

# Projekt sustava ventilacije i klimatizacije restorana

---

**Mikloška, Matija**

**Master's thesis / Diplomski 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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:459064>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-30**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Matija Mikloška**

Zagreb, prosinac 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Matija Mikloška

Zagreb, prosinac 2021.

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

Zahvaljujem se svom mentoru prof.dr.sc. Igoru Balenu na svim savjetima, odvojenom vremenu i vođenju kroz izradu ovog diplomskog rada.

Veliko hvala kolegama iz firme Eksperterm na podršci i svom prenesenom znanju u zadnje dvije godine. Također, hvala i kolegama iz tvrtke Proklima na ukazanoj stručnoj pomoći i ugodnom pristupu.

Na kraju najveće zahvale mojoj obitelji, djevojci Luciji i bliskim prijateljima na neizmjernoj podršci i razumijevanju kada god je to bilo potrebno.



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Matija Mikloška**

JMBAG: 0035205914

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava ventilacije i klimatizacije restorana**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of ventilation and air-conditioning system for the restaurant**

Opis zadatka:

U ovom radu, potrebno je izraditi projekt sustava ventilacije i klimatizacije zgrade restorana McDonald's s kuhinjom na dvije etaže (Pr+1K) ukupne površine 1050 m<sup>2</sup>, prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Tehničko rješenje predvidjeti uz pretpostavku izvedbe zračno-vodenog sustava s regulacijom pomoću promjene protoka zraka. U restoranu i kuhinji treba osigurati odgovarajuće mikroklimatske uvjete s regulacijom temperature i relativne vlažnosti zraka tijekom cijele godine, sukladno normama za tu vrstu prostora. Temperaturni režim dovodnog zraka predvidjeti 18°C cijele godine. Tehničko rješenje treba obuhvatiti ventilacijsku i klimatizacijsku opremu te dovodni i odvodni razvod i difuziju zraka u prostorima. Zgrada se nalazi na području grada Zagreba.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- elektro-priključak 220/380V; 50Hz
- vodovodni priključak tlaka 5 bar

Rad treba sadržavati:

- analizu sustava ventilacije i klimatizacije restorana i kuhinja s osnovnim shemama,
- količinsku bilancu sustava sa zrakom,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- grafičke prikaze analiziranih procesa klimatizacije u h,x dijagramima,
- tehnički opis funkcije sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i automatske regulacije,
- crteže kojima se definira montaža i raspored opreme.

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

Zadatak zadan:

30. rujna 2021.

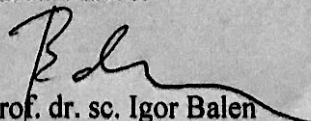
Datum predaje rada:

2. prosinca 2021.

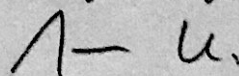
Predviđeni datumi obrane:

13. – 17. prosinca 2021.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

# SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK .....	VIII
SUMMARY .....	IX
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1. Toplinska ugodnost .....	1
1.2. Ventilacija ili klimatizacija.....	3
1.3. Podjela GViK sustava .....	3
<b>2. OSNOVNI PODACI O ZGRADI.....</b>	<b>6</b>
2.1. Geometrija i orijentacija zgrade.....	6
2.2. Projektni uvjeti i namjene prostorija .....	10
<b>3. PRORAČUNI .....</b>	<b>13</b>
3.1. Količinske bilance vanjskog zraka .....	13
3.1.1. <i>Ventilacijski zahtjevi</i> .....	13
3.1.2. <i>Ventilacija kuhinje</i> .....	14
3.1.3. <i>Ventilacija restorana</i> .....	16
3.1.4. <i>Ventilacija ureda</i> .....	18
3.1.5. <i>Ventilacija sanitarija i pomoćnih prostorija</i> .....	19
3.2. Dimenzioniranje kanala.....	19
3.3. Proračun pada tlaka.....	22
<b>4. ODABIR OPREME .....</b>	<b>25</b>
4.1. Difuzija zraka u prostoru .....	25
4.1.1. <i>Komponente za dobavu zraka</i> .....	25
4.2. Ventilatori .....	32
4.2.1. <i>Usisni ventilatori za odsis zraka iz sanitarnih prostora</i> .....	32
4.3. Klima komore .....	36
4.3.1. <i>Klima komora kuhinja – restoran (KK1)</i> .....	37
4.3.2. <i>Klima komora uredi (KK2)</i> .....	42
4.3.3. <i>Analiza poročesa pripreme zraka</i> .....	46
4.4. Regulacija varijabilnog protoka zraka .....	51
4.4.1. <i>Regulatori varijabilnog protoka zraka (VAV)</i> .....	51

---

4.4.2. <i>Senzori i upravljači</i> .....	53
5. <b>TEHNIČKI OPIS SUSTAVA</b> .....	55
6. <b>ZAKLJUČAK</b> .....	58
7. <b>LITERATURA</b> .....	60
<b>PRILOG I – proračun količine potrebnog zraka</b> .....	61
<b>PRILOG II – proračun padova tlaka kritičnih dionica</b> .....	63
<b>PRILOG III – nacrti</b> .....	68

## POPIS SLIKA

Slika 1 Ovisnost PMV i PPD indeksa [1] .....	2
Slika 2 Sustav za pripremu zraka s varijabilnim protokom zraka [3].....	5
Slika 3 Situacija zgrade.....	6
Slika 4 Sjeverno pročelje zgrade.....	7
Slika 5 Južno pročelje zgrade .....	7
Slika 6 Istočno pročelje zgrade .....	8
Slika 7 Zapadno pročelje zgrade.....	8
Slika 8 Tlocrt kata zgrade .....	9
Slika 9 Tlocrt kata zgrade .....	9
Slika 10 Tlocrt krova .....	10
Slika 11 Tlocrt kuhinje s pozicijama opreme .....	14
Slika 12 Skica kritične dionice tlačnog voda restoran-kuhinja.....	24
Slika 13 Distributer za dobavu zraka DEV-K [8].....	26
Slika 14 Rezultat odabira distributera koristeći Solveair prema ulaznim parametrima [8].....	27
Slika 15 Odsis otpadnog zraka iz kuhinje putem JIMCO napa [9].....	29
Slika 16 Stvarni prikaz UV-C lampe u radu [9] .....	29
Slika 17 Rešetka za odsis zraka u uredskim prostorima OAB [8].....	31
Slika 18 ZOV distributer za odsis zraka iz sanitarija i spremišta [8].....	32
Slika 19 Skica kritične dionice odsisa iz sanitarno-spremišnih prostora u prizemlju.....	34
Slika 20 Aksijalni ventilator EM 160L EC [11] .....	34
Slika 21 Prikaz radne točke ventilatora EM 160L EC [11] .....	35
Slika 22 Područje rada ventilatora EM 150L EC [11].....	35
Slika 23 Karakteristike kanalnog ventilatora EM 125L EC 01 .....	36
Slika 24 Tlocrtni prikaz klima komore KK1 .....	38
Slika 25 Karakteristike pločastog rekuperatora komore KK1 .....	40
Slika 26 Bočni prikaz klima komore KK2.....	43
Slika 27 Karakteristike pločastog rekuperatora komore KK2 .....	44
Slika 28 Prosesi stanja klima komore KK1 – zima .....	47
Slika 29 Prosesi stanja klima komore KK1 - ljeto.....	48
Slika 30 Prosesi stanja klima komore KK2 - zima .....	49
Slika 31 Prosesi stanja klima komore KK2 - ljeto.....	50
Slika 32 Regulator varijabilnog protoka zraka RVP-C, Klimaoprema [8].....	52
Slika 33 Kontrolni upravljač Codis C35, Koer [13] .....	54



**POPIS TABLICA**

Tablica 1 Popis prostorija sa površinama i projektnim temperaturama.....	12
Tablica 2 Vrijednosti očitanih faktora za proračun količine zraka restorana [6].....	17
Tablica 3 Vrijednosti očitanih faktora za proračun količine zraka ureda [6] .....	18
Tablica 4 Padovi tlaka kritične dionice za tlačnu stranu restoran-kuhinja .....	23
Tablica 5 Vrste i količine distributera za dobavu zraka.....	28
Tablica 6 Vrste i količine distributera za odsis zraka iz restorana i pomoćnih prostorija .....	30
Tablica 7 Dimenzije odsisnih rešetki po protocima zraka i količinama .....	31
Tablica 8 Pad tlaka kritične dionice sanitarno-spremišnih prostora restorana u prizemlju .....	33
Tablica 9 Veličine stanja za proces pripreme zraka u KK1 – zima .....	48
Tablica 10 Veličine stanja za proces pripreme zraka u KK1 – ljeto.....	49
Tablica 11 Veličine stanja za proces pripreme zraka u KK2 – zima .....	50
Tablica 12 Veličine stanja za proces pripreme zraka u KK2 – ljeto.....	51
Tablica 13 Karakteristike varijabilnog regulatora protoka zraka RVP-C-315-MP-380/800-P, Klimaoprema.....	53
Tablica 14 Popis svih potrebnih vrsta RVP-C regulatora i njihovih količina.....	53

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

1/5	Tlocrt prizemlja – ventilacija	M 1:100
2/5	Tlocrt kata – ventilacija	M 1:100
3/5	Tlocrt krova	M 1:100
4/5	Shema klimatizacijskog sustava i detalj spajanja automatike	-
5/5	Sekcije klima komora	-

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$q_{v,ext}$	$m^3/h$	ukupni protok zraka za odsis
$q_{v,cap}$	$m^3/h$	količina zraka za odsis s uređaja koji se nalaze ispod nape
$q_{th,ne}$	$m^3/h$	količina zraka za odsis s uređaja koji se ne nalazi ispod nape
$q_{v,th}$	$m^3/h$	potrebna količina zraka prema toplinskom opterećenju od uređaja
$a$	-	faktor difuzije zraka
$k$	$m^{4/3}W^{-1/3}h^{-1}$	empirijski definiran koeficijent
$Q_{S,K}$	W	konvektivno preneseni udio osjetnog toplinskog opterećenja
$\varphi$	-	faktor istovremenosti
$h_d$	m	visina od izvora topline do nape
$d_{hydr}$	m	hidraulički promjer
$r$	-	redukcijski faktor za protok zraka prema toplinskom opterećenju
$P$	kW	potrošna snaga
$L$	m	duljina
$b$	m	širina
$V_{oz}$	l/s	protok vanjskog zraka određene zone
$V_{bz}$	l/s	protok vanjskog zraka potreban za disanje unutar određene zone
$E_z$	-	koeficijent distribucije zraka u prostoru
$R_p$	l/s osoba	minimalni potreban protok vanjskog zraka po osobi
$P_z$	-	broj ljudi u ventiliranoj zoni tijekom korištenja
$R_a$	l/s $m^2$	minimalni potreban protok vanjskog zraka prema jedinici površine
$A_z$	$m^2$	površina poda ventilirane zone

---

$q_m$	kg/s	maseni protok zraka
$q_v$	m <sup>3</sup> /s	volumni protok zraka
$\rho_1, \rho_2$	kg/m <sup>3</sup>	gustoće zraka u dionicama 1,2
$w_1, w_2$	m/s	brzine zraka u dionicama 1,2
$A_1, A_2$	m <sup>2</sup>	površine poprečnih presjeka kanala na dionicama 1,2
$p_t$	Pa	ukupni tlak struje zraka
$p_s$	Pa	statički tlak
$p_v$	Pa	dinamički tlak
$\rho_w$	kg/m <sup>3</sup>	gustoća vode
$g$	m/s <sup>2</sup>	gravitacijska konstanta
$H$	m	visina stupca vode
$\Delta p_T$	Pa	ukupni pad tlaka u kanalima
$\Delta p_F$	Pa	gubici trenja
$p_L$	Pa	dinamički/ lokalni gubici
$\lambda$	-	faktor trenja
$L$	m	dužina dionice kanala
$d$	m	unutarnji promjer okruglog kanala
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	gustoća zraka
$w$	m/s	brzina zraka
$\zeta$	-	koeficijent lokalnih gubitaka

## SAŽETAK

U radu je izrađen projekt sustava ventilacije i klimatizacije zgrade restorana McDonald's na području zagrebačkog naselja Vrbani. Zgrada se proteže na dvije etaže unutar kojih su smješteni kuhinja, prostor restorana i uredski prostor, a ukupna korisna površina zgrade iznosi 1050 m<sup>2</sup>. Ventilacijski zahtjevi za prostor kuhinje određeni su prema instaliranoj opremi koristeći normu *EN 16282-1017* te je količina zraka kojeg je potrebno odvesti jednaka 9000 m<sup>3</sup>/h. Za prostore restorana i ureda ventilacijski zahtjevi definirani su korištenjem *ASHRAE Standard 62.1-2013*. Količina dobavnog zraka za prostor restorana iznosi 12500 m<sup>3</sup>/h, a za urede 2000 m<sup>3</sup>/h. Dodatno je projektiran i sustav ventilacije sanitarnih i spremišnih prostora prema iskustvenom broju izmjena zraka koji iznosi 4-8 l/h. Na temelju dobivenih vrijednosti provedeno je dimenzioniranje kanala za distribuciju zraka prema metodi konstantne brzine zraka u kanalima. Uz to definirane su pozicije i način ubacivanja i odsisavanja zraka. Proračunati su padovi tlaka na kritičnim dionicama prema kojima se vršio odabir ventilatora za klima komore i odsis zraka iz sanitarija. Cijeli proces pripreme zraka prije ubacivanja u prostorije definiran je u h-x dijagramu uzimajući u obzir konstantnu temperaturu ubacivanja zraka od 18 °C tijekom cijele godine te vanjske projektne temperature prema meteorološkim podacima za Grad Zagreb. Ovim putem je bilo moguće odrediti potrebne dimenzije i karakteristike komponenti koje se ugrađuju u klima komore, uz uvjet maksimalnog iskorištenja rekuperacije topline. Izgled i raspored komponenti unutar komora određeni su u suradnji s firmom Proklima.

Ključne riječi: ventilacija, klimatizacija, ventilacijski zahtjevi, rekuperacija, klima komora.

## **SUMMARY**

The paper presents a project of the ventilation and air conditioning system of the McDonald's restaurant building around the Vrbani area in Zagreb. The building spreads over two floors which contains of kitchen, restaurant and office space and the net surface of the building is 1050 m<sup>2</sup>. Ventilation requirements for the kitchen space are determined according to the installed equipment using the EN 16282-1017 standard and the amount of air that needs to be removed is equal to 9000 m<sup>3</sup>/h. For restaurant and office spaces, ventilation requirements are defined using ASHRAE Standard 62.1-2013. The amount of supply air for the restaurant space is 12500 m<sup>3</sup>/h, and for offices 2000 m<sup>3</sup>/h. In addition, a ventilation system for sanitary and storage spaces has been designed according to the experienced number of air change rate of 4-8 1/h. Based on the obtained values, the dimensions of the air distribution ducts were calculated according to the method of constant air velocity in the ducts. In addition, the positions and method of air intake and extraction are defined. Pressure drops were calculated on critical sections according to which fans for air conditioning chambers and air extraction from toilets were selected. The entire process of air preparation before entering the room is defined in the h-x diagram taking into account the constant air intake temperature of 18 °C throughout the year and the external design temperature according to meteorological data for Zagreb. In this way, it was possible to determine the required dimensions and characteristics of the components to be installed in the air chambers, providing maximum utilization of heat recovery. The appearance and arrangement of components inside the chambers were determined in cooperation with the company Proklima.

Keywords: ventilation, air conditioning, ventilation requirements, recuperation, air condition chamber

## 1. UVOD

Sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije se koristi kada nije moguće pasivnim načinom regulirati prijenos topline i tvari između unutarnjeg prostora i vanjskog okoliša. To se događa onda kada se željena toplinska ugodnost ne može postići prirodnim putem, kada postoje vrlo strogi zahtjevi za kvalitetom zraka u prostoru (laboratoriji, operacijske dvorane, lakirnice, i dr.) te kada prirodna ventilacija nije moguća ili je ograničenih mogućnosti (buka prometa, velike/duboke prostorije, velike razlike tlaka uslijed vjetra). GViK sustav (grijanje, ventilacija i klimatizacija) je oprema troši znatnu količinu energije, a time i novaca, te ima velik utjecaj na ugodnost i velik potencijal da poboljša i naruši zdravlje osoba koje borave u zgradi.

Ventilacija uz infiltraciju predstavlja jedan od dva osnovna načina ulaza vanjskog zraka u prostor. Za razliku od infiltracije, koja nastaje uslijed propuštanja vanjskog zraka kroz ovojnica zgrade zbog lošeg brtvljenja, ventilacija je proces odvođenja istrošenog zraka iz zatvorenog prostora i dovođenja vanjskog zraka prirodnim ili prisilnim putem radi ugodnijeg, sigurnijeg boravka osoba ili za potrebe nekog procesa. Ugradnja sustava ventilacije predstavlja namjeru regulirane razdiobe zraka unutar zgrade.

Pojam klimatizacija označava složeni proces koji uključuje pripremu, razvod i ubacivanje zraka u kondicionirani prostor. Klimatizacijom se reguliraju i održavaju sljedeći parametri: temperatura zraka, relativna vlažnost, brzina strujanja zraka, čistoća zraka, razina buke i razlika tlaka u prostoru. Sve to s ciljem postizanja ugodnog i zdravog okoliša za osobe koje borave u prostoru, odnosno radi postizanja uvjeta za potrebe industrijske proizvodnje.

### 1.1. Toplinska ugodnost

Toplinska ugodnost zaokružuje skup vrijednosti u okviru toplinskih parametara prostora koji se ostvaruju GViK sustavom. Obzirom da je osjećaj ugodnosti nužno individualan te ne postoji određeni skup stanja okoliša koji bi zadovoljio želje svake osobe, zadatak GViK sustava je stvoriti uvjete koji odgovaraju najvećem broju osoba.

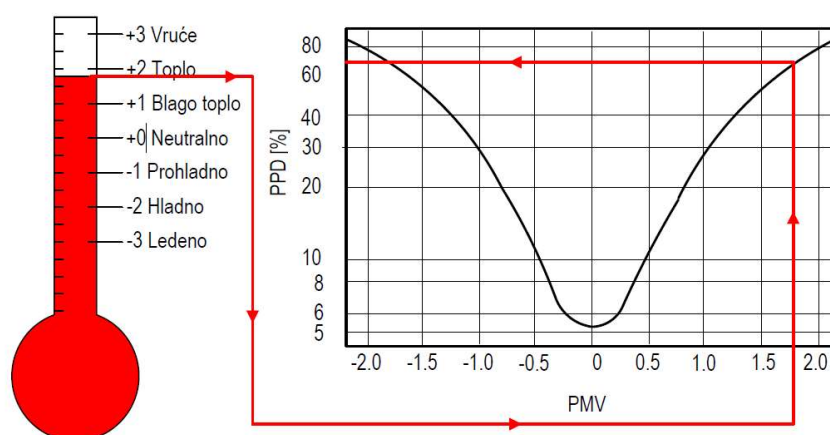
Osnovni faktori koji utječu na toplinsku ugodnost osoba u prostoru su:

1. Temperatura zraka u prostoru
2. Temperatura ploha prostorija

3. Vlažnost zraka
4. Strujanje zraka (brzina, smjer)
5. Razina odjevenosti
6. Razina fizičke aktivnosti
7. Ostali faktori (kvaliteta zraka, buka, namjena prostora, i dr.)

Prilikom promjene samo jedne od navedenih veličina, istu ili sličnu razinu ugodnosti moguće je održati samo uz promjenu neke druge. [2]

Postoje dva modela toplinske ravnoteže koji predstavljaju poveznicu između toplinske ugodnosti u prostoriji i zadovoljstva korisnika. To su PMV i PPD indeksi. PMV (engl. *Predicted Mean Vote*) indeks predviđa kako će grupa ljudi ocijeniti ugodnost boravka u prostoriji. Njegovo je predviđanje relativno složen matematički postupak koji se provodi prema normi EN ISO 7730. Jednostavniji način određivanja PMV indeksa je očitavanjem iz tablica danih u EN ISO 7730 za relativnu vlažnost zraka od 50% i različite temperature zraka, brzine zraka, razine aktivnosti i razine odjevenosti. Razina ugodnosti vrednuje se prema ASHRAE skali ugodnosti sa sedam točaka (od -3 do +3, od najhladnijeg prema vrućem). PPD (engl. *Predicted Percentage of Dissatisfied*) indeks predviđa postotak nezadovoljnih osoba u nekoj prostoriji za koju je poznat PMV indeks. Obzirom da su PMV i PPD indeksi međusobno ovisni, moguće je napraviti dijagram kao što je to prikazano na slici 1. [1]



Slika 1 Ovisnost PMV i PPD indeksa [1]



## 1.2. Ventilacija ili klimatizacija

Norma DIN 1946 nudi podjelu sustava za pripremu zraka prema mogućnosti sustava da izvrši četiri osnovna termodinamička procesa pripreme vlažnog zraka:

- grijanje
- hlađenje
- ovlaživanje
- odvlaživanje (sušenje).

Na temelju toga sustavi se dijele na:

1. sustave ventilacije (izvršavaju jedan od gore navedenih procesa)
2. sustavi djelomične klimatizacije (izvršavaju dva ili tri od navedenih procesa)
3. sustavi klimatizacije (izvršavaju sva četiri procesa cjelogodišnje)

## 1.3. Podjela GViK sustava

Sustavi grijanja, ventilacije i klimatizacije dijele se na četiri osnovna tipa:

- zračni sustav
- zračno-vodeni sustav
- vodeni sustav
- neposredni sustav s radnom tvari

U okviru ovog diplomskog rada sustav klimatizacije zgrade definiran je kao zračni sustav. Zračni i zračno-vodeni sustavi mogu biti visokobrzinski i niskobrzinski, ovisno o tome struji li zrak unutar kanala pri brzini manjoj ili višoj od 10 m/s.

Zračni sustavi se potom dijele na sustave s centralnom i lokalnom pripremom zraka. Glavni benefit centralnog sustava je pozicioniranje klima komore van klimatiziranog prostora, čime se osim uštede prostora smanjuje i razina buke u zoni boravka, a sva oprema lako je dostupna te smještena na jednom mjestu što je važno prilikom održavanja. Iz tog razloga odabrano je projektiranje centralnog sustava pripreme zraka za predmetnu zgradu u sklopu ovog rada.

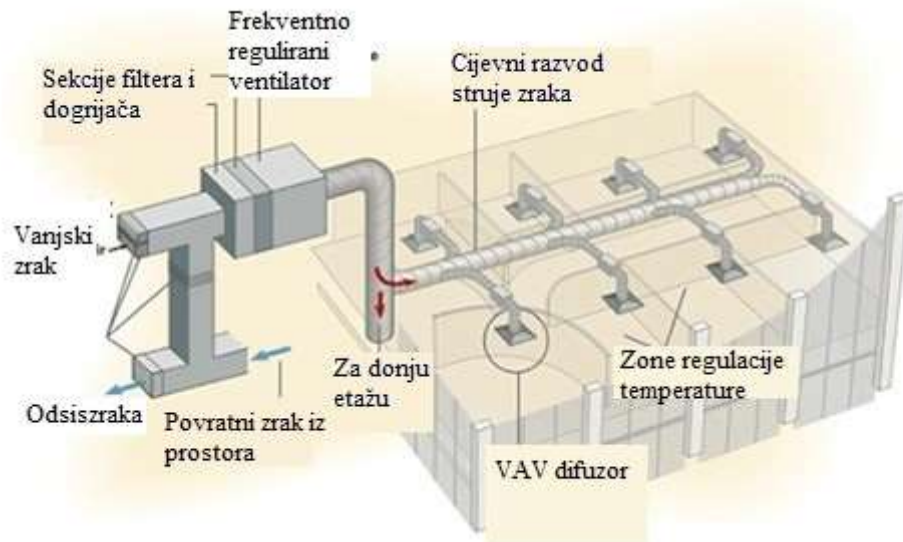
Sustavi pripreme zraka, ovisno o opterećenosti prostorija, dalje se dijele na jednozonske i višezonske sustave. Višezonski sustavi prema različitoj opterećenosti svake zone, neovisno

jedna o drugoj, dobivaju zrak različitog stanja. Prema takvoj koncepciji centralni sustav pripreme zraka se dimenzionira prema najnepovoljnijoj prostoriji. U prostorijama s nižim rashladnim opterećenjem, temperatura dovodnog zraka raste preko zonskih dogrijača, što uzrokuje veću potrošnju energije.

Za zgrade čije su zone definirane relativno približnim potrebama grijanja/hlađenja sustavi dobave zraka se izvode jednokanalno. Ukoliko su potrebe zona dovoljno različite i promjenjive da jedne zahtijevaju grijanje, a druge hlađenje, sustavi se mogu izvesti u dvokanalnoj izvedbi. Tada jedan kanalni sustav dobavlja topli zrak za grijanje prostora, dok drugi kanal dobavlja hladni zrak za hlađenje prostorija. Ispred same zone je moguće postavljanje kutija za miješanje koje ovisno o potrebama miješaju zrak iz kanala u potrebnom omjeru.

