



UGDYMO ĮSTAIGŲ PATALPŲ ORO KOKYBĖS ANALIZĖ

Egidijus Ždanovskis¹, Giedrius Šiupšinskas²

¹magistrantas, ²docentas,

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

el. p. ¹egidijus.zdanovskis@stud.vgtu.lt, ²giedrius.siupsinskas@vgtu.lt

Anotacija. 21-ojo amžiaus visuomenė pasirinko darnaus vystymosi kelią. Daug dėmesio skiriama sveikai aplinkai kurti, palankaus gyvenimo būdai formuoti. Patalpų komfortui turi įtakos ne tik oro temperatūra, bet ir santykinė drėgmė, šviežio oro kiekis ir jo apykaita, CO₂ koncentracija ir kiti parametrai. Tik atsižvelgus į juos, galima tiksliai apibūdinti patalpų mikroklimato būklę ir higienos normų atitiktį. Taigi šiam tikslui Vilniaus mieste yra pasirinktos 4 ugdymo įstaigos (vaikų darželiai), kurioms remiantis Lietuvos statybos ir higienos normose apibrėžtais reikalavimais ir pateiktomis rekomendacijomis, yra atliekama patalpų oro kokybės analizė. Remiantis eksperimentiniais tyrimo duomenimis, siekiama nustatyti esamas ugdymo įstaigų esamas problemas, pasiūlyti technologinius sprendinius ir rekomendacijas, kaip jose pagerinti mikroklimato parametrus ir užtikrinti, kad pasirinktas sprendinys atitiktų norimus poreikius.

Reikšminiai žodžiai: CO₂ koncentracija, santykinė drėgmė, oro temperatūra, ugdymo įstaiga.

Įvadas

Šiuolaikiniame, greitai besivystančiame pasaulyje technologijų reikšmė ir jų teikiama nauda labai sparčiai auga ir kartu tampa neatsiejama gyvenimo dalis. Patalpų mikroklimatui sukurti ir užtikrinti reikalaujama didelių energijos sąnaudų, kurios tampa vis aktualesnė šių dienų problema, atsidurianti pirmuosiuose laikraščių puslapiuose, diskusijų laidose ar pasaulinės bendruomenės dėmesio centre.

Pasaulyje didėjant iškastinio kuro kainoms, o kartu ir namų ūkio išlaidoms, Lietuvoje vis daugiau dėmesio skiriama pastatų modernizacijai, ne išimtis yra ir vaikų darželiai. Didžioji vaikų darželių dalis Lietuvoje buvo pastatyti prieš 40–50 metų, pagal tuo metu keliamus (šiuo metu jau nebegaliojančius) reikalavimus.

21-ojo amžiaus visuomenė pasirinko darnaus vystymosi kelią. Daug dėmesio skiriama sveikai aplinkai kurti, palankaus gyvenimo būdai formuoti. Kadangi Lietuva yra vidutinių platumų klimato juostoje, todėl būdingi ryškūs keturi metų laikai. Šaltuoju metu vaikai didžiąją savo laiko dalį praleidžia uždaroje patalpoje. Todėl norint išvengti negalavimų ar rimtesnių sveikatos sutrikimų reikia užtikrinti norminius mikroklimato parametrus.

Norint patalpose sukurti komfortišką mikroklimatą, nepakanka užtikrinti vien tinkamą oro temperatūrą. Patalpų komfortui įtakos turi ne tik oro temperatūra, bet ir santykinė oro drėgmė, šviežio oro kiekis ir jo apykaita, CO₂ koncentracija ir kiti parametrai. Tik atsižvelgus į juos, galima tiksliai apibūdinti patalpų mikroklimato būklę ir higienos normų atitiktį (HN 69:2003, HN 42:2009, HN 75:2016).

Energijos taupymas ir apgalvotas naudojimas sukuria „Win-Win“ („Laimėti – Laimėti“) sprendinius (Callies 2011). Todėl šiose ugdymo įstaigose racionali energijos sistema yra tokia sistema, kuri palaiko komfortą patalpoje, sąlygoja mažiausias išlaidas ir techniniu požiūriu geriausiai atitinka paskirtį.

