

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Vedran Piljić

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Vedran Piljić

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija, navedenu literaturu i stručnu pomoć mentora prof. dr. sc. Igora Balena.

Vedran Piljić



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: **VEDRAN PILJIĆ** Mat. br.: 0035161616

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PROJEKTNO RJEŠENJE SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA I VENTILACIJE SUPERMARKETA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **DESIGN SOLUTION OF HEATING, COOLING AND VENTILATION SYSTEM FOR SUPERMARKET**

Opis zadatka:

Potrebno je projektirati instalaciju sustava grijanja, hlađenja i ventilacije za zgradu supermarketa ukupne korisne površine 1800 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Prodajni prostor ima površinu 1300 m², a prateći prostori imaju površinu 500 m².

Toplinski i rashladni energetski izvor je dizalica topline zrak – voda, pri čemu treba primijeniti tehničko rješenje s iskorištenjem otpadne topline kondenzacije iz rashladnog postrojenja za tehničko hlađenje robe u supermarketu. Za sustav grijanja, hlađenja i ventilacije potrebno je usporediti dvije varijante rješenja sustava grijanja i hlađenja (ventilokonvektori i podno grijanje/hlađenje) te odabrati optimalno rješenje na temelju investicijskih i pogonskih troškova. Godišnju potrebnu energiju za grijanje i hlađenje zgrade potrebno je proračunati korištenjem norme HRN EN ISO 13790 (mjesečna metoda). Zgrada se nalazi na području grada Zagreba.

Na raspolaganju su energetski izvori:

- elektro-priključak 230/400V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:

- toplinsku i količinsku bilancu razvoda vode sustava grijanja i hlađenja,
- toplinsku i količinsku bilancu razvoda zraka sustava ventilacije,
- godišnju potrebnu energiju za grijanje i hlađenje,
- proračun investicijskih i pogonskih troškova za dvije varijante rješenja,
- hidraulički proračun zračnih kanala te cijevne mreže ogrijevnog i rashladnog medija,
- hidrauličko uravnoteženje zračnih kanala i cijevne mreže,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije termotehničkog postrojenja,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predvideni datumi obrane:

12. ožujka 2015.

14. svibnja 2015.

20., 21. i 22. svibnja 2015.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Igor Bačen


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA I DIJAGRAMA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VI
POPIS OZNAKA	VII
SAŽETAK.....	IX
1. UVOD.....	1
1.1. Pregled sustava supermarketa	1
1.1.1. Rashladno postrojenje za tehničko hlađenje proizvoda.....	1
1.1.2. Sustav grijanja/hlađenja	3
1.1.3. Sustav ventilacije.....	4
2. ARHITEKTONSKO GRAĐEVINSKI OPIS.....	7
2.1. Opis problema	7
2.2. Projektno toplinsko opterećenje zgrade supermarketa.....	9
2.3. Pojednostavljeni opis rada postrojenja.....	11
3. RJEŠENJE TEMELJNOG GRIJANJA/HLAĐENJA ZGRADE SUPERMARKETA (Stropni ventilokonvektori i podno grijanje/hlađenje)	13
3.1. Dimenzioniranje i izbor opreme KGH sustava sa stropnim ventilokonvektorima	14
3.1.1. Toplinska i količinska bilanca razvoda vode sustava grijanja/hlađenja sa stropnim ventilokonvektorima	21
3.1.2. Hidraulički proračun cijevne mreže ventilokonvektorskog grijanja/hlađenja	22
3.1.3. Hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže ventilokonvektorskog grijanja/hlađenja ..	25
3.2. Dimenzioniranje i izbor opreme KGH sustava s podnim grijanjem/hlađenjem	26
3.2.1. Toplinska i količinska bilanca razvoda vode sustava grijanja/hlađenja s podnim grijanjem/hlađenjem	28
3.2.2. Hidraulički proračun cijevne mreže podnoga grijanja/hlađenja	29
3.2.3. Hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže podnoga grijanja/hlađenja.....	32
4. RJEŠENJE VENTILACIJE.....	33
4.1. Dimenzioniranje i izbor opreme sustava ventilacije	34

4.1.1. Toplinska i količinska bilanca razvoda zraka sustava ventilacije	39
4.1.2. Hidraulički proračun zračnih kanala	40
4.1.3. Hidrauličko uravnoteženje zračnih kanala	45
5. TEHNIČKI OPIS	46
5.1. Tehnički opis sustava grijanja s ventilokonvektorima	46
5.2. Tehnički opis sustava podnoga grijanja	49
5.3. Tehnički opis sustava hlađenja sa ventilokonvektorima	50
5.4. Tehnički opis sustava podnoga hlađenja	51
5.5. Tehnički opis sustava ventilacije	52
6. GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE/HLAĐENJE PREMA HRN EN ISO 13790	53
6.1. Ulazni podaci i svojstva građevine	53
6.2. Općenito o normi HRN EN ISO 13790	55
6.3. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje	56
6.3.1. Unutarnji toplinski dobici/gubici	59
6.3.2. Toplinsko opterećenje sunčevog zračenja	60
6.3.3. Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje	61
6.3.4. Faktor iskorištenja toplinskih gubitaka za hlađenje	62
6.3.5. Izračun mjesečnih vrijednosti toplinske energije pri nekontinuiranom radu	64
6.4. Rezultati proračuna za grijanje	65
6.5. Rezultati proračuna za hlađenje	66
6.6. Trajanje sezone grijanja	68
6.7. Trajanje sezone hlađenja	70
7. PRORAČUN INVESTICIJSKIH I POGONSKIH TROŠKOVA ZA DVA RJEŠENJA .	72
7.1. Grijanje/hlađenje sa stropnim ventilokonvektorima	72
7.2. Podno grijanje/hlađenje	74
7.3. Usporedba i analiza rezultata	75
8. ZAKLJUČAK	76
LITERATURA	77
PRILOZI	78

POPIS SLIKA I DIJAGRAMA

Slika 1	Tlocrt zgrade supermarketa	8
Slika 2	Shema sustava	11
Slika 3	AB-QM ventil.....	25
Slika 4	ABPC Ventil.....	32
Slika 5	Regulator variabilnog protoka.....	45
Slika 6	Primjer odabira kompresora prema softveru Bitzer	48
Dijagram 7.	Usporedba toplinskih gubitaka, dobitaka i potrebne toplinske energije za grijanje	65
Dijagram 8.	Usporedba toplinskih gubitaka, dobitaka i potrebne toplinske energije za hlađenje	67

POPIS TABLICA

Tablica 1	Toplinski gubici i toplinska opterećenja po prostorijama	9
Tablica 2	Toplinski dobici i toplinska opterećenja po prostorijama	10
Tablica 3	Dimenzioniranje i izbor opreme	14
Tablica 4	Tehnički podaci za grijanje za 45/40°C	18
Tablica 5	Tehnički podaci za hlađenje za 7/12°C	19
Tablica 6	Toplinska i količinska bilanca-ventilokonvektori	21
Tablica 7	Hidraulički proračun za hlađenje za 7/12°C	23
Tablica 8	Hidraulički proračun za grijanje za 45/40°C	24
Tablica 9	Dimenzioniranje i izbor opreme	26
Tablica 10	Toplinska i količinska bilanca-podno grijanje/hlađenje	28
Tablica 11	Hidraulički proračun za podno grijanje za 35/30°C	30
Tablica 12	Hidraulički proračun za podno hlađenje za 18/16°C	31
Tablica 13	Potrebne količine zraka po prostorijama	34
Tablica 14	Dimenzioniranje i izbor opreme za ventilaciju	35
Tablica 15	Količinska bilanca sustava ventilacije	39
Tablica 16	Hidraulički proračun za sustav ventilacije KK-1-Dobava	41
Tablica 17	Hidraulički proračun za sustav ventilacije KK-1-Odsis	42
Tablica 18	Hidraulički proračun za sustav ventilacije KK-2-Dobava	43
Tablica 19	Hidraulički proračun za sustav ventilacije KK-2-Odsis	44
Tablica 20.	Referentni klimatski podaci sunčeva zračenja za kontinentalnu Hrvatsku	53
Tablica 21.	Ulazni podaci za supermarket	54
Tablica 22.	Rezultati proračuna	65
Tablica 23.	<i>Rezultati proračuna za hlađenje</i>	66
Tablica 24.	Broj dana grijanja u sezoni	69
Tablica 25.	Broj dana hlađenja u sezoni	71
Tablica 26.	<i>Trošak investicije za ventilokovektorsko grijanje/hlađenje</i>	72
Tablica 27.	Godišnja potrošnja električne energije (ventilokonvektori)	73
Tablica 28.	<i>Trošak investicije za podno grijanje/hlađenje</i>	74
Tablica 29.	Godišnja potrošnja električne energije (podno grijanje/hlađenje)	74
Tablica 30.	Ušteda u razlici godišnje potrošnje dva sustava	75

Tablica 31. Ušteda u razlici potrošnje dva sustava 75

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJ CRTEŽA	Naziv iz sastavnice
01 – 2015	Tlocrt grijanje/hlađenje ventilokonvektori
02 – 2015	Shema – grijanje/hlađenje ventilokonvektori
03 – 2015	Tlocrt podno grijanje/hlađenje
04 – 2015	Shema – podno grijanje/hlađenje
05 – 2015	Shema – Rashladno/toplinsko postrojenje (Toplinski izvor)
06 – 2015	Tlocrt ventilacije

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
Q_{gr}	[W]	toplinsko opterećenje u grijanju
Q_{hl}	[W]	toplinsko opterećenje u hlađenju
A	[m ²]	korisna površina
h	[m ²]	svijetla visina prostora
$T_{zr,ljeto}$	[°C]	temperatura prostora ljeto
$T_{zr,zima}$	[°C]	temperatura prostora zima
N	[W]	električna priključna snaga
Q_h	[W]	kapacitet hlađenja
Q_g	[W]	kapacitet grijanja
T_p	[°C]	temperatura prostorije
T_v	[°C]	vanjska projektna temperatura
V	[m ³ /s]	volumni protok vode
Q	[W]	toplinski učinak dionice
c_w	[kJ/(kgK)]	specifični toplinski kapacitet vode
$\Delta\vartheta$	[°C]	razlika temperatura polaznog i povratnog voda
q_v	[m ³ /s]	volumni protok vode
ρ	[kg/m ³]	gustoća vode
w	[m/s]	brzina vode
d_u	[m]	unutarnji promjer cijevi
q_{zr}	[m ³ /h]	Protočna količina zraka
$q_{zr,d}$	[m ³ /h]	Protočna količina dobavnog zraka
$q_{zr,o}$	[m ³ /h]	Protočna količina odsisanog zraka
N	[h ⁻¹]	potreban broj izmjena zraka
$Q_{gr,otp}$	[W]	otpadna toplina od rashladnog multiseta
$\vartheta_{int,H}$	[°C]	Unutarnja proračunska temperatura za grijanje
$\vartheta_{int,C}$	[°C]	unutarnja proračunska temperatura za grijanje

ΔUTM	[W/Km ²]	dodatak za toplinske mostove
U_{zid}	[W/Km ²]	koeficijent prolaza topline za zid
U_{sta}	[W/Km ²]	koeficijent prolaza topline za staklo
U_{krov}	[W/Km ²]	koeficijent prolaza topline za krov
U_{pod}	[W/Km ²]	koeficijent prolaza topline za pod
$A_{k,ZI}$	[m ²]	površina zida istok
$A_{k,ZJ}$	[m ²]	površina zida jug
$A_{k,ZS}$	[m ²]	površina zida sjever
$A_{k,SJ}$	[m ²]	površina staklene stijene jug
$A_{k,SZ}$	[m ²]	površina staklene stijene zapad
P	[m]	ukupna dužina vanjskih zidova
λ	[W/mK]	Koeficijent toplinske provodljivosti tla
$c_{p,z}$	[J/(kgK)]	specifični toplinski kapacitet zraka
n_{inf}	[h ⁻¹]	broj izmjena zraka uslijed infiltracije
$Q_{H,nd,cont}$	[kWh]	potrebna toplinska energija za grijanje
Q_{Tr}	[kWh]	izmjena toplinske energije transmisijom
Q_{ve}	[kWh]	potrebna toplinska energija za ventilaciju
Q_{int}	[kWh]	unutarnji toplinski dobitci zgrade
Q_{sol}	[kWh]	toplinski dobitci od sunčeva zračenja
$\eta_{H,gn}$		faktor iskorištenja toplinskih dobitaka pri grijanju
$\eta_{C,ls}$		faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja
$Q_{C,nd,cont}$	[kWh]	potrebna toplinska energija za hlađenje

SAŽETAK

U radu je dano rješenje instalacije grijanja, hlađenja i ventilacije za zgradu supermarketa ukupne korisne površine 1800 m². Zgrada je smještena na području grada Zagreba. Rješenje grijanja i hlađenja je dano u dvije varijante. Prva varijanta je sa stropnim ventilokonvektorima dok je druga varijanta rješenje s podnim grijanjem/hlađenjem.

Rješenje ventilacije je u oba slučaja isto. Ventilacija je izvedena pomoću dvije zasebne klima jedinice, kompaktne izvedbe smještene unutar objekta pod stropom.

Toplinski i rashladni izvor je dizalica topline zrak-voda, koja radi u sprezi sa rashladnim postrojenjem za tehničko hlađenje robe u supermarketu i iskorištava toplinu kondenzacije. Postignuto je 100% iskorištenje otpadne topline dobiveno radom rashladnog multisetu za tehničko hlađenje.

Procjena potrošnje energije za zgradu je dobivena pomoću norme HRN EN ISO 13790 mjesečnom metodom.

Na kraju su uspoređene dvije varijante rješenja sa strane investicijskih i pogonskih troškova za jednu godinu korištenja. Na osnovu dobivenih rezultata vidljivo je da je rješenje podnog grijanja i hlađenja energetski učinkovitije, ali investicijski skuplje. Povrat investicije za slučaj rješenja podnoga grijanja/hlađenja u odnosu na rješenje grijanja/hlađenja sa stropnim ventilokonvektorima je 7,4 godine.

Ključne riječi: podno grijanje, podno hlađenje, ventilokonvektorsko grijanje, ventilokonvektorsko hlađenje, investicijski i pogonski troškovi,

1. UVOD

Potrošnja energije i projektiranje sustava koji rezultiraju manjim investicijskim i pogonskim troškovima, u periodu trajanja opreme, danas zauzima sve veću važnost. Mnogo je mogućih varijanti i rješenja. U ovom radu će se odabrati dva rješenja koja se danas najčešće koriste i pokušati prikazati sve specifičnosti za ovaj konkretan slučaj, te doći do zaključka koji je bolji sa strane ekonomske isplativosti. Radi se o dva rješenja koja se razlikuju po načinu predaje topline, jedno je sa stropnim ventilokonvektorima dok je drugo rješenje podno grijanje/hlađenje.

U oba slučaja rješenje ventilacije će biti isto, a zrak koji se prisilnom ventilacijom ubacuje neće biti grijan i hlađen.

1.1. Pregled sustava supermarketa

U supermarketima se nalazi više tehničkih sustava od kojih su dio strojarke instalacije kao što su sustavi grijanja, hlađenja, ventilacije, protupožarni i drugi sustavi.

U ovom radu će biti govora o tri sustava koji su neizbježni u svakom supermarketu, a u zadnje vrijeme se povezuju i čine cjelinu kako bi se postigla maksimalna učinkovitost i ostvarile uštede u potrošnji energije:

- Rashladno postrojenje za tehničko hlađenje proizvoda,
- Sustav grijanja/hlađenja prostora,
- Sustav ventilacije prostora.

1.1.1. *Rashladno postrojenje za tehničko hlađenje proizvoda*

U supermarketima se, između ostalog, prodaje i hrana, a za dosta namirnica potrebno je osigurati tehnološke uvjete koji omogućuju duže čuvanje hrane, kao i njezinu zdravstvenu ispravnost. Nadalje, hranu i proizvode, koje je potrebno držati na određenoj temperaturi kako bi se zadržala njihova zdravstvena ispravnost, nazivat će se hlađeni proizvodi.

Zbog toga je sastavni dio svakog supermarketa i rashladno postrojenje čija je funkcija da održi zadane uvjete.

Hlađeni proizvodi unutar prodajnog prostora su izloženi u rashladnim vitrinama, u kojima se održava određena temperatura za svaki proizvod kako je to predviđeno Zakonom o hrani članak 15. stavka 2. podstavka 16. (»Narodne novine« broj 46/07).

Rashladne vitrine možemo podijeliti u nekoliko osnovnih tipova:

- poslužne vitrine,
- zidne vitrine,
- otočne vitrine
- vitrine za smrznute proizvode.

Hlađeni proizvodi koji nisu trenutno izloženi u rashladnim vitrinama čuvaju se i skladište u rashladnim komorama. Komore se dijele prema vrsti hlađenih proizvoda koji se u njima čuvaju. O vrsti hlađenih proizvoda ovisi temperatura koja se mora održavati u komori i rashladnim vitrinama.

Prema temperaturama koje treba održavati možemo napraviti osnovnu podjelu:

- oprema za rad u plus području,
- oprema za rad u minus području.

Plus područje pokriva temperature iznad 0°C, dok minus područje pokriva temperature ispod 0°C.

Kako je već spomenuto, prema tehnološkim zahtjevima predviđeno je hlađenje u rashladnim vitrinama iz kojih se prodaju hlađeni proizvodi, te komorama gdje se skladište hlađeni proizvodi.

Sve hlađene komore su izolirane toplinskom izolacijom iz poliuretanskih panela odgovarajuće debljine. Poliuretanski paneli su obloženi pocinčanim limom, obojeni i plastificirani, primjereni prostorima u kojima se drže proizvodi.

Postoje različita postrojenja za hlađenje robe u supermarketima. Razlike su obično u izboru radne tvari, te izvedbi samoga postrojenja. Prema zahtjevu investitora za potrebe hlađenja predviđen je kaskadni freonski rashladni uređaj sa direktnom ekspanzijom.

Rashladno postrojenje se sastoji od:

- kopersorska stanica plus područja
(temperatura isparavanja radne tvari –10°C),

- kompresorska stanica minus područja (temperatura isparavanja radne tvari -34°C),
- isparivačke jedinice za hlađenje zraka smještane pod stropom komora,
- rashladne vitrine smještene u prodajnom prostoru,
- zrakom hlađeni kondenzator smješten na krovu objekta,
- elektroupravljački ormar rashladnog sustava smješten u rashladnoj strojarnici.

Regulaciju temperature u komorama vrši mikroprocesorski upravljač koji skuplja informacije o temperaturi u komori i temperaturi isparavanja. Upravljači su ugrađeni u elektro ormaru.

Elektroupravljački ormar, koji sadrži sve elemente potrebne za automatski rad kompletnog sustava, smješten je u rashladnoj strojarnici, a potrebno mu je samo osigurati električno napajanje.

Detaljniji opis rada postrojenja nalazi se u poglavlju 2.3.

1.1.2. Sustav grijanja/hlađenja

Grijanje/hlađenje supermarketa može biti riješeno na više načina, kao što je slučaj i kod ostalih vrsta zgrada. Ovisno o vrsti raspoloživih energenata bira se sustav grijanja/hlađenja. Tako možemo susresti plinske kotlovnice, toplinske pumpe, daljinske sustave grijanja/hlađenja i druge.

Danas je najčešći izbor toplinska pumpa koja radi u sprezi sa rashladnim postrojenjem za tehničko hlađenje robe u supermarketu.

S gledišta energetske učinkovitosti, ovakvi sustavi su veoma povoljni jer omogućavaju da se otpadna toplina kondenzacije od rada postrojenja za tehničko hlađenje iskoristi za grijanje prostora. Budući da je to besplatna toplina, danas je sve više tehničkih rješenja koja koriste ovu toplinsku energiju.

U ovom radu koristi se sustav grijanja/hlađenje supermarketa koji se temelji na **iskorištenju otpadne topline** od rashladnog sustava za tehničko hlađenje proizvoda i paralelno spojene dodatne toplinske pumpe. Kod takvih rješenja, osim rashladnog sustava za tehničko hlađenje proizvoda i dodatne toplinske pumpe, potrebno je instalirati i nekoliko izmjenjivača i ventila pomoću kojih će se otpadna toplina kondenzacije prenijeti na radni medij za grijanje prostora.

Tih nekoliko izmjenjivača sa pripadajućim ventilima i regulacijom se nalaze na posebnoj konstrukciji koja će se dalje u radu nazivati **izmjenjivački modul**.

Uz pomoć izmjenjivačkog modula u konkretnom slučaju bit će moguće **iskorištenje 100% otpadne topline** rashladnog sustava u režimu grijanja. U slučaju da kapacitet otpadne topline nije dovoljan za grijanje, uključuju se kompresori toplinske pumpe zrak/voda.

U ljetnom režimu pomoću iste toplinske pumpe zrak/voda hladimo vodu koja dalje preko rashladnih tijela kondicionira prostore supermarketeta.

U supermarketima postoje i posebne prostorije koje imaju posebne temperaturne zahtjeve, kao što su prostorije pekarnice, posebna skladišta, elektro sobe. Pri izrazu posebni temperaturni zahtjevi misli se na cjelogodišnje hlađenje ili potrebe za grijanjem dok ostatak zgrade ima potrebe za hlađenjem.

Grijanje/hlađenje takvih prostorija obično se rješava odvojenim sustavima, najčešće se koriste klima uređaji u razdvojenoj izvedbi. Sustav se sastoji od vanjske jedinice, izoliranog cjevovoda, te stropne ili zidne unutarnje jedinice.

Predaja topline prostoru također može biti riješena na više načina. Cijevni registri ispod stropa se mogu jako često vidjeti u starim supermarketima. Danas zbog zahtjeva unutarnjeg uređenja i postavljanja rasvjete takva se rješenja izbjegavaju. Danas mnogo češće možemo vidjeti niskotemperaturne sustave sa ventilokonvektorima ili podnim grijanjem/hlađenjem. Mogu se vidjeti i toplozračna rješenja, ali zbog jako velikih i robusnih kanala sve češće se izbjegavaju.

1.1.3. Sustav ventilacije

U supermarketima postoje određeni specifični zahtjevi na sustave ventilacije. Postoji više različitih zona zgrade sa različitim namjenom, pa se prema tome radi i odgovarajuća ventilacija u pojedinim zonama. Prodajni prostor obično se ventilira različito od pomoćnih prostorija. Pojedini prostori traže specifičan tretman, pa se u njima izvodi poseban odsis.

Prodajni prostor

Prodajni prostor obično zauzima najviše volumnog udjela u zgradi supermarketeta. Ali zahtjevi za dobavom svježeg zraka nisu tako veliki jer se kupci ne zadržavaju dugo, tako se gleda s ventilacijom prodajnog prostora ostvariti higijenski minimum od 0,5 izmjena zraka na sat.

U supermarketima manjih veličina do 2000 m² brutto površine potrebne količine zraka se osiguravaju sa klima komorom obično smještenom pod stropom unutar objekta. Klima

komora ima ugrađen visokoučinkoviti rotacijski rekuperator, opremljena je svom upravljačkom i zaštitnom elektronikom.

Zrak se dobavlja do prodajnog prostora niskotlačnim ventilacijskim kanalima gdje se sa stropa pomoću difuzora zraka (prema nacrtu) ravnomjerno ubacuje u prodajni prostor.

Postoje i neka druga rješenja pomoću samostalnih krovnih jedinica za direktno ubacivanje zraka (eng. Rooftop).

Ako se radi o klima komori, upravljanje količinom zraka se vrši pomoću CO₂ osjetnika.

U prodajnom prostoru se montira CO₂ osjetnik na visini od 30cm iznad poda.

Ventilacija se uključuje ako koncentracija CO₂ prijeđe projektom definiranu vrijednost (1500 ppm).

U zonama pripreme hrane u prodajnom prostoru predviđen je zaseban sustav odsisne ventilacije s pripadnim kanalskim ventilatorom, kanalskim razvodom te odsisnom napom lociranom iznad tehnološke opreme.

