

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

**IEKŠTELPU GAISA PIESĀRŅOJUMS PIRMSSKOLAS VECUMA BĒRNU
IZGLĪTĪBAS IESTĀDĒS**

BAKALaura DARBS

Autors: Edmunds Mekers
Stud.apl.nr.: em16064
Darba vadītāja: Iveta Šteinberga
Asoc. Prof., Dr.Ģeogr.

RĪGA 2019

ANOTĀCIJA

Bakalaura darba “Iekštelpu piesārņojums pirmsskolas vecuma bērnu izglītības iestādēs” analizēts un aprakstīts iekštelpu vides vispārīgs raksturojums un hipotētiskie piesārņojuma avoti. Eksperimentālā daļā veikti oglekļa dioksīda (CO₂), cieto daļiņu PM_{2.5}, PM₁₀, formaldehīda (HCHO), gaistošo savienojumu (TVOC) vielu un mikroklimate (temperatūra, relatīvais mitrums) mērījumi. Laika posmā no 2019. gada ziemas līdz 2019. gada pavasarim apmeklētas 3 pirmsskolas izglītības iestādes (PII) – divas Rīgā, Ziepniekkalnā un viena Iecavā. Iegūtie rezultāti salīdzināti ar normatīviem un Pasaules veselības organizācijas (PVO) rekomendējamajiem normatīviem.

Atslēgas vārdi: pirmsskolas izglītības iestādes, iekštelpu vides kvalitāte, CO₂, mikroklimate, formaldehīds, gaistošie organiskie savienojumi.

ANNOTATION

During the bachelor work “Indoor pollution in pre-school children education institutions” general characteristics of indoor environment and hypothetical sources of pollution is analyzed and described. In the experimental part measurements of carbon dioxide (CO₂), particulate matter PM_{2.5}, PM₁₀, formaldehyde (HCHO), volatile compounds (TVOC) and microclimate (temperature, relative humidity) were measured. Between winter 2019 and spring 2019, 3 pre-school educational establishments were visited - two in Riga, Ziepniekkalns and one in Iecava. The results obtained are compared with the normatives and World Health Organization (WHO) recommended standards..

Keywords: pre-school educational institutions, indoor environment quality, CO₂, microclimate, formaldehyde, volatile compounds.

Saturs

IEVADS	5
1. LITERATŪRAS APSKATS.....	6
1.1. Iekštelpu gaisa piesārņojuma novērtējums	6
1.1.1. Iekštelpu gaisa piesārņojuma faktori.....	6
1.2. Slimās ēkas sindroms	11
1.3. Prasības iekštelpu vides kvalitātei bērnu izglītības iestādēs Latvijā.....	13
2. MATERIĀLI UN METODES	15
2.1. Metodika	18
3. REZULTĀTI UN ANALĪZE.....	19
3.1. Mikroklimate	19
3.2. Cieto daļiņu piesārņojuma līmenis.....	21
3.3. Oglekļa dioksīda piesārņojuma līmenis	23
3.4. Formaldehīdu piesārņojuma līmenis	25
3.5. Kopējo gaistošo savienojumu piesārņojuma līmenis	26
4. SECINĀJUMI.....	28
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	29
PIELIKUMI	32

IEVADS

Apvienotajā Karalistē veiktais pētījums liecina, ka trīs ceturtdaļas no valstī dzīvojošajiem bērniem vecumā no 5-12 gadiem dienā ārā pavada mazāk laika nekā to dara ieslodzītie, tas ir, mazāk par stundu vai pat pusstundu. Bērni saskarsmei ar apkārtējo vidi izmanto datorprogrammas un to piedāvātās iespējas, komunikācijā ar draugiem – jaunākās tehnoloģijas un datorspēles. Bērnam esot jaunam, laiku un to, kā tas tiek pavadīts pie tehnoloģijām, vecāks var kontrolēt un pat vērst par labu, taču par gaisu, ko bērns elpo, atrodoties iekštelpās, visticamāk netiek padomāts (Carrington, 2016).

Runājot par piesārņojumu, bieži vien tas tiek saistīts ar mašīnu izplūdes gāzēm, rūpnīcu radīto piesārņojumu - ārtelpu piesārņojumu, taču reti kurais aizdomājas par iekštelpu gaisa kvalitāti. Pētījumi liecina, ka cilvēks, kurš dzīvo pilsētā, 80% no sava laika pavada iekštelpās un ka iekštelpu gaiss var būt tik pat piesārņots vai visbiežāk pat piesārņotāks nekā ārtelpu gaiss. Tam avoti var būt dažādi – mājas it kā nosiltinātas, taču tai pat laikā “neelpojošās” sienas, telpu nepietiekamā vēdināšana, ventilācijas sistēmu trūkumi, kā arī kļūdas ēku ekspluatācijā (Norhidayah et. al. 2013).

Cilvēku tendence pavadīt vairāk laiku iekštelpās visticamāk nemainīsies, jo mūdienu tehnoloģijas un to piedāvātās iespējas ļauj lielāko daļu darba izdarīt mājās. Pārlietu mazā uzturēšanās svaigā gaisā tieši ietekmē cilvēka, it īpaši bērna veselību, taču biežāk problēmas izskaidro ar stresu, bezmiegu vai nepareizu uzturu. Tikai dažreiz ārsti mēdz ieteikt vecākiem laist savus bērnus sportiskās, ārpuskolas aktivitātēs. Reti kurais iedomājas, ka gaiss, kuru elpojam un laiks, kuru pavadam četrās sienās, ir viens no svarīgākajiem iemesliem veselības problēmām.

Bakalaura **darba mērķis** – veikt iekštelpu gaisa kvalitātes novērtējumu pirmsskolas vecuma izglītības iestādēs (PII), sniegt rekomendācijas situācijas uzlabošanai bērnudārzos.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

1. Sagatavot vispārīgu apskatu par iekštelpu vides piesārņojuma specifiskāciju, galvenajiem piesārņojuma avotiem un iespējām to novērtēt.
2. Izvēlēties PII darba eksperimentālās daļas izstrādei.
3. Apgūt mērījumu metodi, izvēlēties monitoringa vietas.
4. Veikt iekštelpu vides kvalitātes mērījumus.
5. Sistematizēt un apstrādāt iegūtos rezultātus, veikt analīzi.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Iekštelpu gaisa piesārņojuma novērtējums

Iekštelpu gaisa kvalitāte ir nozīmīgs faktors bērna ikdienas dzīvē. Bērnudārzos bieži novērojama situācija, ka bērni ir pastāvīgi aktīvi, taču telpas netiek vēdinātas vai vēdinātas ļoti reti. Sintētiskas grīdas, mēbeles, plastikāta logi, ventilācijas problēmas – tas viss traucē bērna spēju pienācīgi mācīties jaunas lietas, koncentrēties uz apkārt notiekošo, kā arī ietekmē jau tā vājo imunsistēmu un rada nopietnas veselības problēmas (Kalimeri et al. 2016).

Iekštelpu piesārņojuma avoti, kas izdala dažādas gāzes vai daļiņas gaisā, ir galvenais cēlonis iekštelpu gaisa kvalitātes problēmai. Nepietiekama ventilācija var palielināt piesārņojošo vielu daudzumu iekšelpās, nenodrošinot nepieciešamo gaisa cirkulāciju telpā. Augsta temperatūra un pārāk zems vai pārāk augsts mitruma līmenis arī var palielināt dažu piesārņojošo vielu koncentrāciju, piemēram, formaldehīdu (HCHO) un oglekļa dioksīda (CO₂) koncentrācijas. Ir vairāki iekštelpu gaisa piesārņojuma avoti (Barron, Torero 2017):

1. Tabakas dūmi;
2. Ēkas celtniecībā un apdarē izmatotie materiāli:
 - a. Azbestu saturoši celtniecības un izolācijas materiāli;
 - b. Tikko ielikta grīda, paklājs;
 - c. Mēbeles, kas izgatavotas no atsevišķiem presēta koka izstrādājumiem.
3. Mājsaimniecības tīrīšanas un uzkopšanas līdzekļi, personālās higiēnas līdzekļi;
4. Centrālās apkures un dzesēšanas sistēmas;
5. Gāzes, piemēram, radons (Rn) un oglekļa monoksīds (tvaņa gāze, tvans);
6. Mēbeles vai kāds cits izstrādājums no koka, kas tika ražots no sapresēta koka materiāliem.

Katra avota relatīvais nozīmīgums vērtējums atkarībā no tā, cik lielu piesārņojumu tas nodara un cik bīstamas ir tā radītās emisijas. Piemēram, nepareizi pievienota gāzes plīts ar gāzes balonu var izdalīt daudz vairāk oglekļa monoksīda (CO) nekā tā gāzes plīts, kura ir pievienota pareizi.

1.1.1. Iekštelpu gaisa piesārņojuma faktori

Bērni skolās un PII pavada apmēram 30% no savas dienas, no tiem 70% - klases telpās. Ņemot vērā viņu intensīvo elpošanu, attīstības stadijā esošās plaušas un imunsistēmas, bērni ir daudz

jūtīgāki pret gaisā esošajām vielām, salīdzinājumā ar pieaugušajiem. Plaušu attīstība turpinās visu bērnību un to veiktspēja aug vismaz līdz pusaudža vecumam. Gaisā esošais ķīmiskais piesārņojums var radīt neatgriezeniskas izmaiņas bērna veselībai un dažas problēmas var rasties tikai vēlāk dzīvē. Tieši tāpēc iekštelpu gaisa kvalitātei skolās un PII ir milzīga nozīme (Kalimeri et al. 2016).

Mikroklimats.

Temperatūra ir viens no rādītājiem, kuru ietekmi jūtam patstāvīgi un uzreiz, kad notiek kādas izmaiņas tajā. Tas ir viens no rādītājiem, kurš var mirkļa laikā radīt mums komfortu vai tieši otrādi – diskomfortu. Svarīgs noteicējs tam, vai mēs jūtamies komfortabli silti, ir tam, ko mēs tai brīdī daram un ko darījām pēdējās stundas laikā. Piemēram, sportiskas aktivitātes cilvēku ķermeni sasilda, taču intensīvas aktivitātes ķermeni sasilda pastiprināti, izdalās sviedri un tas jau tiek uzskatīts par diskomfortu.

Audzēkņi bērnudārzos parasti ir enerģijas pilni, var novērot bērnu atrašanos patsāvīgā kustībā, tāpēc temperatūrai ir svarīga nozīme tieši iekštelpās. Temperatūra, kas ir zemāka par 18°C, iekštelpās tiek uzskatīta par diskomforta temperatūru un pēc bērnu intensīvām aktivitātēm tā var veicināt pārāk strauju ķermeņa atsilšanu un radīt veselības problēmas, piemēram, saaukstēšanos (Lane 2011).

Vidējai jeb komforta temperatūrai bērnudārzos vajadzētu būt no 20-22°C, taču jāatzīmē, ka bērni uz temperatūras izmaiņām reaģē individuāli – ir bērni, kas pie augstākas temperatūras nejūt īsti siltumu un prasās uzvilkt vēl kādu siltāku apģērbu, taču ir bērni, kuri pie 18-19°C velk nost apģērba gabalu, jo ir par karstu. Svarīgi bērnudārzos ir tas, lai temperatūru klasē ir iespējams kontrolēt un lai tā būtu komforta robežās (Finell et al. 2018; Trompetter et al.2018).

Eiropas valstī ar iekštelpu mitruma problēmu saskaras apmēram 20–30% mājsaimniecību. Vislielākās problēmas skar tieši valstis, kurās ir mērens vai mitrs klimats, taču problēmas var rasties arī vietās, kur mājsaimniecību neskar klimata aspekts, bet ir pieļautas kļūdas ēkas ekspluatācijas laikā – piemēram, izvēlēts nepareizs materiāls ēku konstrukcijai; tāpat svarīga ir arī ventilācijas sistēmas, kas nodrošina gaisa apmaiņu. Iemesli, kas veicina paaugstinātu mitruma un pelējuma iedarbību (Wong et al. 2009):

1. Enerģijas taupīšana – cieši plastikāta logi, neelpojošas sienas vai tieši pretēji – sienas, kas nav pietiekami nosiltinātas un nodrošinātas no āra gaisa, kas ir ļoti svarīgi ziemas aukstajā laikā;
2. Nepietiekama ēku apsilde un ventilācija – auksts gaiss krasi palielina mitruma līmeni;
3. Neprecizitātes ēkas ekspluatācijā;

4. Sociālais faktors – ikdienas procesi mājoklī (grīdas, trauku, virsmu mazgāšana, veļas žāvēšana, mazgāšanās);
5. Klimata aspekts (vietās ar mērenu un mitru klimatu novērojams paaugstināts mitruma līmenis).

