

ŠILUMINIO KOMFORTO UŽTIKRINIMO VERTINIMAS VAIKŲ DARŽELIUOSE

Juozas BIELSKUS¹, Giedrius ŠIUPŠINSKAS², Dovydas RIMDŽIUS³

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹juozas.bielskus@vgtu.lt; ²giedrius.siupsinskas@vgtu.lt; ³dovydas.rimdzius@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje siekiama įvertinti šiluminio komforto padėtį senuose nemodernizuotuose ir modernizuotuose Lietuvos vaikų darželiuose. Šiuo atveju analizuojamas dviejuose modernizuotuose ir dviejuose nemodernizuotuose darželiuose užtikrinamo šiluminio komforto bei oro kokybės lygis. Nustatant darželių šiluminio komforto ir oro kokybės lygį, atlikti matavimai, kurių metu fiksuotos oro temperatūros, santykinės drėgmės ir CO₂ lygio ore vertės. Atliekant tyrimą vadovaujamas EN ISO 7730 tarptautiniame standarte pateikta metodika. Straipsnyje publikuoti tyrimo rezultatai paremti šiluminio komforto rodikliais bei CO₂ koncentracijos vertėmis. Pagal apskaičiuotas vidutines šiluminio komforto vertes nustatyta, kad abu modernizuoti darželiai patenka į komforto zonos ribas. Kita vertus, pastebėta, jog nemodernizuotas darželis „Rytas“ taip pat patenka į šias ribas. Vertinant matavimų rezultatus nustatyta, kad visuose darželiuose darbo dienomis staigiai kyla CO₂ koncentracija ir visuomet viršijami norminiai reikalavimai.

Reikšminiai žodžiai: CO₂ koncentracija, darželiai, modernizavimas, oro temperatūra, santykinė drėgmė, šiluminis komfortas.

Įvadas

Globaliai daug energijos suvartojama pastatuose siekiant užtikrinti deramas gyvenimo ir veiklos sąlygas, o šildymo ir vėsinimo sektorius – didžiausias Europos Sąjungoje (ES) energetikos sektorius. 2012 m. jam teko 50 % suvartoto galutinės energijos kiekio (Europos komisija 2016). Darnios plėtros kaip vieno pagrindinių XXI a. politikos principų kontekste šis klausimas yra politikos dėmesio centre. Europos Taryba nuolatos kelia naujus tikslus siekdamą sumažinti kuro vartojimą bei išmetamų teršalų kiekį į aplinką. Šias užduotis pasiekti yra dar sudėtingiau, nes mažinant energijos poreikį būtina užtikrinti reikalaujamą šiluminio komforto lygį.

Šiluminis komfortas – tai proto būsena, išreiškianti pasitenkinimą šilumine aplinka. Jis vertinamas subjektyviai (Fanger 1970), bet pagrindiniai fiziniai veiksniai, darantys įtaką šiluminiam komfortui ir aplinkos sukeltam temperatūriniam jautrumui, yra žmogaus kūno temperatūra ir fizinės odos paviršiaus savybės (Doherty, Arens 1988). Šiluminį komfortą pastatuose užtikrina ir palaiko jų mikroklimato sistemos. Šios sistemos turi ne tik vartoti mažai energijos, bet ir užtikrinti savo pagrindinę funkciją – sukurti komfortišką aplinką galutiniam vartotojui.

Siekiant sumažinti energijos suvartojimą pastatuose, o kartu ir išlaidas už energiją, Lietuvoje vis daugiau dėmesio

skiriama pastatų modernizacijai, ne išimtis yra ir vaikų darželiai. Lietuvoje didžioji dalis vaikų darželių buvo pastatyti prieš 40–50 metų pagal tuo metu keliamus (šiuo metu jau nebegaliojančius) reikalavimus.

Sutaupytą energijos kiekį po modernizavimo įvertinti nėra sudėtinga. O šiluminio komforto pokyčius apibrėžti sudėtingiau. Būtinai vaikų darželių mikroklimato rodiklių matavimas prieš modernizavimą ir po jo. Tokių tyrimų, autorių žiniomis, Lietuvoje nebuvo atliekama. Kita problema, kurią identifikuoja ir užsienio tyrėjai (Fabbri 2013; Yun *et al.* 2014), yra skirtingo amžiaus vaikų šiluminio komforto suvokimas ir išraiška. Minėti tyrimai rodo, kad vaikų pojūčiai ne visuomet sutapo su išmatuotais ir apskaičiuotais šiluminio komforto rodikliais. Tyrimų, kuriuose analizuojama modernizavimo priemonių įtaka pastato šiluminiam komfortui, pastebėta nedaug (Mijakowski, Sowa 2017; Causonea *et al.* 2015).

