Projekt ventilacije i grijanja restorana zračnim sustavom promjenjivog protoka

Sučić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:647158

Rights / Prava: Attribution 4.0 International/Imenovanje 4.0 međunarodna

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

ZAVRŠNI RAD

Marko Sučić

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

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

Student:

Marko Sučić

Zagreb, 2021.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu. Zahvaljujem se mentoru doc. dr.sc. Darku Smoljanu, dipl. ing. na pruženoj pomoći i ukazanom strpljenju tokom pisanja ovog rada.

Marko Sučić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne 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: **602 - 04 / 21 - 6 / 1**	
Ur.broj: **15 - 1703 - 21 -**	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Marko Sučić** Mat. br.: 0035211934

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt ventilacije i grijanja restorana zračnim sustavom promjenjivog protoka**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of ventilation and air heating system with variable air flow for a restaurant**

Opis zadatka:
Potrebno je proračunati i projektirati sustav zračnog grijanja i mehaničke ventilacije za potrebe restorana površine 120 m^2 na 3 etaže (Po+Pr+1K), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Sustav projektirati kao sustav s varijabilnim protočnim volumenom zraka ovisno o koncentraciji CO_2 te o temperaturi prostorije. Odabrati sustav s centralnom jedinicom za obradu zraka i sustavom povrata topline s rekuperatorom. Regulaciju protoka zraka ostvariti VAV regulatorima na tlačnom i odsisnom zračnom kanalu. Potrebne protoke zraka po prostorijama proračunati prema kriteriju projektnog toplinskog opterećenja i dozvoljene koncentracije CO_2. Pretpostaviti da postoji izvor tople vode za grijanje 70/55 °C.

Restoran se nalazi na području grada Zagreba.

Rad treba sadržavati:
- proračun projektnog toplinskog opterećenja,
- hidraulički proračun cijevne mreže i dimenzioniranje kanalnog razvoda,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu automatske regulacije za potpuno automatski rad postrojenja,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
30. studenoga 2020.

Zadatak zadao:
Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Datum predaje rada:
1. rok: 18,veljače 2021.
2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.
3. rok: 23. rujna 2021.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 22.2. – 26.2.2021.
2. rok (izvanredni): 9.7.2021.
3. rok: 27.9. – 1.10.2021.

Predsjednik Povjerenstva:
V Soldo
Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

SADRŽAJ

POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE V
POPIS OZNAKA VI
SAŽETAK X
SUMMARY XI
1 UVOD 1
2 OPIS I PROJEKTNI PODACI ZGRADE 2
3 SUSTAV PROSTORA ZA USLUŽIVANJE 4
3.1 Proračun projektnog toplinskog opterećenja sustava prostora za usluživanje 4
3.2 Projektni toplinski gubici prostorije 5
3.2.1 Projektni transmisijski gubici 5
3.2.2 Ventilacijski toplinski gubici 7
3.2.3 Toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja 8
3.2.4 Rezultati proračuna 9
3.3 Proračun ventilacije 11
3.3.1 Proračun ventilacije prema toplinskom opterećenju prostorije 11
3.3.2 Proračun ventilacije prema udjelu ugljikovog dioksida 12
3.3.3 Raspored dobave i povrata zraka i odabir ventilacijskih otvora 13
3.3.4 Odabir regulatora varijabilnog protoka 17
3.3.5 Dimenzioniranje i proračun pada tlaka kanala 19
3.4 Dimenzioniranje klimatizacijske jedinice 22
3.4.1 Definiranje procesa unutar klima komore 22
3.4.2 Komponente klimatizacijske jedinice 27
4 SUSTAV KUHINJE 29
4.1 Proračun ventilacije 29

4.1.1 Odabir ventilacijskih otvora 32
4.1.2 Odabir regulatora varijabilnog protoka 33
4.1.3 Dimenzioniranje i proračun pada tlaka ventilacijskih kanala 33
4.2 Dimenzioniranje klimatizacijske jedinice 34
4.2.1 Definiranje procesa unutar klima komore 34
4.2.2 Komponente klimatizacijske jedinice 37
5 ODABIR DIZALICE TOPLINE ZA KLIMATIZACIJSKE JEDINICE 39
6 SUSTAV PODRUMA 41
7 TEHNIČKI OPIS 43
7.1 Općenito 43
7.2 Instalacija dvije klimatizacijske jedinice 43
7.3 Instalacija dizalice topline 44
7.4 Instalacija kanalskog razvoda 44
7.5 Instalacija rekuperacijske stropne jedinice 44
7.6 Instalacija kuhinjskih napa 45
8 ZAKLJUČAK 46
LITERATURA 47
PRILOZI 48

POPIS SLIKA

Slika 1 Tlocrt podruma 2
Slika 2 Tlocrt prizemlja 2
Slika 3 Grafičko sučelje programa IntegraCAD 4
Slika 4 DEV-K otvor za zrak 14
Slika 5 Unos podatka za proračun DEV-K distributora zraka 14
Slika 6 Definiranje veličina za odabir 15
Slika 7 Odabir distributora 15
Slika 8 Rešetka OAH 16
Slika 9 Prikaz TAV regulacije 18
Slika 10 RVP-C regulator tvrtke Klimaoprema 18
Slika 11 KOER-Codis-C35-VAV kontorler 19
Slika 13 Klimatizacijska jedinica za sustav prostora za usluživanje 27
Slika 14 NES napa 30
Slika 15 NEZ napa 31
Slika 16 Prikaz rada eko nape u prostoru 31
Slika 17 Ventilator BF 100S 32
Slika 18Klimatizacijsa jedinica sustava kuhinje 37
Slika 19 Dizalica topline EWYQ-CWP tvrtke Daikin 39
Slika 20 Odabir dizalice topline 40
Slika 21 SupraBox COMFORT D 41
Slika 22 Zaslon SupraBox COMFORT-a 42
Slika 23 ZOV, zračni ventil 42

POPIS TABLICA

Tablica 1 Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata restorana 3
Tablica 2 Projektne temperature prostorija 3
Tablica 3 Karakteristike zidova stepeništa 9
Tablica 4 Rezultati provedenog proračuna za toplinsko opterećenje. 10
Tablica 5 Protok izračunan prema toplinskom opterećenju 11
Tablica 6 Kvaliteta zraka prema EN13779 12
Tablica 7 Nivo ugljikovog dioksida prema EN13779 12
Tablica 8 Karakteristike otvora DEV - K - 600/48 - B - A - RAL9010 16
Tablica 9 Karakteristike otvora DEV - K - 600/48 - B - B - RAL9010 16
Tablica 10 Rešetka OAH 625x125 17
Tablica 11 Karakteristike VAV-RVP-C regulatora 18
Tablica 12 Proračun pada tlaka dobavnog kanala sustava prostora za usluživanje 21
Tablica 13 Proračun pada tlaka povratnog kanala sustava prostora za usluživanje 21
Tablica 14 Stanje zraka u komori 26
Tablica 15 Proračun ventilacijskih zahtjeva sustava kuhinje 29
Tablica 16 Karakteristike NES nape 30
Tablica 17 Karakteristike NEZ 1000x1000 nape 30
Tablica 18 Karakteristike NEZ nape 31
Tablica 19 Karakteristike rešetke OAH -1-1025x225 – povrat 32
Tablica 20 Karakteristike rešetke OAH 1 825x225 32
Tablica 21 Karakteristike VAV regulatora 33
Tablica 22 Proračun pada tlaka dobvnog kanala sustava kuhinje 33
Tablica 23 Proračun pada tlaka povratnog kanala sustava kuhinje 33
Tablica 24 Tablica stanja zraka u komori 36
Tablica 25 Potrebni volumski protoci po prostorijama 41

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1/2	Funkcionalna shema spajanja i shema automatske regulacije
2/2	Dispozicija instalacije ventilacijskih kanala

POPIS OZNAKA

Popis	Jedinica	Oznaka
n_{50}	h^{-1},	broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka od 50 pa između prostorije i vanjskog okoliša
$\dot{V}_{Hi}$	$\frac{m^3}{s}$	potreban volumski protok prostorije prema osjetnom toplinskom opterećenju
$\dot{V}_{ki}$	$\frac{m^3}{s}$	potreban volumski protok prostorije prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku
$\dot{V}_{oi}$	$\frac{m^3}{s}$	potreban volumski protok prostorije prema broju izmjena prostorije
$\mathrm{L_{wa}}$	$dB(A)$	zvučna snaga
A_i	m^3,	površina poda grijanog prostora sa pola debljine zidova
A_k	m^2	površina stijenke građevnog elementa kroz koju prolazi toplina
$C_{i,doz}$	ppm	dozvoljena koncentracija u prostoriji
$C_{i,vanj}$	ppm	koncentracija u vanjskom zraku
G_W		korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode
$H_{T,ie}$	$\frac{W}{K}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema okolišu
$H_{T,ig}$	$\frac{W}{K}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru niže temperature
$H_{T,ij}$	$\frac{W}{K}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru niže temperature
$H_{T,iue}$	$\frac{W}{K}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema okolišu kroz negrijan prostor
$U_{equiv,k}$	$\frac{W}{m^2K}$	ekvivalentni koeficijent prolaza topline
U_k	$\frac{W}{m^2K}$	koeficijent prolaza topline kroz građevni element
V_i	m^3	volumen prostorije
V_j	m^3	volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama
V_{pz}	$\frac{m^3}{s}$	volumski protok povrata zraka
c_p	$\frac{J}{kgK}$	specifični toplinski kapacitet zraka pri konstantnom tlaku

e_i		koeficijent koji uzima u obzir utjecaj vjetra i broj otvora prema okolišu
e_k, e_l		na nacionalnoj bazi određeni korekcijski faktori koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje, ako nisu određeni uzeti su sa 1
f_{RH}		površina poda grijanog prostora sa pola debljine zidova
f_{g1}		korekcijski faktor utjecaja godišnje oscilacije vanjske temperature, 1,45
f_{g2}		faktor smanjenja temperaturne razlike
f_{ij}		faktor smanjenja temperaturne razlike
l_l	m	duljina toplinskog mosta
$q_{s,HEAT}$	W	osjetno toplinsko opterećenje kod grijanja
r_o	$\frac{kJ}{kg}$	toplina isparavanja
x_{pz}	$\frac{g_w}{kg_w}$	sadržaj pare povrata zraka
x_{vz}	$\frac{g}{kg}$	sadržaj pare vlažnog zraka
Φ_{GR}	W	kapacitet grijača
$\Phi_{lat.uk}$	W	latentna toplina prostorije
$\Phi_{pov.top}$	W	kapacitet pločastog rekuperatora
Ψ_l	$\frac{W}{mK}$	linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta
ε_i		korekcijski visinski faktor
η_{dv}		učinkovitost ventilatora na dovodu
η_{pv}		učinkovitost ventilatora na odvodu
θ_e	$°C$	vanjska projektna temperatura
$\theta_{int,i}$	$°C$	unutarnja projektna temperatura
φ_{vz}		relativna vlažnost vanjskog zraka
ϑ_{int}	$°C$	unutarnja temperatura
ϑ_{uz}	$°C$	temperatura unutarnjeg zraka
ϑ_{vz}	$°C$	temperatura vanjskog zraka
$\phi_{RH,i}$	W	toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja
$\phi_{T,i}$	W	projektni transmisijski gubici topline prostorije
$\phi_{V,i}$	W	projektni ventilacijski gubici topline prostorije
ϕ_i	W	ukupno toplinsko opterećenje prostorije

h	$\frac{kJ}{kg}$	entalpija zraka
Δp	Pa	pad tlaka
ACH	h^{-1}	broj izmjena zraka u prostoriji
x	$\frac{g_w}{kg_w}$	sadržaj pare vlažnog zraka
Δp_{dz}	Pa	ukupni tlak zraka povratnog ventilatora
Δp_{pz}	Pa	ukupni tlak zraka povratnog ventilatora
Δt_H	$°C$	razlika temperature dobavnog zraka i zraka u prostoriji
η		učinkovitost rekuperatora
ρ	$\frac{kg}{m^3}$	gustoća zraka
φ		relativna vlažnost zraka
ϑ	$°C$	temperatura
$H_{T,se}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka topline stepeništa prema vanjskom okolišu
$H_{T,skuh}$	W/K	koeficijent gubitka topline stepeništa prema kuhinji
θ_s	°C	temperatura stepeništa
θ_{kuh}	°C	temperatura kuhinje
ϕ_{Ts}	W	transmisijski gubici stepeništa
$V_{inf,s}$	m^3/h	volumenski protok uslijed infiltracije stubišta
V_s	m^3	volumen stubišta
e_s		koeficijent koji uzima u obzir utjecaj vjetra i broj otvora prema okolišu, za stepenište
ε_s		korekcijski visinski faktor za stepenište
$H_{V,s}$	W/K	koeficijent
$\phi_{V,s}$	W	ventilacijski gubici stepeništa
$\phi_{RH,s}$	W	toplina za ponovno ugrijavanje stepeništa
$A_{s'}$	m^2	površina stepeništa sa pola debljine zidova
ϕ_{HLs}	W	projektno toplinsko opterećenje stepeništa za grijanje
w	$\frac{m}{s}$.	brzina zraka u kanalu
$\dot{V}$	$\frac{m^3}{s}$	volumski protok zraka u kanalu
A	m^2	površina presjeka cijevi

d	mm	standardni promjer cijevi
R	Pa/m	linijski pad tlaka
Δp_F	Pa	pad tlaka uslijed trenja
λ		trenje u kanalu
Z	Pa	pad tlaka uslijed lokalnih gubitaka
Δp_L	Pa	lokalni pad tlaka
ζ		koeficijent lokalnog pada tlaka
Δp_T	Pa	ukupni pad tlaka

SAŽETAK

U ovom radu prikazano je projektno rješenje zračnog grijanja i mehaničke ventilacije restorana na dvije etaže. Restoran se sastoji od podruma u kojem se nalaze sanitarne prostorije i dvije ostave, i prizemlja u kojem se nalazi prostor za usluživanje kuhinja i njoj pridruženi infopult. Ukupni sustav restorana je podijeljen na tri sustava, sustav prostora za usluživanje, sustav kuhinje i sustav podruma. Sustav prostora za usluživanje ima vlastitu klimatizacijsku jedinicu s pločastim rekuperatorom koja dovodi 100% vanjski zrak namijenjen grijanju i ventilaciji. Protok zraka unutar prostora reguliran je VAV (*Varialble Air Volume)* regulacijskim ventilima u ovisnosti o temperaturi prostorije i udjelu ugljikovog dioksida. Sustav kuhinje je spojen na drugu klimatizacijsku jedinicu manjeg kapaciteta, a u kuhinju dovodi zrak potreban za rad ugrađenih napa i ventilaciju prostorije. Zrak za prostor kuhinje je ugrijan do projektne temperature prostorije, a protok mu se regulira VAV regulacijskim ventilima u ovisnosti o razlici tlakova prostorije za usluživanje i same kuhinje. Grijači klimatizacijskih jedinica spojeni su na istu dizalicu topline. U podrumu je ugrađen sustav za povrat topline (*The Rosenberg SupraBox COMFORT energy recovery unit)* koji se sastoji od ventilatora, rekuperatora i električnog grijača, koji se pali u slučaju da temperatura padne ispod zadane temperature.

Proračuni se vrše prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. U prilogu se nalaze tablice s rezultatima proračuna, crteži koji prikazuju raspored opreme i funkcionalnu shemu spajanja i automatske regulacije.

Ključne riječi: grijanje, ventilacija, zračni sustav.

SUMMARY

This paper presents design solution for air heating and mechanical ventilation for a two-floor restaurant. The restaurant consists of a basement with sanitary facilities and two pantries, a ground floor with a kitchen service area, and an associated information desk. The overall restaurant system is divided into three systems, the serving space system, the kitchen system, and the basement system. The service area system has its own air handling unit with a plate recuperator that supplies 100% outdoor air for heating and ventilation. The air flow inside the room is regulated by VAV (Variable Air Volume) control valves depending on the room temperature and carbon dioxide proportion. The kitchen system is connected to another air handling unit of smaller capacity and brings needed air to the kitchen for the operation of built-in kitchen ventilation and room ventilation. The air for the kitchen space is heated to the design room temperature, and its flow is regulated by VAV control valves depending on the pressure difference between the service room and the kitchen itself. The air conditioning unit heaters are connected to the same heat pump. The basement has a built-in heat recovery system (The Rosenberg SupraBox COMFORT energy recovery unit) consisting of a fan, recuperator, and electric heater which turns in case the temperature drops below the set temperature.