Relatīvo mitrumu un tā izmaiņas noteikt bez mērierīču palīdzības ir daudz grūtāk, salīdzinot ar temperatūras izmaiņu noteikšanu. Literatūras avotos notēkts, ka komforta mitruma līmenis iekštelpās ir robežās no 30 līdz 70% (Darba aizsardzības.. 2009). Pie augstāka mitruma līmeņa rodas pelējuma pēdas – parasti telpu stūros vai vietās, kur gaisa piekļuve ir apgrūtināta, piemēram, aiz mēbelēm. Tāpēc arī eksperti gadījumā, ja mājoklim ir paaugstināta mitruma problēma, iesaka starp mēbelēm un sienu nodrošināt mazu spraugu gaisa pieplūdei, taču arī tas parasti neizslēdz pelējuma rašanos. Pārlietu zems mitruma līmenis var radīt nepatīkamas sajūtas acīs, veicināt acu sausumu, var rasties diskomforta sajūtas elpceļos, kā arī visa ķermeņa āda kļūst sausāka. Preventīvie pasākumi mitruma samazināšanai (Wolkoff 2018):

1. Veļu žāvēt ārā. Ja izmazgāto veļu žāvē vannas istabā vai kādā no mājokļa telpām, jāieslēdz sildītājs vai jāatver logs;
2. Telpas regulāri jāvēdina, ieteicams vismaz reizi stundā uz 5-10 min, ja telpā atrodas cilvēks/-i;
3. Jānodrošina mājoklim pietiekama siltumizolācija, temperatūrai nevajadzētu būt zemākai par 18°C, lai neradītu pozitīvus apstākļus mitruma pieaugumam;
4. Starp mēbelēm un sienu jāatsāj pietiekami liela sprauga, lai notiktu gaisa cirkulācija arī aizsegtaī sienai.

Līdzīgi kā ar temperatūru, arī uz noteiktu relatīvā mitruma līmeni katrs cilvēks reaģē individuāli, taču pētījumos pierādīts, ka augstāks mitruma līmenis (līdz 70%) ir draudzīgāks iekštelpu gaisa kvalitātei, kā arī cilvēka organisms labāk pieņem augstāku mitruma līmeni. Sūdzības par kairinājumu acīs un augšējos elpceļos ir divi visvairāk minētie simptomi sausam iekštelpu gaisam, simptomi novērojami, galvenokārt biroja telpās vai ēkās, kur ir diezgan moderna ventilācijas sistēma, kuras bieži vien gaisu padara pārāk sausu (Wolkoff 2018).

Kīmiskās vielas

Oglekļa dioksīds (CO₂) ir bezkrāsaina gāze, kurai pie mazām koncentrācijām smaržu nevar just, taču lielākā koncentrācijā jūtama asa, skābena smarža. Tieši oglekļa dioksīds tiek uzskatīts par vienu no iekštelpu visvairāk piesārņojošajām vielām. Oglekļa dioksīda koncentrācijai

nevajadzētu pārsniegt 1000 ppm, taču jaunākie pētījumi liecina, ka koncentrācijai būtu jābūt zemākai pat par 700 ppm (Santamouris et al. 2008).

Faktori, kas ietekmē CO₂ līmeni iekštelpās (Santamouris et al. 2008):

1. Cilvēku skaits telpā;
2. Cik ilgi cilvēki atradušies telpā;
3. Telpas lielums;
4. Gaisa ventilācija jeb apmaiņa – cik daudz svaigais gaiss ieplūst telpā;
5. Ārtelpu gaiss.

Mērot oglekļa dioksīda līmeni iekštelpās svarīga ir ne tikai iekštelpu gaisa kvalitāte, bet arī ārtelpu gaisa kvalitāte. Jāņem vērā objekta atrašanās vieta, tās apkārtni raksturojošās lietas, jo, piemēram, vieta, kur apkārt ir intensīva satiksme, gaisā būs vairāk CO₂ izplūdes gāzes, taču vietā, kur satiksme ir mazāka – CO₂ koncentrācija būs mazāka, līdz ar to arī objekts potenciāli var būt ar mazāku oglekļa dioksīda līmeni iekštelpās (United States.. S.a.).

Ir pierādīts, ka pie oglekļa dioksīda koncentrācijas, kas ir lielāka par 1000 ppm, cilvēks kļūst miegaināks, līdz ar to zūd koncentrācijas spējas, var sākt sāpēt galva un rodas nelabuma sajūta (United States.. 2018).

Formaldehīds (HCHO) ir gāze ar izteiktu, asu smaku, to iespējams sajūst, ja tā koncentrācija gaisā ir lielāka par 0,1 mg/m³. Tā ir kancerogēna, indīga un alergiska gāze un ir tiešā veidā saistīta ar iekštelpu vidi, jo tieši iekštelpās tās koncentrācija ir paaugstināta daudzo avotu dēļ. Šī gāze gan ir nosacīti jauna parādība iekštelpu gaisā un ir maz pētīta. Formaldehīda augstās koncentrācijas avotos ietilpst mēbeles un sadzīvē izmantojamie polimēri, kuru ražošanā tiek izmantoti formaldehīda sveķi, tāpat arī gāzes izdala krāsas pārklājumi uz dažādām virsmām, tapetes, paklāji, kā arī jaunie, modernie plastikāta logi rada papildus HCHO koncentrāciju. Formaldehīda koncentrāciju ir ļoti grūti neilgā laika posmā samazināt, tas izdalās lēnu - piemēram, pusizvadīšanās laiks no mebelēm var būt 2 – 3 gadi (Wang et al. 2019).

Pirms 20 gadiem tieksme pēc jauna, krāsaina un skaista interjera vienkārši nebija, tikai pēdējo gadu tendencēs ir iekārtot savu mājvietu vai PII gadījumā – bērnu pirmās izglītības vidi - pēc iespējas modernāku un atraktīvāku. Formaldehīda koncentrācijas gaisā paliek ilgu laiku un ir grūti samazināmas, līdz ar to bērns patstāvīgi ir pakļauts tā ietekmei. Par apmierinošu tiek uzskatīta koncentrācija iekštelpu gaisā, kas nepārsniedz 0,03 mg/m³, taču pie koncentrācijām, kas pārsniedz 0,1 mg/m³, sākas acu asarošana, deguna tecēšana. Koncentrācija, kas pārsniedz 0,5 mg/m³ izraisa ādas un elpceļu kairinājumu, var veidoties alergiskas reakcijas. Koncentrācija, kas pārsniedz 30

mg/m³ ir bīstama dzīvībai. Regulāra atrašanās telpā, kurā ir paaugstināta HCHO koncentrācija var novest arī pie plaušu problēmām, vēža (Wang et al. 2019; Lui et al. 2017).

Total volatile organic compounds (TVOC) jeb kopējie gaistošie savienojumi, parasti organiskas vielas, kas iekštelpu vidē visbiežāk izpaužas kā dažādas vairāk vai mazāk patīkamas smaržas. Ir vismaz 300 dažādu gaistošo savienojumu veidi. Koncentrācijas, kas ir lielākas par 1 mg/m³, tiek uzskatītas par paaugstinātām un var just mazu diskomfortu un elpceļu kairinājumu. Koncentrācijas, kas ir mazākas par 1 mg/m³ ir uzskatāmas par apmierinošām nerūpnieciskā iekštelpu vidē un izvairīties no to koncentrācijas nav iespējams. Pēc ilgākas uzturēšanās telpā, kur TVOC koncentrācijas ir augstas – tātad jūtama arī kāda izteikta smarža, neatkarīgi no tā vai tā ir patīkama vai nē, var radīties stipras galvassāpes, slikta dūša, vemšana un reiboņi. Tas gan vairāk saistīts ar rūpniecisku vidi, kad ieteicams velkāt aizsarglīdzekļus, kas neļauj ieelpot savienojumus tik lielās koncentrācijās, kā arī regulāri nomainīt vidi, pabūt telpā/ vietā, kur TVOC koncentrācijas ir zemākas (Chi et al. 2016; Berglund et al. 1997).

Avoti var būt daudz un dažādi, piemēram, smaržas, dažādi mazgāšanas, dezinfekcijas līdzekļi, jaunas mēbeles, līmes un krāsošanas piederumi (bērnudārzos). Ir pierādīts, ka TVOC tiešā veidā korelē ar telpas relatīvo mitrumu. Jo lielāks relatīvais mitrums, jo vairāk un dažādāki gaistošie savienojumi izdalās iekštelpu vidē (Stammatelopoulou et al. 2019).

Ārtelpu gaiss.

Vērtējot iekštelpu gaisa kvalitāti, nozīmīgs faktors ir ārtelpu gaisa kvalitātei. Piesārņotais gaiss telpās iekļūst caur ventilācijas sistēmām, logiem, taču bieži vien problēmas rodas pie gaisa apmaiņas – piesārņotais gaiss nereti paliek iekštelpās, jo cieši nosiltinātās sienas, ciešie plastikāta logi gaisam neļauj tik viegli izplūst laukā. Par nozīmīgām ieplūdušajām vielām uzskatāmas cietās daļiņas (PM₁₀ un PM_{2,5}), benzols un oglekļa dioksīds (Andersen 1972).

Cietās daļiņas

Particulate matter (PM) jeb cietās daļiņas jeb dažāda veidi putekļi gaisā sastopami dažādos izmēros – no pavisam sīkām putekļu daļiņām 0,001 – 2,5 μm, kuras gaisā ar speciālas aparatūras palīdzību ir grūti saskatīt, līdz pat 2,5 – 10 μm lielām daļiņām, kuras ikdienā varam novērot, piemēram, uz dažādām virsmām.

Ārtelpu gaisā cieto daļiņu avoti ir vairāki – no antropogēnajiem faktoriem var minēt automašīnu izplūdes gāzes, cietā kurināmā izmantošanu mājsaimniecībās, kā arī ceļu segumu eroziju. PM daļiņas gaisā veidojas arī, gaisam reaģējot ar gāzveida piesārņotājiem, piemēram,

slāpekļa oksīdiem, kas veidojas pamatā automašīnu izplūdes gāzu rezultātā, kā arī dažādu degšanas procesu rezultātā veidojošos sēra dioksīdu (SO₂) (Dedale, Miškinyte 2019).

Kamēr ārtelpu gaisam konkrētas normatīvās vērtības PM daļiņām ir noteiktas gan dienai, gan gadam, tad iekštelpu gaisam normatīvu nav. Iekštelpu gaisa PM daļiņu piesārņojuma avoti ir dažādi – tie var būt telpā esošie paklāji, mīkstās rotaļlietas vai mīkstās mēbeles, kas pastiprināti tur sevī putekļu daļiņas, tāpat putekļi rodas no nemazgātām virsmām, ziemā – arī no ārtelpu vides ienesta smilts-sāls maisījuma. Nozīmīga loma ir arī ārtelpu gaisam, kas ieplūst iekšēlpās, telpas vēdinot (Stammateopoulou et al. 2019).

Ņemot vērā to, ka cilvēks vidēji 80% no sava laika pavada iekšēlpās, tad pēdējos gados ar vien vairāk tiek pētīts ārtelpu gaiss un par vienu no bīstamākajiem piesārņojuma avotiem tiek uzskatītas tieši cietās daļiņas. Ir izpētīts, ka tieši PM_{2,5} daļiņas rada nopietnākās veselības problēmas – tās vār ilgu laiku uzturēties gaisā (pat vairākas nedēļās), tās vieglāk ir ieelpot, tām nonākot elpošanas orgānu sistēmās. Īpaši jutīgi ir bērni, vecāki cilvēki un hroniskie slimnieki. Pierādīts, ka PM daļiņas būtiski ietekmē plaušu attīstību bērniem. Veselības traucējumi, kuri var rasties PM ietekmē, var būt tūlītēji, piemēram, acu un ādas kairinājums, sauss kakls, iesnas, klepus, nogurums, koncentrēšanās zudums un galvassāpes, kā arī veselība var pasliktināties nopietnāk - saslimstot ar elpošanas orgānu un sirds-asinsvadu slimībām, kā arī pavisam nopietnos gadījumos iepriekšminētās slimības var novest pie cilvēka nāves (Stammateopoulou et al. 2019; Trompeter et al. 2018).

1.2. Slimās ēkas sindroms

Cilvēks līdz pat 80% no savas dzīves pavada vai nu savā darba vietā vai savās mājās, tāpēc ir svarīgi, lai iekšēlpu gaiss būtu kvalitatīvs un cilvēks justos labi. Nekvalitatīvs iekšēlpu gaiss rada neveselīgus apstākļus cilvēkiem, kuri tajās atrodas un, uzturoties šādā vietā regulāri (piemēram, bērni PII), var rasties simptomi, kas ir izskaidrojami ar slimās ēkas sindromu (SĒS) (Norhidayah et. al. 2013).