Sustavi klimatizacije mogu raditi s konstantnim volumenom zraka ili s promjenjivim. Kod sustava s konstantnim volumenom (engl. *constant air volume* – CAV) regulacija učinka se vrši promjenom temperature dobavnog zraka dok volumni protok kroz sustav ostaje nepromijenjen. Za razliku od sustava s konstantnim volumenom, u sustavima s promjenjivim volumenom zraka (engl. *variable air volume* - VAV), regulacija temperature prostorije vrši se promjenom volumnog protoka dobavnog zraka, pri čemu njegova temperatura ostaje približno konstantna. Temperatura dobavnog zraka može se mijenjati ovisno o sezoni (grijanje/hlađenje), no uvijek mora biti dovoljno niska kako bi pokrila toplinska opterećenja najnepovoljnije zone i održala odgovarajuću relativnu vlažnost. Protok dobavnog zraka mijenja se pomoću krajnjih elemenata s promjenjivim protokom zraka, tzv. VAV ventilima, koji se postavljaju u tlačnim i odsisnim kanalima svake od kondicioniranih prostorija. Regulacija se vrši propuštanjem više ili manje zraka kroz VAV ventil u kondicionirani prostor (između maksimuma - 100% otvorenosti i minimuma - obično 25-30% otvorenosti), ovisno o trenutačnoj potrebi prostorije. Ako kod minimalne otvorenosti ventila dolazi do daljnjeg smanjenja temperature u prostoru, uz VAV ventil ugrađuje se dogrijač. [4]

Predmetna građevina ovog diplomskog rada najvećim djelom služi svrsi restorana McDonald's te klimatizacijski zahtjevi ovise o broju gostiju unutar zgrade. Iz tog razloga dobava zraka vrši se sustavom promjenjivog volumena zraka ovisno o napunjenosti zgrade. Zone zgrade definirane su relativno ujednačenim potrebama grijanja/ hlađenja te se radi toga koristi jednokanalni sustav za distribuciju zraka.



Slika 2 Sustav za pripremu zraka s varijabilnim protokom zraka [3]

## 2. OSNOVNI PODACI O ZGRADI

### 2.1. Geometrija i orijentacija zgrade

Projektiranje klimatizacije se provodi na restoranu brze prehrane McDonald's smještenog u naselju Vrbani, na području grada Zagreba. Zgrada se sastoji od prizemlja i kata, a ukupna korisna površina zgrade iznosi 1050 m<sup>2</sup>. Situacija zgrade prikazana je na Slici 3. Na slici se vidi katastarska čestica objekta i orijentacija zgrade. Glavni ulaz u restoran s terasom orijentiran je prema sjeveru i prometnoj Zagrebačkoj aveniji.



Slika 3 Situacija zgrade

Na Slikama 4 – 7 prikazana su pročelja zgrade. Navedene slike ukazuju na visoki postotak ostakljenja zgrade i moderan način gradnje. Crteži pročelja te tlocrti zgrade dobiveni su u arhitektonskim podlogama.



Slika 4 Sjeverno pročelje zgrade



Slika 5 Južno pročelje zgrade

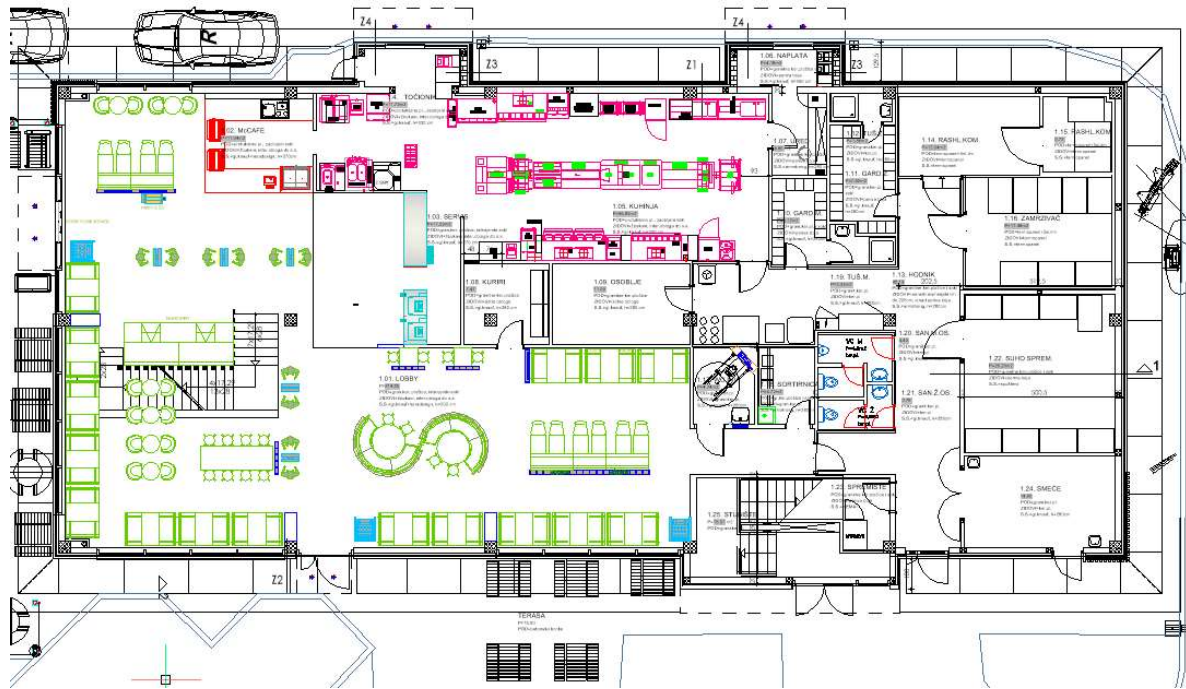


Slika 6 Istočno pročelje zgrade

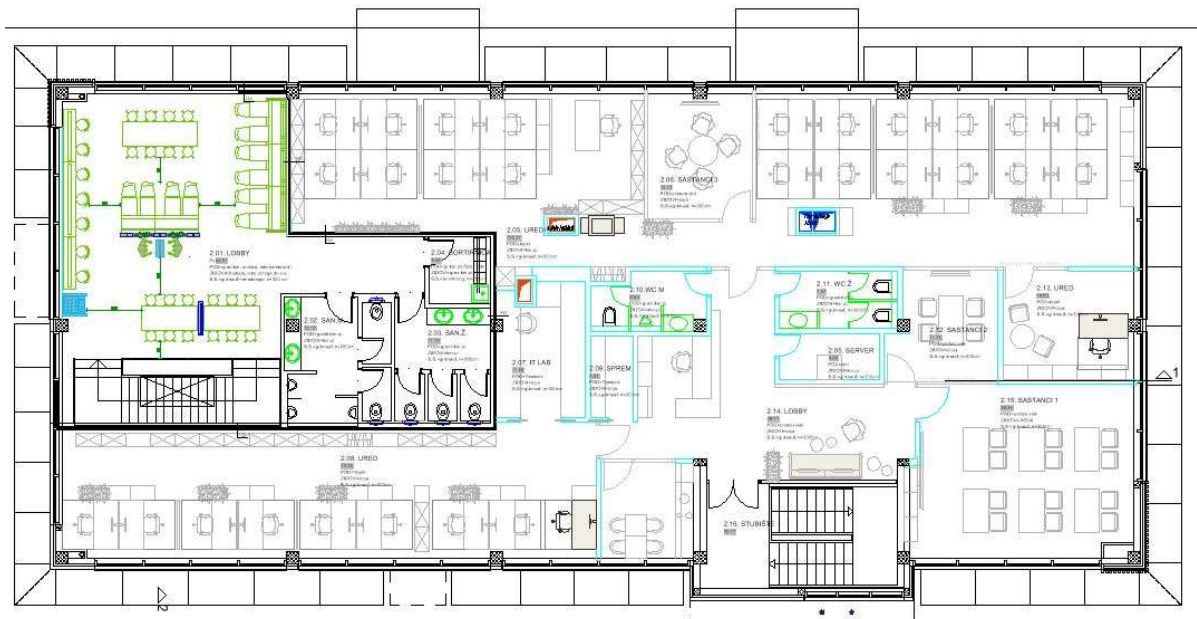


Slika 7 Zapadno pročelje zgrade

U prizemlju zgrade nalaze se kuhinja sa skladišnim prostorima za predpripremljenu hranu i prostor za serviranje hrane, prostor za konzumiranje hrane sa sanitarnim čvorom te garderobni prostor za osoblje restorana. U sklopu prizemlja nalazi se i vanjska terasa veličine 158 m<sup>2</sup>. Na katu zgrade se također nalazi prostor za konzumiranje hrane sa sanitarnim čvorom za goste te uredski prostor koji se proteže na 400 m<sup>2</sup>. Slike 8 i 9 prikazuju tlocrte prizemlja i kata zgrade s ucrtanim detaljima unutarnjeg uređenja.

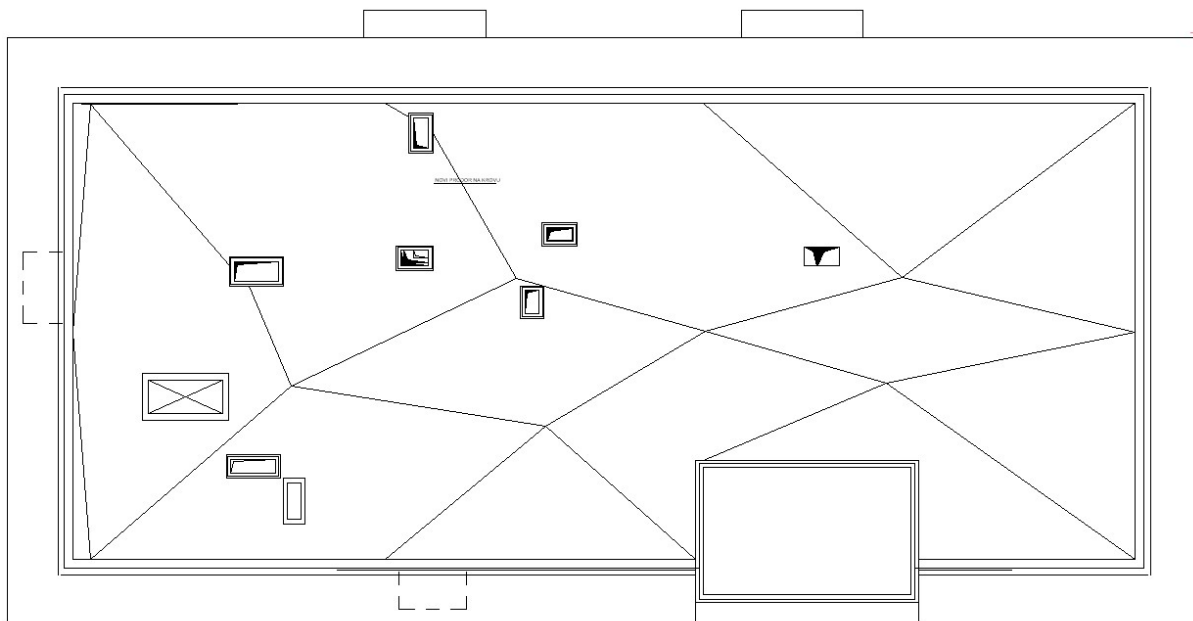


Slika 8 Tlocrt prizemlja zgrade



Slika 9 Tlocrt kata zgrade

Krov zgrade u sklopu ovog projekta ima bitnu ulogu te služi za smještaj opreme budući da su unutarnji prostori zgrade maksimalno iskorišteni prema svojoj namjeni. Prema tome je na krovu zgrade predviđeno postavljanje klima komora zajedno s priključnim kanalima za dobavu i odsis zraka. Slika 10 prikazuje tlocrt krova.



Slika 10 Tlocrt krova

## 2.2. Projektni uvjeti i namjene prostorija

Unatoč tome što zgrada sadrži prostore različitih namjena, u svim prostorijama se nastoje postići jednake projektne temperature. Zgrada je smještena na području grada Zagreba te se vanjski projektni uvjeti uzimaju prema meteorološkim podacima za to područje. Projektna temperatura vanjskog zraka za period grijanja je prema tome  $-13\text{ °C}$  uz 90% relativne vlažnosti, a projektna temperatura vanjskog zraka za period hlađenja je  $35\text{ °C}$  uz 40% relativne vlažnosti.

Za sve prostorije izuzev komora za hlađenje i skladištenje hrane unutarnja projektna temperatura iznosi  $20\text{ °C}$  u periodu grijanja, dok u periodu hlađenja iznosi  $26\text{ °C}$ . Obzirom da grijanje i hlađenje zgrade nije primarni cilj ovog projektnog rada, određeno je da temperatura ubacivanja vanjskog zraka u prostor bude  $18\text{ °C}$  tijekom cijele godine.

Zgrada je generalno podijeljena na 2 etaže jednakih površina, a prema namjeni dijeli se na 3 segmenta.

1. Kuhinja
2. Restoran
3. Uredski prostor

Kuhinja je otvorenog tipa (omogućeno prestrujavanje zraka iz dijela restorana u prizemlju), a projektiranje klimatizacijskog sustava se provodi uzimajući u obzir kuhinjske uređaje i radnike



koji u njoj rade. Restoran se nalazi većim dijelom na prizemnoj etaži i na katu zgrade. Projektiranje restorana se provodi prema higijenskim zahtjevima za vanjski zrak po broju osoba. Također, dobavni zrak za uredske prostore koji se nalaze na katu zgrade mora pokrivati potrebe predviđenog broja osoba koje će tamo boraviti.

Tablica 1 daje detaljan pregled prostorija unutar zgrade i njihovih površina po etažama i segmentima.

Prostorija	Površina [m <sup>2</sup> ]	Projektna temperatura grijanje/hlađenje [°C]
Prizemlje – kuhinja i restoran		
Kuhinja	71,12	20/26 °C
Serviranje hrane	13,76	20/26 °C
Mc Caffee	11,08	20/26 °C
Lobby	21,42	20/26 °C
WC za invalide	4,73	20/26 °C
WC za osoblje	7,21	20/26 °C
Sortirnica	4,73	-
Spremište	4,53	-
Smeće	14,90	-
Suho spremište	26,20	-
Hodnik	45,20	20/26 °C
Prostor za kurira	4,47	20/26 °C
Prostor za osoblje	12,00	20/26 °C
Muška garderoba s tušem	7,47	24/26 °C
Ženska garderoba s tušem	9,69	24/26 °C
Ured	4,86	20/26 °C
Kat – restoran		
Lobby	86,13	20/26 °C
Muški WC-i	13,63	20/26 °C
Ženski WC-i	11,39	20/26 °C
Sortirnica	4,33	-
Kat – uredi		
Open space uredi JZ	70,65	20/26 °C

Ured J	9,33	20/26 °C
Lobby	38,71	20/26 °C
Soba za sastanke 1	30,98	20/26 °C
Ured I	15,04	20/26 °C
Soba za sastanke 2	11,76	20/26 °C
Open space uredi SI	68,63	20/26 °C
Soba za sastanke 3	13,80	20/26 °C
Uredi SZ	49,32	20/26 °C
Muški WC	6,70	20/26 °C
Ženski WC	7,07	20/26 °C
IT LAB	12,38	20/26 °C
Server soba	4,86	-
Spremište	3,63	-

*Tablica 1 Popis prostorija sa površinama i projektnim temperaturama*

### 3. PRORAČUNI

#### 3.1. Količinske bilance vanjskog zraka

##### 3.1.1. Ventilacijski zahtjevi

Sustav ventilacije u zgradi služi prvenstveno zadovoljavanju ventilacijskih zahtjeva. Neki od ventilacijskih zahtjeva mogu biti:

- dobava vanjskog zraka za disanje ljudi
- kontrola koncentracije zagađivača u zraku
- pokrivanje toplinskih opterećenja zgrade (održavanje temperature i vlažnosti)
- održavanje jednolikog stanja zraka u zoni boravka.

Iz tog razloga je potrebno odrediti prema kojem od ventilacijskih zahtjeva se provodi proračun i dimenzioniranje ventilacijskog sustava zgrade. Najčešći ventilacijski zahtjev za određivanje količina zraka za prostore u kojemu ljudi borave je onaj prema broju osoba. Zahtjev prati *ASHRAE Standard 62* prema kojem se preporuča ventilacijski minimum (dobava vanjskog zraka) po osobi za disanje u zatvorenom prostoru. Za uobičajene stambene i poslovne prostore, dobava vanjskog zraka po osobi je u rasponu od 30 do 60 m<sup>3</sup>/h (sve više od 50 m<sup>3</sup>/h zadovoljava 90% i više prisutnih osoba u prostoru). Osim toga poznati su i ventilacijski zahtjevi za određivanje potrebnog volumnog protoka vanjskog zraka prema broju izmjena zraka u jednom satu. Također, ukoliko se zračni sustav koristi za pokrivanje cijelog ili djelomičnog toplinskog opterećenja u prostoru kod grijanja/hlađenja moguće je količinu dobavnog zraka odrediti prema izračunatim toplinskim opterećenjima za grijanje/hlađenje.

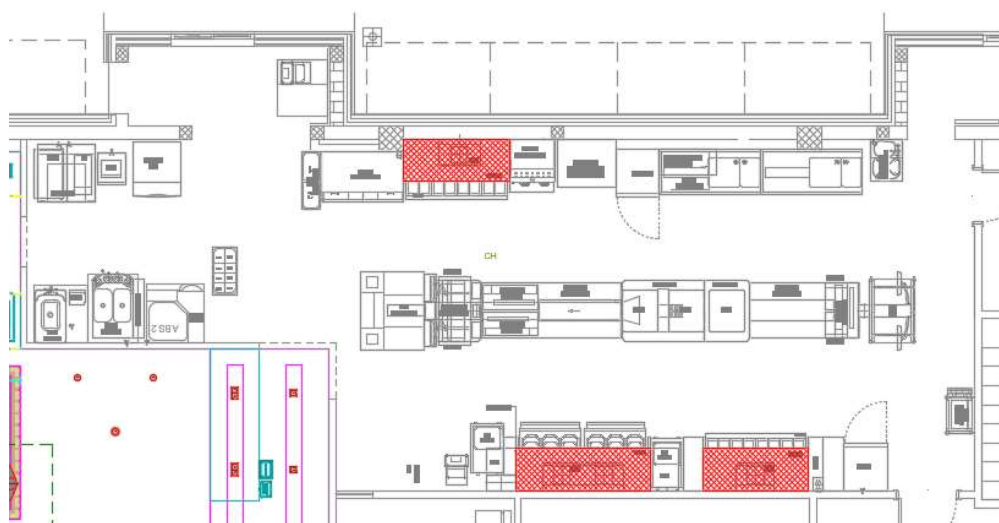
U sklopu ovog diplomskog rada projektiraju se sustavi za klimatizaciju prostora različitih namjena. U prizemlju te na katu zgrade nalaze se prostori za konzumaciju hrane u kojima borave ljudi te je potreban volumni protok vanjskog zraka za te prostore određen prema broju osoba. Kuhinja u prizemlju, s druge strane, iziskuje određenu količinu vanjskog zraka kako bi se zamijenio otpadni zrak iz kuhanje koji sadrži mirise kuhanja i toplinu proizvedenu tijekom pripremanja hrane. Uredski prostor na katu ima drugačiju namjenu od prethodna dva spomenuta prostora obzirom da ljudi u uredima borave duži vremenski period te im je potreban čist i kvalitetan zrak ugodnih klimatskih uvjeta kako bi radnici imali viši stupanj koncentracije te time i bolju učinkovitost u rješavanju poslova. Za taj tip prostora proračun potrebne količine vanjskog zraka se također provodi prema broju osoba, tj. sjedećih mjesta. Također, unutar

zgrade se nalaze sanitarni prostori koje je potrebno ventilirati kako bi se odstranili neugodni mirisi i osiguralo odgovarajuće stanje zraka za korištenje.

### 3.1.2. Ventilacija kuhinje

Proračun potrebne količine zraka za kuhinje provodi se prema normi EN 16282-1:2017. Navedena norma definira opće zahtjeve za ventilaciju u profesionalnim kuhinjama te uključuje metodu proračuna. Potreban protok zraka u sklopu ovog diplomskog rada proračunat je detaljnom metodom za određivanje potrebnog odsisa zraka iz kuhinje putem kuhinjskih napa. Sukladno normi definiraju se svi uređaji koji se nalaze unutar kuhinje te se na temelju njihove priključne snage i stupnja pretvorbe u osjetnu toplinu određuje toplinsko opterećenje kuhinje, a samim time i potreban protok odsisa zraka preko napa. [5] Uređaji se dijele u sekcije prema kojima su raspoređeni te se proračunavaju odvojeno oni koji se nalaze ispod postavljenih napa, odnosno koji se ne nalaze pod napama. Mc Donald's kao globalno poznati restoran brze prehrane u svim kuhinjama restorana postavlja specifičnu opremu koja uključuje nape direktno spojene na friteze za prženje. Za ovaj diplomski rad se proračunava ukupna potrebna količina odsisa zraka za cijelu kuhinju te se tako dimenzioniraju kanali odsisa, budući da same nape nisu predmet ovog projekta

Na Slici 11 prikazana je kuhinja s rasporedom segmenata opreme za koje se vrši proračun. Na tlocrtu su crveno označene pozicije napa iznad friteza za prženje.



Slika 11 Tlocrt kuhinje s pozicijama opreme

Proračun se provodi prema sljedećim izrazima:

$$q_{v,ext} = \sum q_{v,cap} + \sum q_{th,ne} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (1)$$

$$q_{v,cap} = q_{v,th} \cdot a \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2)$$

$$q_{v,th} = k \cdot (\sum Q_{S,K} \cdot \varphi)^{\frac{1}{3}} \cdot (h_d + 1,7 d_{hydr})^{\frac{5}{3}} \cdot r \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3)$$

$$Q_{S,K} = P \cdot Q_S \cdot 0,5 \quad [\text{kW}] \quad (4)$$

$$d_{hydr} = 2 \cdot L \cdot \frac{b}{L+b} \quad [\text{m}] \quad (5)$$

Gdje su:

- $q_{v,ext}$  - ukupni protok zraka za odsis [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
- $q_{v,cap}$  - količina zraka za odsis s uređaja koji se nalaze ispod nape [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
- $q_{th,ne}$  - količina zraka za odsis s uređaja koji se ne nalazi ispod nape [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
- $q_{v,th}$  - potrebna količina zraka prema toplinskom opterećenju od uređaja [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
- $a$  - faktor difuzije zraka [-]
- $k$  - empirijski definiran koeficijent [ $\text{m}^{4/3}\text{W}^{-1/3}\text{h}^{-1}$ ]
- $Q_{S,K}$  - konvektivno preneseni udio osjetnog toplinskog opterećenja [W]
- $\varphi$  - faktor istovremenosti [-]
- $h_d$  - visina od izvora topline do nape [m]
- $d_{hydr}$  - hidraulički promjer [m]
- $r$  - redukcijski faktor za protok zraka prema toplinskom opterećenju [-]
- $P$  - potrošna snaga [kW]
- $L$  - duljina [m]
- $b$  - širina [m]

Na temelju provedenog proračuna za friteze koje su smještene direktno ispod napa potrebno je odsisavati 2750 m<sup>3</sup>/h, dok je prema toplinskom opterećenju ostalih uređaja unutar kuhinje potrebno osigurati odsis zraka od 6020 m<sup>3</sup>/h. Ukupno gledajući na razini cijele kuhinje potrebno je odsisavati 8770 m<sup>3</sup>/h. Nakon provođenja proračuna sustav ventilacije kuhinje se dimenzionira na 9000 m<sup>3</sup>/h odsisa putem postavljenih napa. Dobava zraka za kuhinju određuje se prema broju radnika koji su zaposleni u njoj te se odabire 1000 m<sup>3</sup>/h dobave za 10 osoba. Ostatak dobavnog zraka za prostor kuhinje omogućen je prestrujavanjem iz prostora lobbya restorana u prizemlju uslijed razlika u tlakovima. Prostor kuhinje projektira se u značajnom podlaku, dok se prostor restorana iz tog razloga projektira u značajnom predtlaku. Detaljni rezultati proračuna tablično su prikazani u Prilogu 1.

### 3.1.3. Ventilacija restorana

Ventilacijski zahtjevi za održavanje prostora restorana, tj. prostora za konzumaciju hrane određuju se prema *ASHRAE Standard 62.1-2013* [6]. Navedeni američki standard nalaže da se minimalni potrebni protok vanjskog zraka za određenu zonu boravka računa prema sljedećim formulama:

$$V_{oz} = V_{bz}/E_z \text{ [l/s]} \quad (6)$$

$$V_{bz} = R_p \cdot P_z + R_a \cdot A_z \text{ [l/s]} \quad (7)$$

Gdje su:

- $V_{oz}$  - protok vanjskog zraka određene zone [l/s]
- $V_{bz}$  - protok vanjskog zraka potreban za disanje unutar određene zone [l/s]
- $E_z$  - koeficijent distribucije zraka u prostoru [-]
- $R_p$  - minimalni potreban protok vanjskog zraka po osobi [l/s osoba]
- $P_z$  - broj ljudi u ventiliranoj zoni tijekom korištenja [-]
- $R_a$  - minimalni potreban protok vanjskog zraka prema jedinici površine [l/s m<sup>2</sup>]
- $A_z$  - površina poda ventilirane zone [m<sup>2</sup>].

Vrijednosti  $E_z$ , odnosno  $R_p$  i  $R_a$  očitavaju se iz tablica za minimalni ventilacijski protok za disanje u određenoj zoni ovisno o načinu distribucije zraka, odnosno namjeni prostora. Za vrstu prostora *gostionica/restoran brze hrane* vrijednosti potrebnih veličina dane su u Tablici 2.

Oznaka [mjerna jedinica]	Vrijednost
$E_z$ [-]	1
$R_p$ [l/s osoba]	3,8
$R_a$ [l/s m <sup>2</sup> ]	0,9

Tablica 2 Vrijednosti očitanih faktora za proračun količine zraka restorana [6]

Sada je moguće izračunati minimalne potrebne količine vanjskog zraka za potrebe restorana prema navedenim formulama. Prema tlocrtnom prikazu i broju ucrtanih sjedećih mjesta određen je maksimalan broj ljudi za prostor restorana i on iznosi 160 osoba za prizemlje i 60 osoba za kat. Površine restorana na prizemlju i katu mogu se iščitati iz Tablice 1.

