

Rīgas 64. vidusskola

**Efektīvas ventilācijas sistēmas darbības faktori  
Rīgas 64. vidusskolā**

Zinātniskās pētniecības darbs fizikas nozarē

**Darba autors:** Liene Moora

**Darba vadītājs:** Bc. Phys. Raitis Streičs

**Darba konsultants:** Arnis Glaznieks, “Mesh Group SIA” izpilddirektors

Rīga 2024

## Anotācija

Efektīva decentralizētas ventilācijas sistēmas darbība mācību iestādē. Liene Moora, darba vadītājs Raitis Streičs, darba konsultants Arnis Glaznieks.

Zinātniski pētnieciskā darba galvenais **mērķis** ir noteikt faktorus, kas ietekmē Rīgas 64. vidusskolas ventilācijas sistēmas efektīvu darbību un dot potenciālus ieteikumus sistēmas optimālai darbībai.

### Darba uzdevumi:

1. Analizēt skolas ventilācijas sistēmas darbību un efektivitāti.
2. Noskaidrot iemeslus sistēmas nepilnīgai darbībai.
3. Sniegt ieteikumus ventilācijas sistēmas optimālai darbībai.

Pētnieciskajā darbā secināts, ka Rīgas 64. vidusskolas ventilācijas sistēma nedarbojas efektīvi, jo nespēj uzturēt vēlamo CO<sub>2</sub> līmeni telpās. Galvenie faktori, kas ietekmē ventilācijas sistēmas efektivitāti ir sistēmas uzturēšana, sistēmas kļūdu novēršanas ātrums un jaudas ierobežojumi.

**Atslēgas vārdi:** mehāniskās ventilācijas sistēmas, CO<sub>2</sub>, gaisa kvalitāte

**Darba struktūra:** darbs sastāv no 16 lapām, ievada, 2 nodaļām, secinājumiem un izmantotās literatūras avotu saraksta. Darbs satur 11 attēlus, 9 grafikus, 1 tabulu, 3 pielikumus.

## Abstract

Efficient operation of a decentralised ventilation system in an educational establishment. Liene Moora, supervisor Raitis Streičs, consultant Arnis Glaznieks.

The main aim of the scientific research work is to determine the factors influencing the efficient operation of the ventilation system of Riga 64 Secondary School and to give potential recommendations for the optimal operation of the system.

### Tasks:

1. Analyse the performance and efficiency of the school ventilation system.
2. Identify the reasons for the poor performance of the system.
3. Provide recommendations for the optimal operation of the ventilation system.

The research work concludes that the ventilation system of Riga Secondary School No 64 is not working efficiently because it is not able to maintain the desired level of CO<sub>2</sub> in the rooms. The main factors affecting the efficiency of the ventilation system are system maintenance, system fault rectification rate and capacity constraints.

Key words: mechanical ventilation systems, CO<sub>2</sub>, air quality

Structure of the research paper: the research paper consists of 16 pages, introduction, 2 chapters, conclusions and a list of references used. The thesis contains 11 pictures, 9 graphs, 1 table, 3 annexes.

# Saturs

Ievads .....	4
1.Literatūras un informācijas avotu apraksts .....	6
1.1. Telpas gaisa kvalitātes/mikroklimata faktori .....	6
1.1.1. Temperatūra un mitrums .....	6
1.1.2. CO <sub>2</sub> līmenis .....	6
1.2.(Mākslīgās) Ventilācijas sistēmu veidi .....	7
1.2.1. Centralizēta ventilācijas sistēma .....	7
1.2.2. Decentralizēta ventilācijas sistēma .....	8
2.Praktiskā daļa .....	9
2.1. Pētījuma metodoloģija .....	9
2.1.1. Datu analīze .....	9
2.1.2. Aptauja .....	13
2.2. Sistēmas darbības un monitoringa traucējumi .....	14
Secinājumi .....	16
Pielikumi .....	18

## Ievads

Saistībā ar pēdējo divu gadu energoresursu cenu palielināšanos Eiropas Savienībā, aktuāls kļūst jautājums par efektīvu siltuma izmantošanu. Lai ekonomētu energoresursus, bet uzturētu vēlamu gaisa apmaiņu telpās, aizvien biežāk tiek izmantotas mehāniskās ventilācijas sistēmas ar rekuperāciju.

Ventilācijas sistēma risina vēl vienu neretu problēmu – CO<sub>2</sub> koncentrācijas pārsniegšana iekštelpās un tās ietekme uz cilvēka veselību un labsajūtu. Ventilācijas sistēmas palīdz monitorēt un nodrošināt gaisa kvalitāti iekštelpās.

Mehānisko ventilācijas sistēmu atjaunošana/uzstādīšana Latvijas skolās ir salīdzinoši jauns projekts, turklāt Rīgas 64. vidusskola ir viena no trīs pirmajām Latvijas skolām, kam piešķirts finansējums šāda projekta īstenošanai. Svarīgi ir identificēt un novērot sistēmas nepilnības, lai nodrošinātu tās efektīvu darbību un veicinātu turpmāko projektu veiksmīgu iznākumu. Vēl nozīmīgi ir novērot un informēt par to, kā praktiski tiek ievēroti ventilācijas ekspluatācijas nosacījumi un kā to ievērošana ietekmē sistēmas darbību un gaisa kvalitāti skolā.

Darba autors izvēlējies šo pētnieciskā darba tēmu, jo ikdienā saskaras ar darbā aktualizētajām problēmām un vēlas dot ieguldījumu skolas vides attīstībā, kā arī savu karjeru plāno veidot arhitektūras nozarē, kurā nepieciešamas darba veidošanas un tēmas izpētes laikā iegūtās prasmes un zināšanas.

Darbā izvirzītie **pētāmaie jautājumi** – kā šobrīd Rīgas 64. vidusskolas ventilācijas sistēma nodrošina optimālo gaisa kvalitāti iekštelpās un kādi ir galvenie faktori centralizētas ventilācijas sistēmas veiksmīgai darbībai Rīgas 64. vidusskolā.

Pētnieciskā darba galvenais **mērķis** ir izvērtēt Rīgas 64. vidusskolas ventilācijas sistēmas darbības efektivitāti un izstrādāt ieteikumus sistēmas darbības uzlabojumiem.

Pētnieciskā **darba uzdevumi**:

1. Analizēt datus par Rīgas 64. vidusskolas ventilācijas sistēmas darbību vairākos kabinetos. Apkopot un analizēt datus par to kā Rīgas 64. vidusskolas kabinetos CO<sub>2</sub> līmenis atbilst ieteicamajam. Noskaidrot iemeslus atšķirībām gaisa kvalitātē dažādos kabinetos.
2. Noskaidrot iemeslus sistēmas nepilnvērtīgai darbībai, novērojot visus faktorus gan sistēmas darbības iestatījumus, gan to, kā praktiski tiek ievēroti nosacījumi sistēmas optimālai darbībai.
3. Noskaidrot un apkopot, potenciālos uzlabojumus, ko varētu veikt, lai uzlabotu ventilācijas sistēmas darbību Rīgas 64. vidusskolā.