Izbacivanje otpadnog zraka izvedeno je iznad krova objekta putem krovnih deflektora. Sustavi su u pogonu prema potrebi sa mogućnošću ručnog uključivanja te promjene brzine vrtnje ventilatora (promjene kapaciteta).

Pomoćne prostorije

Pomoćne prostorije se ventiliraju pomoću druge klima komore. Komora je također obično smještena pod stropom u objektu iznad skladišta prema projektu.

U prostoru pekare i kuhinje, te u pripremnim prostorijama **dodatno je predviđen odsis** sa zasebnim ventilatorom, kanalskim razvodom i pripadnom rešetkom prestrujavanjem zraka iz prodajnog prostora. Izbacivanje otpadnog zraka izvedeno je iznad krova objekta putem krovnog deflektora.

Sanitarije se ventiliraju odsisnim ventilatorom putem limenih kanala na koje se ugrađuju odsisni zračni ventili. Odsisani zrak se nadoknađuje iz okolnih prostora putem prestrujnih rešetki ugrađenih u vrata sanitarija.

Bitno je napomenuti da postoje i drugačije izvedbe ventilacije, ovisno o zahtjevu i izvedbi same zgrade. Opisani sustav je najučestaliji i standard je kod većine velikih lanaca supermarketa.

Zračne zavjese

Na sva vanjska vrata na koja se očekuje velika infiltracija zraka potrebno je ugraditi zračnu zavjesu. Zračna zavjesa grije zrak u režimu grijanja, dok u režimu hlađenja stvara zračnu barijeru.

Ventilacija strojarnice

Prostorija unutar supermarketa u kojoj se nalazi oprema za tehničko hlađenje, te oprema za grijanje/hlađenje supermarketa se naziva strojarnica.

Potrebno je izvesti poseban sustav ventilacije strojarnice jer se unutar strojarnice nalaze kompresori za hlađenje i postoji povećana opasnost od istjecanja radne tvari. Radna tvar ne smije prerasti dopuštenu koncentraciju unutar prostora strojarnice. Potrebno je instalirati osjetnike plina i povezati ih sa automatskim uključivanjem odsisne ventilacije.

Ventilacijski uređaj mora biti u skladu sa zakonskim propisima (razina buke). Prilikom gradnje ventilacijskog uređaja potrebno je obratiti pozornost da će pri eventualnom istjecanju rashladnog medija biti potreban odsis istog u blizini poda.

Takav odsis u blizini poda treba iznositi otprilike 50% ukupne količine zraka.

Aktiviranje treba biti moguće zasebnim prekidačem koji se nalazi izvan strojarnice, u blizini vrata.

2. ARHITEKTONSKO GRAĐEVINSKI OPIS

2.1. Opis problema

Građevinski objekt je izveden kao samostojeći jednoetažni objekt. Građen je kao objekt lagane gradnje. Osnovu konstrukcije čine gotovi betonski elementi. Vanjski zidovi su od poliuretanskih panela i staklenih stijena.

Zgrada supermarketa je ukupne korisne površine 1800m².

Krov je od profiliranog pocinčanog lima sa izolacijom.

Pod je na tvrdoj zemljanoj podlozi sačinjen od armirano betonske ploče. Supermarket se sastoji od prodajnog prostora ukupne brutto površine od 1300m² i skladišnog dijela nazvanog pomoćni prostori brutto površine 500m² u kojem su, osim skladišta i pripreme prostorije sa komorama za hlađenje robe, i druge prostorije koje se nalaze u sklopu supermarketa.

Zid i ulaz koji se nalaze na zapadnoj strani su izrađeni u potpunosti od staklenih stijena. Južni zid je sačinjen jednim manjim dijelom od staklenih stijena, a drugi veći dio od poliuretanskih ploča. Cijeli istočni i sjeverni zid su u potpunosti izrađeni od poliuretanskih ploča.

Visina cijele zgrade je oko 7,8 metara, dok svijetla visina unutar objekta varira od prostorije do prostorije.

Prostor za smještaj opreme za grijanje i hlađenje, kao i za tehničko hlađenje robe, je planirano u strojarnici za uređaje koji se moraju nalaziti u unutrašnjem zatvorenom prostoru, te na krovu objekta za uređaje predviđene za vanjsku ugradnju.

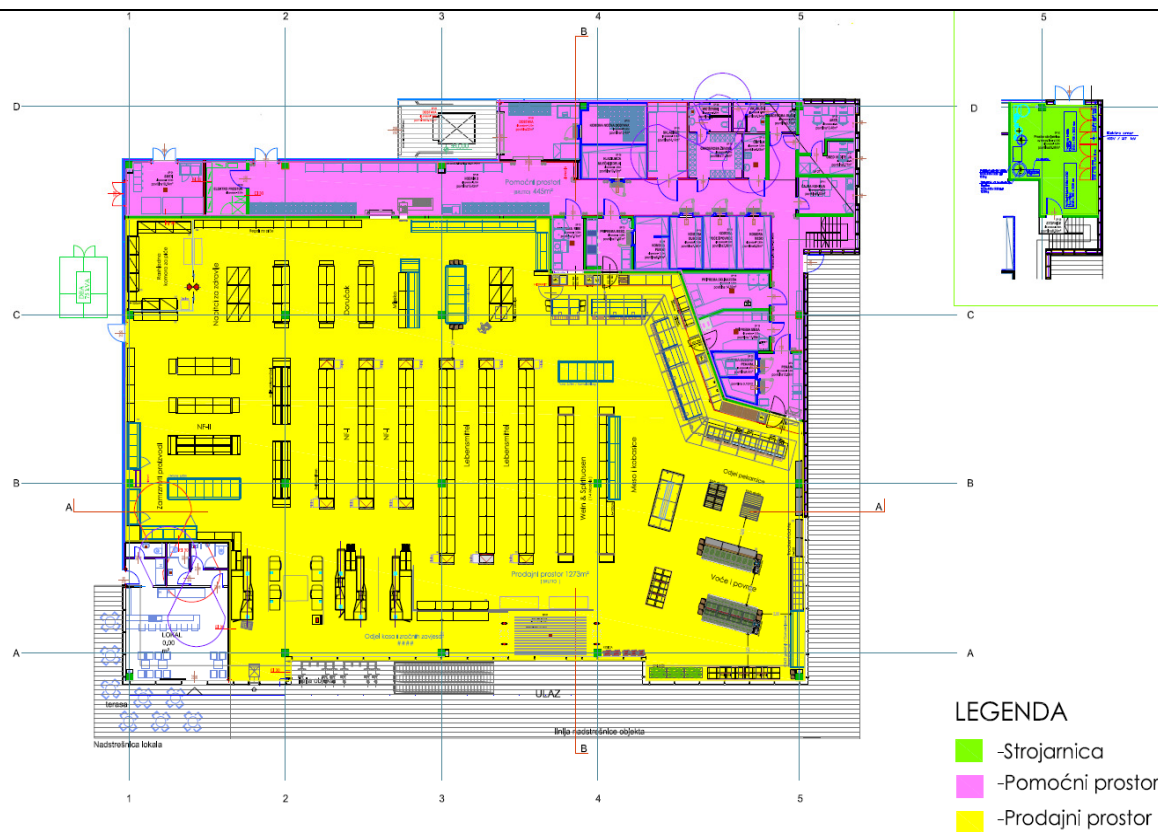
Strojarnica se nalazi u kutu građevine kod osi 5-D na visini od 3m. Ispod strojarnice se nalaze uredi. Prostor strojarnice je brutto površine 40m² i na slici 1 je označen zelenom bojom.

U nacrtima, koji su sastavni dio diplomskog rada i nalaze se u privitku, vide se sve prostorije koje se nalaze unutar zgrade supermarketa. Svakoj prostoriji je dodijeljen broj i opis prostorije. Pomoću brojeva će se te prostorije označavati dalje u radu.

U nastavku se nalazi slika tlocrtne površine zgrade supermarketa podijeljena u osnovne zone.

Zgrada je podijeljena u tri osnovne zone:

- prodajni prostor,
- pomoćni prostori,
- strojarnica.



Slika 1 Tlocrt zgrade supermarketa

Zgrada supermarketa spada pod zgrade posebne namjene i prilikom projektiranja potrebno je paziti na neke specifičnosti za tu vrstu zgrade.

2.2. Projektno toplinsko opterećenje zgrade supermarketa

Toplinsko opterećenje zgrade supermarketa neće biti tema ovog rada, već je potrebno opterećenje uzeto kao ulazni podatak dobiven iz strojarškog projekta.

Zima

Provedeni proračun projektnih toplinskih gubitaka je prema HRN 12831, a podaci za pojedine prostore su dobiveni od investitora. Rezultati su prikazani u tablici 1:

Tablica 1 Toplinski gubici i toplinska opterećenja po prostorijama

Projekt: Zgrada supermarketa					
Rekapitulacija					
PRIZEMLJE		Prostor		Toplinski gubici	
Oznaka na nacrtu	Prostorija	A (m ²)	h (m)	T _{zr,zima} (°C)	Q _{gr} (W)
	PRODAJNI PROSTOR	1273,00	6,00	20	42460,00
SP 03	ELEKTRO PROSTOR	10,50	5,10	X	X
SP 04	SMEĆE	19,54	5,10	X	X
SP 05	HODNIK 2	15,43	5,10	18	9290,00
SP 06	DOSTAVA	22,06	5,10	15	1770,00
SP 09	SKLADIŠTE	14,14	5,10	10	170,00
SP 10	ČIŠĆENJE	4,43	2,80	18	40,00
SP 11	ČAJNA KUHINJA	9,92	2,80	20	110,00
SP 21	PEKARNA	12,83	3,00	18	570,00
SP 22	GARDEROBA MUŠKI	3,72	2,80	22	210,00
SP 23	GARDEROBA ŽENSKE	11,28	2,80	22	300,00
SP 24	WC MUŠKI	4,34	2,80	18	200,00
SP 25	WC ŽENSKI	5,47	2,80	18	200,00
SP 26	URED	10,66	2,80	20	188,00
SP 27	VODITELJ TRGOVINE	6,77	2,80	20	166,00
SP 01	VJETROBRAN	17,00	2,80	15	1706,00
Ukupno: PRIZEMLJE		1549			57380

Ljeto

Provedeni proračun projektnih toplinskih dobitaka je prema VDI 2078, a podaci za pojedine prostore su dobiveni od investitora. Rezultati su prikazani u tablici 2:

Tablica 2 Toplinski dobitci i toplinska opterećenja po prostorijama

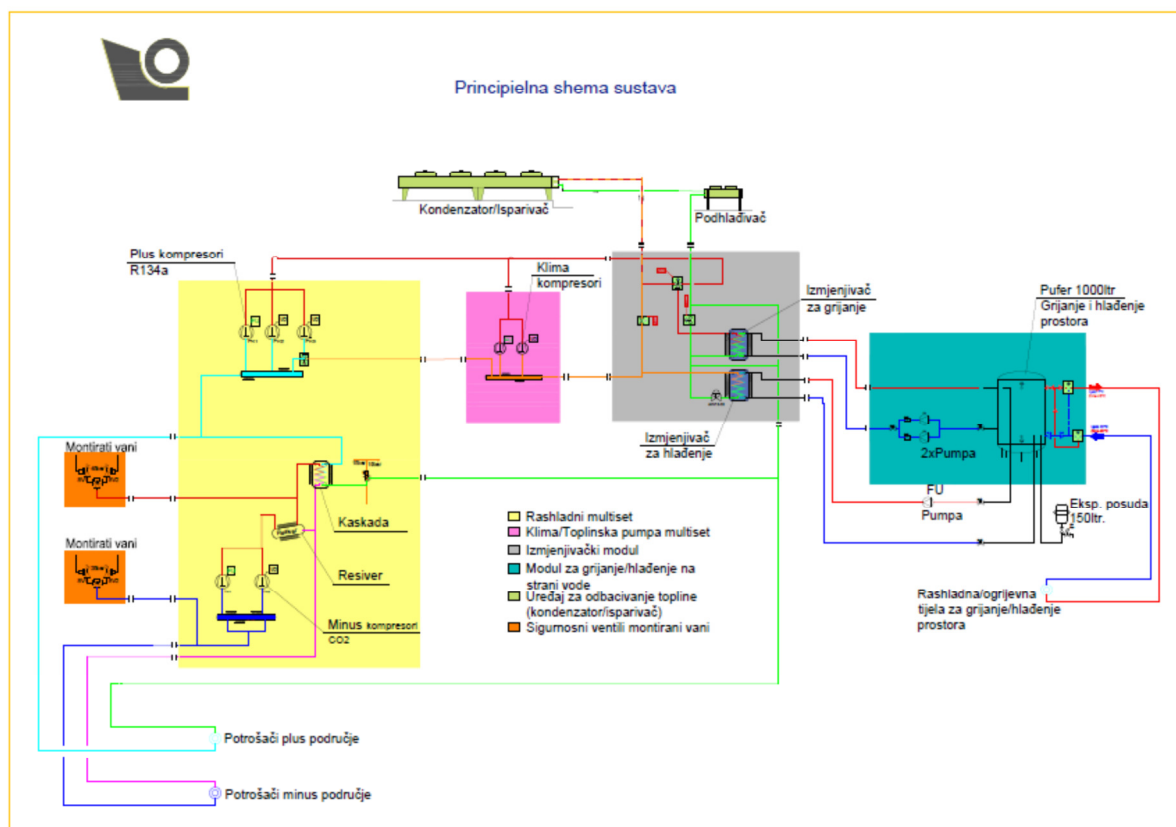
Projekt: Zgrada supermarketa					
Rekapitulacija					
PRIZEMLJE		Prostor		Toplinski dobitci	
Oznaka na nacrtu	Prostorija	A (m²)	h (m)	T_{zr,ljeto} (°C)	Q_{hl} (W)
	PRODAJNI PROSTOR	1273,00	6,00	26	51233
SP 03	ELEKTRO PROSTOR	10,50	5,10	18	2500
SP 04	SMEĆE	19,54	5,10	X	X
SP 05	HODNIK 2	15,43	5,10	X	X
SP 06	DOSTAVA	22,06	5,10	X	X
SP 09	SKLADIŠTE	14,14	5,10	X	X
SP 10	ČIŠĆENJE	4,43	2,80	X	X
SP 11	ČAJNA KUHINJA	9,92	2,80	26	595
SP 21	PEKARNA	12,83	3,00	X	X
SP 22	GARDEROBA MUŠKI	3,72	2,80	X	X
SP 23	GARDEROBA ŽENSKE	11,28	2,80	X	X
SP 24	WC MUŠKI	4,34	2,80	X	X
SP 25	WC ŽENSKI	5,47	2,80	X	X
SP 26	URED	10,66	2,80	26	953
SP 27	VODITELJ TRGOVINE	6,77	2,80	26	486
SP 01	VJETROBRAN	17,00	2,80	X	X
Ukupno: PRIZEMLJE		1549			58267

2.3. Pojednostavljeni opis rada postrojenja

Postrojenje se sastoji od više jedinica koje zajedno čine jedan samostalan sustav. Slika 2 je pojednostavljeni prikaz postrojenja sa osnovnim elementima, dok se kao prilog radu nalazi detaljna shema strojarnice "Shema–Rashladno/toplinsko postrojenje“ broj nacрта 05-2015.

Osnovni dijelovi sustava su:

- rashladni multiset (na slici 2 označen žutom bojom),
- klima multiset (na slici 2 označen ljubičastom bojom),
- izmjenjivački modul (na slici 2 označen sivom bojom),
- izmjenjivač za grijanje (na slici 2 označen plavom bojom),
- kondenzator i podhlađivač kapljevine (na slici 2 označen zelenom bojom).



Slika 2 Shema sustava

Rashladni multiset koji služi za tehničko hlađenje robe sastoji se od dva dijela. Izveden je kao kaskadni rashladni sustav gdje su u donjoj kaskadi dva kompresora sa radnom tvari CO_2 , a u gornjoj kaskadi su tri kompresora s radnom tvari R134a. Paralelno sa gornjom kaskadom je spojen klima multiset koji se sastoji od dva kompresora sa radnom tvari R134a. Spojeni su na zajednički tlačni vod. Kada postoji potreba za grijanjem u supermarketu prekretni ventil, koji

se nalazi na izmjenjivačkom modulu, preusmjerava pregrijane pare radne tvari na izmjenjivač za grijanje gdje radna tvar kondenzira predajući toplinu vodi sa druge strane izmjenjivača. Kada nema potrebe za grijanjem, troputni ventil preusmjerava pregrijane pare na kondenzator koji se nalazi na krovu objekta i toplinu kondenzacije predaje na okolišni zrak.

Iz kondenzatora ukapljena faza radne tvari ide na pothlađivač kapljevine gdje se dodatno pothlađuje, nakon čega ide prema potrošačima.

Kada postoji potreba za hlađenjem, elektronski zaporni ventil otvara protok kapljevinske faze radne tvari prema izmjenjivaču za hlađenje koji se također nalazi na izmjenjivačkom modulu. Elektronski ekspanzijski ventil prigušuje radnu tvar koja isparava na stjenkama izmjenjivača uzimajući toplinu vode na sebe. Tako ohlađena voda služi za klimatizaciju prostora supermarketeta.

U režimu grijanja zagrijana voda ide u pufer koji služi za akumulaciju energije. Pazi se da brzina strujanja ne bude velika kako ne bi došlo do miješanja hladnije i toplije vode u spremniku. Tako se ugrijana voda sa vrha spremnika dalje distribuira prema ogrjevnim tijelima.

U režimu hlađenja voda sa izmjenjivača za hlađenje također ide u pufer sa smanjenom brzinom, ali se puni sa dna spremnika. Iz spremnika hladna voda se istim cjevovodom, kao i za grijanje, distribuira prema rashladnim tijelima (dvocijevni sustav).

Zahvaljujući prirodnom svojstvu vode da hladna voda pada na dno spremnika, a topla se diže prema vrhu, punjenjem i pražnjenjem spremnika sa dna u režimu hlađenja, a sa vrha u režimu grijanja, pufer ima ulogu akumulatora energije.

Pravilno pražnjenje spremnika u režimu grijanja i hlađenja omogućuju dva prekretna ventila proizvođača Samson. Sam prikaz smjera strujanja u režimu grijanja/hlađenja moguće je vidjeti u detalju A na crtežu br. 05-2015.

Sustav je opremljen temperaturnim osjetnicima i svi ventili su na automatski pogon, pa je upravljanje radom cijelog sustava potpuno automatizirano. Unutar elektro ormara koji se nalazi u strojarnici nalazi se mikroprocesorski upravljač koji vodi rad svih pojedinih komponenti sustava na osnovu zadanih parametara i informacija dobivenih sa osjetnika.

3. RJEŠENJE TEMELJNOG GRIJANJA/HLAĐENJA ZGRADE SUPERMARKETA (Stropni ventilokonvektori i podno grijanje/hlađenje)

Potrebno je projektirati sustav grijanja/hlađenja kako bi se unutar zgrade postigli zadani parametri. U prodajnom prostoru se ljeti ostvaruju temperature zraka 26 °C, a zimi 20 °C.

U pomoćnim prostorima se zimi ostvaruju temperature, ovisno o namjeni, od 10°C do 24 °C.

U tablici 1. i 2. su dane točne projektne temperature za svaku prostoriju.

Cjelokupni toplinski gubici i dobici bit će pokriveni sustavom grijanja/hlađenja gdje će se predaja topline u ovom radu izvesti u dvije različite varijante:

- grijanje/hlađenje pomoću stropnih ventilokonvektora,
- podno grijanje/hlađenje.

Cjelokupno opterećenje će biti pokriveno ogrjevnim tijelima, dok će sustav ventilacije služiti samo za dobavu zraka. Razlog tome je prvenstveno što će se pokušati ići sa nižom temperaturom polazne vode koja ne bi bila dovoljna za grijanje zraka.

Priprema ogrjevnog/rashladnog medija za potrebe ogrjevnih/rashladnih tijela, bilo u varijanti ventilokonvektorskog grijanja/hlađenja, bilo u varijanti podnog grijanja/hlađenja, izvodi se korištenjem otpadne topline kondenzacije dobivene radom rashladnih uređaja (komore za duboko zamrzavanja, rashladne vitrine i sl.) i toplinske pumpe u sklopu strojarnice rashladne tehnike. Strojarnica rashladne tehnike nalazi se na galeriji iznad uredskih prostora u zoni pomoćnih prostorija.

3.1. Dimenzioniranje i izbor opreme KGH sustava sa stropnim ventilokonvektorima

Za potrebe grijanja/hlađenja odabrana je oprema koja je dana u tablici 3.

Tablica 3 Dimenzioniranje i izbor opreme

R.br.	Opis stavke	mjera	količina
1.	Oprema za grijanje/hlađenje		
1.01.	<p>Podstropni dvocijevni kazetni ventilokonvektori opskrbljeni su: pumpom kondenzata, filterom, istrujnim panelom, tavicom kondenzata, regulacijskim ventilom tip AB-QM te kuglastim ventilima grijača i hladnjaka</p> <p>Ogrjevni medij je voda temperaturnog režim a 45/40 °C, a rashladni medij je voda temperaturnog režima 7/12 °C</p> <p>Proizvođač „SABIANA“ tip SK-ECM 52</p> <p>Tehničke karakteristike :</p> <p>Qh = 8,54 kW</p> <p>Qg = 7,07 kW</p> <p>Priključna snaga:</p> <p>N= 108W / 230 V - 50 Hz</p> <p>Nivo zvučnog tlaka: 48 dB(A) na udaljenosti 1m od težina ukupno: 36 kg</p>	kom.	6
1.02.	<p>Podstropni dvocijevni kazetni ventilokonvektori opskrbljeni su: pumpom kondenzata, filterom, istrujnim panelom, tavicom kondenzata, regulacijskim ventilom tip AB-QM te kuglastim ventilima grijača i hladnjaka</p> <p>Ogrjevni medij je voda temperaturnog režim a 45/40 °C</p> <p>Proizvođač „SABIANA“ tip SK-ECM 42</p> <p>Tehničke karakteristike :</p> <p>Qg = 4,65 kW</p> <p>Priključna snaga:</p> <p>N= 33W / 230 V - 50 Hz</p> <p>Nivo zvučnog tlaka: 39 dB(A) na udaljenosti 1m od težina ukupno: 34 kg</p>	kom.	2
1.03.	<p>Podstropni dvocijevni kazetni ventilokonvektori opskrbljeni su: pumpom kondenzata, filterom, istrujnim panelom, tavicom kondenzata, regulacijskim ventilom tip AB-QM te kuglastim ventilima grijača i hladnjaka</p> <p>Ogrjevni medij je voda temperaturnog režim a 45/40 °C, a rashladni medij je voda temperaturnog režima 7/12 °C</p> <p>Proizvođač „SABIANA“ tip SK-ECM 12</p> <p>Tehničke karakteristike :</p> <p>Qh = 1,894 kW</p> <p>Qg = 1,856 kW</p> <p>Priključna snaga:</p> <p>N= 16W / 230 V - 50 Hz</p> <p>Nivo zvučnog tlaka: 38 dB(A) na udaljenosti 1m od težina ukupno: 28 kg</p>	kom.	6

1.04.	<p>Dvocijevna zračna zavjesa povezana na ventilokonvektorski razvod grijanja/hlađenja opskrbljena je: pumpom kondenzata, filterom, istrujnim panelom, tavicom kondenzata, regulacijskim ventilom tip AB-QT i automatskim zapornim ventilom AMZ koji isključuje protok vode u sustavu hlađenja te kuglastim ventilima grijača</p> <p>Ogrjevni medij je voda temperaturnog režim a 45/40 °C, u režimu hlađenja protok vode je onemogućen automatskim zapornim ventilom</p> <p>Proizvođač „Frico“ tip PA3525WL</p> <p>Tehničke karakteristike :</p> <p>Qg = 3,3 kW</p> <p>Priključna snaga:</p> <p>N= 750W / 230 V - 50 Hz</p> <p>Nivo zvučnog tlaka: 38 dB(A) na udaljenosti 1m od</p> <p>težina ukupno: 39 kg</p>	kom.	2
1.05.	<p>Čelične cijevi u kompletu sa koljenima (na svakih 6 m 1 koljeno), HRN C.B5.223., za izradu razvoda ogrjevnog medija 45/40°C i rashladnog medija 7/12°C , grupa potrošača u građevini (klima komore, zračne zavjese, ventilokonvektori).</p>		
	DN20	m	40
	DN25	m	44
	DN32	m	160
	DN40	m	42
	DN50	m	60
	DN65	m	60
1.06.	<p>Armatura se sastoji od zapornih ventila na ulazu i izlazu ispred svakog elementa sustava odgovarajućeg promjera prema cjevovodu. Te od balansirajućih ventila AB-QM prema protoku za rad u sistemu grijanja i za rad u sistemu hlađenja.</p>		
	AB-QM DN 25	kom	6
	AB-QM DN 20	kom	4
	AB-QM DN 15	kom	6
	AB-QT DN 25	kom	2
	AMZ 112 DN 32	kom	1
	AMZ 112 DN 25	kom	1
	MSV-BD DN 65	kom	1
	DN 25	kom	12
	DN 20	kom	4
	DN 15	kom	15
	DN 65	kom	4
1.07.	<p>Cijevi od plastičnih materijala s potrebnim spojnim materijalom, pričvrsnicama i fazonskim komadima za gravitacijski odvod kondenzata, sifoni za priključak na</p>		
	φ25	m	60
	φ 32	m	30
	φ 40	m	20
1.08.	<p>Pumpa Grundfos Tip: MAGNA3 40-150 F 50 Hz</p> <p>Q = 12 m³/h</p> <p>H = 7 m</p>	kom	1
1.09.	<p>Zatvorena ekspanzijska posuda</p> <p>Proizvođač:Zilmet</p> <p>V = 80l</p>	kom	1

2. Klima uređaji u razdvojenoj izvedbi

2.01. Mono SPLIT sustav, sastavljen od jedne unutarnje zidne jedinice i jedne vanjske inverterske kompresorsko-kondenzatorske jedinice, za radni medij R-410A. Unutarnje jedinice su opremljene ventilatorom, izmjenjivačem topline s direktnom ekspanzijom freona, servisnim kuglastim ventilima na polaznom i povratnom vodu radnog medija, svim potrebnim elementima za zaštitu, kontrolu i regulaciju uređaja i temperature, te daljinskim upravljačem.

proizvod kao "TOSHIBA"

2.01.1. Unutarnja jedinica tip: RASB10N3KV2

$Q_h = 2,5 \text{ kW}$

$T_v = 35^\circ\text{C}$

$T_p = 27^\circ\text{C ST}, 19^\circ\text{C VT}$

$Q_g = 3,2 \text{ kW (0,6-6,1)}$

$T_v = 7^\circ\text{C}$

$T_p = 20^\circ\text{C}$

Protok zraka: $612/282 \text{ m}^3/\text{h}$

Nivo zvučnog tlaka: hlađenje: 42/27 dBA

Nivo zvučnog tlaka: grijanje: 43/27 dBA

dimenzije: 790 x 208 mm ; h = 250 mm

težina: 9 kg

Priključak R410A: tekuća faza: 6,4 mm

Priključak R410A: plinovita faza: 9,5 mm

Oznaka u dokumentaciji: **S1-UJ**

kom.