Šiame tyrime nagrinėjami keturi vaikų darželiai-lopšeliai (toliau darželiai), kurie yra Vilniaus mieste. Šio tyrimo tikslas – nustatyti ir palyginti keturių darželių užtikrinamo šiluminio komforto bei oro kokybės lygį. Nustatant darželio šiluminio komforto ir oro kokybės lygį, atlikti matavimai, kurių metu fiksuotos šios vertės: oro temperatūra, santykinė drėgmė ir CO₂ lygis ore.

Objektas

Tyrimo objektas – keturi vaikų darželiai, kurie yra Vilniaus mieste (žr. 1 pav.). Du darželiai modernizuoti („Gluosnis“ ir „Ažuolas“) bei du nemodernizuoti („Rytas“ ir „Rūta“). Šiuose darželiuose įrengta centralizuota centrinė šildymo sistema, o vėdinimo tipas – natūralus. 1 lentelėje pateiktos šių darželių pagrindinės techninės charakteristikos.

Iš 1 lentelės matyti, kad galima išskirti dvi tipinių darželių grupes: vieni statyti aštuntajame praėjusio amžiaus dešimtmetyje ir bendras plotas sudaro apie 2500 m², kiti darželiai statyti dar anksčiau – septintajame praėjusio amžiaus dešimtmetyje, o plotas neviršija 1800 m². Tai pagal tipinius projektus statyti dviaukščiai dviejų korpusų vaikų

1 lentelė. Nagrinėjamų objektų techninė informacija
Table 1. Technical information of analyzed objects

Eil. nr.	Nagrinėjamas objektas	Statybos metai	Pastato plotas, m ²	Pastabos
1	„Rytas“	1972	2461	Nemodernizuotas
2	„Gluosnis“	1978	2492	Modernizuotas (apšiltintos atitvaros, pakeisti langai ir inžinerinės sistemos)
3	„Ažuolas“	1957	1775	Modernizuotas (apšiltintos atitvaros, pakeisti langai ir inžinerinės sistemos)
4	„Rūta“	1966	1728	Nemodernizuotas

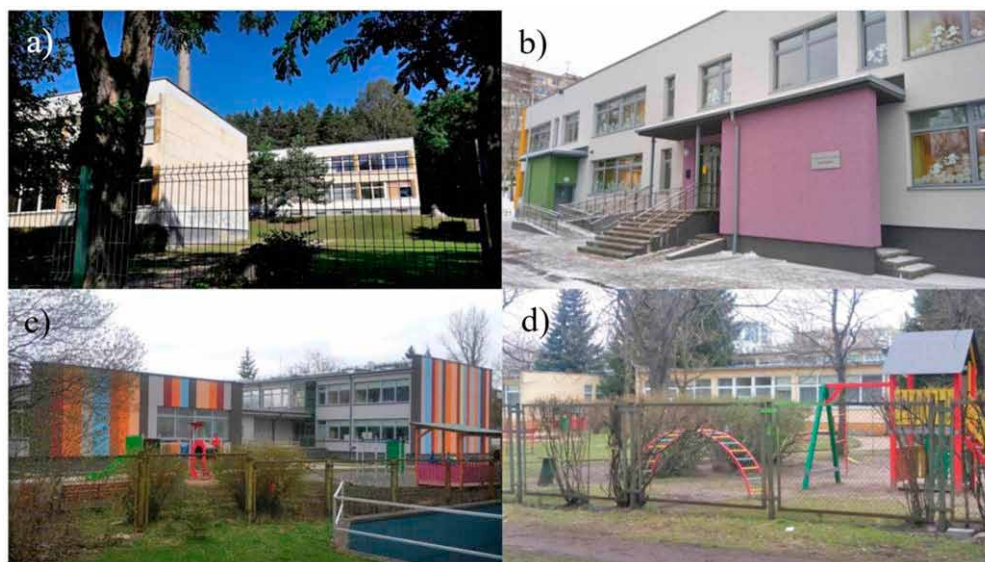
darželiai. Kiekvienai pastatų grupei atstovauja nemodernizuotas ir modernizuotas darželiai.

