Projekt mehaničke ventilacije školske zgrade sustavom promjenjivog protoka zraka

Mikić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:445391

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan Mikić

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

doc. dr. sc. Darko Smoljan, dipl. ing. Ivan Mikić

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem se svom mentoru doc.dr.sc Darku Smoljanu na razumijevanju i pomoći. Također se zahvaljujem svojim kolegama i prijateljima na podrššci. Najveće zahvale svom ocu i sestrama na podršci i što su mi sve ovo omogućili.

Ivan Mikić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ivan Mikić** Mat. br.: 0035199367

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt mehaničke ventilacije školske zgrade sustavom promjenjivog protoka zraka**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of mechanical ventilation system with variable air flow for a school building**

Opis zadatka:
Potrebno je proračunati i projektirati sustav mehaničke ventilacije za potrebe školske zgrade površine 6500 m^2 na 3 etaže (Po+Pr+1K), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Sustav mehaničke ventilacije projektirati kao sustav s varijabilnim protočnim volumenom zraka ovisno o koncentraciji CO_2 te s temperaturom ubacivanja zraka koja odgovara temperaturi prostorije. Odabrati sustav s centralnom jedinicom za obradu zraka i sustavom povrata topline s rekuperatorom. Lokalnu regulaciju protoka zraka ostvariti VAV regulatorima na tlačnim kanalima prema pojedinim prostorima. Jedinice za obradu zraka i kanalni razvod dimenzionirati u skladu s EU direktivom o energetskoj učinkovitosti (eng. *Energy Efficiency directive*). Potrebne protoke zraka po prostorijama proračunati prema kriteriju dozvoljene koncentracije CO_2.
Zgrada se nalazi na području grada Splita.

Rad treba sadržavati:
- proračun potrebnih protoka zraka za prostorije u zgradi,
- hidraulički proračun cijevne mreže i dimenzioniranje kanalnog razvoda,
- akustički proračun širenja zvučne snage i zvučnog tlaka od ventilatora prema prostorijama,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu automatske regulacije za potpuno automatski rad postrojenja,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
29. studenog 2018.

Rok predaje rada:
1. rok: 22. veljače 2019.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.
3. rok: 20. rujna 2019.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.
3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE V
POPIS OZNAKA ..... **Error! Bookmark not defined.**
SAŽETAK VI
SUMMARY VII
1. UVOD 1
2. VENTILACIJA U ŠKOLAMA 2
2.1. Sindrom bolesne zgrade 2
2.2. Kvaliteta zraka prema EN 13779 2
2.3. Propisi u Republici Hrvatskoj 4
3. VENTILACIJA PREMA POTREBI 5
3.1. Usporedba CAV i DCV 5
3.2. Procjena moguće uštede energije 7
3.3. Primjena DCV sustava 8
3.3.1. Senzor CO_2 8
3.3.2. Senzor popunjenosti 9
3.3.3. Kontrola zagađivača koji nisu nastali od ljudi 9
3.3.4. Senzor vlažnosti zraka 9
3.4. Preduvjeti za ostvarivanje dobrog rada sustava 9
4. PRORAČUN 11
4.1. Opis zgrade 11
4.2. Proračun protoka 12
4.2.1. Ventilacijski zahtjevi prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku 12
4.2.2. Ventilacijski zahtjevi prema kriterijima izmijenjenog zraka u prostoru 13
4.2.3. Ventilacijski zahtjevi prema normi EN 15251 14
4.2.4. Usporedba i odabir rezultata 17
4.3. Odabir elemenata sustava 17
4.3.1. Difuzor dobavnog zraka 17
4.3.2. Regulator protoka 18
4.3.3. Odsisna rešetka 19
4.4. Proračun kritičnih dionica 20
4.4.1. Opis proračuna 20
4.4.2. Proračun kritičnih dionica dobave i povrata zraka 23
4.5. Centralna jedinica 23
4.5.1. Opis centralne jedinice 26

4.5.2. Europska regulativa o ekološki prihvatljivim konfiguracijama uređaja broj 1253/2014 28
4.6. Izračun akustike 29
4.6.1. Osnove akustike 29
4.6.2. Proračun zvučnog tlaka 30
4.6.3. Prigušenje i šumnost pojedinih elemenata sustava 31
4.6.3.1. Prigušenje i šumnost ravnog kanala 32
4.6.3.2. Prigušenje i šumnost koljena 33
4.6.3.3. Prigušenje i šumnost račve 34
4.6.4. Rezultati proračuna 35
4.6.5. Odabrani prigušivač 37
5. TEHNIČKI OPIS 39
6. ZAKLJUČAK 40
LITERATURA ..... **Error! Bookmark not defined.**
PRILOZI 41

POPIS SLIKA

Slika 1 – Usporedba rada CAV i DCV sustava 6
Slika 2 – Usporedba potrošnje energije CAV i DCV sustava 6
Slika 3 – Tlocrt prvog kata 11
Slika 4 – Perspektiva škole 11
Slika 5 – Bilanca ugljikovog dioksida u prostoru 12
Slika 6 – Stropni difuzor Trox FD 18
Slika 7 – VAV terminalni uređaj Klimaoprema RVP-C 19
Slika 8 – Odsisna rešetka Klimaoprema OAB 19
Slika 9 – Prikaz OAB odsisne rešetke s plenumom 20
Slika 10 – Dijagram trenja u ventilacijskim kanalima prema ASHRAE 22
Slika 11 – Primjer tablice za izračun koeficijenata lokalnog pada tlaka prema ASHRAE 23
Slika 12 – Centralna jedinica za pripremu zraka DAIKIN D-AHU PROFESSIONAL 27
Slika 13 – Dijagram korekcije filtera A zvučne snage 31
Slika 14 – Dijagram raščlanjivanja ukupne zvučne snage po frekvencijama 33

POPIS TABLICA

Tablica 1 – Kategorizacija vanjskog zraka prema EN 13779 3
Tablica 2 – Kategorizacija unutarnjeg zraka prema EN 13779..... 3
Tablica 3 – potrebni protoci prema bilanci ugljikovog dioksida u prostoru 13
Tablica 4 – iskustveni brojevi izmjena zraka u prostoru..... 14
Tablica 5 – Potrebni protoci zraka prema kriteriju broja izmjena na sat 14
Tablica 6 – Potrebni rotoci zraka za komponentu ljudi prema EN 15251 15
Tablica 7 – Potrebni protoci prema komponenti zgrade prema EN 15251 15
Tablica 8 – Rezultati protoka prema metodi norme EN 15251..... 16
Tablica 9 – Usporedba rezultata proračuna potrebnih protoka 17
Tablica 10 – Proračun pada tlaka kritične dionice dobave zraka 24
Tablica 11 – Tablica proračuna kritične dionice odsisa zraka 26
Tablica 12 – Osnovne karakteristike centralne jedinice pripreme zraka 28
Tablica 13 – Prigušenje zvuka kod ravnog kanala 32
Tablica 14 – Prigušenje u koljenima kanala..... 33

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

IM-001 Raspodjela kanala na prvom katu

IM-002 Raspodjela kanala u prizemlju

IM-003 Raspodjela kanala u podrumu

SAŽETAK

Predmet ovog rada je projekt ventilacije škole. Kvaliteta zraka u školama može predstavljati ne samo smanjen učinak učenja nego i zdravstvene probleme djece, ako se problem ne rješava adekvatnim sustavom pripreme zraka. Ventilacija je izvedena sa rekuperatorom stupnja povrata topline 78% i VAV sustavom radi uštede energije . Zgrada se opskrbljuje sa 37200 m^2/h .

Sustav prati koncentraciju CO_2 sa osjetnicima te prema potrebi regulira dovedeni protok u prostorije. Takvim radom omogućuje uštedu energije na pogonu grijača i ventilatora bez da kompromitira kvalitetu zraka u prostoriji.

Provjerom zvučnih snaga pojedinih dijelova sustava dimenzioniran je i prigušivač koji osigurava ugodnost sa stajališta buke.

Ključne riječi: ventilacija, škola, DCV

SUMMARY

The subject of this paper is the school ventilation project. Air quality in schools can represent not only a diminished learning impact but also children's health problems if the problem is not addressed by an adequate air preparation system. Ventilation was performed with a heat recovery rate of 78% and a VAV system to save energy. The building is supplied with 37200 m2/h.

The system monitors the concentration of CO2 with the sensors and adjusts the flow to the rooms as needed. Such work saves energy on the heater and fan drive without compromising the air quality of the room.

By checking the sound power of individual parts of the system, a silencer is also designed to provide comfort from a noise standpoint.

Key words: ventilation, school, DCV

1. UVOD

Zadaća sustava ventilacije je ubacivanje vanjskog zraka u prostorije građevine u svrhu održavanja pogodnog toplinskog stanja i kvalitete unutarnjeg zraka. Također, sustav ventilacije obavlja jedan od procesa grijanja, hlađenja, ovlaživanja ili odvlaživanja.

Održavanje zadovoljavajuće kvalitete zraka i ugodnosti općenito preduvjet je za zdravlje te produktivnost i koncentraciju radnika u uredima, djece u školi.

U današnje vrijeme je važno i brinuti se o ekološkim aspektima sustava koji se projektiraju. Svako povećanje utroška energije za grijanje, hlađenje, pogon ventilacije predstavlja onečišćenje okoliša i potrošnju novca za mali ili nikakav efekt. U ovom radu će se, stoga, primijeniti sustav koji prati potrebu za ventilacijom.

2. VENTILACIJA U ŠKOLAMA

Prostori velike gustoće popunjenosti zahtijevaju sustav dobave vanjskog zraka kako bi ljudi koji tamo borave veći broj sati imali odgovarajuće uvjete za boravak i rad. Škole su vrlo dobar primjer takvih prostora. Učionice s obzirom na svoju veličinu sadrže velik broj osoba 4 do 6 sati na dan. Svaka osoba disanjem proizvodi ugljikov dioksid (CO_2) koji zagađuje prostor i ljudima stvara neugodu te može biti uzrok zdravstvenim problemima.

2.1. Sindrom bolesne zgrade

Sindrom bolesne zgrade (eng. Sick Building Syndrome) je pojam kojim se opisuju brojne zdravstvene pritužbe osoba u zatvorenim prostorima. Obično se povezuje uz uredske zgrade, a u nekim slučajevima i uz školske ustanove. Javljaju se simptomi glavobolje, gubitka koncentracije, razdražljivosti, iritacije očiju, nosa i grla itd. U takvim zgradama znatan broj osoba u prostoru osjeća takve probleme, uobičajeno više od 20%.

Uzrok takvog stanja je povećana koncentracija zagađivača u unutarnjem zraku. Koncentracije CO_2 tada prelaze 1000 ppm. U više od 50% slučajeva takvo stanje ljudi i zgrade posljedica nepostojanja, neispravnosti ili loše izvedenog ventilacijskog sustava. Zadaća inženjera odgovornih za prostore u kojima borave ljudi i životinje je osigurati adekvatne uvjete kvalitete zraka.

Situacija je mnogo ozbiljnijeg karaktera kada se radi o djeci predškolskog uzrasta te učenicima osnovnih i srednjih škola. Prema istraživanjima u Sjedinjenim Američkim Državama koncentracija CO_2 u neventiliranoj učionici pože prijeći 5000 ppm što je pet puta veće od dopuštenog.

2.2. Kvaliteta zraka prema EN 13779

Europska norma EN 13779 pokriva konstrukciju i projektiranje ventilacijskih i klimatizacijskih sustava u nestambenim zgradama. Unutar norme definirane su kategorije kvalitete vanjskog, ODA (eng. outdoor air), i unutarnjeg zraka, IDA (eng. indoor air).

Klasifikacija IDA podijeljena je u tri kategorije : IDA 1, IDA 2 i IDA 3. Neki od uobičajenih zagađivača su CO_2, SO_2, O_3, NO_2, PM_{10} itd.

Čist zrak s povremenim onečišćenjem u kojem su vrijednosti koncentracije zagađivača ispod propisanih u Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (eng. World health organisation – WHO) ili ispod vrijednosti nacionalnih propisa te je označen sa ODA1.

Zrak s povišenom koncentracijom zagađivača , ODA 2, definiran je koncentracijama do 1,5 puta većih od propisa WHO ili nacionalnih propisa.

Zrak s vrlo visokom koncentracijom zagađivača, više od 1,5 puta od propisanih, oznake je ODA 3.

Kategorija	Opis kvalitete zraka	Koncentracija CO_2, ppm
ODA 1	Ruralna područja bez značajnih izvora CO_2	350
ODA 2	Manji gradovi	400
ODA 3	Gradski centar	450

Tablica 1 – Kategorizacija vanjskog zraka prema EN 13779

Unutarnji zrak je kategoriziran u četiri kategorije: IDA 1 – visoka kvaliteta unutarnjeg zraka, IDA 2 – srednja kvaliteta, IDA 3 – umjerena kvaliteta, IDA 4 – niska kvaliteta.

Kategorija	Kvaliteta zraka	CO_2 koncentracija iznad vanjskog zraka, ppm
IDA 1	visoka	<400
IDA 2	srednja	400 - 600
IDA 3	umjerena	600 - 1000
IDA 4	niska	>1000

Tablica 2 – Kategorizacija unutarnjeg zraka prema EN 13779

2.3. Propisi u Republici Hrvatskoj

Državni pedagoški standard osnovnoškolskog sustava odgoja i obrazovanja i srednjoškolskog sustava odgoja i obrazovanja nalaže da u nastavnim prostorima treba osigurati najmanje 4 izmjene zraka na sat ili 25 – 30 m3/h.

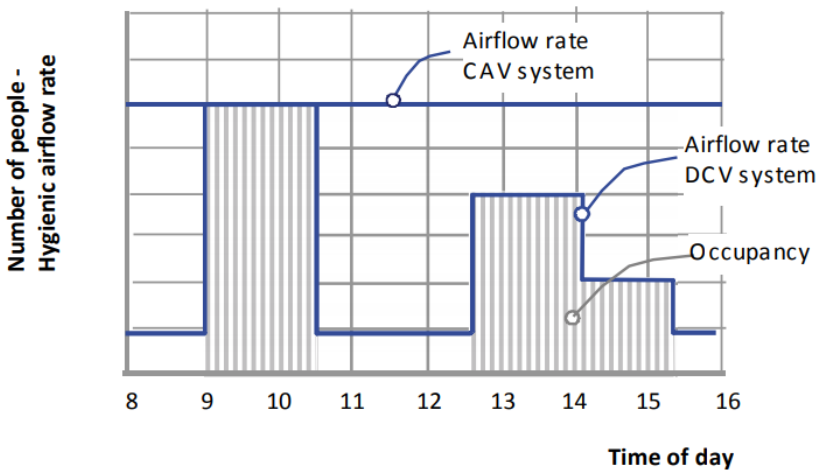
3. VENTILACIJA PREMA POTREBI

U svrhu smanjenja potrošnje energije i protoka zraka kroz sustav koristi se sustav promjenjivog protoka zraka (eng. variable air flow – VAV). Promjena protoka upravljana je trenutnom potrebom za ventilacijom (eng. demand controlled ventilation – DCV). Takav način izvođenja ventilacije nastao je kao zamjena za sustav konstantnog protoka zraka (eng. constant air flow – CAV).

