spremnika ukupnog kapaciteta od 3000 l. Na bivalentne spremnike također su spojeni i toplovodni kaloriferi koji služe za predavanje topline vanjskom zraku za slučaj pregrijavnanja vode u bivalentnim spremnicima. Za solarne kolektore odabrani su pločasti solarni kolektori proizvođača Vaillant, tip VFK 145H te su dimenzionirani prema normi HRN EN 15316-4-3. Protok vode u dva solarna kruga osiguravaju dvije pumpe CR 1S, proizvođača Grundfos, a ekspandiranu solarnu tekućinu (smjesa etilen glikola i vode) usljed povećanja temperature iste preuzimaju odabrane ekspanzijske posude Gitral GS 80, 1", kapaciteta 80 l. U bivalentnim spremnicima PTV-a nalaze se i tri osjetnika temperature pomoću kojih centralna regulacijska jedinica određuje protoke solarne tekućine kroz solarni sustav te regulira rad dizalica topline za slučaj da toplina iz solarnog sustava nije dovoljna. U slučaju da temperatura vode u spremniku padne ispod 42°C sustav regulacije pokrenuti će rad dizalice topline i pumpe dok temperatura vode u spremniku ne dođe do 60°C. Nakon što se prvi spremnik zagrije, a u slučaju da ni drugi spremnik nije na temperaturi iznad 42°C, regulacijski sustav će na elektromagnetnom troputnom ventilu promijeniti smjer vode prema izmjenjivaču drugog spremnika. Također, u slučaju pregrijavanja vode u spremnicima ili solarne tekućine u solarnom sustavu, regulacijska jedinica pokreće pumpe u sustavu s kaloriferima te tako započinje prisilan odvod topline iz bivalentnih spremnika.

5.3. Sustav ventilacije

Za održavanje odgovarajuće kvalitete zraka u prostorijama odabran je:

- centralni sustav tlačno-odsisne mehaničke ventilacije koji se sastoji od rekuperacijske ventilacijske jedinice VAM2000FC s ugrađenim električnim dogrijačem zraka, proizvođača DAIKIN i kanala kružnog presjeka.
- lokalni sustav odsisne mehaničke ventilacije koji se sastoji od lokalnih ventilacijskih jedinica VARIO II V-II U-H, i kanala kružnog presjeka Ø 80 mm.

Centralni ventilacijski sustav radi neprekidno te osigurava ventiliranje zraka u prizemlju za kuhinju, restoran, wc za invalide te wc za goste. Razlikom usisnog i odsisnog volumena zraka postiže se lagani pretlak u restoranu, a lagani podtlak u kuhinji i wc-ima kako bi se spriječilo širenje neugodnih mirisa. Lokalni ventilacijski sustav pali se ručno putem sklopke na ulasku u kupaonicu.

6. Zaključak

U prikazanom radu projektiran je sustav grijanja, hlađenja, pripreme potrošne tople vode i ventilacije hotela smještenog na području Dubrovnika. Cilj rada je projektirati sustav koji će osigurati određenu toplinsku ugodnost i kvalitetu zraka za sve goste, ali i radnike hotela, no istovremeno se posebna pažnja posvetila i što manjoj konačnoj potrošnji energije, odnosno na visoku učinkovitost cijelog sustava. Upravo zbog toga korišteni su obnovljivi izvori energije (solarni kolektori), visokoučinkovite dizalice topline te ventilacijske jedinice s visokim stupnjem rekuperacije. Čak 80% potreba toplinske energije za pripremu PTV-a osigurano je iz solarnog sustava, a u prilog tom postotku ide činjenica da je krivulja popunjenosti hotela vrlo slična krivulji dobivene toplinske energije iz solarnog sustava. U ovom radu raspolagalo se informacijama o popunjenosti sličnih hotela na sličnoj lokaciji u Gradu Dubrovniku te se s obzirom na kapacitet hotela proračunala predviđena potrošnja tople vode za konkretan slučaj. Projektirani sustavi mogu rade na srednjetemperaturnom režimu grijanja (45/40 °C) čime se značajno smanjuju gubici u odnosu na visokotemperaturni režim.

U ovom radu u obzir nije uzeta cijena investicije predloženog rješenja, već je glavna zadaća sustava osiguravanje visokog stupnja ugodnosti uz što veći stupanj energetske učinkovitosti, što se i zahtjeva u zgradama kao što su hoteli.

LITERATURA

[1] https://hr.wikipedia.org/wiki/Grijanje

[2] Balen, I: Podloge za predavanja iz kolegija “Termotehnika (KGH)”, Zagreb

[3] http://enerpedia.net

[4] Balen, I: Podloge za predavanja iz kolegija “Grijanje” i “Klimatizacija”, Zagreb

[5] Daikin, Databook

[6] https://www.daikin.hr

[7] https://hr.grundfos.com

[8] http://gitral.fr/

[9] https://www.vaillant.hr/downloads/pli/2016-09-solar-projektantske-podloge-823384.pdf