Calculations are made according to the given architectural basis. Attachments consist of tables with calculation results, drawings showing the layout of the equipment, and the functional scheme of the connection and automatic regulation.

Keywords: heating, ventilation, air system.

1 UVOD

Sustav grijanja ventilacije i klimatizacije (GViK sustav) ima zadatak ostvariti i održavati parametre toplinske ugodnosti, odnosno ugoditi što većem broju korisnika zatvorenih prostorija. Pod parametre toplinske ugodnosti spadaju temperatura zraka u prostoriji, temperatura ploha prostorije, vlažnost zraka, strujanje zraka, razina odjevenosti, razina fizičke aktivnosti, kvaliteta zraka, buka, namjena prostora. Kako bi se održali parametri ugodnosti potrebno je predvidjeti zahtjeve i razinu fizičke i intelektualne aktivnosti ljudi u prostorijama u kojima se GViK sustav projektira.

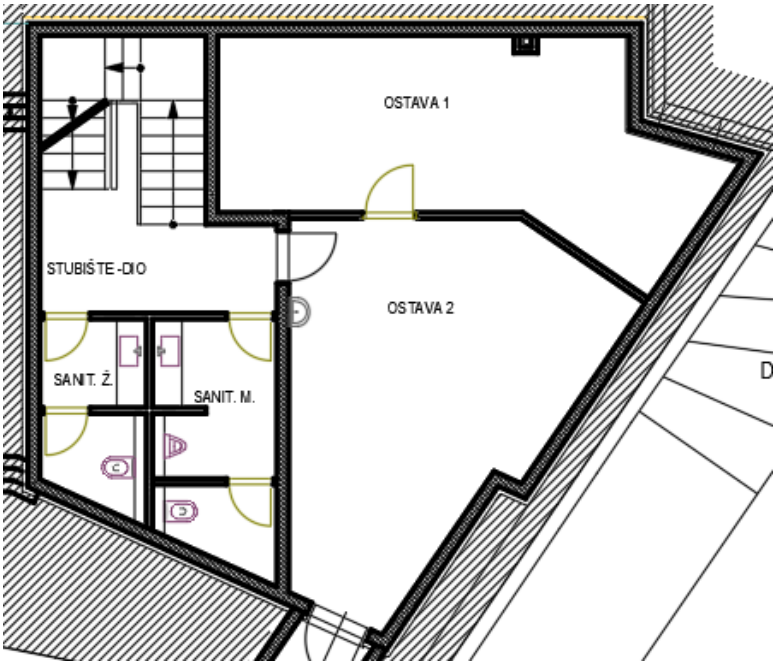
Prema DIN 1946 sustavi klimatizacije dijele se ovisno o mogućnosti sustava da izvrši četiri osnovna termodinamička procesa pripreme vlažnog zraka: grijanje, hlađenje, ovlaživanje i odvlaživanje. Ovisno vrši li sustav jedan, dva ili tri, ili vrši sva četiri procesa sustavi klimatizacije se dijele na sustave ventilacije, sustave djelomične klimatizacije i sustave klimatizacije. Da bi sustav bio okarakteriziran kao klimatizacijski sustav mora imati dobavu vanjskog zraka u prostoriju.

U ovom završnom radu prikazan je klimatizacijski sustav, sustav ventilacije, odnosno sustav grijanja i ubacivanja zraka za potrebe restorana na području grada Zagreba. Na temelju arhitektonske podloge potrebno je predvidjeti zračni sustav. Zračni sustav restorana će biti izveden kao tri sustava, dva sustava s klimatizacijskom jedinicom i sustavom s jedinicom za oporavak energije. Sva tri sustava imaju jedinicu za povrat topline iz istrošenog zraka.

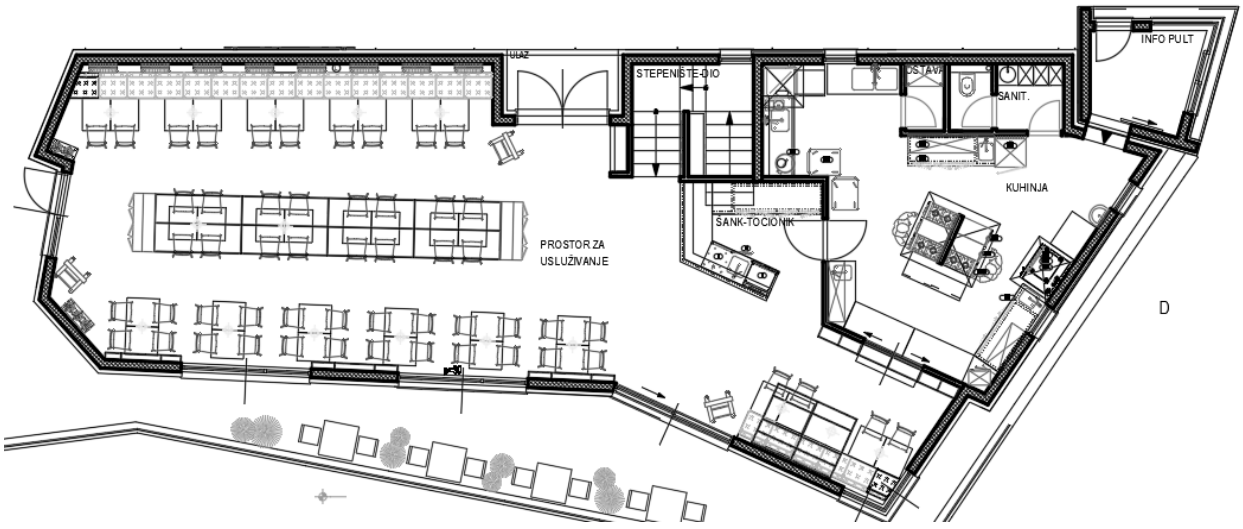
Za potrebe grijača u klimatizacijskim jedinicama potrebno je provesti odabir dizalice topline koja će osigurati dovoljan toplinski tok za zagrijavanje usisnog zraka, na potrebnu temperaturu, uz maksimalan mogući protok.

2 OPIS I PROJEKTNI PODACI ZGRADE

Projektirani restoran se nalazi na području grada Zagreba, projektiran je na dvije etaže (Po+Pr). Podrum je sa svih strana ispod razine tla, sastoji se od dvije ostave, sanitarnih prostorija te dijela stepeništa. Prizemlje se sastoji od prostora za usluživanje, šanka, stubišta i kuhinje, koja ima toalet za osoblje i malu ostavu, dok je info pult izveden prenamjenom već izgrađenog pomoćnog objekta, a s restoranom je povezan prolazom iz kuhinje. Restoran osim unutarnjeg dijela ima terasu, parking i šetnicu kroz zelenu površinu.



Slika 1 Tlocrt podruma



Slika 2 Tlocrt prizemlja

Restoran se projektira i gradi kao nova zgrada te kao takav mora ispunjavati sve tehničke zahtjeve propisane Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama izdanog od strane Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine. Posljednja izmjena propisa stupila je na snagu 24. rujna 2020. godine, stoga ovaj projekt ispunjava sve propise zadane na datum izmjene te su pojedine veličine potrebne za izračun izabrane prema istom.

Građevni element	**U** $\frac{W}{m^2K}$
Podovi na tlu	0,40
Zidovi prema tlu	0,40
Stropovi između grijanih prostorija	0,60
Vanjski zidovi	0,30
Pregradni zidovi	0,60
Prozori i vrata terase	1,60
Vrata	2,00
Strop prema vani	0,25
Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama	0,4

Tablica 1 Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata restorana

Unutarnje projektne temperature su birane sukladno parametrima toplinske ugodnosti te potrebama prostorije.

Prostorija	$\boldsymbol{\theta_{int}}[\,^{\circ}\boldsymbol{C}\,]$
Ostave	16
Sanitarne prostorije	18
Stepenište G	20
Stepenište D	18
Prostor za usluživanje	20
Kuhinja	18

Tablica 2 Projektne temperature prostorija

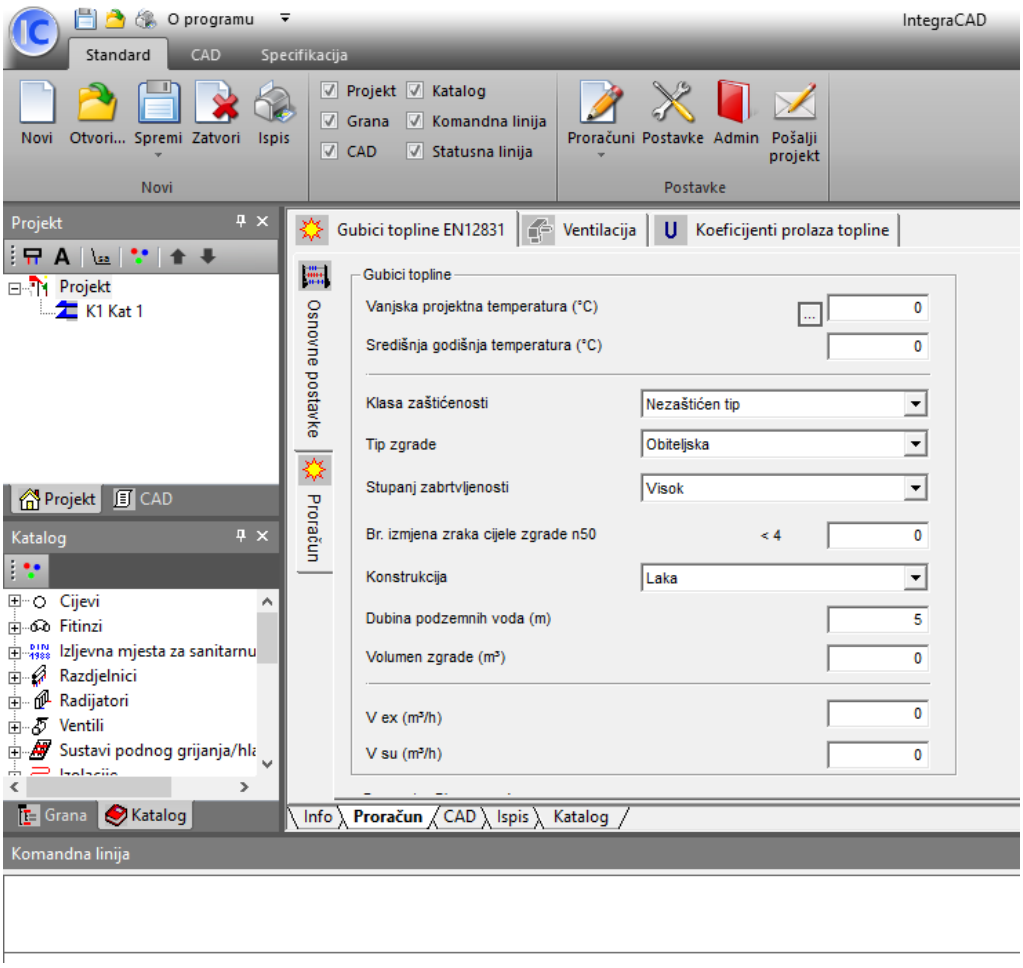
Proračuni su rađeni prema vanjskoj projektnoj temperaturi koja iznosi -15°C i srednjoj godišnjoj temperaturi koja iznosi 10,9°C.

3 SUSTAV PROSTORA ZA USLUŽIVANJE

Sustav prostora za usluživanje obuhvaća prostor šanka, stepeništa i prostora za usluživanje. U prostor je potrebno pomoću ventilacijskih kanala uvesti dovoljnu količinu zraka za zagrijavanje i ventilaciju prostorije. Kako bi se projektirali svi potrebni dijelovi uključujući klimatizacijsku jedinicu, izvor topline za klimatizacijsku jedinicu, kanali i otvori dovoda i povrata zraka, potrebno je provesti proračune projektnog toplinskog opterećenja, proračun sustava ventilacije i proračun grijača klimatizacijske jedinice.

3.1 Proračun projektnog toplinskog opterećenja sustava prostora za usluživanje

Proračun projektnog toplinskog opterećenja izveden je prema normi HRN EN 12831. Za pojednostavljenje postupka proračuna korišten je program *IntegraCAD,* koji uz ulazne podatke projektnih temperatura, dimenzija prostorije, koeficijenata prolaza topline i drugi potrebnih veličina, izračunava toplinsko opterećenje prostorije. Proračun jedne prostorije vođen je ručno.



Slika 3 Grafičko sučelje programa IntegraCAD

3.2 Projektni toplinski gubici prostorije

Norma HRN EN 12831 projektno toplinsko opterećenje prostorije definira kao zbroj toplinskih gubitaka prostorije, čime je određen potrebni toplinski učin za prostoriju pomoću kojeg se može dimenzionirati potreban protok zraka za zagrijavanje prostorije. Formula za izračun zadana je izrazom:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} + \phi_{RH,i} \quad W.$$

Gdje su:

$\phi_{T,i}$	projektni transmisijski gubici topline prostorije,	W,
$\phi_{V,i}$	projektni ventilacijski gubici topline prostorije,	W,
$\phi_{RH,i}$	toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja,	W.

3.2.1 Projektni transmisijski gubici

Projektni transmisijski gubici su oni gubici koji se događaju uslijed prijenosa topline kroz stijenke prostorije prema okolišu, negrijanoj prostoriji, zemlji ili prostoriji grijanoj na nižu temperaturu. Formula za izračun dana je izrazom:

$$\phi_{Ti} = \left(H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}\right)\left(\theta_{int,i} - \theta_e\right) \quad W.$$

Gdje je:

$H_{T,ie}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema okolišu,	W/K,
$H_{T,iue}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema okolišu, kroz negrijan prostor,	W/K,
$H_{T,ig}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema, susjednom grijanom prostoru niže temperature,	W/K,
$H_{T,ij}$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema, susjednom grijanom prostoru niže temperature,	W/K,
$\theta_{int,i}$	unutarnja projektna temperatura,	$°C$,
θ_e	vanjska projektna temperatura,	$°C$.

3.2.1.1 Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu

Transmisijski gubici ovise o površini, materijalu i načinu izvođenja ploha prostorije. Formula za izračun koeficijenta transmisijskog gubitka prema okolišu dana je izrazom:

$$H_{T,ie} = \sum A_k U_k e_k + \sum \Psi_l \, l_l \, e_l \quad \frac{W}{K}.$$

Gdje je:

A_k	površina stijenke građevnog elementa kroz koju prolazi toplina,	m^2,
U_k	koeficijent prolaza topline kroz građevni element,	$\frac{W}{m^2K}$,
e_k, e_l	na nacionalnoj bazi određeni korekcijski faktori koji uzimaju u obzir, klimatske utjecaje, ako nisu određeni uzeti su sa 1,	
Ψ_l	linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta,	$\frac{W}{mK}$,
l_l	duljina toplinskog mosta,	m.

Prema stavku 4, članka 33. tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama kod projektiranja, utjecaj toplinskih mostova uzet je u obzir s povećanjem koeficijenta prolaska topline U_k svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade sa $0{,}10 \frac{W}{m^2K}$.

3.2.1.2 Transmisijski gubici prema tlu

Gubici prema tlu se događaju na prostoru dodira plohe zida ili poda sa zemljom, a dani su sljedećim izrazom:

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} + \left(\sum A_k \, U_{equiv,k} \right) G_W \quad \frac{W}{K}.$$

Gdje je:

f_{g1}	korekcijski faktor utjecaja godišnje oscilacije vanjske temperature, 1,45,	
f_{g2}	faktor smanjenja temperaturne razlike,	
$U_{equiv,k}$	ekvivalentni koeficijent prolaza topline prema podacima iz tablica,	$\frac{W}{m^2K}$,
G_W	korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode.	

3.2.1.3 Gubici topline prema susjednim prostorijama

Gubici topline prema susjednim prostorijama se događaju uslijed razlike u temperaturama između prostorija. Budući da su te razlike obično male, vrlo često se zanemaruju. Za koeficijent gubitka topline prema susjednim prostorijama dan je izraz:

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} A_k U_k \quad \frac{W}{K}.$$

Gdje je:

f_{ij} faktor smanjenja temperaturne razlike.

3.2.2 Ventilacijski toplinski gubici

Ventilacijski gubici nastaju uslijed odvođenja topline vezanog na zrak koji ulazi u grijanu prostoriju. Ventilacijski gubici dani su sljedećim izrazom:

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right) \quad W.$$

Gdje je:

$H_{V,i}$	koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka,	W/K,
$\theta_{int,i}$	unutarnja projektna temperatura grijanog prostora,	$°C$,
θ_e	vanjska projektna temperatura,	$°C$.