3.1. Usporedba CAV i DCV

Ventilacija konstantnim protokom zraka izvedena je tako da sustav isporučuje projektiranu količinu zraka u svakom trenutku rada. Takav sustav zadovoljava potrebe za kvalitetom zraka, ali sav isporučeni zrak većinom je i više nego potreban. Dakle, CAV sustav velik dio vremena rada troši energiju nepotrebno. Kada je trenutna potreba za ventilacijom pojedinog prostora bilježena osjetnikom može znati potreban dovod zraka u svakom trenutku.

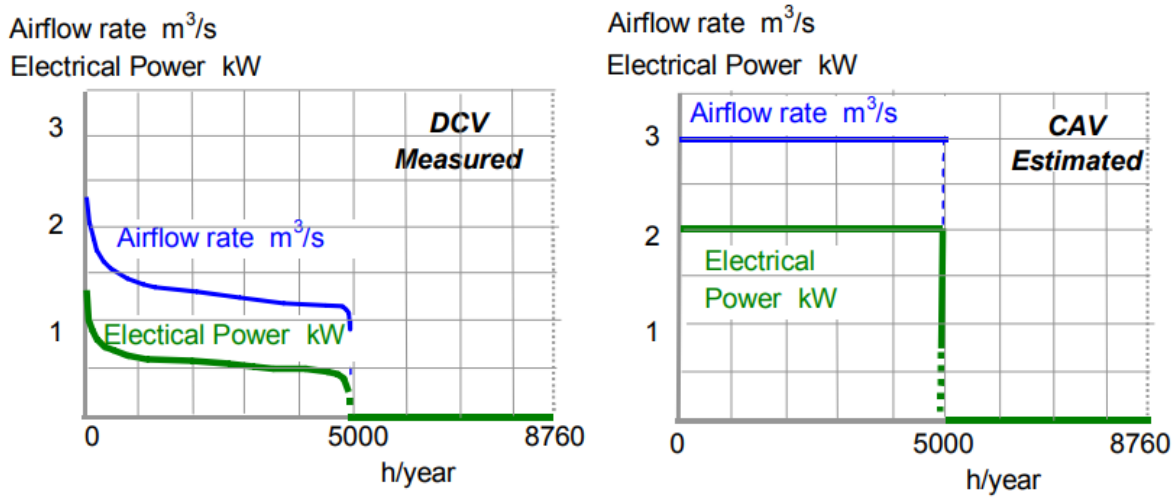
Potrebni protok ubacivanog zraka direktno je povezan sa popunjenosti prostora ljudima. U ovom radu naglasak je na koncentraciji CO_2 , stoga promatrat će se DCV sustav u primjeni prema koncentraciji ugljikovog dioksida kojeg ljudi proizvedu disanjem. Veća popunjenost prostora direktno znači veću proizvodnju CO_2 i obrnuto. Zaključno tome DCV sustav će dovoditi veću količinu zraka u popunjeniji prostor u odnosu na količinu dovedenu u prostor manje popunjenosti. Sljedeći dijagram prikazuje razlike u količini dovedenog zraka u pojedinom trenutku CAV i DCV sustava s obzirom na popunjenost.



Slika 1 – Usporedba rada CAV i DCV sustava

Jasno je vidljivo da DCV sustav blisko prati potrebnu količinu zraka s obzirom na popunjenost prostora. Još je važnija spoznaja da CAV sustav u ovom primjeru od 8 sati rada 6,5 sati dovodi preveliku količinu zraka. Što je više promjena u opterećenju sustava to DCV sustav donosi veće uštede.

Istraživanje provedeno u uredskoj zgradi u Švedskoj pokazuje stvarnu razliku korištenja CAV i DCV sustava.



Slika 2 – Usporedba potrošnje energije CAV i DCV sustava

Mjerenja protoka zraka i potrošnje električne energije provođena su za svaki sustav u jednoj godini s očitanjima u intervalima od jednog sata. Dokazano je da DCV sustav nijednom nije radio sa maksimalnim projektnim protokom zraka. Najveći zabilježeni protok zraka bio je približno 75% projektnog protoka. DCV sustav je više od 80% vremena radio sa opterećenjem manjim 45% od nominalnog.

Razlika u radu sustava se može objasniti smanjenom popunjenosti prostorija. Poveznicu se može povući sa istraživanjem o popunjenosti prostorija, konkretno škola. Švedske škole su u prosjeku 30 % popunjene, a norveške 75%. Popunjenost prostorija dakako uvelike ovisi i o vrsti zgrade. Popunjenosti se razlikuju i u vrstama škola, primjerice osnovne škole sa razrednim učionicama su prosječno veće popunjenosti os srednjih škola s predmetnim učionicama iz razloga što predmetne učionice tijekom radnog dana mogu biti potpuno prazne zbog rasporeda nastave.

3.2. Procjena moguće uštede energije

Potrošnja energije ventilacije sa DCV sustavom ovisi o više čimbenika koji se moraju promatrati pojedinačno kako bi se mogao zaključiti ukupni potencijal uštede energije. Čimbenici su sljedeći:

- Popunjenost prostora
    - Broj popunjenih prostorija, razina njihove popunjenosti i vrijeme trajanja u izravnoj su vezi sa potrošnjom energije. Povećanje potrošnje energije se javlja s većim potrebnim protokom zraka. Više popunjenih prostora kroz duži vremenski period zahtijevaju veću dobavu zraka.
- Ukupni protok zraka
    - Ako je prostor prazan i u njega se mora dovoditi minimalna, konstantna, količina zraka. Što je više takvih prostora veći je i utrošak energije koji na kraju ne bude koristan u obavljanju svoje zadaće. Što je veća razlika između projektnog i minimalnog protoka veća je ušteda

- Izabrani osjetnik
    - Osjetnik popunjenosti regulira dvopoložajno za razliku od osjetnika CO_2 koji precizno prati koncentraciju zagađivača i prema tome prilično točno prati trenutnu potrebu za zrakom. Prosječna vrijednost protoka određenog na osnovu senzora popunjenosti što znači da je osjetnik CO_2 energetski povoljniji
- Temperatura dobavnog zraka
    - U DCV sustavima upravljanima temperaturom veća temperaturna razlika projektne temperature prostora i temperature ubacivanja daje manji protok zraka i time manji utrošak energije ventilatora
- Konstrukcija sustava, izabrani načini upravljanja i ostalo

3.3. Primjena DCV sustava

Veliku ulogu u radu DCV sustava imaju senzori. Daljnjim razmatranjem će se analizirati vrste senzora koje se koriste u DCV sustavima. Zahtjevi za senzore su osjetljivost na zadani parametar, neosjetljivost na ostala stanja prostora koja se ne žele mjeriti, prikladno radno područje, dobra preciznost, brzi odziv i lako namještanje i održavanje.

3.3.1. Senzor CO_2

Regulacija na osnovu mjerenja CO_2 prikladna je za prostore gdje je upravo taj plin glavni izvor zagađenja zraka. Neprikladan je za prostore male popunjenosti, npr. kuće. Preciznost senzora je prilično dobra. U rasponu od ± 30 ppm kod zahtjeva za održavanjem određenog protoka uz granične vrijednosti od 800 do 1000 ppm te uz zahtjev za održavanjem konstantne koncentracije 800 do 1000 ppm CO_2 ostvaruje se preciznost od ± 65 ppm. Osiguranje dobre kvalitete zraka je s ovakvom preciznosti neupitno. Iako su senzori sami po sebi precizni ipak je bitno gdje će ih se smjestiti u prostoru. Pozicije na kanalu ili na zidu su dobre kada se radi o miješanju zraka. Ako se radi o jednozonskom ventiliranju, senzor postavljen u odsisni kanal je preferirano rješenje. Senzori montirani u prostoru trebaju biti što

bliže zoni boravka, ali dalje od prozora, vrata neke druge struje zraka, izloženosti Suncu te na mjestu direktnog generiranja zagađenja, u ovom slučaju zoni disanja.

3.3.2. Senzor popunjenosti

Signal senzora popunjenosti se javlja kad osoba ili više njih uđu u prostoriju te tada pokreće ventilaciju. Potrebno je moći precizno odrediti broj osoba u prostoru. Uz senzor se može koristiti i metoda predviđanja popunjenosti prostora koja se bazira na podatcima i na osnovu njih prognozira koliko će ljudi i kada biti u prostoru. Ovakav osjetnik je jednostavniji od osjetnika CO_2 te zahtijeva manje održavanja, ali je manje precizan u određivanju stvarne potrebe za ventilacijom. Prihvatljiv je za prostore male popunjenosti.

3.3.3. Kontrola zagađivača koji nisu nastali od ljudi

Razni organski i anorganski spojevi koji se mogu iz brojnih izvora pojaviti u zraku također za pravilnu regulaciju zahtijevaju mjerenje. Problem je što je teško razlikovati pojedine plinove, pa tako i one referentne za ventilaciju.

3.3.4. Senzor vlažnosti zraka

U prostorima gdje je zahtijevana regulacija vlažnosti logičan je regulirati ventilaciju senzorima vlage. No vlaga nije u direktnoj vezi sa popunjenosti prostora. Ako se radi o zatvorenom bazenu povišena vlažnost će biti prisutna bilo ljudi ili ne. Prikladno rješenje bi bilo uz senzor vlažnosti koristiti i senzor popunjenosti jer senzor vlage djelujući sam ne može precizno izmjeriti situaciju u prostoru.

3.4. Preduvjeti za ostvarivanje dobrog rada sustava

Prilično je bitno dobro poznavati cijeli sustav na kojemu se radi u svoj širini komponenti koje ga čine. Uz to se može povezati i pravilna ugradnja, puštanje u rad te održavanje.

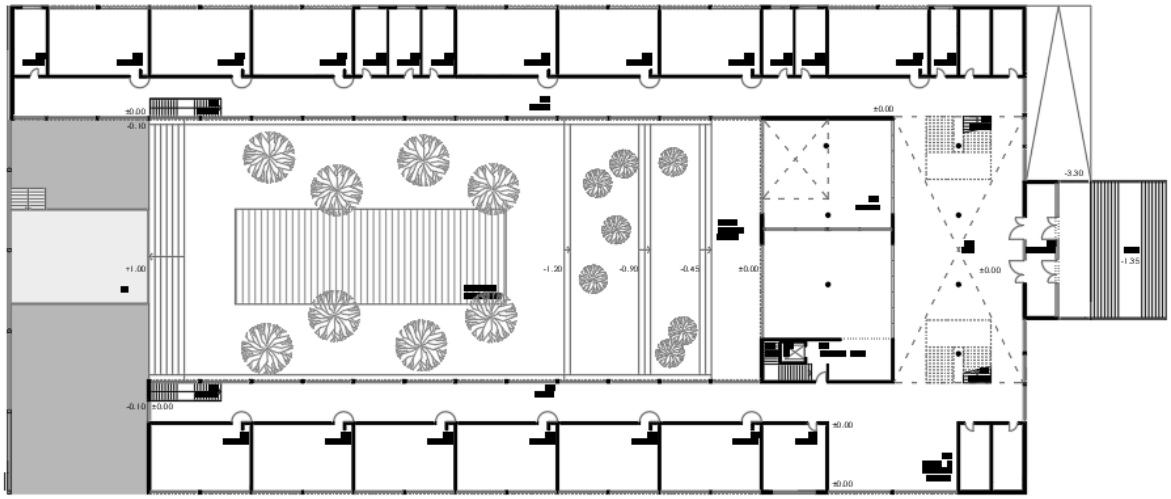
Bitan dio DCV sustava je regulacija. Poznavanje senzora i regulatora je vrlo bitno. Ključno je dobro odabrati zahtjeve za prostor i pravilno postaviti regulacijski podsustav na obavljanje posla, kao i što je od presudne važnosti adekvatno smjestiti osjetnike reguliranih veličina.

DCV sustavi imaju velik potencijal za ostvarivanje velikih ušteda energije i novca u odnosu na CAV sustave. Uz poboljšanu ekološku komponentu i energetsku uštedu kao i opće bitnu uštedu novca DCV sustavi su sposobni održati zadanu mikroklimu u prostoru.

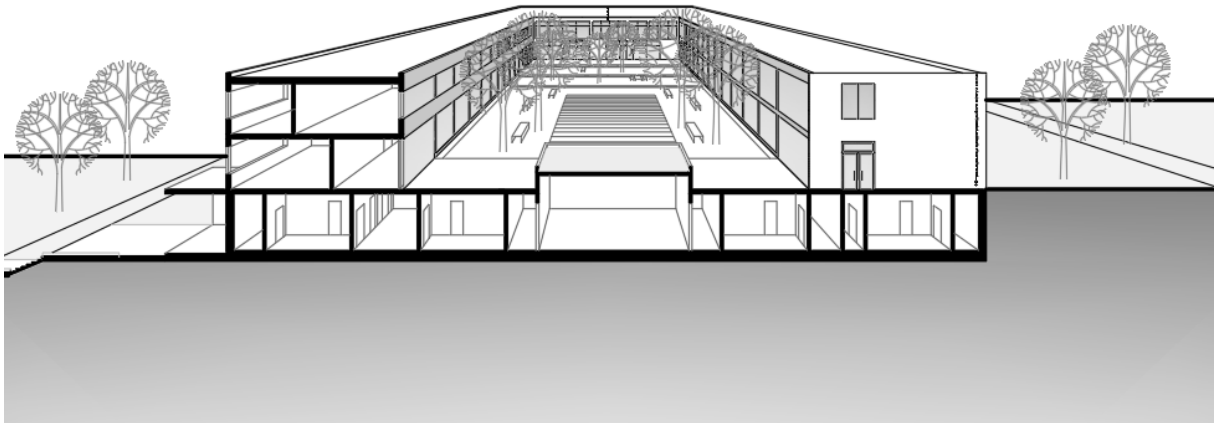
4. PRORAČUN

4.1. Opis zgrade

Projekt ventilacije izvodi se na školskoj zgradi na području grada Splita. Zgrada je podijeljena u tri etaže, podrum, prizemlje, prvi kat. Sustav ventilacije obuhvaćat će 25 učionica, 17 kabineta, knjižnicu, zbornicu, urede ravnatelja, tajnika, administracije i informatičara te prostore tehničkog osoblja.



Slika 3 – Tlocrt prvog kata



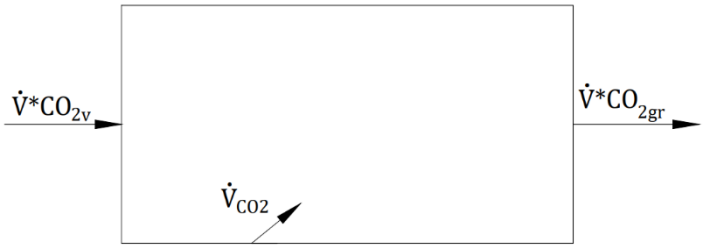
Slika 4 – Perspektiva škole

4.2. Proračun protoka

Prilikom izračuna projektnih protoka zraka u prostorima korištena su tri načina izračuna koji su kasnije uspoređeni. Nakon analize usporedbe odabrano je rješenje kojim će se pristupiti daljnjoj konstrukciji sustava.