1

2.01.2. Vanjska jedinica tip: RAS-10N3AV-2E

$Q_h = 2,5 \text{ kW (0,5-3,5)}$

$N_{el} = 0,87 \text{ kW / 230 V - 50 Hz}$

EER = 5,1

$T_v = 35^\circ\text{C}$

$T_p = 27^\circ\text{C ST}, 19^\circ\text{C VT}$

$Q_g = 3,2 \text{ kW (0,6-6,1)}$

$N = 1,71 \text{ kW / 230 V - 50 Hz}$

COP = 5,08

$T_v = 7^\circ\text{C}$

$T_p = 20^\circ\text{C}$

Protok zraka: $2148 \text{ m}^3/\text{h}$

Nivo zvučne snage 59 dBA

Nivo zvučnog tlaka: hlađenje: 46 dBA

Nivo zvučnog tlaka: grijanje: 47 dBA

dimenzije: 780 x 550 mm ; h = 290 mm

Težina: 38 kg

Priključak R410A: tekuća faza: 6,4 mm

Priključak R410A: plinovita faza: 9,5 mm

Radno područje: grijanje: od -15 do 24°C

Radno područje: hlađenje: od -5 do 46°C

Oznaka u dokumentaciji: **S1-VJ**

kom.

1

kompl.

1

2.01.3.	<p>Unutamja jedinica tip: RAS-M10SMUV-E</p> <p>Qh = 4kW Tv = 35°C Tp = 27°C ST, 19°C VT Qg = 3,2 kW (0,6-6,9) Tv = 7°C Tp = 20°C Protok zraka: max 520 m³/h Nivo zvučnog tlaka: hlađenje: 38/26 dBA Nivo zvučnog tlaka: grijanje: 39/28 dBA dimenzije: 790 x 275 mm ; h = 250 mm težina: 9 kg Priključak R410A: tekuća faza: 6,4 mm Priključak R410A: plinovita faza: 9,5 mm</p> <p>Oznaka u dokumentaciji: S2-UJ, kom. 1</p>
2.01.4.	<p>Vanjska jedinica tip: RAS-M14GAV-E</p> <p>Qh = 4 kW (0,5-4,5) Nel = 1,44 kW / 230 V - 50 Hz EER = 3,61 Tv = 35°C Tp = 27°C ST, 19°C VT Qg = 5,6 kW COP = 1,19 Tv = 7°C Tp = 20°C Protok zraka: 1800-500 m³/h Nivo zvučne snage 64 dBA Nivo zvučnog tlaka: 49 dBA dimenzije: 780 x 550 mm ; h = 290 mm Težina: 41 kg Priključak R410A: tekuća faza: 6,4 mm Priključak R410A: plinovita faza: 9,5 mm Radno područje: grijanje: od -15 do 24°C Radno područje: hlađenje: od -5 do 46°C</p> <p>Oznaka u dokumentaciji: S2-VJ kom. 1 kompl. 1</p>
2.02.	<p>Potrebna količina radnog medija R-410A za nadopunu VRF sustava. kg 2</p>
2.03.	<p>Cjevovod plinske i tekuće faze rashladnog medija VRV sustava, kvalitete koja se primjenjuje u rashladnoj tehnici za rashladno sredstvo R-410A, izrađen od bakrenih cijevi, komplet s koljenima, fazonskim komadima, spojnicama te potrebnim osloncima, spojnim i pričvrtnim materijalom te pastom i legurom za lemljenje. m 20</p>
2.04.	<p>Toplinska izolacija cijevi rashladnog medija. Fleksibilna predfabricirana izolacija s parnom branom (koljena i fazonske komade izrađivati na licu mjesta). Izolacija mora biti negoriva. Stavka obuhvaća kompletan materijal potreban za ugradnju izolacije, kao što je ljepilo, sredstvo za čišćenje ljepila, ljepljive trake, zaštitni premaz i sl. Debljina izolacije je 13 mm. proizvod kao "ARMACELL" tip: ARMAFLEX XG-13 m 20</p>

Ventilokonvektori su birani tako da zadovolje potrebe za grijanjem/hlađenjem dane u tablici 1 i 2. Za sve prostorije odabrani su ventilokonvektori istoga proizvođača.

Od proizvođača opreme je dobivena kalkulacija učina u grijanju i hlađenju i ostali tehnički podaci, kao što su pad tlaka i količina i visina dobave zraka pri zadanim temperaturnim režimima i određenoj brzini ventilatora.

U tablici 4 i 5 se vide podaci za sve ventilokonvektore iz palete proizvoda od proizvođača Sabiana koji mogu raditi u režimu grijanja i hlađenja.

Tablica 4 Tehnički podaci za grijanje za 45/40°C

	Grijanje	Brzina vrtanje	Voda povrat °C	Protok vode l/s	Pad tlaka kPa	Zrak m ³ /h	Ukupno W	Buka dB(A)	Mot. W
1	SK-ECM12	3	40,0	0,138	9,5	535	2888	38	16
1	SK-ECM12	2	40,0	0,106	5,9	380	2222	30	8
1	SK-ECM12	1	40,0	0,089	4,3	310	1856	24	5
2	SK-ECM22	3	40,0	0,209	13,3	710	4373	45	31
2	SK-ECM22	2	40,0	0,142	6,6	445	2970	34	11
2	SK-ECM22	1	40,0	0,102	3,6	310	2126	24	5
3	SK-ECM32	3	40,0	0,247	18,0	880	5172	51	62
3	SK-ECM32	2	40,0	0,185	10,7	610	3868	41	21
3	SK-ECM32	1	40,0	0,118	4,7	360	2460	28	7
4	SK-ECM42	3	40,0	0,322	21,8	1165	6737	39	33
4	SK-ECM42	2	40,0	0,255	14,3	870	5336	30	17
4	SK-ECM42	1	40,0	0,204	9,6	630	4264	24	10
5	SK-ECM52	3	40,0	0,508	28,2	1770	10632	48	108
5	SK-ECM52	2	40,0	0,352	14,6	1130	7376	38	32
5	SK-ECM52	1	40,0	0,235	7,0	710	4909	25	10

Za hlađenje prostora će se koristiti isti ventilokonvektori koji imaju samo jedan cijevni registar koji služi i kao grijač i kao hladnjak.

Tablica 5 Tehnički podaci za hlađenje za 7/12°C

	Hlađenje	Brzina vrtnje	Voda povrat	Protok vode	Pad tlaka	Zrak	Ukupno	Buka	Mot.
	Tip		°C	l/s	kPa	m ³ /h	W	dB(A)	Watt
1	SK-ECM12	3	12,0	0,134	10,3	535	2807	38	16
1	SK-ECM12	2	12,0	0,106	6,8	380	2228	30	8
1	SK-ECM12	1	12,0	0,091	5,1	310	1894	24	5
2	SK-ECM22	3	12,0	0,212	15,4	710	4435	45	31
2	SK-ECM22	2	12,0	0,150	8,3	445	3139	34	11
2	SK-ECM22	1	12,0	0,110	4,8	310	2311	24	5
3	SK-ECM32	3	12,0	0,244	20,0	880	5115	51	62
3	SK-ECM32	2	12,0	0,190	12,7	610	3986	41	21
3	SK-ECM32	1	12,0	0,126	6,1	360	2644	28	7
4	SK-ECM42	3	12,0	0,309	22,9	1165	6467	39	33
4	SK-ECM42	2	12,0	0,252	15,9	870	5274	30	17
4	SK-ECM42	1	12,0	0,206	11,1	630	4318	24	10
5	SK-ECM52	3	12,0	0,525	33,9	1770	10991	48	108
5	SK-ECM52	2	12,0	0,380	18,9	1130	7950	38	32
5	SK-ECM52	1	12,0	0,260	9,6	710	5439	25	10

Na slici 3 se vidi kako to izgleda u jednom sličnom supermarketu.



Slika 3 Primjer ventilokonvektora u prostoru

U svrhu onemogućavanja pretjerane infiltracije hladnoga zraka na vrata u prodajnom prostoru i na dostavi postavljene su zračne zavjese proizvođača Frico. Odabran je tip prema širini vrata i potrebnoj visini dobave zraka.

Pumpa na krugu vode je odabrana tako da zadovolji pad tlaka na kritičnoj dionici i ukupan potreban protok vode. Pumpa je birana pomoću alata na stranicama od proizvođača Grundfos.

Proračunata je i odabrana zatvorena ekspanzijska posuda. Proračun ekspanzijske posude je rađen pomoću kalkulacije u excelu (prilog 1). Proračun se bazira na ukupnoj količini vode u sustavu i njezinom širenju pri promjeni temperature. Od dobivenog rezultata za minimalnu zapreminu zatvorene ekspanzijske posude odabrana je prva veća standardna ekspanzijska posuda proizvođača Zilmet.

Elektro soba bi bila cijelu godinu hlađena pomoću zasebnog klima uređaja koji je odabran iz kataloga od proizvođača Toshiba.

Prostor kuhinje je kondicioniran također sa zasebnim klima uređajem. Zbog mnogobrojne opreme u prostoriji pekarnice odabrano je rješenje sa unutarnjom stropnom jedinicom. Odvojeni klima uređaj je također odabran iz kataloga proizvođača Toshiba prema kapacitetu koji odgovara opterećenju pekarnice.

3.1.1. Toplinska i količinska bilanca razvoda vode sustava grijanja/hlađenja sa stropnim ventilokonvektorima

Toplinska i količinska bilanca sustava grijanja/hlađenja bit će prikazana u tablici 6 prema dionicama koje se mogu vidjeti na nacrtu br. 02-2015.

Tablica 6 Toplinska i količinska bilanca-ventilokonvektori

Dionica	Grijanje		Hlađenje	
	T _{pol}	T _{pov}	T _{pov}	T _{pol}
	45	40	12	7
	Toplinski učin Q (W)	Protok vode V (m ³ /h)	Toplinski učin Q (W)	Protok vode V (m ³ /h)
1-2	7.077	1,224	8.539	1,467
2-3	14.154	2,431	17.078	2,934
3-4	21.231	3,647	25.617	4,400
4-5	28.308	4,863	34.156	5,867
24-25	7.077	1,216	8.539	1,467
25-26	10.377	1,782	8.539	1,467
26-5	17.454	2,998	17.078	2,934
5-6	45.762	7,861	51.234	8,801
21-22	1.856	0,319	1.894	0,325
22-23	3.712	0,638	3.788	0,651
23-6	5.568	0,956	5.682	0,976
6-7	51.330	8,817	56.916	9,777
11-12	4.650	0,799	0	0,000
12-13	7.950	1,366	0	0,000
13-14	9.806	1,684	0	0,000
14-15	11.662	2,003	0	0,000
15-16	13.518	2,322	0	0,000
16-7	18.168	3,121	0	0,000
7-8	69.498	11,938	56.916	9,777

Dionica 7-8 je zadnja dionica koja ide sve do strojarnice i pufera, pa protok kroz tu dionicu predstavlja ukupan protok.

3.1.2. Hidraulički proračun cijevne mreže ventilokonvektorskog grijanja/hlađenja

Hidraulički proračun cijevne mreže je napravljen tako da brzina strujanja unutar cijevi ne prelazi brzinu od 1 m/s. Pad tlaka je računat na kritičnoj dionici, koja je odabrana kao najudaljenija točka cjevovoda. Također je provjereno da neki lokalni gubitak nema veći pad tlaka od same kritične dionice.

Rađen je odvojeni proračun za režim grijanja i hlađenja kako bi se provjerilo da je cjevovod dobar i za grijanje i za hlađenje. Dimenzije cijevi su prvo odabrane za režim hlađenja zbog većeg opterećenja u prodajnom prostoru, zatim je taj isti cjevovod provjeren u režimu grijanja. Budući da se radi o istoj razlici temperatura polazne i povratne vode, te približnom kapacitetu u režimu grijanja i hlađenja, cjevovod će biti isti i za grijanje i za hlađenje.

Proračun je rađen u excel tablici, a rezultati za kritičnu dionicu grijanja i hlađenja bit će prikazani u tablicama 7 i 8.

Tablica 7 Hidraulički proračun za hlađenje za 7/12°C

Hlađenje-Kritična dionica													
Dionica	Toplinski učin Q (W)	Vodena Vrijednost m* <i>c</i> w W/C	Protok vode V (m ³ /h)	Kontrolni promjer (mm)	Čelična cijev DN	Unutarnji promjer cijevi (mm)	Brzina medija w (m/s)	Duljina dionice L (m)	Linijski pad tlaka R (Pa/m)	Ukupni linijski pad tlaka LxR (Pa)	Koeficijent otpora ksi	Pad tlaka usljed pojed. otpora Z (Pa)	Ukupni pad tlaka (LxR)+Z (Pa)
1-2	8.539	1.710	1,467	22,7763	DN32	35,75	0,406	13,0	70,91	921,8	7,5	616,58	1.538,35
2-3	17.078	3.419	2,934	32,2106	DN40	41,25	0,610	4,0	123,24	493,0	1,5	278,29	771,24
3-4	25.617	5.129	4,400	39,4497	DN50	51,50	0,587	12,0	86,80	1041,6	1,5	257,72	1.299,35
4-5	34.156	6.838	5,867	45,5526	DN50	51,50	0,782	20,0	147,04	2940,8	1,5	458,16	3.398,92
5-6	51.234	10.257	8,801	55,7904	DN65	70,00	0,635	20,0	68,28	1365,5	1,5	302,02	1.667,56
6-7	56.916	11.395	9,777	58,8027	DN65	70,00	0,706	1,0	82,82	82,8	1,5	372,73	455,55
7-8	56.916	11.395	9,777	58,8027	DN65	70,00	0,706	10,0	82,82	828,2	11,5	2.857,56	3.685,77
Dodatni padovi tlaka													
Pad tlaka kroz strojarnicu												3.000,00	15.000,00
Pad tlaka na AB-QM												0,00	15.000,00
Pad tlaka na zadnjem Fan Coilu:												0,00	10.700,00
Ukupna duljina / linijski pad tlaka predmetne trase:								80,0 (m)	7673,7 (Pa)	8.143,05	53.516,74	66.895,92	

Tablica 8 Hidraulički proračun za grijanje za 45/40°C

Grijanje-Kritična dionica													
Dionica	Toplinski učin Q (W)	Vodena Vrijednost m*cw W/C	Protok vode V (m³/h)	Kontrolni promjer (mm)	Čelična cijev DN	Unutarnji promjer cijevi (mm)	Brzina medija w (m/s)	Duljina dionice L (m)	Linijski pad tlaka R (Pa/m)	Ukupni linijski pad tlaka LxR (Pa)	Koeficijent otpora ksi	Pad tlaka usljed pojed. otpora Z (Pa)	Ukupni pad tlaka (LxR)+Z (Pa)
1-2	7.077	1.417	1,216	20,7350	DN32	35,75	0,336	13,0	50,71	659,2	7,5	423,52	1.082,74
2-3	14.154	2.834	2,431	29,3238	DN40	41,25	0,505	4,0	87,64	350,6	1,5	191,15	541,71
3-4	21.231	4.250	3,647	35,9141	DN50	51,50	0,486	12,0	61,71	740,5	1,5	177,02	917,51
4-5	28.308	5.667	4,863	41,4701	DN50	51,50	0,648	20,0	104,17	2083,4	1,5	314,70	2.398,15
5-6	45.762	9.162	7,861	52,7269	DN65	70,00	0,567	20,0	55,53	1110,6	1,5	240,95	1.351,55
6-7	51.330	10.276	8,817	55,8426	DN65	70,00	0,636	1,0	68,51	68,5	1,5	303,15	371,67
7-8	69.498	13.914	11,938	64,9780	DN65	70,00	0,862	10,0	119,73	1197,3	11,5	4.260,60	5.457,90
Dodatni padovi tlaka											26,5	5.911,11	
Pad tlaka kroz strojarnicu												3.000,00	15.000,00
Pad tlaka na AB-QM												0,00	15.000,00
Pad tlaka na zadnjem Fan Coilu:												0,00	10.700,00
Ukupna duljina / linijski pad tlaka predmetne trase:								80,0 (m)	6210,1 (Pa)	14.822,21	52.821,22	66.026,53	

3.1.3. Hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže ventilokonvektorskog grijanja/hlađenja

Hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže i pravilna distribucija medija do svakog tijela je od velikog značaja za pravilno funkcioniranje i energetska učinkovitost. Zato je potrebno osigurati pravilnu raspodjelu medija kroz svako ogrjevno/rashladno tijelo.

Za hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže odabrani su ventili proizvođača Danfoss serije AB-QM.

AB-QM je automatski ograničavač protoka s mogućnošću regulacije temperature kod malog opterećenja s jednakom stabilnošću preko cijelog radnog područja. AB-QM se može podesiti na željeni projektirani protok što omogućava dobru regulaciju u realnim radnim uvjetima u sistemu.

Pri ovakvoj primjeni AB-QM ventili osiguravaju promjenjiv protok u razvodnom cjevovodu i konstantni diferencijalni tlak na svakoj grani ili klima komori neovisno od oscilacija tlaka u sustavu. Ovako smanjujemo većinu nepotrebnih prekomjernih protoka i probleme s bukom pri djelomičnim opterećenjima.

Odabir ventila je rađen pomoću selekcijskoga alata dobivenoga od proizvođača u formi excel tablice gdje se za zadani protok odabire odgovarajuća veličina samog ventila i otvorenost odabranog ventila. Protok se dobije iz zahtjeva za količinu isporučene energije na pojedinom ogrjevnom/rashladnom tijelu.

Budući da imamo dvocijevni sustav i cjevovod je dimenzioniran da osigura dovoljan protok i u grijanju i u hlađenju i otvorenost AB-QM ventila je birana prema kritičnoj situaciji, u većini slučajeva je to protok potreban da se zadovolji potreba za hlađenjem.



Slika 3 AB-QM ventil

3.2. Dimenzioniranje i izbor opreme KGH sustava s podnim grijanjem/hlađenjem

Dimenzioniranje i izbor opreme su napravljeni prema zadanim opterećenjima zgrade u tablici 1 i 2. Proračun krugova je rađen pomoću softvera IntegraCAD.

Za potrebe grijanja/hlađenja odabrana je oprema koja je dana u tablici 9.

Tablica 9 Dimenzioniranje i izbor opreme

R.br.	Opis stavke	mjera	količina
1.	Oprema za podno grijanje/hlađenje		
1.01.	<p>Razvodni ormarić za podno grijanje/hlađenje sa mjestom za maksimalno 12 krugova. U zasebnom kućištu pogodan za nadžbuknu montažu.</p> <p>Ogrjevni medij je voda temperaturnog režim a 35/30 °C, a rashladni medij je voda temperaturnog režima 16/18 °C</p> <p>Proizvođač „REHAU“ tip HKV-D</p> <p>Tehničke karakteristike :</p> <p>Priključna snaga:</p> <p>N= 12</p>	kom.	8
1.02.	<p>Podstropni dvocijevni kazetni ventilokonvektori opskrbljeni su: pumpom kondenzata, filterom, istrujnim panelom, tavicom kondenzata, regulacijskim ventilom tip AB-QM te kuglastim ventilima grijača i hladnjaka</p> <p>Rashladni medij je voda temperaturnog režim a 16/18 °C</p> <p>Proizvođač „SABIANA“ tip SK-ECM 52</p> <p>Tehničke karakteristike :</p> <p>Q_{hl} =10,373kW</p> <p>Priključna snaga:</p> <p>N= 33W / 230 V - 50 Hz</p> <p>Nivo zvučnog tlaka: 39 dB(A) na udaljenosti 1m od težina ukupno: 34 kg</p>	kom.	2
1.03.	<p>Čelične cijevi u kompletu sa koljenima (na svakih 6 m 1 koljeno), HRN C.B5.223., za izradu razvoda ogrjevnog medija 45/40°C i rashladnog medija 7/12°C , grupa potrošača u građevini (klima komore, zračne zavjese, ventilokonvektori).</p>		
	DN32	m	30
	DN40	m	42
	DN50	m	60
	DN65	m	60
	DN80	m	60

1.04.	Cijevi za razvod podnog grijanja po krugovima su polietilenske difuzno nepropusne, proizvod kao AQUATHERM (PE-RT) Ø16x2 mm		
	Ø16x2 mm	m	6000
1.05.	Armatura se sastoji od zapornih ventila na ulazu i izlazu ispred svakog elementa sustava odgovarajućeg promjera prema cjevovodu. Te od balansirajućih ventila AB-QM prema protoku za rad u sistemu grijanja i za rad u sistemu hlađenja.		
	AB-QM DN 25	kom	2
	ABPC	kom	8
	Zaporni ventil	kom	18
1.06.	Pumpa Grundfos Tip: MAGNA1 80-120 F 50 Hz		
	Q = 25 m ³ /h		
	H = 10 m	kom	1
1.07.	Zatvorena ekspanziska posuda		
	Proizvođač:Zilmet		
	V = 80l	kom	1

Klima uređaji u razdvojenoj izvedbi su potpuno identični kao u tablici 3, točka 2.