Pētnieciskajā darbā izvirzītā **hipotēze**: Rīgas 64. vidusskolas ventilācijas sistēma šobrīd nedarbojas efektīvi un nespēj nodrošināt ieteicamo CO<sub>2</sub> līmeni mācību telpās.

**Darbā izmantotās metodes**:

1. **Teorētiskā metode – literatūras avotu analīze**, lai definētu vēlamos iekštelpas klimta faktorus un kvalitātes rādītājus, uzzinātu par mehāniskās ventilācijas veidiem un to darbības principiem.
2. **Datu apstrādes statistiskās metodes**, lai apkopotu un analizētu datus par klimata rādītājiem mācību telpās.

3. **Aptaujas metode**, lai novērtētu ventilācijas sistēmu optimālas darbības nosacījumu reālo ievērošanu, kā arī noskaidrotu skolas darbinieku novērojumus par ventilācijas sistēmas efektivitāti.
4. **Intervija** ar sistēmas operatoru, lai noskaidrotu ventilācijas sistēmas iestatījumus un iemeslus tās nepilnīgai darbībai.

# **1.Literatūras un informācijas avotu apraksts**

## **1.1. Telpas gaisa kvalitātes/mikroklimata faktori**

### **1.1.1. Temperatūra un mitrums**

Pēc ASHARE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) noteiktajiem principiem mitruma norma telpā ir 45% līdz 65% relatīvā mitruma (RH). Tā kā gaisa mitruma iespējamais līmenis atkarīgs no gaisa temperatūras, tas var būt mainīgs, atkarībā no gaisa temperatūras. Tātad, ieteiktā mitruma norma iekštelpās ir 45% līdz 65% no visa mitruma, ko gaiss spēj noturēt konkrētā temperatūrā. (AbdulHalim, 2017)

Ilgstošs pazemināts mitruma līmenis iekštelpās var radīt vīrusu izdzīvošanai optimātus apstākļus, kā arī pazemināt cilvēka koncentrēšanās spējas un miega kvalitāti, kairināt elpceļus un acis (Wolkoff, 2018).

Paaugstināts mitruma līmenis iekštelpās rada labvēlīgus apstākļus dažādiem mikrobiem (pelējumam, baktērijām, sēnītēm), kas kaitē ne tikai cilvēkam, bet arī apkārtējai videi – sienām, pārtikai, tekstilizstrādājumiem u.tml. Šiem mikrobiem veidojoties, izdalās to šūnas, sporas un citi fragmenti, kas pasliktina gaisa kvalitāti, kā arī noārda materiālus. Šāda materiālu noārdīšana noved pie vēl lielāka gaisa piesārņojuma, kas pasliktina cilvēka kognitīvās spējas un veselību. Mitrš gaiss spēj kairināt cilvēka ādu un kaklu, un paaugstina astmas pieauguma risku (Elisabeth Heseltine, 2009) (Wolkoff, 2018).

### **1.1.2. CO<sub>2</sub> līmenis**

CO<sub>2</sub> līmeni iekštelpās lielākoties ietekmē cilvēka metaboliskie procesi, kā arī ventilācija. Cilvēka izdalītais CO<sub>2</sub> daudzums atkarīgs gan no cilvēka aktivitātes, gan temperatūras telpā. Jo lielāka cilvēka aktivitāte (patērētā enerģija) un gaisa temperatūra, jo augstāks izdalītais CO<sub>2</sub> līmenis. Izelpoto oglekļa dioksīda daudzumu var ietekmēt ne tikai apstākļu faktori, bet arī individuāli faktori, kā dzimums, ķermeņa masa, organisma veselības stāvoklis un fiziskā sagatavotība, kā arī dažādas slimības. Lielākoties cilvēka radītais CO<sub>2</sub> tiek izelpots un tikai ~3,5 % no visa cilvēka izdalītā oglekļa dioksīda tiek emitēts caur ādu. Mierīga darba laikā cilvēks vidēji izdala aptuveni 14 – 17 litrus CO<sub>2</sub> stundā (Mengze Li, August 2022) (Mitsuharu Sakamoto, March 2022).

Vēl iespējami CO<sub>2</sub> avoti iekštelpās ir, piemēram, tīrīšanas līdzekļi, remontdarbos izmantotas ķīmikālijas, degošas sveces, smēķēšana u.t.t. (Marina Jovanović, 2014)

Pēc Latvijas Būvniecības valsts kontroles biroja 2021. gadā norādītajām normām, optimālais CO<sub>2</sub> līmenis mācību telpās un birojos ir zem 1500 daļu skaitam uz miljonu (ppm – parts per million). Pēc Eiropas standarta (EN 16798-1: 2019) CO<sub>2</sub> koncentrācijas optimālo līmeni nosaka atkarībā no gaisa temperatūras (skat. 1.attēlu ) (Snezana Bogdanovica, 2020).

**Table 1.** CO<sub>2</sub> concentration and temperature in schools according to EN 16798-1: 2019.

	1st Category	2nd Category	3rd Category	
CO <sub>2</sub> concentration (above outdoor concentration)	550	800	1350	ppm
CO <sub>2</sub> concentration (absolute values; outdoor CO <sub>2</sub> concentration 480 ppm)	1030	1280	1830	ppm
Temperature	21–23	20–24	19–25	°C

## 1.att., Eiropas standarts - CO<sub>2</sub> koncentrācija un temperatūra mācību iestādēs.

Vide ar paaugstinātu CO<sub>2</sub> līmeni (virs 1000 ppm) var ietekmēt cilvēka fizisko veselību. CO<sub>2</sub> nonākot cilvēka ķermenī, asins pH līmenis pazeminās, savukārt skābes līmenis paaugstinās. Šāda pH nelīdzsvarotība asinīs var izraisīt hroniskas elpceļu slimības, kā arī var būt iemesls enerģijas deficītam, paaugstinātam asinsspiedienam un elpošanas ritmam. (Kenichi Azuma, 2018) Pārsniedzot 2500 ppm, CO<sub>2</sub> kļūst par šķērsli cilvēka spējai koncentrēties, pasliktina uztveri, radošumu u.c. (Izglītības iestāžu vides kvalitātes un drošuma pētījums, 2019)

