



Ziņojums

par ESF projekta „Kompleksi veselības veicināšanas un slimību profilakses pasākumi” (Nr. 9.2.4.1/16/I/001) darbības Nr.6.1.16 „Izglītības iestāžu vides kvalitātes un drošuma pētījums” rezultātiem Latvijas vispārīzglītojošajās mācību iestādēs 2017./2018. mācību gadā

No 2017. gada 2.oktobra līdz 2018.gada 29. martam 20 Latvijas vispārīzglītojošajās skolās tika īstenots Veselības ministrijas (turpmāk – Ministrija) Eiropas Sociālā fonda projekta „Kompleksi veselības veicināšanas un slimību profilakses pasākumi” (turpmāk – Projekts) „Izglītības iestāžu vides kvalitātes un drošuma pētījums” (turpmāk – Pētījums). Pētījumu vada, izstrādā metodoloģiju un īsteno Veselības inspekcija (turpmāk - Inspekcija) kā Ministrijas Projekta sadarbības partneris saskaņā ar 2016. gada 28. novembra Sadarbības Līgumu (Ministrijas Nr. 01-33.3-5/2016; Inspekcijas Nr.2016/81).

Pētījuma mērķis ir izvērtēt Latvijas vispārīzglītojošo mācību iestāžu vides kvalitātes svarīgu rādītāju – iekštelpu CO₂ koncentrāciju, veicot objektīvus mērījumus, un sagatavot uz pierādījumiem balstītus ieteikumus izglītības iestāžu iekštelpu gaisa kvalitātes uzlabošanai.

Pētījuma pamatojums

CO₂ koncentrācija un ventilācijas intensitāte

Iekštelpu gaisa kvalitātes uzlabošanā nozīmīga loma ir atbilstoši telpu ventilācijai. Ventilācija nodrošina svaigā gaisa pieplūdi un ļauj atbrīvoties no iekštelpu gaisa piesārņotājiem, kuru izcelsmes avots var būt mēbeles, celtniecības un apdares materiāli, telpā esošās elektroniskās iekārtas, dažādas darbības (uzkopšana, ķīmisku vielu izmantošana u.c.) un, protams, cilvēki, kas atrodas telpā. Formaldehīds, piemēram, var izdalīties no celtniecības materiāliem un mēbelēm. Telpu apsildei izmantotās ierīces, kuru pamatā ir degšanas process, var piesārņot iekštelpu gaisu ar CO jeb tvana gāzi, benzolu u.c. vielām. Cilvēks ir avots sekojošiem iekštelpu gaisa piesārņojuma veidiem – CO₂, mitrums, mikroorganismi, kā arī ādas, matu un apģērba daļiņas.

Vēl viena no ventilācijas funkcijām ir mitruma izvadīšana no telpas un ēkas kopumā. Mitrumu ģenerē ne tikai telpā esošie cilvēki un viņu darbības (piemēram, ēdiena gatavošana, iešana dušā, mitrā uzkopšana), bet arī pastāvīga cauruļu tecēšana, nesalabots jumts vai slikti izolētas pagraba sienas. Ja šis mitrums netiek pietiekami efektīvi aizvadīts projām, tad tas var kļūt par iemeslu pelējuma sēnīšu un patogēno baktēriju skaita pieaugumam.

Nepietiekama ventilācija var novest pie cilvēku, kas ilgstoši uzturas telpā/ēkā, sūdzībām par skābekļa un svaiga gaisa trūkumu vai sasmakušu gaisu. Tā patiešām ir problēma tāpēc, ka sasmacis jeb sastāvējis gaiss rada pastiprinātu risku infekcijas saslimšanām, jo nevēdinātā telpā uzkrājas vīrusi un patogēnās baktērijas, kuras izplata inficētie cilvēki, t.sk. bezsimptomu nēsātāji.

Visu iepriekš minēto fizikālo, ķīmisko un bioloģisko faktoru ekspozīcija skolēniem var kļūt par iemeslu nodarbību kavējumiem, pazeminātai spējai mācīties, kas gala rezultātā var ietekmēt skolēnu sekmību. Tāpat nedrīkst atstāt bez ievērības faktu, ka apstākļos, kādi izveidojušies mācību telpās, lielāko darba dienas daļu aizvada arī skolotāji.

Atslēgas parametrs, kas ļauj objektīvi novērtēt ventilācijas intensitāti, līdz ar to arī iekštelpu gaisa kvalitāti, ir CO₂ jeb ogļskābās gāzes daudzums telpā. CO₂ ir gāzveida viela, kas telpās uzkrājas, galvenokārt, no cilvēku izelpas. CO₂ saturu gaisā izsaka ppm (*parts per million* jeb daļu skaits uz miljonu), kas telpās svārstās robežās no 400 līdz 2000 ppm, bet āra gaisā – no 350 līdz 450 ppm. Iespējams,

visvecākā rekomendācija iekštelpu gaisa kvalitātei ir jau 19. gadsimtā vācu ķīmiķa Maksa fon Petenkofera dokumentētā maksimāli pieļaujamā CO₂ koncentrācija iekštelpu gaisā – 1000 ppm¹, kas arī 21. gadsimtā ir ieteiktais CO₂ līmenis mācību telpās Vācijā.²

Tāpat jāņem vērā, ka papildus dažādu piesārņotāju – bioloģisko organismu un toksīnu – negatīvajai ietekmei uz veselību, paaugstināts CO₂ līmenis var atstāt tiešu ietekmi uz cilvēku fizisko labsajūtu, emocionāli/psiholoģisko labklājību un skolēnu sekmību, jo pie CO₂ līmeņa, kas pārsniedz 2500 ppm, var pasliktināties cilvēka kognitīvie procesi – uzmanība, uztvere, zināšanu reprezentācija, problēmu risināšana, radošums u.c. Eksperimentāli tika pierādīts, ka veicamo uzdevumu, kas prasa koncentrēšanos, uzmanību un intelektuālo darbu, kvalitāte samazinās atbilstoši CO₂ koncentrācijas pieaugumam, un pat mērens CO₂ līmeņa pieaugums, kas bieži novērojams mācību telpās, var negatīvi ietekmēt garīgā darba spējas.³ Tostarp tika pierādīts, ka izglītojamie izpilda kognitīvos testus ātrāk un precīzāk, ja atrodas telpās ar augstāku ventilācijas intensitāti.⁴ Līdzīgas likumsakarības starp izglītojamo sekmību un ventilācijas intensitāti tika novērotas arī eksperimentāli nekontrolējamās apstākļos, apsekojot mācību telpas.⁵

Īpaši aktuāla ventilācijas kvalitāte kļūst gadījumos, kad skolās, kurās nav mehāniskās ventilācijas sistēmas, koka logi tiek nomainīti pret polivinilhlorīda (PVC) jeb tā sauktajiem plastmasas logiem. Veco projektu ēkās logu, durvju un ēku sienu gaisa caurlaidība ir pietiekoši liela, bet mūsdienīgu projektu un enerģijas taupības programmu ietvaros ēkas ir kļuvušas daudz hermētiskākas. Līdz ar to tiek iegūta energoefektivitāte, bet iekštelpu gaisa kvalitāte pasliktinās, jo dabīgā gaisa cirkulācija notiek ievērojami mazāk. Vasaras periodā nodrošināt atbilstošu ventilāciju ir salīdzinoši vieglāk, jo var atvērt logus un var pat panākt, ka telpā CO₂ līmenis izlīdzinās ar āra gaisa līmeni. Problēmas parādās gada aukstajos mēnešos, kad logus visbiežāk nevēlas turēt vaļā, vai arī pastāv citi faktori (piemēram, traucējoši trokšņi vai smakas ārvidē, nepielāgotas žalūzijas, vēdināšanu ierobežojoši noteikumi), kad ar dabisko ventilāciju jeb vēdināšanu nav iespējams nodrošināt, lai 1000 ppm līmenis netiktu pārsniegts.

Citi fizikālie faktori

Arī iekštelpu gaisa temperatūra un relatīvais mitrums ir uzskatāmi par nozīmīgiem fizikāliem faktoriem, kas ietekmē skolēnu labsajūtu. Pārāk zema vai pārāk augsta iekštelpu gaisa temperatūra var izraisīt izglītojamo sekmības pazemināšanos.⁶ Optimālais diapazons ir atkarīgs no valsts un gadalaika, kas attiecīgi ietekmē skolēnu apģērba izvēli. Ziemas laikā gaisa temperatūra telpās, kas ir zemāka par 19 °C, var novest pie ievērojamas sekmības pazemināšanās.⁷

Daudzās valstīs eksistē temperatūras komforta standarti, kuros ir norādīta minimālā un maksimālā pieļaujamā temperatūra. Savukārt relatīvā mitruma kontrole ir nozīmīga gan skolēnu komfortam, gan profilaktiski, lai brīdinātu par mitruma uzkrāšanos, kas varētu veicināt pelējuma sēnīšu veidošanos. 1.tabulā ir apkopoti fizikālie faktori, kas var ietekmēt izglītības iestādes vides kvalitāti un

¹Pettenkofer M (1858). Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Munich: JG Cotta'schen Buchhandlung.

²UBA (2008). Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden Dessau-Ro.lau: Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3689.pdf>

³Satish U, Mendell MJ, Shekhar K, Hotchi T, Sullivan D, Streufert S et al. (2012). Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. Environ Health Perspect.

⁴Bako-Biro Zs, Clements-Croome DJ, Kochhar N, Awbi HB, Williams MJ (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. Building and Environment.

⁵Haverinen-Shaughnessy U, Moschandreas DJ, Shaughnessy RJ (2011). Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement. Indoor Air.

⁶Lan L, Wargocki P, Wyon DP, Lian Z (2011). Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. Indoor Air.

⁷Berglund LG, Gonzales RR, Gagge AP (1990). Predicted human performance decrement from thermal discomfort and ET. In: Proceedings of the fifth international conference on indoor air quality and climate, Toronto, Canada.

drošumu. Apkopojumā iekļauti Latvijā spēkā esošās normatīvo aktu prasībās, bet salīdzinājumam tiek piedāvāti Vācijas izglītības iestādēs pieņemtie standarti.

1.tabula. Izglītības iestādes mācību telpu vidi raksturojošie fizikālie faktori, metodes un normas

Iekštelpu gaisa fizikālie faktori	Mērīšanas metode	Latvija	Vācija ⁸
Gaisa plūsmas ātrums (ventilācija)	CO ₂ analizators	--	1000 ppm
Temperatūra	Termometrs	vismaz 18°C ⁹	20 – 26°C
Relatīvais mitrums	Higrometrs	30 – 70% ¹⁰	30 -50%
Reverberācija (skaņas atbalss)	Reverberācijas laika analizators	mācību telpās 0.4... 0.6 s; mūzikas klases un mēģinājumu telpas 0.6... 1.1 s; sporta zālēs <1,5 s ¹¹	0.5 s +/- 20%
Apgaismojums	Luksometrs	galda virsma 300 lx; tāfele 500 lx ¹²	300 lx

Pētījuma metodoloģija

ESF Projekta Pētījums par izglītības iestāžu vides kvalitāti un drošumu tiek realizēts, adaptējot Pasaules veselības organizācijas (PVO) skolu vides pētījuma instrumentus un metodiku. 2013. – 2015.gada Skolu vides kvalitātes pētījumam Eiropas valstīs.¹³ PVO kopā ar sadarbības institūcijām, piemēram, Somijas Veselības un labklājības institūtu (*National Institute for Health and Welfare*), PVO Eiropas vides un veselības centru Bonnā (*The WHO European Centre for Environment and Health in Bonn*), konkretizēja noteiktus rādītājus, kas atspoguļo skolu vides (īpaši iekštelpu) gaisa kvalitāti, – CO₂ koncentrācija, pelējuma un mitruma klātbūtne u.c., kā arī izstrādāja atbilstošu metodiku nepieciešamo datu iegūšanai. 2012./2013. un 2015./2016. mācību gadā Inspekcija piedalījās PVO organizētajā skolu vides pētījumā, kopumā apsekojot 18 Latvijas izglītības iestādes. Apsekojumā iegūtie provizoriskie rezultāti norāda uz nepietiekamas ventilācijas problēmas aktualitāti.¹⁴

Lai īstenotu ESF Projekta Pētījumu, priekšroka tiek dota mērierīcēm, kas reģistrē CO₂ līmeni un kuras saglabā iegūtos datus ilgstošā laika posmā. Tas ļauj veikt monitoringu visas mācību nedēļas garumā. Monitoringa veikšana, kā minimums, vienas mācību nedēļas garumā, tiek rekomendēta, lai precīzi reģistrētu diennakts variācijas atkarībā no laikapstākļiem, cilvēku, kas uzturas telpā, uzvedības un citiem faktoriem. CO₂ līmeni ierakstošie mērierīces fiksē arī gaisa mitrumu un temperatūru, CO jeb tvana gāzi un atmosfēras spiedienu. Iegūtie CO₂ izejas dati kopā ar telpas noslogotības datiem (mācību telpas ikdienas aktivitāšu dienasgrāmatā fiksētā informācija) tiek izmantoti, lai izvērtētu mācību telpas ventilācijas intensitāti jeb ventilācijas apjomu, kuru pieņemts izteikt litri sekundē (l/s) vienam cilvēkam (*lps pm; Hanninen, 2013*)¹⁵.

PVO rekomendētais:

- ❖ CO₂ līmenis, kas atbilst teicamai vai labai iekštelpu gaisa kvalitātei mācību telpās, ir līdz 1000 ppm;
- ❖ mācību telpu ventilācijas intensitātes optimālā norma – 7 l/s, minimālā – 3 l/s.

Pētījuma uzdevumi

1. Veikt ogļskābās gāzes (CO₂) koncentrācijas mērījumus izglītības iestāžu mācību telpās.

⁸ http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/276624/School-environment-Policies-current-status-en.pdf?ua=1

⁹ <https://likumi.lv/doc.php?id=69952#piel2>

¹⁰ <https://likumi.lv/doc.php?id=191430#piel1&pd=1>

¹¹ <https://likumi.lv/ta/id/274976-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-016-15-buvakustika->

¹² <https://likumi.lv/doc.php?id=69952#piel3&pd=1>; <https://likumi.lv/doc.php?id=191430#piel2&pd=1>

¹³ http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/276624/School-environment-Policies-current-status-en.pdf?ua=1

¹⁴ <http://www.vi.gov.lv/lv/vides-veseliba/gaiss/iekstelpu-gaiss/pvo-petijums>

¹⁵ Hanninen O (2013). Novel second degree solution to single zone mass-balance equation improves the use of build-up data in estimating ventilation rates in classrooms. *Journal of Chemical Health and Safety*.

2. Apkopot informāciju un analizēt izglītības iestāžu ēku, teritorijas un apkārtējās vides atbilstību kvalitatīvas un drošas vides prasībām.
3. Apkopot informāciju un analizēt mācību telpu atbilstību kvalitatīvas un drošas vides prasībām.
4. Apkopot datus par mācību telpu mācību režīmu, noslogojumu un ventilācijas veidu.
5. Apkopot un analizēt pedagogu un administrācijas sniegto informāciju par izglītības iestādes iekštelpu gaisa kvalitāti un drošumu ietekmējošajiem faktoriem.
6. Apstrādāt un analizēt iegūtos CO₂ koncentrācijas mērījumu datus.
7. Apstrādāt un analizēt datus par mācību telpu noslogojuma, CO₂ koncentrācijas un ventilācijas režīma mijiedarbību.
8. Izstrādāt uz pētījuma rezultātiem balstītus ieteikumus izglītības iestāžu iekštelpu gaisa kvalitātes uzlabošanai.

Pētījuma sagaidāmie rezultāti

1. Rosinās skolotājus, skolēnus un viņu vecākus pievērst lielāku uzmanību veselību ietekmējošajiem apstākļiem izglītības iestādes vidē.
2. Aktualizēs pasākumus izglītības iestādēs vides kvalitātes uzlabošanai un riska faktoru mazināšanai iekštelpu gaisā.
3. Kalpos par pamatu turpmākās rīcības programmas izstrādei, uzlabojot/modernizējot mācību vidi pašvaldību/izglītības iestāžu dibinātāju līmenī.
4. Sniegs ieguldījumu PVO Eiropas pētījumā par izglītības iestāžu vides gaisa kvalitāti.
5. Veicinās Deklarācijas par vidi un veselību un Sabiedrības veselības pamatnostādņu 2014.-2020. gadam izvirzīto mērķu sasniegšanu.
6. Kalpos par esošajā situācijā balstītu pamatojumu Inspekcijas izstrādāto vadlīniju „Ergonomikas pamatprincipi izglītības iestādēm” papildināšanai ar ieteikumiem iekštelpu gaisa kvalitātei.

Pētījuma norise

CO₂ monitorings

2017./2018. mācību gada apkures sezonā 20 Latvijas vispārizglītojošo skolu 59 mācību telpās (19 skolās katrā 3 kabinetos, vienā skolā – 2 mācību telpās) tika izvietoti iekštelpu gaisa kvalitātes monitori. Mērījumi tika veikti mācību telpās, kas izvietotas dažādās ēkas pusēs, atšķirīgos stāvos. Mērierīces tika izvietotas vietās, kas nav tiešā logu vai durvju tuvumā. Izglītības iestādē uzstādītās ierīces ar vienas minūtes intervālu turpināja datu ierakstīšanu vienas mācību nedēļas garumā (pirmdiena līdz piektdiena) katrā skolā, kas piedalījās Pētījumā, atbilstoši Pētījuma īstenošanas grafikam (02.10.2017. – 29.03.2018.).

Izglītības iestādes

Intervijās ar skolas direktoru vai direktoru vietnieku saimnieciski administratīvajā darbā un citām skolas deleģētajām kontaktpersonām saņemtās atbildes par skolas ēkām, mācību telpām, mācību procesu, kā arī par vides kvalitāti un drošību, t.sk. par ventilāciju un esošajām iekštelpu gaisa kvalitātes problēmām tika fiksētas „Intervijā ar izglītības iestādes administrāciju”. Skolu ēku apsekošanā iegūtie dati tika atzīmēti „Izglītības iestādes apsekošanas protokolā”, fiksējot ēku atrašanās vietu, izmērus, būves veidu, izmantotos materiālus un citu Pētījuma rezultātu analīzei būtisku informāciju.

Mācību telpas

Tika intervēti pedagogi, kas regulāri izmanto mācību telpas, kurās tika izvietotas mērierīces, kā arī Pētījuma laikā bija atbildīgi par mācību telpas noslogojuma dienasgrāmatas aizpildīšanu. Atbildes par mācību režīmu konkrētajā kabinetā, noslogojumu darba nedēļas garumā, telpas tīrīšanas, vēdināšanas režīmu un sūdzībām par gaisa kvalitāti tika fiksētas „Intervijā ar mācību telpas atbildīgo pedagogu”. Tika veikta mācību telpu, kurās izvietotas mērierīces, apsekošana un iegūtie dati atzīmēti „Mācību telpas apsekošanas protokolā”, fiksējot Pētījuma rezultātu iegūšanai būtiskus rādītājus – vispārīgo mācību telpas raksturojumu (izmēri, tilpums; logu, durvju skaits un izvietojums u.c.),

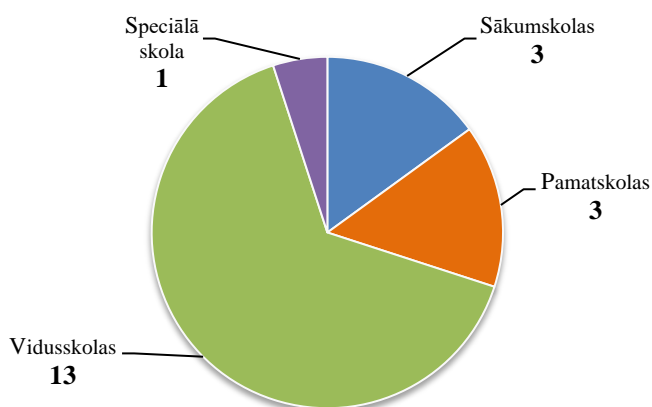
informāciju par ventilācijas un apkures sistēmu, telpas iekārtojumā izmantotajām ierīcēm un materiāliem. Pedagogi tika instruēti par to, kā Pētījuma laikā konkrētajā skolā jāveic ieraksti „Mācību telpas dienasgrāmatā”, atzīmējot nodarbību sākuma laiku, stundā un starpbrīdī kabinetā esošo skolēnu skaitu, izglītojamo vecumu, telpas vēdināšanas režīmu un citas aktivitātes, kas varētu ietekmēt iekštelpu gaisa kvalitātes mērierīču fiksētos rādītājus.

Pētījumā iegūtie dati

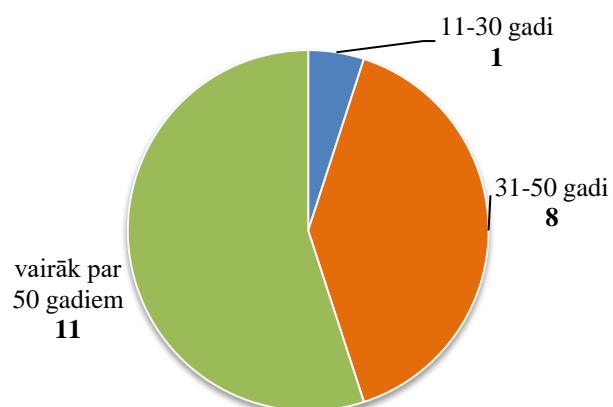
Izglītības iestāžu dati

Vispārīgā informācija

No 20 Pētījumā iesaistītajām izglītības iestādēm 11 skolas atradās Rīgas pilsētas teritorijā, bet 9 skolas – citās Latvijas republikas pilsētās. Visas apsektās izglītības iestādes ir valsts/pašvaldības skolas. Vecākā apsektotā skola ēka celta 1876. gadā, bet jaunākā nodota ekspluatācijā 2003. gadā. Kopējā visu skolu ēku platība (atbilstoši telpu plānam) ir 108 650 m².



1.attēls. Pētījumā apsektoto skolu sadalījums atbilstoši to profilam



2.attēls. Pētījumā apsektoto izglītības iestāžu ēku vecums

Maksimālais izglītības iestādes stāvu skaits – 5, minimālais – 2 stāvi. Pagrabstāvs ir 15 skolās, 5 skolās pagrabā nav. Kopējais mācību telpu skaits visās Pētījumā apsektotajās izglītības iestādēs – 664. Mācību telpas, kas iekārtotas puspagrabā jeb cokolstāvā, ir 12 skolās (kopā 34 mācību telpas). Pārsvarā tie ir mājturības/darbmācības kabineti, atsevišķos gadījumos – svešvalodu, dabaszinību, vizuālās mākslas vai mūzikas nodarbību kabineti, kā arī sporta zāles.

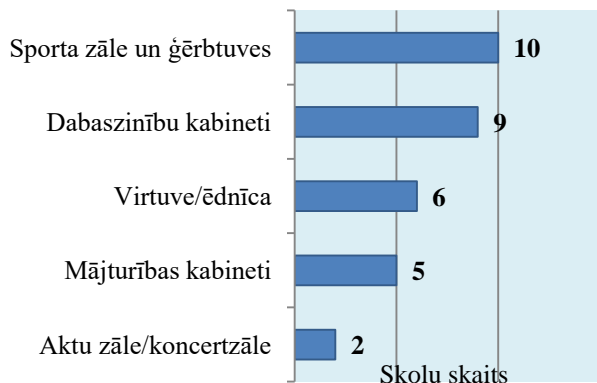
Pētījuma 1. posmā apsektotajās skolās 2017./2018. mācību gadā strādāja 1147 pedagogi un mācījās 10 5423 izglītojamie, kas ir jaunāki par 6 gadiem (pirmsskola) līdz pat 19 gadiem (vidusskolas izlaiduma klasē). Mācību darbs 19 skolās tiek organizēts vienā maiņā, bet 1 skolā – divās maiņās. Apsektotajās skolās mācību stundas sākas vidēji plkst. 8.15 un beidzas vidēji plkst.15.33. Vienas mācību dienas laikā starpbrīžiem ir atvēlētas vidēji 99,5 minūtes.

Vides kvalitāte un drošums

Ēkas siltināšana (9 skolās) vai ar to saprotami atsevišķi pasākumi (logu nomaiņa, daļēja ēkas fasādes siltināšana, jumta nomaiņa – 7 skolās) kopumā veikta 16 izglītības iestādēs; 4 skolās nav veikta, izņemot logu nomaiņu no koka uz plastikāta (PVC) logiem. Ventilāciju ietekmējošs remonts pēdējo 5 gadu laikā veikts 7 no apsektotajām skolām – mainīti logi, ierīkota ventilācijas sistēma atsevišķās telpās, tīrītas vai renovētas esošās dabiskās pasīvās ventilācijas šahtas.

Dabiskā ventilācija jeb vēdināšana, atverot logus vai durvis, tiek izmantota visās apsekotajās skolās. **Dabiskā pasīvā ventilācija** (gaisa padeve pa speciālie ierīkoti kanāliem un ierīcēm, bet bez mehānisma, kas gaisu kustina) eksistē 16 skolās. **Mehāniskā ventilācija** vai ierīkota gaisa pieplūdes/vilkmes ventilācija kopā ir 18 skolās, bet ar mehānisko ventilāciju aprīkotas visas izglītības iestādes telpas ir tikai 3 skolās, no kurām Pētījuma laikā:

- ❖ vienā skolā tā uzstādīta tikai vienā no skolas korpusiem;
- ❖ vienā skolā ventilācija Pētījuma laikā nestrādāja;
- ❖ vienā skolā tika darbināta ārpus mācību laika, jo darbojoties rada troksni.

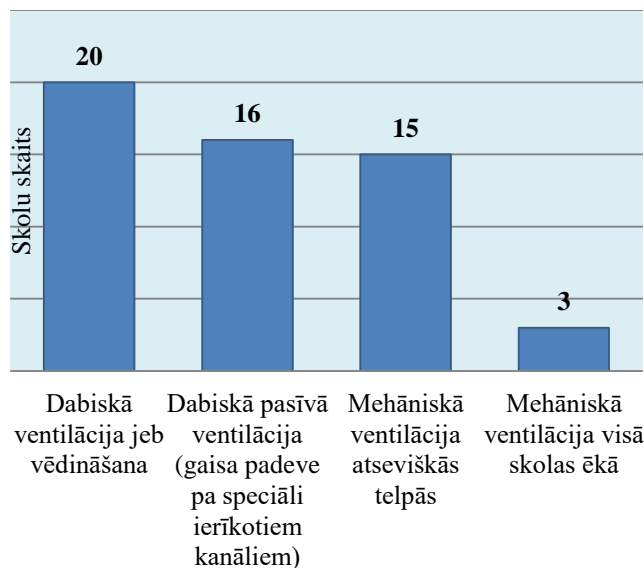


4.attēls. Izglītības iestādēs ar mehānisko ventilāciju aprīkoto telpu profils

Sūdzības par iekštelpu gaisa kvalitāti pēdējā gada laikā (līdz Pētījuma uzsākšanai izglītības iestādē) tika fiksētas 12 skolās. Tās visbiežāk izteikuši:

- ❖ pedagogi – 9 skolās;
- ❖ citi skolas darbinieki – 6 skolās;
- ❖ izglītojamie – 4 skolās;
- ❖ vecāki – 2 skolās;
- ❖ akreditācijas komisija – vienā skolā.

Ūdens noplūdes vai mitruma radīti bojājumi tika konstatēti 12 apsekotajās izglītības iestādēs dažādās skolas telpās (sporta zāle, aktu zāle, pagrabstāva vai cokolstāva telpas, dažas mācību telpas) – noplūdes no santehnikas caurulēm, nesalabota jumta vai lietus ūdens sūces caur bojātu ēkas fasādi.

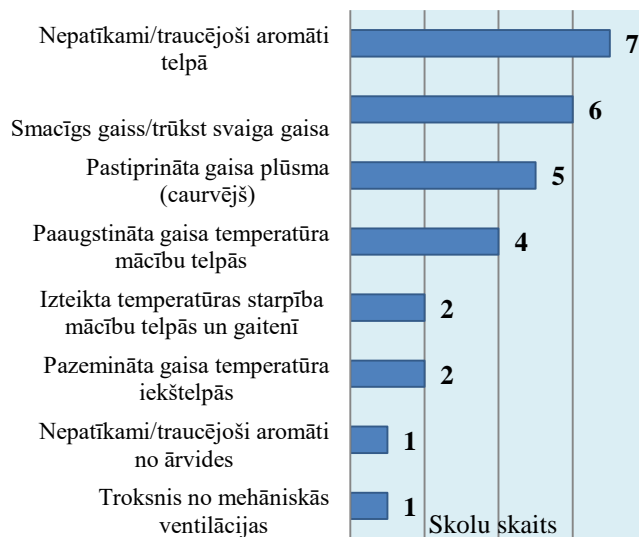


3.attēls. Vienlaikus izmantoto ventilācijas veidu sadalījums Pētījuma laikā apsekotajās izglītības iestādēs

Pārsvārā izglītības iestādes mehānisko ventilāciju ierīko atsevišķās telpās, izvērtējot šāda ventilācijas veida nepieciešamību. Visās apsekotajās skolās jebkura mehāniskā ventilācija ir ieslēdzama manuāli vai nu konkrētajā telpā vai kādā citā speciāli šim nolūkam ierīkotā telpā (piemēram, bēniņos), kurā atrodas ventilācijas darbināšanas mehānisms, vai arī attālināti – ar speciāli ierīkotu slēdzi (piemēram, pie skolas dežuranta).

Visās apsekotajās skolās ir centralizētā apkures sistēma.

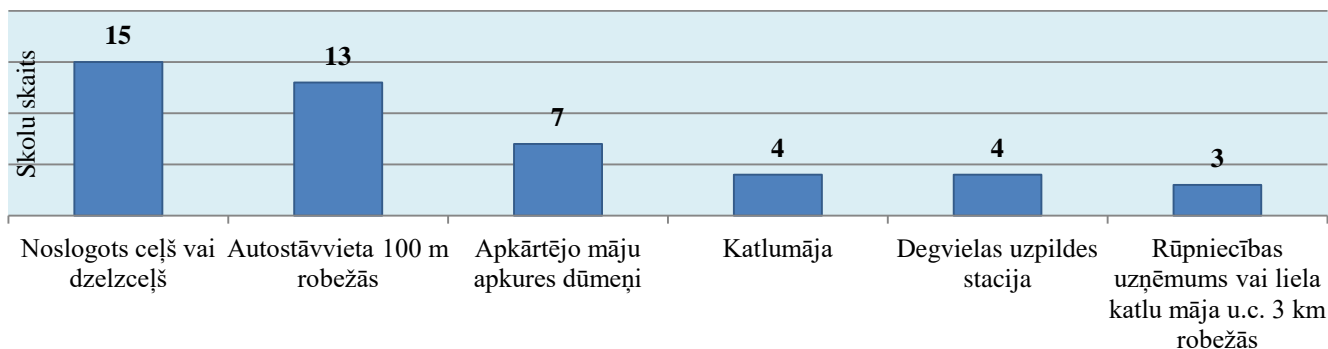
Dzesēšanas vai kondicionēšanas sistēmas ir ierīkotas 6 skolās, pārsvārā datorklasēs.



5.attēls. Izglītības iestādēs biežāk fiksētas sūdzības par gaisa kvalitāti

Pelējuma smaka (minimāla) novērota divās iekštelpās divās no apsekotajām skolām.

Kā izteikti nepatīkamu/traucējošu trokšņu avoti (pēc Pētījuma īstenotāju subjektīvā vērtējuma) divu izglītības iestāžu tuvumā tika atzītas noslogotās pilsētas ielas. Dažādu nepatīkamu/traucējošu aromātu avoti Pētījuma laikā tika fiksēti 5 (piecu) skolas ēku tuvumā – apkures (arī cigarešu) dūmi no apkārtējām mājām vai iestādēm, kanalizācijas akas, automašīnu izplūdes gāzes. Informācija par potenciālajiem gaisa piesārņojuma avotiem skolas tuvumā apkopota 6.attēlā.

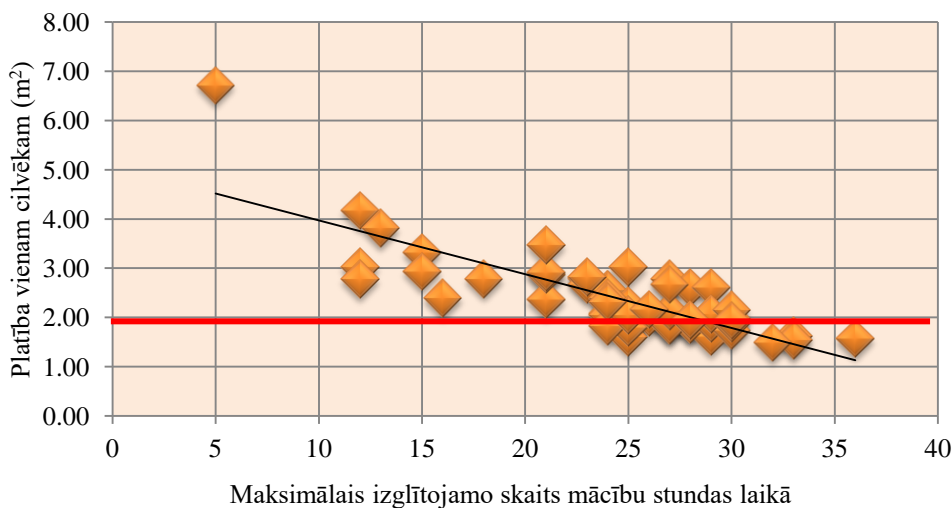


6.attēls. Potenciālie gaisa piesārņojuma avoti izglītības iestādes tuvumā

Mācību telpu dati

Vispārīgā informācija

2017./2018. mācību gadā Pētījuma laikā padziļināti tika apsektas 59 mācību telpas ar kopējo platību 3172,84 m² un kopējo tilpumu 10 289,84 m³. Lielākais kabinets, kurā tika īstenots monitorings, bija ar platību 75,61 m², mazākais – 33,34 m². Vidējais mācību telpu griestu augstums (mērot arī aiz piekārtajiem griestiem) ir 3,26 m; augstākie griesti – 4,00 m, zemākie – 2,8 m. Piekārtie griesti ir 25 apsekotajos kabinetos, pazeminot telpas augstumu vidēji par 30 cm.



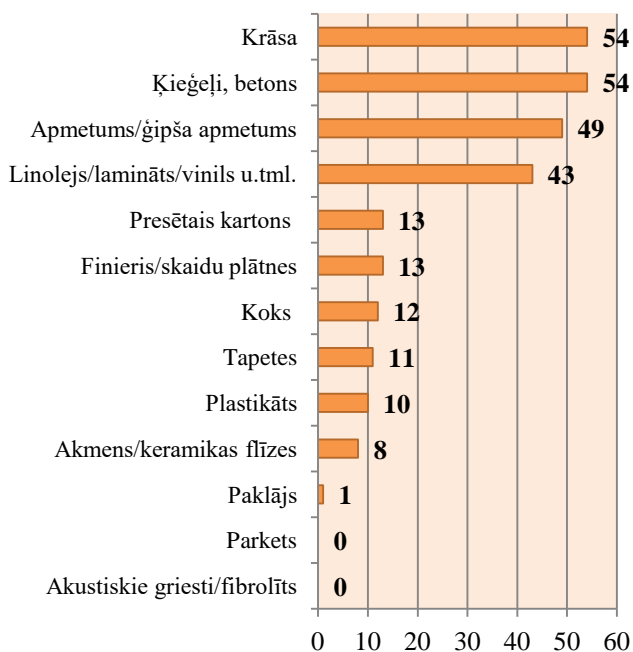
7.attēls. Platība viena izglītojamā vietai mācību telpā pie Pētījuma laikā fiksētā maksimālā mācību telpas piepildījuma

Pētījuma laikā fiksētais maksimālais izglītojamo skaits mācību stundu laikā sasniedza vidēji 25 skolēnus, lielākais telpas maksimālais piepildījums vienas mācību stundas laikā – 36 izglītojamie, mazākais – 5 bērni. Minimālā platība viena izglītojamā vietai¹⁶ – 2 m² (pie Pētījumā laikā konstatētā maksimālā kabineta piepildījuma) – netika sasniegta 21 (36 %) mācību telpā.

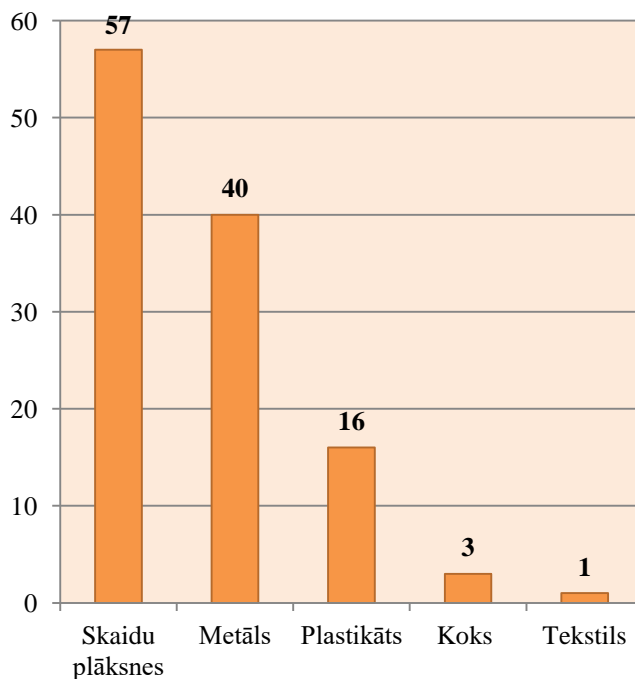
Palielinoties cilvēku skaitam telpā, proporcionāli pieaug arī CO₂ koncentrācija gaisā, savukārt, jo vairāk enerģijas nodarbību laikā skolēns patērē, jo vairāk CO₂ izdalās organisma dzīvības procesos, un jo vairāk būs nepieciešama svaiga gaisa pieplūde, lai nodrošinātu nepieciešamo O₂ daudzumu

¹⁶ MK 27.12.2002. noteikumi Nr.610 „Higiēnas prasības izglītības iestādēm, kas īsteno vispārējās pamatzglītības, vispārējās vidējās izglītības, profesionālās pamatzglītības, arodizglītības vai profesionālās vidējās izglītības programmas”, 24.punkts

organisma darba spēju atjaunošanai un uzturēšanai nepieciešamajā līmenī. Gan gāzu maiņa, gan tas, ka cilvēka organisma dzīvības procesos telpā izdalās citas organiskās un neorganiskās vielas (amonjaks, merkaptāni, skatols, indols u.c.), kā arī elpojot, runājot, klepojot vai šķaudot izplatās mikroorganismi, ir galvenie priekšnoteikumi tam, lai minimālā platība viena izglītojamā vietai telpā būtu vismaz 2 m².

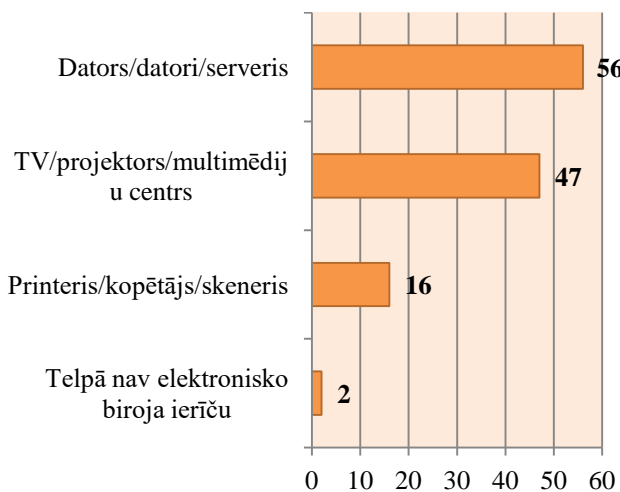


8.attēls. Mācību telpas sienu, griestu un grīdas apdarē biežāk izmantotie materiāli

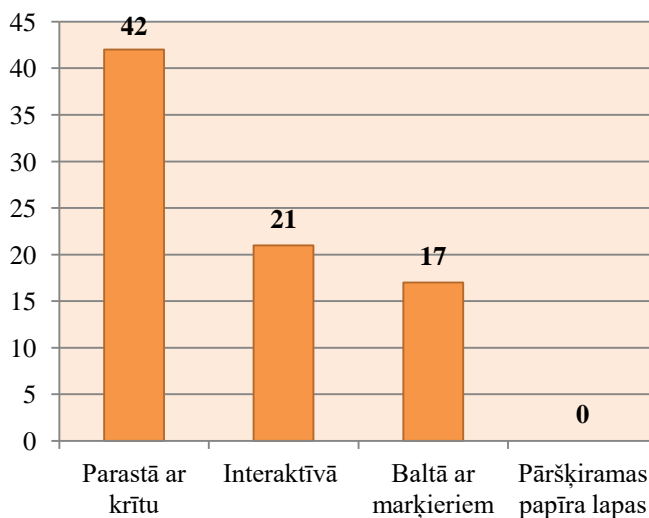


9.attēls. Mācību telpas mēbeļēm biežāk izmantotie materiāli

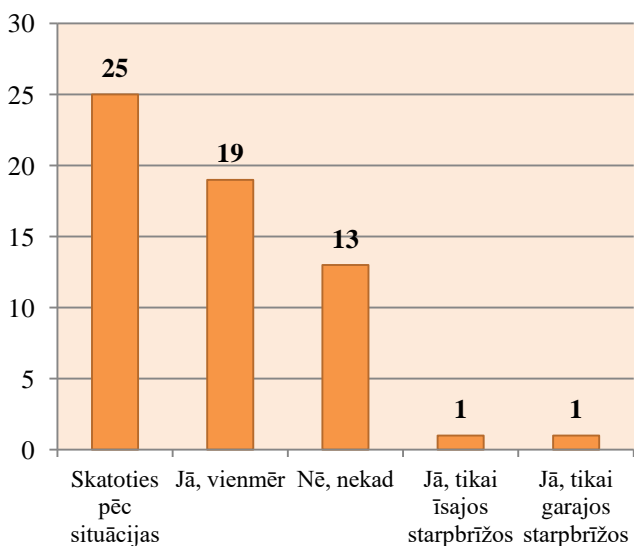
Mācību telpas gaisu vairāk vai mazāk piesārņo lietas un vairāki citi komponenti, kas nodrošina gan komfortu, gan mācību procesu – kabineta iekārtošanā izmantotie celtniecības un apdares materiāli, mēbeles, dažādas elektroniskās ierīces u.c. Lietas, kuras mācību telpā ikdienā tiek izmantotas, izdala gaisā dažādas ķīmiskas vielas, kā arī var būt dažādu sīkbūtnu dzīves vide. Ķīmisko vielu emisiju pastiprina paaugstināta temperatūra un gaisa mitrums telpā.



10.attēls. Mācību telpā izmantotās elektroniskās biroja ierīces



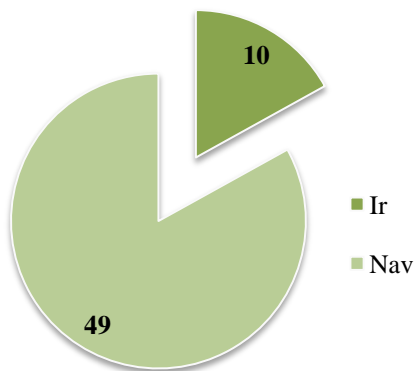
11.attēls. Mācību telpā izmantotās tāfeles veidi



12.attēls. Skolēnu uzturēšanās mācību telpā starpbrīžos

Vides kvalitāte un drošums

Katras Pētījuma skolas vide ir unikāla, tomēr ir vairāki parametri, kas padziļināti apsektajās mācību telpās atkārtojās, un iegūtā informācija ir nozīmīga, sastādot skolas vides raksturojumu. Būtisks vides kvalitāti ietekmējošs parametrs, it īpaši renovētās ēkās, ir mācību telpās esošais ventilācijas veids un tā izmantošanas iespējas.



13.attēls. Mehāniskā ventilācija mācību telpās

59 apsektajās mācību telpās tika fiksēti sekojoši ventilācijas veidi:

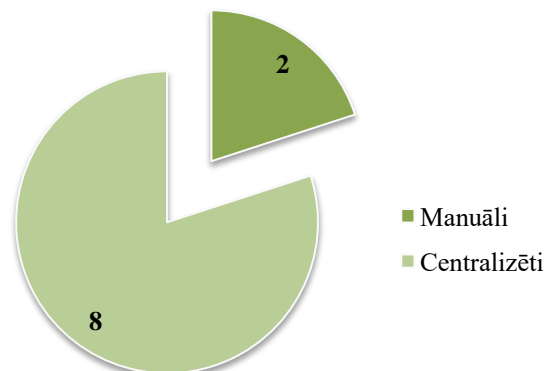
- ❖ mehāniskā ventilācija – 10 kabinetos;
- ❖ dabiskā pasīvā ventilācija (speciāli ierīkoti kanāli/šahtas, bet bez mehānisma, kas kustina gaisu) – 36 mācību telpās;
- ❖ dabiskā ventilācija jeb vēdināšana – 59 telpās.

Dabiskās ventilācijas jeb vēdināšanas nodrošināšanai tiek izmantoti logi. Lielākais logu skaits vienā mācību telpā – 7, mazākais – 1 logs; mācību telpu bez logiem nav, tāpat kā nav kabinetu, kuros nevar atvērt vēdināšanai nevienu no esošajiem logiem.

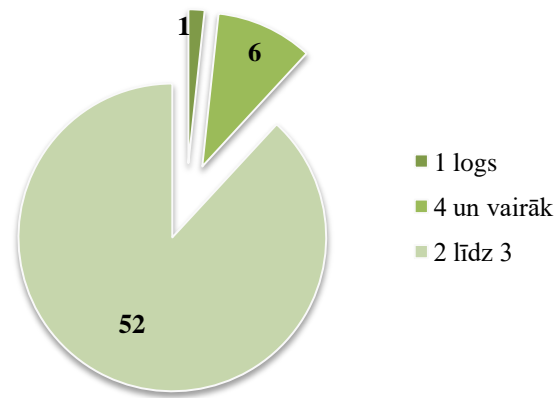
Kopējais kabineta noslogojums mācību nedēļas laikā, pārrēķinot to astronomiskajās stundās (h), no pirmdienas līdz ceturtdienai vidēji sasniedz 7 h dienā, bet piektdienās – 6 h; mācību nedēļā (no pirmdienas līdz piektdienai) cilvēki uzturas kabinetā vidēji 32 h.

Skolēnu uzturēšanos mācību telpā starpbrīžu laikā reglamentē vai nu skolas iekšējie kārtības noteikumi, vai arī pedagogi vadās pēc esošās situācijas:

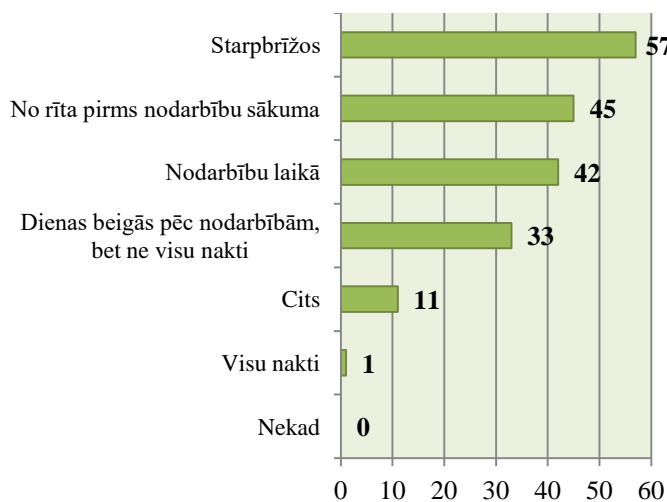
- ❖ starpbrīdī bērni pārgērbjas sporta nodarbībām (sākumskola);
- ❖ pusdienu (vidusskolēni);
- ❖ ar audzinātājas atļauju uzturas kabinetā, ja skolā nav atbilstošas rekreācijas zonas, un citi varianti.



14.attēls. Mācību telpā esošās mehāniskās ventilācijas regulēšana



15.attēls. Mācību telpā vēdināšanai izmantoto logu skaits

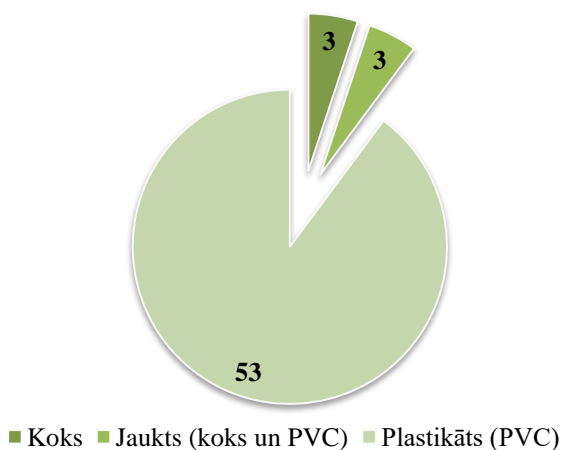


16.attēls. Dabiskās ventilācijas jeb vēdināšanas režīms mācību telpās

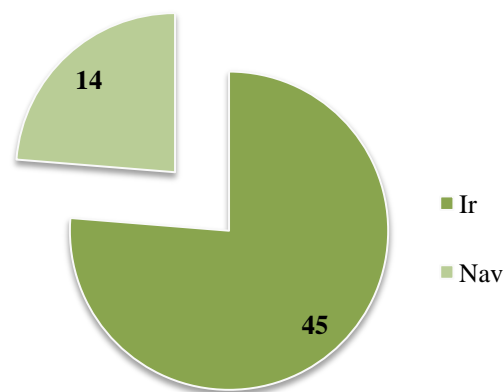
Kā tika noskaidrots intervijās ar mācību telpu atbildīgajiem pedagogiem, tad nav tādu kabinetu, kas netiktu vēdināti, atverot logus. Ārpus Pētījuma īstenotāja piedāvātajām atbildēm par vēdināšanas režīmu (skatīt 16.attēlu), visbiežāk tika minēti sekojoši varianti:

- ❖ logi/logs parastajā vai ziemas vēdināšanas režīmā ir atvērts visu mācību dienu;
- ❖ tiek atvērts telpas uzkopšanas laikā;
- ❖ ver vaļā dinamiskajās pauzēs;
- ❖ vēdina tikai garajā starpbrīdī;
- ❖ vēdina, kad jūt nepieciešamību pēc svaiga gaisa u.tml.

Dabiskā ventilācija un vēdināšanas režīms ļoti nozīmīgs kļūst gadījumos, kad mācību telpās, kurās nav ierīkota mehāniskās ventilācijas sistēma, koka logus aizstāj ar PVC logiem, kas ir daudzkārt hermētiskāki, siltumenerģiju taupošāki un līdz ar to arī gaisu necauraidīgāki.



17.attēls. Logu karkasa materiāls mācību telpās



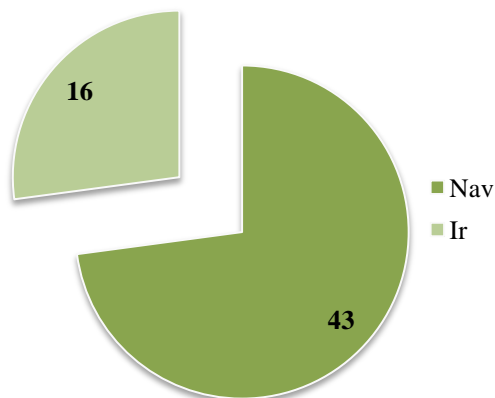
18.attēls. Mācību telpā esošās citas svaiga gaisa atveres

Gaisa apmaiņu mācību telpā var ietekmēt arī citu svaiga gaisa atveru esamība, piemēram, durvis uz blakus telpām, dabiskās pasīvās ventilācijas kanālu/šahtu atveres. Atverot durvis uz blakus telpām, ja tajās ir logs/logi, kas tiek izmantoti vēdināšanai, ir iespējams uzlabot gaisa apmaiņu mācību telpā.

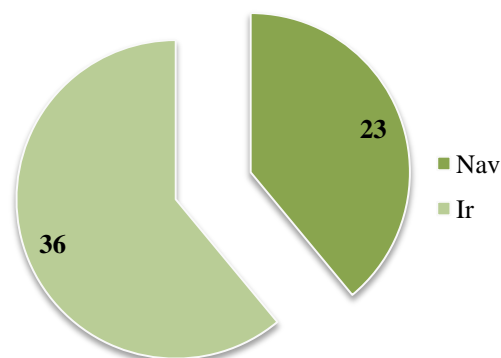
Vairākās 20.gs. 70. – 90.gados būvētajās skolu ēkās tika novērotas speciālas gaisa apmaiņas atveres starp mācību telpu un gaiteni – perforēta josla virs kabineta durvīm. Tomēr daļai mācību telpu pēc renovācijas vai kosmētiskajiem remontiem šīs gaisa cirkulācijas iespējas ir likvidētas.

Dabiskā pasīvā ventilācija jeb kanālu/šahtu sistēma bez speciāla mehānisma, kas kustina gaisu, ir saglabājusies veco projektu ēkās (16 no 20 apsekotajām skolām). Ja šahtas jeb kanāli tiek uzturēti kārtībā, tie joprojām pilda savas funkcijas – nodrošina gaisa cirkulāciju. Nereti tik labi, ka telpās, kurās ir ventilācijas šahtu atveres, pedagogi un skolēni sūdzas par pārāk spēcīgu gaisa plūsmu jeb caurvēju un aukstumu. Iepriekš minēto apstākļu dēļ atveres tiek aizklātas vai aizlīmētas.

Padziļināti apsekojot mācību telpas, tika konstatēts, ka, remontējot kabinetus un izmantojot sienu pārklājumam režģi, ventilācijas šahtu atveres ir tīšām (vai netīšām) nosegtas. Līdz ar to no 47 mācību telpām, kurās, vadoties pēc ēkas projekta, vajadzēja būt dabiskajai pasīvajai ventilācijai, darba kārtībā (brīvas kanālu/šahu atveres) tā bija tikai 36 kabinetos.

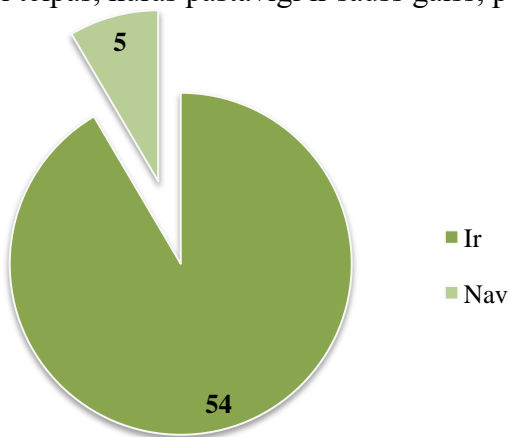


19.attēls. Durvis uz blakus telpām (laboratorija, noliktava u.c.)

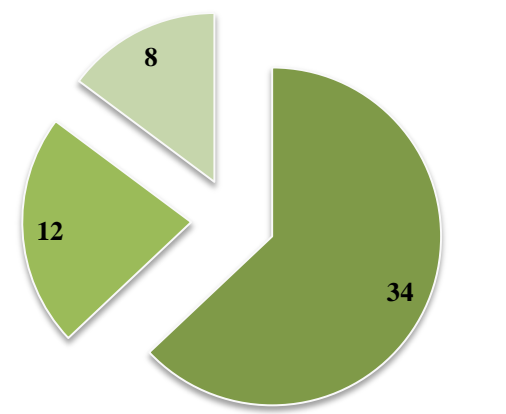


20.attēls. Dabiskās pasīvās ventilācijas kanālu/šahu atveres mācību telpā

Mācību kabineta mikroklimatu var ietekmēt arī zaļo istabas augu klātbūtne telpā. Tāpat kā cilvēki zaļie augi ieelpo skābekli un izelpo oglekļa dioksīdu, bet fotosintēzes procesā no iekštelpu gaisa uzņem CO₂ un izdala O₂, tādēļ telpā ar augiem gaiss vienmēr būs svaigāks. Istabas augi ir arī labi gaisa mitrinātāji telpās, kurās pastāvīgi ir sauss gaiss, piemēram, apkures sezonā.

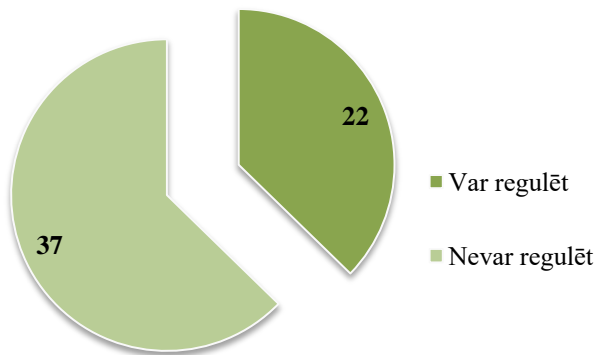


21.attēls. Zaļie istabas augi mācību telpās

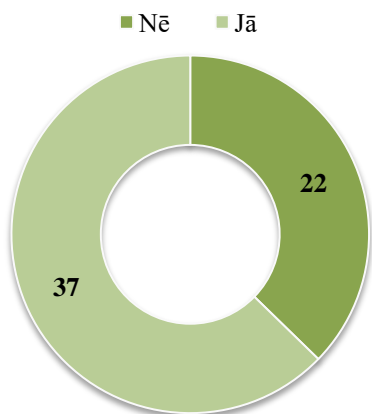


22.attēls. Zaļo istabas augu skaits mācību telpās

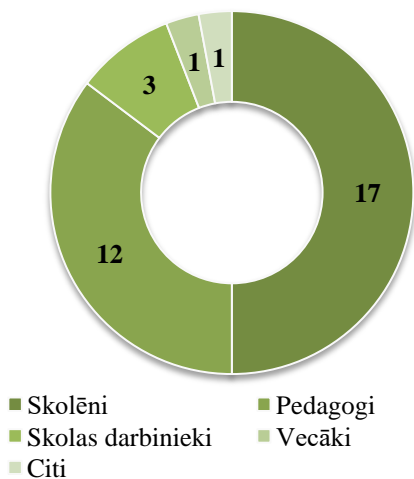
Visās mācību telpās, kurās tika veikts iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju monitorings, ir centrālā apkures sistēma. 22 telpās apkures sistēmu var regulēt manuāli pašā telpā, 37 kabinetos tas nav iespējams. 50 un vairāk gadus vecajās skolas ēkās ir saglabājusies arī vecā apkures sistēma ar autentiskajiem čuguna radiatoriem. Nereti viena no intervijās fiksētajām sūdzībām bija par to, ka kabinetā ir karsti un smacīgi, vēl jo vairāk tad, kad lielāko dienas daļu telpā iespīd saule. Šādās mācību telpās tika novērota situācija, kad, aizvelkot žalūzijas, lai glābtos no saules, tiek radīts papildus šķērslis svaiga gaisa plūsmai no vēdināšanai atvērtajiem logiem.



23.attēls. Centrālās apkures sistēmas manuālās regulēšanas iespējas mācību telpā



24.attēls. Mācību telpas, par kuru gaisa kvalitāti pēdējo 12 mēnešu laikā izteiktas sūdzības

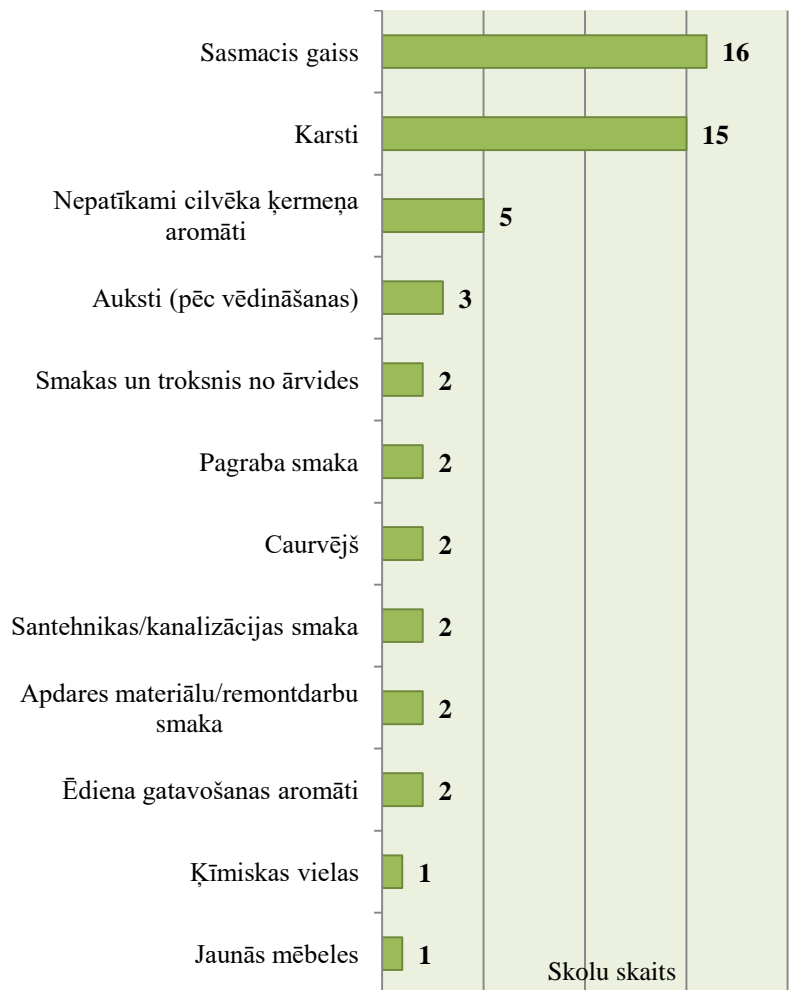


25.attēls. Sūdzības par mācību telpas gaisa kvalitāti izteikušo sadalījums

Nepatīkami/traucējoši aromāti Pētījuma laikā tika novēroti 6 mācību telpās. Pārsvarā tas bija sasmacis gaiss tikko pēc mācību stundas beigām un jaunu mēbeļu izplatītais aromāts, kā arī ķīmisko vielu specifiskais aromāts dabas zinātņu kabinetos, bet vienā gadījumā – būvmateriālu izgarojumi no pagrabtelpas, kas atrodas zem kabineta.

Pelējuma smaka netika konstatēta nevienā no mācību telpām, kurās tika veikts iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju monitorings.

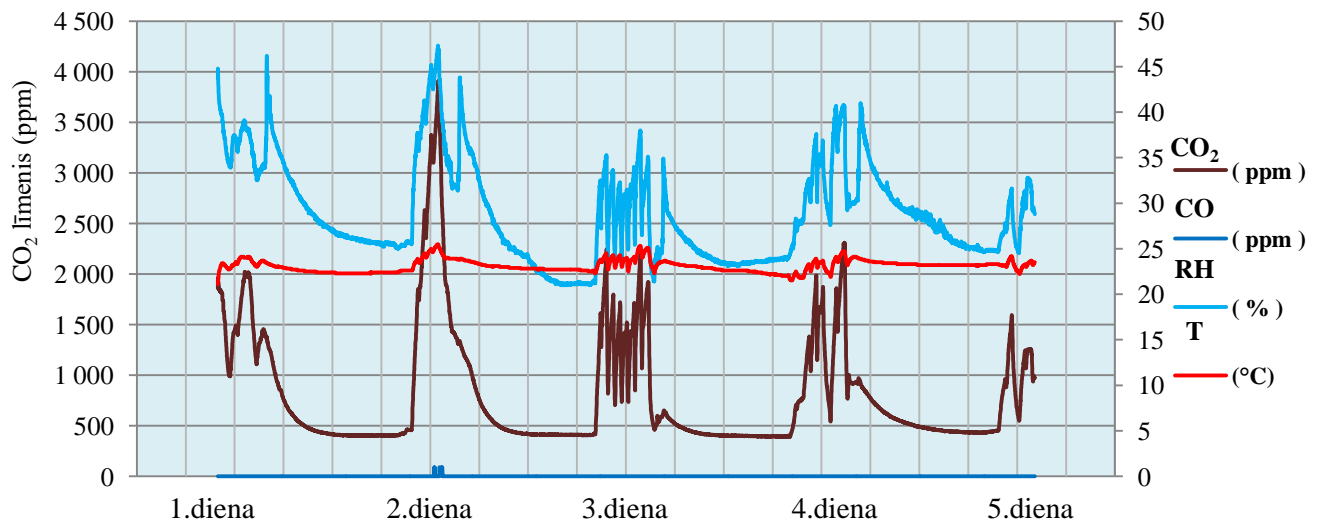
Nevienā no padziļināti apsekotajiem kabinetiem uz logu rūtīm netika fiksētas mitruma (kondensāta) pazīmes, bet mitruma pazīmes pārējā telpā, ūdens noplūdes vai mitruma radīti bojājumi fiksēti 3 kabinetos.



26.attēls. Biežāk izteikto sūdzību raksturs

Iekštelpu gaisa kvalitātes monitoringa dati

No 59 mācību telpām, kuras tika padziļināti apsektas un uzstādītas iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju mērierīces, tālākai datu apstrādei un iegūto rezultātu analīzei derīgi bija 56 mācību telpu izejas dati. Divos kabinetos rādītāju ierakstīšana datu nesējā nenotika pietiekami ilgi tehnisku iemeslu dēļ. Vienā no izvēlētajām telpām Pētījuma nedēļā nodarbības nenotika, un Pētījuma īstenotāji par to netika brīdināti. Kopumā 226 diennaktis mērierīču datu nesējos ar vienas minūtes intervālu 56 mācību telpās tika ierakstītas oglekļa dioksīda (CO_2) un oglekļa monoksīda jeb tvana gāzes (CO) koncentrācijas un atmosfēras spiediena rādītāji. 38 mācību telpās mēraparāti, kas ir aprīkoti ar atbilstošiem sensoriem, ierakstīja arī relatīvā mitruma (RH) un gaisa temperatūras (T) izmaiņas. Nozīmīgas svārstības tika fiksētas CO_2 koncentrācijai, relatīvajam mitrumam, dažās mācību telpās arī temperatūrai, bet atmosfēras spiediena izmaiņas uzskatāmas par nebūtiskām.

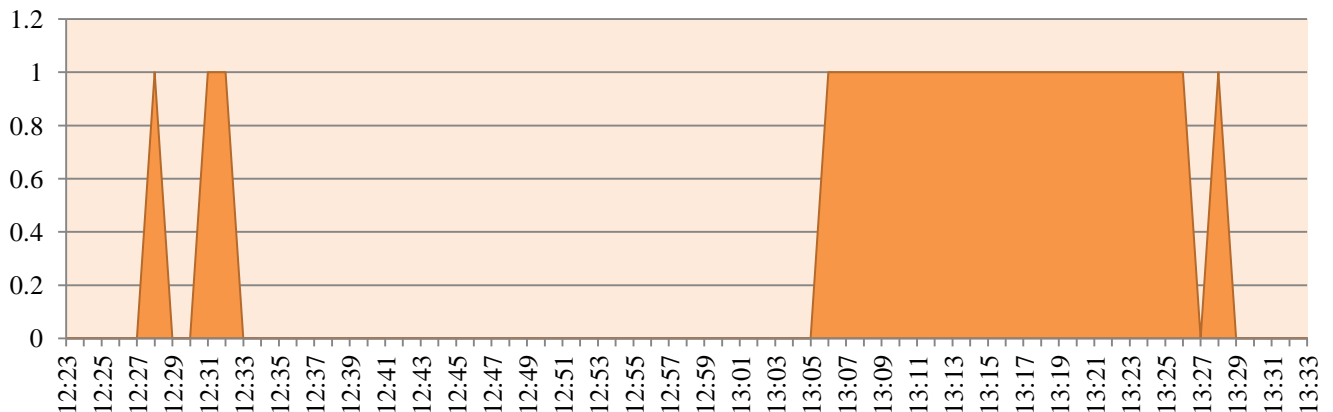


27.attēls. Mācību kabineta mikroklimata rādītāju piemērs
(avots: nepublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

(izmatotie apzīmējumi: brūns – CO_2 , tumši zils – CO, gaiši zils – mitrums (RH), sarkans – temperatūra (T))

CO monitorings

CO jeb tvana gāzes rādītāji tika ierakstīti 56 mācību kabinetos. Saskaņā ar iegūtajiem izejas datiem CO jeb tvana gāze tika konstatēta 11 telpās. Analīzē tika iekļauti tikai tie dati, kas tika iegūti mācību nodarbību laikā.

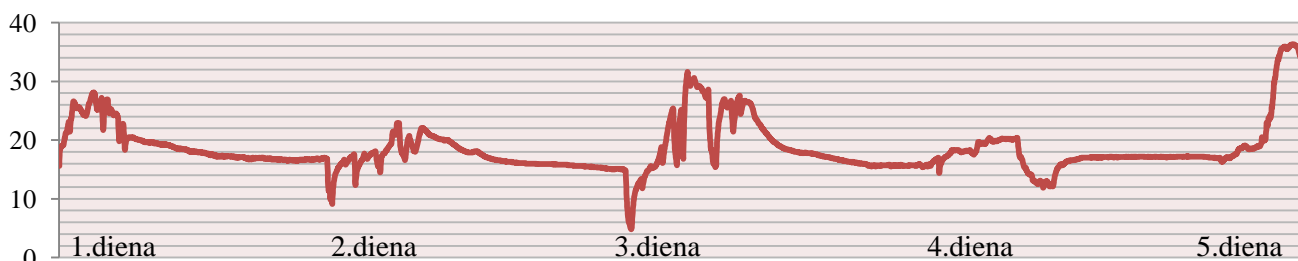


28.attēls. Mācību kabineta CO (oglekļa monoksīda) koncentrācijas rādītāju piemērs
(avots: nepublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

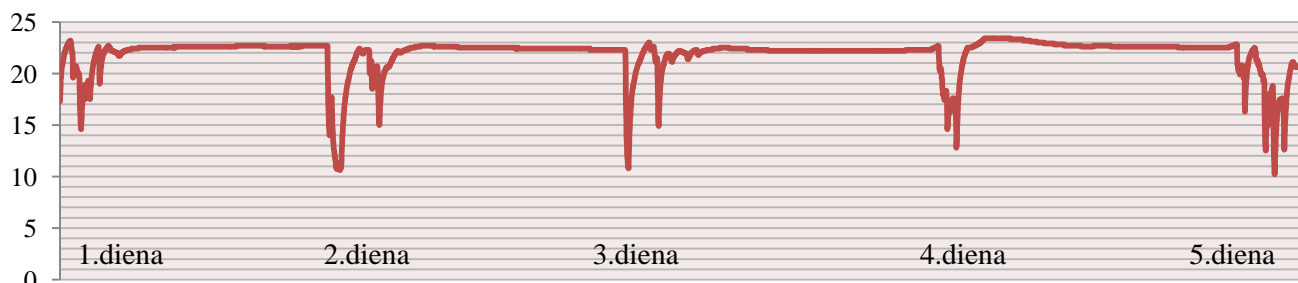
Vidējā CO koncentrācija apsekotajās mācību telpās nodarbību laikā svārstās no 0,01 ppm līdz 0,23 ppm. Pārsvarā tvana gāzes līmenis īslaicīgi ir zemāks par 1 ppm, izņemto dažas telpas, kurās CO līmenis 1 ppm saglabājās nelielu laika periodu (dažas minūtes). Salīdzinot laika periodu, kad tika fiksēta oglekļa monoksīda klātbūtne, ar mācību telpas noslogojuma dienasgrāmatas ierakstiem, secināts, ka CO izcelsmes avots, iespējams, ir transporta izplūdes gāzes vai apkārtējo māju dūmeņu izmeši, kas iekļuvušas telpā caur vēdināšanai atvērtajiem logiem vai dabiskās pasīvās ventilācijas sistēmas šahtām; vienā gadījumā CO avots bija skolas pasākumā izmantotās dūmu sveces. Izvērtējot mācību telpu piesārņojumu ar tvana gāzi, konstatētā koncentrācija pēc PVO iekštelpu gaisa kvalitātes vadlīnijām (< 9 ppm) nav uzskatāma par veselībai bīstamu, jo nepārsniedz 1 ppm.

Temperatūras monitoring

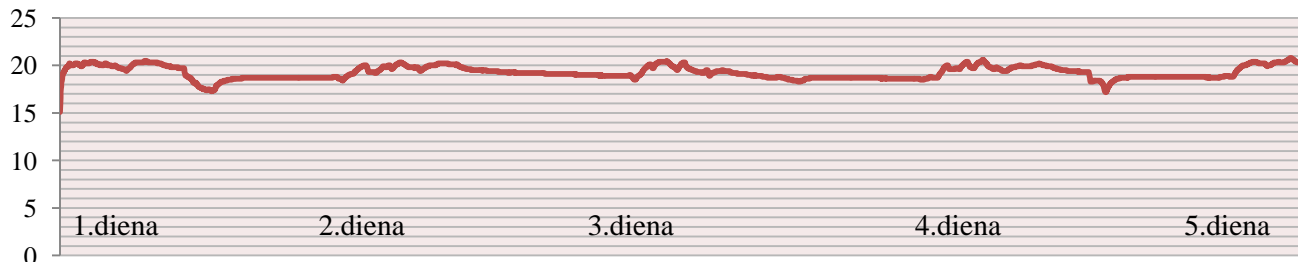
Iekštelpu gaisa temperatūras dati (ar mēraparātiem, kuriem ir temperatūras sensori) tika ierakstīti 38 mācību telpās. Visu kabinetu vidēja gaisa temperatūra nodarbību laikā ir 21,7 °C. Temperatūras svārstības, līdzīgi kā CO₂ koncentrācijas izmaiņas, ir atkarīgas no vairākiem faktoriem: ventilācijas veids un režīms, iespējas manuāli regulēt centrālās apkures sistēmu, telpas atrašanās vieta attiecībā pret debespusēm, kabineta izmēri, izglītojamo skaits u.c. Haotiskas temperatūras svārstības mācību telpā vērojamas 29.attēlā. Temperatūras rādītāju pazemināšanās un atjaunošanās, vēdināšanai atverot logu pilnībā (arī ziemas laikā), atspoguļota 30.attēlā. Temperatūras līkne mācību telpā, kurā temperatūras svārstības ir minimālas, aplūkojama 31.attēlā. Pēdējā piemērā redzamā situācija Pētījumā tika novērota visbiežāk – temperatūras svārstības ir nebūtiskas.



29.attēls. Temperatūras nevienmērīgu svārstību piemērs
(avots: npublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)



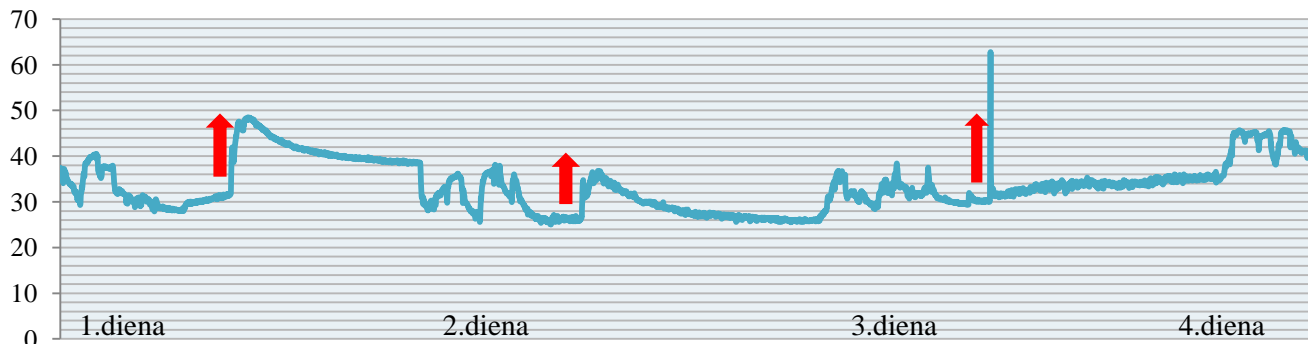
30.attēls. Temperatūras vienmērīgu svārstību piemērs
(avots: npublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)



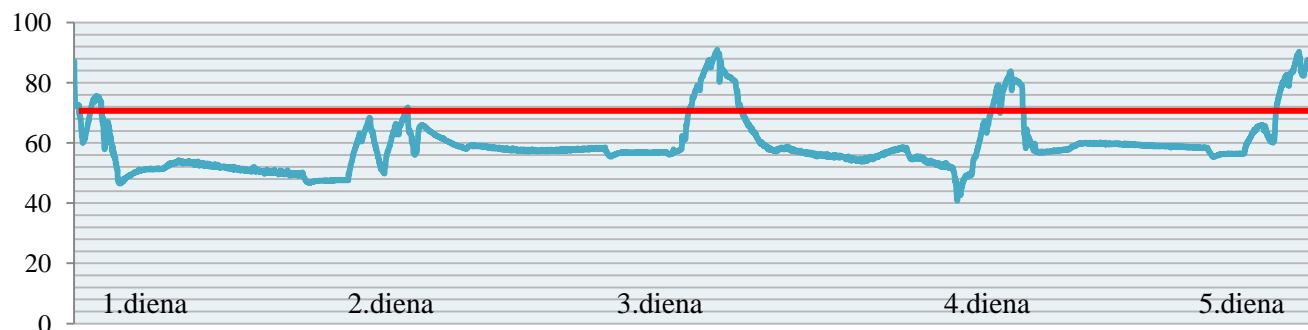
31.attēls. Temperatūras minimālu svārstību piemērs
(avots: npublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

Relatīvā mitruma monitorings

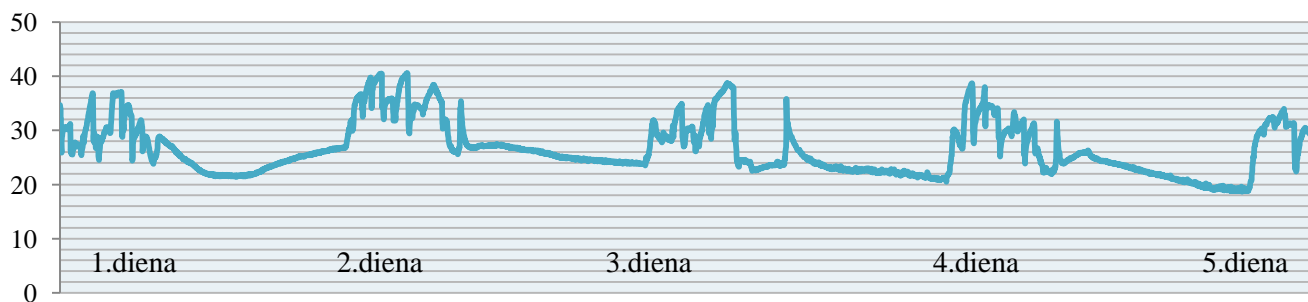
Relatīvā mitruma dati (ar mēraparātiem, kuriem ir mitruma sensori) tika ierakstīti 38 mācību telpās. Tie korelē ar CO₂ koncentrāciju, norādot uz skolēnu un skolotāja radīto ietekmi uz iekštelpu gaisu. Cilvēka izelpa paaugstina ne tikai CO₂ koncentrāciju iekštelpu gaisā, bet arī relatīvo gaisa mitrumu, jo izelpotais gaiss satur ūdens tvaikus. Mācību telpu vidējā relatīvā mitruma koncentrācija nodarbību laikā ir 34,6 %. Dažādu apstākļu dēļ – telpu mitrā uzkopšana, kabinetā esošās izlietnes pastiprināta lietošana, apkures sezonas sākums, kad telpas vēl mitras un drēgnas, – mērierīce fiksēja relatīvā mitruma svārstības ārpus mācību stundu laika (32.attēls) vai paaugstinātu mitruma līmeni telpā (33.attēls). Vienmērīgas relatīvā mitruma svārstības, kas saistītas ar cilvēku klātbūtni telpā, vērojamas 34.attēlā.



32.attēls. Relatīvā mitruma svārstību piemērs ārpus nodarbību laika
(avots: npublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)



33.attēls. Paaugstināta relatīvā mitruma līmeņa piemērs
(avots: npublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

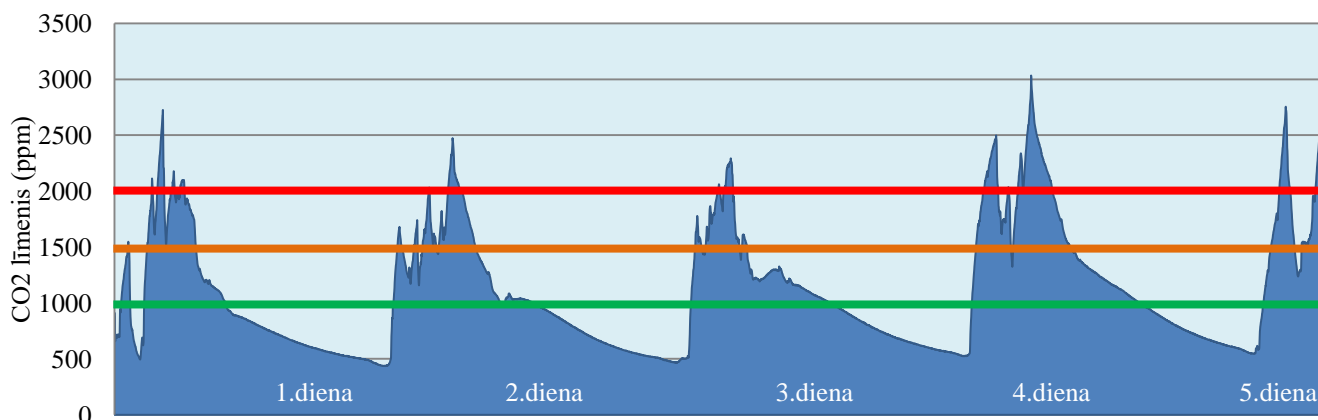


34.attēls. Relatīvā mitruma vienmērīgu svārstību piemērs
(avots: npublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

CO₂ monitorings

Nozīmīgākais iekštelpu gaisa kvalitāti raksturojošais lielums, kuram Pētījuma gaitā tika pievērsta pastiprināta uzmanība un padziļināti analizētas tā svārstības, ir CO₂ koncentrācija. Atbilstoši PVO metodoloģijai CO₂ līmenis, kuru mācību telpā nevajadzētu pārsniegt, ir 1000 ppm. CO₂ dati tika ierakstīti 56 mācību telpās. Iegūto CO₂ izejas datu piemērs atspoguļots 35.attēlā, kurā akcentētas

augstākās (>2000 ppm), vidējās (<1500< ppm) un zemākās (<1000 ppm) CO₂ līmeņa vērtības visā Pētījuma nedēļas laikā vienā skolā. Krāsu izvēli CO₂ līmeņu apzīmēšanai var salīdzināt ar luksoforu:
sarkanā krāsa – virs 2000 ppm – slikta gaisa kvalitāte, **vēdināšana ir steidzami nepieciešama**;
oranžā krāsa – <1500< ppm – gaisa kvalitāte pasliktinās, **vēdināšana ir nepieciešama**;
zaļā krāsa – līdz 1000 ppm – laba gaisa kvalitāte, **vēdināšana nav steidzama**.

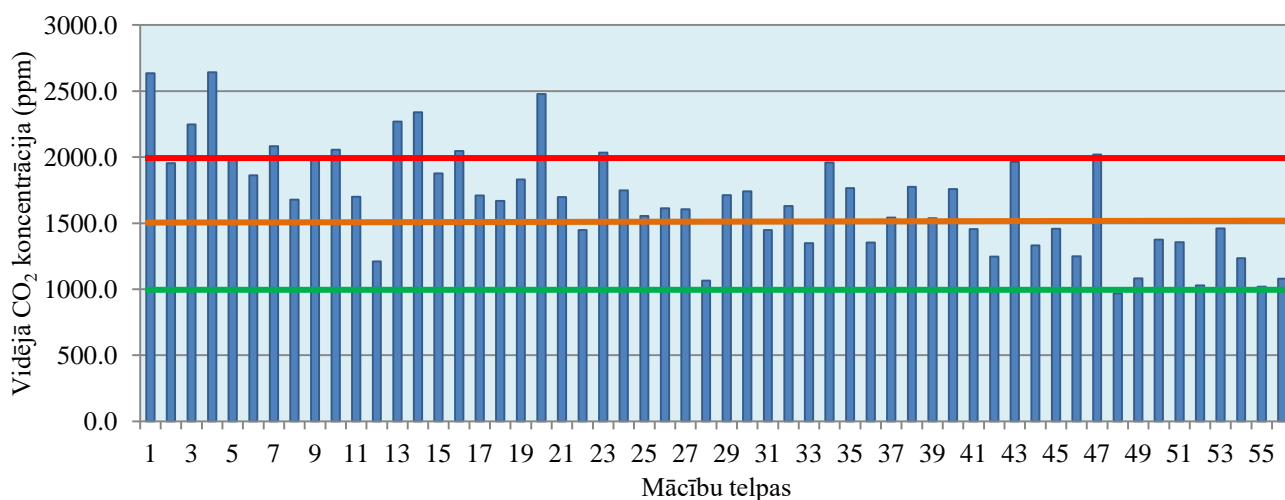


35.attēls. Mācību kabineta CO₂ koncentrācijas rādītāju piemērs
 (avots: nepublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

Grafiskais attēls uzskatāmi parāda iekštelpu CO₂ koncentrācijai raksturīgo nepastāvību, līknes pieauguma un krituma posmi atbilst telpas noslodzei, t.i., mācību procesā, klātesot izglītojamajiem, tiek sasniegts augstākais CO₂ līmenis, bet pēc nodarbībām ogļskābās gāzes koncentrācija pakāpeniski samazinās līdz pat ārvides CO₂ rādītājiem (<500 ppm).

Pētījuma rezultātu analīze

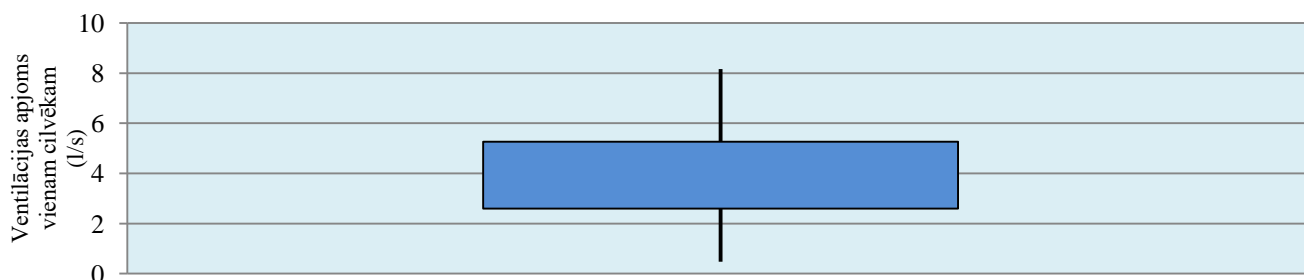
Pētījumā laikā ar mācību kabinetos izvietotajām iekštelpu mikroklimata mērierīcēm fiksētie izejas dati un katras mācību telpas noslogojuma dienasgrāmatā atzīmētā informācija (skolēnu skaits, vidējais vecums, kā arī reālais stundu saraksts) tika apstrādāta un analizēta ar speciālas datorprogrammas palīdzību. Pārbaudot mērierīču ierakstītos datus, tika precizēti, papildināti vai anulēti ieraksti klases telpu noslogojuma dienasgrāmatās, izslēdzot no turpmākās analīzes to laiku, kad kabinetā nodarbības nenotika un cilvēki telpā praktiski neatradās, kā arī no tālākās datu apstrādes tika izņemtas izteikti augstas un īslaicīgas CO₂ koncentrācijas vērtības, kas parasti rodas, ja mēraparāts fiksē tiešā tuvumā esošu cilvēku izelpu.



36.attēls. Pētījuma laikā iegūtie vidējās CO₂ koncentrācijas rezultāti
 (izmantojie CO₂ līmeņa apzīmējumi: zaļš – 1000 ppm, oranžs – 1500 ppm, sarkans – 2000 ppm)

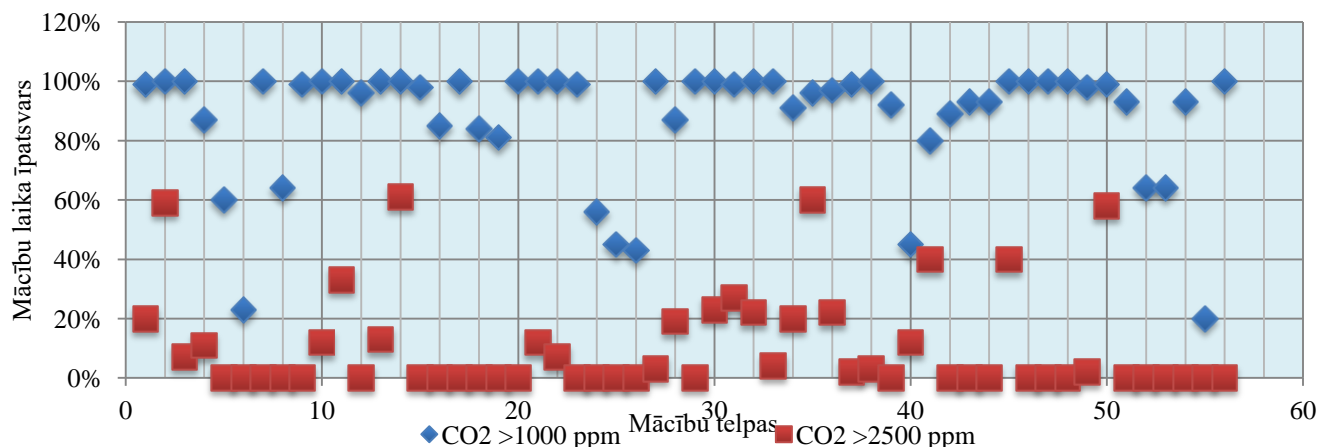
Analizējot Pētījuma rezultātus, akcents ir likts uz mācību telpu (56), nevis izglītības iestāžu (20) rezultātiem, jo vienas skolas vidējie ventilācijas kvalitātes rādītāji nav absolūtas un nemainīgas vērtības, kas attiecināmi uz visu izglītības iestādi kopumā, bet gan lielumi, kas ilustrē Pētījuma laikā fiksētās ventilācijas tendences un problēmas. Visu 2017./2018. mācību gadā padziļināti apsekoto mācību telpu gaisa kvalitātes rādītāju un ventilācijas rezultātu apkopojums ir pieejams ziņojuma Pielikumā. CO₂ monitoringā iegūtās vidējās vērtības mācību nodarbību laikā aplūkojamas 36.attēlā.

PVO rekomendācijas ventilācijas intensitātei jeb ventilācijas apjomam vienam cilvēkam optimāli ir 7 l/s, minimāli – 3 l/s. Pētījumā iegūtie ventilācijas intensitātes rezultāti apkopoti 37.attēlā. Biežāk konstatētās vērtības ir robežās no 2,6 līdz 5,3 l/s (iekrāsotais taisnstūris). Laikā posmā, kad notiek CO₂ uzkrāšanās mācību telpā, ventilācijas apjoms vienam cilvēkam konstatēts robežās no 0,5 līdz 8,2 l/s. Analizējot datus, konstatēts, ka pie ventilācijas intensitātes, kas zemāka par 7 l/s, aizvadīti 79 % no kopējā mācībām veltītā laika, bet pie ventilācijas intensitāte, kas zemāka par 3 l/s – 14 %.



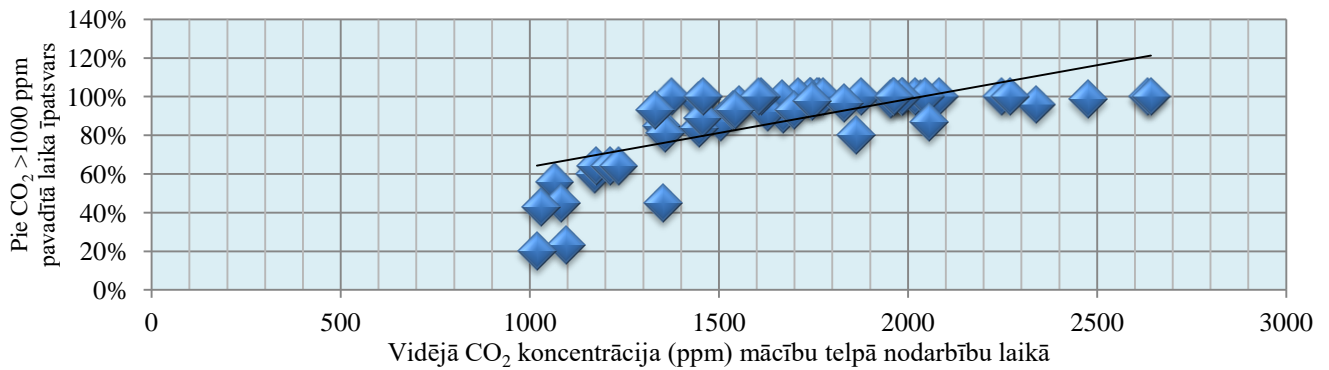
37.attēls. Pētījuma laikā iegūtie ventilācijas intensitātes rezultāti

Apkopotie rezultāti par telpā pavadīto laiku un to, cik liela daļa (%) no kopējā mācību procesa (stundas, grupu konsultācijas, pagarinātā dienas grupa, ārpusstundu nodarbības) notikusi pie CO₂ koncentrācijas, kas augstāka par 1000 vai 2500 ppm, uzskatāmi parādīti 38.attēlā. Aprēķināts, ka visos apsekotajos kabinetos vidēji 88 % no mācību laika aizvadīti pie CO₂ >1000 ppm, bet pie CO₂ līmeņa, kas pārsniedz 2500 ppm, – vidēji 10 % nodarbību laika.

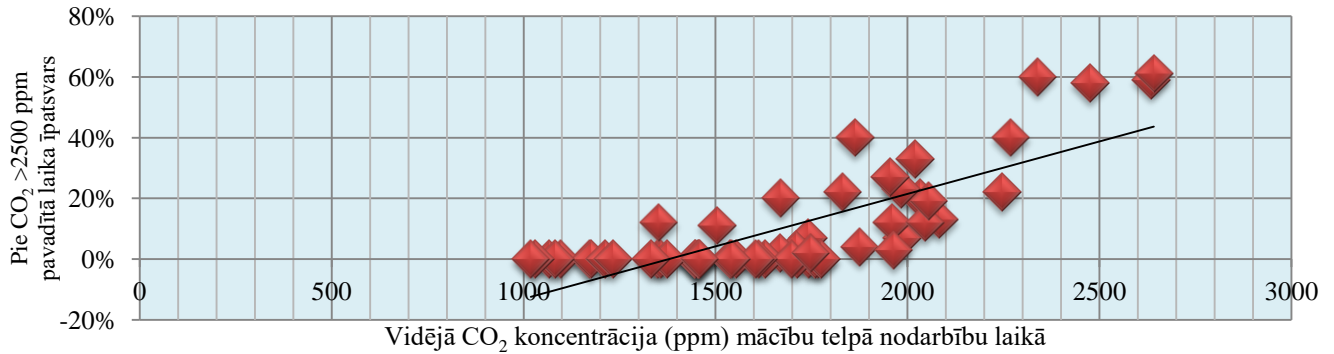


38.attēls. Pie noteiktas CO₂ koncentrācijas aizvadītā mācību laika īpatsvars Pētījuma laikā

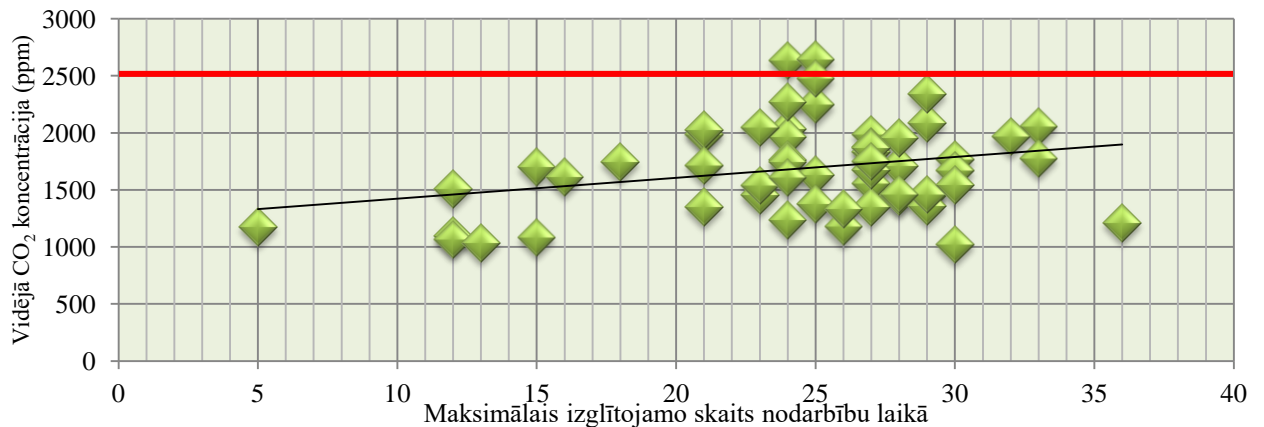
21 mācību telpā 100 % no mācību laika tika aizvadīti pie CO₂ >1000 ppm (minimālais laiks – 20 %). Savukārt 7 mācību telpās vairāk nekā 1/4 no kopējā mācību laika izglītojamie atradušies pie CO₂ koncentrācijas, kas pārsniedza 2500 ppm, (maksimālais laiks – 61%), un iegūtie rezultāti ir pirmais signāls par nepietiekamu ventilācijas intensitāti un līdz ar to zemu iekštelpu gaisa kvalitāti konkrētajā mācību telpā. Likumsakarības, kas vērojamas starp vidējo CO₂ koncentrāciju telpā un mācību laika īpatsvaru pie CO₂ līmeņa virs 1000 vai 2500 ppm, atspoguļotas 39. un 40. attēlā.



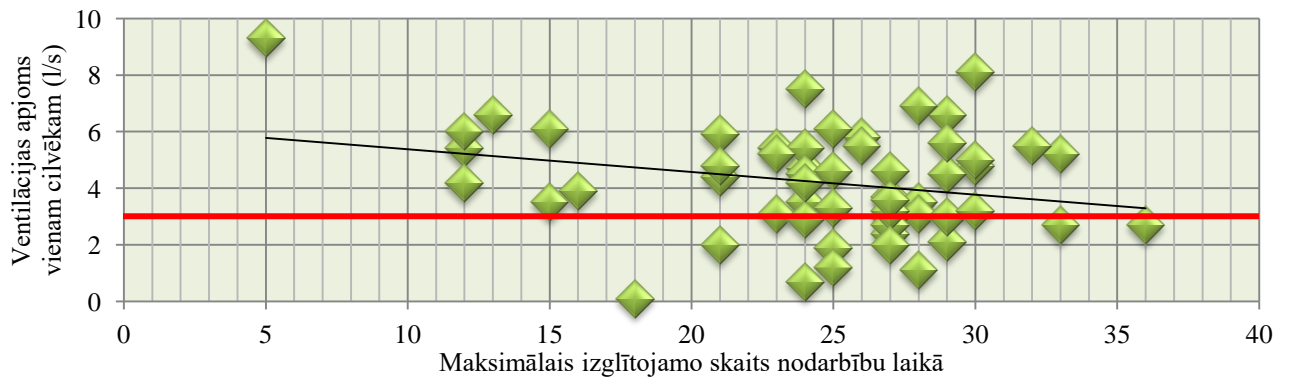
39.attēls. Vidējās CO₂ koncentrācijas un mācību laika īpatsvara pie CO₂ līmeņa > 1000 ppm mijiedarbība



40.attēls. Vidējās CO₂ koncentrācijas un mācību laika īpatsvara pie CO₂ līmeņa > 2500 ppm mijiedarbība



41.attēls. Pētījuma laikā konstatētā maksimālā izglītojamo skaita un vidējās CO₂ koncentrācijas mijiedarbība

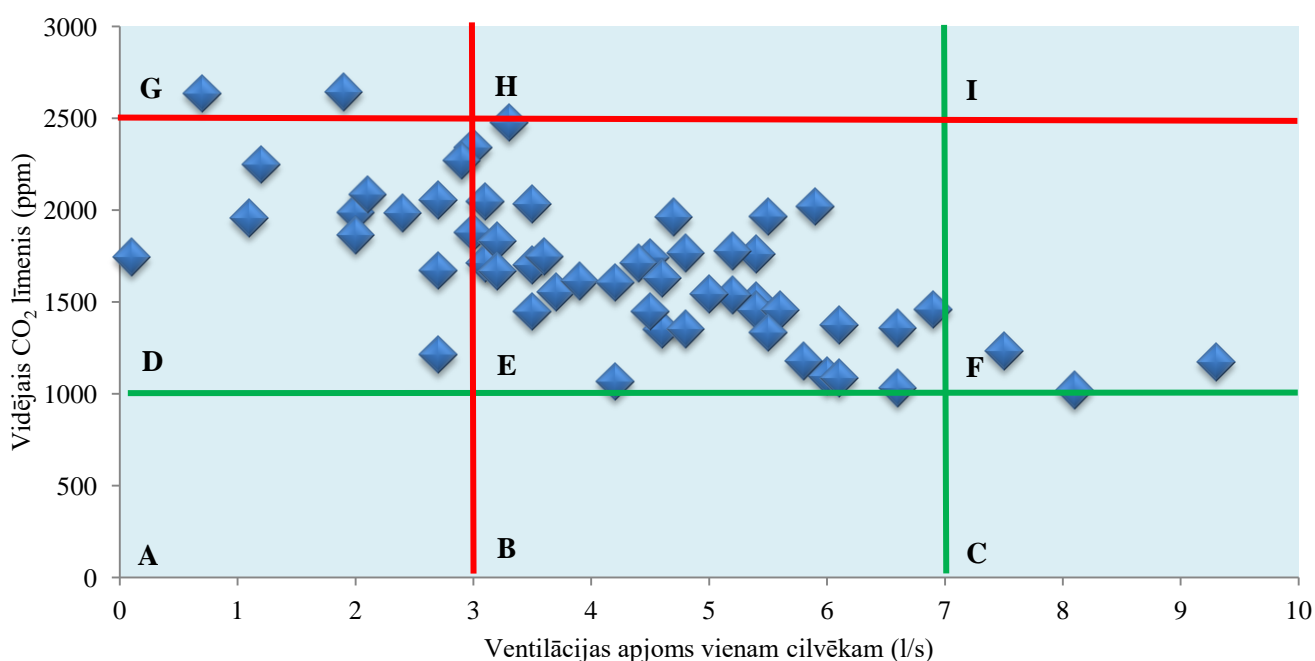


42.attēls. Pētījuma laikā konstatētā maksimālā izglītojamo skaita un ventilācijas intensitātes mijiedarbība

To, vai mācību telpas piepildījums, t.i. skolēnu skaits nodarbību laikā ietekmē vidējo CO₂ koncentrāciju un ventilācijas intensitāti, ilustrē 41. un 42.attēls, kuros ar sarkanas krāsas līnijām

iezīmēti: CO₂ līmenis, virs kura iekštelpu gaisa kvalitāti pieņemts uzskatīt par ļoti sliktu (41.att.), un ieteicamais minimālais ventilācijas apjoms vienam cilvēkam (42.att.). Ja skolēnu skaits mācību telpā sasniedz 20 un vairāk, vērojams vidējās CO₂ koncentrācijas (ppm) pieaugums un ventilācijas apjoma (l/s) kritums. Tomēr 41. un 42.attēlā apkopoto rezultātu izkliede uzskatāmi parāda, ka, lai arī telpās galvenais CO₂ avots ir cilvēki, izglītojamo skaits nav vienīgais faktors, kas ietekmē iekštelpu gaisa kvalitāti nodarbību laikā. Arī pie maksimāla klases piepildījuma ir iespējams nodrošināt optimālu vai vismaz vidēju ventilācijas apjomu (skat. 42.att.) un nepārsniegt kritisko CO₂ koncentrācijas līmeni 2500 ppm (skat.41.att.).

Savukārt konstatētās CO₂ koncentrācijas (ppm) un ventilācijas intensitātes (l/s) likumsakarības atspoguļota 43.attēlā. Horizontālā (līmeniskā) zaļā līnija norāda mācību telpā ieteicamās CO₂ koncentrācijas robežu 1000 ppm, sarkanā – CO₂ koncentrāciju 2500 ppm, kuru nebūtu vēlams pārsniegt. Vertikālā (stāteniskā) zaļā līnija norāda optimālās ventilācijas intensitātes robežu 7 l/s, sarkanā – minimālo robežu 3 l/s. Katram no iegūtajiem kvadrantiem ir piešķirts kāds no alfabēta burtiem (A, B, C utt.).



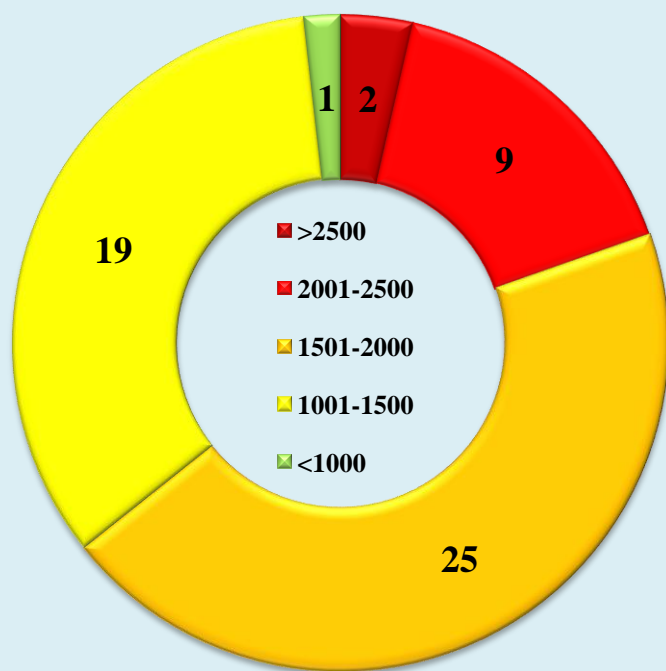
43.attēls. Vidējās CO₂ koncentrācijas un ventilācijas intensitātes mijiedarbība Pētījuma mācību telpās

PVO rekomendācijām pilnībā atbilstošs ir kvadrants C – CO₂ līmenis < 1000 ppm, ventilācijas apjoms > 7 l/s, savukārt par nepietiekamu ventilāciju un sliktu gaisa kvalitāti telpā liecina atrašanās kvadrantā G – CO₂ līmenis >2500 ppm, ventilācijas apjoms < 3 ppm. Kā parāda Pētījuma rezultāti, tad 2017./2018. mācību gadā padziļināti apsektoto mācību telpu lielākā daļa (40 kabineti jeb 71 %) iekļaujas kvadrantā E – vidējā CO₂ koncentrācija 1000 – 2500 ppm; ventilācijas apjomu vienam cilvēkam no 3 līdz 7 l/s.

Lai novērtētu Latvijas vispārizglītojošajās skolu mācību telpās iegūtos Pētījuma rezultātus, tika veikta CO₂ monitoringa un ventilācijas intensitātes rezultātu salīdzināšana ar PVO ieteiktajām normām iekštelpu gaisam un biežāk lietoto CO₂ līmeņu iedalījumu atbilstoši piesārņojumam ar oglekļa dioksīdu. Ar CO₂ monitoringa rezultātu izvērtējumu iespējams iepazīties 2.tabulā un 44.attēlā. Izmantojot „luksofora principu”, mācību telpas sagrupētas pēc CO₂ koncentrācijas (ppm) vidējās vērtības ietekmes uz iekštelpu gaisa kvalitāti. Mācību telpu sadalījums atbilstoši iegūtajiem ventilācijas intensitātes rezultātiem un ventilācijas kvalitātei dots 3.tabulā un 45.attēlā.

2.tabula. CO₂ monitoringa rezultāti

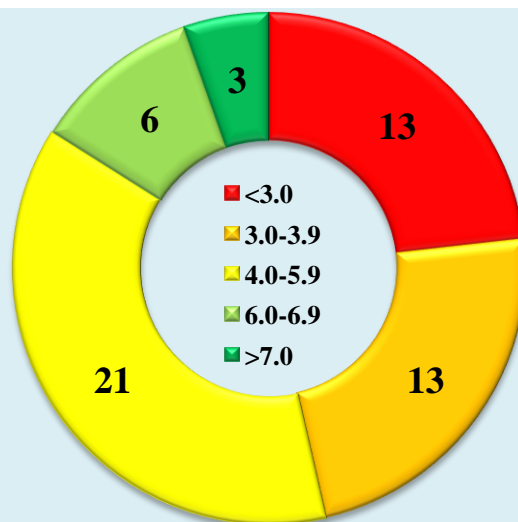
Iekštelpu gaisa kvalitāte	Vidējā CO ₂ koncentrācija (ppm)	Mācību telpu skaits
Ļoti slikta	2601-2700	2
	2501-2600	0
Slikta	2401-2500	1
	2301-2400	1
	2201-2300	2
	2101-2200	0
	2001-2100	5
Gandrīz viduvēja	1901-2000	5
	1801-1900	3
	1701-1800	7
	1601-1700	7
	1501-1600	3
Viduvēja	1401-1500	5
	1301-1400	5
	1201-1300	4
	1101-1200	0
	1001-1100	5
Laba	901-1000	1
	801-900	0
Ļoti laba	701-800	0
	601-700	0
Teicama	501-600	0
	401-500	0



44.attēls. Mācību telpu skaits atbilstoši iekštelpu gaisa kvalitātei

3.tabula. Ventilācijas intensitātes rezultāti

Ventilācijas kvalitāte	Ventilācijas apjoms vienam cilvēkam (l/s)	Mācību telpu skaits
Kritiska	0.0-0.9	1
	1.0-1.9	3
Zem minimālās	2.0-2.9	9
Minimāla	3.0-3.9	13
Viduvēja	4.0-4.9	10
	5.0-5.9	11
Gandrīz optimāla	6.0-6.9	6
Optimāla	7.0-7.9	1
	8.0-8.9	1
	9.0-9.9	1



45.attēls. Mācību telpu skaits atbilstoši ventilācijas kvalitātei

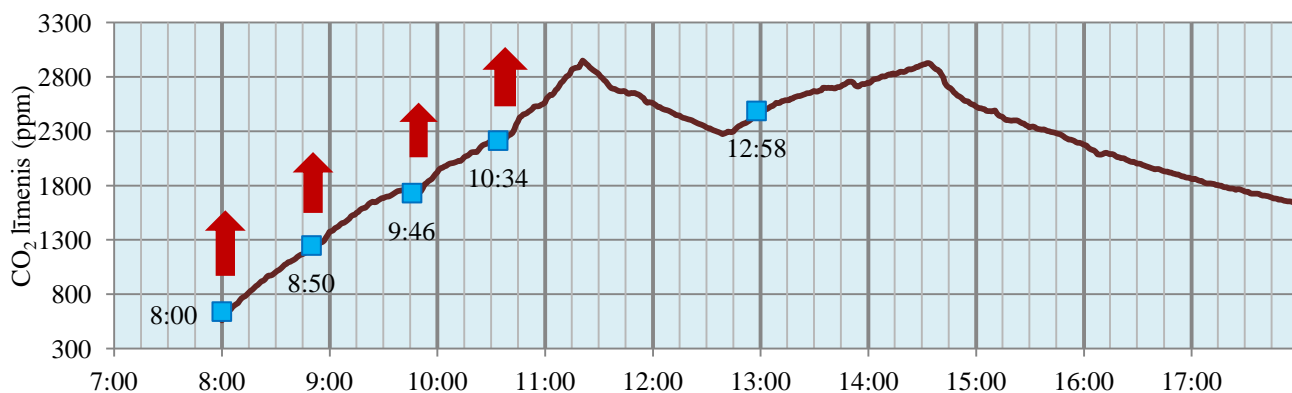
Izvērtējot Pētījuma rezultātus, konstatēts, ka iegūtie CO₂ monitoringa dati un ventilācijas rezultāti norāda uz nepietiekamu ventilācijas līmeni un nekvalitatīvu iekštelpu gaisu kā diezgan ierastu parādību, it īpaši aukstajā mācību gada laikā, bet nevēdinātas telpas, kā zināms, rada nekomfortablus

apstākļus, kas var ietekmēt izglītojamo un pedagogu veselību, var atstāt nopietnu nelabvēlīgu ietekmi uz mācīšanās un mācīšanas kvalitāti, jo pie CO₂ līmeņa, kas pārsniedz 2500 ppm, var pasliktināties cilvēka kognitīvie procesi.

2017./2018. mācību gada Pētījumā iegūto rezultātu kopsavilkums (skat. tabulu Pielikumā) uzskatāmi parāda, ka pietiekama ventilācijas intensitāte (l/s) jeb optimālais ventilācijas apjoms vienam cilvēkam nav atkarīgs tikai no kāda viena rādītāja, piemēram, telpas griestu augstuma, gadalaika aizloga vai skolotājas noskaņojuma. Patiesībā tas ir komplekss un ne vienmēr viennozīmīgi vērtējams dažādu faktoru rezultāts, kas var būt atkarīgs gan no izglītojamo skaits telpā, telpas tilpuma, svaiga gaisa pieplūdes jeb ventilācijas veida, gan iekštelpu CO₂ līmeņa pirms skolēnu sapulcēšanās, nodarbību un starpbrīžu aktivitātēm un īstenotā dabiskās ventilācijas jeb vēdināšanas režīma.

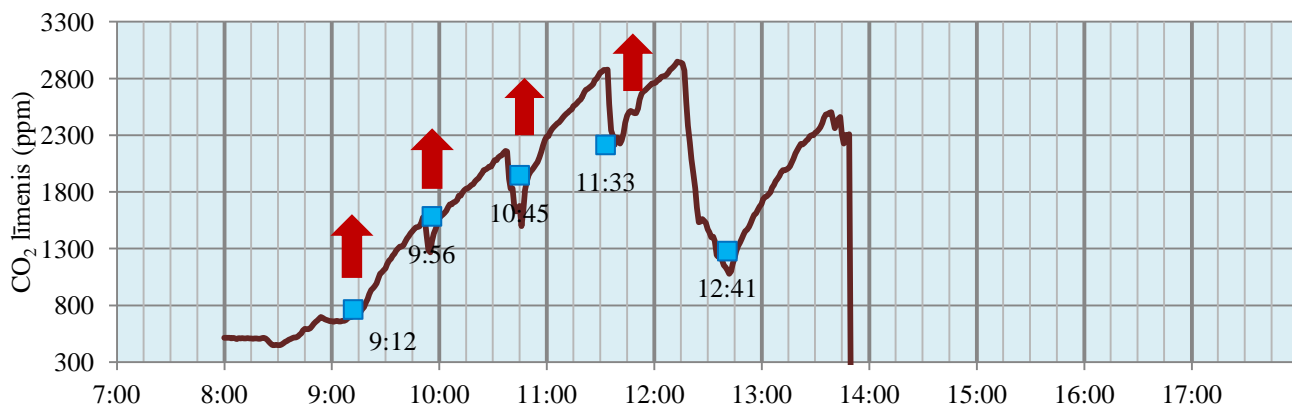
Noslēdzot Pētījuma 1. posmu, konstatēts, ka uz doto brīdi ir neiespējami izvērtēt **mehāniskās ventilācijas** ietekmi uz ventilācijas kvalitāti un rezultātiem, jo no 10 kabinetiem, kuros tā eksistē, CO₂ monitoringa dati tika iegūti 9 telpās, kurās, kā izrādījās, mehāniskā ventilācija Pētījuma nedēļā praktiski netika darbināta vai tika ieslēgta uz īsu brīdi ārpus mācību stundu laika. Pētījuma gaitā tika gūti pierādījumi, ka iekštelpu gaisa kvalitāti var ietekmēt arī ēkā izbūvētā **dabiskās pasīvās ventilācijas** sistēma (kanāli jeb šahtas bez mehānisma, kas kustina gaisu, bet ar speciālām atverēm mācību telpās), kas joprojām ir saglabājusies un, kā izrādās, arī funkcionē, un dažās skolās – pat vairāk nekā 100 gadus. Bet par to, ka – ja mācību telpā netiek izmantotas **dabiskās ventilācijas jeb vēdināšanas** iespējas, tad CO₂ koncentrācijas pieaugums ir nenovēršama parādība – pārliecinājās visas Pētījumā iesaistītās skolas, iepazīstoties ar mācību telpu CO₂ monitoringa grafiskajiem rezultātiem izglītības iestādēm nosūtītajos ziņojumos.

CO₂ monitoringa grafiskie piemēri mācību telpām ar nepietiekamu ventilācijas intensitāti ietverti 46. un 47.attēlā. Ar zilajiem kvadrātiņiem atzīmēts katras mācību stundas sākums. Ar sarkanās krāsas bultiņām norādīts CO₂ koncentrācijas pieaugums. Kā redzams 46.attēlā, tad starpbrīžos nav notikusi CO₂ koncentrācijas pazemināšanās, kas norāda uz to, ka telpa starpbrīžos nav tikusi vēdināta, un mācību stundu laikā CO₂ līmenis turpināja pieaugt. Gadījumos, kad „Mācību telpas dienasgrāmatā” tika norādīta informācija – starpbrīžos telpa ir vēdināta, tad mērierīces fiksētie dati uzskatāmi parādīja patieso situāciju.



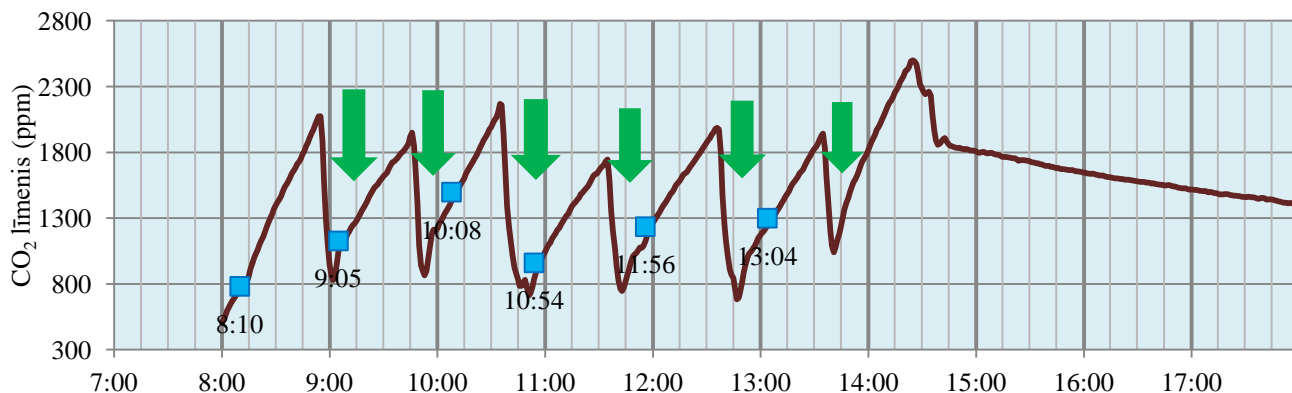
46.attēls. CO₂ uzkrāšanās piemērs mācību telpā, kurā netiek veikta vēdināšana (avots: nepublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

Savukārt 47.attēlā redzams, ka mācību telpa starpbrīžos tik tiešām ir tikusi vēdināta, starpbrīžu laikā līknē vērojami kritumi, tomēr CO₂ koncentrācija nenoslīd pietiekami zemu, un katras nākamās nodarbības laikā tā turpina pieaugt. Tas nozīmē, ka starpbrīžos kabinets ticis vēdināts vai nu pārāk īsu laika sprīdi, vai tajā joprojām atradušies cilvēki, vai arī vēdināšana veikta, atverot logu pasīvās vēdināšanas režīmā, nevis atverot logu pilnībā, un līdz ar to mācību telpā nav notikusi pietiekama gaisa apmaiņa.



47.attēls. CO₂ uzkrāšanās piemērs mācību telpā, kurā tiek veikta nepietiekama vēdināšana
(avots: npublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

Labās prakses piemērs aplūkojams 48.attēlā, kurā uzskatāmi parādītas CO₂ koncentrācijas svārstības atkarībā no vēdināšanas darbībām. Zaļās krāsas bultiņas grafikā norāda uz CO₂ koncentrācijas samazināšanos pietiekami efektīvas ventilācijas rezultātā. Gaiši zilie kvadrātiņi apzīmē to brīdi pēc mācību stundas sākuma, kurā sākas CO₂ koncentrācijas pieaugums. Iegūtos CO₂ grafikus salīdzinot ar izglītības iestādes stundu sarakstu un telpas noslogojuma dienasgrāmatas ierakstiem, tika konstatēts – jo „zobaināks” grafiks un zemāk noslīd līkne pēc tās pacēlumiem, jo veiksmīgāk starpbrīžu laikā tikusi nodrošināta svaiga gaisa pieplūde mācību telpā.



48.attēls. CO₂ uzkrāšanās piemērs mācību telpā ar pietiekamu ventilācijas intensitāti
(avots: npublicēti dati no Pētījumā apsektas mācību telpas)

Izvērtējot Pētījuma rezultātus un izdarot secinājumus, jāņem vērā, ka PVO iekštelpu gaisa kvalitātes ieteiktajiem mērķlielumiem – CO₂ koncentrācija < 1000 ppm un ventilācijas apjoms vienam cilvēkam 7 l/s – ir tikai rekomendējošs raksturs. Dažādās valstīs šīs normas var atšķirties. Piemēram, Somijā pieļaujamais CO₂ līmenis ir 1200 ppm un ventilācijas apjoms vienam cilvēkam ir 6 l/s, Portugālē – 1000 ppm un 8,3 l/s, ASV – 1000 ppm un 7 l/s. Savukārt Eiropas standarta REHVA 2010 normas pieļauj CO₂ līmeni 1500 ppm un ventilācijas apjomu vienam cilvēkam 3 l/s.¹⁷ Latvijā uz doto brīdi vienīgais normatīvais regulējums ir MK 16.06.2015. noteikumu Nr.310 LBN 231-15 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu „Dzīvojamā un publisko ēku apkure un ventilācija”” prasība svaigā gaisa padeves absolūtajam minimumam uz cilvēku – 15 m³/h, kas, pārvēršot mērvienībā litri sekundē (l/s), atbilst 4,2 l/s vienam cilvēkam.

¹⁷ <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15287394.2013.765372>

Secinājumi

1. Apkopojot ESF Projekta Pētījuma laikā (02.10.2017. – 29.03.2018.) 56 mācību kabinetos iegūtos iekštelpu gaisa kvalitātes izejas datus, konstatēts, ka maksimālā CO₂ koncentrācija nodarbību laikā variē robežās no 1412,9 līdz 4215,1 ppm (vidēji 2543,6 ppm).
2. Analizējot Pētījuma datus, secināts, ka vidējā CO₂ koncentrācija mācību telpās nodarbību laikā variē robežās no 968,0 līdz 2641,8 ppm (vidēji 1670,7 ppm), kas 55 (98 %) kabinetos pārsniedz PVO rekomendēto CO₂ līmeni < 1000 ppm, to skaitā 2 (4 %) mācību telpās pārsniedzot arī 2500 ppm robežu.
3. Apkopojot vidējās CO₂ koncentrācijas rezultātus un izvērtējot CO₂ līmeņa iespējamo ietekmi uz izglītojamo, kā arī pedagogu veselību, secināts, ka iekštelpu gaisa kvalitāte ir: slikta – 11 (20 %); viduvēja – 44 (78 %); laba – 1 (2 %) mācību telpās.
4. Analizējot iegūtos ventilācijas rezultātus, konstatēts, ka ventilācijas apjoms vienam cilvēkam nodarbību laikā variē robežās no 0.7 līdz 9.3 l/s (vidēji 4.3 l/s), kas 53 (95 %) mācību telpās ir zemāks rādītājs par PVO ieteikto optimālo normu 7 l/s, to skaitā 11 (20 %) kabinetos – zemāks par PVO ieteikto minimālo robežu 3 l/s.
5. Apkopojot mācību telpu ventilācijas rezultātus un izvērtējot ventilācijas apjomu vienam cilvēkam (l/s), secināts, ka ventilācijas intensitāte ir: nepietiekama – 13 (23 %) kabinetos; minimāla – 13 (23 %); viduvēja – 21 (38 %) gandrīz optimāla – 6 (11 %); optimāla – 3 (5 %) mācību telpās.
6. Analizējot un salīdzinot mācību kabinetu noslogojumu ar CO₂ monitoringa datiem, secināts, ka pie CO₂ līmeņa, kas pārsniedz 1000 ppm, izglītojamie uzturējušies 20 – 100 % (vidēji 88 %) no visa nodarbībām veltītā laika, savukārt pie CO₂ koncentrācijas virs 2500 ppm pavadījuši 0 – 61 % (vidēji 10 %) mācību laika.
7. Izvērtējot iegūtos ventilācijas rezultātus, konstatēts, ka no kopējā mācībām veltītā laika 79% pavadīti telpās ar ventilācijas intensitāti zem 7 l/s, bet pie ventilācijas apjoma, kas zemākas par 3 l/s, izglītojamie uzturējušies 14% no visa Pētījumā analizētā nodarbību laika.
8. Analizējot Pētījuma rezultātus, secināts, ka 56 monitorēto mācību telpu lielākā daļa – 40 kabineti jeb 71 % – atbilst vidējās CO₂ koncentrācijas robežām no 1000 līdz 2500 ppm ar ventilācijas apjomu vienam cilvēkam no 3 līdz 7 l/s.
9. Apkopojot 2017./2018. mācību gadā īstenotā ESF Projekta Pētījuma rezultātus, secināts, ka izglītības iestāžu ventilācijas rezultāti daļēji atbilst PVO ieteiktajām normām un skolās esošais ventilācijas veids vai īstenotais vēdināšanas režīms daļēji spēj uzturēt izglītojamo veselībai nekaitīgu un drošu iekštelpu gaisa kvalitāti, tomēr nepieciešami būtiski uzlabojumi vēl efektīvākai gaisa apmaiņai mācību telpās.

Ieteikumi iekštelpu gaisa kvalitātes uzlabošanai

Pamatojoties uz ESF projekta „Kompleksi veselības veicināšanas un slimību profilakses pasākumi” (Nr. 9.2.4.1/16/I/001) darbības Nr.6.1.16 „Izglītības iestāžu vides kvalitātes un drošuma pētījums” rezultātiem 2017./2018. mācību gadā, Veselības inspekcija iesaka:

1. Ievērot MK 27.12.2002. noteikumu Nr.610 „Higiēnas prasības vispārējās pamatizglītības, vispārējās vidējās izglītības un profesionālās izglītības iestādēm” 39.punktā izvirzītās prasības:
 - mācību telpas pēc katras mācību stundas vēdināt vismaz 10 minūtes (ziemā – vismaz 5 minūtes);
 - gaiteni, atpūtas un rekreācijas telpu pēc katra starpbrīža vēdināt vismaz 10–20 minūtes (ziemā – vismaz 5 minūtes).
2. Lai mācību telpā nodrošinātu efektīvu gaisa apmaiņu, kā arī pietiekamu CO₂ līmeņa (< 1000 ppm) pazemināšanos, vēdināšanai maksimāli izmantot starpbrīžus, atverot logus pilnībā, nevis tikai pasīvajā vēdināšanas režīmā.
3. Iespēju robežās nodrošināt un sekot līdzī tam, lai izglītojamie starpbrīžos pamestu mācību telpas, tādejādi veicinot ātrāku optimālā CO₂ līmeņa atjaunošanos.
4. Iespēju robežās izvietot mācību un citās izglītības iestādes telpās zaļos istabas augus, tādejādi veicinot iekštelpu gaisa CO₂ absorbciju, mitruma regulāciju un O₂ rezervju atjaunošanos.
5. Iespēju robežās organizēt mācību procesu tā, lai tiktu ievērotas MK 27.12.2002. noteikumu Nr.610 „Higiēnas prasības vispārējās pamatizglītības, vispārējās vidējās izglītības un profesionālās izglītības iestādēm” 24. punktā izvirzītās prasības, kas nosaka minimālo platību viena izglītojamā vietai mācību telpā – 2 m².
6. Aktualizējot izglītības iestādes iekšējos normatīvos aktus, apsvērt iespēju izstrādāt kārtību/vadlīnijas/procedūru, kas reglamentētu dabiskās ventilācijas jeb vēdināšanas režīmu, ar mērķi nodrošināt izglītojamo veselībai nekaitīgu un drošu iekštelpu gaisa kvalitāti.
7. Modernizējot mācību kabinetus, apsvērt iespēju uzstādīt iekštelpu gaisa kvalitātes mērierīces, lai ikdienā būtu iespējams sekot līdzī CO₂ un citu veselībai svarīgu mikroklimata rādītāju svārstībām.
8. Renovējot mācību telpas, apsvērt iespēju ierīkot atbilstoša inženiertehniskā risinājuma mehānisko ventilāciju, kas nodrošinātu svaiga gaisa pieplūdi prognozētajam maksimālajam skolēnu skaitam klasē, bet nepārsniegtu optimālo gaisa plūsmas ātrumu, lai neradītu diskomfortu izglītojamajiem un pedagogiem, vai arī pārskatīt iespējas atjaunot/uzlabot esošo dabiskās pasīvās ventilācijas sistēmu.
9. Informēt un izglītēt skolas darbiniekus, pedagogus, skolēnus un viņu vecākus/aizbildņus par prasībām iekštelpu gaisa kvalitātei un drošībai, t.sk. vēlamo mācību telpu ventilācijas intensitāti, CO₂ līmeņiem un paaugstinātas CO₂ koncentrācijas ietekmi uz veselību.

Pielikums

ESF projekta „Kompleksi veselības veicināšanas un slimību profilakses pasākumi” (Nr. 9.2.4.1/16/I/001) darbības Nr.6.1.16 „Izglītības iestāžu vides kvalitātes un drošuma pētījums” rezultāti Latvijas vispārīzglītojošajās mācību iestādēs 2017./2018. mācību gadā

Telpas ID*	Ventilācijas veids**	Ierakstīšanas laiks***	Ventilācijas apjoms ¹⁸	CO ₂ koncentrācija ¹⁹		Maksimālais skolēnu skaits	Izglītojamā vieta*** ²⁰	Iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāji				Mācībām veltītais laiks****			
				vid	max			CO	RH	T	Patm	Kopā	CO ₂	CO ₂	CO
													>1000 ppm	>2500 ppm	>9 ppm
				d/n	l/s			ppm	ppm	ppm	%	°C	hPa	h	%
1	D/P	4.1	0.7	2634.4	3336.2	24	2.08	0.00	59.2	20.4	988.7	73.5	100%	59%	0%
2	D	4.2	1.1	1954.1	2655.4	28	1.86	0.01	28.1	21.1	996.0	71.0	99%	27%	0%
3	D	4.2	1.2	2247.1	3336.1	27	1.88	0.00	.	.	996.3	59.5	100%	22%	0%
4	D/M/P	4.0	1.9	2641.8	4216.1	25	1.60	0.00	61.3	19.5	1006.2	78.8	100%	61%	0%
5	D/P	4.1	2.0	1986.1	2920.4	21	2.36	0.00	52.6	20.8	988.2	65.9	100%	7%	0%
6	D/P	4.2	2.0	1862.8	2949.3	27	2.12	0.00	26.8	21.9	1014.2	34.8	80%	40%	0%
7	D/M/P	4.0	2.1	2083.4	3639.9	29	1.62	0.00	.	.	1006.4	62.2	100%	13%	0%
8	D	4.1	2.1	1678.7	2465.3	18	2.78	0.00	.	.	1003.5	50.7	99%	0%	0%
9	D	4.2	2.4	1983.6	2702.1	25	1.80	0.00	31.7	20.2	995.8	74.1	100%	23%	0%
10	D/P	4.2	2.7	2054.9	3404.1	33	1.63	0.01	29.5	19.0	1022.8	88.2	87%	19%	0%
11	D/M	4.2	2.7	1699.9	3168.1	27	1.96	0.00	.	.	1009.8	62.6	91%	20%	0%
12	D/P	4.2	2.7	1211.5	2008.2	36	1.57	0.00	.	.	1002.8	87.2	64%	0%	0%
13	D	4.2	2.9	2269.4	3117.6	24	1.82	0.23	31.7	21.4	1020.3	59.0	100%	40%	0%
14	D/M	4.2	3.0	2338.9	3427.3	29	1.87	0.00	42.8	19.2	1010.0	100.1	96%	60%	0%
15	D/M	4.2	3.0	1876.0	2676.7	27	1.95	0.01	27.5	21.5	1010.3	48.7	100%	4%	0%
16	D/P	4.2	3.1	2046.5	2919.3	23	2.66	0.00	.	.	1002.2	80.7	100%	12%	0%
17	D	4.2	3.1	1710.2	2992.3	33	1.54	0.00	.	.	1022.1	106.7	100%	3%	0%
18	D/P	4.2	3.2	1668.1	2647.0	27	1.85	0.00	28.0	22.0	995.8	73.2	99%	2%	0%
19	D/P	4.2	3.2	1830.6	3873.1	30	1.73	0.00	28.9	23.1	995.1	78.9	97%	22%	0%
20	D	4.1	3.3	2476.3	3657.0	25	2.04	0.08	27.8	22.6	996.3	89.4	99%	58%	0%
21	D/P	4.2	3.5	1698.2	2273.5	15	2.93	0.00	.	.	1020.6	36.6	93%	0%	0%
22	D	4.1	3.5	1447.2	2204.7	28	2.60	0.00	41.9	21.4	1009.0	69.1	98%	0%	0%
23	D/P	4.1	3.5	2033.1	2849.1	24	2.51	0.00	.	.	988.1	39.7	99%	20%	0%
24	D/P	4.2	3.6	1747.3	2871.6	27	2.67	0.00	.	.	1023.0	112.3	98%	2%	0%
25	D/M/P	4.0	3.7	1554.0	2426.4	27	2.78	0.00	42.8	20.6	1007.2	69.8	96%	0%	0%
26	D	4.2	3.9	1612.5	2235.5	16	2.39	0.02	29.0	22.2	1020.3	68.3	100%	0%	0%
27	D/P	4.2	4.2	1604.9	2283.0	24	2.39	0.00	17.3	23.1	1023.9	62.8	100%	0%	0%
28	D	4.1	4.2	1065.7	1487.2	12	2.78	0.00	30.7	23.2	999.5	25.2	56%	0%	0%
29	D	4.2	4.4	1713.1	2462.5	21	2.91	0.00	36.6	21.0	1003.0	75.6	99%	0%	0%
30	D	4.2	4.5	1740.7	2711.1	24	2.55	0.00	40.5	22.4	1002.5	83.7	100%	7%	0%

¹⁸ PVO rekomendētais optimālais ventilācijas apjoms vienam cilvēkam ir 7 l/s, minimālais – 3 l/s.

¹⁹ PVO rekomendētais CO₂ līmenis mācību telpā nodarbību laikā < 1000 ppm.

²⁰ MK 27.12.2002. noteikumu Nr.610 „Higiēnas prasības vispārējās pamatizglītības, vispārējās vidējās izglītības un profesionālās izglītības iestādēm” 24.1 apakšpunktā izvirzītā prasība nosaka minimālo platību viena izglītojamā vietai mācību telpā – 2 m².

Telpas ID*	Ventilācijas veids**	Ierakstīšanas laiks***	Ventilācijas apjoms	CO ₂ koncentrācija		Maksimālais skolēnu skaits	Izglītojamā vieta**** ²¹	Iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāji				Mācību nodarbību laiks*****			
				vid	max			CO	RH	T	Patm	Kopā	CO ₂	CO ₂	CO
				ppm	ppm			vid	vid	vid	vid		>1000 ppm	>2500 ppm	>9 ppm
				d/n	l/s			ppm	ppm	m ²	ppm		%	°C	hPa
31	D/P	3.2	4.5	1448.1	1984.5	29	2.05	0.01	33.6	22.0	1005.9	50.2	84%	0%	0%
32	D/P	4.1	4.6	1629.4	2270.3	25	2.24	0.00	.	.	1011.0	40.9	92%	0%	0%
33	D/P	4.1	4.6	1349.0	2251.2	27	2.12	0.00	39.9	21.9	1008.8	83.6	85%	0%	0%
34	D/P	4.0	4.7	1959.7	2944.3	24	2.05	0.15	48.3	21.6	981.9	74.7	100%	12%	0%
35	D/P	4.1	4.8	1765.7	2151.5	30	1.97	0.00	.	.	1007.4	114.6	100%	0%	0%
36	D/P	4.0	4.8	1352.5	2873.5	21	3.46	0.00	27.0	22.7	1011.1	72.3	45%	12%	0%
37	D/M	4.2	5.0	1541.9	2402.0	30	2.15	0.00	23.4	24.9	996.2	76.9	93%	0%	0%
38	D/P	4.2	5.2	1774.8	2706.8	28	1.90	0.00	26.6	19.4	1023.7	67.9	100%	0%	0%
39	D/P	4.2	5.2	1537.5	2217.5	23	2.82	0.00	25.8	20.8	1013.0	53.4	93%	0%	0%
40	D	3.1	5.4	1758.6	2379.2	24	2.55	0.00	.	.	1004.8	56.8	100%	0%	0%
41	D/P	4.0	5.4	1454.2	2332.4	23	2.79	0.00	38.1	22.0	982.4	66.8	99%	0%	0%
42	D/P	4.1	5.4	1247.7	1572.7	12	3.02	0.00	56.8	20.9	989.5	13.7	73%	0%	0%
43	D/P	4.2	5.5	1964.5	2755.0	32	1.49	0.00	.	.	994.3	119.4	100%	3%	0%
44	D/P	4.2	5.5	1332.1	1789.4	26	2.16	0.00	20.3	25.3	1001.9	51.2	93%	0%	0%
45	D/P	4.2	5.6	1457.2	2091.3	29	2.07	0.00	.	.	1013.2	45.6	89%	0%	0%
46	D	4.1	5.8	1249.7	2093.0	26	2.00	0.12	63.3	20.6	1003.3	52.2	82%	0%	0%
47	D/M	4.0	5.9	2019.8	3024.8	21	2.87	0.00	.	.	981.9	61.1	100%	33%	0%
48	D	4.1	6.0	968.0	1412.9	12	4.17	0.00	50.3	21.3	1004.3	11.7	25%	0%	0%
49	D	4.1	6.1	1083.4	2037.0	15	3.31	0.00	.	.	999.0	58.6	45%	0%	0%
50	D/P	4.2	6.1	1375.1	1919.5	25	3.02	0.00	13.8	23.3	1023.9	54.8	100%	0%	0%
51	D/P	3.1	6.6	1356.5	1965.6	29	2.61	0.00	38.4	19.8	1005.8	55.2	81%	0%	0%
52	D/P	4.1	6.6	1029.9	1615.2	13	3.81	0.01	28.5	24.4	998.8	29.4	43%	0%	0%
53	D/P	3.1	6.9	1459.4	2500.0	28	1.95	0.03	20.3	24.0	1007.2	63.2	100%	0%	0%
54	D/P	4.2	7.5	1234.4	1885.3	24	2.32	0.00	27.2	18.5	1003.1	55.2	64%	0%	0%
55	D/P	3.1	8.1	1019.3	2034.0	30	1.93	0.00	16.6	23.2	1007.8	79.6	20%	0%	0%
56	D/M	4.0	9.3	1080.5	1624.4	5	6.70	0.00	.	.	988.7	16.2	70%	0%	0%
Kopā/vidēji		226	4.3	1677.1	2549.1	24.4	2.41	0.01	34.6	21.7	1004	3613	88%	10%	0%

*Telpas ID jeb identifikācijas numurs ir iegūts, sakārtojot datus atbilstoši ventilācijas intensitātes (l/s) rezultātiem, sākot no zemākās vērtības. Tabulā norādītais ID neatbilst mācību telpas ID Pētījuma īstenošanas grafikā.

**D – dabiskā ventilācija jeb vēdināšana, M – mākslīgā ventilācija, P – dabiskā pasīvā ventilācija (kanāli jeb šahtas).

***Pētījums tika veikts vienā skolā vienu mācību nedēļu (no pirmdienas līdz piektdienai, izņemot gadījumus, kad kāda no darba nedēļas dienām bija svētku diena). Mikroklimata rādītāju automātiskā ierakstīšana datu nesējā notika ar vienas minūtes intervālu visu diennakti. Tabulā norādītais diennakšu (d/n) skaits ir atkarīgs no tā, kad mērierīce tika uzstādīta Pētījuma uzsākšanas dienā, bet noslēguma dienā – noņemta.

**** Mācību vietas platība vienam izglītojamajam aprēķināta atbilstoši telpas izmēriem un Pētījuma laikā konstatētajam maksimālajam skolēnu skaitam mācību stundu laikā.

*****Lai iegūtu ticamus un salīdzināmus ventilācijas rezultātus, analīzei tika izmantoti mācību nodarbību (stundas, grupu konsultācijas, pagarinātās dienas grupas, ārpusstundu nodarbības) laikā iegūtie rādītāji.