Metodika ir matavimo įranga

Šiluminiam komfortui vertinti taikomi du metodai: šilumos balanso priartėjimas ir adaptyvus priartėjimas. Pirmasis, taip pat žinomas kaip racionalus priartėjimas, taikomas apdorojant klimatinės kameros duomenis, o antrasis paprastai siejamas su praktiniais tyrimais. Fangerio modelis yra pirmasis metodo etapas, kai šiluminis komfortas yra nustatomas pagal viso kūno pasitenkinimą. Vietinis diskomfortas nustatomas pagal šešis veiksnius: santykinė oro drėgmė, oro temperatūra, jaučiamoji temperatūra, oro judrumas, apranga ir medžiagų apykaitos santykis (žmonių judrumas). Pagrindiniai indeksai, apibūdinantys komfortą, yra numatomas vidutinis įvertis (angl. PMV – *Predicted Mean Vote*) ir prognozuojamas nepatenkintųjų procentas (angl. PPD – *Predicted Percentage Dissatisfied*) (Buratti et al. 2013).

Galima išskirti keturis pagrindinius šiluminio komforto modelius: Fangerio komforto modelis; Pierco dviejų mazgų modelis; KSU (angl. *Kansas State University*) dviejų mazgų modelis; ASHRAE Standartas 55–2004 Šiluminės aplinkos sąlygos pagal žmonių užimtumą.

Plačiausiai taikomi metodai yra aprašomi žinyuose ir tarptautiniuose standartuose. ASHRAE 55 metodas pagrįstas standartine efektyviaja temperatūra, apskaičiuota pagal Pierco dviejų mazgų žmogaus termoreguliacijos modelį. EN ISO 7730 standarte pateiktas modelis grindžiamas numatomu vidutiniu balsavimu (PMV), apskaičiuotu pagal



1 pav. Vaikų darželiai-lopšeliai: „Rytas“ (a); „Gluosnis“ (b); „Ažuolas“ (c); „Rūta“ (d)
Fig. 1. Kindergartens-cradles: „Rytas“ (a); „Gluosnis“ (b); „Ažuolas“ (c); „Rūta“ (d)

Fangerio komforto lygtis ir (arba) susijusias komforto diagramas (Doherty, Arens 1988).

Šiluminio komforto vertinimo metodika yra griežtai apribota standartų. Šiame straipsnyje bus vadovaujamasi EN ISO 7730 tarptautiniu standartu, nes Fangerio šiluminio komforto modelis dažniausiai taikomas mokslininkų tiriant supančios aplinkos šiluminį komfortą.

Fangerio šiluminio komforto modelis pirmą kartą buvo išplėtotas P. O. Fangerio Kanzaso valstijos universitete ir Danijos technikos universitete 1967 m. bei publikuotas 1972 m. Taikant šį modelį atsižvelgiama į pagrindinius žmogaus kūno energijos nuostolius, kai laikoma, kad asmuo yra ramios būsenos. Modelis koreliuojamas su eksperimentiniais duomenimis ir remiasi numatomo vidutinio įverčio skaičiavimu, kuris nustatomas pagal šią lygtį (Lee, Strand 2001):

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot (H - L),$$

čia H – vidinės šilumos gamybos santykis, tenkantis sėdinčiojo ploto vienetui (= $M - W$), W/m^2 ; L – kūno energijos nuostoliai, W/m^2 ; W – efektyvi mechaninė galia, W/m^2 ; M – medžiagų apykaitos santykis, W/m^2 .

Numatomas vidutinis įvertis (PMV) – tai didelės žmonių grupės išreikštas šilumos pojūčio vertinimas balais pagal komfortą apibūdinančius veiksnius. Šilumos pojūtį siūloma vertinti 7 balais: +3 – karšta; +2 – šilta; +1 – šiloka; 0 – neutralu; -1 – vėsoka; -2 – vėsu; -3 – šalta.

EN ISO 7730 standarte pateikiamas ne tik metodas (Fangerio metodas) bendrajam žmonių, veikiančių vidutinės šiluminės aplinkos, šiluminiam pojūčiui vertinti, bet ir diskomforto laipsniui (šiluminiam diskomfortui) prognozuoti (PPD – tikėtinas nepatenkintųjų skaičius). PPD yra rodiklis, kuris rodo kiekybinius šiluma nepatenkintų žmonių, kurie jaučia, kad per šilta ar per šalta, tikėtinumo procentinius dydžius (EN ISO 7730 2005).