4.2.1. Ventilacijski zahtjevi prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku

Protoci su računani prema bilanci CO2 u prostoriji.



Slika 5 – Bilanca ugljikovog dioksida u prostoru

Bilanca daje sljedeći izraz za računanje potrebnog protoka.

$$\dot{V} = \frac{\dot{V_{(CO)_2}}}{CO_{2gr} - CO_{2v}}$$

Proizvodnja CO_2 disanjem definirana je sa 18 l/h po osobi. Granična i vanjska koncentracija CO_2 odabrane su iz norme EN 13779. Škola je smještena u dijelu grada izvan centra te se može odabrati ODA 2, vanjski zrak s povišenom koncentracijom zagađivača, te koncentracija iznosi 400 ppm. Unutarnji zrak bit će visoke kvalitete, ODA 1, što znači da je granična koncentracija CO_2 u prostoru 750 ppm.

U sljedećoj tablici prikazani su izračunani protoci po prostoriji.

	Površina	Volumen prostorije	Broj prostorija	Broj osoba	Protok	ACH	Ukupni protok
	m^2	m^3	-	-	m^3/h	h^-1	m^3/h
UČIONICA	69,4	215,0	25	25	1286	6	32143
KABINET	22,8	70,6	15	2	103	1,5	1543
KABINET 109, 119	44,2	137,0	2	4	206	1,5	411
KNJIŽNICA	144,9	449,1	1	22	1131	2,5	1131
ZBORNICA	82,4	255,4	1	20	1029	4	1029
INF.DIO	32,2	99,8	1	8	411	4,1	411
RAVNATELJ	19,3	59,7	1	1	51	0,9	51
TAJNIK	18,6	57,6	1	1	51	0,9	51
ADMIN.	11,8	36,6	1	2	103	2,8	103
TEH.OSOBLJE	22,3	69,0	3	2	103	1,5	309
						Σ	**37183**

Tablica 3 – potrebni protoci prema bilanci ugljikovog dioksida u prostoru

4.2.2. Ventilacijski zahtjevi prema kriterijima izmijenjenog zraka u prostoru

Kriterij broja izmjena zraka u prostoriji je iskustveni. Označen je kraticom ACH (eng. Air Changes per Hour). Matematički predstavlja omjer volumena zraka koji je doveden u prostor i volumena prostorije. Koristi se u situacijama gdje zagađivači nisu definirani te se upotrebljava kao kontrola nekim drugim načinom izračunanih projektnih protoka zraka.

$$ACH = \frac{\dot{V}}{V}$$

U sljedećoj tablici dani su iskustveni faktori ACH. Minimalni broj izmjena zraka u učionicama je usvojen iz Državnog pedagoškog standarda osnovnoškolskog sustava odgoja i obrazovanja i srednjoškolskog sustava odgoja i obrazovanja. Kabineti i uredi administracije i osoblja tretiraju se kao svi uredi, a zbornica i knjižnica zbog sličnosti postavljeni su u istu kategoriju.

Vrsta prostora	ACH, h-1
Ured	3. . . 6
Učionica	4
Knjižnica	3 . . .5

Tablica 4 – iskustveni brojevi izmjena zraka u prostoru

S poznatim volumenima prostorija i ACH faktorima dobiveni su sljedeći protoci zraka.

	Volumen prostorije	ACH	Protok	Broj prostorija	Ukupni protok
	m^3	h^-1	m^3/h	-	m^3/h
UČIONICA	215,0	4	860	25	21500
KABINET	70,6	4	282	15	4230
KABINET 109, 119	137,0	4	548	2	1096
KNJIŽNICA	449,1	4	1797	1	1797
ZBORNICA	255,4	4	1022	1	1022
INF.DIO	99,8	4	399	1	399
RAVNATELJ	59,7	4	239	1	239
TAJNIK	57,6	4	231	1	231
ADMIN.	36,6	4	147	1	147
TEH.OSOBLJE	69,0	4	276	3	828
				Σ	**31489**

Tablica 5 – Potrebni protoci zraka prema kriteriju broja izmjena na sat

4.2.3. Ventilacijski zahtjevi prema normi EN 15251

Norma EN 15251 kao izvore zagađivača uzima komponentu ljudi i komponentu zgrade. Ljudi proizvode zagađivače zraka disanjem, metabolizmom i svojim aktivnostima, npr. pušenjem.. Izvori zagađivača vezani uz zgradu odnose se na ugrađeni GVK sustav i na materijale korištene pri izgradnji i opremanju zgrade. Navedena norma također daje klasifikaciju materijala na materijale niske emisije zagađivača i na materijale vrlo niske emisije.

Komponenta ljudi podijeljena je u četiri kategorije uz pomoć očekivanog postotka nezadovoljnih, PPD indeksom. Podjela je prikazana u sljedećoj tablici.

Kategorija	PPD	Protok zraka po osobi, l/s/osoba
I	15	10
II	20	7
III	30	
IV	>30	<4

Tablica 6 – Potrebni rotoci zraka za komponentu ljudi prema EN 15251

Komponenta zgrade podijeljena je u tri kategorije za tri intenziteta emisije zagađivača. Podjela je prikazana u sljedećoj tablici.

	Vrlo niska emisija zagađivača	Niska emisija zagađivača	Veća emisija zagađivača
Kategorija I	0,5 l/s/m^2	1 l/s/m^2	2 l/s/m^2
Kategorija II	0,35 l/s/m^2	0,7 l/s/m^2	1,4 l/s/m^2
Kategorija III	0,3 l/s/m^2	0,4 l/s/m^2	0,8 l/s/m^2

Tablica 7 – Potrebni protoci prema komponenti zgrade prema EN 15251

Ukupna potreba ventilacije je definirana kao zbroj dvaju radije navedenih komponenti.

$$\dot{V} = n * q_p + A * q_b$$

Uz poznat broj ljudi u prostorijama te poznate površine prostorija izračunani su sljedeći potrebni protoci zraka za svaku prostoriju.

	Površina	Volumen prostorije	Broj prostorija	Broj osoba	qp	qb	qtot	ACH	Ukupni protok
	m^2	m^3	-	-	l/s	l/s	m3/h	h^-1	m^3/h
UČIONICA	69,4	215,0	25	25	5	1	699,7	3	17492,4
KABINET	22,8	70,6	15	2	1	1	89,2	1	1338,1
KABINET 109, 119	44,2	137,0	2	4	1	1	173,5	1	347,0
KNJIŽNICA	144,9	449,1	1	22		1	521,6	1	521,6
ZBORNICA	82,4	255,4	1	20	5	1	656,6	2,6	656,6
INF.DIO	32,2	99,8	1	8	1	1	144,7	1,4	144,7
RAVNATELJ	19,3	59,7	1	1	1	1	72,9	1,2	72,9
TAJNIK	18,6	57,6	1	1	1	1	70,5	1,2	70,5
ADMIN.	11,8	36,6	1	2	1	1	49,8	1,4	49,8
TEH.OSOBLJE	22,3	69,0	3	2	1	1	87,4	1,3	262,1
								Σ	**20955,8**

Tablica 8 – Rezultati protoka prema metodi norme EN 15251

4.2.4. Usporedba i odabir rezultata

	Koncentracija zagađivača (CO2)		Izmjena zraka na sat		EN15251	
	ACH	Ukupni protok	ACH	Ukupni protok	ACH	Ukupni protok
	h^-1	m^3/h	h^-1	m^3/h	h^-1	m^3/h
UČIONICA	6	32143	4	21500	3,3	17492,4
KABINET	1,5	1543	4	4230	1,3	1338,1
KABINET 109, 119	1,5	411	4	1096	1,3	347,0
KNJIŽNICA	2,5	1131	4	1797	1,2	521,6
ZBORNICA	4	1029	4	1022	2,6	656,6
INF.DIO (406)	4,1	411	4	399	1,4	144,7
RAVNATELJ	0,9	51	4	239	1,2	72,9
TAJNIK	0,9	51	4	231	1,2	70,5
ADMIN.	2,8	103	4	147	1,4	49,8
TEH.OSOBLJE	1,5	309	4	828	1,3	262,1
Σ		37183		31489		20955,8

Tablica 9 – Usporedba rezultata proračuna potrebnih protoka

Osnovu za odabir može činiti faktor ACH, no kako je naglasak na ventilaciji koja je upravljana potrebom za projekt su odabrani protoci prema koncentraciji CO_2.

4.3. Odabir elemenata sustava

4.3.1. Difuzor dobavnog zraka

Difuzori dobavnog zraka i rešetke odsisa odabrani su od proizvođača TROX Austria GmbH. Odabrani model difuzora je FD. Puna oznaka za odabrani difuzor daje detalje o funkciji, a glasi FD-Q-Z-H-L/nazivna veličina. Q označava kvadratnu konstrukciju difuzora, Z označava da difuzor obavlja dobavu zraka, H označava horizontalni spoj difuzora i kanala, L označava da su spojevi među elementima zabrtvljeni. Kriterij koji je diktirao odabir dimenzije bila je šumnost elementa.



Slika 6 – Stropni difuzor Trox FD

Elementi regulacije protoka i odsisne rešetke odabrani su od proizvođača Klimaoprema. Pri odabiru korišten je katalog i softverski paket proizvođača, AURA - Klimaoprema Product Selection, kojim je odabir nešto lakši.

4.3.2. Regulator protoka

Regulator varijabilnog protoka je model RVP-C pri čemu C označava cilindričnu izvedbu. regulator je odabran na temelju promjera kanala na kojeg se postavlja.



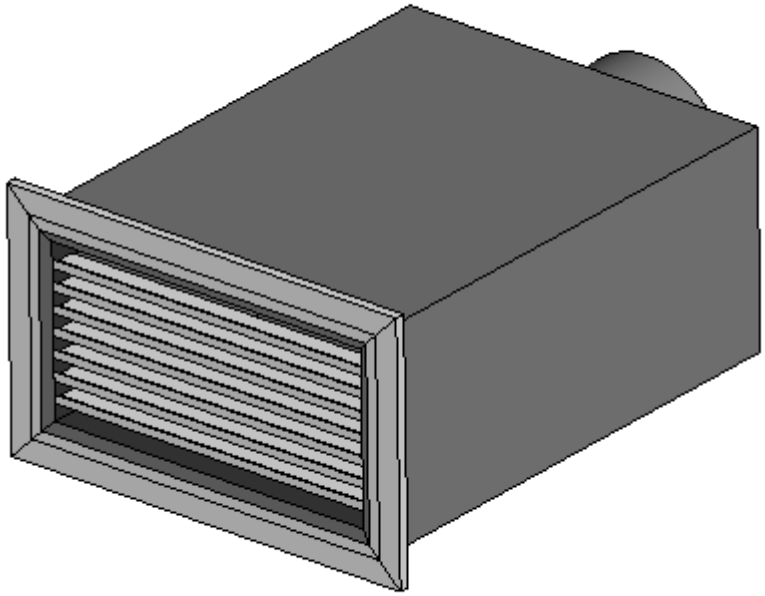
Slika 7 – VAV terminalni uređaj Klimaoprema RVP-C

4.3.3. Odsisna rešetka

Dimenzije odsisnih rešetki su odabrane na osnovu šumnosti elementa pri zadanom protoku. Model je naziva OAB, a oznaka sadrži i dimenzije elementa, visinu i širinu. Kako je odabran kanal kružnog presjeka, rešetku je s kanalom potrebno spajati pomoću plenuma. Odabrani plenum je naziva PK2.



Slika 8 – Odsisna rešetka Klimaoprema OAB



Slika 9 – Prikaz OAB odsisne rešetke s plenumom

4.4. Proračun kritičnih dionica

4.4.1. Opis proračuna

Prvi korak u dimenzioniranju kanala je smještaj dobavnih i odsisnih elemenata na osnovi veličine i oblika prostorije. Zatim u prvom koraku odabrane elemente potrebno je odrediti dimenzije prema podatcima proizvođača. Nakon toga skiciraju se kanali od elemenata u prostoriji prema centralnom sustavu obrade zraka te se kanali dijele na dijelove konstantnog protoka, odnosno dionice. Preporuke pri oblikovanju kanalskog razvoda su korištenje kružnih presjeka gdje god je moguće te izbjegavanje prijelaznih elemenata, koljena, račvi itd. Slijedi dimenzioniranje kanala čime se određuje dimenzija, brzina strujanja i pad tlaka u kanalskom razvodu. Prema izračunanim podatcima se računa i snaga ventilatora. Pad tlaka se računa za kritični krak sustava koji je obično onaj najveće duljine i najvećeg broja elemenata koji izazivaju lokalni pad tlaka. Zadnji korak dimenzioniranja sustava je provjera akustike te dodavanje prigušivača ako su razine buke krajnjem korisniku prevelike.

Sustav dobave i odsisa zraka podijeljen je u pet krakova. Po dva kraka na prvom katu i u prizemlju te jedan u podrumu. Odabrani kanali su kružnog presjeka. Kako je sustav u pet krakova u tekstu će biti prikazan proračun kritičnih krakova dobave i odsisa, a u prilogu bit će proračun svih dijelova kanalskog razvoda.

Prema sljedećem izrazu i za dionicu iskustveno pretpostavljenu brzinu računa se potrebna površina poprečnog presjeka kanala.

$$A = \frac{\dot{V}}{v}$$

Dimenzija kanala se odabire tako da kanal ima površinu iznosom približnu izračunanoj. Zatim se računa stvarna brzina zraka kroz dionicu izmijenjenim prethodnim izrazom. Iznos stvarne brzine treba biti što bliži pretpostavljenom.

Podatci o trenju u kanalima te izraz za računanje Reynoldsovog broja pretpostavljaju kružni presjek kanala. Ako su kanali pravokutnog oblika potrebno je računati ekvivalentni promjer. On predstavlja dimenziju okruglog kanala pri kojoj je pad tlaka isti kao u stvarnom pravokutnom kanalu, a računa se sljedećim izrazom:

$$D_e = \frac{1{,}3 * (a * b)^{0{,}625}}{(a + b)^{0{,}25}}$$

Za provjeru koeficijenta trenja potreban je Reynoldsov broj Re.

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu}$$

Koeficijent trenja računan je Darcy-Weisbachovom jednadžbom.