Izračun koeficijenta topline dan je izrazom:

$$H_{V,i} = V_i \, c_p \rho = V_i \cdot 0{,}34 \quad W.$$

Gdje je:

V_i protok zraka u grijani prostor , $\frac{m^3}{h}$.

Budući da je projektirano zračno grijanje za ventilacijske gubitke uzeti su samo oni gubici koji nastaju uslijed infiltracije. Protok uslijed infiltracije dan je izrazom:

$$V_{inf.i} = V_i = 2\, V_j\, n_{50}\, e_i\, \varepsilon_i \quad \frac{m^3}{h}.$$

Gdje je:

V_j	volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama,	m^3,
n_{50}	broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka od 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša,	h^{-1},
e_i	koeficijent koji uzima u obzir utjecaj vjetra i broj otvora prema okolišu,	
ε_i	korekcijski visinski faktor.	

3.2.3 Toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja

Nakon što dođe do prekida grijanja prostorije se hlade te je za ponovno zagrijavanje potrebno dodatan toplinski tok koji ovisi o padu temperature tijekom prestanka grijanja, vremenu u kojem želimo ponovo postići projektne uvjete i vrsti konstrukcije zgrade. Potrebna toplina za ponovno zagrijavanje prostora dana je sljedećim izrazom:

$$\phi_{RH,i} = A_i f_{RH} \quad W.$$

Gdje je:

A_i	površina poda grijanog prostora sa pola debljine zidova,	m^3,
f_{RH}	korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature tijekom prekida grijanja,	h^{-1}.

Korekcijski faktor u proračunu uzet je za pretpostavljeni pad temperature od 3°C, za vrijeme ponovnog zagrijavanja 1h. Masa konstrukcije zgrade je srednja.

3.2.4 Rezultati proračuna

Proračun gornjeg dijela stepeništa napravljen je ručno, a površine ploha prostorije i koeficijenti prolaza topline ploha zadani su u tablici.

	Površina plohe	U $\frac{W}{m^2K}$
Zid vrata	5,85	0,3
Zid parking	10,45	0,3
Zid kuhinja	10,92	0,6
Strop	7,2	0,25
Prozor	1,76	1,1

Tablica 3 Karakteristike zidova stepeništa

Kako je već napisano, tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama kod projektiranja toplinski most se u proračunu uzima s povećanjem od 0,1$\frac{W}{m^2K}$ .Prema navedenom izrazu:

$$H_{T,se} = \sum A_k(U_k + 0{,}1)\,,$$

koeficijent transmisijskog gubitka topline prema vanjskom okolišu iznosi:

$$H_{T,se} = 4{,}09 \cdot 0{,}4 + 12{,}21 \cdot 0{,}4 + 7{,}2 \cdot 0{,}35 + 1{,}76 \cdot 1{,}2 = 11{,}15\ W/K.$$

Koeficijent transmisijskog gubitka prema grijanoj prostoriji se računa iz izraza:

$$H_{T,skuh} = \sum f_{sk} A_k(U_k + 0{,}1)$$

Gdje je:

$$f_{ij} = \frac{\theta_s - \theta_{kuh}}{\theta_s - \theta_e} = \frac{20 - 18}{20 - (-15)} = 0{,}06$$

pa je :

$$H_{T,skuh} = 0{,}06 \cdot 10{,}92 \cdot 0{,}7 = 0{,}46\ W/K.$$

Projektni transmisijski gubici se računaju na slijedeći način:

$$\phi_{Ts} = (H_{T,se} + H_{T,skuh})\left(\theta_{int,s} - \theta_e\right) = (11{,}15 + 0{,}46) \cdot (20 - (-15) = 406{,}35\ W.$$

Ventilacijski gubici nastaju uslijed infiltracije pa se računa:

$$V_{inf,s} = 2\ V_s\ n_{50}\ e_s\ \varepsilon_s\ m^3/h.$$

Pretpostavljeno je da se restoran nalazi na vjetrovitom području, bez zaštite te da je stupanj zabrtvljenosti srednji. Za takve uvjete iz tablica se očitava $n_{50} = 4$, $e_s. = 0{,}03$, dok je $\varepsilon_s = 1$.

Volumenski protok uslijed infiltracije tada iznosi:

$$V_{inf.s} = 2 \cdot 25{,}2 \cdot 4 \cdot 0{,}03 \cdot 1 = 6{,}048\, m^3/h.$$

Koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka se računa prema :

$$H_{V,s} = V_{inf,s}\, c_p \rho = 6{,}048 \cdot 0{,}34 = 2{,}06\, W/K.$$

Projektni ventilacijski gubici se računaju na slijedeći način:

$$\phi_{V,s} = H_{V,s} \left(\theta_{int,s} - \theta_e\right) = 2{,}06 \cdot \left(20 - (-15)\right) = 72{,}1\, W.$$

Potrebna toplina zbog prekida grijanja se računa iz izraza:

$$\phi_{RH,s} = A_{s'} f_{RH}.$$

Prema tablicama f_{RH} za pretpostavljeni pad temperature za vrijeme prekida od 3°C, za vrijeme zagrijavanja od jedan sat i srednju mase zgrade iznosi 30. Toplina potrebna za ponovno zagrijavanje prema tome iznosi:

$$\phi_{RH,s} = 7{,}3 \cdot 30 = 219\, W.$$

Ukupno potrebno toplinsko opterećenje se računa kao zbroj izračunanih toplinskih gubitaka pa vrijedi:

$$\phi_{HLs} = \phi_{T,s} + \phi_{V,s} + \phi_{RH,s} = 406{,}35 + 72{,}1 + 219 = 697{,}45\, W,$$

što nam daje iznos toplinskog toka kojeg moramo projektiranjem sustava namijeniti gornjem dijelu stepeništa.

Tablice s rezultatima proračuna programa *IntegraCAD* dane su u prilogu A, a rezultati su prikazani u sljedećoj tablici.

Prostorija	$\boldsymbol{\phi_{T,i}}$ **W**	$\boldsymbol{\phi_{V,i}}$ **W**	$\boldsymbol{\phi_{RH,i}}$ **W**	$\boldsymbol{\phi_{HLi}}$ **W**
Stepenište podrum	141	0	363	504
Stepenište prizemlje	405	72	216	693
Prostor za usluživanje	5383	2021	3639	11043

Tablica 4 Rezultati provedenog proračuna za toplinsko opterećenje.

Iz tablice je vidljivo da se rješenje razlikuje za 0,6% što nam daje sigurnost za rad u programu.

3.3 Proračun ventilacije

Ventilacija predstavlja namjerno ubacivanje zraka kroz projektirane otvore iz vanjskog okoliša u zgradu. S obzirom na potrebe prostorije i potrebe ljudi koji u njima borave proračun ventilacije se može vršiti prema broju osoba u prostoriji, prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku, prema broju izmjena zraka, prema izračunatim toplinskim opterećenjima za grijanje ili hlađenje te prema zahtjevu za odvlaživanjem. Sustav prostora za usluživanje, kako je zadano vrši se prema udjelu ugljikovog dioksida, koji je uzet kao mjerilo istrošenosti zraka, i prema toplinskom opterećenju prostorije.

Proračun ventilacije vrši se uz pomoć programa *Microsoft Office Exell*.

3.3.1 Proračun ventilacije prema toplinskom opterećenju prostorije

Prema dobivenim podacima iz prethodnog poglavlja toplinsko opterećenje sustava prostora za usluživanje iznosi 12240 W. Izraz kojim se dobije potreban volumski protok zraka za dano toplinsko opterećenje je:

$$\dot{V}_{Hi} = \frac{q_{s,HEAT}}{\rho c_p \Delta t_H} \quad \frac{m^3}{h}.$$

Gdje je :

$q_{s,HEAT}$	-osjetno toplinsko opterećenje kod grijanja,	W,
ρ	-gustoća zraka,	$\frac{kg}{m^3}$,
c_p	-specifični toplinski kapacitet zraka pri konstantnom tlaku,	$\frac{J}{kgK}$,
Δt_H	-razlika temperature dobavnog zraka i zraka u prostoriji,	$°C$.

Temperatura dobavnog zraka u prostoriju iznosi 30°C pa razlika dobavnog zraka i zraka u prostoriji iznosi 10°C. U tablici su prikazani dobiveni rezultati proračuna u programu *Microsoft Office Excel.*

	t_{int} °C	t_u °C	$c_p\rho$ kJ/m^3	$q_{s,HEAT}$ W	$\dot{V}_{Hi}$ m^3/h
Stepenište D	18	30	0,34	504	123,5
Stepenište G	18	30	0,34	693	169,9
Prostor za usluživanje	20	30	0,34	11043	3247,9
Ukupno					3541,3

Tablica 5 Protok izračunan prema toplinskom opterećenju

3.3.2 Proračun ventilacije prema udjelu ugljikovog dioksida

Ugljikov dioksid iako sam po sebi nije zagađivač, odnosno nije štetan za ljude u velikim količinama izaziva nelagodu i pospanost. Velika koncentracija CO_2 prostor čini zagušljivim, a budući da čovjek procesom disanja proizvodi CO_2 zatvorene prostore je potrebno ventilirati. Kako je restoran prostor u kojem boravi puno ljudi nužno je provesti proračun po udjelu ugljikovog dioksida. Izraz za proračun potrebne ventilacije prostora dan je izrazom:

$$\dot{V}_{ki} = \frac{\dot{V}_e}{C_{i,doz} - C_{i,vanj}} \qquad \frac{m^3}{h}.$$

Gdje je:

$\dot{V}_e$	emisija CO_2 ukupnog broja ljudi u prostoriji,	$\frac{m^3}{h}$,
$C_{i,doz}$	dozvoljena koncentracija u prostoriji,	$ppm10^{-6}$,
$C_{i,vanj}$	koncentracija u vanjskom zraku,	$ppm10^{-6}$.

Kvaliteta zraka po udjelu CO_2 opisana je normom EN13779. Prikazane tablice uzete su iz iste norme.

Kategorija	**Opis**
IDA 1	Visoka kvaliteta unutarnjeg zraka
IDA 2	Srednja kvaliteta unutarnjeg zraka
IDA 3	Umjereno niska kvaliteta unutarnjeg zraka
IDA 4	Niska kvaliteta unutarnjeg zraka

Tablica 6 Kvaliteta zraka prema EN13779

Kategorija	**CO_2 – nivo iznad vanjskog zraka ppm**	
	Karakteristična veličina	Zadana veličina
IDA 1	≤400	350
IDA 2	400-600	500
IDA 3	600-1000	800
IDA 4	>1000	1200

Tablica 7 Nivo ugljikovog dioksida prema EN13779

Pri proračunu za uvjete restorana uzeta je kategorija IDA 1, visoka kvaliteta unutarnjeg zraka za nazivnu veličinu 350ppm. Pretpostavljeno je da svaka osoba proizvodi 18 L/h CO_2, a prostor za usluživanje je predviđen za maksimalan broj od 80 ljudi.

Prikazan je proračun:

$$\dot{V}_{ki} = \frac{18 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{350 \cdot 10^{-6}} = 4114{,}3 \quad \frac{m^3}{h}.$$

Prikazani proračun je pokazao da je zahtjev za ventilacijom veći u slučaju izračuna prema udjelu ugljikovog dioksida nego u slučaju izračuna za toplinsko opterećenje. S toga za proračun ventilacijskih otvora i kanala se ulazi s ventilacijskim zahtjevom prema udjelu CO_2.

3.3.3 Raspored dobave i povrata zraka i odabir ventilacijskih otvora

Kako je kuhinja sastavni dio restorana te je s prostorom za usluživanje povezana s vratima i prozorom može doći do širenja nepoželjnih mirisa iz prostora kuhinje u prostor za usluživanje. Kako bi se izbjeglo takvu pojavu prostor za usluživanje se projektira tako da bude u pretlaku u odnosu na kuhinju. Da bi se stvorio podtlak potrebno je u prostoru za usluživanje više zraka dovoditi nego odvoditi, a taj manjak odvedenog zraka u prostoru za usluživanje, odvodi se u kuhinji.

U prostor za usluživanje prema izračunanim podacima dovodi se 4130 m^3/h dok se dovodi 3720 m^3/h, što čini 90% dovedenog zraka.

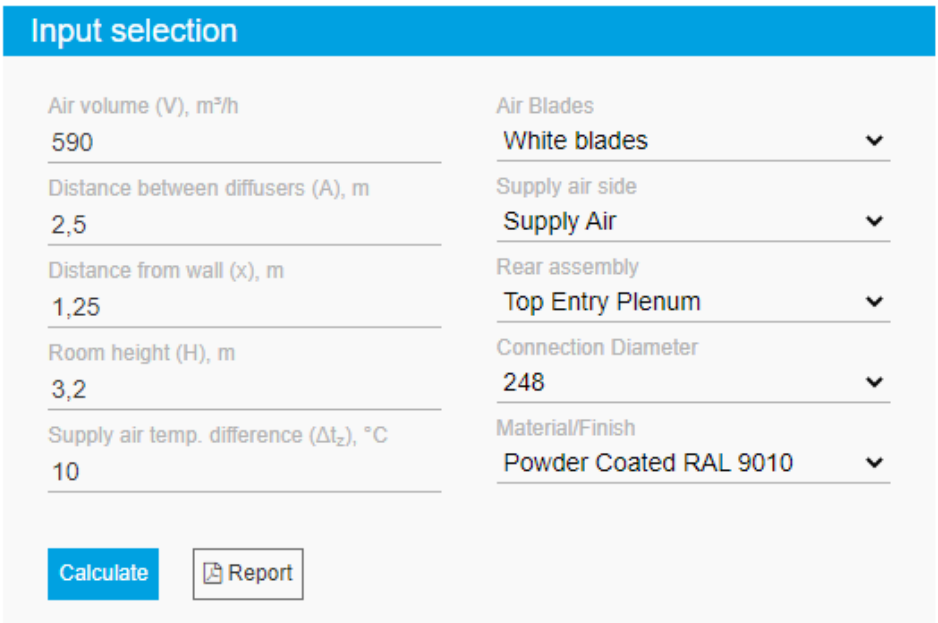
Dovod je raspoređen na sedam otvora svaki kapaciteta 590 m^3/h, a odvod je raspoređen na šest otvora od 620 m^3/h i otvorom u kuhinji od 410 m^3/h. Otvori su birani prema katalogu tvrtke *Klimaoprema*, a odabir otvora se proveo kroz proračun integriran na web stranici *klimaoprema.hr* .

Za dobavu zraka izabrani su distributori zraka tipa DEV - K. DEV-K je stropni anemostat za visine ugradnje od 2,3 do 4m.

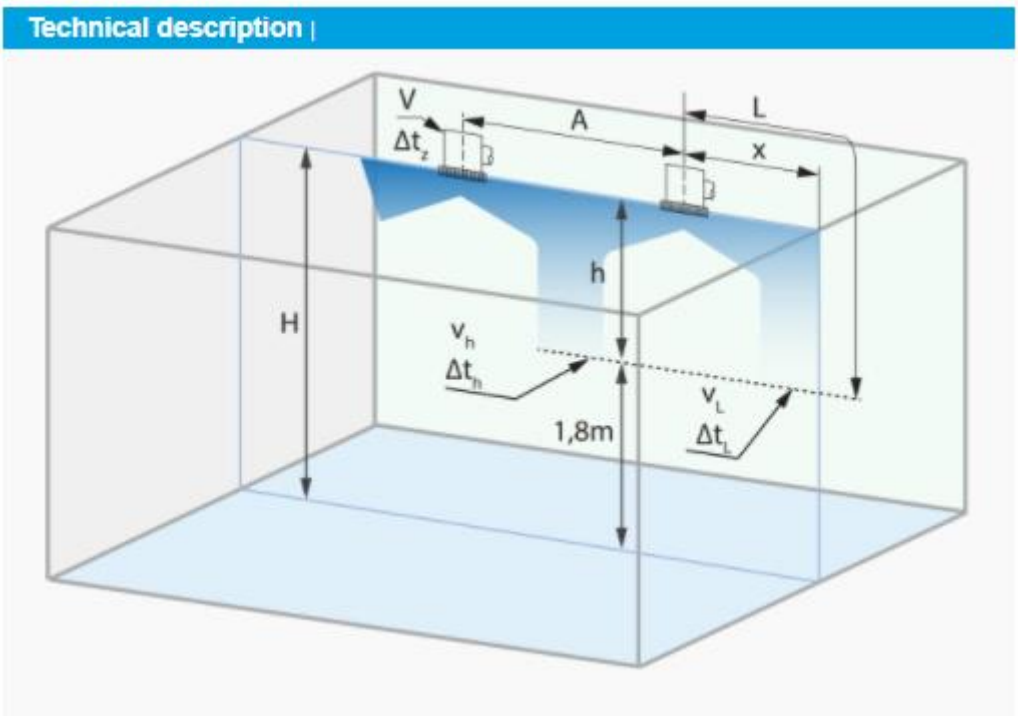


Slika 4 DEV-K otvor za zrak

Kako bi se dobile karakteristike otvora zraka potrebno je provesti odabir. Kako se provodi odabir distributora prikazano je na sljedećim slikama.