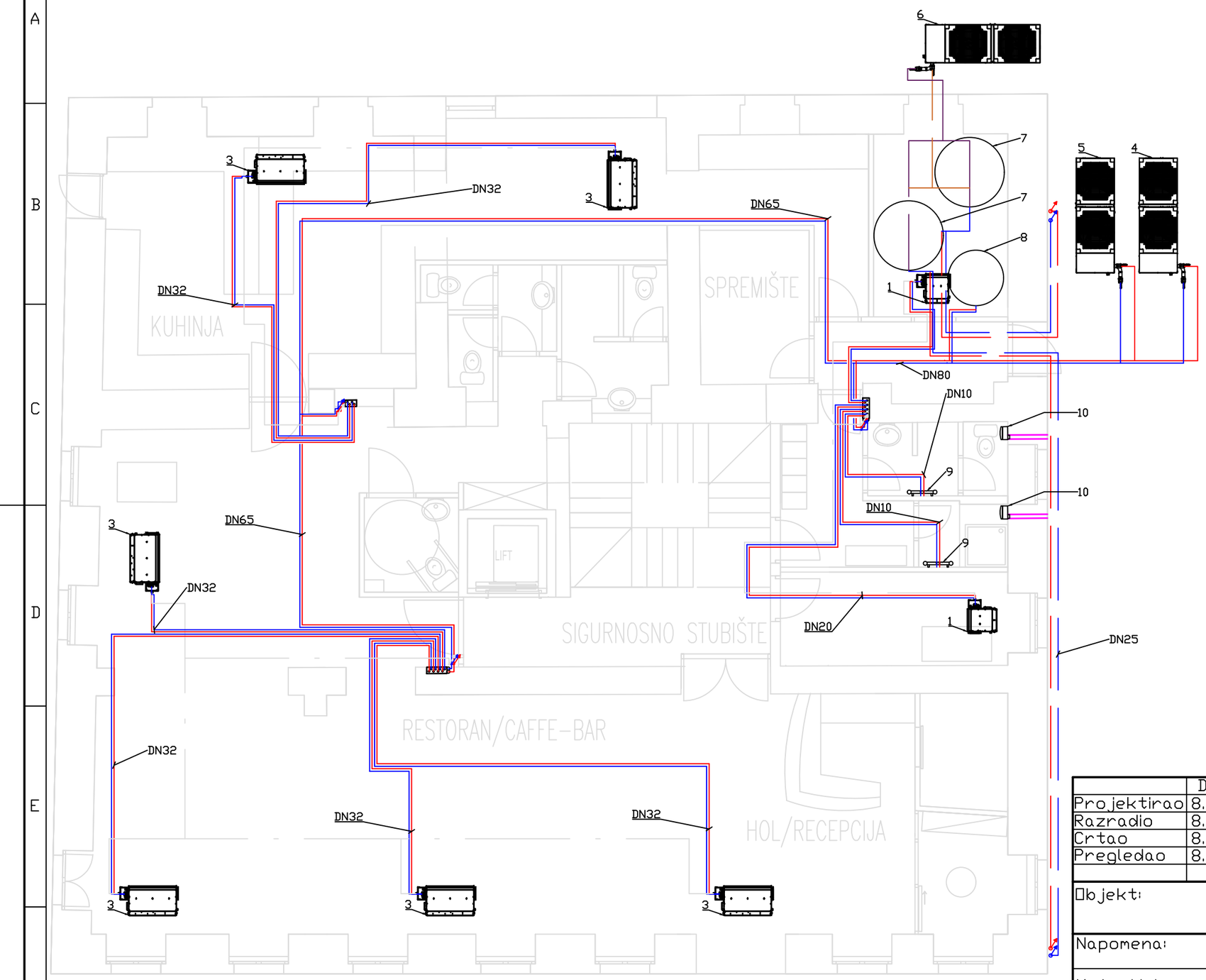
[10] https://www.alnor.com.pl/

[11] http://www.klimaoprema.hr/

PRILOZI

I. CD-R disc

II. Tehnička dokumentacija



1 - Ventilokonvektor FWE02CT, Daikin
HC=1,83 kw, CC=1,60 kW, 230V-50Hz
2 - Ventilokonvektor FWE03CT, Daikin
HC=2,89 kw, CC=2,45 kW, 230V-50Hz
3 - Ventilokonvektor FWE06CT, Daikin
HC=4,69 kw, CC=4,56 kW, 230V-50Hz
4 - Dizalica topline EWYQ050-CWP, Daikin,
radna tvar - R410A, HC = 50,1 kw CC = 50.7 kw
5 - Dizalica topline EWYQ040-CWP, Daikin,
radna tvar - R410A, HC = 41,7 kw, CC = 42,3 kw
6 - Dizalica topline EKHBRD016ACY1/ERRQ016AY1,
Daikin, radna tvar - R410A, HC= 16 kW
7 - Bivalentni spremnik s 3 izmjenjivača, V=1500l
8 - Međuspremnik ogrjevne/rashladne vode allSTOR
VPS800/3, Vaillant, V=778 l
9 - Kupaonske ljestve 1186/600, Viessman,
Qgr = 190,64 W
10 - Vario II V-II U-H, V=100m^3/h

- Polazni vod - sustav grijanja PTV, temp 65 °C
- Povratni vod - sustav grijanja PTV, temp 55 °C
- Odvod kondenzata
- Polazni vod - solarni sustav
- Povratni vod - solarni sustav
- Polazni vod - sustav grijanja, temp 45 °C
- Povratni vod - sustav grijanja, temp 40 °C

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Razradio	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Crtao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Pregledao	8.5.2019	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Naziv: Tlocrt prizemlja - sustav grijanja/hladenja i sustav pripreme PTV-a