3.2.1. Toplinska i količinska bilanca razvoda vode i sustava grijanja/hlađenja s podnim grijanjem/hlađenjem

Toplinska i količinska bilanca sustava grijanja/hlađenja bit će prikazana u tablici 6 prema dionicama koje se mogu vidjeti na nacrtu br. 04-2015.

Tablica 10 Toplinska i količinska bilanca-podno grijanje/hlađenje

Dionica	Grijanje		Hlađenje	
	Tpol	Tpov	Tpov	Tpol
	35	30	18	16
	Toplinski učin Q (W)	Protok vode V (m ³ /h)	Toplinski učin Q (W)	Protok vode V (m ³ /h)
1	9.684	1,675	6.548	2,812
8	7.418	1,274	5.014	2,153
2	17.102	2,938	11.562	4,965
9	0	0,000	10.373	4,454
3	17.102	2,938	21.935	9,420
18	10.820	1,859	7.317	3,142
4	27.922	4,796	29.252	12,562
10	6.783	1,165	5.233	2,247
11	0	0,000	10.373	4,454
12	6.783	1,165	15.606	6,702
19	9.432	1,620	6.376	2,738
13	16.215	2,785	21.982	9,440
5	44.137	7,581	51.234	22,001
14	4.622	0,794	2.698	1,159
15	4.570	0,785	2.668	1,146
16	9.192	1,579	5.366	2,304
6	53.329	9,160	56.600	24,306
17	3.335	0,573	1.463	0,628
7	56.664	9,733	58.063	24,934

3.2.2. Hidraulički proračun cjevne mreže podnoga grijanja/hlađenja

Proračun pada tlaka pojedinih krugova, a i zbirno na svakom ormariću, dobiven je pomoću softvera IntegraCAD. Za ukupni pad tlaka odabrana je dionica koja je najudaljenija točka cjevovoda. Također je provjereno da neki lokalni gubitak nema veći pad tlaka od same kritične dionice.

Rađen je odvojeni proračun za režim grijanja i hlađenja, kako bi se provjerilo da je cjevovod dobar i za grijanje i za hlađenje. Dimenzije cijevi su prvo odabrane za režim hlađenja zbog manje razlike temperature, a samim time protok je veći. Zatim je taj isti cjevovod provjeren u režimu grijanja. Budući da se radi o različitoj razlici temperatura polazne i povratne vode, i različitom kapacitetu u režimu grijanja i hlađenja, cjevovod neće biti optimalan i za grijanje i za hlađenje. To će za posljedicu imati veći ukupni pad tlaka u režimu hlađenja, i samim time veću potrošnju električne energije za pogon pumpe.

Proračun je rađen u excel tablici, a rezultati za kritičnu dionicu grijanja i hlađenja bit će prikazani u tablicama 11 i 12.

Tablica 11 Hidraulički proračun za podno grijanje za 35/30°C

Grijanje-Kritična dionica														
Dionica	Toplinski učin Q (W)	Vodena vrijednost m*cw W/C	Maseni protok m (kg/s)	Protok vode V (m³/h)	Kontrolni promjer (mm)	Čelična cijev DN	Unutarnji promjer cijevi (mm)	Brzina medija w (m/s)	Duljina dionice L (m)	Linijski pad tlaka R (Pa/m)	Ukupni linijski pad tlaka LxR (Pa)	Koeficijent otpora ksi	Pad tlaka usljed pojed. otpora Z (Pa)	Ukupni pad tlaka (LxR)+Z (Pa)
1	9.684	1.939	0,462	1,663	24,2553	DN40	41,25	0,346	9,0	44,31	398,8	5,5	328,09	726,93
2	17.102	3.424	0,815	2,938	32,2332	DN50	51,50	0,392	12,0	41,77	501,2	1,5	114,86	616,10
3	17.102	3.424	0,815	2,938	32,2332	DN65	70,00	0,212	4,0	9,47	37,9	1,5	33,65	71,52
4	27.922	5.590	1,331	4,796	41,1864	DN65	70,00	0,346	11,0	22,69	249,6	1,5	89,70	339,29
5	44.137	8.836	2,104	7,581	51,7823	DN80	82,50	0,394	30,0	23,30	699,1	3,5	271,07	970,13
6	53.329	10.676	2,542	9,160	56,9196	DN80	82,50	0,476	2,0	32,84	65,7	1,5	169,60	235,28
7	56.664	11.344	2,701	9,733	58,6724	DN80	82,50	0,506	10,0	36,67	366,7	11,5	1.467,97	1.834,70
Dodatni padovi tlaka												26,5	2.474,95	
Pad tlaka kroz strojarnicu													3.000,00	15.000,00
Pad tlaka na ABPC													0,00	15.000,00
Pad tlaka na zadnjem razdjelniku													0,00	10.350,00
Ukupna duljina / linijski pad tlaka predmetne trase:									78,0 (m)	2319,0 (Pa)	7.949,90	45.143,94	56.429,93	

Tablica 12 Hidraulički proračun za podno hlađenje za 18/16°C

Hlađenje-Kritična dionica														
Dionica	Toplinski učin Q (W)	Vodena Vrijednost m*cw W/C	Maseni protok m (kg/s)	Protok vode V (m³/h)	Kontrolni promjer (mm)	Čelična cijev DN	Unutarnji promjer cijevi (mm)	Brzina medija w (m/s)	Duljina dionice L (m)	Linijski pad tlaka R (Pa/m)	Ukupni linijski pad tlaka LxR (Pa)	Koeficijent otpora ksi	Pad tlaka usljed pojed. otpora Z (Pa)	Ukupni pad tlaka (LxR)+Z (Pa)
1	6.548	3.277	0,780	2,812	31,5358	DN40	41,25	0,584	9,0	114,10	1026,9	5,5	937,53	1.964,42
2	11.562	5.787	1,378	4,965	41,9051	DN50	51,50	0,662	12,0	108,23	1298,7	1,5	328,12	1.626,85
3	21.935	10.978	2,614	9,420	57,7190	DN65	70,00	0,680	4,0	77,35	309,4	1,5	346,00	655,39
4	29.252	14.641	3,486	12,562	66,6543	DN65	70,00	0,907	11,0	131,58	1447,4	1,5	615,33	2.062,72
5	51.234	25.643	6,105	22,001	88,2123	DN80	82,50	1,143	30,0	165,27	4958,2	3,5	2.282,81	7.241,00
6	56.600	28.328	6,745	24,306	92,7168	DN80	82,50	1,263	2,0	199,17	398,3	1,5	1.194,01	1.592,35
7	58.063	29.061	6,919	24,934	93,9074	DN80	82,50	1,296	10,0	208,94	2089,4	11,5	9.633,45	11.722,81
Dodatni padovi tlaka														
Pad tlaka kroz strojarnicu													3.000,00	15.000,00
Pad tlaka na ABPC													0,00	15.000,00
Pad tlaka na zadnjem razdjelniku													0,00	20.000,00
Ukupna duljina / linijski pad tlaka predmetne trase:									78,0 (m)	11528,3 (Pa)	18.337,26	76.865,54	92.238,65	

3.2.3. Hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže podnoga grijanja/hlađenja

Hidrauličko uravnoteženje cijevne mreže podnoga grijanja/hlađenja također je postignuto sa Danfosovim programom ventila za uravnoteženje. Za balansiranje sustava sa podnim grijanjem/hlađenjem korišteni su ventili proizvođača Danfos tipa ABPC.

ABPC je automatski ventil za hidrauličko uravnotežavanje (regulator diferencijalnog tlaka).



Slika 4 ABPC Ventil

4. RJEŠENJE VENTILACIJE

Predviđen je sustav niskotlačne jednokanalne ventilacije sa distribucijom zraka pomoću pravokutnih i okruglih kanala od pocinčanog čeličnog lima. Kao elementi za distribuciju i dovod zraka u prostor odabrani su vrtložni distributeri. Kao elementi za odsis zraka predviđeni su odsisni ventili i prestrujne rešetke.

Brzine strujanja zraka u ventilacijskim kanalima odabrane su tako da ne uzrokuju nivo buke strujanja zraka iznad propisima dozvoljenih vrijednosti.

Kod sustava ventilacije zgrada je podijeljena u dvije zone. Za svaku zonu predviđen je poseban odvojeni sustav ventilacije. To je napravljeno zbog različite regulacije dobave zraka u pojedine zone.

U prodajni prostor zrak će se dobavljati prema izračunu koji se temelji na broju ljudi koji borave u prostoru, ali će biti uzeti u obzir i minimalni higijenski uvjeti.

Model za izračun potrebne količine zraka je:

Iz površine prodajnog prostora se dobije broj osoba koji se može naći u supermarketu, što je iskustveni podatak dobiven od investitora.

Iz toga slijedi:

→ broj izmjena zraka na sat dobivamo na osnovu broja ljudi u prodajnom prostoru

→ broj osoba se uzima kao 1 osoba na 10m^2

→ količina zraka po osobi: $35\text{ m}^3/\text{h}$ po osobi

Pomoću navedenih parametara dobiva se količina zraka potrebna za prodajni prostor.

Količina zraka i odabir jedinice za pomoćne prostore bit će provedeni prema broju izmjena zraka za pojedine prostore. Broj izmjena zraka za pojedini prostor definirana je pravilnikom o zaštiti na radu (pogledati tablicu 13).

Strojarnicu je potrebno ventilirati odvojenim sustavom odsisne ventilacije.

Posebna odsisna ventilacija predviđena je za prostorije sanitarija, a dobava zraka će biti prestrujavanjem preko rešetaka smještenih u donjem dijelu vrata.

Elektro soba će imati odsisni ventilator na ručni pogon, kako bi se omogućilo prisilno provjetranje po potrebi.

4.1. Dimenzioniranje i izbor opreme sustava ventilacije

Odabrana je oprema da zadovolji zahtjeve za količinama zraka u pojedinim prostorijama koje je potrebno ventilirati. Potrebne količine zraka u pojedinim prostorijama dane su u tablici 13.

Tablica 13 Potrebne količine zraka po prostorijama

Oznaka na nacrtu	PRIZEMLJE	Prostor		Ventilacija		
	Prostorija	A (m ²)	h (m)	V (m ³)	N broj izmjena	q _{zr} (m ³ /h)
	PRODAJNI PROSTOR	1273,00	6,00	7638,00	0,58	4456
SP 03	ELEKTRO PROSTOR	10,50	5,10	53,55	1,00	54
SP 09	SKLADIŠTE	14,14	5,10	72,11	1,00	72
SP 10	ČIŠĆENJE	4,43	2,80	12,40	4,00	50
SP 11	ČAJNA KUHINJA	9,92	2,80	27,78	2,00	56
SP 21	PEKARNA	12,83	3,00	38,49	2,00	77
SP 22	GARDEROBA MUŠKI	3,72	2,80	10,42	1,00	10
SP 23	GARDEROBA ŽENSKE	11,28	2,80	31,58	1,00	32
SP 24	WC MUŠKI	4,34	2,80	12,15	4,00	49
SP 25	WC ŽENSKI	5,47	2,80	15,32	4,00	61
SP 26	URED	10,66	2,80	29,85	2,00	60
SP 27	URED VODITELJA	6,77	2,80	18,96	2,00	38

Izbor opreme i količina dani su u tablici 14 prema zahtjevima iz tablice 13.

Tablica 14 Dimenzioniranje i izbor opreme za ventilaciju

R.br.	Opis stavke	mjera	količina
1.	Oprema za ventilaciju KK-1		
1.01.	<p>Ventilacijska jedinica horizontalne izvedbe sa rotacijskom jedinicom za povrat energije, filterima na svježem i odsisanom zraku, tlačnim i odsisnim ventilatorima s EC motorima, te svim potrebnim elementima za zaštitu, kontrolu i regulaciju uređaja i Komplet sa svim potrebnim temperaturnim osjetnicima, osjetnicima smrzavanja, osjetnikom kvalitete zraka (CO₂ Kontrola broja okretaja integrirana u ventilacijsku jedinicu. Rad s promjenjivom količinom zraka zavisno o kvaliteti zraka u prostoru i vanjskoj temperaturi.</p> <p>Tlačna sekcija: 1 x Ventilator tip MP(Unatrag zakrivljene oštrice) L_{DOV} = 4500 m³/h dp=300Pa Filter F7 N_{EL,VENT} = 1859 W; 3x400V/50Hz Frekventno upravljanje brzine ventilatora</p> <p>Odsisna sekcija: 1 x Ventilator tip MP(Unatrag zakrivljene oštrice) L_{ODV} = 4500 m³/h dp=300Pa Filter G4 Prigušivač buke (500mm) N_{EL,VENT} = 1893 W; 3x400V/50Hz Frekventno upravljanje brzine ventilatora</p> <p>Sekcija izmjenjivača topline marke Heatex: Učinkovitost zima:76,5% Učinkovitost ljeto:64,5% masa: 888 kg</p>	kom.	1
1.02.	<p>Aluminijska zaštitna rešetka (protukišna žaluzija), sa zaštitnom mrežicom, ramom za ugradnju i limenom kutijom.</p> <p>Proizvođač „Klimaoprema“ FZ 1385x600</p>	kom.	2
1.03.	<p>Stropni vrtložni difuzor za dovod zraka, kao tip VDL, u kompletu s priključnom kutijom, izrađenom od pocinčanog lima, s horizontalnim priključkom za fleksibilnu cijev i perforiranim regulatorom količine zraka. Difuzor i priključna kutija isporučuju se sa svim potrebnim priborom i materijalom za montažu.</p> <p>Proizvođač „TROX“ VDL-400</p>	kom.	7

1.04.	Aluminijska odsisna rešetka, kao tip OAH, s jednim redom horizontalnih pojedinačno podesivih lamela, regulatorom količine zraka i okvirom za ugradnju. Proizvođač „Klimaoprema“ OAH 1225x225	kom.	3
1.05.	VAV ventil-kružne su regulacijske jedinice razvijene za upravljanje količinom strujanja zraka u sustavima upravljanja količinom dovodnoga i otpadnoga zraka Proizvođač „TROX“ TVR-Easy	kom.	7
1.06.	Kanali za razvod zraka izrađenih iz pocinčanog čeličnog lima prema HRN DIN 24190 . Kanali s većom stranicom od 300 mm ukružuju se križnim brazdama ili uzdužnim Z brazdama. Uključivo svi fazonski komadi, kanalski nastavci, koljena s registrima skretnih limova, te priрубnice iz kutnog željeza. Isključivo zavjesni, pričvrtni i brtveni materijal.		
	200x200	m	40
	275x275	m	20
	300x300	m	10
	375x375	m	8
	400x400	m	8
	425x425	m	25
	500x500	m	20
2.	Oprema za ventilaciju KK-2		
2.01.	Ventilacijska jedinica horizontalne izvedbe sa rotacijskom jedinicom za povrat energije, filterima na svježem i odsisanom zraku, tlačnim i odsisnim ventilatorima s EC motorima, te svim potrebnim elementima za zaštitu, kontrolu i regulaciju uređaja i temperature. Pogodna za smještaj u spuštenom stropu Proizvođač „Panasonic“tip: FY-800ZDY8 Tlačna sekcija: $L_{DOV} = 610 \text{ m}^3/\text{h}$ $D_p = 180 \text{ Pa}$ Filter F7 Odsisna sekcija: $L_{ODV} = 400 \text{ m}^3/\text{h}$ $D_p = 160 \text{ Pa}$ Filter G4 Prikjučna snaga: $N_{EL,VENT} = 418 \text{ W}; 220\text{V}/50\text{Hz}$ masa: 71 kg	kom.	1

2.02.	Aluminijska zaštitna rešetka (protukišna žaluzija), sa zaštitnom mrežicom, ramom za ugradnju i limenom kutijom. Proizvođač „Klimaoprema“ FZ 585x300 FZ 385x300	kom. kom.	1 1
2.03.	Stropni vrtložni difuzor za dovod zraka, kao tip VDL, u kompletu s priključnom kutijom, izrađenom od pocinčanog lima, s horizontalnim priključkom za fleksibilnu cijev i perforiranim regulatorom količine zraka. Difuzor i priključna kutija isporučuju se sa svim potrebnim priborom i materijalom za montažu. Proizvođač „TROX“ VDW-300x8	kom.	2
2.04.	Aluminijska odsisna rešetka, kao tip OAH, s jednim redom horizontalnih pojedinačno podesivih lamela, regulatorom količine zraka i okvirom za ugradnju. Proizvođač „Klimaoprema“ OAH 225x125	kom.	4
2.05.	Cilindrični kanali za razvod zraka, spiro cijevi, izrađeni iz pocinčanog lima standardne debljine prema HRN DIN 24190. Uključivo svi fazonski komadi, kanalski nastavci, koljena s registrima skretnih limova te prirubnice iz kutnog željeza. Isključivo zavjesni, pričvrсни i brtveni materijal, dimenzije $\varnothing D$ (mm): $\varnothing 100$ $\varnothing 160$ $\varnothing 200$ $\varnothing 225$	m m m m	15 10 20 20
3.	Odsisna ventilacija		
3.01.	Cijevni odsisni ventilator, komplet sa elastičnim priključcima, motornom zaštitom, servisnom sklopkom i svim pričvrsnim, montažnim, brtvenim i instalacijskim materijalom potrebnim za dovođenje u potpuno pogonsko stanje. Proizvođač „HELIOS“ tip RR100	kom.	4
3.02.	Cijevni odsisni ventilator, komplet sa elastičnim priključcima, motornom zaštitom, servisnom sklopkom i svim pričvrsnim, montažnim, brtvenim i instalacijskim materijalom potrebnim za dovođenje u potpuno pogonsko stanje. Proizvođač „HELIOS“ tip RR160	kom.	1

3.03.	Krovni odsisni ventilator, komplet sa elastičnim priključcima, termičkom zaštitom pogonskog motora, servisnom sklopkom i svim pričvrsnim, montažnim, brtvenim i instalacijskim materijalom potrebnim za dovođenje u potpuno pogonsko stanje. Proizvođač „HELIOS“ tip RR160	kom.	1
3.04.	Aluminijska zaštitna rešetka (protukišna žaluzija), sa zaštitnom mrežicom, ramom za ugradnju i limenom kutijom. Proizvođač „Klimaoprema“ G160	kom.	4
3.05.	Zračni ventil za odsis zraka Proizvođač „Klimaoprema“ ZOV 125 ZOV 100	kom. kom.	3 1
3.06.	Cilindrični kanali za razvod zraka, spiro cijevi, izrađeni iz pocinčanog lima standardne debljine prema HRN DIN 24190. Uključivo svi fazonski komadi, kanalski nastavci, koljena s registrima skretnih limova te prirubnice iz kutnog željeza. Isključivo zavjesni, pričvrsni i brtveni materijal, dimenzije $\varnothing D$ (mm): $\Phi 100$	m	80

4.1.1. Toplinska i količinska bilanca razvoda zraka sustava ventilacije

Zgrada će se ventilirati pomoću dvije zasebne klima komore (zasebni sustavi).

Jedna klima komora KK-1 će služiti za ventiliranje prodajnog prostora, dok će druga klima komora KK-2 služiti za ventiliranje određenih pomoćnih prostorija.

Budući da se zrakom neće prostor niti grijati niti hladiti, toplinska bilanca razvoda zraka neće biti prikazana.

U tablici 15 su vidljive količine zraka koje se dobavljaju i odsisavaju iz pojedinih prostora.

Detaljnije količine zraka po pojedinoj dionici moguće je vidjeti u nacrtu br. 06-2015.

Tablica 15 Količinska bilanca sustava ventilacije

Oznaka na nacrtu	PRIZEMLJE		Dobava	Odsis
	Prostorija	Način Ventiliranja	$q_{zr,d}$ (m ³ /h)	$q_{zr,o}$ (m ³ /h)
	PRODAJNI PROSTOR	KK1	4480,00	4500,00
SP 03	ELEKTRO PROSTOR	Odsis OV-4	0,00	150,00
SP 09	SKLADIŠTE	KK2	100,00	100,00
SP 10	ČIŠĆENJE	Odsis OV-2	0,00	50,00
SP 11	ČAJNA KUHINJA	KK2	150,00	150,00
SP 21	PEKARNA	Odsis OV-6	0,00	600,00
SP 22	GARDEROBA MUŠKI	KK2	70,00	0,00
SP 23	GARDEROBA ŽENSKE	KK2	140,00	0,00
SP 24	WC MUŠKI	Odsis OV-1	0,00	70,00
SP 25	WC ŽENSKI	Odsis OV-3	0,00	140,00
SP 26	URED	KK2	100,00	100,00
SP 27	URED VODITELJA	KK2	50,00	50,00
	Ukupno: KK-1	0	4480	4500
	Ukupno: KK-2	0	610	400

4.1.2. Hidraulički proračun zračnih kanala

Za potrebe odabira ventilatora i klima komore rađen je proračun pada tlaka u zračnim kanalima. Kanali su prvo dimenzionirani prema brzini strujanja zraka u kanalima i potrebnoj količini zraka unutar pojedine dionice. Brzina strujanja je oko 5m/s.

Ukupni pad tlaka je zbroj lokalnih padova tlaka i padova tlaka zbog trenja u kanalima.

Vrijednosti pada tlaka po metru kanala za određenu dionicu su očitavane iz dijagrama trenja u okruglim kanalima.

Rezultati proračuna bit će prikazani u četiri odvojene tablice br. 16, 17, 18 i 19.