Tyrimo tikslas – yra išmatuoti ugdymo įstaigose mikroklimato rodiklius: drėgnį, temperatūrą ir CO₂ koncentraciją. Taip pat įvertinti, ar yra išmatuotų mikroklimato rodiklių verčių ir normatyvų neatitikčių ir jei problema egzistuoja, būtų svarbu žinoti, kokie yra jos mastai.

Mikroklimato parametrų matavimo metodika

Vilniaus mieste, esančių ugdymo įstaigų mikroklimato parametrai yra matuojami, remiantis Lietuvos staty-

bos ir higienos normose apibrėžtais reikalavimais ir pateiktomis rekomendacijomis.

Naujai statant ir rekonstruojant įstaigos pastatą ir įrengiant patalpas turi būti suprojektuotos ir įrengtos tokios mikroklimato bei oro kokybės parametrai palaikančios ir reguliuojančios šildymo, vėdinimo ir (ar) oro kondicionavimo sistemos, kad visose patalpose būtų galima palaikyti higienos normos bei teisės akto nustatytus mikroklimato ir oro kokybės parametrai (HN 75:2016).

Tyrimo metu atliekami tokie mikroklimato parametrų matavimai:

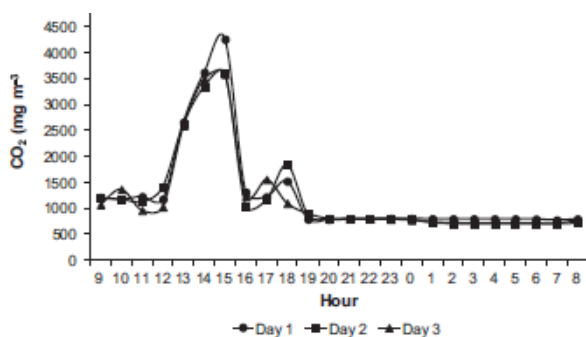
- Oro temperatūros, °C;
- Santykinės drėgmės, %;
- Anglies dvideginio CO₂ koncentracijos kiekio ore, ppm.

Oro temperatūra, santykinė drėgmė ir CO₂ koncentracija visose patalpose, o ypač darbo zonoje, turi atitikti higienos normose apibrėžtas ribines reikšmes (1 lentelė).

1 lentelė. Patalpų mikroklimato parametrai

Eil. nr.	Mikroklimato parametrai	Ribinės vertės
		Šaltuoju metų laikotarpiu
1.	Oro temperatūra, °C	20–23
2.	CO ₂ koncentracija, ppm	1500
3.	Santykinė oro drėgmė, %	35–60

Nuo patalpos oro kokybės tiesiogiai priklauso žmogaus sveikatos gerovė, kuriai didelę įtaką daro įrengta vėdinimo sistema. Remiantis K. Harperio ir jo kolegų (1996) straipsniu, kuriame autoriai pabrėžė, kad vaikai yra labiau pažeidžiami negu suaugę žmonės, nes jų imuninė ir kvėpavimo sistemos yra nevisiškai išsivysčiusios. Vertinant patalpų oro užterštumą, pagrindinis rodiklis yra anglies dvideginio koncentracija (CO₂). Anglies dvideginis patalpų ore susidaro žmonėms kvėpuojant, prakaituojant.

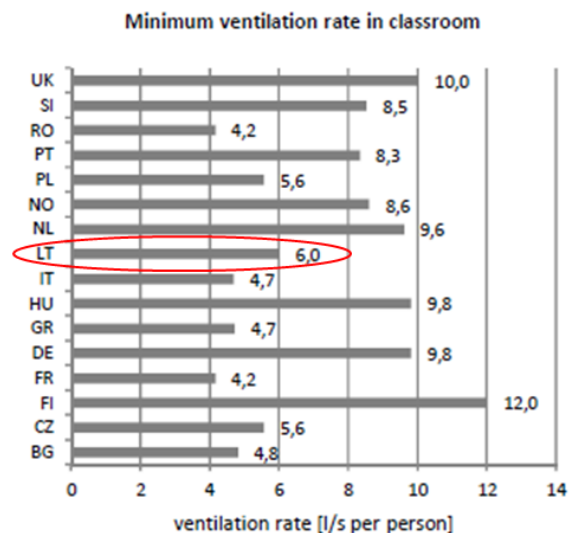


1 pav. CO₂ koncentracija dienos metu (Harper 1996)

Atlikus tyrimą, pastebėta, kad teršalų koncentracija ugdymo įstaigose neretai viršija leistinas normas, t. y. 1000 ppm, ypač anglies dvideginio koncentracija (1 pav.). Ši problema aštresnė modernizuotuose pastatuose, kuriuose esantiems vaikams gauti pakankamai šviežio ir švaraus oro – neapgalvota.

Šiuo metu, kai daugelyje įstaigų sumontuoti sandarūs langai, patalpų vėdinimas sąlygiškai tampa tik auklėtojų, kurios nėra susipažinusios su oro apykaitos svarba, atsakomybė. Patalpų langai atidaromi, kai jaučiamas stiprus oro trūkumas. Kaip tik tuo metu CO₂ koncentracija viršija leistinas normas, o vaikų budrumas ir protinės veiklos gebėjimai yra sumenkę. Apie tai, kad būtų įrengtos mechaninio vėdinimo sistemos modernizuotų pastatų klasėse netenka girdėti. Kadangi higienos normos (HN 75:2016) reikalauja, kad vėdinimo sistemos būtina įrengti tik maisto gamybos patalpose ir sanitariniuose mazguose, todėl, rengiant techninius projektus, būtent tokios sistemos ir suprojektuotos. Patalpose, kur vaikai praleidžia didelę laiko dalį, apie priverstinį vėdinimą nėra kalbama, o tik minima, kad pravėdinti atidarius langus.

N. Breliho straipsnyje (2011) pastebime, pateiktus pagal Europos valstybes minimalius oro kiekius žmogui.

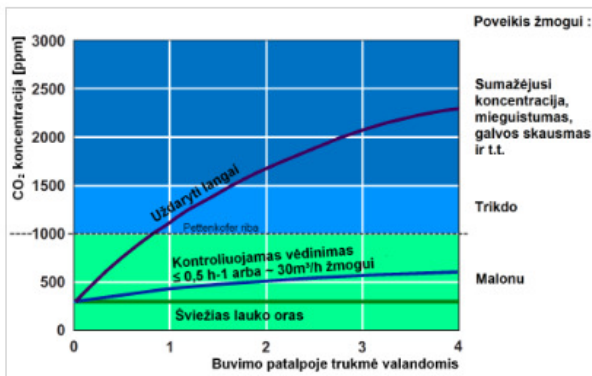


2 pav. Oro kiekis žmogui (Brelih 2011)

Remiantis šiuo straipsniu, matyti (2 pav.), kad Lietuvoje minimalus oro kiekis žmogui yra 6 l/s, kurio negalima užtikrinti, jeigu patalpoje nėra numatyta mechaninė vėdinimo sistema.

Standartinėje techninio projekto užduotyje yra nurodoma, kad vėdinimas bus natūralus, t. y. atidarant langus. Taigi, užsandinus patalpas, lieka tas pats „status quo“ – patalpose, kuriose būtina užtikrinti šviežią oro

tiekimą, vėdinimo sistemos nėra modernizuojamos. Dėl vienpusiško šilumos taupymo prasideda bėdos. Net jeigu yra įrengiamos vėdinimo sistemos (mechaninės), tokios sistemos šilumos sąnaudos bus didesnės negu natūralaus vėdinimo dėl didesnės oro apykaitos patalpoje. Taip pat atsiras ir papildomos elektros sąnaudos. Taigi modernizacijos projektus užsakančios institucijos viso šito vengia, nes Europinės paramos, už kurią yra modernizuojami darželiai, tikslas – mažinti energijos sąnaudas, nekreipiant dėmesio į vaikų sveikatą ar komfortą. Taip pat dėl lėšų stygiaus darželiuose susiduriama su dar viena visiems gerai žinoma problema, kuomet lėšos, investuotos į vėdinimo sistemas ir gerinančios oro kokybę, nueina perniek, t. y. taupymo sumetimais vėdinimo sistemos nėra eksploatuojamos.



3 pav. Pettenkofer riba (angl. *Pettenkofer-limit*) (UAB „Tenko“)

Remiantis 3 paveikslu galima pastebėti, kad 1000 ppm CO₂ koncentracija yra ribinė reikšmė, užtikrinanti pakankamą patalpos mikroklimatą ir komfortą. Šią reikšmę nustatė gerai žinomas, garsus tyrinėtojas Maxas von Pettenkoferis (Hastings 2007). Kaip matome, rekomenduojama anglies dvideginio (CO₂) koncentracija ore yra iki 1000 ppm, tuomet yra laikoma, kad žmogus dirba ir ilsisi gerai vėdinamoje patalpoje, kurioje nepasireiškia jokių sveikatos sutrikimų.

Visi mikroklimato parametrai matuojami naudojant šiuos matavimo prietaisus:

- CO₂ koncentracijos matavimai atlikti su JAV gamintojų – „Onset Computer Corporation“ matuokliu „Telaire 7001“; Prietaiso matavimo ribos – nuo 0 iki 10000 ppm ekrane, o informacijos perdavimas į kaupiklį – nuo 0 iki 2500 ppm. Matavimo tikslumas – ± 50 ppm arba 5 %;
- Patalpų oro temperatūros, santykinės drėgmės ir CO₂ (su papildomu jutikliu) koncentracijos registravimas atliekamas JAV gamintojų „Onset Com-

puter Corporation“ duomenų kaupikliais „Hobo U12-012“. Temperatūros reikšmės fiksuojamos nuo -20 °C iki +70 °C, o santykinė drėgmė – nuo 5 iki 90 %. Temperatūros matavimo tikslumas – $\pm 0,35$ °C (nuo 0 iki 50 °C), santykinės drėgmės – $\pm 2,5$ % (nuo 0 iki 90 %).

- Oro temperatūros registravimas atliekamas Didžiosios Britanijos gamintojų „TinyTag“ duomenų kaupikliu „TPG-4510“ arba „TGU-4510“.

Duomenų išėmimui naudojamos šios kompiuterinės programos:

- „TinyTag Explorer 4.7“ yra „Windows“ programa, kuri yra naudojama konfigūruoti „TinyTag“ kaupiklius ir peržiūrėti įrašytus duomenis. Įrašytus duomenis galima pavaizduoti kaip grafikus, rodmenis arba apibendrintą informaciją;
- „HoboWare Pro“ – grafikų ir analizės programinės įrangos paketas, skirtas duomenų kaupikliams. Jis leidžia peržiūrėti, analizuoti ir sudaryti išmatuotų parametų grafikus.

Rezultatai

Eksplloatuojamų sistemų stebėjimas leidžia įvertinti projektavimo rezultatų atitikimą realiose sąlygose. Tokiu būdu eksperimentiškai bandomos sistemos ir kartu atliekant tiesioginius matavimus nustatomos pagrindinės charakteristikos. Toks tyrimo metodas yra tiksliausias ir jo gautais rezultatais retai kada abejojama, tačiau toks metodas reikalauja daugybės laiko ir pinigų sąnaudų.

Kiekvienoje ugdymo įstaigoje buvo atliekami CO₂ koncentracijos, oro temperatūros ir santykinės drėgmės matavimai. Savaitei laiko buvo paliekamas „Telaire 7001“ matavimo prietaisas su „Hobo U12-012“ ir „TinyTag“ duomenų kaupikliais. Duomenų kaupiklis 5 minučių intervalu savo vidinėje atmintyje fiksuoja mikroklimato parametru vertes. Esant galimybei, kiekviename pastate buvo paliekama po 2 matavimo prietaisų komplektus skirtinguose ugdymo įstaigų korpusuose. Siekiant suvienodinti matavimų sąlygas, patalpų oro kokybės tyrimams buvo pasirinktos tos pačios paskirties patalpos – grupių patalpos, kuriose vaikai praleidžia didžiausią dalį savo laiko.

Prieš pradėdant matavimo rezultatų apibendrinimą, buvo padarytos kelios prielaidos: visi išmatuoti parametrai gali žymiai skirtis, esant žemesnėms ar aukštesnėms lauko oro temperatūroms (pastebėta tendencija, jog patalpų oro kokybės parametrai blogėja krintant lauko oro temperatūrai, nes tuomet įstaigų darbuotojos (-ai) vis

rečiau ir rečiau vėdina grupių patalpas). Taip pat matavimai neįgauna prasmės, jeigu visą ar didelę dalį matavimo laikotarpio matuojamoje patalpoje nebuvo vaikų, kadangi jie yra pagrindinis išskiriamo į orą CO₂ ir drėgmės kiekio šaltinis. Norint palyginti skirtingų ugdymo įstaigų matavimo rezultatus, kurie buvo gauti skirtingomis mėnesio dienomis, buvo surasta bendra matavimo pradžios atskaita grafikuose – kiekvienos savaitės penktadienio 08:00 valanda ir matavimo pabaigos data – kitos savaitės penktadienis 08:00 valanda.

Visi išmatuoti mikroklimato parametrų matavimo rezultatai pateikti CO₂ koncentracijos patalpos ore, oro temperatūros ir santykinės drėgmės kitimo grafikuose. Remiantis temperatūros pasiskirstymo grafiku (4 pav.), galima pastebėti, kad oro temperatūra atitinka normines reikšmes ir patenka į intervalą 20–23 °C, remiantis HN 75:2016 „Ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo programų vykdymo bendrieji sveikatos reikalavimai“. Vietose, kuriose temperatūra nukrenta patalpoje žemiau negu 20 °C, tuo metu yra vykdomas patalpos valymas ir kartu atidaromi langai, kad patalpa būtų pravėdinta. Taip pat pastebime, kad Vilniaus lopšelyje – darželyje „Rūta“ momentais temperatūra viršija normas, taip yra todėl, kad pačiame pastate yra nesubalansuota šildymo sistema ir kai kurios patalpos yra perkaitinamos, o kitos atitinkamai – atvėsusios.

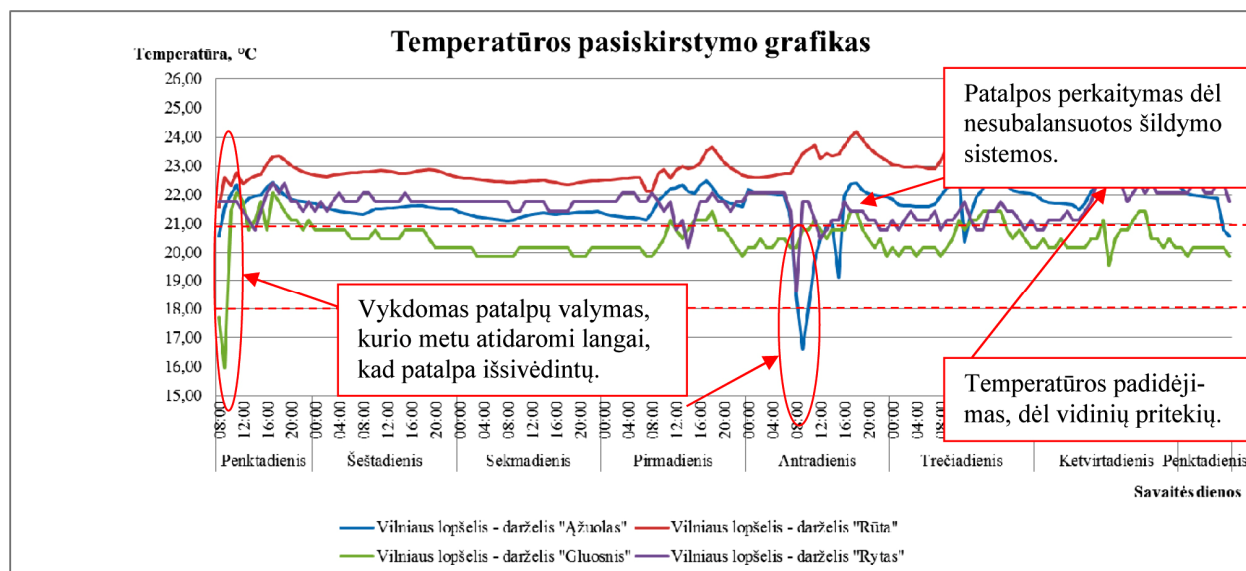
Siekiant tikslių matavimo rezultatų, minėtus prietaisus buvo stengiamasi statyti tokiose vietose, kurios atitiktų higienos normose nustatytą matavimo metodiką. Taip pat buvo atsižvelgta ir į tai, kad netrukdytų įstaigų darbuotojams ir vaikų užsiėmimams. Nesant galimybių išlaikyti rekomenduojamų atstumų buvo prietaisai pastatomi kuo arčiau rekomenduojamų normų.

Remiantis pateikta metodika apie mikroklimato parametrų matavimus ir rekomenduojamas reikšmes yra pereinama prie atliktų ugdymo įstaigose matavimų rezultatų apdorojimo ir pateikimo.

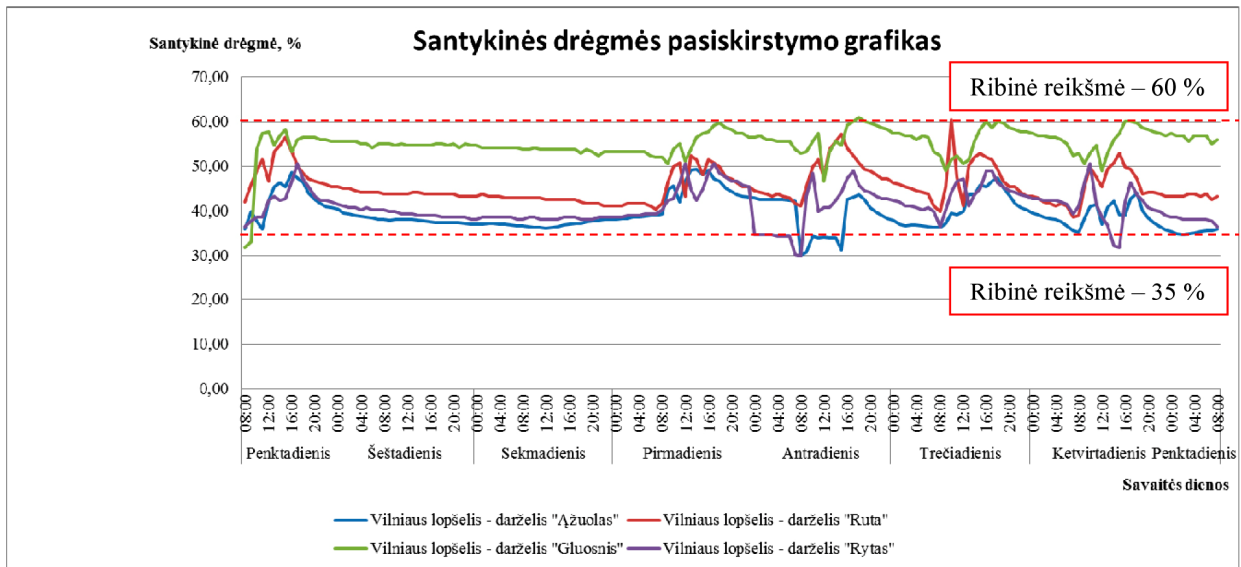
Taip pat pastebime, kad Vilniaus ugdymo įstaigoje „Rūta“ momentais temperatūra viršija normas, o taip yra todėl, kad pačiame pastate yra nesubalansuota šildymo sistema ir kai kurios patalpos yra perkaitinamos, o kitos atitinkamai – atvėsusios.

Kartu su temperatūra buvo vertinta ir santykinės drėgmės rodiklio kitimas. Gauti duomenys pateikiami toliau esančiame grafike (5 pav.).

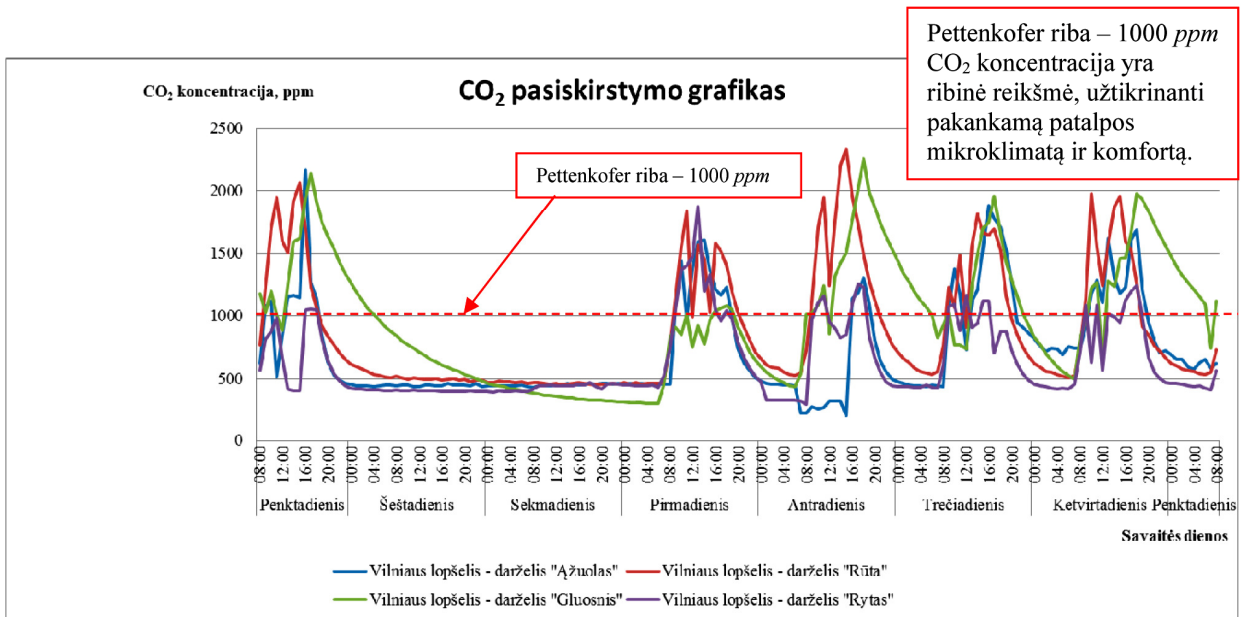
Remiantis šiuo santykinės drėgmės pasiskirstymo grafiku galime pastebėti, kad santykinė oro drėgmė atitinka normines reikšmes ir patenka į intervalą 35–60 %, remiantis HN 75:2016 „Ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo programų vykdymo bendrieji sveikatos reikalavimai“.



4 pav. Temperatūros pasiskirstymo grafikas



5 pav. Santykinės drėgmės pasiskirstymo grafikas



6 pav. CO₂ koncentracijos pasiskirstymo grafikas

CO₂ koncentracijos kitimo analizė ugdymo įstaigų patalpose rodo, kad renovuotuose ir nerenovuotuose pastatuose yra viršijamos 1000 ppm ribos. Jos viršijamos tada, kai susirenka pakankamas kiekis vaikų. Esant staigiam koncentracijos kritimui po darbo valandų gali rodyti didelę lauko oro infiltraciją į patalpas (pvz. valytoja valydama patalpas praveria langus, kad patalpos išsivėdintų).

Tačiau darbo metu minėtuose pastatuose šios natūralios infiltracijos nepakanka, kad būtų užtikrintas tinkamas CO₂ požiūriu patalpų švarumas. Net jeigu yra įrengiamos vėdinimo sistemos (mechaninės), tokios sistemos šilumos sąnaudos bus didesnės negu natūralaus vėdinimo dėl didesnės oro apykaitos patalpoje, o dėl lėšų stygiaus darželiuose taupymo sumetimais vėdinimo sistemos nėra eksploatuojamos.

Išvados

1. Darbo metu nuo 10:00 iki 18:00 valandos CO₂ koncentracija patalpoje didėja ir pasiekia maksimalias reikšmes nuo 1880 iki 2405 ppm, o nuo 18:00 valandos po truputį mažėja, mažėjant vaikų skaičiui.

2. Vidutinė oro temperatūra matuotu laikotarpiu buvo 21,8 °C. Gauta oro temperatūros reikšmė patenka į higienos normas (HN 75:2006), nustatytas ribines reikšmes 20–23 °C šaltuoju metų laikotarpiu.

3. Vidutinė oro santykinė drėgmė buvo nustatyta 45 %. Gauta oro santykinė drėgmė patenka į higienos normas (HN 75:2016) nustatytas ribines reikšmes 35–60 % šaltuoju metų laikotarpiu. Nepaisant to, apie 12 % užfiksuotų reikšmių šio mikroklimato parametrų reikšmių netenkino normų. Tačiau šie nukrypimai yra labai neįprasti ir didelės įtakos komfortui nesukelia.

4. Iširtose ugdymo įstaigose nėra užtikrinti tinkami CO₂ koncentracijos parametrai, todėl gali sumažėti vaikų dėmesingumas ir savijauta.

Padėkos

Dėkoju UAB Vilniaus vystymo kompanijai ir jos projektų vadovui Viliui Ankėnui, sudariusiems galimybę atlikti matavimus ugdymo įstaigose.

Dėkoju ir Vilniaus ugdymo įstaigoms lopšeliams – darželiams: „Rytas“, „Gluosnis“, „Ažuolas“ ir „Rūta“ už galimybę atlikti matavimus objektuose.

Straipsnio autorius dėkoja visiems už suteiktą galimybę atlikti matavimus įstaigose.

Literatūra

- Amin N. M.; Akasah Z. A; Razzaly W. 2015. Architectural Evaluation of Thermal Comfort: Sick Building Syndrome Symptoms in Engineering Education Laboratories. Volume 204 (2015): 19–28 p.
- Andarini, R. 2013. The Role of building thermal simulation for energy efficient building design. *Energy Procedia* (2013). 217–226 p.
- Ankėnas, V. *Daugiabučių oro kokybės ir vėdinimo sistemų sprendimų analizė: baigiamasis magistro darbas*. Vilnius, 2015. 104 p.
- Brelh N., Seppänen O. 2011. Ventilation rates and IAQ in European standards and national regulations. *Rehva Journal*: 1–9 p.
- Callies, Ch.; Hey, Ch. 2011. *Erneuerbare Energien in der Europäischen Union [Energy from renewable sources in the European Union]*. Germany 2011, 1–19 p.
- Džiugaitė – Tumėnienė R. 2015. *Mažaenergio vienbučio namo aprūpinimo energija integruotas vertinimas*. Daktaro disertacija, Vilnius: Technika, 2015. 1–168 psl.
- Fiedoruk K., G. 2013. Correlations of air humidity and carbon dioxide concentration in the kindergarten 62 (2013): 45–50 p.

- Harper K. D., Dickson W. A. 1996. Domestic central heating radiators: a cause for concern in all age groups. *Burns Vol.* 22 (1996): 217–220 p.
- Hastings R., Wall M. 2007. *Sustainable Solar Housing: Volume 2 - Exemplary Buildings and Technologies*. USA: Earthscan. 1–257 p.
- HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai“. Vilnius, 2003.
- HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“. Vilnius, 2009.
- HN 21:2011 „Mokykla, vykdanči bendrojo ugdymo programas. Bendrieji sveikatos saugos reikalavimai“. Vilnius, 2011.
- HN 75:2016 „Ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo programų vykdymo bendrieji sveikatos saugos reikalavimai“. Vilnius, 2016.
- STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“. Vilnius, 2016.
- Shin M. S., Rhee K. N. et al. 2015. *Design or radiant floor heating panel in view of floor surface temperatures*. *Building and Environment* 92 (2015): 559–577 p.
- UAB „Tenko“ [interaktyvus] 2017. [Žiūrėta: 2017-02-26]. Prieiga per internetą: <http://tenko.lt/rekuperatoriai-vedinimas/apie-vedinima/efektyvus-vedinimas/co2-koncentracija/>.

INDOOR AIR QUALITY ANALYSIS OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS

E. Ždanovskis, G. Šiupšinskas

Summary

21st century society has chosen the path of sustainable development. Much attention is paid to creating a healthy environment, friendly lifestyle formation. Indoor comfort affects not only the temperature, but also the relative humidity of fresh air and its circulation, CO₂ concentration. Only in the light of them, can be accurately describe the condition of indoor climate and hygiene standards compliance. So, for this purpose in Vilnius are selected 4 educational institutions (kindergartens), which is performed in indoor air quality analysis, based on the Lithuanian construction and sanitary norms defined requirements and recommendations. Based on the experimental study, it will be possible to establish educational institutions existing problems, offer technological solutions, guidance as they improve the microclimate parameters and ensure that the chosen solution will meet the desired needs.

Keywords: CO₂ concentration, relative humidity, air temperature, the educational institution.