Slika 5 Unos podatka za proračun DEV-K distributora zraka



Slika 6 Definiranje veličina za odabir

Nakon što se provede proračun potrebno je odabrati onaj distributor koji daje zadovoljavajuću brzinu unutar prostora boravka, relativno mali pad tlaka i malu buku. U zoni boravka je u uvjetima restorana dopuštena brzina strujanja 0,25 m/s, a prema Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi radi i borave izdanom od strane Ministarstva zdravstva i socijalne skrbi dopuštena razina buke u zatvorenim prostorima mješovite namjene sa stalnom bukom iznosi 25 dB(A).

Prema navedenim uvjetima odabran je distributor oznake:

- *DEV - K - 600/48 - B – A- V -248 -RAL9010*.

	Size	A_{ef} [m²]	v_{ef} [m/s]	v_h [m/s]	v_L [m/s]	dp [Pa]	L_{wa} [dB(A)]
+	300/8	0.0095	>10	0.40	0.40	>80	>60
+	400/16	0.0189	8.70	0.28	0.29	>80	>60
+	500/16	0.0189	8.70	0.28	0.29	>80	>60
+	500/24	0.0284	5.80	0.23	0.23	54	47
+	600/16	0.0189	8.70	0.28	0.29	>80	>60
+	600/24	0.0449	3.70	0.19	0.19	25	31
+	**600/48**	**0.0568**	**2.90**	**0.16**	**0.17**	**14**	**24**
+	625/16	0.0189	8.70	0.28	0.29	>80	>60
+	625/24	0.0449	3.70	0.19	0.19	25	31
+	625/54	0.0639	2.60	0.16	0.16	10	22
+	800/72	0.1017	1.60	0.12	0.12	<4	14

Slika 7 Odabir distributora

Proračunom dobivene karakteristike za odabrani DEV-K distributor prikazane su u tablici.

Veličina	A_{ef} Efektivna površina [m²]	v_{ef} Efektivna brzina [m/s]	v_h [m/s]	v_L [m/s]	Δp [Pa]	L_{wa} [dB(A)]
600/48	0.0568	2.90	0.17	0.17	14	24

Tablica 8 Karakteristike otvora DEV - K - 600/48 - B - A - RAL9010

Za povrat zraka u prostoru za usluživanje koristi se isti tip distributora, ali namijenjen dobavi zraka. Oznaka takvog distributora je:

- DEV - K - 600/48 - B - B - V- 248- RAL9010 .

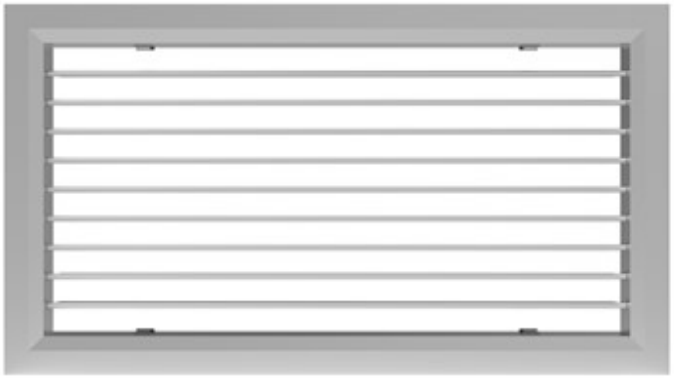
Karakteristike otvora prikazane su u tablici.

Veličina	Δp [Pa]	L_{wa} [dB(A)]
600/48	11	21

Tablica 9 Karakteristike otvora DEV - K - 600/48 - B - B - RAL9010 .

U prostoru kuhinje se nalazi jedna rešetka namijenjena stvaranju podtlaka u kuhinji. Slično kao i za DEV-K distributor provodi se proračun za OAH rešetku. A između ponuđenih rešetki odabrana je rešetka s oznakom:

- OAH - 1 - 625x125.



Slika 8 Rešetka OAH

Karakteristike rešetke prikazane su u tablici.

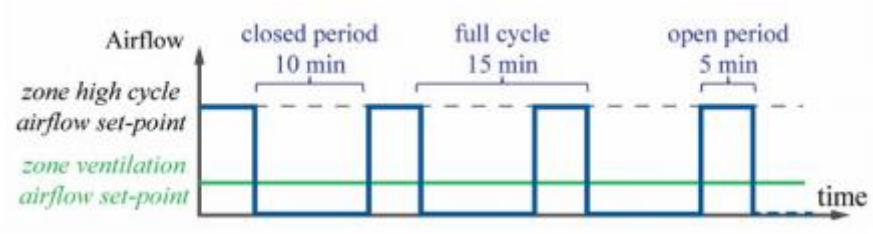
Širina [mm]	Visina [mm]	Δp [Pa]	Lwa [dB(A)]
625	125	5	20

Tablica 10 Rešetka OAH 625x125

3.3.4 Odabir regulatora varijabilnog protoka

Regulatori varijabilnog protoka ili VAV regulatori su sustavi koji omogućuju promjenu protoka zraka ovisno o trenutnim zahtjevima prostorije. Zbog svoje ekonomičnosti i ekološke naravi VAV sustavi postaju standard novih ventilacijskih sustava. Suvremeni regulatori posjeduju upravljačke sustave koji mogu automatski regulirati sustav ovisno o dolaznom signalu sa senzora. U svakoj zoni kojoj je namijenjen VAV regulator zaklopka se otvara i zatvara kako bi odgovorila na temperaturne zahtjeve uz održavanje minimalnog protoka zraka. Međutim, mnogo puta minimalna zadana vrijednost protoka je veća od ventilacijskog zahtjeva pa može dovesti do nepotrebne potrošnje energije i narušavanja toplinske ugodnosti. Kao primjer, može se navesti kad je postignuta projektna temperatura restorana, a više se topline dobiva kroz minimalni zadani protok (koji je veći od zahtjeva za ventilacijom) putem dobavnih kanala, nego se gubi na okoliš. Takva situacija dovodi do povećanja temperature u prostoriji iznad projektne temperature te će zbog osjećaja neugode biti potrebno otvoriti prozore. U takvoj situaciji energija se nepovratno i nepotrebno degradira, odnosno odlazi u okoliš. Postavljanje protoka na manji od minimalnog zadanog od strane proizvođača može dovesti do lošeg miješanja zraka i tako velikih razlika u temperaturi unutar prostora.

Novija istraživanja predlažu TAV (*Time-Averaged Ventilation*) metodu kontroliranja otvorenosti zaklopke VAV regulatora. TAV metoda je zapravo reguliranje protoka na način da se zaklopka vodi kroz stanja potpune zatvorenosti i unaprijed određenog stanja otvorenosti koji je mnogo veći od minimalnog protoka zahtijevanog od strane proizvođača. Na taj način se usrednjavanjem između takvih stanja dobije minimalan zahtjev za ventilacijom, a nema opasnosti od loše temperaturne raspodjele unutar prostora uzrokovane malim protocima, odnosno malim brzinama. Osim što se stvaraju uvjeti visoke toplinske ugodnosti ova metoda značajno pridonosi uštedi na grijaču i na ventilatorima klimatizacijske jedinice. Iz navedenih opažanja u sustav restorana bilo bi poželjno uvesti regulaciju po modelu TAV metode.



Slika 9 Prikaz TAV regulacije

Za sustav prostora za usluživanje odabrani su VAV regulatori RVP-C sa pogonskim mehanizmom tipa *Belimo-LMV-D3-MF* iz kataloga proizvođača *Klimaoprema.*



Slika 10 RVP-C regulator tvrtke Klimaoprema

Na povratni i dobavni kanal stavljaju se identični regulatori identičnih karakteristika koje su dane u tablici.

ΦDn [mm] Nazivni pomjer	L [mm] Duljina regulatora	ΦD_z [mm] Promjer izolacije	L_z [mm] Duljina izolacije	V_{min} [m^3/h] Minimalni protok	V_{max} [m^3/h] Maksimalni protok
500	800	598	740	973	9484

Tablica 11 Karakteristike VAV-RVP-C regulatora

Pogonskim sustavom upravlja *KOER Codis C35-VAV* kontroler. Kontroler ima ugrađene osjetnike temperature i CO_2, ovisno o kojima sustav povećava ili smanjuje protok. Kontroler je namijenjen za sobnu uporabu te se instalira na zid prostorije.



Slika 11 KOER-Codis-C35-VAV kontorler

3.3.5 Dimenzioniranje i proračun pada tlaka kanala

Budući da restoran raspolaže s dovoljno prostora, pri dimenzioniranju su se, kao povoljniji kanali, uzeli kanali okruglog presjeka. Proračun je proveden uz pomoć programa *Microsoft Office Exel.*

Kanali su dimenzioniran na način da je za poznati protok odabran određeni standardni promjer. Povoljno odabrani promjer je onaj promjer koji daje zadovoljavajuće brzine strujanja zraka u kanalima. Budući da je projektirani sustav niskobrzinski (niskotlačni), brzine zraka u kanalima moraju biti od 2 do 8 m/s. Izraženo formulom brzina se računa:

$$w = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{4\dot{V}}{d^2\pi} \quad \frac{m}{s}.$$

Gdje je

$\dot{V}$	volumski protok zraka,	$\frac{m^3}{s}$,
A	površina presjeka cijevi,	m^2,
d	standardni promjer cijevi,	m.

Nakon što se dobije zadovoljavajuća brzina može se izračunati linijski pad tlaka u kanalu, a računa se preko izraza:

$$\mathrm{R} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad Pa/m.$$

Gdje je :

λ trenje u kanalu,
ρ gustoća zraka, $\frac{kg}{m^3}$.

Linijski pad tlaka pomnožen s duljinom kanala daje pad tlaka na dionici kanala:

$$\Delta \mathrm{p_F} = L \frac{\lambda}{d} \frac{\rho w^2}{2} = RL \quad Pa.$$

Umjesto proračuna linijskog gubitka može se provesti očitavanje iz dijagrama trenja u okruglim kanalima. Bilo da se radi pomoću očitavanja ili računanja, dobivene vrijednosti linijskog pada tlaka, za promjere do 630 mm, moraju biti manje od 5 Pa/m.

Lokalni gubici se računaju formulom zadanom sljedećim izrazom:

$$\Delta \mathrm{p_L} = Z = \zeta \frac{\rho w^2}{2} \quad Pa.$$

Gdje je :

ζ koeficijent lokalnog pada tlaka.

Koeficijent lokalnog pada tlaka se očitava iz tablica.

Ukupni pad tlaka se dobiva zbrajanjem linijskog pada tlaka i lokalnog pada tlaka:

$$\Delta \mathrm{p_T} = \Delta \mathrm{p_F} + \Delta \mathrm{p_L} = RI + Z \quad Pa.$$

Proračun je proveden opisanim postupkom, a rezultati su prikazani u tablici na sljedećoj stranici.

Proračun dobavnog kanala sustava prostora za usluživanje										
Dionica	L	V	v	d	R	RI	∑ζ	Pdin	Z	RI+Z
	[m]	[m^3/h]	[m/s]	[mm]	[Pa/m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	5,4	4130	4,66	560	0,4	2	1,143	14,89	17	19
2	2,7	4130	5,84	500	0,6	2	0,023	0,47	0	2
3	1,7	3540	6,18	450	0,8	1	0,033	0,76	0	1
4	3,9	2950	6,52	400	1	4	0,213	5,43	1	5
5	2,5	2360	6,62	355	1,2	3	0,123	3,23	0	3
6	2,5	1770	6,96	300	1,6	4	0,173	5,03	1	5
7	2,5	1180	6,68	250	1,8	5	0,223	5,97	1	6
8	3,1	590	3,34	250	0,5	2	1,58	10,58	17	18
Otvor za zrak										14
VAV regulator										125
Ukupni pad tlaka [Pa]										199

Tablica 12 Proračun pada tlaka dobavnog kanala sustava prostora za usluživanje

Proračun povrtnog kanala sustava prostora za usluživanje										
Dionica	L	V	v	d	R	RI	∑ζ	Pdin	Z	RI+Z
	[m]	[m^3/h]	[m/s]	[mm]	[Pa/m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	4,5	4130	4,66	560	0,4	2	1,193	15,54	19	20
2	4,42	4130	5,84	500	0,6	3	0,073	1,49	0	3
3	0,9	3720	5,26	500	0,5	0	-0,05	-0,83	0	0
4	2,6	3100	6,85	400	1,1	3	0,54	15,20	8	11
5	2,9	2480	6,96	355	1,3	4	0,123	3,57	0	4
6	2,5	1860	7,31	300	1,7	4	0,173	5,55	1	5
7	2,5	1240	5,59	280	1,2	3	0,223	4,18	1	4
8	3	620	3,51	250	0,6	2	1,143	8,45	10	11
Otvor za zrak										11
VAV regulator										100
Ukupni pad tlaka [Pa]										171

Tablica 13 Proračun pada tlaka povratnog kanala sustava prostora za usluživanje

3.4 Dimenzioniranje klimatizacijske jedinice

Klimatizacijska jedinica ili klima komora predstavlja osnovni dio svakog centralnog postrojenja za komfornu primjenu i služi za cjelovitu pripremu zraka, a koja obuhvaća: grijanje zraka, hlađenje zraka, filitriranje i ventiliranje, vlaženje, miješanje, regenraciju topline i prigušivanje buke. Prema izvedbi klima komore dijele se na: ležeće kompaktne klima komore, krovne klima komore, klima ormare, te klima komore u dvoetažnoj izvedbi (modularne).

Za potrebe odabira i dimenzioniranja klimatizacijske jedinice kontaktiran je ured tvrtke *Daikin*. Na temelju izračunanog pada tlaka u kanalima, ventilacijskih zahtjeva, projektnih temperatura i temperature ubacivanja odabrana je modularna klima komora sa grijačem zraka, filtracijom zraka, regeneracijom topline, prigušivanjem buke i potrebnom automatikom. Odabrana klimatizacijska jedinica radi sa 100% svježeg zraka, za potrebe zračnog grijanja zrak se zagrijava na 30°C.

Kako bi se mogla dimenzionirati klimatizacijska jedinica i odrediti njene komponente za ispravan rad potrebno je provesti proračun termodinamičkih procesa unutar klima komore.

3.4.1 Definiranje procesa unutar klima komore

Proračun termodinamičkih stanja se provodi uz pomoć projektnih podataka i podataka o komponentama dobivenih iz ureda *Daikin.*

Uzeti projektni podaci su:

$$\vartheta_{vz} = -15°C, \qquad \varphi_{vz} = 98\%, \quad x_{vz} = 0{,}9934\,\frac{g_w}{kg_{zr}}.$$

Gdje je:

ϑ_{vz}	temperatura vanjskog zraka	$°C$
φ_{vz}	relativna vlažnost vanjskog zraka	%
x_{vz}	sadržaj vlage vanjskog zraka	$\frac{g_w}{kg_{zr}}$.

Projektni unutarnji uvjeti su:

$$\vartheta_{pz} = 20°C, \qquad x_{pz} = x_{vz} + \frac{\Phi_{lat.uk}\ 3600}{\rho r_o V_{DZ}} = 3.32\,\frac{g_w}{kg_{zr}}, \qquad \varphi_{pz} = 23{,}01\%.$$

Gdje je:

ϑ_{uz}	temperatura zraka u prostoriji	$°C$,
x_{pz}	sadržaj vlage prostorije	%,
$\Phi_{lat.uk}$	ukupna latentna toplina	W,
V_{DZ}	volumski protok dobavnog zraka	$\frac{m^3}{h}$,
r_o	toplina isparavanja, 2500	$\frac{kJ}{kg}$.

Latentna toplina uzeta je prema broju osoba koje obavljaju različite aktivnosti unutar restorana, kao što su sjeđenje, hodanje, ples, a iznosi 8000W.

Podaci dobiveni od tvrtke *Daikin* su:

- η – učinkovitost rekuperatora = 0,773,
- η_{dv} – učinkovitost ventilatora na dovodu = 0,688,
- η_{pv} - učinkovitost ventilatora na odvodu = 0,688,
- Δp_{dz} –ukupni tlak zraka dovodnog ventilatora = 518Pa,
- Δp_{pz} – ukupni tlak zraka povratnog ventilatora = 485Pa.