Tablica 16 Hidraulički proračun za sustav ventilacije KK-1-Dobava

SUSTAV KK-1: DOBAVA												
Dionica	Protok zraka V (m ³ /h)	Dimenzije kanala a/fi (mm)	Dimenzije kanala b (mm)	Ekvivalentni promjer Dekv (m)	Površina (m ²)	Brzina w (m/s)	Duljina dionice L (m)	Linijski pad tlaka R (Pa/m)	Ukupni linijski pad tlaka LxR (Pa)	Koeficijent otpora ksi	Pad tlaka usljed pojedinačnih otpora Z (Pa)	Ukupni pad tlaka (LxR)+Z (Pa)
1	640,0	250,0		0,250	0,0491	3,62	2,0	1,100	2,20	1,30	10,24	12,44
2	640,0	200,0	200,0	0,219	0,0400	4,44	9,0	1,500	13,50	0,20	2,37	15,87
3	1280,0	275,0	275,0	0,301	0,0756	4,70	5,0	0,900	4,50	0,40	5,31	9,81
4	2560,0	400,0	400,0	0,437	0,1600	4,44	8,0	0,700	5,60	0,40	4,74	10,34
5	4480,0	500,0	500,0	0,547	0,2500	4,98	15,0	0,500	7,50	0,20	2,97	10,47
6	4480,0	500,0	500,0	0,547	0,2500	4,98	9,0	0,500	4,50	0,50	7,43	11,93
Dodatni padovi tlaka												
VDL 400											30,00	30,00
FZ 1385/600											20,00	20,00
VAV											50,00	50,00
PPZ											20,00	20,00
Ukupna duljina / linijski pad tlaka predmetne trase:							48,0 (m)	37,80 (Pa)			153,06	190,86
Ukupni pad tlaka:												209,95

Tablica 17 Hidraulički proračun za sustav ventilacije KK-1-Odsis

SUSTAV KK-1: ODSIS												
Dionica	Protok zraka V (m ³ /h)	Dimenzije kanala a/fi (mm)	Dimenzije kanala b (mm)	Ekvivalentni promjer D _{ekv} (m)	Površina (m ²)	Brzina w (m/s)	Duljina dionice L (m)	Linijski pad tlaka R (Pa/m)	Ukupni linijski pad tlaka LxR (Pa)	Koeficijent otpora ksi	Pad tlaka usljed pojedinačnih otpora Z (Pa)	Ukupni pad tlaka (LxR)+Z (Pa)
1	1500,0	300,0	300,0	0,328	0,0900	4,63	8,0	0,900	7,20	0,40	5,14	12,34
2	3000,0	425,0	425,0	0,465	0,1806	4,61	22,0	0,600	13,20	1,00	12,77	25,97
3	4500,0	500,0	500,0	0,547	0,2500	5,00	4,0	0,450	1,80	0,50	7,50	9,30
4	4500,0	500,0	500,0	0,547	0,2500	5,00	14,0	0,450	6,30	0,70	10,50	16,80
Dodatni padovi tlaka												
OAH 1225x225											30,00	30,00
FZ 1385/600											20,00	20,00
PPZ											20,00	20,00
Ukupna duljina / linijski pad tlaka predmetne trase:							48,0 (m)	28,50 (Pa)			155,92	184,42
Ukupni pad tlaka:												202,86

Tablica 18 Hidraulički proračun za sustav ventilacije KK-2-Dobava

SUSTAV KK-2: DOBAVA												
Dionica	Protok zraka V (m ³ /h)	Dimenzije kanala a/fi (mm)	Dimenzije kanala b (mm)	Ekvivalentni promjer Dekv (m)	Površina (m ²)	Brzina w (m/s)	Duljina dionice L (m)	Linijski pad tlaka R (Pa/m)	Ukupni linijski pad tlaka LxR (Pa)	Koeficijent otpora ksi	Pad tlaka usljed pojedinačnih otpora Z (Pa)	Ukupni pad tlaka (LxR)+Z (Pa)
1	70,0	100,0		0,100	0,0079	2,48	2,0	0,800	1,60	0,52	1,91	3,51
2	170,0	160,0		0,160	0,0201	2,35	2,0	0,600	1,20	0,50	1,66	2,86
3	220,0	160,0		0,160	0,0201	3,04	2,0	0,800	1,60	0,50	2,77	4,37
4	370,0	200,0		0,200	0,0314	3,27	7,0	0,700	4,90	0,52	3,34	8,24
5	510,0	200,0		0,200	0,0314	4,51	4,0	1,500	6,00	0,60	7,33	13,33
6	610,0	225,0		0,225	0,0397	4,26	4,0	1,100	4,40	0,70	7,64	12,04
7	610,0	225,0		0,225	0,0397	4,26	10,0	1,100	11,00	0,80	8,73	19,73
Dodatni padovi tlaka												
OAH 225x125											40,00	40,00
FZ 585/300											30,00	30,00
VAV											50,00	50,00
Ukupna duljina / linijski pad tlaka predmetne trase:							18,0 (m)	21,40 (Pa)			143,69	165,09
Ukupni pad tlaka:												181,60

Tablica 19 Hidraulički proračun za sustav ventilacije KK-2-Odsis

SUSTAV KK-2: ODSIS												
Dionica	Protok zraka V (m ³ /h)	Dimenzije kanala a/fi (mm)	Dimenzije kanala b (mm)	Ekvivalentni promjer Dekv (m)	Površina (m ²)	Brzina w (m/s)	Duljina dionice L (m)	Linijski pad tlaka R (Pa/m)	Ukupni linijski pad tlaka LxR (Pa)	Koeficijent otpora ksi	Pad tlaka usljed pojedinačnih otpora Z (Pa)	Ukupni pad tlaka (LxR)+Z (Pa)
1	100,0	125,0		0,125	0,0123	2,26	4,0	0,800	3,20	0,52	1,60	4,80
2	150,0	125,0		0,125	0,0123	3,40	4,0	1,500	6,00	0,20	1,38	7,38
3	300,0	160,0		0,160	0,0201	4,15	18,0	1,300	23,40	0,90	9,29	32,69
4	400,0	200,0		0,200	0,0314	3,54	4,0	0,900	3,60	0,30	2,25	5,85
5	400,0	200,0		0,200	0,0314	3,54	11,0	0,900	9,90	1,30	9,77	19,67
Dodatni padovi tlaka												
OAH 225x125											40,00	40,00
FZ 385/300											30,00	30,00
Ukupna duljina / linijski pad tlaka predmetne trase:							11,0 (m)	9,90 (Pa)	129,77	139,67		
Ukupni pad tlaka:												153,63

4.1.3. Hidrauličko uravnoteženje zračnih kanala

Hidrauličko uravnoteženje zračnih kanala u prodajnom prostoru bit će osigurano sa regulatorima varijabilnog protoka.

Odabrat će ventile varijabilnog protoka proizvođača Trox.

Ventilacijske terminalne jedinice TROX VARYCONTROL tip TVR-Easy kružne su regulacijske jedinice razvijene za upravljanje količinom strujanja zraka u sustavima upravljanja količinom dovodnoga i otpadnoga zraka.

Nazivna se veličina odabire prema količini strujanja koju je naveo konzultant. Zadane vrijednosti određene su točno na temelju ljestvice količine strujanja priložene svakom upravljaču.

Obilježja:

- Konfiguriranje količine strujanja bez softvera i hardvera (jedinice za namještanje)
- Provjera funkcija indikatorskim svjetlom i servisnim gumbom
- Testiranje aerodinamičkih funkcija svake kutije određenom linijom za baždarenje



Slika 5 Regulator varijabilnog protoka

5. TEHNIČKI OPIS

Za zgradu supermarketa koja se nalazi na području grada Zagreba potrebno je dati rješenje instalacije sustava grijanja, hlađenja i ventilacije. Rješenje sustava grijanja i hlađenja potrebno je napraviti u dvije različite varijante. Prva varijanta je rješenje sa ventilokonvektorima, a druga varijanta je rješenje sa podnim grijanjem i hlađenjem. Za obje varijante grijanja i hlađenja sustav ventilacije je isti, bez grijanja i hlađenja zraka s povratom topline iz iskorištenog zraka.

Zgrada je samostojeći objekt, lake gradnje, ukupne korisne površine 1800m². Detaljniji građevinski opis i opis arhitekture zgrade moguće je vidjeti u poglavlju 2.

Potrebne projektne temperature koje je potrebno ostvariti sustavom grijanja i hlađenja su:

- prodajni prostor ljeto $T_{zr,ljeto} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- prodajni prostor zima $T_{zr,zima} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

U pomoćnim prostorima se zimi ostvaruju temperature ovisno o namjeni od 10°C do 24 °C.

Ukupni toplinski gubici za zimu su $Q_{gr} = 57 \text{ kW}$.

Ukupni toplinski dobici za ljeto su $Q_{hl} = 58 \text{ kW}$

U tablici 1 i 2 su dane točne projektne temperature i opterećenja za svaku prostoriju.

Toplinski i rashladni izvor je toplinska pumpa zrak-voda u sprezi sa iskorištenjem topline kondenzacije iz rashladnog postrojenja za tehničko hlađenje robe u supermarketu.

Detaljna shema postrojenja je na nacrtu br. 05-2015.

Rashladni multiset koji služi za tehničko hlađenje robe sastoji se od dva dijela. Izveden je kao kaskadni rashladni sustav gdje su u donjoj kaskadi dva kompresora proizvođača Bitzer tipa 2JSL-2K s radnom tvari CO₂, a u gornjoj kaskadi su tri kompresora proizvođača Bitzer tip 4GE-20Y s radnom tvari R134a. Paralelno sa gornjom kaskadom je spojen klima multiset koji se sastoji od dva kompresora proizvođača Bitzer tip NES-20Y s radnom tvari R134a. Spojeni su na zajednički tlačni vod. Kada postoji potreba za grijanjem u supermarketu, prekretni ventil MV4, koji se nalazi na izmjenjivačkom modulu, preusmjerava pregrijane pare radne tvari na izmjenjivač za grijanje proizvođača Bitzer tip K1973T gdje radna tvar kondenzira predajući toplinu vodi sa druge strane izmjenjivača. Tako ugrijana voda se akumulira u puferu

zapremine 1000 l koji se nalazi na modulu za grijanje/hlađenje otkud se dalje koristi za grijanje zgrade.

Kada nema potrebe za grijanjem troputni ventil MV4 preusmjerava pregrijane pare na zrakom hlađen kondenzator koji se nalazi na krovu objekta i toplinu kondenzacije predaje na okolišni zrak.

Iz kondenzatora ukapljena faza radne tvari ide na pothlađivač kapljevine gdje se dodatno pothlađuje, nakon čega ide prema potrošačima.

Rashladni učin se dobije kada se otvori ventil MV15 i ukapljena radna tvar R134a dođe do pločastog izmjenjivača proizvođača GEA tip TD7-42. Elektronski ekspanzijski ventil AKV15-4 prigušuje radnu tvar koja isparava na stijenkama izmjenjivača uzimajući toplinu vode na sebe. Tako ohlađena voda se sprema u pufer zapremine 1000 l i služi za hlađenje zgrade. Isti pufer se koristi i za hladnu i za toplu vodu, jedino se razlikuje smjer punjenja i pražnjenja. Za to služe prekretni ventili proizvođača Samson tip 3374. Smjer punjenja i pražnjenja moguće je vidjeti na nacrtu br. 05-2015 u detalju A.

5.1. Tehnički opis sustava grijanja sa ventilokonvektorima

Učin za grijanje se dobije 100% iskorištenjem otpadne topline kondenzacije koja se dobije od rashladnog postrojenja i klima modula toplinske pumpe.

Otpadnu toplinu moguće je dobiti radom pet kompresora:

3 x Bitzer 4GE-20Y-40P (rashladni multiset)

2 x Bitzer 4NES-20Y-40P (toplinska pumpa)

Nazivni toplinski učin koji je moguće dobiti na strani vode za grijanje zimi, pri vanjskoj projektnoj temperaturi $T_{ok,zim} = -18^{\circ}\text{C}$ je $Q_{gr} = 120\text{kW}$.

Od ovog ukupnog učina, otpadnom toplinom od rashladnog multisetu moguće je dobiti $Q_{gr,otp} = 65\text{kW}$. To je dovoljno da pokrije cijelo toplinsko opterećenje za grijanje zimi, pa pretpostavljamo da klima modul neće raditi u režimu grijanja.

Toplina se predaje pomoću Bitzerovog izmjenjivača topline tip K1973T.

Selekcija kompresora i izmjenjivača topline je napravljena pomoću Bitzerovog softvera, a primjer kako izgleda postupak odabira je na slici 6.

The screenshot displays the BITZER Software v6.4.3 rev1302 interface. On the left, the 'Compressor selection' panel is active, showing settings for a Semi-hermetic Reciprocating Compressor. The Mode is set to 'Refrigeration and Air condi', Refrigerant is 'R134a', and the Compressor model is '4GE-20Y'. The operating point is defined by an Evaporating SST of -10 °C and a Condensing SDT of 45 °C. The operating conditions include a liquid subcooling of 10 K, suction gas superheat of 20 K, and useful superheat of 7 K. The power supply is set to 50Hz and 400V-P/W (40P).

On the right, a schematic diagram of a refrigeration cycle is shown with temperature points: 45.0 °C at the condenser, 35.0 °C at the evaporator, 85.9 °C at the discharge gas, 10.0 °C at the suction gas, and -3.0 °C at the evaporator. The compressor is labeled '4GE-20Y (100%)'.

Below the diagram, the 'Result' tab is selected, displaying technical data for the 'Compressor 4GE-20Y-40P'. The data includes:

Parameter	Value
Capacity steps	100%
Cooling capacity	29.2 kW
Cooling capacity *	27.0 kW
Evaporator capacity	27.2 kW
Power input	10.65 kW
Current (400V)	19.35 A
Voltage range	380-420V
Condenser Capacity	39.9 kW
COP/EER	2.55
COP/EER *	2.53
Mass flow	657 kg/h
Operating mode	Standard
Discharge gas temp. w/o cooling	85.9 °C

A note at the top of the technical data section states: 'Tentative Data. *Compressor-Performance data certified by ASERCOM (see T.Data/ Notes) Please consider design current for 70 Hz operation when using a frequency inverter! See also KP-104.'

Slika 6 Primjer odabira kompresora prema softveru Bitzer

Temperaturni režim vode za grijanje je 45/40 °C.

Toplina se dalje distribuira u prostor dvocijevnim razvodom i predaje preko ventilokonvektora. Prema toplinskom opterećenju prostora odabrani su ventilokonvektori različite veličine. Točan tip i položaj svih jedinica unutar prostora moguće je vidjeti na nacrtu br. 01-2015.

Za prodajni prostor odabrano je 6 ventilokonvektora proizvođača Sabiana tipa SK-ECM 52 i pomoću njih moguće je isporučiti 64kW. Prema toplinskom opterećenju za prodajni prostor trebat će ukupno 42,5kW, što bi bilo 7kW po pojedinom ventilokonvektoru. To ćemo postići postavljanjem regulacijskih ventila proizvođača Danfoss tip AB-QM koji će ograničiti protok i držati cjevovod balansiranim.

Ventilokonvektori su opremljeni ventilatorima koji imaju mogućnost puhanja u tri brzine i tako optimalno zadovoljiti toplinske potrebe prostora.

Sam prodajni prostor je podijeljen u više temperaturnih zona, a svaka zona posjeduje svoj temperaturni osjetnik smješten u prostoru na visini od 1,8m. Temperaturni osjetnik šalje informacije o temperaturi u centralni upravljački ormar, koji na osnovu dobivenih informacija upravlja ventilatorima na ventilokonvektorima i ventilom za protok vode. Točna podjela na zone se vidi u nacrtima br. 01-2015 i 02-2015.

Zračne zavjese će raditi samo u režimu grijanja, dok će u režimu hlađenja raditi samo ventilatori bez izmjene topline. Regulaciju protoka tople vode će regulirati ventil AB-QT, a ispred na polazu grane će se nalaziti automatski zaporni ventil koji će zatvoriti protok u režimu hlađenja. Zračna zavjesa na vratima dostave ima tri brzine i podešena je tako da u grijanju radi na najmanjoj brzini, kako bi temperirala prostor, a na signal da su vrata otvorena brzina ventilatora se podiže na treću brzinu.

Grijanje pomoćnih prostorija je riješeno na sljedeći način:

- 2x ventilokonvektora proizvođača Sabiana tip SK-ECM 42 za hodnik (grijanje),
- 3x ventilokonvektora proizvođača Sabiana tip SK-ECM 12 za prostore muške garderobe, ženske garderobe i skladišta (grijanje),
- 3x ventilokonvektora proizvođača Sabiana tip SK-ECM 12 za prostore čajne kuhinje, ureda voditelja i ureda (grijanje/hlađenje).

Osim prodajnog prostora, i u pomoćnim prostorijama koje se griju, nalaze se temperaturni osjetnici. Temperaturni osjetnici šalju informacije o temperaturi na osnovu kojih se upravlja brzinom vrtnje ventilatora i AB-QM ventilima. Koji osjetnik upravlja kojom zonom moguće je vidjeti na nacrtu br. 02-2015.

5.2. Tehnički opis sustava podnoga grijanja

Toplinski izvor za podno grijanje je isti kao u verziji ventilokonvektorskog grijanja.

Temperaturni režim vode za grijanje je 35/30°C.

Toplina se dalje distribuira u prostor dvocijevnim razvodom pod stropom na visini instalacija od 4,2m do svakog razdijelnog ormarića. Do samog razdijelnog ormarića tip:HKV-D instalacija se spušta uza zid iznad razdijelnog ormarića. Položaj razdijelnih ormarića je vidljiv na nacrtu br. 03-2015.

Prema toplinskom opterećenju prostora napravljena je mreža krugova podnoga grijanja, dobivena pomoću softvera IntegraCAD. Mreža krugova sa točnim korakom i površinom dana je u nacrtu br. 03-2015.

Površina poda je dovoljna za pokrivanje cjelokupnog toplinskog opterećenja. Ukupna isporučena toplina sustavom podnoga grijanja je $Q_{gr}=57\text{kW}$.

U prodajni prostor je smješteno pet razdjelnih ormarića na koje je spojeno 39 krugova.

Za pomoćne prostorije predviđena su tri razdjelna ormarića na koja je spojeno 17 krugova.

Zgrada je podijeljena u temperaturne zone i u svaku zonu je postavljen temperaturni osjetnik. Temperaturni osjetnik šalje informaciju o temperaturi u prostoru na termo ventil koji mijenja protok vode u krugovima koji pripadaju toj zoni. Točnu podjelu zona i način spajanja krugova moguće je vidjeti u nacrtima br. 03-2015 i 04-2015.

5.3. Tehnički opis sustava hlađenja sa ventilokonvektorima

Energiju za hlađenje će osigurati klima multiset koji se sastoji od dva kompresora

2 x Bitzer 4NES-20Y-40P.

Nazivni rashladni učin koji je moguće dobiti na strani vode za hlađenje u ljeto, pri vanjskoj projektnoj temperaturi $T_{v,ljet}=+44^{\circ}\text{C}$ je $Q_{hl}=79\text{kW}$.

Rashladna energija se predaje pomoću pločastog izmjenjivača proizvođača GEA tip TD7-42.

Pločasti izmjenjivač je odabran pomoću računalnog programa „GEA flat plate select“ .

Rashladna voda na temperaturu polaza od 7°C se akumulira u puferu od 1000 l. Isti taj pufer se koristi i za grijanje, samo je smjer punjenja spremnika različit, što se vidi na crtežu br. 05-2015.

Rashladna voda temperaturnog režima $7/12^{\circ}\text{C}$ se dalje distribuira prema rashladnim tijelima, koja su ista kao i za grijanje (dvocijevni sustav).

Kompletno hlađenje će se odvijati preko cjevovoda i ventilokonvektora kao i za grijanje, samo će protok biti prilagođen pomoću otvorenosti ventila AB-QM prema potrebama hlađenja prostora.

Potrebe za hlađenjem prodajnog prostora od 51kW možemo dobiti od 6 ventilokonvektora tipa SK-ECM 52.

Protok kroz zračne zavjese, te ventilokonvektore u prostorijama skladišta i garderobama u režimu hlađenja bit će zatvoren pomoću automatskih zapornih ventila proizvođača Danfos tipa AMZ 112.

Točan položaj jedinica i način spajanja vidljiv je u nacrtima br. 01-2015 i 02-2015.

Svaki ventilokonvektor je opremljen posudom za sakupljanje kondenzata kada radi u režimu hlađenja i malom impulsnom pumpom za odbacivanje kondenzata u mrežu za odvod. Maksimalna visina dobave pumpe za kondenzat je 60cm na što treba paziti prilikom izvođenja cjevovoda za odvod kondenzata.

5.4. Tehnički opis sustava podnog hlađenja

Rashladni izvor za podno hlađenje je isti kao u verziji ventilokonvektorskog hlađenja.

Temperaturni režim vode za hlađenje je 16/18°C.

Za hlađenje se koristi ista postavljena oprema kao i za podno grijanje.

Razlika između podnoga grijanja i hlađenja je u manjoj razlici temperature između polazne i povratne vode u režimu hlađenja u odnosu na grijanje, što će rezultirati većim potrebnim protokom u režimu hlađenja. Zbog toga je pad tlaka znatno veći kod hlađenja, što se vidi u tablici 12.

I pored toga, podnim hlađenjem sa raspoloživom površinom poda unutar prodajnog prostora možemo ostvariti učin od 36kW, što nije dovoljno jer je toplinsko opterećenje ljeti $Q_{hl}=51kW$. Zato su na glavni vod dodana dva ventilokonvektora proizvođača Sabiana tip SK-ECM 52. Ispred svakog će se nalaziti automatski zaporni ventil, a palit će se kao zadnji prioritet, to jest samo ako se pomoću podnog hlađenja ne postiže zadana temperatura u prodajnom prostoru od 26°C.

Ukupni rashladni učin za hlađenje sa podnim hlađenjem i dva ventilokonvektora je $Q_{hl}=58kW$, što zadovoljava proračunske potrebe za hlađenjem.

Zgrada je podijeljena u temperaturne zone i u svaku zonu je postavljen temperaturni osjetnik. Temperaturni osjetnik šalje informaciju o temperaturi u prostoru na termo ventil koji mijenja protok vode u krugovima koji pripadaju toj zoni. Točnu podjelu zona i način spajanja krugova moguće je vidjeti u nacrtima br. 03-2015 i 04-2015.

5.5. Tehnički opis sustava ventilacije

Za ventiliranje zgrade supermarketa predviđena su dva odvojena sustava.

Prvi sustav je namijenjen ventiliranju prodajnog prostora pomoću kompaktne ventilacijske jedinice proizvođača CIAT označena kao KK-1. Jedinica je pogodna za unutarnju ugradnju i smještena je u skladištu ispod stropa.

Količina zraka je varijabilna. Upravljanje zraka će biti vođeno prema signalu dobivenom od CO₂ osjetnika smještenom u prodajnom prostoru.

Distribucija zraka u prodajnom prostoru predviđena je pomoću 7 distributera zraka proizvođača Trox tip VDL 400, dok je odsis izveden preko 3 ventilacijske rešetke proizvođača Klimaoprema tip OAH 1225x225, smještenih u predjelu prodajnog prostora s poslužnim vitrinama. Zahvat svježeg zraka je na fasadi na južnom zidu na visini od 3m, a izbacivanje otpadnog zraka je iznad vrata dostave također na visini od 3m.

Povezivanje kanalskog razvoda na elemente opreme vrši se pomoću savitljivih cijevi radi sprječavanja prenošenja vibracija. Sami ventilatori u sklopu rekuperacijskih komora opremljeni su amortizerima vibracija. Detaljan položaj opreme i razvoda kanala moguće je vidjeti na nacrtu br. 06-2015. Zahvat svježeg zraka je na fasadi na južnom zidu na visini od 3m, a izbacivanje otpadnog zraka je iznad vrata dostave također na visini od 3m.

Ventiliranje pomoćnih prostorija bit će izvedeno kao poseban sustav pomoću kompaktne klima jedinice proizvođača Panasonic tipa FY-800ZDY8 smještene pod stropom u skladištu. Oznaka ove jedinice je KK-2. Distribucija zraka do prostorija je pomoću kanala okruglog presjeka dimenzija prema nacrtu br. 06-2015. Količine zraka koje se dobivljaju po pojedinim prostorijama moguće je vidjeti u tablici 15. Zahvat svježeg zraka i izbacivanje otpadnog zraka je na fasadi na južnom zidu na visini od 3m. Razmak između rešetki je preko 2m, kako ne bi došlo do recirkulacije.

Osim sustava ventilacije preko ove dvije klima komore za pojedine prostorije potrebno je napraviti posebne sustave odsisa zraka. Ukupno imamo šest sustava odsisa zraka. Prostor muškog i ženskog wc-a i čistila ventiliran je ventilatorom proizvođača Helios tip RR100. Elektro soba je ventilirana pomoću ventilatora proizvođača Helios tip RR125. Strojarnica i pekarnica su ventilirani pomoću većih ventilatora proizvođača Helios.

6. GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE/HLADENJE PREMA HRN EN ISO 13790

Poznavati točnu potrošnju energije i predvidjeti troškove uslijed porasta cijena energenata sve je važnije, kako u svijetu tako i u Hrvatskoj. Investitorima je važno poznavanje takvih podataka radi izračuna investicije i procjene isplativosti same investicije.

Postoje mnoge metode za procjene potrošnje energije i razne inačice proračuna. U ovom diplomskom zadatku procjena potrošnje električne energije supermarketa bit će provedena prema normi HRN EN ISO 13790.

Za točan proračun jedan od najvažnijih parametara svakako su ulazni podaci i pravilno određivanje svojstava same građevine za koju se provodi proračun.

6.1. Ulazni podaci i svojstva građevine

Objekt je smješten na području grada Zagreba i za potrebe proračuna su korišteni referentni klimatski podaci za kontinentalnu Hrvatsku iz pravilnika o energetsom pregledu.

Arhitektonsko građevinski opis zgrade dan je u poglavlju 2 ovog rada.

Ulazni podaci su odabrani prema lokaciji i svojstvima građevine.