Prema tome za prostor restorana u prizemlju minimalna potrebna količina vanjskog zraka iznosi:

$$V_{bz,r0} = 3,8 \cdot 160 + 0,9 \cdot 225 = 810,5 \text{ l/s} = 2918 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{oz,r0} = 2918/1 = 2918 \text{ m}^3/\text{h}$$

Za prostor restorana u prizemlju je potrebno minimalno dovesti malo manje od 3000 m<sup>3</sup>/h. Visina prostora je 2,8 m, odnosno volumen restorana u prizemlju je 630 m<sup>3</sup>. Time se ostvaruje 4,76 izmjena zraka u prostoru unutar sat vremena. No, kako je za kuhinju predviđena minimalna dobava zraka preko distributera te se ona projektira u podtlaku, sva potrebna količina zraka koja nadoknađuje napama odsisani zrak iz kuhinje dobavlja se distributerima u restoran. Osim povećanja dobave zraka radi kuhinje, potrebno je povećati dobavni zrak u restoranu i zbog sanitarnih prostora koji se projektiraju samo za odsis zraka, a nadoknada zraka ide preko prestrujnih rešetki u donjem dijelu vrata. Time se potrebni iznos dobave zraka za restoran u prizemlju povećava na ukupnih 9800 m<sup>3</sup>/h dobavnog zraka. Otvoreni prostor između kuhinje i restorana tako omogućuje nesmetano prestrujavanje zraka u kuhinju i sprječava dotok zraka punog mirisa hrane iz kuhinje u restoran.

Na isti način određena je minimalna potrebna količina vanjskog zraka za prostor restorana na katu te ona iznosi:

$$V_{bz,r1} = 3,8 \cdot 60 + 0,9 \cdot 86 = 305,4 \text{ l/s} = 1100 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{oz,r1} = 1100/1 = 1100 \text{ m}^3/\text{h}$$

Za prostor restorana na katu je tako potrebno minimalno dovesti 1100 m<sup>3</sup>/h. Uz istu visinu prostora kao u prizemlju volumen prostora iznosi 240,3 m<sup>3</sup>. Time se ostvaruje 4,57 izmjena zraka u prostoru unutar sat vremena. No, potrebnu količinu dobavnog zraka za prostor restorana na katu potrebno je još uvećati za količinu odsisanog zraka u prostoru sanitarija.

### 3.1.4. Ventilacija ureda

Ventilacijske zahtjeve uredskih prostora moguće je također proračunati koristeći *ASHRAE Standard 62.1-2013* [6] te se koriste iste formule za izračun minimalne potrebne količine vanjskog zraka kao u prošlom poglavlju, za prostore restorana. Američkim standardom su u ovom slučaju za prostore uredske namjene definirani faktori prema Tablici 3.

Oznaka [mjerna jedinica]	Vrijednost
$E_z$ [-]	1
$R_p$ [l/s osoba]	2,5
$R_a$ [l/s m <sup>2</sup> ]	0,3

Tablica 3 Vrijednosti očitanih faktora za proračun količine zraka ureda [6]

Znajući da je ukupna površina ureda 312 m<sup>2</sup>, a broj sjedećih mjesta 65 ljudi te korištenjem formula (1) i (2) uz faktore iz Tablice 3 dobije se minimalni potrebni protok vanjskog zraka za uredske prostore od 904 m<sup>3</sup>/h. Dijeljenjem tog iznosa s maksimalnim brojem ljudi prema sjedećim mjestima proizlazi da je to nešto veći protok od 14 m<sup>3</sup>/h osobi. Američke smjernice također ukazuju da bi potrebna količina zraka svježeg zraka za stambene i poslovne prostore trebala biti u rasponu od 30 do 60 m<sup>3</sup>/h osobi. Iz tog razloga proveden je drugi proračun u kojem se potrebna dobava svježeg zraka određuje po broju ljudi u uredskim prostorima uz



dobavu od 30 m<sup>3</sup>/h osobi. Zaokruživanjem dobivenih vrijednosti i sumiranjem po prostorijama dobiva se ukupna potrebna količina dobavnog zraka od 2000 m<sup>3</sup>/h. Dijeljenjem tog iznosa sa ukupnim brojem ljudi dobiva se 31,75 m<sup>3</sup>/h osobi čime se zadovoljavaju spomenuti standardi projektiranja. Detaljni rezultati proračuna dani su tablično za sve prostorije uredskih prostora u Prilogu I.

### 3.1.5. Ventilacija sanitarija i pomoćnih prostorija

Sanitarni čvorovi i spremišta su prostori u kojima ljudi ne borave duži vremenski period, a prilikom projektiranja bitno je provjetravati prostorije radi smanjenja i sprječavanja širenja neugodnih mirisa i ustajalog zraka. Zbog koncentracije neugodnih mirisa takve prostorije nastoje se ventilirati prirodnim putem otvaranjem prozora, a ukoliko to nije dovoljno ili moguće, ugrađuje se odsisni ventilator. [4] Na taj način prostor se održava u podtlaku te uslijed razlike u tlakovima iz susjednih prostorija samostalno dostrujava svježi zrak putem prestrujne rešetke na vratima. Količina zraka za odsisavanje iz takvih prostorija određuje se na temelju potrebnog broja izmjena zraka u satu. Na iskustvenoj razini potreban broj izmjena zraka za sanitarne prostorije i spremišta iznosi 4-6 izmjena po satu. [2]

Pomoćne prostorije restorana uključuju prostorije za kurira, osoblje, ured voditelja te spremište za skladištenje hrane. Za sve te prostorije projektira se sustav ventilacije putem distributera za dobavu i odsis zraka, a potrebne količine zraka proračunavaju se također na temelju potrebnog broja izmjena zraka. Ukupni rezultati proračuna potrebnih količina zraka po prostorijama dani su tablično u Prilogu I.

### 3.2. Dimenzioniranje kanala

U ventilacijskim i klimatizacijskim sustavima strujanje zraka između mjesta gdje se zrak obrađuje i prostora u koji se dobavlja, odnosno odsisava, vrši se kanalima za zrak, a tlak potreban za strujanje zraka ostvaruju ventilatori. Razvod zraka osim kanala podrazumijeva puno različitih elemenata za njihovo spajanje, tzv. spojnih elemenata. Dobro proračunati sustavi zračnih kanala moraju osigurati:

- uklapanje u arhitektonsko-građevinsku cjelinu objekta,
- ravnomjernu distribuciju zraka,
- dozvoljenu razinu buke,
- dobru zabrtvljenost kanala,

- minimalne gubitke i dobitke topline,
- minimalne investicijske i eksploatacijske troškove,
- lako održavanje. [7]

Oblici poprečnih presjeka kanala mogu biti kružni, kvadratni, pravokutni i u novije vrijeme ovalni. Za niskotlačne instalacije koje se primjenjuju u ovom diplomskom radu koriste se sva tri oblika poprečnih presjeka kanala. Najpogodniji materijal za izradu zračnih kanala je čelični lim, iz tog razloga takvi se kanali projektiraju u sklopu ovog diplomskog rada.

Prilikom dimenzioniranja kanala za dobavu i odsis zraka u klimatizacijskim sustavima nužno je poznavanje glavnih jednadžbi mehanike fluida koje su navedene u nastavku.

- jednadžba kontinuiteta

$$q_m = \rho_1 \cdot w_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot w_2 \cdot A_2 \text{ [kg/s]} \quad (8)$$

tj. za  $\rho = \text{konst}$ , budući da zraka

$$q_v = w_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot A_2 \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (9)$$

Gdje su:

$q_m$  - maseni protok zraka [kg/s]

$q_v$  - volumni protok zraka [m<sup>3</sup>/s]

$\rho_1, \rho_2$  - gustoće zraka u dionicama 1,2 [kg/m<sup>3</sup>]

$w_1, w_2$  - brzine zraka u dionicama 1,2 [m/s]

$A_1, A_2$  - površine poprečnih presjeka kanala na dionicama 1,2 [m<sup>2</sup>]

- jednadžba ukupnog (totalnog) tlaka

$$p_t = p_s + p_v \text{ [Pa]} \quad (10)$$

$$p_v = \frac{\rho \cdot w^2}{2} \text{ [Pa]} \quad (11)$$

$$p_s = \rho_w \cdot g \cdot H \text{ [Pa]} \quad (12)$$

Gdje su:

$p_t$  - ukupni tlak struje zraka [Pa]

$p_s$	-	statički tlak [Pa]
$p_v$	-	dinamički tlak [Pa]
$\rho_w$	-	gustoća vode [kg/m <sup>3</sup> ]
$g$	-	gravitacijska konstanta [m/s <sup>2</sup> ]
$H$	-	visina stupca vode [m]

Promatrajući kanale za strujanje zraka, u većini dionica ukupni tlak  $p_t$  se smanjuje u smjeru strujanja zraka, osim u posebnim slučajevima uslijed većih brzina kombiniranih struja iz ogranaka kada se on može povećati. Kada zrak struji kroz ventilator,  $p_t$  i  $p_s$  se povećavaju od minimalne negativne vrijednosti na ulazu u ventilator do maksimalne pozitivne vrijednosti na izlazu iz ventilatora.

Za dimenzioniranje kanala postoje razne metode koje se primjenjuju, a neke od njih su:

1. metoda konstantnog tlaka,
2. metoda konstantne brzine,
3. metoda povrata statičkog tlaka,
4. T metoda,
5. metoda proširenih plenuma,
6. metoda smanjenja brzine. [8]

Zračni kanali unutar projektne zgrade dimenzionirani su koristeći metodu konstantne brzine. Tom metodom se određuju dimenzije kanala za konstantnu brzinu po pojedinim dionicama prema zahtjevima toplinske ugodnosti. Površine presjeka, tj. dimenzije kanala mogu se proračunati na osnovi određene brzine strujanja zraka i potom zaokružiti na standardnu veličinu. Brzine u kanalima se smanjuju od klima komore prema krajevima kanalnih razvoda na kojima se smještaju distributeri za dobavu ili odsis zraka. Prilikom dimenzioniranja kanala po dionicama se nastoje ostvariti brzine strujanja zraka u rasponu 2-5 m/s sa nižim vrijednostima na ograncima kanalne mreže, a višim brzinama na glavnim dionicama. Brzine zraka unutar šahtova i na krovu mogu postizati i vrijednosti do 10 m/s. Uz to bitno je paziti i na jedinični pad tlaka po dionicama koji se nastoji održati manjim od 2 Pa/m.

### 3.3. Proračun pada tlaka

Proračun pada tlaka vrši se s ciljem dimenzioniranja ventilatora u klimatizacijskim i ventilacijskim sustavima. Prilikom toga prate se padovi tlaka kritičnih dionica sustava koje opskrbljuje ventilator. Kritična dionica predstavlja onu dionicu koja se proteže od ventilatora po najduljoj trasi uz najveći broj spojnih elemenata ili koljena i jedinica za odsis ili dobavu zraka na krajnjim granama. Pad tlaka u zračnim kanalima nastaje uslijed pojave gubitaka trenja, koji su rezultat hrapavosti površine kanala, i lokalnih (dinamičkih) gubitaka koji se javljaju dijelovima sustava kao što su klima jedinice, ulazni/ izlazni otvori, zaklopke, filteri, koljena, T-komadi itd. Ukupni pad tlaka u kanalima se proračunava prema sljedećoj formuli:

$$\Delta p_T = \Delta p_F + p_L \quad [\text{Pa}] \quad (10)$$

$$\Delta p_F = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad [\text{Pa}] \quad (11)$$

$$\Delta p_L = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad [\text{Pa}] \quad (12)$$

Gdje su:

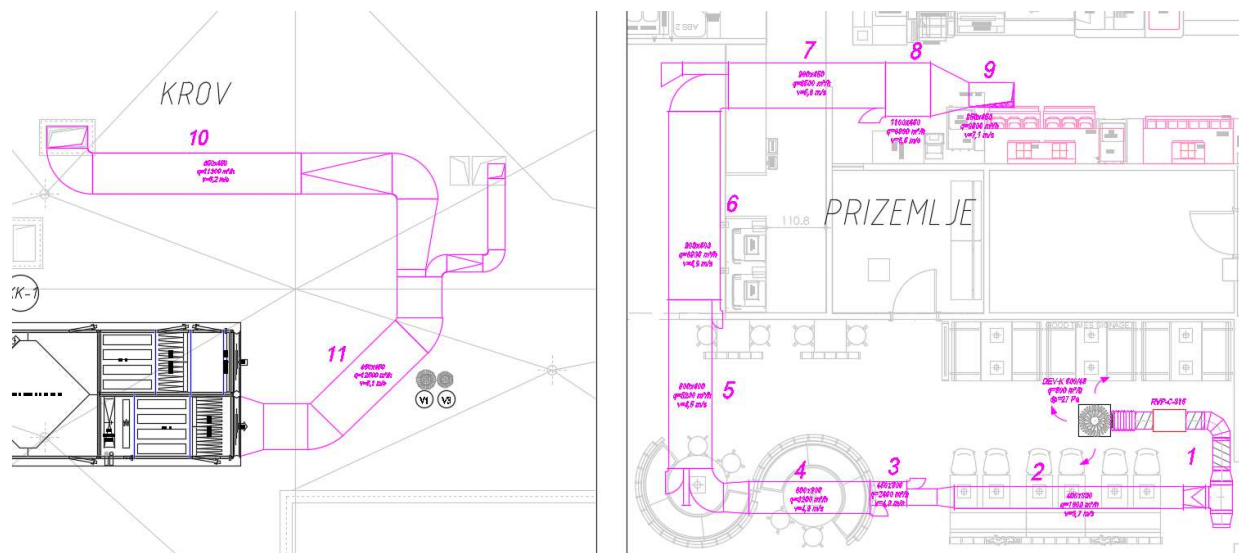
$\Delta p_T$	-	ukupni pad tlaka u kanalima [Pa]
$\Delta p_F$	-	gubici trenja [Pa]
$p_L$	-	dinamički/ lokalni gubici [Pa]
$\lambda$	-	faktor trenja [-]
$L$	-	dužina dionice kanala [m]
$d$	-	unutarnji promjer okruglog kanala [m]
$\rho$	-	gustoća zraka [kg/m <sup>3</sup> ]
$w$	-	brzina zraka [m/s]
$\zeta$	-	koeficijent lokalnih gubitaka [-]

Klimatizacijski sustav predmetne zgrade čine dvije odvojene klimatizacijske jedinice (restoran-kuhinja i uredi) od kojih svaka sadrži kanale za dobavu i odsis zraka iz prostora koje je potrebno proračunati. Također ventilacijski sustavi za odsis iz prostorija sanitarija i spremišta sadrže ventilatore za odsis otpadnog zraka te je iz tog razloga potrebno proračunati padove

tlaka na kritičnim dionicama i tih kanalnih razvoda. U nastavku se u Tablici 4 prikazuje proračun pada tlaka jedne kritične dionice, točnije dionice kojom se opskrbljuje prostor restorana svježim zrakom. Navedena kritična dionica sa svojim segmentima prikazana je skicom na Slici 12. Ostali rezultati proračuna dani su u poglavlju odabira ventilatora ili u Prilogu 2.

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\Sigma R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	800	o	315	0	4	0,078	2,9	0,34	2,24	12
2	1600	p	400	300	5	0,12	3,7	0,43	1,1	11
3	2400	p	450	300	2	0,14	4,9	0,68	1	16
4	3200	p	600	300	3	0,18	4,9	0,58	1,1	18
5	5200	p	800	400	4	0,32	4,5	0,34	1	13
6	6300	p	900	400	4	0,36	4,9	0,37	1	15
7	8500	p	900	450	5	0,41	5,8	0,47	1,08	24
8	9800	p	1100	450	1	0,50	5,5	0,38	0	0
9	9800	p	850	450	4	0,38	7,1	0,71	0,94	31
10	11300	p	850	450	11	0,38	8,2	0,93	2,46	109
11	12500	p	950	450	5	0,43	8,1	0,85	0,62	29
ukupno razvod										279
dodatno: VAV ventil										30
distributer										23
<b>UKUPNO</b>										<b>332</b>

Tablica 4 Padovi tlaka kritične dionice za tlačnu stranu restoran-kuhinja



Slika 12 Skica kritične dionice tlačnog voda restoran-kuhinja

## 4. ODABIR OPREME

### 4.1. Difuzija zraka u prostoru

Otvori za distribuciju zraka spadaju u najvažnije sastavne dijelove svakog strojarskog sustava pripreme zraka, koje treba dimenzionirati vrlo pažljivo, kako bi se spriječila pojava propuha i buke te osiguralo pravilno strujanje zraka u kondicioniranim prostorijama. Oblici i funkcije otvora za prolaz zraka mogu biti bitno različite. Uglavnom se izrađuju od čelika ili aluminij. Primarni zadatak otvora je da ispune zahtjeve sustava za obradu zraka: omogućavanje visoko kvalitetnog zraka u zoni boravka odstranjivanjem zagađenog i dovođenjem čistog zraka te održavanje toplinske ugodnosti sa ujednačenom temperaturom zraka pri ugodnoj brzini strujanja u prostoriji. Obzirom na način dovođenja zraka u prostor postoje dvije glavne metode, a to su:

- princip potiskivanja
- princip miješanja

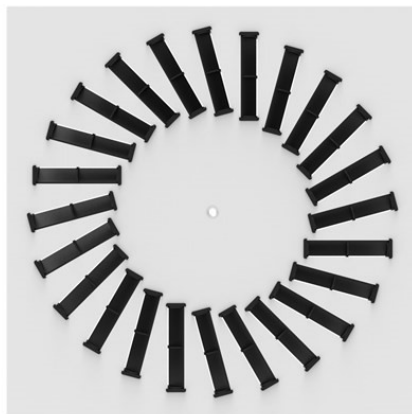
Potiskivanje je karakteristično za čiste, operacijske ili laboratorijske prostore gdje su na prvom mjestu zaštita proizvoda, ali i čovjeka. Zrak se u tom slučaju distribuira u jednom željenom smjeru strujanja bez miješanja. [4]

U principu miješanja teži se razrjeđivanju glavnog mlaza odnosno indukciji. Ono se može odvijati tangencijalno, tako da mlaz prvenstveno slijedi zid ili strop pa se formira strujni valjak, a može se odvijati i difuznim strujanjem uz pojavu vrtloga. Strujanje u prostoriji je najčešće određeno toplinskim silama koje nastaju zbog izvora topline ili hladnih površina kao zidovi i prozori prostorija zimi (pojava slobodne konvekcije). U konačnici namjena prostorije određenim djelom diktira vrstu distributera zraka, ali uz zadovoljenje dopuštenih brzina strujanja zraka u prostoru te temperatura istrujnog zraka prihvatljivog za korisnike.

#### 4.1.1. Komponente za dobavu zraka

Distribucija dobavnog zraka u prostore svih spomenutih namjena za projektnu zgradu vrši se stropnim prilagodljivim distributerima DEV-K proizvođača Klimaoprema. Navedeni distributeri izrađuju se od čeličnog lima te na površini sadrže plastičnu oblogu, a namijenjeni su ugradnji na visini od 2,3 do 4m. Imaju pojedinačno podesiva krilca koja omogućuju istrujavanje zraka u svim smjerovima. Slika 13 prikazuje navedeni anemostat koji može biti

različitih veličina, a točne karakteristike se odabiru koristeći *Solveair* internet aplikaciju tvrtke Klimaoprema.



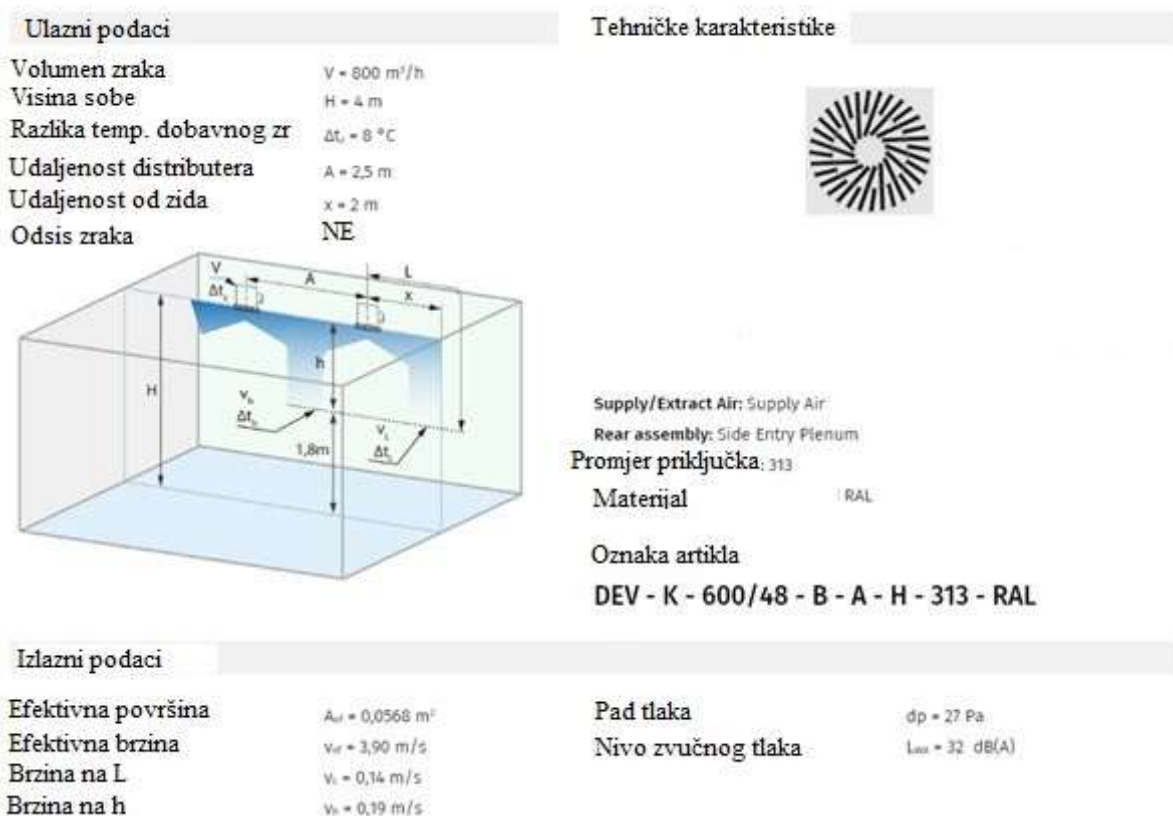
*Slika 13 Distributer za dobavu zraka DEV-K [8]*

Aplikacija *Solveair* nudi distributer određenih karakteristika na temelju upisanih ulaznih podataka koji su:

- volumenski protok zraka
- razmak između anemostata
- udaljenost od zida
- visina prostorije
- razlika temperatura
- boja krilca
- strana priključka (dobava ili odsis)
- vrsta priključka (horizontalni/ vertikalni/ bez plenuma)
- promjer priključka
- završna obrada (vrsta plastifikacije).

Uz ponuđeni distributer dane su i njegove karakteristike za ulazne podatke, a te karakteristike su efektivna površina, efektivna brzina, brzine na udaljenosti  $L$  i visini  $h$ , pad tlaka na anemostatu te njegov nivo zvučne snage. Na Slici 14 mogu se vidjeti točne karakteristike jednog odabranog distributera koji se postavlja u prostor restorana u prizemlju.





Slika 14 Rezultat odabira distributera koristeći Solveair prema ulaznim parametrima [8]

S obzirom da su prostorije unutar zgrade različitih namjena i dimenzija te imaju različite ventilacijske zahtjeve za svježim zrakom, koristi se nekoliko vrsta anemostata tipa DEV-K, a popis svih dan je u Tablici 5 zajedno sa točnim brojem postavljenih komada.

vrsta distributera	protok zraka [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	količina [kom]
DEV-K 600/48 -B-A-H-313-RAL	800	8
DEV-K 600/48 -B-A-H-248-RAL	650	2
DEV-K 500/24 -B-A-H-248-RAL	550	2
DEV-K 500/24 -B-A-H-198-RAL	400	1
DEV-K 400/16 -B-A-H-158-RAL	300	4
DEV-K 300/8 -B-A-H-158-RAL	200	2
DEV-K 300/8 -B-A-H-158-RAL	150	2
DEV-K 300/8 -B-A-H-158-RAL	120	1

DEV-K 300/8 -B-A-H-158-RAL	100	4
DEV-K 300/8 -B-A-H-158-RAL	50	1
UKUPNO		27

*Tablica 5 Vrste i količine distributera za dobavu zraka*

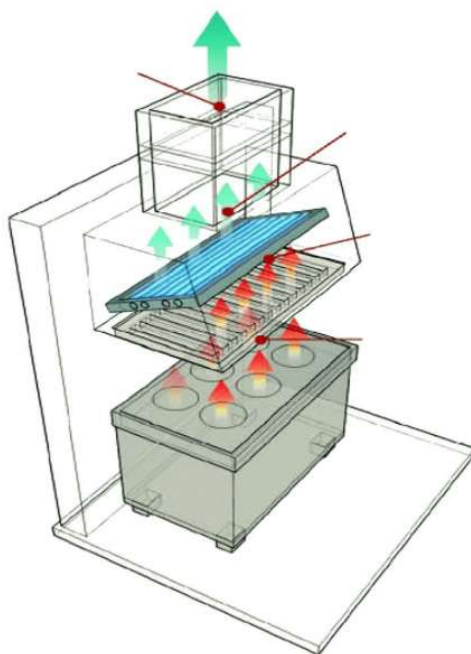
Tu je važno napomenuti da se sustav dobave zraka u sklopu ovog diplomskog rada ne projektira na način da sav dobavni zrak ulazi u prostor putem distributera, već se određena količina pripremljenog zraka ubacuje preko postavljenih stropnih ventilokonvektora. Količina dobavnog zraka na njima je jednaka 30% protoka zraka s kojim ventilator unutar uređaja radi pri nazivnoj snazi (2. brzina). Samim time smanjila se količina potrebnih distributera kao i njihove dimenzije budući da se preko njih u prostorije dobavlja nešto manja količina zraka.