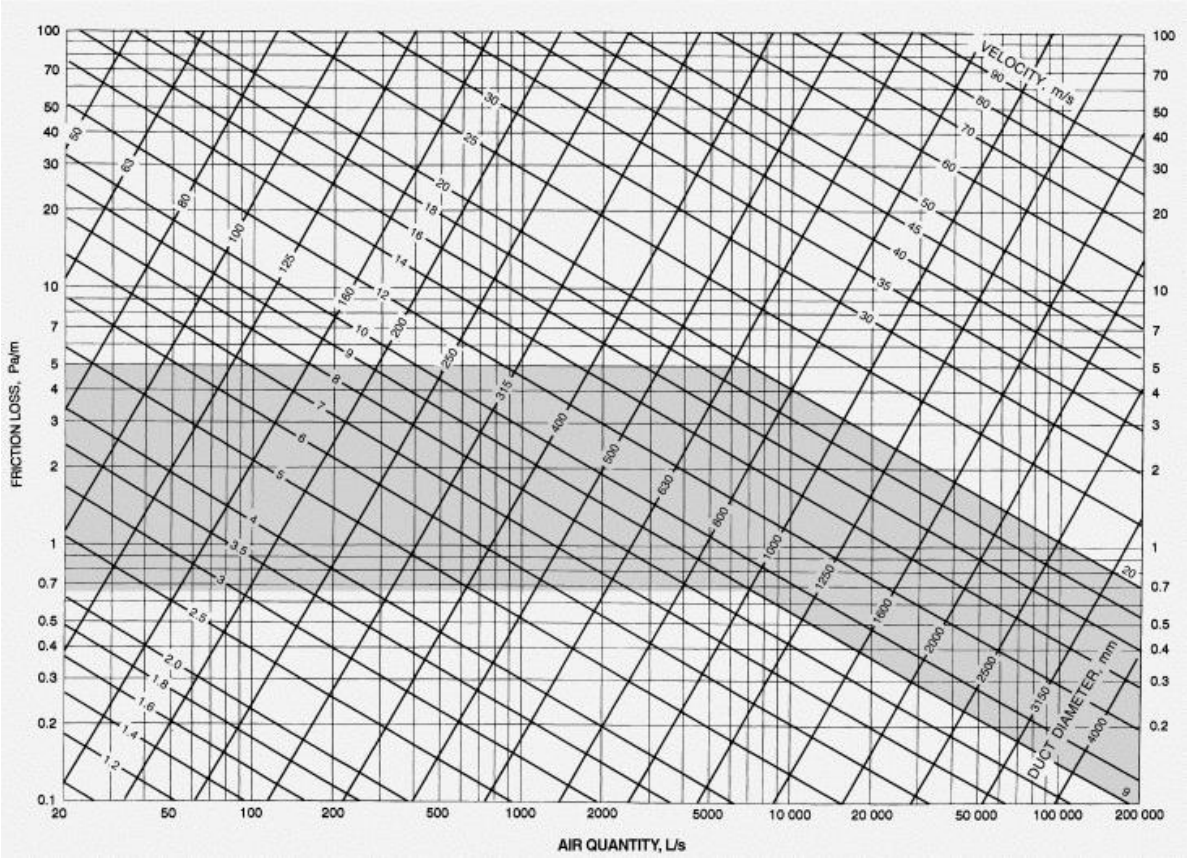
$$\lambda = \frac{1{,}325}{\ln\left(\frac{\epsilon}{3{,}7} + \frac{5{,}74}{Re^{0{,}9}}\right)^2}$$

Član prethodne jednadžbe ϵ označava relativnu hrapavost kanala. Računa se sljedećim izrazom.

$$\epsilon = \frac{k}{D_e}$$

Član jednadžbe u brojniku označava visinu hrapavosti cijevi te iznosi 0,09 mm.

Nakon provjere koeficijenta trenja određuje se linijski pad tlaka u kanalu. U tu svrhu koristi se dijagram trenja u kanalima kružnog presjeka. Dijagram je preuzet iz ASHRAE Chapter 35 – Duct design.



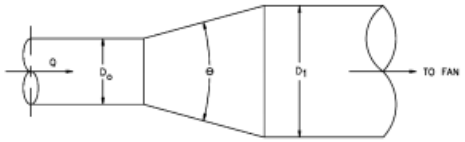
Slika 10 – Dijagram trenja u ventilacijskim kanalima prema ASHRAE

Dijagram pokazuje specifični pad tlaka zbog trenja označen sa R te je mjerne jedinice Pa/m. odabran je iz podataka o protoku zraka, ekvivalentnom promjeru kanala te o brzini strujanja u kanalu. Vrijednosti kojima treba težiti u dijagramu se nalazi u osjenčanom prostoru te se vrijednost proteže od 0,7 do 5 Pa/m. pad tlaka uslijed trenja računa se jednostavnim množenjem vrijednosti R i duljine dionice.

Lokalni padovi tlaka javljaju se zbog nagle promjene smjera strujanja i karakteristični su za elemente kanala kao što su koljena, račve, spojevi, zaklopke itd. Koeficijenti lokalnog pada tlaka određeni su eksperimentalno te prikazani u tablicama. Mijenjaju vrijednosti sa površinom kanala i vrijednostima protoka zraka. Podatci korišteni u proračunu uzeti su iz ASHRAE Chapter 35 – Duct design.

ED4-1 Transition, Round to Round, Exhaust/Return Systems

	C_o Values									
	θ									
A_o/A_1	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.06	0.21	0.29	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.10	0.21	0.28	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83	0.83
0.25	0.16	0.22	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62	0.62
0.50	0.11	0.13	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.24	0.48	0.72	0.96	1.04
4.00	0.80	0.64	0.64	0.64	0.88	1.12	2.72	4.32	5.60	6.56
6.00	1.80	1.44	1.44	1.44	1.98	2.52	6.48	10.10	13.00	15.10
10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.50	8.00	19.00	29.00	37.00	43.00



Slika 11 – Primjer tablice za izračun koeficijenata lokalnog pada tlaka prema ASHRAE

Prikazana tablica daje koeficijent lokalnog otpora strujanja ζ. Lokalni pad tlaka računa se množenjem koeficijenta i dinamičkog tlaka.

$$Z = \zeta * \frac{\rho v^2}{2}$$

Ukupni pad tlaka računa se pomoću sljedećeg izraza te je izražen u paskalima.

$$\Delta p_T = R * l + Z$$

4.4.2. Proračun kritičnih dionica dobave i povrata zraka

Dionica	l	Vh	Vs	Vls	v	A	a	b	a/b	DN
	m	m3/h	m3/s	l/s	m/s	m2	mm	mm	-	mm
1	5	37126	10,313	10313	3	3,438	2000	1800	1,11	1120
2	10,6	17971	4,992	4992	10	0,499	0	600	-	800
3	7,7	8745	2,429	2429	10	0,243	0	600	-	560
4	18,24	8334	2,315	2315	9	0,257	0	600	-	560
5	3,5	8231	2,286	2286	9	0,254	0	600	-	560
6	6,9	8128	2,258	2258	9	0,251	0	600	-	560
7	11,4	6842	1,901	1901	8	0,238	0	600	-	560
8	11,4	5556	1,543	1543	8	0,193	0	600	-	500
9	6,9	4270	1,186	1186	6	0,198	0	600	-	500
10	3,5	4167	1,158	1158	6	0,193	0	600	-	500
11	3,5	4064	1,129	1129	6	0,188	0	600	-	500
12	6,9	3961	1,1	1100	6	0,183	0	600	-	500
13	11,4	2675	0,743	743	4	0,186	0	600	-	450
14	11,4	1389	0,386	386	4	0,097	0	275	-	355
15	10,3	103	0,029	29	3	0,01	0	600	-	112

Dekv	A'	v'	ε	Re	λ	R
mm	m2	m/s	-	-	-	Pa/m
2073	3,6	2,9	0,000043	398125,8	0,014208	4
800	0,503	9,9	0,000113	524503,3	0,014536	3,5
560	0,246	9,9	0,000161	367152,3	0,015613	1,7
560	0,246	9,4	0,000161	348609,3	0,015704	1,6
560	0,246	9,3	0,000161	344900,7	0,015723	1,6
560	0,246	9,2	0,000161	341192,1	0,015742	1,5
560	0,246	7,7	0,000161	285562,9	0,016077	1
500	0,196	7,9	0,00018	261589,4	0,016406	1,4
500	0,196	6,1	0,00018	201986,8	0,016962	0,75
500	0,196	5,9	0,00018	195364,2	0,017039	0,75
500	0,196	5,8	0,00018	192053,0	0,017079	0,7
500	0,196	5,6	0,00018	185430,5	0,017162	0,6
450	0,159	4,7	0,0002	140066,2	0,018005	0,9
355	0,099	3,9	0,000254	91688,7	0,019533	0,5
112	0,01	2,9	0,000804	21509,9	0,027285	1,5

R*l	Σ ζ	pdin	Z	R*l+Z	UKUPNO
Pa	-	Pa	Pa	Pa	Pa
20	0,12	5,05	1,1	21,1	
37,1	3	58,81	176,4	213,5	
13,09	0,21	58,81	12,4	25,49	
29,184	0,27	53,02	14,3	43,484	
5,6	0,13	51,89	6,7	12,3	
10,35	0,13	50,78	6,6	16,95	
11,4	0,14	35,57	5	16,4	
15,96	0,15	37,45	5,6	21,56	
5,175	0,14	22,33	3,1	8,275	
2,625	0,13	20,89	2,7	5,325	
2,45	0,13	20,18	2,6	5,05	
4,14	0,13	18,82	2,4	6,54	
10,26	0,15	13,25	2	12,26	
5,7	0,18	9,13	1,6	7,3	
15,45	0,37	5,05	1,9	17,35	
				432,884	
	Rešetka, difuzor, VAV			112	**544,884**

Tablica 10 – Proračun pada tlaka kritične dionice dobave zraka

Dionica	l	Vh	Vs	Vls	v	A	a	b	a/b	DN
	m	m3/h	m3/s	l/s	m/s	m2	mm	mm	-	mm
1	10,3	103	0,029	29	3	0,01	0	600	-	112
2	11,4	1389	0,386	386	4	0,097	0	275	-	355
3	11,4	2675	0,743	743	4	0,186	0	600	-	450
4	6,9	3961	1,1	1100	6	0,183	0	600	-	500
5	3,5	4064	1,129	1129	6	0,188	0	600	-	500
6	3,5	4167	1,158	1158	6	0,193	0	600	-	500
7	6,9	4270	1,186	1186	6	0,198	0	600	-	500
8	11,4	5556	1,543	1543	8	0,193	0	600	-	500
9	11,4	6842	1,901	1901	8	0,238	0	600	-	560
10	6,9	8128	2,258	2258	9	0,251	0	600	-	560
11	3,5	8231	2,286	2286	9	0,254	0	600	-	560
12	18,24	8334	2,315	2315	9	0,257	0	600	-	560
13	7,7	8745	2,429	2429	10	0,243	0	600	-	560
14	10,6	17971	4,992	4992	10	0,499	0	600	-	800
15	5	37126	10,313	10313	3	3,438	2000	1800	1,11	1120

Dekv	A'	v'	ε	Re	λ	R
mm	m2	m/s	-	-	-	Pa/m
112	0,01	2,9	0,000804	21509,9	0,027285	1,5
355	0,099	3,9	0,000254	91688,7	0,019533	0,5
450	0,159	4,7	0,0002	140066,2	0,018005	0,9
500	0,196	5,6	0,00018	185430,5	0,017162	0,6
500	0,196	5,8	0,00018	192053,0	0,017079	0,7
500	0,196	5,9	0,00018	195364,2	0,017039	0,75
500	0,196	6,1	0,00018	201986,8	0,016962	0,75
500	0,196	7,9	0,00018	261589,4	0,016406	1,4
560	0,246	7,7	0,000161	285562,9	0,016077	1
560	0,246	9,2	0,000161	341192,1	0,015742	1,5
560	0,246	9,3	0,000161	344900,7	0,015723	1,6
560	0,246	9,4	0,000161	348609,3	0,015704	1,6
560	0,246	9,9	0,000161	367152,3	0,015613	1,7
800	0,503	9,9	0,000113	524503,3	0,014536	3,5
2073	3,6	2,9	0,000043	398125,8	0,014208	4

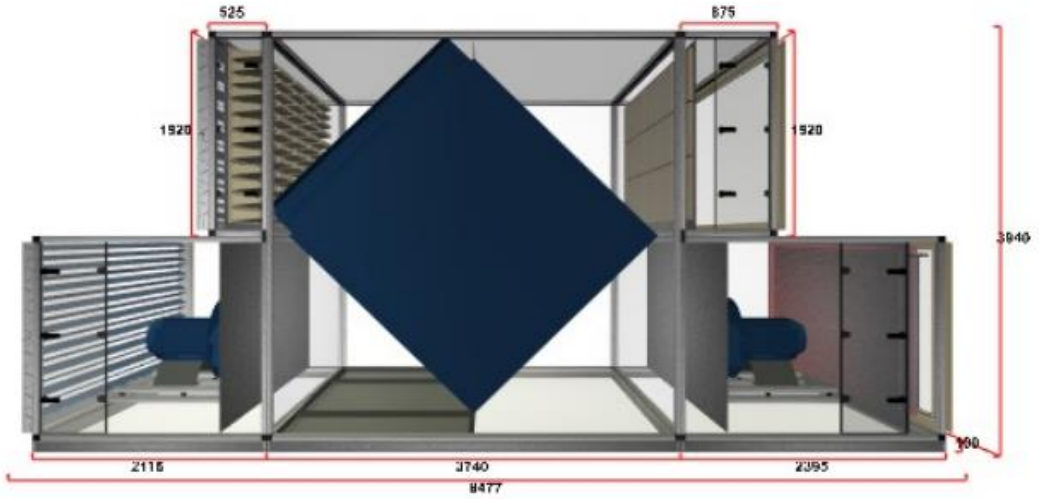
R*l	Σ ζ	pdin	Z	R*l+Z	UKUPNO
Pa	-	Pa	Pa	Pa	Pa
15,45	0,21	5,05	1,1	16,55	
5,7	4,3	9,13	39,3	45	
10,26	1,83	13,25	24,2	34,46	
4,14	0,59	18,82	11,1	15,24	
2,45	0,004	20,18	0,1	2,55	
2,625	0,08	20,89	1,7	4,325	
5,175	0,02	22,33	0,4	5,575	
15,96	0,36	37,45	13,5	29,46	
11,4	0,39	35,57	13,9	25,3	
10,35	0,17	50,78	8,6	18,95	
5,6	0,02	51,89	1	6,6	
29,184	0,16	53,02	8,5	37,684	
13,09	0,15	58,81	8,8	21,89	
37,1	3,5	58,81	205,8	242,9	
20	0,12	5,05	1,1	21,1	
				511,034	
	Rešetka, difuzor, VAV			82	**593,034**

Tablica 11 – Tablica proračuna kritične dionice odsisa zraka

4.5. Centralna jedinica

4.5.1. Opis centralne jedinice

Pripremu zraka obavlja centralna jedinica smještena na krovu. Zadatak centralne jedinice je dobava i odsis zraka, povrat topline, grijanje struje zraka te filtracija.



Slika 12 – Centralna jedinica za pripremu zraka DAIKIN D-AHU PROFESSIONAL

Na osnovu podataka dobivenih prijašnjim proračunima odabrane su komponente komore. Za odabir ventilatora potrebno je poznavati eksterni pad tlaka u sustavu te projektni volumni protok zraka. Grijač zraka dimenzioniran je prema vanjskoj projektnoj temperaturi za grad Split i temperaturi ubacivanja u prostor. Sustav povrata topline izveden je s pločastim rekuperatorom. Njegova zadaća je izmjena topline između povratne i dobavne struje zraka u svrhu povrata dijela utrošene energije kako bi došlo do uštede u troškovima pogona, ali i ušteda pri dimenzioniranju grijača kojem je zbog rekuperacije za obavljanje grijanja potreban manji utrošak energije.