Format: A3

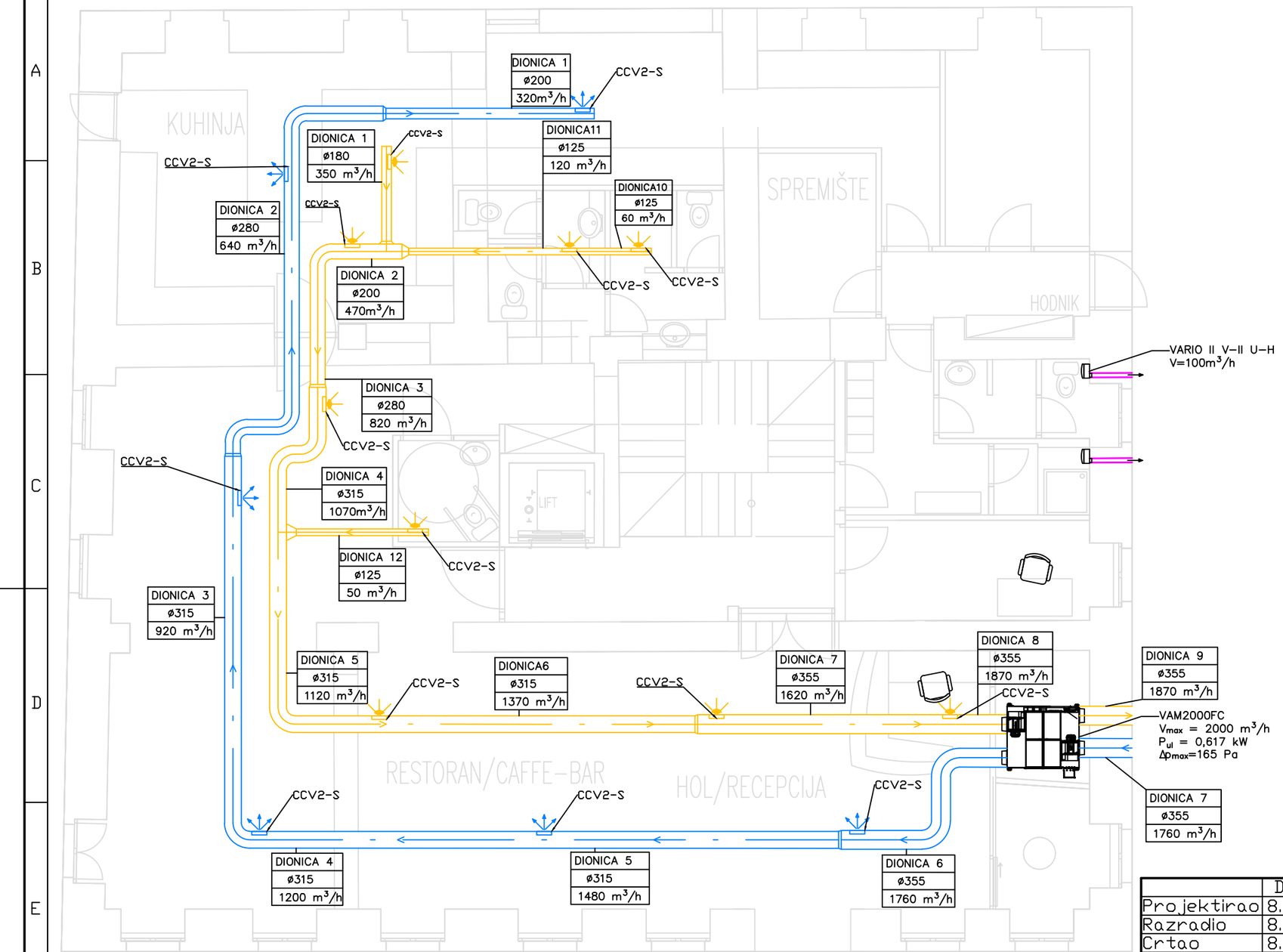
Mjerilo originala 1:100

Crtež broj: 1

List:

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Razradio	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Crtao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Pregledao	8.5.2019	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Mjerilo originala
1:100

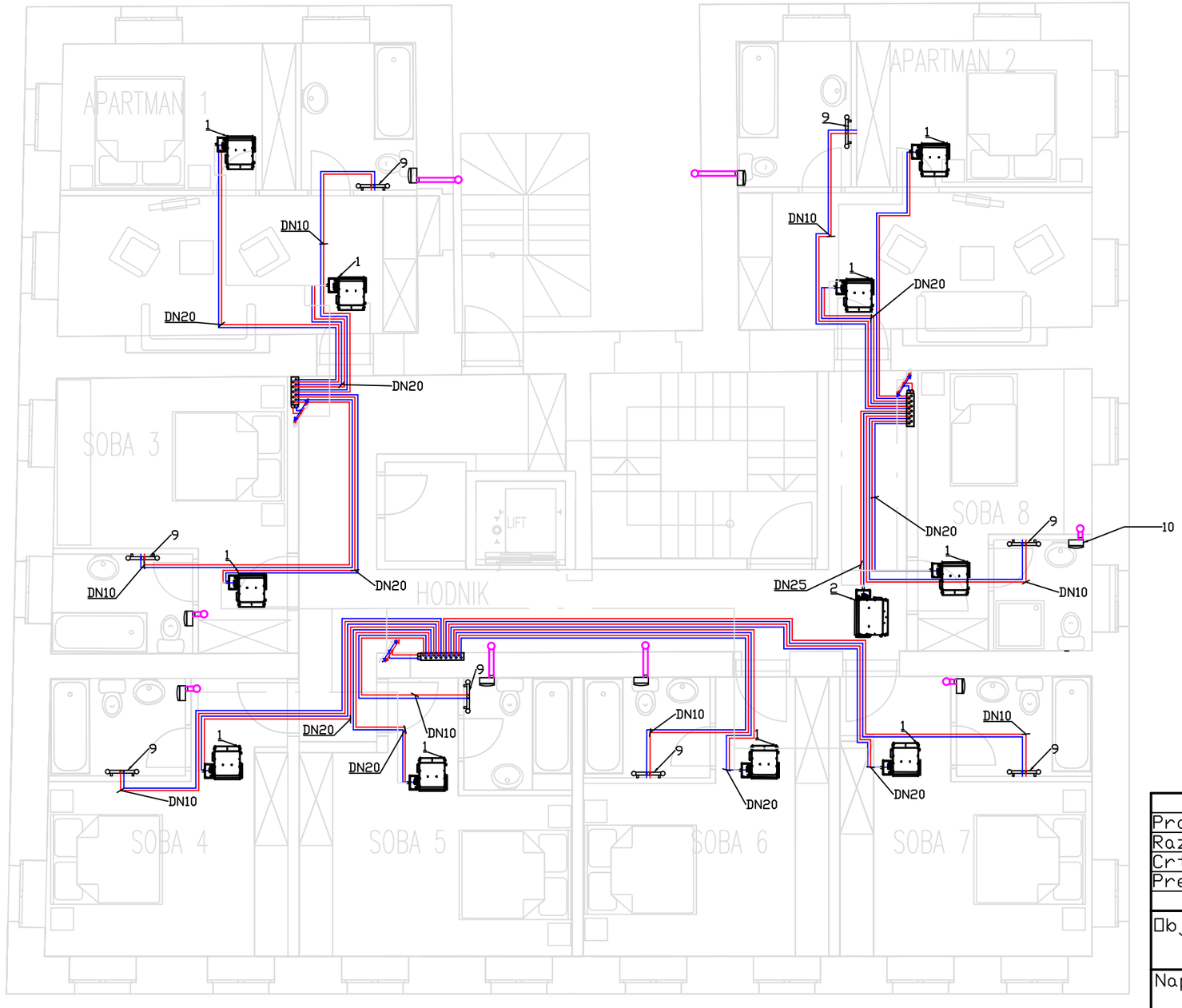
Naziv: Tlocrt prizemlja – sustav ventilacije