Anksčiau minėtas standartas apibūdina tik šiluminę aplinką, o Europos standartas EN 15251 apima vidaus

aplinkos projektavimo rodiklius. Šiame standarte pateiktas rekomenduojamas patalpų skirstymas į kategorijas bei rekomenduojamos PPD ribos, kurios parodytos 2 lentelėje. Sudarant PMV ir PPD indeksus atsižvelgiama į 6 anksčiau minėtus šiluminius parametrus: oro santykinė drėgmė; oro temperatūra; jaučiamoji temperatūra; oro judrumas; apranga ir medžiagų apykaitos santykis (žmonių judrumas).

Iš 2 lentelės matyti, kad darželiai gali būti priskiriami I kategorijai, tuomet $PPD < 6\%$. Todėl straipsnyje šiluminio komforto vertinimas atliekamas pagal I šiluminio komforto kategoriją.

Vertinant šiluminį komfortą daromos šios prielaidos:

- oro temperatūra – matuojama;
- santykinė drėgmė – matuojama;
- jaučiamoji temperatūra yra 1 laipsniu žemesnė nei oro temperatūra;
- oro judrumas patalpoje – 0,15 m/s;
- aprangos lygis 1,0 clo (EN ISO 7730 2005);
- žmogaus medžiagų apykaitos santykis (judrumo lygis) – 1,2 met (EN 15251 2007).

Patalpų oro kokybės lygis vertinamas matuojant CO_2 lygį patalpoje. Kiekvienos kategorijos CO_2 lygį patalpoje nurodo Europos standartas EN 15251 (3 lentelė).

3 lentelė. CO_2 lygio padidėjimas lyginant su aplinkos lygiu (EN 15251 2007)

Table 3. Increase of CO_2 concentration compared to outdoor concentration (EN 15251 2007)

Kategorija	CO_2 koncentracijos padidėjimas virš aplinkos lygio, ppm
I	350
II	500
III	800
IV	>800

Analizuojamu atveju laikoma, jog vaikų darželis priskiriamas I kategorijai, todėl CO_2 lygis patalpoje turi būti 750 ppm (aplinkos oro 400 ppm), kad užtikrintų higienos sąlygas.

2 lentelė. Kategorijų taikymo aprašai bei rekomenduojamų projektavimo kategorijų pavyzdžiai mechaninio šildymo ir vėsinimo pastatuose (EN 15251 2007)

Table 2. Examples of recommended categories for design of mechanical heated and cooled buildings (EN 15251 2007)

Kategorija	Apibūdinimas	Šiluminė kūno būseną	
		PPD, %	Numatomas vidutinis įvertis (PMV)
I	Aukštų lūkesčių lygio. Rekomenduojama užimtoms erdvėms, kuriose yra labai jautrių ir silpnų žmonių, turinčių specialiųjų poreikių, pvz.: neįgalieji, ligoniai, maži vaikai ir vyresnio amžiaus asmenys.	<6	-0,2 < PMV < 0,2
II	Normalių lūkesčių lygio. Turi būti užtikrinama naujuose ir renovuojamuose pastatuose.	<10	-0,5 < PMV < +0,5
III	Priimtinių vidutinių lūkesčių lygio. Gali būti pritaikyta esamuose pastatuose.	<15	-0,7 < PMV < 0,7
IV	Lygis žemesnis nei anksčiau minėtų kategorijų. Ši kategorija gali būti pritaikyta priimtinau ribotai metų daliai.	>15	PMV < -0,7; ar +0,7 < PMV

Patalpų oro temperatūros, santykinės drėgmės ir CO₂ (su papildomu jutikliu) koncentracija registruojama JAV gamintojų „Onset Computer Corporation“ duomenų kaupikliais „Hobo U12–012“. Duomenų kaupiklis gali registruoti ir kaupti šiuos parametrus: oro temperatūrą, santykinę drėgmę. Temperatūros reikšmės fiksuoja nuo –20 °C iki 70 °C, o santykinę drėgmę nuo 5 % iki 90 %. Temperatūros matavimo tikslumas ±0,35 °C (nuo 0 °C iki 50 °C), santykinės drėgmės ±2,5 % (nuo 0 % iki 90 %).

CO₂ koncentracijos matavimai atlikti su JAV gamintojų „Onset Computer Corporation“ matuokliu „Telaire 7001“. Prietaiso matavimo ribos nuo 0 iki 10 000 ppm ekrane, o informacijos perdavimas į kaupiklį nuo 0 iki 2500 ppm. Matavimo tikslumas ± 50 ppm arba 5 %.

Šiluminis komfortas vertinamas modeliuojant MATLAB kompiuterine programa.

Rezultatai

Šiame skyriuje pateikiami tyrimo rezultatai, t. y. šiluminio komforto PMV ir PPD rodiklių bei CO₂ lygio vertinimų rezultatai. Temperatūros ir santykinės drėgmės atskiri rezultatai nepateikiami, nes šiluminį komfortą sudaro parametru visuma, o tarp jų ir šie parametrai.

2 pav. pateiktos šiluminio komforto PMV vertės. Dvi horizontalios punktyrinės linijos žymi įverčio ribas, tarp kurių yra užtikrinama komfortiška aplinka, o nukrypimai nuo jų didina šiluminiu komfortu nepatenkintųjų skaičių. Juoduose ovaluose pateikiami nukrypimai, kurie atsiranda

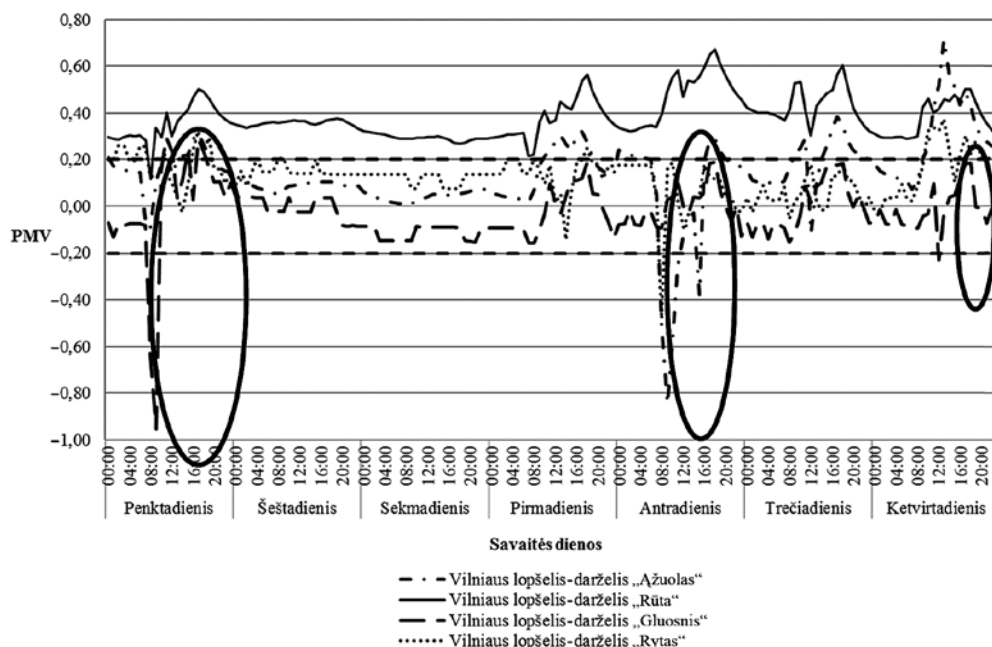
dėl atidarytų langų valant patalpas (darželiai „Gluosnis“ ir „Rytas“).

Pagal 2 pav. pateiktus rezultatus matyti, kad darželis „Rūta“ (nemodernizuotas) nuolatos peršildomas, t. y. nesubalansuota šildymo sistema. Vidutinė viso laikotarpio oro temperatūra 22,8 °C, santykinė drėgmė – 45,6 %, o šiluminio komforto lygio vertė – 0,38.

Darželių „Ažuolas“, „Gluosnis“ ir „Rytas“ vidutinės temperatūros atitinkamai yra 21,7 °C, 20,7 °C ir 21,6 °C. Santykinės drėgmės – 39,5 %, 55,2 % ir 41 %, o PMV vertės – 0,14, –0,02 ir 0,13. Pagal nustatytas vidutines vertes matoma, kad abu modernizuoti darželiai („Gluosnis“ ir „Ažuolas“) patenka į komforto zonos ribas. Kita vertus, pastebima, jog nemodernizuotas darželis „Rytas“ taip pat patenka į šias ribas. Šiuo atveju šio darželio PMV rodiklis net geresnis už modernizuoto darželio „Ažuolas“.

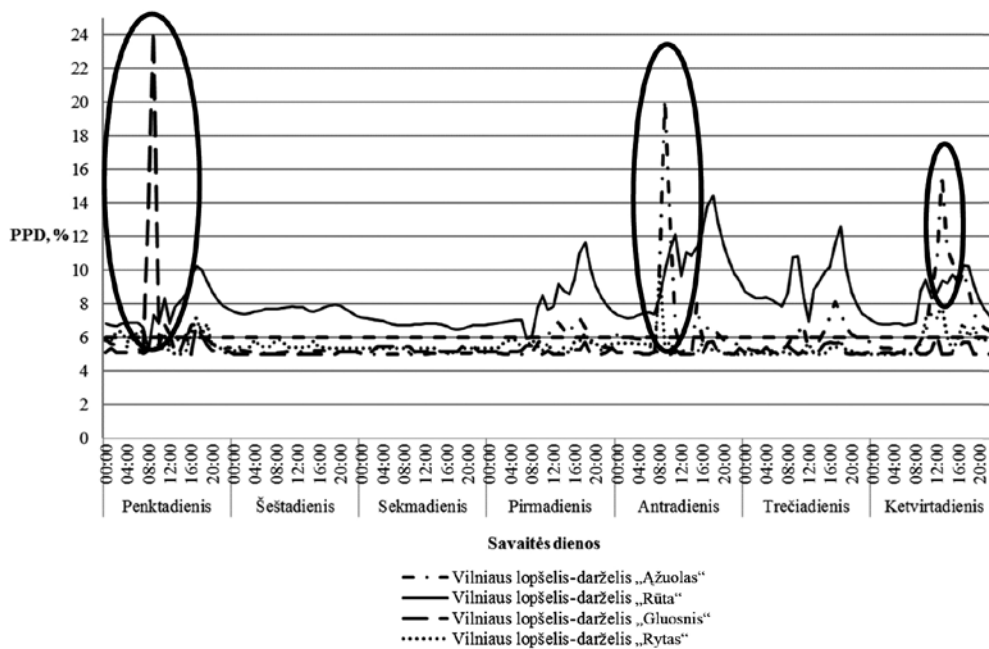
3 pav. pateikta kita šiluminio komforto lygio interpretacija – nepatenkintųjų skaičius išreikštas PPD rodikliu. Šis skaičius nurodo, kokia procentinė žmonių dalis bus nepatenkinta patalpos šiluminiu komfortu.

3 pav. pateikiami tikėtini nepatenkintųjų skaičiai (PPD). Horizontali punktyrinė linija ties 6 % rodo ribinę vertę. Jeigu vertės yra aukščiau už šią liniją, tai rodo, jog nepasiekta nustatyta šiluminio komforto vertė ir didėja nepatenkintųjų šilumine aplinka skaičius. Juoduose ovaluose pateikiami nukrypimai, kurie atsiranda dėl atidarytų langų valant patalpas (darželiai „Gluosnis“ ir „Rytas“).

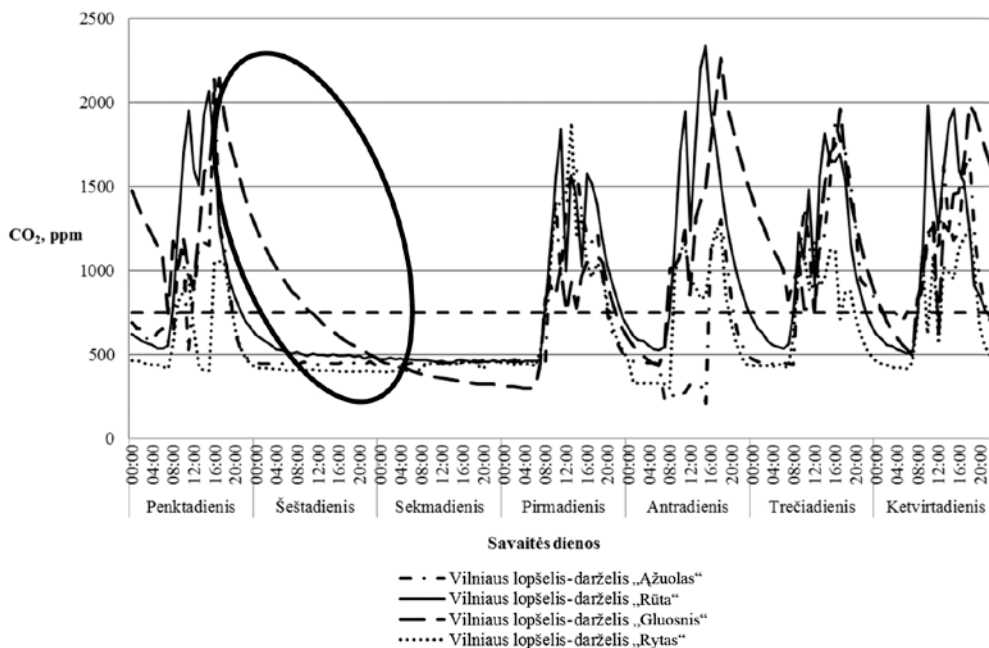


2 pav. Vaikų lopšelių-darželių šiluminio komforto lygio rezultatai

Fig. 2. Thermal comfort results of kindergartens-cradles



3 pav. Vaikų darželių-lopšelių tikėtinas nepatenkintųjų skaičius (PPD)
 Fig. 3. Predicted percentage of dissatisfied (PPD) of kindergartens-cradles



4 pav. Vaikų darželių-lopšelių CO₂ koncentracijos lygių rezultatai
 Fig. 4. CO₂ concentration results of kindergartens-cradles

Pagal 3 pav. pateiktus rezultatus matyti, kad didžiausias šilumine aplinka nepatenkintųjų skaičius yra darželyje „Rūta“. Šiame darželyje PPD rodiklis siekė 8,2 %. Kituose darželiuose vidutinis nepatenkintųjų skaičius tenkina 2 lentelės sąlygas, t. y. „Ažuolas“ – 6 %, „Gluosnis“ – 5,4 %, „Rytas“ – 5,5 %. Šiuose darželiuose matyti tik trumpalaikiai šiluminio komforto nukrypimai

nuo standarte EN 15251 nustatytų sąlygų. Pagal nustatytus vidutinius rodiklius vėl pastebima, jog abu modernizuoti darželiai neviršija ribinės PPD vertės. Na o nemodernizuotas darželis „Rytas“, kaip ir ankstesniu atveju, – turi kur kas geresnį įvertį nei nemodernizuotas darželis „Rūta“.

Vertinant patalpų šiluminį komfortą pagal EN 15251 pateiktą metodiką – nevertinamas patalpų oro švarumas,

todėl šis rodiklis (CO₂ koncentracija) apibendrinamas atskirai. Toliau esančiame 4 pav. pateikiamas oro kokybės lygis patalpose, kuris vertintas matuojant CO₂ vertes patalpoje. Šiame paveiksle pateiktos kiekvieno darželio CO₂ lygio vertės. Horizontalia punktyrine linija nurodyta norminė riba (750 ppm). CO₂ vertės, kurios viršija šią ribą, rodo nepakankamą patalpų vėdinimą.

Pagal 4 pav. pateiktus rezultatus matyti, kad visuose darželiuose darbo dienomis staigiai kyla CO₂ koncentracija ir visuomet viršija 750 ppm ribą. Darželio „Gluosnis“ sandarumas yra didžiausias, nes CO₂ vertė krenta lėčiausiai (4 pav. pažymėta juodu ovalu). Lyginat visus darželius, geriausiai vėdinamas arba labiausiai nesandarus yra darželis „Rytas“. Taip pat galima teigti, kad šie darželiai periodiškai nepakankamai dažnai vėdinami, t. y. vieną ar du kartus per dieną (staigus CO₂ lygio sumažėjimas).

Vertinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad daugiausia nusiskundimų tiek šiluminio komforto, tiek CO₂ lygiu bus nemodernizuotame darželyje „Rūta“. Kadangi patalpos nuolat persildomos, vaikai gali perkaisti, o išėjus iš šiltos aplinkos į šaltą ir peršalti. Likusiųjų darželių mikroklimato sistemos yra subalansuotos ir palaikomas tinkamas šiluminis komfortas, pastebimi tik CO₂ lygio viršijimai. Dėl to gali atsirasti nemalonių kvapų patalpoje bei padidėti rizika susirgti kvėpavimo takų ligomis.

Išvados

Atlikus keturių vaikų darželių šiluminio komforto ir oro kokybės analizę galima teigti, kad:

1. Modernizuotuose darželiuose „Ažuolas“ ir „Gluosnis“ bei nemodernizuotame darželyje „Rytas“ užtikrinamas tinkamas šiluminis komfortas, kuris atitinka Europos standarto EN 15251 I kategorijai keliamus reikalavimus. Tikėtinas nepatenkintųjų skaičius siekia iki 6 %.
2. Nemodernizuotame darželyje „Rūta“ neužtikrinamas tinkamas šiluminis komfortas, t. y. patalpa nuolat perkaitinama, o nepatenkintųjų skaičius išauga iki 8,2 % (maksimalus pasiektas PPD = 14 %).
3. CO₂ koncentracijos lygis visuose darželiuose darbo dienomis viršija numatytą 750 ppm ribą, bet didžiausios reikšmės pastebimos darželyje „Gluosnis“ ir „Rūta“.
4. Pagal CO₂ koncentracijos lygio kitimo greitį nedarbo metu pastebima, jog iš visų nagrinėtų darželių modernizuoto darželio „Gluosnis“ sandarumas yra didžiausias.

Siekiant įvertinti patalpų vėdinimo poreikius rekomenduojama atlikti detalesnę CO₂ ir kvėpavimo takų

sergamumo ligų koreliacijos analizę nemodernizuotuose ir modernizuotuose pastatuose, kuriuose yra mechaninis vėdinimas ir kuriuose jo nėra.

Literatūra

- ASHRAE 55. 2004. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Center for the Built Environment at the University of California Berkeley. 54 p.
- Buratti, C.; Ricciardi, P.; Vergoni, M. 2013. HVAC systems testing and check: a simplified model to predict thermal comfort conditions in moderate environments, *Applied Energy* 104: 117–127.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.015>
- Doherty, T. J.; Arens, E. 1988. Evaluation of the physiological bases of thermal comfort models, *ASHRAE Transactions* 98(1): 1371–1385.
- EN 15251. *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings – addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*. European Committee for Standardization. Brussels, 2007. 225: 1–52.
- EN ISO 7730. *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PVM and PPD indices and local thermal comfort criteria*. European Committee for Standardization. Brussels, 2005. 3–60.
- Fanger, P. O. 1970. *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. Danish. 244 p.
- Causonea, F.; Carlucci, S.; Moazamia A.; Cattarina, G.; Pagliano, L. 2015. Retrofit of a kindergarten targeting zero energy balance, in *6th International Building Physics Conference, IBPC 2015*, December 2015, Torino, Italy, Energy Procedia 78: 991–996.
- Yun, H.; Nam, I.; Kim, J.; Yang, J.; Lee, K.; Sohn, J. 2014. A field study of thermal comfort for kindergarten children in Korea: an assessment of existing models and preferences of children, *Building and Environment* 75: 182–189.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.02.003>
- Europos komisija. 2016. *Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui. ES šildymo ir vėsinimo strategija*.
- Fabbri, K. 2013. Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire, *Building and Environment* 68: 202–214.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.07.002>
- Lee, J.; Strand, R. 2001. *An analysis of the effect of the building envelope on thermal comfort using the EnergyPlus program* [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. gegužės 14 d.]. School of Architecture, University of Illinois at Urbana-Champaign. Prieiga per internetą: <http://infohouse.p2ric.org/ref/36/35813.pdf>.
- Mijakowski, M.; Sowa, J. 2017. An attempt to improve indoor environment by installing humidity sensitive air inlets in a naturally ventilated kindergarten building, *Building and Environment* 111: 180–191.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.013>

EVALUATION OF THERMAL COMFORT OF KINDERGARTEN BUILDINGS

J. Bielskus, G. Šiupšinskas, D. Rimdžius

Abstract

The aim of the article is to evaluate the actual situation of thermal comfort in old non-modernized and modernized kindergartens in Lithuania. In this case, the level of thermal comfort and air quality of two modernized and two non-modernized kindergartens is analyzed. In order to evaluate the level of comfort and air quality of the kindergartens, the air temperature, relative humidity and CO₂ levels in the air were measured. The study follows the EN ISO 7730 International Standard's methodology based on Fanger's Comfort Model. The results of the research presented in this article are supported by the indicators of thermal comfort and CO₂ concentration values. According to the calculated average thermal comfort values, the thermal comfort level of two modernized kindergartens and one non-modernized kindergarten falls within the bounds of the comfort zone. Though, the results of CO₂ concentration measurements show that in all the kindergartens during the working days CO₂ concentration always exceeds the standard requirements.

Keywords: CO₂ concentration, kindergartens, modernization, air temperature, relative humidity, thermal comfort.