#### **4.1.2. Komponente za odsis zraka**

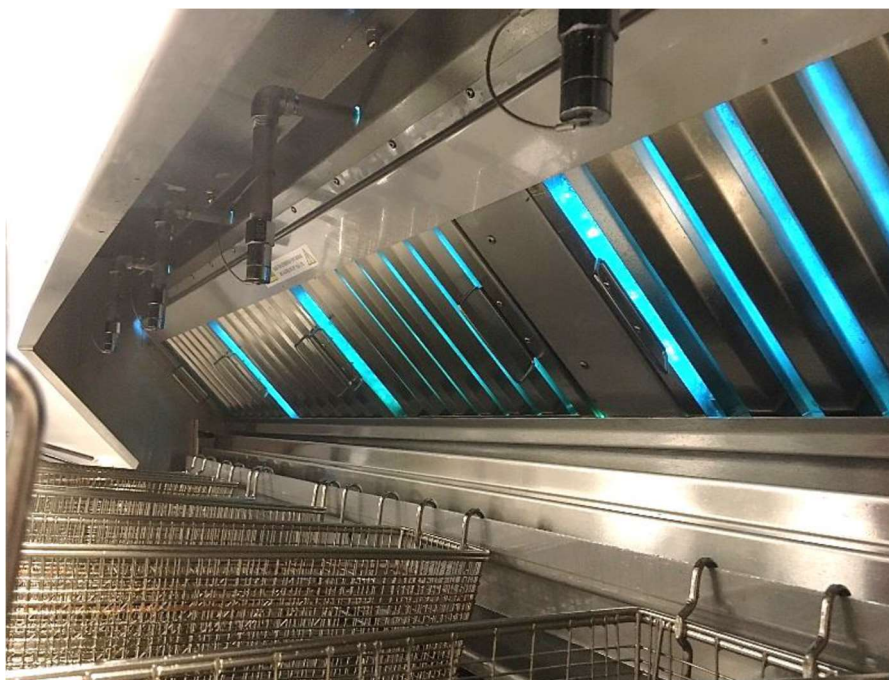
Odabir komponenti za odsisavanje zraka iz prostorija predmetne građevine malo je složenije prirode nego kod dobave zraka. Glavni razlog su različite namjene prostora, čime je za svaku pojedinu namjenu nužno osigurati odgovarajuću vrstu anemostata za odsisavanje zraka. Svaka odsisna komponenta tako mora ispunjavati svoju funkciju u radu i vizualno uklapati u interijer prostora. U nastavku su prema namjenama prostora odabrane odgovarajuće komponente za odsis zraka.

U kuhinji se odvija proces pripreme hrane te se u sklopu toga oslobađaju različiti mirisi i produkti kuhanja, odnosno pečenja koje je potrebno na pravilan način odstraniti iz prostora i zamijeniti svježim zrakom. Odsis zraka u kuhinji obavlja se putem tri ventilacijske nape različitih kapaciteta zraka koje su smještene direktno iznad friteza za pečenje. Točnije, nape su proizvođača JIMCO koji je glavni distributer tih uređaja za američki lanac restorana brze hrane McDonald's. Nape ukupno odsisavaju 9000 m<sup>3</sup>/h otpadnog zraka, tj. dvije nape imaju kapacitet odsisa 2250 m<sup>3</sup>/h, dok najveća ima protok zraka 4500 m<sup>3</sup>/h. Svaka napa u sebi sadrži UV-C opremu za uklanjanje masnoća iz otpadnog zraka koja se dimenzionira prema potrebnom protoku zraka i dimenzijama jedinice. U UV-C opremu spadaju filteri i UV-C lampe koje intenzivnim svjetlom i oksidacijom ozona uzrokuju uništavanje onečišćenja u zraku koje rezultira smanjenjem emisija mirisa u okolinu i izbjegavanje taloženja masnoća u zračnim kanalima. Tim sustavom se osigurava kvalitetna čistoća zraka kako bi se odsisani zrak mogao iskoristiti za rekuperaciju topline. Slika 15 prikazuje princip odsisa zraka nape s područja za

pripremu hrane, a na Slici 16 se može vidjeti stvarni izgled i pozicija postavljanja UV-C lampi u toku rada.



*Slika 15 Odsis otpadnog zraka iz kuhinje putem JIMCO napa [9]*



*Slika 16 Stvarni prikaz UV-C lampe u radu [9]*

U prostorima restorana te pomoćnim prostorijama za odsis zraka postavljaju se anemostati istog tipa kao što su odabrani za dobavu zraka. Distributeri za odsis zraka su DEV-K, proizvod tvrtke Klimaoprema, a odabir vrste se izvodi prema već spomenutom programu Solveair dostupnom na internet stranicama firme. U ovom slučaju prilikom unosa ulaznih parametara za odabir anemostata je potrebno upisati samo:

- volumenski protok
- boju krilca
- stranu priključka (odsis)
- vrsta priključka (horizontalni/ vertikalni/ bez plenuma)
- promjer priključka
- završna obrada (vrsta plastifikacije).

Nakon unosa ulaznih parametara program također nudi vrste distributera za odsis prema dimenzijama, padu tlaka i nivou zvučne snage te je potrebno odabrati onaj anemostat koji zadovoljava sve navedene uvjete.

Kao što je navedeno za distributere dobavnog zraka, za odsis se po prostorijama postavljaju različite vrste DEV-K anemostata ovisno o zahtjevima za odsis zraka prema namjenama i veličinama prostorija. Tablica 6 daje uvid u sve vrste anemostata postavljene u prostorijama zgrade zajedno sa protokom zraka za koji su namijenjeni.

vrsta distributera	protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	količina [kom]
DEV-K 500/24 -B-B-H-248-RAL	500	3
DEV-K 400/16 -B-B-H-198-RAL	300	1
DEV-K 300/8 -B-B-H-158-RAL	200	1
DEV-K 300/8 -B-B-H-158-RAL	100	3
UKUPNO		8

Tablica 6 Vrste i količine distributera za odsis zraka iz restorana i pomoćnih prostorija

Za uredske prostore predviđa se odsis zraka sa stropa putem odsisnih rešetki tipa OAB, također proizvođača Klimaoprema. Odsisne rešetke su različitih dimenzija ovisno o potrebnoj količini odsisa zraka koje ostvaruju, a sami odabir rešetke provodi se koristeći Solveair program. Na Slici 17 prikazan je odabrani tip odsisne rešetke OAB. Rešetke tog tipa izrađene su od eloksiranog aluminija. Mogu imati horizontalne ili horizontalne i vertikalne lamele

postavljene pod kutovima od 0° ili 15°. Također, u rešetke je moguća ugradnja zaklopki (S ili L tipa) i filtera (G2 ili G4) ovisno o potrebama.



Slika 17 Rešetka za odsis zraka u uredskim prostorima OAB [8]

U sklopu ovog projekta za uredske prostorije odabrane su rešetke samo s horizontalnim i vertikalnim lamelama bez filtera i zaklopki. Sve rešetke odgovarajućih dimenzija za prostorije ureda navedene su u Tablici 7 prema dimenzijama, protoku zraka i količinama.

dimenzije OAB rešetke ŠxV [mm]	protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	količina [kom]
325x225	400	1
325x125	300	3
225x75	100	4
UKUPNO		10

Tablica 7 Dimenzije odsisnih rešetki po protocima zraka i količinama

Kako je spomenuto ranije, predviđa se odsisavanje otpadnog zraka iz sanitarnih prostora i spremišta koja nemaju mogućnost prirodne ventilacije putem prozora. Za takve prostorije odabire se odsis zraka preko zračnih ventila za prozračivanje (ZOV), proizvođača Klimaoprema. Navedeni distributeri izrađuju se od čeličnog lima te se plastificiraju u bijelu boju. Uz to imaju mogućnost podešavanja protoka zraka. Slika 18 prikazuje odabrani zračni ventil. Ukupno je, za kvalitetnu ventilaciju prostora svih sanitarija i spremišta potrebno postavljanje 7 ZOV-a 100 u prizemlju i 12 istih na katu zgrade.



*Slika 18 ZOV distributer za odsis zraka iz sanitarija i spremišta [8]*

## **4.2. Ventilatori**

Ventilator je uređaj koji dobavlja zrak u mrežu kanala ili cijevi uz relativno nisku razliku tlaka i to rotacijom lopatica rotora pri čemu se mehanička energija elektromotora pretvara u energiju čestica zraka. Ta se energija transformira ili u energiju tlaka ili u kinetičku energiju. S obzirom na smjer strujanja zraka kroz rotor ventilatora pri kojem se česticama predaje energija postoje tri tipa ventilatora, a to su:

- centrifugalni ili radijalni
- aksijalni
- poluaksijalni ventilatori.

Kao što sami nazivi daju naslutiti, kod radijalnih ventilatora zrak struji u smjeru radijusa u odnosu na osovinu rotora, dok kod aksijalnog zrak struji paralelno s njegovom osovinom. Poluaksijalni su oni kod kojih zrak struji kombinirano u aksijalnom i radijalnom smjeru.

Ventilator se može ugraditi kao usisni, tlačni ili istovremeno kao usisni i tlačni uređaj. U svakom pojedinom slučaju treba znati koji korisni rad daje ventilator, koliki će biti stvarni razvijeni tlak i kolika je potrebna električna energija za pogon. [10]

### **4.2.1. Usisni ventilatori za odsis zraka iz sanitarnih prostora**

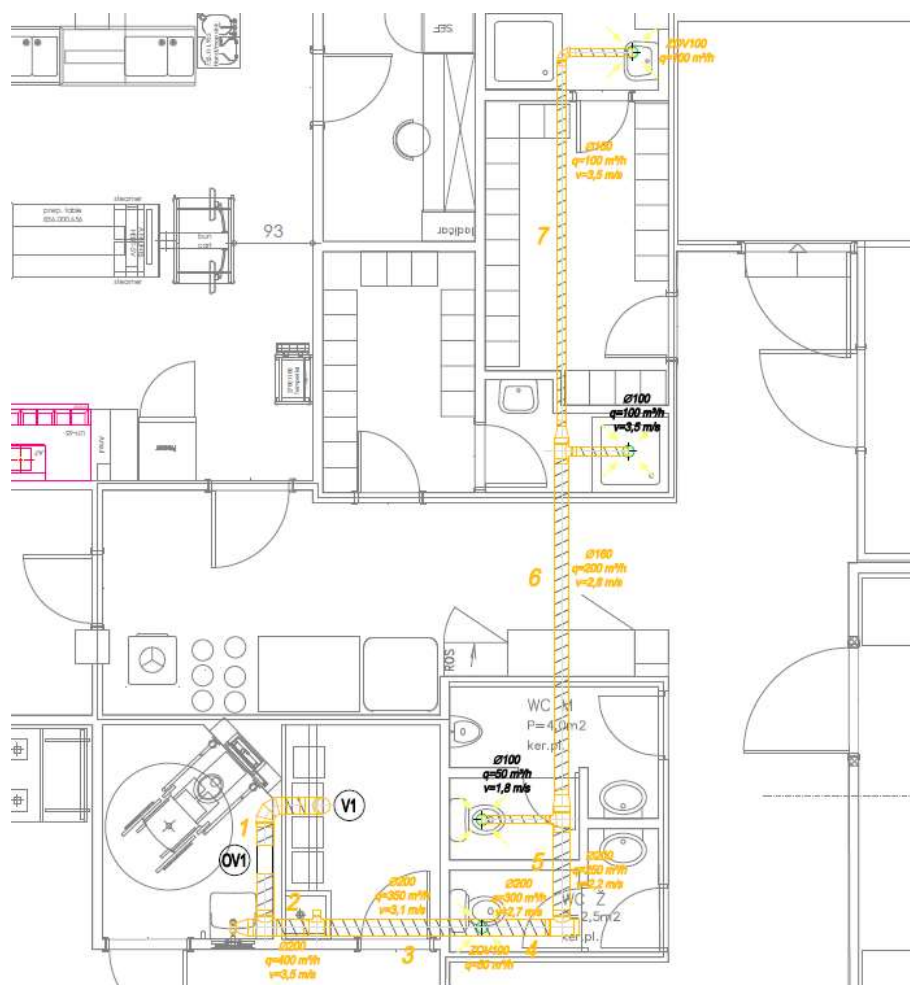
Za funkcionalan rad ventilacijskog sustava u prostorijama sanitarija potrebno je odabrati ventilator koji je u mogućnosti sav otpadni zrak iz navedenih prostora preko ZOV ventila i mreže zračnih kanala izbaciti u okoliš. U sklopu projektne zgrade nalaze se tri sanitarno-

spremišna sektora iz kojih se odsisava otpadni zrak te se preko krova izbacuje izvan zgrade. Svi ventilatori za spomenute sektore su aksijalne izvedbe pod modelom EM, marke Ruck Ventilatoren. Ti ventilatori se pokreću EC motorima koji imaju znatno manje troškove električne energije, a rade s visokom učinkovitošću do preko 90%. Sadrže integriranu elektroniku i interni elektronički nadzor temperature. Točan tip ventilatora se odabire ovisno o maksimalnom protoku otpadnog zraka i padu tlaka na kritičnoj dionici te kanalne mreže.

Za sanitarno-spremišne prostorije restorana u prizemlju ventilator mora povući maksimalni protok otpadnog zraka od 450 m<sup>3</sup>/h, a ukupni pad tlaka kritične dionice izračunat je prema Tablici 8. Skica kritične dionice za odsis zraka iz sanitarno spremišnih prostora prikazana je na Slici 19.

Dionica	q <sub>v</sub>	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	ζ	ΣR*L+Z
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	450	o	200	0	7,5	0,0314	4,0	1,10	1,82	25
2	400	o	200	0	1	0,0314	3,5	0,89	1,08	9
3	350	o	200	0	2	0,0314	3,1	0,70	1,08	8
4	300	o	200	0	1	0,0314	2,7	0,53	1,3	6
5	250	o	200	0	3	0,0314	2,2	0,38	1,08	4
6	200	o	160	0	4,5	0,0201	2,8	0,75	1,76	11
7	100	o	100	0	6	0,0079	3,5	2,11	0,94	20
ukupno razvod										83
ZOV ventil										30
UKUPNO										113

Tablica 8 Pad tlaka kritične dionice sanitarno-spremišnih prostora restorana u prizemlju



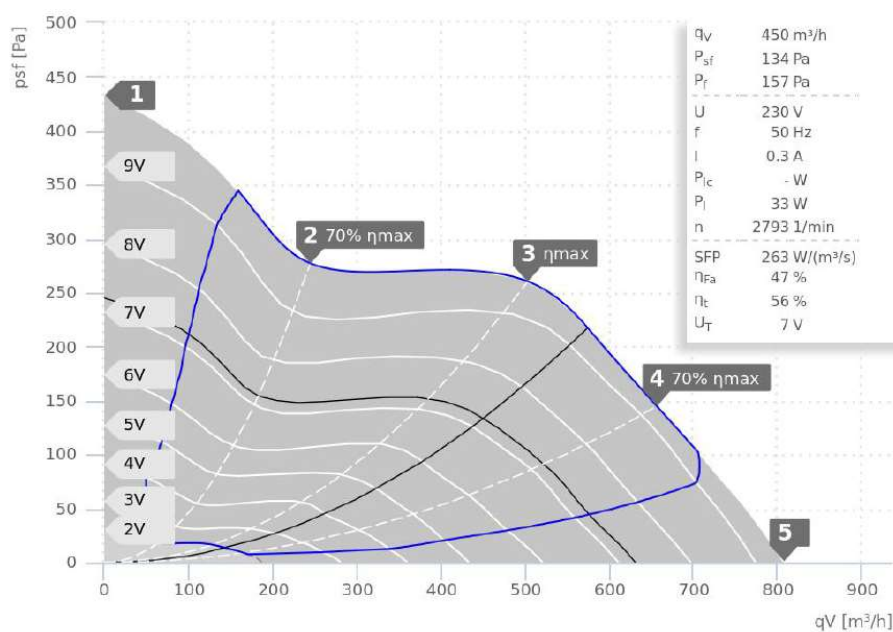
Slika 19 Skica kritične dionice odsisa iz sanitarno-spremišnih prostora u prizemlju

U konačnici, odabire se tip ventilatora EM 160L EC koji je prikazan na Slici 20. Na Slici 21 se može vidjeti područje rada odabranog ventilatore u dp-qv dijagramu zajedno sa radnom točkom za projektne uvjete uz ostale karakteristike.



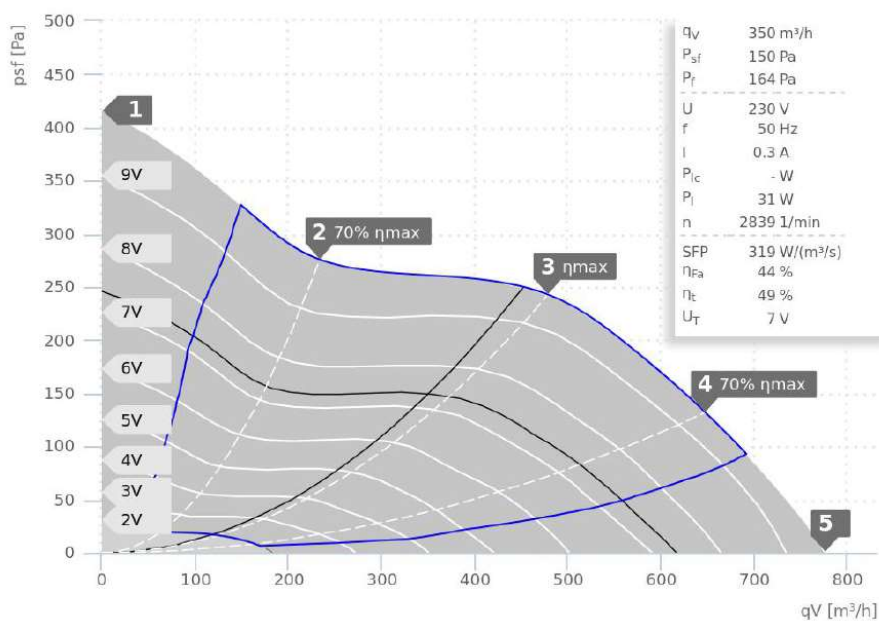
Slika 20 Aksijalni ventilator EM 160L EC [11]





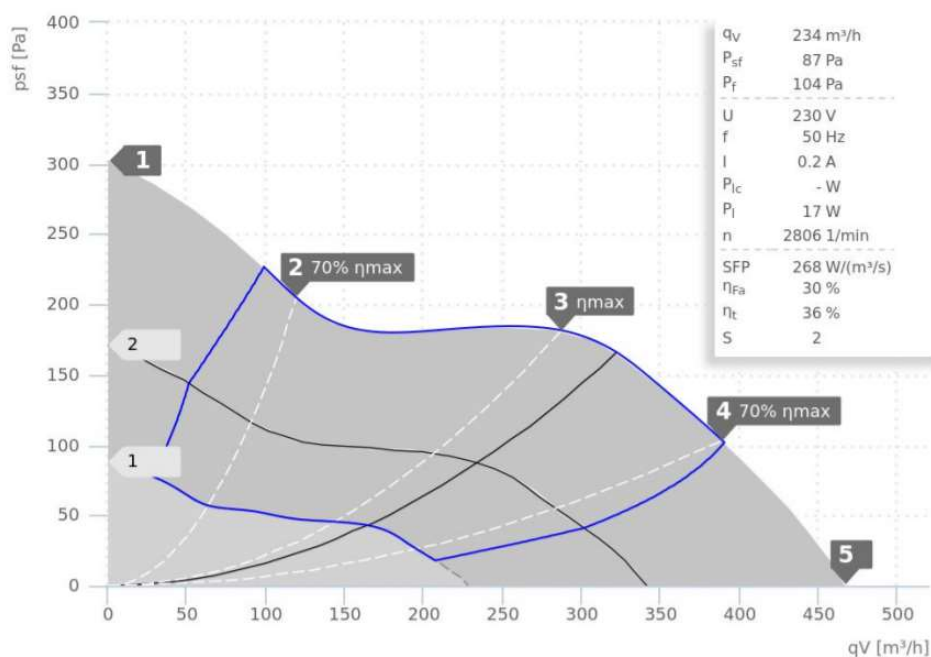
Slika 21 Prikaz radne točke ventilatora EM 160L EC [11]

Za sanitarno-spremišne prostorije restorana na katu ventilator mora povući maksimalni protok otpadnog zraka od 350 m<sup>3</sup>/h, a ukupni pad tlaka kritične dionice iznosi 163 Pa. Prema tome odabran je aksijalni ventilator EM 150L EC čije se područje rada može vidjeti prema dijagramu na Slici 22.



Slika 22 Područje rada ventilatora EM 150L EC [11]

Za sanitarne prostorije u sklopu ureda istom metodologijom odabran je ventilator EM 125L EC. Navedeni ventilator radi sa protokom zraka od  $250 \text{ m}^3/\text{h}$  te savladava pad tlaka kritične dionice u vrijednosti od  $100 \text{ Pa}$ . Razlika tog ventilatora u odnosu na prethodno odabrane je to što kod ovog ventilatora EC motor radi u tri stupnja. Karakteristike ventilatora prikazane su prema dijagramu na Slici 23.



Slika 23 Karakteristike kanalnog ventilatora EM 125L EC 01

### 4.3. Klima komore

Klima komore predstavljaju centralna kućišta koje su kao jedinice spremne za pogon te se mogu postaviti u strojarnicu, na krov ili neko drugo mjesto van prostora za koji pripremaju zrak. Uglavnom se izrađuju u blok ili komornoj izvedbi, a pripremljeni zrak se razvodi preko zračnih vodova i kanala do raznih prostorija koje je potrebno klimatizirati. Sama centrala sadrži sve potrebne sastavne dijelove unutar kućišta koje je otporno na koroziju, toplinski izolirano i samostojeće. Neki od dijelova koji se mogu naći unutar klima komore su:

- ventilatori sa motorom za tlačni, odnosno odsisni zrak
- grijači ili hladnjaci koji mogu biti raznih izvedba
- rekuperatori topline između dobavnog i odsisnog zraka

- komore za miješanje zraka
- razni filteri za pročišćavanje zraka
- sakupljači kapljica
- prigušivači buke
- regulacijske zaklopke itd.

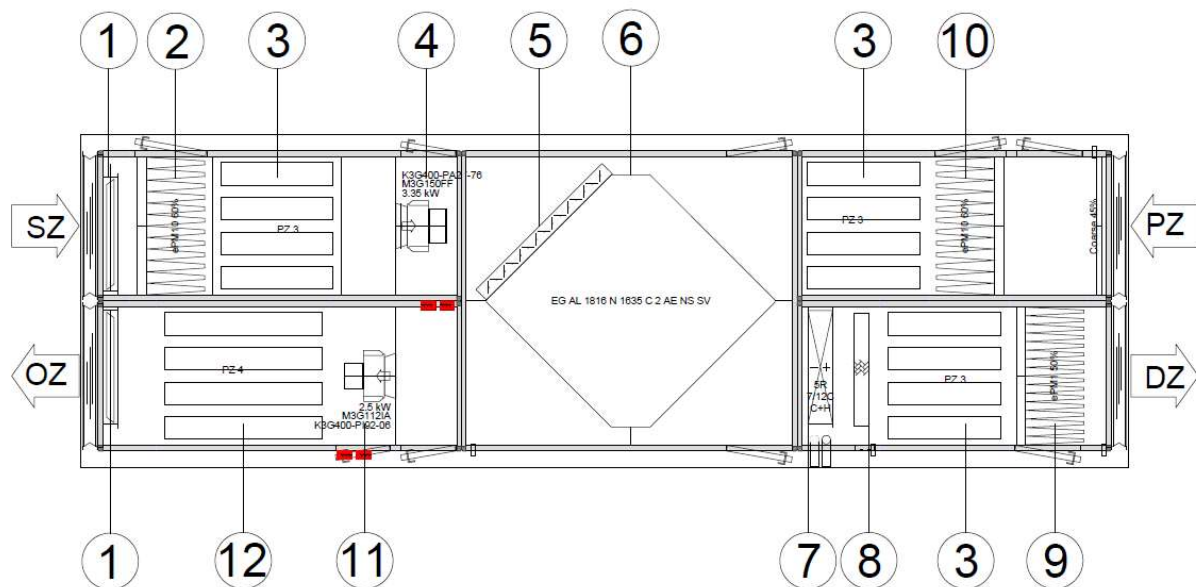
Glavne prednosti krovnih izvedbi klima komora su niži troškovi montaže, ušteda prostora unutar zgrade, jednostavan sustav zračnih kanala prilikom postavljanja komore na krov, dobra mogućnost rekuperacije topline ili miješanja zraka obzirom da se kanali za dobavu i odsis zraka lako mogu voditi zajedno.

Za potrebe pripreme zraka za projektnu zgradu koriste se dvije klima komore postavljene na krov zgrade. U jednoj komori se odvija proces pripreme zraka za prostore kuhinje i restorana te je ona znatno većih dimenzija, budući da su za nju protoci zraka više nego šest puta veći nego za uredske prostore. Druga komora vrši pripremu zraka za prostore ureda. U obje klima komore postavlja se pločasti rekuperator kako bi se maksimalno iskoristila toplina iz otpadnog zraka kada je god to moguće. Klima komore su projektirane u suradnji s tvrtkom *Proklima* koristeći softver za modeliranje klima komore pod nazivom *Aircalc++*. U nastavku su detaljno prikazane modelirane klima komore sa osnovnim konstrukcijskim komponentama.

#### **4.3.1. Klima komora kuhinja – restoran (KK1)**

Klima komora u kojoj se vrši priprema zraka za prostore kuhinje i restorana izvedena je u položenoj izvedbi i standardne je vanjske ugradnje. Kućište komore je izrađeno od profila plastificiranog aluminijske debljine 50 mm uz toplinsku izolaciju od kamene vune. Dio klima komore koji služi za pripremu dobavnog zraka kapaciteta je 12500 m<sup>3</sup>/h, dok je kapacitet odsisnog zraka 11300 m<sup>3</sup>/h.

Slika 23 prikazuje tlocrt navedene klima komore sa svim svojim sastavnim dijelovima čije se karakteristike po jednom komadu opreme detaljnije navode u nastavku.



Slika 24 Tlocrtni prikaz klima komore KK1

### 1) Regulacijska zaklopka

Tip: SER100AL02RD

Materijal okvira/lopatica: Aluminij

Zrakotijesna izvedba (prema DIN 1946-4) s ugrađenim unutarnjim pogonom

### 2) Vrećasti filter M5

Klasa: ePM10 60% (prema ISO 16890)

Materijal filtera: stakleno vlakno

Duljina: 600 mm

Energetska klasa filtera: B

### 3) Prigušivač zvuka

Prigušenje: kod 250 Hz – 25 dB

#### **4) Tlačni ventilator bez spiralnog kućišta**

Tip: K3G400-PA27-76 (paralelni spoj)

Protok zraka: 6250 m<sup>3</sup>/h

Eksterni pad tlaka: 350 Pa

Dinamički pad tlaka: 60 Pa

Totalni pad tlaka: 893 Pa

Apsorbirana snaga: 4,39 kW

Učinkovitost: 65,92 %

Motor - nazivna snaga: 3,65 kW

- napajanje: 3x400 V/50 Hz

#### **5) By-pass zaklopka**

Tip: SER100ALBP45

Izvedba: zrakotijesna (prema DIN 1946-4), s ugrađenim unutarnjim pogonom

#### **6) Pločasti rekuperator**

Izvedba: protustrujni, s by-passom i žaluzijom

Tip: EG AL 1816 N 1635 C 2 AE NS SV

Materijal okvira/ lamela: Aluminij

Karakteristike: za režim grijanja i režim hlađenja prema Slika 24.

Dodatak: kada za odvod kondenzata ispod rekuperatora

<b>Način grijanja</b>				<b>Način hlađenja</b>			
Dobava [m <sup>3</sup> /h]	<b>12.500</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>186</b>	Dobava [m <sup>3</sup> /h]	<b>12.500</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>211</b>
Ulaz [°C]	<b>-13,00</b>	Vlažnost [%]	<b>90,0</b>	Ulaz [°C]	<b>35,00</b>	Vlažnost [%]	<b>40,0</b>
Izlazi [°C]	<b>24,50</b>	Vlažnost [%]	<b>6,0</b>	Izlazi [°C]	<b>31,30</b>	Vlažnost [%]	<b>49,0</b>
Odsis [m <sup>3</sup> /h]	<b>11.300</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>171</b>	Odsis [m <sup>3</sup> /h]	<b>11.300</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>176</b>
Ulaz [°C]	<b>30,00</b>	Vlažnost [%]	<b>60,0</b>	Ulaz [°C]	<b>30,00</b>	Vlažnost [%]	<b>60,0</b>
Izlazi [°C]	<b>10,10</b>	Vlažnost [%]	<b>100,0</b>	Izlazi [°C]	<b>34,10</b>	Vlažnost [%]	<b>47,0</b>
Temperaturna učinkovitost (EN 308) [%]	<b>87,2</b>			Temperaturna učinkovitost (EN 308) [%]	<b>81,6</b>		
Povrat topline [kW]	<b>156,95</b>			Povrat topline [kW]	<b>15,43</b>		
Pressure drop supply (1.2 kg/m <sup>3</sup> )	<b>203 Pa</b>			Pressure drop supply (1.2 kg/m <sup>3</sup> )	<b>195 Pa</b>		
Pressure drop exhaust (1.2 kg/m <sup>3</sup> )	<b>169 Pa</b>			Pressure drop exhaust (1.2 kg/m <sup>3</sup> )	<b>163 Pa</b>		
Temperature efficiency ErP Lot 6 [%]			<b>77,20</b>				
Energy efficiency (DIN EN 13053) [%]			<b>74,40</b>				
Klasa rekuperacije			<b>H1</b>				

Slika 25 Karakteristike pločastog rekuperatora komore KK1

### 7) Izmjenjivač topline hladnjak/grijač

Radni medij: R410A

Materijal cijevi/ lamela: bakar/ aluminij

Materijal okvira: nehrđajući čelik AISI 304

Materijal sabirnika: bakar

Rashladni učin: 100,8 kW

Ogrjevni učin: 100,8 kW

#### Režim hlađenja

Temperatura zraka – ulaz: 35,00 °C

Vlažnost zraka – ulazu: 40 %

Temperatura zraka – izlaz: 18,00 °C

Vlažnost zraka – izlaz: 85,7 %

Temperatura isparavanja medija : 8,00 °C

Temperatura pregrijavanja: 5,00 °C

#### Režim grijanja

Temperatura zraka – ulaz: 15,00 °C

Temperatura zraka – izlaz: 18,00 °C

Temperatura kondenzacije medija: 35,00 °C

### **8) Eliminator kapljica**

Materijal lamela: plastika – PPTV

Materijal okvira: nehrđajući čelik AISI

### **9) Vrećasti filter F7**

Klasa: ePM1 50%

Materijal filtera: stakleno vlakno

Duljina: 600 mm

Energetska klasa filtera: A

### **10) Panelni filter G3**

Klasa: Coarse 45%

Materijal filtera: metal

Debljina: 48 mm

### **11) Odsisni ventilator bez spiralnog kućišta**

Tip: K3G400-PI92-06 (paralelni spoj)

Protok zraka: 2x5650 m<sup>3</sup>/h

Eksterni pad tlaka: 200 Pa

Dinamički pad tlaka: 49 Pa

Totalni pad tlaka: 558 Pa

Apsorbirana snaga: 2,55 kW

Učinkovitost: 65,92 %

Motor - nazivna snaga: 2,50 kW

- napajanje: 3x400 V/50 Hz

## **12) Prigušivač zvuka**

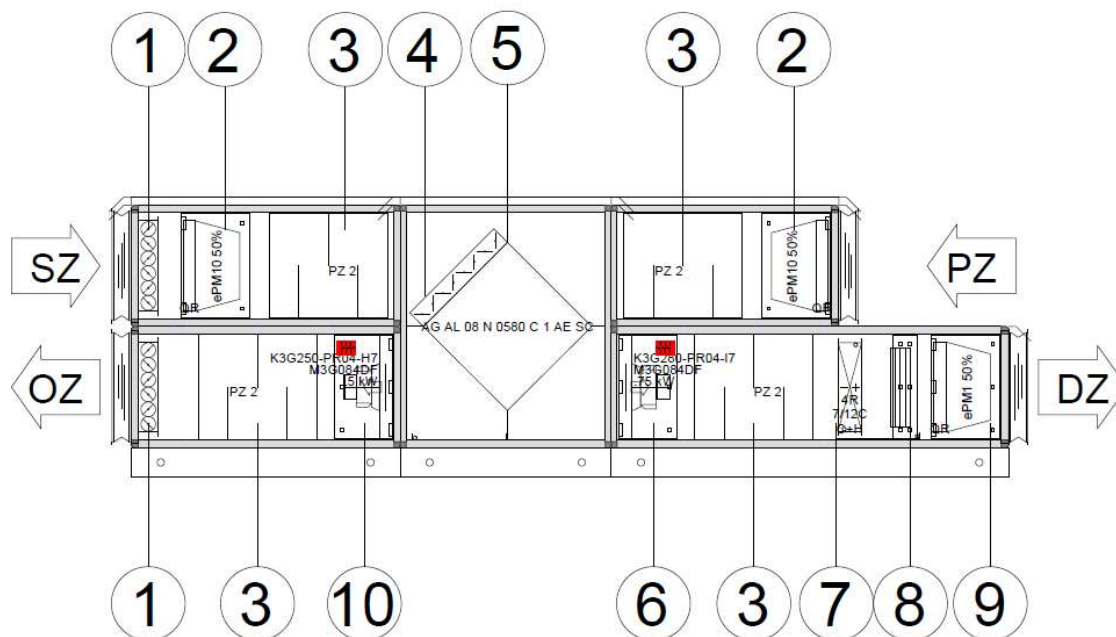
Prigušenje: kod 250 Hz – 30 dB

### **4.3.2. Klima komora uredi (KK2)**

Klima komora namijenjena pripremi zraka za uredske prostore izvedena je u dvoetažnoj izvedbi i standardne je vanjske ugradnje. Kućište komore je kao i kod KK1 komore izrađeno od profila plastificiranog aluminijske debljine 50 mm sa izolacijom od kamene vune. Dio klima komore za obradu dobavnog zraka kapaciteta je 2000 m<sup>3</sup>/h, dok je kapacitet odsisnog zraka 1700 m<sup>3</sup>/h.

Slika 25 prikazuje nacrt klima komore KK2 sa svim svojim sastavnim dijelovima čije se karakteristike detaljnije navode u nastavku po pojedinačnom komadu opreme.





Slika 26 Bočni prikaz klima komore KK2

### 1) Regulacijska zaklopka

Tip: SER100AL02RD

Materijal okvira/lopatica: Aluminij

Zrakotijesna izvedba (prema DIN 1946-4) s ugrađenim unutarnjim pogonom

### 2) Vrećasti filter M5

Klasa: ePM10 50% (prema ISO 16890)

Materijal filtera: stakleno vlakno

Duljina: 380 mm

Energetska klasa filtera: D

### 3) Prigušivač zvuka

Prigušenje: kod 250 Hz – 19 dB

#### 4) By-pass zaklopka

Tip: SER100ALBP45

Izvedba: zrakotijesna (prema DIN 1946-4), s ugrađenim unutarnjim pogonom

#### 5) Pločasti rekuperator

Izvedba: protustrujni, s by-passom i žaluzijom

Tip: AG AL 08 N 0580 C 1 AE SC

Materijal okvira/ lamela: Aluminij

Karakteristike: za režim grijanja i režim hlađenja prema Slika 26.

Dodatak: kada za odvod kondenzata ispod rekuperatora

Način grijanja				Način hlađenja			
Dobava [m <sup>3</sup> /h]	<b>2.000</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>136</b>	Dobava [m <sup>3</sup> /h]	<b>2.000</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>155</b>
Ulaz [°C]	<b>-13,00</b>	Vlažnost [%]	<b>90,0</b>	Ulaz [°C]	<b>35,00</b>	Vlažnost [%]	<b>40,0</b>
Izlazi [°C]	<b>11,50</b>	Vlažnost [%]	<b>14,0</b>	Izlazi [°C]	<b>28,80</b>	Vlažnost [%]	<b>57,0</b>
Odsis [m <sup>3</sup> /h]	<b>1.700</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>106</b>	Odsis [m <sup>3</sup> /h]	<b>1.700</b>	Pad tlaka [Pa]	<b>115</b>
Ulaz [°C]	<b>20,00</b>	Vlažnost [%]	<b>35,0</b>	Ulaz [°C]	<b>26,00</b>	Vlažnost [%]	<b>50,0</b>
Izlazi [°C]	<b>-3,60</b>	Vlažnost [%]	<b>99,0</b>	Izlazi [°C]	<b>33,30</b>	Vlažnost [%]	<b>32,0</b>
Temperaturna učinkovitost (EN 308) [%]	<b>74,2</b>			Temperaturna učinkovitost (EN 308) [%]	<b>81,4</b>		
Povrat topline [kW]	<b>16,39</b>			Povrat topline [kW]	<b>4,17</b>		
Pressure drop supply (1.2 kg/m <sup>3</sup> )	<b>148 Pa</b>			Pressure drop supply (1.2 kg/m <sup>3</sup> )	<b>148 Pa</b>		
Pressure drop exhaust (1.2 kg/m <sup>3</sup> )	<b>111 Pa</b>			Pressure drop exhaust (1.2 kg/m <sup>3</sup> )	<b>111 Pa</b>		
Temperature efficiency ErP Lot 6 [%]	<b>75,10</b>						
Energy efficiency (DIN EN 13053) [%]	<b>73,10</b>						
Klasa rekuperacije	<b>H1</b>						

Slika 27 Karakteristike pločastog rekuperatora komore KK2

#### 6) Tlačni ventilator bez spiralnog kućišta

Tip: K3G280-PR04-I7

Protok zraka: 2000 m<sup>3</sup>/h

Eksterni pad tlaka: 200 Pa

Dinamički pad tlaka: 35 Pa

Totalni pad tlaka: 673 Pa

Apsorbirana snaga: 0,59 kW

Učinkovitost: 60,18 %

Motor - nazivna snaga: 0,75 kW

- napajanje: 1x230 V/50 Hz

## 7) Izmjenjivač topline hladnjak/grijač

Radni medij: R410A

Materijal cijevi/ lamela: bakar/ aluminij

Materijal okvira: nehrđajući čelik AISI 304

Materijal sabirnika: bakar

Rashladni učin: 14,00 kW

Ogrjevni učin: 16,80 kW

### Režim hlađenja

Temperatura zraka – ulaz: 29,00 °C

Vlažnost zraka – ulazu: 60 %

Temperatura zraka – izlaz: 18,00 °C

Vlažnost zraka – izlaz: 89,2 %

Temperatura pregrijanja: 5,00 °C

Temperatura pothlađenja: 3,00 °C

Temperatura isparenja: 7,00 °C

### Režim grijanja

Temperatura zraka – ulaz: 10,00 °C

Temperatura zraka – izlaz: 18,00 °C

Temperatura kondenzacije: 35,00 °C

### **8) Eliminator kapljica**

Materijal lamela: plastika – PPTV

Materijal okvira: nehrđajući čelik AISI

### **9) Vrećasti filter F7**

Klasa: ePM1 50%

Materijal filtera: stakleno vlakno

Duljina: 380 mm

Energetska klasa filtera: C

### **10) Odsisni ventilator bez spiralnog kućišta**

Tip: K3G250-PR04-H7

Protok zraka: 1700 m<sup>3</sup>/h

Eksterni pad tlaka: 160 Pa

Dinamički pad tlaka: 35 Pa

Totalni pad tlaka: 382 Pa

Apsorbirana snaga: 0,31 kW

Učinkovitost: 53,37 %

Motor - nazivna snaga: 0,5 kW

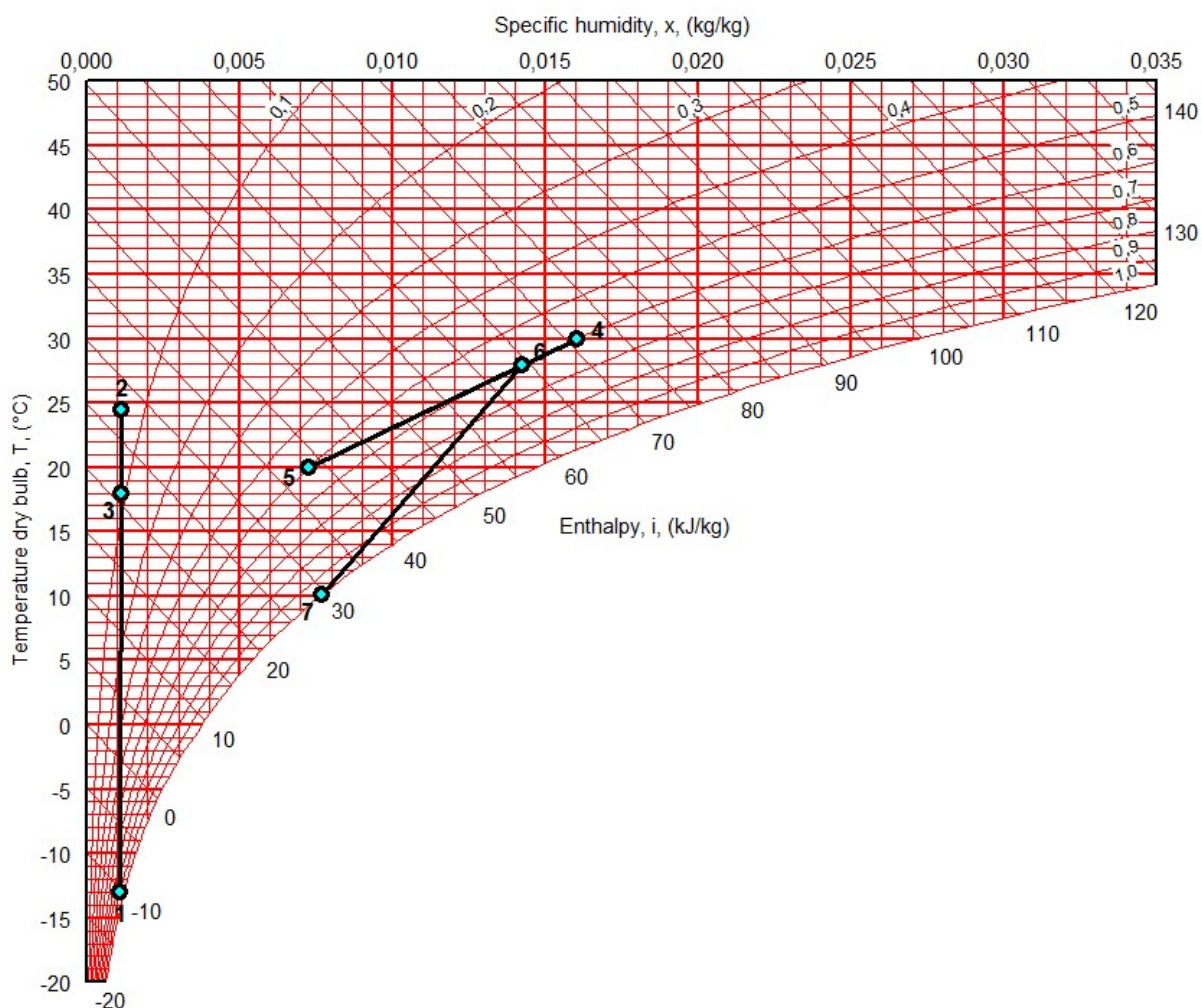
- napajanje: 1x230 V/50 Hz

### **4.3.3. Analiza porocesa pripreme zraka**

Za većinu termodinamičkih promjena stanja vlažnog zraka, koje se proučavaju u tehnici klimatizacije, grijanja i hlađenja kao i u mnogim drugim tehnološkim procesima, može se smatrati da nastaju pri konstantnom ukupnom tlaku vlažnog zraka. Budući da jedna veličina

stanja vlažnog zraka ostaje konstantna, analiza takvih stanja moguća je u raznim dvodimenzionalnim koordinatnim sustavima. Kod nas je najčešće u upotrebi h-x dijagram stanja vlažnog zraka, iako se mogu koristiti i drugi koordinatni sustavi (npr. x-t, h-s ili h-t dijagrami) kao i razni nomogrami. H-x dijagram za vlažan zrak se konstruira za neki konstantni tlak (ugl. za  $p=100$  kPa) te predstavlja jednu izobarnu površinu. [12]

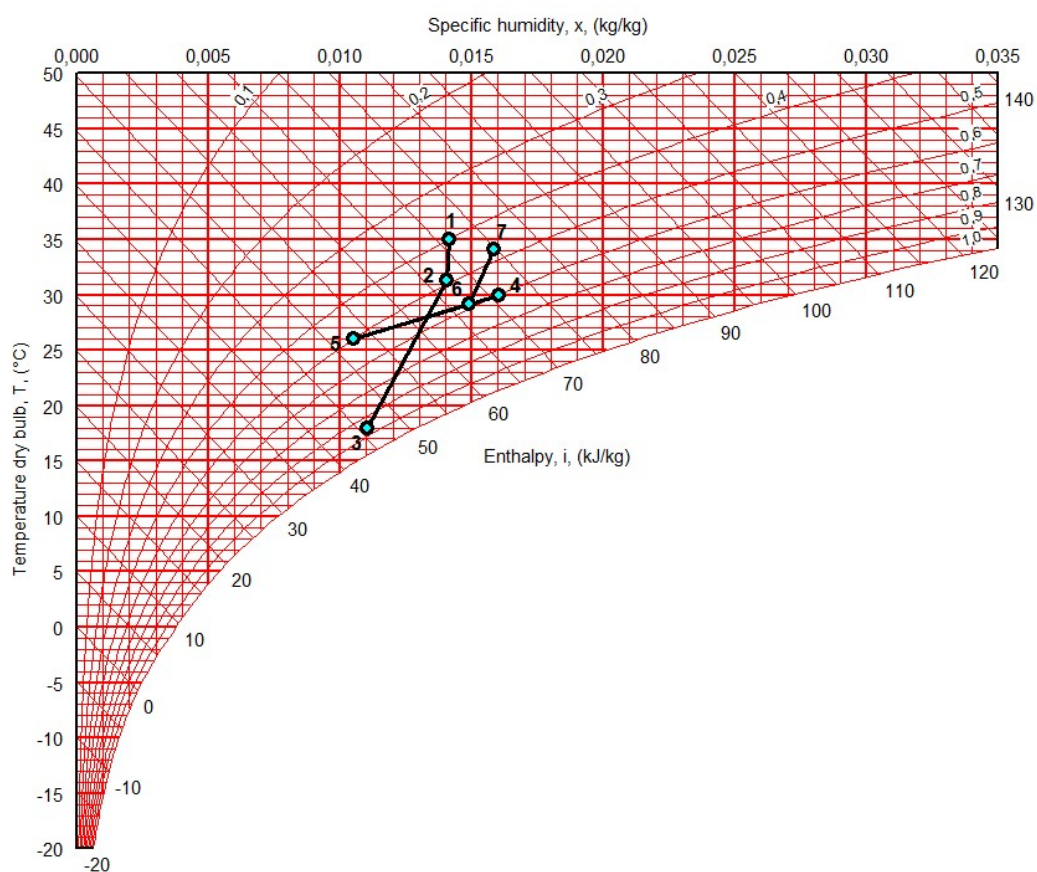
Na taj način omogućuje se grafičko prikazivanje procesa pripreme zraka unutar odabranih klima komora KK1 i KK2 za zimske i ljetne periode rada. Svi ti h-x dijagrami s ucrtanim procesima promjena stanja zraka unutar komora mogu se vidjeti na Slikama 28, 29, 30 i 31, dok su vrijednosti temperatura, relativne vlažnosti, apsolutne vlažnosti i entalpije za sve točke procesa tablično prikazane ispod svakog h-x dijagrama u Tablicama 9,10,11 i 12.



Slika 28 Procesi stanja klima komore KK1 – zima

stanje	točka [-]	temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]	apsolutna vlažnost [kg/kg]	entalpija [kJ/kg]
DOBAVA					
vanjski zrak	1	-13,00	90,00	1,10	-10,30
nakon rekuperatora	2	24,50	6,00	1,13	27,50
nakon miješanja/prije ubacivanja	3	18,00	8,80	1,12	20,90
ODSIS					
iz kuhinje	4	30,00	60,00	16,03	71,10
iz prostora restorana	5	26,00	50,00	10,49	52,90
pomiješano prije rekuperatora	6	28,00	60,00	14,24	64,46
nakon rekuperatora	7	10,10	100	7,68	29,50

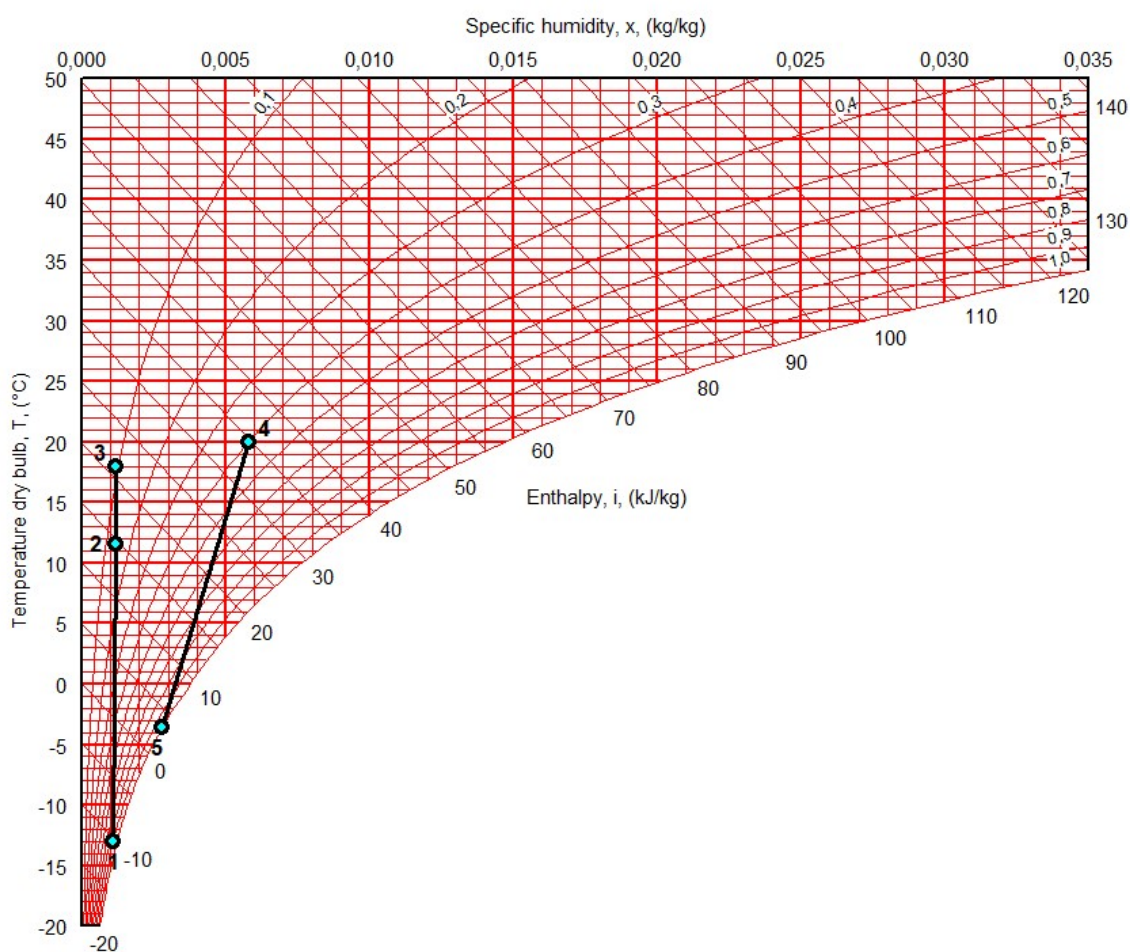
Tablica 9 Veličine stanja za proces pripreme zraka u KKI – zima



Slika 29 Procesi stanja klima komore KKI - ljeto

stanje	točka [-]	temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]	apsolutna vlažnost [kg/kg]	entalpija [kJ/kg]
DOBAVA					
vanjski zrak	1	35,00	40,00	14,12	71,40
nakon rekuperatora	2	31,30	49,00	14,07	67,40
nakon hladnjaka	3	18,00	85,70	11,05	46,10
ODSIS					
iz kuhinje	4	30,00	60,00	16,03	71,10
iz prostora restorana	5	20,00	50,00	7,26	38,50
pomiješano prije rekuperatora	6	28,00	60,00	14,24	64,46
nakon rekuperatora	7	34,10	47	15,84	74,89

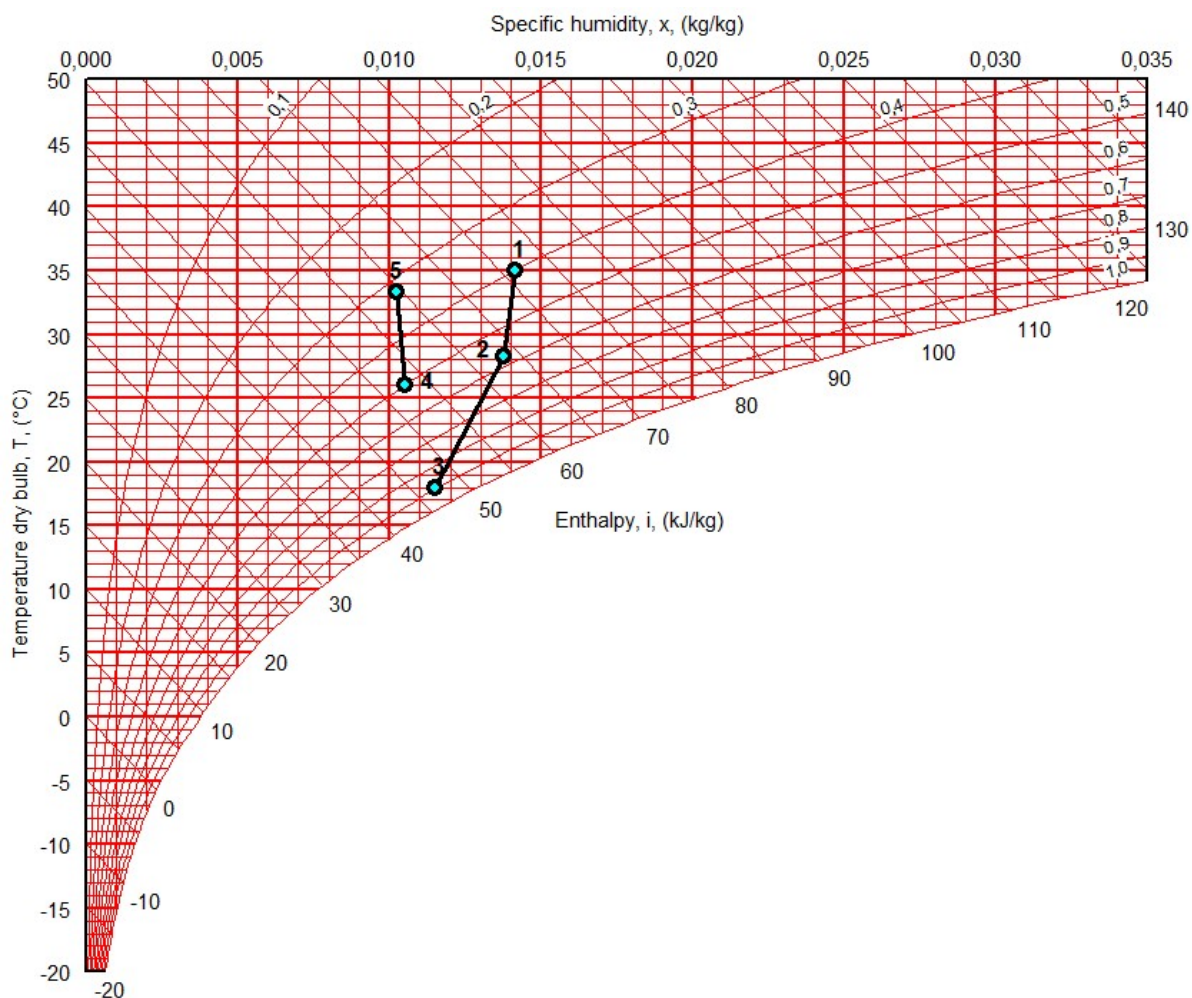
Tablica 10 Veličine stanja za proces pripreme zraka u KK1 – ljeto



Slika 30 Procesi stanja klima komore KK2 - zima

stanje	točka [-]	temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]	apsolutna vlažnost [kg/kg]	entalpija [kJ/kg]
DOBAVA					
vanjski zrak	1	-13,00	90,00	1,10	-10,30
nakon rekuperatora	2	11,50	14,00	1,17	14,50
nakon grijača/prije ubacivanja	3	18,00	9,20	1,17	21,1
ODSIS					
iz ureda	4	20,00	40,00	5,79	34,8
nakon rekuperatora	5	-3,60	99,00	2,76	3,30

Tablica 11 Veličine stanja za proces pripreme zraka u KK2 – zima



Slika 31 Procesi stanja klima komore KK2 - ljeto



stanje	točka [-]	temperatura [°C]	relativna vlažnost [%]	apsolutna vlažnost [kg/kg]	entalpija [kJ/kg]
DOBAVA					
vanjski zrak	1	35,00	40,00	14,12	71,40
nakon rekuperatora	2	28,30	57,00	13,76	63,60
nakon hladnjaka/prije ubacivanja	3	18,00	89,16	11,51	47,30
ODSIS					
iz ureda	4	26,00	50,00	10,49	52,90
nakon rekuperatora	5	33,30	32,00	10,22	59,60

Tablica 12 Veličine stanja za proces pripreme zraka u KK2 – ljeto

#### 4.4. Regulacija varijabilnog protoka zraka

##### 4.4.1. Regulatori varijabilnog protoka zraka (VAV)

Regulatori protoka zraka su uređaji čiji je temeljni zadatak osigurati određenu vrijednost protoka zraka na dobavnom, odnosno odsisnom zračnom vodu, s obzirom na potrebe zone. Ovisno o tome želi li se varirati protok zraka ili održavati konstantnim postoje regulatori promjenjivog (varijabilnog) protoka i regulatori konstantnog protoka zraka. Unutar zgrade McDonald's-a su moguće veće oscilacije potrebnog zraka s obzirom na prisutnost gostiju u prostoru restorana i broju spremanja obroka u kuhinji. Iz tih razloga te uz mogućnost smanjenja pogonskih troškova odabire se ugradnja regulatora varijabilnih protoka zraka. Ta regulacija regulira protok zraka od projektiranog kapaciteta do minimalne količine zraka definirane higijenskim zahtjevima. Regulator varijabilnog protoka zraka omogućuje:

- regulaciju volumnog protoka zraka prema zadanoj vrijednosti
- tvorničko namještanje parametara prema zahtjevima
- visoku točnost regulacije
- funkcionalnost uređaja bez potreba za održavanjem.

Za potrebe projektnog zadatka odabiru se VAV regulatori tipa RVP-C tvrtke Klimaoprema. Regulatori su različitih dimenzija s obzirom na potrebe zraka unutar pojedine zone za koju je namijenjen. Slika 32 prikazuje odabrani tip VAV regulatora.



Slika 32 Regulator varijabilnog protoka zraka RVP-C, Klimaoprema [8]

Uređaje je potrebno postaviti na ogranke klimatizacijskih kanala neposredno prije uređaja za distribuciju zraka poštujući propisane mjere za postavljanje kako bi se osigurao pravilan rad. Dimenzije uređaja odabrane su koristeći *Solveair* program na internet stranicama tvrtke *Klimaoprema*. Prilikom odabira potrebno je unijeti ulazne podatke kao što su:

- maksimalni volumenski protok
- minimalni volumenski protok
- pad tlaka
- razina buke kroz ventilacijski otvor
- razine buke kroz spuštenu strop
- tip komunikacije
- način rada
- postavljanje izolacije (da/ne)

U Tablici 13 dani su tehnički podaci za jednu vrstu odabranog regulatora koji se postavlja za prostor restorana u prizemlju.

RVP-C-315-MP-380/800-P	
karakteristika	vrijednost
maksimalni protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	800

minimalni protok zraka [m <sup>3</sup> /h]	380
pad tlaka [Pa]	50
regenerirana razina zvučnog tlaka [dB(A)]	36
razina zvučnog tlaka kroz kućište [dB(A)]	15
nazivni promjer [mm]	315
volumni protok [m <sup>3</sup> /h]	380/800
način upravljanja	single

Tablica 13 Karakteristike varijabilnog regulatora protoka zraka RVP-C-315-MP-380/800-P, Klimaoprema

Tablica 14 daje popis svih regulatora varijabilnog protoka zraka koje je potrebno ugraditi na tlačne kanale ventilacijskog razvoda.

vrsta regulatora	količina
RVP-C-315	8
RVP-C-250	4
RVP-C-200	4
RVP-C-160	6
RVP-C-125	6
RVP-C-100	10

Tablica 14 Popis svih potrebnih vrsta RVP-C regulatora i njihovih količina

#### 4.4.2. Senzori i upravljači

Za upravljanje sustavima regulacije odabran je Codis C35-FL kontroler koji omogućuje uvid u stanje zraka u prostoru i upravljanje postavljenim VAV regulatorima. Sve aplikacijske funkcije su sukladne europskoj normi *EN 15500:2008 – Control of heating, ventilating and air conditioning applications – elektronička oprema za kontrolu individualne zone*. Uređaj omogućuje upravljanje temperaturom, relativnom vlažnošću, VOC plinovima i koncentracijom CO<sub>2</sub> u prostoru. Modernog je dizajna i prikladan je za postavljanje u prostorima raznih namjena. Preko zaslona na dodir jednostavno je omogućen:

- uvid u temperature raznih zona
- postavljanje željenih temperatura i režima rada

- prilagođavanje rasporeda
- kontrola većeg broja zona
- prijelaz iz režima grijanja u režim hlađenja i obrnuto. [12]

Ključno za projektirani sustav ventilacije predmetne građevine, kontroler sadrži ugrađene osjetnike temperature i CO<sub>2</sub> senzore te omogućuje regulaciju protoka zraka na dobavnim kanalima putem VAV regulatora. Na Slici 33 prikazan je kontroler Codis C35, marke Koer.



Slika 33 Kontrolni upravljač Codis C35, Koer [13]

## 5. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Klimatizacijski sustav zgrade Mc Donald's projektira se u niskotlačnoj jednokanalnoj izvedbi s centralnom pripremom zraka smještenom na krovu zgrade. Zgrada sadrži prostore različitih namjena (restoran i uredski prostor) te se cjelokupni sustav projektira u dvije cjeline. Za pripremu zraka koriste se dvije klima komore tvrtke Proklima različitih kapaciteta.

Klima komora koja osigurava odgovarajuće mikroklimatske uvjete u prostorima restorana izvedena je u položenoj izvedbi te radi s kapacitetom dobavnog zraka od 12500 m<sup>3</sup>/h i protokom zraka na odsisu od 11300 m<sup>3</sup>/h. Druga klima komora je dvoetažne izvedbe te priprema vanjski zrak kapaciteta 2000 m<sup>3</sup>/h, dok kroz sekciju odsisa struji zrak iz prostora protoka 1700 m<sup>3</sup>/h. Obje klima komore se sastoje od gotovo istih komponenata, samo različitih dimenzija obzirom na kapacitete. Glavne komponente komora su sekcije usisa/ispuha, vrećasti filteri, prigušivači buke, protusmjerni pločasti rekuperator, tlačni/usisni ventilatori, izmjenjivači topline, sakupljači kapljica, kade za odvod kondenzata, regulacijske zaklopke te automatika. Odabranim klima jedinicama je potrebno osigurati dobavu potrebne količine svježeg zraka temperature 18 °C tijekom cijele godine. Iz tog razloga su klima komore dimenzionirane na način da se u zimskom periodu osigura zagrijavanje vanjskog zraka s projektnih -13 °C, a u ljetnom periodu hlađenje vanjskog zraka temperature 35 °C. Za pripremu dobavnog zraka nastoji se maksimalno iskoristiti toplinski kapacitet odsisanog zraka iz prostora putem pločastog protustrujnog izmjenjivača topline, a ostatak topline nadoknađuje se izmjenjivačima topline u sklopu dizalice topline zrak-zrak.

Klima komori kuhinje i restorana, u zimskom periodu, za pripremu zraka potreban je samo rad pločastoga rekuperatora uz sustav regulacije protoka by-pass zaklopkom budući da je odsisani zrak većim dijelom iz kuhinje na visokih 30 °C koji se prethodno pročišćava od masnoća korištenjem UV-C lampi na napama. U tom slučaju vanjski zrak kroz sekciju pločastog rekuperatora struji na način da se jedan dio zraka zagrijava prolaskom kroz aluminijske lamele rekuperatora, a drugi dio prestrujava preko by-pass zaklopke tako da po izlasku iz rekuperatorske sekcije temperatura mješavine zraka iznosi 18 °C. U periodu grijanja temperaturna učinkovitost protustrujnog pločastog rekuperatora iznosi 87 % s povratom topline od 156,95 kW. Ljeti rekuperator radi s temperaturnom učinkovitošću 82 % s povratom topline 15,43 kW. Temperaturna učinkovitost pločastog rekuperatora klima jedinice namijenjene uredskim prostorima u periodu grijanja iznosi 74% uz ostvarenje povrata topline od 16,39 kW. U ljetnom periodu temperaturna učinkovitost mu iznosi 81,4 %, a povrat topline je 4,17 kW.

Izmjenjivači unutar klima komora povezuju se na vanjske jedinice dizalica topline zrak-zrak smještene također na krovu zgrade. Dizalice topline rade s inverterskom tehnologijom kontinuiranog prilagođavanja volumena radne tvari unutar sustava ovisno o potrebnom kapacitetu grijanja/hlađenja zraka u komorama. Za potrebe grijanja uredskih prostora dizalica topline kondenzacijom radnog medija R410A pri 35 °C unutar direktnog kondenzatora predaje potrebnu toplinu dobavnom zraku. U režimu hlađenja radni medij isparava na 7 °C unutar izmjenjivača smještenog u klima komorama.

Potrebne brzine strujanja zraka u klima komorama omogućuju tlačni i odsisni ventilatori dimenzionirani na način da savladaju otpore strujanja zraka u kritičnim dionicama. Za klima komoru KK1 odsis i tlak omogućuju po 2 ventilatora bez spiralnog kućišta u paralelnim izvedbama. Ventilatori na tlačnoj strani su snage 3,65 kW pri 2800 1/min uz učinkovitost preko 65% i totalni pad tlaka 901 Pa. Sa odsisne strane ventilatori su snage 2,5 kW pri 2450 1/min uz učinkovitost 63% i totalni pad tlaka 558 Pa. S obzirom na znatno niže protoke zraka u klima komori KK2, u tlačne i odsisne sekcije se postavljaju se po jedan ventilator. Na tlačnoj strani ventilator je snage 0,75 kW pri 3000 1/min s učinkovitošću 60% i totalnim padom tlaka 681 Pa. Ventilator na odsisnoj strani je snage 0,5 kW pri 3740 1/min i učinkovitosti 53% uz totalni pad tlaka 382 Pa. Ventilatori promjenom brzine vrtnje održavaju konstantu razliku tlaka te tako osiguravaju hidrauličko uravnoteženje sustava u slučaju noćnog rada kad su prostori restorana i ureda neokupirani te nema potrebe za svježim zrakom.

Filtarske sekcije osiguravaju dovoljnu kvalitetu dobavnog zraka, a postavljaju se filteri kvalitete M5 i F7 ovisno o pozicijama u komori i potrebnoj čistoći zraka. Zaprljanost filtera signalizira se diferencijalnim mjeracom tlaka nakon čega je potrebno zamijeniti filter. To je moguće izvesti ručno otvaranjem bočnih vrata na klima komorama.

Distribucija zraka izvodi se putem limenih kanala pravokutne i cilindrične izvedbe odgovarajućih debljina prema DIN 24190. Kanali se vode u spuštenom stropu etaža te se posebni naglasak stavlja na njihovo pravilno postavljanje i spajanje. Zrak potrebne temperature i kvalitete se u prostorije dobavlja sa stropa preko difuzora tipa *DEV-K*. Distributeri su opremljeni priključnom kutijom s horizontalnim priključnima dimenzija Ø125 do Ø315 mm. Uređaji se na kanalni razvod povezuju pomoću fleksibilnih, predizoliranih cijevi duljine do 0,5 m. Odsis zraka iz prostorija restorana vrši se korištenjem istih anemostata *DEV-K* tipa, dok se u uredima za isto postavljaju odsisne rešetke tipa *OAB*.

Regulacija protoka zraka u sustavu omogućena je korištenjem regulatora varijabilnog protoka *RVP-C* koji mehanički otvara i zatvara zaklopku te omogućuje regulaciju protoka u rasponu minimalnog i maksimalnog (projektog) protoka. Regulatorima se upravlja preko zidnih upravljača *Codis C35* koji unutar kućišta sadrže ugrađene temperaturne osjetnike i CO<sub>2</sub> senzore te na taj način prilagođavaju količinu dobavnog zraka prema potrebama u prostoru. U svaku prostoriju opremljenu tlačnim distributerom potrebno je postavljanje zidnog upravljača.

Niskotlačni ventilacijski sustav dimenzioniran je prema količini zraka kojeg je potrebno dobiti u prostore zgrade. Za prostor kuhinje količina zraka je određena da se nadoknadi sav odsisani zrak putem kuhinjskih napa u skladu s normom *EN 16282-1:2017*. Za prostore restorana i ureda količine dobavnog zraka određene su prema maksimalnom broju ljudi tj. broju sjedećih mjesta i kvadraturi prostora sukladno *ASHRAE* smjernicama. Za ostale prostorije količine zraka određene su prema iskustvenim vrijednostima izmjene zraka u prostoru.

Odisina ventilacija sanitarnih prostora i spremišta ostvaruje se pomoću Ruck EM kanalnih odsisnih ventilatora. Protoci zraka kroz pojedine ventilatore su 450 m<sup>3</sup>/h za sanitarije restorana u prizemlju, 350 m<sup>3</sup>/h za sanitarije restorana na katu te 250 m<sup>3</sup>/h za sanitarne prostore ureda. Na stropove sanitarno spremišnih prostora postavljaju se zračno odsisni ventili (ZOV) koji imaju ulogu odsisnih anemostata za navedene prostore. Za spomenute prostorije sanitarija i spremišta predviđene su prestrujne rešetke ugrađene u vrata kako bi se tlačnom ventilacijom mogla nadoknaditi odsisana količina zraka.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu projektiran je niskotlačni sustav ventilacije i klimatizacije zgrade restorana Mc Donald's na području grada Zagreba. Zgrada sadrži prostore različitih namjena: kuhinje, restorana i ureda. Iz tog razloga odabrano je korištenje dvije klima komore za sustav pripreme zraka koje se pozicioniraju na krov zgrade. Komore su dimenzionirane na temelju ventilacijskih zahtjeva definiranih praćenjem odgovarajućih normi i standarda za projektiranje. Ključni cilj je bio osigurati dovoljne količine vanjskog zraka za potrebe ljudi i ravnomjernu distribuciju zraka po prostoru.

Prostor kuhinje projektiran je u podtlaku, a količina odsisanog zraka određena je prema normi *EN 16282-1:2017* te iznosi 9000 m<sup>3</sup>/h. Odvođenje zraka iz kuhinje vrši se putem kuhinjskih napa. Za prostor restorana, koji se proteže na dvije etaže, potrebna količina dobavnog zraka proračunata je prema *ASHRAE Standardu 62.1-2013* i iznosi ukupno 12500 m<sup>3</sup>/h. U uredske prostore dovodi se ukupno 2000 m<sup>3</sup>/h, koliko je proračunato prema istom standardu kao i za restoran.

Na temelju određenih protoka zraka dimenzionirani su ventilacijski kanali i raspoređeni sustavi distribucije zraka s regulatorima varijabilnog protoka zraka sukladno metodi konstantne brzine u kanalima. Nakon definiranog rasporeda kanala i distributera izvršen je proračun pada tlaka kritičnih dionica prema kojem se naknadno odabiru tlačni i usisni ventilatori u klima komorama. Eksterni padovi tlaka za tlačni ventilator klima komore restorana i kuhinje iznosi 350 Pa, a za usisni ventilator 200 Pa. Kod klima komore za uredske prostore vrijednosti eksternih padova tlaka su 200 Pa za tlačni ventilator, odnosno 160 Pa za usisni.

U zadatku je definirana konstantna temperatura ubacivanja zraka od 18 °C tijekom cijele godine za sve prostore, a projektne temperature vanjskog zraka odabrane su prema meteorološkim podacima za lokaciju Grad Zagreb. Vanjski zrak prije ubacivanja u prostore izmjenjuje osjetnu toplinu s odsisnim zrakom putem pločastog rekuperatora, a potom se na izmjenjivaču topline koji je spojen na dizalicu topline zrak-voda dogrijava ili hladi, ovisno o potrebi. Cijeli procesi pripreme zraka određeni su točkama stanja u h-x dijagramima.

Na temelju svih dobivenih vrijednosti definirane su komponente i potrebni kapaciteti ventilatora, rekuperatora i izmjenjivača topline koji rade sa visokim stupnjevima iskoristivosti. Izvedbe klima komora i raspored komponenti definirane su u suradnji s tvrtkom Proklima. Regulaciju rada komponenti klima komora omogućuje sustav automatike koji uključuje



temperaturne osjetnike, motorne pogone, diferencijalne mjerače tlaka i frekvencijske regulatore broja okretaja, sve povezane na elektroupravljački ormar. Sva korištena oprema dostupna je na tržištu i često se izvodi za zgrade sličnih namjena.

Predviđen je sustav automatske regulacije koji preko temperaturnih osjetnika i osjetnika koncentracije ugljičnog dioksida kontrolira volumni protok dobavnog zraka u određenom rasponu. Na taj način minimizira se potrošnja energije, uz zadovoljenje higijenskih uvjeta u svakom trenutku.

Regulacijski učinak VAV ventila značajnije utječe na energetske učinkovitost zračnog sustava uredskih prostora nego prostora restorana jer kuhinjske nape imaju nizak stupanj regulacije te se na taj način dobava zraka ne može kretati u širem rasponu volumnih protoka. Funkcionalnost sustava restorana i kuhinje bi se tako mogla poboljšati korištenjem regulatora konstantnog protoka zraka ili odvajanjem kuhinje i restorana na zasebne klima komore, no pitanje je koliko se tako nešto isplati.

## 7. LITERATURA

- [1] Priručnik za energetska certificiranje zgrada, Program ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP, Zagreb
- [2] Igor Balen; Podloge za predavanja iz kolegija “Klimatizacija”, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [3] <https://airfixture.com/glossary/vav-hvac>
- [4] Recknagel; Grijanje i hlađenje uključujući toplu vodu i tehniku hlađenja, Šesto, izmjenjeno i dopunjeno izdanje, Interklima, Vrnjička Banja, 2004.
- [5] HRN EN 16282-1:2017 – Oprema za profesionalne kuhinje – komponente za ventilaciju u profesionalnim kuhinjama – 1. dio: Opći zahtjevi uključuju metodu proračuna
- [6] ASHRAE Standard 62.1-2013
- [7] B.Todorović, M.Milinković-Đapa; Razvod vazduha u klimatizacionim sistemima, SMEITS, Beograd, 2010.,
- [8] <https://www.klimaoprema.hr/>
- [9] <https://fooddesignsolutions.com/kitchen-solutions/>
- [10] P. Donjerković; Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije I dio; Alfa, Zagreb, 1996.,
- [11] <https://www.ruck.eu/>
- [12] D.Voronjec, Đ.Kozić; Vlažan vazduh – Termodinamičke osobine i primena; SMEITS, Beograd, 2002.
- [13] <https://www.koer.com/>

## PRILOG I – proračun količine potrebnog zraka

a) kuhinja

POPIS SEGMENTATA I UREĐAJA														
SEGMENT KUHINJE 1														
Uređaj	količina	snaga [kW]	L [m]	W [m]	LxW [m <sup>2</sup> ]	osjetna topl [W/kW]	[W]	d_hydr [m]	Q_s,k [W]	q_v-th/r	r	q_v-th [m <sup>3</sup> /h]	q_v-th,ne [m <sup>3</sup> /h]	q_v-cap [m <sup>3</sup> /h]
Ledomat	1	0,85	0,8	0,68	700	700	0,82	350	661,9503	0,63	417,03			
Frižider	1	0,5	1	0,9	500	250	0,95	125	530,9316	0,63	334,49			
Aparat za sladolede	2	3,2	0,9	1	200	1280	0,95	640	915,086	0,63	576,5			
Aparat za sokove ABS 2.0	1	5	0,9	0,9	100	500	0,9	250	638,7872	0,63	402,44			
ukupno					2730			1365	2746,755		1730,46		2076,552	
SEGMENT KUHINJE 2														
Uređaj	količina	snaga [kW]	L [m]	W [m]	LxW [m <sup>2</sup> ]	osjetna topl [W/kW]	[W]	d_hydr [m]	Q_s,k [W]	q_v-th/r	r	q_v-th [m <sup>3</sup> /h]	q_v-th,ne [m <sup>3</sup> /h]	q_v-cap [m <sup>3</sup> /h]
Friteza za prženje	2	15	1,7	1	90	2700	1,26	1350	1522,824	0,63	959,38		1151,256	
Hladnjak	1	0,5	0,7	0,75	500	250	0,72	125	424,5743	0,63	267,48		320,976	
Perilica za suđe	1	5,4	0,8	0,7	200	1080	0,75	540	713,1947	0,63	449,31		539,172	
ukupno					4030			2015	2660,593		1676,17		860,148	
SEGMENT KUHINJE 3														
Uređaj	količina	snaga [kW]	L [m]	W [m]	LxW [m <sup>2</sup> ]	osjetna topl [W/kW]	[W]	d_hydr [m]	Q_s,k [W]	q_v-th/r	r	q_v-th [m <sup>3</sup> /h]	q_v-th,ne [m <sup>3</sup> /h]	q_v-cap [m <sup>3</sup> /h]
Grijač na paru	2	10	0,7	0,55	35	700	0,62	350	537,4805	1	537,48			
Toster	3	4	0,9	0,45	50	600	0,6	300	499,2827	1	499,28			
UHC automat brzo spremlar	3	3,5	0,7	1	150	1575	0,82	787,5	867,4003	1	867,4			
ukupno					2875			1437,5	1904,163		1904,16		2284,992	
SEGMENT KUHINJE 4														
Uređaj	količina	snaga [kW]	L [m]	W [m]	LxW [m <sup>2</sup> ]	osjetna topl [W/kW]	[W]	d_hydr [m]	Q_s,k [W]	q_v-th/r	r	q_v-th [m <sup>3</sup> /h]	q_v-th,ne [m <sup>3</sup> /h]	q_v-cap [m <sup>3</sup> /h]
Zamrzivač	2	0,8	0,5	0,8	700	1120	0,62	560	628,641	0,63	396,04		475,248	
Friteza za prženje (dupla)	1	30	2,1	0,65	90	2700	0,99	1350	1216,59	0,63	766,45		919,74	
Friteza za prženje UH - 65	1	15	1,5	0,65	90	1350	0,91	675	897,8295	0,63	565,63		678,756	
Hladnjak	1	0,5	0,7	0,75	500	250	0,72	125	424,5743	0,63	267,48		320,976	
ukupno					5420			2710	3167,635		1995,6		796,224	
<b>UKUPNO!</b>					<b>15055</b>			<b>7527,5</b>	<b>10479,15</b>		<b>7306,39</b>		<b>6017,916</b>	<b>2749,752</b>

b) pomoćne prostorije

ventilacijski zahtjev po broju izmjena zraka								
Prizemlje							odabrani	
prostorija	površina [m <sup>2</sup> ]	visina [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	ACH [1/h]	protok [m <sup>3</sup> /h]	protok [m <sup>3</sup> /h]		
Tuš i garderoba M	7,47	2,8	20,92	4	83,68	100	ZOV	
Tuš i garderoba Ž	9,27	2,8	25,96	4	103,84	100		
WC osoblje	7,21	2,8	20,19	4	80,76	100		
WC invalidi	4,73	2,8	13,24	4	52,96	50	450	
Spremište O	4,53	3	13,59	4	54,36	50		
sortirnica	4,72	2,8	13,22	4	52,88	50		
suho spremište	26,28	2,8	73,58	4	294,32	300	DEV-K	
ured	4,86	2,8	13,61	4	54,44	100		
kuriri	7,47	2,8	20,92	4	83,68	100		
osoblje	12	2,8	33,6	4	134,4	100	800	
smeće	14,9	2,8	41,72	4	166,88	200		
ukupno					1162,2	1250		
Kat								
prostorija	površina [m <sup>2</sup> ]	visina [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	ACH [1/h]	protok [m <sup>3</sup> /h]			
sanitarije M	13,45	2,8	37,66	4	150,64	150		
sanitarije Ž	11,39	2,8	31,89	4	127,56	150		
sortirnica	4,33	2,8	12,12	4	48,48	50		
ukupno					1440,4	350		
						1600		

c) uredski prostori

zahtjev za minimalni protok zraka po broju osoba							
protok dobavnog zraka po osobi [m <sup>3</sup> /h osoba]							
				30	35	40	45
prostorija	br. ljudi	površina [m <sup>2</sup> ]	visina [m]	volumen [m <sup>3</sup> ]	dobava zraka [m <sup>3</sup> /h]	odabrano [m <sup>3</sup> /h]	ACH [1/h]
uredi SZ	9	49,32	3	147,96	270	300	2
sastanci 3	4	13,8	3	41,4	120	100	2,4
uredi SI	12	68,63	3	205,89	360	400	1,9
uredi I	3	15,04	3	45,12	90	100	2,2
sastanci 1	12	30,98	3	92,94	360	300	3,2
sastanci 2	4	11,76	3	35,28	120	100	2,8
IT lab	1	11,66	3	34,98	30	50	1,4
lobby	5	30,98	3	92,94	150	250	2,7
ured JZ	9	70,65	3	211,95	270	300	1,4
uredi J	4	9,33	3	27,99	120	100	3,6
WC M		6,7	3	20,1		100	5
WC Ž		7,07	3	21,21		100	4,7
spremište		3,63	3	10,89		50	4,6
ukupno	63	329,55		988,65	1890	2000	

**PRILOG II – proračun padova tlaka kritičnih dionica**

a) kuhinja odsisni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\sum R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	4.500	p	650	400	3	0,2600	4,8	0,42	0	1
2	5.750	p	800	400	4	0,3200	5,0	0,40	0,94	15
3	9.000	p	700	550	9	0,3850	6,5	0,57	1,86	50
4	11.300	p	900	450	3	0,4050	7,8	0,79	1,62	58
UKUPNO										125

b) restoran prizemlje - tlačni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\sum R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	200	o	160	0	4	0,0201	2,8	0,75	2,24	13
2	1.600	p	400	300	5	0,1200	3,7	0,43	1,1	11
3	2.400	p	450	300	2	0,1350	4,9	0,68	1	16
4	3.200	p	600	300	3	0,1800	4,9	0,58	1,1	18
5	5.200	p	800	400	4	0,3200	4,5	0,34	1	13
6	6.300	p	900	400	4	0,3600	4,9	0,37	1	15
7	8.500	p	900	450	5	0,4050	5,8	0,47	1,08	24
8	9.800	p	1100	450	1	0,4950	5,5	0,38	0	0
9	9.800	p	850	450	4	0,3825	7,1	0,71	0,94	31
10	11.300	p	850	450	11	0,3825	8,2	0,93	2,46	109
11	12.500	p	950	450	5	0,4275	8,1	0,85	0,62	29
ukupno razvod										280
dodatno: VAV ventil										30
distributer										23
UKUPNO										333

## c) restoran prizemlje - odsisni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\sum R*L+Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	200	o	160	0	7	0,0201	2,8	0,75	0,26	6
2	500	o	250	0	6	0,0491	2,8	0,45	1,3	9
3	600	o	250	0	10	0,0491	3,4	0,62	1,08	14
4	800	o	300	0	5	0,0707	3,1	0,43	1,34	10
5	800	p	300	200	1	0,0600	3,7	0,67	1,26	11
6	1.300	p	400	200	4	0,0800	4,5	0,81	1,34	19
7	2.300	p	400	300	7	0,1200	5,3	0,84	0,26	10
8	11.300	p	900	450	5	0,4050	7,8	0,81	2,46	92
9	200	o	160	0	7	0,0201	2,8	0,75	0,26	6
ukupno razvod [Pa]										171
distributer [Pa]										23
UKUPNO [Pa]										194

## d) sanitarije i spremište u prizemlju – odsisni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\sum R*L+Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	450	o	200	0	7,5	0,0314	4,0	1,10	1,82	25
2	400	o	200	0	1	0,0314	3,5	0,89	1,08	9
3	350	o	200	0	2	0,0314	3,1	0,70	1,08	8
4	300	o	200	0	1	0,0314	2,7	0,53	1,3	6
5	250	o	200	0	3	0,0314	2,2	0,38	1,08	4
6	200	o	160	0	4,5	0,0201	2,8	0,75	1,76	11
7	100	o	100	0	6	0,0079	3,5	2,11	0,94	20
ukupno razvod [Pa]										83
Dodatno: fleksni cijev [Pa]										2
distributer [Pa]										30
UKUPNO [Pa]										115

## e) restoran prvi kat – tlačni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\sum R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	550	o	250	0	5	0,0491	3,1	0,53	1,3	10
2	750	o	250	0	4	0,0491	4,2	0,94	1,76	23
3	950	o	315	0	3	0,0779	3,4	0,46	0,68	6
4	1.500	o	355	0	3	0,0989	4,2	0,60	1,08	13
5	1.500	p	400	250	10	0,1000	4,2	0,60	1,78	24
6	11.300	p	850	450	15	0,3825	8,2	0,93	1,88	89
7	12.500	p	950	450	5	0,4275	8,1	0,85	0,62	29
ukupno razvod [Pa]										194
dodatno: VAV ventil [Pa]										50
distributer [Pa]										48
UKUPNO [Pa]										292

## f) restoran prvi kat – odsisni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\sum R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	500	o	250	0	8	0,0491	2,8	0,45	1,2	9
2	1.000	o	300	0	4	0,0707	3,9	0,65	1,08	13
3	1.000	p	350	200	9	0,0700	4,0	0,69	0,88	14
4	2.300	p	400	300	10	0,1200	5,3	0,84	1,52	34
5	11.300	p	900	450	3	0,4050	7,8	0,81	1,62	60
ukupno razvod [Pa]										70
distributer [Pa]										29
UKUPNO [Pa]										99

## g) sanitarije i spremišta prvi kat – odsisni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\Sigma R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	350	o	200	0	3,5	0,0314	3,1	0,70	1,56	11
2	300	o	200	0	2,5	0,0314	2,7	0,53	1,08	6
3	250	o	160	0	1,5	0,0201	3,5	1,12	2,02	16
4	200	o	160	0	1,5	0,0201	2,8	0,75	1,3	7
5	150	o	125	0	1,5	0,0123	3,4	1,48	0,68	7
6	100	o	100	0	1	0,0079	3,5	2,11	0,26	4
7	350	o	200	0	6	0,0314	3,1	0,70	0,94	10
ukupno razvod [Pa]										61
dodatno: fleksi cijev [Pa]										1
distributer [Pa]										75
UKUPNO [Pa]										137

## h) sanitarije u sklopu uredskih prostora – odsisni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\Sigma R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	250	o	160	0	3,5	3,5	3,5	1,12	1,34	9
2	150	o	125	0	6	3,4	3,4	1,48	0,94	13
3	100	o	100	0	3	3,5	3,5	2,11	0,94	14
4	50	o	100	0	2	1,8	1,8	0,60	1,08	34
ukupno razvod [Pa]										70
distributer [Pa]										35
UKUPNO [Pa]										105



## i) uredski prostori – tlačni vod

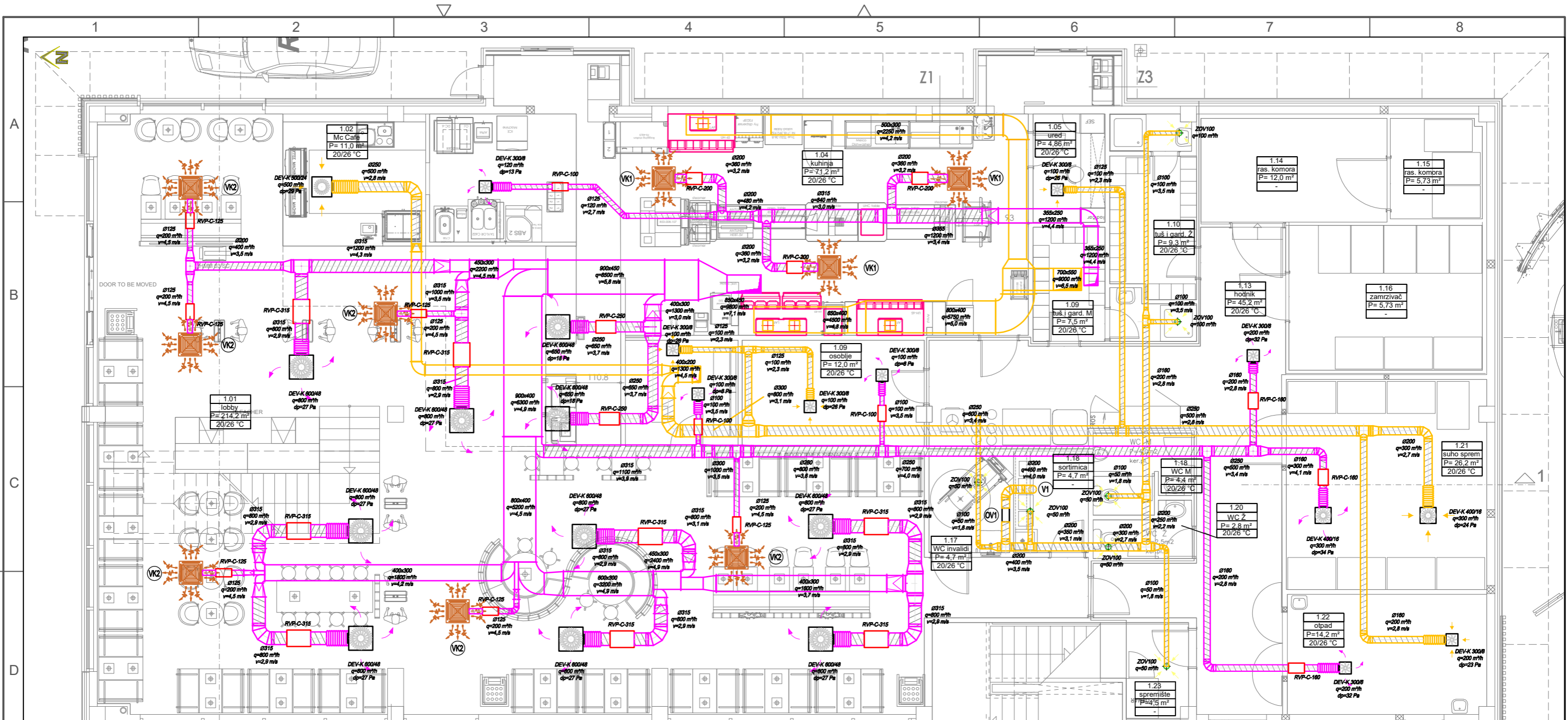
Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\Sigma R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	2.000	p	500	250	7	0,1250	4,4	0,60	1,46	21
2	1.700	p	400	250	2	0,1000	4,7	0,76	1,1	16
3	1.700	o	400	0	2	0,1256	3,8	0,42	0	1
4	1.000	o	300	0	4	0,0707	3,9	0,65	1,76	19
5	900	o	300	0	8	0,0707	3,5	0,54	1,08	12
6	500	o	250	0	8	0,0491	2,8	0,45	2,02	13
7	400	o	200	0	2	0,0314	3,5	0,89	1,76	15
8	300	o	160	0	4	0,0201	4,1	1,57	1,76	24
ukupno razvod [Pa]										122
Dodatno: VAV ventil [Pa]										33
distributer [Pa]										34
UKUPNO [Pa]										189

## j) uredski prostori – odsisni vod

Dionica	$q_v$	tip kan.	a ili D	b	L	A	w	R	$\zeta$	$\Sigma R \cdot L + Z$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	o/p	[mm]	[mm]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	1.700	p	450	250	6	0,1125	4,2	0,57	1,46	19
2	1.400	p	450	200	3	0,0900	4,3	0,70	1	13
3	1.000	p	400	200	5	0,0800	3,5	0,50	2,4	20
4	900	p	350	200	16	0,0700	3,6	0,57	0,26	11
5	500	p	300	150	5	0,0450	3,1	0,58	1,94	14
6	400	p	300	100	4	0,0300	3,7	1,06	1,68	18
7	300	o	200	0	5	0,0314	2,7	0,53	0,68	5
ukupno razvod [Pa]										100
distributer [Pa]										55
UKUPNO [Pa]										155

## **PRILOG III – nacrti**

- 1) Tlocrt prizemlja – ventilacija
- 2) Tlocrt kata – ventilacija
- 3) Tlocrt krova
- 4) Shema klimatizacijskog sustava i detalj spajanja automatike
- 5) Sekcije klima komora



**LEGENDA:**

- OV1** KANALNI ODSISNI VENTILATOR  
 Proizvod kao: RUCK - Klimaoprema  
 Tip: EM 160L EC 01  
 Vmax= 450 m3/h  
 Nel= 33 W (230 V, 0.3 A, 50 Hz)  
 Lwa= 49 dB(A)
- Vn** odsisna vertikalna n

- VK1** STROPNI VENTILOKONVEKTOR  
 tip: FWG-AT/AF08, Daikin  
 Qg=7,52 kW, Qh=7,2 kW  
 Vnom= 1223 m3/h  
 Nel= 100 W (230 V, 50 Hz)  
 nivo zvučne snage= 57 dB(A)  
 nivo zvučnog tlaka= 47 dB(A)

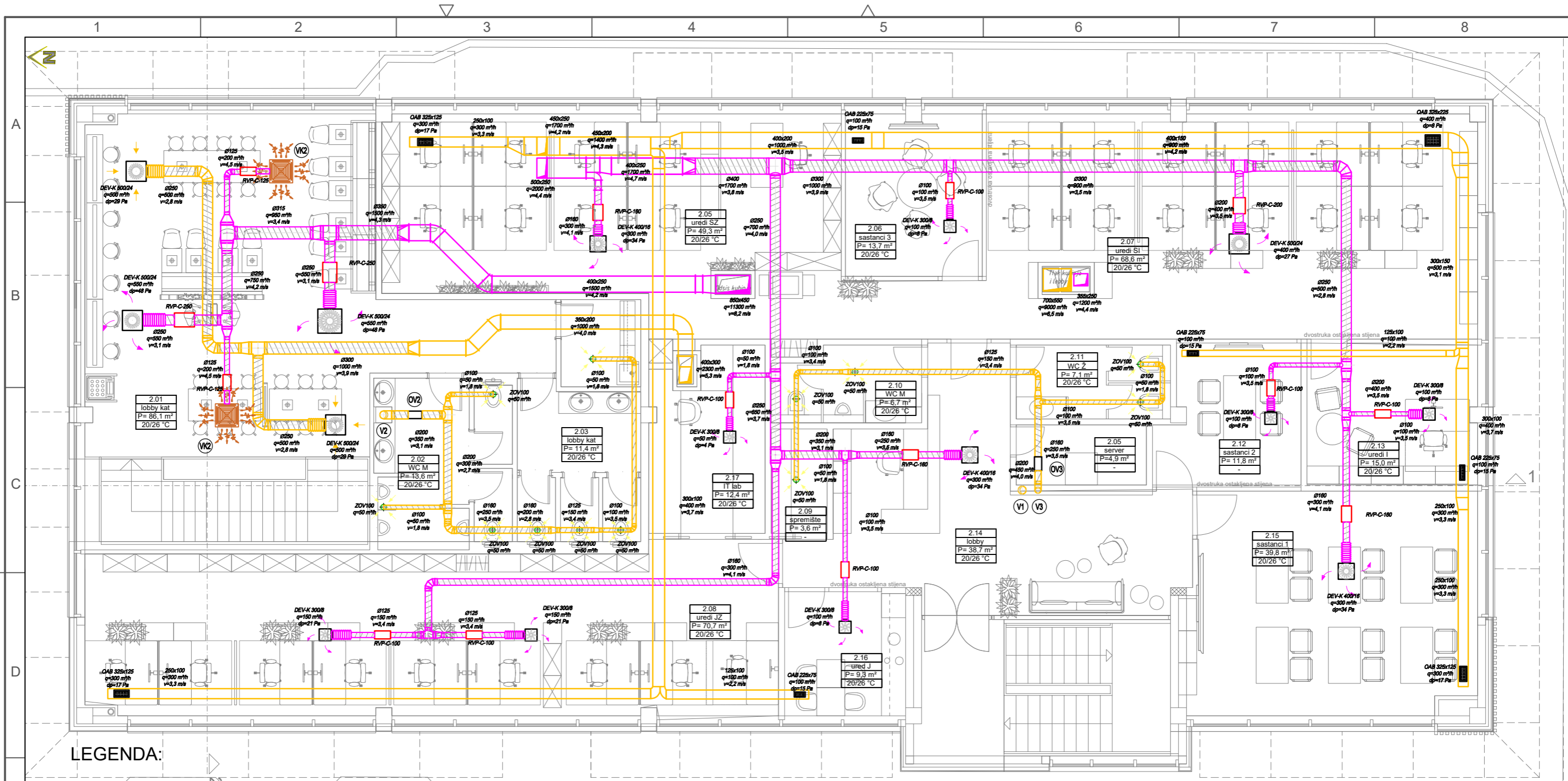
- VK2** STROPNI VENTILOKONVEKTOR  
 tip: FWF-BT/BF05, Daikin  
 Qg=4,4 kW, Qh=4,0 kW  
 Vnom= 648 m3/h  
 Nel= 89 W (220 V, 50 Hz)  
 nivo zvučne snage= 49 dB(A)  
 nivo zvučnog tlaka= 40 dB(A)

- kanal dobavnog zraka
- kanal odsisnog zraka

**NAPOMENA:**  
 Sav kanalni razvod koji se vodi po krovu potrebno je izolirati slojem mineralne vune debljine 100 mm u oblozi Al lima. Kanale dobavnog zraka s komore KK-1 i KK-2, u sloju spuštjenog stropa, izolirati Armaflex izolacijom debljine 20 mm. Odsisne kanale s kuhinjskih napa, u sloju spuštjenog stropa, izolirati Armaflex AF izolacijom debljine 20 mm. Na odsisne kanale s kuhinjskih napa ugraditi revizijska okna radi mogućnosti pristupa i čišćenja kanala.  
 Ugraditi prestrujne rešetke u vrata svih prostorija sanitarija i spremišta u kojima se vrši odsis zraka, kako bi se osiguralo prestrujavanje svježeg zraka iz okolnih prostorija.

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b> Studij strojarstva
Razradio	29.11.'21	Matija Mikloška		
Crtao	29.11.'21	Matija Mikloška		
Pregledao	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Mentor	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt:	<b>Mc Donald's Vrbanj</b>		Objekt broj:	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal:	Masa:	<b>DIPLOMSKI RAD</b>		Kopija
Mjerilo originala	Naziv:	TLOCRT PRIZEMLJA - VENTILACIJA		Format: A3
<b>M1:100</b>	Crtež broj:	1		Listova: 1
				List: 1/5





**LEGENDA:**

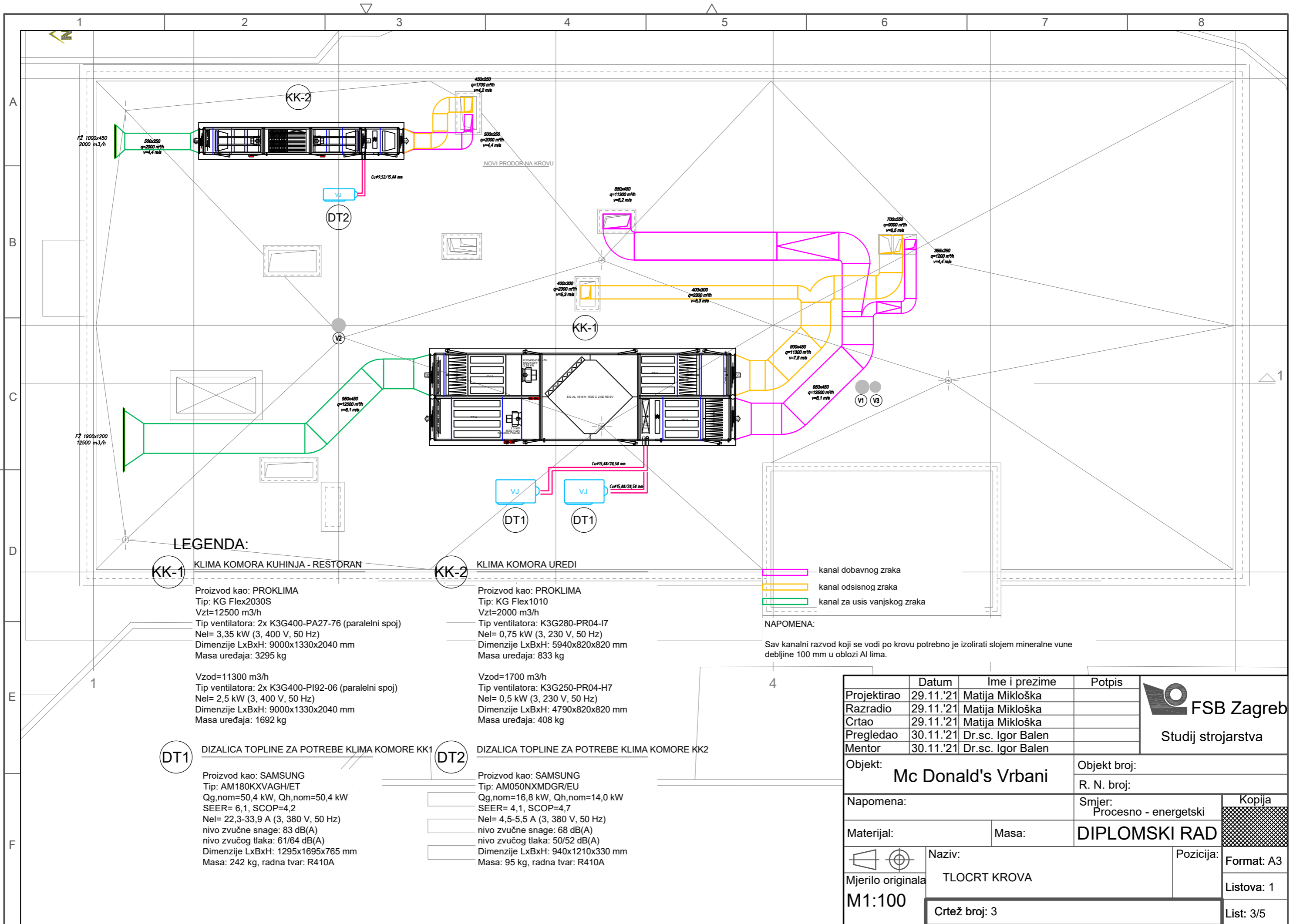
- OV2** KANALNI ODSISNI VENTILATOR  
 Proizvod kao: RUCK - Klimaoprema  
 Tip: EM 150L EC 01  
 Vmax= 350 m3/h  
 Nel= 31 W (230 V, 0.3 A, 50 Hz)  
 Lwa= 50 dB(A)
- OV3** KANALNI ODSISNI VENTILATOR  
 Proizvod kao: RUCK - Klimaoprema  
 Tip: EM 125L EC 01  
 Vmax= 250 m3/h  
 Nel= 37 W (230 V, 0.3 A, 50 Hz)  
 Lwa= 56 dB(A)
- Vn** odisna vertikala n

- kanal dobavnog zraka
- kanal odsisnog zraka

**NAPOMENA:**  
 Sav kanalni razvod koji se vodi po krovu potrebno je izolirati slojem mineralne vune debljine 100 mm u oblozi Al lima. Kanale dobavnog zraka s komore KK-1 i KK-2, u sloju spušenog stropa, izolirati Armaflex izolacijom debljine 20 mm. Ugraditi prestrujne rešetke u vrata svih prostorija sanitarija i spremišta u kojima se vrši odsis zraka, kako bi se osiguralo prestrujavanje svježeg zraka iz okolnih prostorija.

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b> Studij strojarstva
Razradio	29.11.'21	Matija Mikloška		
Crtao	29.11.'21	Matija Mikloška		
Pregledao	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Mentor	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt:		<b>Mc Donald's Vrbanj</b>		Objekt broj:
Napomena:		Smjer: Procesno - energetski		R. N. broj:
Materijal:	Masa:	<b>DIPLOMSKI RAD</b>		Kopija
Mjerilo originala	Naziv:	TLOCRT KATA - VENTILACIJA		Format: A3
<b>M1:100</b>	Crtež broj:	2		Listova: 1
				List: 2/5





**LEGENDA:**

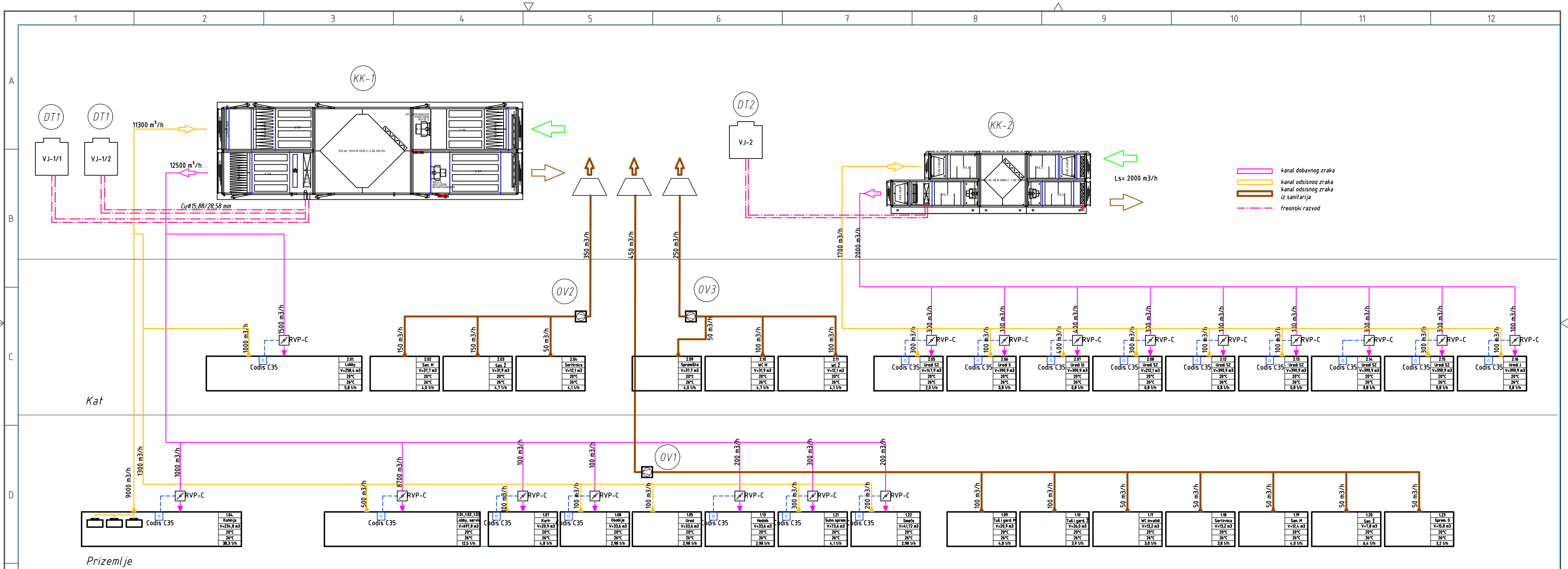
- KK-1 KLIMA KOMORA KUHINJA - RESTORAN**  
 Proizvod kao: PROKLIMA  
 Tip: KG Flex2030S  
 Vz=12500 m3/h  
 Tip ventilatora: 2x K3G400-PA27-76 (paralelni spoj)  
 Nel= 3,35 kW (3, 400 V, 50 Hz)  
 Dimenzije LxBxH: 9000x1330x2040 mm  
 Masa uređaja: 3295 kg
- KK-2 KLIMA KOMORA UREDI**  
 Proizvod kao: PROKLIMA  
 Tip: KG Flex1010  
 Vz=2000 m3/h  
 Tip ventilatora: K3G280-PR04-I7  
 Nel= 0,75 kW (3, 230 V, 50 Hz)  
 Dimenzije LxBxH: 5940x820x820 mm  
 Masa uređaja: 833 kg
- DT1 DIZALICA TOPLINE ZA POTREBE KLIMA KOMORE KK1**  
 Proizvod kao: SAMSUNG  
 Tip: AM180KXVAGH/ET  
 Qg,nom=50,4 kW, Qh,nom=50,4 kW  
 SEER= 6,1, SCOP=4,2  
 Nel= 22,3-33,9 A (3, 380 V, 50 Hz)  
 nivo zvučne snage: 83 dB(A)  
 nivo zvučog tlaka: 61/64 dB(A)  
 Dimenzije LxBxH: 1295x1695x765 mm  
 Masa: 242 kg, radna tvar: R410A
- DT2 DIZALICA TOPLINE ZA POTREBE KLIMA KOMORE KK2**  
 Proizvod kao: SAMSUNG  
 Tip: AM050NXMDGR/EU  
 Qg,nom=16,8 kW, Qh,nom=14,0 kW  
 SEER= 4,1, SCOP=4,7  
 Nel= 4,5-5,5 A (3, 380 V, 50 Hz)  
 nivo zvučne snage: 68 dB(A)  
 nivo zvučog tlaka: 50/52 dB(A)  
 Dimenzije LxBxH: 940x1210x330 mm  
 Masa: 95 kg, radna tvar: R410A

- kanal dobavnog zraka
- kanal odsisnog zraka
- kanal za usis vanjskog zraka

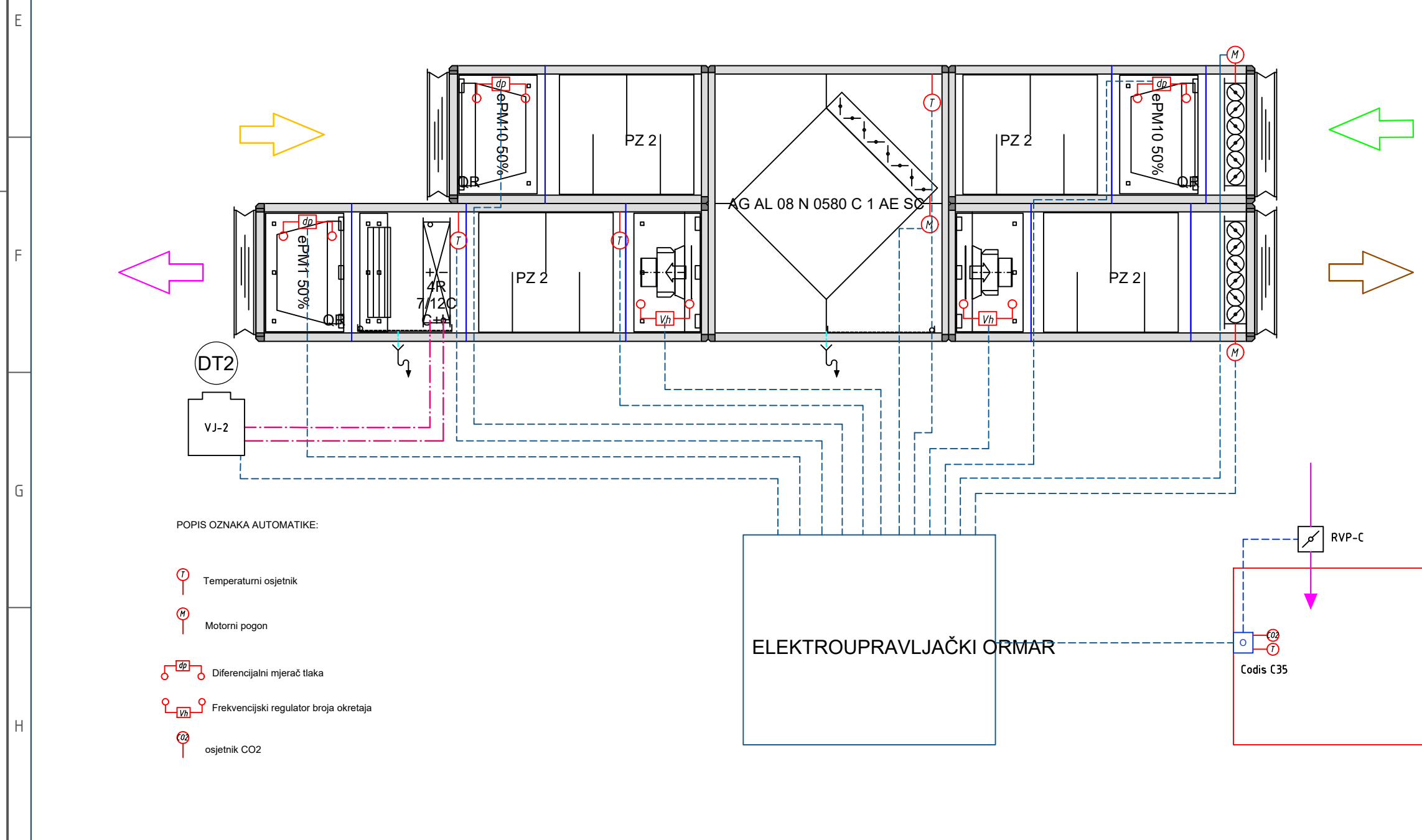
**NAPOMENA:**  
 Sav kanalni razvod koji se vodi po krovu potrebno je izolirati slojem mineralne vune debljine 100 mm u oblozi Al lima.

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b> Studij strojarstva
Projektirao	29.11.'21	Matija Mikloška		
Razradio	29.11.'21	Matija Mikloška		
Crtao	29.11.'21	Matija Mikloška		
Pregledao	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Mentor	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt:		<b>Mc Donald's Vr bani</b>		Objekt broj:
Napomena:				R. N. broj:
Materijal:		Masa:	<b>DIPLOMSKI RAD</b>	Kopija
Naziv:		TLOCRT KROVA		Format: A3
Mjerilo originala	M1:100			Listova: 1
Crtež broj: 3			List: 3/5	





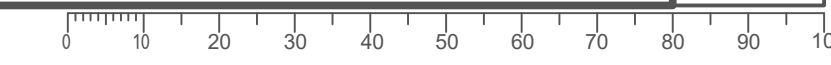
### DETALJ SPAJANJA AUTOMATIKE

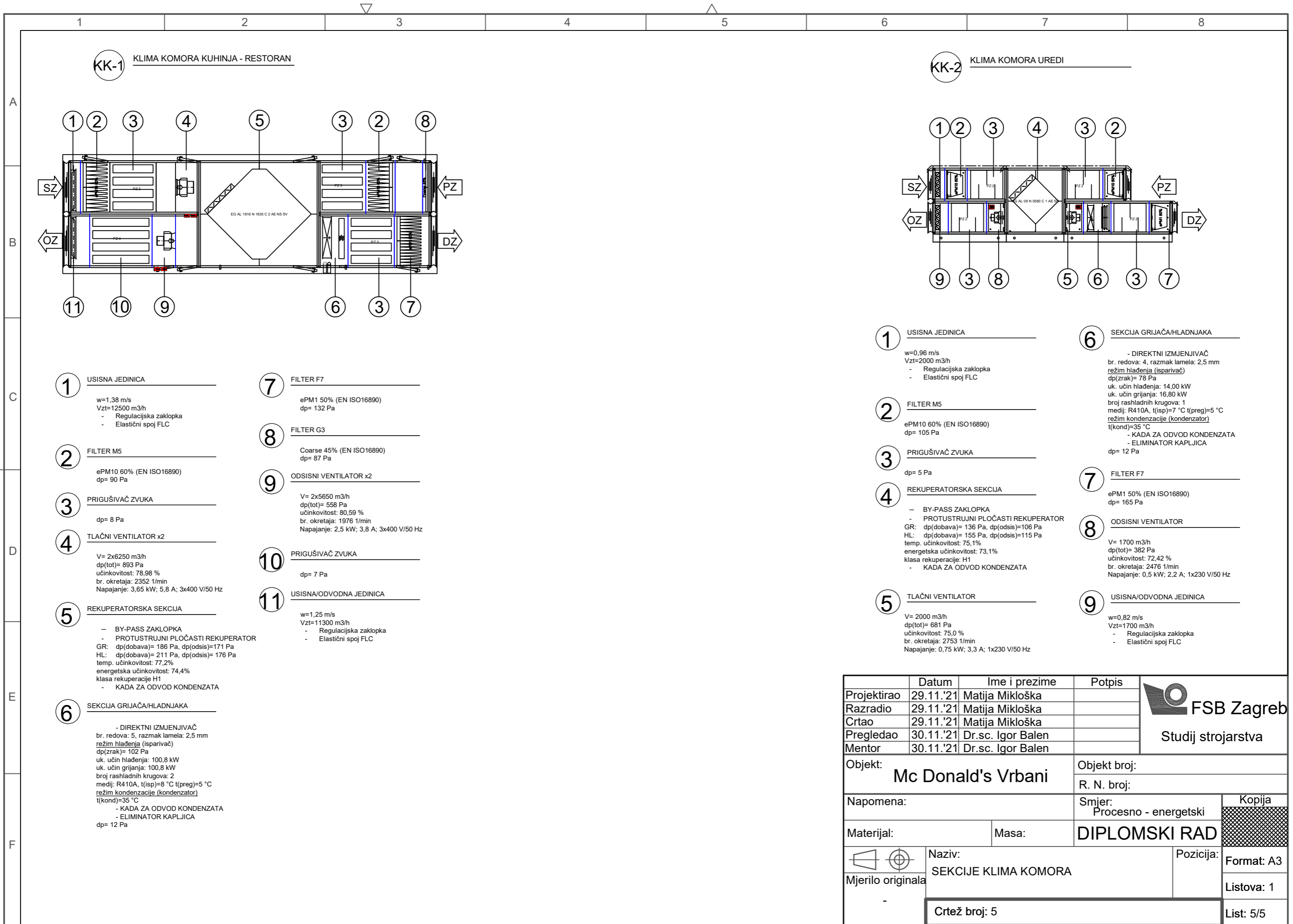


### LEGENDA:

- KK-1** KLIMA KOMORA KUHNINJA - RESTORAN  
 Proizvod kao: PROKLIMA  
 Tip: KG Flex2030S  
 Vz=12500 m3/h  
 Tip ventilatora: 2x K3G400-PA27-76 (paralelni spoj)  
 Nel= 3,35 kW (3, 400 V, 50 Hz)  
 Dimenzije LxBxH: 9000x1330x2040 mm  
 Masa uređaja: 3295 kg  
 Vzod=11300 m3/h  
 Tip ventilatora: 2x K3G400-PI92-06 (paralelni spoj)  
 Nel= 2,5 kW (3, 400 V, 50 Hz)  
 Dimenzije LxBxH: 9000x1330x2040 mm  
 Masa uređaja: 1692 kg
- DT1** DIZALICA TOPLINE ZA POTREBE KLIMA KOMORE KK1  
 Proizvod kao: SAMSUNG  
 Tip: AM180KXVAGH/ET  
 Qg,nom=50,4 kW, Qh,nom=50,4 kW  
 SEER= 6,1, SCOP=4,2  
 Nel= 22,3-33,9 A (3, 380 V, 50 Hz)  
 nivo zvučne snage: 83 dB(A)  
 nivo zvučog tlaka: 61/64 dB(A)  
 Dimenzije LxBxH: 1295x1695x765 mm  
 Masa: 242 kg, radna tvar: R410A
- DT2** DIZALICA TOPLINE ZA POTREBE KLIMA KOMORE KK2  
 Proizvod kao: SAMSUNG  
 Tip: AM050NXMDGR/EU  
 Qg,nom=16,8 kW, Qh,nom=14,0 kW  
 SEER= 4,1, SCOP=4,7  
 Nel= 4,5-5,5 A (3, 380 V, 50 Hz)  
 nivo zvučne snage: 68 dB(A)  
 nivo zvučog tlaka: 50/52 dB(A)  
 Dimenzije LxBxH: 940x1210x330 mm  
 Masa: 95 kg, radna tvar: R410A
- KK-2** KLIMA KOMORA UREDI  
 Proizvod kao: PROKLIMA  
 Tip: KG Flex1010  
 Vz=2000 m3/h  
 Tip ventilatora: K3G280-PR04-I7  
 Nel= 0,75 kW (3, 230 V, 50 Hz)  
 Dimenzije LxBxH: 5940x820x820 mm  
 Masa uređaja: 833 kg  
 Vzod=1700 m3/h  
 Tip ventilatora: K3G250-PR04-H7  
 Nel= 0,5 kW (3, 230 V, 50 Hz)  
 Dimenzije LxBxH: 4790x820x820 mm  
 Masa uređaja: 408 kg
- OV1** KANALNI ODSISNI VENTILATOR  
 Proizvod kao: RUCK - Klimaoprema  
 Tip: EM 160L EC 01  
 Vmax= 450 m3/h  
 Nel= 33 W (230 V, 0,3 A, 50 Hz)  
 Lwa= 49 dB(A)
- OV2** KANALNI ODSISNI VENTILATOR  
 Proizvod kao: RUCK - Klimaoprema  
 Tip: EM 150L EC 01  
 Vmax= 350 m3/h  
 Nel= 31 W (230 V, 0,3 A, 50 Hz)  
 Lwa= 50 dB(A)
- OV3** KANALNI ODSISNI VENTILATOR  
 Proizvod kao: RUCK - Klimaoprema  
 Tip: EM 125L EC 01  
 Vmax= 250 m3/h  
 Nel= 37 W (230 V, 0,3 A, 50 Hz)  
 Lwa= 56 dB(A)

Projektiarao	29.11.'21	Matija Mikloška	Potpis	 <b>Studij strojarstva</b>
Razradio	29.11.'21	Matija Mikloška		
Crtao	29.11.'21	Matija Mikloška		
Pregledao	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Mentor	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt:		Mc Donald's Urbani		Objekt broj:
Napomena:		Smjer: Procesno - energetski		Kopija
Materijal:		Masa: DIPLOMSKI RAD		Format: A2
Mjerilo originala		Naziv: SHEMA KLIMATIZACIJSKOG SUSTAVA I DETALJ SPAJANJA AUTOMATIKE		Posicija: Listova: 1
		Crtež broj: 4		List: 4/5





**KK-1** KLIMA KOMORA KUHINJA - RESTORAN

**KK-2** KLIMA KOMORA UREDI

**1** USISNA JEDINICA  
 w=1,38 m/s  
 Vz=12500 m3/h  
 - Regulacijska zaklopka  
 - Elastični spoj FLC

**7** FILTER F7  
 ePM1 50% (EN ISO16890)  
 dp= 132 Pa

**2** FILTER M5  
 ePM10 60% (EN ISO16890)  
 dp= 90 Pa

**8** FILTER G3  
 Coarse 45% (EN ISO16890)  
 dp= 87 Pa

**3** PRIGUŠIVAČ ZVUKA  
 dp= 8 Pa

**9** ODSISNI VENTILATOR x2  
 V= 2x5650 m3/h  
 dp(tot)= 558 Pa  
 učinkovitost: 80,59 %  
 br. okretaja: 1976 1/min  
 Napajanje: 2,5 kW; 3,8 A; 3x400 V/50 Hz

**4** TLAČNI VENTILATOR x2  
 V= 2x6250 m3/h  
 dp(tot)= 893 Pa  
 učinkovitost: 78,98 %  
 br. okretaja: 2352 1/min  
 Napajanje: 3,65 kW; 5,8 A; 3x400 V/50 Hz

**10** PRIGUŠIVAČ ZVUKA  
 dp= 7 Pa

**5** REKUPERATORSKA SEKCIJA  
 - BY-PASS ZAKLOPKA  
 - PROTUSTRUJNI PLOČASTI REKUPERATOR  
 GR: dp(dobava)= 186 Pa, dp(odsis)=171 Pa  
 HL: dp(dobava)= 211 Pa, dp(odsis)= 176 Pa  
 temp. učinkovitost: 77,2%  
 energetska učinkovitost: 74,4%  
 klasa rekuperacije H1  
 - KADA ZA ODVOD KONDEZATA

**11** USISNA/ODVODNA JEDINICA  
 w=1,25 m/s  
 Vz=11300 m3/h  
 - Regulacijska zaklopka  
 - Elastični spoj FLC

**6** SEKCIJA GRIJAČA/HLADNJAKA  
 - DIREKTNI IZMJENJIVAČ  
 br. redova: 5, razmak lamela: 2,5 mm  
 režim hlađenja (isparivač)  
 dp(zrak)= 102 Pa  
 uk. učin hlađenja: 100,8 kW  
 uk. učin grijanja: 100,8 kW  
 broj rashladnih krugova: 2  
 medij: R410A, t(isp)=8 °C t(preg)=5 °C  
 režim kondenzacije (kondenzator)  
 t(kond)=35 °C  
 - KADA ZA ODVOD KONDEZATA  
 - ELIMINATOR KAPLJICA  
 dp= 12 Pa

**1** USISNA JEDINICA  
 w=0,96 m/s  
 Vz=2000 m3/h  
 - Regulacijska zaklopka  
 - Elastični spoj FLC

**6** SEKCIJA GRIJAČA/HLADNJAKA  
 - DIREKTNI IZMJENJIVAČ  
 br. redova: 4, razmak lamela: 2,5 mm  
 režim hlađenja (isparivač)  
 dp(zrak)= 78 Pa  
 uk. učin hlađenja: 14,00 kW  
 uk. učin grijanja: 16,80 kW  
 broj rashladnih krugova: 1  
 medij: R410A, t(isp)=7 °C t(preg)=5 °C  
 režim kondenzacije (kondenzator)  
 t(kond)=35 °C  
 - KADA ZA ODVOD KONDEZATA  
 - ELIMINATOR KAPLJICA  
 dp= 12 Pa

**2** FILTER M5  
 ePM10 60% (EN ISO16890)  
 dp= 105 Pa

**3** PRIGUŠIVAČ ZVUKA  
 dp= 5 Pa

**4** REKUPERATORSKA SEKCIJA  
 - BY-PASS ZAKLOPKA  
 - PROTUSTRUJNI PLOČASTI REKUPERATOR  
 GR: dp(dobava)= 136 Pa, dp(odsis)=106 Pa  
 HL: dp(dobava)= 155 Pa, dp(odsis)=115 Pa  
 temp. učinkovitost: 75,1%  
 energetska učinkovitost: 73,1%  
 klasa rekuperacije: H1  
 - KADA ZA ODVOD KONDEZATA

**7** FILTER F7  
 ePM1 50% (EN ISO16890)  
 dp= 165 Pa

**8** ODSISNI VENTILATOR  
 V= 1700 m3/h  
 dp(tot)= 382 Pa  
 učinkovitost: 72,42 %  
 br. okretaja: 2476 1/min  
 Napajanje: 0,5 kW; 2,2 A; 1x230 V/50 Hz

**5** TLAČNI VENTILATOR  
 V= 2000 m3/h  
 dp(tot)= 681 Pa  
 učinkovitost: 75,0 %  
 br. okretaja: 2753 1/min  
 Napajanje: 0,75 kW; 3,3 A; 1x230 V/50 Hz

**9** USISNA/ODVODNA JEDINICA  
 w=0,82 m/s  
 Vz=1700 m3/h  
 - Regulacijska zaklopka  
 - Elastični spoj FLC

Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b> Studij strojarstva
Razradio	29.11.'21	Matija Mikloška		
Crtao	29.11.'21	Matija Mikloška		
Pregledao	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Mentor	30.11.'21	Dr.sc. Igor Balen		
Objekt:		Mc Donald's Vrbani		Objekt broj:
Napomena:		Smjer: Procesno - energetski		Kopija
Materijal:		Masa:		<b>DIPLOMSKI RAD</b>
Naziv:		SEKCIJE KLIMA KOMORA		Format: A3
Mjerilo originala		-		Listova: 1
Crtež broj: 5				List: 5/5