Jēdziens “slimās ēkas sindroms” izskaidrojams ar medicīnisku kondīciju, kad cilvēks ēkā cīnās ar slimības simptomiem vai vienkārši jūtas slikti. Problēmas radās jau 20. gadsimta 70. gadu sākumā enerģētiskās krīzes laikā, kad tika uzsāktas kampaņas par enerģijas taupīšanu un iekšēlpās krasi samazināja ventilāciju, kas noveda pie straujas iekšēlpu gaisa kvalitātes pasliktināšanās, jo

kaitīgās vielas, piemēram, baktērijas, putekļi u.c. vielas uzkrājās iekštelpu vidē (Crook, Burton 2010).

Problēmas var parādīties dažādās vietās - ēkās, ofisos, slimnīcās un skolās, taču bieži vien tās pazūd, kad cilvēks atrodas ārpus telpas. Pierādīts, ka slimās ēkas sindroms pasliktina cilvēka darba spējas, pazemina koncentrācijas spējas, palielina miegainību un saslimšanas risku. Daži visbiežākie SĒS simptomi (Shan et al. 2016); (Norhidayah et. al. 2013):

1. Kairinājuma sajūta acīs, sausas vai asarojošas acis (izskaidrojams arī ar niezi, nogurumu, apsārtumu acīs, tāpat arī grūtībām nēsāt kontaktlēcas);
2. Kairinājuma sajūta degunā, iesnas, deguna aizlikums (dažreiz pieredzēta arī deguna asiņošana);
3. Sausa vai sāpoša kakla (izskaidrojams arī ar grūtībām norīt ēdienu, kairinājumu augšējos elpceļos);
4. Sausums, nieze vai kairināta āda, reizēm ar izsitumiem;
5. Mazāk specifiski simptomi, piemēram, galvassāpes, pasliktināta koncentrācija vai slikta emocionālā noturība.

Pastiprināta uzmanība jāpievērš gadījumā, ja veselības problēmas parādās, atrodoties iekštelpās, taču pazūd, kad neatrodies attiecīgajā ēkā. SĒS problēma galvenokārt novērojama padomju laika tipa ēkās, kuru konstrukcijas jau ir novecojušas, telpu apdare bieži vien nav atjaunota, higiēniskie un sanitārie apstākļi ir zemā līmenī, kas rada lielāku iespēju problēmas eskalācijai, taču problēmas rodas arī jaunā tipa ēkās, kuras būvētas no izturīgākiem un lētākiem materiāliem, taču trūkst informācijas par to, vai šie materiāli ir veselībai droši. Par SĒS galvenajiem avotiem tiek uzskatītas līmes, krāsas, saistvielas, ko lieto ēku konstrukcijas materiālos, pelējums, sēnīte ēku sienās, vīrusi un baktērijas, putekļi un putekšņi, dažādu ierīču izdalītās ķīmiskās vielas (oglekļa monoksīds no gāzes plīts), tabakas dūmi, kā arī ārtelpu gaiss, kas ieplūst iekštelpās (Bonney 2007).

Pētījumos pierādīts, ka iekštelpu gaisa piesārņojums ir iemesls 2,7 procentiem saslimšanas gadījumu pasaulē. Lai gan koncentrācijas bieži vien nav lielas un piesārņojuma avotu iekštelpās ir ļoti daudz, ir vairāki preventīvie pasākumi SĒS gadījumā (Crook, Burton 2010):

1. Ventilācijas uzlabošana telpās;
2. Paklāju aizvietošana ar linoleju vai flīzēm (putekļi, ērcītes);
3. Telpu regulāra uzkopšana;
4. Telpu gaisa ozonēšana alergiju izraisošo daļiņu iznīcināšanai;

5. Gaisa mitrinātāju lietošanas samazināšana;
6. Ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmu regulāra attīrīšana

Jāatzīmē, ka zinātniskie pētījumi par iekštelpu gaisa kvalitāti ir ļoti maz, pētījumi netiek veikti pietiekami, taču var teikt, ka cilvēki paši īsti nepievērš uzmanību gaisam, ko tie ikdienā elpo iekštelpās – gluži vienkārši cilvēkam, kuram nav alerģiju vai hronisku slimību, SĒS simptomu parādīšanās neiedvesīs nekādas izmaiņas domāšanā, jo problēmas tiek attaisnotas ar pārlietu mazu miega daudzumu vai stresu darbā un/vai skolā, kaut gan tieši stresu var minēt kā SĒS simptomu pastiprinošu faktoru. Pētījumus būtu nepieciešams veikt biežāk, jo ar vien vairāk tiek domāts par ekonomiskajiem faktoriem ēku būvniecībā, taču mazāk – par veselības problēmām, kas var rasties ēkas ekspluatācijā.

1.3. Prasības iekštelpu vides kvalitātei bērnu izglītības iestādēs Latvijā

Minimālās prasības gaisa temperatūrai izglītības iestādēs dažādās telpās ir sekojošas: mācību telpa +18°C, aktu zāle +18°C, sporta zāle +18°C, dušas telpa +20°C, tualete +18°C, garderobe +18°C, dienesta viesnīcas guļamtelpa +18°C, dienesta viesnīcas sadzīves telpa +18°C (Higiēnas prasības.. 2002).

Attiecībā uz ventilāciju - mehānisko pieplūdes un vilkmes ventilāciju ierīko mācību telpā, kurā veic laboratorijas darbus ar ķīmiskām vielām, un telpās, kur uzglabā ķīmiskās vielas. Tuaeletē un dušas telpā ierīko mehānisko vilkmes ventilāciju. Mehāniskās pieplūdes ventilāciju ierīko tā, lai tualetē un dušas telpā nodrošinātu pietiekamu gaisa apmaiņu. Telpu, kur nav ierīkota mehāniskā ventilācija, regulāri vēdina. Mācību telpu pēc katras mācību stundas vēdina vismaz 10 minūtes (ziemā – vismaz 5 minūtes). Gaiteni, atpūtas un rekreācijas telpu pēc katra starpbrīža vēdina vismaz 10–20 minūtes (ziemā – vismaz 5 minūtes) (Higiēnas prasības.. 2002).

Relatīvā mitruma līmeņa robežas izglītības iestādēm nav definētas, taču pielīdzināt komponenti var likumam par darba aizsardzības prasībām, kur minēts, ka darba vietās relatīvā mitruma līmenim jābūt no 30 līdz 70% (Darba aizsardzības.. 2009).

Cieto daļiņu normatīvās koncentrācijas iekštelpu gaisam nav noteiktas, taču tās var pielīdzināt ārtelpu gaisa noteiktajiem normatīviem– PM_{2,5} daļiņām vidējā dienas koncentrācijas robežvērtība gada griezumā ir 25 µg/m³, turpretī PM₁₀ daļiņām vidējā dienas koncentrācijas robežvērtība gada griezumā ir 40 µg/m³ (šo vērtību nedrīkst pārsniegt vairāk kā 35 reizes gadā), turpretī dienas robežlielums ir 50 µg/m³ (Noteikumi par.. 2009).

Stingras formaldehīdu vai gaistošo savienojumu robežvērtības Latvija un pasaulē nav noteiktas. Tās ir salīdzinoši jaunas piesārņojošās vielas, kurām tikai pēdējo gadu laikā tiek pievērsta lielāka uzmanība. Jaunākajos pētījumos tiek noskaidrotas aptuvenās ieteicamās vērtības, kuras nerada veselības traucējumus, piemēram noteikts, ka HCHO koncentrācijām būtu jābūt zemākām par $0,03 \text{ mg/m}^3$, pie koncentrācijām, kas lielākas par $0,1 \text{ mg/m}^3$, var rasties dažādi veselības traucējumi. Savukārt pētījumos nav noteiktas TVOC koncentrācijas, pie kurām var rasties nopietnas veselības problēmas. Iekštelpu gaisā TVOC visbiežāk sastopamas kā vairāk vai mazāk patīkamas smaržas, līdz ar to, jo augstāka koncentrācija, jo spēcīgāka smarža, kas var novest pie galvassāpēm, viegla reiboņa u.c. veselības traucējumiem (Wang et al. 2019; Stamatelopoulou et al. 2019).

2. MATERIĀLI UN METODEDES

Mērījumi tika veikti laika posmā no 2019. gada ziemas līdz 2019. gada pavasarim. Tika mērīta gaisa temperatūra un gaisa relatīvais mitrums, oglekļa dioksīda, cieto daļiņu PM_{2.5}, PM₁₀ koncentrācija, kā arī HCHO un TVOC koncentrācijas divos Ziepniekkalna bērnudārzos un vienā Iecavas bērnudārzā. Mērījumi tika veikti sākot no paša rīta, kad bērni vēl nav telpā, līdz pat pusdienlaikam, kad bērni iet gulēt. Ik pa 30-40 minūtēm tikai veikts katrs mērījums – tabulas ar precīzu katru mērījumu katrā no sezonām var apskatīt 2.-6. pielikumā.

Iecavas PII ir vissenāk uzceltais bērnudārzs no trim apmeklētajiem, tas dibināts 1976. gadā. Kopā kopmpleksā 13 grupiņas. Grupiņas telpas, kuras var redzēt attēlā 2.1., 2.2.. renovētas 2010. gadā. Apkārt bērnudārzam ir dzīvojamās mājas un teritorijā ierīkots spēļu laukums, akmens dārzs, iestādīti koki. Galvenais ceļš, kas ved cauri Iecavai, atrodas apmēram 500 m attālumā no bērnudārza. Klusa un salīdzinoši zaļā apkārtnē. Grupiņā mācās 4-5 gadus veci bērni. Bērnu telpa ir 45 m² liela, pie maksimālās apmeklētības (grupiņā nedrīkst būt vairāk par 16 bērniem) un ieskaitot audzinātāju un aukli, vienam bērnam atvēlēti ir aptuveni 2,5 m² no kopējās telpas. Jāņem vērā arī tas, ka katrā grupiņā ir bērnu rotaļlietas, galdi u.c. lietas, kas šo platību samazina. Vieta, lai skraidītu, nav, taču bērni visos trīs bērnudārzos tika mācīti iekštelpās ievērot mieru un klusumu, cieņu vienam pret otru – tieši Iecavas bērnudārzā šo principu izpildi varēja novērot visizteiktāk!



2.1. attēls. Iecavas bērnudārza grupiņa (Autora foto)



2.2. attēls. Iecavas bērnudārza grupiņa (Autora foto)

Grupiņa atrodas ēkas otrajā stāvā, vienā telpā gan spēlējas, gan guļ. Pavisam kopā ir četri atverami plastikāta logi, zem logiem čuguna radiatoru. Telpā ieklāta linoleja grīda, uz tās arī liels paklājs. Atsevišķa telpa tulatei un dušai, kā arī maza telpa audzinātājam

Ziepniekkalnā mērījumi tika veikti divos bērnudārzos. Viens no bērnudārziem ir daļa no pilnvērtīgas vidusskolas – bērnudārzs skolas telpās ierīkots 2014. gadā projekta ietvaros, kura mērķis ir skolēnu skaita palielināšana un Ziepniekkalna apkaimē esošo bērnu piesaiste skolai. Pati skola dibināta 1989. gadā. Bērnudārza telpas ir labiekārtotas, iebūvēta kvalitatīva ventilācijas sistēma, piebūvēta atsevišķa ieeja. Bērnudārzam speciāli uzbūvēts arī slēdzams spēļu laukums skolas pagalmā, kas gan ir salīdzinoši mazos izmēros, taču nodrošina to, ka bērni neskraida nenozogotā laukā.

Grupiņa atrodas pirmajā stāvā, ar logiem uz skolas iekšpagalmu, telpai ir četri atverami plastikāta logi, ieklāta linoleja grīda un telpas galā ir mazs spēļu laukums ar paklāju (skat. 2.3., 2.4. attēlu). Grupiņā mācās 3 – 4 gadus veci bērni, kā arī viens bērns ir no ķīnas un ne viņš, ne vecāki nerunā latviski! Telpa bērniem ir apmēram 35 m² liela un pie maksimālās apmeklētības katram bērnam atvēlēta 1,9 m² liela platība. Šai telpā gan bērnu mēbeļu un spēļu “stūru” ir mazāk, taču līdzīgi kā Iecavas bērnudārzā, bērni savu enerģiju iztērēja ārtelpās, iekšā bija ļoti ziņkārīgi, taču ievēroja klusumu un pierādīja, ka ir iemācīti arī daži cieņas principi!



