

Projekt sustava klimatizacije i hlađenja restorana

Jelić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:235:544723>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-13**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Jelić

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Student:

Ivan Jelić

Zagreb, 2016.

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

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Darku Smoljanu na strpljenju i stručnoj pomoći koju mi je pružio tijekom izrade diplomskog rada. Ujedno se zahvaljujem prof. Igoru Balenu na stručnim savjetima, te svojoj obitelji koji su mi bili podrška tijekom moga studiranja.

Ivan Jelić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IVAN JELIĆ**

Mat. br.: 0035190041

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PROJEKT SUSTAVA KLIMATIZACIJE I HLAĐENJA RESTORANA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **DESIGN OF AIR-CONDITIONING AND COOLING SYSTEM FOR RESTAURANT**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati instalaciju sustava klimatizacije te sustava grijanja i hlađenja za restoran s kuhinjom ukupne korisne površine 313 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi.

Predvidjeti zračno-vodeni sustav s ventilacijom. Zračni sustav predvidjeti kao sustav centralne niskotlačne klimatizacije s povratom topline iz istrošenog zraka. Za potrebe grijanja i hlađenja koristiti dizalicu topline voda/voda. Godišnju potrebnu energiju za grijanje i hlađenje restorana potrebno je proračunati korištenjem norme HRN EN ISO 13790. Godišnju potrebnu energiju za pogon klimatizacijskog postrojenja proračunati prema normi HRN EN 15243.

Restoran se nalazi na području grada Splita.

Na raspolaganju su energetske izvori:

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

Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu zgrade za zimsko i ljetno razdoblje,
- toplinsku i količinsku bilancu zračnog sustava,
- godišnju potrebnu energiju za grijanje i hlađenje,
- hidraulički proračun zračnih kanala,
- hidraulički proračun cijevne mreže razvoda tople i hladne vode,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije termotehničkog postrojenja,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme,
- proračun godišnje potrebne energije za pogon postrojenja.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

5. svibnja 2016.

7. srpnja 2016.

13., 14. i 15. srpnja 2016.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS DIJAGRAMA	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VI
POPIS OZNAKA	VII
SAŽETAK.....	XII
SUMMARY	XIII
1. UVOD.....	1
2. PROJEKTNİ PODACI	2
3. OPIS ZGRADE	3
4. PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE	4
4.1. Proračun koeficijenata prolaza topline prema HRN EN ISO 6946	4
4.2. Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema HRN EN 12831	4
4.2.1. Transmisijski gubici.....	5
4.2.2. Ventilacijski gubici	5
4.2.3. Gubici zbog prekida grijanja.....	6
4.2.4. Prikaz ukupnog projektnog toplinskog opterećenja.....	7
4.3. Proračun projektnog rashladnog opterećenja prema VDI 2078	8
4.3.1. Unutarnji izvori topline	8
4.3.2. Vanjski izvori topline.....	10
4.3.3. Prikaz ukupnog rashladnog opterećenja	11
4.4. Proračun potrebne godišnje energije za grijanje prema HRN EN ISO 13 790.....	12
4.5. Proračun potrebne godišnje energije za hlađenje prema HRN EN ISO 13 790	15
5. PRORAČUN SUSTAVA VENTILACIJE.....	18
5.1. Proračun protoka zraka	18
5.2. Odabir otvora za dobavu i odsis zraka	22

5.3.	Odabir regulatora varijabilnog protoka	25
5.4.	Odabir kuhinjske nape	27
5.5.	Proračun kanala za ventilaciju	28
5.6.	Odabir kanalskih ventilatora sanitarnih prostorija	29
5.7.	Dimenzioniranje klimatizacijske jedinice	30
5.7.1.	Određivanje procesa pripreme zraka.....	30
5.7.2.	Zimski period	31
5.7.3.	Ljetni period.....	35
5.7.4.	Konstrukcija klimatizacijske jedinice	39
6.	PRORAČUN VODENOG SUSTAVA	44
6.1.	Odabir ogrjevnih tijela	44
6.2.	Odabir rashladnika vode	46
6.3.	Proračun pada tlaka i odabir cirkulacijskih pumpi.....	48
6.3.1.	Odabir pumpe radijatorskog grijanja restorana.....	48
6.3.2.	Odabir pumpe za grijač klimatizacijske jedinice	50
6.3.3.	Odabir pumpe za hladnjak klimatizacijske jedinice	50
6.4.	Proračun ekspanzijskih posuda	51
6.4.1.	Ekspanzijska posuda instalacije hlađenja	51
6.4.2.	Ekspanzijska posuda instalacije grijanja.....	52
7.	TEHNIČKI OPIS.....	53
7.1.	Općenito	53
7.2.	Instalacija postojećeg kotla na pelet.....	53
7.3.	Instalacija cijevne mreže radijatorskog grijanja.....	54
7.4.	Instalacija kanalskog razvoda	54
7.5.	Instalacija klimatizacijske jedinice	54
7.6.	Instalacija rashladnog uređaja zrak-voda	55
7.7.	Ventilacija sanitarija	55
7.8.	Eko napa.....	56
8.	ZAKLJUČAK.....	57
	LITERATURA.....	58
	PRILOZI.....	59

POPIS SLIKA

Slika 1. Istočno pročelje Motela.....	3
Slika 2. Dvosmjerni distributer zraka "ANA 2 L"	22
Slika 3. Odsisna rešetka "OAH 1 L"	22
Slika 4. Prikaz parametara distributora zraka.....	23
Slika 5. Regulator varijabilnog protoka	25
Slika 6. Sobni kontroler "Codis 35 VAV" za regulator VAV	26
Slika 7. Kuhinjska eko napa "NEZ 200x1600x1600"	27
Slika 8. Ventilator za sanitarne prostorije	29
Slika 9. Radne karakteristike ventilatora SILENT-100 ECOWATT	29
Slika 10. Proces klimatizacijske jedinice u h-x dijagramu za zimski režim	34
Slika 11. Proces klimatizacijske jedinice u h-x dijagramu za ljetni režim.....	38
Slika 12. Vrećasti filter klimatizacijske jedinice.....	39
Slika 13. Regulacijske žaluzine klimatizacijske jedinice	39
Slika 14. Komponente klimatizacijske jedinice Daikin	40
Slika 15. Člankasti radijator "Orion 600/95"	44
Slika 16. Rashladnik vode "EWAQ050BAWP"	46
Slika 17. Spremnik hladne vode "CAS - 501"	47
Slika 18. Karakteristike pumpe UPS 25-40	49
Slika 19. Karakteristike pumpe UPS 25-60	50
Slika 20. Karakteritike pumpe UPS 50-120F	51

POPIS TABLICA

Tablica 1. Koeficijenti prolaza topline	4
Tablica 2. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka.....	7
Tablica 3. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja	11
Tablica 4. Bilanca protoka zraka sustava ventilacije	21
Tablica 5. Podaci za distributere zraka u restoranu.....	23
Tablica 6. Podaci za odisne rešetke u restoranu.....	23
Tablica 7. Podaci za distributere zraka u lijevom separeu	23
Tablica 8. Podaci za odsisne rešetke u lijevom separeu.....	24
Tablica 9. Podaci za distributere zraka u desnom separeu	24
Tablica 10. Podaci za odsisne rešetke u desnom separeu	24
Tablica 11. Podaci za distributere zraka u kuhinji	24
Tablica 12. Podaci za regulator varijabilnog protoka za restoran	25
Tablica 13. Podaci za regulator varijabilnog protoka za lijevi separe	26
Tablica 14. Podaci za regulator varijabilnog protoka za desni separe	26
Tablica 15. Podaci za regulator varijabilnog protoka za kuhinju.....	26
Tablica 16. Podaci kuhinjske nape "NEZ - 2000x1600x1600".....	27
Tablica 17. Pad tlaka za dobavni kanal	28
Tablica 18. Pad tlaka za odsisni kanal.....	28
Tablica 19. Pad tlaka cjevovoda za ventilaciju sanitarne prostorije	29
Tablica 20. Točke procesa u h-x dijagramu za zimski režim.....	33
Tablica 21. Točke procesa u h-x dijagramu za ljetni režim	37
Tablica 22. Tehničke karakteristike radijatora	44
Tablica 23. Popis instaliranih radijatora.....	46
Tablica 24. Pad tlaka cjevovoda za radijatorsko grijanje.....	49
Tablica 25. Pad tlaka cjevovoda za grijač klimatizacijske jedinice	50
Tablica 26. Pad tlaka cjevovoda za hladnjak klimatizacijske jedinice	51

POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 1. Potrebna godišnja energija za grijanja prema HRN EN ISO 13 790	15
Dijagram 2. Potrebna godišnja energija za hlađenje prema HRN EN ISO 13 790.....	17

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1/6	Shema regulacije i spajanja grijanja i hlađenja
2/6	Shema regulacije i spajanja klimatizacijske jedinice
3/6	Shema vertikalnih vodova sustava grijanja i hlađenja
4/6	Dispozicija instalacije grijanja i hlađenja
5/6	Dispozicija instalacije ventilacijskih kanala
6/6	Dispozicija vanjskih ventilacijskih kanala

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$H_{T,ie}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$H_{T,iue}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
$H_{T,ig}$	W/K	stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu
$H_{T,ij}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom prostoru grijanom na nižu različitu temperaturu
$\theta_{int,i}$	°C	unutarnja projektna temperatura
θ_e	°C	vanjska projektna temperatura
$H_{V,i}$	W/K	koeficijent ventilacijskih gubitka
$\dot{V}_i$	m ³ /s	protok zraka u grijani prostor
ρ_z	kg/m ³	gustoća zraka pri unutarnjoj projektnoj temperaturi
V_{inf}	m ³ /h	protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazor
$V_{su,i}$	m ³ /h	količina zraka dovedena mehaničkim sustavom ventilacije
$V_{misch,inf,i}$	m ³ /h	višak odvedenog zraka iz prostorije
$\theta_{su,i}$	°C	temperatura dobavnog zraka u zimskom režimu
$f_{V,i}$	-	faktor smanjenja temperaturne razlike ventilacijskih gubitaka
c_p	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet zraka pri unutarnjoj projektnoj temperaturi
A_i	m ²	korisna površina poda grijanog prostora uvećana za 1/2 površine zidova
f_{RH}	W/m ²	korekcijski faktor ponovnog zagrijavanja
Φ_{UN}	W	ukupno unutarnje toplinsko opterećenje - unutarnji izvori topline
Φ_{VANJ}	W	ukupno vanjsko toplinsko opterećenje - vanjski izvori topline
Φ_{OS}	W	toplinski tok kojeg odaju ljudi
Φ_{RAS}	W	toplinski tok od rasvjetnih uređaja
Φ_{SUO}	W	toplinski tok koji odaju strojevi, uređaji i ostala oprema
Φ_{U-ZID}	W	toplinski tok iz susjednih prostorija provođenjem ili konvekcijom kroz unutarnji zid, pod ili strop
Φ_{PROL}	W	toplinski tok koji odaju predmeti pri prolasku kroz prostoriju
Φ_{OST}	W	toplinski tok od ostalih izvora

n	-	broj osoba u prostoru
Φ_o	W	toplinski tok od jedne osobe
s_{UN}	-	faktor toplinskog opterećenja za unutarnje izvore
P_{RAS}	W	ukupni električni učinak svih rasvjetnih tijela prostorije
I_{IP}	-	faktor istovremenosti rasvjete
μ_{OR}	-	stupanj toplinskog opterećenja prostorije rasvjetom
P_{SUO}	W	nazivni učinak stroja, uređaja ili opreme
I_{IS}	-	stupanj istovremenosti pogona
μ_{OS}	-	stupanj opterećenja stroja, uređaja ili opreme
η	-	stupanj djelovanja motora
k_{U-ZID}	W/m ² K	koeficijent prolaza topline pregradbenog zida, stropa ili poda
A_{U-ZID}	m ²	površina pregradbenog zida, stropa ili poda
θ_{sp}	°C	temperatura zraka u susjednoj prostoriji ili temperatura tla
θ_i	°C	temperatura zraka u prostoriji
Φ_{V-ZID}	W	toplinski tok iz okoline provođenjem i konvekcijom kroz vanjski zid ili krov
$\Phi_{PROZ-KONV}$	W	toplinski tok iz okoline provođenjem i konvekcijom kroz staklo
$\Phi_{PROZ-ZR}$	W	toplinski tok doveden iz okoliša zračenjem kroz staklo
Φ_{VENT}	W	toplinski tok uslijed ventilacije
k_{V-ZID}	W/m ² K	koeficijent prolaza topline vanjskog zida ili krova
A_{U-ZID}	m ²	površina staklenog otvora
$\Delta\theta_{ekv}$	[°C	ekvivalentna razlika temperatura koja uzima u obzir promjenu temperature plohe stijenke zida zbog zračenja
k_{PROZ}	W/m ² K	koeficijent prolaza topline prozora
A_{U-ZID}	m ²	površina prozora
θ_a	°C	temperatura vanjskog zraka
$A_{PROZ-OS}$	m ²	površina osunčanog dijela staklene plohe pri čemu se uzimaju u obzir građevinski elementi oko prozora koji se mogu zasjeniti
I_{UK-MAX}	W/K	ukupno maksimalno zračenje
$A_{PROZ-ST}$	m ²	ukupna površina ostakljene plohe (bez površine otvora)
g	-	udio stakla u prozoru
A_{PROZ}	m ²	površina prozora
$I_{RASP-MAX}$	W/K	maksimalno raspršeno (difuzno) zračenje na plohu
b_{PR}	-	faktor propusnosti ostakljene plohe
s_V	-	faktor toplinskog opterećenja za vanjske izvore topline
$Q_{H,nd,cont}$	kWh	potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu
$Q_{H,ht}$	kWh	ukupna izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja

$\eta_{H,gn}$	-	faktor iskorištenja toplinskih dobitaka
$Q_{H,gn}$	kWh	ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (od osoba, uređaja, rasvjete i sunčevog zračenje)
Q_{Tr}	kWh	izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu
Q_{Ve}	kWh	potrebna toplinska energija za ventilaciju za proračunsku zonu
Q_{int}	kWh	unutarnji toplinski dobici zgrade (od osoba, uređaja, rasvjete)
Q_{sol}	kWh	toplinski dobici od Sunčeva zračenja
H_{Tr}	W/K	koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone
H_{Ve}	W/K	koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone
t	h	trajanje proračunskog razdoblja
θ_i	°C	unutarnja projektna temperatura prostorije unutar zone
A_i	m ²	neto površina poda prostora različite temperature unutar pojedine zone
$\Phi_{sol,mn,k}$	W	srednji toplinski tok od Sunčevog izvora kroz "k"-ti građevni dio u grijani prostor
$\Phi_{sol,mn,u,l}$	W	srednji toplinski tok od Sunčevog izvora kroz "l"-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor
$b_{tr,l}$	-	faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom "l"
$F_{sh,ob}$	-	faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu Sunčevog zračenja
$I_{S,k}$	W/m ²	srednji toplinski tok od Sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela "k" za mjesečni proračun
$A_{sol,k}$	m ²	efektivna površina otvora "k" na koju upada Sunčevo zračenje
$F_{r,k}$	-	faktor oblika između otvora "k" i neba
$\Phi_{r,k}$	W	toplinski tok zračenjem od površine otvora "k" prema nebu
α_H	-	bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade
y_H	-	omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmjenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja
$Q_{H,nd,rel}$	kWh	relativna vrijednost godišnje potrebne toplinske energije za grijanje
$Q''_{H,nd,ref}$	kWh/m ³ a	specifična energija za grijanje za referentne klimatske podatke
$Q''_{H,nd,dop}$	kWh/m ³ a	dopuštena godišnja potreba toplinske energije za grijanje
f_0	-	faktor oblika zgrade (odnos površine oplošja grijanog prostora i volumena grijanog prostora)
$Q_{C,nd,cont}$	kWh	potrebna toplinska energija za hlađenje pri kontinuiranom

		radu
$Q_{C,gn}$	kWh	ukupni toplinski dobici zgrade u periodu hlađenja (ljudi, rasvjeta, uređaji, solarni dobici)
$Q_{C,ht}$	kWh	ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu hlađenja
$\eta_{C,ls}$	-	faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja
$\theta_{int,C,s}$	°C	unutarnja postavna temperatura za hlađenje prostora “s” površine $A_{f,s}$ unutar zone
$\theta_{int,C}$	°C	unutarnja proračunska temperatura hladene zone
a_C	-	bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ
y_C	-	omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmjenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu hlađenja
$\dot{V}_{DZ}$	m ³ /h	protok dobavnog zraka
Φ_{os}	W	osjetno toplinsko opterećenje
Φ_{lat}	W	latentno toplinsko opterećenje
ρ	kg/m ³	gustoća zraka
c_p	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet
r_o	kJ/kg	toplina isparavanja
Δt_{AC}	K	temperaturna razlika za hlađenje
Δx_{AC}	g/kg	razlika sadržaja vlage između dobavnog i povratnog zraka
ϑ	°C	temperatura vanjskog zraka
φ	%	relativna vlažnost zraka
x	g/kg	sadržaj vlage u zraku
Φ_{HL}	W	kapacitet hladnjaka
$\Phi_{pov.top}$	W	kapacitet pločastog rekuperatora
Φ_H	W	učinak po radijatorskom članku prema zadanim temperaturnim uvjetima
$\Phi_{H,N}$	W	učinak po radijatorskom članku prema normi EN 442 za temperaturni režim 75/65°C pri temperaturi zraka 20°C
$\Delta \theta_{m,N}$	°C	srednja temperaturna razlika između ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji prema EN 442
$\Delta \theta_m$	°C	srednja temperaturna razlika između ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji prema zadanim uvjetima
Φ_n	W	projektno toplinsko opterećenje prostorije
Φ_i	W	instalirani toplinski učin prostorije
$\Phi_{i(rad)}$	W	instalirani toplinski učin radijatora u prostoriji
Δp_T	Pa	ukupni pad tlaka
Δp_F	Pa	pad tlaka uslijed trenja
Δp_L	Pa	lokalni pad tlaka u elementima poput kotlova, ogrijevkih tijela, ventila, lukova, koljena T-spojeva itd

$V_{sustava}$	L	volumen hladne vode
$\Delta V_{sustava}$	L	povećanje volumena uslijed zagrijavanja vode
V_V	L	dodatni volumen (zaliha)
p_e	bar	krajnji tlak sustava
$p_{sig.ventil}$	bar	tlak otvaranja sigurnog ventila
p_o	bar	primarni tlak ekspanzijske posude
$V_{n,min}$	L	minimalni volumen ekspanzijske posude

SAŽETAK

U ovom radu prikazano je projektno rješenje sustava grijanja, hlađenja i ventilacije za rekonstrukciju restorana „Hajdučke Vrleti“. Restoran se nalazi u sklopu Motela „Hajdučke Vrleti“ na području grada Splita. Restoran se sastoji od dijela restorana u kojemu se objeđuje, dva separea namijenjena za pušače, dva WC-a, kuhinje te prostora za ostavu. Za restoran, dva separea i kuhinju potrebno je predvidjeti sustav hlađenja i ventilaciju kao i za sanitarne prostorije. Cijeli motel ima instalirano toplovodno grijanje s radijatorima kao ogrijevnim tijelima. Kao izvor toplinske energije koristi se kotao na pelet. Temperaturni režim grijanja je 80/60°C. Za restoran je potrebno proračunati radijatorsko grijanje. Za potrebe ventilacije i hlađenja predviđen je centralni jednokanalni zračni sustav s promjenjivim protokom zraka s VAV (Variable Air Volume) regulacijskim ventilima. Sustav povrata topline klimatizacijske jedinice predviđen je s pločastim rekuperatorom. U svrhu ventilacije sanitarnih prostora koristi se lokalna odsisna ventilacija, a u kuhinji postojeće odsisne nape.

U prilogu se nalaze tablice s proračunima, rezultatima, crteži koji prikazuju raspored opreme te shemu instalacije grijanja, hlađenja, ventilacije kao i prikaz automatske regulacije.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, ventilacije

SUMMARY

This thesis presents the project solution for the reconstruction of the restaurant Hajdučke Vrleti's HVAC system. The restaurant is located at the area of Split and is a part of Hajdučke Vrleti motel. The restaurant has a dining area, two separated smoking zones, two toilets, a kitchen and a keeping room. The task is to design the cooling system and ventilation for the restaurant, two smoking zones and the kitchen as well as for the sanitary rooms. The motel has installed the hot water heating system where the rooms are heated by radiators. As a heat source, the pellet boiler is used. The heating temperature regime is 80°C feed temperature at heater outlet and 60°C return temperature at heater inlet. The radiator heating needs to be inspected for the restaurant. The ventilation and cooling requirements are met by applying the central air system with one supply duct that supplies air by varying the air flow rate and contains the VAV (Variable Air Volume) valves. The air conditioning system is designed with a plate heat recovery unit. Within the sanitary rooms the local exhaust ventilation is applied, while the existing kitchen hoods are used in the kitchen.

The tables with the calculations and results are given in the appendix of the thesis. Furthermore, the drawings that show the equipment arrangement and the heating, cooling and ventilation installation schemes together with the automatic control schemes are also part of the appendix.

Key words: heating, cooling, ventilation

1. UVOD

Funkcija GViK sustava je ostvarenje što ugodnijeg stanja za korisnike. Ne postoji određen skup stanja okoliša u kojem bi baš svaka osoba iskazala zadovoljstvo. Prema tome zadatak GViK sustava je osiguravanje uvjeta koji odgovaraju najvećem mogućem broju osoba.

U ovom diplomskom radu prikazan je projekt sustava djelomične klimatizacije odnosno grijanja, hlađenja i ventilacije restorana "Hajdučke Vrleti" u sklopu poslovnog objekta Motela „Hajdučke Vrleti“ na području grada Splita. Na raspolaganju je arhitektonska podloga. Potrebno je predvidjeti zračno-vodeni sustav s ventilacijom, korištenje već postojećeg toplovodnog kotla na pelet, te ugradnja dizalice topline zrak-voda za potrebe hlađenja. Temperaturni režim vode za grijanje je 80/60°C, dok je za hlađenje 7/12°C. Zračni sustav će biti izveden kao sustav centralne niskotlačne klimatizacije s povratom topline iz istrošenog zraka. Zračni sustav ima zadatak osigurati dva glavna zahtjeva za toplinskom i rashladnom energijom a to su:

- pokrivanje ventilacijskih gubitaka mehaničke ventilacije u zimskom periodu
- pokrivanje ukupnog projektnog toplinskog opterećenja u ljetnom periodu.