Format: A3

Crtež broj: 2

List:

Design by CADLab



1 - Ventilokonvektor FWE02CT, Daikin
HC=1,83 kw, CC=1,60 kW, 230V-50Hz
2 - Ventilokonvektor FWE03CT, Daikin
HC=2,89 kw, CC=2,45 kW, 230V-50Hz
3 - Ventilokonvektor FWE06CT, Daikin
HC=4,69 kw, CC=4,56 kW, 230V-50Hz
4 - Dizalica topline EWYQ050-CWP, Daikin,
radna tvar - R410A, HC = 50,1 kw CC = 50.7 kw
5 - Dizalica topline EWYQ040-CWP, Daikin,
radna tvar - R410A, HC = 41,7 kw, CC = 42,3 kw
6 - Dizalica topline EKHBRD016ACY1/ERRQ016AY1,
Daikin, radna tvar - R410A, HC= 16 kW
7 - Bivalentni spremnik s 3 izmjenjivača, V=1500l
8 - Međuspremnik ogrjevne/rashladne vode allSTOR
VPS800/3, Vaillant, V=778 l
9 - Kupaonske ljestve 1186/600, Viessman,
Qgr = 190,64 W
10 - Vario II V-II U-H, V=100m^3/h

Polazni vod - sustav grijanja PTV, temp 65 °C
Povratni vod - sustav grijanja PTV, temp 55 °C
Odvod kondenzata
Polazni vod - solarni sustav
Povratni vod - solarni sustav
Polazni vod - sustav grijanja, temp 45 °C
Povratni vod - sustav grijanja, temp 40 °C

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Razradio	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Crtao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Pregledao	8.5.2019	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Naziv: Tlocrt 1. kata - sustav grijanja/hladenja i sustav ventilacije

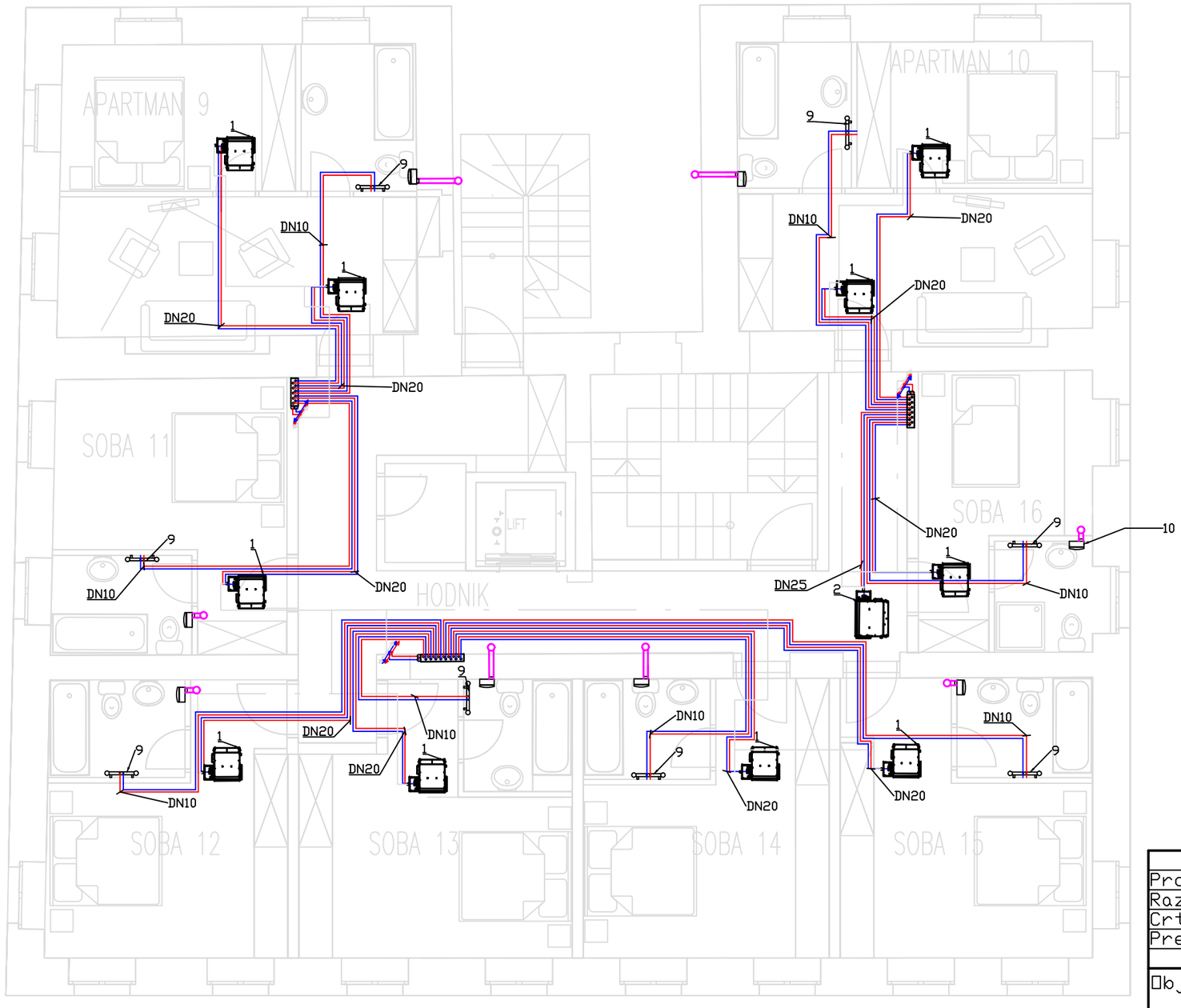
Format: A3

Mjerilo originala 1:100

Crtež broj: 3

List:

Design by CADLab



1 - Ventilokonvektor FWE02CT, Daikin
HC=1,83 kw, CC=1,60 kW, 230V-50Hz
2 - Ventilokonvektor FWE03CT, Daikin
HC=2,89 kw, CC=2,45 kW, 230V-50Hz
3 - Ventilokonvektor FWE06CT, Daikin
HC=4,69 kw, CC=4,56 kW, 230V-50Hz
4 - Dizalica topline EWYQ050-CWP, Daikin,
radna tvar - R410A, HC = 50,1 kw CC = 50.7 kw
5 - Dizalica topline EWYQ040-CWP, Daikin,
radna tvar - R410A, HC = 41,7 kw, CC = 42,3 kw
6 - Dizalica topline EKHBRD016ACY1/ERRQ016AY1,
Daikin, radna tvar - R410A, HC= 16 kW
7 - Bivalentni spremnik s 3 izmjenjivača, V=1500l
8 - Međuspremnik ogrjevne/rashladne vode allSTOR
VPS800/3, Vaillant, V=778 l
9 - Kupaonske ljestve 1186/600, Viessman,
Qgr = 190,64 W
10 - Vario II V-II U-H, V=100m^3/h

- Polazni vod - sustav grijanja PTV, temp 65 °C
- Povratni vod - sustav grijanja PTV, temp 55 °C
- Odvod kondenzata
- Polazni vod - solarni sustav
- Povratni vod - solarni sustav
- Polazni vod - sustav grijanja, temp 45 °C
- Povratni vod - sustav grijanja, temp 40 °C

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Razradio	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Crtao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Pregledao	8.5.2019	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Mjerilo originala
1:100

Naziv: Tlocrt 2. kata – sustav grijanja/hladenja i sustav ventilacije

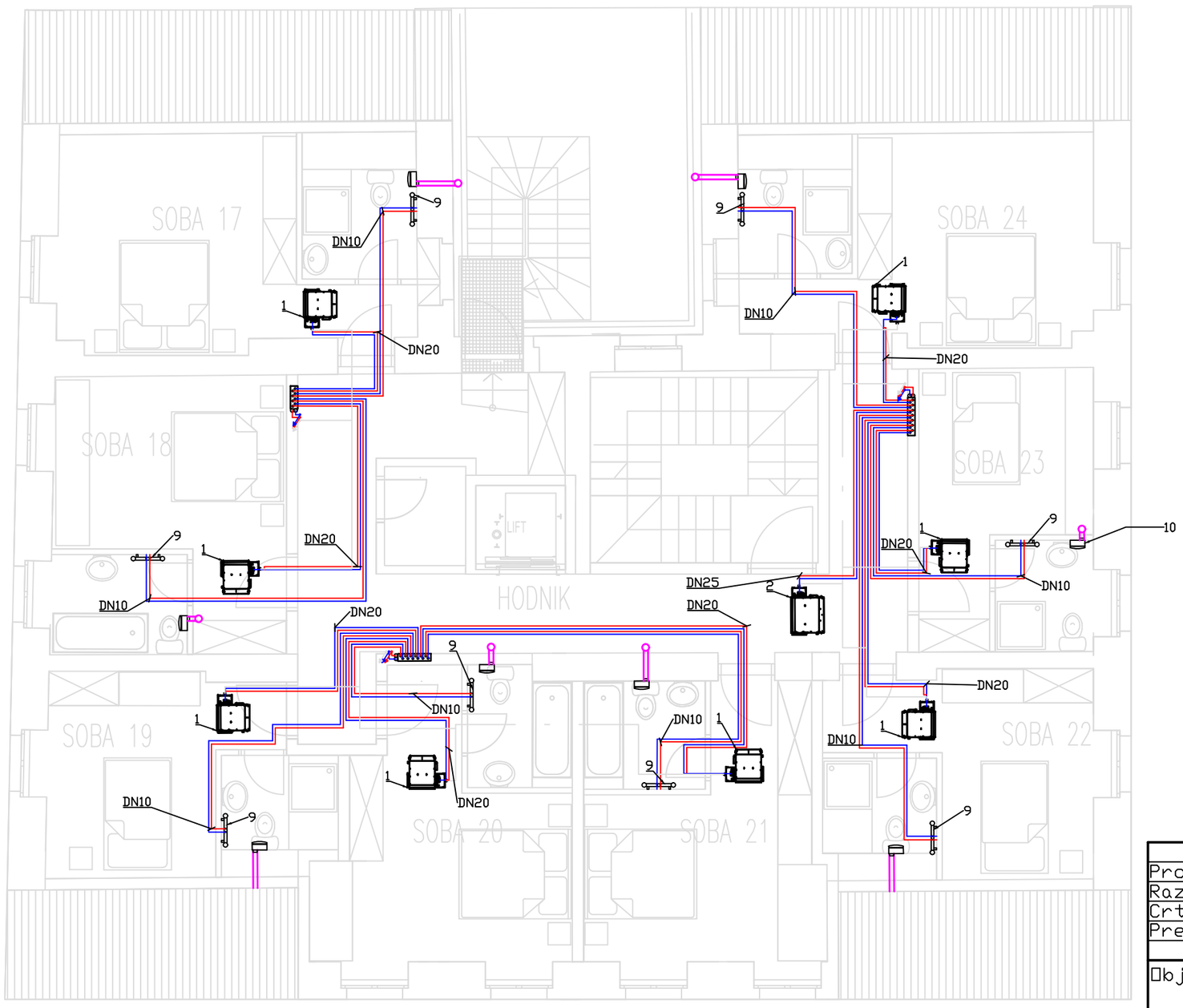
Format: A3

Crtež broj: 4

List:

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



1 - Ventilokonvektor FWE02CT, Daikin
HC=1,83 kw, CC=1,60 kW, 230V-50Hz
2 - Ventilokonvektor FWE03CT, Daikin
HC=2,89 kw, CC=2,45 kW, 230V-50Hz
3 - Ventilokonvektor FWE06CT, Daikin
HC=4,69 kw, CC=4,56 kW, 230V-50Hz
4 - Dizalica topline EWYQ050-CWP, Daikin,
radna tvar - R410A, HC = 50,1 kw CC = 50.7 kw
5 - Dizalica topline EWYQ040-CWP, Daikin,
radna tvar - R410A, HC = 41,7 kw, CC = 42,3 kw
6 - Dizalica topline EKHBRD016ACY1/ERRQ016AY1,
Daikin, radna tvar - R410A, HC= 16 kW
7 - Bivalentni spremnik s 3 izmjenjivača, V=1500l
8 - Međuspremnik ogrjevne/rashladne vode allSTOR
VPS800/3, Vaillant, V=778 l
9 - Kupaonske ljestve 1186/600, Viessman,
Qgr = 190,64 W
10 - Vario II V-II U-H, V=100m^3/h

- Polazni vod - sustav grijanja PTV, temp 65 °C
- Povratni vod - sustav grijanja PTV, temp 55 °C
- Odvod kondenzata
- Polazni vod - solarni sustav
- Povratni vod - solarni sustav
- Polazni vod - sustav grijanja, temp 45 °C
- Povratni vod - sustav grijanja, temp 40 °C

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Razradio	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Crtao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Pregledao	8.5.2019	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Mjerilo originala
1:100

Naziv: Tlocrt 3. kata – sustav grijanja/hladenja i sustav ventilacije

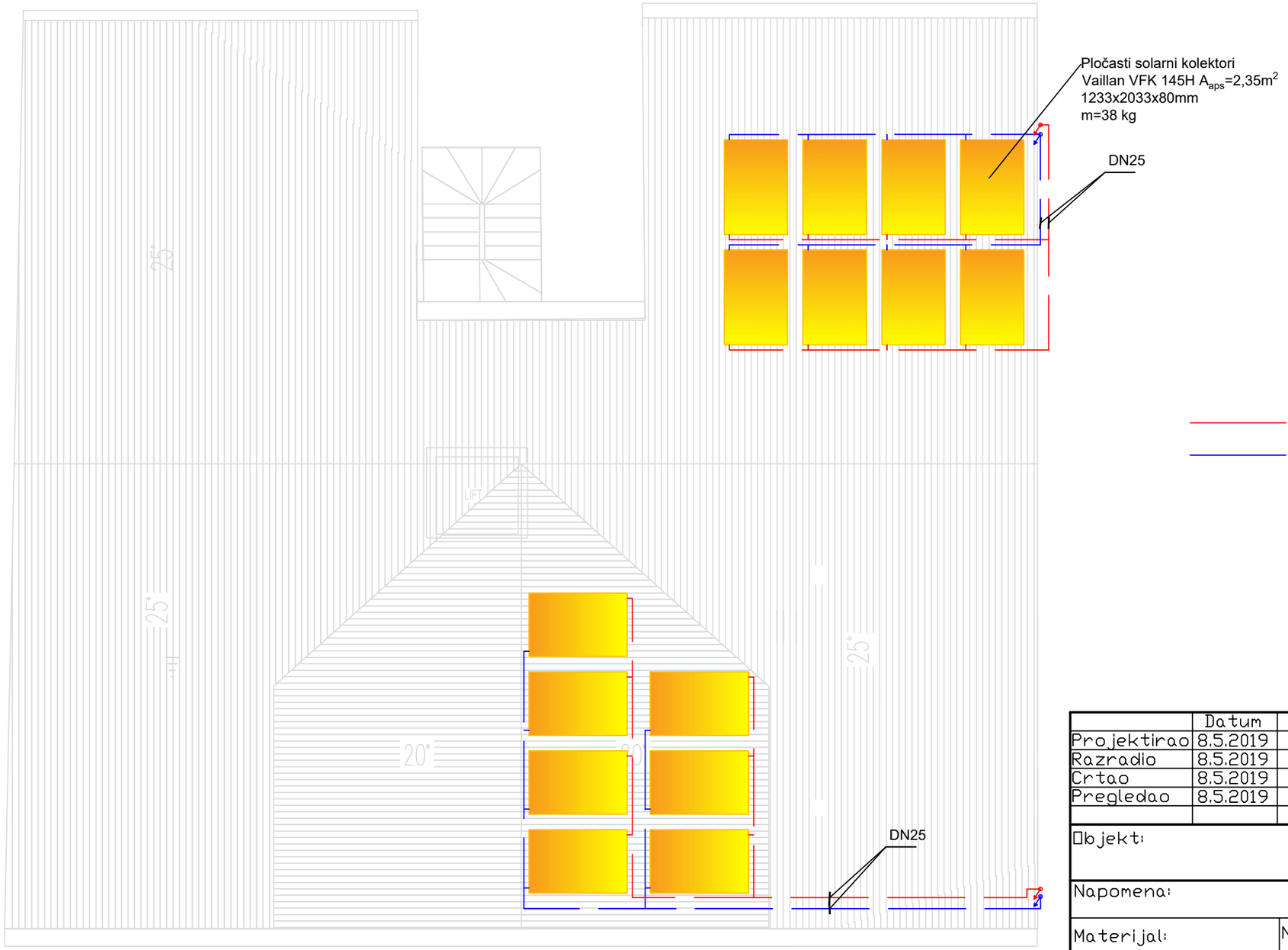
Format: A3

Crtež broj: 5

List:

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Polazni vod - solarni sustav

Povratni vod - solarni sustav

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Razradio	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Crtao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Pregledao	8.5.2019	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Naziv: Tlocrt krova - solarni sustav

Mjerilo originala

1:100

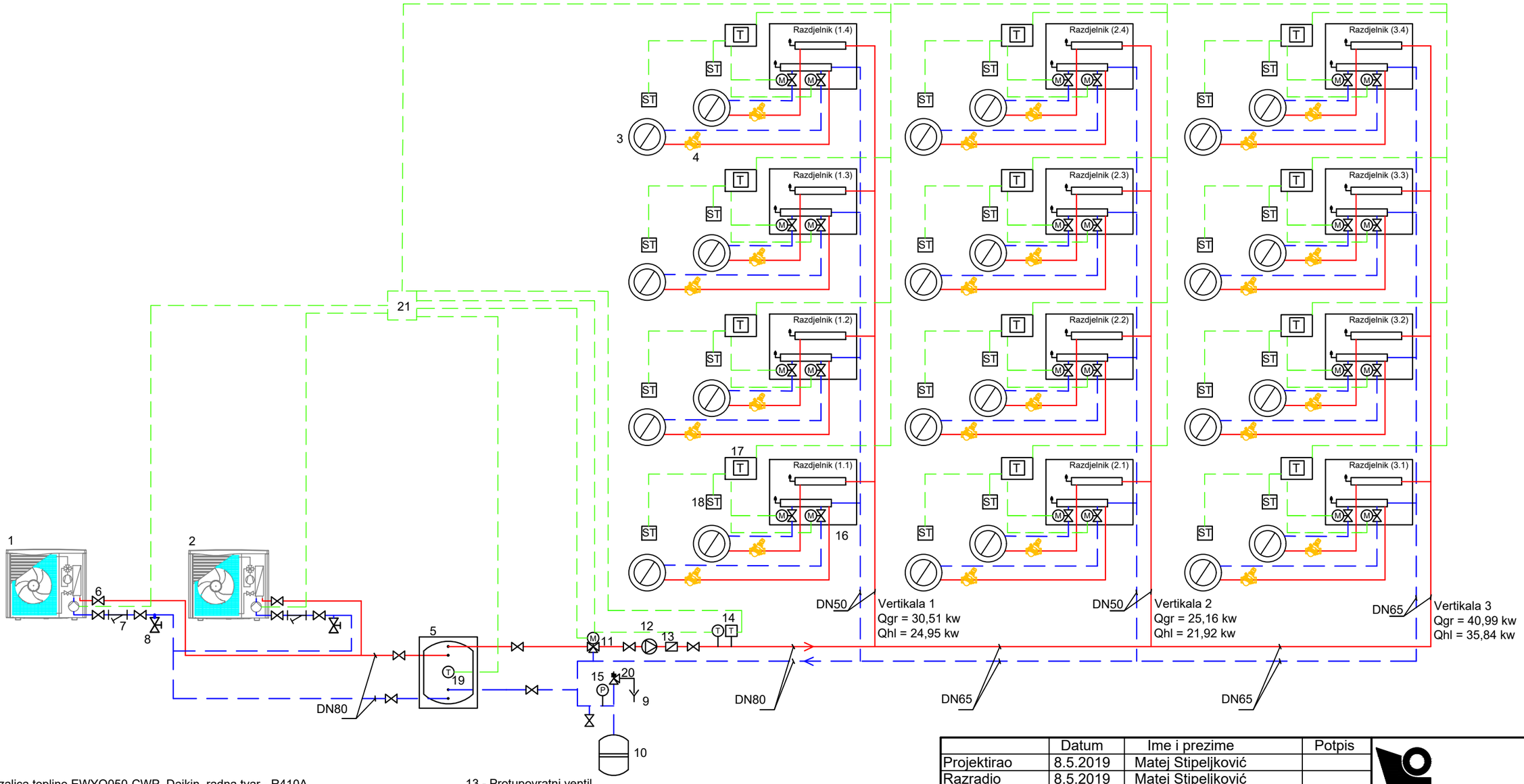
Format: A3

Crtež broj: 6

List:

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab



1 - Dizalica topline EWYQ050-CWP, Daikin, radna tvar - R410A
HC = 50,1 kw
CC = 50.7 kw
2 - Dizalica topline EWYQ040-CWP, Daikin, radna tvar - R410A
HC = 41,7 kw
CC = 42,3 kw
3 - Ogrijevna tijela - ventilokonvektori FWE02CT, FWE03CT, FWE06CT, Daikin
- kupaonske ljestve 1186/600, Viessman
4 - Stalnotlačni ventili AB-QM 15 i AB-QM20, Danfoss
5 - Međuspremnik ogrjevne/rashladne vode allSTOR VPS800/3, Vaillant, V=778 l
6 - Zaporni ventil
7 - Filter
8 - Ventil za ispust
9 - Odvod
10 - Ekspanzijska posuda Gitral MB 150, V=150 l
11 - Troputni razdjelni ventil
12 - Pumpa CRE 10-2A-A-A-E-HQQE, Grundfos, V=12.1 m³/h, H=29.4 m

13 - Protupovratni ventil
14 - Sigurnosni graničnik temperature polaznog voda
15 - Osjetnik tlaka
16 - Razdjelnik cijevi ITAP 922MO, 2,4,5,6,7 i 8 krugova
17 - Kontroler Smatrix Wave Plus
18 - Digitalni sobni termostat Smatrix Wave Plus
19 - Osjetnik temperature
20 - Sigurnosni ventil
21 - Glavna upravljačka jedinica