### 1.1.2. Gaisa apmaiņa

Gaisa apmaiņu telpā galvenokārt ietekmē ventilācija – vai nu mehāniskā vai dabiskā – tās jauda, izmantošanas biežums un izvietojums telpā. Vēl gaisa plūsmu ietekmē faktori, kā gaisa temperatūra ārā, telpas izbūve, izkārtojums, izmērs un materiāli, no kā veidota būve. Citi faktori ir telpā norisošās aktivitātes un cilvēku skaits. (Chih-Hong Huang, 2014)

Lai mērītu gaisa apmaiņu telpā tiek izmantoti tādi parametri, kā kubikmetri gaisa stundā (cm<sup>3</sup>/h). Ministru kabineta noteikumos nosacīts, ka minimālā gaisa padeve uz cilvēku telpā ir 15 m<sup>3</sup>/h tad, ja vienīgais gaisa piesārņotājs telpā ir cilvēki. Intervijā ar sistēmas operatoru tika noskaidrots, ka skolas ventilācijas sistēmas paredzētā gaisa apmaiņa uz cilvēku ir 30 m<sup>3</sup>/h, tātad visai klasei tā ir aptuveni 750 – 900 m<sup>3</sup>/h, atkarībā no cilvēku skaita.

Regulāra gaisa apmaiņa iekštelpās regulē iepriekš minētos telpas mikroklimata faktorus – gaisa temperatūru, mitrumu un CO<sub>2</sub> līmeni.

## 1.2.(Mākslīgās) Ventilācijas sistēmu veidi

### 1.2.1. Centralizēta ventilācijas sistēma

Centralizēta tipa ventilācija ir vienota sistēma, kuras darbības pamatā ir viena ventilācijas iekārta, kas kontrolē visas sistēmas darbību. Šāda tipa ventilācija nodrošina efektīvu gaisa, kā arī siltuma apmaiņas procesu, gaisu vadot caur apmaiņas rekuperatoru. Gaisa pieplūde (pievadītais gaiss) caur rekuperatoru tiek attīrīta un sasildīta pirms ieplūst telpā, savukārt noplūde (telpā esošais gaiss) atdod siltumu un tiek apmainīta pret ārā esošo gaisu (Renson, bez datuma) (Excent, bez datuma).

Centralizēta ventilācijas sistēma darbojas vairākās telpās. Tā sastāv no ventilācijas iekārtas, sadalošajiem gaisa vadiem un to atverēm. Galvenajās istabās tiek ierīkotas atveres,

kuru darbība atkarīga no gaisa apmaiņas monitoringa sensoriem. Sensori tiek pielāgoti, lai uzturētu telpā vēlamo temperatūru un ventilatori veic gaisa apmaiņu, līdz kamēr sensoru uzrādītie mērījumi ir optimāli (Excent, bez datuma).

Šādu ventilācijas sistēmu iespējams ierīkot dzīvokļu blokos, skolās, bērnudārzos, privātmājās, biroju ēkās, veikalos u.tml. Centralizētas ventilācijas priekšrocības ietver:

1. Energoefektīvu gaisa apmaiņa pēc pieprasījuma
2. Siltuma regulēšana un taupīšana
3. Gaisa mitruma regulēšana
4. Klusa ventilācija
5. Gaisa apmaiņa kontrole vairākās telpās caur vienu ventilācijas iekārtu (Renson, bez datuma) (Wolf, bez datuma).

Šādas sistēmas trūkumi ir uzstādīšanas izmaksas, kā arī izmaiņas ēkas interjerā, ja sistēma tiek uzstādīta pēc ēkas pabeigšanas, nevis būvniecības laikā (Wolf, bez datuma).

### **1.2.2. Decentralizēta ventilācijas sistēma**

Decentralizēta tipa ventilācijas sistēma, atšķirībā no centralizēta tipa ventilācijas, sastāv no neatkarīgām ventilācijas iekārtām, kas darbojas atsevišķās telpās un kuru darbība nav savstarpēji saskaitīta. Šāda ventilācijas darbība nodrošina enerģijas efektīvu izmantošanu, jo katra telpa tiek apgādāta ar konkrētu gaisa un siltuma daudzumu. Katras zonas siltuma un gaisa plūsmas līmeņus var viegli pielāgot atbilstoši tā brīža vajadzībām, atšķirībā no centralizētas ventilācijas, kurai jau sākotnēji tiek iestatīti konkrēti parametri (P. Bonato, May 2020).

Tā kā decentralizētas ventilācijas sistēmas ventilatori nav saistīti ar vienu ventilācijas iekārtu, nav nepieciešamas caurules, kas vienotu sistēmas darbību. Šī sistēmas īpašība tai dod vairākas priekšrocības. Pirmkārt – cauruļu ievietošana jau pabeigtā celtnē var būt sarežģīta un dārga. Lai ēkā ievietotu jaunu cauruļu sistēmu bieži ir nepieciešams pazemināt griestus, kā arī veikt citus ar ventilācijas cauruļu izbūvi saistītus remontdarbus. (O. Seuntjens, March 2022). Otrs ieguvums, izmantojot ventilāciju, kurai nav nepieciešama cauruļu sistēma, ir efektīva enerģijas izmantošana. Centralizētas ventilācijas sistēmas gadījumā, gaisu pievadot no ventilācijas iekārtas līdz katrai telpai, jāreķinās ar gaisa noplūdi, taču decentralizētas ventilācijas gadījumā šādas problēmas nav. Šo var uzskatīt par lielu priekšrocību, skatoties uz to, ka šādas noplūdes var pazaudēt līdz pat 36% pievadītās gaisa plūsmas (P. Bonato, May 2020).

Decentralizēta tipa ventilācijas sistēmas iekārtas var tikt ievietotas telpā, kuru no ārpuses šķir viena siena. Savukārt, telpā, kas atrodas starp citām telpām vai zem zemes, decentralizēta tipa ventilācijas iekārtas ierīkot nav iespējams. Šo nosacījumu robežās, līdzīgi, kā centralizētas ventilācijas sistēmas gadījumā, šāda tipa ventilāciju var instalēt privātmājā, dzīvoklī, biroju ēkā, skolu u.tml. atsevišķās telpās.



## 2. Praktiskā daļa

### 2.1. Pētījuma metodoloģija

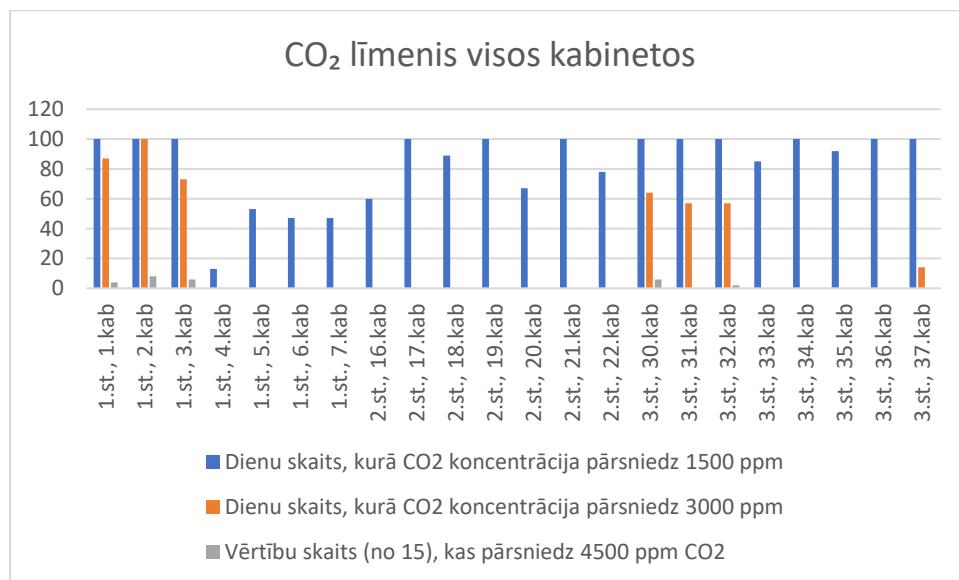
Dati par Rīgas 64. vidusskolas gaisa kvalitāti tika iegūti no publiskās tīmekļa vietnes “Mesh Air Quality Monitor”, kurā pieejami dati par skolas kabinetu telpas klimatu – temperatūru, gaisa mitrumu un CO<sub>2</sub> līmeni.

Informācija par sistēmas darbības iestatījumiem (jaudu, darbības laiku un biežumu, kļūdu identificēšanu un novēršanu) tika iegūta, intervējot kompānijas “Mesh Air Quality Monitor” darbinieku Arni Glaznieku un Rīgas 64. vidusskolas direktora vietnieku saimniecības darbā - Jāni Kaktiņu.

Lai novērtētu apstākļus kabinetos un uzzinātu par skolas darbinieku paradumiem pēc ventilācijas sistēmas uzstādīšanas, tika izveidota anketa un aptaujāti Rīgas 64. vidusskolas skolotāji.

#### 2.1.1. Datu analīze

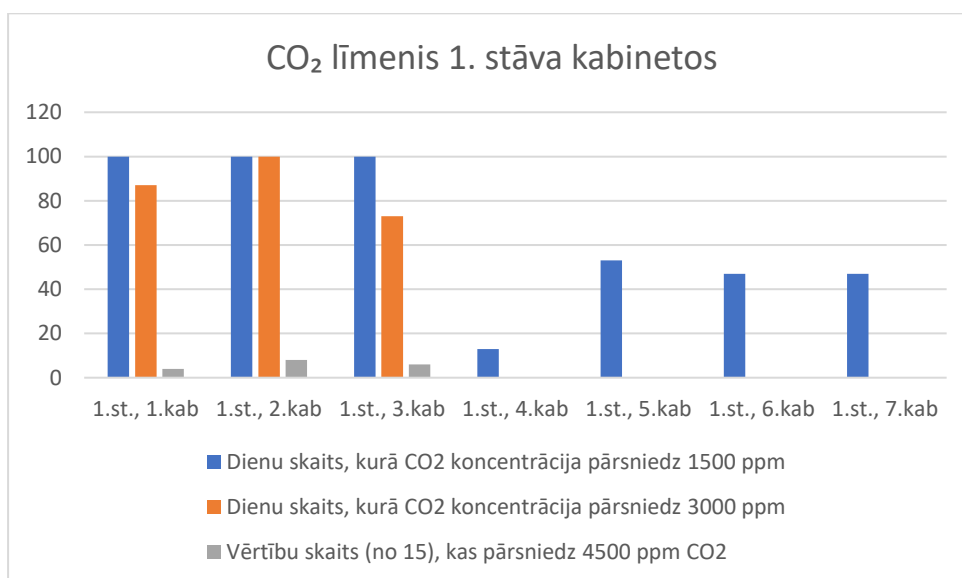
Datu analīzē autors apskata 22 regulāri izmantotas mācību telpas skolā trīs nedēļu periodā (darbadienās), iedalot tās pa stāviem un grupām, atkarībā no ventiekārtas, kurai piesaistīti konkrēti kabineti (skat. 1. pielikumu) Pētāmais periods katrai kabinetu grupai var atšķirties, atkarībā no pieejamajiem datiem. Sistēmas efektivitāte tika novērtēta, balstoties uz datiem par kabinetos nomērīto CO<sub>2</sub> līmeni.



#### 3.attēls, CO<sub>2</sub> līmenis mācību kabinetos 3 nedēļu periodā

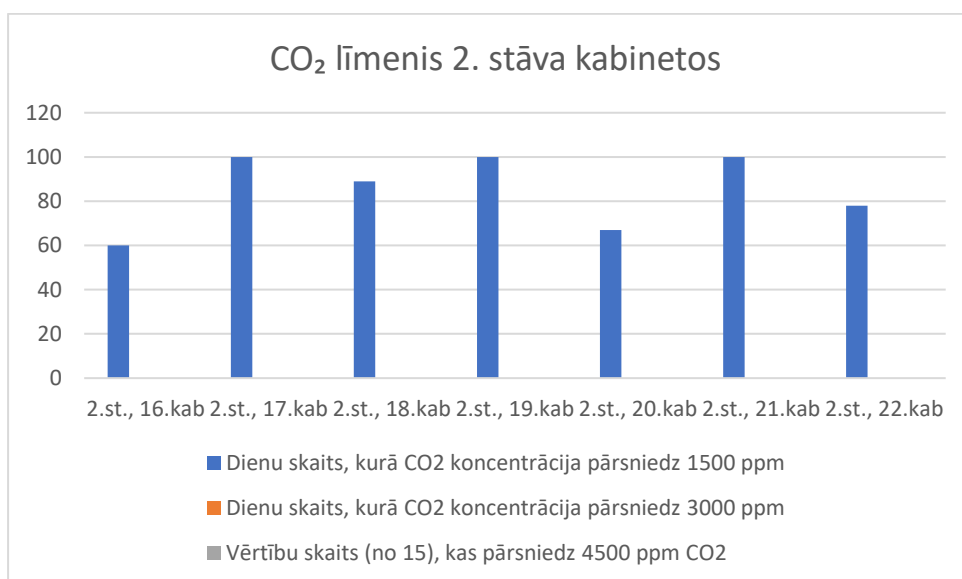
Visos apskatītajos kabinetos CO<sub>2</sub> norma telpā (1500 ppm) tika pārsniegta vismaz divas reizes trīs nedēļu laikā un 55% kabinetu CO<sub>2</sub> norma tika pārsniegta katru dienu. 27% kabinetu CO<sub>2</sub> rādītājs bija vismaz divas reizes lielāks par ieteicamo (3000 ppm) vismaz pusē apskatīto

dienu, kā arī 23% kabinetu vismaz divas reizes trīs nedēļu laikā tika piefiksētas CO<sub>2</sub> līmeņa vērtības virs 4500 ppm.



4.attēls, CO<sub>2</sub> līmenis 1.stāva kabinetos 7.-27. novembrī

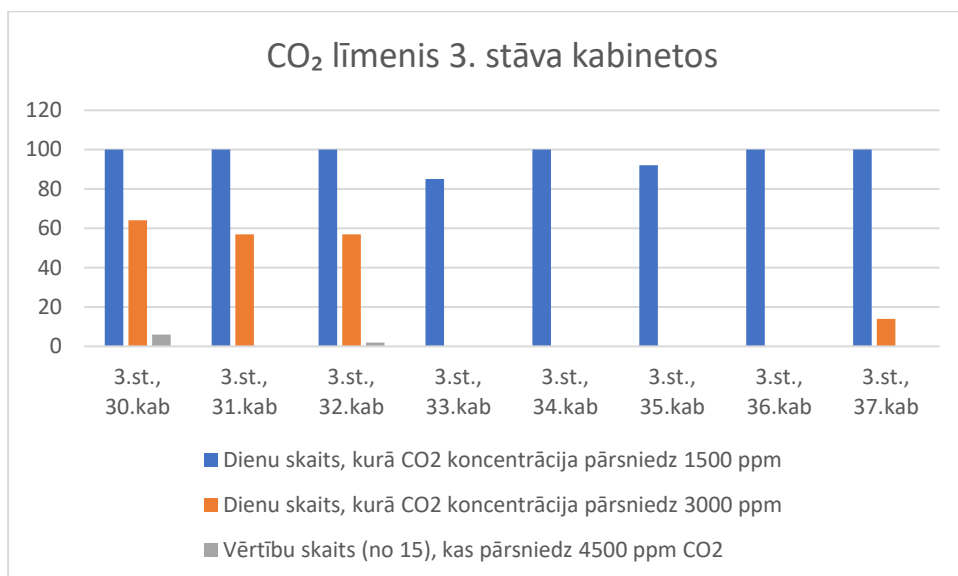
1. stāvā apskatītas divas kabinetu grupas (2. attēls) – 1., 2., 3. kabinets un 4., 5., 6., 7. kabinets - pirmā, kurā ventiekārta nedarbojas, otrā, kurā darbojas. Kabinetu grupā bez mehāniskās ventilācijas CO<sub>2</sub> līmeņi ir daudz augstāki – 100% dienu tiek pārsniegta norma, kā arī vairāk kā pusē dienu tā tiek pārsniegta divkārti. Pirmajā kabinetu grupā katrā kabinetā novērotas vērtības virs 4500 ppm. Savukārt otrajā grupā norma tiek pārsniegta retāk - vidēji 40% dienu, kā arī nav novērotas vērtības, kas pārsniegtu 3000 ppm.



5.attēls, CO<sub>2</sub> līmenis 2. stāva kabinetos 7. – 27. novembrī

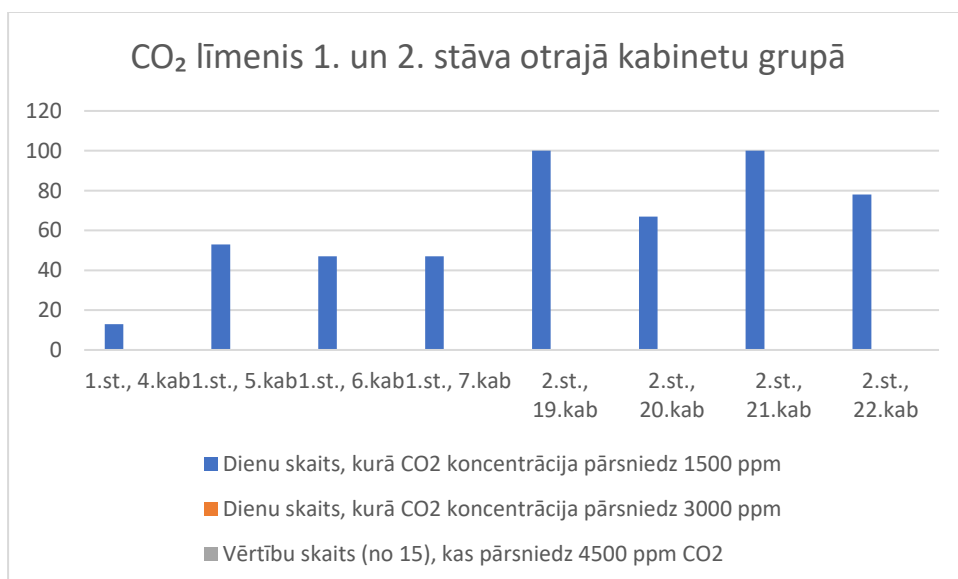
2. stāva kabinetu grupās ieteicamais CO<sub>2</sub> līmenis katrā kabinetā tika pārsniegts vismaz 60% dienu un 43% kabinetu tas tika pārsniegts katru dienu. Nevienā dienā trīs nedēļu laikā, tas

netika pārsniegts divkārsī (arī vērtības virs 4500 ppm netika novērotas). Nav novērojamas atšķirības grupu ventiekārtu darbību.



6.attēls, CO<sub>2</sub> līmenis 3. stāva kabinetos 7. – 27. novembrī

6. attēlā apskatītas divas pilnas kabinetu grupas trešajā stāvā – 30., 31., 32. kab. un 33., 34., 35., 36. kab – kā arī 37. kabinets. Pirmajos trīs 3. stāva kabinetos optimālais CO<sub>2</sub> līmenis (1500 ppm) tiek pārsniegts katru dienu, kā arī vismaz 50% dienu katrā kabinetā tas pārsniedz 3000ppm. Gan 30., gan 32. kabinetā ir novērota vismaz viena reize 3 nedēļu laikā, kad CO<sub>2</sub> līmenis pārsniedz 4500 ppm rādītāju. Visos nākamajos četros kabinetos optimālais CO<sub>2</sub> tiek pārsniegts vismaz 80% dienu un 2 no 4 kabinetiem, tas tiek pārsniegts katru dienu. Nevienā no 3. stāva otrā bloka kabinetiem ieteicamais CO<sub>2</sub> līmenis netiek pārsniegts divkārsī.



7.attēls, CO<sub>2</sub> līmenis divās kabinetu grupās ar strādājošām ventiekārtām

7. attēlā redzams grafiks, kurā apskatītas 2 kabinetu grupas – pirmā stāva 4., 5., 6., 7. kabinets un otrā stāva 19., 20., 21., 22. kabinets. Izpētes periodā abu kabinetu ventiekārtas darbojās bez uzskatāmām kļūdām, taču novērotais CO<sub>2</sub> līmenis kabinetos redzami atšķiras. 1. stāva kabinetu grupā nevienā kabinetā CO<sub>2</sub> norma netiek pārsniegta 100% dienu, savukārt 2. stāva kabinetu grupā 2 no 4 kabinetiem CO<sub>2</sub> normu pārsniedz katru dienu. 1. stāva grupā vidēji CO<sub>2</sub> līmenis tiek pārsniegts 40% dienu, savukārt 2. stāva grupā šis rādītājs ir vairāk, kā 2 reizes lielāks – 86%.



**8.attēls, MESH gaisa kvalitātes monitora uzrādītie mērījumi 6. – 10. novembra periodā 1.stāva 5. kabinetā**



**9.attēls, MESH gaisa kvalitātes monitora uzrādītie mērījumi 6. – 10. novembra periodā 2.stāva 19. kabinetā**

Lai padziļinātāk pētītu šo situāciju, autors aplūko vienas nedēļas datus no “Mesh” gaisa kvalitātes monitora divos kabinetos no apskatāmajām kabinetu grupām ( skat. 8., 9. att.). Starp kabinetiem novērojama atšķirība sistēmas darbībā brīžos, kad mācību telpas netiek izmantotas - darbadienu naktīs un brīvdienās. 5. kabinetā CO<sub>2</sub> līmenis šajos brīžos samazinās un turas 500 ppm robežās. Savukārt 19. kabinetā CO<sub>2</sub> rādītājs lielākoties turas 500 – 1000 ppm robežās, ar reti izņēmumiem, kad tas samazinās līdz pat 450 ppm, kā arī 6. un 7. novembra mijā, kad CO<sub>2</sub> līmenis 19. kabinetā pārsniedz 1000 ppm.

Vēl pamanāmas ir atšķirības gaisa mitruma līmenī – 5. kabinetā mitruma līmenis nedēļas laikā ir stabils, lielākoties ap 40% relatīvā mitruma. Svārstības ir minimālas ar dažām izlecošajām vērtībām nedēļas laikā - lielākais mitruma rādītājs nedēļas laikā novērots 8. novembrī – 54% relatīvā mitruma. 19. kabineta mitruma līmeņa svārstības lielākoties iekļaujas 40 – 60% relatīvā mitruma robežās, taču brīvdienās sasniedz pat 66%.

Iespējamais izskaidrojums šādām atšķirībām telpu klimata rādītājos varētu būt dabiskā ventilācija vai atšķirīgi jaudas iestatījumi katrā kabinetu blokā. Atverot logus telpās uzlabojas gaisa cirkulācija, kas ne tikai samazina CO<sub>2</sub> līmeni, bet arī relatīvo mitruma līmeni. Ja 5. kabinetā tiek atvērti logi (papildus mehāniskajai ventilācijai) un 19. kabinetā ne, tas izskaidrotu atšķirību kabinetos novērotajos klimata apstākļos.

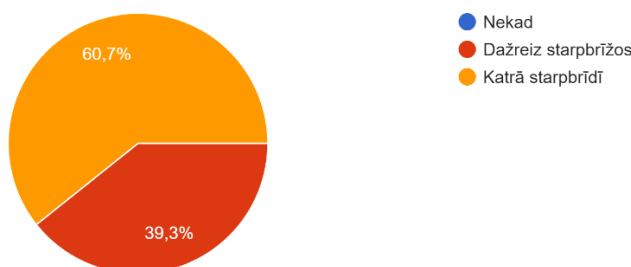
## 2.1.2. Aptauja

Lai noskaidrotu skolas darbinieku viedokļus un novērojumus saistībā ar ventilācijas efektivitāti un traucējumiem, kā arī uzzinātu par dabiskās ventilācijas, jeb loga atvēršanas lomu datu monitoringā, tika izveidota aptaujas anketa (skat. 2.pielikumu).

Kopā tika aptaujāti 28 vidusskolas skolotāji, kuri stundas vada pētījumā aplūkotajos mācību kabinetos. Aptaujā tika uzdoti 11 jautājumi – 8 slēgtie jautājumi, 2 atvērtie jautājumi un 1 pusslēgtais jautājums. Neaizpildīts anketas paraugs un atbildes, kas apkopotas “Excel” tabulā, atrodamas pielikumā.

Pēc aptaujas veikšanas noskaidrots, ka 100% respondentu starpbrīžu laikā ir izmantojuši dabisko ventilāciju, turklāt 60,7% no šiem respondentiem to izmanto katru starpbrīdi (skat. 10.attēlu). Stundu laikā dabisko ventilāciju izmanto retāk – 14,3% respondentu vēdina mācību telpu, atverot logus katras mācību stundas laikā, 78,6% dažreiz izmanto dabisko ventilāciju mācību laikā un tikai 7,1% aptaujāto skolotāju stundu laikā dabisko ventilāciju neizmanto (skat.11.attēlu).

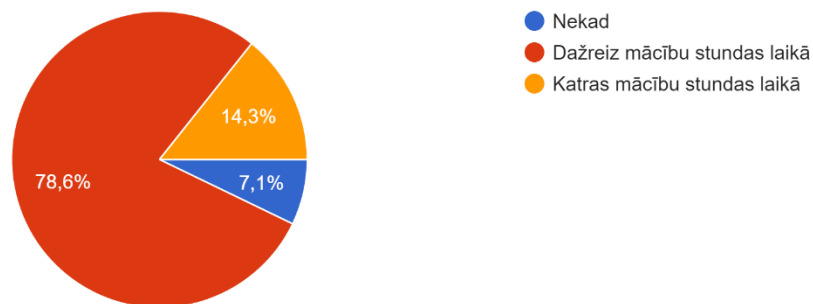
Lai izvēdinātu telpu, kabinetā atveru/lūdzu atvērt logus...  
28 atbildes



10. attēls, Aptaujas rezultāti – dabiskās ventilācijas izmantošana starpbrīžu laikā

Lai izvēdinātu telpu, kabinetā atveru/lūdzu atvērt logus...

28 atbildes



## 11. attēls, Aptaujas rezultāti – dabiskās ventilācijas izmantošana mācību stundu laikā

Visbiežākie iemesli, kādēļ aptaujas dalībnieki izvēlas kabinetos atvērt logus ir svaigā gaisa trūkums, nepatīkamas smakas un monitorā uzrādīts pārsniegts CO<sub>2</sub> līmenis. Svaigā gaisa trūkumu ir novērojuši 89,3% respondentu, nepatīkamas smakas, ka iemeslu norāda 50% respondentu un paaugstinātu CO<sub>2</sub> līmeni – 35,7% respondentu. Vēl atbildē norādīti iemesli kā putekļi gaisā un paaugstināta gaisa temperatūra iekštelpās.

Anketā tika uzdoti jautājumi par ventilācijas sistēmas radītā trokšņa traucējumiem. 50% respondentu neuzskata, ka ventilācijas radītais troksnis traucē mācību laikā, savukārt 39,3% uzskata, ka troksnis dažreiz traucē. 10,7% respondentu ir novērojuši, ka troksnis traucē bieži vai vienmēr un viens no aptaujas dalībniekiem ir lūdzis skolas saimniekam apturēt ventilācijas darbību skaņas piesārņojuma dēļ.

Vienā no atvērtajiem jautājumiem respondenti izvērtēja ventilācijas sistēmas efektivitāti un funkcionalitāti, skatoties uz faktoriem, kā nodrošinātais svaigā gaisa daudzums, CO<sub>2</sub> līmeņa kontrole, sistēmas izskats, troksnis u.t.t. 17,8% respondentu uzskata, ka ventilācijas sistēma ikdienā nepilda savu funkciju (neveic efektīvu gaisa apmaiņu, neuztur CO<sub>2</sub> līmeni normas robežās). Neviens no respondentiem sistēmu nevērtē, kā ļoti efektīvu vai funkcionālu, savukārt 14,3% respondentu uzskata, ka sistēma nav efektīva un funkcionāla.

Aptaujā iegūtie dati liecina par ventilācijas sistēmas neefektīvu darbību un lielu dabiskās ventilācijas lomu laba telpu klimata uzturēšanā Rīgas 64. vidusskolā. Šobrīd labu telpas klimatu mācību telpās uzturēt iespējams tikai papildus lietojot dabisko ventilāciju. Pēc atšķirībām respondentu atbildēs var spriest arī par to, ka ventilācijas efektivitāte un radītie traucējumi nav vienādi visur skolā un ir atkarīgi no faktoriem, kā kabinetu atrašanās vieta, sistēmas darbības pārtraukšana noteiktos kabinetu blokos unh kabineta noslogotība.

## 2.2. Sistēmas darbības un monitoringa traucējumi

Veicot pētījumu, tika novēroti vairāki faktori, kas ietekmē sistēmas darbību, kā arī tā darbības objektīvu un precīzu novērošanu.

1. Sistēmas darbības pārtraukumi pazemina klimata kvalitāti iekštelpās, kā arī rada neobjektīvus rādītājus par sistēmas efektivitāti netraucētas darbības laikā.
2. Telpu dabiskā vēdināšana, kas, izmantota papildus mehāniskajai ventilācijai, uzlabo gaisa kvalitāti telpās, tādējādi traucējot noteikt patieso mehāniskās ventilācijas ietekmi uz gaisa kvalitāti.

Pētījuma laikā tika novērots, ka bieži sistēmas efektivitāti ietekmē ilglaicīgi pārtraukta ventiekārtu darbība. Pētītā perioda laikā sistēmas trucējumi tika novēroti 3 no 7 pētītajiem kabinetu blokiem. Pēc intervijām ar skolas saimnieku un “Mesh” darbinieku tika noskaidrots, ka šādas situācijas var rasties vairāku iemeslu dēļ, taču lielākoties tās var iedalīt divās grupās – apsaimniekošanas kļūdas un skolas sadzīves/ remontdarbu ierobežojumi.

Par apsaimniekošanu Rīgas 64.vidusskolā atbildīgi SIA “Rīgas nami.” Apsaimniekošanas pienākumos ietilpst ventilācijas sistēmas tehniskā stāvokļa pārbaude un uzturēšana, kā arī sistēmas kļūdu novēršana. Pētījuma laikā tika novēroti divi kabinetu bloki, kuros šādas sistēmas kļūdas netika novērstas ilgāk, kā mēneša laikā. Viena no kļūdām, kas tika novērota 16., 17. un 18. kabinetā ir ugunsdrošības trauksme, kas radusies mācību trauksmes rezultātā. Otrā kļūda, kas tika novērota 37. un 40. kabinetā ir tehniskā kļūda – netīri ventilācijas sistēmas filtri.

Ir situācijas, kad sistēmas darbību skolā pārtrauc manuāli, noteiktos gadījumos, kad tās darbība traucē skolas sadzīves procesus. Viens no šādiem gadījumiem ir ventilācijas pārtraukšana sakarā ar tās radīto troksni. Sistēmas uzstādījumos paredzēts, ka tās darbības rezultātā ventilācijas skaļums klasē nepārsniedz 40 decibelus, savukārt gaitenī 65 decibelus. Šie noteiktie skaļuma kritēriji ir viens no iemesliem, kādēļ ventilācijas efektivitāti palielināt nav iespējams palielinot jaudu. Ja mācību procesa apgrūtināšanas dēļ nepieciešams apturēt ventilāciju, to var izdarīt skolas saimnieks, sistēmā norādot apturēšanas iemeslu. Šāds sistēmas traucējums sistēmas darbību aiztur uz mazāku laiku, kā apsaimniekošanas kļūdu novēršana, jo tās darbību var atsākt skolas saimnieks, bez apsaimniekotāja iesaistīšanās, kā arī problēma netiek atrisināta, bet īslaicīgi atlikta.

Vēl gadījumi, kad ventilācijas darbība tika pārtraukta saistībā ar skolas sadzīves procesiem ir pētījuma periodā norisošo remontdarbu prasības. Lai veiksmīgi veiktu telpu labiekārtošanu citos kabinetu blokos, ir gadījumi, kad ventilētajos kabinetos jāpārtrauc sistēmas darbība.

Sistēmas monitoringu nereti traucē dabiskās vēdināšanas izmantošana telpās, kas uzlabo CO<sub>2</sub> un temperatūras rādītājus telpā. Pēc veiktās aptaujas var secināt, ka dabiskā ventilācija Rīgas 64. vidusskolā ir bieži izmantota. Šādi monitoringa traucējumi rezultējas neprecīzā sistēmas efektivitātes analīzē.

## Secinājumi

1. Analizējot pētījuma laikā iegūtos datus, tika apstiprināta autora izvirzītā hipotēze. Rīgas 64. vidusskolas ventilācijas sistēma pētījuma laikā nesasniedz paredzēto efektivitāti, jo tā bieži nenodrošina CO<sub>2</sub> normu mācību telpās – nevienā no pētītajiem kabinetu blokiem nav kabineta, kurā CO<sub>2</sub> līmenis, kaut vienreiz nedēļā nepārsniedz ieteicamo. Vairāk, kā pusē pētīto kabinetu ieteicamais CO<sub>2</sub> līmenis tiek pārsniegts katru dienu.
2. 100% aptaujāto skolotāju ikdienā ir izmantojuši dabisko ventilāciju un tikai 7% aptaujāto skolotāju stundu laikā neizmanto dabisko ventilāciju.
3. Galvenie faktori, kas veicina neefektīvu ventilācijas sistēmas darbību Rīgas 64. vidusskolā ir neregulāra ventilācijas sistēmas uzturēšana un sistēmas kļūdu novēršana, sistēmas izmantošanas nosacījumu neievērošana un sistēmas jaudas ierobežojumi.
4. Iespēju palielināt ventilācijas sistēmas jaudu, lai nodrošinātu zemāku CO<sub>2</sub> līmeni telpās, ierobežo ventilācijas sistēmas skaļums, kas traucē mācību procesiem.
5. Sistēmas sinhronu darbību aizkavē neefektīva informācijas nodošana starp tās apsaimniekotāju, skolas darbiniekiem un monitoringa kompānijas darbiniekiem. Uzlabojot savstarpēju komunikāciju un nosakot konkrētu reakcijas laiku, rastos mazākas un īslaicīgākas ventilācijas sistēmas kļūdas.
6. Gaisa kvalitāti mācību telpās būtu iespējams uzlabot, samazinot cilvēku skaitu mācību telpā.
7. Rēķinoties ar pašreizējiem situācijas ierobežojumiem, vēlamu CO<sub>2</sub> līmeni mācību telpās iespējams sasniegt tikai ar hibrīda tipa ventilāciju – papildus mehāniskajai ventilācijai izmantojot dabisko ventilāciju.



## Literatūras un informācijas avotu saraksts

1. AbdulHalim, R. G. (2017). A Fine-Tuned Metal–Organic Framework for Autonomous Indoor Moisture Control. *Journal of the American Chemical Society*.
2. Chih-Hong Huang, P.-Y. L. (2014). Influence of spatial layout on airflow field and particle distribution on the workspace of a factory. *Building and Environment*.
3. Elisabeth Heseltine, . R. (2009). *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould*.
4. (2019). *Izglītības iestāžu vides kvalitātes un drošuma pētījums*. Rīga: Veselības inspekcija.
5. Kenichi Azuma, N. K. (2018). Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International*.
6. Marina Jovanović, B. V. (2014). Investigation of indoor and outdoor air quality of the classrooms at a school in Serbia. *Energy*.
7. Mengze Li, G. B. (August 2022). Human metabolic emissions of carbon dioxide and methane and their implications for carbon emissions. *Science of The Total Environment*.
8. Mitsuharu Sakamoto, M. L. (March 2022). CO2 emission rates from sedentary subjects under controlled laboratory conditions. *Building and Environment*.
9. O. Seuntjens, B. B. (March 2022). A critical review on the adaptability of ventilation systems: Current problems, solutions and opportunities. *Building and Environment*.
10. P. Bonato, M. D. (May 2020). Modelling and simulation-based analysis of a façade-integrated decentralized ventilation unit. *Journal of Building Engineering*.
11. Snezana Bogdanovica, J. Z. (2020). The Effect of CO2 Concentration on Children's Well-Being during the Process of Learning. *Special Issue "Energy Performance and Indoor Climate in Buildings"*.
12. Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health – An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*.

## 1.Pielikums – Rīgas 64. vidusskolas 3 stāvu ventilācijas sistēmas plāns





## 2.Pielikums – Neaizpildīts anketas paraugs

### R. 64. vidusskolas ventilācijas sistēmas darbība

Labdien! Mani sauc Liene Moora un es mācos 12. DIT klasē. Sakarā ar savu pētniecisko darbu, kurā pētī skolas ventilācijas sistēmas efektivitāti, vēlos uzzināt, kā skolotāji novērtētu ventilācijas darbību ikdienā. Priecāšos par godīgām, precīzām atbildēm. Paldies!

Mācību stundas (pārsvārā) vadu \*

- ☐ Vidusskolā (Ūnijas ielā)
- ☐ Sākumskolā (Burtnieku ielā)

Man ir pastāvīgs kabinets, kurā lielākoties uzturos. \*

- ☐ jā
- ☐ nē

Ja atbilde bija jā, lūdzu norādīt, kurš kabinets (nr).

Īsās atbildes teksts

Lai izvēdinātu telpu, kabinetā atveru/lūdzu atvērt logus... \*

- ☐ Nekad
- ☐ Dažreiz starpbrīžos
- ☐ Katrā starpbrīdī

Lai izvēdinātu telpu, kabinetā atveru/lūdzu atvērt logus... \*

- ☐ Nekad
- ☐ Dažreiz mācību stundas laikā
- ☐ Katras mācību stundas laikā

Norādiet iemeslu vai iemeslus, kādēļ kabinetos izvēlaties atvērt logus \*

- ☐ Neatveru logus
- ☐ Pietrūkst svaigā gaisa (pēc sajūtas)
- ☐ Monitors uzrāda paaugstinātu CO2 līmeni
- ☐ Nepatīkamas smakas
- ☐ Cits...

Vai mehāniskās ventilācijas sistēmas radītais troksnis traucē mācību stundas laikā? \*

- ☐ Jā, vienmēr
- ☐ Jā, bieži
- ☐ Dažreiz
- ☐ Nē

Vai ir bijuši gadījumi, kad ventilācijas trokšņa dēļ esat lūguši skolas saimniekam apturēt ventilācijas darbību? \*

- ☐ Jā
- ☐ Nē

Kā Jūs kopumā vērtētu ventilācijas sistēmas efektivitāti, balstoties uz novērotajām izmaiņām gaisa kvalitātē? \*

- |              |                       |                       |                       |                       |                       |               |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
|              | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |               |
| Nav efektīva | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Ļoti efektīva |

Kā Jūs kopumā novērtētu ventilācijas sistēmas funkcionalitāti, apsverot gan sistēmas efektivitāti, gan traucējumus (troksnis, izskats u.c.). \*

	1	2	3	4	5	
Neapmierinoša	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Lieliska

Jūsu komentāri par skolas mehāniskās ventilācijas sistēmas darbību, plusiem un mīnusiem.

Garās atbildes teksts

### 3.Pielikums – Anketas rezultāti

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1mFq8q7086Tqa1D7W-9rIypPNNjgt6bna4qEyqcGfoTY/edit?usp=sharing>