Stanje zraka za zadanu temperaturu i relativnu vlažnost očitavamo iz h-x dijagrama. Očitavaju se podaci o količini vlage, entalpiji te gustoći zraka.

- Točka 1. Stanje dobavnog zraka:

$$\vartheta_1 = -15°C,$$
$$\varphi_1 = 98\%,$$
$$x_1 = 0{,}9934 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$h_1 = -12.69 \frac{kJ}{kg},$$
$$\rho_1 = 1{,}368 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 2. Stanje dobavnog zraka poslije pločastog rekuperatora:

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 + \eta(\vartheta_5 - \vartheta_1),$$

gdje je: ϑ_5 temperatura povratnog zraka. Onda je:

$$\vartheta_2 = -15 + 0{,}773\big(20 - (-15)\big) = 12{,}1°C,$$
$$x_2 = 0{,}9934 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama su:

$$\varphi_2 = 11{,}45\%,$$
$$h_2 = 14{,}73 \frac{kJ}{kg},$$
$$\rho_2 = 1{,}238 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 3. Stanje dobavnog zraka poslije ventilatora:

$$\vartheta_3 = \vartheta_2 + \frac{\Delta p_{dz} V_{dz}}{\eta_{dv} \rho c_p V_{dz}} = 12{,}1 + \frac{518}{0{,}688 \cdot 1{,}2 \cdot 1005} = 12{,}72°C,$$

$$x_3 = 0{,}9934 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_3 = 11\%$$

$$h_3 = 15{,}35 \frac{kJ}{kg},$$

$$\rho_3 = 1{,}235 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 4. Stanje dobavnog zraka poslije grijača:

$$\vartheta_4 = 30°C,$$

$$x_4 = 0{,}9934 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_4 = 3{,}81\%,$$

$$h_4 = 32{,}84 \frac{kJ,}{kg}$$

$$\rho_4 = 1{,}165 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 5. Stanje povratnog zraka:

$$\vartheta_5 = 20°C,$$

$$x_5 = x_4 + \frac{\Phi_{lat.uk}\, 3600}{\rho r_o V_{DZ}} = 0{,}9934 + \frac{8000 \cdot 3600}{1{,}2 \cdot 2500 \cdot 4130} = 3{,}32 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_5 = 23{,}01\%,$$

$$h_5 = 26{,}86 \frac{kJ}{kg},$$

$$\rho_5 = 1{,}203 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 6. Stanje povratnog zraka iza rekuperatora se računa iz izraza:

$$\vartheta_6 = \vartheta_5 + \eta(\vartheta_1 - \vartheta_5) = 20 + 0{,}773 \cdot (-15 - 20),$$

$$\vartheta_6 = -7{,}1°C.$$

Budući da dolazi do kondenzacije računa se da zrak na izlazu ima relativnu vlažnost:

$$\varphi_6 = 99\%.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$x_6 = 2{,}04 \frac{g_w}{kg_w},$$

$$h_6 = -2{,}097 \frac{kJ}{kg},$$

$$\rho_6 = 1{,}326 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 7. Stanje povratnog zraka iza ventilatora:

$$\vartheta_7 = \vartheta_6 + \frac{\Delta p_{pz} V_{pz}}{\eta_{pv} \rho c_p V_{pz}} = -7{,}1 + \frac{485}{0{,}688 \cdot 1{,}2 \cdot 1005} = -6{,}51°C,$$

$$x_7 = 2{,}04 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_7 = 94{,}04\%$$

$$h_7 = -1{,}5 \frac{kJ}{kg}$$

$$\rho_7 = 1{,}323 \frac{kg}{m^3}$$

Sva stanja prikazana su u tablici na sljedećoj stranici.

Točka	Stanje	ϑ	φ	x	h	ρ
		°C	%	$\frac{g_W}{kg_W}$	$\frac{kJ}{kg}$	$\frac{kg}{m^3}$
Dobavni zrak DZ						
1	Vanjski zrak	-15	98	0,9934	-12,69	1,368
2	Poslije rekuperatora	12,1	11,45	0,9934	14,73	1,238
3	Poslije ventilatora	12,72	11	0,9934	15,35	1,235
4	Poslije grijača	30	3,81	0,9934	32,84	1,165
Povratni zrak PZ						
5	Povratni zrak	20	23,01	3,32	28,86	1,203
6	Poslije rekuperatora	-7,1	99	2,04	-2,097	1,326
7	Poslije ventilatora	-6,51	94,04	2,04	-1,5	1,323

Tablica 14 Stanje zraka u komori

Kapacitet grijača računa se prema formuli:

$$\Phi_{GR} = \frac{V_{dz}}{3600} \rho c_p (\vartheta_4 - \vartheta_3) \ W,$$

i iznosi 23,9kW. Kapacitet grijača bit će potreban za odabir dizalice topline u daljnjem proračunu.

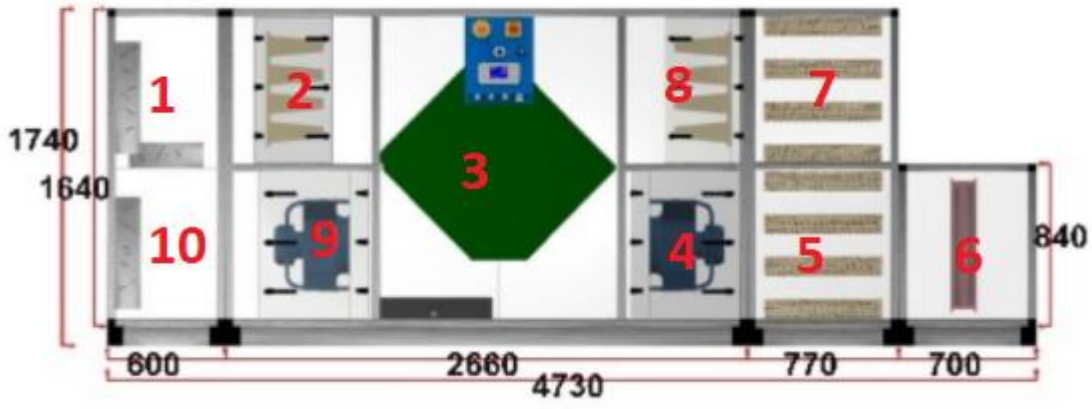
Kapacitet pločastog rekuperatora u grijanju računa se prema formuli:

$$\Phi_{pov.top} = \frac{V_{dz}}{3600} \rho c_p (\vartheta_2 - \vartheta_1) \ W$$

i iznosi 37,4 kW.

3.4.2 Komponente klimatizacijske jedinice

Na slici je prikazan odabrani model D-AHU MODULAR_P, SIZE 4, vanjskih dimenzija 4730x1200x1740mm s brojkama označenim komponentama.



Slika 12 Klimatizacijska jedinica za sustav prostora za usluživanje

- Komponenta 1

  Aluminijske žaluzine regulirane elektromotorom, dimenzija 610x860 pada tlaka 6Pa.

- Komponenta 2

  Filter od staklene vune klase F7 dolaznog zraka pad tlaka na filteru ovisi o čistoći filtera. Čisti filter 45Pa, srednje čist filter 90Pa, prljavi filter 135Pa

- Komponenta 3

  Aluminijski pločasti rekuperator snage 37.4 kW učinkovitosti 77.3%. Na dovodnoj strani: protok 4130m^3/h, tlak 122Pa, temperatura na ulazu -15°C, temperatura na izlazu 12,1°C, relativna vlažnost da ulazu 98%, relativna vlažnost na izlazu 11,45%.

  Na povratnoj strani: protok 4130m^3/h, pad tlaka 122Pa, temperatura na ulazu 20°C, temperatura na izlazu -7,1°C, relativna vlažnost da ulazu 23,01%, relativna vlažnost na izlazu 99%.

- Komponenta 4

  Aluminijski centrifugalni ventilator za ubacivanje zraka: statički tlak 471Pa, dinamički tlak 47Pa , efikasnost 68,8%, potrebna snaga struje 0,94kW.

- Komponenta 5

  Prigušivač buke dovodnog zraka, prosječno prigušenje 27dB, pad tlaka 16Pa.

- Komponenta 6

  Vodeni grijač, ukupni kapacitet 23.9kW, temperatura na ulazu 14,6°C, temperatura na izlazu 30°C, relativna vlažnost na ulazu 11%, na izlazu 3,8%. Pad tlaka 27Pa.

- Komponenta 7

  Prigušivač buke odvodnog zraka, prosječno prigušenje 27dB, pad tlaka 16Pa.

- Komponenta 8

  Filter od staklene vune klase F7 dolaznog zraka pad tlaka na filteru ovisi o čistoći filtera. Čisti filter 45Pa, srednje čist filter 90Pa, prljavi filter 135Pa.

- Komponenta 9

  Aluminijski centrifugalni ventilator za izbacivanje zraka statički tlak 438Pa, dinamički tlak 47Pa , efikasnost 68,8%, potrebna snaga struje 0,88kW.

- Komponenta 10

  Aluminijske žaluzine regulirane elektromotorom, dimenzija 610x860 pada tlaka 6Pa.

4 SUSTAV KUHINJE

Sustav kuhinje obuhvaća prostor infopulta i kuhinje. Budući da u kuhinji radi velik broj električnih i plinskih trošila i dio topline dolazi iz prostora za usluživanje, sustav kuhinje će biti projektiran samo prema ventilacijskim zahtjevima. Kako se u prostor ne bi ubacivao hladni zrak iz okoliša, zrak se priprema u klima jedinici na projektnu unutarnju temperaturu koja za kuhinju iznosi 18°C. Osim osnovne potrebe za ventilacijom u kuhinju je potrebno postaviti tri nape za odvod potrošenog zraka iznad toplih površina.

4.1 Proračun ventilacije

Proračun ventilacije sustava kuhinje vrši se prema broju izmjena prostorije. Način proračuna ventilacijskog zahtjeva zadan je sljedećim izrazom:

$$\dot{V}_{oi} = ACH \cdot V_i \quad \frac{m^3}{s}.$$

Gdje je:

ACH broj izmjena zraka na sat, h^{-1},
V_i volumen prostorije, m^3.

Proračun ventilacijskih zahtjeva prikazan je u sljedećoj tablici.

	ACH	V_i	$\dot{V}_{oi}$
Kuhinja	4	128,8	515,2
Info pult	4	18,38	73,52
Ukupno			588,72

Tablica 15 Proračun ventilacijskih zahtjeva sustava kuhinje

Osim osnovnog zraka za ventilaciju putem dobavnih i povratnih kanala potrebno je dovesti zrak za rad napa. Kako bi se znalo koliki su to zahtjevi, napravljen je odabir napa.

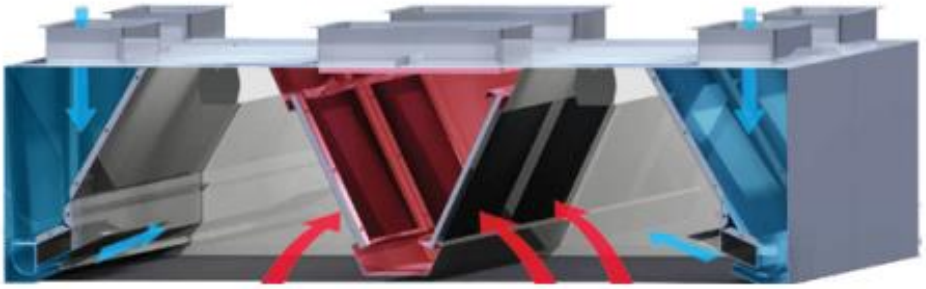
Budući da se zrak koji se ubacuje u prostoriju zagrijava, od značajne je važnosti postavljanje ekonomičnih napa. Eko napa, u odnosu na običnu radi s približno 70% vanjskog negrijanog zraka koji se dovodi zasebnim ventilatorom i kanalom te se unutar same nape kroz podesivi prorez profila mlaznice ubacuje na odsisne filtre. Nape poduzeća *Klimaoprema* odabrane su prema dimenzijama s arhitektonskih podloga.

Za centralnu napu odabrana je:

- NES - eko napa, središnja – dvostrana, s karakteristikama prikazanim u tablici.

B [mm]	L [mm]	Nominalna količina odsisnog zraka [m^3/h]	Priključak dobavnog zraka E x S [mm] [pcs.]	Priključak otpadnog zraka FxO [mm] [pcs.]
1600	1800	2600	950 x 210 (2)	1000 x 510 (1)

Tablica 16 Karakteristike NES nape



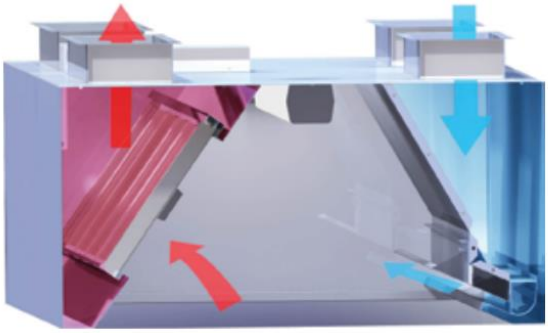
Slika 13 NES napa

Za drugu napu odabrana je :

- NEZ - eko napa, zidna pravokutna - jednostrana napa, sa karakteristikama prikazanim u tablici.

B [mm]	L [mm]	Nominalna količina odsisnog zraka [m^3/h]	Priključak dobavnog zraka E x S [mm] [pcs.]	Priključak otpadnog zraka FxO [mm] [pcs.]
1000	1000	1000	650 x 210 (1)	850x210 (1)

Tablica 17 Karakteristike NEZ 1000x1000 nape

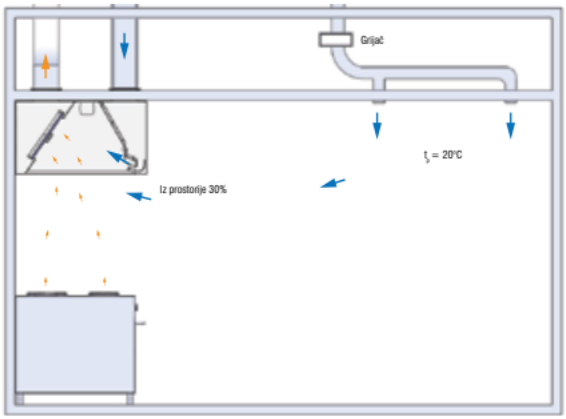


Slika 14 NEZ napa

- Za treću napu odabrana je također NEZ napa, dimnzija prikazanih u tablici.

B [mm]	L [mm]	Nominalna količina odsisnog zraka [m^3/h]	Priključak dobavnog zraka E x S [mm] [pcs.]	Priključak otpadnog zraka FxO [mm] [pcs.]
1200	1000	1000	650 x 210 (2)	850 x 110 (1)

Tablica 18 Karakteristike NEZ nape



Slika 15 Prikaz rada eko nape u prostoru

Za prostor kuhinje količina dobavljenog zraka varira u ovisnosti o uključenosti napa. Maksimalan potrebni protok zraka će biti ukoliko su sve tri nape uključene, ukoliko su isključene dobavni zrak je jednak onom koji je potreban da se svladaju toplinski gubici prostorije. Ukupan zahtjev za ventilacijom uključujući nape iznosi 1980 m^3/h.

4.1.1 Odabir ventilacijskih otvora

Za dobavu zraka u prostoru kuhinje odabrane su dvije rešetke, svaka dovodi maksimalno 990 m^3/h. Oznaka rešetke:

- *OAH - 1 - 1025x225,*

a karakteristike su prikazane u tablici.

Širina [mm]	Visina [mm]	Δp [Pa]	Lwa [dB(A)]
1025	225	5	15

Tablica 19 Karakteristike rešetke OAH -1-1025x225 – povrat

Za povrat zraka u izabrane su rešetke tipa:

- *OAH - 1 - 825x225,*

karakteristika prikazanih u tablici.

Širina [mm]	Visina [mm]	Δp [Pa]	Lwa [dB(A)]
825	225	7	19

Tablica 20 Karakteristike rešetke OAH 1 825x225

U sklopu kuhinje nalazi se i mali sanitarni prostor za osoblje koji nema prozor pa ga je također potrebno ventilirati. U tu svrhu u se ugrađuje ventilator u vanjski zid prostorije:

- *BF 100S,*

maksimalnog protoka 69,9 m^3/h, tvrtke *Systemair*.



Slika 16 Ventilator BF 100S

4.1.2 Odabir regulatora varijabilnog protoka

Kako bi regulator u kuhinji radio sukladno potrebnom protoku potrebno ga je spojiti s regulatorom diferencijalnog tlaka, koji uz pomoć senzora može osjetiti kada su nape uključene i reagirati otvaranjem zaklopki. Za regulator u kuhinji odabran je RVP-C regulator proizvođača *Klimaoprema,* karakteristika prikazanih u tablici.