Unit Data

Range / Series	D-AHU PROFESSIONAL
Model	1920 X 3360
Panel • Insulation	62 mm • Foam
Model Box Ref.	Energy S2
Panel Inner Skin	Aluzinc 0.5 mm
Panel Outer Skin	Precoated 0.7 mm
Profile	Aluminium Anodized
AHU Base	100 mm Galvanized
Supply Width • Height	3360 mm • 1920 mm
Return Width • Height	3360 mm • 1920 mm
Length Overall	8477 mm
Weight	6321 Kg
Connection Side	Right
Supply Air Flow	37200 m³/h • 10.33 m³/s
External Pressure Drop	550 Pa
Return Air Flow	37200 m³/h • 10.33 m³/s
External Pressure Drop	600 Pa
Electrical Connection	400V/3Ph/50Hz
Air Density	1.2 Kg/m³
Altitude	0 m a.s.l.
Specific fan power efficiency rating:	
SFPv (clean filters)	1071 W/(m³/s)
SFPe (medium filters)	1139 W/(m³/s)
ERP Compliant	ERP 2018



Tablica 12 – Osnovne karakteristike centralne jedinice pripreme zraka

Sve komponente klima komore su u skladu sa europskom direktivom o ekonomičnoj konstrukciji 1253/2014.

Detaljniji podatci centralnoj jedinici pripreme zraka nalaze se u prilogu.

4.5.2. Europska regulativa o ekološki prihvatljivim konfiguracijama uređaja broj 1253/2014

U skladu s ovom regulativom Europska komisija definirala je minimalne parametre prema kojima proizvod postaje ekološki prihvatljiv (eng. ecodesign). Zahtjevi se odnose na proizvode koji su povezani sa energijom te obuhvaćaju sve takve proizvode koji se stavljaju na tržište ili puštaju u rad, a da nisu u cjelini stavljeni na tržište.

Regulativa je u skladu sa planom 20/20/20 koji predstavlja cilj Europske unije da do 2020. godine energetska učinkovitost poraste za 20%, za isto toliko u postotku smanjenje stakleničkih plinova te cilj da 20% proizvedene energije bude iz obnovljivih izvora. Također

regulativa otvara put i prema drugom, dugoročnijem, planu da do 2030. godine energetska učinkovitost poraste za 27%, staklenički plinovi se smanje za 40% i udio obnovljivih izvora u europskoj energiji bude 27%. svi navedeni postotci se odnose na podatke iz 1990. godine.

Za uređaje korištene u nestambenim zgradama zahtjevi su sljedeći:

- Ventilator obavezno mora imati kontrolu brzine vrtnje te ako je snage veće od 30 kW ima energetsku učinkovitost veću od 63,1%
- Rekuperator mora imati stupanj povrata topline veći od 73%

Odabrana klima komora zadovoljava sve zahtjeve europske regulative.

4.6. Izračun akustike

4.6.1. Osnove akustike

Akustika proučava zvučne valove i zvuk pri nastajanju i širenju kroz razne medije. Zvuk nastaje vibriranjem nekog tijela te se širi u svim smjerovima. Razina zvučne snage L_w opisuje energiju koju izvor zvuka daje u prostor, a mjeri se u decibelima dB. Energija prenesena u prostor mjeri se u vatima. Razina čujnosti ljudi definira referentnu zvučnu snagu W_0.

$$L_w = 10 \log\left(\frac{W}{W_0}\right)$$

$$W_0 = 10^{-12}\, W$$

Zvučni tlak mjera je poremećaja tlaka uzrokovanih zvučnim valom, mjeri se u dB. Referentna vrijednost je također definirana donjom granicom ljudske čujnosti naznačena je sa p_0 u paskalima. Kako se osoba odmiče od izvora buke tako razina zvučnog tlaka opada što znači da je bitna i prostorna koordinata.

$$L_p = 10 \log\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

$$p_0 = 2 * 10^{-5}\, Pa$$

Sa stajališta toplinske ugodnosti buka mora biti održana u propisanim granicama. Povećana buka stvara neugodu, izaziva gubitak koncentracije te se čak povezuje sa zdravstvenim problemima jer utječe na spavanje, disanje i izmjenu tvari između organizma i

okoline. Dakle provjera razine zvučnog tlaka na mjestu gdje borave ljudi važan je dio procesa konstruiranja sustava. Prema normi EN 13779 razina zvučnog tlaka u učionici ne treba prelaziti vrijednosti od 35 do 45 dB(A). Ako je slučaj takav da je navedeni uvjet nezadovoljen potrebno je odabrati prigušivač buke. Najveći proizvođač buke u GVK sustavu je ventilator, stoga prigušivač se montira tako da bude prepreka između buke i ljudi, treba biti prvi element poslije dobavnog ventilatora i zadnji element prije odsisnog.

4.6.2. Proračun zvučnog tlaka

Za analizu akustike potrebni su podatci o razinama zvučne snage elemenata. Oni su dobiveni od proizvođača rastavljeni na frekvencije 63, 125, 250, 500, 1000, 2 000, 4000 i 8000 Hz. Proračun se obavlja sa zvukom rastavljenim na frekvencije. Kroz kanal se računa razina zvučne snage. Glavni izvor je ventilator. Svaki sljedeći element predstavlja određeno prigušenje i šumnost. Od početne razine zvučne snage prigušenje se oduzima algebarski.

$$L_{W_1} = L_{W_0} - De$$

Šumnost se na novo dobivenu razinu zvučne snage dodaje logaritamski sljedećim izrazom.

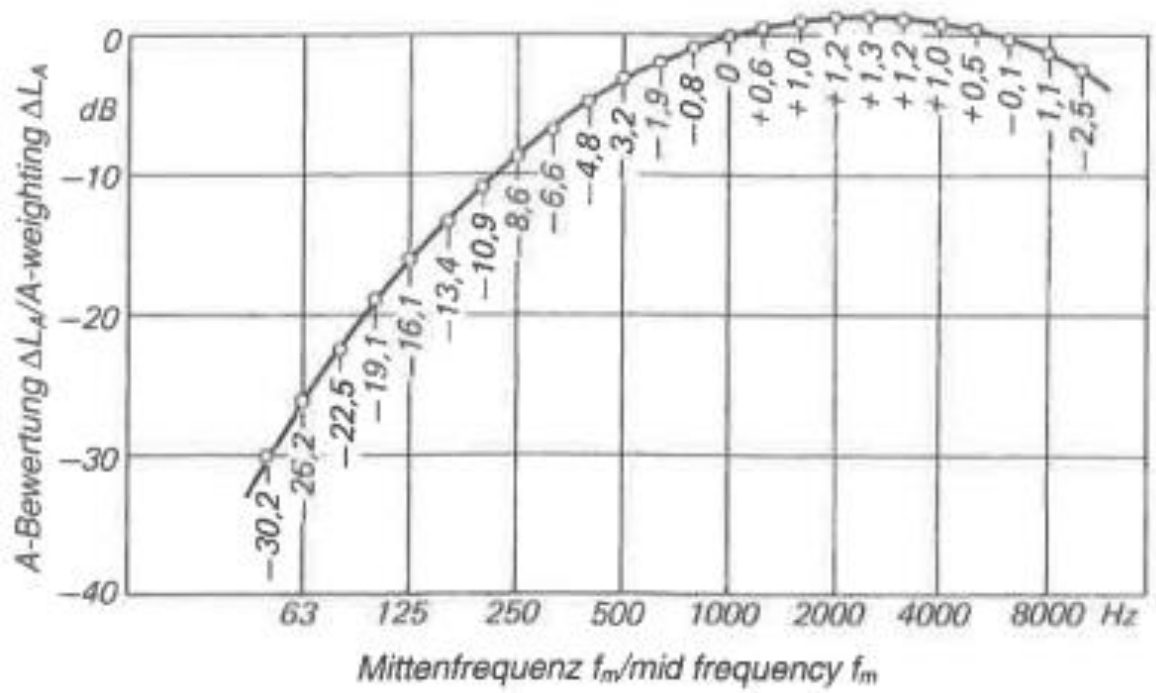
$$L_W = 10\log \sum (10^{0,1*L_{w1}} + 10^{0,1*L_{ws}})$$

Tako se prolazi od elementa do elementa dodavajući šumnost i oduzimajući prigušenje. Kada proračun uzme u obzir sve elemente do najbliže prostorije, to jest kada se uračuna element koji je direktno u prostoru potrebno je razinu zvučne snage preračunati u razinu zvučnog tlaka, jer je razina zvučnog tlaka krajnji kriterij. Kao što je već istaknuto razina zvučnog tlaka ovisi i o udaljenosti osobe od izvora zvuka, stoga u izrazu pretvorbe u obzir se uzima i udaljenost.

$$L_P = L_W - 20\log(r) - 11 + C$$

Udaljenost je označena sa r, a C je koeficijent položaja izvora zvuka te ovisi je li izvor u otvorenom prostoru, na plohi, na sjecištu dvije plohe ili na sjecištu tri plohe.

Kada je poznata razina zvučnog tlaka za svaku frekvenciju potrebno je prvo provesti korekciju filtera A koji bolje opisuje zvuk kakav čuje ljudsko uho. Korekcija se izvršava prema sljedećom dijagramu.



Slika 13 – Dijagram korekcije filtera A zvučne snage

Ukupnu razinu zvučnog tlaka računat će se logaritamskim zbrajanjem razina zvučnog tlaka rastavljenih na frekvencije. Račun konačnog rješenja se provodi sljedećim izrazom.

$$L_{Puk} = 10\log(\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1*L_{pi}})\ dB(A)$$

4.6.3. Prigušenje i šumnost pojedinih elemenata sustava

Standard VDI 2081 proučava stvaranje i prigušenje buke u klimatizacijskim sustavima. Pomoću matematičkih izraza, tablica i dijagrama sadržanih u standardu izračunana je razina zvučnog tlaka.

Podatci o ventilatoru, VAV elementu, rešetkama i difuzorima dobiveni su od proizvođača.

4.6.3.1. Prigušenje i šumnost ravnog kanala

Prigušenje ravnog kanal prikazano je sljedećom tablicom.

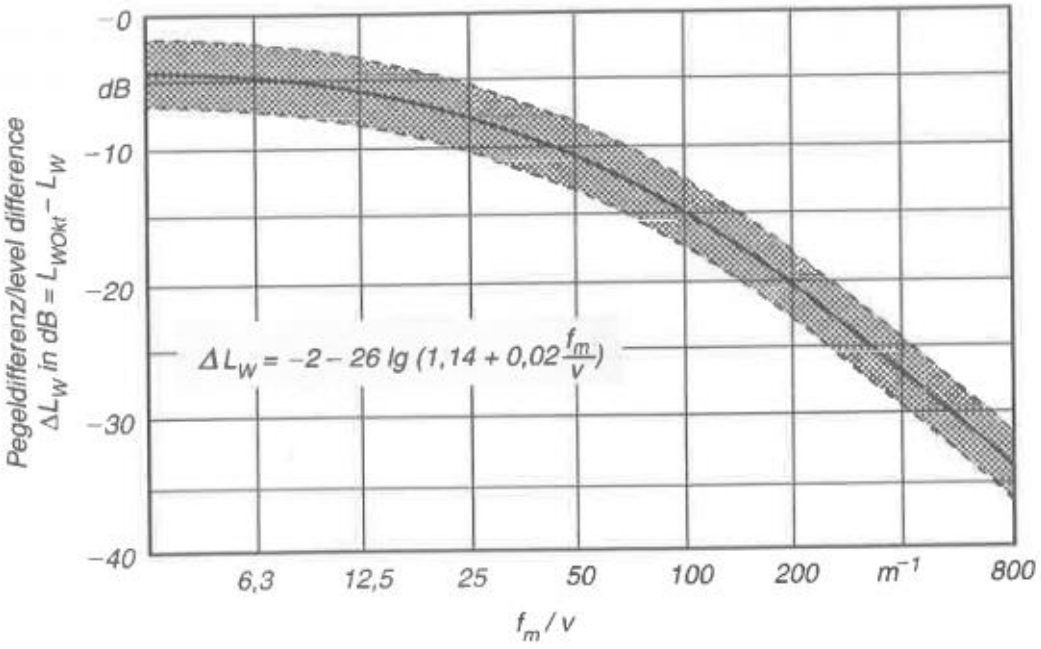
Dimension	ΔL_W in dB/m at the octave mid frequencies in Hz				
	63	125	250	500	> 1000
rectangular sheet-steel duct					
0.10 up to 0.20 m	0.6	0.6	0.45	0.3	0.3
above 0.20 up to 0.40 m	0.6	0.6	0.45	0.3	0.2
above 0.40 up to 0.80 m	0.6	0.6	0.3	0.15	0.15
above 0.80 up to 1.00 m	0.45	0.3	0.15	0.1	0.05
round duct					
0.10 up to 0.20 m ∅	0.1	0.1	0.15	0.15	0.3
above 0.20 up to 0.40 m ∅	0.05	0.1	0.1	0.15	0.2
above 0.40 up to 0.80 m ∅	–	0.05	0.05	0.1	0.15
above 0.80 up to 1.00 m ∅	–	–	–	0.05	0.05

Tablica 13 – Prigušenje zvuka kod ravnog kanala

Šumnost ravnog kanala računa se sljedećim izrazom.

$$L_W = 7 + 50\log(v) + 10\log(A)\ dB$$

Veličina v predstavlja brzinu strujanja u kanalu, a veličina A površinu poprečnog presjeka kanala. Izračunana razina zvučne snage kanala je ukupna šumnost te je dobivenu vrijednost potrebno raščlaniti prema frekvencijama.



Slika 14 – Dijagram raščlanjivanja ukupne zvučne snage po frekvencijama

Na prikazanom dijagramu može se očitati vrijednost kojom se korigira ukupna šumnost prema pojedinim frekvencijama. Isto se može i izračunati sljedećim izrazom.

$$\Delta L_W = -2 - 26 \log \left(1{,}14 + 0{,}02 \frac{f_m}{v}\right)$$

Veličina f_m označava frekvenciju, a v brzinu strujanja zraka.

4.6.3.2. Prigušenje i šumnost koljena

Prigušenje koljena dano je u sljedećoj tablici.

