

ADMINISTRACINIŲ PASTATŲ SU DIDELIAIS ĮSTIKLINIMO PLOTAIS KOMFORTO TYRIMAS

Violeta MOTUZIENĖ¹, Violeta MISEVIČIŪTĖ²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹violeta.motuziene@vgtu.lt; ²vmis@vgtu.lt

Santrauka. Lietuvoje ir kitose šalyse, siekiant skaidrumo išpūdžio, vis dar nemaža statomų visuomeninės paskirties pastatų dalis pasižymi dideliais fasado įstiklinimo plotais. Dėl to pastatuose ne visada pavyksta užtikrinti tinkamas komforto sąlygas. Šiame straipsnyje pateikiamas dviejų administracinių pastatų su dideliais įstiklinimo plotais mikroklimato tyrimas šiltuoju ir šaltuoju metų laikotarpiu taikant dvi metodikas: objektyviają (matavimai) ir subjektyviają (apklausa). Matavimai rodo, kad tiek šiltuoju, tiek šaltuoju metų laikotarpiu abiejuose pastatuose kyla problemų dėl apšvietos darbo vietose. Šaltuoju metų laikotarpiu taip pat didelė problema – per sausas oras. Iš apklausos matyti, kad dalis darbuotojų nepatenkinti mikroklimato sąlygomis darbo vietoje, šis nepasitenkinimas didesnis pastate Nr. 2. Šaltuoju metų laiku PPD skaičius neviršija normos ribų, o šiltuoju yra arti ribos, kai pastato negalima eksploatuoti.

Reikšminiai žodžiai: administraciniai pastatai, apklausa, apšvieta, įstiklinimo plotas, komfortas, šiluminė aplinka.

Įvadas

Apie 40 % visos pasaulyje suvartojamos galutinės energijos tenka pastatų sektoriui, nemažą dalį šio suvartojimo lemia pastato fasado įstiklinimas. Pavyzdžiui, apskaičiuota, kad Švedijoje apie 7 % viso suvartoto energijos kiekio yra dėl šilumos nuostolių per skaidriąsias atitvaras (Menzies, Wherrett 2005), kurios yra labai svarbus konstrukcinis architektūrinis pastato elementas, lemiantis ne tik pastato energijos poreikius, bet ir vizualinį, šiluminį bei psichologinį komfortą. Saulės šilumos pritekiai per šias atitvaras sumažina energijos poreikį šildymui žiemą, tačiau vasarą yra pagrindinė didelio energijos poreikio vėsinimui administraciniuose pastatuose priežastis (Motuzienė 2010). Tai paaiškinama tuo, kad langų šilumos perdavimo koeficientas yra žymiai didesnis, lyginant su neskaidriomis atitvaromis.

Skaidriosios pastato atitvaros, be papildomo energijos vartojimo, taip pat gali sukelti ir nemalonių pojūčių, tokių kaip akustinis diskomfortas, akinimas, perkaitinimas, šaltos srovės (Bessoudo *et al.* 2010; Rueegg *et al.* 2001; Tuohy *et al.* 2007; Lyons *et al.* 2000; Jenkins *et al.* 2009). Taip pat yra nustatyta, kad nuo patalpų mikroklimato tiesiogiai priklauso darbuotojų darbo našumas (Valančius, Jurelionis 2012, 2013; Akimoto *et al.* 2010; Wagner *et al.* 2007; Taylor *et al.* 2008), nes tik esant geram mikroklimatui yra mažesnis sergamumas, vadinasi, mažėja nedarbingų dienų

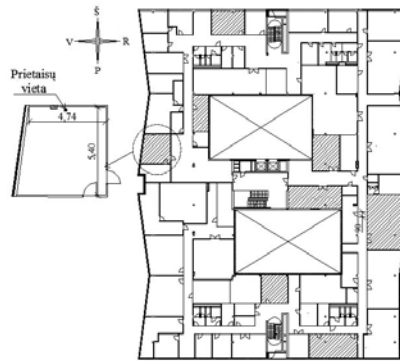
skaičius, išlaikomi esami kvalifikuoti darbuotojai ir mažinamos išlaidos naujiems darbuotojams mokyti (Šeduikytė, Paukštys 2008). Yra žinoma, kad per aukšta patalpų temperatūra (didesnė kaip 30 °C) gali sukelti širdies kraujagyslių nepakankumą (Sernas 1985), akių džiūvimą (Wolkoff *et al.* 2012) ir kitus negalavimus.

Nepaisant to, kad skaidriosios atitvaros yra silpnoji pastato dalis energiniu požiūriu, Lietuvoje ir kitose šalyse, siekiant skaidrumo išpūdžio, vis dar nemaža dalis statomų visuomeninės paskirties pastatų pasižymi dideliais fasado įstiklinimo plotais. Dėl to, kaip rodo tyrimai, netgi energiška efektyviuose pastatuose ne visada pavyksta užtikrinti tinkamas komforto sąlygas (Menzies, Wherrett 2005).

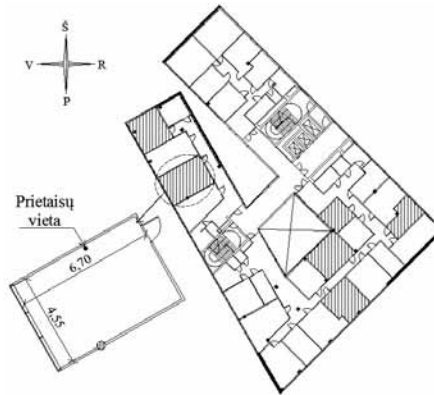
Šio straipsnio tikslas – remiantis matavimais (objektyvusis vertinimas), apklausomis (subjektyvusis vertinimas) bei taikant O. Fangerio metodiką įvertinti dviejų, pagal galiojančius reikalavimus pastatytų pastatų su sąlygiškai dideliais fasadų įstiklinimo plotais mikroklimato parametrus ir įvertinti visuminį komfortą juose.

Tiriamieji objektai

Tyrimo objektai – du administraciniai pastatai (1 pav.) su dideliais (>50 % fasado ploto) įstiklinimo plotais, panašiomis oro vėdinimo bei kondicionavimo ir šildymo sistemomis bei fasado įstiklinimo plotais.



a)



b)

1 pav. Pastatų Nr. 1 (a) ir Nr. 2 (b) tipinio aukšto planas bei fasadas
Fig. 1. Typical plan and façade of buildings No. 1 (a) and No. 2 (b)

Pastatų charakteristikų palyginimas pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė. Duomenys apie tiriamuosius pastatus
Table 1. Data of analysed buildings

	Pastatas Nr. 1	Pastatas Nr. 2
Aukštų skaičius	4	10
Pastato pastatymo metai	2008	2008
Bendras patalpų plotas su požemine automobilių aikšte, m ²	14 800	10 382
Bendras šildomų patalpų plotas, m ²	10 038	9252
Vidutinis santykinis fasado įstiklinimo plotas, %	55	57
Apklaustų darbuotojų skaičius	71	33
Langų orientacija pasaulio šalių atžvilgiu	P, Š, R, V	ŠV, PR, PV, ŠR
Vidinių kiemelių matmenys, m	11,7×18,8	6,6×9,3
Šilumos energijos šaltinis	Centralizuoti šilumos tinklai	Autonominė dujinė katilinė
Langų stiklų charakteristika	Su mažos spinduliavimo gebos danga	Be mažos spinduliavimo gebos dangos

Abu tiriamieji pastatai turi tokią pačią architektūrinę ypatybę – mažų matmenų vidinius kiemelius, į kuriuos atsiveria patalpų langai. Todėl abiejų pastatų komfortas buvo tiriamas įvertinant ir tokių patalpų mikroklimato parametrus.

Tyrimo metodika

Tyrimai atlikti taikant objektyvųjį (matavimus) ir subjektyvųjį (darbuotojų apklausa) metodus. Analogiškais metodais tyrimus atliko Šeduikytė ir Paukštys (2008). Taip pat yra atliktas komforto įvertinimas taikant O. Fangerio metodiką (aprašoma toliau) bei palyginti skirtingais metodais gauti komforto vertinimai.

Eksperimentų aprašymas

Matavimams naudota Vilniaus Gedimino technikos universiteto Civilinės inžinerijos mokslo centro Pastato energetinių ir mikroklimato sistemų laboratorijos įranga, kuria matuoti parametrai ir jų matavimo intervalai pateikti 2 lentelėje. Matavimai abiejuose pastatuose atlikti tiek vasarą, tiek žiemą. Kiekvieno pastato vieno aukšto patalpose, prietaisus išdėsčius pasaulio šalių atžvilgiu skirtingai orientuotose patalpose, buvo matuoti išvardinti (2 lentelė) parametrai.

2 lentelė. Matuoti parametrai, matavimo prietaisai, intervalas ir tikslumas

Table 2. Measured parameters, measurement equipment, range and accuracy

Parametras	Matavimo		
	prietaisai	intervalas	tikslumas
Išorės ir patalpų vidaus temperatūra	„Tinytag Plus2“	5 min	±1 °C/ ±3 % (25 °C temperatūroje)
Išorės ir patalpų vidaus santykinis oro drėgnumas	„Tinytag Plus2“	5 min	±1 °C/ ±3 % (25 °C temperatūroje)
Patalpų apšvieta	liuksmetras	5 min	
Anglies dvideginio koncentracija	„Telaire 7001“	5 min	±50 ppm
Oro judėjimo greitis patalpose	termoanemometras su duomenų kaupikliu „Almemo 2890–9“	1 s	0,04m/s

Prietaisai buvo paliekami kiekviename pastate po 1–3 savaites. Tiriamosios patalpos išsidėsčiusios 2 aukšte (pastate Nr. 1), 8 aukšte (pastate Nr. 2). Pastate Nr. 1 prietaisai buvo išdėstyti patalpose, kurių langų orientacija pasaulio šalių atžvilgiu yra pietūs, rytai, šiaurė ir vakarai. Pastate Nr. 2 prietaisai buvo išdėstyti patalpose, kurių langų orientacija – šiaurės vakarai, pietryčiai, pietvakariai ir šiaurės rytai. Anglies dvideginiui matuoti skirti prietaisai buvo paliekami patalpose 1 savaitei.

Šiluminiam komfortui vertinti ir tirti naudojami (Taleghani *et al.* 2013) minimi standartai. Mikroklimato parametrų matavimai atlikti pagal higienos normų (HN 69:2003; HN 98:2014) reikalavimus (matuojama darbo pamainos pradžioje, viduryje ir pabaigoje šaltuoju ir (arba) šiltuoju metų laikotarpiu, oro temperatūra, santykinis drėgnumas, judėjimo greitis matuojami: darbuotojui sėdint 1,1 m, stovint 1,7 m aukštyje nuo grindų ar darbo aikštelės; natūrali ir dirbtinė apšvieta darbo vietoje matuojama darbuotojui sėdint 0,75–0,8 m aukštyje), o išmatuotų reikšmių vidurkiai lyginami su higienos normose nurodytomis reikšmių ribomis, kai dirbamas lengvas (Ia kategorijos) darbas.

Pastate Nr. 1 matuoti 8 patalpų mikroklimato parametrai, pastate Nr. 2 – 6 patalpų (pavaizduotos užbrūkšniuotais plotais, 1 pav.). Visų matavimų metu abiejų pastatų darbuotojų elgsena, susijusi su patalpų mikroklimatu, buvo įprastinė – esant poreikiui atidaromi langai ar durys, šiltuoju metų laiku – įjungiami kondicionieriai.

Apklausa ir teorinis vertinimas pagal O. Fangerio metodiką

Darbuotojų apklausa atlikta pateikus jiems anketą su klausimais, susijusiais su temperatūros, santykinio oro drėgnumo, apšviestumo, oro srovių pojūčio ir akinimo vertinimu.

Vertinant mikroklimatą, be objektyvių matavimų ir subjektyvios darbuotojų apklausos, papildomai remtasi 1970 m. O. Fangerio pasiūlyta ir plačiai taikoma PMV-PPD metodika, kuri yra įteisinta tarptautiniu mastu (ISO

7730:2005) (galioja ir Lietuvoje). Pagal O. Fangerio teoriją, viso organizmo šilumos pusiausvyrą priklauso nuo fizinio aktyvumo, aprangos ir šiluminės aplinkos parametrų. Numatomasis vidutinis vertinimo rodiklis PMV (*angl. Predicted Mean Vote*) yra eksperimentiškai nustatytas pagal šilumos pojūčių skalę ir rodo žmonių šiluminės aplinkos įvertinimo vidutinį dydį. Numatomasis nepatenkintųjų procento rodiklis PPD (*angl. Predicted Percentage of Dissatisfied*) rodo nepatenkintų šilumine aplinka žmonių skaičiaus kiekybinę prognozę (HN 69:2003). Pagrindinis O. Fangerio teorijos teiginys, kad niekada nebus tokių sąlygų, jog visi žmonės bus patenkinti šiluminiu komfortu. Net tobula oro kondicionavimo sistema, sukuriančia visiškai vienodą mikroklimatą visoje patalpoje, bus nepatenkinti apie 5 % žmonių.

Rezultatai

Matavimų rezultatų analizė

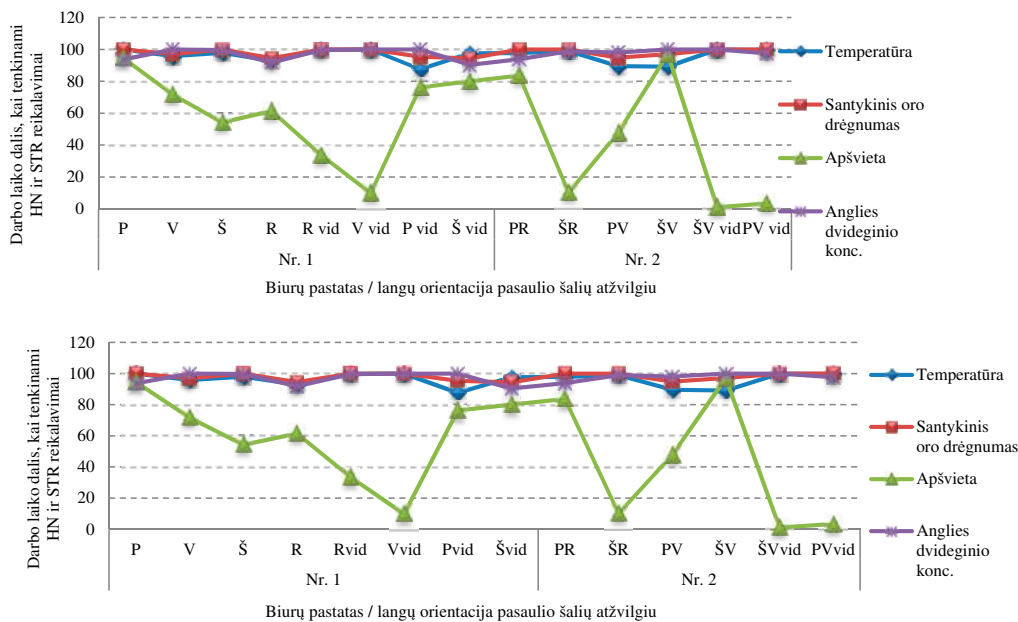
Kadangi siekiama įvertinti komforto sąlygas pastatuose, analizuojami tik darbo laiku sukaupti matavimų duomenys. Gauti duomenys leidžia objektyviai įvertinti patalpų mikroklimato parametrus. Toliau pateikiamas trumpas atskirų parametrų gautų matavimo rezultatų aptarimas bei apibendrintas komforto vertinimas.

Patalpų vidaus oro temperatūra

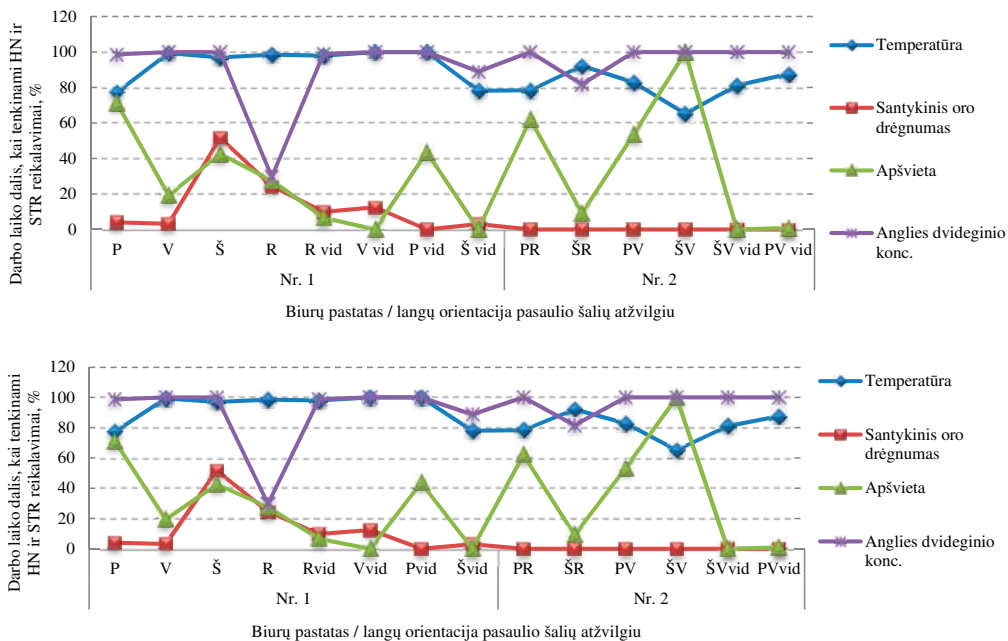
Atlikus patalpų vidaus oro temperatūros matavimus šiltuoju metų laikotarpiu, nustatyta, kad pastate Nr. 2 patalpų vidaus temperatūrai didesnę įtaką turi išorės temperatūros kitimas, o pastate Nr. 1 patalpų temperatūros svyravimų amplitudė yra žymiai mažesnė ir ne taip stipriai priklausoma nuo išorės temperatūros. Geresnį rezultatą pastate Nr. 1. lemia mažesnis stiklo paketų saulės energijos praleisties koeficientas bei tai, kad daugiau kabinetų orientuotų į vidinius kiemečius, kur didesnis šešėliavimas lemia mažesnę temperatūrų svyravimą. Pastate Nr. 1 išmatuota vidutinė darbo

laiko temperatūra yra 24,8 °C, o pastate Nr. 2 – 25,2 °C. Pastate Nr. 1 išmatuota vidutinė darbo laiko temperatūra yra 24,8 °C, o pastate Nr. 2 – 25,2 °C. Užfiksuoti temperatūros svyravimai atitinkamai 20,2–31,8 °C ir 20,6–36,7 °C. Bendrai nustatyta, kad šiltuoju metų laikotarpiu abiejuose pastatuose pakankama temperatūra užtikrinama apytikriai 96 % darbo laiko (2 pav.).

Šaltuoju metų laikotarpiu gauta, kad abiejuose pastatuose išmatuota vidutinė darbo laiko temperatūra yra 22,5 °C. Užfiksuoti temperatūros svyravimai atitinkamai pastate Nr. 1 yra 16,2–26,0 °C, o pastate Nr. 2 – 17,7–29,3 °C. Bendrai nustatyta, kad šaltuoju metų laikotarpiu pastatuose atitinkamai pakankama temperatūra užtikrinama 93 % ir 81 % darbo laiko (3 pav.).



2 pav. Šiltojo metų laikotarpio matavimų duomenų palyginimas¹
Fig. 2. Comparison of measurements data of the warm season¹



3 pav. Šaltojo metų laikotarpio matavimų duomenų palyginimas
Fig. 3. Comparison of measurements data of the cold season

¹ Žymenys: Š – šiaurė, R – rytai, P – pietūs, V – vakarai, ŠR – šiaurės rytai, ŠV – šiaurės vakarai, PR – pietryčiai, PV – pietvakariai

¹ Notes: Š – North, R – East, P – South, V – West, ŠR – Northeast, ŠV – Northwest, PR – Southeast, PV – Southwest

Patalpų oro santykinis drėgnumas

Pagal Lietuvoje galiojančius teisės aktus didžiausias santykinis drėgnumas patalpose gali siekti 75 % (HN 69:2003). Tačiau darbo aplinkai nenormuojama žemutinė pakankamos šiluminės aplinkos santykinio drėgnumo riba, todėl remiantis apžvelgta literatūra (HN 69:2003; ISO 7730:2005) laikoma, kad žemutinė santykinio oro drėgnumo riba yra 30 %.

Vidutinis išmatuotas santykinis oro drėgnumas šiltoju metų laikotarpiu pastate Nr. 1 siekia 55,3 %, pastate Nr. 2 mažesnis – 44,5 %. Santykinio oro drėgnumas atitinkamai pastate Nr. 1 svyruoja 28,2–71,9 %, o pastate Nr. 2 – 31,7–61,6 %. Taigi, abiejuose pastatuose pakankamas santykinis oro drėgnumas šiltuoju metų laikotarpiu užtikrinamas beveik visą darbo laiką – atitinkamai 98 ir 99 % laiko (2 pav.).

Na o šaltuoju metu laiku pastatuose vidutinis santykinis oro drėgnumas pastate Nr. 1 yra 27,2 %, o pastate Nr. 2 – 19,3 %. Taigi, akivaizdu, kad santykinis oro drėgnumas šildymo sezono metu yra per mažas abiejuose pastatuose. Užfiksuoti drėgnumo svyravimai pirmajame pastate 21,2–36,2 % ir antrajame – 10,5–28,5 %. Pagal šį komforto kriterijų šaltuoju metų laikotarpiu antrajame pastate pakankamas drėgminis komfortas visiškai neužtikrinamas, o pirmajame pastate jis užtikrinamas tik 13,6 % viso darbo laiko (3 pav.).

Pagal Europos standartą (EN 15251:2007) II kategorijos (vidutinio lygio) biurų patalpoms, kuriose įrengtos oro sausinimo ir drėkinimo sistemos, būtinas patalpų sausinimas, kai santykinis oro drėgnumas viršija 60 %, o kai patalpų santykinis oro drėgnumas mažesnis negu 25 % – būtinas oro drėkinimas (Virta *et al.* 2012). Taigi, abiejuose tirtuose pastatuose šaltuoju metų laikotarpiu komfortui užtikrinti tikslinga įrengti oro drėkinimo sistemą.

Patalpų apšvieta

Vertinant patalpų apšvietą svarbu, kad ji nebūtų mažesnė nei 300 lx (HN 98:2014), nes mažesnė kenktų darbo tikslumui ir komfortui.

Šiltuoju metų laikotarpiu išmatuota apšvieta darbo metu kito nuo 19,7 lx iki 28 298 lx. Pastate Nr. 1 vidutinė išmatuota apšvieta 560 lx, panaši reikšmė gauta ir pastatui Nr. 2 – 580 lx. Visgi vertinant darbo laiką, kai apšvieta yra daugiau nei 300 lx, pastatams gautos reikšmės atitinkamai yra 60 % ir 40 % (2 pav.). Tokias reikšmes lemia tai, kad apšvieta skirtingai orientuotose patalpose labai skiriasi. Pavyzdžiui, pirmojo pastato į vidinį kiemą orientuotos vakarinės patalpos vidutinė apšvieta yra apie 200 lx, o pietinės patalpos apšvieta yra 6 kartus didesnė. Antrajame pastate skirtumai tarp patalpų yra dar ryškesni – į vidinius kiemus

orientuotose patalpose vidutinė apšvieta yra tik 50 lx, ir jose praktiškai niekada netenkinami higienos reikalavimai, o kampinės (ŠV) patalpos apšvieta yra daugiau kaip 30 kartų didesnė.

Šaltuoju metų laikotarpiu išmatuota apšvieta darbo metu kito nuo 11,8 lx iki 32 280 lx. Analizuojant pastato Nr. 1 apšvietos matavimų duomenis, nustatyta, kad vidutinė darbo laiko apšvieta, didesnė negu 300 lx, buvo tik pietinėje patalpoje. Visose kitose patalpose vidutinė apšvieta mažesnė negu 300 lx ir, panašiai kaip šiltuoju metų laikotarpiu, blogiausiai apšviesta buvo vakarinė į vidinį kiemą orientuota patalpa, jos apšviestumas, lyginant su pietine patalpa, buvo apie 15 kartų mažesnis.

Pastato Nr. 2 šaltojo metų laikotarpio apšvietos matavimo duomenų analizė parodė, kad vidutinė darbo laiko apšvieta, didesnė negu 300 lx, išmatuota šiaurės vakarinėje, pietrytinėje ir pietvakarinėje patalpose. Didžiausia vidutinė apšvieta užfiksuota šiaurės vakarinėje patalpoje, nes ji turi dvi sienas su dideliais įstiklintais plotais. Šiame pastate taip pat yra drastiškų apšviestumo skirtumų tarp patalpų. Pavyzdžiui ŠV patalpos vidutinė išmatuota apšvieta yra 3149 lx, o į vidinį kiemą orientuotų patalpų vos 39–107 lx.

Vertinant darbo laiką šaltuoju laikotarpiu, kai apšvieta yra daugiau kaip 300 lx, pastatuose gautos reikšmės atitinkamai yra tik 26 % (pastatas Nr. 1) ir 38 % (pastatas Nr. 2) (3 pav.). Šaltojo laikotarpio apšvietos matavimų duomenims įtakos galėjo turėti tai, kad dalį darbo laiko darbuotojų nebuvo patalpose ir (arba) nebuvo įjungti šviestuvai, o tyrimo metu nebuvo vykdoma kabinetų užimtumo stebėseną. Visgi gauti labai dideli patalpų apšviestumo skirtumai kiekviename iš pastatų rodo, kad juos projektuojant nepakankamai buvo apgalvoti natūralaus apšvietimo aspektai: netinkamai parinkti įstiklinimo plotai atskiriems fasadams ir (arba) netinkamai suplanuotos patalpos.

Patalpų anglies dvideginio koncentracija

Vertinant oro kokybę, didžiausia leidžiamoji CO₂ koncentracija pasirenkama pagal žemesnę IDA 2 oro kategorijai leidžiamos koncentracijos ribą (400 ppm, darant prielaidą, kad CO₂ koncentracija išorės ore yra 400 ppm) (STR 2.09.02:2005). Abiejų pastatų šiltojo ir šaltojo laikotarpių anglies dvideginio koncentracijos matavimų duomenys rodo, kad tose patalpose, kuriose dirba daugiau žmonių, užfiksuotas anglies dvideginio koncentracijos padidėjimas.

Šiltuoju laikotarpiu pastate Nr. 1 išmatuota vidutinė anglies dvideginio koncentracija 563 ppm, labai panaši reikšmė ir pastate Nr. 2 – 553 ppm. CO₂ reikšmės pastatuose svyruoja atitinkamai nuo 342 iki 1164 ppm pirmajame pastate ir nuo 355 iki 1018 ppm antrajame.

Atlikus anglies dvideginio matavimus šaltuoju laikotarpiu pastate Nr. 1 nustatyta vidutinė anglies dvideginio koncentracija 632 ppm, o pastate Nr. 2 – 580 ppm. Užfiksuotas CO₂ reikšmės svyravimas pastatuose atitinkamai 370–1266 ppm ir 321–871 ppm.

Taigi apibendrinant galima teigti, kad abiejuose pastatuose tiek šiltuoju, tiek šaltuoju laikotarpiais vėdinimo sistemos veikia efektyviai. Darbo laiko dalis, kurią patalpose užtikrinama IDA 2 kategorijai leidžiama CO₂ koncentracijos žemutinė riba, yra pavaizduota 2–3 pav.

Oro judrumas

Oro judėjimo greitis matuotas netoli langų, patalpos viduryje ir prie patalpų vidinių sienų, norint išsiaiškinti, kokią įtaką komfortui turi didelis langų įstiklinimo plotas. Beveik visose abiejų pastatų patalpose išmatuotas oro judėjimo greitis prie langų buvo didesnis, palyginti su oro judėjimo greičiu patalpos viduryje ar prie vidinės sienos. Išmatuotas oro judėjimo greitis šiltuoju laikotarpiu atitinka higienos normose (HN 69:2003) apibrėžtas ribas: vidutinis oro judėjimo greitis yra 1,3–1,4 karto mažesnis negu didžiausias leistinas greitis.

Analizuojant pastato Nr. 1 oro judėjimo greičio matavimų duomenis šiltuoju laikotarpiu, išmatuotas oro greitis yra 1,1–2,2 karto mažesnis negu didžiausias leistinas (0,1 m/s), o pastate Nr. 2 atitinkamai 1,3–2,4 karto mažesnis.

Taigi, pastatuose esant įprastinėms darbo sąlygoms, laikui bėgant, neturėtų būti jaučiami skersvėjai, keliami vėdinimo sistemos ar šaltos srovės nuo paviršių.

Pastatų komforto bendras objektyvus įvertinimas

Lyginant abiejų pastatų šiltojo ir šaltojo laikotarpio objektyviais matavimais įvertintą mikroklimatą, naudojami duomenys, kokią darbo laiko dalį mikroklimato parametrai atitinka higienos normų ir reglamentų reikalavimus (išskyrus oro judrumą, nes jam nustatyti atlikti momentiniai matavimai). Iš 2 pav. matyti, kad šiltuoju laikotarpiu patalpų mikroklimato parametrų vidutinės reikšmės abiejuose pastatuose didžiąją darbo laiko dalį neviršija pakankamo komforto ribų. Kaip ir buvo aptarta anksčiau, prasčiausiai šiuo laikotarpiu užtikrinamas komforto parametras yra apšvieta. Akivaizdu, kad abiejuose pastatuose yra patalpų, kur praktiškai niekada neužtikrinamas higienos reikalavimus atitinkantis darbo vietos apšviestumas.

Šiltuoju laikotarpiu (3 pav.) temperatūrinis režimas yra geriau užtikrinamas pastate Nr. 1, o pastate Nr. 2 temperatūros užtikrinimas labai svyruoja atskirose patalpose.

Jame ilgiausiai neužtikrinama temperatūra kampinėje patalpoje (ŠV) su langais abiejose sienose. Taip pat akivaizdžiai matyti, kad abiejuose pastatuose praktiškai niekada neužtikrinamas leistinas santykinis oro drėgnumas. Išimtis yra pastato Nr. 1 šiaurinė patalpa.

Taigi akivaizdu, kad tiek šiltuoju, tiek šiltuoju laikotarpiu abiejuose pastatuose kyla problemų dėl apšviestos darbo vietose, tai gali būti iš dalies susiję su žaliuzių naudojimu, siekiant išvengti akinančių saulės spindulių. Šaltuoju laikotarpiu didžiausia problema abiejuose pastatuose – per sausas oras ir apšviestumas, o pastate Nr. 2 taip pat ir ne visada priimtina temperatūra.

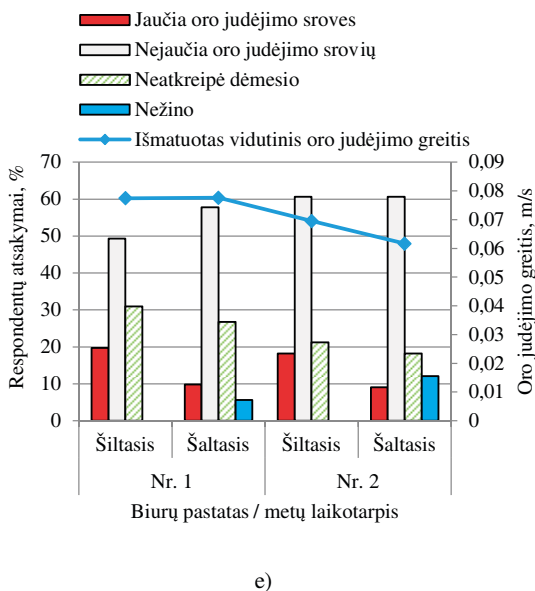
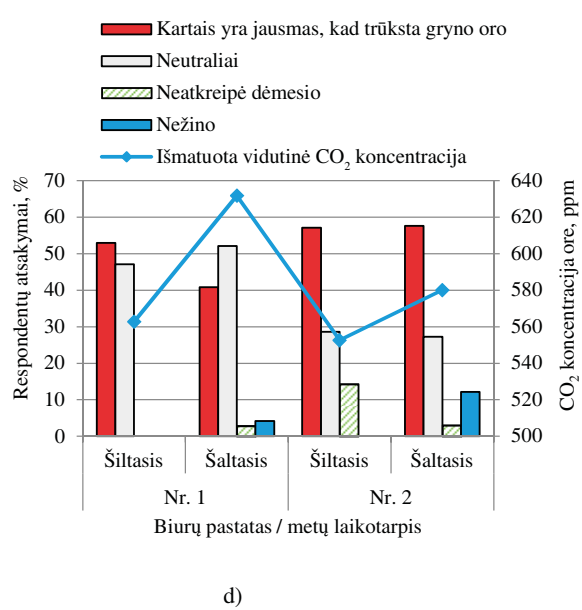
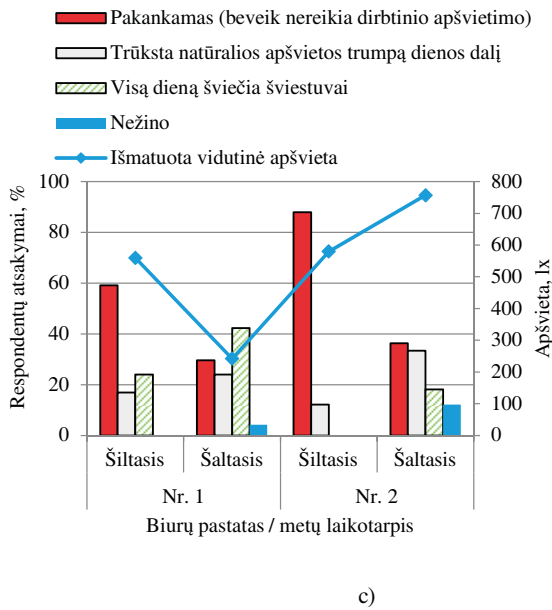
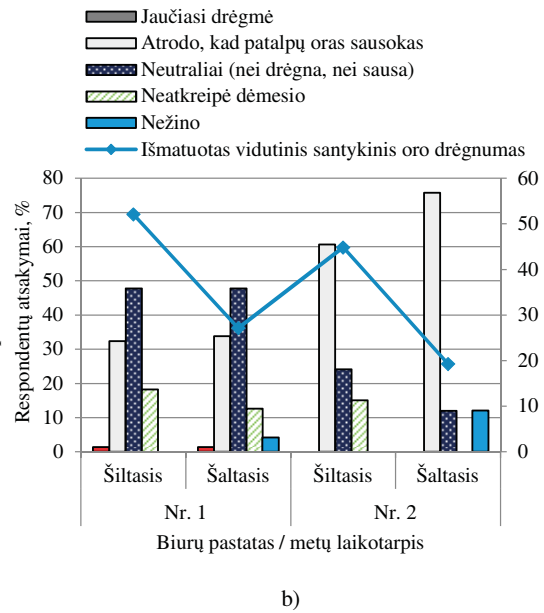
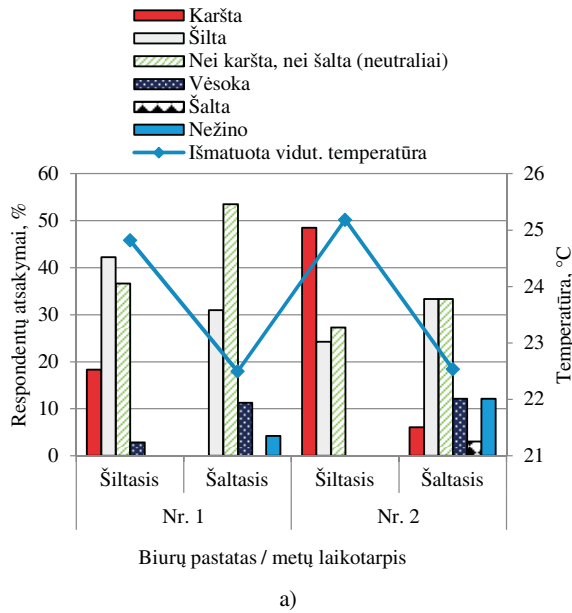
Pastatų komforto objektyvių ir subjektyvių duomenų palyginimas

Atliekant apklausas, respondentų skaičius pagal lytį buvo beveik vienodas. Nagrinėjant fasado įstiklinimo ploto įtaką mikroklimatui, svarbu turėti informacijos, koku atstumu nuo lango yra darbuotojų darbo vieta. Didžioji abiejų pastatų respondentų dalis (64–70 %) dirba 0,5–1,5 m atstumu nuo lango. Likusi darbuotojų darbo vietų dalis yra 1,5–6 m atstumu nuo lango.

Nors didžiąją darbo laiko dalį šiltuoju laikotarpiu temperatūros dydžiai neviršija higienos normų leistinų ribų, tačiau respondentų temperatūros vertinimai yra gana įvairūs.

Pastate Nr. 1, kuriame vidutinė patalpų temperatūra šiltuoju laikotarpiu yra 0,4 °C mažesnė, tik 18 % respondentų vertina patalpos temperatūrą kaip per didelę, neutraliai jaučiasi 36 % (4 pav., a). Na o pastato Nr. 2 48,6 % darbuotojų jaučia, kad patalpose karšta ir 27 % jaučiasi neutraliai. Apklausos metu išsiaiškinta, kad po 48 % abiejų pastatų darbuotojų naudoja apsaugines priemones nuo saulės – vidines žaliuzes. Nors yra nustatyta, kad vidinės žaliuzės nėra pats efektyviausias energijos poreikio vėsinimui mažinimo būdas, visgi jos padeda mažinti patalpos temperatūrą ir išvengti tiesioginio saulės akinimo (Motuzienė 2010). Šaltuoju laikotarpiu abiejuose pastatuose vidutinė temperatūra buvo 22,5 °C, visgi respondentų atsakymai skyrėsi. 53 % pirmojo pastato respondentų jautėsi neutraliai, o 31 % teigė, kad šilta. Na o antrajame pastate šie skaičiai atitinkamai sudarė po 33 %. Čia atsirado darbuotojų, teigiančių, kad jiems šalta arba vėsoka. Tai leidžia daryti išvadą, kad temperatūrinis komfortas pastate Nr. 1 yra geresnis. Tai patvirtina ir matavimo rezultatai, kurie rodo, kad šiame pastate priimtinos temperatūros užtikrinamos didesnę laiko dalį, lyginant su antruoju pastatu.

Remiantis objektyviais matavimo duomenimis, galima buvo tikėtis, kad dauguma darbuotojų turi skųstis per



4 pav. Temperatūros, kurią jaučia darbuotojai (a), santykinio oro drėgnumo (b), apšvietos (c), oro užterštumo CO₂ dujomis (d) ir oro judrumo pojūčio (e) vertinimas šiltuoju ir šaltuoju laikotarpiais

Fig. 4. Assessment of the temperature (a), relative air humidity (b), illumination (c), air pollution by CO₂ (d) and the air mobility sensation (e) during the warm and cold periods

sausu oru žiemą ir kad daugiau nusiskundimų turi būti pastate Nr. 2. Apklausa patvirtino šiuos spėjimus (4 pav., b). Šaltuoju laikotarpiu 76 % pastato Nr. 2 darbuotojų jautė, kad oras sausokas, o neutraliai jautėsi vos daugiau nei 10 %. Na o pastate Nr. 1, nors ten oras irgi per sausas ir leistina santykinė oro drėgmė užtikrinama tik 13,3 % darbo laiko, beveik pusė darbuotojų diskomforto nejautė ir tik 34 % nurodė, kad oras sausokas. Nors šiltuoju metu oro drėgnumas abiejuose pastatuose neviršijo leistinų ribų didžiaja laiko dalį, patalpų orą kaip sausoką šiltuoju metu vertina: 61 % pastato Nr. 2 darbuotojų ir tik 32,4 % pastato Nr. 1 darbuotojų. Taip pat apklausa parodė, kad patalpų oro drėgnumą kaip neutralų vertina 48 % pastato Nr. 1 darbuotojų, o tokį vertinimą pastate Nr. 2 pasirinko tik 24,2 %.

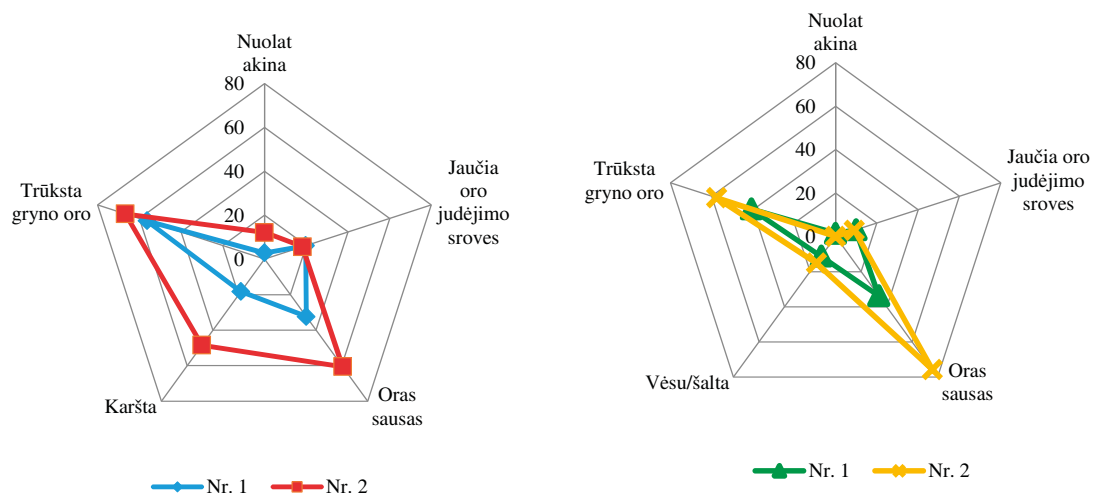
Darbuotojų apklausos duomenys dėl apšvietos gana prieštaringi ir to reikėjo tikėtis, žinant, kad patalpų apšvieta atskirose pastatų patalpose gali skirtis iki 100 kartų. Nors šiltuoju laikotarpiu išmatuotos apšvietos reikšmės tik 40–60 % darbo laiko atitinka higienos normose nurodytus reikalavimus, tačiau darbuotojų apklausos metu išsiaiškinta, kad net 59,2 % darbuotojų pastate Nr. 1 ir 87,9 % darbuotojų pastate Nr. 2 apšvietimą vertina kaip pakankamą (4 pav., c). Visgi matyti, kad pirmajame pastate ir šiltuoju laikotarpiu yra patalpų, kuriose nuolatos degė šviesa, tai ir galėjo lemti geresnį objektyvų šio pastato vertinimą. Tiek viename, tiek kitame pastate dalis darbuotojų visgi nurodė, kad šviesos trūksta. To ir tikėtasi, nes akivaizdžiai į vidinius kiemus orientuotos patalpos yra žymiai prasčiau apšviečiamos. Šaltojo laikotarpio matavimo duomenys rodo prastesnius apšvietos rodiklius. Analizuojant apklausos rezultatus taip pat yra gautas prastesnis vertinimas. Pastate Nr. 2 vidutinė apšvieta yra daug didesnė nei pastate Nr. 1 ir manančių, kad apšvietimas pakankamas, jame yra 36 %, o tai yra 6 % daugiau nei

pastate Nr. 1. Jame taip pat yra 10 % daugiau teigiančių, kad trūksta natūralaus apšvietimo (iš viso 33 % taip teigiančių). Bet pabrėžtina, kad pastate Nr. 1, kaip ir šiltuoju laikotarpiu, žymiai intensyviau naudojamas dirbtinis apšvietimas. Tai vėlgi patvirtina, kad geresni šio pastato apšvietos rezultatai gauti iš dalies dėl šios priežasties. Apibendrinant galima būtų teigti, kad abiejuose pastatuose yra ne maža dalis prastai apšviestų patalpų ir dalis per daug apšviestų patalpų, bet pirmajame pastate šį trūkumą vartotojai labiau linkę kompensuoti naudodami dirbtinį apšvietimą.

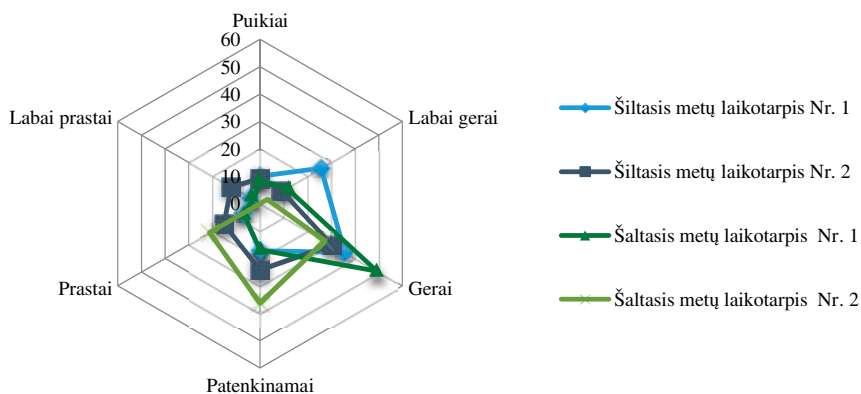
Nors matavimai rodo, kad pastatuose yra gera oro kokybė, visgi apklausos rezultatai nėra tokie vienareikšmiai. Įdomu tai, kad pastate Nr. 1, kur išmatuota oro kokybė yra prastesnė, didesnė dalis darbuotojų (47–52 % priklausomai nuo metų laiko) jaučiasi neutraliau (4 pav., d) nei pastate Nr. 2 ir mažiau respondentų skundžiasi, kad kartais trūksta gryno oro.

Oro judrumo matavimai šiltuoju laiku parodė, kad dėl vėdinimo sistemos veikimo beveik visose patalpose oro judėjimo greitis viduryje patalpos didesnis, palyginti su oro judėjimo greičiu prie sienos. Oro judėjimo greičių padidėjimas šalia langų, lyginant su patalpos viduryje išmatuotais greičiais, atitinkamai sudaro: pastate Nr. 1 – 5,4–50,4 %, o pastate Nr. 2 – 4,4–38,9 %. Iš viso 10,4 % išmatuotų taškų oro judėjimo greitis viršija leistinas ribas, todėl normalu, kad dalis respondentų (šiltuoju ir šiltuoju laikotarpiu atitinkamai – 20 % ir 10 % darbuotojų pastate Nr. 1; 18 % ir 9 % darbuotojų pastate Nr. 2) atsakė, kad jaučia oro judėjimo sroves (4 pav., e). Likusi dalis respondentų arba nieko nejaučia arba neatkreipė dėmesio (tai irgi leidžia manyti, kad jie nieko nejaučia).

5, 6 pav. parodyti darbuotojus varginantys mikroklimato veiksniai ir bendras mikroklimato vertinimas



5 pav. Varginantys veiksniai šiltuoju (a) ir šaltuoju (b) metų laikotarpiais
Fig. 5. Aging factors during the warm (a) and cold (b) period



6 pav. Bendras vasaros ir žiemos patalpų vertinimas

Fig. 6. Overall assessment of premises in summer and winter

priklausomai nuo metų laikotarpio. 5 pav. parodyta, kad anksčiau minėti mikroklimatą veikiantys veiksniai tiek šiltuoju, tiek šaltuoju metų laiku labiau vargina pastato Nr. 2 darbuotojus.

Bendrą šiltojo laikotarpio mikroklimatą gerai, labai gerai arba puikiai pastate Nr. 1 vertino didesnė dalis darbuotojų (5 pav., a), dirbančių 0,5–1,5 m atstumu nuo lango (66,2 % respondentų, dirbančių tokiu atstumu kartu sudėjus). Šaltojo laikotarpio mikroklimatą gerai, labai gerai arba puikiai vertina taip pat didesnė dalis 0,5–1,5 m atstumu nuo lango dirbančių asmenų (60,6 % respondentų, dirbančių tokiu atstumu kartu sudėjus) (5 pav., b).

Vertinant pagal patalpų orientaciją, bendrą šiltojo laikotarpio mikroklimatą geriau vertino didesnė dalis šiaurinės ir vidinės šiaurinės, šiaurės rytinės ir šiaurės vakarinės orientacijos patalpose dirbantys darbuotojai. Bendrą šaltojo laikotarpio mikroklimatą gerai, labai gerai ar puikiai vertino didesnė dalis šiaurinės, pietinės, vidinės pietinės ir pietvakarinės orientacijos patalpose dirbantys darbuotojai.

6 pav. parodyta, kad bendrą patalpų mikroklimatą kaip labai prastą, prastą ir patenkinamą vertino didesnė dalis pastato Nr. 2 darbuotojų (56,7 % respondentų kartu

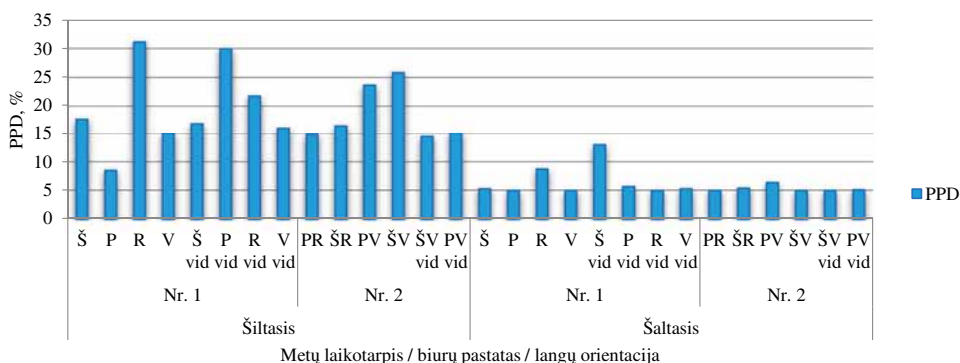
sudėjus), palyginti su pastato Nr. 1 darbuotojais, kuriame tokį vertinimą pasirinko 26,8 % respondentų kartu sudėjus. O mikroklimatą kaip gerą, labai gerą ir puikų vertino: pastate Nr. 1–30,3 %, pastate Nr. 2 – 69 %.

Vertinimas pagal O. Fangerio metodiką

Išmatuoti abiejų pastatų mikroklimato parametrai tarpusavyje žymiai nesiskiria, tačiau pastato Nr. 2 subjektyvusis vertinimas pastebimai skiriasi nuo objektyviojo vertinimo. Vertinant pagal O. Fangerio metodiką, dirbant sėdimą darbą (1–1,2 met arba 58–70 W), kai patalpų temperatūra 25–25,8 °C, esant tipinei vasaros darbuotojų aprangai (0,7 clo), oro judrumui esant mažesniai negu 0,15 m/s, nepatenkintųjų skaičius turėtų būti ne daugiau negu 9–15 % (patenkintųjų 91–85 %) (HN 69:2003). Sąlygos, kai patenkintųjų žmonių būna mažiau kaip 80 %, yra neleistinos.

Naudojantis PMV-PPD skaičiavimo metodika, sukurta pagal ISO 7730 standartą, gauti rezultatai atskiroms patalpoms grafiškai pavaizduoti 7 pav.

Apskaičiavus kiekvienos patalpos PPD rodiklius, gaunama, kad pagal faktinius išmatuotus duomenis darbuotojai turėtų jausti diskomfortą dėl perkaitinimo šiltuoju



7 pav. Tikėtinas nepatenkintųjų šilumine aplinka skaičius

Fig. 7. Predicted percentage of dissatisfied on thermal comfort

laikotarpiu, nes tikėtina nepatenkintųjų šilumine aplinka dalis svyruoja nuo 8,5 iki 31,2 % (7 pav.). Tikėtina, kad daugiau nei 20 % nepatenkintųjų bus pastato Nr. 1 trijose patalpose bei pastato Nr. 2 dviejose patalpose. Šaltuoju laikotarpiu tikėtina nepatenkintųjų šilumine aplinka dalis svyruoja nuo 5 iki 13 %, taigi neviršija leistinos 20 % ribos. Didžiausias PPD rodiklis šiuo laikotarpiu nustatytas pastato Nr. 1 vidinėje šiaurinėje patalpoje.

Taip pat buvo įvertintas bendras kiekvieno pastato komforto lygis taikant O. Fangerio metodiką. Rezultatai, pateikti 3 lentelėje, rodo, kad pagal O. Fangerio metodiką šaltuoju laikotarpiu PPD abiejuose pastatuose yra tik apie 5 %, o šiltuoju laikotarpiu pastate Nr. 1 tikėtinas nepatenkintųjų skaičius yra 20 %, pastate Nr. 2 šiek tiek mažesnis ir lygus 19,6 %. Abiejuose pastatuose PPD yra arti ribos, kai patalpų mikroklimatas laikomas netinkamu. Taip pat iš 3 lentelės matyti, kad temperatūros pojūčiui didelę įtaką turi patalpų santykinis oro drėgnumas: tame pastate, kuriame užfiksuotas mažesnis santykinis drėgnumas, nors temperatūra didesnė, PPD yra mažesnis.

Išmatuoti abiejų pastatų mikroklimato parametrai tarpusavyje žymiai nesiskiria, tačiau pastato Nr. 2 subjektyvusis vertinimas pastebimai skiriasi nuo objektyviojo

3 lentelė. Bendro pastatų įvertinimo priklausomybė nuo išmatuotų mikroklimato parametrų

Table 3. Overall evaluation of buildings' dependency on measured indoor climate parameters

	Parametrai	Pastatas Nr. 1	Pastatas Nr. 2
Šiltuoju laikotarpiu	Vidutinė temperatūra, °C	24,8	25,2
	Vidutinis santykinis drėgnumas, %	52,1	44,8
	Oro judėjimo greitis, m/s	0,078	0,069
	PMV rodiklis	0,85	0,83
	PPD, %	20	19,6
Šaltuoju laikotarpiu	Vidutinė temperatūra, °C	22,5	22,5
	Vidutinis santykinis drėgnumas, %	27,2	19,3
	Oro judėjimo greitis, m/s	0,078	0,062
	PMV rodiklis	0,18	0,06
	PPD, %	5,7	5,1

4 lentelė. Šiluminio komforto vertinimo metodikų palyginimas

Table 4. Comparison of thermal comfort assessment methodologies

	Pastatas Nr. 1		Pastatas Nr. 2	
	Šiltasis laikotarpis	Šaltasis laikotarpis	Šiltasis laikotarpis	Šaltasis laikotarpis
Objektyvusis vertinimas (laiko dalis, kai užtikrinamas pakankamas temperatūrinis komfortas)	96,4	93,6	95,9	81,2
Subjektyvusis vertinimas (patenkintųjų skaičius, %)	82	94,1	61	93,4
Vertinimas pagal O. Fangerio metodiką (patenkintųjų skaičius, %)	79,9	94,3	80,4	95

vertinimo ir vertinimo pagal O. Fangerio metodiką rezultatų (4 lentelė).

Palyginus skirtingomis vertinimo metodikomis įvertintą mikroklimatą, galima teigti, kad patikimesni yra O. Fangerio metodikos rezultatai, nes jie mažiau skiriasi nuo objektyviojo vertinimo. Pastate Nr. 2 subjektyvųjį vertinimą galėjo veikti tai, kad jame apklausta mažiau žmonių, palyginti su pastatu Nr. 1. Taip pat 30 % apklaustųjų dirba patalpose su langais į pietvakarius – jų mikroklimatas objektyviais matavimais įvertintas prasčiausiai, palyginti su kitomis patalpomis šiame pastate.

Apibendrinant, galima būtų teigti, kad, vertinant atskirai tik temperatūrą, gaunamas netikslus mikroklimato vertinimas, nes pastate žmonės veikia parametrų kompleksas, tokių kaip skirtingų temperatūrų oro srovės, vienos kūno dalies perkaitinimas ar vėsinimas, akinimas per langus, per maža apšvieta, gryno oro trūkumas ir kt. Todėl negalima vertinti kiekvieno mikroklimato parametro atskirai.

Išvados ir aptarimas

Matavimo rezultatai parodė, kad:

- nagrinėtuose pastatuose temperatūros svyravimai abiem metų laikotarpiais yra labai priklausomi nuo patalpos orientacijos pasaulio šalių atžvilgiu bei nuo patalpos padėties pastate, stiklinių atitvarų kiekio juose;
- iš apšvietos matavimo rezultatų matyti, kad, nors jos išmatuotos vidutinės reikšmės yra didesnės, nei reikalaujama, visgi labai dideli apšvietos skirtumai patalpose rodo, kad projektuojant pastatus netinkamai parinkti įstiklinimo plotai atskiriems fasadams ir (arba) netinkamai išdėstytos patalpos. Dėl šios priežasties vienos patalpos yra prastai apšviečiamos, kitos – per daug;
- vidutinis išmatuotas santykinis oro drėgnumas šiltuoju metų laikotarpiu abiejuose pastatuose užtikrinamas beveik visą darbo laiką. Na o šaltuoju metų laikotarpiu pastatuose vidutinis santykinis oro drėgnumas žemesnis (25 %), nei normų nustatytas, todėl tirtuose pastatuose šaltuoju metų laikotarpiu komfortui užtikrinti tikslinga įrengti oro drėkinimo sistemą;

d) anglies dvideginio koncentracijos matavimai parodė, kad abiejuose pastatuose tiek šiltuoju, tiek šaltuoju metų laikotarpiais vėdinimo sistemos veikia efektyviai, oro judrumas patalpose neviršija leistinojo.

Subjektyvaus vertinimo rezultatai yra gan prieštaringi: net ir tada, kai išmatuoti parametrai didžiąja darbo laiko dalį neviršijo leistinų reikšmių, buvo nusiskundimų, ir atvirkiščiai. Nors daugiau negu 80 % viso darbo laiko patalpų mikroklimato parametrai atitinka higienos normų reikalavimus, darbuotojų apklausa parodė, kad žmonės vargina komfortą mažinantys parametrai: per aukšta patalpų temperatūra, saulės akinimas, gryno oro trūkumas, oro sausumas. Tai leidžia manyti, kad žmonės patalpose veikia parametru kompleksas ir todėl negalima vertinti mikroklimato kreipiant dėmesį tik į atskirus parametrus, nes visi jie yra susiję ir priklauso vienas nuo kito. Tą įrodo ir tai, kad pastatas Nr. 1 ir Nr. 2 pagal matavimo rezultatus mažai skyrėsi, bet apklausų metu daug geriau įvertintas pastatas Nr. 1.

Taikant O. Fangerio metodiką, patalpų komfortas abiejuose pastatuose įvertintas geriau šaltuoju nei šiltuoju metų laikotarpiu. Šiltuoju metų laikotarpiu abiejų pastatų mikroklimatas yra arti ribos (PPD 20 %), kai patalpų mikroklimatas laikomas netinkamu ir patalpų negalima eksploatuoti.

Kaip rodo patirtis, šiuolaikiniuose pastatuose vėsinimo sistema suvartoja daugiausia energijos. Taip pat šiltuoju laikotarpiu juose sudėtingiau užtikrinti šiluminio komforto sąlygas. Analizuotų pastatų tyrimas rodo, kad vėsaus klimato šalyse (tokiose kaip Lietuva), gerai izoliuotuose pastatuose, kurių fasadų įstiklinimo plotas viršija 50 %, šiltuoju laikotarpiu sudėtinga užtikrinti tinkamą šiluminį komfortą.

Padėkos

Dėkojame Eglei Bačkienei už indėlį atliekant tyrimą, taip pat UAB „SWECO Lietuva“ ir UAB „COWI Lietuva“ įmonėms už sudarytas galimybes atlikti matavimus ir apklausas.

Literatūra

- Akimoto, T.; Tanabe, S.; Yanai, T.; Sasaki, M. 2010. Thermal comfort and productivity – evaluation of workplace environment in a task conditioned office, *Building and Environment* 45(1): 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.022>
- Bessoudo, M. A.; Tzempelikos, A.; Athienitis, A. K.; Zmeureanu, R. 2010. Indoor thermal environmental conditions near glazed facades with shading devices – Part I: experiments and building thermal model, *Building and Environment* 45(11): 2506–2516. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.05.013>
- HN 69:2003. *Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametru norminės vertės ir matavimo reikalavimai*. 2003. 22 p.
- HN 98:2014. *Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos mažiausios ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai*. 2014. 22 p.
- ISO 7730:2005. *Ergonomics of the thermal environment – analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. 2005. 60 p.
- Jenkins, D. P.; Peacock, A.; Banfill, P. F. G. 2009. Will future low-carbon schools in the UK have an overheating problem?, *Building and Environment* 44(3): 490–501. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.04.012>
- Lyons, P.; Arasteh, D.; Huizenga, C. 2000. Window Performance for Human Thermal Comfort, in *2000 ASHRAE Winter Meeting*, 5–9 February, 2000, Dallas, Texas.
- LST EN 15251:2007. *Pastatams projektuoti ir jų energetinėms charakteristikoms įvertinti skirti vidaus aplinkos įvesties parametrai, apimantys vidaus oro kokybę, šiluminę aplinkos, apšvietimo ir akustines charakteristikas*. 2007. 51 p.
- Menzies, G. F.; Wherrett, J. R. 2005. “Windows in the workplace: examining issues of environmental sustainability and occupant comfort in the selection of multi-glazed windows, *Energy and Buildings* 37(6): 623–630. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.012>
- Motuzienė, V. 2010. *Istiklinimo įtakos viešųjų pastatų energijos poreikiams kompleksinė analizė: daktaro disertacija*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius.
- Rueegg, T.; Dorer, V.; Steinemann, U. 2001. Must cold air down draughts be compensated when using highly insulating windows?, *Energy and Buildings* 33(5): 489–493. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00099-2)
- Sernas, V. 1985. *ASHRAE Handbook. Fundamentals*. SI Edition. Atlanta: ASHRAE.
- STR 2.09.02:2005. *Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas*. 2005. 53 p.
- Šeduikytė, L.; Paukštys, V. 2008. Evaluation of indoor environment conditions in offices located in buildings with large glazed areas, *Journal of Civil Engineering and Management* 14(1): 39–44. <https://doi.org/10.3846/1392-3730.2008.14.39-44>
- Taylor, P.; Fuller, R. J.; Luther, M. B. 2008. Energy use and thermal comfort in a rammed earth office building, *Energy and Buildings* 40(5): 793–800. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.05.013>
- Taleghani, M.; Tenpierik, M.; Kurvers, S.; van den Dobbelen, A. 2013. A review into thermal comfort in buildings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 26: 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.050>
- Tuohy, P.; Rijal, H. B.; Humphreys, M. A.; Nicol, J. F.; Samuel, A.; Clarke, J. 2007. Comfort driven adaptive window opening behavior and the influence of building design, in *10th IBPSA Conference*, 3–6 September, 2007, Beijing, China.
- Valančius, R.; Jurelionis, A. 2013. Influence of indoor air temperature variation on office work performance, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 21(1): 19–25. <https://doi.org/10.3846/16486897.2012.721371>

- Valančius, R.; Jurelionis, A. 2012. Impact of temperature variation on energy consumption and productivity of the occupants in office buildings, *Energetika* 58(3): 141–147.
<https://doi.org/10.6001/energetika.v58i3.2465>
- Virta, M.; Hovorka, F.; Kurnitski, J.; Litiu, A. 2012. *HVAC in sustainable office buildings. A bridge between owners and engineers*. REHVA Guidbook. Brussels: REHVA. 117 p.
- Wagner, A.; Gossauer, E.; Moosmann, C.; Gropp, Th.; Leonhart, R. 2007. Thermal comfort and workplace occupant satisfaction – results of field studies in German low energy office buildings, *Energy and Buildings* 39(7): 758–769.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.02.013>
- Wolkoff, P.; Kärcher, T.; Mayer, H. 2012. Problems of the ‘outer eyes’ in the office environment: an ergophthalmologic approach, *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine* 54(5): 621–631.

COMFORT STUDY OF OFFICE BUILDINGS WITH LARGE GLAZED AREAS

V. Motuzienė, V. Misevičiūtė

Abstract

In the buildings with large glazed areas the biggest problem is the space overheating during the warm season. This causes increased energy demand for cooling. The survey was carried out during the warm and cold seasons in two office buildings with large glazed areas. The methodology was prepared for evaluating indoor climate parameters using objective and subjective evaluation. The measurements have shown that there are problems with lighting in workplaces of both buildings during both the warm and cold seasons. The biggest problem is too dry air during the cold period, an acceptable temperature is also not always in the building No. 2. The survey has shown that some employees are dissatisfied with the indoor climate in the workplace, the bigger dissatisfaction is in building No. 2. Assessing according to the O. Fanger methodology was obtained that the number of PPD is in the normal range during the cold period, whereas close to the limit when the building can not be operated in the warm period.

Keywords: office buildings, survey, glazing area, lighting, comfort, thermal environment.