ΦDn [mm] Nazivni pomjer	L [mm] Duljina regulatora	ΦD_z [mm] Promjer izolacije	L_z [mm] Duljina izolacije	V_{min} [m^3/h] Minimalni protok	V_{max} [m^3/h] Maksimalni protok
400	600	498	530	615	6047

Tablica 21 Karakteristike VAV regulatora

4.1.3 Dimenzioniranje i proračun pada tlaka ventilacijskih kanala

Način dimenzioniranja i način proračuna pada tlaka objašnjen je na sustavu prostorije za usluživanje pa se ovdje navode samo tablice provedenog proračuna.

Proračun dobavnog kanala sustava kuhinje										
Dionica	L	V	v	d	R	RI	∑ζ	Pdin	Z	RI+Z
	[m]	[m^3/h]	[m/s]	[mm]	[Pa/m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	4,78	2450	4,28	450	0,4	2	2,02	22,20	45	47
2	3	2450	5,42	400	0,7	2	0,623	10,98	7	9
3	1,2	1225	4,37	315	0,7	1	1	11,46	11	12
Otvor za zrak										15
VAV regulator										125
Ukupni pad tlaka [Pa]										208

Tablica 22 Proračun pada tlaka dobvnog kanala sustava kuhinje

Proračun povratnog kanala sustava kuhinje										
Dionica	L	V	v	d	R	RI	∑ζ	Pdin	Z	RI+Z
	[m]	[m^3/h]	[m/s]	[mm]	[Pa/m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	6,7	1070	2,37	400	0,2	1,34	2,08	7,01	15	15,9
2	0,8	1070	3,81	315	0,5	0,4	0,023	0,20	0,0	0,4
3	0,9	535	3,03	250	0,5	0,45	0,023	0,13	0,0	0,5
Otvor za zrak										7
VAV regulator										100
Ukupni pad tlaka [Pa]										124

Tablica 23 Proračun pada tlaka povratnog kanala sustava kuhinje

4.2 Dimenzioniranje klimatizacijske jedinice

Proračun druge klimatizacijske jedinice vrši se na isti način opisan za prvu klimatizacijsku jedinicu. Na temelju izračunanog pada tlaka u kanalima, ventilacijskih zahtjeva, projektnih temperatura i temperature ubacivanja odabrana je modularna klima komora sa grijačem zraka, filtracijom zraka, regeneracijom topline, prigušivanjem buke i potrebnom automatikom. Odabrana klimatizacijska jedinica radi sa 100% svježeg zraka, za potrebe zračnog grijanja zrak se zagrijava na 18°C.

4.2.1 Definiranje procesa unutar klima komore

Proračun se izvodi za iste vanjske uvjete kao i za prvu klima komoru, podaci dobiveni od tvrtke *Daikin* za ovu klima komoru su:

- η – učinkovitost rekuperatora = 0,51,
- η_{dv} – učinkovitost ventilatora na dovodu = 0,669,
- η_{pv} - učinkovitost ventilatora na odvodu = 0,669,
- Δp_{dz} –ukupni tlak zraka dovodnog ventilatora = 488Pa,
- Δp_{pz} – ukupni tlak zraka povratnog ventilatora = 305Pa,

- Točka 1. Stanje dobavnog zraka:

$$\vartheta_1 = -15°C,$$
$$\varphi_1 = 98\%,$$
$$x_1 = 0{,}9934 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$h_1 = -12.69 \frac{kJ}{kg},$$
$$\rho_1 = 1{,}368 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 2. Stanje dobavnog zraka poslije pločastog rekuperatora:

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 + \eta(\vartheta_5 - \vartheta_1),$$
$$\vartheta_2 = -15 + 0{,}51\big(18 - (-15)\big) = 1{,}83°C,\cdot$$
$$x_2 = 0{,}9934 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_2 = 23{,}19\%,$$
$$h_2 = 4{,}335 \frac{kJ}{kg},$$
$$\rho_2 = 1{,}281 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 3. Stanje dobavnog zraka poslije ventilatora:

$$\vartheta_3 = \vartheta_2 + \frac{\Delta p_{dz} V_{dz}}{\eta_{dv} \rho c_p V_{dz}} = 1{,}83 + \frac{488}{0{,}669 \cdot 1{,}2 \cdot 1005} = 2{,}43°C,$$

$$x_3 = 0{,}9934 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_3 = 22{,}22\%,$$

$$h_3 = 4{,}942 \frac{kJ}{kg},$$

$$\rho_3 = 1{,}281 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 4. Stanje dobavnog zraka poslije grijača:

$$\vartheta_4 = 18°C,$$

$$x_4 = 0{,}9934 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_4 = 7{,}83\%,$$

$$h_4 = 20{,}7 \frac{kJ}{kg},$$

$$\rho_4 = 1{,}213 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 5. Stanje povratnog zraka:

$$\vartheta_5 = 18°C,$$

$$x_5 = x_4 + \frac{\Phi_{lat.uk}\, 3600}{\rho r_o V_{DZ}} = 0{,}9934 + \frac{1275 \cdot 3600}{1{,}2 \cdot 2500 \cdot 1980} = 1{,}766 \frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_5 = 19{,}9\%,$$

$$h_5 = 22{,}65 \frac{kJ}{kg},$$

$$\rho_5 = 1{,}212 \frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 6. Stanje povratnog zraka iza rekuperatora:

$$\vartheta_6 = \vartheta_5 + \eta(\vartheta_1 - \vartheta_5) = 18 + 0{,}51(-15 - 18) = 1{,}2°C.$$

Budući da dolazi do kondenzacije računa se da zrak na izlazu ima relativnu vlažnost:

$$\varphi_6 = 99\%.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$x_6 = 4{,}072\,\frac{g_w}{kg_w},$$

$$h_6 = 11{,}4\,\frac{kJ}{kg},$$

$$\rho_6 = 1{,}285\,\frac{kg}{m^3}.$$

- Točka 7. Stanje povratnog zraka iza ventilatora:

$$\vartheta_7 = \vartheta_6 + \frac{\Delta p_{pz} V_{pz}}{\eta_{pv} \rho c_p V_{pz}} = 1{,}2 + \frac{305}{0{,}688 \cdot 1{,}2 \cdot 1005} = 1{,}6°C,$$

$$x_7 = 1{,}285\,\frac{g_w}{kg_w}.$$

Očitane vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\varphi_7 = 30{,}49\%,$$

$$h_7 = 4{,}832\,\frac{kJ}{kg},$$

$$\rho_7 = 1{,}285\,\frac{kg}{m^3}.$$

Sva stanja prikazana su u tablici.

Točka	Stanje	ϑ	φ	x	h	ρ
		°C	%	$\frac{g_W}{kg_W}$	$\frac{kJ}{kg}$	$\frac{kg}{m^3}$
Dobavni zrak DZ						
1	Vanjski zrak	-15	98	0,9934	-12,69	1,368
2	Poslije rekuperatora	1,83	23,19	0,9934	4,335	1,281
3	Poslije ventilatora	2,43	22,22	0,9934	4,942	1,281
4	Poslije grijača	18	7,83	0,9934	20,7	1,213
Povratni zrak PZ						
5	Povratni zrak	18	19,9	1,766	22,65	1,212
6	Poslije rekuperatora	1,2	99	4,072	11,4	1,285
7	Poslije ventilatora	1,6	30,49	1,285	4,832	1,285

Tablica 24 Tablica stanja zraka u komori

Kapacitet grijača računa se prema formuli:

$$\Phi_{GR} = \frac{V_{dz}}{3600} \rho c_p (\vartheta_4 - \vartheta_3) \ W,$$

i iznosi 10,3kW.

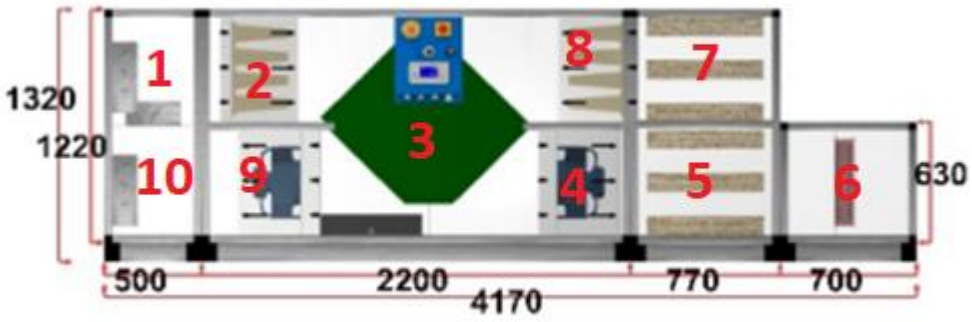
Kapacitet pločastog rekuperatora u grijanju računa se prema formuli:

$$\Phi_{pov.top} = \frac{V_{dz}}{3600} \rho c_p (\vartheta_2 - \vartheta_1) \ W$$

i iznosi 11,2kW.

4.2.2 Komponente klimatizacijske jedinice

Na slici je prikazan odabrani model D-AHU MODULAR_P, SIZE 2, vanjskih dimenzija 4170x820x1320mm s brojkama označenim komponentama.



Slika 17Klimatizacijsa jedinica sustava kuhinje

- Komponenta 1

  Aluminijske žaluzine regulirane elektromotorom, dimenzija 610x860 pada tlaka 11Pa.

- Komponenta 2

  Filter od staklene vune klase F7 dolaznog zraka pad tlaka na filteru ovisi o čistoći filtera. Čisti filter 43Pa, srednje čist filter 86Pa, prljavi filter 129Pa

- Komponenta 3

  Aluminijski pločasti rekuperator snage 11,2kW, Na dovodnoj strani: protok 1980 m^3/h, tlak 105 Pa, temperatura na ulazu -15°C, temperatura na izlazu 1,83°C, relativna vlažnost da ulazu 98%, relativna vlažnost na izlazu 23,19%.

  Na povratnoj strani: protok 600m^3/h, pad tlaka 34Pa, temperatura na ulazu 18°C, temperatura na izlazu 1,2C, relativna vlažnost da ulazu 19,9%, relativna vlažnost na izlazu 99%.

- Komponenta 4

  Aluminijski centrifugalni ventilator za ubacivanje zraka: statički tlak 453Pa, dinamički tlak 35Pa , efikasnost 66,9%, potrebna snaga struje 0,5kW.

- Komponenta 5

  Prigušivač buke dovodnog zraka, prosječno prigušenje 27dB, pad tlaka 16Pa.

- Komponenta 6

  Vodeni grijač, ukupni kapacitet 10,3 kW, temperatura na ulazu -2,43°C, temperatura na izlazu 18°C, relativna vlažnost na ulazu 22,22%, na izlazu 7,83%. Pad tlaka 25Pa.

- Komponenta 7

  Prigušivač buke odvodnog zraka, prosječno prigušenje 27dB, pad tlaka 16Pa.

- Komponenta 8

  Filter od staklene vune klase F7 dolaznog zraka pad tlaka na filteru ovisi o čistoći filtera. Čisti filter 22Pa, srednje čist filter 44Pa, prljavi filter 66Pa.

- Komponenta 9

  Aluminijski centrifugalni ventilator za izbacivanje zraka statički tlak 296Pa, dinamički tlak 9Pa , efikasnost 66,9%, potrebna snaga struje 0,5kW.

- Komponenta 10

  Aluminijske žaluzine regulirane elektromotorom, dimenzija 610x860 pada tlaka 6Pa.

5 ODABIR DIZALICE TOPLINE ZA KLIMATIZACIJSKE JEDINICE

Dizalice topline su uređaji koji toplinsku energiju s niske temperaturne razine dižu na višu temperaturnu razinu, mogu se koristiti i za hlađenje i za grijanje. Princip rada dizalice topline temelji se na ljevokretnom *Rainkine*-ovom ciklusu između dvaju toplinskih spremnika. Osnovni dijelovi dizalice topline su isparivač, dio u kojem radni medij preuzima toplinu na sebe, kompresor dio u kojem se radnom mediju povisi tlak i temperatura, kondezator, dio u kojem se radnom mediju odvodi toplina i ekspanzijski ventil kojim se smanjuje tlak i temperatura radnog medija. Prednost dizalice topline je što većinu potrebne energije dobiva iz okoliša, dok se manji dio, oko 25%, dobiva iz električne energije preko rada kompresora.

U ovom radu dizalica topline se koristi kao izvor topline za grijanje. Toplinu izmjenjuje, s jedne strane, sa zrakom iz okoliša, a s druge strane s vodom koja izmjenjuje toplinu s dobavnim zrakom sustava.

Da bi se odabrala toplinska pumpa potrebno je znati kolika je potrebna energija na grijačima u klimatizacijskim komorama. Prema proračunu toplinski učin grijača na prvoj klimatizacijskoj jedinici iznosi 23,9kW, a na drugoj iznosi 10,3kW, što ukupno iznosi 34,2kW potrebne toplinske energije. Uz pomoć ureda tvrtke *Daikin* odabrana je dizalica topline EWYQ-CWP, dizalica topline s hidromodulom i ekspanzijskom posudom.



Slika 18 Dizalica topline EWYQ-CWP tvrtke Daikin

Među ponuđenim dizalicama tipa EWYQ-CWP u dokumentaciji dizalica topline, izabrana je veličina EWY050CWP, temperature polaza 45°C, sa dodatkom 20% glikola u cirkulacijsku vodu.

Tamb		-15	
LWC	Size	HC	PI
40	032	30,2	15,3
	040	35,3	17,6
	050	40,0	20,5
	064	60,6	30,8
45	016	14,8	8,73
	021	17,4	9,68
	025	19,7	11,2
	032	30,1	17,1
	040	35,0	19,6
	050	39,5	22,7
	064	60,4	34,3
50	016	14,5	9,55
	021	17,2	10,8
	025	17,9	11,5
	032	26,8	16,6
	040	34,5	21,8
	050	36,0	23,2

Slika 19 Odabir dizalice topline

Izabrana dizalica topline kapaciteta je 39,5 kW, sa električnim priključkom 22,7kW pri vanjskoj projektnoj temperaturi -15°C. Izabrana je dizalica topline je većeg kapaciteta od toplinskog učina grijača kako bi se zadovoljio faktor ponovnog zagrijavanja dizalice topline koji iznosi 0,87 (0,87·39,5kW=34,4kW). U vodu je potrebno dodati glikol kako bi se snizila temperatura ledišta vode. Utjecaj 20% glikola na promjenu kapaciteta u slučaju grijanja je zanemariv. Koeficijent učinkovitosti, COP se računa kao omjer potrebne električne energije i dane toplinske energije pa tako za odabranu dizalicu topline on iznosi 1,74 pri temperaturi -15°C. Dizalica topline duga je 2377mm, visoka 1860mm, široka 838mm, ima ugrađena 4 kompresora, 2 ventilatora, za radni medij koristi se R-410A, proizvodi buku od 87dB(A)

6 SUSTAV PODRUMA

Budući da se prostorije u podrumu nalaze u potpunosti pod zemljom bez otvora prema okolišu potrebno je instalirati mehaničku ventilaciju za te prostore. Sustav podruma obuhvaća dvije sanitarne prostorije i dvije ostave. Prostorije podruma nemaju velike zahtjeve za ugodnošću pa ih nije potrebno zagrijavati. Proračun za ventilaciju izvodi se prema broju izmjena prostorije, na isti način kao i za kuhinju:

$$\dot{V}_{oi} = ACH \cdot V_i \quad \frac{m^3}{s}.$$

U tablici se nalaze rezultati proračuna:

	ACH	Volumen m^3	V m^3/h
WC ž	2	14,2	28,4
WC m	2	21,7	43,4
Ostava 1	2	63,8	127,6
Ostava 2	2	71,1	142,2
Ukupno			341,6

Tablica 25 Potrebni volumski protoci po prostorijama

Za centralnu jedinicu ventilacije sustava podruma odabrana je stropna jedinica za povrat topline tvrtke *Rosenberg. SupraBox COMFORT D* s. Izabrana jedinica se sastoji od rekuperatora, ventilatora za dovod zraka i odvod zraka, filtera i elektronike potrebne za upravljanje i automatsku regulaciju. Rekuperator *SupraBox COMFORD D*-a ima učinkovitost od preko 90%.



Slika 20 SupraBox COMFORT D

Odabrana jedinica može pružiti 1100 m^3/h uz tlak od 200Pa, a u nju je još ugrađen i električni grijač koji omogućuje zagrijavanje zraka u slučaju kad temperatura padne ispod željene temperature. Sustavom se može jednostavno upravljati preko ugrađenog zaslona.