Octave mid frequency in Hz	**Sound power reduction ΔL_W** in dB								
	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
90° sharp-edged, without lining	0	3	7	6	3	3	3	3	3
90° sharp-edged, without lining, with a baffle plate	0	1	6	6	1	1	1	1	2
90° sharp-edged, with lining*) before and after the bend	0	3	10	10	14	18	18	18	18
90° sharp-edged, with lining*) before and after the bend and a baffle plate	0	1	9	10	14	14	14	14	14
90° sharp-edged, with lining*) before or after the bend	0	2	8	6	8	10	10	10	10
Bent at 90° with a bend radius and without a lining	0	1	2	3	3	3	3	3	3
90° bend with round cross-section and a bend radius $r \leq 2D$ without lining	0	1	2	3	3	3	3	3	3

Tablica 14 – Prigušenje u koljenima kanala

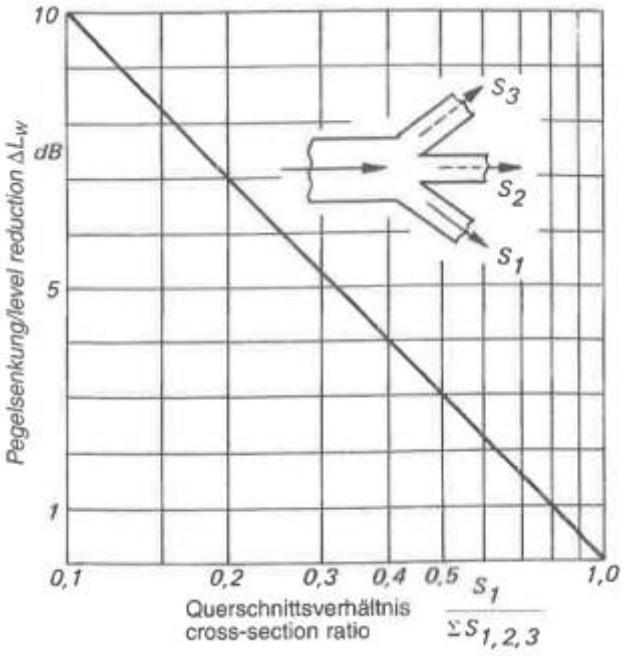
Šumnost koljena određuje se iz istih podataka kao i šumnost račve.

4.6.3.3. Prigušenje i šumnost račve

Prigušenje na račvi ovisi o omjerima površina presjeka koje izlaze, ulaze u račvu. Računa se prema sljedećem izrazu.

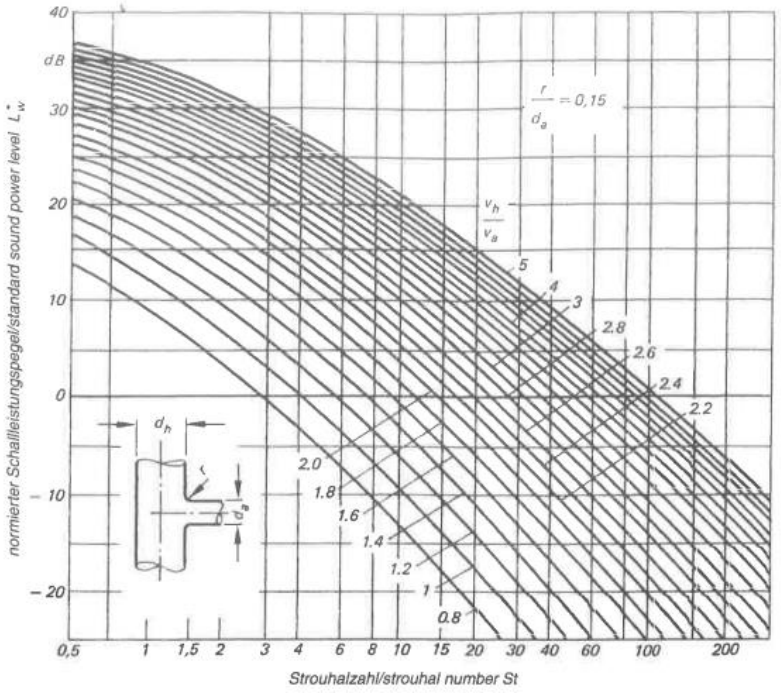
$$\Delta L_W = \left| 10 \log \left(\frac{S_1}{\sum_{i=1}^{n} S_i} \right) \right|$$

Razina zvučne snage također ovisi o frekvenciji što je prikazano na sljedećem dijagramu. Dijagram također sadrži skicu račve za koju vrijedi gornji izraz.



Šumnost račve, čiji se podatci koriste i za šumnost koljena bit ce prokazani u sljedećim dijagramima i matematičkom izrazu.

$$L_W = \dot{L_W} + 10 \log(\Delta f) + 30 \log(d) + 50 \log(v)$$

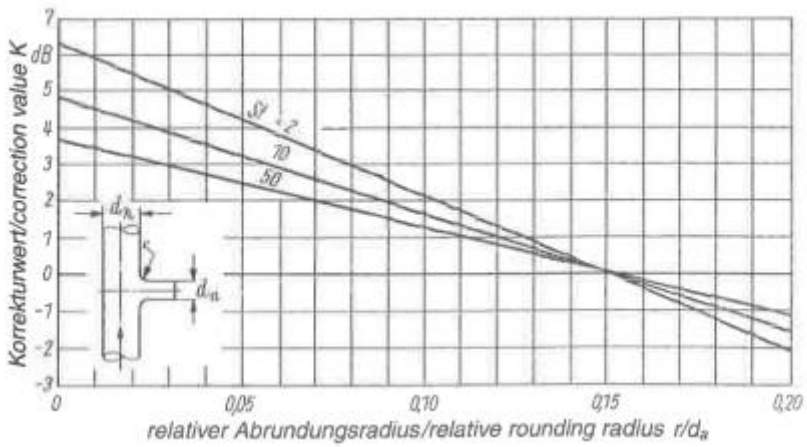


Prethodni dijagram koristi se za određivanje standardne razine zvučne snage.

Oznaka St predstavlja Strouhalov broj, a isti je definiran idućim izrazom.

$$St = \frac{f_m d}{v}$$

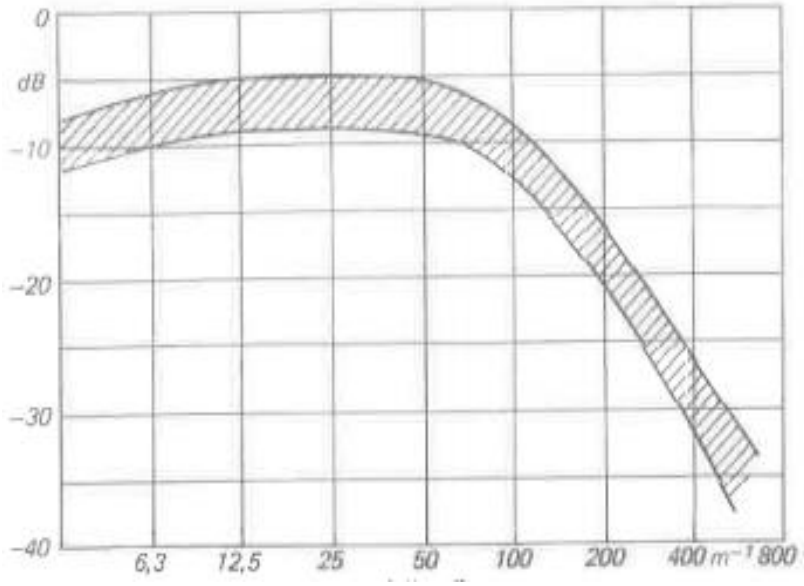
Sljedeći dijagram predstavlja odnos Strouhalovog broja i korekcije K koja se ubraja ako se radi o koljenima..



4.6.4. Rezultati proračuna

Nakon provedenog proračuna akustike do prostorije najbliže ventilatoru, zbornice na prvom katu koja je opskrbljena krakom 2 dobavnog kanalnog razvoda, zaključeno je da je razina zvučnog tlaka u zoni boravka jednaka 54 dB(A). Kao što je već navedeno propisana razina zvučnog tlaka je 35 do 45 dB(A). Stoga je potrebno ugraditi prigušivač.

Potrebno je provjeriti i odsisnu stranu sustava. Proizvođač odsisne rešetke dao je ukupnu razinu zvučnog tlaka te je potrebno raščlaniti prema frekvencijama. Taj postupak će se odviti prema sljedećem dijagramu.



Rešetka vrste OAB Klimaopreme za zadani protok ima razinu zvučne snage 30 dB(A). Nakon provedenog postupka prema frekvencijama i poništavanja korekcije filtera A dobiven je sljedeći rezultat.

f [Hz]	Lw, dB
63	61,2
125	52,1
250	43,6
500	39,2
1000	42
2000	48,8
4000	59
8000	61,1

Nakon provedenog proračuna zaključeno je da će se kao i sa dobavne strane ugraditi prigušivač kako bi se razina zvučnog tlaka od 55 dB(A) smanjila do propisane granice.

4.6.5. Odabrani prigušivač

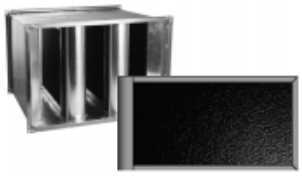
Prigušivač zvučne snage odabran je pomoću softvera za odabir tvrtke Alnor.

alnor systemy wentylacji

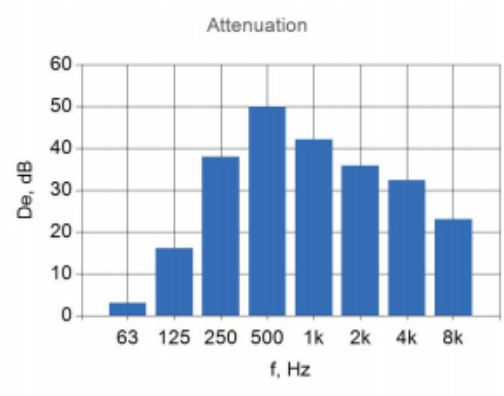
SILENCERS
DATA SHEET

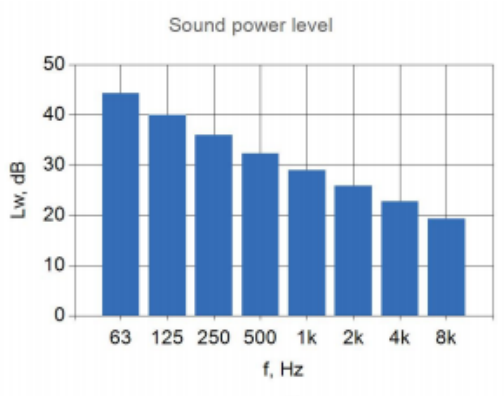
Date: 22.09.2019.
Project:
Position: 0

SLC - 200 - 8 - 2600 - 1800 - 3000



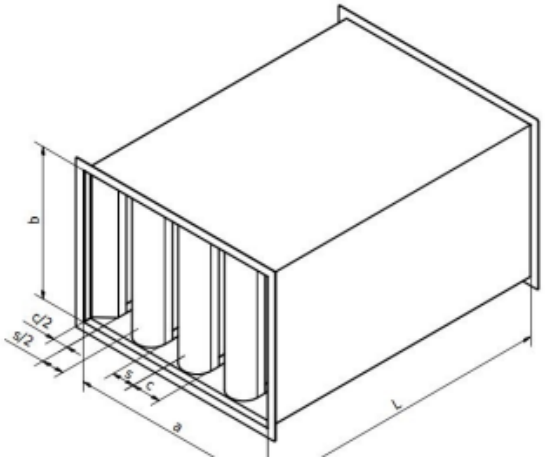
SLC	Material: Galvanized steel sheet
200	Baffle thickness, mm
8	Number of baffles
2600	Width a, mm
1800	Height b, mm
3000	Length L, mm
Pieces	1





f[Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
De	3,1	16,1	38	50	42,1	35,8	32,4	23
Lw	44,3	40	35,9	32,3	29	25,9	22,8	19,4

Volume flow (V)	37200 m3/h
Air velocity (vef)	5,7 m/s
Sound power level (LwA)	36 dB(A)
Pressure drop (dP)	19 Pa
Weight	612,3 kg



5. TEHNIČKI OPIS

Ventilacijski sustav izveden je sa centralnom jedinicom za pripremu zraka montiranu na krov. Zrakom opskrbljuje učionice, kabinete, urede školskog osoblja, knjižnicu i zbornicu. Ukupni volumni protok je 37173 m^3/h.

Temperatura ubacivanja određena je na 22 °C, a ostvarena je djelovanjem grijača i rekuperatora. Rekuperator je izveden kao pločasti. Stupanj povrata topline 73,9% osigurava u projektnim uvjetima povećanje temperature zraka sa vanjske projektne temperature za Split od -4 °C na 16.7 °C. Grijač povećava temperaturu na temperaturu ubacivanja. Temperaturni režim grijača je 70/60 °C uz protok ogrjevne vode 1,6 kg/s. Regulacija grijača je promjenom protoka ogrjevne vode na signal termometra postavljenog nakon rekuperatora.

Osjetnici CO_2 smješteni na reprezentativna područja u prostoru preko regulatora komuniciraju sa motorom VAV elementa na dobavi i odsisu zraka iz prostora. Smanjenom potrebom smanjuje se i dobavljena količina zraka. Osjetnici statičkog tlaka u kanalima reguliraju brzinu vrtnje ventilatora i dobave i odsisa.

6. ZAKLJUČAK

Ovim radom napravljeno je rješenje ventilacije školske zgrade. Kako bi djeca u školi uspješno savladala gradivo potrebno im je omogućiti adekvatne uvjete za rad. Jedan od bitnih uvjeta je i kvaliteta unutarnjeg zraka. Dulje izlaganje povišenoj koncentraciji tog plina izaziva iritacije očiju, sluznica, razdražljivost, te gubitak koncentracije.

Potrebni protoci zraka izračunani su pomoću bilance zagađivača u prostoru. U opisanom slučaju promatrani zagađivač je CO_2. Ukupan potrebni protok je 37126 m^3/h. Opskrbu zrakom osigurava središnja klimatizacijska jedinica. Zrak se vodi kanalima i ubacuje u prostorije putem stropnih difuzora. Odsis zraka je izveden kroz odsisne rešetke te prije izbacivanja u okoliš polazna i povratna struja zraka obavljaju povrat topline na pločastom rekuperatoru.

Upotreba rekuperatora znači smanjenje troškova pogona sustava, ali i investicijske troškove. Energija potrebna za zagrijavanje ili ohlađivanje zraka je manja ako je implementiran sustav povrata topline. Uštedi energije pridonosi i sustav varijabilnog protoka zraka. Dobava u prostor regulirana je osjetnicima CO_2, što znači da u svakom trenutku prostor se tretira samo onoliko kolko je potrebno, za razliku od sustava s konstantnim protok zraka koji puno radno vrijeme rade sa nazivnim protokom, bio on potreban ili ne. Prema istraživanjima u skandinavskim državama VAV sustav je uvelike isplativiji bez ikakvog kompromisa u kvaliteti zraka i koncentraciji zagađivača u zraku.

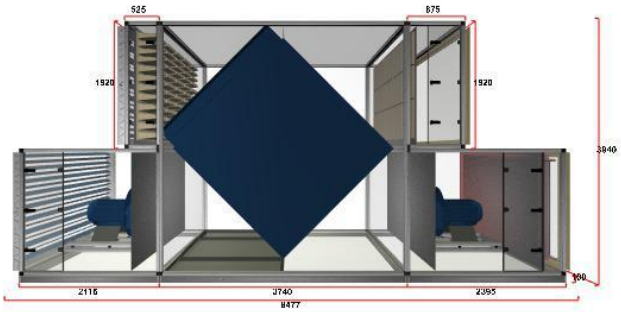
PRILOZI

I. CD-R disc

II. Dokumentacija centralne jedinice za pripremu zraka

III. Tehnička dokumentacija

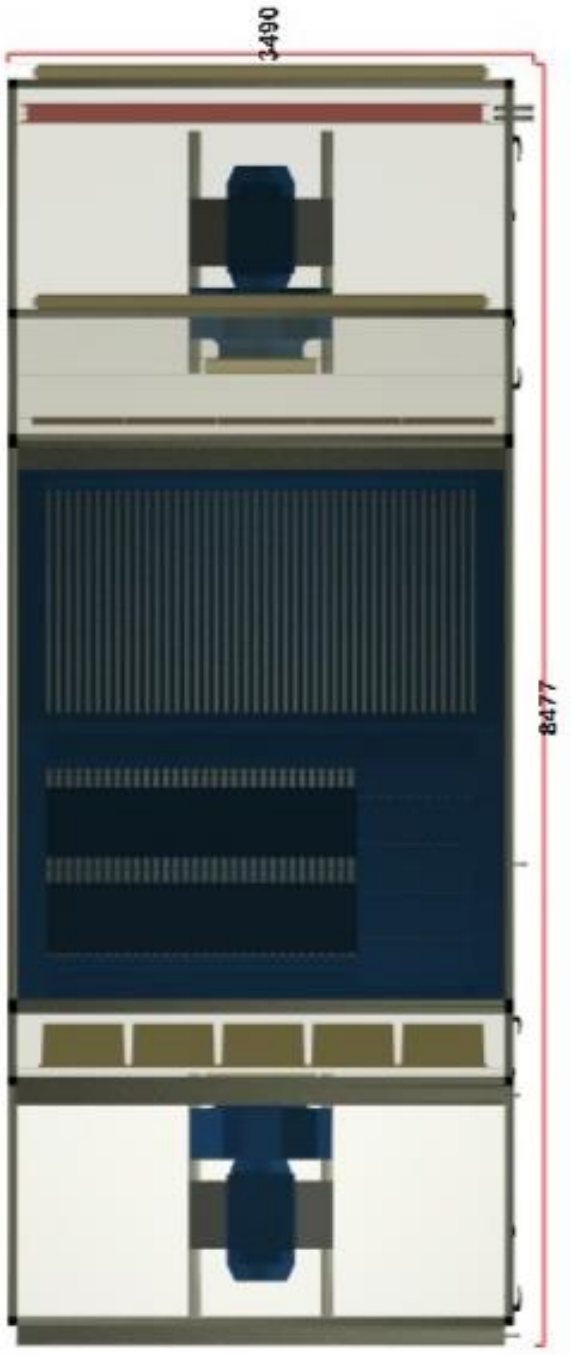
Project Škola - projekt
Unit KK-1

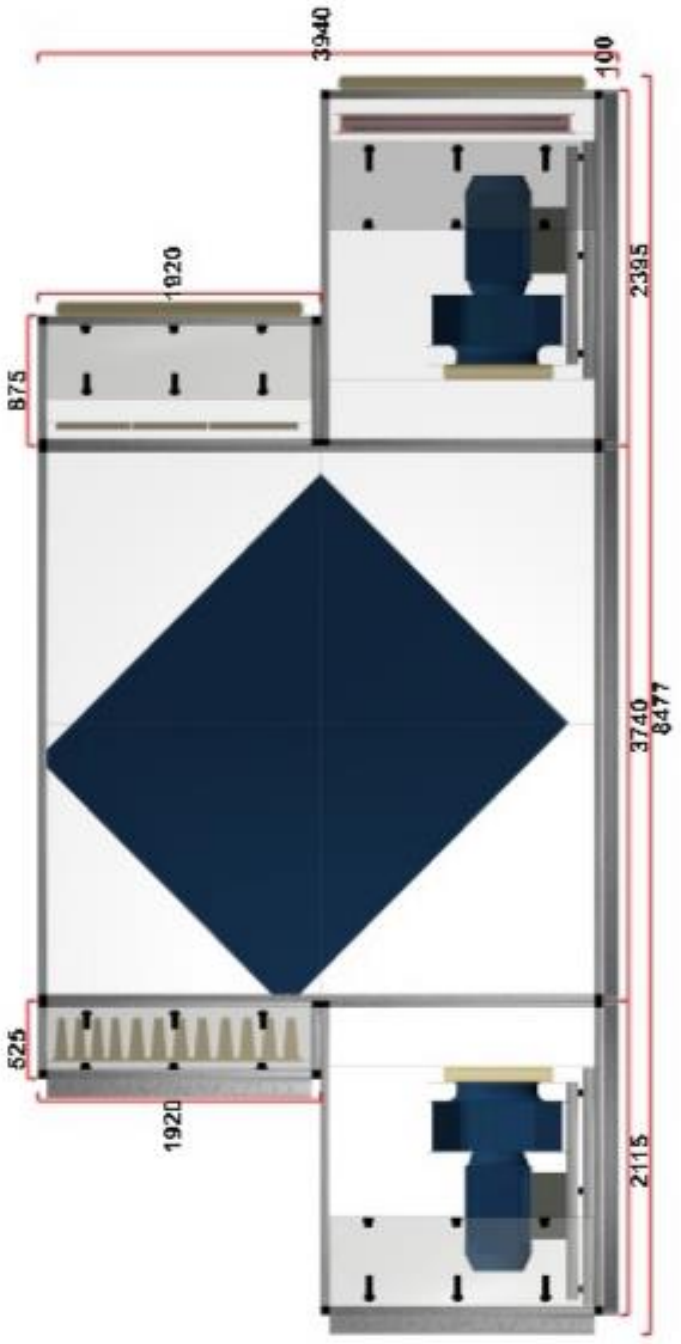


Unit Data

Range / Series	D-AHU PROFESSIONAL
Model	1920 X 3360
Panel • Insulation	62 mm • Foam
Model Box Ref.	Energy S2
Panel Inner Skin	Aluzinc 0.5 mm
Panel Outer Skin	Precoated 0.7 mm
Profile	Aluminium Anodized
AHU Base	100 mm Galvanized
Supply Width • Height	3360 mm • 1920 mm
Return Width • Height	3360 mm • 1920 mm
Length Overall	8477 mm
Weight	6321 Kg
Connection Side	Right
Supply Air Flow	37200 m³/h • 10.33 m³/s
External Pressure Drop	550 Pa
Return Air Flow	37200 m³/h • 10.33 m³/s
External Pressure Drop	600 Pa
Electrical Connection	400V/3Ph/50Hz
Air Density	1.2 Kg/m³
Altitude	0 m a.s.l.
Specific fan power efficiency rating:	
SFPv (clean filters)	1071 W/(m³/s)
SFPe (medium filters)	1139 W/(m³/s)
ERP Compliant	ERP 2018




3490
8477


3940
100
2395
1920
875
3740
8477
525
1920
2115

EN 13053

Supply Power Class (EN13053)	Supply Velocity Class(EN13053)	Return Power Class (EN13053)	Return Velocity Class(EN13053)	Heat Recovery Class(EN13053)
P2	**V2**	**P2**	**V2**	**H1**

1) Damper Supply

Pressure Drop	5 Pa
Material	Galvanized
Mounting	External • Left
Dimensions (HxW)	1800x3240 mm
Torque	30 Nm

2) Filter Supply

Mounting	Slide
Air Velocity	2.09 m/s
Pressure Drop Design	Medium
Filter Class	F7 ePM1 50%
Filter Energy Classification	A
Filter Name	VariCEL VXL-E
Material	Fiber Glass
Dimensions	10x(592x592x290) 5x(592x490x290)
Clean Pressure Drop	52 Pa
Medium Pressure Drop	102 Pa
Dirty Pressure Drop	152 Pa

3) Recuperator Heat Cube Supply

Part Number	SV240E/3230/BSK392HG2
Material	Aluminium
Side	2400 mm
Dry Efficiency (Eurovent)	73.9 %
Energy Class (EN13053)	H1 • 71.9 %
ByPass	Standard ByPass
WINTER	
Power	259.8 kW
Efficiency	79.7 %
Supply	
Flow Rate	37200 m³/h
Actual Pressure Drop	175 Pa
Temp. Dry Bulb Outdoor • Supply	-4 °C • 16.7 °C
Relative Humidity Outdoor • Supply	90%•21%
Temp. Wet Bulb Outdoor • Supply	-4.4 °C • 7.2 °C
Return	

Flow Rate	37200 m³/h
Actual Pressure Drop	172 Pa
Temp. Dry Bulb Extract • Exhaust	22 °C • 3.5 °C
Relative Humidity Extract • Exhaust	35 % • 100 %
Temp. Wet Bulb Extract • Exhaust	13.1 °C • 3.5 °C

Assumed that the system effect was considered in the design.

4) Fan Supply

Model	NPA800S4
Type	Centrifugal Plug
Quantity	1x(Single Fan)
External Static Pressure	550 Pa
Internal Static Pressure	291 Pa
Total Static Pressure	841 Pa
Dynamic Pressure	186 Pa
Flow Design	37200 m³/h
Rotation Speed Work • Max	1676 RPM • 1800 RPM
Frequency Work • Max	55.9 Hz • 60 Hz
Efficiency (Reg327/2011)	78.5 %
Efficiency	78.5 %
Shaft Power	11.55 kW
Electrical Power Input	12.83 kW
Power Class • PMREF (EN13053)	P2 • 14,95 kW
SFPv Class • SFPv (EN13053)	SFP5 • 3139 W/(m³/s)
Antivibration Mount	Rubber

Motor Data

Efficiency Class	IE3
Power • Nominal Current	15 kW • 79.1 A
Electrical Connection	400V/3Ph/50Hz
Poles Number	4

Fan system effect is taken into account in the fan performances

5) Coil Heating Water Supply

Geometry

Model	Cu-Al-FeZn P60AC 1R-26T-3020A-3.0pa 13C 1 1/2
Geometry • Rows	P60 • 1
Frame	Galvanized
Tube Material • Thickness	Copper • 0.4 mm
Fin Material • Space	Al 0.1 mm • 3 mm
Connections (Diam) • Type • Side	40 mm (1 1/2) • Threaded • Right
Total Capacity	66.7 kW

Heating Air Side

Air Flow • Velocity	37200 m³/h • 2.19 m/s
Temp. Dry Bulb In • Out	16.7 °C • 22 °C
Temp. Wet Bulb In • Out	7.3 °C • 9.8 °C

Relative Humidity In • Out	21 % • 15 %
Pressure Drop Dry	9 Pa

Heating Fluid Side

Flow	1.6 kg/s
Temperature In • Out	70°C•60°C
Fluid Velocity • Volume	0.65 m/s • 21.5 dm³
Pressure Drop	7 kPa

Calculated in Dry Condition

6) Hole Supply

External Connection	Flexible
Dimensions (HxW)	1800x3240 mm
Torque	30 Nm

7) Hole Return

External Connection	Flexible
Dimensions (HxW)	1800x3240 mm
Torque	30 Nm

8) Filter Return

Mounting	Front
Air Velocity	2.08 m/s
Pressure Drop Design	Medium
Filter Class	G4 ISO Coarse 60%
Filter Name	Chevronet
Material	Synthetic
Dimensions	5x(592x592x48) 10x(592x490x48)
Clean Pressure Drop	57 Pa
Medium Pressure Drop	82 Pa
Dirty Pressure Drop	107 Pa

9) Fan Return

Model	NPA800S4
Type	Centrifugal Plug
Quantity	1x(Single Fan)
External Static Pressure	600 Pa
Internal Static Pressure	259 Pa
Total Static Pressure	859 Pa
Dynamic Pressure	186 Pa
Flow Design	37200 m³/h
Rotation Speed Work • Max	1668 RPM • 1800 RPM

Frequency Work • Max	55.6 Hz • 60 Hz
Efficiency (Reg327/2011)	78.5 %
Efficiency	78.5 %
Shaft Power	11.80 kW
Electrical Power Input	13. kW
Power Class • PMREF (EN13053)	P2 • 14 kW
SFPv Class • SFPv (EN13053)	SFP5 • 1145 W/(m³/s)
Antivibration Mount	Rubber

Motor Data

Efficiency Class	IE3
Power • Nominal Current	15 kW • 79.1 A
Electrical Connection	400V/3Ph/50Hz
Poles Number	4

Fan system effect is taken into account in the fan performances

10) Damper Return

Pressure Drop	5 Pa
Material	Galvanized
Mounting	External • Right
Dimensions (HxW)	1800x3240 mm
Torque	30 Nm

Section List

Num.	Height (mm)	Width (mm)	Length (mm)	Weight (Kg)	Transportable
1	1920	3360	525	255	Container or Truck
2	3940	3360	3740	2640	Special Truck
3	2020	3360	2395	1621	Special Truck
4	1920	3360	875	256	Container or Truck
5	2020	3360	2115	1549	High Container or Truck

Options List

Unit Options

Standard Packing
Barrier Bag (External Storage)

2) Filter Supply

Differential pressure switch 50-500 Pa

4) Fan Supply

Air flow and Pressure transducer

8) Filter Return

Differential pressure switch 50-500 Pa

9) Fan Return

Air flow and Pressure transducer

Sound Report

Supply Sound Power (dB)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	AVG dB (A)
Fan Inlet	94	87	91	85	88	84	82	75	92
Fan Outlet	96	91	99	97	95	90	90	85	100
Unit Inlet	88	81	85	79	79	72	62	55	83
Unit Outlet	91	86	94	92	89	82	78	73	93
Airborne	83	78	79	75	73	66	54	46	77

Return Sound Power (dB)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	AVG dB (A)
Fan Inlet	94	87	91	85	88	84	82	75	92
Fan Outlet	96	91	99	97	95	90	90	85	100
Unit Inlet	93	86	90	84	85	80	74	67	89
Unit Outlet	96	91	99	97	95	90	90	85	100
Airborne	83	78	79	75	73	66	54	46	77

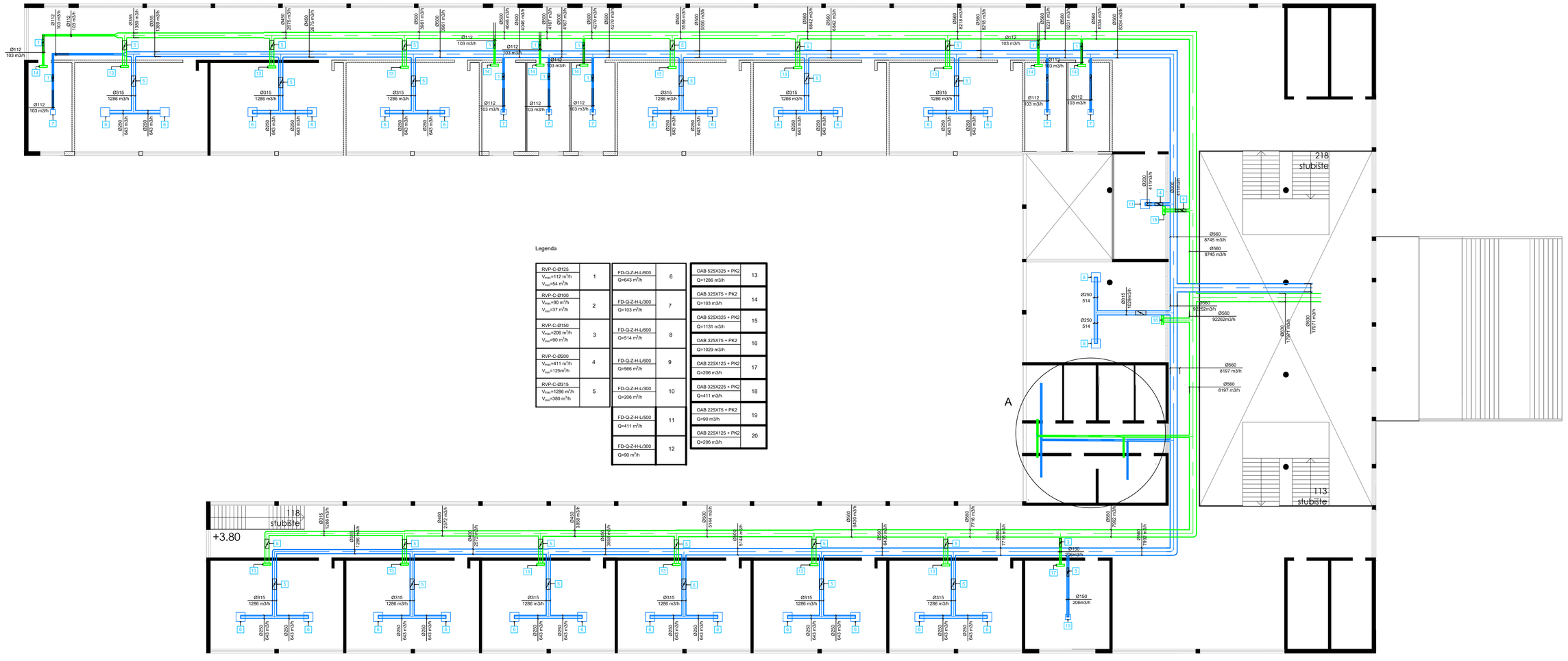
NRVU - Regulation (EU) No 1253/2014

Manufacturer's Name	Daikin Applied Europe S.p.a.
Serial Number	413597
Typology (NRVU, UVU or BVU)*	NRVU BVU
Drive Type	Inverter (not included. Supplied by the installer)
HRS Type	Other
HRS Thermal Efficiency (EN308)	74.1 %
Nominal NRVU Flow Rate	
Supply	10.33 m^3/s
Return	10.33 m^3/s
Effective Electric Power Input	
Supply	67.9 kW
SFP Internal	508 $W/(m^3/s)$
Face Velocity at Flow Rate Design	
Supply	1.8 m/s
Return	1.8 m/s
Nominal Internal Pressure Drop	
Supply	227 Pa
Return	172 Pa
Nominal External Pressure Drop	
Supply	550 Pa
Return	600 Pa
Efficiency (Reg327/2011)	
Supply	79 %
Return	79 %
External Leakage (RU) +400Pa • -400Pa	0.81 % • 0.4 %
Maximum Internal Leakage	1.5 %
Summer Outdoor Conditions	35°C•45%
Winter Outdoor Conditions	-4°C•90%
Filter Energy Classification	A
Filter Service Warning**	Displayed on HMI Controller
Sound Power Level (LWA) Pre-	80
/Dis-assembly Instructions	http://www.daikinapplied.eu/en/index/page/download

* In accordance with Commission Regulation (EU) No 1253/2014 of July 2014

** Clean/replace Filter(s) when maximum pressure drop is reached or when warning is displayed on HMI controller

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



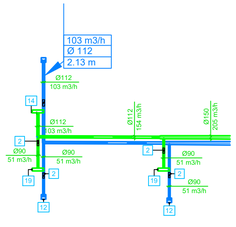
Legenda

RVP-C-Ø125 V_{max}=112 m³/h V_{min}=54 m³/h	1
RVP-C-Ø100 V_{max}=90 m³/h V_{min}=37 m³/h	2
RVP-C-Ø150 V_{max}=206 m³/h V_{min}=80 m³/h	3
RVP-C-Ø200 V_{max}=411 m³/h V_{min}=125m³/h	4
RVP-C-Ø315 V_{max}=1286 m³/h V_{min}=380 m³/h	5

FD-Q-Z-H-L/600 Q=643 m³/h	6
FD-Q-Z-H-L/300 Q=103 m³/h	7
FD-Q-Z-H-L/600 Q=514 m³/h	8
FD-Q-Z-H-L/600 Q=566 m³/h	9
FD-Q-Z-H-L/300 Q=206 m³/h	10
FD-Q-Z-H-L/500 Q=411 m³/h	11
FD-Q-Z-H-L/300 Q=90 m³/h	12

OAB 525X325 + PK2 Q=1286 m3/h	13
OAB 325X75 + PK2 Q=103 m3/h	14
OAB 525X325 + PK2 Q=1131 m3/h	15
OAB 325X75 + PK2 Q=1029 m3/h	16
OAB 225X125 + PK2 Q=206 m3/h	17
OAB 325X225 + PK2 Q=411 m3/h	18
OAB 225X75 + PK2 Q=90 m3/h	19
OAB 225X125 + PK2 Q=206 m3/h	20

DETALJ A



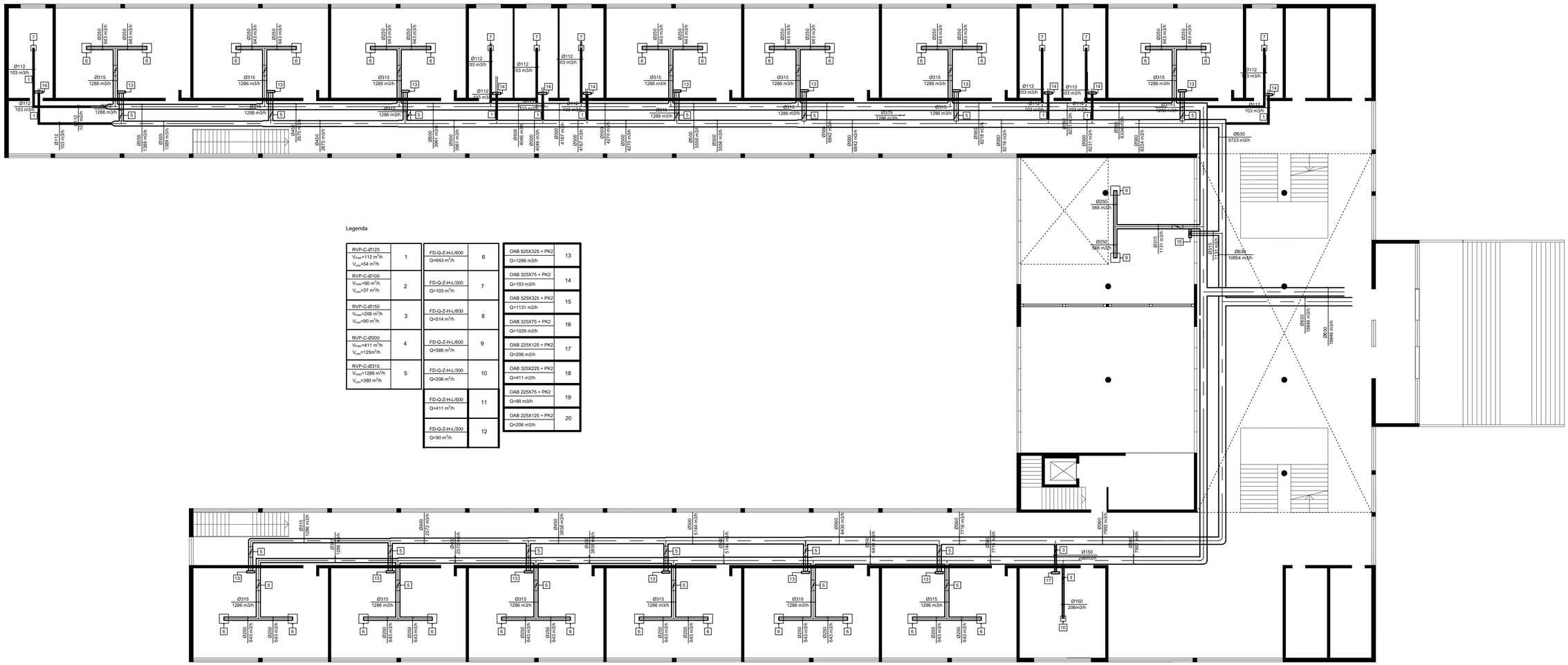
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Ivan Mikić	
Razradio		Ivan Mikić	
Crtao		Ivan Mikić	
Pregledao		Darko Šmoljan	

FSB Zagreb

Objekt:	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena:	Kopija
Materijal:	Masa:
Mjerilo originala	Naziv: Raspodjela kanala na Prvom katu
	Pozicija:
	Format:
	Listova:
Crtež broj: IM-001	List:

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
Design by CADLab

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Legenda

RVP-C-Ø125 V_{max}=112 m³/h V_{min}=54 m³/h	1	FD-Q-Z-H-L/600 Q=643 m³/h	6	OAB 525X325 + PK2 Q=1286 m3/h	13
RVP-C-Ø100 V_{max}=90 m³/h V_{min}=37 m³/h	2	FD-Q-Z-H-L/300 Q=103 m³/h	7	OAB 325X75 + PK2 Q=103 m3/h	14
RVP-C-Ø150 V_{max}=206 m³/h V_{min}=90 m³/h	3	FD-Q-Z-H-L/600 Q=514 m³/h	8	OAB 525X325 + PK2 Q=1131 m3/h	15
RVP-C-Ø200 V_{max}=411 m³/h V_{min}=125m³/h	4	FD-Q-Z-H-L/600 Q=566 m³/h	9	OAB 325X75 + PK2 Q=1029 m3/h	16
RVP-C-Ø315 V_{max}=1286 m³/h V_{min}=380 m³/h	5	FD-Q-Z-H-L/300 Q=206 m³/h	10	OAB 225X125 + PK2 Q=206 m3/h	17
		FD-Q-Z-H-L/500 Q=411 m³/h	11	OAB 325X225 + PK2 Q=411 m3/h	18
		FD-Q-Z-H-L/300 Q=90 m³/h	12	OAB 225X75 + PK2 Q=90 m3/h	19
				OAB 225X125 + PK2 Q=206 m3/h	20

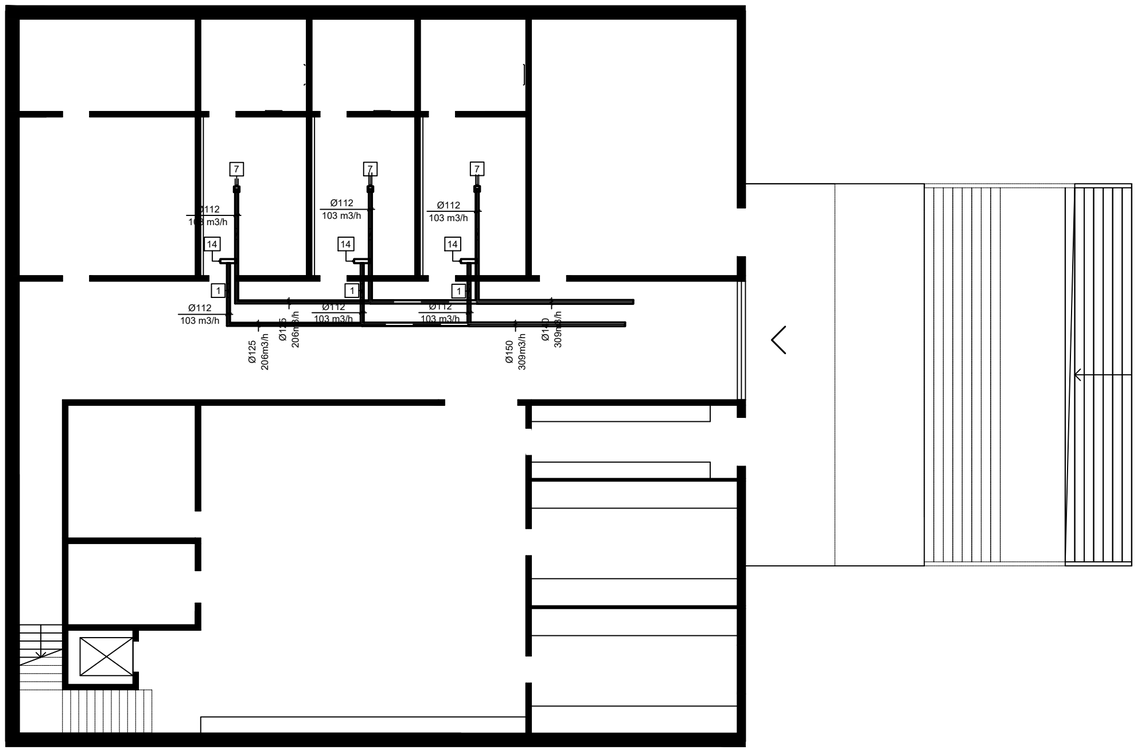
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Ivan Mikić	
Razradio		Ivan Mikić	
Crtao		Ivan Mikić	
Pregledao		Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena:	Kopija
Materijal: Masa:	
Mjerilo originala	Naziv: Raspodjela kanala u prizemlju
	Pozicija:
	Format:
	Listovna:
Crtež broj: IM-002	List:

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
Design by CADLab

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Legenda

RVP-C-Ø125 V_{max}=112 m³/h V_{min}=54 m³/h	1	FD-Q-Z-H-L/600 Q=643 m³/h	6	OAB 525X325 + PK2 Q=1286 m3/h	13
RVP-C-Ø100 V_{max}=90 m³/h V_{min}=37 m³/h	2	FD-Q-Z-H-L/300 Q=103 m³/h	7	OAB 325X75 + PK2 Q=103 m3/h	14
RVP-C-Ø150 V_{max}=206 m³/h V_{min}=90 m³/h	3	FD-Q-Z-H-L/600 Q=514 m³/h	8	OAB 525X325 + PK2 Q=1131 m3/h	15
RVP-C-Ø200 V_{max}=411 m³/h V_{min}=125m³/h	4	FD-Q-Z-H-L/600 Q=566 m³/h	9	OAB 325X75 + PK2 Q=1029 m3/h	16
RVP-C-Ø315 V_{max}=1286 m³/h V_{min}=380 m³/h	5	FD-Q-Z-H-L/300 Q=206 m³/h	10	OAB 225X125 + PK2 Q=206 m3/h	17
		FD-Q-Z-H-L/500 Q=411 m³/h	11	OAB 325X225 + PK2 Q=411 m3/h	18
		FD-Q-Z-H-L/300 Q=90 m³/h	12	OAB 225X75 + PK2 Q=90 m3/h	19
				OAB 225X125 + PK2 Q=206 m3/h	20

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Ivan Mikić	
Razradio		Ivan Mikić	
Crtao		Ivan Mikić	
Pregledao		Darko Smoljan	

FSB Zagreb

Objekt:	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena:	Kopija
Materijal: / Masa:	
Mjerilo originala	Naziv: Raspodjela kanala u podrumu
Pozicija:	Format:
Listova:	
Crtež broj: IM-003	List:

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
Design by CADLab