Tablica 20. Referentni klimatski podaci sunčeva zračenja za kontinentalnu Hrvatsku

Mjesec	ϑ_e	Broj dana	Vrijeme, h	Vrijeme rada sustava, h	Istok, Zapad 90°	Sjever 90°	Istok/Zapad 0°	Jug 90°
Siječanj	-0,6	31	744	434	31,74	19,04	42,94	58,62
Veljača	2,2	28	672	392	52,91	29,76	72,34	85,98
Ožujak	6,5	31	744	434	89,98	47,04	126,94	115,74
Travanj	11,2	30	720	420	119,98	62,89	177,85	116,13
Svibanj	15,9	31	744	434	148,60	77,66	228,49	117,98
Lipanj	19,2	30	720	420	161,27	82,56	251,54	116,13
Srpanj	21,1	31	744	434	163,90	79,90	252,39	121,34
Kolovoz	20,1	31	744	434	143,74	69,44	214,31	126,57
Rujan	16,4	30	720	420	117,67	52,47	164,74	138,50
Listopad	11,1	31	744	434	74,67	35,84	100,06	118,35
Studeni	5,6	30	720	420	35,49	21,22	48,23	63,27
Prosinac	0,9	31	744	434	23,15	15,31	32,48	43,31
God. prosj.	10,8	365	8760	5110	1163,1	593,1	1712,3	1221,9

Prema svojstvima građevine odabrani su koeficijenti prolaza topline za pojedine segmente predmetne građevine kao što su zid, krov i pod vidljivi u tablici 21.

Tablica 21. Ulazni podaci za supermarket

Ulazni podaci			
Opis	Znak	Vrijedno	Jedinica
Unutarnja proračunska temp. za grijanje	$\vartheta_{int,H}$	20	°C
Unutarnja proračunska temp. za hlađenje	$\vartheta_{int,C}$	26	°C
Dodatak za toplinske mostove	ΔU_{TM}	0,05	W/Km ²
Koeficijent prolaza topline za zid	U_{zid}	0,25	W/Km ²
Koeficijent prolaza topline za staklo	U_{sta}	1	W/Km ²
Koeficijent prolaza topline za krov	U_{krov}	0,16	W/Km ²
Koeficijent prolaza topline za pod	U_{pod}	0,32	W/Km ²
Površina zida Istok	$A_{k,ZI}$	313,8	m ²
Površina zida Jug	$A_{k,ZJ}$	171	m ²
Površina zida Sjever	$A_{k,ZS}$	214,2	m ²
Površina staklene stijene Jug	$A_{k,SJ}$	43,2	m ²
Površina staklene stijene Zapad	$A_{k,SZ}$	313,8	m ²
Površina krova	$A_{k,K}$	1867	m ²
Površina poda	$A_{k,P}$	1867	m ²
Ukupna dužina vanjskih zidova	P	98	m
Koeficijent toplinske provodljivosti tla	λ	2	W/mK
Ukupna debljina poda	w	0,2	m
Duljinski koeficijent prolaska topline za spoj zida i poda	Ψ_g	0,2	W/mK
Radno vrijeme		12	h
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije	n_{inf}	0	h ⁻¹
Volumen zraka u zoni	V	4455	m ³
Gustoća zraka	ρ_z	1,2	kg/m ³
Spec. toplinski kapacitet zraka	$c_{p,z}$	1005	J/kgK
Broj izmjena zraka uslijed otvaranja vrata	$n_{win} * V_v$	0,1254	m ³ /s
Broj izmjena zraka prisilnom ventilacijom	n_{mech}	5	h ⁻¹
Metabolički učinak ljudi	M	115	W/m ²
Faktor oblika između stakla(zida) i neba	Fr,pz	0,5	
Faktor oblika između krova i neba	Fr,k	1	
Faktor smanjenja zbog neokomitog upada s.z.	F_w	0,9	
Ukupna propusnost sunčeva zračenja kroz staklo	g_{gl}	0,72	
Udio ploštine prozorskog okvira	F_F	0,2	
Bezdimenzijski apsorpcijski koeficijent zida	$\alpha_{s,z}$	0,6	
Plošni toplinski otpor vanjske površine zida/krova	R_{se}	0,04	
Bezdimenzijski apsorpcijski koeficijent krova	$\alpha_{s,k}$	0,2	
Vanjski koeficijent prijelaza topline zračenjem	h_r	4,5	W/Km ²
Prosječna temp. razlika neba i zraka	$\Delta \vartheta_{er}$	10	°C
Broj dana korištenja sustava u tjednu	$d_{use,tj}$	6	dan/a
Broj sati rada sustava grijanja	t_d	15	h/dan

6.2. Općenito o normi HRN EN ISO 13790

Norma HRN EN ISO 13790 opisuje postupak proračuna godišnje potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrada ili dijelova zgrada.

Ona obuhvaća:

- proračun izmjene topline transmisijom i ventilacijom unutar dijela zgrade koji se grije ili hladi na konstantnu temperaturu,
- proračun utjecaja unutarnjih dobitaka topline kao i dobitaka topline od sunčeva zračenja na toplinsku bilancu,
- proračun godišnje potrebne (korisne) energije za grijanje i hlađenje.

Zgrada može imati više zona s različitim postavkama temperatura, te može biti grijana i hlađena s prekidima.

Vremenski interval za proračun može biti mjesečni, satni ili prema sezoni grijanja i/ili hlađenja.

Odabrana je mjesečna metoda proračuna.

6.3 Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje/hlađenje jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja/hlađenja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature. Potrebna toplinska energija za kontinuirano grijanje računa se prema izrazu:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol}) \quad [kWh]$$

gdje je:

$Q_{H,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za grijanja [kWh]

Q_{Tr} - izmijenjena toplinska energija transmisijom [kWh]

Q_{Ve} - potrebna toplinska energija za ventilaciju za proračunsku zonu [kWh]

Q_{int} - unutarnji toplinski dobici zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) [kWh]

Q_{sol} - toplinski dobici od sunčeva zračenja [kWh]

$\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka pri grijanju

Potrebna toplinska energija za kontinuirano hlađenje računa se prema izrazu:

$$Q_{C,nd,cont} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{C,gn}(Q_{Tr} + Q_{Ve}) \quad [kWh]$$

gdje je:

$Q_{C,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za hlađenje [kWh]

Q_{Tr} - izmijenjena toplinska energija transmisijom [kWh]

Q_{Ve} - potrebna toplinska energija za ventilaciju za proračunsku zonu [kWh]

Q_{int} - unutarnji toplinski dobici zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) [kWh]

Q_{sol} - toplinski dobici od sunčeva zračenja [kWh]

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

Ukupna izmijenjena toplota po mjesecu računaja se prema izrazu:

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

gdje su:

Q_{Tr} - izmijenjena toplota transmisijom [kWh]

Q_{ve} - izmijenjena toplina ventilacijom [kWh]

Izmijenjena toplina transmisijom prema vanjskom okolišu računa se za svaki mjesec i to prema izrazu:

$$Q_{tr} = \frac{H_{tr}}{1000} (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e) t \quad [\text{kWh}]$$

a izmijenjena toplina ventilacijom dobiva se iz izraza

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000} (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e) t \quad [\text{kWh}]$$

gdje je:

H_{tr} - koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone [W/K]

H_{Ve} - koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone [W/K]

$\vartheta_{int,H}$ - unutarnja temperatura [°C]

ϑ_e - srednja vanjska temperatura za proračunski period (mjesečna) [°C]

t - proračunski vremenski period (kod mjesečne metode t =ukupan broj sati u mjesecu) [h]

Proračun izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom računa se isto za grijanje i hlađenje. Razlika u krajnjem rezultatu javit će se jedino uslijed različite unutarnje projektne temperature za supermarket.

Koeficijent transmisijske izmjene topline određuje se prema:

$$H_{Tr} = H_D + H_U + H_g + H_A \quad [\text{W/K}]$$

gdje je:

H_D - koeficijent transmisijske izmjene topline izravno prema vanjskom okolišu [W/K]

H_g - koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu [W/K]

H_U - koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]

H_A - koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednim zgradama [W/K]

Koeficijent transmisijske izmjene topline izravno prema vanjskom okolišu smo dobili prema:

$$H_D = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TM}) \quad [\text{W/K}]$$

A_k - površina pojedinih površina (tablica 2.) [m^2]

U_k - koeficijent prolaza topline (tablica 2.) [W/m^2K]

ΔU_{TM} - dodatak koeficijentu prolaza topline za „dobra“ rješenja toplinskih mostova (tablica 2) [W/m^2K]

Koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu računa se prema izrazu:

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \psi_g$$

A - površina poda (tablica 2) [m^2]

U - koeficijent prolaska topline poda [W/m^2K]

P - izloženi opseg poda (ukupna dužina vanjskih zidova koji odvajaju unutarnji prostor od vanjskog okoliša) [m]

ψ_g - duljinski koeficijent prolaska topline za spoj zida i poda [W/m^2K]

Definiranje koeficijenta prolaska topline za pod na tlu prvo se računa B' (karakteristična dimenzija poda):

$$B' = \frac{A}{0,5P}$$

Za dobro izoliran pod koeficijent prolaska topline poda:

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t}$$

gdje je:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$$

d_t - ekvivalentna debljina poda [m]

λ - koeficijent toplinske provodljivosti tla (uzima se $\lambda=2$ W/mK)

w - ukupna debljina poda (u našem slučaju $w=0,2$ m)

R_{si} - plošni unutarnji toplinski otpor (Tablica 3.2. iz norme $R_{si} = 0,17$ m²K/W)

R_f - toplinski otpor podne konstrukcije ($R_f = w/\lambda = 0,1$ m²K/W)

R_{se} - vanjski plošni toplinski otpor (Tablica 3.2. iz norme $R_{se} = 0$)

Koeficijent ventilacijske izmjene topline određuje se prema:

$$H_{Ve} = H_{Ve,inf} + H_{Ve,win} + H_{Ve,mech} \quad [W/K]$$

$H_{Ve,inf}$ - koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed infiltracije vanjskog zraka (u našem slučaju nema infiltracije)

$H_{Ve,win}$ - koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed otvaranja prozora (u našem slučaju samo ulazna vrata)

$H_{Ve,mech}$ - koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije

Koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed otvaranja vrata smo dobili:

$$H_{Ve,win} = n_{win} \cdot V_v \cdot \rho_z \cdot c_{p,z} \quad [\text{W/K}]$$

n_{win} - broj izmjena zraka uslijed otvaranja vrata (u našem slučaju količina zraka koja uđe kroz vrata pri otvorenosti 20% vremena i brzini zraka od 0,1 m/s)

V_v - volumenski protok zraka kroz vrata [m^3/s]

Koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije smo računali:

$$H_{Ve,mech} = \frac{n_{mech} \cdot V \cdot \rho_z \cdot c_{p,z}}{3600} \quad [\text{W/K}]$$

n_{mech} - broj izmjena zraka uslijed mehaničke ventilacije (u našem slučaju za supermarkete $n_{mech} = \sim 1 \text{ h}^{-1}$)

V - volumen zraka u zoni [m^3]

6.3.1. Unutarnji toplinski dobici/gubici

Metodologija proračuna je jednaka i za grijanje i za hlađenje, samo što dobiveni rezultati koji su u grijanju dobici, u hlađenju su gubici i obratno.

Unutarnji toplinski dobici/gubici za grijanje/hlađenje su:

$$Q_{int} = Q_{ljudi} + Q_{ras} + Q_u - Q_{vit} \quad [\text{kW}]$$

Q_{ljudi} - toplinsko opterećenje od ljudi (prema iskustvenim preporukama jedna osoba na 10 m^2)

Q_{ras} - toplinsko opterećenje uslijed rada rasvjete (led rasvjeta 20 W/m^2)

Q_u - toplinsko opterećenje raznih uređaja u prostoru (iskustveno paušalno 15 kW)

Q_{vit} - opterećenje rashladnih vitrina u prodajnom prostoru (50% od ukupnog učina isparivača, 22 kW)

6.3.2. Toplinsko opterećenje sunčevog zračenja

Toplinski dobici od sunčeva zračenja za promatrani vremenski period (mjesec) računaju se prema izrazu:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob} I_{s,k} A_{sol,k} + F_{sh,ob} I_{s,c} A_{sol,c} - F_{r,k} \Phi_{r,k} \quad [kW]$$

$F_{sh,ob}$ - faktor smanjenja zbog sjene od vanjskih prepreka direktnom sunčevu zračenju na površinu k-tog građevnog elementa (u našem slučaju $F_{sh,ob} = 1$)

$I_{s,k}$ - prosječna gustoća toplinskog toka sunčeva zračenja na površinu k-tog građevnog elementa u promatranom proračunskom periodu (mjesecu) (tablica 1) [W/m^2]

$I_{s,c}$ - prosječna gustoća toplinskog toka sunčeva zračenja na površinu c-tog građevnog elementa u promatranom proračunskom periodu (mjesecu) (tablica 1) [W/m^2]

$A_{sol,k}$ - efektivna površina otvora k (prozirnog) elementa na koju upada sunčevo zračenje [m^2]

$A_{sol,c}$ - efektivna površina otvora c (neprozirnog) elementa na koju upada sunčevo zračenje [m^2]

$F_{r,k}$ - faktor oblika između otvora k i neba (vodoravni krov $F_{r,k}=1$, okomiti zid $F_{r,k}=0,5$)

$\Phi_{r,k}$ - toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu [kW]

Efektivna površina otvora k (prozirnog elementa) na koju upada sunčevo zračenje je:

$$A_{sol,k} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{pr} \quad [m^2]$$

$$g_{gl} = F_W \cdot g_{\perp}$$

$F_{sh,gl}$ - faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja ($F_{sh,gl}=1$, nema zaštite od sunca)

g_{gl} - ukupna propusnost sunčeva zračenja kroz prozirne elemente kada pomično zasjenjenje nije uključeno

F_F - udio ploštine prozorskog okvira u ukupnoj površini prozora ($F_F = 0,2$)

A_{pr} - ukupna ploština prozora [m^2]

F_W - faktor smanjenja zbog ne okomitog upada sunčevog zračenja ($F_W = 0,9$)

g_{\perp} - stupanj propuštanja ukupnog zračenja okomito na ostakljenje kada pomično zasjenjenje nije uključeno ($g_{\perp}=0,8$ - dvostruko izolirajuće staklo)

Efektivna površina otvora c (neprozirnog elementa) na koju upada sunčevo zračenje je:

$$A_{sol,c} = \alpha_{s,c} R_{se} U_c A_c \quad [m^2]$$

$\alpha_{s,c}$ - bezdimenzijski apsorpcijski koeficijent zida/krova ($\alpha_{s,c} = 0,6$ - zamućena boja)

R_{se} - plošni toplinski otpor vanjske površine zida/krova ($R_{se} = 0,04 m^2K/W$)

U_c - koeficijent prolaska topline zida/krova (tablica 1)

A_c - projicirana površina zida (tablica 1) [m^2]

Toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu:

$$\Phi_{r,k} = R_{se} U_c A_c h_r \Delta \vartheta_{er} \quad [W]$$

h_r - vanjski koeficijent prijelaza topline zračenjem ($h_r = 4,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)

$\Delta \vartheta_{er}$ - prosječna temperaturna razlika vanjske temperature zraka i temperature neba

($\Delta \vartheta_{er} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$)

6.3.3. Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje

Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka je funkcija y_H (omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom) i a_H (bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade) i računa se prema sljedećim izrazima:

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

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

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{y_H} \quad \text{za } y_H < 0$$

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

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

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

$$a_H = a_0 + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

a_H - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade

y_H - omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom

τ - vremenska konstanta zgrade

τ_0 - referentna vremenska konstanta zgrade (za mjesečni proračun iznosi $\tau_0 = 15$ h)

gdje je:

$$\tau = \frac{C_m/3600}{H_{Tr} + H_{Ve}}$$

C_m - efektivni toplinski kapacitet zgrade [J/K]

Efektivni toplinski kapacitet zgrade se odabire prema klasi zgrade što je u našem slučaju „vrlo lagana“ (lagane montažne konstrukcije s ispunom od toplinsko-izolacijskih materijala) gdje je:

$$C_m = 80 \cdot A_f \quad [\text{J/K}]$$

A_f - površina grijanog dijela zgrade (tablica 2) [m²]

6.3.4. Faktor iskorištenja toplinskih gubitaka za hlađenje

Faktor iskorištenja toplinskih gubitaka je funkcija y_C (omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene toplinske energije transmisijom i ventilacijom) i a_C (bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade) i računa se prema sljedećim izrazima:

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

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

$$\eta_{C,ls} = 1 \quad \text{za } y_C < 0$$

$$y_c = \frac{Q_{c,gn}}{Q_{c,ht}}$$

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

$$Q_{c,ht} = Q_{Tr} + Q_{Ve} \quad [\text{kWh}]$$

$$a_c = a_0 + \frac{\tau}{\tau_{c,0}}$$

a_c - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade

y_c - omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom

τ - vremenska konstanta zgrade

$\tau_{c,0}$ - referentna vremenska konstanta zgrade (za mjesečni proračun iznosi $\tau_0 = 15$ h)

gdje je:

$$\tau = \frac{C_m/3600}{H_{Tr} + H_{Ve}}$$

C_m - efektivni toplinski kapacitet zgrade [J/K]

Efektivni toplinski kapacitet zgrade se odabire prema klasi zgrade što je u našem slučaju „vrlo lagana“ (lagane montažne konstrukcije s ispunom od toplinsko-izolacijskih materijala) gdje je:

$$C_m = 80 \cdot A_f \quad [\text{J/K}]$$

A_f - površina grijanog dijela zgrade (tablica 2) [m²]

6.3.5. Izračun mjesečnih vrijednosti toplinske energije pri nekontinuiranom radu

Mjesečna vrijednost toplinske energije za grijanje/hlađenje zgrade pri nekontinuiranom grijanju/hlađenju se umanjuje:

$$Q_{H/C,nd,m} = \alpha_{H/C,red} \cdot Q_{H/C,nd,cont,m} \quad [\text{kWh}]$$

Proračun bezdimenzijskog redukcijskog faktora $\alpha_{H,red}$ koji uzima u obzir prekide grijanja/hlađenja se računa:

$$\alpha_{H\setminus C,red} = 1 - 3 \cdot \frac{\tau_{H\setminus C,0}}{\tau} \cdot y_{H\setminus C} \cdot (1 - f_{H\setminus C,hr})$$

Bezdimenzijski redukcijski faktor je ograničen svojom minimalnom i maksimalnom vrijednošću, gdje je 1 maksimalan iznos, a minimalna vrijednost ne može biti manja od $f_{H/C,hr}$.

$$f_{H\setminus C,hr} = \frac{\text{tjedni broj sati rada supermarketa}}{\text{broj sati u tjednu}}$$

$f_{H/C,hr}$ - udio sati u tjednu tijekom kojih grijanje/hlađenje radi

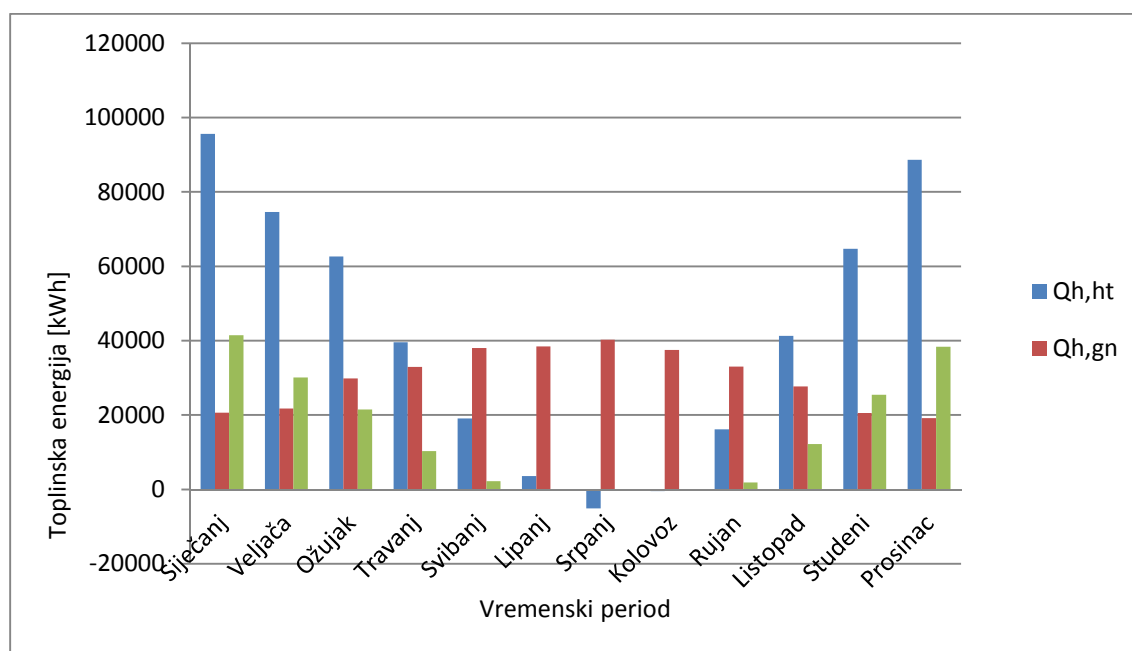
U našem slučaju supermarket radi 14 sati dnevno 6 dana u tjednu.

6.4. Rezultati proračuna za grijanje

Niže su prikazani rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje prostora supermarketa izraženi po mjesecima za cijelu godinu prema normi HRN EN ISO 13790.

Tablica 22. Rezultati proračuna

Mjesec	Q_{Tr}	Q_{ve}	γ_H	$\eta_{H,gn}$	Q_{int}	Q_{sol}	$Q_{H,nd,cont}$	$\alpha_{H,red}$	$Q_{H,nd,m}$
	[kWh]	[kWh]			[kWh]	[kWh]	[kWh]		[kWh]
Siječanj	27566	68066	0,216	0,889	15597	5020	77304	0,536	41413
Veljača	21514	53123	0,291	0,847	14088	7665	56207	0,536	30111
Ožujak	18065	44607	0,476	0,755	15597	14211	40167	0,536	21518
Travanj	11396	28139	0,832	0,615	15094	17807	19294	0,536	10336
Svibanj	5486	13547	1,998	0,372	15597	22429	4880	0,536	2193
Lipanj	1036	2558	10,705	0,089	15094	23381	152	0,536	0
Srpanj	-1472	-3635	-7,875	-0,127	15597	24618	0	1,000	0
Kolovoz	-134	-330	-80,776	-0,012	15597	21902	0	1,000	0
Rujan	4662	11511	2,039	0,367	15094	17888	4072	0,536	1818
Listopad	11909	29407	0,671	0,673	15597	12123	22673	0,536	12146
Studeni	18648	46046	0,318	0,833	15094	5450	47574	0,536	25486
Prosinac	25558	63110	0,216	0,889	15597	3536	71662	0,536	38390
Ukupno	144234	356150			183646	176029	343985		183411



Dijagram 7. Usporedba toplinskih gubitaka, dobitaka i potrebne toplinske energije za grijanje

Iz dijagrama je vidljivo da ne trebamo grijati u ljeto, dok su najveće potrebe za grijanjem, kao što smo i očekivali, u prosincu i siječnju.

6.5. Rezultati proračuna za hlađenje

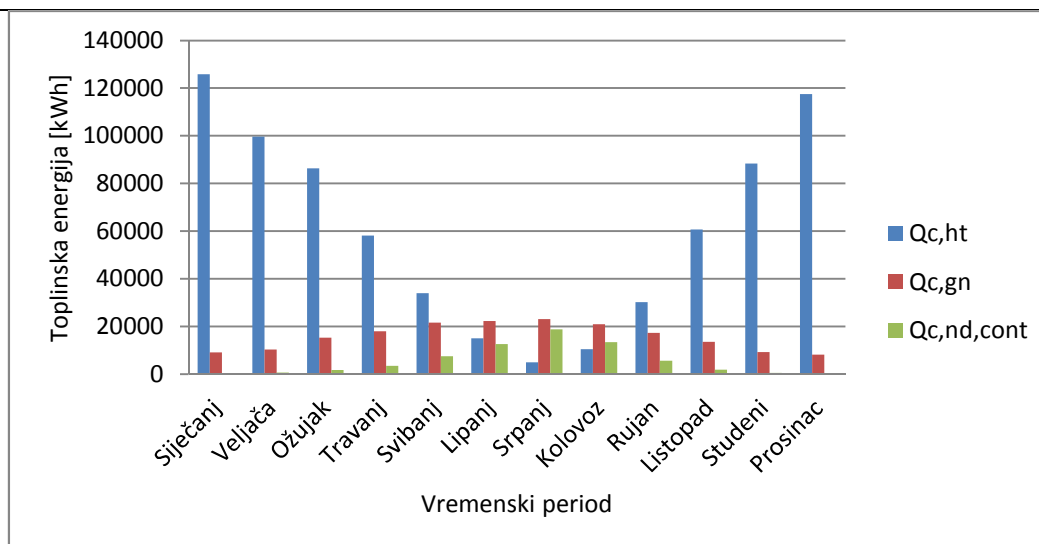
Niže su prikazani rezultati proračuna potrebne toplinske energije za hlađenje prostora supermarketa izraženi po mjesecima za cijelu godinu prema normi HRN EN ISO 13790.