Polazni vod - sustav grijanja / hlađenja

Povratni vod - sustav grijanja / hlađenja

Regulacija

Temperaturni režim grijanja / hlađenja:
- grijanje 45/40 °C
- hlađenje 7/12 °C

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Razradio	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Crtao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Pregledao	8.5.2019	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Mjerilo originala

Naziv: Funkcionalna shema spajanja i regulacije grijanja/hlađenja

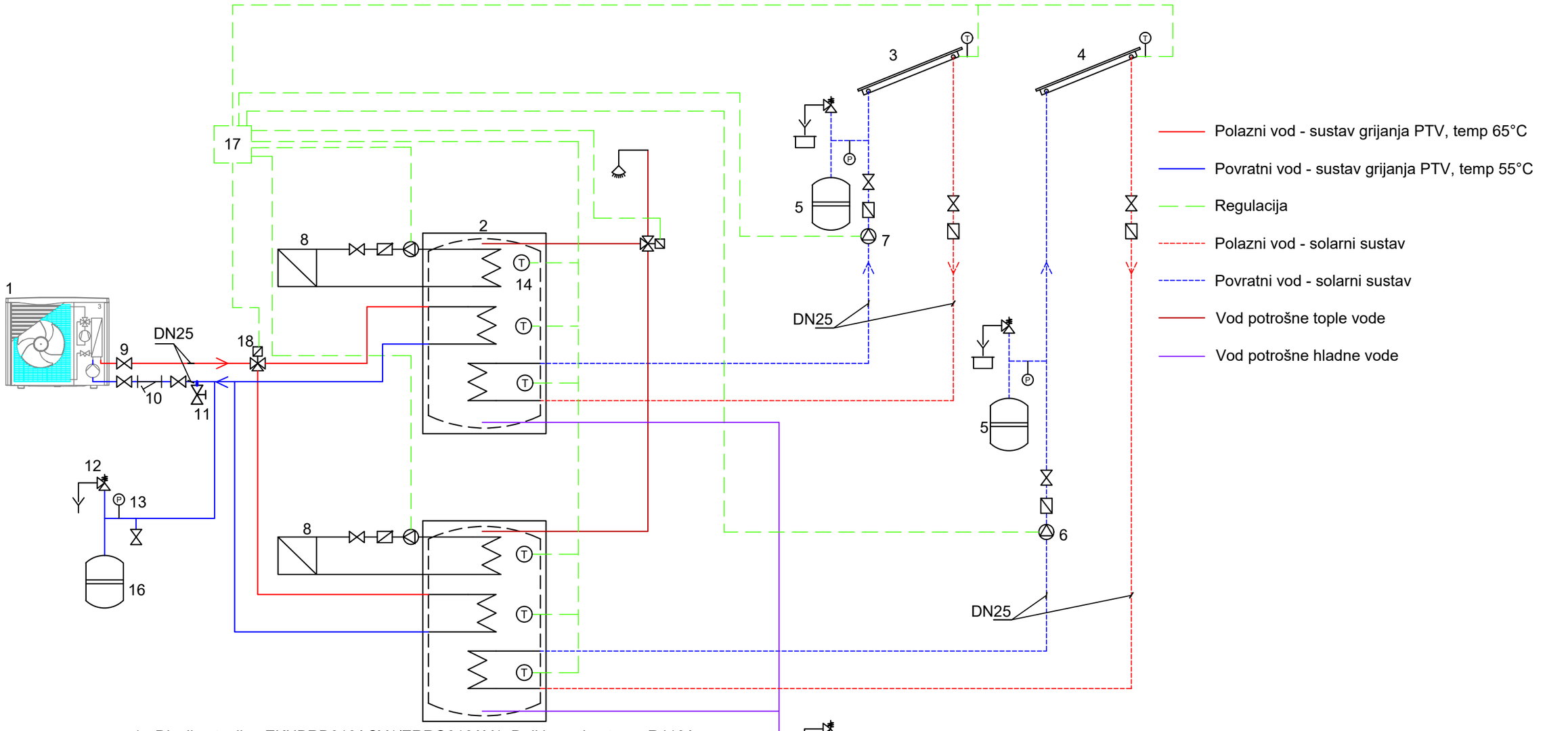
Format: A3

Crtež broj: 7

List:

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



1 - Dizalica topline EKHBRD016ACY1/ERRQ016AY1, Daikin, radna tvar - R410A, HC = 16 kW
2 - Bivalentni spremnik sa 3 izmjenjivača, V=1500l
3 - Pločasti solarni kolektor VFK 145H, Vaillant, 7 kom, A_{aps}=2,35 m^2 x 7=16,45m^2
4 - Pločasti solarni kolektor VFK 145H, Vaillant, 8 kom, A_{aps}=2,35 m^2 x 8=18,80m^2
5 - Ekspanzijska posuda Gitral, GS80, V=80 l
6 - Pumpa CR 1S, Grundfos, V=0,658 m³/h, H=20 m
7 -Pumpa CR 1S, Grundfos, V=0,752 m³/h, H=22 m
8 - Toplovodni kalorifer NVGT – 352 – 3Z
9 - Zaporni ventil
10 - Filter
11 - Ventil za ispust
12 - Sigurnosni ventil
13 - Osjetnik tlaka
14 - Osjetnik temperature
15 - Reducir ventil
16 - Ekspanzijska posuda
17 - Glavna upravljačka jedinica
18 - Elektromagnetni troputni ventil

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Razradio	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Crtao	8.5.2019	Matej Stipeljković	
Pregledao	8.5.2019	Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Mjerilo originala

Naziv: Funkcionalna shema spajanja i regulacije pripreme PTV-a

Format: A3

Crtež broj: 8

List:

Design by CADLab