2.3. attēls. Ziepniekkalna bērnudārzs Nr. 1. (Autora foto)



2.4. attēls. Ziepniekkalna bērnudārzs Nr. 2. (Autora foto)

Otrais Ziepniekkalna bērnudārzs sastāv no diviem atsevišķiem korpusiem, kas atrodas viens otram blakus – viens ir vecais korpus, otrs – jaunais. Mērījumi tika veikti jaunajā ēkā, kura uzcelta 2009. gadā. Ēka ir ļoti moderna, ar ļoti atraktīvu vizuālo izskatu, taču tai ir problēmas ar ventilācijas sistēmu, tieši tāpēc mērījumi tikai veikti šai ēkas daļā. Salīdzinot ar veco ēku, šeit grupiņai atvēlēta viena liela telpa, kurā spēlējas un guļ. Atsevišķa telpa tulatēm un dušai. Kopumā pati lielāka un vizuāli izskatīgākā grupiņa, taču ir acīmredzamas ventilācijas problēmas, piemēram, telpā var atvērt tikai divus mazus logus, kuri nenodrošina pietiekamu ventilāciju (skatīt 2.5., 2.6. attēlus).

Tāpat arī PII grupiņā pieejamo mehānisko ventilācijas sistēmu neizmanto, jo tā padara gaisu ļoti sausu un telpā ļoti ātri paliek auksts gaiss. Telpu izdaiļo ļoti plašs logs, kurš nav atverams un ļauj iestartot ļoti daudz siltuma. Telpā uzreiz jūtams bezgaiss un augstā temperatūra. 2.6. attēlā var redzēt divus mazos logus, kas ir vienīgais veids, kā telpā nodrošinātu gaisa cirkulāciju.



2.5. attēls. Skats Ziepniekkalna bērnudārzā uz lielo, neatveramo logu (Autora foto)



2.6. attēls. Skats Ziepniekkalna bērnudārzā uz diviem vienīgajiem logiem (Autora foto)

Grupiņā mācās 3 – 4 gadus veci bērni, viens 5 gadus vecs. Telpa ir 60 m² liela un attiecīgi vienam bērnam pie maksimālas apmeklētības ir apmēram 3,3 m² atvēlēta vieta. Šis ir arī vienīgais bērnudārzs no trim apmeklētajiem kuram ir tik augsti griesti un tik liels (taču neatverams) logs, kas rada, ļoti lielu plašuma sajūtu. Šis bērnudārzs ir pretējs piemērs bērnu uzvedības ziņā – telpa ir ļoti liela un miera praktiski nav, bērniem ir daudz vietas, kur skraidīt. Tāpat arī cieņas primitīvākie principi netika novēroti, kas šādā vecumā ir ļoti vērtīgi, taču to varētu izskaidrot ar telpas lielumu un audzinātājas diezgan pasīvo iesaisti bērnu nodarbināšanā citādākos veidos!

Jāpiemin, ka, tika uzzināts arī negatīvs viedoklis tieši par šo bērnudārza jauno korpusu – audzinātāji un vecāki nav apmierināti ar vairākām lietām – piemēram, bērni spēlējas un guļ vienā un tajā pašā telpā, kas, pēc vecāku domām, ļoti ietekmē miega kvalitāti, jo bērns ilgu laiku neiemieg, redzot apkārt vietas, kur tikko spēlējies. Vecajā bērnudārza korpusā ir nodalītas zonas - telpa spēlēm, telpa gultām. Protams, galvenā spēļu telpas izmēri arī ir mazāki. Otra problēma, uz ko audzinātāji uzreiz norādīja, bija karstais gaiss un bezgaiss, ko īpaši var just siltajā laikā. Apspriežoties ar vadītāju par jauno korpusu, tika saņemta atbilde, ka tiek risināts ventilācijas

jautājums, taču, ka iepriekš tieši jaunajā korpusā jau vienu reizi tika pārbaudīta gaisa kvalitāte un viss ir bijis ‘normas’ robežās.

2.1. Metodika

Mērījumi tikai veikti ar *LCD Digital Air Quality Monitor PM2.5/TVOC/HCHO/CO2 Detector Gas Analyzer Tool*, kas nosaka pilnībā visas pētījumā analizētās koncentrācijas (skat 2.7. attēlu).



2.7. attēls. LCL Digital Air Quality Monitor (Air Quality Detector S.a.)

Ierīces specifikācija pievienota 1. pielikumā. Ierīce tika novietota bērnudārza grupiņā uz galda, kas atradās apmēram metra augstuma tā, lai bērnu spēlēšanās un skraidīšana iekārtas rādījumiem netraucētu. Reizi 30 – 40 minūtēs tika piefiksētas visas ierīces mērītas koncentrācijas un šādi mērījumi turpinājās līdz bērni gāja gulēt. Mērījumi tika veikti pēc iespējas tuvāk grupiņas vidum, kā arī Iecavas bērnudārzā mērītas koncentrācijas pie logiem – tas tāpēc, lai iegūtu pēc iespējas precīzākus skatu uz telpas gaisa kvalitāti kopumā. Citos bērnudārzos tika veikts tikai viens lasījums ik pa 30 – 40 minūtēm, jo citādāk tika traucēts audzinātājam un bērniem. Lai iegūtu pēc iespējas precīzākus un ticamākus datus, pirms katra mērījuma nolasīšanas tika nogaidīta vismaz minūte, lai koncentrācijas nostabilizējas. Jāņem vērā bija fakts, ka bērniem ir ļoti liela interese gan par jaunu cilvēku grupiņā gan par ierīci, ar kuru tiek mērīts iekštelpu gaiss. Lielā drūzmēšanās, kas bieži bija novērojama, krasi palielināja koncentrāciju, īpaši CO₂ - līmeni.

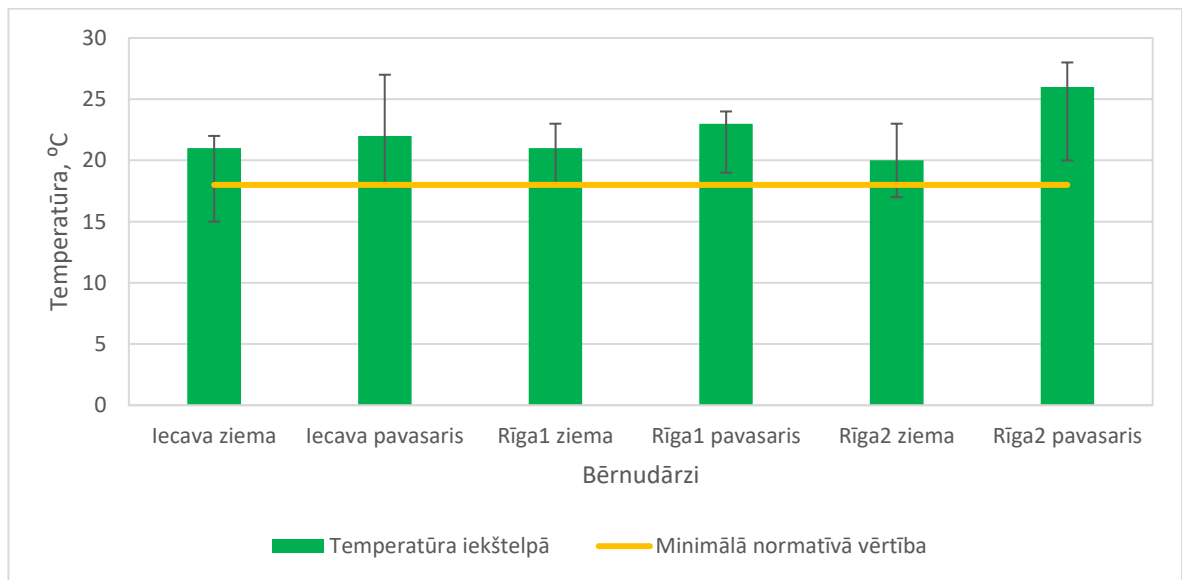
Iegūtie dati tika akopoti tabulās un pierakstīti arī galvenie tā brīža notikumi grupiņā – lai vieglāk datus būtu analizēt. Izmantojot SPSS programmatūru, tika veikta korelāciju analīze (skat. 8. pielikumu).

3. REZULTĀTI UN ANALĪZE

Mērījumu iegūtie dati apkopoti datu tabulās 2., 3., 4., 5., 6., 7. pielikumā. 8. pielikumā var apskatīt pētījumā iegūtās biežākās korelācijas starp mērījumiem.

3.1. Mikroklimats

Mikroklimata apskatīšanai bērnodārzos tika izvērtēta telpas temperatūra un gaisa relatīvais mitrums. Vidējās gaisa temperatūras sezonālā mainība redzama 3.1. attēlā. Sezonālas atšķirības novērojamas tikai minimāli – var novērot, ka gandrīz visos bērnodārzos tās ir robežās no 20^o-22^oC, kas atbilst komfortablai gaisa temperatūrai un ka vidējās gaisa temperatūras nav zem minimālās normatīvās vērtības. Augstā gaisa temperatūra, kas novērota Ziepniekkalns II bērnodārzā manāmi bērnus neietekmēja un neviens bērns arī nesūdzējās par karstumu, taču tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka bērni paši vēl īsti nejūt gaisa temperatūras izmaiņas iekštelpās, kā arī neapzinās, ka telpā ir bezgaiss.



3.1. attēls. Iekštelpu gaisa temperatūras vidējās vērtības ziemā un pavasarī.

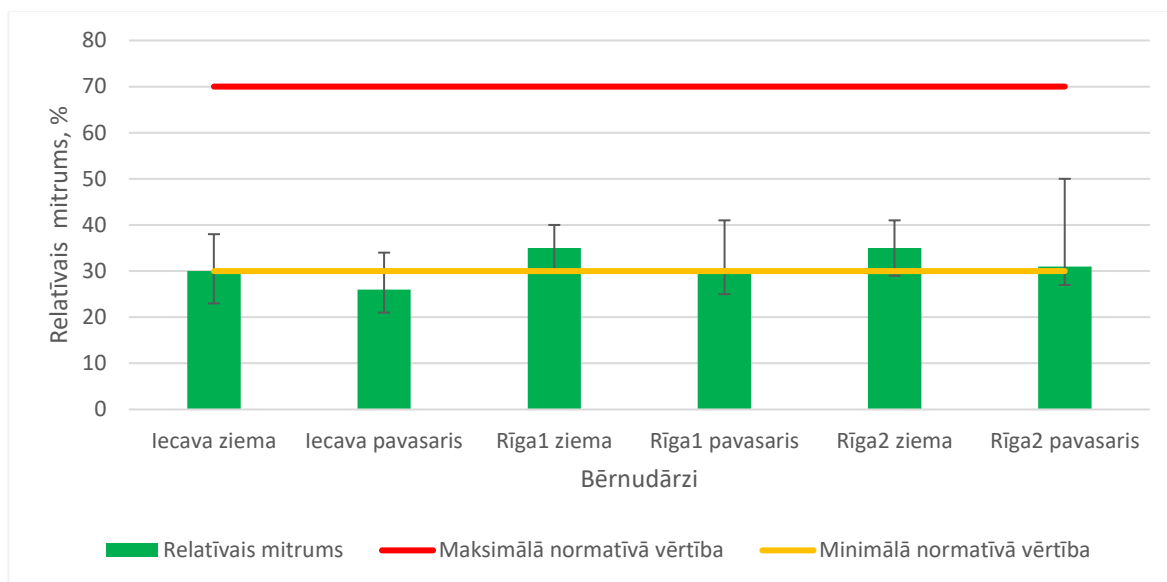
Gaisa temperatūras sezonāli ievērojami nemainās (svārstās no 20^o-23^oC), izņemot pavasarī vienā no Rīgas bērnodārzjiem, kur tika novērota salīdzinoši ļoti augsta vidējā temperatūra - 26^oC. Šī grupiņa atrodas jaunuzceltā bērnodārza ēkā, kurā grupiņās ierīkoti tikai divi mazi logi, kas novietoti ieejas zonā pretim bērnu drēbju skapīšiem. Telpas viena no sienām gandrīz pilnībā

atvēlēta lielam logam, pa kuru arī ieplūst lielais siltuma daudzums. Problēmas šai bērnodārza daļai ir arī ar ventilāciju – ja tā ir ieslēgta, telpā ļoti ātri paliek auksts, tāpēc to nemaz neslēdz iekšā. Līdz ar to telpas vēdināšanu iespējams veikt tikai ar divu mazo logu palīdzību.

Ar to izskaidrojama arī augstākā maksimālā vērtība no visiem bērnodārziem - 28°C. Lielās svārstības, kas novērojamas starp maksimālajām un minimālajām vērtībām, var izskaidrot ar to, ka mērījumi gan ziemā, gan pavasarī tika veikti tad, kad no rīta gaisa temperatūra vēl bija zem 10°, līdz ar to, no rīta vēdinot telpas, iekštelpu temperatūra strauji kritās, Iecavas bērnodārzā pat sasniedzot 15°C atzīmi. Jāpiemin gan, ka visos bērnodārzos minimālas gaisa temperatūras novērotas tieši agrā rītā, pirms vēl bērni bija ieradušies grupiņā. Maksimālās vērtības novērotas brīžos, kad bērni ilgāku laiku atrodas telpās un ir bijuši aktīvās nodarbēs.

Salīdzinot trīs PII, Rīgas bērnodārzā, kurā tika novērota augstākā vidējā gaisa temperatūra, bija tiešām izjūtams diskomforts, bija ievērojami grūtāk elpot, bija liela miegainība, taču pārējos bērnodārzos temperatūras izmaiņas nevarēja just jeb temperatūra bija komforta robežās.

Relatīvā mitruma vērtības, tāpat kā gaisa temperatūras vērtības sezonāli ievērojami nemainījās, tām svārstoties robežās no 26%-35% (skat. 3.2. attēlu).



3.2 attēls. Relatīvā mitruma vidējie rādījumi bērnodārzos ziemā un pavasarī.

Relatīvā mitruma maksimālā un minimālā vērtība pielīdzināta darba aizsardzības likumā noteiktajai, kas ir 30-70% (Darba aizsardzības.. 2009). Pavasarī Iecavas bērnodārzā vidējā relatīvā mitruma vērtība noslīdēja zem normatīvos noteiktā – tā bija 26%. To varētu izskaidrot ar to, ka tai dienā bērni diezgan maz laika pavadīja grupiņā un Iecavas PII strikti tika ievērota sistēma – kā

bērni bija ārā no grupiņas, tika vēdināta telpa (vasarā visu bērnu prombūtnes laiku, ziemā – apmēram 5-10 min) – pēc iegūtajiem dienas datiem var secināt, ka, atverot logus un vēdinot telpas, relatīvais mitrums iekštelpās samazinās.

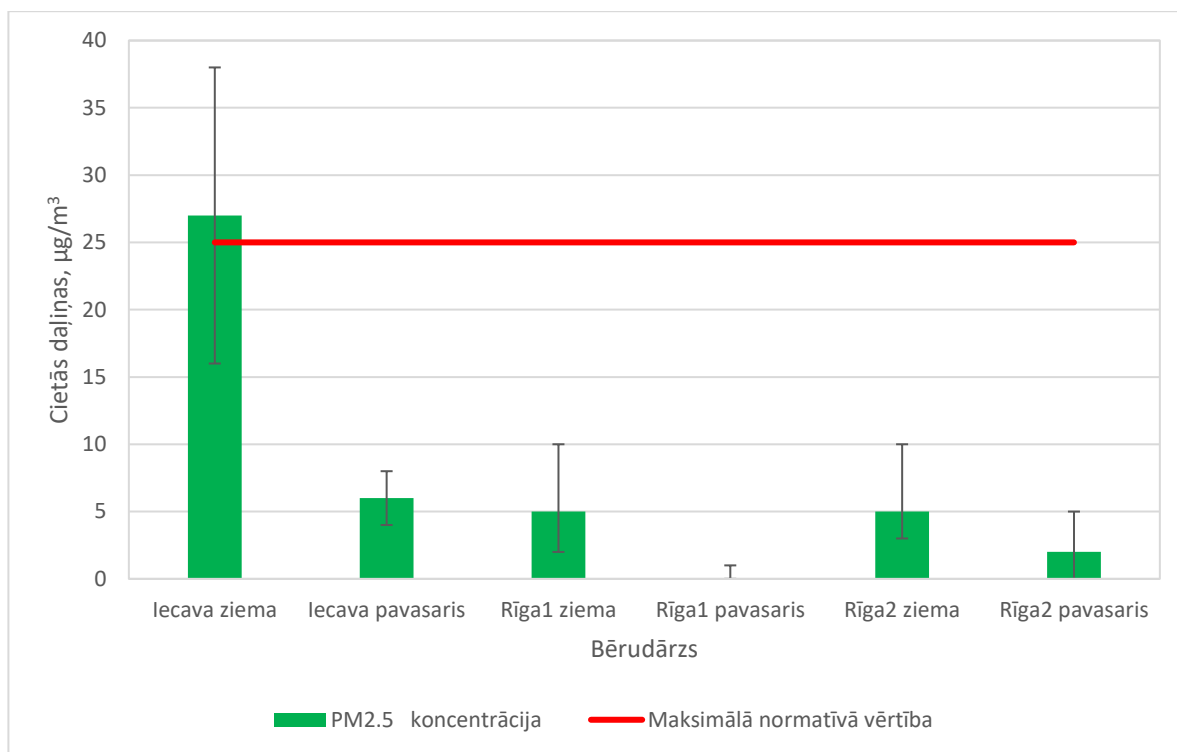
Maksimālās relatīvā mitruma vērtības lielākajā daļā gadījumu tika sasniegtas pēc telpu vēdināšanas no rītiem, kad telpā vēl nav neviena bērna un no āras plūst aukstais gaiss iekšā, kas pazemina gaisa temperatūru iekšā, kas atkal palielina gaisa relatīvo mitrumu. Tuvu maksimālajām vērtībām, gadījumos arī maksimālo vērtību relatīvā mitruma atzīme sasniedza reizēs, kad telpā bērni ilgāku laiku spēlējušies vai vienkārši uzturējušies, līdz ar to gaisu pieelpojuši.

Minimālās relatīvā mitruma vērtības tika sasniegtas brīdī, kad tika vēdinātas telpas dienas laikā pēc aktīvākas spēlēšanās, bērniem pieelpojot telpu. Taču normas robežās mitruma līmenis paaugstinājās ļoti ātri – 5min laikā pēc telpas izvēdināšanas un logu aizvēšanas vai pievēšanas (karstu laikapstākļu gadījumos).

Relatīvais mitrums tieši korelē ar kopējiem gaistošajiem savienojumiem (TVOC) – jo lielākais relatīvais mitrums, jo augstāka TVOC vērtība (skat 8. pielikumu). Tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka, relatīvajam mitrumam palielinoties, sāk attīstīties dažādi procesi, piemēram pelējums, kas izraisa nepatīkamu smaku. Tāpat arī mēbeļu pusizvadīšanās process norisinās ātrāk, kas ir atkarīgs no temperatūras un relatīvā mitruma telpā – izdalās formaldehīds HCHO, kam pie noteiktām koncentrācijām (vismaz 0,1 mg/m³) ir īpatnēja, asa smaka (Wang et al. 2019).

3.2. Cieto daļiņu piesārņojuma līmenis

Izvērtējot cieto daļiņu PM_{2.5} vidējās vērtības, krasi atšķiras ziemas mērījums Iecavā no pārējiem mērījumiem visos bērnu dārzos gan ziemā, gan pavasarī (skat. 3.3. attēlu). Tas varētu būt izskaidrojams ar ārtelpu gaisu, jo analizējot iegūtos datus, tika novērota sakarība – maksimālais cieto daļiņu skaits (38 µg/m³ PM_{2.5}; 48 µg/m³ PM₁₀) tika sasniegts no paša rīta – brīdī, kad telpā nav bērnu un logi aptuveni 10-15 minūtes bija atvērti pilnībā, taču jau ar nākamajiem mērījumiem koncentrācijas krasi kritās, bet, logu atkal atverot, koncentrācijas krasi paaugstinājās (skat 2. pielikumu). Tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka ārtelpu vēsais un stiprais vējš paceļ un putekļu daļiņas gaisā, līdz ar to koncentrācijas palielinās. Tāpat arī ziemā uz ielām ir vairāk putekļu, kurus arī ar vēja palīdzību varēja iepūst. Papildus faktori noteikti ir lielais paklājs telpas vidū un mīkstās rotaļlietas, kā arī mīkstie dīvāni bērniem.



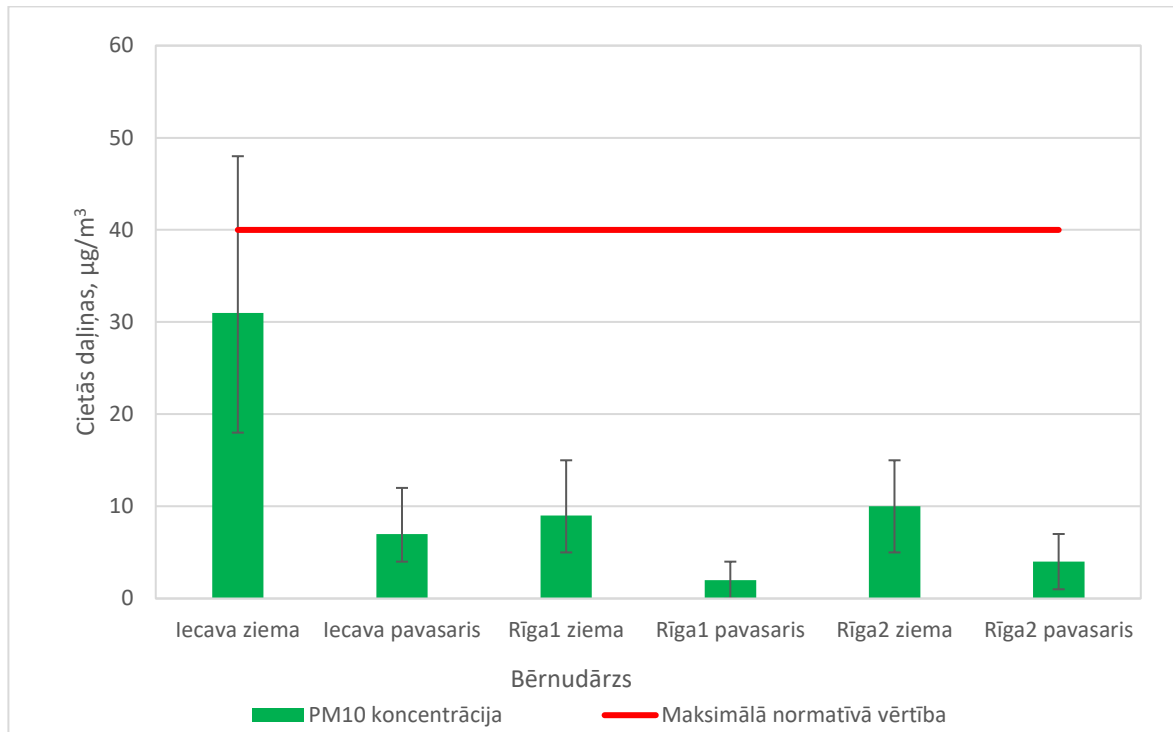
3.3. attēls. Cieto daļiņu PM_{2.5} vidējie rādījumi bērnudārzos ziemā un pavasarī.

Vienīgā reize, kad PM_{2.5} daļiņas pārsniedza normatīvos noteikto vērtību, bija ziemā Iecavā, kad tā sasniedza vidēji 27 µg/m³, vienā brīdī pat sasniedz 38 µg/m³ (maksimālā vērtība). PII grupiņā virs paklāja atrodas spēļu zona, kur atrodas dažādas spēles, uz kurām var krāties putekļu daļiņas. Tāpat arī ziemas laikā bērni ar zābakiem var ienest uz ietvēm kaisīto smilti un sāli. Ir iespēja, ka savu ietekmi deva arī bērnu lielā aktivitāte, skrienot garām virsmām, uz kurām ir uzkrājušās šīs sīkas putekļu daļiņas.

Sezonālā mainība novērota Iecavas bērnudārzā, kad pavasarī PM_{2.5} daļiņu vērtība bija zem 10 µg/m³. To iespējams izskaidrot ar likumsakarību, ko varēja saskatīt, analizējot rezultātus – PM daļiņu koncentrācijas ir augstākas tieši ziemas sezonā. Tāpat arī siltajā sezonā tiek ienesti mazāk putekļi no ārvidēs. Tāpat tieši Iecavas bērnudārzā tai dienā tika vairāk uzkoptas telpas, slaucīti putekļi.

Pārejos bērnuārzos maksimālās vērtības nepārsniedza 10 µg/m³, attiecīgajās grupiņās arī neatradās tik lieli paklāji, kā arī rotaļlietas un spēles pārsvarā bija no plastmasas. Telpas tika regulāri izsūktas pirms mazgāšanas. Vienā no Rīgas bērnudārziem vidējā vērtība pat nepārsniedza 0 µg/m³. Tas varētu būt izskaidrojams arī ar to, ka logi vēršas uz skolas iekšpagalmu, kas no visām četrām pusēm ir ieskauts ar skolas sienām.

PM_{2.5} daļiņas tiešā veidā korelē ar PM₁₀ daļiņām (skatīt 3.4. attēlu; 8. pielikumu).

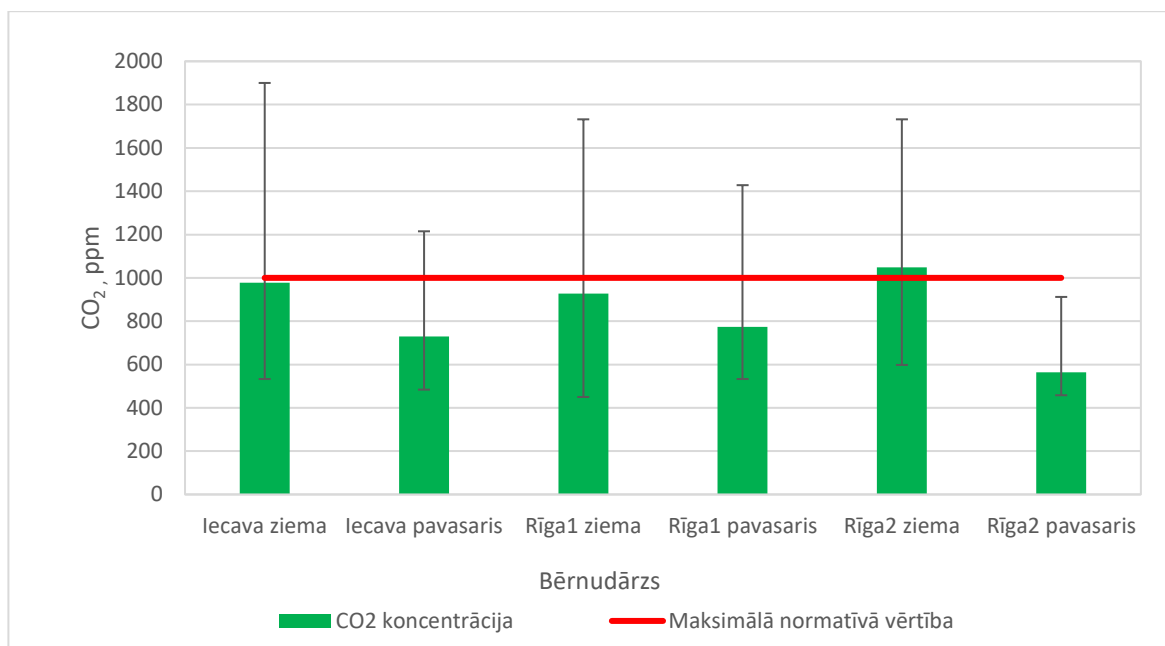


3.4. attēls. Cieto daļiņu PM₁₀ vidējie rādījumi bērnudārzos Ziemā un Pavasarī.

Pētījumā novērota sakarība – jo lielāka PM_{2.5} vērtība, jo lielāka PM₁₀ vērtība. Tas nozīmē, ka lielākā daļa PM₁₀ koncentrācijā ir tieši PM_{2.5} - sīkās daļiņas. Tikai retos gadījumos PM₁₀ vērtība bija mazākas par PM_{2.5} vērtībām.

3.3. Oglekļa dioksīda piesārņojuma līmenis

Izvērtējot iegūtos rezultātus, var novērot likumsakarību – visos bērnudārzos Ziemā CO₂ koncentrācijas ir augstākas kā pavasarī (skat. 3.5. attēlu). Tas izskaidrojams ar to, ka ziemā telpu vēdināšana nav iespējama tik bieži kā pavasarī – logi tiek atvērti uz neilgu laiku un daudz mazāk reižu, salīdzinot ar pavasari, kad gandrīz visu laiku visamaz viens logs ir atvērts un laikā, kad telpā nav bērnu, logi tiek pilnībā atvērti.



3.5. attēls. Oglekļa dioksīda (CO₂) vidējie rādījumi bērnudārzos ziemā un pavasarī.

Maksimālās CO₂ koncentrācijas bērnudārzos tika sasniegtas brīžos, kad bērni jau kādu laiku ir aktīvāk spēlējušies un telpā uzturējušies ilgāku laiku. Minimālās vērtības vienmēr fiksētas, kad telpas vēdinās. CO₂ koncentrācija ļoti ātri samazinās, vēdinot telpas, bet tai pat laikā ļoti ātri arī pieaug, kad telpā bērni aktīvāk spēlējas.

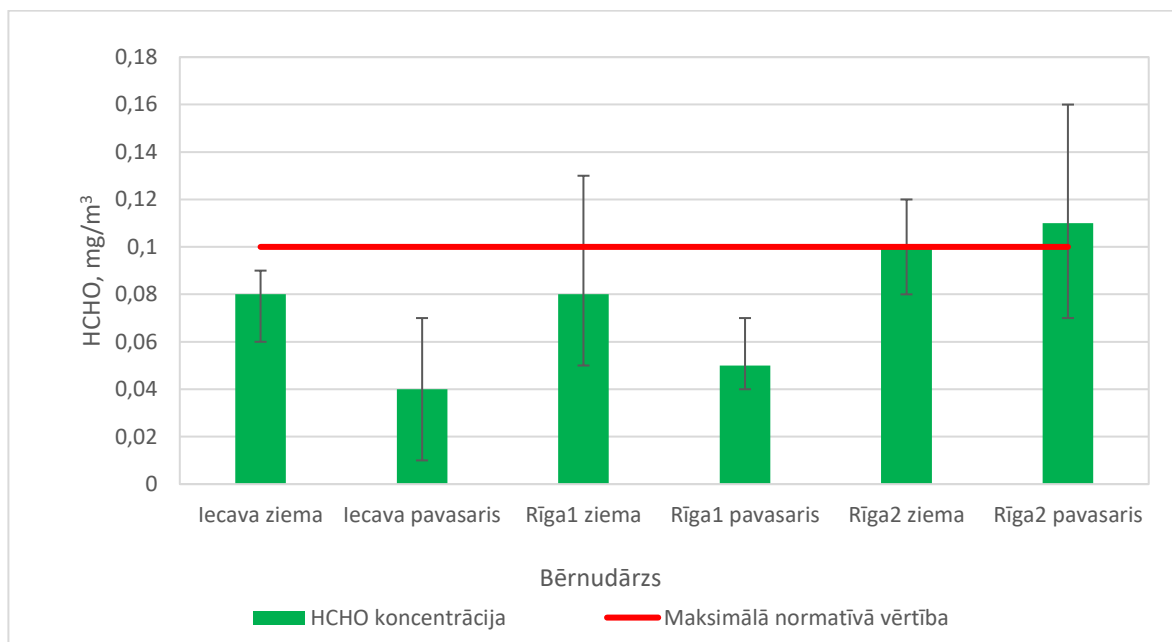
CO₂ koncentrācija ļoti atkarīga no tā, cik aktīvi ir bērni. Jāņem vērā faktors, ka bērniem, aktīvi skraidot apkārt mērīšanas ierīcei, oglekļa dioksīda rādītāji var pieaugt pat vairākas reizes. Piemēram, Iecavas bērnudārza grupiņa pārsteidza ar savu ļoti sakārtoto grafiku – bērni telpās neatradās ilgāk par 45 minūtēm, visu laiku bija vai nu nodarbības vai kāda cita nodarbes ārpus telpām, kas ļāva telpu izvēdināt. Viena no augstākajām vidējām vērtībām un augstākā maksimālā vērtība izskaidrojama ar to, ka šai grupiņā bērni vienmēr bija visaktīvākie, arī visvecākie no visiem bērnudārziem, kuros es biju. Augstāka vidējā CO₂ koncentrācija bija Rīgas bērnudārzā, kas izskaidrojams ar to, ka arī bija auksts laiks un bērnudārza grupiņā var atvērt tikai divus mazus logus, kurus pārāk daudz nevēra vaļā – arī pie tukšas telpas. Bērnudārzam noteikti vajadzētu vēdināt telpas biežāk brīžos, kad tajās bērnu nav. Turpretim visai zemā CO₂ koncentrācija pavasarī skaidrojama ar to, ka bērni tikpat kā neatradās grupiņā – bija aktīva rosība māmiņdienas koncertam.

Kopumā CO₂ koncentrācijas bērnudārzos vērtējamas kā viduvējas, jo maksimālās vērtības sasniedza gandrīz 2000 ppm, ko gan grūti ir mainīt. Ieteikums koncentrācijas maksimālai samazināšanai ir ievērot periodisku telpas vēdināšanu, īpaši ziemas periodā.

3.4. Formaldehīdu piesārņojuma līmenis

Formaldehīds (HCHO), salīdzinot visus bērnudārzus, ir patiesi augstās koncentrācijās. Uzreiz skaidri novērojams, ka nesen uzceltajā jaunajā Ziepniekkalna bērnudārza korpusā gan ziemā, gan vasarā novērojamas augstākās koncentrācijas (skat. 3.6. attēlu). Tas izskaidrojams ar jaunajām mēbelēm un interjeru, kas izvēlēts telpas ierīkošanai, tāpat arī telpā praktiski nav nekāda ventilācija un ir ierīkoti jauni plastikāta logi, kas situāciju telpā tikai pasliktina.

Formaldehīds ir vēzi izraisošs jeb kancerogēns un par normālām tiek uzskatītas koncentrācijas, kas nepārsniedz $0,03 \text{ mg/m}^3$. Nevienā no bērnudārziem vidējās koncentrācijas nebija zemākas par $0,04 \text{ ppm}$ un Ziepniekkalna bērnudārzā tās pat sasniedza vidējo vērtību $0,11 \text{ mg/m}^3$, kur tā sasniedza arī maksimāli augstāko novēroto vērtību starp visiem bērnudārziem – $0,16 \text{ mg/m}^3$. Zemākās vērtības novērotas Iecavas bērnudārzā pavasarī, kad tās vidējā vērtība sasniedza $0,04 \text{ mg/m}^3$ un minimālā vērtība bija $0,01 \text{ mg/m}^3$. Tas izskaidrojams ar to, ka Iecavā PII celta un atjaunota senāk kā pārējās PII – Iecavā telpas bērnudārzam atjaunotas 2010. gadā, Rīgā skolas telpās ierīkots bērnudārzs 2014. gadā, jaunais korpus otram bērnudārzam uzbūvēts 2009. gadā.



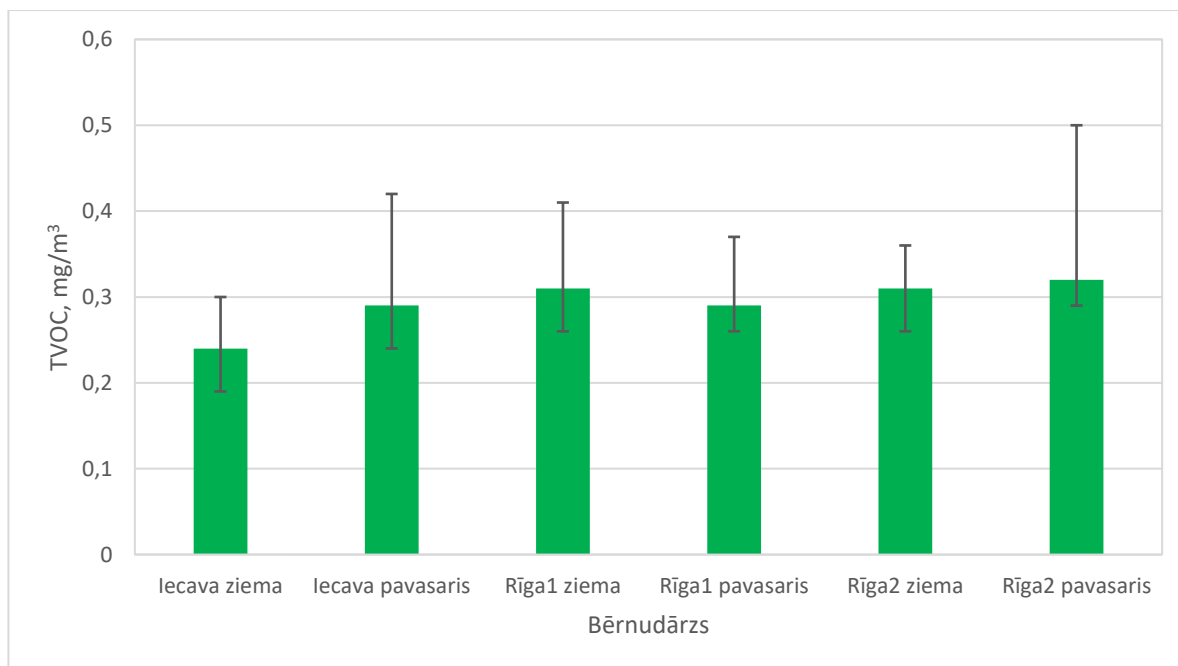
3.6. attēls. HCHO vidējie rādījumi bērnudārzos ziemā un pavasarī.

Jāņem vērā tas, ka pie formaldehīda koncentrācijas, kas ir augstāka par $0,1 \text{ mg/m}^3$, var sākties deguna tecēšana, klepus un acu asarošana, ko arī pēc pusstundas pavadīšanas Ziepniekkalna PII, pamanīju – šai gadījumā sāka tecēt deguns un asaroja acis.

Kamēr ziemā koncentrācijas ierobežotās ventilācijas dēļ ir grūti samazināt, siltajā laikā bērnudārzos būtu jāpiedomā pie risinājumiem HCHO samazināšanai, taču tai pat laikā tas ir liels izaicinājums, jo jebkura PII noteikti vēlas būt pēc iespējas modernākai, pievilcīgākai, kas gandrīz vienmēr nozīmēs arī augstāku formaldehīdu daudzumu.

3.5. Kopējo gaistošo savienojumu piesārņojuma līmenis

Kopējo gaistošo savienojumu (TVOC) līmenis visos bērnudārzos bija līdzīgs - no $0,2 \text{ mg/m}^3$ līdz $0,5 \text{ mg/m}^3$ (skat. 3.7. attēlu). Šī koncentrācija ir neliela, kas pierāda arī pētījumos minēto, ka šādas un pat augstākas koncentrācijas nerūpnieciskā iekštelpu vidē ir norma. Ņemot vērā to, ka gaistošie savienojumi visbiežāk ir dažādas mazāk vai vairāk patīkamas smaržas, var secināt, ka arī šo nelielo koncentrāciju avoti ir dažādi – piemēram, visos bērnudārzos viena no prasībām ir tīra vide un viens no TVOC avotiem ir dažādi mazgāšanas līdzekļi. Tāpat arī avoti var būt dažāda veida apdares materiāli, jaunas mēbeles, uz tāfelēm lietotie marķieri, bērnu lietotās krāsas zīmēšanai, kā arī pašu cilvēku unikāla smarža un lietotās smaržvielas (Stammatelopoulou et al. 2019).



3.7. attēls. TVOC vidējie rādījumi bērnudārzos ziemā un pavasarī.

Salīdzinot iegūtos datus visos bērnudārzos, tika novērota sakarība, ka lielākās TVOC koncentrācijas tika novērotas tieši no rītiem, kad telpas tikko bija izvēdinātas un arī brīžos, kad daži bērni jau ir ienākuši grupiņā. Piemēram, Ziepniekalna bērnudārzā pavasarī lielākā vērtība tika novērota no rīta brīdī, kad bērni tieši nāca iekšā grupiņā un sanāca iet garām mērīšanas iekārtai – tai brīdī tika novērots koncentrācijas līmenis – 50 mg/m^3 . Šo varētu izskaidrot ar to, ka iekārta, bērniem ejot garām, uztver katra bērna radīto smaržu un tas koncentrāciju palielina. Pārējos bērnudārzos TVOC augstākās vērtības novērotas tieši no rīta, kad telpas tiek vēdinātas, pirms vēl bērni ir ienākuši. Šādu sakarību varētu izskaidrot ar to, ka telpas tiek vēdinātas ar pilnībā atvērtiem logiem un āra gaisā esošie gaistošie savienojumi ieplūst iekštelpās. Tāpat koncentrāciju var palielināt arī mazgāšanas līdzekļi, kas tiek izmantoti telpu mazgāšanai un virsmu dezinfekcijai.

Kopumā apsekoto bērnudārzu iekštelpu gaisa kvalitāte ir vērtējama kā apmierinoša, taču katrā bērnudārzā ir nepieciešami nopietni uzlabojumi, lai nākotnē novērstu potenciālu gaisa kvalitātes pasliktināšanos. Ir veikti pētījumi par PII arī citus gadus (piemēram, Dagnijas Krukovskas bakalaura darbs par PII un skolu iekštelpu gaisa kvalitāti Rīgas centra mācību iestādēs 2017. gadā) – izskatot autores darba rezultātus, var secināt, ka nopietnas problēmas iekštelpu gaisa kvalitātei bija saistītas ar cietajām daļiņām un oglekļa dioksīdu. Analizējot iegūtos datus šogad veiktajā pētījumā, problēmas ar PM daļiņām ir tikai vienai PII un tikai vienā sezonā, kā arī CO_2 koncentrācijas visos bērnudārzos ir normas robežās. Galvenā problēma rodas ar formaldehīdiem (HCHO), ko pēc jaunākajiem pētījumiem uzskata par galveno iekštelpu piesārņojošo vielu, kura ir arī vēzi izraisoša.

Salīdzinot Rīgas un Iecavas PII, gaisa kvalitātē nozīmīgas atšķirības nav, svarīgs ir bērnudārza ģeogrāfiskais novietojums, kā arī ventilācijas principu ievērošana. Taču, ja salīdzina Rīgas un ārpuspilsētas bērnudārzus, var uzskatīt, ka potenciāls būt kā “zaļākajam” bērnudārzam iekštelpu vides un gaisa kvalitātes aspektā, noteikti ir ārpuspilsētas bērnudārziem, jo katrā mazākā pilsētā vairāk uzmanības tiek pievērsts bērnudārza apkārtējai videi, iekštelpu gaisa kvalitātei, pilsētai noteikti ir lielāka interese par konkrēto bērnudārzu savā pilsētā, kā arī lielāka uzmanība tiek pievērsta darbinieku apmācīšanai.

4. SECINĀJUMI

1. Apsekoto bērnodārzu iekštelpu gaisa kvalitāte ir vērtējama kā apmierinoša, taču katrā bērnodārzā ir nepieciešami nopietni uzlabojumi, lai nākotnē novērstu potenciālu gaisa kvalitātes pasliktināšanos.
2. Sezonālās atšķirības vērojamas formaldehīdu, oglekļa dioksīda un cieto daļiņu koncentrācijās – ziemā koncentrācijas ir lielākas kā pavasarī.
3. Salīdzinot Rīgas un Iecavas PII, gaisa kvalitātē nozīmīgas atšķirības nav – katrā PII ir nepieciešami uzlabojumi. Taču, ja salīdzina Rīgas un ārpuspilsētas bērnodārzus pēc principa “zaļākais” bērnodārzs iekštelpu vides un gaisa kvalitātes aspektā, priekšrocība noteikti ir ārpuspilsētas bērnodārziem, jo katrā mazākā pilsētā vairāk uzmanības tiek pievērsts bērnodārza apkārtējai videi, iekštelpu gaisa kvalitātei, pilsētai noteikti ir lielāka interese par konkrēto bērnodārzu savā pilsētā, kā arī lielāka uzmanība tiek pievērsta darbinieku apmācīšanai.
4. Problemātiskākais parametrs ir formaldehīds (HCHO) – tas paaugstināts ir pilnībā visos bērnodārzos un jāņem vērā, ka tam ir potenciāls izraisīt nopietnas veselības problēmas (pat vēzi). Rīgas bērnodārzā obligāti jāsakārto ventilācijas jautājums, lai notiktu gaisa cirkulācija.
5. Lai samazinātu HCHO koncentrāciju PII, būtu jāatsakās no jaunākām mēbelēm un jādod priekšroka vecajam, nolietotajam, jāizvairās no jaunā, skaistā interjera. Būtu jāuzlabo komunikāciju starp vadītāju un audzinātāju – par vides jautājumiem, gaisa kvalitātes uzlabošanas iespējām, kā arī vadītājam būtu jābūt attīstītai ilgtspējīgai analītiskai domāšanai.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Andersen. 1972. Relationships between outdoor and indoor air pollution. *Atmospheric environment*. 6(4), 275-278.
- Barron, M., Torero, M. 2017. Household electrification and indoor air pollution. *Journal of environmental economics and management*. 86, 81-92. Atsauce tekstā: (Barron, Torero 2017)
- Bonnefoy, X. 2007. Inadequate housing and health: an overview. *Environment and Pollution*. 30(3/4), 411-429).
- Chi, C., Chen, W., Guo, M., Weng, M., Yan, G., Shen, X. 2016. *Atmospheric Environment*. 132, 85-90.
- CO240 S.a. Extech instruments. Sk. 07.05.2018. Pieejams <http://www.extech.com/display/?id=14402>
- Crook, B., Burton, N.C., 2010. Indoor moulds, sick building syndrome and building related illness. *Fungal biology reviews*. 24(3/4), 106-113. Atsauce tekstā: (Crook, Burton 2010)
- Darba aizsardzības prasības darba vietās. Pieņemts 28.04.2009. Ministru kabineta noteikumi.
- Dedele, A., Miškinyte, A. 2019. Seasonal and site-specific variation in particulate matter pollution in Lithuania. *Atmospheric Pollution Research*. 10, 768-775. Atsauce tekstā:
- Environmental justice: Indoor air quality and community-based action* S.a. United States environmental protection agency. Sk. 07.05.2018. Pieejams <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/Environmental-Justice-Indoor-Air-Quality-and-Community-Based-Action.pdf>
- Finell, E., Tolvansen, A., Haverinen-Shaughnessy, U., Laaksonen, S., Karvonen, S., Sund, R., Luopa, P., Pekkanen, J., Stahl, T. 2018. Indoor air problems and the perceived social climate in schools: A multilevel structural equation analysis. *Science of the total environment*. 624, 1504-1512.
- Higiēnas prasības izglītības iestādēm, kas īsteno vispārējās pamatizglītības, vispārējās vidējās izglītības, profesionālās pamatizglītības, arodizglītības vai profesionālās vidējās izglītības programmas. Pieņemts 27.12.2002. Ministru kabineta noteikumi.
- How warm is your home?* 2011. Megan Lane. Sk. 07.05.2018. Pieejams <http://www.bbc.com/news/magazine-12606943>
- How warm is your home?* 2011. Megan Lane. Sk. 07.05.2018. Pieejams <http://www.bbc.com/news/magazine-12606943> Atsauce tekstā: (Lane 2011)
- Indoor air quality (IAQ)* 2018. United States environmental protection agency. Sk. 07.05.2018. Pieejams <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>

- Kalimeri, K.K., Saraga, D.E., Lazaridis, V.D., Legkas, N.A., Missia, D.A, Tolis E.I., Bartzis, J.G. 2016. Indoor air quality investigation of the school environment and estimated health risks: Two-season measurements in primary schools in Kozani, Greece. *Atmospheric pollution research*. 7(6) 1128-1142.
- Lui, K., H., Ho, S., S., H., Louie, P., K., K., Chan, C., S., Lee, S., C., Hu, D., Chan, P., W., Lee, J., C., W., Ho, K., F. 2017. Seasonal behavior of carbonyls and source characterization of formaldehyde (HCHO) in ambient air. *Atmospheric Environment*. 152, 51-60.
- Norhidayah, A., Chia-Kuang, L., Azhar, M.K., Nurulwahida, S. 2013. Indoor air quality and sick building syndrome in three selected buildings. *Procedia engineering*. 53, 93-98. Atsauce tekstā: Noteikumi par gaisa kvalitāti. Pieņemts 03.11.2009. Ministru kabineta noteikumi.
- Santamouris, M., Synnefa, A., Assimakopoulos, M., Livada, I., Pavlou, K., Papaglastra, M., Gaitani, N., Kolokotsa, D., Assimakopoulos, V. 2008. *Energy and buildings*. 40(10), 1833-1843.
- Shan, X., Zhou, J., Chang, C., Yang, E. 2016. Comparing mixing and displacement ventilation in tutorial rooms: Students' thermal comfort, sick building syndromes, and short-term performance. *Building and Environment*. 102, 128-137.
- Stammatelopoulou, A., Asimakopoulos, D., N., Maggos, T. 2019. Effects of PM, TVOCs and comfort parameters on indoor air quality of residences with young children. *Building and Environment*. 150, 233-244.
- Three-quarters of UK children spend less time outdoors than prison inmates -survey* 2016. Damian Carrington. Sk. 07.05.2018. Pieejams <https://www.theguardian.com/environment/2016/mar/25/three-quarters-of-uk-children-spend-less-time-outdoors-than-prison-inmates-survey>
- Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations*. 1997. Berglund, B., Clausen, G., De Ceaurriz, J., Kettrup, A., Lindvall, T., Maroni, M., Molhave, L., Pickering, A., C., Risse, U., Rothweiller, H., Seifert, B., Younes, M. Sk. 21.05.2019. Pieejams http://www.inive.org/medias/ECA/ECA_Report19.pdf
- Tromppeter, W.J., Boulic, M., Ancelet, T., Garcia-Ramirez, J.C., Davy, P.K., Wang, Y., Phipps, R. 2018. The effect of ventilation on air particulate matter in school classrooms. *Journal of Building Engineering*. 18, 164-171.
- Wang, L., Gao, J., Xu, J. 2019. QCM formaldehyde sensing materials: Design and sensing mechanism. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 293, 71-82.

- Wolkoff, P. 2018. Indoor air humidity, air quality, and health – and overview. *International journal of hygiene and environmental health*. 221(3), 376-390.
- Wong, S., Lai, L., W., Ho, D.C., Chau, K., Lam, C.L., Ng, C.H. 2009. Sick building syndrome and perceived indoor environmental quality: A survey of apartment building in Hong Kong. *Habitat International*. 33(4), 463-47.

PIELIKUMI

1. pielikums.

Specifications:

Model: D9-B / D9-D / D9-H (Optional)

Material: ABS

Color: White

Measure Medium: PM2.5 & TVOC & HCHO & CO₂

Test Function: PM2.5/PM1.0/PM10, 0.3um/0.5um/1.0um/2.5um/5.0um/10um number of particles, TVOC/HCHO/CO₂, temperature & humidity.

PM2.5 Test Range: 0~6000g/m³

Temperature Test Range: -9~55°C

Humidity Test Range: 0~100%

TVOC Test Range: 0.000~2.000mg/m³ (D9-B, D9-D, D9-H)

HCHO Test Range: 0.000~2.500 mg/m³ (D9-D, D9-H)

CO₂ Test Range: 400~4000ppm (D9-H)

Detection Technique: Semiconductor Sensing Technology

Working Temperature: -9°C~55°C

Relative Humidity: <80%HR

Battery: 1 * 3.7V 600mA Li-ion Battery (Built-in)

Input: 5V, 1A

Date & Time Setting: Users can set the current date and time

Adjustable Automatic Shutdown Time Setting Range: 10 Minutes - 18 Hours

Adjustable Backlight Brightness Setting: 10% - 100%

Historical Data Settings: Users can view historical data saved by the system

Maximum Storage Management Space: 65,534pcs

Adjustable Timing Storage Settings: 10 Minutes - 18 Hours

Adjustable Timing Screen Switching SettingS: 10 Seconds - 600 Seconds

Item Weight: 219g / 7.73oz

Item Size: approx. 84 * 60 * 118mm / 3.3 * 2.4 * 4.6in

Package Weight: 417g / 14.7oz

Package Size: 17.5 * 11.2 * 7cm / 6.9 * 4.4 * 2.8in

1. attēls. Mēriekārtas *LCD Digital Air Quality Monitor PM2.5/TVOC/HCHO/CO2 Detector Gas Analyzer Tool* specifikācija (Air Quality Detector S.a.)

2. Pielikums.

1. tabula. Ziemas (Janvāris, precīzs datums nav precizēts) visas dienas mērījumi Iecavas

PII.

laiks	Temp (°C)	Humidity (%)	PM 2.5 (µg/m ³)	PM 10 (µg/m ³)	CO2 (ppm)	HCHO (mg/m ³)	TVOC (mg/m ³)
07:00	15	37	33	45	590	0,07	0,3
	16	38	34	41	590	0,08	0,28
	15	37	35	48	589	0,08	0,27
vid	15	37	34	45	590	0,08	0,28
07:40	20	31	33	35	679	0,09	0,24
	20	31	31	35	663	0,09	0,25
	20	32	28	30	670	0,09	0,24
vid	20	31	31	33	671	0,09	0,24
08:15	21	30	24	25	837	0,09	0,25
	22	31	29	34	890	0,09	0,25
	21	27	30	34	876	0,08	0,24
vid	21	29	28	31	868	0,09	0,25
08:30	21	29	26	29	805	0,08	0,24
	22	30	29	30	809	0,09	0,24
	20	31	38	33	750	0,08	0,23
vid	21	30	31	31	788	0,08	0,24
09:10	22	34	19	22	1200	0,09	0,27
	22	33	19	20	1540	0,08	0,27
	22	32	20	26	1500	0,08	0,27
vid	22	33	19	23	1413	0,08	0,27
09:40	21	24	36	45	682	0,06	0,21
	21	26	31	36	720	0,07	0,22
	21	26	32	37	708	0,06	0,23
vid	21	25	33	39	703	0,06	0,22
10:05	21	31	23	26	1122	0,07	0,26
	21	31	24	27	1241	0,07	0,26
	21	32	25	29	1273	0,07	0,26
vid	21	31	24	27	1212	0,07	0,26
10:40	22	38	18	20	1406	0,08	0,27
	22	35	16	18	1900	0,07	0,28
	22	35	21	24	1759	0,07	0,28
vid	22	36	18	21	1688	0,07	0,28
11:20	21	28	32	39	868	0,07	0,23
	22	29	31	37	895	0,07	0,24
	21	28	29	32	870	0,08	0,24
vid	21	28	31	36	878	0,07	0,24
12:10	20	23	32	38	533	0,06	0,19
	20	25	29	32	590	0,06	0,2
	20	25	31	33	601	0,07	0,21

3. pielikums

2. tabula. Pavasara (29. aprīlis) visas dienas mērījumi Iecavas PII

laiks	Temp (°C)	Humidity (%)	PM 2.5 (µg/m ³)	PM 10 (µg/m ³)	CO2 (ppm)	HCHO (mg/m ³)	TVOC (mg/m ³)
07:10	19	34	6	6	716	0,04	0,42
	18	31	6	6	486	0,04	0,35
	18	32	6	8	491	0,05	0,33
vid	18	32	6	7	564	0,04	0,37
07:40	21	27	5	6	614	0,06	0,3
	21	26	6	8	602	0,06	0,29
	21	30	7	8	612	0,07	0,3
vid	21	28	6	7	609	0,06	0,30
08:20	23	27	4	8	824	0,06	0,3
	22	24	8	8	620	0,05	0,28
	22	25	4	5	643	0,05	0,27
vid	22	25	5	7	696	0,05	0,28
08:50	21	25	6	6	603	0,05	0,26
	21	26	4	4	559	0,05	0,26
	21	27	4	7	640	0,05	0,27
vid	21	26	5	6	601	0,05	0,26
09:20	23	29	6	8	1090	0,05	0,3
	23	29	4	8	1137	0,05	0,3
	23	30	4	6	1215	0,05	0,31
vid	23	29	5	7	1147	0,05	0,30
10:00	23	27	7	7	985	0,05	0,29
	23	28	6	6	915	0,04	0,28
	23	26	6	7	858	0,04	0,27
vid	23	27	6	7	919	0,04	0,28
10:30	23	27	7	9	912	0,04	0,28
	22	24	7	7	644	0,02	0,26
	22	24	8	11	665	0,03	0,26
vid	22	25	7	9	740	0,03	0,27
11:40	22	24	8	8	486	0,03	0,24
	22	24	8	9	484	0,04	0,24
	22	24	7	9	507	0,04	0,24
vid	22	24	8	9	492	0,04	0,24
12:15	24	24	5	6	683	0,03	0,27
	25	24	6	6	723	0,02	0,28
	25	23	6	12	656	0,03	0,27
vid	25	24	6	8	687	0,03	0,27
13:40	27	23	5	7	859	0,01	0,29
	27	24	4	7	917	0,03	0,3
	26	24	4	6	731	0,02	0,27

4. pielikums

3. tabula. Ziemas (februāra sākums, datums nav precizēts) visas dienas mērījumi

Ziepniekkalns I PII.

Laiks	Temp (°C)	Humidity (%)	PM 2.5 (µg/m ³)	PM 10 (µg/m ³)	CO2 (ppm)	HCHO (mg/m ³)	TVOC (mg/m ³)
07:05	18	30	3	10	450	0,1	0,27
07:30	19	33	4	8	523	0,11	0,29
08:00	19	40	2	5	1046	0,11	0,41
08:30	19	40	2	5	1170	0,13	0,35
08:50	19	33	5	10	491	0,11	0,28
09:20	21	35	5	13	1069	0,1	0,3
09:50	23	35	3	8	1315	0,09	0,31
10:30	23	37	4	7	1732	0,08	0,33
11:10	22	34	5	8	712	0,07	0,29
11:40	21	33	10	12	535	0,05	0,26
12:20	20	33	9	15	537	0,05	0,31
12:50	22	35	7	10	1006	0,05	0,31
13:30	23	38	5	11	1461	0,05	0,33

5. pielikums

4. tabula. Pavasara (29. aprīlis) visas dienas mērījumi Ziepniekkalns I PII.

Laiks	Temp (°C)	Humidity (%)	PM 2.5 (µg/m ³)	PM 10 (µg/m ³)	CO2 (ppm)	HCHO (mg/m ³)	TVOC (mg/m ³)
08:00	19	41	0	3	703	0,06	0,37
08:30	22	31	0	3	891	0,07	0,3
09:00	23	31	0	1	881	0,07	0,3
09:30	22	29	1	1	674	0,06	0,28
10:00	22	28	1	1	603	0,06	0,26
10:30	23	27	0	0	635	0,05	0,27
11:00	23	27	0	2	533	0,04	0,27
11:30	24	28	1	2	763	0,04	0,28
12:00	24	25	0	1	571	0,04	0,27
12:30	24	27	0	3	853	0,05	0,29
13:00	23	34	0	4	1428	0,06	0,32
13:30	22	30	1	2	758	0,05	0,3

6. pielikums

5. tabula. Ziemas (janvāris, nav precizēts datums) visas dienas mērījumi Ziepniekkalns II PII.

laiks	Temp (°C)	Humidity (%)	PM 2.5 (µg/m ³)	PM 10 (µg/m ³)	CO2 (ppm)	HCHO (mg/m ³)	TVOC (mg/m ³)
07:10	17	29	3	11	650	0,1	0,28
07:40	18	34	4	9	738	0,11	0,31
08:10	19	39	3	5	1243	0,11	0,35
08:40	19	41	3	9	1635	0,12	0,36
09:00	18	32	5	10	694	0,1	0,27
09:20	21	35	5	13	1134	0,1	0,3
09:50	23	36	3	8	1315	0,09	0,31
10:30	23	38	4	7	1732	0,08	0,33
11:10	22	34	5	8	712	0,1	0,29
11:40	21	33	10	12	612	0,11	0,26
12:00	21	36	9	13	940	0,09	0,27
12:20	20	32	9	15	598	0,08	0,3
12:50	21	36	7	10	1234	0,08	0,31
13:30	23	38	5	11	1439	0,08	0,34

7. pielikums

6. tabula. Pavasara (7. maijs) visas dienas mērījumi Ziepniekkalns II PII.

laiks	Temp (°C)	Humidity (%)	PM 2.5 (µg/m ³)	PM 10 (µg/m ³)	CO2 (ppm)	HCHO (mg/m ³)	TVOC (mg/m ³)
08:00	20	50	5	6	514	0,12	0,5
08:30	21	40	5	5	507	0,16	0,34
09:00	26	30	2	4	538	0,15	0,31
09:30	27	30	2	3	750	0,13	0,32
10:00	28	30	3	7	912	0,13	0,33
10:30	27	28	1	2	493	0,08	0,3
11:00	27	28	0	2	458	0,08	0,29
11:30	28	28	1	1	483	0,1	0,3
12:00	27	28	1	3	496	0,09	0,29
12:30	26	27	1	3	511	0,08	0,29
13:00	27	27	0	3	518	0,07	0,29
13:50	28	28	1	4	593	0,07	0,3

8. pielikums

7. tabula. Korelācijas starp mērījumiem bērnodārzos

		Temperatūra	Humidity	PM2.5	PM10	CO2	HCHO	TVOC
Temperatūra	Pearson Correlation	1	-,659*	-,373	,054	,435	-,592	-,510
	Sig. (2-tailed)		,038	,288	,882	,209	,071	,132
	N	10	10	10	10	10	10	10
Humidity	Pearson Correlation	-,659*	1	-,051	-,465	,128	,407	,875**
	Sig. (2-tailed)	,038		,888	,175	,724	,243	,001
	N	10	10	10	10	10	10	10
PM2.5	Pearson Correlation	-,373	-,051	1	,806**	-,522	,016	-,332
	Sig. (2-tailed)	,288	,888		,005	,122	,964	,349
	N	10	10	10	10	10	10	10
PM10	Pearson Correlation	,054	-,465	,806**	1	-,374	-,382	-,584
	Sig. (2-tailed)	,882	,175	,005		,287	,276	,076
	N	10	10	10	10	10	10	10
CO2	Pearson Correlation	,435	,128	-,522	-,374	1	-,039	,021
	Sig. (2-tailed)	,209	,724	,122	,287		,914	,954
	N	10	10	10	10	10	10	10
HCHO	Pearson Correlation	-,592	,407	,016	-,382	-,039	1	,144
	Sig. (2-tailed)	,071	,243	,964	,276	,914		,692
	N	10	10	10	10	10	10	10
TVOC	Pearson Correlation	-,510	,875**	-,332	-,584	,021	,144	1
	Sig. (2-tailed)	,132	,001	,349	,076	,954	,692	
	N	10	10	10	10	10	10	10