Tablica 23. Rezultati proračuna za hlađenje

Mjesec	Q_{Tr}	Q_{ve}	γ_c	$\eta_{C,gn}$	Q_{int}	Q_{sol}	$Q_{C,nd,cont}$	$\alpha_{C,red}$	$Q_{C,nd,m}$
	[kWh]	[kWh]		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]		[kWh]
Siječanj	29161	74675	0,199	0,178	15597	5020	2084	0,536	0
Veljača	23076	59092	0,265	0,228	14088	7665	2999	0,536	0
Ožujak	20000	51215	0,419	0,328	15597	14211	6484	0,536	0
Travanj	13486	34534	0,685	0,457	15094	17807	10937	0,536	5078
Svibanj	7871	20156	1,357	0,648	15597	22429	19853	0,536	10636
Lipanj	3496	8953	3,090	0,831	15094	23381	28135	0,536	15072
Srpanj	1161	2974	9,725	0,953	15597	24618	36276	0,536	19434
Kolovoz	2452	6278	4,296	0,880	15597	21902	29819	0,536	15975
Rujan	6993	17907	1,325	0,642	15094	17888	16996	0,536	9105
Listopad	14065	36016	0,554	0,399	15597	12123	7742	0,536	2007
Studeni	20479	52441	0,282	0,240	15094	5450	3023	0,536	0
Prosinac	27226	69719	0,197	0,178	15597	3536	1921	0,536	0
Ukupno:	169466	433958			183646	176029	166271		77306

Vidljivo je da je ukupna energija potrebna za grijanje mnogo veća od potrebne energije za hlađenje. Razlog je veliki broj rashladnih vitrina, koje su specifičnost prostora supermarketa, koje su dodatno opterećenje kod grijanja dok idu u korist kod hlađenja.

Javlja se također razlika kod izmjene topline transmisijom i ventilacijom zbog različite unutarnje projektne temperature od 2 °C.



Dijagram 8. Usporedba toplinskih gubitaka, dobitaka i potrebne toplinske energije za hlađenje

Iz dijagrama možemo vidjeti da najveće potrebe za hlađenjem imamo u ljetnim mjesecima kada su nam najveći toplinski dobitci od sunčeva zračenja, što smo i očekivali.

6.6. Trajanje sezone grijanja

Određuje se iz udjela broja dana u mjesecu koji pripada sezoni grijanja $f_{H,m}$.

Parametar potreban za proračun je granična vrijednost omjera toplinskih dobitaka i gubitaka,

$y_{H,lim}$:

$$y_{H,lim} = \frac{a_H + 1}{a_H} [-]$$

gdje je:

a_H – bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ .

U ovom slučaju $y_{H,lim} = 1,7728$

Ako je $y_{H,2} < y_{H,lim} \rightarrow f_{H,m} = 1$ (grijanje je cijeli mjesec u radu)

Ako je $y_{H,1} > y_{H,lim} \rightarrow f_{H,m} = 0$ (nema potrebe za grijanjem)

U ostalim slučajevima:

$$\text{Ako je } y_H > y_{H,lim} \rightarrow f_H = 0,5 \cdot \frac{y_{H,lim} - y_{H,1}}{y_H - y_{H,1}}$$

$$\text{Ako je } y_H \leq y_{H,lim} \rightarrow f_H = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{y_{H,lim} - y_H}{y_{H,2} - y_H}$$

pri čemu veća vrijednost od sljedeće dvije prosječne vrijednosti predstavlja $y_{H,2}$, a manja vrijednost $y_{H,1}$.

$(y_{H,m} + y_{H,m-1})/2$	Manja od dvije vrijednosti $y_{H,1}$, veća je $y_{H,2}$
$(y_{H,m} + y_{H,m+1})/2$	

$y_{H,m}$ – omjer toplinskih dobitaka i gubitaka u mjesecu m za koji se preračunava $f_{H,m}$.

$y_{H,m-1}$ – omjer toplinskih dobitaka i gubitaka u mjesecu prije mjeseca m za koji se preračunava $f_{H,m}$.

$y_{H,m-2}$ – omjer toplinskih dobitaka i gubitaka u mjesecu nakon mjeseca m za koji se preračunava $f_{H,m}$.

$$L_{H,m} = f_{H,m} \cdot N_m \quad [\text{dan/mj}]$$

N_m – broj dana u mjesecu

Tablica 24. Broj dana grijanja u sezoni

Mjesec	y_H	$y_{H,m-1}$	$y_{H,m+1}$	$(y_{H,m} + y_{H,m-1})/2$	$(y_{H,m} + y_{H,m+1})/2$	$y_{H,1}$	$y_{H,2}$	$f_{H,m}$	$L_{H,m}$ [dan/mj]
	Siječanj	0,2156	0,2158	0,2915	0,2157	0,2535	0,2157	0,2535	1
Veljača	0,2915	0,2156	0,4756	0,2535	0,3835	0,2535	0,3835	1	28
Ožujak	0,4756	0,2915	0,8322	0,3835	0,6539	0,3835	0,6539	1	31
Travanj	0,8322	0,4756	1,9978	0,6539	1,4150	0,6539	1,4150	1	30
Svibanj	1,9978	0,8322	10,7051	1,4150	6,3515	1,4150	6,3515	0,81	26
Lipanj	10,7051	1,9978	10,7051	6,3515	10,7051	6,3515	10,7051	0	0
Srpanj	10,7051	10,7051	2,0393	10,7051	6,3722	6,3722	10,7051	0	0
Kolovoz	2,0393	10,7051	2,0393	6,3722	2,0393	2,0393	6,3722	0	0
Rujan	2,0393	2,0393	0,6709	2,0393	1,3551	1,3551	2,0393	0,81	25
Listopad	0,6709	2,0393	0,3176	1,3551	0,4942	0,4942	1,3551	1	31
Studeni	0,3176	0,6709	0,2158	0,4942	0,2667	0,2667	0,4942	1	30
Prosinac	0,2158	0,3176	0,2156	0,2667	0,2157	0,2157	0,2667	1	31
Ukupno									263

Iz tablice je vidljivo da trebamo grijati u svim mjesecima osim u lipnju i srpnju. Očekivao sam da neće trebati ni u kolovozu, ali očito velik utjecaj imaju rashladne vitrine koje hlade prostor i prostor se nalazi u kontinentalnoj Hrvatskoj gdje temperature ipak nisu previsoke u ljeto.

6.7. Trajanje sezone hlađenja

Određuje se iz mjesečne vrijednosti potrebne energije za hlađenje i udjela broja dana u mjesecu koji pripada sezoni hlađenja $f_{C,m}$.

Parametar potreban za proračun je granična vrijednost $y_{C,lim}$:

$$\left(\frac{1}{y_C}\right)_{lim} = \frac{a_C + 1}{a_C} [-]$$

gdje je:

a_H – bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ .

U ovom slučaju $y_{H,lim} = 1,771$

Ako je $(1/y_C)_2 < (1/y_C)_{lim} \rightarrow f_{C,m} = 1$ (hlađenje je cijeli mjesec u radu)

Ako je $(1/y_C)_1 > (1/y_C)_{lim} \rightarrow f_{C,m} = 0$ (nema potrebe za hlađenjem)

U ostalim slučajevima:

$$\text{Ako je } (1/y_C) > (1/y_C)_{lim} \rightarrow f_C = 0,5 \cdot \frac{(1/y_C)_{lim} - (1/y_C)_1}{(1/y_C) - (1/y_C)_1}$$

$$\text{Ako je } (1/y_C) \leq (1/y_C)_{lim} \rightarrow f_C = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{(1/y_C)_{lim} - (1/y_C)}{(1/y_C)_2 - (1/y_C)}$$

pri čemu veća vrijednost od sljedeće dvije prosječne vrijednosti predstavlja $(1/y_C)_2$, a manja vrijednost $(1/y_C)_1$.

$(1/y_{C,m} + y_{C,m-1})/2$	Manja od dvije vrijednosti $(1/y_C)_1$, veća je $(1/y_C)_2$
$(1/y_{C,m} + y_{C,m+1})/2$	

$y_{C,m}$ – omjer toplinskih dobitaka i gubitaka u mjesecu m za koji se preračunava $f_{C,m}$.

$y_{C,m-1}$ – omjer toplinskih dobitaka i gubitaka u mjesecu prije mjeseca m za koji se preračunava $f_{C,m}$.

$y_{C,m-2}$ – omjer toplinskih dobitaka i gubitaka u mjesecu nakon mjeseca m za koji se preračunava $f_{C,m}$.

$$L_{C,m} = f_{C,m} \cdot N_m \quad [\text{dan/mj}]$$

N_m – broj dana u mjesecu.

Niže u tablici su prikazani rezultati za trajanje sezone hlađenja:

Tablica 25. Broj dana hlađenja u sezoni

Mjesec	1/ y_c	1/ $y_{c,m-1}$	1/ $y_{c,m+1}$	($y_{c,m}+y_{c,m-1}$)/2	($y_{c,m}+y_{c,m+1}$)/2	1/ $y_{c,1}$	1/ $y_{c,2}$	$f_{c,m}$	$L_{c,m}$ [dan/mj]
Siječanj	5,0365	5,0669	3,7773	5,0517	4,4069	4,4069	5,0517	0,0000	0
Veljača	3,7773	5,0365	2,3891	4,4069	3,0832	3,0832	4,4069	0,0000	0
Ožujak	2,3891	3,7773	1,4595	3,0832	1,9243	1,9243	3,0832	0,0000	0
Travanj	1,4595	2,3891	0,7370	1,9243	1,0983	1,0983	1,9243	0,8358	26
Svibanj	0,7370	1,4595	0,3236	1,0983	0,5303	0,5303	1,0983	1,0000	31
Lipanj	0,3236	0,7370	0,1028	0,5303	0,2132	0,2132	0,5303	1,0000	30
Srpanj	0,1028	0,3236	0,2328	0,2132	0,1678	0,1678	0,2132	1,0000	31
Kolovoz	0,2328	0,1028	0,7549	0,1678	0,4939	0,1678	0,4939	1,0000	31
Rujan	0,7549	0,2328	1,8066	0,4939	1,2808	0,4939	1,2808	1,0000	30
Listopad	1,8066	0,7549	3,5494	1,2808	2,6780	1,2808	2,6780	0,4667	15
Studeni	3,5494	1,8066	5,0669	2,6780	4,3082	2,6780	4,3082	0,0000	0
Prosinac	5,0669	3,5494	5,0365	4,3082	5,0517	4,3082	5,0517	0,0000	0
Ukupno									194

Možemo vidjeti da je potrebno hladiti od travnja do listopada, odnosno 194 dana u sezoni, što smo i očekivali.

Vidimo da imamo preklapanja u grijanju i hlađenju u prijelaznom periodu. Algoritam kaže da se gleda sezona grijanja, a da se hladi samo u one dane kada nema grijanja.

Prema tome, hlađenje će raditi ukupno 102 dana od kraja svibnja do početka rujna.

7. PRORAČUN INVESTICIJSKIH I POGONSKIH TROŠKOVA ZA DVA RJEŠENJA

Danas, kada je cijena energije jako velika, jako se pazi na energetska učinkovitost sustava.

Međutim, nerijetko dobra energetska učinkovitost ne može opravdati veliku cijenu investicije.

U ovom poglavlju pokušat ćemo izračunati investicijske i pogonske troškove za sustav sa podnim grijanjem/hlađenjem i za sustav sa ventilokonvektorskim grijanjem/hlađenjem, te odrediti koji je sustav bolje rješenje za ovu zgradu.

Procjena investicije i potrošnja energije za sustav ventilacije neće biti rađena, jer je neovisan i isti za oba slučaja, pa neće utjecati na konačnu odluku o odabiru sustava grijanja/hlađenja.

Cijena same investicije bit će podijeljena u dvije stavke:

- cijena materijala i opreme,
- cijena ugradnje.

Tako izražene cijene bit će moguće uporediti za dvije verzije. Izražena cijena po stavkama bi bila jako složena i komplicirana, pa bi je bilo teže uspoređivati.

7.1. Grijanje/hlađenje sa stropnim ventilokonvektorima

Cijena investicije za sustav grijanja/hlađenja pomoću ventilokonvektora dobivena je zbrajanjem pojedinih stavki opreme iz popisa u tablici 3. Cijene same opreme dobivene su od proizvođača odabrane opreme.

Cijena ugradnje opreme dobivena je procjenom potrebnog broja sati za ugradnju.

U tablici 26 moguće je vidjeti cijenu ukupne investicije za sustav ventilokonvektorskog grijanja/hlađenja.

Tablica 26. Trošak investicije za ventilokonvektorsko grijanje/hlađenje

Ventilokonvektorsko grijanje/hlađenje		
Opis	Vrijednost	Jedinica
Cijena opreme	130480	kn
Cijena montaže	44000	kn
Ukupno	174480	kn

Kod potrošnje električne energije najveći postotak će imati potrošnja toplinske pumpe, ali ne treba zanemarivati i potrošnju pumpe za distribuciju vode, te potrošnju ventilatora na ventilokonvektorima. Potrošnja električne energije toplinske pumpe ovisit će o faktoru energetske učinkovitosti. Iz Bitzerovog softvera za odabir smo dobili faktor energetske učinkovitosti (EER/COP) za odabrane kompresore rashladnog postrojenja i toplinske pumpe (vidi prilog 6).

Pomoću podataka o potrošnji toplinske energije dobivenih proračunom po normi HRN EN 13790 i faktora energetske učinkovitost dobivena je potrebna količina električne energije za rad postrojenja. Izračun je napravljen pomoću formule i faktora dobijenih iz HRN EN 15243.

$$E_{C,gen,del,el} = \frac{Q_{C,gen,in}}{EER \cdot PLV_{AV}}$$

PLV_{AV} -prosječni faktor djelomičnog opterećenja ($PLV_{AV} = 1,48$)

Konačni rezultati su prikazani u tablici 27.

Tablica 27. Godišnja potrošnja električne energije (ventilokonvektori)

Opis	Vrijednost	Jedinica
Potrošnja električne energije postrojenja	64400,66	kn
Potrošnja pumpe Magna3 40-150F	1458,4548	kn
Ptrošnja električne energije na ventilokonvektorima	5371,08	kn
Ukupno	71230,195	kn

Na potrošnju energije potrebne za rashladni multiset i klima multiset dodana je potrošnja električne energije pumpe i potrošnja električne energije ventilatora n ventilokonvektorima.

7.2. Podno grijanje/hlađenje

Cijena investicije za podno grijanje dobivena je od firme Uponsor, kao i cijena montaže po m² instaliranog podnoga grijanja. Ukupan trošak investicije za sustav sa podnim grijanjem/hlađenjem nalazi se u tablici 28.

Tablica 28. Trošak investicije za podno grijanje/hlađenje

Podno grijanje/hlađenje		
Opis	Vrijednost	Jedinica
Cijena opreme	171200	kn
Cijena montaže	96300	kn
Ukupno	267500	kn

Izračun potrošnje električne energije za sustav podnoga grijanja/hlađenja je isti kao i za sustav ventilokonvektorskoga grijanja/hlađenja. Zbog većih faktora energetske učinkovitosti dobivenih iz Bitzerovog programa za odabrane kompresore, potrošnja energije će biti manja u odnosu na sustav s ventilokonvektorskim grijanjem/hlađenjem. Rezultati proračuna su vidljivi u tablici 29.

Tablica 29. Godišnja potrošnja električne energije (podno grijanje/hlađenje)

Opis	Vrijednost	Jedinica
Potrošnja električne energije	50315,42	kn
Potrošnja pumpe Magna 80-12F	8263,2	kn
Ukupno	58578,62	kn

Kod sustava sa podnim grijanjem nemamo dodatnu potrošnju električne energije na ventilatorima, ali zbog većih padova tlaka veća i jača pumpa je odabrana koja troši više električne energije. Zbog tromosti sustava podnoga grijanja/hlađenja računato je da pumpa radi duže vrijeme nego kod sustava ventilokonvektora.

7.3. Usporedba i analiza rezultata

Vidimo da podno grijanje/hlađenje troši manje električne energije u odnosu na sustav ventilokonvektorskoga grijanja/hlađenja, što smo i očekivali. Razlog tome je u faktorima energetske učinkovitosti postrojenja (COP/EER), koji su povoljniji za sustav sa podnim grijanjem/hlađenjem zbog niže temperature kondenzacije, koja se dobije zahvaljujući nižoj temperaturi polazne vode u sustavu podnoga grijanja.

Ušteda izražene u kunama u periodu jedne godine korištenja prikazane su u tablici 30.

Tablica 30. Ušteda u razlici godišnje potrošnje dva sustava

Rekapitulacija		
Opis	Vrijednost	Jedinica
Ventilokonvektorsko grijanje/hlađenje	71230	kn
Podno grijanje hlađenje	58579	kn
Razlika	12652	kn

Uštede su računane pri trenutnoj cijeni električne energije HEP-a za poslovne subjekte od 0,88kn/kWh.

Na osnovu ušteda u potrošnji električne energije i cijene investicije za dva sustava moguće je izračunati period povrata investicije. Povrat investicije prikazan je u tablici 31.

Tablica 31. Ušteda u razlici potrošnje dva sustava

Povrat investicije			
Razlika u cijeni investicije [kn]	Ušteda na potrošnji [kn/god.]	Količina	Jedinica
93020	12652	7,4	godina

Povrat investicije od 7,4 godine je za duplo manji od predviđenog trajanja opreme.

Prema tome odabran je energetski povoljniji sustav podnoga grijanja/hlađenja.

8. ZAKLJUČAK

Za zgradu supermarketa na području grada Zagreba napravljen je projekt grijanja, hlađenja i ventilacije.

Za sustav grijanja i hlađenja napravljene su dvije varijante rješenja:

- sustav grijanja/hlađenja sa ventilokonvektorima,
- sustav podnoga grijanja/hlađenja.

U oba slučaja je potpuno iskorištena otpadna toplina kondenzacije dobivena od sustava za tehničko hlađenje robe u supermarketu.

Projektiran je sustav ventilacije sa dvije odvojene klima komore, od kojih će jedna pokrivati potrebe za zrakom prodajnog prostora, dok će druga služiti za ventilaciju pomoćnih prostora. Nije predviđeno grijanje i hlađenje zraka.

Proračunata je godišnja potrebna energija za grijanje i hlađenje zgrade korištenjem norme HRN EN ISO 13790 (mjesečna metoda).

Napravljen je proračun investicijskih i pogonskih troškova za dvije varijante rješenja grijanja/hlađenja. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da je sustav sa podnim grijanjem/hlađenjem energetski učinkovitiji od sustava sa ventilokonvektorskim grijanjem/hlađenjem. To je očekivano jer je temperatura polazne vode kod podnoga grijanja niža nego je to slučaj kod ventilokonvektorskoga grijanja, a polazna temperatura kod hlađenja je viša od temperature vode kod hlađenja sa ventilokonvektorima. Posljedica toga je veći faktor energetske učinkovitosti rashladnog postrojenja i toplinske pumpe, i samim time manja potrošnja električne energije. Međutim, cijena ukupne investicije je veća kod sustava podnoga grijanja/hlađenja za 34% u odnosu na sustav ventilokonvektorskoga grijanja/hlađenja. Iz toga dobivamo vrijeme povrata investicije od 7,4 godine.

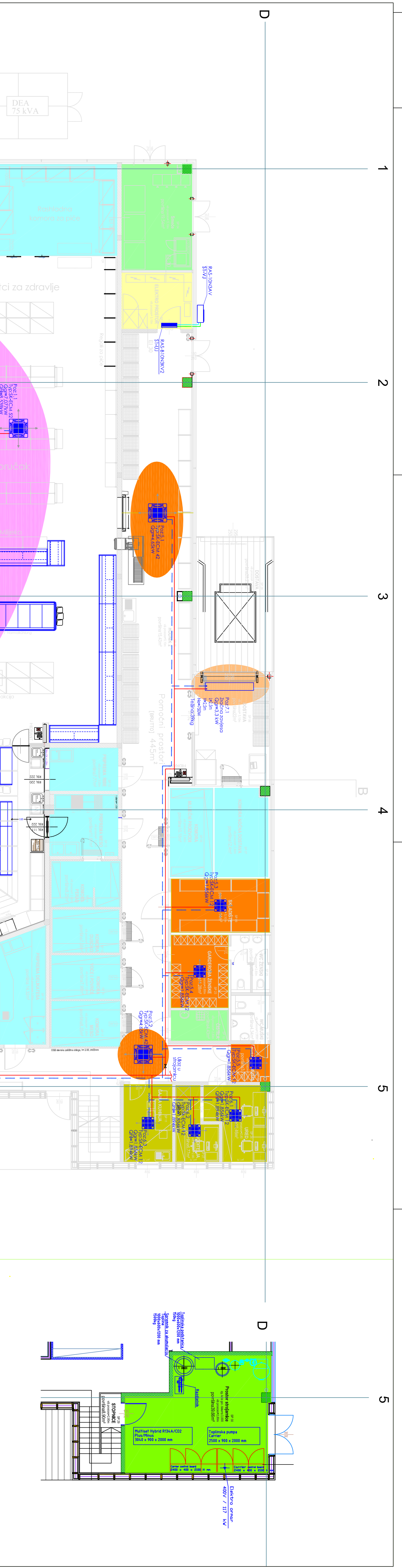
Odabran je energetski povoljniji sustav sa podnim grijanjem/hlađenjem jer je povrat investicije kraći od predviđenog trajanja opreme, što ga čini ekonomski isplativim.

