



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

# **Gyvenamosios erdvės kokybės gerinimas: tvarūs sprendimai pagyvenusiems žmonėms**

Baigiamasis magistro studijų projektas

---

**Ugnė Didžiariekytė**

Projekto autorė

**Dr. Lina Šeduikytė**

Vadovė

---

**Kaunas, 2020**



**Kauno technologijos universitetas**  
Statybos ir architektūros fakultetas

# **Gyvenamosios erdvės kokybės gerinimas: tvarūs sprendimai pagyvenusiems žmonėms**

Baigiamasis magistro studijų projektas  
Darnūs ir energetiškai efektyvūs pastatai (M6056P5)

---

**Ugnė Didžiariekytė**  
Projekto autorė

**Dr. Lina Šeduikytė**  
Vadovė

**Prof. Andrius Jurelionis**  
Recenzentas

---

**Kaunas, 2020**



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

Ugnė Didžiariekytė

## **Gyvenamosios erdvės kokybės gerinimas: tvarūs sprendimai pagyvenusiems žmonėms**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Ugnės Didžiariekytės, baigiamasis projektas tema „Gyvenamosios kokybės gerinimas: tvarūs sprendimai pagyvenusiems žmonėms“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

Ugnė Didžiariekytė. Gyvenamosios kokybės gerinimas: tvarūs sprendimai pagyvenusiems žmonėms. Magistro baigiamasis projektas / vadovė dr. Lina Šeduikytė; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis: Inžinerijos mokslai, Statybos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: senėjimas, CFD, oro kokybė, šiluminis komfortas.

Kaunas, 2020. 40 p.

### **Santrauka**

Demografinis senėjimas pripažįstamas naujų laikų globaline problema. Augant senyvo amžiaus žmonių skaičiui, daugėja ir gyvenamųjų erdvių, pritaikytų senyvo amžiaus žmonėms poreikis. Svarbus uždavinys yra užtikrinti pakankamą šiluminį komfortą ir oro kokybės parametrus jose.

Magistro baigiamajame projekte buvo tiriami šiluminio komforto ir oro kokybės parametrai senyvo amžiaus žmonių slaugos namuose. Atlikta užsienio mokslininkų literatūros analizė, pagal kurią atlikti tyrimai. Įvertinta patalpų santykinė drėgmė, temperatūra, apskaičiuotas temperatūros gradientas. Natūrinių tyrimų papildymui ir pastato įvertinimui atliktos apklausos. Nustatyta, jog oro temperatūra ir santykinė drėgmė žiemos sezono metu neatitinka rekomenduojamų reikšmių senyvo amžiaus žmonėms. Šių parametru gerinimui buvo sukurtas CFD modelis, kuriuo siekiama atrasti didžiausią šiluminį komfortą suteikiantį šildymo – vėdinimo sistemų derinį. Buvo išnagrinėta 12 skirtingų atvejų ir nustatyta, jog didžiausias šiluminis komfortas patalpoje bus tuomet, kai patalpa vėdinama mechanine vėdinimo sistema ir šildoma grindiniu šildymu.

Magistro baigiamojo projekto sudėtis: lentelių skaičius darbe – 8 vnt., paveikslų skaičius – 20 vnt., literatūros šaltinių skaičius – 29 vnt.

Ugnė Didžiariekytė . Improving the Quality of Living Space: Sustainable Solutions for the Elderly/  
supervisor Dr. Lina Šeduikytė; Civil Engineering and Architecture faculty, Kaunas University of  
Technology.

Study field and area (study field group): Civil Engineering

Keywords: ageing, elderly, CFD, air quality, thermal comfort.

Kaunas, 2020. 40 p.

### **Summary**

Demographic ageing is recognized as a global problem of the modern era. As the number of older people grows, so does the need for living space adapted for the elderly. An important task is to provide sufficient thermal comfort and air quality parameters.

The Master's final project investigated the parameters of thermal comfort and air quality in a nursing home for the elderly. The analysis of the literature was carried out. Relative humidity, temperature, temperature gradient were calculated. Surveys were conducted to complement the natural studies and to evaluate the building. The air temperature and relative humidity during the winter season were found to be below the recommended values for the elderly. To find the best combination of heating and ventilation systems, a CFD model was developed. 12 different cases were analyzed and it was determined that the maximum thermal comfort in the room would be when the room is ventilated by mechanical ventilation system and heated by underfloor heating.

The composition of master's thesis: number of tables - 8, number of pictures - 20, number of literature sources - 29.

## Turinys

<b>Įvadas.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Literatūros apžvalga .....</b>	<b>10</b>
1.1. Gyvenamosios erdvės kokybė .....	10
1.1.1. Šiluminis komfortas.....	11
1.1.2. Oro kokybė .....	17
1.2. Apibendrinimas .....	18
<b>2. Tiriamaoji dalis.....</b>	<b>19</b>
2.1. Tyrimo objektas.....	19
2.2. Tyrimo metodai ir prietaisai .....	19
2.3. Tyrimų rezultatai .....	21
2.3.1. Žiemos sezono rezultatai .....	21
2.3.2. Vasaros sezono rezultatai .....	23
<b>3. Skaitinis modeliavimas.....</b>	<b>30</b>
3.1. Skaitinio modelio kraštinės sąlygos .....	30
3.2. Skaitinio modelio patikimumo įvertinimas .....	31
3.3. CFD modeliavimo rezultatai .....	32
3.4. CFD modeliavimo išvados .....	36
<b>4. Išvados .....</b>	<b>37</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>38</b>

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> Žmonių populiacijos kitimas (Europos komisija, 2017) .....	10
<b>2 lentelė.</b> Šiluminio komforto temperatūra pagal pastatą, lytį ir metų laiką (Maykot ir kt., 2018) ..	13
<b>3 lentelė.</b> Klausimynas šiluminiam komfortui vertinti (Tsuzuki ir kt., 2002) .....	15
<b>4 lentelė.</b> Šiluminiai parametrai (Mendes ir kt., 2015) .....	16
<b>5 lentelė.</b> Žiemos sezono tyrimų rezultatai .....	21
<b>6 lentelė.</b> Vasaros sezono tyrimų rezultatai .....	24
<b>7 lentelė.</b> CFD modelio ir eksperimentinio tyrimo rezultatų palyginimas.....	31
<b>8 lentelė.</b> CFD modeliavimo rezultatai stebėjimo taškuose .....	35

## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> Šiluminio komforto vertinimas pagal temperatūros gradientą (Möhlenkamp, 2019).....	12
<b>2 pav.</b> Sumaišomojo vėdinimo ir šildymo sistemų derinio vertikalus temperatūros gradientas. $\Delta t$ – vertikalus temperatūros gradientas, °C/m. (Stasiulienė, 2018) .....	12
<b>3 pav.</b> Apklaustų vyresnių nepatenkintų žmonių procentų pasiskirstymas (PD) nuo patalpų temperatūros (Hwang ir kt, 2010).....	14
<b>4 pav.</b> Jaunesnių ir senesnių žmonių grupių šiluminės normos (Tsuzuki ir kt., 2002).....	15
<b>5 pav.</b> 1 ir 2 aukštų planai su pažymėtais tiriamaisiais kambariais (pilka).....	19
<b>6 pav.</b> Stovo vieta kambaryje .....	20
<b>7 pav.</b> Vidutinės kambarių temperatūrų reikšmės.....	22
<b>8 pav.</b> Vidutinės kambarių santykinės drėgmės reikšmės.....	23
<b>9 pav.</b> Vidutinės kambarių temperatūrų reikšmės.....	25
<b>10 pav.</b> Vidutinės kambarių santykinės drėgmės reikšmės.....	26
<b>11 pav.</b> Klausimyno dalies apie respondentų sveikatą atsakymai (žiemos sezonas).....	27
<b>12 pav.</b> Klausimyno dalies apie respondentų sveikatą atsakymai (vasaros sezonas) .....	27
<b>13 pav.</b> Globos namų aplinkos vertinimas (žiemos sezonas).....	28
<b>14 pav.</b> Globos namų aplinkos vertinimas (vasaros sezonas).....	29
<b>15 pav.</b> Kambario geometrinis modelis (planas (a), izometrinis vaizdas (b)) .....	30
<b>16 pav.</b> Rezultatų priklausomybė nuo tinklelio celių skaičiaus .....	31
<b>17 pav.</b> 1 variantas. Temperatūrų pasiskirstymas CFD modelyje, kai vėdinimas - natūralus (iš lauko patenkančio oro temperatūra – 2 °C) ir patalpa šildoma radiatoriumi (40 °C), trimis atvejais, kai: I) 2 žmonės sėdi; II) 1 iš žmonių guli; III) 2 žmonės guli. a) horizontalus patalpos pjūvis b) vertikalus patalpos pjūvis. ....	33
<b>18 pav.</b> 2 variantas. Temperatūrų pasiskirstymas CFD modelyje, kai vėdinimas – natūralus. (iš lauko patenkančio oro temperatūra – 2 °C) ir šildomomis grindimis (23 °C) trimis atvejais, kai: I) 2 žmonės sėdi; II) 1 iš žmonių guli; III) 2 žmonės guli. a) vertikalus patalpos pjūvis b) horizontalus patalpos pjūvis. ....	33
<b>19 pav.</b> 3 variantas. Temperatūrų pasiskirstymas CFD modelyje, kai vėdinimas - mechaninis (tiekiamo oro temperatūra – 18 °C) ir patalpa šildoma radiatoriumi (35 °C), trimis atvejais, kai: I) 2 žmonės sėdi; II) 1 iš žmonių guli; III) 2 žmonės guli. a) horizontalus patalpos pjūvis b) vertikalus patalpos pjūvis. ....	34
<b>20 pav.</b> 4 variantas. Temperatūrų pasiskirstymas CFD modelyje, kai vėdinimas - mechaninis (tiekiamo oro temperatūra – 18 °C) ir šildomomis grindimis (23 °C) trimis atvejais, kai: I) 2 žmonės sėdi; II) 1 iš žmonių guli; III) 2 žmonės guli. a) horizontalus patalpos pjūvis b) vertikalus patalpos pjūvis. ....	34



## Įvadas

Demografinis senėjimas pripažįstamas naujųjų laikų globaline problema. Planuojama, jog du tūkstančiai penkiasdešimtaisiais metais Europa išliks seniausiuoju žemynu. Didėjant senyvo amžiaus žmonių skaičiui, daugėja ir gyvenamųjų erdvių, pritaikytų senyvo amžiaus žmonėms poreikis. Turint omenyje, kad senyvo amžiaus žmonės patalpose praleidžia daugiau laiko svarbiais patalpų kokybės rodikliais tampa šiluminis komfortas bei oro kokybė patalpose. Analizuojant jau atliktus tyrimus atrandama, jog šiluminis komfortas priklauso ne tik nuo individualių žmonių poreikių, tačiau taip pat nuo lyties bei amžiaus. Taigi, siekiant sukurti erdves, kuriose senyvo amžiaus žmonės galės jaustis patogiai, šiltai ir komfortabiliai, turi būti atliekami tyrimai, padedantys identifikuoti esamas problemas ir leidžiantys priimti sprendinius naujai statomoms patalpoms bei esamų patalpų tobulinimui. Tokio tipo tyrimai buvo atlikti pasaulyje, tačiau senyvo amžiaus globos namų situacija Lietuvoje nebuvo nagrinėta. Šiame magistro baigiamajame projekte remiantis užsienio mokslininkų patirtimi buvo išnagrinėta Kauno Panemunės globos namų gyvenamųjų kambarių pastato dalis.

**Magistro baigiamojo darbo tikslas:** Įvertinti šiluminį komfortą ir oro kokybę vyresnio amžiaus žmonių namuose, pateikti siūlymus šių parametru gerinimui.

**Magistro baigiamojo darbo uždaviniai:**

1. Atlikti Lietuvos ir užsienio mokslininkų tyrimų analizę susijusią su vyresnių žmonių gyvenamąja erdve.
2. Atlikti patalpų mikroklimato tyrimus pasirinktame globos namų pastate šaltuoju ir šiltuoju metų laikotarpiais.
3. Sukurti tiriamo pastato patalpos skaitinį kompiuterinį modelį, atlikti skirtingų šildymo – vėdinimo sistemų palyginimą.

## 1. Literatūros apžvalga

Jungtinių Amerikos Valstijų Nacionalinio instituto duomenimis žmonių, vyresnių nei 65 metai skaičius iki 2040 metų nuo 8,9 procentų išaugs iki 14 procentų viso pasaulio populiacijos [1] Jungtinių tautų duomenimis, Europa išliks seniausiu pasaulio kontinentu, 2050–aisiais metais turėdama apie 219 milijonų senyvo amžiaus žmonių [2]. Demografinį senėjimą prognozuoja ir Europos Komisija, 2018 metų senėjimo ataskaitoje pateikianti Europos šalių populiacijos prognozes 2070–iems metams, kurioje nurodoma, kad senyvo amžiaus žmonių skaičius augs visose Europos šalyse. Detali šalių prognozė pateikta 1 – oje lentelėje [3].

1 lentelė. Žmonių populiacijos kitimas (Europos komisija, 2017)

	Populiacijos skaičius (mln.)			Senyvo amžiaus žmonių dalis %		
	2016	2070	pokytis % 2016-2070	2016	2070	pokytis % 2016-70
BE	11.3	13.9	22.8%	28.4	45.2	16.7
BG	7.1	4.9	-31.9%	31.5	56.2	24.7
CZ	10.6	10.0	-5.7%	28.1	49.7	21.6
DK	5.7	6.8	19.2%	29.5	50.2	20.8
DE	82.5	79.2	-3.9%	32.2	55.9	23.7
EE	1.3	1.2	-10.5%	29.7	52.7	23.0
IE	4.7	6.0	28.9%	20.9	41.2	20.4
EL	10.8	7.7	-28.8%	33.4	63.1	29.7
ES	46.4	49.9	7.4%	28.6	46.6	18.0
FR	66.8	77.0	15.3%	30.4	44.8	14.4
HR	4.2	3.4	-18.6%	29.3	56.2	26.9
IT	60.8	54.9	-9.7%	34.5	60.3	25.8
CY	0.9	1.0	19.8%	22.2	61.0	38.7
LV	2.0	1.3	-31.7%	30.5	53.8	23.3
LT	2.9	1.7	-40.1%	29.0	53.1	24.1
LU	0.6	1.0	78.0%	20.6	48.9	28.2
HU	9.8	8.9	-9.7%	27.5	52.0	24.5
MT	0.4	0.5	19.3%	29.1	55.8	26.6
NL	17.0	19.6	14.8%	28.1	48.4	20.3
AT	8.7	10.2	16.5%	27.6	54.4	26.9
PL	38.0	30.9	-18.7%	23.7	62.2	38.5
PT	10.3	8.0	-22.7%	32.1	67.2	35.1
RO	19.7	15.0	-23.8%	26.3	52.8	26.6
SI	2.1	2.0	-5.3%	28.1	50.2	22.1
SK	5.4	4.9	-9.8%	21.0	56.8	35.8
FI	5.5	5.6	2.3%	32.8	52.0	19.1
SE	9.9	13.9	39.9%	31.6	43.2	11.6
UK	65.6	81.0	23.5%	27.9	46.0	18.0
NO	5.2	7.0	33.9%	25.2	47.2	22.1
EA	340.3	345.6	1.5%	30.9	51.8	20.9
EU*	510.9	520.3	1.8%	29.6	51.2	21.6
EU27	445.3	439.2	-1.4%	29.9	52.2	22.4

Atsižvelgiant į tai, kad Lietuvoje senyvo amžiaus žmonių skaičius nuo 2016 iki 2070 išaugs 24,1 %, tampa akivaizdu, jog demografinis senėjimas yra XXI problema aktuali tiek pasaulio, tiek Lietuvos mastu. Industrinėms valstybėms senyvo amžiaus žmonių integravimas, socialinės ir gyvenamosios aplinkos atžvilgiu, yra didelis iššūkis [4]. Dėl šios priežasties atliekama daugybė mokslinių tyrimų, išaiškinančių senyvo amžiaus žmonių fiziologinius ir socialinius poreikius. Ši informacija yra itin svarbi pertvarkant esamas ir kuriant naujas kokybiškas gyvenamąsias erdves senyvo amžiaus žmonėms.

### 1.1. Gyvenamosios erdvės kokybė

Gyvenamoji erdvė gali būti apibrėžiama kaip slėptuvė nuo įvairių oro sąlygų bei vieta kurioje žmogus jaučiasi saugus, turintis privatumo ir asmeninės erdvės. Kokybiška gyvenamoji erdvė yra platesnė

sąvoka, į kurią telpa daugiau individualių žmogaus poreikių ir reikalavimų [5]. Atliekant gyvenamosios erdvės kokybės vertinimo tyrimus pasirenkami skirtingi kriterijai, priklausantys nuo šalies ekonominės padėties, pragyvenimo lygio bei vietos. Nepaisant to, galima išskirti 10 pagrindinių kriterijų, pagal kuriuos gali būti vertinama gyvenamosios erdvės kokybė: vieta, atstumas iki socialinių įstaigų (darželiai, mokyklos, prekybos centrai), pastato išdėstymas, judėjimo galimybės pastate (laiptai, koridorių plotis, liftas), bendrosios erdvės (automobilių stovėjimo aikštelės), erdvė (patalpų skaičius ir plotas), baldų ir kambarių išdėstymas, patalpų mikroklimatas [6].

Gyvenamosios erdvės kokybei gerinti skiriamas vis didesnis dėmesys. Taip yra todėl, jog patalpose žmonės vidutiniškai praleidžia nuo 80 iki 90 procentų paros laiko. Dėl fiziologinių problemų ir sumažėjusio aktyvumo šis skaičius, žmonių, vyresnių nei 65 metų grupėje, netgi didesnis [2]. Vienas iš būdų, galinčių pagerinti gyvenamosios erdvės kokybę, yra patalpų mikroklimato keitimas. Atsižvelgiant į patalpų šiluminį komfortą, oro kokybę bei akustinį ir vizualinį komfortą galima sukurti tokią gyvenamąją aplinką, kurioje žmogus jaustųsi sveikai ir patogiai.

### 1.1.1. Šiluminis komfortas

ASHARE standartas šiluminį komfortą apibūdina kaip proto sąlygą, kuri išreiškia pasitenkinimą šilumine aplinka. Nors šiluminis komfortas ne visada yra su sveikata susijusių problemų priežastis, tačiau jis turi didelę įtaką žmonių savijautai ir efektyvumui [7]. Taip pat lyginant su kitais gyvenamosios erdvės kokybės parametrais (oro kokybė, akustinis, vizualinis komfortas), šiluminis komfortas daro didesnę įtaką bendram žmogaus pasitenkinimui patalpų erdvės kokybe [8].

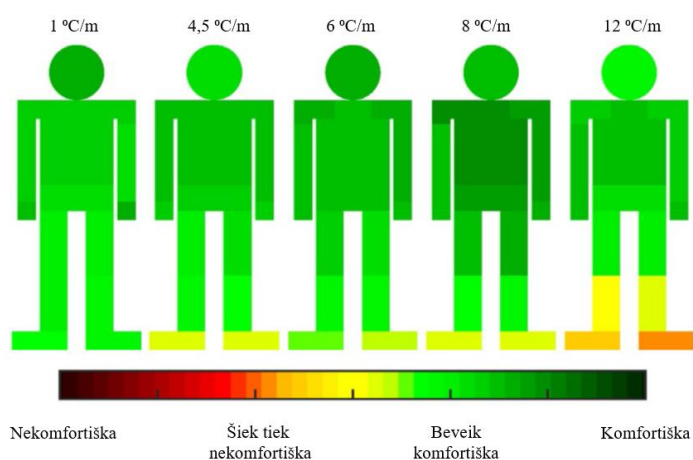
Šiluminis komfortas priklauso nuo objektyvių klimato parametrų patalpoje bei subjektyvių parametrų - patalpoje esančių žmonių elgesio, jų gebėjimo prisitaikyti prie esamų klimato sąlygų [9]. Objektyviems klimato parametrams priskiriami šie parametrai: oro temperatūra, kūnų, esančių patalpoje, temperatūra, oro judėjimas bei santykinė drėgmė [10]. Įtaką šiluminiam komfortui taip pat turi ir vertikalus temperatūrinis gradientas – temperatūrų skirtumas tarp žmogaus kojų ir galvos [11]. Visi išvardinti faktoriai yra labai priklausomi nuo išorinių veiksnių, tokių kaip kambarių orientacija, paros laikas, šilumos šaltiniai, sezoniškumas bei klimatas. Naudojantis esamais standartais ir moksliniais tyrimais galima apibrėžti šiluminio komforto parametrų vertinimo ribas.

Siekiant įvertinti *patalpos temperatūrą* galima remtis ASHRAE 55 standartais, kuriuose nurodoma, jog žmogus komfortabiliai jaučiasi tuomet, kai oro temperatūra patalpoje yra nuo 20 iki 24 °C [12]. Šiems standartams neprieštarauja ir Lietuvos higienos norma HN 42:2004 „Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas“, kurioje nurodoma, jog priimtinos kambario temperatūros ribos šaltuoju metų laikotarpiu yra 20-24 °C, o šiltuoju metų laikotarpiu temperatūra gali svyruoti nuo 23 iki 25°C.

*Santykinė drėgmė* taip pat svarbus šiluminio komforto žmonėms faktorius. Nustatyta, jos patalpų santykinėi drėgmei didesnę įtaką daro lauke esančios santykinės drėgmės parametrai nei žmonių kiekis patalpoje ar langų padėtis [13]. Tiesa, pastatuose santykinė drėgmė nėra tokia kintanti kaip oro temperatūra, taip pat žmonės nėra itin jautrūs santykinės drėgmės kitimui. Kol žmonės tenkina oro temperatūra ir oro judėjimo greitis, santykinė drėgmė nėra labai reikšminga šiluminiam komfortui. Tačiau tuomet, kai oro temperatūra kyla, santykinė drėgmė įgauna didesnę poveikį [14]. Pavyzdžiui, aukšta patalpų santykinė drėgmė neigiamai veikia žmogaus fizinį kūno aušinimo mechanizmą (prakaitavimą), kuriuo kūnas atmeta karštį šiltoje aplinkoje [13]. Todėl ASHRAE standartas rekomenduoja, jog patalpose santykinė oro drėgmė neturėtų viršyti 65 %. Santykinės drėgmės

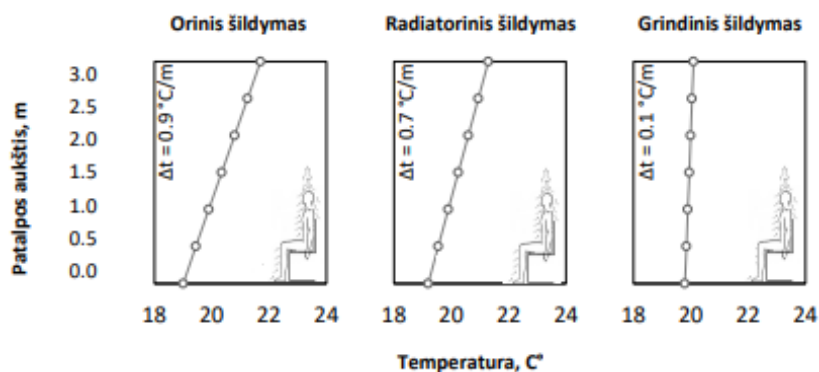
reikšmės taip pat normuojamos ir Lietuvos higienos normoje HN 42:2004 „Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas“. Joje nurodoma, jog santykinė oro drėgmė, gyvenamosiose patalpose tiek šiltuoju, tiek šaltuoju metų laikotarpiu gali svyruoti nuo 40 % iki 60 %.

*Temperatūros gradientas* – tai temperatūrų skirtumas tarp pasirinktų taškų, pavyzdžiui, mikroklimato tyrimuose temperatūros skirtumas tarp žmogaus kulkšnių (0,1 m.) ir sėdinčio žmogaus galvos (1,1 m.) arba tarp kulkšnių ir stovinčio žmogaus galvos (1,7 m.). Kad būtų išvengta šiluminio diskomforto, temperatūrinis gradientas neturėtų viršyti sustatytų normų. ISO7730 standartas rekomenduoja, kad oro temperatūros skirtumas tarp 0,1 m. ir 1,1 m. būtų ne didesnis nei 3 °C, taip pat nurodo ir Lietuvos higienos norma HN 42:2004. Tuo tarpu ASHRAE standartai nurodo, kad diskomfortas neįaučiamas, kai temperatūrų skirtumas tarp 0,1 m. ir 1,7 m. yra ne didesnis nei 3 °C. Vokietijos mokslininkai atliko modeliavimą, kuriuo siekė parodyti, kaip žmogus vertina šiluminį komfortą esant skirtingiems temperatūros gradientams. Rezultatai vaizduojami 1 pav.



**1 pav.** Šiluminio komforto vertinimas pagal temperatūros gradientą (Möhlenkamp, 2019)

Atlikto tyrimo rezultatai parodo, kad žmogus mažiausią diskomfortą jaučia tuomet, kai temperatūros gradientas yra iki 1 °C/m [11]. Lietuvoje buvo atliktas tyrimas, kuris parodė, kokią įtaką temperatūros gradientui turi skirtingos šildymo sistemos. Tyrimas buvo atliktas keičiant šildymo būdą eksperimentinėje kameroje su šildomu manekenu, taip pat taikant skaitinio modeliavimo metodą [15].



**2 pav.** Sumaišomojo vėdinimo ir šildymo sistemų derinio vertikalūs temperatūros gradientas.  $\Delta t$  – vertikalūs temperatūros gradientas, °C/m. (Stasiulienė, 2018)

2-ame paveikslėlyje matoma, jog didžiausias temperatūros gradientas gaunamas orinio šildymo atveju, ir yra lygus 0,9 °C/m, radiatorinio šildymo atveju lygus 0,7 °C/m, o grindinio šildymo atveju tik 0,1 °C/m. Iš to galima daryti išvadą, jog esant sumaišomajam vėdinimui ir grindinio šildymo

sistamai, temperatūrinis gradientas yra mažiausias. Taigi, siekiant išvengti nepageidaujamai didelio vertikalaus temperatūros gradiento, pravartu pasirinkti tinkamą šildymo būdą.

### *Šiluminio komforto vertinimas*

Atlikti tyrimai rodo, jog šiluminio komforto vertinimas priklauso ne tik nuo šiluminių parametrų bei individualių žmonių poreikių, tačiau taip pat ir nuo žmogaus lyties, vietos, kurioje jis gyvena, klimato sąlygų ir netgi amžiaus [16]. Tam, kad būtų išvengta galimo diskomforto kylančio dėl šilumos parametrų, atliekami įvairūs moksliniai tyrimai, padedantys išsiaiškinti šilumos parametrų poreikius skirtingoms žmonių grupėms.

Šiluminiam komfortui įvertinti buvo vykdomas tyrimas Brazilijoje, jo metu buvo siekiama išsiaiškinti ar moterų ir vyrų jaučiamo šiluminio komforto temperatūros sutampa ar skiriasi. Tyrime buvo išnagrinėti du biurų pastatai, viename iš jų įdiegta centrinė kondicionavimo sistema, kitame mišri oro kondicionavimo sistema. Patalpose buvo įrengtos mikroklimato stotys, kuriomis matuojami šie parametrai: oro ir paviršiaus temperatūros, santykinė drėgmė ir oro judėjimas. Stotis buvo siekiama pastatyti kuo arčiau biuro centro, 0,6 m. aukštyje, kuris atitinka sėdinčio žmogaus juosmens aukštį. Matavimai atlikti ryte (8:30) bei popiet (13:30), matavimai kartojami kiekvieną mėnesį. Tyrimo metu darbuotojams buvo leidžiama įjungti / išjungti oro kondicionierius, atidaryti bei uždaryti langus. Kol vyko matavimai, darbuotojams buvo pateiktos apklausos šiluminiam komfortui įvertinti. Pateiktos ISO 7730 standarte nurodomos skalės, kuriose šiluminis komfortas vertinamas nuo -3 iki +3 (-3 – šalta, -2 – vėsu, -1 – vėsoka, 0 – neutralu, +1 – šiltoka, +2 – šilta, +3 – karšta). Atlikus natūrinius tyrimus patalpose bei gavus apklausos rezultatus, gauti duomenys buvo apdoroti, atlikta statistinė analizė. Tyrimo rezultatai pateikti 2-oje lentelėje [16].

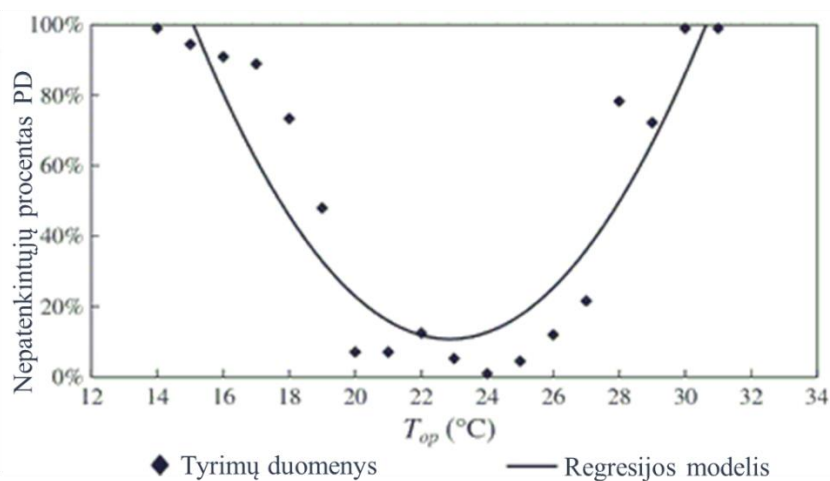
**2 lentelė.** Šiluminio komforto temperatūra pagal pastatą, lytį ir metų laiką (Maykot ir kt., 2018)

Metų laikas	Šiluminio komforto temperatūra (°C)		Šiluminio komforto temperatūra (°C)	
	Centrinė oro kondicionavimo sistema		Mišri oro kondicionavimo sistema	
	Moterys	Vyrai	Moterys	Vyrai
Žiema	23,3	22,9	21,6	21,1
Ruduo	23,7	23,3	24,8	25,2
Pavasaris	24,3	23,5	22,8	22,6
Vasara	25,1	24,0	24,9	24,0

Gauti rezultatai parodė, kad moterys jaučia didesnę šiluminį komfortą nei vyrai tuomet, kai temperatūra patalpoje yra aukštesnė. Mišrios kondicionavimo sistemos pastate vidutinės komfortiškos temperatūros buvo 23,7 °C ir 23,0 °C, centrinės – 24,2 °C ir 23,4 °C [16].

Kitas svarbus faktorius, darantis įtaką žmogaus šiluminiam pojūčiui, yra jo amžius. Standartai neapibrėžia šiluminio komforto lygio tarp skirtingo amžiaus žmonių, todėl numatoma, jog vyresnio amžiaus žmonės šiluminio komforto nesuvokia kitaip nei jaunesni [12]. Tačiau, esant tokiomis pačiomis šiluminėmis sąlygoms senyvo amžiaus žmonės turi kitokį šiluminį pojūtį nei jaunesni, taip pat jie mažiau reaguoja į šiluminės aplinkos pokyčius, todėl, esant ekstremalioms šiluminėmis sąlygoms, tampa labiau pažeidžiami [12]. Atlikti tyrimai rodo, jog komfortiškų temperatūrų ribos senyvo amžiaus žmonėms gali skirtis nuo jaunesnio amžiaus žmonių. Hvangas ir kt. [9] atliko tyrimą Taivane gyvenančių žmonių, kurių amžius nuo 60 iki 82 metų, individualiuose namuose. Šiame

tyrime, kaip ir ankstesniame, buvo matuojami patalpų parametrai bei atliekama šiluminio komforto vertinimo apklausa. Taip pat buvo vertinama respondentų apranga (aprangos šiluminė varža) bei skirtingi vėdinimo, šildymo sistemų tipai ir deriniai. Natūriniai tyrimai senyvo amžiaus žmonių namuose buvo atliekami vasaros (birželis-rugsėjis) ir žiemos (gruodis-vasaris) sezonų metu. Tuo pat metu, kai buvo atlikinėjama apklausa, kambaryje buvo matuojami šiluminiai parametrai. Kiekvienas matavimas truko apie 20 minučių, siekiant gauti nusistovėjusias reikšmes. Tyrime buvo matuojama oro temperatūra, santykinė drėgmė bei oro judėjimo greitis. Matavimai atlikti 1,1 m. aukštyje (ties sėdinčio žmogaus galva), 2 m. atstumu nuo apklausos dalyvio, siekiant gauti realią situaciją, nusakančią su kokia šilumine aplinka susiduria žmogus. Matavimai ir apklausos namuose buvo atliekami kas mėnesį. Klausimynuose buvo prašoma pateikti šią informaciją: 1) lytis, amžius, ūgis, svoris; 2) kaip žmogus elgiasi, kai jam pasidaro per karšta / šalta namuose (jungia oro kondicionierių, atidaro / uždaro langą, apsirengia šilčiau ir kt.); 3) šiluminis pojūtis apklausos metu; 4) norimas šiluminis pojūtis apklausos metu. Apklausos apie šiluminį pojūtį iš ASHRAE standartuose pateikiamos 7 taškų skalės (-3 - labai šalta, -2 – šalta, -1– vėsu, 0 – neutralu, 1 – šilta, 2 – karšta, 3 – labai karšta) adaptuota pridendant tarpinius taškus (-3 ir -2,5 – labai šalta, -2 ir 1,5 – šalta, -0,5 ir -1 – vėsu, 0 – neutralu, 0,5 ir 1 – šilta, 1,5 ir 2 – karšta, 2,5 ir 3 – labai karšta. Taip buvo daroma norint detaliau suskirstyti senyvo amžiaus žmonių pojūtį.). Siekiant atrasti tikslias temperatūrines šiluminio komforto ribas, senyvo amžiaus žmonėms buvo atlikta regresinė analizė, kurioje įvertinta aprangos šiluminė varža, patalpų temperatūra bei apklausos atsakymai. Rezultatai pateikiami 4 – am paveikslėlyje.



**3 pav.** Apklaustų vyresnių nepatenkintų žmonių procentų pasiskirstymas (PD) nuo patalpų temperatūros (Hwang ir kt, 2010)

Laikoma, jog jei patalpoje nepatenkintųjų skaičius neviršija 20 % ribos, šiluminės sąlygos patalpoje yra komfortiškos. Taigi, tyrimas parodė, jog šiltuoju metų sezonu komfortiška temperatūra buvo nuo 23,2 iki 27,1 °C, o šaltuoju sezonu nuo 20,5 iki 25,9 °C. Atlikdami šį tyrimą gautus rezultatus mokslininkai palygino su kitu, jų pačių atliktu tyrimu, kuriame buvo tiriama temperatūrinė šiluminio komforto riba jaunesnio amžiaus žmonėms. Tyrimo rezultatai parodė, jog jaunesniems žmonėms priimtinos temperatūros ribos vasaros sezono metu buvo nuo 23,0 iki 28,6 °C. Taigi, iš atlikto tyrimo galima daryti išvadą, jog kitoks patalpos temperatūrų intervalas parodo senyvo amžiaus žmonių unikalius poreikius [9].

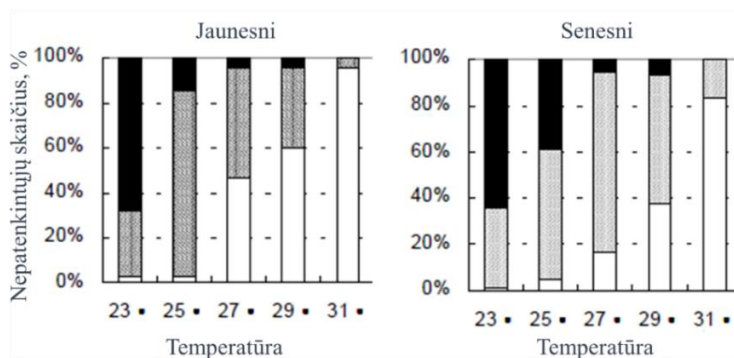
Japonijoje atliktame tyrimo dalyvavo 109 žmonės, kurių vidutinis amžius 72,4 metai, ir 100 jaunesnio amžiaus žmonių, kurių vidutinis amžius siekė 23,5 metus. Tyrimas atliktas laboratorijoje, kurioje

buvo nustatomos 5 skirtingos klimato sąlygos, santykinė drėgmė visais atvejais buvo lygi 60 %, tačiau buvo keičiama temperatūra: 23 °C, 25 °C, 27 °C, 29 °C, 31 °C. Vienu metu tyrimo laboratorijoje buvo 2 – 4 tyrimo dalyviai, kuriems kas 30 minučių buvo keičiama temperatūra patalpoje bei duodami klausimynai šiluminio komforto vertinimui. Klausimynas pateikiamas 3-oje lentelėje. Tyrimo metu, matuojant deguonies suvartojimą ir anglies dioksido gamybą, buvo nustatytas tyrimo dalyvių metabolizmo koeficientas [17].

**3 lentelė.** Klausimynas šiluminiam komfortui vertinti (Tsuzuki ir kt., 2002)

Šiluminis pojūtis	Šiluminės aplinkos vertinimas		
Labai karšta (+4)	Ar ši šiluminė aplinka yra priimtina?		
Karšta (+3)	Priimtina (1)	Nepriimtina (0)	
Šilta (+2)	Ar ši šiluminė aplinka yra patenkinama?		
Šiltoka (+1)	Patenkinama (1)	Nepatenkinama (0)	
Neutralu (0)	Ar jums norėtūsi šiltesnės ar vėsesnės aplinkos?		
Vėsoka (-1)	Šiltesnės (1)	Nesikeičia (0)	Vėsesnės (0)
Vėsu (-2)			
Šalta (-3)			
Labai šalta (-3)			

Atlikus tyrimą, rezultatai parodė, jog jaunesnio amžiaus žmonės visose penkiose sąlygose jaučiasi šilčiau nei senyvo amžiaus žmonės. Rezultatai vaizduojami 4 pav.



**4 pav.** Jaunesnių ir senesnių žmonių grupių šiluminės normos (Tsuzuki ir kt., 2002)

4 pav. šviesiai pilka zona vaizduoja neutraliai vertinamą šiluminį komfortą. Jaunesnių žmonių grupėje neutrali temperatūra yra 25 °C, o senesnio amžiaus žmonių grupėje 27 °C. Tyrimo metu buvo padarytos išvados, jog aukštesnė temperatūra senyvo amžiaus žmonėms yra reikalinga dėl lėtesnės medžiagų apykaitos [17].

Kinijoje taip pat buvo tiriama šiluminio komforto parametrai senyvo amžiaus žmonių individualiuose gyvenamuosiuose būstuose. Šiame tyrime buvo lyginamos žmonių, gyvenančių mieste ir užmiesčio teritorijoje, vidaus oro temperatūrų priimtinos vertės. Kaip ir ankstesniuose tyrimuose atlikti subjektyvios apklausos bei objektyvūs matavimai. Apklausoje buvo prašoma pateikti šią informaciją: 1) lytis, amžius, ūgis, svoris; 2) gyvenamosios erdvės charakteristikos, patalpų šildymo būdas 3) šiluminis pojūtis ASHRAE 7 taškų skalėje; 4) apranga šaltuoju metų laiku; 5) mitybos įpročiai ir sveikatos būklė. Natūriniais tyrimais patalpose buvo matuojama santykinė oro drėgmė ir temperatūra. Matavimo prietaisai buvo padėti 1,1 m. aukštyje toliau nuo šilumą skleidžiančių objektų. Matuokliai buvo paliekami senyvo amžiaus žmonių namuose savaitei, duomenys matuojami kas 10 min. Tyrimo metu buvo nustatytas senyvo amžiaus žmonių metabolizmo koeficientas, kuris, lyginant su jaunesnio amžiaus žmonėmis buvo 0,1 – 0,2 met. mažesnis. Taikant grafinį šiluminio komforto zonos metodą



taip pat buvo apskaičiuotos priimtinos temperatūros senyvo amžiaus žmonėms. Gauta, jog priimtinos temperatūros, žmonių gyvenančių mieste, intervalas yra 22 – 26 °C, tuo tarpu gyvenančių užmiestyje 10 – 20 °C. Tiesa, svarbu paminėti, jog tyrimo metu nebuvo nagrinėjama ar tokios temperatūros atitinka ilgalaikiu fizinius reikalavimus senyvo amžiaus žmonių sveikatai [18].

Šiluminio komforto parametrai buvo tiriami ir Portugalijoje. Tyrimo metu buvo siekiama nustatyti kokios šiluminio komforto ir oro kokybės sąlygos yra senyvo amžiaus žmonių globos namuose. Iš viso buvo ištirta 22 senyvo amžiaus žmonių slaugos namai. Tyrimai atlikti šiltojo ir šaltojo sezonų metu. Tyrime buvo nagrinėjama: 1) pastato ir vėdinimo sistemų charakteristikos; 2) aplinkos, cheminiai, biologiniai ir šiluminio komforto parametrai; 3) šiluminio komforto indeksai PMV (nurodo žmonių šiluminės aplinkos įvertinimo vidutinį dydį) ir PPD (nurodo nepatenkintų šilumine aplinka žmonių skaičiaus) kiekybinę prognozę. Oro kokybė buvo vertinama stebint anglies monoksido, anglies dioksido, lakiųjų organinių junginių, kietųjų dalelių ir bakterijų bei grybų koncentracijas. Šiluminis komfortas vertintas matuojant PMV ir PPD indeksus, oro temperatūrą, santykinę drėgmę bei oro judėjimą. Oro kokybės ir šiluminio komforto matavimai buvo atliekami tuo pat metu. Šiluminio komforto parametrų matavimui buvo pasirinktas trumpalaikio matavimo metodas. Duomenų kaupiklis buvo padedamas kuo arčiau kambario centro, 0,6 m. aukštyje (sėdinčio žmogaus juosmuo), tačiau ne arčiau nei 1 metras nuo lango, sienos, durų ar šildančių paviršių. Duomenų kaupiklis buvo paliekamas 35 – ioms minutėms, iš kurių 25 minutes įrenginys stabilizavosi, 10 minučių buvo skirta matavimo rezultatams gauti. Šiluminio komforto tyrimų duomenys buvo apdoroti Monte Carlo Metodu naudojant MatLAB programinę įrangą. Šiluminiai parametrai vaizduojami 4 – oje lentelėje.

**4 lentelė.** Šiluminiai parametrai (Mendes ir kt., 2015)

	<b>Vidaus rodikliai</b>	<b>Standartų normos</b>
	<b>Vidutinis [Min-Max]</b>	
Oro temperatūra (°C)		
VASARA	23,5 [14,0-23,0]	[22,8-26,1] ASHRAE 55
ŽIEMA	19,7 [13,0-27,0]	[20,0-23,6] ASHRAE 55
Santykinė drėgmė (%)		
VASARA	52,8 [21,0-75,0]	[30,0-65,0] IAQA 01 2003.
ŽIEMA	49,7 [24,0-75,0]	[30,0-65,0] IAQA 01 2003.
PMV		
VASARA	-0,4 [-3,0-2,3]	[-0,5-0,5] ISO 7730:2005.
ŽIEMA	-1,7 [-3,0-(-0,3)]	[-0,5-0,5] ISO 7730:2005
PPD (%)		
VASARA	27,3 [5,0-99,1]	<10 ISO 7730:2005.
ŽIEMA	58,9 [6,8-99,2]	<10 ISO 7730:2005.

Gauti rezultatai parodė, kad šaltojo sezono metu nepatenkintųjų aplinka procentas yra 58,9 taip pat PMV rodiklis -1,7 rodo, kad pastate gyvenantiems senyvo amžiaus žmonėms yra vėsu. Taigi vidutinė 19,7 laipsnių temperatūra senyvo amžiaus žmonėms nėra pakankama [2].

### ***Šiluminio komforto įtaka senyvo amžiaus žmonėms***

Atlikus šiluminio komforto tyrimus, nustatius oro parametrų ribas svarbu įvertinti kokią įtaką žmogaus gyvenimo kokybei daro šiluminis komfortas. Atlikti tyrimai rodo, jog aplinkai jautresnių žmonių grupėms 20 °C temperatūra yra būtina siekiant išvengti kraujagyslių ir širdies ligų [10]. Nors šiluminė aplinka namuose dažniausiai nesukelia rimtų ligų, tačiau šis faktorius turi įtaką žmogaus savijautai ir jo elgsenai bei produktyvumui dienos metu. Šiluminio komforto įtaką senyvo amžiaus



žmonių gyvenimo kokybei, pratęsdama savo ankstesnius tyrimus, nagrinėjo A. Mendes ir kt. [19]. Ji Portugalijoje atliko tyrimą senyvo amžiaus slaugos namuose. Šiam tyrimui ji naudojo šiluminio komforto duomenis iš anksčiau minėto tyrimo, kuriame buvo tiriami 22 senyvo amžiaus žmonių slaugos namai. Tyrimas buvo papildytas Gyvenimo kokybės klausimynu (WHOQOL-BREF), kurį sudarė Pasaulio sveikatos organizacijos gyvenimo kokybės skyrius. Slaugos namų gyventojai buvo apklausiami individualiai. Klausimyne buvo vertinama, fizinė, psichologinė sveikata, socialiniai santykiai bei aplinka. Šie keturi indikatoriai parodo žmogaus kiek gerai ar blogai žmogus vertina gyvenimo kokybę. Klausimyno rezultatai buvo susieti su PMV rodikliu ir parodė, jog senyvo amžiaus žmonių gyvenimo kokybė turėjo didesnes vidutines vertes tuomet, kai PMV rodiklis buvo virš -0,7 lyginant su vertėmis, kai PMV rodiklis buvo žemiau -0,7 [19]. Iš šių rezultatų galima teigti, jog senyvo amžiaus žmonių gyvenimo kokybė yra geresnė tuomet, kai šiluminė aplinka yra pakankama.

### 1.1.2. Oro kokybė

Kitas svarbus faktorius, darantis įtaką žmogaus gyvenimo kokybei, yra vidaus oro kokybė. Patalpų oro kokybės svarba yra itin didelė senyvo amžiaus žmonėms. Taip yra todėl, kad jie patalpose praleidžia daugiau laiko. Dėl šios priežasties tikėtina, jog jie yra daugiau veikiami vidaus teršalų nei dirbantys, fiziologinių problemų neturintys žmonės [20]. Oro kokybė nusakoma kenksmingų žmogaus organizmui cheminių ir biologinių medžiagų koncentracijomis ore. Nors skirtingos medžiagos sukelia skirtingą poveikį žmogaus organizmui, tačiau bendrai prasta oro kokybė gali sukelti laikinus sutrikimus, tokius kaip akių perštėjimas, pykinimas, o šie ilgainiai gali peraugti į ligas - astmą, kvėpavimo takų infekcijas, širdies ir kraujagyslių ligas, netgi vėžį [7]. Ore, kuriuo kvėpuojame aptinkamos šios kenksmingos medžiagos: kietosios dalelės (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), azoto dioksidas (NO<sub>2</sub>), formaldehidai, bioaerolizai ir bakterijos bei anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>). Šiuolaikiniai metodai leidžia ištirti kenksmingų medžiagų poveikį žmogaus organizmui, išmatuoti jų koncentracijas ore bei nustatyti ribas, kurios žalos žmogaus organizmui nedaro.

*Kietosios dalelės* - smulkiosios kietosios dalelės (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) gali giliai įsiskverbti į plaučių audinį ir susilpninti plaučių atliekamą funkciją, sukelti kvėpavimo takų, plaučių uždegimus bei neigiamai paveikti širdies ir kraujagyslių sistemas [21]. Pagal aplinkos, maisto ir kaimo reikalų departamento duomenis kietosios dalelės gali atsirasti iš dulkių, pelenų bei deginamo kuro, kuris į patalpas gali patekti atidarius langus. Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis, leistinas PM<sub>2.5</sub> kiekis ore yra 0,035 mg/m<sup>3</sup>.

Kitas patalpose aptinkamas teršalas yra *azoto dioksidas* (NO<sub>2</sub>), kuris yra išmetamas motorinių transporto priemonių [22]. Patalpose jis gali atsirasti infiltracijos būdu pro pastato nesandarumus ar pravertus langus bei duris. Epidemiologiniai tyrimai nustatė, jog NO<sub>2</sub> sukelia kvėpavimo takų bei širdies, kraujagyslių ligas. Taip pat padidėjusi azoto dioksido koncentracija mažina imuninės sistemos gynybą sukelia infekcijas [22]. Atlikus GAM modeliavimą buvo nustatyta, jog padidėjus NO<sub>2</sub> koncentracijai kraujotakos ligų rizika žmonėms, kurių amžius 64 m. ir daugiau, išauga 2,2 %, o tai yra 4 kartus daugiau nei žmonėms, kurių amžius 15 – 64 m. [22]. Pagal Amerikos šildymo, šaldymo ir oro kondicionavimo inžinierių draugijos (ASHRAE) standartus leistina NO<sub>2</sub> koncentracija yra 500 ppb.

Patalpose taip pat dažnai aptinkama cheminė medžiaga – *formaldehidai*. Svarbūs formaldehido šaltiniai patalpose yra nauji baldai, medinės grindys, bei kilimai. Formaldehidai yra dirgiklis, sukeliantis akių, nosies, gerklės perštėjimą [23]. Koncentracijos viršijančios 5 ppm, patekusios į

žemesnius kvėpavimo takus sukelia spaudimą krūtinėje, kosėjimą ir gali išsivystyti į bronchinę astmą. Formaldehidų koncentracijos iki 1 ppm dirgina nosies ertmę [24].

*Bioaerozoliai* – suspensija, susidedanti iš skystų lašelių ir kietosios medžiagos dalelių ore. Toks oras gali susidėti iš bakterijų, grybų bei augalinių žiedadulkių ir augalų fragmentų. Nustatyta, jog bioaerozoliai sudaro nuo 5 iki 34 % patalpų taršos [25]. Bioaerozoliai gali kelti rimtą pavojų sveikatai. Ore esančios bakterijos ir grybai sukelia infekcines, alergines ir toksines ligas. Mikrobai į patalpas patenka per dirvožemį ar augalus, atnešamus iš lauko. Taip pat įvairių bakterijų ir virusų nešiotojai yra patys žmonės [25].

Patalpų oro kokybę ir vėdinimo sistemos efektyvumą galima įvertinti stebint *anglies dioksido* (CO<sub>2</sub>) koncentraciją. Vidaus anglies dioksido koncentracijos priklauso nuo patalpoje esančių žmonių skaičiaus, bei oro infiltracijos iš lauko [26]. Pagal ASHRAE standartus leistina CO<sub>2</sub> koncentracija patalpoje yra 1000 ppm. Didesnė nei 5000 ppm CO<sub>2</sub> koncentracija gali sukelti nepageidaujamus sveikatos sutrikimus tokius kaip gerklės, akių sausumas, čiaudėjimas bei kvėpavimo takų problemas – sunkumą krūtinės srityje, kosėjimą, oro trūkumą [27]. Taip pat trumpalaikė didelė CO<sub>2</sub> sumažina darbingumą, o ilgalaikė – gali lemti svorio priaugimą, apatiją bei pyktį.

## **1.2. Apibendrinimas**

Vykstant demografiniam senėjimui Pasaulio mastu, didelis dėmesys skiriamas tyrimams, susijusiems su senyvo amžiaus žmonių gyvenamąja erdve. Kadangi Lietuvoje ši tema nagrinėta nebuvo, situacija, susijusi su senyvo amžiaus žmonių gyvenamaisiais namais Lietuvoje, kol kas nėra žinoma. Turint galvoje, kad Lietuva yra viena iš sparčiausiai senėjančių šalių Europoje, svarbu žinoti esamą situaciją senyvo amžiaus žmonių namuose tam, jog pagal jau atliktus Pasaulio mokslininkų tyrimus, atsirastų galimybė tobulinti esamas senyvo amžiaus žmonių gyvenamąsias erdves bei atsižvelgti į tyrimų rezultatus kuriant naujas. Vienas iš pirmųjų žingsnių turėtų būti šiluminio komforto ir oro kokybės tyrimai.

## 2. Tiriamoji dalis

### 2.1. Tyrimo objektas

Magistro baigiamojo projekto objektas – VŠĮ „Kauno Panemunės socialinės globos namai“. Pastatas įsikūręs Kauno mieste, kairiajame Nemuno krante. Pastatas buvo pastatytas 1987 – aisiais metais, vėliau atlikta pastato renovacija. Pastatą sudaro trys aukštai, iš kurių pirmajame ir antrajame įrengti gyvenamieji kambariai, trečiajame – dienos centras. Tiriamojo projekto metu nagrinėta gyvenamoji pastato dalis - kambariai, kuriuose senyvo amžiaus žmonės praleidžia didžiąją dalį savo laiko. Esamame pastate įrengta radiatorinė šildymo sistema bei natūralus vėdinimas. Projekto tikslas - atlikti objektyvius bei subjektyvius tyrimus šiluminio komforto parametrus nustatyti.

### 2.2. Tyrimo metodai ir prietaisai

Kambariuose buvo matuojami šiluminiai ir oro kokybės parametrai – santykinė oro drėgmė, oro temperatūra bei matuojamas CO<sub>2</sub> kiekis. Buvo tiriami intensyvios slaugos ir judrių žmonių kambariai, esantys pirmame ir antrame pastato aukštuose. Tyrimo metu buvo iširta 15 gyvenamųjų kambarių, iš kurių 12 dviviečių ir 3 vienviečiai. Tyrimui pasirinkti skirtingose pastato dalyse esantys kambariai. Tirtų kambarių išdėstymas vaizduojamas 5 pav.



5 pav. 1 ir 2 aukštų planai su pažymėtais tiriamaisiais kambariais (pilka)

Šiluminių parametru tyrimo metu buvo taikomas trumpalaikio matavimo metodas. Pasirinkti charakteringi taškai matavimo taškai. Atsižvelgiant į senyvo amžiaus žmonių judrumą buvo nuspręsta santykinę oro drėgmę ir oro temperatūrą matuoti sėdinčio žmogaus pozicijoje esančius taškus. Matavimai atlikti trijuose aukščiuose – 0,1 m. nuo grindų (ties kojomis), 0,6 m. nuo grindų (ties juosmeniu) bei 1,1 m. nuo grindų (ties sėdinčio žmogaus galva). Ant laboratorinio stovo šiuose aukščiuose buvo pritvirtinti HOBO jutikliai, renkantys duomenis. Šie jutikliai buvo užprogramuoti matuoti šiluminius oro parametrus 1 minutės intervalu. Matavimo stovo vieta kambaryje vaizduojama 6 pav.



**6 pav.** Stovo vieta kambaryje

Kiekviename kambaryje 35-ioms minutėms buvo paliekamas stovas su jutikliais. Pirmąsias 25 matavimo minutes jutikliai buvo palikti stabilizuotis, o kitas 10 minučių matuoti šiluminius parametrus. Siekiant išvengti įvairių paviršių įtakos tyrimo rezultatams, stovai su matavimo jutikliais buvo paliekami ne arčiau nei 1 metras nuo sienos, lango, durų ar šildymo prietaisų. Gauti duomenys buvo perkelti į kompiuterį ir apdoroti „Excel“ programa. Matavimai atlikti šaltuoju ir šiltuoju sezonais.

Šiltojo sezono metu taip pat buvo tiriama oro kokybė kambariuose. Taikytas momentinio matavimo metodas. CO<sub>2</sub> matuoklis buvo paliekamas patalpoje nusistovėti, vėliau buvo užfiksuojama kokia yra CO<sub>2</sub> reikšmė patalpoje.

Siekiant išsiaiškinti šiluminio diskomforto veiksnius bei nustatyti ar pastatas neturi ligoto pastato sindromo buvo apklausti pastate laiką leidžiantys žmonės. Daugelis globos namų gyventojų serga sunkia dimensijos forma, todėl apklausoje dalyvavo personalo darbuotojai. Darbuotojams buvo išdalinti anoniminiai klausimynai, kuriuose jie turėjo nurodyti asmeninę informaciją - lytį, amžių, kiek metų ir valandų per savaitę dirba pastate taip pat nurodyti ar rūko. Klausimyne buvo pateikti klausimai apie respondentų sveikatos būklę. Reikėjo nurodyti ar apklaustieji, per pastaruosius tris mėnesius, sirgo sloga, sinusitu ar peršalimu bei ar yra sirgę astma, bronchitu bei nosies gleivinės uždegimu. Tirta ar respondantai yra alergiški žiedadulkėms, gyvūnams, dulkių erkėms, pelėsiams.

Apklausoje dalyvavę žmonės vertino aplinką pastate atsakydami kaip dažnai patiria šiuos diskomforto rodiklius: skersvėjų, kintančią temperatūrą, tvankumą pastate, sauso oro pojūtį, nemalonus kvapus, statinį elektros krūvį, triukšmą sklindantį iš lauko bei patalpų, prasto apšvietimo pojūtį, atspindžius, dulkes šlančias kojas.

Į klausimynus personalo darbuotojai buvo paprašyti atsakyti žiemos sezono metu. Gauti duomenys apdoroti, atlikta statistinė analizė.

## 2.3. Tyrimų rezultatai

### 2.3.1. Žiemos sezono rezultatai

Matavimo dieną oro temperatūra lauke buvo 2 °C, santykinė drėgmė siekė 60 %. Šiluminiai parametrai buvo išmatuoti 6-ioose intensyvios slaugos kambariuose ir 9-ioose judrių senyvo amžiaus žmonių kambariuose. 109, 118, 204 ir 208 kambarių išmatuotiems parametrams įtakos galėjo turėti praverti langai ar atidarytos durys. Žemiausia oro temperatūra užfiksuota 122-ame kambaryje – 17,52 °C, aukščiausia 221-ajame – 22,84 °C. Santykinės drėgmės rodiklio intervalas patalpose – nuo 23,40 % (118, 120, 126, 222, 219 kambariuose) iki 66,70 % (122 kambaryje).

5 lentelė. Žiemos sezono tyrimų rezultatai

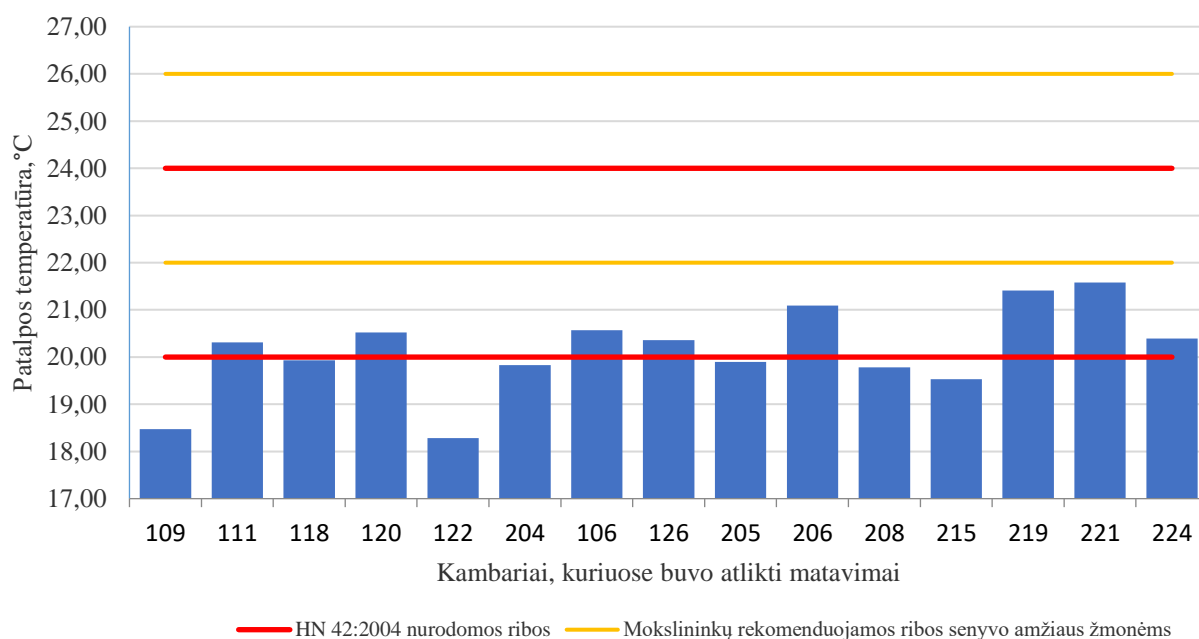
Patalpos Nr.	Matavimo aukštis	T <sub>max</sub> , °C	T <sub>min</sub> , °C	T <sub>vid</sub> , °C	RH <sub>max</sub> , %	RH <sub>min</sub> , %	RH <sub>vid</sub> , %	Pastabos
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>INTENSYVIOS SLAUGOS KAMBARIAI</b>								
109	0,1 m.	18,39	18,34	18,36	40,11	40,88	40,54	2 gyventojai, atviros durys
	0,6 m.	18,96	18,89	18,92	39,85	38,90	39,27	
	1,1 m.	19,84	19,77	19,80	39,17	38,53	38,88	
111	0,1 m.	19,42	19,42	19,42	32,50	32,20	32,30	2 gyventojai
	0,6 m.	20,19	20,19	20,19	30,30	30,10	30,20	
	1,1 m.	21,33	21,33	21,33	28,30	28,00	28,10	
118	0,1 m.	19,04	19,04	19,04	32,50	32,10	32,26	1 gyventojas, atviros durys
	0,6 m.	19,81	19,81	19,81	27,00	27,00	27,00	
	1,1 m.	20,95	20,95	20,95	23,40	23,40	23,40	
120	0,1 m.	19,81	19,81	19,81	38,00	37,80	37,87	2 gyventojai
	0,6 m.	20,57	20,19	20,43	33,20	33,10	33,14	
	1,1 m.	21,33	21,33	21,33	23,40	23,40	23,40	
122	0,1 m.	17,52	17,52	17,52	33,20	24,70	29,92	2 gyventojai
	0,6 m.	18,28	18,28	18,28	66,70	46,40	60,59	
	1,1 m.*	19,04	-	-	-	-	-	
204	0,1 m.	19,42	19,42	19,42	33,50	31,40	32,32	2 gyventojai, atviros durys
	0,6 m.	20,19	19,81	19,88	34,50	32,40	33,38	
	1,1 m.	20,19	20,19	20,19	30,90	29,40	29,94	
<b>JUDRIŲ ŽMONIŲ KAMBARIAI</b>								
106	0,1 m.	19,42	19,42	19,42	38,40	37,50	37,97	2 gyventojai
	0,6 m.	20,57	20,57	20,57	38,20	37,70	37,99	
	1,1 m.	21,71	21,71	21,71	31,60	31,40	31,52	
126	0,1 m.	20,19	19,81	19,88	23,40	23,40	23,40	2 gyventojai
	0,6 m.	20,57	20,19	20,26	33,20	32,10	32,80	
	1,1 m.*	20,95	-	20,95	-	-	-	
205	0,1 m.	19,03	19,01	19,02	53,56	52,18	53,16	2 gyventojai
	0,6 m.	19,94	19,94	19,94	51,89	50,26	51,13	
	1,1 m.	20,75	20,72	20,73	49,70	49,35	49,50	

## 5 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9
206	0,1 m.	20,57	20,57	20,57	48,50	46,90	47,45	2 gyventojai
	0,6 m.	21,33	20,95	21,09	47,60	47,20	47,40	
	1,1 m.	21,71	21,33	21,61	44,10	43,70	43,94	
208	0,1 m.	19,42	19,04	19,35	24,90	24,80	24,82	1 gyventojas, praviras langas
	0,6 m.	19,81	19,81	19,81	24,40	23,90	24,31	
	1,1 m.	20,19	20,19	20,19	23,90	23,90	23,90	
215	0,1 m.	19,20	19,13	19,16	48,10	46,66	47,45	2 gyventojai
	0,6 m.	19,48	19,48	19,48	47,37	46,76	47,13	
	1,1 m.	19,96	19,94	19,94	47,83	47,35	47,61	
219	0,1 m.	20,95	20,57	20,92	33,00	32,60	32,86	2 gyventojai
	0,6 m.	21,71	21,33	21,61	30,60	30,50	30,53	
	1,1 m.	21,71	21,71	21,71	23,40	23,40	23,40	
221	0,1 m.	19,81	19,81	19,81	29,20	28,40	28,80	1 gyventojas
	0,6 m.	22,09	22,09	22,09	28,10	28,10	28,10	
	1,1 m.	22,86	22,48	22,83	25,10	25,00	25,01	
224	0,1 m.	20,19	19,81	20,09	23,40	23,40	23,40	2 gyventojai
	0,6 m.	20,95	20,57	20,60	32,80	32,00	32,45	
	1,1 m.*	21,33	-	21,33	-	-	-	

\*Tyrimo metu nepavyko gauti tikslesnių matavimo reikšmių 1,1 m. aukštyje 122-ame, 126-ame ir 224-ame kambariuose, kadangi duomenis kaupiantis jutiklis buvo klaidingai užprogramuotas ir reikšmes matavo kas 10 minučių.

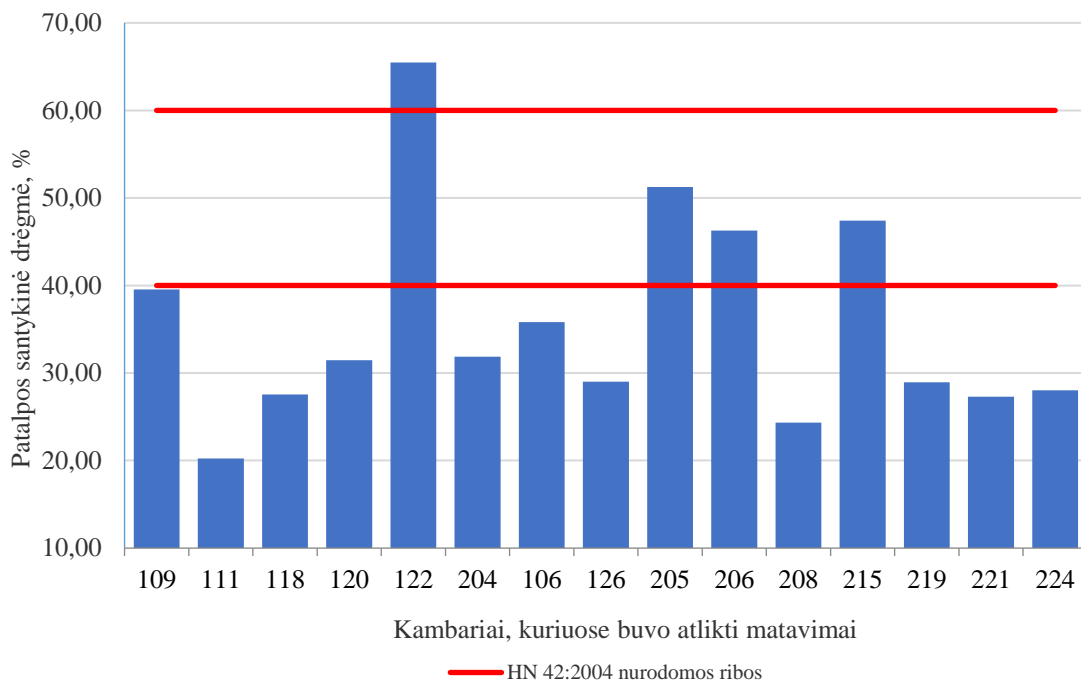
Iš 6-oje lentelėje pateiktų matavimo rezultatų galima pastebėti, jog oro temperatūrų reikšmės visuose kambariuose ties kojomis (0,1 m. aukštyje) yra žemesnės nei ties galva (1,1 m. aukštyje). Iš 14 tirtų kambarių 6-iose (43 %) skirtumas tarp temperatūros ties kojomis ir galva skyrėsi iki 1 °C, 6-iose (43 %) iki 2 °C. Duomenų analizės metu pastebėta, jog dviejuose kambariuose (14 %) šis skirtumas buvo iki 3 °C. Tyrimo rezultatų analize buvo nagrinėjamos vidutinės patalpų temperatūros, kuriomis siekiama patikrinti ar esamos kambarių oro temperatūros atitinka ASHARE 55 standartuose rekomenduojamas. Rezultatai pateikiami 7 pav.



**7 pav.** Vidutinės kambarių temperatūrų reikšmės

7 pav. matoma, jog pagal ASHARE 55 standartus, nurodančius, kad priimtina temperatūra žmogui svyruoja nuo 20 °C iki 24 °C, 6 kambariai (43 %) netenkina žemutinės rekomenduojamos šiluminio komforto temperatūros ribos. Pagal kitų mokslininkų atliktų tyrimų rezultatus [18], senyvo amžiaus žmonėms komfortiškos temperatūros riba yra aukštesnė ir svyruoja 22-26 °C intervale. Taigi pagal gautus galima teigti, jog šiek tiek mažiau nei pusė kambarių netenkina žemutinės komfortiškos temperatūros ribos.

Santykinės drėgmės vidutinės reikšmės taip pat palyginamos su Lietuvoje galiojančia higienos norma HN 42:2004. Rezultatai pateikiami 8 pav.



**8 pav.** Vidutinės kambarių santykinės drėgmės reikšmės

8 pav. parodo, jog pagal Lietuvoje galiojančios higienos normos ribas šaltajam metų laikotarpiui 11 kambarių (73 %) netenkina žemutinės reikalaujamos santykinės drėgmės ribos (40 %), viename (6 %) santykinė drėgmė viršija viršutinę (60 %) ribą, o trijuose (21 %) santykinė drėgmė išlieka normos ribose.

### 2.3.2. Vasaros sezono rezultatai

Matavimo dieną oro temperatūra lauke buvo 24 °C, santykinė drėgmė siekė 70 %. Šiluminiai parametrai buvo išmatuoti 6-iose intensyvios slaugos kambariuose ir 9-iose judrių senyvo amžiaus žmonių kambariuose. 109, 111, 106, 126, 208 ir 221 kambarių išmatuotiems parametrams įtakos galėjo turėti praverti langai ar atidarytos durys. Žemiausia oro temperatūra užfiksuota 118-ame kambaryje – 21,71 °C, aukščiausia 205-ajame – 26,73 °C. Santykinės drėgmės rodiklio intervalas patalpose – nuo 23,40 % (109 kambaryje) iki 80,64 % (122 kambaryje). Gauti rezultatai pateikiami 6-oje lentelėje.

6 lentelė. Vasaros sezono tyrimų rezultatai

Patalpos Nr.	Matavimo aukštis	T <sub>max</sub> , °C	T <sub>min</sub> , °C	T <sub>vid</sub> , °C	RH <sub>max</sub> , %	RH <sub>min</sub> , %	RH <sub>vid</sub> , %	Pastabos
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>INTENSYVIOS SLAUGOS KAMBARIAI</b>								
109	0,1 m.	22,09	22,09	22,09	57,15	56,85	56,97	2 gyventojai, atviras langas
	0,6 m.	22,48	22,48	22,48	56,10	55,40	55,72	
	1,1 m.	22,48	22,48	22,48	37,60	37,60	37,60	
111	0,1 m.	23,24	23,24	23,24	44,81	44,81	44,81	2 gyventojai, atviras langas
	0,6 m.	23,24	23,24	23,24	58,63	58,00	58,41	
	1,1 m.	23,63	23,63	23,63	52,79	53,24	53,65	
118	0,1 m.	22,09	22,09	22,09	57,20	56,20	56,73	1 gyventojas,
	0,6 m.	21,71	21,71	21,71	62,79	61,18	61,93	
	1,1 m.	22,86	22,48	22,78	56,20	54,60	55,22	
120	0,1 m.	24,01	24,01	24,01	55,90	55,50	55,62	2 gyventojai
	0,6 m.	23,63	23,63	23,63	61,00	60,40	60,76	
	1,1 m.	23,24	23,24	23,24	65,53	64,92	65,18	
122	0,1 m.	24,01	24,01	24,01	74,20	72,60	73,36	2 gyventojai
	0,6 m.	23,63	23,24	23,36	79,30	78,10	78,82	
	1,1 m.	22,86	22,86	22,86	80,64	75,48	77,75	
204	0,1 m.	25,17	25,17	25,17	52,20	51,00	51,83	2 gyventojai, atviro durys
	0,6 m.	25,95	25,56	25,68	50,20	49,00	49,88	
	1,1 m.	26,34	25,95	26,26	38,24	38,08	38,21	
<b>JUDRIŲ ŽMONIŲ KAMBARIAI</b>								
106	0,1 m.	22,09	22,09	22,09	58,70	57,40	57,95	2 gyventojai, atviro durys
	0,6 m.	22,09	22,09	22,09	56,90	55,70	56,22	
	1,1 m.	22,48	22,09	22,17	60,30	59,00	59,55	
126	0,1 m.	23,63	23,63	23,63	53,40	53,00	53,14	2 gyventojai,
	0,6 m.	24,01	24,01	24,01	56,00	55,43	55,59	
	1,1 m.	24,40	24,40	24,40	50,00	49,50	49,70	
205	0,1 m.	25,56	25,17	25,44	49,80	47,90	48,92	2 gyventojai
	0,6 m.	26,34	25,95	26,22	45,60	43,60	44,67	
	1,1 m.	26,73	26,34	26,53	49,40	47,40	48,59	
206	0,1 m.	25,17	25,17	25,17	53,80	52,59	53,34	2 gyventojai
	0,6 m.	25,56	25,56	25,56	74,88	74,88	74,88	
	1,1 m.	25,95	25,95	25,95	67,32	66,99	67,00	
208	0,1 m.	23,63	22,86	23,09	54,75	51,15	52,31	1 gyventojas, praviras langas ir atvertos durys
	0,6 m.	24,01	23,24	23,43	53,70	49,10	50,49	
	1,1 m.	24,01	23,24	23,63	37,76	37,60	37,73	
215	0,1 m.	24,01	24,01	24,01	43,94	42,39	43,00	2 gyventojai
	0,6 m.	24,40	24,01	24,01	56,38	54,13	54,66	
	1,1 m.	24,79	24,40	24,48	51,92	50,05	50,51	
219	0,1 m.	24,79	24,01	24,24	51,30	48,00	49,76	2 gyventojai
	0,6 m.	25,17	24,40	24,71	48,50	45,10	46,51	
	1,1 m.	25,15	24,40	24,79	50,80	48,10	49,43	

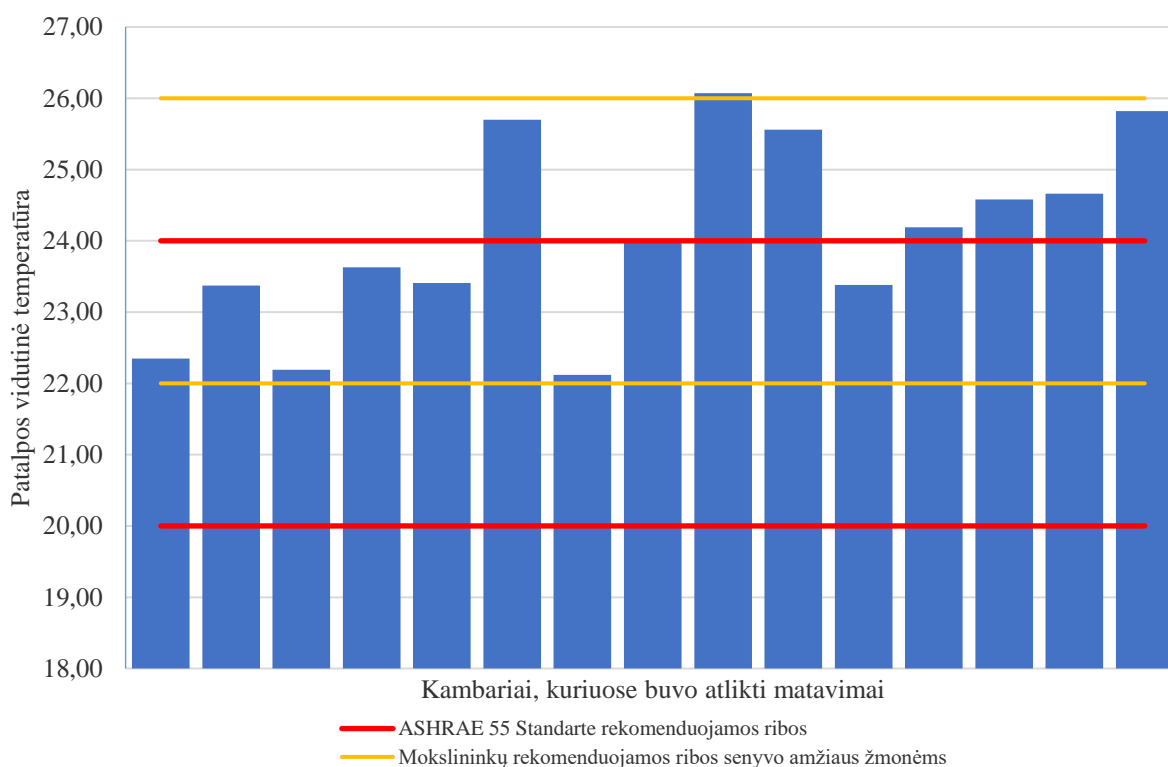


## 6 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9
221	0,1 m.	24,40	24,40	24,40	56,60	55,60	56,15	1 gyventojas, atviras langas
	0,6 m.	24,79	24,79	24,79	60,61	59,69	60,12	
	1,1 m.	24,79	24,79	24,79	54,40	54,10	54,22	
224	0,1 m.	26,34	26,34	26,34	44,00	43,80	43,89	2 gyventojai
	0,6 m.	25,95	25,95	25,95	49,40	49,10	49,17	
	1,1 m.	25,17	25,17	25,17	55,56	54,96	55,25	

6-oje lentelėje pateikti rezultatai rodo, kad daugumoje kambarių oro temperatūros reikšmės kaip ir žiemos sezono tyrimo rezultatuose ties kojomis yra žemesnės nei ties galva, tačiau ši sąlyga negalioja trims kambariams. 120 – amė, 122 – amė ir 224 – amė kambariuose ties kojomis yra aukštesnė nei ties galva. Taip galėjo atsitikti dėl kambariuose buvusių žmonių judėjimo ar tyrimo metu galimai atidaryto lango ar durų. Šiltojo sezono tyrimai parodė, kad temperatūrų skirtumas tarp kojų ir grindų 3-uose kambariuose (21 %) skyrėsi daugiau nei 1 °C, 11-oje kambarių (79 %) šis skirtumas neviršijo 1 °C.

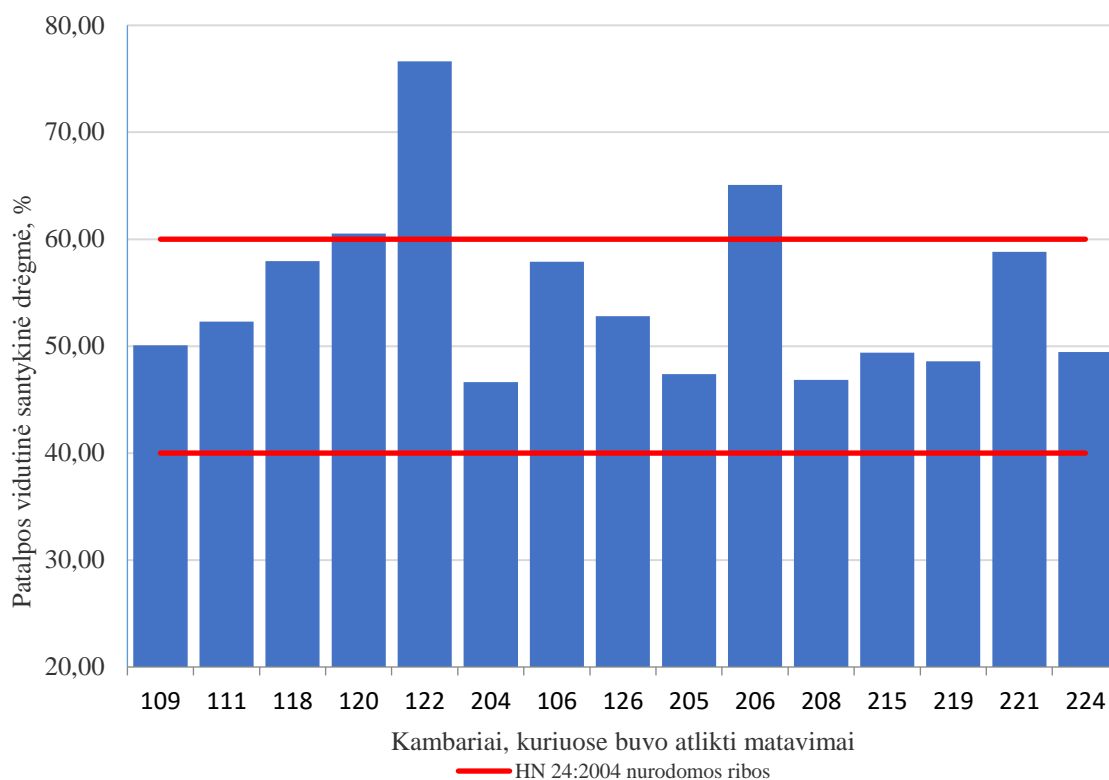
Šiltojo sezono tyrimų analizės metu buvo tikrinama ar kambarių vidutinės temperatūros atitinka ASHARE 55 standartuose rekomenduojamas temperatūras. Taip pat šio sezono vidutinės temperatūros palygintos su mokslininkų rekomenduojamomis ribomis senyvo amžiaus žmonėms. Rezultatai pateikiami 9 pav.



**9 pav.** Vidutinės kambarių temperatūrų reikšmės

9 pav. matoma, jog pagal ASHARE 55 standartus, 7 kambariai (50 %) netenkina rekomenduojamos šiluminio komforto temperatūros ribų ir yra per aukšta. Tačiau pagal mokslininkų atliktų tyrimų rezultatus, senyvo amžiaus žmonėms komfortiškos temperatūros riba yra aukštesnė ir svyruoja 22-26°C intervale. Šiuo atveju vidutinė temperatūra už rekomenduojamas ribas yra aukštesnė tik viename kambarėje (205).

Santykinės drėgmės vidutinės reikšmės palyginamos su Lietuvoje galiojančia higienos norma HN 42:2004. Rezultatai pateikiami 10 pav.



**10 pav.** Vidutinės kambarių santykinės drėgmės reikšmės

10 pav. parodo, jog pagal Lietuvoje galiojančios higienos normos ribas šiltajam metų laikotarpiui 13 kambarių (87 %) tenkina reikalaujamos santykinės drėgmės ribas (40-60 %), dviejuose (13 %) santykinė drėgmė viršija viršutinę (60 %) ribą.

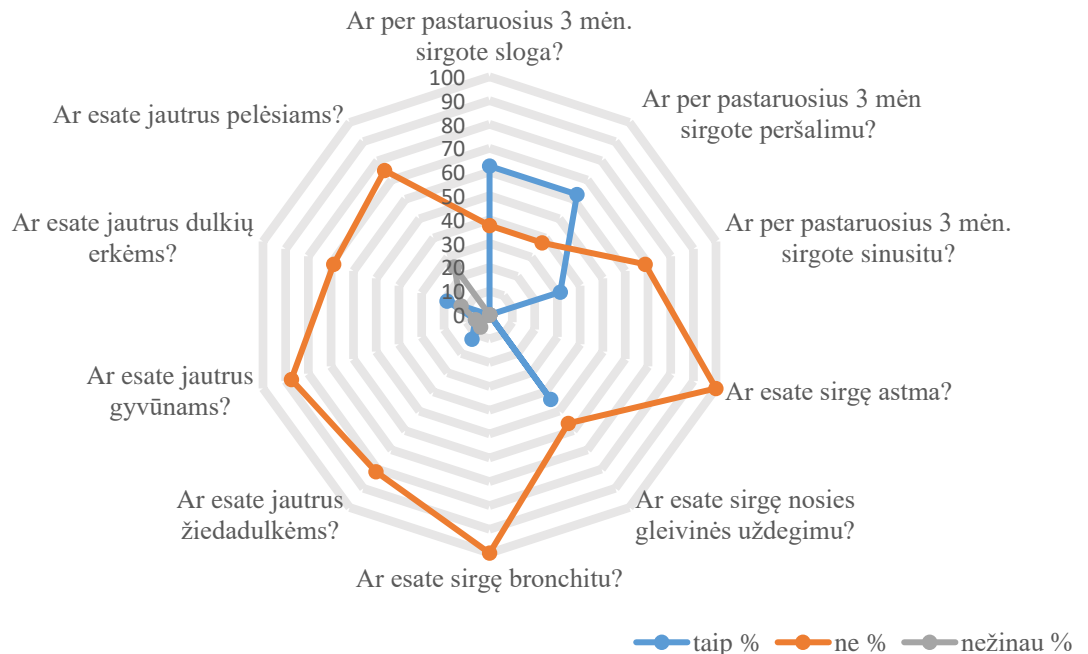
Siekiant patikrinti oro kokybę kambariuose šiltojo sezono matavimų metu dviejuose kambariuose buvo matuojamas momentinis CO<sub>2</sub> kiekis. Pasirinkti charakteringi kambariai 126 – intensyvios slaugos kambarys bei 224 kambarys su judriais gyventojais. Rezultatai parodė, jog 126 kambaryje CO<sub>2</sub> kiekis buvo 589 ppm, o 224 kambaryje – 565 ppm. Šios reikšmės nesiekia 1000 ppm, todėl neviršija Lietuvoje galiojančios higienos normos ribų.

Iš gautų objektyvių tyrimų, paremtų šiltojo ir šaltojo sezonų matavimais, galima teigti, jog didesnią šiluminį komfortą gyventojai pastate jaučia šiltojo sezono metu, kadangi matuota temperatūra visuose kambariuose tenkina mokslininkų rekomenduojamas ribas. Tačiau šaltojo sezono matavimai parodė, jog patalpose temperatūra yra per žema.

### 2.3.3. Apklausų rezultatai

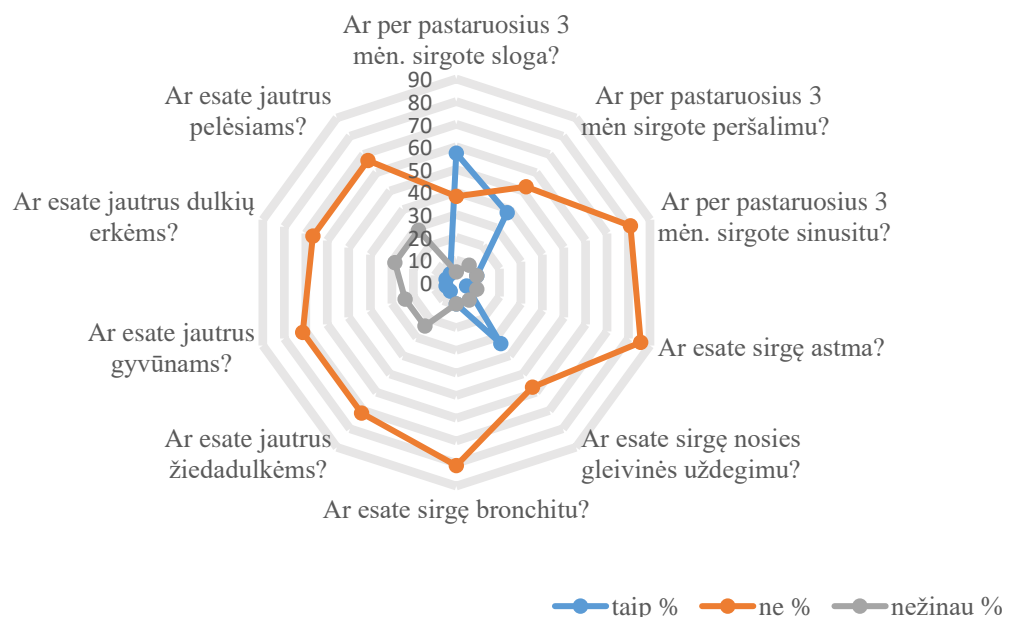
Apklausoje iš viso dalyvavo 16 respondentų žiemos sezono metu, 21 respondentas vasaros sezono metu. 100 % apklaustųjų yra moterys. Apklaustųjų amžiaus vidurkis žiemą – 42 metai, vasarą – 43 metai. Vidutiniškai personalo darbuotojai pastate dirba 6 metus ir per savaitę praleidžia 38 valandas. Iš apklaustųjų žiemos sezono metu vienas atsakė, jog yra rūkantis, vasaros sezono metu - keturi. Mažas rūkančiųjų skaičius leidžia gauti objektyvesnius rezultatus, kadangi žmonių kvėpavimo sistema nėra pažeista tabako dūmų.

Žiemos sezono apklausa parodė, jog iš visų apklaustųjų 62,5 % per tris mėnesius buvo patyrę peršalimą bei slogą, sinusitu sirgo 31,25 %, 43,25 % apklaustųjų – nosies gleivinės uždegimu. 18,75 % respondentų atsakė, jog yra jautrūs dulkių erkėms, 12,5 % žiedadulkėms. Detalesni apklausos rezultatai pateikiami 11-ame paveikslėlyje.



11 pav. Klausimyno dalies apie respondentų sveikatą atsakymai (žiemos sezonas)

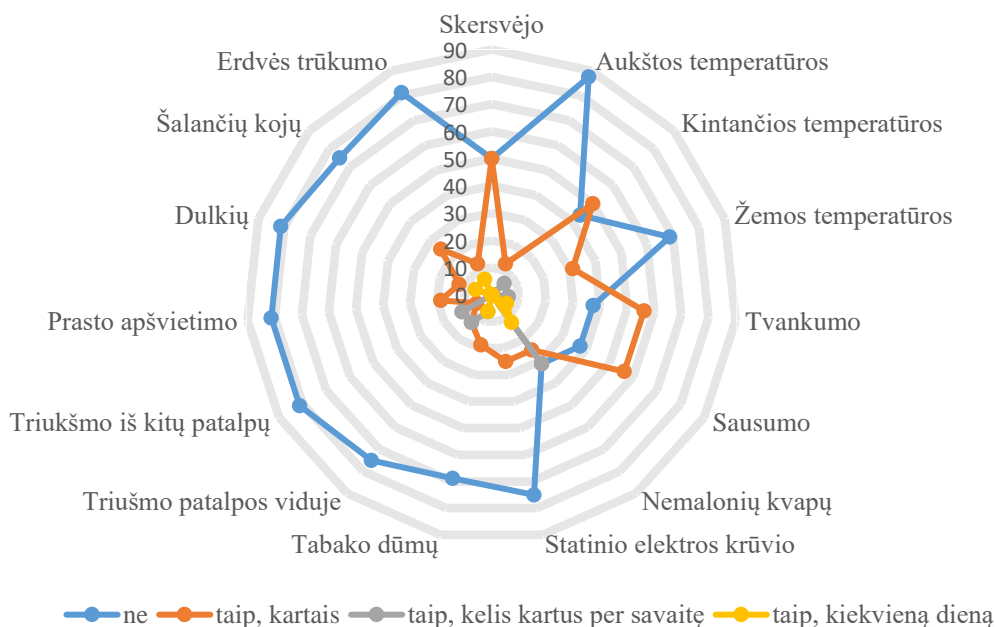
Vasaros sezono apklausa parodė, jog iš visų apklaustųjų sloga sirgusių skaičius išliko didelis, tačiau buvo mažesnis nei žiemos sezono metu - 57,14 %, peršalimą patyrė 52,38 % apklaustųjų. Vos 5 % apklaustųjų yra jautrūs pelėsiams, gyvūnams, dulkių erkėms ir žiedadulkėms. Detalūs apklausos rezultatai pateikiami 12-ame paveikslėlyje.



12 pav. Klausimyno dalies apie respondentų sveikatą atsakymai (vasaros sezonas)

Paskutiniąją klausimyno dalimi buvo siekiama ištirti mikroklimato sąlygas pastate. Apklaustieji vertino šiluminio komforto, oro kokybės, akustinio ir vizualinio komforto parametrus. Žiemos sezono metu daugiausia (56,25 %) respondentų atsakė jaučiantys kintančią temperatūrą, 50 % jaučia skersvėjį. Taip pat diagramoje, pavaizduotoje 13 pav. išsiskiria tvankumas ir sausumas. Šiuos veiksnius jaučia 56,25 % apklaustųjų. Iš gautų rezultatų matoma, jog daugiau apklaustųjų (30 %) dažniau patiria diskomfortą dėl žemos temperatūros nei dėl aukštos. Itin dažnai apklaustieji patiria nemalonius kvapus patalpose – 68,25 %. Žiemos sezono metu natūrinių tyrimų metu nustatytą žemos temperatūros problemą patvirtina ir apklausos rezultatai, kuriuose 31,25 % apklaustųjų jaučia diskomfortą dėl žemos temperatūros patalpose. Iš visų apklausoje dayvavusių žmonių 56,25 % jaučia diskomfortą dėl kintančios temperatūros. Šios problemos priežastis - didesnis temperatūros gradientas. Nors visuose kambariuose temperatūrinis gradientas neviršijo rekomenduojamos 3 °C/m ribos, tačiau remiantis moksliniais tyrimais, kuriais nurodoma, jog senyvo amžiaus žmonės yra jautresni aplinkai bei jiems reikalingos aukštesnės patalpų temperatūros, šis rodiklis galėtų būti mažesnis ir neviršyti 1 °C/m. Šiuo atveju 57 % kambarių esantis temperatūrinis gradientas neatitinka rekomenduojamų normų.

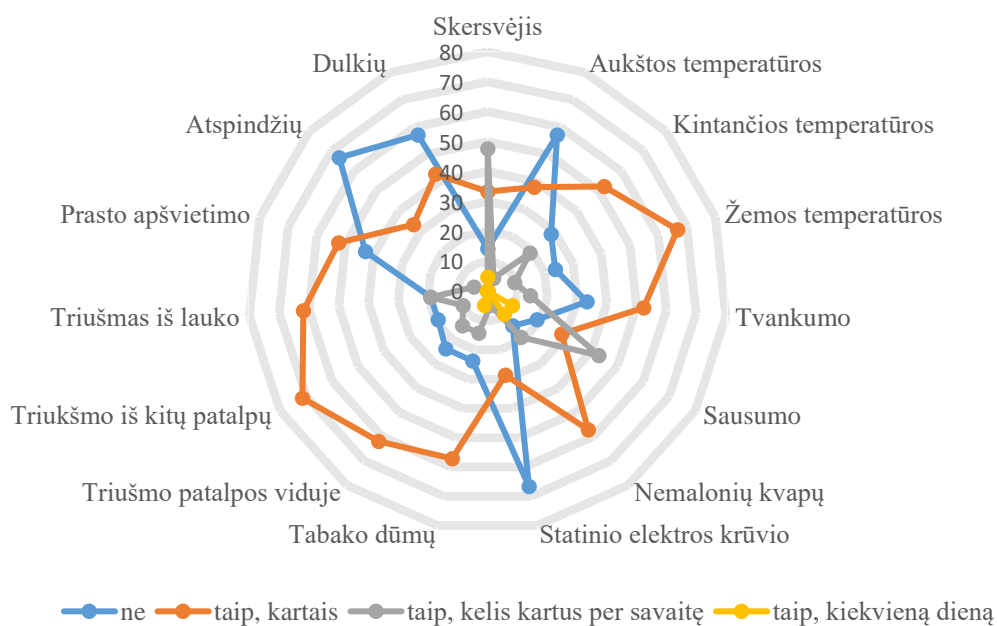
Ar per pastaruosius 3 mėn. patyrėte diskomfortą darbo vietoje dėl:



13 pav. Globos namų aplinkos vertinimas (žiemos sezonas)

Vasaros sezono apklausa parodė, jog pastate daugelis žmonių patiria diskomfortą dėl triukšmo iš kitų patalpų (80,95 %), patalpos viduje (76,19 %) bei iš lauko (80,95 %). Tokiam rezultatui įtaką galėjo turėti tai, kad vasaros sezono metu daugelyje patalpų buvo paliekami atidaryti langai bei durys. Taip pat kaip apklausa parodė, jog vasarą dėl žemos temperatūros patalpose diskomfortą jaučia 76,19 %. Kaip ir žiemos sezono metu, vasarą daugiau nei pusė (71,43 %) apklaustųjų nėra patenkinti kintančia temperatūra. Nemalonūs kvapai taip pat išlieka vienu iš kritiškiausių taškų keliančių diskomfortą. Juos jaučia 85,17% apklaustųjų. Vasarą taip pat stipriai jaučiamas tvankumo jausmas (66,67 %). Apklausos rezultatai vasaros sezono metu vaizduojami 14 – am paveikslėlyje.

Ar per pastaruosius 3 mėn. patyrėte diskomfortą darbo vietoje dėl:



**14 pav.** Globos namų aplinkos vertinimas (vasaros sezonas)

Vasaros sezono metu išmatuoti CO<sub>2</sub> kiekiai neviršijo nurodytų normų, tačiau tiek vasaros, tiek žiemos sezonų apklausos parodė, jog pastate buvo jaučiamas diskomfortas dėl nemalonių kvapų. Žiemą šis skaičius buvo 68,25 %, vasarą 85,17 %. Taip pat vasaros metu vykdyto tyrimo metu daugelyje patalpų buvo atverti langai ar pravertos durys. Visi šie veiksniai parodo, jog vėdinimo sistema, esanti pastate nėra efektyvi.

Taigi, apibendrinant gautus tyrimo rezultatus, galima teigti, jog pastate didžiausią diskomfortą sukelia normų neatitinkanti žema temperatūra, temperatūrinis gradientas bei nepakankamai efektyvi vėdinimo sistema. Šias problemas galima koreguoti keičiant šildymo sistemos valdymą arba šildymo būdą bei įdiegiant mišriojo arba mechaninio vėdinimo sistemą.

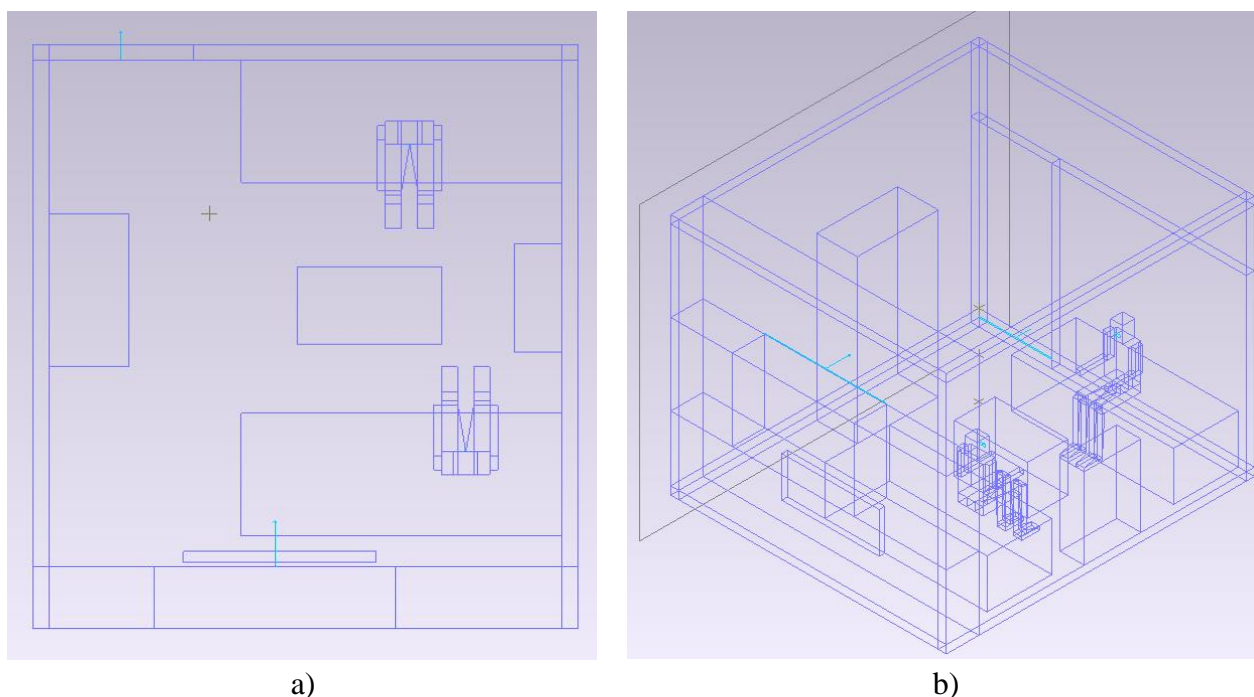
### 3. Skaitinis modeliavimas

Skaitinis skysčių dinamikos metodas (CFD) yra plačiai taikomas vėdinimo ir šildymo sistemų projektavime siekiant nuspėti oro judėjimą, temperatūros pasiskirstymą patalpose, taip pat šiuo metodu tikrinamas vėdinimo sistemos efektyvumas. Matematiškai, oro judėjimas aprašomas lygčių rinkiniu, kurios gali būti išsprendžiamos tik paprastomis ir idealiomis sąlygomis [28]. Dėl šios priežasties kuriamas supaprastintas realios patalpos modelis.

Siekiant atkurti kuo realesnę oro judėjimo ir temperatūros pasiskirstymo situaciją senyvo amžiaus žmonių kambaryje, esant skirtingiems šildymo ir vėdinimo sistemų deriniams buvo pasirinkta CFD (skaitinio modeliavimo) programa FloVENT (Mentor Graphics, Jungtinės Amerikos Valstijos). Nagrinėti 4 skirtingi šildymo: vėdinimo sistemų atvejai: natūralaus vėdinimo sistema su radiatoriniu šildymu, natūralaus vėdinimo sistema su grindiniu šildymu, mechaninio sumaišomojo vėdinimo sistema su radiatoriniu šildymu bei mechaninio sumaišomojo vėdinimo sistema su grindiniu šildymu. Modelyje skaičiavimai atlikti taikant  $k - \epsilon$  turbulentiškos tėkmės lygčių rinkinį (LEVEL K-epsilon), kadangi jis yra labiausiai ištobulintas ir universaliai pritaikomas [28]. Pasirinktas dvigubo tikslumo sprendiklis (DVS). Naudotas Dekarto tinklelis.

#### 3.1. Skaitinio modelio kraštinės sąlygos

Pradinis skaitinis modelis buvo kuriamas pagal 224-ojo kambario matmenis (3,2x2,6x3,3). Buvo atkartota kambaryje esančių baldų ir žmonių geometrija, kiekis bei jų išdėstymas. 3 sienos kambaryje vidinės, jų temperatūra – 19 °C, kadangi grindys ir lubos ribojasi su kitais aukštais jų temperatūra taip pat 19 °C, išorinės sienos su langu temperatūra – 16 °C. Šilumos šaltiniai patalpoje – radiatorius (40°C) arba šildomos grindys (23 °C), 2 žmonės, spinduliuojantys po 35 W šilumos bei iškvepiantys 35 °C temperatūros orą. Skaitinio modelio geometrija pateikta 15 pav.

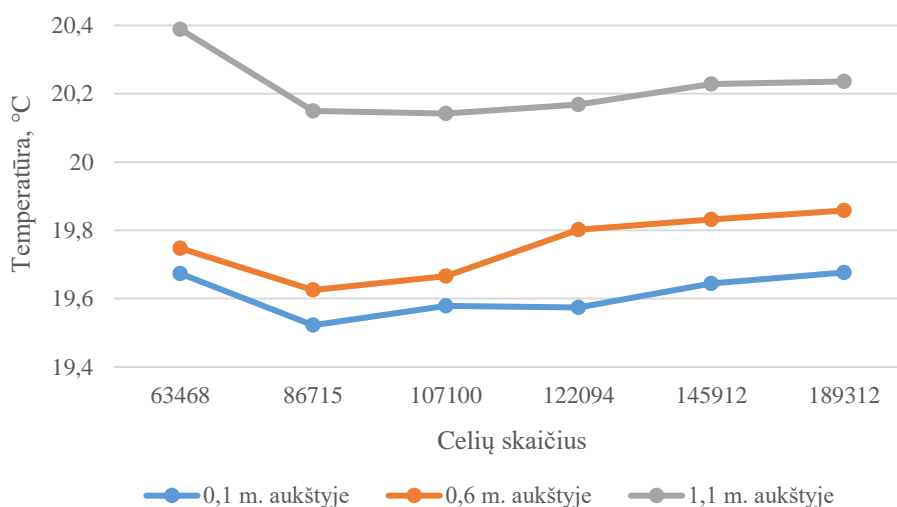


15 pav. Kambario geometrinis modelis (planas (a), izometrinis vaizdas (b))

### 3.2. Skaitinio modelio patikimumo įvertinimas

Norint sukurti patikimą skaitinį modelį svarbu atsižvelgti į jo tinklelio parametrus. Idealiu atveju, visi CFD modelio sprendimai, turėtų būti nepriklausomi nuo skaičiavimo tinklelio. Tai yra, gauti rezultatai neturėtų keistis kintant tinklelio parametrams. Kadangi kompiuteris yra ribojamas galios ir laiko, sukurti nuo tinklelio nepriklausomą modelį yra beveik neįmanoma, todėl priimama, jog gauti rezultatai yra priklausomi nuo tinklelio ir, keičiant jo parametrus, gali nežymiai kisti [29].

Šiame magistro baigiamajame projekte tinklelis buvo tankinamas, didinamas celių skaičius. Buvo stebima kaip kinta temperatūra stebėjimo taškuose bei siekiama atrasti tokį celių tarpą, kuriame rezultatai kistų nežymiai. Temperatūros kitimas priklausomai nuo celių skaičiaus tinklelyje vaizduojamas 16 pav.



16 pav. Rezultatų priklausomybė nuo tinklelio celių skaičiaus

Pagal atliktus skaičiavimus matoma, jog rezultatai nežymiai kito tuomet, kai celių skaičius buvo nuo 122094 iki 189312. Vadinasi šiame modelyje pakankamai tikslius rezultatus galima gauti su 122094 celių tinkleliu.

Sukurto skaitinio modelio rezultatai buvo palyginti su eksperimentinio tyrimo metu gautais rezultatais. Sumodeliuota natūralaus vėdinimo sistema, kurioje oras į patalpą patenka per orlaidę, esančią virš lango. Pritekančio oro temperatūra pasirinkta tokia pati, kokia buvo matavimo dieną - 2 °C. Oras iš patalpos pašalinamas pro po durimis esančią 15mm. tarpą. Patalpa šildoma po langų esančiu radiatoriumi, kuris spinduliuoja 40 °C šilumą. Stebėjimo taškų vieta – eksperimentinio tyrimo metu padėto stovo su jutkliais vieta (žr. 15 pav.). CFD modelio ir eksperimentinio tyrimo rezultatų palyginimas pateikiamas 6-oje lentelėje. Buvo įvertintos temperatūros reikšmės.

7 lentelė. CFD modelio ir eksperimentinio tyrimo rezultatų palyginimas

Taško vieta	Reikšmė natūrinių tyrimų metu, °C	Reikšmė skaitiniame modelyje, °C	Skirtumas, %
0,1 m	20,09	20,59	1,52
0,6 m	20,60	20,65	0,64
1,1 m	21,33	21,33	0

Vidutinė santykinė paklaida tarp CFD modelio ir eksperimentinio tyrimo buvo 0,72 %. Santykinė paklaida nėra didelė, todėl modelį galima laikyti patikimu.

### 3.3. CFD modeliavimo rezultatai

Skaitiniame CFD modelyje, buvo išnagrinėti 4 skirtingi šildymo - vėdinimo sistemų deriniai. Taip pat kiekvienu variantu buvo įvertinta žmonių kūnų padėtis kambaryje. Pasirinkti trys galimi žmonių kūnų padėčių atvejai: abu žmonės sėdimoje padėtyje, vienas žmogus sėdimoje, kitas gulimoje padėtyje bei abu žmonės gulimoje padėtyje. 17 – 20 pav. pateikiami skaitinio modeliavimo rezultatai atskleidžiant horizontalų ir vertikalų patalpos pjūvius.

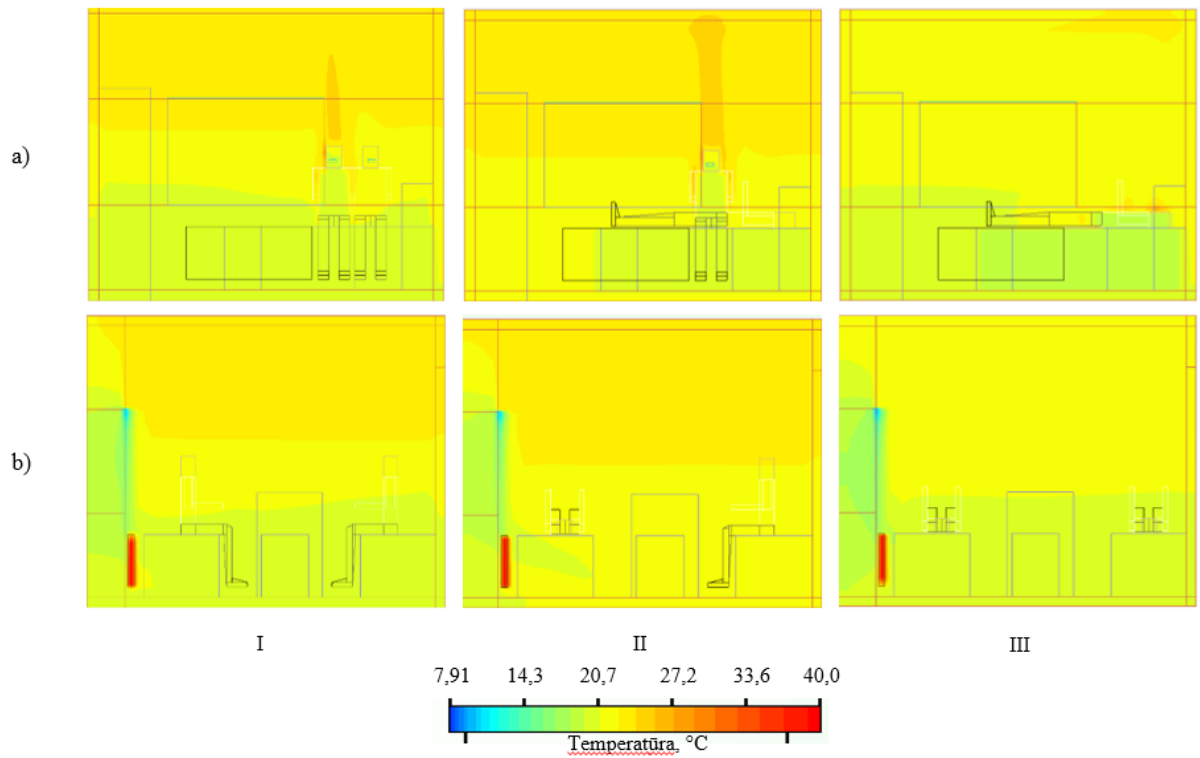
Pirmasis variantas sukurtas siekiant atkurti realią situaciją kambaryje, kurią būtų galima palyginti su kitais galimais šildymo – vėdinimo sistemų deriniais. Buvo sukurtas modelis, kuriame vėdinimo sistema – natūrali, patalpa šildoma radiatoriumi. Radiatorius sumodeliuotas po langu, atkartojant realius jo matmenis ir vietą, radiatoriaus spinduliuojama temperatūra - 40 °C. Oras į patalpą patenka per orlaidę (1,5 m x 0,01 m), esančią virš lango. Priimta, jog iš lauko patenkančio oro temperatūra yra tokia pati kokia buvo žiemos tyrimo matavimo dieną – 2 °C. Oras iš patalpos pasišalina per po durimis esantį tarpelį (0,015 m.). Gauti skaitinio modeliavimo rezultatai pateikiami 17 pav.

Antruoju variantu nagrinėjama kaip pakis temperatūrų pasiskirstymas kambaryje vietoj radiatoriaus buvo pasirinktas grindinis šildymas. Šildomų grindų temperatūra – 23 °C. Gauti skaitinio modeliavimo rezultatai pateikiami 18 pav.

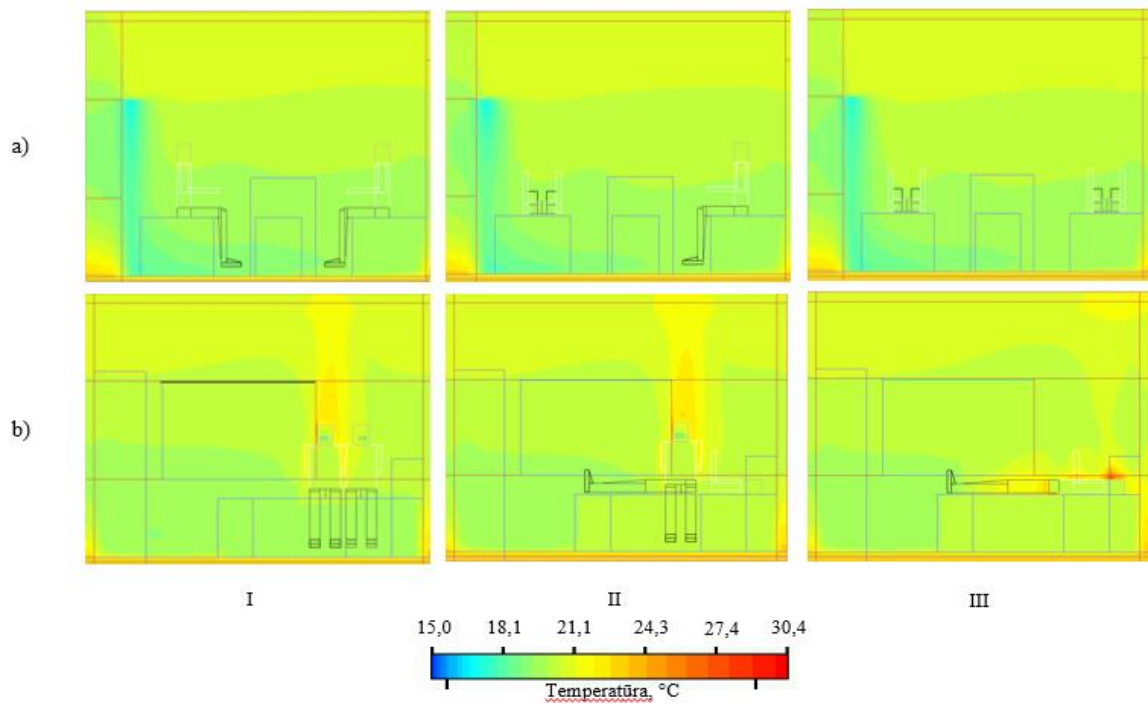
Trečiajame variante natūralus vėdinimas buvo pakeistas mechaniniu sumaišomuoju. Oras į patalpą tiekiamas per tiekiamo oro difuzorių, projektuojamą švariausioje patalpos vietoje – ties langu. Priimta, jog į patalpą tiekiamo oro temperatūra yra 18 °C. Oras šalinamas per oro šalinimo difuzorių, esantį ties durimis. Trečiuoju variantu kambarys šildomas radiatoriumi, tačiau, kadangi į patalpą tiekiamas pašildytas oras radiatoriaus temperatūra - 35 °C. Gauti skaitinio modeliavimo rezultatai pateikiami 19 pav.

Ketvirtuoju variantu kaip ir trečiuoju buvo sumodeliuotas mechaninis sumaišomasis vėdinimas. Šiame variante radiatorinis šildymas pakeistas grindiniu, kuriuo temperatūra 23 °C. Gauti skaitinio modeliavimo rezultatai pateikiami 20 pav.

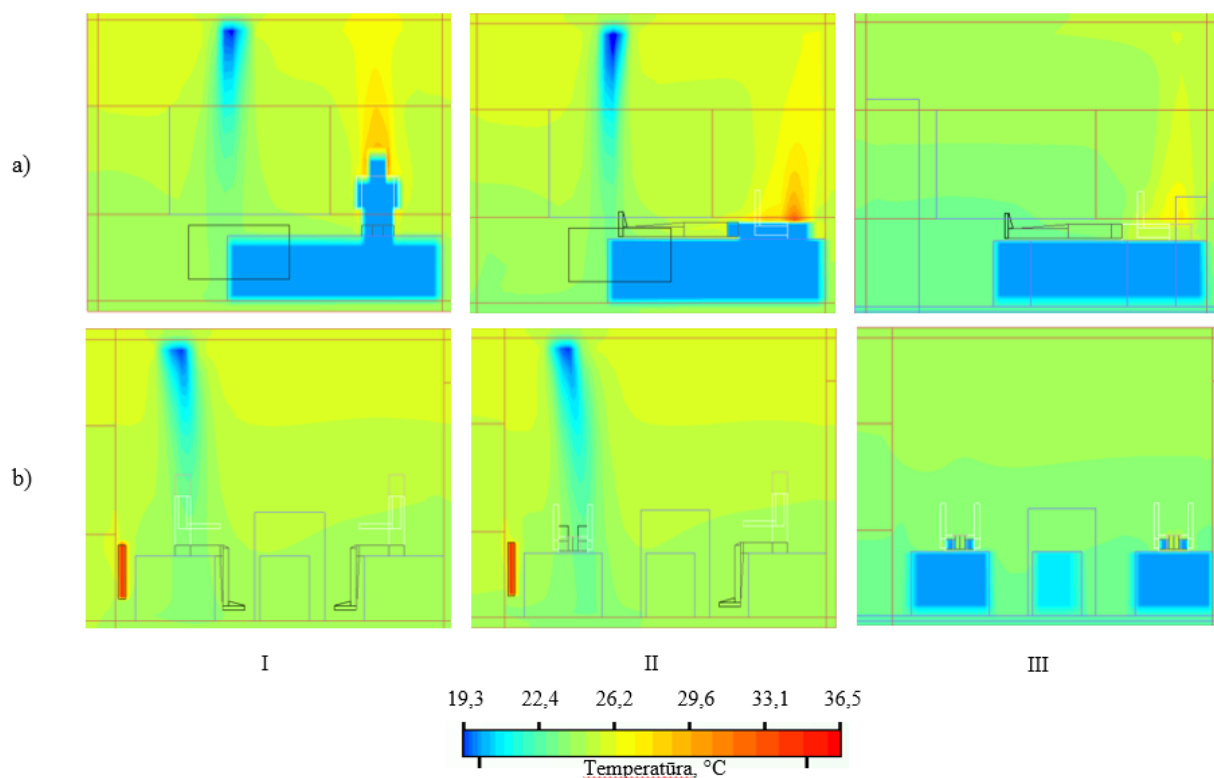




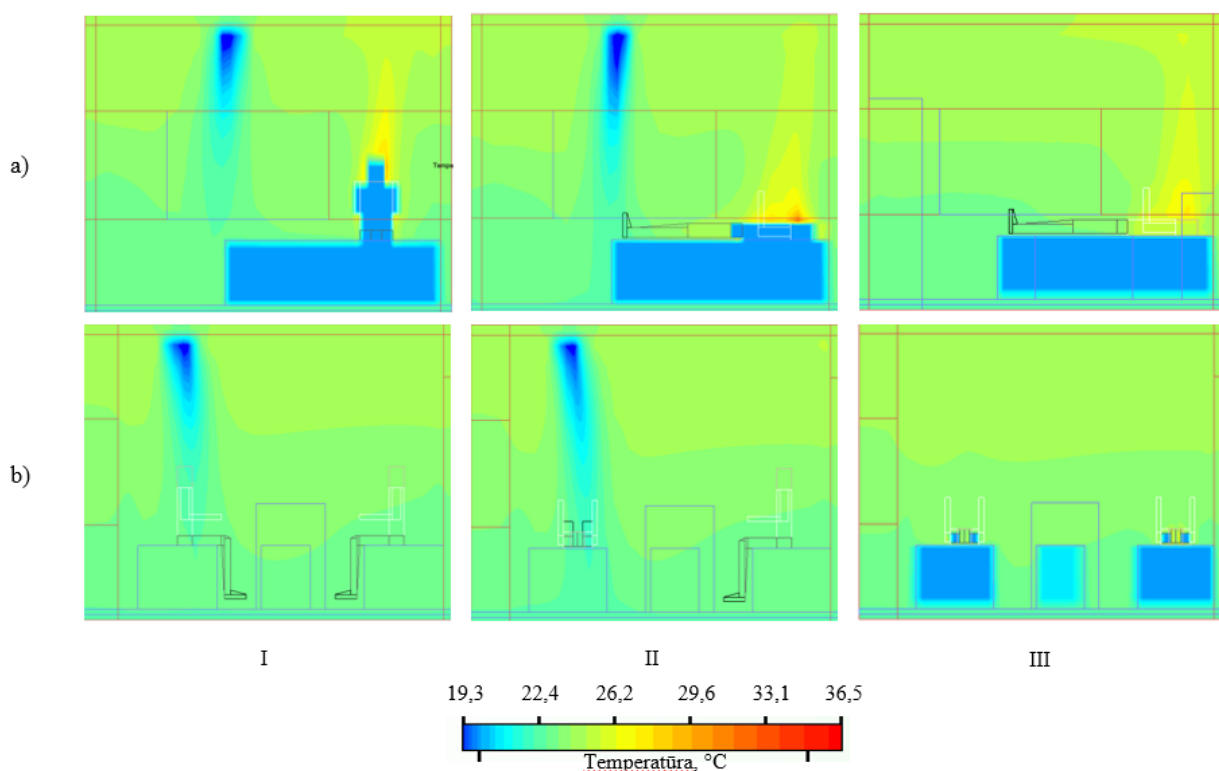
**17 pav.** 1 variantas. Temperatūrų pasiskirstymas CFD modelyje, kai vėdinimas - natūralus (iš lauko patenkančio oro temperatūra – 2 °C) ir patalpa šildoma radiatoriumi (40 °C), trimis atvejais, kai: I) 2 žmonės sėdi; II) 1 iš žmonių guli; III) 2 žmonės guli. a) horizontalus patalpos pjūvis b) vertikalus patalpos pjūvis.



**18 pav.** 2 variantas. Temperatūrų pasiskirstymas CFD modelyje, kai vėdinimas – natūralus. (iš lauko patenkančio oro temperatūra – 2 °C) ir šildomomis grindimis (23 °C) trimis atvejais, kai: I) 2 žmonės sėdi; II) 1 iš žmonių guli; III) 2 žmonės guli. a) vertikalus patalpos pjūvis b) horizontalus patalpos pjūvis.



**19 pav.** 3 variantas. Temperatūrų pasiskirstymas CFD modelyje, kai vėdinimas - mechaninis (tiekiamo oro temperatūra – 18 °C) ir patalpa šildoma radiatoriumi (35 °C), trimis atvejais, kai: I) 2 žmonės sėdi; II) 1 iš žmonių guli; III) 2 žmonės guli. a) horizontalus patalpos pjūvis b) vertikalus patalpos pjūvis.



**20 pav.** 4 variantas. Temperatūrų pasiskirstymas CFD modelyje, kai vėdinimas - mechaninis (tiekiamo oro temperatūra – 18 °C) ir šildomomis grindimis (23 °C) trimis atvejais, kai: I) 2 žmonės sėdi; II) 1 iš žmonių guli; III) 2 žmonės guli. a) horizontalus patalpos pjūvis b) vertikalus patalpos pjūvis.

8-oje lentelėje pateikiamos kiekvienu atveju stebėjimo taškuose gautos reikšmės, apskaičiuotas temperatūros gradientas bei vidutinė patalpos temperatūra.

**8 lentelė.** CFD modeliavimo rezultatai stebėjimo taškuose

Variantas - atvejis	Stebėjimo taško aukštis, m	Reikšmė, °C	Temperatūros gradientas, °C/m	Vidutinė temperatūra, °C
1 - I	0,1	20,59	0,74	20,80
	0,6	20,65		
	1,1	21,33		
1 - II	0,1	20,99	1,01	21,35
	0,6	21,08		
	1,1	22,00		
1 - III	0,1	20,69	1,23	21,12
	0,6	20,77		
	1,1	21,92		
2 - I	0,1	19,45	0,56	19,73
	0,6	19,73		
	1,1	20,01		
2 - II	0,1	19,43	0,72	19,76
	0,6	19,71		
	1,1	20,15		
2 - III	0,1	19,04	0,99	19,58
	0,6	19,67		
	1,1	20,03		
3 - I	0,1	24,02	0,38	24,11
	0,6	24,02		
	1,1	24,40		
3 - II	0,1	24,36	0,61	24,56
	0,6	24,36		
	1,1	24,97		
3 - III	0,1	23,14	1,54	23,72
	0,6	23,33		
	1,1	24,68		
4 - I	0,1	23,41	0,33	23,56
	0,6	23,53		
	1,1	23,74		
4 - II	0,1	23,48	0,35	23,63
	0,6	23,58		
	1,1	23,83		
4 - III	0,1	23,34	0,58	23,59
	0,6	23,51		
	1,1	23,92		

### 3.4. CFD modeliavimo išvados

Lyginant skirtingus vėdinimo – šildymo sistemų atvejus pagal gautus rezultatus ir mokslininkų rekomendacijas buvo padarytos išvados skaitinio modeliavimo išvados:

Gauti CFD modeliavimo rezultatai parodė, jog žemiausios vidutinės temperatūros patalpos modelyje gaunamos tuomet, kai vėdinimas yra natūralus. Šiais atvejais temperatūra yra nuo 19,58 iki 21,35 °C ribose ir netenkina, senyvo amžiaus žmonėms rekomenduojamos, 22-26 °C temperatūros ribos. Situacija pakeista įdiegiant mechaninio vėdinimo sistemą, tuomet vidutinė temperatūra svyravo nuo 23,59 °C iki 24,56 °C.

Iš 17–20 pav. galima pastebėti, jog temperatūra tolygiausiai patalpos modelyje pasiskirstė tuomet, kai patalpos modelyje buvo įdiegtas grindinis šildymas. Tai patvirtina ir stebėjimo taškuose apskaičiuotas temperatūros gradientas, kuris natūralaus vėdinimo atveju buvo nuo 0,26 iki 0,99 °C/m, mechaninio vėdinimo atveju – nuo 0,33 iki 0,58 °C/m.

Pastebėta, jog temperatūros gradientas taip pat priklauso ir nuo žmonių kūno padėčių patalpoje. Didžiausias temperatūros gradientas gautas tuomet, kai abu žmonės buvo gulimoje padėtyje. Jis skirtingais atvejais svyravo nuo 0,58 iki 1,54 °C/m. Mažiausias temperatūros gradientas (nuo 0,38 iki 0,72 °C/m) gautas, kai abu žmonės patalpos modelyje sėdėjo.

Apibendrinat skaitinio modeliavimo išvadas, galima teigti, jog didžiausias šiluminis komfortas, vertinant vidutinės temperatūros ir temperatūros gradientą, gautas tuomet, kai patalpos modelyje buvo suprojektuota mechaninio sumaišomojo vėdinimo ir grindinio šildymo sistema bei abu žmonės buvo sėdimose padėtyje.

#### 4. Išvados

1. Atlikti tyrimai Kauno Panemunės slaugos namuose atskleidė, jog vidutinė patalpų temperatūra žiemos sezono metu yra 1,87 °C žemesnė nei rekomenduojama ir netenkina senyvo amžiaus žmonėms rekomenduojamos vidutinės temperatūros vertės. Vasaros sezono metu išmatuota vidutinė kambarių temperatūra atitinka rekomendacijas ir yra lygi 24,07 °C.

2. Žiemos sezono metu atlikti tyrimai parodė, jog patalpų vidutinė santykinė drėgmė neatitinka keliamų reikalavimų ir yra 4,37 % per žema. Oro sausumo problemą akcentuoja ir personalo darbuotojai iš kurių 62,5 % patiria sausumo jausmą. Vasaros sezono metu santykinė drėgmė buvo pakankama ir lygi 54,96 %.

3. CO<sub>2</sub> koncentracijos patalpose neviršija normų, tačiau vidutiniškai 61,65 % darbuotojų nemalonių kvapus ir oro tvankumą įvardija kaip diskomforto veiksnius patalpose.

4. Identifikuotų problemų sprendimo variantų įvertinimui buvo sukurtas CFD modelis, kuriuo gauta, jog didžiausias šiluminis komfortas patalpose įmanomas tuomet, kai jose įdiegtos mechaninio vėdinimo ir grindinio šildymo sistemos. Tokiu atveju gaunamas mažiausias temperatūros gradientas, kuris lygus - 0,33 °C/m.

Ateities tyrimuose, siekiant kuo tiksliau įvertinti šiluminį komfortą patalpose, būtų pravartu įvertinti tokius šiluminio komforto parametrus kaip oro judėjimas, spinduliavimo temperatūra. Tobulinant senyvo amžiaus žmonių gyvenamąsias erdves, svarbu iširti pačių senyvo amžiaus žmonių poreikius, išbandant individualius įrengimus: šildomas lovas, personalizuotas, automatizuotas vėdinimo sistemas, tiekiančias šviežią orą riboto judėjimo žmonėms priklausomai nuo jų padėties. Senyvo amžiaus žmonės turėtų gyventi tokioje aplinkoje, kurioje jiems nereiktų dėti pastangų šiluminio komforto ir oro kokybės reguliavimo (atidaryto / uždaryto lango, papildomų drabužių kiekio). Tikslas galėtų būti – sukurti tokią aplinką, kurioje, komfortas būtų sukurtas už juos.

## Literatūros sąrašas

1. KOLLER, D., et al. Multimorbidity and Long-Term Care Dependency—a Five-Year Follow-Up. *BMC Geriatrics*, 2014, vol. 14, no. 1. pp. 70. Available from: <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-70> ISSN 1471-2318. DOI 10.1186/1471-2318-14-70.
2. MENDES, A., et al. *Indoor Air Quality and Thermal Comfort in Elderly Care Centers.* , 2015 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095514000522> ISBN 2212-0955. DOI //doi.org/10.1016/j.uclim.2014.07.005.
3. *European Economy Institutional Papers;2017 IIS 1600-S4;ISSN 2443-8014 (Internet).* , 2017 Available from: [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/ip065\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/ip065_en.pdf).
4. ANNESI-MAESANO, I., et al. Geriatric Study in Europe on Health Effects of Air Quality in Nursing Homes (GERIE Study) Profile: Objectives, Study Protocol and Descriptive Data. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 2013, vol. 8, no. 1. pp. 71. Available from: <https://doi.org/10.1186/2049-6958-8-71> ISSN 2049-6958. DOI 10.1186/2049-6958-8-71.
5. ŠTREIMIKIENĖ, D. Housing Indicators for Assessing Quality of Life in Lithuania. *Intelektinė Ekonomika*, 2014, vol. 8, no. 1. pp. 25-41. Available from: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=11658> ISSN 1822-8011.
6. LE, L.H., TA, A.D. and DANG, H.Q. *Building Up a System of Indicators to Measure Social Housing Quality in Vietnam.* , 2016 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816003854> ISBN 1877-7058. DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.021>.
7. MENDES, A., et al. Indoor Air Quality and Thermal Comfort—Results of a Pilot Study in Elderly Care Centers in Portugal. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 2013, vol. 76, no. 4-5. pp. 333-344. Available from: <https://doi.org/10.1080/15287394.2013.757213> ISSN 1528-7394. DOI 10.1080/15287394.2013.757213.
8. FRONTCZAK, M. and WARGOCKI, P. *Literature Survey on how Different Factors Influence Human Comfort in Indoor Environments.* , 2011 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310003136> ISBN 0360-1323. DOI //doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.021.
9. HWANG, R.-. and CHEN, C.-. Field Study on Behaviors and Adaptation of Elderly People and their Thermal Comfort Requirements in Residential Environments. *Indoor Air*, 2010, vol. 20, no. 3. pp. 235-245. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00649.x> ISSN 0905-6947. DOI 10.1111/j.1600-0668.2010.00649.x.
10. ORMANDY, D. and EZRATTY, V. *Health and Thermal Comfort: From WHO Guidance to Housing Strategies.* , 2012 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511006926> ISBN 0301-4215. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.003>.
11. MÖHLENKAMP, M., et al. Thermal Comfort in Environments with Different Vertical Air Temperature Gradients. *Indoor Air*, 2019, vol. 29, no. 1. pp. 101-111. Available from: <https://doi.org/10.1111/ina.12512> ISSN 0905-6947. DOI 10.1111/ina.12512.

12. VAN HOOFF, J., et al. *Ten Questions Concerning Thermal Comfort and Ageing.* , 2017 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132317301890> ISBN 0360-1323. DOI //doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.008.
13. VELLEI, M., HERRERA, M., FOSAS, D. and NATARAJAN, S. *The Influence of Relative Humidity on Adaptive Thermal Comfort.* , 2017 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132317303505> ISBN 0360-1323. DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.005>.
14. KONG, D., et al. *Effects of Indoor Humidity on Building Occupants' Thermal Comfort and Evidence in Terms of Climate Adaptation.* , 2019 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013231930143X> ISBN 0360-1323. DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.039>.
15. STASIULIENĖ, L. *Kompleksinis Pastatų Mikroklimato Sistemų Poveikis Lakiųjų Organinių Junginių Koncentracijai Žmogaus Įkvepiamame Ore.* Institutional Repository of Kaunas University of Technology, Jun 19, 2018.
16. MAYKOT, J.K., RUPP, R.F. and GHISI, E. *A Field Study about Gender and Thermal Comfort Temperatures in Office Buildings.* , 2018 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778818311368> ISBN 0378-7788. DOI //doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.033.
17. TSUZUKI, K. and OHFUKU, T. Thermal Sensation and Thermoregulation in Elderly Compared to Young People in Japanese Winter Season. *Proceedings of Indoor Air*, 2002, vol. 2. pp. 659-664.
18. FAN, G., et al. *Investigation of Indoor Thermal Environment in the Homes with Elderly People during Heating Season in Beijing, China.* , 2017 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132317304456> ISBN 0360-1323. DOI //doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.09.031.
19. MENDES, A., et al. The Influence of Thermal Comfort on the Quality of Life of Nursing Home Residents. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 2017, vol. 80, no. 13-15. pp. 729-739. Available from: <https://doi.org/10.1080/15287394.2017.1286929> ISSN 1528-7394. DOI 10.1080/15287394.2017.1286929.
20. BENTAYEB, M., et al. Indoor Air Pollution and Respiratory Health in Elderly. *Journal of Environmental Science and Health*, 2013, vol. 48 DOI 10.1080/10934529.2013.826052.
21. WANG, X., BI, X., SHENG, G. and FU, J. *Hospital Indoor PM10/PM2.5 and Associated Trace Elements in Guangzhou, China.* , 2006 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969705006169> ISBN 0048-9697. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.004>.
22. COSTA, S., et al. Integrating Health on Air Quality Assessment-Review Report on Health Risks of Two Major European Outdoor Air Pollutants: PM and NO. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, Aug 18, 2014, vol. 17, no. 6. pp. 307-340. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10937404.2014.946164> MEDLINE. ISSN 1093-7404. DOI 10.1080/10937404.2014.946164.

23. AL-HEMOUD, A., AL-AWADI, L., AL-KHAYAT, A. and BEHBEHANI, W. *Streamlining IAQ Guidelines and Investigating the Effect of Door Opening/Closing on Concentrations of VOCs, Formaldehyde, and NO<sub>2</sub> in Office Buildings.* , 2018 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318301641> ISBN 0360-1323. DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.029>.
24. PIETRZYK, Ł, et al. Formaldehyde-Related Clinical Symptoms Reported by Medical Students during Gross Anatomy Cadaver Dissection. *Dermatology Review*, 2016, vol. 4, no. 4. pp. 273-280. Available from: <https://search.proquest.com/docview/1818675520> CrossRef. ISSN 0033-2526. DOI 10.5114/dr.2016.61774.
25. GIZAW, Z., GEBREHIWOT, M. and YENEW, C. High Bacterial Load of Indoor Air in Hospital Wards: The Case of University of Gondar Teaching Hospital, Northwest Ethiopia. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 2016, vol. 11. pp. 24. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27382463>  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4932712/> PubMed. ISSN 1828-695X. DOI 10.1186/s40248-016-0061-4.
26. ZHANG, X., WARGOCKI, P. and LIAN, Z. Physiological Responses during Exposure to Carbon Dioxide and Bioeffluents at Levels Typically Occurring Indoors. *Indoor Air*, 2017, vol. 27, no. 1. pp. 65-77. Available from: <https://doi.org/10.1111/ina.12286> ISSN 0905-6947. DOI 10.1111/ina.12286.
27. Christine A. Erdmann Michael G. Apte. Mucous Membrane and Lower Respiratory Building Related Symptoms in Relation to Indoor Carbon Dioxide Concentrations in the 100-building BASE Dataset. *Indoor Air*, 2004, vol. 14. pp. 127-134. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00298.x> ISSN 0905-6947. DOI 10.1111/j.1600-0668.2004.00298.x.
28. NIELSEN, P.V. *Fifty Years of CFD for Room Air Distribution.* , 2015 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013231500092X> ISBN 0360-1323. DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.035>.
29. Quality Control of Computational Fluid Dynamics in Indoor Environments. *Indoor Air*, 2003, vol. 13, no. 1. pp. 2-17. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2003.00170.x> ISSN 0905-6947. DOI 10.1111/j.1600-0668.2003.00170.x.