Slika 21 Zaslon SupraBox COMFORT-a

Za prostorije su izabrani otvori za zrak tvrtke *Klimaoprema*. U prostorije podruma postavljaju se otvori tipa ZOV, oznake

- *ZOV 100*



Slika 22 ZOV, zračni ventil

Broj u oznaci naznačuje promjer otvora. ZOV je zračni ventil podesivog protoka. Protok se može upravljati pomicanjem poklopca duž osi simetrije. Ostvarivanje željenog protoka vrši se nakon instaliranja otvora na dovodne kanale mijenjanjem otvorenosti ventila.

7 TEHNIČKI OPIS

7.1 Općenito

U skladu s projektnim zadatkom unutar objekta predviđene su sljedeće instalacije

1. Instalacije dvije klimatizacijske jedinice,
2. Instalacija dizalice topline,
3. Instalacija kanalskog razvoda,
4. Instalacija rekuperacijske stropne jedinice,
5. Instalacija tri kuhinjske nape,

7.2 Instalacija dvije klimatizacijske jedinice

Za prostorije prizemlja predviđeno je dovođenje vanjskog i odvođenje unutarnjeg zraka preko dvije klimatizacijske jedinice smještene na krovu restorana. Obje klimatizacijske jedinice istog su tipa D-AHU MODULAR_P različitih veličina, veća broj 4, manja broj 2. Klimatizacijske jedinica se sastoje od 10 modula:

- dva modula s aluminijskim žaluzinama pogonjenih elektromotorom ,
- dva modula s ugrađenim filterima klase F7,
- modula rekuperatora,
- dva modula s ventilatorima ,
- dva modula s prigušivačima ,
- modula s vodenim grijačom.

Klimatizacijske jedinice imaju tvornički ugrađenu električnu upravljačku ploču koja komunicira s ugrađenim osjetnicima, temperature i vlage, senzorima za kontrolu otvaranja ventila vode, diferencijalnim osjetnikom tlaka za pregled stanja filtera i ventilatora, s motorima ventilatora i inverterima. Sve komponente su međusobno povezane. Nominalna snaga električne energije potrebne za rad manje klimatizacijske jedinice iznosi 0.58kW, potreban je monofazni priključak, a za rad veće jedinice 1,15kW, potreban je trofazni priključak. Klimatizacijske jedinice upravljaju s radom pumpi za grijač ovisno o temperaturi povratnog zraka. Projektna temperatura zagrijavanja zraka veće klimatizacijske temperature iznosi 30°C, pa regulacijska pumpa radi maksimalnim protokom dok temperaturni osjetnik ne očita zadanu temperaturu, isto tako za manju klimatizacijsku jedinicu čija je projektna temperatura dobavnog zraka 18°C.

7.3 Instalacija dizalice topline

Za grijanje zraka unutar komore osigurana je dizalica topline zrak - voda temperaturnog režima vode 45/40°C. Za rad pumpe potreban je trofazni priključak 22,7kW. Dizalica topline grije vodu koja potom odlazi u grijače klimatizacijskih jedinice tamo se hladi i vraća u dizalicu topline. Ovisno o očitanoj temperaturi na senzoru povrata vode iz klimatizacijske jedinice dizalica topline regulira rad kompresora. Što je niža temperatura okoliša to je manja učinkovitost dizalice topline. Za rad pri niskim temperaturama potrebno je dodati glikol u vodu kako bi se spriječilo zamrzavanje. Za temperaturu od -15°C potreban udio etilen glikola iznosi 20%, odnosno 35% propilen glikola. Cjelokupni krug vode, uključujući sve cjevovode, mora biti izoliran da bi se spriječilo smanjivanje kapaciteta grijanja, kao i da bi se spriječilo smrzavanje vanjskog cjevovoda. Debljina izolacijskog materijala mora biti najmanje 13 mm s λ=0,039 W/mK.

7.4 Instalacija kanalskog razvoda

Zračni sustav restorana izveden je kao uz pomoć tri kanalna razvoda izrađena od limenih cijevi okruglog presjeka. U sustavima prizemlja potrebna je u gradnja VAV regulatora RVP-C okruglog presjeka. VAV regulatore potrebno je spojiti s upravljačima s ugrađenim senzorima, u prostoru za usluživanje je to osjetnik temperature i ugljikovog dioksida, a u prostoru kuhinje je to osjetnik diferencijalnog tlaka. Spajanje VAV regulatora vrši se po principu *master-slave*. Namještanje VAV regulatora vrši se tvornički prema zahtjevima prostorija, nije potrebno održavanje.

7.5 Instalacija rekuperacijske stropne jedinice

U prostoru ostave postavlja se SupraBox COMFORT rekuperator sa električnim grijačem. Jedinicu je potrebno spojiti na priključak monofazne struje za dovod energije električnom grijaču, ventilatorima i ugrađenoj elektronici. Jedinicu je potrebno pomoću sidrenih vijaka pričvrstiti za strop prostorije i na nju spojiti kanalski razvod. Kanalski razvod potrebno je balansirati pomoću regulacije otvorenosti zračnih ZOV ventila. Jedinica na sebi ima ugrađen zaslon preko kojeg se može kontrolirati rad ventilatora i grijalice.

7.6 Instalacija kuhinjskih napa

Za odsis zraka iznad toplih ploha postavljene su tri eko nape. Prednost eko nape u odnosu na običnu napu je što se njoj direktno iz okoliša dovodi 70% zraka, dok se iz prostora dovodi samo 30% zraka čime se stvaraju znatne uštede u toplinskoj energiji. Za sve tri nape tako je potrebno dovesti priključak dobavnog zraka i priključak otpadnog zraka. Priključak dobavnog hladnog zraka je toplinski izoliran i ima svoj vlastiti ventilator. Priključak otpadnog zraka je direktno spojen na krov objekta na kojem se nalazi ventilator za izbacivanje otpadnog zraka. Ventilator je predviđen da izdrži temperaturu od 120°C. Nape su izrađene od nehrđajućeg čeličnog lima (NiCr -INOX) te su opremljene filterima za masnoću, rasvjetom otpornom na visoke temperature i odvodnim priključkom za kondezaciju.

8 ZAKLJUČAK

U radu je prikazano rješenje sustava mehaničke ventilacije za cijeli restoran i zračnog grijanja prostora za usluživanje i stubišta pri kojem se za izvor topline koriste dizalica topline i električni grijač ugrađen u jedinicu za povrat topline.

Projektiranju se pristupilo tako da su se unutar zadanih okvira birala što ekonomičnije rješenja koja udovoljavaju parametrima toplinske ugodnosti. Tako su ugrađeni VAV sustavi koji omogućuju smanjenje nepotrebnog troška energije, ugrađene su eko kuhinjske nape koje izbacuju većinom hladni zrak, koje i same dovode te dizalica topline koja je ekonomična, ali njena ekonomičnost ovisi o vanjskoj temperaturi. Povoljne omjere utrošene električne energije i dane toplinske energije imaju do temperature -5°C, u područjima gdje su temperature često ispod te temperature bolje je razmisliti o nekim drugim oblicima izvora energije. S obzirom na toplinsku ugodnost pri projektiranju uzelo se u obzir da temperature u ovisnosti o aktivnosti ljudi u prostoriji budu primjerene te da zrak koji ulazi u prostorije ne stvara propuh u zoni boravka. Sustavi su izvedeni tako da se mogu automatski regulirati pomoću elektroničke opreme i ugrađenih senzora.

Sva navedena oprema i sva moguća rješenja koriste se i u drugim sustavima, dostupna su na tržištu i kao takva, mogu se ugraditi u realne objekte.

LITERATURA

[1] klima-oprema.hr

[2] Norma DIN 1946

[3] Norma HRN EN 12831

[4] Norma EN13779

[5] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade borave

[6] Tehnički propis o izmjenama i dopunama tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti uzgradama

[7] Podloge za predavanje iz kolegija Klimatizacija grijanje i hlađenje Prof.dr.sc. Igor Balen

[8] rosenberg-gmbh.com

[9] systemair.com

[10] daikin.hr

PRILOZI

I. Prilog A - Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema HRN EN 12831

II. Prilog B – Tehnička dokumentacija

Prilog A - Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema HRN EN 12 83

Projekt: Restoran

Toplinska bilanca

K1	**Podrum**													
P	**Prostorija**	**A (m²)**	**tu (°C)**	**Qn (W)**	**PhiT (W)**	**PhiV (W)**	**(W)**	**Qinst (W)**	**Qost (W)**	**Qinst/m² (W)**				
P8	Stepenište D	12	18	504	141	0	363	0	- 504	0				
	Ukupno: Podrum			**504**	**141**	**0**	**363**	**0**	**- 504**					
K2	**Prizemlje**													
P	**Prostorija**	**A (m²)**	**tu (°C)**	**Qn (W)**	**PhiT (W)**	**PhiV (W)**	**(W)**	**Qinst (W)**	**Qost (W)**	**Qinst/m² (W)**				
P1	Prostor za usluživanje	121	20	11043	5383	2021	3639	0	- 11043	0				
P4	Stepenište G	7	20	693	405	72	216	0	- 693	0				
	Ukupno: Prizemlje			**11736**	**5788**	**2093**	**3855**	**0**	**- 11736**					
	Ukupno:			**12240**	**5929**	**2093**	**0**	**0**	**- 12240**					

Projekt: Restoran

Toplinski gubici

Podrum	**Prostorija:**		**P8 Stepenište D**		
Duljina (m)	12,10		T (m)	5,00	
Širina (m)	1,00		Gw	1,00	
Površina (m²)	12,10		f g1	1,45	
Visina (m)	2,55		Broj otvora	0	
Volumen (m³)	30,85		e i	0,00	
Oplošje (m²)	91,01		f vi	1,00	
Visina iznad tla (m)	- 2,85		V ex (m³/h)	0,00	
Theta int, i (°C)	18		V su (m³/h)	0,00	
Theta e (°C)	- 15		V su,i (m³/h)	0,00	
f RH	30,00		n min (1/h)	0,00	
Korekcijski faktor - fh,i	1,00				

OZ	**Stijena prema**	**SS**	**Br**	**Duž. (m)**	**V/Š (m)**	**A (m²)**	**O**	**A' (m²)**	**P**	**B'**	**Z**	**U**	**Ueq**	**Theta u/as (°C)**	**ek**	**bu**	**fij**	**fg2**	**TM**	**H T,i (W/K)**	**Phi T,i (W)**
Zid JI	zemlji (zid)	JI	1	4,95	2,85	14,11	+	14,11	0,00	0,00	3,00	0,500	0,32	- 15	1,00	0,00	0,00	0,21	0,00	1,389	45
Zid parking	zemlji (zid)	JZ	1	3,09	2,85	8,81	+	8,81	0,00	0,00	3,00	0,500	0,32	- 15	1,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,867	28
Zid ostav	negrijanoj prostoriji	JI	1	3,30	2,85	9,40	+	9,40	0,00	0,00	0,00	0,700	0,00	16	1,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,399	13
Zidic ostava	negrijanoj prostoriji	JZ	1	1,20	2,85	3,42	+	3,42	0,00	0,00	0,00	0,700	0,00	16	1,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,145	4

Vrata ostava	negrijanoj prostoriji	JI	1	0,90	2,10	1,89	-	1,89	0,00	0,00	0,00	2,100	0,00	16	1,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,241	7
Zid vrata	negrijanoj prostoriji	JI	1	1,60	2,85	4,56	+	2,67	0,00	0,00	0,00	0,600	0,00	16	1,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,097	3
Pod	zemlji (pod)	hor.	1	0,00	0,00	12,10	+	12,10	7,50	3,23	0,00	0,500	0,31	- 15	1,00	0,00	0,00	0,21	0,00	1,154	38

Rezultati proračuna					
Phi V,inf (W)	0		Phi T,i (W)	141	
Phi V,min (W)	0		Phi V,i (W)	0	
Phi V,mech,inf	0		Phi V,mech (W)	0	
Phi V,su (W)	0		Phi (W)	504	
Phi RH (W)	363		Phi/A (W/m²)	41	
Phi/V (W/m³)	16				

Prizemlje				**Prostorija:**			**P1 Prostor za usluživanje**													
Duljina (m)				121,30			T (m)				5,00									
Širina (m)				1,00			Gw				1,00									
Površina (m²)				121,30			f g1				1,45									
Visina (m)				3,50			Broj otvora				6									
Volumen (m³)				424,55			e i				0,05									
Oplošje (m²)				1098,70			f vi				1,00									
Visina iznad tla (m)				0,00			V ex (m³/h)				0,00									
Theta int, i (°C)				20			V su (m³/h)				0,00									
Theta e (°C)				- 15			V su,i (m³/h)				0,00									
f RH				30,00			n min (1/h)				0,00									
Korekcijski faktor - fh,i				1,00																
OZ	**Stijena prema**	**SS**	**Br**	**Duž. (m)**	**V/Š (m)**	**A (m²)**	**O**	**A' (m²)**	**P**	**B'**	**Z**	**U**	**Ueq**	**Theta u/as (°C)**	**ek**	**bu**	**fij**	**fg2**	**TM**	**H T,i (W/K)**	**Phi T,i (W)**
Glavni ulaz	okolici	JZ	1	2,20	2,40	5,28	-	5,28	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,336	221
Zid vrata	okolici	JZ	1	2,80	3,90	10,92	+	5,64	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,256	79
Zid vrata unutra	okolici	SZ	1	1,40	3,90	5,46	+	5,46	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,184	76
Zid jug parking	okolici	JZ	1	2,50	3,90	9,75	+	9,75	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,900	136
Zidic JI vrata	okolici	JI	1	0,70	3,90	2,73	+	2,73	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,092	38
Izlaz na jug prozor	okolici	J	1	2,00	1,00	2,00	-	2,00	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,400	84
Izlaz na jug vrata	okolici	J	1	1,00	2,40	2,40	-	2,40	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,880	100
Zid vrata J	okolici	J	1	3,10	3,90	12,09	+	7,69	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,076	107

Zid kosi istok	okolici	I	1	2,12	3,90	8,27	+	8,27	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,308	115
Prozor niski terasa	okolici	SI	1	3,00	2,50	7,50	-	7,50	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,000	315
Prozor visoki terasa	okolici	SI	1	3,00	2,50	7,50	-	7,50	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,000	315
Zid dugi unutr	okolici	SI	1	11,80	3,90	46,02	+	31,02	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,408	434
Izlaz na terasu	okolici	SI	1	3,00	2,50	7,50	-	7,50	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,000	315
Prozor kutni 1	okolici	I	1	1,10	2,50	2,75	-	2,75	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,300	115
Zid kratki unutra terasa	okolici	I	1	6,93	3,90	27,03	+	16,78	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,712	234
Prozor kutni 2	okolici	S	1	1,10	2,50	2,75	-	2,75	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,300	115
Zid unutra sjever	okolici	S	1	3,35	3,90	13,06	+	10,31	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,124	144
Zid mali kuhinja	grijanoj prostoriji	I	1	1,50	3,90	5,85	+	5,85	0,00	0,00	0,00	0,700	0,00	18	1,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,234	8
Vrata	grijanoj prostoriji	JI	1	1,00	2,20	2,20	-	2,20	0,00	0,00	0,00	2,100	0,00	18	1,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,264	9
Zid vrata kuhinja	grijanoj prostoriji	JI	1	3,30	3,90	12,87	+	10,67	0,00	0,00	0,00	0,700	0,00	18	1,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,427	14
Prozor	grijanoj prostoriji	I	1	1,10	1,50	1,65	-	1,65	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	18	1,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,113	4

Zid prozor kuhinjs	grijanoj prostoriji	I	1	3,50	3,90	13,65	+	12,00	0,00	0,00	0,00	0,700	0,00	18	1,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,480	16
Pod zemlja	zemlji (pod)	hor.	1	0,00	0,00	87,24	+	87,24	34,22	5,10	0,00	0,500	0,28	- 15	1,00	0,00	0,00	0,26	0,00	9,108	318
Pod podrum	grijanoj prostoriji	hor.	1	0,00	0,00	25,40	+	25,40	0,00	0,00	0,00	0,500	0,00	18	1,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,726	25
Strop	okolici	hor.	1	0,00	0,00	121,30	+	121,30	0,00	0,00	0,00	0,350	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,455	1485
Zid parking unutra	okolici	JZ	1	9,80	3,90	38,22	+	38,22	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,288	535
Pod podrum ost	negrijanoj prostoriji	hor.	1	0,00	0,00	8,00	+	8,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,00	16	1,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,457	16