LITERATURA

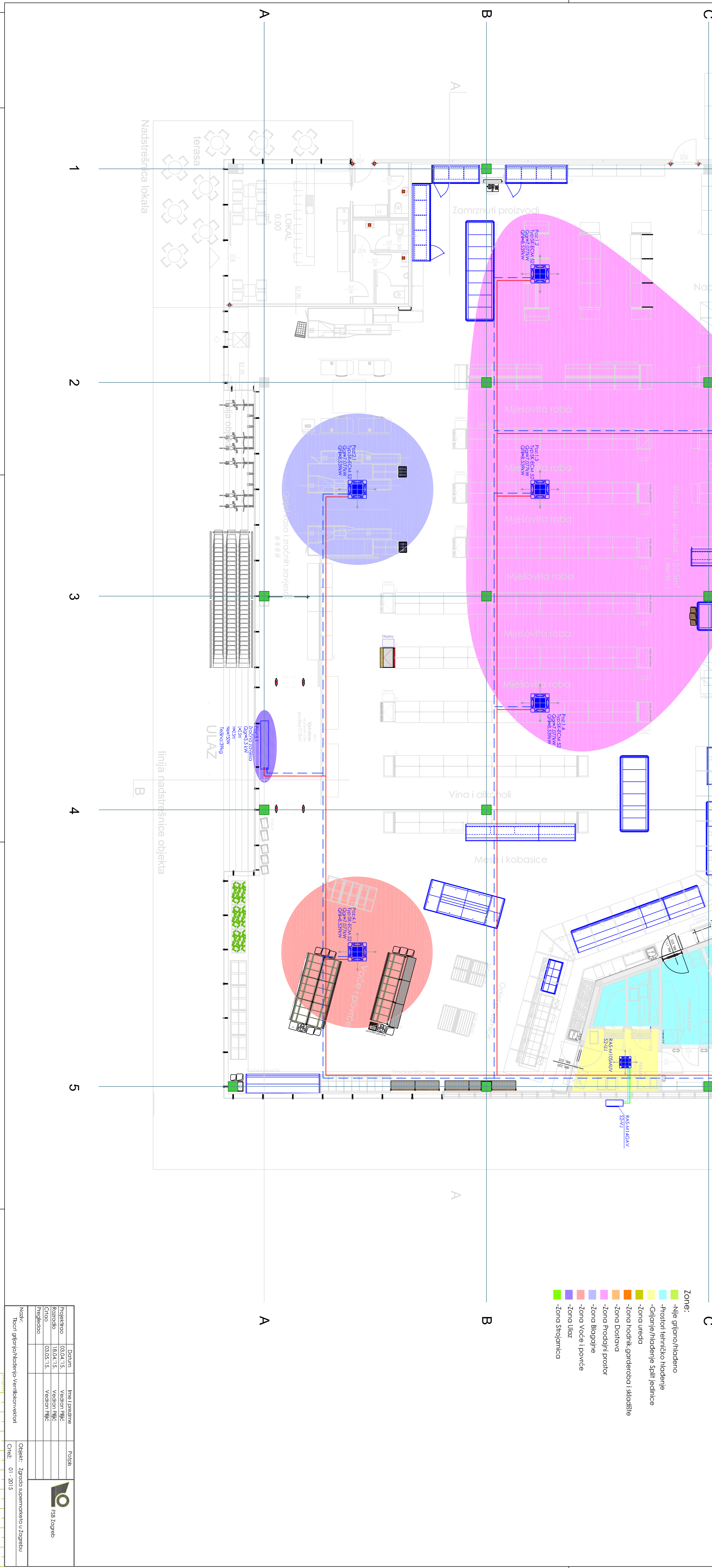
- [1] Soldo V., Novak S.: Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, FSB, Zagreb, 2012.
- [2] EN 13790:2008 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling
- [3] Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti: Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode, Zagreb, 2012.
- [4] Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade, Zagreb, 2012.
- [5] Recknagel-Sprenger: Grijanje i klimatizacija, Građevinska knjiga Beograd 1984. Priručnik za energetska certificiranje zgrada, Zagreb, 2010.
- [6] Balen, I.: Klimatizacija, podloge uz predavanja
- [7] Balen, I.: Sustavi toplovodnog grijanja, podloge uz predavanja
- [8] Priručnik za energetska certificiranje zgrada, Zagreb, 2010.
- [9] http://www.trox.hr/hr/products/control_units/varycontrol/tvr_easy/index.html.
04.05.2015.
- [10] <http://hr.grundfos.com/business-areas/commercial-buildings/tools/quick-pump.html>
,07.05.2015.
- [11] Katalog proizvođača Danfoss
- [12] Katalog proizvođača Klimaoprema
- [13] Katalog proizvođača Toshiba

PRILOZI

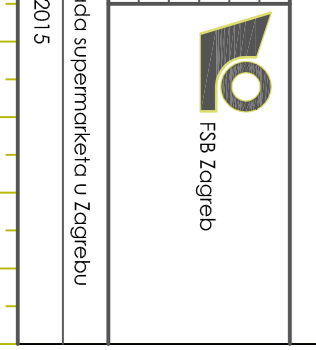
- I. CD-R disk
- II. Grafički prilog (nacrti)
- III. Dio proračuna podnoga grijanja/hlađenja iz programa Integra CAD



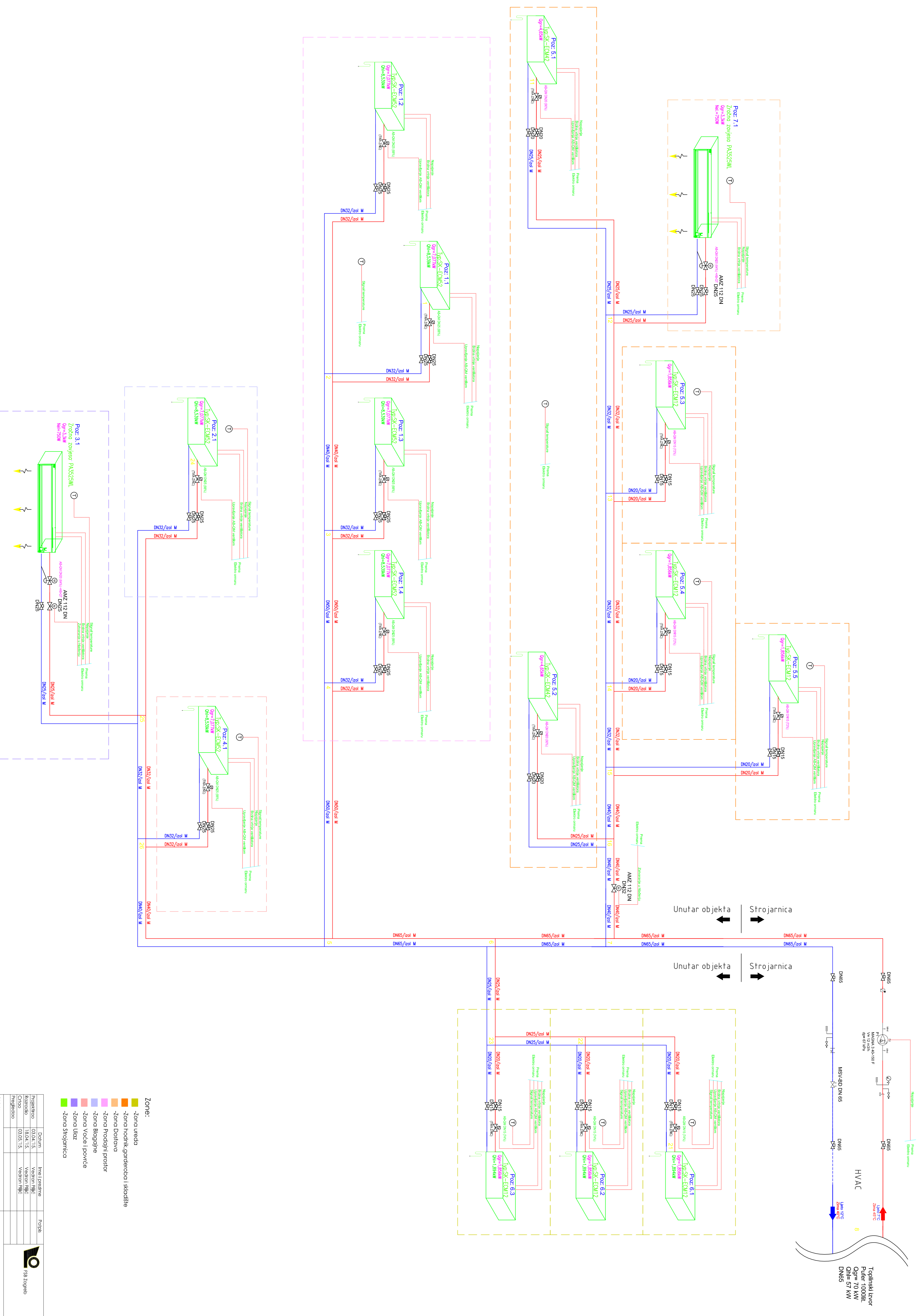
- Zone:**
- Nije gijano/hladeno
 - Prostor hladnjače
 - Ciflije/hladjenje split jedinice
 - Zona uređa
 - Zona hodnik/garderoba i skladište
 - Zona Dostava
 - Zona Prodajni prostor
 - Zona Blagajne
 - Zona Voće i povrće
 - Zona Ulaz
 - Zona Strojarnica



Naziv: Tlocrt gijano/hladjenje, ventilacioni sklop		Objekt: Zgrada supermarketa u Zagrebu	
Crtež: 01 - 2015			
Datum: 03.04.15	Ime i prezime: Poljski		
Projektirao: 1.6.04.15.	Vodionik: Poljski		
Crtao: 03.05.15.	Vodionik: Poljski		
Preispitao:			



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Toplinski izvor
 Puhar 1000lit.
 Qgr= 70 kW
 QH= 57 kW
 DN65

Strojarnica
 Unutar objekta

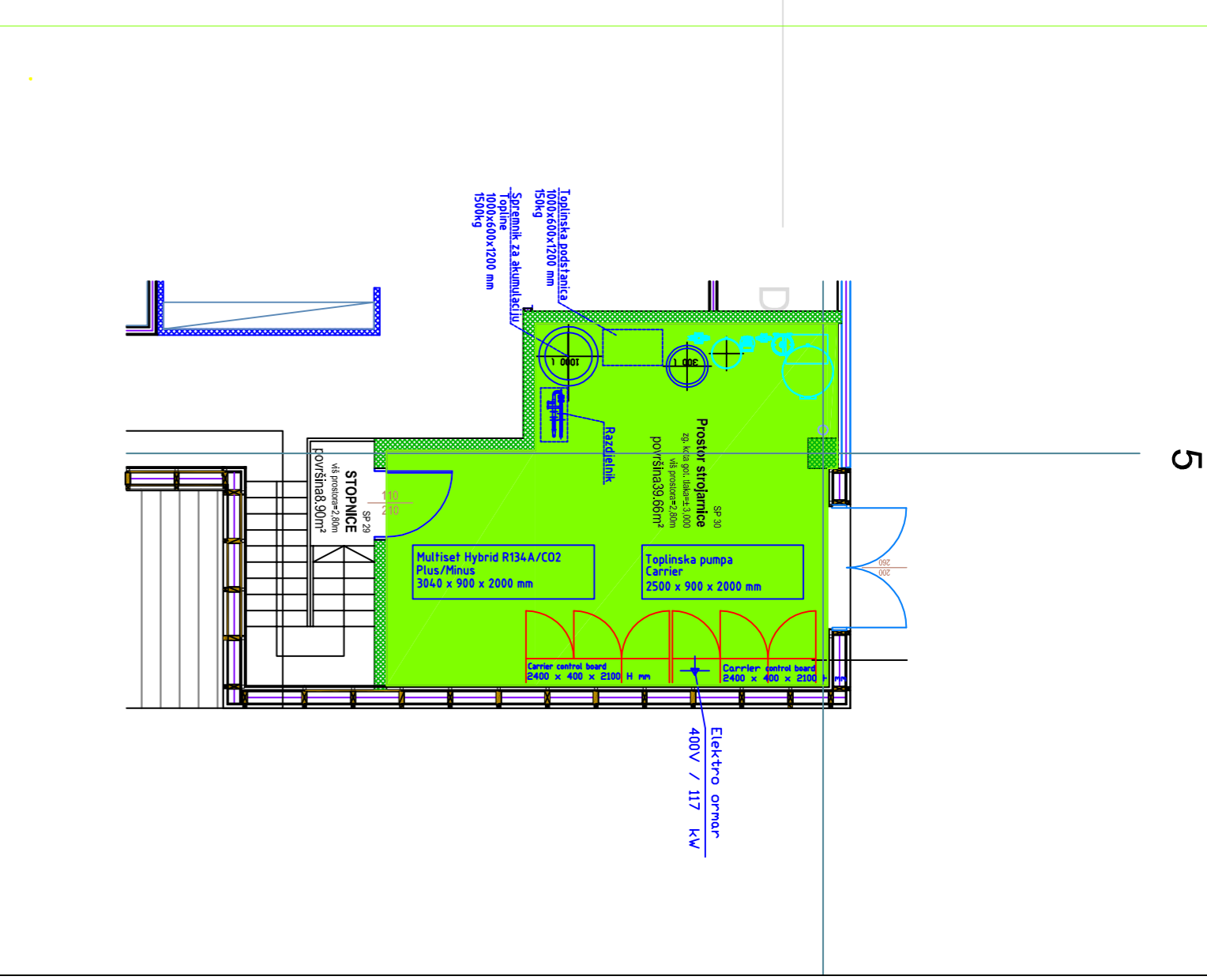
Strojarnica
 Unutar objekta

- Zone:**
- Zona uređa
 - Zona hodnik/garderoba i skladiste
 - Zona Dostava
 - Zona Prodajni prostor
 - Zona Biogojine
 - Zona Voće i povrće
 - Zona Ulaz
 - Zona Stojarnica

Objekt:	Sjemeni vrtnikovrtačkog objekta/hidra		Objekt:	Zgrada suprimenikta u Zagrebu
Projektor:	Božun	Inač i Pratić	Perišić	
Revizija:	18.04.15.	Veselin Bukić		
Crtao:	03.05.15.	Veselin Bukić		
Pregradio:				



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



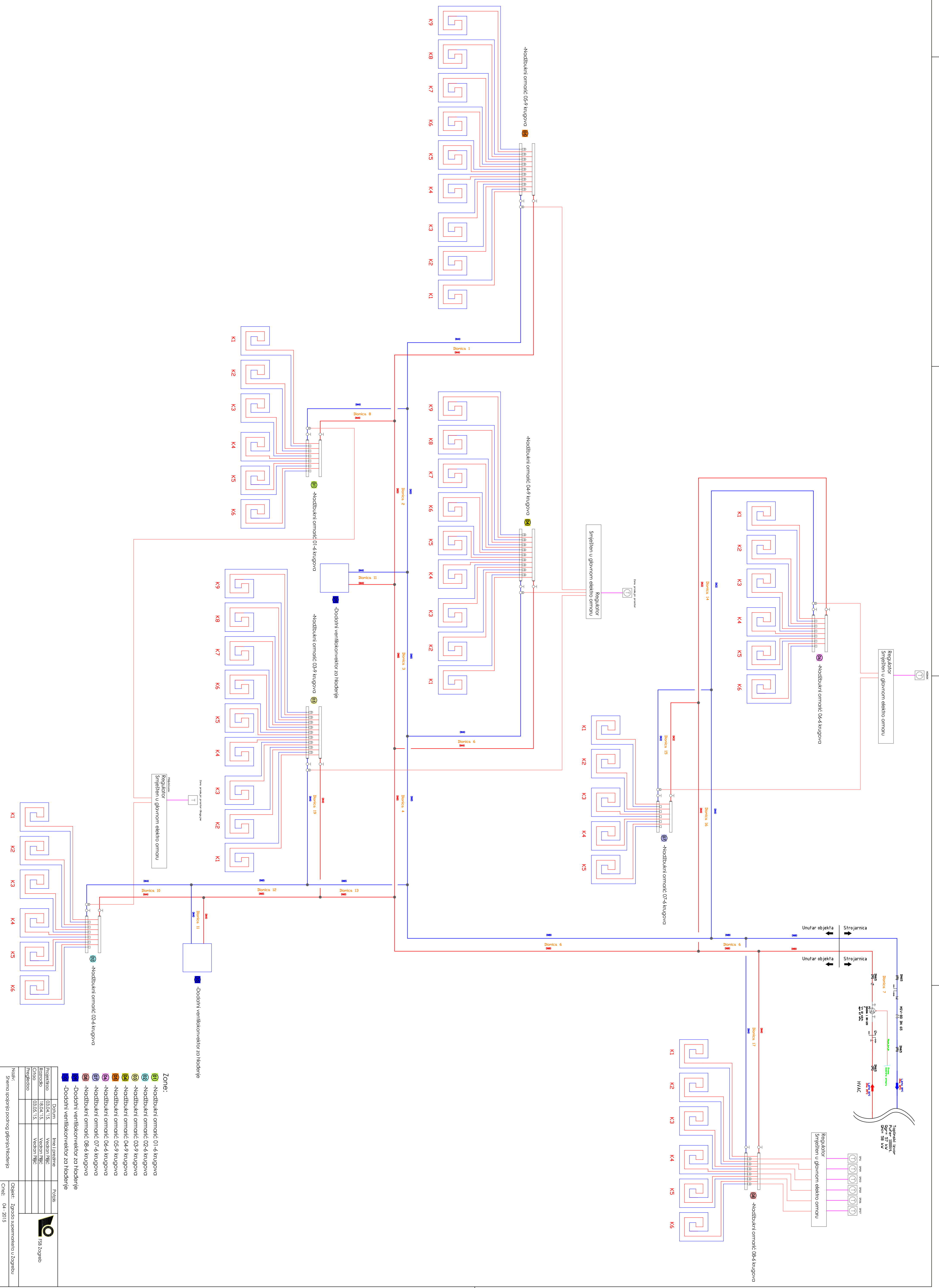
Zone:

- 01 -Nadžbukni ormarić 01-6-krugova
- 02 -Nadžbukni ormarić 02-6-krugova
- 03 -Nadžbukni ormarić 03-9-krugova
- 04 -Nadžbukni ormarić 04-9-krugova
- 05 -Nadžbukni ormarić 05-9-krugova
- 06 -Nadžbukni ormarić 06-6-krugova
- 07 -Nadžbukni ormarić 07-5-krugova
- 08 -Nadžbukni ormarić 08-6-krugova
- 09 -Dodatni ventilakonvektor za hlađenje

Naziv:		Tlocrt podnog grijanja/hlađenja	
Datum:	Ime i prezime:	Fotiks	
Projektirao:	03.04.15	Vedran Pilje	
Revizija:	18.04.15	Vedran Pilje	
Crtao:	03.05.15	Prejlecdo	
Objekt:		Zgrada supermarketa u Zagrebu	
Crtež:		03 - 2015	



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Zone:

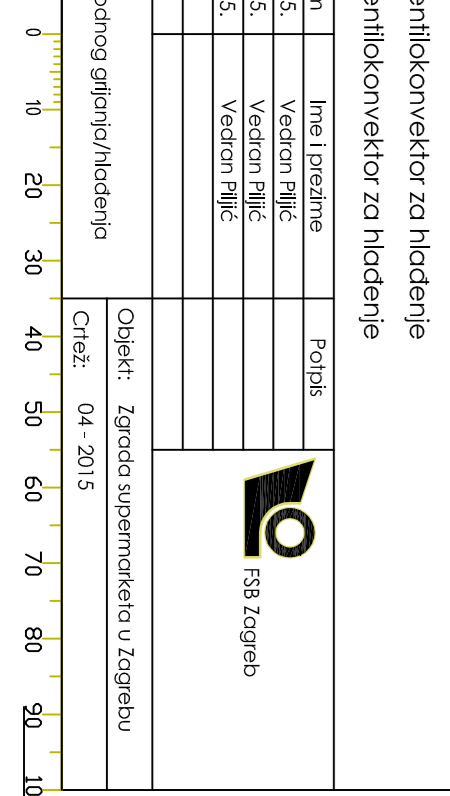
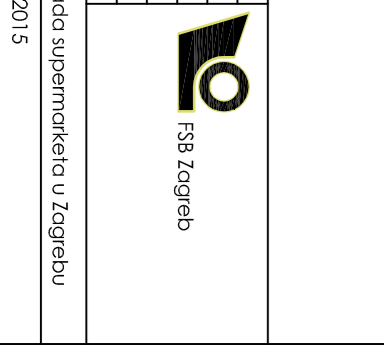
- ① -Nadbudnikni omtarić 01-4 krugova
- ② -Nadbudnikni omtarić 02-6 krugova
- ③ -Nadbudnikni omtarić 03-9 krugova
- ④ -Nadbudnikni omtarić 04-9 krugova
- ⑤ -Nadbudnikni omtarić 05-9 krugova
- ⑥ -Nadbudnikni omtarić 06-6 krugova
- ⑦ -Nadbudnikni omtarić 07-4 krugova
- ⑧ -Nadbudnikni omtarić 08-6 krugova
- ⑨ -Dodatni ventilskovjektor za hlađenje

Legenda:

- ⑩ -Dodatni ventilskovjektor za hlađenje

Datum	Ime izlaza	Fotografija
Projektirao: 03.04.15	Vedran Pilic	
Revidirao: 18.04.15	Vedran Pilic	
Činio: 03.05.15	Vedran Pilic	
Preporučio:		

Objekt: Zgrada supermarketa u Zagrebu
 Crtež: 04 - 2015



Projekt: Zgrada supermarketa

Podno grijanje

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 1 (1.1)

REHAU-razdjeljivač s mjeracom protoka HKV-D 06 (1.1).1

Temperatura polazne vode	35,0 (°C)
Temperatura povratne vode	26,2 (°C)
Broj priključaka	6
Uk. površina petlji	55,8 (m ²)
Uk. duljina cijevi	184,1 (m)
Instalirani učin	2115 (W)
Uk. instalirani učin	2394 (W)
Uk. volumen medija	24,44 (l)
Uk. protok	234,60 (kg/h)
	5,38 (kPa)

P	Tip Obloga	D	RlaB	A	T	tp	q	Δt	l	ld	Qi(k)	Quk	m	w	Δp	Poz.
		(mm)	(m ² K/W)	(m ²)	(mm)	(°C)	(W/m ²)	(°C)	(m)	(m)	(W)	(W)	(kg/h)	(m/s)	(kPa)	vent
Prizemlje \ P1 Ured(SP11)																
uredi 7	B Keramičke pločice	13	0,012	9,0	300	22,9	29,0	10,0	29,7	0,0	261	309	26,6	0,1	0,3	0,25
Prizemlje \ P2 Ured(SP27)																
uredi 8	B Keramičke pločice	13	0,012	7,0	300	22,9	29,0	10,0	23,1	0,0	203	240	20,7	0,0	0,2	0,25
Prizemlje \ P3 Ured(SP26)																
uredi 9	B Keramičke pločice	13	0,012	10,6	300	23,0	30,2	9,5	35,0	0,0	320	378	34,2	0,1	0,4	0,25
Prizemlje \ P4 Prostorija(SP22)																
uredi 22	B Keramičke pločice	13	0,012	3,9	300	25,0	30,1	6,4	12,9	0,0	117	143	19,2	0,0	0,1	0,25
Prizemlje \ P5 Prostorija(SP23)																
uredi 24	B Keramičke pločice	13	0,012	11,3	300	25,0	30,1	6,4	37,3	0,0	340	414	55,7	0,1	0,6	0,25
Prizemlje \ P6 Prostorija(SP09)																
uredi 27	B Keramičke pločice	13	0,012	14,0	300	15,9	62,4	10,0	46,2	0,0	874	910	78,2	0,2	2,2	0,25

Podno hlađenje

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 1 (1.1)

REHAU-razdjeljivač s mjeracom protoka HKV-D 06 (1.1).1

Temperatura polazne vode	16,0 (°C)
Temperatura povratne vode	18,0 (°C)
Broj priključaka	6
Uk. površina petlji	55,8 (m ²)
Uk. duljina cijevi	184,1 (m)
Instalirani učin	1098 (W)
Uk. instalirani učin	1494 (W)
Uk. volumen medija	24,44 (l)
Uk. protok	644,70 (kg/h)
	6,20 (kPa)

P	Tip Obloga	D	RlaB	A	T	tp	q	Δt	l	ld	Qi(k)	Quk	m	w	Δp	Poz.
		(mm)	(m ² K/W)	(m ²)	(mm)	(°C)	(W/m ²)	(°C)	(m)	(m)	(W)	(W)	(kg/h)	(m/s)	(kPa)	vent
Prizemlje \ P1 Ured(SP11)																
uredi 7	B Keramičke pločice	13	0,012	9,0	300	22,4	23,7	2,0	29,7	0,0	213	288	124,3	0,3	3,3	0,25
Prizemlje \ P2 Ured(SP27)																
uredi 8	B Keramičke pločice	13	0,012	7,0	300	22,4	23,7	2,0	23,1	0,0	166	224	96,7	0,2	1,7	0,25
Prizemlje \ P3 Ured(SP26)																
uredi 9	B Keramičke pločice	13	0,012	10,6	300	22,4	23,7	2,0	35,0	0,0	251	339	146,4	0,3	5,2	0,25
Prizemlje \ P4 Prostorija(SP22)																
uredi 22	B Keramičke pločice	13	0,012	3,9	300	22,4	23,7	2,0	12,9	0,0	93	125	53,9	0,1	0,3	0,25
Prizemlje \ P5 Prostorija(SP23)																
uredi 24	B Keramičke pločice	13	0,012	11,3	300	22,4	23,7	2,0	37,3	0,0	268	362	156,1	0,3	6,2	0,25
Prizemlje \ P6 Prostorija(SP09)																
uredi 27	B Keramičke pločice	13	0,012	14,0	300	18,8	7,6	2,0	46,2	0,0	107	156	67,3	0,1	1,3	0,25