Radijatorsko grijanje pokriva projektno toplinsko opterećenje u zimskom periodu. Ogrijevna tijela za grijanje su već postojeći radijatori. Projekt se temelji na proračunu toplinske bilance za zimsko i ljetno razdoblje, toplinske i količinske bilance zračnog sustava, hidrauličkih proračuna zračnih kanala, hidrauličkih proračuna cijevne mreže razvoda tople i hladne vode, te svih ostalih proračuna koji su potrebni, a definiraju odabir opreme. Ventilacijske potrebe proračunat će se poštivajući pravila prema Zakonu o ograničenju uporabe duhanskih proizvoda.

2. PROJEKTNİ PODACI

Vanjski projektni uvjeti za Split prema "Tehničkom propisu za projektiranje, prilog E", su:

- Zima: $\vartheta = -3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 90\%$, $x=2,50\text{ g/kg}$
- Ljeto : $\vartheta = 32,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 30\%$, $x=9,00\text{ g/kg}$

Unutarnji projektni uvjeti:

Restoran:

Ventilacija: 30-50 m³/h po osobi, stanje ubacivanja; zima: 20°C, ljeto: 16°C
Grijanje: vodeni sustav, radijatori 80/60°C, željena temp. u prostoru 22°C
Hlađenje: klimatizacijska jedinica, distributeri, kanali, željena temp. u prostoru 24°C

Separe - prostor za pušače:

Ventilacija: 50-70 m³/h po osobi, stanje ubacivanja; zima: 20°C, ljeto: 16°C
Grijanje: vodeni sustav, radijatori 80/60°C, željena temp. u prostoru 22°C
Hlađenje: klimatizacijska jedinica, distributeri, kanali, željena temp. u prostoru 24°C

Separe - prostor za pušače:

Ventilacija: 50-70 m³/h po osobi, stanje ubacivanja; zima: 20°C, ljeto: 16°C
Grijanje: vodeni sustav, radijatori 80/60°C, željena temp. u prostoru 22°C
Hlađenje: klimatizacijska jedinica, distributeri, kanali, željena temp. u prostoru 24°C

Kuhinja:

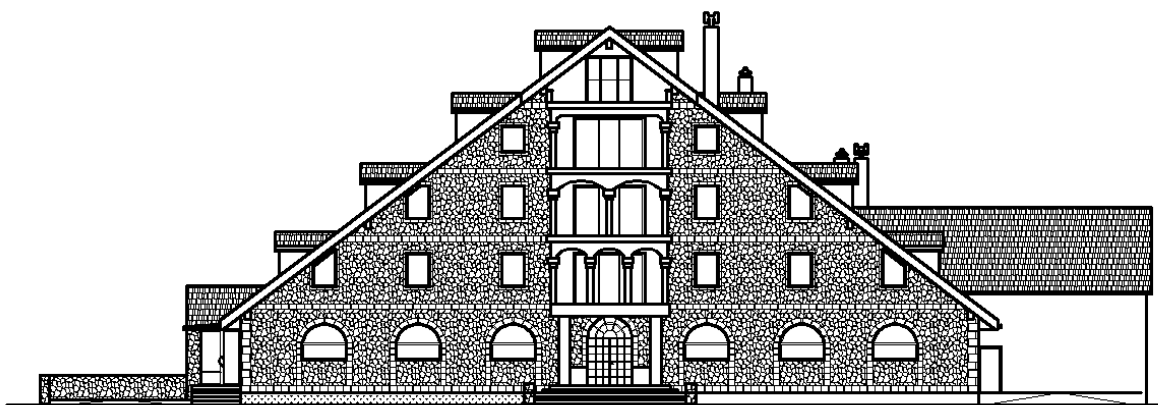
Ventilacija: vanjski zrak 25% od odsisa eko-nape, zima: 20°C, ljeto: 16°C
Grijanje: vodeni sustav, radijatori 80/60°C, željena temp. u prostoru 22°C
Hlađenje: klimatizacijska jedinica, distributeri, kanali, željena temp. u prostoru 24°C

Sanitarne prostorije:

Ventilacija: odsisna ventilacija 8 izmjena/h

3. OPIS ZGRADE

Motel „Hajdučke Vrleti“ sastoji se od podruma, prizemlja te četiri kata. Restoran se nalazi u prizemlju cijelog motela. Ulaz u motel dograđuje se sa sjevernog dijela zgrade te nije prikazan na postojećoj arhitektonskoj podlozi. Motel se proteže na sva četiri kata. Podrum motela služi kao kotlovnica. U njemu je postojeći vodeni sustav radijatorskog grijanja. Izvor toplinske energije je kotao na pelet. Prizemlje je restoran koji je ukupne korisne površine 313 m². Restoran se sastoji od dijela koji je namijenjen kao prostor za objede, dva separea za pušače, dvije sanitarne prostorije, kuhinja te prostor za ostavu. Istočno pročelje motela prikazano je na slici gdje se vidi ulaz u restoran.



Slika 1. Istočno pročelje Motela

Sa stražnje strane restorana nalazi se dograđeni prostor koji je predviđen za smještaj klimatizacijske jedinice, spremnika hladne vode za potrebe hlađenja, smještaja elektro ormara, regulacije te sve opreme koja je potrebna za sustav hlađenja i ventilacije. U podrumu ostaje postojeća kotlovnica. U kotlovnici je potrebno dodati pumpu za grijač klimatizacijske jedinice, te instalaciju provesti do klimatizacijske jedinice kroz ostavu restorana i kuhinju.

4. PRORAČUN TOPLINSKOG OPTEREĆENJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE

Za proračun toplinskog opterećenja, bilo za grijanje ili hlađenje potrebno je poznavati karakteristike građevnih elemenata zgrade s kojima se računaju koeficijenti prolaza topline, te očitavaju faktori propusnosti, faktori zračenja i tako dalje. Građevni dijelovi zgrade i svi podaci dostupni su u arhitektonskoj podlozi. Uz podatke građevnih dijelova, dostupni su podaci od Sunčevom zračenju za primorsku Hrvatsku.

4.1. Proračun koeficijenata prolaza topline prema HRN EN ISO 6946

Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata potrebni za daljnje proračune dobivaju se iz dimenzija te toplinskih karakteristika pojedinog sloja materijala u građevnom elementu. Oni ovise o materijalu od kojeg je pojedini građevni element izrađen te o debljinama pojedinih slojeva korištenih materijala. Uz podatke građevnih elemenata dobivenih od arhitekta, te arhitektonskoj podlozi za navedenu zgradu, proračunati su koeficijenti prolaza topline zidova, podova i stropova prema normi HRN EN ISO 6946. Koeficijenti prolaza topline za prozore i vrata, uzeti su prema vrijednostima proizvođača, a prikazani su u tablici 1. Kompletan proračun priložen je u prilogu A.

Tablica 1. Koeficijenti prolaza topline

Oznaka	Građevni element	U [W/m ² K]
POD	Pod prema tlu	0,83
STP	Strop	0,95
ZID 1	Vanjski zid	0,31
ZID 2	Unutarnji zid	2,26
PR	Vanjski prozor	1,80
VR	Vanjska vrata	1,80

4.2. Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema HRN EN 12831

Norma definira proračun potrebnog toplinskog učinka za održavanje unutarnje projektne temperature prostorije, pri vanjskim projektnim uvjetima. Projektni toplinski gubici se računaju za svaku grijanu prostoriju. Ti iznosi se sumiraju i dobivaju ukupni toplinski gubici

zgrade. Prema normi dijele se na transmisijske (T), ventilacijske (V) i toplinu potrebnu za ponovno zagrijavanje (RH) uslijed noćnog prestanka rada.

4.2.1. Transmisijski gubici

Transmisijski gubici su gubici uslijed izmjene topline iz prostorije kroz građevne elemente prema prostoru niže temperature, prema vanjskom okolišu, susjednim negrijanim prostorijama, susjednim prostorijama grijanim na nižu temperaturu te prema tlu. Za određivanje ukupnih transmisijskih gubitaka grijanog prostora koristi se sljedeća formula:

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

gdje su;

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

4.2.2. Ventilacijski gubici

Ventilacijski gubici su gubici strujanja zraka kroz ovojnicu zgrade i između pojedinih njezinih dijelova, odnosno prostorija, te prisilno dovođenje zraka. Za određivanje ventilacijskih gubitaka koristi se sljedeća formula;

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

gdje je;

- $H_{V,i}$ - koeficijent ventilacijskih gubitaka (W/K)

Za određivanje koeficijenta ventilacijskih gubitaka koristi se sljedeća formula;

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho_z \cdot c_p \quad [W/K]$$

gdje su;

- ρ_z - gustoća zraka pri $\theta_{int,i}$ [kg/m³]
- c_p - specifični toplinski kapacitet zraka pri $\theta_{int,i}$ [kJ/kgK]
- $\dot{V}_i$ - protok zraka u grijani prostor [m³/s] a računa se prema formuli:

$$V_i = V_{inf} + V_{su,i} \cdot f_{V,i} + V_{mech,inf,i} \quad [m^3/h]$$

- V_{inf} - protok zraka u prostoriju uslijed infiltracija kroz zazor [m³/h]
- $V_{su,i}$ - količina zraka dovedena mehaničkim sustavom ventilacije [m³/h]
- $V_{mech,inf,i}$ - višak odvedenog zraka iz prostorije [m³/h]
- $f_{V,i}$ - faktor smanjenja temperaturne razlike a računa se prema formuli:

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

- $\theta_{su,i}$ - temperatura dobavnog zraka 20°C

Višak odvedenog zraka može se odrediti prema formuli za cijelu zgradu:

$$V_{mech,inf} = \max(V_{pz} - V_{dz}; 0) \quad [m^3/h]$$

Za svaku prostoriju potrebno je poznavati protok zraka mehaničkom ventilacijom. Protok zraka može se odrediti prema:

1. Maksimalnom protoku zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazor prozora i vrata
2. Minimalan broj izmjena zraka po osobi u prostoru
3. Minimalni protok prema projektnom rashladnom opterećenju za svaku prostoriju.

U restoranu je potrebno održati stanje pretlaka. U ovom proračunu utjecajan je minimalni broj izmjena zraka po osobi u prostoru i minimalni protok prema projektnom rashladnom opterećenju. Protok zraka uslijed infiltracije je manjeg značaja zbog održavanja pretlaka u restoranu.

4.2.3. Gubici zbog prekida grijanja

Zbroju transmisijskih i ventilacijskih gubitaka potrebno je dodati i toplinski tok potreban za zagrijavanje prostora uslijed prekida grijanja. U slučaju prekida rada sustava grijanja preko noći, temperatura prostorije opada. Toplina za ponovno zagrijavanje ovisi o;

- toplinskom kapacitetu elemenata građevine
- vremenu zagrijavanja
- padu temperature tijekom prekida grijanja
- svojstvima regulacije

Toplina za ponovno zagrijavanje računa se prema formuli:

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

gdje su;

- A_i - korisna površina poda grijanog prostora uvećana za 1/2 površine zidova [m^2]
- f_{RH} - korekcijski faktor ponovnog zagrijavanja [W/m^2]

Korekcijski faktor ovisi o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme grijanja. Korekcijski faktori različiti su za stambene i nestambene zgrade. Za poslovni prostor pretpostavljen je pad temperature od 3 K, uz vrijeme zagrijavanja 3h. Sukladno normi odabrani su korekcijski faktori, koji se množe sa površinom prostorije, te dodaju na ukupan potrebni toplinski učinak potreban za grijanje prostorije. Detaljan proračun prikazan je u prilogu B.

4.2.4. Prikaz ukupnog projektnog toplinskog opterećenja

Proračun je proveden u softveru "Microsoft Office Excel 2007", te su dobivene vrijednosti toplinskih gubitaka za svaku grijanu prostoriju. Rezultati su prikazani u tablici 2.

Tablica 2. Rezultati proračuna toplinskih gubitaka

Prostorija	Oznaka	Φ_T	Φ_V	Φ_{RH}
		[W]	[W]	[W]
Restoran	P 01	2 670,63	4 331,38	3 876,08
Separe lijevi	P 02	1 390,54	1 330,19	830,24
Separe desni	P 03	1 425,68	886,28	550,20

Ukupno projektno toplinsko opterećenje prema HRN EN 12831 iznosi 16,983 kW, te se ta vrijednost koristi za dimenzioniranje radijatorskog sustava grijanja.

4.3. Proračun projektnog rahladnog opterećenja prema VDI 2078

Prema VDI 2078 ukupni toplinski dobici prostorije zbroj su vanjskog i unutarnjeg toplinskog opterećenja prema formuli:

$$\Phi_{UK} = \Phi_{UN} + \Phi_{VANJ} [W]$$

gdje su;

- Φ_{UN} - ukupno unutarnje toplinsko opterećenje - unutarnji izvori topline [W]
- Φ_{VANJ} - ukupno vanjsko toplinsko opterećenje - vanjski izvori topline [W]

4.3.1. Unutarnji izvori topline

Unutarnji toplinski dobici računaju se prema formuli:

$$\Phi_{UN} = \Phi_{OS} + \Phi_{RAS} + \Phi_{SUO} + \Phi_{U-ZID} + \Phi_{PROL} + \Phi_{OST} [W]$$

gdje su;

- Φ_{OS} - toplinski tok kojeg odaju ljudi [W]
- Φ_{RAS} - toplinski tok od rasvjetnih uređaja [W]
- Φ_{SUO} - toplinski tok kojeg odaju strojevi, uređaji i ostala oprema [W]
- Φ_{U-ZID} - toplinski tok iz susjednih prostorija provođenjem ili konvekcijom kroz unutarnji zid, pod ili strop [W]
- Φ_{PROL} - toplinski tok kojeg odaju predmeti pri prolasku kroz prostoriju [W]
- Φ_{OST} - toplinski tok od ostalih izvora [W]

Toplina koju odaju ljudi računa se prema formuli:

$$\Phi_{OS} = n \cdot \Phi_o \cdot s_{UN} [W]$$

gdje su;

- n - broj osoba u prostoru [-]
- Φ_o - toplinski tok od jedne osobe [W]
- s_{UN} - faktor toplinskog opterećenja za unutarnje izvore [-]

Ukupna toplina koju odaju osobe uzima se iz tablica za različite aktivnosti.

Razina aktivnosti	Topl. tok [W] Vlaga [g/h]	Temperatura zraka u pros. [°C]		
		20	22	24
Sjedeći ili lakši stojeći rad	$\dot{Q}_{\text{ukupno}}$	120	120	115
	$\dot{Q}_{\text{osjetno}}$	95	90	75
	$\dot{Q}_{\text{latentno}}$	25	25	40
	q_v	35	40	60
Teži rad	$\dot{Q}_{\text{ukupno}}$	190	190	190
	$\dot{Q}_{\text{osjetno}}$	115	105	95
	$\dot{Q}_{\text{latentno}}$	75	85	95
	q_v	110	125	140
Teški fizički rad	$\dot{Q}_{\text{ukupno}}$	270	270	270
	$\dot{Q}_{\text{osjetno}}$	140	120	110
	$\dot{Q}_{\text{latentno}}$	130	150	160
	q_v	165	215	230

Odabran je lakši fizički rad te je pomnožen sa brojem osoba u prostorijama.

Toplina koju odaju rasvjetna tijela računa se prema formuli:

$$\Phi_{RAS} = P_{RAS} \cdot I_{IP} \cdot \mu_{OR} \cdot s_{UN} [W]$$

gdje su;

- P_{RAS} - ukupni električni učinak svih rasvjetnih tijela prostorije [W]
- I_{IP} - faktor istovremenosti rasvjete [-]
- μ_{OR} - stupanj toplinskog opterećenja prostorije rasvjetom [-]

Toplina koju odaju strojevi, uređaji i ostala oprema računa se prema formuli:

$$\Phi_{SUO} = I_{IS} \cdot s_{UN} \cdot \sum \frac{P_{SUO}}{\eta} \cdot \mu_{OR} [W]$$

gdje su;

- P_{SUO} - nazivni učinak stroja, uređaja ili opreme [W]
- I_{IS} - stupanj istovremenosti pogona [-]
- μ_{OS} - stupanj opterećenja stroja, uređaja ili opreme [-]
- η - stupanj djelovanja motora [-]

Toplina dovedena iz susjednih prostorija provođenjem i konvekcijom kroz unutarnji zid, pod ili strop računa se prema formuli:

$$\Phi_{U-ZID} = k_{U-ZID} \cdot A_{U-ZID} \cdot (\theta_{sp} - \theta_i) [W]$$

gdje su;

- k_{U-ZID} - koeficijent prolaza topline pregradbenog zida, stropa ili poda [W/m^2K]
- A_{U-ZID} - površina pregradbenog zida, stropa ili poda [m^2]
- θ_{sp} - temperatura zraka u susjednoj prostoriji ili temperatura tla [$^{\circ}C$]
- θ_i - temperatura zraka u prostoriji [$^{\circ}C$]

4.3.2. Vanjski izvori topline

Vanjski toplinski dobici računaju se prema formuli:

$$\Phi_{VANJ} = \Phi_{V-ZID} + \Phi_{PROZ-KONV} + \Phi_{PROZ-ZR} + \Phi_{VENT} [W]$$

gdje su;

- Φ_{V-ZID} - toplinski tok iz okolina provođenjem i konvekcijom kroz zid ili krov [W]
- $\Phi_{PROZ-KONV}$ - toplinski tok iz okoline provođenjem i konvekcijom kroz staklo [W]
- $\Phi_{PROZ-ZR}$ - toplinski tok doveden iz okoliša zračenjem kroz staklo [W]
- Φ_{VENT} - toplinski tok uslijed ventilacije [W]

Toplinski tok provođenjem i konvekcijom kroz vanjski zid ili krov iz okoline računa se prema formuli:

$$\Phi_{V-ZID} = k_{V-ZID} \cdot A_{U-ZID} \cdot \Delta\theta_{ekv} [W]$$

gdje su;

- k_{V-ZID} - koeficijent prolaza topline vanjskog zida ili krova [W/m^2K]
- A_{U-ZID} - površina staklenog otvora [m^2]
- $\Delta\theta_{ekv}$ - ekvivalentna razlika temperatura koja uzima u obzir promjenu temperature plohe stijenke zida zbog zračenja [$^{\circ}C$]

Toplinski tok doveden iz okoline provođenjem i konvekcijom kroz ostakljene plohe računa se prema formuli:

$$\Phi_{PROZ-KONV} = k_{PROZ} \cdot A_{PROZ} \cdot (\theta_a - \theta_i) [W]$$

gdje su;

- k_{PROZ} - koeficijent prolaza topline prozora [W/m^2K]
- A_{U-ZID} - površina prozora [m^2]
- θ_a - temperatura vanjskog zraka [$^{\circ}C$]

Toplinski tok iz okoline zračenjem kroz ostakljene plohe računa se prema formuli:

$$\Phi_{PROZ-ZR} = [A_{PROZ-OS} \cdot I_{UK-MAX} + ([A_{PROZ-ST} \cdot A_{PROZ-OS}) \cdot I_{RASP-MAX}] \cdot b_{PR} \cdot s_V [W]$$

gdje su;

- $A_{PROZ-OS}$ - površina osunčanog dijela staklene plohe pri čemu se uzimaju u obzir građevinski elementi oko prozora koji se mogu zasjeniti [m^2]
- I_{UK-MAX} - ukupno maksimalno zračenje [W/K]
- $A_{PROZ-ST}$ - ukupna površina ostakljene plohe (bez površine otvora) koja se određuje izrazom:

$$A_{PROZ-ST} = A_{PROZ} \cdot g [W]$$

- g - udio stakla u prozoru [-]
- A_{PROZ} - površina prozora [m^2]
- $I_{RASP-MAX}$ - maksimalno raspršeno (difuzno) zračenje na plohu [W/K]
- b_{PR} - faktor propusnosti ostakljene plohe [-]
- s_V - faktor toplinskog opterećenja za vanjske izvore topline [-]

Toplinski tok dobitaka uslijed ventilacije odnosi se samo na infiltraciju.

4.3.3. Prikaz ukupnog rashladnog opterećenja

Proračun je proveden u softveru "Microsoft Office Excel 2007", te su dobivene vrijednosti toplinskih gubitaka za svaku grijanu prostoriju. Rezultati su prikazani u tablici 3.

Tablica 3. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja

Prostorija	Oznaka	$\emptyset_{UN}$		$\emptyset_{VANJ}$			
		$\emptyset_{OS}$	$\emptyset_{RAD}$	$\emptyset_{V-ZID}$	$\emptyset_{PROZ-KONV}$	$\emptyset_{PROZ-ZR}$	$\emptyset_{VENT}$
		W	W	W	W	W	W
Restoran	P 01	12 000,00	1 383,60	32,33	56,13	1294,84	139,05
Separe lijevi	P 02	2 700,00	296,58	177,38	205,74	1477,18	29,81
Separe desni	P 03	1 800,00	195,42	254,67	330,58	289,02	19,76

Detaljan proračun prikazan je u prilogu C. Za dimenzioniranje potrebnog rashladnog učinka zbrajaju se sve vrijednosti za isto doba dana.

4.4. Proračun potrebne godišnje energije za grijanje prema HRN EN ISO 13 790

Godišnja potrebna energija za grijanje je računski određena količina topline koju sustavom grijanja, treba dovesti tijekom jedne godine u restoran, za održavanje unutarnje projektne temperature, tijekom razdoblja grijanja. Proračun se vrši za kvazistacionarne uvjete unutarnjeg i vanjskog okoliša. Rezultat se dobije u jednom prolazu kroz normirani algoritam.

Potrebna toplinska energija za grijanje računa se prema formuli:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad [kWh]$$

$$Q_{H,ht} = Q_{Tr} + Q_{Vs} \quad [kWh]$$

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [kWh]$$

gdje su;

- $Q_{H,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh)
- $Q_{H,ht}$ - ukupna izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh)
- $\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-)
- $Q_{H,gn}$ - ukupni toplinski dobitci zgrade u periodu grijanja (od osoba, uređaja, rasvjete i Sunčevog zračenja) (kWh)
- Q_{Tr} - izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh)
- Q_{Vs} - potrebna toplinska energija za ventilaciju za proračunsku zonu (kWh)
- Q_{int} - unutarnji toplinski dobitci zgrade (od osoba, uređaja, rasvjete) (kWh)
- Q_{sol} - toplinski dobitci od Sunčeva zračenja (kWh)

Izmijenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom proračunske zone za promatrani period računa se pomoću koeficijenta toplinske izmjene topline H (W/K):

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} \cdot (\theta_{int,H} - \theta_s) \cdot t \quad [kWh]$$

$$Q_{Vs} = \frac{H_{Vs}}{1000} \cdot (\theta_{int,H} - \theta_s) \cdot t \quad [kWh]$$

gdje su:

- H_{Tr} - koeficijent transmijske izmjene topline proračunske zone (W/K)
- H_{Vs} - koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K)

- t - trajanje proračunskog razdoblja (h)

Zbog razlike u unutarnjim projektnim temperaturama unutar pojedine zone, prosječnu unutarnju temperaturu dobijemo prema formuli;

$$\theta_{int,H} = \frac{\sum_i^n (\theta_i \cdot A_i)}{\sum_i^n A_i}$$

gdje su;

- θ_i - unutarnja projektna temperatura prostorije unutar zone
- A_i - neto površina poda prostora različite temperature unutar pojedine zone

Unutarnji toplinski dobici od osoba i opreme računaju se za nestambene prostorije s vrijednošću 6 W/m² korisne površine:

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_{i,z} \cdot t}{1000} [kWh]$$

Solarni toplinski dobici za promatrani vremenski period t:

$$Q_{sol} = \left[\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right] \cdot t + \left[\sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right] \cdot t [Wh]$$

gdje su:

- $\Phi_{sol,mn,k}$ - srednji toplinski tok od Sunčevog izvora kroz "k"-ti građevni dio u grijani prostor (W)
- $\Phi_{sol,mn,u,l}$ - srednji toplinski tok od Sunčevog izvora kroz "l"-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (W)
- $b_{tr,l}$ - faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom "l"

- srednji toplinski tok od Sunčeva zračenja kroz građevni dio zgrade „k“:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob} I_{S,k} A_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k} [W]$$

gdje su:

- $F_{sh,ob}$ - faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu Sunčevog zračenja
- $I_{S,k}$ - srednji toplinski tok od Sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela "k" za mjesečni proračun (W/m²)
- $A_{sol,k}$ - efektivna površina otvora "k" na koju upada Sunčevo zračenje (m²)
- $F_{r,k}$ - faktor oblika između otvora "k" i neba (-)

- $\Phi_{r,k}$ - toplinski tok zračenjem od površine otvora "k" prema nebu (W)

Srednji toplinski tok od Sunčeva zračenja kroz građevni dio uzimamo samo za staklene površine oplošja zgrade. Prema podacima u algoritmu HRN EN ISO 13790, po tipovima prozora, odabrani su svi navedeni faktori vezani za prozirne površine.

Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - y_H^{a_H}}{1 - y_H^{a_H+1}} \quad \text{za } y_H > 0 \text{ i } y_H \neq 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad \text{za } y_H = 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{y_H} \quad \text{za } y_H < 1$$

gdje su:

- a_H - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ (-)
- y_H - omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmjenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja (-)

$$y_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

Ulazni podaci proračuna;

1. Klimatski podaci;

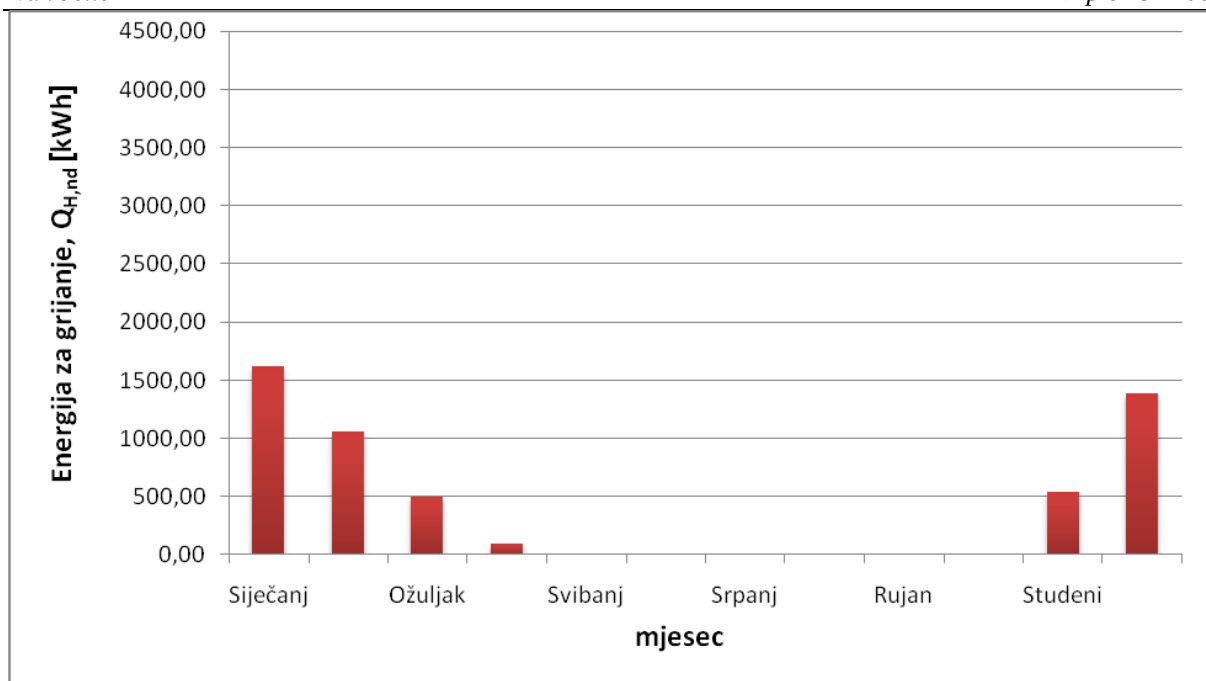
- θ_e - srednja vanjska temperatura za proračunski period (°C)
- I_s - srednji toplinski tok od Sunčeva zračenja za proračunski period (W/m²)
(Sunčevo zračenje prema podacima za Primorsku Hrvatsku)

2. Podaci o zgradi (površine građevnih dijelova, volumeni)

3. Podaci o termotehničkim sustavima;

- način grijanja zgrade
- izvori energije koji se koriste za grijanje
- vrsta ventilacije (prirodna , prisilna)
- vođenje i regulacija sustava grijanja
- karakteristike unutarnjih izvora topline.

Proračun je proveden u softveru "Microsoft Office Excel 2007". Rezultati su prikazani u dijagramu 1.



Dijagram 1. Potrebna godišnja energija za grijanja prema HRN EN ISO 13 790

Ukupna potrebna godišnja energija za grijanje iznosi 5 196,60 kWh, odnosno 5,54 kWh/m³.

4.5. Proračun potrebne godišnje energije za hlađenje prema HRN EN ISO 13 790

Potrebna godišnja toplinska energija za hlađenje je računski određena količina topline koju sustavom hlađenja treba odvesti tijekom jedne godine u restoran za održavanje unutarnje projektne temperature, tijekom razdoblja hlađenja. Proračun se vrši za kvazistacionarne uvjete unutarnjeg i vanjskog okoliša. Rezultat se dobije u jednom prolazu kroz normirani algoritam.

Potrebna toplinska energija za hlađenje računa se prema formuli:

$$Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht} \text{ [kWh]}$$

$$Q_{C,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \text{ [kWh]}$$

$$Q_{C,ht} = Q_{Tr} + Q_{Vs} \text{ [kWh]}$$

gdje su;

- $Q_{C,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za hlađenje pri kontinuiranom radu (kWh)
- $Q_{C,gn}$ - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu hlađenja (ljudi, rasvjeta, uređaji, solarni dobici) (kWh)
- $Q_{C,ht}$ - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu hlađenja (kWh)

- $\eta_{C,ls}$ – faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja (-)

Izmijenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom proračunske zone za promatrani period računa se pomoću koeficijenta toplinske izmjene topline H (W/K):

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} \cdot (\theta_{int,C} - \theta_s) \cdot t \quad [kWh]$$

$$Q_{Vs} = \frac{H_{Vs}}{1000} \cdot (\theta_{int,C} - \theta_s) \cdot t \quad [kWh]$$

Zbog razlike u unutarnjim projektnim temperaturama unutar pojedine zone, prosječnu unutarnju temperaturu dobijemo prema jednadžbi;

$$\theta_{int,C} = \frac{\sum_i^n (\theta_i \cdot A_i)}{\sum_i^n A_i}$$

gdje su;

- θ_i - unutarnja projektna temperatura prostorije unutar zone
- A_i - neto površina poda prostora različite temperature unutar pojedine zone

Unutarnji toplinski dobici od osoba i opreme te solarni dobici računaju se jednako kao i kod proračuna energija za grijanje. Faktor iskorištenja toplinskih gubitaka za hlađenje računa se prema formuli:

$$\eta_{C,gn} = \frac{1 - y_C^{-a_C}}{1 - y_H^{-(a_C+1)}} \quad za \quad y_C > 0 \quad i \quad y_C \neq 1$$

$$\eta_{C,gn} = \frac{a_C}{a_C + 1} \quad za \quad y_C = 1$$

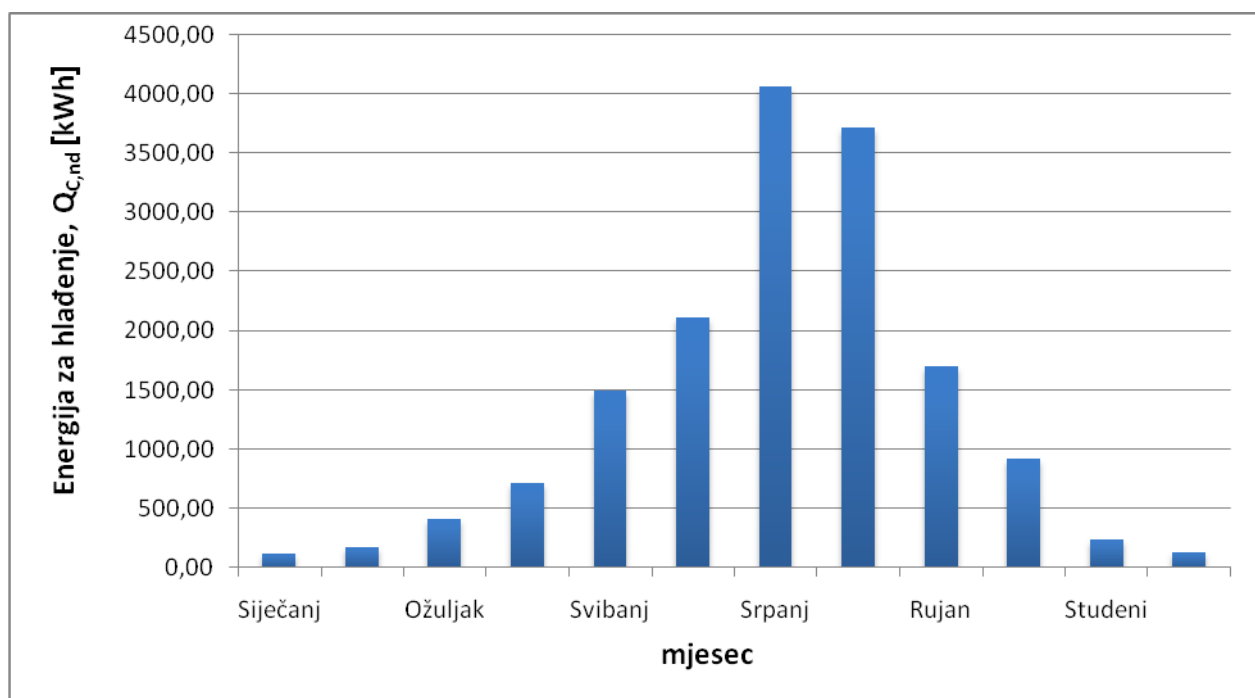
$$\eta_{C,gn} = \frac{1}{y_C} \quad za \quad y_H < 1$$

gdje su:

- a_C - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ (-)
- y_C - omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmjenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu hlađenja (-)

$$y_C = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}}$$

Ulazni podaci proračuna jednaki su kao i za sustav hlađenja. Proračun je proveden u softveru "Microsoft Office Excel 2007". Rezultati su prikazani u dijagramu 2.



Dijagram 2. Potrebna godišnja energija za hlađenje prema HRN EN ISO 13 790

Ukupna potrebna godišnja energija za hlađenje iznosi 15 773,27 kWh, odnosno 16,80 kWh/m³.

5. PRORAČUN SUSTAVA VENTILACIJE

S obzirom da se restoran obnavlja, ventilacijski kanali će se provesti uz nosivu betonsku konstrukciju. Ventilacijski kanali odabrani su pravokutnog oblika. Za svaku prostoriju potrebno je posebno provesti kanalski razvod. S ciljem održavanja kvalitete zraka u prostorima u kojima borave ljudi, potrebno je dovoditi i odvoditi određenu količinu zraka sustavom prisilne ventilacije. Potreban protok dovedenog i odvedenog zraka određuje se prema većoj vrijednosti proračuna, prema broju osoba ili prema projektnom rashladnom opterećenju za svaku prostoriju.

5.1. Proračun protoka zraka

Vrijednost protoka vanjskog zraka mora odgovarati zahtjevima po osobi od 30 do 50 m³/h za prostore u kojima se ne puši, dok za prostorije za pušače povećava za +20 m³/h. Volumni protok dobavnog zraka može se izračunati prema:

- osjetnom toplinskom opterećenju $\dot{V}_{DZ} = \frac{\phi_{os} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t_{AC}} \text{ [m}^3/\text{h]}$
- latentnom toplinskom opterećenju $\dot{V}_{DZ} = \frac{\phi_{lat} \cdot 3600}{\rho \cdot r_o \cdot \Delta x_{AC}} \text{ [m}^3/\text{h]}$
- prema zahtjevu za minimalni protok po broju osoba $\dot{V}_{DZ} = (30 - 50) \cdot n \text{ [m}^3/\text{h]}$

gdje je:

- ϕ_{os} - osjetno toplinsko opterećenje [W]
- ϕ_{lat} - latentno toplinsko opterećenje [W]
- ρ - gustoća zraka pri 20°C [1,2 kg/m³]
- c_p - specifični toplinski kapacitet [1005 J/kgK]
- r_o - toplota isparavanja [2500 kJ/kg]
- Δt_{AC} - temperaturna razlika za hlađenje [3 - 8 K]
- Δx_{AC} - razlika sadržaja vlage između dobavnog i povratnog zraka [g/kg]

željena vrijednost povratnog zraka je: $x_{PZ} = 10,50 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$, odnosno $\phi_{PZ} = 55\%$

- n - broj osoba [-]

Restoran P 01:

- $\Phi_{os} = 14\,905,95 \text{ W}$
- $\Phi_{lat} = 6\,400,00 \text{ W}$
- $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
- $c_p = 1005 \text{ J/kgK}$
- $r_o = 2500 \text{ kJ/kgK}$
- $\Delta t_{AC} = 8 \text{ K}$
- $n = 160 \text{ osoba}$
- $\Delta x_{AC} = 10,50 - 9,00 = 1,5 \text{ [g}_w/\text{kg}_{zr}]$

Prema osjetnom toplinskom opterećenju $\dot{V}_{DZ} = \frac{14905,95 \cdot 3600}{1,2 \cdot 1005 \cdot 8} = 5561 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Prema latentnom toplinskom opterećenju $\dot{V}_{DZ} = \frac{6400 \cdot 3600}{1,2 \cdot 2500 \cdot 1,5} = 5120 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Prema zahtjevu po broju osoba $\dot{V}_{DZ} = 40 \cdot 160 = 6400 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Odabrana je veća vrijednost, odnosno $6400 \text{ m}^3/\text{h}$ što je $40 \text{ m}^3/\text{h} / \text{osobi}$.

Separe lijevi P 02:

- $\Phi_{os} = 4\,886,69 \text{ W}$
- $\Phi_{lat} = 1\,440,00 \text{ W}$
- $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
- $c_p = 1005 \text{ J/kgK}$
- $r_o = 2500 \text{ kJ/kgK}$
- $\Delta t_{AC} = 8 \text{ K}$
- $n = 36 \text{ osoba}$
- $\Delta x_{AC} = 10,50 - 9,00 = 1,50 \text{ [g}_w/\text{kg}_{zr}]$

Prema osjetnom toplinskom opterećenju $\dot{V}_{DZ} = \frac{4886,69 \cdot 3600}{1,2 \cdot 1005 \cdot 8} = 1823 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Prema latentnom toplinskom opterećenju $\dot{V}_{DZ} = \frac{1440 \cdot 3600}{1,2 \cdot 2500 \cdot 1,5} = 1152 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Prema zahtjevu po broju osoba $\dot{V}_{DZ} = 50 \cdot 36 = 1800 \text{ [m}^3/\text{h]}$

U prvom i trećem proračunu približno je ista vrijednost, odnosno 1800 m³/h što je 50 m³/h / osobi.

Separe desni P 03:

- $\Phi_{os} = 2\,889,45\text{ W}$
- $\Phi_{lat} = 960,00\text{ W}$
- $\rho = 1,2\text{ kg/m}^3$
- $c_p = 1005\text{ J/kgK}$
- $r_o = 2500\text{ kJ/kgK}$
- $\Delta t_{AC} = 8\text{ K}$
- $n = 24\text{ osoba}$
- $\Delta x_{AC} = 10,50 - 9,00 = 1,50\text{ [g}_w\text{/kg}_{zr}]$

Prema osjetnom toplinskom opterećenju $\dot{V}_{DZ} = \frac{2889,45 \cdot 3600}{1,2 \cdot 1005 \cdot 8} = 1078\text{ [m}^3\text{/h]}$

Prema latentnom toplinskom opterećenju $\dot{V}_{DZ} = \frac{960 \cdot 3600}{1,2 \cdot 2500 \cdot 1,5} = 768\text{ [m}^3\text{/h]}$

Prema zahtjevu po broju osoba $\dot{V}_{DZ} = 50 \cdot 24 = 1200\text{ [m}^3\text{/h]}$

Odabrana je veća vrijednost, odnosno 1200 m³/h što je 50 m³/h / osobi.

WC muški P 04:

- $V = 20,00\text{ m}^3$
- $\dot{V}_{PZ} = 20,00\text{ m}^3 \times 8\text{ izmjena/h} = 160\text{ m}^3\text{/h}$

Na osnovu proračuna odabrana je ventilacija od 160 m³/h.

WC ženski P 05:

- $V = 20,00\text{ m}^3$
- $\dot{V}_{PZ} = 20,00\text{ m}^3 \times 8\text{ izmjena/h} = 160\text{ m}^3\text{/h}$

Na osnovu proračuna odabrana je ventilacija od 160 m³/h.

Kuhinja P 06:

- $\dot{V}_{ODSIS,EKO-NAPA} = 9\,000 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\dot{V}_{TLAK,EKO-NAPA} = 6\,750 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\dot{V}_{DZ} = 2\,000 \text{ m}^3/\text{h}$

Na osnovu proračuna odabran je protok vanjskog zraka za potrebe kuhinje od $2000 \text{ m}^3/\text{h}$, kako bi se ostvario potlak u prostoru. Volumni protok je $200 \text{ m}^3/\text{h}/\text{osobi}$, temeljeno na 10 osoba u kuhinji na postoru od 70 m^2 . U prostorijama gdje je stanje zraka veće kvalitete zahtjeva se pretlak, a za prostorije gdje je manja kvaliteta zraka potlak. Za restoran je potreban pretlak u odnosu na ostale prostorije kako ne bi otvaranjem vrata za separe, sanitarne prostorije te kuhinje došli neugodni mirisi, koji u tim prostorijama nastaju. U sljedećoj tablici prikazani su odabrani rezultati.

Tablica 4. Bilanca protoka zraka sustava ventilacije

Prostorija	Dobavni zrak [m ³ /h]	Odsisni zrak [m ³ /h]	Dobavni zrak po osobi [m ³ /h osobi]	Razlika dov. od odv. [m ³ /h]
Restoran - P 01	6400	5600	40	+800
Separe lijevi - P 02	1800	1800	50	0
Separe desni - P 03	1200	1200	50	0
WC muški - P 04	-	160	80	-160
WC ženski - P 05	-	160	80	-160
Kuhinja - P 06	2000 Eko-napa 6750	- Eko-napa 9000	200	-250
Ukupno:	18 150	17 920		+230 (Pretlak)

Sustav ventilacije sastoji od kanala i otvora za dobavu i odsis zraka, te od kanala i otvora sustava otpadne ventilacije sanitarnih prostora. Otpadni kanali iz sanitarnih prostorija vode se prema najbližem vanjskom zidu. Dobava vanjskog zraka za kuhinjske nape dovodi se posebnim vertikalnim vodovima.

5.2. Odabir otvora za dobavu i odsis zraka

Kako bi se kondicionirani zrak mogao dovesti i odvesti iz prostorije potrebno je pravilno odabrati otvore. Prilikom odabira i smještaja otvora potrebno je paziti na preporučenu vrijednost brzine te pada tlaka prema uputama proizvođača. Efektivna brzina istrujavanja na distribucijskim rešetkama ne smije biti iznad 3 m/s. Za odabir otvora koristi se softver "AURA Select" proizvođača "Klimaoprema". Za dobavu kondicioniranog zraka u svim se prostorijama koriste pravokutni dvosmjerni distributeri sa zakretnim lopaticama tip-a "ANA 2" proizvođača "Klimaoprema".



Slika 2. Dvosmjerni distributer zraka "ANA 2 L"

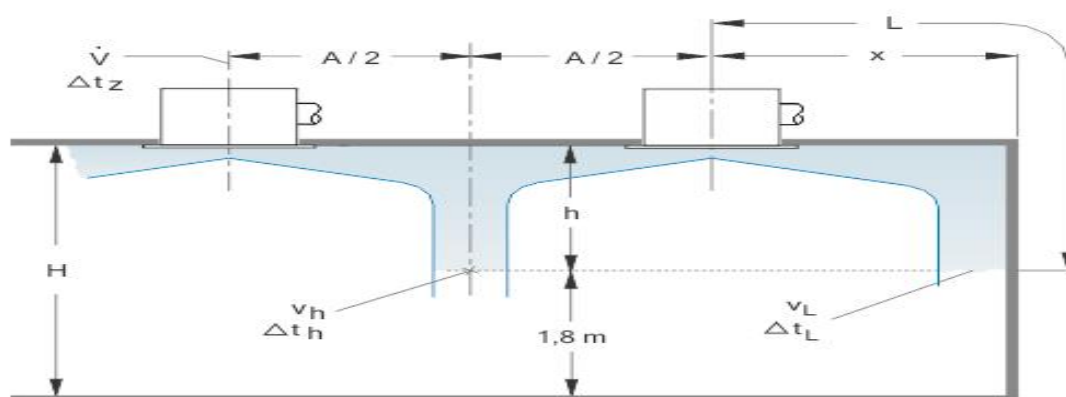
Za odsis zraka iz kondicioniranog prostora koriste se ventilacijske rešetke "OAH 1 L" proizvođača "Klimaoprema".



Slika 3. Odsisna rešetka "OAH 1 L"

Restoran P 01:

- tlačni distributeri zraka ANA 2 L 825x225mm



Slika 4. Prikaz parametara distributora zraka

Na tablici prikazani su podaci za navedeni primjer.

Tablica 5. Podaci za distributere zraka u restoranu

Volumni protok V [m^3/h]	400	Brzina zraka v_h [m/h]	0.38
Udaljenost A [m]	6	Temperaturna razlika d_{th} [ΔT]	-0.4
Udaljenost B [m]	-	Brzina zraka v_L [m/h]	0.4
Udaljenost X [m]	4	Temperaturna razlika d_{tL} [ΔT]	-0.4
Udaljenost H [m]	3.3	Efektivna površina A_{ef} [m^2]	0.04
Temperaturna razlika d_{tz} [ΔT]	-6	Efektivna brzina istrujavanja v_{ef} [m/h]	2.78
Pad tlaka [Pa]	<20	Razina zvuka [dBA]	<30

- odsisni distributeri zraka OAH L 825x125mm

Tablica 6. Podaci za odisne rešetke u restoranu

Volumni protok V [m^3/h]	400	Pad tlaka [Pa]	<10
Efektivna površina A_{ef} [m^2]	0.058	Razina zvuka [dBA]	<20
Efektivna brzina istrujavanja v_{ef} [m/h]	1,92		

Separe lijevi P 02:

- tlačni distributeri zraka ANA 2 L 1225x225mm

U tablici su prikazani podaci za navedeni primjer.

Tablica 7. Podaci za distributere zraka u lijevom separeu

Volumni protok V [m^3/h]	600	Pad tlaka [Pa]	<20
Efektivna površina A_{ef} [m^2]	0.06	Razina zvuka [dBA]	<30
Efektivna brzina istrujavanja v_{ef} [m/h]	2.78		

- odsisni distributeri zraka OAH L 825x125mm

Tablica 8. Podaci za odsisne rešetke u lijevom separeu

Volumni protok V [m ³ /h]	600	Pad tlaka [Pa]	<10
Efektivna površina A _{ef} [m ²]	0.058	Razina zvuka [dBA]	<20
Efektivna brzina istrujavanja v _{ef} [m/h]	2,78		

Separe desni P 03:

- tlačni distributeri zraka ANA 2 L 1225x225mm

U tablici su prikazani podaci za navedeni primjer.

Tablica 9. Podaci za distributere zraka u desnom separeu

Volumni protok V [m ³ /h]	600	Pad tlaka [Pa]	<20
Efektivna površina A _{ef} [m ²]	0.06	Razina zvuka [dBA]	<30
Efektivna brzina istrujavanja v _{ef} [m/h]	2.78		

- odsisni distributeri zraka OAH L 825x125mm

Tablica 10. Podaci za odsisne rešetke u desnom separeu

Volumni protok V [m ³ /h]	600	Pad tlaka [Pa]	<10
Efektivna površina A _{ef} [m ²]	0.058	Razina zvuka [dBA]	<20
Efektivna brzina istrujavanja v _{ef} [m/h]	2,78		

Kuhinja P 06:

- tlačni distributeri zraka ANA 2 L 825x225mm

U tablici su prikazani podaci za navedeni primjer.

Tablica 11. Podaci za distributere zraka u kuhinji

Volumni protok V [m ³ /h]	400	Pad tlaka [Pa]	<20
Efektivna površina A _{ef} [m ²]	0.04	Razina zvuka [dBA]	<30
Efektivna brzina istrujavanja v _{ef} [m/h]	2.78		

5.3. Odabir regulatora varijabilnog protoka

Regulatori varijabilnog protoka (VAV) koriste se za regulaciju količine zraka koji se sustavom prisilne ventilacije dovodi i odvodi iz prostorije. Time se omogućava prilagodba ventilacijskog sustava stvarnim potrebama čime se postižu značajne uštede u pogonskim troškovima. Regulator varijabilnog protoka zraka omogućava:

- regulaciju volumena protoka zraka prema zadanoj vrijednosti
- tvorničko namještanje parametara prema zahtjevima
- visoku točnost regulacije
- nije potrebno održavanje.



Slika 5. Regulator varijabilnog protoka

Odabrani su regulatori tipa: VAV 2 -RVP-P pravokutnog oblika, proizvođača „Klimaoprema“. Veličine za prostorije su:

Restoran P 01:

- Tlačni i odsisni kanal 2 RVP - P 800 x 400 ,

Tablica 12. Podaci za regulator varijabilnog protoka za restoran

Minimalni volumni protok V_{min} [m^3/h]	2 005	Efektivna površina A_{ef} [m^2]	0.2720
Maksimalni volumni protok V_{max} [m^3/h]	11 520	Efektivna brzina strujanja v_{ef} [m/h]	6,54
Odabrani volumni protok V_{nom} [m^3/h]	6 400		

Separe lijevi P 02:

- Tlačni i odsisni kanal 2 RVP - P 300 x 300 x 2 kom

Tablica 13. Podaci za regulator varijabilnog protoka za lijevi separe

Minimalni volumni protok V_{min} [m^3/h]	570	Efektivna površina A_{ef} [m^2]	0.0765
Maksimalni volumni protok V_{max} [m^3/h]	3 240	Efektivna brzina strujanja v_{ef} [m/h]	6,54
Odabrani volumni protok V_{nom} [m^3/h]	1 800		

Separe desni P 03:

- Tlačni i odsisni kanal 2 RVP - P 300 x 300 x 2 kom

Tablica 14. Podaci za regulator varijabilnog protoka za desni separe

Minimalni volumni protok V_{min} [m^3/h]	570	Efektivna površina A_{ef} [m^2]	0.0765
Maksimalni volumni protok V_{max} [m^3/h]	3 240	Efektivna brzina strujanja v_{ef} [m/h]	4,36
Odabrani volumni protok V_{nom} [m^3/h]	1 200		

Kuhinja P 06:

- Tlačni kanal 2 RVP - P 300 x 300 x 1 kom

Tablica 15. Podaci za regulator varijabilnog protoka za kuhinju

Minimalni volumni protok V_{min} [m^3/h]	570	Efektivna površina A_{ef} [m^2]	0.0765
Maksimalni volumni protok V_{max} [m^3/h]	3 240	Efektivna brzina strujanja v_{ef} [m/h]	7,26
Odabrani volumni protok V_{nom} [m^3/h]	2 000		

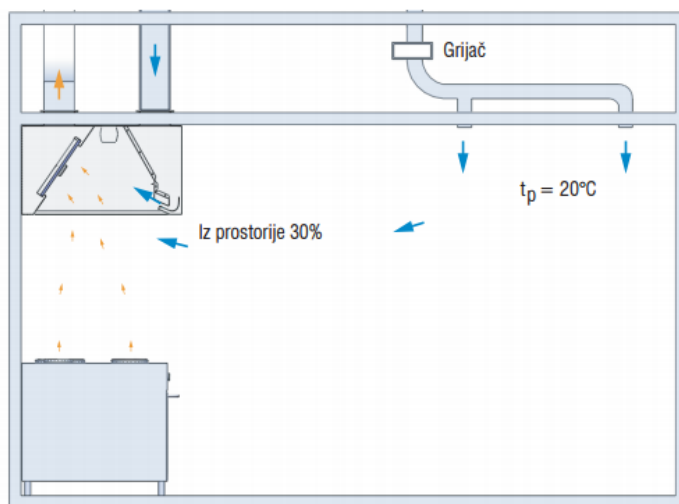
Sa pogonom regulatora upravlja osjetnik CO_2 i osjetnik temperature. Osjetnik ima mogućnost namještanja minimalne i maksimalne vrijednosti protoka zraka koji se odvodi i dovodi iz prostorije. Osjetnik je integriran u sobni kontroler "Codis 35 VAV" proizvođača "Koer" namijenjen za zidnu ugradnju.

**Slika 6. Sobni kontroler "Codis 35 VAV" za regulator VAV**

Za svaku prostoriju namjenjen je sobni kontroler, osim za kuhinju gdje se regulira paralelno uz kuhinjske nape.

5.4. Odabir kuhinjske nape

Za odsis zraka iznad toplih ploha kuhinje usvojene su tri kuhinjske središnje ekonomične nape. Eko napa u odnosu na običnu napu radi sa približno 75% vanjskog negrijanog zraka koji se dovodi zasebnim ventilatorom i kanalom, te se unutar same nape kroz podesivi prorez profila mlaznice ubacuje na odsisne filtere. Kanali sa vanjskim dovodom negrijanog zraka su toplinski izolirani. Predviđena napa je izrađena od nehrđajućeg čeličnog lima (NiCr - INOX) i opremljena je filterima i rasvjetnim tijelima. Odsisavanje zraka sa napa je predviđeno putem krovnog ventilatora otpornog na temperaturu do 120°C. Ukupno su predviđena tri krovna ventilatora. Zrak za nape se kroz kanal direktno izbacuje u kuhinjsku napu.



Slika 7. Kuhinjska eko napa "NEZ 200x1600x1600"

Predviđene su tri kuhinjske nape oznake NEZ - 2000x1600x600 sa nominalnom količinom odsisnog zraka od 3000 m³/h. Karakteristike kuhinjskih napa su:

Tablica 16. Podaci kuhinjske nape "NEZ - 2000x1600x1600"

Tipska dužina L	Br. filterskih jedinica	Nominalna količina odsisnog zraka	Priključak vanjskog zraka		Priključak otpadnog zraka	
			Broj priključaka	Dimenzije	Dimenzije	Broj priključaka
mm	Kom	m ³ /h	Kom	Kom	mm	mm
2000	8	3000	2	1200x210	1000x510	1

5.5. Proračun kanala za ventilaciju

Kanali za ventilaciju vode se iz strojarnice koja se nalazi na pozadini restorana. Kroz lijevi separe prolaze kanali za restoran i lijevi separe. Drugi odjeljak prolazi kroz strojarnicu klimatizacijske jedinice, te se račva za kuhinju i desni separe. Svi kanali su izvedeni u pravokutnom obliku.

Tablica 17. Pad tlaka za dobavni kanal

Dionica	<i>I</i>	<i>V_h</i>	<i>v</i>	<i>A</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d_{ekv}</i>	<i>A'</i>	<i>v'</i>	<i>R</i>	<i>RI</i>	$\Sigma\zeta$	<i>P_{din}</i>	<i>Z</i>	<i>RI + Z</i>
	m	m³/h	m/s	m²	m	m	m	m²	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	4,35	11400	8	0,38	0,80	0,55	0,72	0,44	6,9	1,25	5,44	0,84	28,4	23,8	29,3
2	1,88	8200	8	0,27	0,80	0,4	0,61	0,32	6,9	1,15	2,16	0,05	28,2	1,4	3,6
3	6,09	6400	7	0,25	0,80	0,4	0,61	0,32	5,6	0,95	5,79	0,07	18,5	1,3	7,1
4	7,8	3200	7	0,13	0,65	0,25	0,43	0,16	5,5	0,90	7,02	0,39	18,0	7,0	14,0
5	2,13	2800	6	0,13	0,60	0,25	0,41	0,15	5,2	0,75	1,60	0,39	16,1	6,3	7,9
6	2,44	2400	6	0,11	0,55	0,25	0,40	0,14	4,8	0,70	1,69	0,44	14,1	6,2	7,9
7	3,11	2000	5	0,11	0,50	0,25	0,38	0,13	4,4	0,68	2,11	0,49	11,9	5,8	7,9
8	3,21	1600	5	0,09	0,45	0,25	0,36	0,11	4,0	0,82	2,63	0,53	9,4	5,0	7,6
9	2,31	1200	4	0,08	0,40	0,25	0,34	0,10	3,3	0,80	1,85	0,56	6,7	3,7	5,6
10	2,67	800	4	0,06	0,35	0,25	0,32	0,09	2,5	0,65	1,74	0,58	3,9	2,2	4,0
11	2,31	400	3	0,04	0,35	0,25	0,32	0,09	1,3	0,39	0,90	0,58	1,0	0,6	1,5
Pad tlaka na regulatoru protoka															125,0
Pad tlaka na vanjskoj i unutarnjoj rešetci															80,0
Ukupni pad tlaka Σ															301,4

Tablica 18. Pad tlaka za odsisni kanal

Dionica	<i>I</i>	<i>V_h</i>	<i>v</i>	<i>A</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d_{ekv}</i>	<i>A'</i>	<i>v'</i>	<i>R</i>	<i>RI</i>	$\Sigma\zeta$	<i>P_{din}</i>	<i>Z</i>	<i>RI + Z</i>
	m	m³/h	m/s	m²	m	m	m	m²	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	7,35	8850	8	0,31	0,80	0,55	0,72	0,44	5,6	1,50	11,03	0,76	18,7	14,2	25,2
2	2,5	7550	7	0,30	0,80	0,40	0,61	0,32	6,6	1,30	3,25	0,07	25,8	1,8	5,1
3	1,95	5600	6	0,26	0,80	0,40	0,61	0,32	4,9	1,15	2,24	0,39	14,2	5,5	7,8
4	16,81	3200	5	0,18	0,65	0,25	0,43	0,16	5,5	0,85	14,29	0,39	18,0	7,0	21,3
5	2,42	2800	5	0,16	0,60	0,25	0,41	0,15	5,2	0,81	1,96	0,44	16,1	7,1	9,1
6	2,44	2400	5	0,13	0,55	0,25	0,40	0,14	4,8	0,71	1,69	0,53	14,1	7,5	9,2
7	2,68	2000	5	0,11	0,50	0,25	0,38	0,13	4,4	0,67	1,80	0,56	11,9	6,6	8,4
8	4,15	1600	4	0,11	0,45	0,25	0,36	0,11	4,0	0,85	3,53	0,58	9,4	5,4	9,0
9	2,13	1200	4	0,08	0,40	0,25	0,34	0,10	3,3	0,72	1,53	0,62	6,7	4,1	5,7
10	2,17	800	3	0,07	0,35	0,25	0,32	0,09	2,5	0,35	0,76	0,62	3,9	2,4	3,2
11	2,31	400	2	0,06	0,35	0,25	0,32	0,09	1,3	0,29	0,67	1,11	1,0	1,1	1,7
Pad tlaka na regulatoru protoka															100,0
Pad tlaka na vanjskoj i unutarnjoj rešetci															45,0
Ukupni pad tlaka Σ															250,7

Ukupni pad tlaka dobavnog kanala iznosi 302 Pa, dok za odsisni kanal iznosi 251 Pa..

5.6. Odabir kanalskih ventilatora sanitarnih prostorija

Za sanitarne prostore potrebna su četiri ventilatora, odnosno za svaku sanitarnu prostoriju od 80 m³/h. Kanali za ventilaciju su Ø100 s okruglim limenim kanalom debljine 0,6mm.



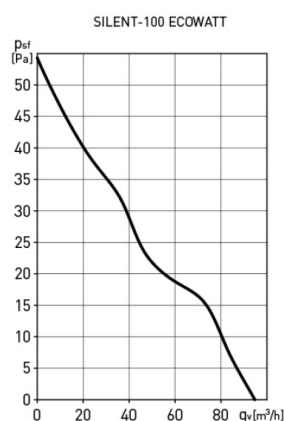
Slika 8. Ventilator za sanitarne prostorije

Za sanitarne prostorije prikazan je pad tlaka cjevovoda u sljedećoj tablici.

Tablica 19. Pad tlaka cjevovoda za ventilaciju sanitarnih prostorija

Dionica	I	V_h	V_s	v	A	d	A'	v'	R	RI	$\Sigma\zeta$	P_{din}	Z	$RI + Z$
	m	m ³ /h	m ³ /s	m/s	m ²	m	m ²	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	4,20	100	0,03	4	0,01	0,10	0,01	3,8	1,50	6,30	0,07	18,7	1,3	7,4

Odabrani su ventilatori SILENT-100 ECOWATT za svaku sanitarnu prostoriju, protoka 80 m³/h za otpor strujanja od 10 Pa.



Slika 9. Radne karakteristike ventilatora SILENT-100 ECOWATT

Zrak se za sve prostorije dobavlja iz hodnika kroz dobavne rešetke ugrađene na vrata.

Odabrana rešetka je tvrtke "Klimaoprema" tip "OAS-R 425x125mm".

5.7. Dimenzioniranje klimatizacijske jedinice

Za pokrivanje projektnog toplinskog opterećenja koristi se dvocijevni sustav grijanja člankastim radijatorima dok se za pokrivanje ventilacijskih gubitaka uslijed mehaničke ventilacije koristi klimatizacijska jedinica. Klimatizacijska jedinica se također koristi za pokrivanje ukupnog projektnog rashladnog opterećenja. Kako bi direktno ubacivanje vanjskog zraka u zonu boravka bilo energetski nepovoljno potrebno je zrak dovesti u stanje prihvatljivo za ubacivanje. Stoga će se u klimatizacijskoj jedinici zrak zimi grijati na temperaturu od 20°C. U ljetnom režimu priprema vanjskog zraka biti će od 20 do 16°C zavisno o povratnom stanju zraka. Klimatizacijska jedinica će raditi bez miješanja vanjskog i povratnog zraka, odnosno sa 100% svježeg zraka.

5.7.1. Određivanje procesa pripreme zraka

Kako bi se mogla dimenzionirati klimatizacijska jedinica te odabrati sve komponente za ispravan rad, potrebno je odrediti kako će se termodinamički procesi sa vlažnim uzduhom voditi kako bi se postigla odgovarajuća temperatura na izlazu iz klimatizacijske jedinice.

Projektni vanjske temperature za Split su:

- Zima: $\vartheta_{vz} = -3,0 \text{ °C}$, $\varphi_{vz} = 90\%$, $x_{vz} = 2,75 \text{ g/kg}$
- Ljeto : $\vartheta_{vz} = 32,9 \text{ °C}$, $\varphi_{vz} = 30\%$, $x_{vz} = 9,50 \text{ g/kg}$

Projektni unutarnji uvjeti su:

- Zima: 22 °C , $x_{pz} = x_{vz} + \frac{\phi_{lat.uk} \cdot 3600}{\rho \cdot r_o \cdot V_{DZ}} = 3,68 \text{ [g}_w\text{/kg}_{zr}]$, $\varphi_{pz} = 22\%$,
- Ljeto : 24 °C , $x_{pz} = x_{vz} + \frac{\phi_{lat.uk} \cdot 3600}{\rho \cdot r_o \cdot V_{DZ}} = 10,43 \text{ [g}_w\text{/kg}_{zr}]$, $\varphi_{pz} = 52\%$,

Klimatizacijska jedinica se sastoji od dobavnog kanala, odsisnog kanala, pločastog rekuperatora, grijača, hladnjaka te filterske sekcije i automatike. Proračun te odabir komponenata klimatizacijske jedinice proveden je pomoću Daikin ureda Zagreb gdje su, prema podacima, dobivene vrijednosti komponenata klimatizacijske jedinice.

5.7.2. Zimski period

Željeno stanje zraka za ubacivanje u zonu boravka je u zimskom razdoblju je 20°C kako bi se unutar zone boravka održavali željeni temperaturni uvjeti. Prije dimenzioniranja potrebno je poznavati karakteristike opreme klimatizacijske jedinice a to su:

- pad tlaka svih komponenata klimatizacijske jedinice zbog snage ventilatora
- vrijednost stupnja povrata topline u rekuperatoru, na strani dobavnog i odsisnog zraka
- karakteristike ventilatora.

Prema uputama od proizvođača Daikin za konkretan slučaj dobiveni su podaci:

- pad tlaka tlačnog ventilatora 880 Pa, uz protok 11 400 m³/h, te efikasnost od 65%
- pad tlaka odsisnog ventilatora 750 Pa, uz protok 8 850 m³/h, te efikasnost od 65%
- stupanj povrata topline u pločastom rekuperatoru na strani dobavnog kanala 65%, dok je na strani odsisnog kanala 85%.

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

- Točka 1. Stanje dobavnog zraka

$$\vartheta_1 = -3 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\varphi_1 = 90\%,$$

$$x_1 = 2,75 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitane vrijednost iz h-x dijagrama:

$$h_1 = 4,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_1 = 1,225 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 2. Stanje dobavnog zraka poslije pločastog rekuperatora

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 + 0,65 (\vartheta_6 - \vartheta_1) \text{ , gdje je } \vartheta_6 \text{ temp. povratnog zraka poslije ventilatora}$$

$$g_6 = g_5 + \frac{\Delta p_{pz} \cdot V_{pz}}{\eta \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_{pz}} = 22 + \frac{750}{0,65 \cdot 1,2 \cdot 1005} = 22,96^{\circ}\text{C}$$

$$\text{pa je: } \vartheta_2 = -3 + 0,65 (22,96 + 3) = 13,88 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$x_2 = 2,75 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitane vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\varphi_2 = 26\%,$$

$$h_2 = 21,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_2 = 1,151 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 3. Stanje dobavnog zraka poslje ventilatora

$$\vartheta_3 = \vartheta_2 + \frac{\Delta p_{dz} \cdot V_{dz}}{\eta \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_{dz}} = 13,88 + \frac{880}{0,65 \cdot 1,2 \cdot 1005} = 15,00^\circ\text{C}$$

$$x_3 = 2,75 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitane vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\varphi_3 = 25\%,$$

$$h_3 = 22,50 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_3 = 1,149 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 4. Stanje dobavnog zraka poslje grijača

$$\vartheta_4 = 20,00^\circ\text{C},$$

$$x_4 = 2,75 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitane vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\varphi_4 = 18\%,$$

$$h_4 = 27,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_4 = 1,125 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 5. Stanje povratnog zraka:

$$\vartheta_5 = 22^\circ\text{C},$$

$$x_5 = x_4 + \frac{\phi_{lat,uk}}{\rho \cdot r_o \cdot V_{dz}} = 2,75 + \frac{8800 \cdot 3600}{1,2 \cdot 2500 \cdot 11400} = 3,68 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitane vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\varphi_5 = 22\%,$$

$$h_5 = 33,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_5 = 1,110 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 6. Stanje povratnog zraka poslije ventilatora:

$$\vartheta_6 = 22,96^\circ\text{C},$$

$$x_6 = 3,68 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitanje vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\phi_6 = 20\%,$$

$$h_6 = 32,50 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_6 = 1,192 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 7. Stanje povratnog zraka iza rekuperatora

Snaga rekuperatora mora biti jednaka za dobavni i odsisni kanal.

Tada se može izračunati temperatura u točki 7 prema formuli.:

$$\phi_{pov.top} = \frac{V_{dz}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (g_2 - g_1) = \frac{V_{pz}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (g_7 - g_6) [W]$$

$$g_7 = g_6 - \frac{V_{dz} \cdot (g_2 - g_1)}{V_{pz}} = 22,96 - \frac{11400 \cdot (13,88 + 3)}{8850} = 1,22^\circ C$$

$$x_7 = 3,68 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitanje vrijednosti iz h-x dijagrama:

$$\phi_7 = 90\%,$$

$$h_7 = 13,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_7 = 1,192 \text{ kg/m}^3$$

U sljedećoj tablici prikazani su svi podaci za zimski režim rada klimatizacijske jedinice.

Tablica 20. Točke procesa u h-x dijagramu za zimski režim

Točka	Opis stanja	θ	φ	x	h	ρ
		°C	%	g _w /kg _{zr}	kJ/kg	kg/m ³
Dobavni zrak DZ						
1	Vanjski zrak	-3,00	90	2,75	4,00	1,225
2	Poslije rekuperatora	13,88	26	2,75	21,00	1,151
3	Poslije ventilatora	15,00	25	2,75	22,50	1,149
4	Poslije grijača	20,00	18	2,75	27,00	1,125
Povratni zrak PZ						
5	Povrati zrak	22,00	22	3,68	33,00	1,110
6	Poslije ventilatora	22,96	20	3,68	32,50	1,115
7	Poslije rekuperatora	1,22	90	3,68	13,00	1,192

Kapacitet grijača računa se prema formuli:

$$\Phi_{GR} = \frac{V_{dz}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\theta_4 - \theta_3) [W]$$

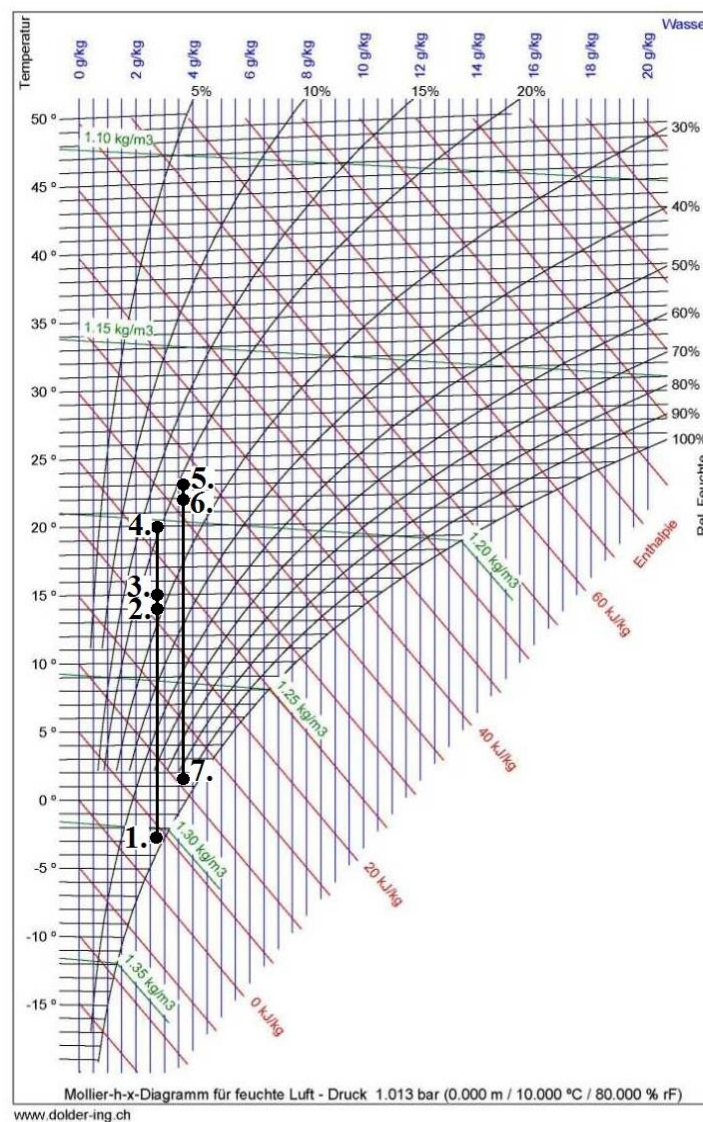
$$\Phi_{GR} = \frac{11\,400}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1,005 \cdot (20,00 - 15,00) = 19,00 [kW]$$

Kapacitet pločastog rekuperatora u grijanju računa se prema formuli:

$$\Phi_{pov.top} = \frac{V_{dz}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\theta_2 - \theta_1) [W]$$

$$\Phi_{pov.top} = \frac{11\,400}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1,005 \cdot (13,88 + 3,00) = 64,46 [kW]$$

Cijeli proces za zimski režim prikazan je u h-x dijagramu:



Slika 10. Proces klimatizacijske jedinice u h-x dijagramu za zimski režim

5.7.3. Ljetni period

Željeno stanje zraka za ubacivanje u zonu boravka u ljetnom razdoblju je od 16 do 20°C kako bi se unutar zone boravka održavali projektni uvjeti. Prije dimenzioniranja potrebno je poznavati karakteristike opreme klimatizacijske jedinice a to su:

- pad tlaka svih komponenata klimatizacijske jedinice zbog snage ventilatora
- vrijednost stupnja povrata topline u rekuperatoru, na strani dobavnog i odsisnog zraka
- karakteristike ventilatora.

Prema uputama od proizvođača Daikin za konkretan slučaj dobiveni su podaci:

- pad tlaka tlačnog ventilatora 880 Pa, uz protok 11 400 m³/h, te efikasnost od 65%
- pad tlaka odsisnog ventilatora 750 Pa, uz protok 8 850 m³/h, te efikasnost od 65%
- stupanj povrata topline u pločastom rekuperatoru na strani dobavnog kanala 65%, dok je na strani odsisnog kanala 85%.

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

- Točka 1. Stanje dobavnog zraka:

$$\vartheta_1 = 32,90 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\varphi_1 = 30\%,$$

$$x_1 = 9,50 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitane vrijednost iz h-x dijagrama:

$$h_1 = 56,50 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_1 = 1,078 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 2. Stanje dobavnog zraka poslije pločastog rekuperatora:

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 + 0,65 (\vartheta_6 - \vartheta_1) \text{ , gdje je } \vartheta_6 \text{ temp. povratnog zraka poslije ventilatora}$$

$$\vartheta_6 = \vartheta_5 + \frac{\Delta p_{pz} \cdot V_{pz}}{\eta \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_{pz}} = 24 + \frac{750}{0,65 \cdot 1,2 \cdot 1005} = 24,96^{\circ}\text{C}$$

$$\text{pa je: } \vartheta_2 = 32,90 + 0,65 (24,96 - 32,90) = 27,74 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$x_2 = 9,50 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitane vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\varphi_2 = 43\%,$$

$$h_2 = 50,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_2 = 1,100 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 3. Stanje dobavnog zraka poslije ventilatora:

$$\vartheta_3 = \vartheta_2 + \frac{\Delta p_{dz} \cdot V_{dz}}{\eta \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_{dz}} = 27,74 + \frac{880}{0,65 \cdot 1,2 \cdot 1005} = 28,86^\circ\text{C}$$

$$x_3 = 9,50 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitanje vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\varphi_3 = 38\%,$$

$$h_3 = 54,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_3 = 1,091 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 4. Stanje dobavnog zraka poslije hladnjaka:

$$\vartheta_4 = 16,00^\circ\text{C},$$

$$x_4 = 9,50 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitanje vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\varphi_4 = 78\%,$$

$$h_4 = 40,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_4 = 1,140 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 5. Stanje povratnog zraka:

$$\vartheta_5 = 24^\circ\text{C},$$

$$x_5 = x_4 + \frac{\phi_{lat,uk}}{\rho \cdot r_o \cdot V_{dz}} = 9,50 + \frac{8800 \cdot 3600}{1,2 \cdot 2500 \cdot 11400} = 10,43 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitanje vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\varphi_5 = 52\%,$$

$$h_5 = 50,30 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_5 = 1,085 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 6. Stanje povratnog zraka poslije ventilatora:

$$\vartheta_6 = 24,96^\circ\text{C},$$

$$x_6 = 10,43 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitanje vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\phi_6 = 50\%,$$

$$h_6 = 52,00 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_6 = 1,105 \text{ kg/m}^3$$

- Točka 7. Stanje povratnog zraka iza rekuperatora

Temperatura se računa preko snage rekuperatora prema formuli:

$$\phi_{\text{pov.top}} = \frac{V_{dz}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (g_2 - g_1) = \frac{V_{pz}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (g_7 - g_6) \text{ [W]}$$

$$g_7 = g_6 - \frac{V_{dz} \cdot (g_2 - g_1)}{V_{pz}} = 24,96 - \frac{11400 \cdot (27,74 - 32,90)}{8850} = 31,60^\circ\text{C}$$

$$x_7 = 10,43 \text{ g}_w/\text{kg}_{zr}$$

očitanje vrijednost iz h-x dijagrama:

$$\phi_7 = 75\%,$$

$$h_7 = 44,80 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_7 = 1,30 \text{ kg/m}^3$$

U sljedećoj tablici prikazani su svi podaci za zimski režim rada klimatizacijske jedinice.

Tablica 21. Točke procesa u h-x dijagramu za ljetni režim

Točka	Opis stanja	θ	φ	x	h	ρ
		°C	%	g _w /kg _{zr}	kJ/kg	kg/m ³
Dobavni zrak DZ						
1	Vanjski zrak	32,90	32	9,50	55,00	1,150
2	Poslije rekuperatora	27,74	41	9,50	52,00	1,165
3	Poslije ventilatora	28,86	39	9,50	53,00	1,160
4	Poslije hladnjaka	16,00	85	9,50	40,00	1,220
Povratni zrak PZ						
5	Povratni zrak	24,00	52	10,43	51,00	1,185
6	Poslije ventilatora	24,92	50	10,43	52,00	1,180
7	Poslije rekuperatora	31,86	75	10,43	57,00	1,150

Kapacitet hladnjaka računa se prema formuli:

$$\Phi_{HL} = \frac{V_{dz}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\theta_3 - \theta_4) [W]$$

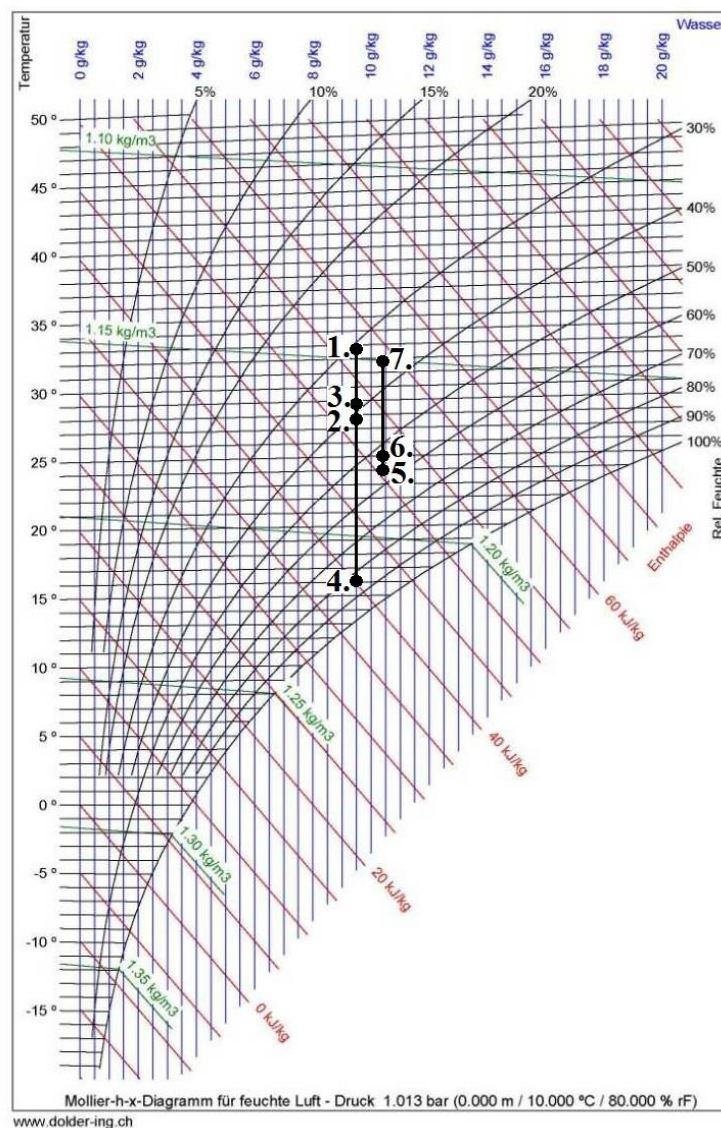
$$\Phi_{HL} = \frac{11\,400}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1,005 \cdot (28,86 - 16,00) = 49,11 [kW]$$

Kapacitet pločastog rekuperatora u hlađenju računa se prema formuli:

$$\Phi_{pov.top} = \frac{V_{dz}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\theta_1 - \theta_2) [W]$$

$$\Phi_{pov.top} = \frac{11\,400}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1,005 \cdot (32,90 - 27,74) = 19,70 [kW]$$

Cijeli proces za ljetni režim prikazan je u h-x dijagramu:



Slika 11. Proces klimatizacijske jedinice u h-x dijagramu za ljetni režim

5.7.4. Konstrukcija klimatizacijske jedinice

Klimatizacijska jedinica namijenjena je za unutarnju ugradnju iza restorana. Isporučuje se u 4 sekcije koje se na mjestu ugradnje povezuju u funkcionalnu cjelinu. Vanjski okvir klimatizacijske jedinice izrađen je od aluminijske debljine 50 mm te se klimatizacijska jedinica postavlja na naprijed montirano postolje debljine 120 mm. Kako bi se osigurala funkcionalnost te ispravan rad klimatizacijske jedinice, potrebno ju je opremiti svim potrebnim komponentama i regulatorima za siguran i automatski rad. Da bi zrak za ventilaciju bio odgovarajuće kvalitete, sekciju zraka za dobavu zraka potrebno je opremiti odgovarajućim filterima. Za to se koriste vrećasti filter klase F7. Filteri se postavljaju u dobavnu sekciju na samom ulazu nakon regulacijske žaluzije. S obzirom da klimatizacijska jedinica radi sa 100 % vanjskog zraka, u sekciju za odsis smjestit će se filter F7 s ciljem zaštite ventilatora i rekuperatora od nečistoća iz povratnog zraka.



Slika 12. Vrećasti filter klimatizacijske jedinice

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



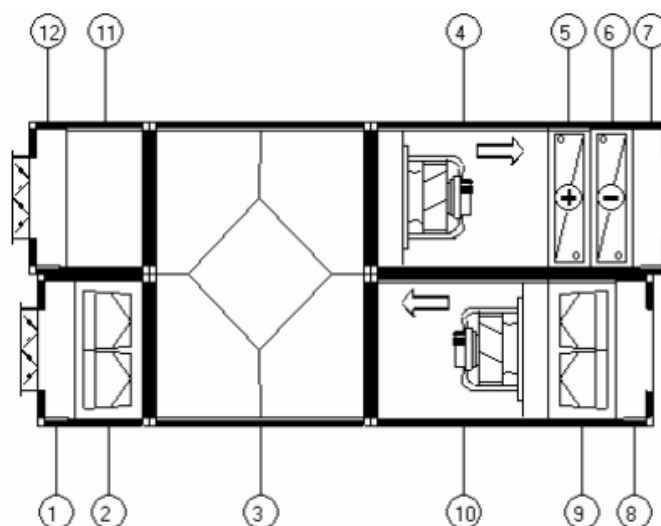
Slika 13. Regulacijske žaluzine klimatizacijske jedinice

Kako bi se pojedine komponente klimatizacijske jedinice mogle čistiti ili servisirati potrebno je na odgovarajućim mjestima osigurati inspekcijske otvore. U ovome slučaju klimatizacijska jedinica imaće četiri inspekcijska otvora.

Vanjske dimenzije klimatizacijske jedinice:

- dužina 5530mm
- širina: 1300mm
- visina: 2980mm

Komponente klimatizacijske jedinice su odabrani u softveru Daikin.



Slika 14. Komponente klimatizacijske jedinice Daikin

Komponenta 1: Regulacijska žaluzina vanjskog zraka motornim pogonom

Dimenzije: Visina 710mm, Širina 1200mm

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 16,90 Pa

Komponenta 2: Vrećasti sintetički filter klase F7 sa dif. presostatom, energetske klase A

Dimenzije: Visina 610mm, Širina 610mm

Brzina nastrujavanja zraka: 2,3 m/s

Pad tlaka na strani dobavnog zraka:

Čist filter: 60 Pa

Zaprljan: 130 Pa

Jako zaprljan: 200 Pa

Osjetnik difrencijalnog tlaka od 50 do 500 Pa

Komponenta 3: Pločasti rekuperator topline,

Dimenzije: Visina: 2790mm, Širina: 1300mm, Dužina: 2880mm

Snaga na grijanju: 64,46 kW

Protok dobavnog kanala: 11 400 m³/h

Ulazna temperatura zraka dobavnog kanala: -3,00 °C

Izlazna temperatura zraka dobavnog kanala: 13,88 °C

Efikasnost povrata topline na strani dobavnog zraka: 65%

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 335 Pa

Protok povratnog kanala: 8 850 m³/h

Ulazna temperatura zraka povratnog kanala: 22,96 °C

Izlazna temperatura zraka povratnog kanala: 1,22 °C

Efikasnost povrata topline na strani povratnog zraka: 85%

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 238 Pa

Snaga na hlađenju: 19,70 kW

Protok dobavnog kanala: 11 400 m³/h

Ulazna temperatura zraka dobavnog kanala: 32,90 °C

Izlazna temperatura zraka dobavnog kanala: 27,74 °C

Efikasnost povrata topline na strani dobavnog zraka: 65%

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 376 Pa

Protok povratnog kanala: 8 850 m³/h

Ulazna temperatura zraka dobavnog kanala: 24,92 °C

Izlazna temperatura zraka dobavnog kanala: 31,86 °C

Efikasnost povrata topline na strani dobavnog zraka: 85%

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 255 Pa

Komponenta 4: Tlačni ventilator karakteristika:

Protok dobavnog kanala: 11 400 m³/h

Električna snaga: 4,11 kW

Ukupna efikasnost: 65%

Dinamički pad tlaka: 60 Pa

Statički pad tlaka: 820 Pa

Ukupni pad tlaka: 880 Pa

Dodatak: Frekvencijski regulator okretaja SIEMENS, te
difrencijalnim presostatom i LCD controlorom

Komponenta 5: Toplovodni grijač

Protok dobavnog kanala: 11 400 m³/h

Ulazna temperatura dobavnog kanala: 15,00°C

Izlazna temperatura dobavnog kanala: 20,00°C

Snaga grijača: 19,00 kW

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 15 Pa

Brzina nastrujavanja zraka: 3,17 m³/s

Ulazna temperatura vode: 80 °C

Izlazna temperatura vode: 60 °C

Protok vode: 814 L/h

Pad tlaka na strani vode: 30 kPa

Dimenzije cijevi: Cu 16,45 x 0,4

Komponenta 6: Vodeni hladnjak

Protok dobavnog kanala: 11 400 m³/h

Ulazna temperatura dobavnog kanala: 28,86°C

Izlazna temperatura dobavnog kanal: 16,00°C

Snaga hladnjaka: 49,11 kW

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 25 Pa

Brzina nastrujavanja zraka: 3,17 m³/s

Ulazna temperatura vode: 7 °C

Izlazna temperatura vode: 12 °C

Protok vode: 8420 L/h

Pad tlaka na strani vode: 20 kPa

Dimenzije cijevi: Cu 16,45 x 0,4

Komponenta 7: Regulacijska žaluzina dobavnog zraka

Dimenzije: Visina 710mm, Širina 1200mm

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 5,00 Pa

Komponenta 8: Regulacijska žaluzina povratnog zraka

Dimenzije: Visina 710mm, Širina 1200mm

Pad tlaka na strani dobavnog zraka: 5,00 Pa

Komponenta 9: Vrećasti sintetički filter klase F7 sa dif. presostatom, energetske klase A

Dimenzije: Visina 610mm, Širina 610mm

Brzina nastrujavanja zraka: 2,46 m/s

Pad tlaka na strani dobavnog zraka:

Čist filter: 65 Pa

Zaprljan: 135 Pa

Jako zaprljan: 200 Pa

Osjetnik difrencijalnog tlaka od 50 do 500 Pa

Komponenta 10: Odsisni ventilator karakteristika:

Protok povratnog kanala: 8 850 m³/h

Električna snaga: 2,72 kW

Ukupna efikasnost: 65%

Dinamički pad tlaka: 35 Pa

Statički pad tlaka: 715 Pa

Ukupni pad tlaka: 750 Pa

Dodatak: Frekvencijski regulator okretaja SIEMENS, s
difrencijalnim presostatom i LCD controlorom

Komponenta 11: Međuprostor

Dužina: 450mm

Pad tlaka: 0 Pa

Komponenta 12: Regulacijska žaluzina povratnog zraka motornim pogonom

Dimenzije: Visina 710mm, Širina 1200mm

Pad tlaka na strani povratnog zraka: 13,90 Pa

6. PRORAČUN VODENOG SUSTAVA

6.1. Odabir ogrjevnih tijela

Kao ogrjevna tijela koriste se radijatori tip "ORION" visine 600 proizvođača "Lipovica". Radijatori su opremljeni sa svom potrebnom armaturom potrebnu za rad u dvocijevnom sustavu grijanja. Priključak ventila nalazi se sa donje strane radijatora, dok se termostatska glava ugrađuje sa gornje bočne strane. Na slici 15. prikazan je izgled radijatora.



Slika 15. Člankasti radijator "Orion 600/95"

Za toplovodno grijanje predviđen je temperaturni režim od 80/60 °C. Ogrjevni medij u radijatorima je omekšana ili demineralizirana voda. U manjim (individualnim) sustavima grijanja može za ogrjevni medij poslužiti i sirova voda. Učinak radijatora po članku prema normi EN442, određen je za temperaturni režim 75/65 °C, te temperaturu zraka od 20 °C.

Tablica 22. Tehničke karakteristike radijatora

ORION 600/95			
	Tehničke karakteristike		
A	Visina članka	mm	680
B	Priključna mjera	mm	600
C	Širina članka	mm	80
D	Ugradbena dubina	mm	95
	Masa članka	kg	1,54
	Sadržaj vode u članku	l	0,38
	Ogrijevna površina	m ² /čl	0,61
	Toplinski učin 75/65/20°C	W/čl	145
	Eksponent toplinskog učinka	n	1,33

Za zadani temperaturni režim i unutarnju temperaturu prostorija, potrebno je izračunati učinak radijatora za svaku prostoriju. Učinak članka u promjenjivim uvjetima se računa prema sljedećoj formuli:

$$\Phi_H = \Phi_{H,N} \cdot \left(\frac{\Delta\theta_m}{\Delta\theta_{m,N}} \right)^n$$

gdje su;

- $\Phi_{H,N}$ -učinak članka prema normi EN 442 , za temperaturni režim 75/65°C i temperaturi zraka od 20°C je
- $\Delta\theta_{m,N}$ -srednja temperaturna razlika između ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji prema EN 442
- $\Delta\theta_m$ -srednja temperaturna razlika između ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji prema zadanim uvjetima

Srednja temperaturna razlika prema EN 442 možemo izračunati prema sljedećoj formuli;

$$\Delta\theta_{m,N} = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln\left(\frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}\right)} = \frac{75 - 65}{\ln\left(\frac{75 - 20}{65 - 20}\right)} = 49,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Srednje temperaturne razlike prema zadanim uvjetima su;

$$\Delta\theta_m = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln\left(\frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}\right)} = \frac{80 - 60}{\ln\left(\frac{80 - 22}{60 - 22}\right)} = 47,29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Učinak članka u promjenjivim uvjetima su;

$$\Phi_H = 145 \cdot \left(\frac{47,29}{49,83} \right)^{1,33} = 138 \text{ W/}\ell$$

U tablici 23. prikazani su svi parametri instaliranih radijatora koji su dimenzionirani za rad u dvocijevnom sustavu grijanja u režimu grijanja 80/60 °C. U projektnim dokumentacijama tvrtke „Lipovica“ navedeni su toplinski učinci za sve temperaturne režime, te temperature prostorije. Oznake u Tablica:

- Φ_n - projektno toplinsko opterećenje prostorije;
- Φ_i - instalirani toplinski učinci prostorije;
- R - oznaka radijatora;
- Radijator - proizvođač, tip i dimenzija;
- Br. čl. - broj članaka radijatora ;
- $\Phi_{i(\text{rad})}$ - instalirani toplinski učinak radijatora u prostoriji;

Tablica 23. Popis instaliranih radijatora

P	Prostorija	ϑ_u	$\varnothing_n$	$\varnothing_i$	R	Radijator	Br. čl.	$\varnothing_{i(rad)}$
		°C	W	W	-	-	-	W
P 01	Restoran	22	10876	11040	RD-11	Lipovica Orion 600/95	20	2760
					RD-12	Lipovica Orion 600/95	20	2760
					RD-13	Lipovica Orion 600/95	20	2760
					RD-14	Lipovica Orion 600/95	20	2760
P 02	Separe lijevi	22	3245	4968	RD-21	Lipovica Orion 600/95	20	2760
					RD-22	Lipovica Orion 600/95	8	1104
					RD-23	Lipovica Orion 600/95	8	1104
P 03	Separe desni	22	2862	4968	RD-31	Lipovica Orion 600/95	20	2760
					RD-32	Lipovica Orion 600/95	8	1104
					RD-33	Lipovica Orion 600/95	8	1104

6.2. Odabir rashladnika vode

Za hlađenje vode režim 7/12 °C koristi se rashladnik vode "EWAQ050BAWP" proizvođača "Daikin" namijenjen za vanjsku ugradnju, smještenom na sjevernom zidu motela, iza skladišnog prostora, zbog razine buke koju uređaj proizvodi.



Slika 16. Rashladnik vode "EWAQ050BAWP"

Tehničke karakteristike rashladnika vode "EWAQ050BAWP":

- Rashladni učin: 49,70 kW za te 7/12°C
- Priključna snaga: 19,70 kW
- Regulacija učina: Inverterski upravljano
- EER: 2,52
- SEER: 4,12
- Dimenzije: V x Š x D 1684 x 2358 x 780 mm

- Težina: 571 kg
- Izmjenjivač topline na strani vode: Pločasti lemljeni
- Kompresor: Hermetički scroll
- Ventilator: aksijalni sa protokom zraka 370 m³/min
- Razina zvučne snage: 81 dB(A)
- Radno područje: -15-43°C
- Priključci vodenog kruga: 2" ženski
- Radna tvar: R-410A
- Napajanje: 3N-/50/400

Međuspremnik topline se u sustave hlađenja s rashladnicima vode ugrađuje iz nekoliko razloga. Smanjuje se učestalost pokretanja rashladnika, pokriva se vršna potrošnja, omogućuje se opskrba rashladne energije u vrijeme kada rashladnik iz nekog razloga prestane s radom te je moguć noćni rad sa jeftinijom strujom. Također je upotrebom međuspremnika osiguran konstantan protok vode kroz rashladnik što je izuzetno važno za ispravan rad samog rashladnika. Prema uputama proizvođača odabranog rashladnika "EWAQ050BAWP" odabire se međuspremnik "CAS-501" volumena 500 l.



Slika 17. Spremnik hladne vode "CAS - 501"

Rashladnik vode ima vlastiti regulator tip "BRC21A52" u kojem se mogu odrediti parametri rada uređaja. Rad uređaja se vodi prema vanjskoj temperaturi. Regulator nema žičane spojeve sa spremnikom već preko povratne temperature vode, očitava treba li raditi. U rashladniku postoji frekventno regulirana cirkulacijska pumpa, sigurnosni ventil, automatski ozdračni lončić, ekspanzijska posuda 10 l, hvatač nečistoća te sve komponente za pravilan rad sustava.

6.3. Proračun pada tlaka i odabir cirkulacijskih pumpi

Da bi se osigurala jednolika raspodjela topline, važno je da kritično ogrjevno/rashladno tijelo dobije potrebni protok vode. Najčešće je kritični grijač onaj koji je najdalje od pumpe, ali ako to nije sigurno onda je potrebno proračunati pad tlaka za sve ostale grijače. Ukupni pad tlaka je zbroj svih padova tlaka od pumpe do kritičnog grijača i ponovo natrag do pumpe s time da suma uvijek prati jedan smjer strujanja jer se nikad ne zbrajaju paralelno spojene dionice. Ukupni pad tlaka u cjevovodu računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$\Delta p_T = \Delta p_F + \Delta p_L \quad [Pa]$$

gdje je;

- Δp_F - pad tlaka uslijed trenja, koji se javljaju zbog površinske hrapavosti cijevi a računa se prema jednažbi:

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

- Δp_L - lokalni pad tlaka u elementima poput kotlova, ogrijevnih tijela, ventila, lukova, koljena T-spojeva itd., a računa se prema jednažbi;

$$\Delta p_L = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad [Pa]$$

Ukupni pad tlaka iznosi:

$$\Delta p_T = \left(\sum \lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = \sum R \cdot L + \sum Z \quad [Pa]$$

Za razvod tople i hladne vode koriste se bakrene cijevi.

6.3.1. Odabir pumpe radijatorskog grijanja restorana

Padu tlaka cjevovoda potrebno je dodati pad tlaka na regulacijskom ventilu radijatora te pad tlaka na samome radijatoru.

Tablica 24. Pad tlaka cjevovoda za radijatorsko grijanje

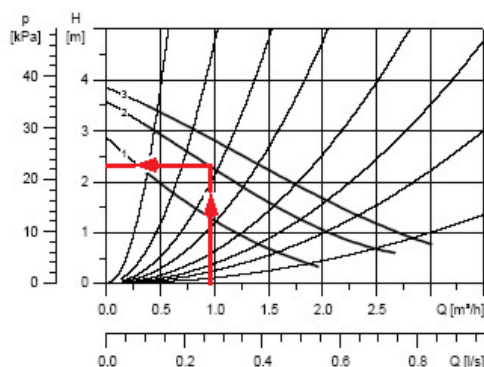
Dionica	Q	ΔT	qv	w	A	d	odabrano		w	R	L	R x L	ζ	Z	RL + Z
	W	°C	L/min	m/s	mm ²	mm	bakar	mm	m/s	Pa/m	m	Pa	-	Pa	Pa
1	1104	20	0,79	0,30	44	7	12	0,7	0,15	50	7,0	349	1,0	11	360
2	2208	20	1,58	0,30	88	11	15	0,75	0,18	51	9,9	506	3,0	50	556
3	4968	20	3,55	0,35	169	15	18	0,8	0,28	82	8,4	685	1,0	39	724
4	7728	20	5,52	0,35	263	18	22	1	0,29	68	8,2	563	1,0	43	605
5	10488	20	7,49	0,80	156	14	22	1	0,40	116	16,8	1948	1,1	85	2033
6	13248	20	9,46	0,80	197	16	28	1	0,30	50	8,3	415	1,0	44	459
7	16008	20	11,43	0,80	238	17	28	1	0,36	70	8,1	566	1,0	64	629
8	18768	20	13,41	0,80	279	19	28	1	0,42	92	9,0	824	3,0	263	1087
9	19872	20	14,19	0,80	296	19	28	1	0,45	101	6,6	671	1,1	103	774
10	20976	20	14,98	0,80	312	20	28	1	0,47	111	14,2	1583	1,1	114	1697
Pad tlaka u radijatoru															5000
Pad tlaka na ventilima															5000
Ukupni pad tlaka Σ															18923

Pumpa za grijanje restorana odabran je model proizvođača Grundfos tip "UPS 25-40"

sljedećih karakteristika:

- protok 898 L/h odnosno 0,9 m³/h
- pad tlaka 19 kPa

UPS 25-40



Slika 18. Karakteristike pumpe UPS 25-40

6.3.2. Odabir pumpe za grijač klimatizacijske jedinice

Padu tlaka cjevovoda za grijač klimatizacijske jedinice potrebno je dodati pad tlaka na regulacijskom ventilu grijača te pad tlaka na samome grijaču. Pad tlaka prikazan je u sljedećoj tablici:

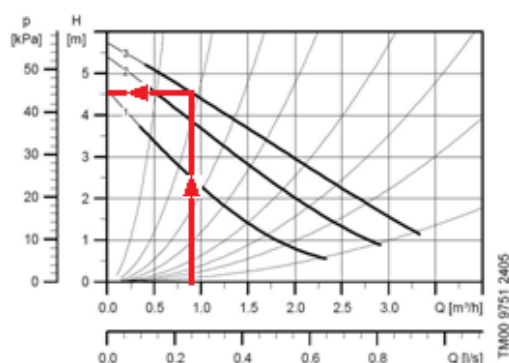
Tablica 25. Pad tlaka cjevovoda za grijač klimatizacijske jedinice

Q	ΔT	qv	w	A	d	odabrano		w	R	L	R x L	ζ	Z	RL + Z
W	°C	L/min	m/s	mm ²	mm	bakar	mm	m/s	Pa/m	m	Pa	-	Pa	Pa
19000	20	13,57	0,80	283	19	28	1	0,43	93	80	7514	3,0	270	7 784
Pad tlaka na troputnom ventilu Danfoss														7 500
Pad tlaka grijača klima komore														30 000
Ukupni pad tlaka Σ														42 284

Pumpa za grijač klima komore odabran je model: "Grundfos UPS 25-60" sa sljedećim karakteristikama:

- protok 814 L/h odnosno 0,8 m³/h
- pad tlaka 42,3 kPa

UPS 25-60



Slika 19. Karakteristike pumpe UPS 25-60

6.3.3. Odabir pumpe za hladnjak klimatizacijske jedinice

Padu tlaka cjevovoda za hladnjak klimatizacijske jedinice potrebno je dodati pad tlaka na regulacijskom ventilu grijača te pad tlaka na samome hladnjaku. Pad tlaka prikazan je u sljedećoj tablici:

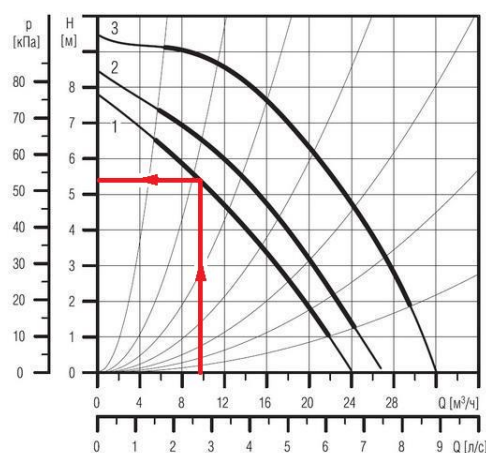
Tablica 26. Pad tlaka cjevovoda za hladnjak klimatizacijske jedinice

Q	ΔT	qv	w	A	d	odabrano		w	R	L	R x L	ζ	Z	RL + Z
W	°C	L/min	m/s	mm ²	mm	bakar	mm	m/s	Pa/m	m	Pa	-	Pa	Pa
49110	5	140,31	1,5	1522	35	54	2	1,28	198	60	11880	3,0	2447	14 327
Pad tlaka na troputnom ventili Danfoss														15 000
Pad tlaka grijača klima komore														30 000
Ukupni pad tlaka Σ														59 327

Pumpa za hladnjak klimatizacijske jedinice odabran je model: "Grundfos UPS 50-120F" sa sljedećim karakteristikama:

- protok 8440 L/h odnosno 8,4 m³/h
- pad tlaka 53,3 kPa

UPS 50-120 F
3 x 400 B, 50 Гц



Slika 20. Karakteritike pumpe UPS 50-120F

6.4. Proračun ekspanzijskih posuda

6.4.1. Ekspanzijska posuda instalacije hlađenja

Ekspanzijski sustav je dio sustava hlađenja koji preuzima povećanje volumena vode u sustavu, uslijed povišenja temperature vode. Za ovu primjenu izabran je zatvoreni ekspanzijski sustav koji nema direktnu vezu između ogrjevnog medija i okoliša. Da bi se dimenzionirala ekspanzijska posuda, potrebno je proračunati povećanje volumena vode u sustavu. Sustav hladne vode sadrži ukupno 520 l vode.

$$V_{sustava} = 520 \text{ [l]}$$

Povećanje volumena uslijed zagrijavanja;

$$\Delta V_{sustava} = \frac{n \cdot V_{sustava}}{100} = \frac{0,30 \cdot 520}{100} = 1,58 \text{ [l]}$$

Dodatni volumen (zaliha);

$$V_V = 0,005 \cdot V_{sustava} = 0,005 \cdot 520 = 1,56 \text{ [l]}$$

Za dodatni volumen uzima se vrijednost od minimalno 3 l.

Krajnji radni tlak sustava;

$$p_e = p_{sig.ventil} - 0,5 = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ [bar]}$$

Primarni tlak ekspanzijske posude;

$$p_o = 2,0 \text{ [bar]}$$

Minimalni volumen ekspanzijske posude računa se prema jednadžbi;

$$V_{n,min} = (\Delta V_{sustava} + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (1,58 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 2,0} = 32,06 \text{ [l]}$$

Odabrana je ekspanzijska posuda tvrtke „Elbi“ zapremine 35 l.

6.4.2. Ekspanzijska posuda instalacije grijanja

Ekspanzijska posuda za grijanje već postoji te se radi od posudi volumena 500L.

7. TEHNIČKI OPIS

7.1. Općenito

U skladu s projektnim zadatkom unutar objekta predviđene su sljedeće instalacije:

1. Instalacija postojećeg kotla na pelet
2. Instalacija cijevne mreže radijatorskog grijanja
3. Instalacija kanalskog razvoda
4. Instalacija klimatizacijske jedinice
5. Instalacija rashladnog uređaja zrak-voda
6. Ventilacija sanitarija.

7.2. Instalacija postojećeg kotla na pelet

Kotlovnica je smještena u podrumu objekta te se iz nje distribuira ogrjevnj medij (topla voda 80/60°C). Unutar kotlovnice se nalazi postojeći kotao na pelet snage 150 kW, akumulacijski spremnik od 2000 L, cirkulacijske crpke, spremnik PTV-a, membranska rastezna posuda volumena 500 L, sigurnosna i ostala armatura.

Za grijanje PTV-a koristi se kotao na pelet, a ostavljena je mogućnost grijanja preko el. grijača. Širenje vode u sustavu je osigurano preko membranske rastezne posude proizvod "VARFLEX" i sigurnosnog ventila sa oprugom. Cirkulacija vode u sustavu grijanja osigurana je preko cirkulacijskih pumpi proizvod "GRUNDFOS" za restoran i motel. Regulacija kotla osigurava se preko temperaturnog osjetnika u akumulacijskom spremniku tople vode. Odzraka instalacije u strojarnici je preko odzračnih lončića. Regulacija pumpa za motel reguliraju se preko regulatora na recepciji što nije zadatak ovog projekta. Regulacija pumpe za radijatorsko grijanje regulira se u blizini šanka u restoranu. Unutar kotlovnice je predviđena ugradnja još jedne cirkulacijske pumpe za potrebe grijača klimatizacijske jedinice pa je potrebno za restoran proračunati provedenu instalaciju radijatorskog grijanja.

7.3. Instalacija cijevne mreže radijatorskog grijanja

Grijanje cijelog prizemlja je predviđeno pomoću postojećih člankastih radijatora. Na radijatoru se nalazi H ventil sa prigušnicom na sebi, kao i radijatorski ventil sa termostatskom glavom za regulaciju temperature prostora. Cjevovodi se izoliraju negorivom izolacijom ARMAFLEX proizvod "ARMACELL" tip TUBOLIT. Odzračivanje cjevovoda vrši se na najvišim točkama vertikalna cjevovoda pomoću odzračnih posuda i odzračnih ventila. Nakon izvršene ugradnje potrebno je cijelu instalaciju ispitati na hladni tlak 80% veći od pogonskog, kao i na toplu probu. Za pokrivanje toplinskog opterećenja sanitarnih prostora i kuhinje brine se već postojeće električno podno grijanje.

7.4. Instalacija kanalskog razvoda

Zračni sustav predviđen je kao centralni jednokanalni s promjenjivim protokom zraka. Svaka prostorija sadrži dva VAV ventila, jedan na dobavnom kanalu, drugi na povratnom kanalu. Regulaciju vrši sobni kontroler "Codis 35 V" mijenjanjem protoka dobavnog zraka umjesto promjene temperature. Kontroler upravlja s VAV ventilom mijenjajući količinu zraka na ulazu u prostor. Za svaki prostor predviđen je kontroler koji se regulira osjetnikom temperature i CO2 senzorom. Svi kanali se izoliraju izolacijskim materijalima minimalno 20 mm.

7.5. Instalacija klimatizacijske jedinice

Za prostore restorana, separea i kuhinje predviđen je dovod vanjskog zraka i ventilacije preko klimatizacijske jedinice smještene iza objekta koji je potrebno dograditi. Klimatizacijska jedinica sastoji se od:

- tlačnog ventilatora s osjetnikom protoka i kontrolorom LCD, sa frek. pretvaračima
- odsisnog ventilatora s osjetnikom protoka i kontrolorom LCD, sa frek. pretvaračima
- pločastog rekuperatora sa povratom topline
- sekcije grijača sa senzorom protiv smrzavanja / hladnjaka zraka
- filtera klase F7, sa dift presostatom 50-500Pa
- regulacijskih žaluzina sa motornim pogonima
- termostatskih osjetnika

Klimatizacijske jedinica usisava vanjski zrak preko fiksne žaluzine. Nakon toplinske obrade (zimi grijanje, a ljeti hlađenje) vanjski zrak se upuhuje u prostore putem limenih kanala koji se vode uz strop. Odsisni zrak se nakon izlaska iz klimatizacijske jedinice (i rekuperacije) izbacuje vani. Svi kanali su toplinski izolirani. Zrak se ubacuje preko linijskih stropnih distributera. Klimatizacijska jedinica ima na grijaču/hladnjaku ugrađen komplet regulacijske automatike kojom se održava temperatura ubacivanog zraka zimi 20°C i ljeti 16°C. Na kanalima su predviđeni regulatori protoka koji, pored balansiranja, imaju ulogu preketanja djela zraka iz prostorija, kada za to ima potrebe. Kad su temperature izrazito niske (ispod 0°C), smanjuje se količina svježeg zraka i na taj način se vrši ušteda energije. Regulacija grijanja ili hlađenja vrše se tako da klimatizacijska jedinica mjeri temperaturu povratnog zraka i na taj način određuje je li potrebno samo ventilirati ili i hladiti. Klimatizacijska jedinica upravlja radom pumpi za grijač i hladnjak, te upravlja motornim pogonima na troputnim ventilima.

7.6. Instalacija rashladnog uređaja zrak-voda

Za osiguranje hladne vode 7/12°C predviđena je ugradnja dizalice topline zrak – voda. Voda za potrebe rashladnog uređaja distribuira u inercijski spremnik akumulacijske energije "CAS-501". Odabran je rashladnik vode proizvod "DAIKIN" tip "EWAP050BAWP". Rashladnik vode ima vlastiti regulator tip "BRC21A52" u kojemu se može odrediti rad uređaja. Rad uređaja se vodi prema vanjskoj temperaturi. Regulator nema žičane spojeve sa spremnikom nego, preko povratne temperature vode, očitava treba li hladiti. U rashladniku postoji frekvencijski regulirana cirkulacijska pumpa, sigurnosni ventil, automatski ozdračni lončić, ekspanzijska posuda 10 l, hvatač nečistoća te sve hidrauličke komponente za pravilan rad sustava. Cjevovodi se izoliraju sa paronepropusnom negorivom izolacijom ARMAFLEX tip AC proizvod "ARMACELL".

7.7. Ventilacija sanitarija

Ventilacija sanitarija je predviđena preko ventilatora koji izbacuju zrak preko sustava zračnih kanala. Na vratima sanitarnih prostora se nalaze prestrujne rešetke za dobavu zraka. Ventilator se pali preko senzora pokreta smještenog u prostoru sanitarije.

7.8. Eko napa

Za odsis zraka iznad toplih ploha kuhinje usvojene su tri kuhinjske središnje ekonomične nape. Eko napa u odnosu na običnu napu radi sa približno 70% vanjskog negrijanog zraka koji se dovodi zasebnim ventilatorom i kanalom, te se unutar same nape kroz podesivi prorez profila mlaznice ubacuje na odsisne filtere. Kanali sa vanjskim dovodom negrijanog zraka su toplinski izolirani. Predviđena napa je izrađena od nehrđajućeg čeličnog lima (NiCr - INOX) i opremljena je filterima i rasvjetnim tijelima. Odsisavanje zraka sa napa je predviđeno putem krovnog ventilatora otpornog na temperaturu do 120°C. Ukupno su predviđena tri krovna ventilatora. Zrak sa nape se kroz kanal direktno izbacuje na krov objekta.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je projekt sustava djelomične klimatizacije odnosno sustav grijanja, hlađenja i ventilacije za restoran u sklopu motela.

Prema proračunu HRN EN 12 831 proračunato je projektno toplinsko opterećenje za sve grijane prostore, te iznose 16,98 kW. Odabrana su ogrijevna tijela dvocjevnog radijatorskog grijanja. Radijatori su člankasti. Ukupna instalirana snaga radijatora iznosi 20,98 kW. Radijatori su dimenzionirani prema projektnom toplinskom opterećenju. Za pokrivanje gubitaka mehaničke ventilacije služi grijač klimatizacijske jedinice, snage 19 kW.

Proračun projektnog rashladnog opterećenja prema VDI 2078 iznosi 22,68 kW. Za pokrivanje projektnog rashladnog opterećenja te ventilacijskih dobitaka služi hladnjak klimatizacijske jedinice, snage 49,70 kW. Hlađenje se distribuira preko ventilacijskog sustava.

Kao izvor energije za grijanje koristi se postojeći kotao na pelet nazivne snage 150 kW. Kao izvor energije za hlađenje koristi se rashladnik vode nazivne snage 50 kW.

Za ventilaciju zraka koristi se klimatizacijska jedinica. Zračni sustav predviđen je kao centralni jednokanalni s promjenjivim protokom zraka. Za svaku prostoriju odabrani su regulatori varijabilnog protoka (VAV) sa regulacijom preko CO₂ senzora i temperaturnog osjetnika. Na osnovu povratnog zraka klimatizacijska jedinica regulira treba li ventilirati ili hladiti. Ventilacija sanitarija ide posebnim ventilatorima koji se upravljaju preko senzora pokreta. Ventilacija kuhinje regulira se preko regulatora kuhinjskih napa.

Hidrauličkim proračunima kanala i cijevne mreže odabrane su sve komponente klimatizacijske jedinice, te vodenog radijatorskog grijanja. Upravljanje se sastoji od tri stupnja. Prvi je taj da kotao na pelet održava temperaturu tople vode u spremniku za grijanje cijelog sustava, odnosno rashladnika vode koji održava temperaturu hladne vode u spremniku za hlađenje klimatizacijske jedinice. Drugi stupanj je regulacija prostorije preko VAV ventila u funkciji CO₂ senzora i termostata. Treći je regulacija klimatizacijske jedinice koja na temelju povratnog zraka regulira treba li ventilirati ili hladiti.

LITERATURA

- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Grejanje i klimatizacije, Recknagel, Sprenger, Schramek; Čeperković, Energetika marketing, Zagreb, 2011.
- [3] Podloge sa predavanja iz kolegija Klimatizacije; I. Balen, FSB Zagreb
- [4] Podloge sa predavanja iz kolegija Grijanje; I. Balen, FSB Zagreb
- [5] Priručnik za energetska certifikacija zgrada
- [6] Norma HRN EN ISO 6946
- [7] Norma HRN EN 12 831
- [8] Norma HRN EN ISO 13 790
- [9] Tehnički priručnik VDI 2078
- [10] www.klimaoprema.hr
- [11] www.daikin.hr
- [12] www.danfoss.hr
- [13] www.grundfos.hr
- [14] www.servis-jelic.com

PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Prilog A - Proračun koeficijenata prolaza topline prema HRN EN ISO 6946
Prilog B - Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema HRN EN 12 831
Prilog C - Proračun projektnog rashladnog opterećenja prema VDI 2078
Prilog D - Proračun potrebne godišnje energije za grijanje i hlađenje prema HRN EN ISO 13 790
Prilog E - Tehnička dokumentacija

Prilog A - Proračun koeficijenta prolaza topline prema

HRN EN ISO 6949

VRSTA KONSTRUKCIJE	POD		
MATERIJAL	debljina δ cm	koeficijent provođenja topline λ W/mK	otpor provođenju topline δ/λ m ² K/W
Keramičke pločice	1	1,280	0,0078
Cementni estrih	5	1,400	0,0357
Polistirenska folija	0,02	0,040	0,0050
Polistirenska ploča EPS	3	0,040	0,7500
Hidroizolacija	0,04	0,140	0,0029
AB ploča	15	1,500	0,1000
Šljunak, suhi	15	0,810	0,1852
Otpor provođenja topline	$\Sigma \delta_i/\lambda_i$	m ² K/W	1,0866
Unutarnji koeficijent prijelaza topline	$R_u=1/\alpha_u$	m ² K/W	0,1300
Vanjski koeficijent prijelaza topline	$R_v=1/\alpha_v$	m ² K/W	0,0000
Ukupni otpor prolaza topline	$R=R_v+\Sigma \delta_i/\lambda_i+R_u$	m ² K/W	1,2166
Koeficijent prolaza topline	$k=1/R$	W/m ² K	0,8220
Usvojeni koef. prolaza topline	k	W/m ² K	0,8300

VRSTA KONSTRUKCIJE	STP - STROP		
MATERIJAL	debljina δ cm	koeficijent provođenja topline λ W/mK	otpor provođenju topline δ/λ m ² K/W
Gipsana i vapneno-gipsana žbuka	1,5	0,700	0,0214
AB ploča	15	1,500	0,1000
Polistirenska ploča EPS	3	0,040	0,7500
Polistirenska folija	0,02	0,040	0,0050
Cementni estrih	5	1,400	0,0357
Keramičke pločice	1	1,280	0,0078
Otpor provođenja topline	$\Sigma \delta_i/\lambda_i$	m ² K/W	0,9200
Unutarnji koeficijent prijelaza topline	$R_u=1/\alpha_u$	m ² K/W	0,1000
Vanjski koeficijent prijelaza topline	$R_v=1/\alpha_v$	m ² K/W	0,0400
Ukupni otpor prolaza topline	$R=R_v+\Sigma \delta_i/\lambda_i+R_u$	m ² K/W	1,0600
Koeficijent prolaza topline	$k=1/R$	W/m ² K	0,9434
Usvojeni koef. prolaza topline	k	W/m ² K	0,9500

VRSTA KONSTRUKCIJE	ZID 1 - VANJSKI		
MATERIJAL	debljina δ cm	koeficijent provođenja topline λ W/mK	otpor provođenju topline δ/λ m ² K/W
Vapneno-cementna žbuka	1,5	1,000	0,0150
Šuplji blokovi od betona	25	0,900	0,2778
Polimerno cementno ljepilo	0,5	0,040	0,1250
Polistirenska ploča EPS	10	0,040	2,5000
Prirodni kamen	20	1,400	0,1429
Otpor provođenja topline	$\Sigma \delta_i/\lambda_i$	m ² K/W	3,0606
Unutarnji koeficijent prijelaza topline	$R_u=1/\alpha_u$	m ² K/W	0,1300
Vanjski koeficijent prijelaza topline	$R_v=1/\alpha_v$	m ² K/W	0,0400
Ukupni otpor prolaza topline	$R=R_v+\Sigma \delta_i/\lambda_i+R_u$	m ² K/W	3,2306
Koeficijent prolaza topline	$k=1/R$	W/m ² K	0,3095
Usvojeni koef. prolaza topline	k	W/m ² K	0,3100

VRSTA KONSTRUKCIJE	ZID2 - UNUTARNJI		
MATERIJAL	debljina δ cm	koeficijent provođenja topline λ W/mK	otpor provođenju topline δ/λ m ² K/W
Gipsana i vapneno gipsana žbuka	3	0,700	0,0429
Šuplji blokovi od betona	20	1,100	0,1818
Gipsana i vapneno gipsana žbuka	3	0,700	0,0429
Otpor provođenja topline	$\Sigma \delta_i/\lambda_i$	m ² K/W	0,2675
Unutarnji koeficijent prijelaza topline	$R_u=1/\alpha_u$	m ² K/W	0,1300
Vanjski koeficijent prijelaza topline	$R_v=1/\alpha_v$	m ² K/W	0,0450
Ukupni otpor prolaza topline	$R=R_v+\Sigma \delta_i/\lambda_i+R_u$	m ² K/W	0,4425
Koeficijent prolaza topline	$k=1/R$	W/m ² K	2,2597
Usvojeni koef. prolaza topline	k	W/m ² K	2,2600

Prilog B - Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema

HRN EN 12 831

Prostorija: PR 01				Etaža: PRIZEMLJE						RESTORAN				
Geometrija:				Ventilacijski uvjeti:						Transmisijski uvjeti:				
Duljina	-	m		Minimalni broj izmjena zraka				8	1/h	e _k e _i - korekcijski faktori izloženosti			1	
Širina	-	m		Projektni broj osoba				160	-	f _{g1} - korekcijski faktor god. vanj. Temp.			1,45	
Površina	230,60	m ²		H _{V,i} - koeficijent vent. topl. Gubitaka				1673,93	-	f _{g2} - korekcijski smanjenja temp. razlike			0,51	
Visina	3,00	m		n ₅₀ - broj izmjena zraka u prostoriji				2	-	B' - karakteristični parametar			6,68 m	
Volumen	691,80	m ³		f _{RH} - korekcijski faktor ovisan o vrem.				16	-	G _w - korekcijski smanjenja			1	
Unut. projektna temp	22	°C		e _i - koeficijent zaštićenosti				0,05	-	U _{tlo} - ekvivalentni koef. prolaza topl.			0,45	
Vanj projektna temp	- 3	°C		ε _i - korekcijski faktor za visinu				1	-					
Oznaka konst.	Stijena prema	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m ²)	Odbitak površine (m ²)	Efektivna površina (m ²)	koef. prijelaza topline (W/m ² K)	Linearni koef. Ψ _i (W/mk)	Dužina mosta l _i (m)	Faktor smanjenja temp. razlike b _u	Koeficijent gubitka H _T (W/K)	Transmisija (W)
ZID 1	okolina	Istok	1	30,77	3,00	92,310	+	74,37	0,31	0,01	3,00	1,00	26,065	651,62
PR 1	okolina	Istok	4	1,55	1,95	12,090	-	12,09	1,80	0,12	48,97	1,00	27,638	690,96
VR 1	okolina	Istok	1	1,95	3,00	5,850	-	5,85	1,80	0,12	5,85	1,00	11,232	280,80
ZID 2	negrijani prostor	-	1	7,40	3,00	22,200	+	20,20	2,26	0,01	3,00	0,13	45,682	142,76
VR 2	negrijani prostor	-	1	1,00	2,00	2,000	-	2,00	1,80	0,12	10,00	0,13	4,800	15,00
POD	tlo	-	1	1,00	230,60	230,600		230,60	0,83			0,13	191,398	598,12
STP	grijani prostor	-	1	1,00	230,60	230,600		45,80	0,95	0,33	49,40	0,13	93,240	291,38
Rezultati proračuna													400,055	2670,63
Toplina potrebna kod prekida grijanja				3874,08		W								
Ventilacijski toplinski gubici														
Infiltracija kroz zazore				69,18		m³/h								
Minimalna ventilaciju po broju osoba				6400,00		m³/h								
Minimalna ventilaciju po broju izmjena zraka				5534,40		m³/h								
Faktor smanjenja temp. razlike				0,08		-								
Ukupni ventilacijski gubici				4331,38		W								
Ukupno				10876,09		W								
Ukupno po m²				47,16		W/m²								

Prostorija: PR 02				Etaža: PRIZEMLJE						SEPARÉ LIJEVI				
Geometrija:				Ventilacijski uvjeti:						Transmisijski uvjeti:				
Duljina	-	m	Minimalni broj izmjena zraka	8	1/h	e _k e _i - korekcijski faktori izloženosti			1					
Širina	-	m	Projektni broj osoba	36	-	f _{g1} - korekcijski faktor god. vanj. Temp.			1,45					
Površina	49,43	m²	H _{V,i} - koeficijent vent. topl. Gubitaka	1673,93	-	f _{g2} - korekcijski smanjenja temp. razlike			0,51					
Visina	3,00	m	n ₅₀ - broj izmjena zraka u prostoriji	2	-	B' - karakteristični parametar			6,68 m					
Volumen	148,29	m³	f _{RH} - korekcijski faktor ovisan o vrem.	16	-	G _w - korekcijski smanjenja			1					
Unut. projektna temp	22	°C	e _i - koeficijent zaštićenosti	0,05	-	U _{ilo} - ekvivalentni koef. prolaza topl.			0,45					
Vanj projektna temp	- 3	°C	ε _i - korekcijski faktor za visinu	1	-									
Oznaka konst.	Stijena prema	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m²)	Odbitak površine (m²)	Efektivna površina (m²)	koef. prijelaza topline (W/m²K)	Linearni koef. Ψ _l (W/mk)	Dužina mosta l _l (m)	Faktor smanjenja temp. razlike b _u	Koeficijent gubitka H _T (W/K)	Transmisija (W)
ZID 1	okolina	Istok	1	5,27	3,00	15,810	+	12,79	0,31	0,01	3,00	1,00	3,994	99,85
PR 1	okolina	Istok	1	1,55	1,95	3,023	-	3,02	1,80	0,12	23,40	1,00	8,249	206,21
ZID 1	okolina	Jug	1	12,05	3,00	36,150	+	30,75	0,31	0,01	3,00	1,00	9,563	239,06
PR 1	okolina	Jug	6	0,75	1,20	5,400	-	5,4	1,80	0,12	23,40	1,00	12,528	313,20
ZID 2	negrijani prostor	-	1	5,27	3,00	15,810	+	13,81	2,26	0,01	3,00	0,13	31,241	97,63
VR 2	negrijani prostor	-	1	1,00	2,00	2,000	-	2,00	1,80	0,12	10,00	0,13	4,800	15,00
POD	tlo	-	1	1,00	49,43	49,430		49,43	0,83			0,13	41,027	128,21
STP	grijani prostor	-	1	1,00	49,43	49,430		45,80	0,95	0,33	49,40	0,13	93,240	291,38
Rezultati proračuna													192,398	1390,54
Toplina potrebna kod prekida grijanja				830,42	W									
Ventilacijski toplinski gubici														
Infiltracija kroz zazore				14,83	m³/h									
Minimalna ventilaciju po broju osoba				1800,00	m³/h									
Minimalna ventilaciju po broju izmjena zraka				1186,32	m³/h									
Faktor smanjenja temp. razlike				0,08	-									
Ukupni ventilacijski gubici				1330,19	W									
Ukupno				3245,09	W									
Ukupno po m²				65,65	W/m²									

Prostorija: PR 03				Etaža: PRIZEMLJE						SEPRE DESNI				
Geometrija:				Ventilacijski uvjeti:						Transmisijski uvjeti:				
Duljina	-	m		Minimalni broj izmjena zraka				8	1/h	e _k e _l - korekcijski faktori izloženosti			1	
Širina	-	m		Projektni broj osoba				24	-	f _{g1} - korekcijski faktor god. vanj. Temp.			1,45	
Površina	32,75	m ²		H _{V,i} - koeficijent vent. topl. Gubitaka				1673,93	-	f _{g2} - korekcijski smanjenja temp. razlike			0,51	
Visina	3,00	m		n ₅₀ - broj izmjena zraka u prostoriji				2	-	B' - karakteristični parametar			6,68 m	
Volumen	98,25	m ³		f _{RH} - korekcijski faktor ovisan o vrem.				16	-	G _w - korekcijski smanjenja			1	
Unut. projektna temp	22	°C		e _i - koeficijent zaštićenosti				0,05	-	U _{tlo} - ekvivalentni koef. prolaza topl.			0,45	
Vanj projektna temp	- 3	°C		ε _i - korekcijski faktor za visinu				1	-					
Oznaka konst.	Stijena prema	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m²)	Odbitak površine (m²)	Efektivna površina (m²)	koef. prijelaza topline (W/m²K)	Linearni koef. Ψ _l (W/mk)	Dužina mosta l _l (m)	Faktor smanjenja temp. razlike b _u	Koeficijent gubitka H _T (W/K)	Transmisija (W)
ZID 1	okolina	Sjever	1	6,65	3,00	19,950	+	16,590	0,31	0,01	3,00	1,00	5,173	129,32
PR 1	okolina	Sjever	4	0,70	1,20	3,360	-	3,360	1,80	0,12	15,20	1,00	20,480	512,00
ZID 1	okolina	Istok	1	5,05	3,00	15,150	+	12,13	0,31	0,01	3,00	1,00	3,790	94,74
PR 1	okolina	Istok	1	1,55	1,95	3,023	-	3,02	1,80	0,12	23,40	1,00	8,249	206,21
ZID 2	negrijani prostor	-	1	5,05	3,00	15,150		15,15	2,26	0,01	3,00	0,13	34,269	107,09
POD	tlo	-	1	1,00	32,75	32,750		32,75	0,83			0,13	27,183	84,95
STP	grijani prostor	-	1	1,00	32,75	32,750		45,80	0,95	0,33	49,40	0,13	93,240	291,38
Rezultati proračuna													192,382	1425,68
Toplina potrebna kod prekida grijanja				550,20		W								
Ventilacijski toplinski gubici														
Infiltracija kroz zazore				9,83 m³/h										
Minimalna ventilaciju po broju osoba				1200,00 m³/h										
Minimalna ventilaciju po broju izmjena zraka				786,00 m³/h										
Faktor smanjenja temp. razlike				0,08 -										
Ukupni ventilacijski gubici				886,28 W										
Ukupno				2862,17 W										
Ukupno po m²				87,39 W/m²										

Prilog C - Proračun projektnog rashladnog opterećenja
prema VDI 2078

Prostorija: PR 01			Etaža: PRIZEMLJE						RESTORAN		
Geometrija			Projektni uvjeti:						Karakteristike prostora		
Duljina	-	m	Unutarnja projekt temp	26	°C	Izmjene zraka	8	1/h			
Širina	-	m	Vanjska projektna temp	32	°C	Broj osoba	160	-			
Površina	230,60	m ²	Entalpija unutarnja zraka	58	kJ/kg						
Visina	3,00	m	Entalpija vanjskog zraka	70	kJ/kg						
Volumen	691,80	m ³									
Transmisijki dobici											
Oznaka	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m²)	Efektivna površina (m²)	koef. prijelaza topline (W/m²K)	Razlika temp. ΔT _{11h} (°C)	Razlika temp. ΔT _{15h} (°C)	Transmisija 11h (W)	Transmisija 15h (W)
ZID 1	Istok	1	30,77	3,00	92,310	80,220	0,31	1,3	7,7	32,33	191,49
PR 1	Istok	4	1,55	1,95	12,090	18,135	1,80	1,3	7,7	42,44	251,35
VR 1	Istok	1	1,95	3,00	5,850	5,850	1,80	1,3	7,7	13,69	81,08
Ukupno transmisijski dobiti topline 11h										88,45	
Ukupno transmisijski dobiti topline 15h											523,92
Zračenje kroz staklene stijenke											
Oznaka	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m²)	Insolacija q _{s,11h} (W/m²)	Insolacija q _{s,15h} (W/m²)	Faktor prop. prozora b	Faktor od vanj. zračenja. S _a	Zračenje 11h (W)	Zračenje 15h (W)
PR 1	Istok	4	1,55	1,95	12,09	180	74	0,7	0,85	1294,84	532,32
Ukupno dobiti zračenja topline na staklene stijenke 11h										1294,84	
Ukupno dobiti zračenja topline na staklene stijenke 15h											532,32
Unutarnji dobici topline											
Ljudi			75	W/osoba	12000,00	W					
Rasvjeta			6	W/m²	1383,60	W					
Ukupni unutarnji dobici topline					13383,60	W					
Ventilacijski dobici											
Infiltracija kroz zazore				69	m³/h						
Ukupni ventilacijski dobici				139,05	W						
Ukupno toplinski dobiti 11h (W)										14905,94	
Ukupno toplinski dobiti 15h (W)											14578,89

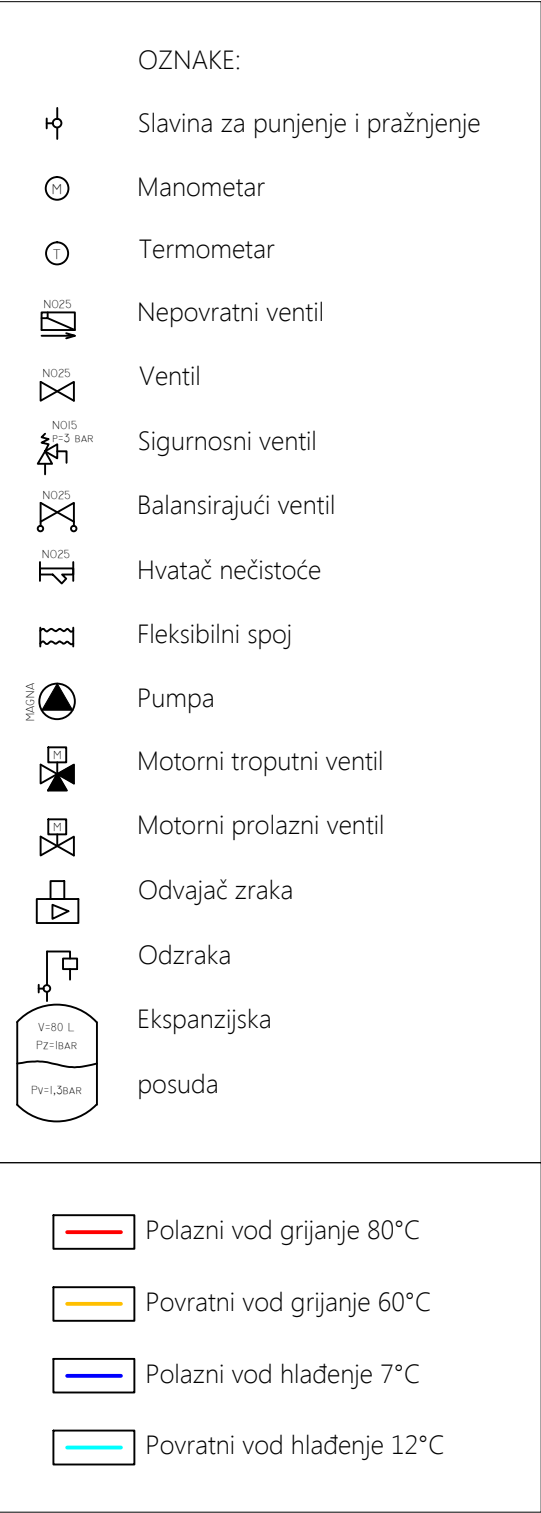
Prostorija: PR 02			Etaža: PRIZEMLJE						SEPRE LIJEVI		
Geometrija			Projektni uvjeti:						Karakteristike prostora		
Duljina	-	m	Unutarnja projekt temp	26	°C	Izmjene zraka	8	1/h			
Širina	-	m	Vanjska projektna temp	32	°C	Broj osoba	36	-			
Površina	49,43	m ²	Entalpija unutarnja zraka	58	kJ/kg						
Visina	3,00	m	Entalpija vanjskog zraka	70	kJ/kg						
Volumen	148,29	m ³									
Transmisijki dobici											
Oznaka	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m ²)	Efektivna površina (m ²)	koef. prijelaza topline (W/m ² K)	Razlika temp. ΔT _{11h} (°C)	Razlika temp. ΔT _{15h} (°C)	Transmisija 11h (W)	Transmisija 15h (W)
ZID 1	Istok	1	30,77	3,00	92,310	89,288	0,31	1,3	7,7	35,98	213,13
PR 1	Istok	1	1,55	1,95	3,023	18,135	1,80	1,3	7,7	42,44	251,35
ZID 1	Jug	1	10,85	3,00	32,550	27,150	0,31	16,8	14,1	141,40	118,67
PR 1	Jug	6	0,75	1,20	5,400	5,400	1,80	16,8	14,4	163,30	139,97
Ukupno transmisijski dobiti topline 11h										383,11	
Ukupno transmisijski dobiti topline 15h											723,12
Zračenje kroz staklene stijenke											
Oznaka	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m ²)	Insolacija q _{s,11h} (W/m ²)	Insolacija q _{s,15h} (W/m ²)	Faktor prop. prozora b	Faktor od vanj. zračanja. S _a	Zračenje 11h (W)	Zračenje 15h (W)
PR 1	Istok	1	1,55	1,95	3,02	180	74	0,7	0,85	323,71	133,08
PR 1	Jug	6	0,75	1,20	5,40	359	186	0,7	0,85	1153,47	597,62
Ukupno dobiti zračenja topline na staklene stijenke 11h										1477,18	
Ukupno dobiti zračenja topline na staklene stijenke 15h											730,70
Unutarnji dobici topline											
Osjetna topline			75	W/osoba	2700,00	W					
Osjetna topline			6	W/m ²	296,58	W					
Ukupni unutarnji dobici topline					2996,58	W					
Ventilacijski dobici											
Infiltracija kroz zazore				15	m ³ /h						
Ukupni ventilacijski dobici				29,81	W						
Ukupno toplinski dobiti 11h (W)										4886,68	
Ukupno toplinski dobiti 15h (W)											4480,21

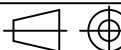
Prostorija: PR 03			Etaža: PRIZEMLJE					SEPARÉ DESNI			
Geometrija			Projektni uvjeti:					Karakteristike prostora			
Duljina	-	m	Unutarnja projekt temp	26	°C	Izmjene zraka	8	1/h			
Širina	-	m	Vanjska projektna temp	32	°C	Broj osoba	24	-			
Površina	32,57	m ²	Entalpija unutarnja zraka	58	kJ/kg						
Visina	3,00	m	Entalpija vanjskog zraka	70	kJ/kg						
Volumen	97,71	m ³									
Transmisijki dobici											
Oznaka	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m ²)	Efektivna površina (m ²)	koef. prijelaza topline (W/m ² K)	Razlika temp. ΔT _{11h} (°C)	Razlika temp. ΔT _{15h} (°C)	Transmisija 11h (W)	Transmisija 15h (W)
ZID 1	Sjever	1	6,65	3,00	19,950	19,110	0,31	0,5	13,1	2,96	77,61
PR 1	Sjever	1	0,70	1,20	0,840	3,360	1,80	0,5	13,1	3,02	79,23
ZID 1	Istok	1	30,77	3,00	92,310	74,175	0,31	1,3	7,7	29,89	177,06
PR 1	Istok	6	1,55	1,95	18,135	18,135	1,80	1,3	7,7	42,44	251,35
Ukupno transmisijski dobiti topline 11h										78,31	
Ukupno transmisijski dobiti topline 15h											585,24
Zračenje kroz staklene stijenke											
Oznaka	Strana svjeta	Broj	Dužina (m)	Visina Širina (m)	Površina (m ²)	Insolacija q _{s,11h} (W/m ²)	Insolacija q _{s,15h} (W/m ²)	Faktor prop. prozora b	Faktor od vanj. zračenja. S _a	Zračenje 11h (W)	Zračenje 15h (W)
PR 1	Sjever	4	0,70	1,20	3,36	89	78	0,7	0,85	177,93	155,94
PR 1	Istok	1	1,55	1,95	3,02	180	74	0,7	0,85	323,71	133,08
Ukupno dobiti zračenja topline na staklene stijenke 11h										501,64	
Ukupno dobiti zračenja topline na staklene stijenke 15h											289,02
Unutarnji dobici topline											
Ljudi			75	W/osoba	1800,00	W					
Rasvjeta			6	W/m ²	195,42	W					
Ukupni unutarnji dobici topline					1995,42	W					
Ventilacijski dobici											
Infiltracija kroz zazore				10	m ³ /h						
Ukupni ventilacijski dobici				19,76	W						
Ukupno toplinski dobiti 11h (W)										2595,13	
Ukupno toplinski dobiti 15h (W)											2889,44

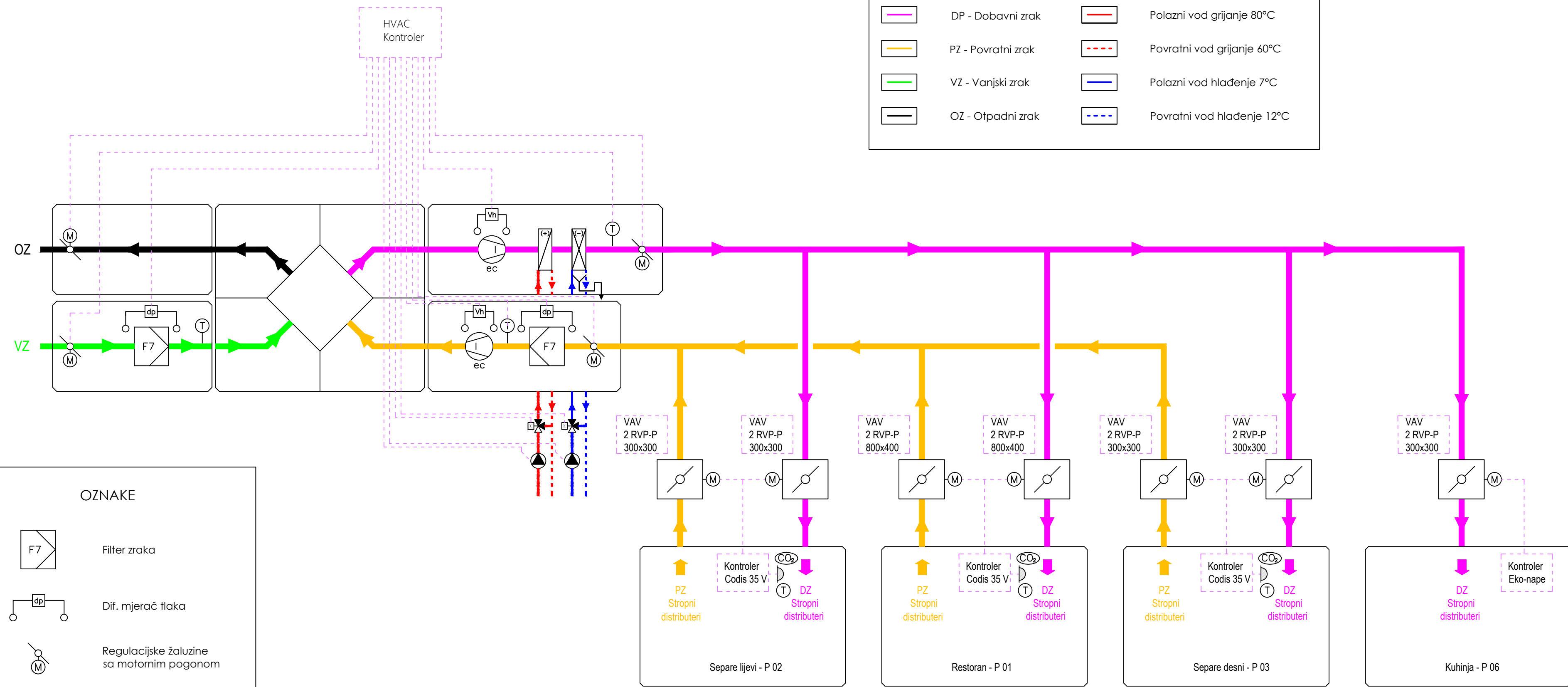
**Prilog D - Proračun potrebne godišnje energije za grijanje i
hlađenje prema HRN EN ISO 13 790**

[illegible]

	Siječanj	Veljača	Ožuljak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Transmisijski gubici Q_{Tr} (kWh)	4545,95	3893,64	3683,79	2680,04	1567,57	606,80	-130,63	-26,13	884,92	2037,84	3135,14	4206,31
Ventilacijski gubici Q_{Ve} (kWh)	406,96	348,57	329,78	239,92	140,33	54,32	-11,69	-2,34	79,22	182,43	280,66	376,56
Ukupni gubici $Q_{C,ht}$ (kWh)	4952,91	4242,21	4013,57	2919,96	1707,90	661,12	-142,33	-28,47	964,14	2220,27	3415,80	4582,87
Unutarnji dobici Q_{int} (kWh)	1397,23	1262,02	1397,23	1352,16	1397,23	1352,16	1397,23	1397,23	1352,16	1397,23	1352,16	1397,23
Solarni dobici Q_{sol} (kWh)	912,40	1129,29	1780,33	1928,05	2291,90	2259,28	2518,80	2293,68	1977,61	1779,76	979,76	835,29
Ukupni dobici $Q_{C,gn}$ (kWh)	2309,63	2391,30	3177,56	3280,21	3689,13	3611,44	3916,03	3690,91	3329,77	3177,00	2331,92	2232,52
Omjer dobitaka i gubitaka y_C	0,466	0,564	0,792	1,123	2,160	5,463	-27,515	-129,665	3,454	1,431	0,683	0,487
Faktor smanjenja $\eta_{C,gn}$	0,436	0,509	0,648	0,780	0,936	0,993	1,000	1,000	0,979	0,854	0,587	0,452
Energija za hlađenje $Q_{C,nd,m}$ (kWh)	150,12	231,47	577,53	1001,50	2090,50	2954,73	4058,35	3719,37	2386,29	1281,29	326,64	159,46
Redukcijski faktor $a_{C,red}$	0,78	0,74	0,71	0,71	0,71	0,71	1,00	1,00	0,71	0,71	0,71	0,77
Energija za hlađenje $Q_{C,nd,interm,m}$ (kWh)	117,37	170,43	412,52	715,36	1493,22	2110,52	4058,35	3719,37	1704,49	915,21	233,31	123,12



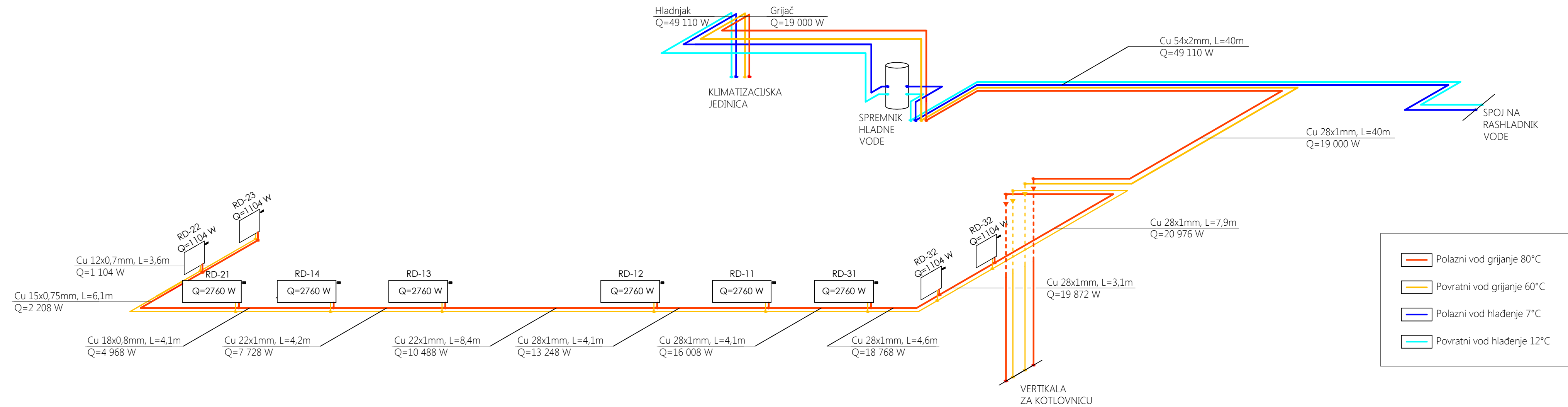
Datum		Ime i prezime		Polis		 FSB ZAGREB	
Projekтирао	14.7.2016.	Ivan Jelić					
Razradio	14.7.2016.	Ivan Jelić					
Čitao	14.7.2016.	Ivan Jelić					
Pregledao	14.7.2016.	doc. Darko Smoljan					
Objekt: Poslovni - Restoran				Objekt broj:			
				R. N. broj:			
Napomena:				Smjer: Proceso-energetski			Korijela
Materijal:		Masa:		Diplomski rad			
		Naziv: Shema regulacije i spajanja grijanja i hlađenja			Pozicija:		
Mjerilo:					Format: A1		
					Listova: 6		
CRTE BROJ: 2				List: 1			



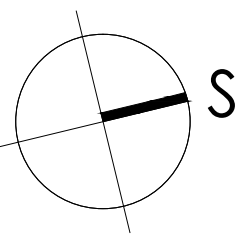
OZNAKE

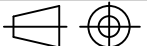
- Filter zraka
- Dif. mjerač tlaka
- Regulacijske žaluzine sa motornim pogonom
- Temperaturni osjetnik
- Grijač
- Hladnjak
- Ventilator
- Frekvencijski regulator broja okretaja el. motora
- Odvod kondenzata

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	14.7.2016	Ivan Jelić		
Razradio	14.7.2016	Ivan Jelić		
Crtao	14.7.2016	Ivan Jelić		
Pregledao	14.7.2016	doc. Darko Smoljan		
Objekt: Poslovni - Restoran			Objekt broj:	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal:			Smjer: Procesno-energetski	
Mjerilo:			Diplomski rad	
Naziv: Shema regulacije i spajanja klimatizacijske jedinice			Pozicija:	Format: A2
CRTE BROJ: 2				Listova: 6
				List: 2

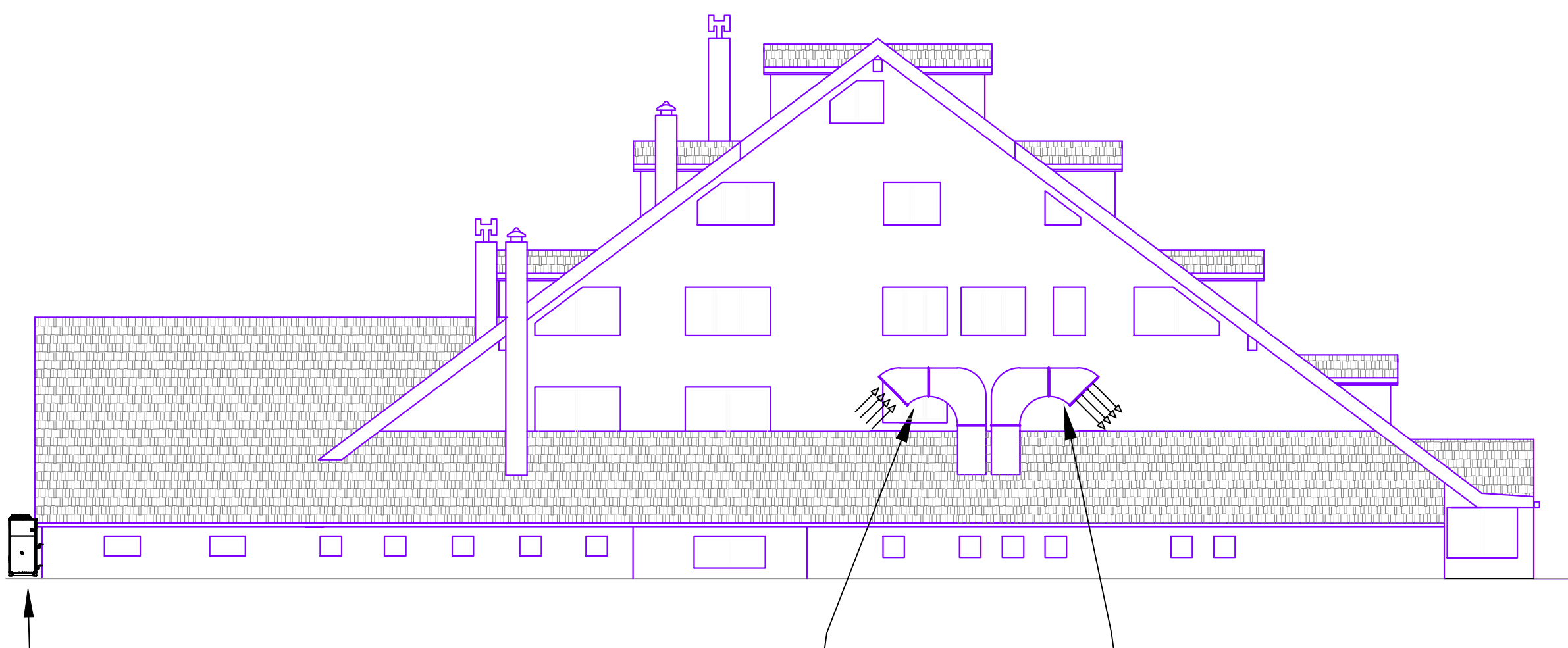


	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	14.7.2016	Ivan Jelić		
Razradio	14.7.2016	Ivan Jelić		
Crtao	14.7.2016	Ivan Jelić		
Pregledao	14.7.2016	doc. Darko Smoljan		
Objekt: Poslovni - Restoran			Objekt broj:	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal:		Masa:	Smjer: Procesno-energetski	Kopija
			Diplomski rad	
	Naziv: Shema vertikalnih vodova grijanja i hlađenja		Pozicija:	Format: A2
	Mjerilo: 1:100			Listova: 6
	CRTE BROJ: 2			List: 3



	Datum		Ime i prezime		Potpis		 FSB ZAGREB
Projektor	14.7.2016		Ivan Jelčić				
Razradio	14.7.2016		Ivan Jelčić				
Crtao	14.7.2016		Ivan Jelčić				
Pregledao	14.7.2016		doc. Darko Šmoljan				
Objekt: Poslovnii - Restoran							Objekt broj: R. N. broj:
Napomena:					Smjer: Procesno-energetski		Kopija
Materijal:			Masa:		Diplomski rad		
		Naziv: Dispozicija instalacije grijanja i hlađenja				Pozicija:	
Mjerilo: 1:75		CRTE BROJ: 2				Format: A1 Listova: 6	
						List: 4	

ZAPADNO PROČELJE.

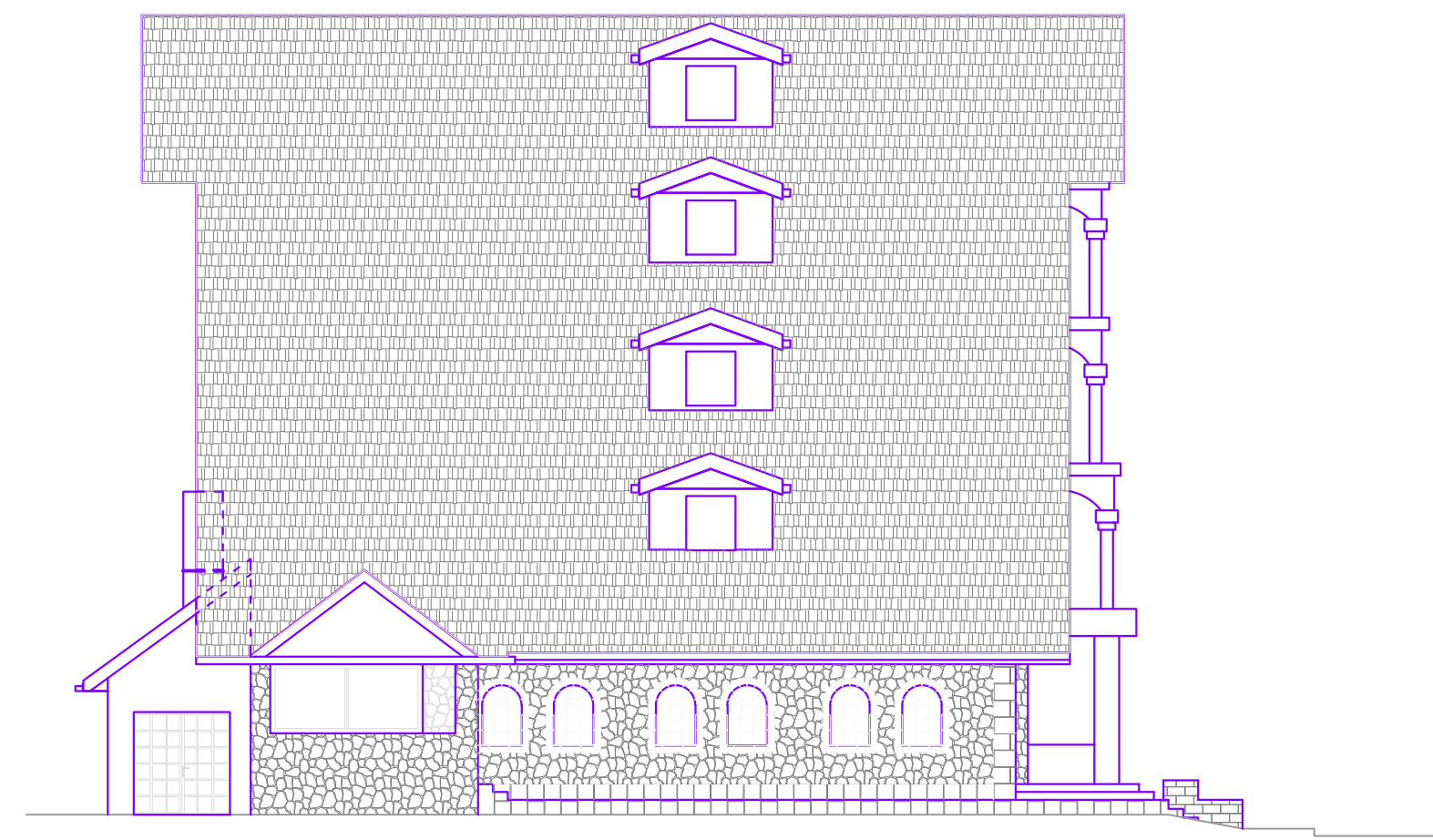


Rashladnik vode
EWAQ050BAWP
Visina x širina x dubina
1684 x 2358 x 780 mm
 $\phi_{\text{H}} = 49,70 \text{ kW}$

VZ- Vanjski zrak - dobavni kanal
Protok: 11 400 m³/h
Dimenzije kanala: 600x600mm
Vanjski ventilacijski kanali
sastoje se od:
Limeni kanal d= 0,6 cm
Mineralna vuna d=10,0 cm
Limeni kanal d= 1,0 cm

OZ- Otpadni zrak - povratni kanal
Protok: 8 850 m³/h
Dimenzije kanala: 600x600mm
Vanjski ventilacijski kanali
sastoje se od:
Limeni kanal d= 0,6 cm
Mineralna vuna d=10,0 cm
Limeni kanal d= 1,0 cm

JUŽNO PROČELJE.



	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	14.7.2016	Ivan Jelić		
Razradio	14.7.2016	Ivan Jelić		
Crtao	14.7.2016	Ivan Jelić		
Pregledao	14.7.2016	doc. Darko Smoljan		
Objekt: Poslovni - Restoran			Objekt broj:	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal:			Smjer: Procesno-energetski	Kopija
			Masa:	Diplomski rad
	Naziv: Dispozicija vanjskih ventilacijskih kanala		Pozicija:	Format: A2
	Mjerilo: 1:100			Listova: 6
	CRTE BROJ: 2			List: 6