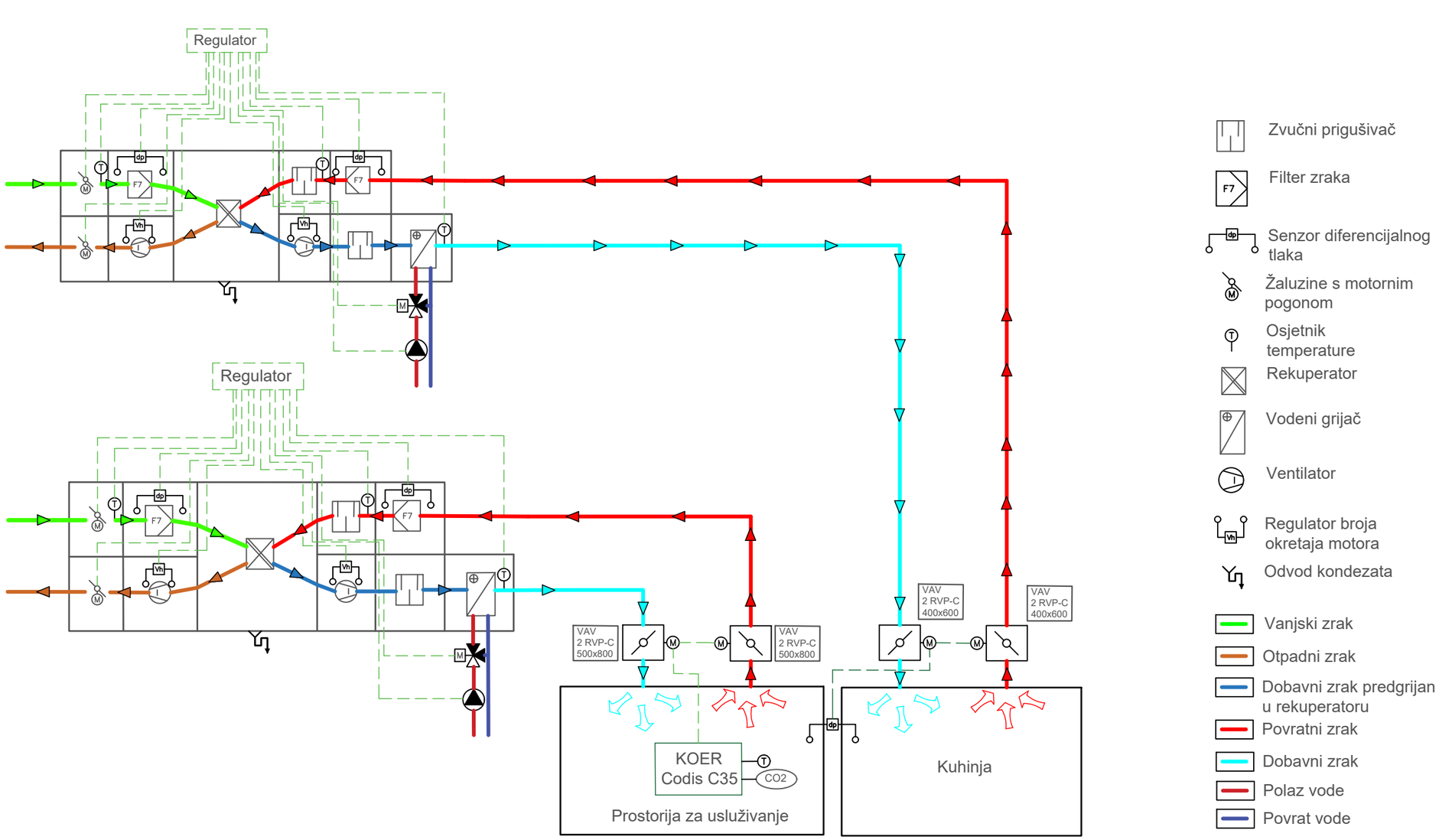
Rezultati proračuna

Phi V,inf (W)	170		Phi T,i (W)	5383	
Phi V,min (W)	0		Phi V,i (W)	2021	
Phi V,mech,inf	0		Phi V,mech (W)	2021	
Phi V,su (W)	0		Phi (W)	11043	
Phi RH (W)	3639		Phi/A (W/m²)	91	
Phi/V (W/m³)	26				

Prizemlje				**Prostorija:**			**P4 Stepenište G**													
Duljina (m)				7,20			T (m)				5,00									
Širina (m)				1,00			Gw				1,00									
Površina (m²)				7,20			f g1				1,45									
Visina (m)				3,50			Broj otvora				1									
Volumen (m³)				25,20			e i				0,03									
Oplošje (m²)				71,80			f vi				1,00									
Visina iznad tla (m)				0,00			V ex (m³/h)				0,00									
Theta int, i (°C)				20			V su (m³/h)				0,00									
Theta e (°C)				- 15			V su,i (m³/h)				0,00									
f RH				30,00			n min (1/h)				0,00									
Korekcijski faktor - fh,i				1,00																
OZ	**Stijena prema**	**SS**	**Br**	**Duž. (m)**	**V/Š (m)**	**A (m²)**	**O**	**A' (m²)**	**P**	**B'**	**Z**	**U**	**Ueq**	**Theta u/as (°C)**	**ek**	**bu**	**fij**	**fg2**	**TM**	**H T,i (W/K)**	**Phi T,i (W)**
Zid vrata	okolici	JI	1	1,50	3,90	5,85	+	5,85	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,340	81
Prozor	okolici	JZ	1	0,80	2,20	1,76	-	1,76	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,112	73
Zid parking	okolici	JZ	1	3,13	3,90	12,21	+	10,45	0,00	0,00	0,00	0,400	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,180	146
Zid kuhinja	grijanoj prostoriji	JI	1	2,80	3,90	10,92	+	10,92	0,00	0,00	0,00	0,700	0,00	18	1,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,437	15
Strop	okolici	hor.	1	0,00	0,00	7,20	+	7,20	0,00	0,00	0,00	0,350	0,00	- 15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,520	88
Rezultati proračuna																					
Phi V,inf (W)				6			Phi T,i (W)				405									
Phi V,min (W)				0			Phi V,i (W)				72									
Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)				72									
Phi V,su (W)				0			Phi (W)				693									
Phi RH (W)				216			Phi/A (W/m²)				96									
Phi/V (W/m³)				27																

Prilog B – Tehnička dokumentacija

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



- Zvučni prigušivač
- Filter zraka
- Senzor diferencijalnog tlaka
- Žaluzine s motornim pogonom
- Osjetnik temperature
- Rekuperator
- Vodeni grijač
- Ventilator
- Regulator broja okretaja motora
- Odvod kondezata
- Vanjski zrak
- Otpadni zrak
- Dobavni zrak predgrijan u rekuperatoru
- Povratni zrak
- Dobavni zrak
- Polaz vode
- Povrat vode

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	17.2.2021	Marko Sučić	
Razradio	17.2.2021	Marko Sučić	
Crtao	17.2.2021	Marko Sučić	
Pregledao		Dr.sc. Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt: Funkcionalan shema spajanja i automatske regulacije

Objekt broj:

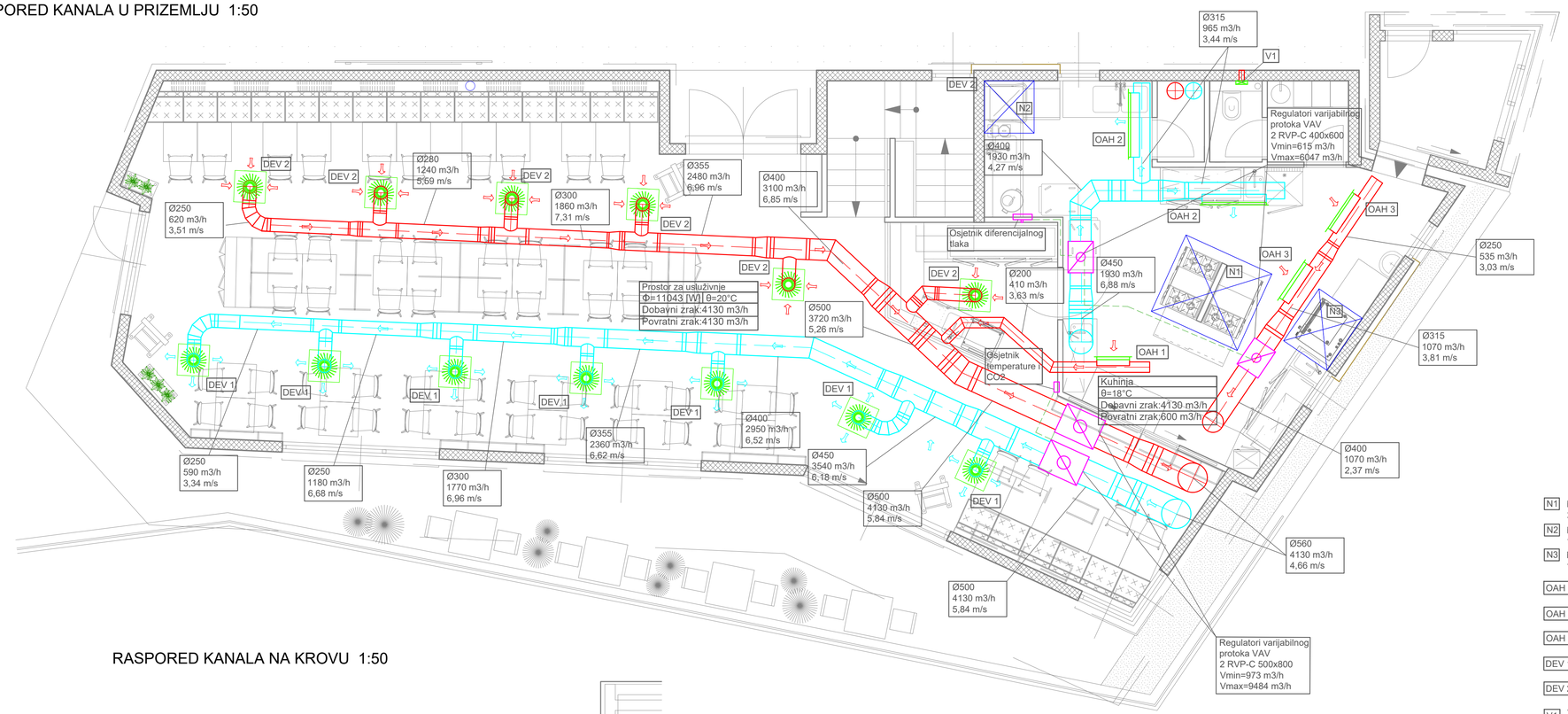
R. N. broj:

Design by CADLab

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

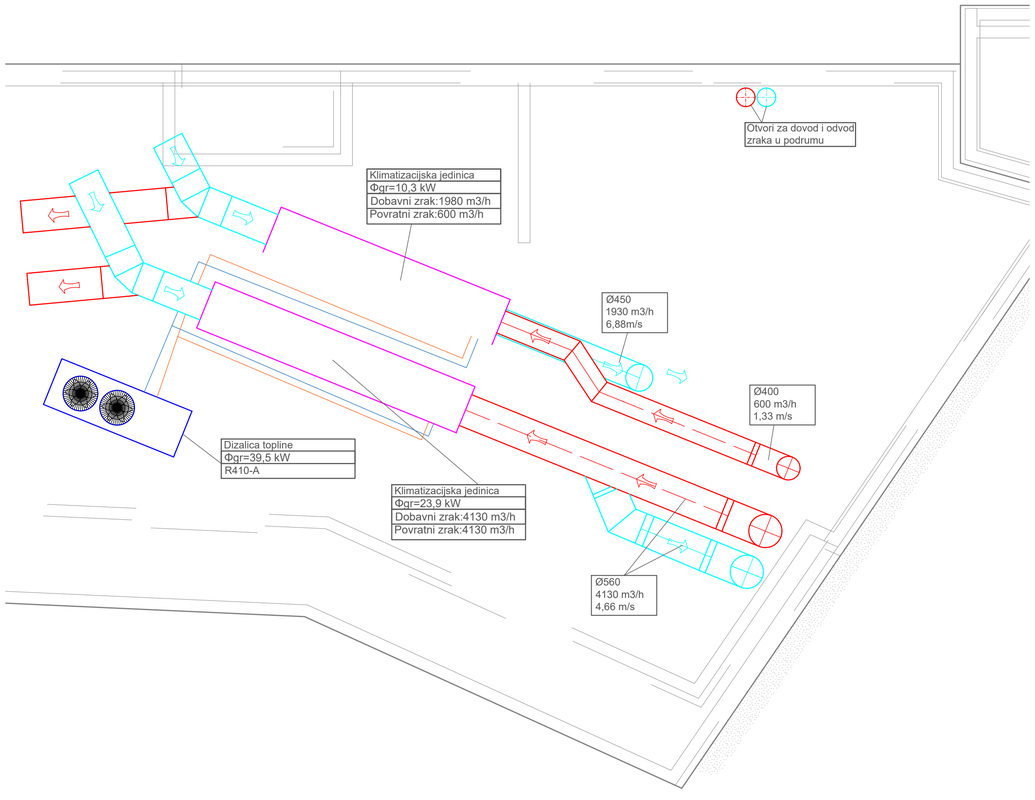
RASPORED KANALA U PRIZEMLJU 1:50



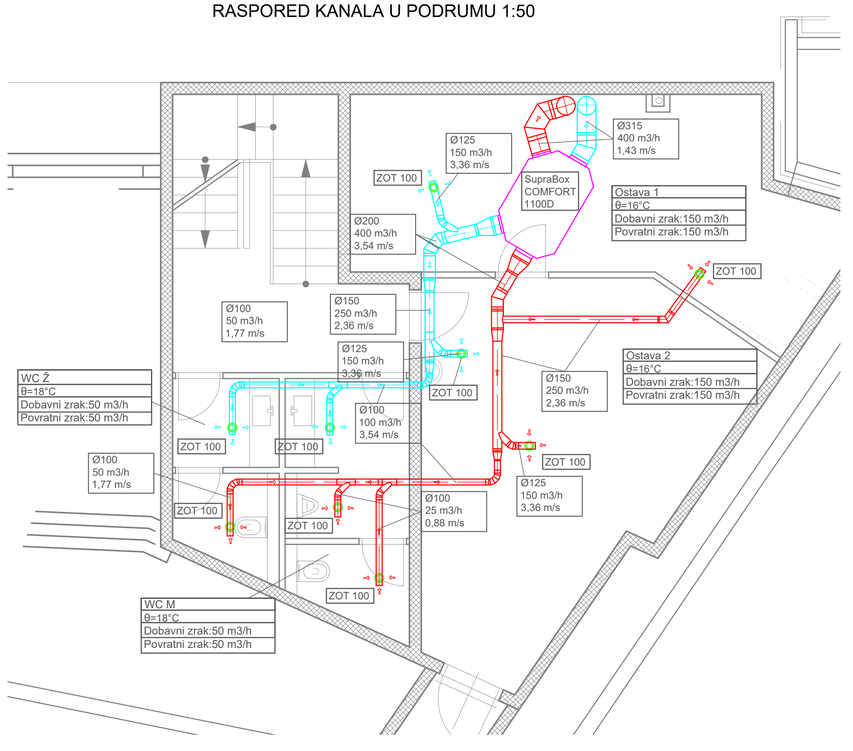
N1 Napa NES 1600x1800 2600 m3/h
N2 Napa NES 1000x1000 1000 m3/h
N3 Napa NES 1200x1800 1000 m3/h
OAH 1 Rešetka OAH 1 625x125 410 m3/h
OAH 2 Rešetka OAH 1 1025x225 965 m3/h
OAH 3 Rešetka OAH 1 825x225 300 m3/h
DEV 1 DEV K 600/48-B-A-V-248-RAL9010 590 m3/h
DEV 2 DEV K 600/48-B-B-V-248-RAL9010 620 m3/h
V1 Ventilator BF 100S 69,9 m3/h

Dovodni kanal
Povratni kanal

RASPORED KANALA NA KROVU 1:50



RASPORED KANALA U PODRUMU 1:50



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	17.2.2021	Marko Sučić	
Razradio	17.2.2021	Marko Sučić	
Crtao	17.2.2021	Marko Sučić	
Pregledao	17.2.2021	dr.sc. Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt: Restoran
Objekt broj:
R. N. broj:
Napomena:
Kopija
Materijal:
Masa:
Mjerilo originala 1:50
Naziv: Dispozicija instalacije ventilacijskih kanala
Pozicija:
Format: A1
Listovo: 2
Crtež broj:
List: 2

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab