



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

**Paveldo pastatų mikroklimatas, darnus naudojimas ir  
renovacija**

Baigiamasis magistro studijų projektas

---

**Tomas Šorius**  
Projekto autorius

**Doc. dr. Lina Šeduikytė**  
Vadovė

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

# **Paveldo pastatų mikroklimatas, darnus naudojimas ir renovacija**

Baigiamasis magistro studijų projektas

Darnūs ir energetiškai efektyvūs pastatai (6211EX006)

---

**Tomas Šorius**

Projekto autorius

**Doc. dr. Lina Šeduikytė**

Vadovė

**Lekt. dr. Juozas Vaičiūnas**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

Tomas Šorius

## **Paveldo pastatų mikroklimatas, darnus naudojimas ir renovacija**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Tomo Šoriaus, baigiamasis projektas tema „Paveldo pastatų mikroklimatas, darnus naudojimas ir renovacija“ 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)



Šorius Tomas. Paveldo pastatų mikroklimatas, darnus naudojimas ir renovacija. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Lina Šeduikytė; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T). Reikšminiai žodžiai: darnumas, mikroklimatas, temperatūra, santykinė oro drėgmė, CO<sub>2</sub> koncentracija, vėdinimas, gyvavimo ciklo analizė.

Kaunas, 2019. 77 p.

### **Santrauka**

Pastaruoju laikotarpiu itin aktualu tiek Lietuvoje ar kitose pasaulio šalyse, susiklosčius turizmui patrauklioje aplinkoje, statyti naujus pastatus ar griauti senus architektūros paveldo pastatus, įrengiant komercinei paskirčiai patrauklius objektus. Tokios pertvarkos dažnai vykdomos neatsižvelgiant į tvarkybos ir naudojimo tradicijas, naikinamas kultūros paveldo autentiškumas. Užuoat tai darant, paveldo pastatai gali būti panaudojami kitoms funkcijoms atlikti. Darnus šių pastatų panaudojimas leistų sumažinti gamtos taršą, bei išsaugoti istorines miesto vertybes.

Magistro baigiamojo darbo tikslas - išnagrinėti paveldo pastatų renovaciją pagal darnumo principus. Darbą sudaro įvadas, 3 skyriai, pagrindinės išvados, naudotos literatūros sąrašas ir priedai. Darbo apimtis – 77 puslapiai, 46 paveikslėliai, 7 lentelės, 32 literatūros šaltiniai ir 2 priedai.

Įvade nagrinėjama problemos aktualumas, formuluojamas darbo tikslas, bei uždaviniai, aprašomas mokslinis naujumas bei panaudojimo galimybės.

Pirmame skyriuje atlikta literatūros apžvalga. Joje pateikta užsienio ir Lietuvos mokslininkų atlikti tyrimai susiję su darbo tema. Skyriaus pabaigoje formuluojamos išvados.

Antrajame skyriuje pateikti darbe atlikti tyrimai, aprašomi gauti rezultatai bei naudotos priemonės. Aprašomi darbe atlikti modernistinės architektūros paveldo pastato patalpų mikroklimato tyrimai naudojant objektyvius – temperatūros, santykinės oro drėgmės ir CO<sub>2</sub> koncentracijos tyrimus, bei subjektyvius – pateikiant klausimynus pastato patalpose esantiems studentams ir darbuotojams. Pagal gautus rezultatus tiriamoje patalpoje, atliekamas patalpos teršalų skaitinės skysčių dinamikos (CFD) tyrimas, naudojant kompiuterinę programinę įrangą *FloVENT*. Sukurti du vėdinimo būdai siekiant užtikrinti geresnę patalpos oro kokybę.

Trečiame skyriuje pateikiama granitinio tinko gyvavimo ciklo analizė, kuria norima nustatyti, galimą poveikį aplinkai ir žmogui, naudojant vietines ar atvežtines medžiagas.

Šorius Tomas. Indoor Microclimate of Heritage Buildings, Sustainable Use and Renovation. Master's Final Degree Project / supervisor doc. dr. Lina Šeduikytė; Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): technological sciences, civil engineering (02T).

Keywords: sustainability, microclimate, temperature, relative humidity of the air, CO<sub>2</sub> concentration, ventilation, life cycle analysis.

Kaunas, 2019. 77 pages.

### **Summary**

In recent times, it's particularly relevant both in Lithuania and in the other countries of the world, which have an attractive environment for tourism, to build new buildings or destroy old architectural heritage buildings, to create attractive objects for commercial purposes usually. Such transformations are carried out regardless of the management and usage traditions – the authenticity of the cultural heritage is being destroyed. Instead of doing this, heritage buildings could be used for other functions. Sustainable usage of these buildings would help to reduce natural pollution and preserve historical values of the city.

The aim of the master's final degree project is to analyze renovation of heritage buildings in accordance with the principles of sustainability. The project is divided into the introduction and three main chapters, conclusions, a list of literature and appendices. Work size – 77 pages, 46 images, 7 data tables, 32 literary sources and 2 appendices.

The introduction is dedicated for a presentation to the problem and its topicality. There are also formulated the aim and tasks of the work: the used methods and novelty of solutions are described, as well as usage possibilities.

The first chapter covers an analysis of existing scientific publications related to the problems of the thesis. At the end of the chapter the conclusions are formulated.

The second chapter introduces research methodology, describes obtained results and used tools. The study of the microclimate of the premises of the modernist architectural heritage buildings are described in the work, using objective – measurement of temperature, relative humidity of the air and CO<sub>2</sub> concentration, and subjective – by submitting questionnaires to students and employees at the premises of the building. According to the results obtained in the studied room, computational fluid dynamics (CFD) study was carried out, using the *FloVENT* computer software. Two ventilation methods were created to ensure better indoor air quality.

The third chapter presents an analysis of the life cycle analysis of a granite plaster, which seeks to determine the possible damage for the environment and people done by using local or imported materials.

## Turinys

<b>Įvadas</b> .....	12
<b>1. Literatūros analizė</b> .....	13
1.1. Kultūros paveldui taikoma tvarumo koncepcija .....	13
1.2. Paveldo pastatų išsaugojimo galimybės .....	13
1.3. Ekonominiai aspektai paveldo pastatų išsaugojimui .....	16
1.4. Socialiniai aspektai paveldo pastatų išsaugojimui .....	20
1.5. Energetikos modernizavimas paveldo pastatuose .....	21
1.6. Lietuvos istorinių pilių ir kitų paveldo pastatų tyrimai .....	23
1.7. Išvados .....	26
<b>2. Tiriamoji dalis</b> .....	27
2.1. Natūriniai tyrimai .....	27
2.1.1. Mikroklimato parametrų tyrimas Kauno technikos kolegijoje .....	27
2.1.2. Pasirinkto objekto aprašymas .....	27
2.1.3. Tyrimo metodai ir prietaisai .....	28
2.1.4. Oro temperatūros, santykinio drėgnio ir anglies dvideginio matavimai .....	29
2.1.5. Klausimynai .....	30
2.1.6. Rezultatai .....	31
2.1.7. Temperatūra ir santykinis drėgnis .....	31
2.1.8. CO <sub>2</sub> koncentracija .....	34
2.1.9. Subjektyvus tyrimas – klausimynai .....	38
2.1.10. Išvados .....	45
2.2. Kompiuterinis modeliavimas .....	46
2.2.1. Tyrimo metodika ir prietaisai .....	46
2.2.2. Simuliacijos sąlygos .....	48
2.2.3. Kompiuterinio modeliavimo rezultatai .....	50
2.2.4. Kompiuterinio modeliavimo išvados .....	54
<b>3. Gyvavimo ciklo analizė</b> .....	55
3.1. Gyvavimo ciklo analizės tyrimų aktualumas .....	55
3.2. Tyrimų metodai .....	57
3.2.1. Ekspertų apklausa - interviu .....	57
3.2.2. Gyvavimo ciklo analizė <i>SimaPro 8</i> programine įranga .....	57

3.3.	GCA tyrimų rezultatai .....	59
3.3.1.	Atlikto interviu rezultatai .....	59
3.3.2.	<i>SimaPro 8</i> programinės įrangos tyrimų rezultatai.....	61
3.4.	GCA tyrimų išvados .....	66
<b>4.</b>	<b>Išvados</b> .....	<b>67</b>
	<b>Literatūros sąrašas</b> .....	<b>69</b>
	<b>Priedai</b> .....	<b>73</b>



## **Paveikslų sąrašas**

<b>1.1 pav.</b>	Pastato gyvavimo ciklo pratęsimas, atsižvelgiant į jo galimybę rekonstrukcijai.....	14
<b>1.2 pav.</b>	Paveldo pastatų modelio gyvavimo ciklo struktūra .....	14
<b>1.3 pav.</b>	Teigiami pakartotinio naudojimo poveikiai, tvarumo tikslams įgyvendinti.....	16
<b>1.4 pav.</b>	Renovacijos kainų palyginimas tarp paveldo ir ne paveldo pastatų .....	17
<b>1.5 pav.</b>	Modernizavimo metodika istoriniuose pastatuose .....	18
<b>1.6 pav.</b>	Langų pavyzdžiai paveldo pastatuose.....	23
<b>1.7 pav.</b>	Raudondvario pilies vidaus fragmentas prieš ir po atnaujinimo.....	24
<b>1.8 pav.</b>	Tyrimo struktūra ir apibendrintos išvados .....	25
<b>2.1 pav.</b>	Aukštesnioji technikos mokykla .....	27
<b>2.2 pav.</b>	Kauno technikos kolegija 2018 m.....	28
<b>2.3 pav.</b>	ONSET HOBO duomenų kaupiklis.....	29
<b>2.4 pav.</b>	CO <sub>2</sub> matavimo prietaisas „FLUKE 975 AirMeter“.....	30
<b>2.5 pav.</b>	Vidutinė oro temperatūra klasėse su ir be kompiuterių .....	32
<b>2.6 pav.</b>	Vidutinė oro temperatūra biuruose .....	32
<b>2.7 pav.</b>	Vidutinis santykinis drėgnis klasėse su ir be kompiuterių.....	33
<b>2.8 pav.</b>	Vidutinis santykinis drėgnis biuruose .....	33
<b>2.9 pav.</b>	Pirmos paskaitos CO <sub>2</sub> koncentracijos grafikas .....	34
<b>2.10 pav.</b>	Antros paskaitos CO <sub>2</sub> koncentracijos grafikas.....	35
<b>2.11 pav.</b>	Trečios paskaitos CO <sub>2</sub> koncentracijos grafikas.....	35
<b>2.12 pav.</b>	Ketvirtos paskaitos CO <sub>2</sub> koncentracijos grafikas.....	36
<b>2.13 pav.</b>	Paros CO <sub>2</sub> koncentracijos grafikas.....	37
<b>2.14 pav.</b>	Identifikuojami simptomai darbuotojų, dirbančių paveldo pastato dalyje.....	38
<b>2.15 pav.</b>	Identifikuojami simptomai darbuotojų, dirbančių naujoje pastato dalyje.....	39
<b>2.16 pav.</b>	Per paskutinius 3 mėn. identifikuotos alergijos ir ligos darbuotojų, dirbančių paveldo pastato dalyje .....	39
<b>2.17 pav.</b>	Per paskutinius 3 mėn. identifikuotos alergijos ir ligos darbuotojų, dirbančių naujoje pastato dalyje.....	40
<b>2.18 pav.</b>	Per paskutinius 3 mėn. identifikuotos alergijos ir ligos studentų, esančių paveldo pastato dalyje.....	41
<b>2.19 pav.</b>	Studentų patiriamo diskomforto, dėl patalpų mikroklimato, dažnumas .....	42
<b>2.20 pav.</b>	Darbuotojų patiriamo diskomforto, dėl patalpų mikroklimato, dažnumas paveldo pastato dalyje.....	43

<b>2.21 pav.</b> Darbuotojų patiriamo diskomforto, dėl patalpų mikroklimato, dažnumas naujoje pastato dalyje.....	44
<b>2.22 pav.</b> Kompiuterinio modeliavimo eiga .....	48
<b>2.23 pav.</b> Patalpos geometrijos pavyzdys (planas (a) ir grafinis vaizdas (b)).....	50
<b>2.24 pav.</b> Temperatūros pasiskirstymas, sumaišomojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas pro tris kvadratinius lubinius oro tiekimo difuzorius .....	50
<b>2.25 pav.</b> CO <sub>2</sub> koncentracijos pasiskirstymas, sumaišomojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas pro tris kvadratinius lubinius oro tiekimo difuzorius .....	51
<b>2.26 pav.</b> Temperatūros pasiskirstymas, išstumiamojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas per du išstumiamojo vėdinimo oro tiekimo difuzorius, esančius ant grindų, prie sienos .....	52
<b>2.27 pav.</b> CO <sub>2</sub> koncentracijos pasiskirstymas, išstumiamojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas per du išstumiamojo vėdinimo oro tiekimo difuzorius, esančius ant grindų, prie sienos.....	53
<b>3.1 pav.</b> LCA sistema pagal ISO 14040 standartą .....	56
<b>3.2 pav.</b> Granitinio tinko masės paruošimas, kai granito grudeliai išgaunami iš vietinių šaltinių.....	58
<b>3.3 pav.</b> Granitinio tinko masės paruošimas, kai granito grudeliai atvežami iš kitų šalių.....	58
<b>3.4 pav.</b> Žmogaus sveikatos kategorija, kai granito grūdėliai transportuojami iš Lietuvos ..	61
<b>3.5 pav.</b> Ekologinės sistemos kategorija, kai granito grūdėliai transportuojami iš Lietuvos	62
<b>3.6 pav.</b> Naudotų resursų kategorija, kai granito grūdėliai transportuojami iš Lietuvos .....	62
<b>3.7 pav.</b> Žmogaus sveikatos kategorija, kai granito grūdėliai transportuojami iš Graikijos .	63
<b>3.8 pav.</b> Ekologinės sistemos kategorija, kai granito grūdėliai transportuojami iš Graikijos	63
<b>3.9 pav.</b> Naudotų resursų kategorija, kai granito grūdėliai transportuojami iš Graikijos .....	64
<b>3.10 pav.</b> Kategorijų palyginimas skirtingais variantais.....	64
<b>3.11 pav.</b> Skirtingų charakteristikų pasiskirstymas skirtingais variantais .....	65

## Lentelių sąrašas

<b>1.1 lentelė.</b> Modifikacijų įvertinimas.....	19
<b>1.2 lentelė.</b> Intervencinės alternatyvos pagal sąnaudų lygį (mažos, vidutinės ir didelės sąnaudos), pasiekiamos veiklos efektyvumo ir energijos klasės.....	22
<b>2.1 lentelė.</b> Gyvenamųjų patalpų ir lankytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimato parametrų ribinės vertės .....	31
<b>2.2 lentelė.</b> Patalpų oro temperatūra ir santykinis drėgnis.....	31
<b>2.3 lentelė.</b> Vėdinimo būdai ir kraštinių sąlygų aprašymas .....	49
<b>3.1 lentelė.</b> Granitinio tinko masės paruošimas, kai granito grūdėliai iš Lietuvos (vietiniai).....	61
<b>3.2 lentelė.</b> Granitinio tinko masės paruošimas, kai granito grūdėliai iš Graikijos (atvežtiniai).. ..	61

## **Įvadas**

### ***Magistro baigiamojo projekto aktualumas***

Pastaraisiais dešimtmečiais itin aktualu statyti naujus pastatus ar griauti senus. Tiek Lietuvoje ar kitose pasaulio šalyse architektūros paveldo objektuose, esančiuose turizmui patrauklioje aplinkoje, skubiai vykdoma konversija, rekonstrukcija - pritaikymas komercinei paskirčiai. Dažnai tokios pertvarkos vykdomos neatsižvelgiant į tvarkybos ir naudojimo tradicijas, naikinant kultūros paveldo autentiškumą, menkinant jo vertingąsias savybes. Šiandien tokie pastatai sudaro didelį procentą paveldo pastatų, kurie gali būti panaudojami kitoms funkcijoms atlikti, užuot juos griovus ir statant naujus, modernesnius pastatus. Darnus šių pastatų naudojimas išspręstų ne tik nekilnojamo turto trūkumą miestų centruose ir senamiesčiuose, bet taip pat leistų sumažinti gamtos taršą, bei išsaugoti istorines miesto vertybes. Jų išsaugojimas ir veiksmingas atgaivinimas, bei pritaikymas naujos paskirties galimybėms – tai vienas iš būdų siekiant užtikrinti darnią aplinką.

### ***Magistro baigiamojo projekto tikslas***

Darbo tikslas – išnagrinėti paveldo pastatų renovaciją pagal darnumo principus.

### ***Magistro baigiamojo projekto uždaviniai:***

1. atlikti Lietuvos ir užsienio mokslininkų tyrimų analizę susijusią su paveldo pastatais ir darniu jų naudojimu;
2. atlikti patalpų mikroklimato tyrimus pasirinktame paveldo pastate šaltuoju metų laikotarpiu, naudojant objektyvius ir subjektyvius tyrimo metodus;
3. sukurti tiriamo paveldo pastato patalpos kompiuterinį modelį, atlikti skirtingų šildymo-vėdinimo sistemų palyginimą;
4. atlikti pasirinktos medžiagos gyvavimo ciklo analizę.

### ***Magistro baigiamojo projekto naujumas ir praktinis pritaikomumas***

Lietuvoje atlikta nemažai mokslinių tyrimų susijusių su pastatų ar patalpų mikroklimatu. Bet maža dalis mokslininkų koncentruojasi ties paveldo pastatais. Šiame darbe bus tiriamas tarpukario modernistinės architektūros paveldo pastatas. Tyrimuose atsižvelgiama į patalpos mikroklimato parametrus, bei kompiuteriniu modeliavimu pateikiami pasiūlymai, kaip būtų galima pagerinti paveldo pastato patalpų mikroklimato parametrus. Taip pat tyrime pateikiamos išvalgos, kodėl verta naudoti vietinius medžiagų šaltinius, vietoj atvežtinių. Šiame darbe atlikti tyrimai, gali būti naudingi, siekiant pagerinti paveldo pastatų mikroklimato parametrus, nurodomi, kokie vėdinimo būdai yra tinkamiausi siekiant užtikrinti geresnę patalpos oro kokybę.

## **1. Literatūros analizė**

### **1.1. Kultūros paveldui taikoma tvarumo koncepcija**

Dažniausiai istoriniai pastatai neatitinka šiuolaikinių energetinių normų, tačiau jie turi daugybę tvarių savybių norint juos atnaujinti, tokių kaip: realizacijos energija, materialių išteklių sutaupymas. Jiems nereikia naujo žemės ploto, medžiagų gavybos, gamybos ar didelio kiekio medžiagų apdorojimo, be to jie dažnai būna klasifikuojami, kaip techninėmis savybėmis atitinkančios aplinką ir klimatą. Italijos mokslininkai Valentina Cinieri ir Emanuele Zamperini, viename iš mokslinių straipsnių, nagrinėja naujas paveldo pastatų pritaikymo galimybes, taupant išteklius ir užtikrinant pastato ilgalaikį gyvavimą [1].

Senoviniai pastatai buvo statomi iš natūralių medžiagų arba iš tų, kurios mažai kenkia aplinkai. Dažniausiai seni istoriniai pastatai vertinami kaip energijos vartojimo ir taršos šaltinis, todėl raginama juos griauti ir statyti naujus mažai energijos naudojančius pastatus. Nepaisant to, energetinis aspektas nėra vienintelis. Sprendžiant aplinkos problemas ir tvarumo klausimus, materialinių išteklių taupymą, atliekų ir taršos mažinimą, žmonių sveikatos apsaugos klausimus, siekiama paveldo pastatų negriauti, o juos modernizuoti ir prikelti naujam gyvenimui. Dauguma specialistų įvardija tai, kad pastatas būtų ekologiškai tvarus, tereikia suteikti jam keletą techninių elementų, turinčių teigiamus aplinkosaugos poveikius, tokius kaip: saulės kolektoriai, fotovoltinės plokštės, vėjo generatoriai ir t. t. Tačiau šie veiksniai nėra pakankami – reikia integruoti aplinkosaugos problemas visais aspektais ir apžvelgti visą projektavimo ir naudojimo procesą [1].

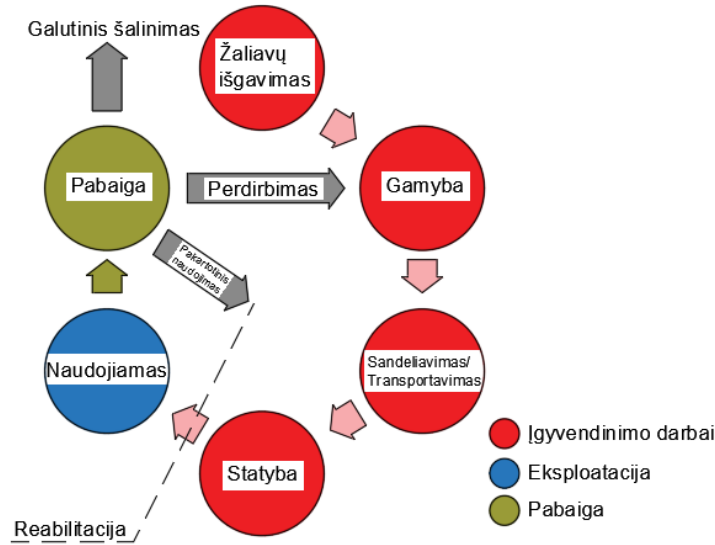
### **1.2. Paveldo pastatų išsaugojimo galimybės**

Senų pastatų atnaujinimas yra viena iš alternatyvų, kaip pasiekti kuo darnesnę aplinką. Pastatų rekonstrukcija numato naują etapą esamo pastato gyvavimo ciklui. Daugiausia pakartotinai panaudojant jau sumontuotus komponentus ir konstrukcijas, su nedideliais medžiagų ir energijos mažinimo papildymais. Atliekant pastato rekonstrukciją atsiranda unikali galimybė pasiekti aukštesnius aplinkosaugos rodiklius ir ypač sumažinti energijos sąnaudas reikalingas jos veikimui [2].

Vietoj to, kad griauti senus pastatus ir statyti naujus, pastatų atkūrimas naujam gyvenimui suteikia aplinkosaugos, socialinių ir ekonominių privalumų.

Įmonės, dirbančios su kultūros paveldu, visais būdais bando išsaugoti kultūros paveldo statinius, siekdamos pailginti jų gyvavimo trukmę (1.1 pav.). Viena iš prielaidų yra atkurti pastatą, kad jis atliktų didesnę vaidmenį bendruomenėje, kuriai jis priklauso. Labai svarbūs faktoriai: simbolinis pranašumas (identitetas), kultūrinis pranašumas (estetinės, istorinės,

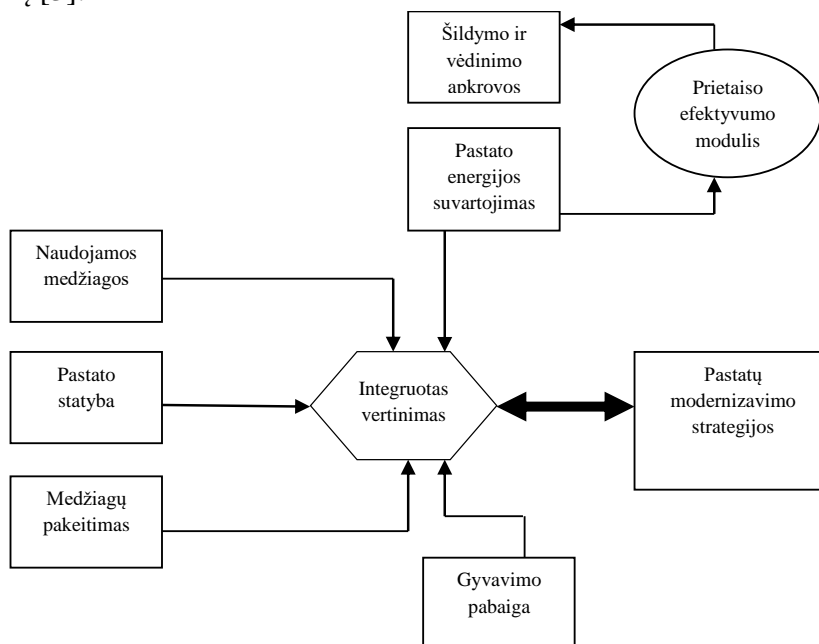
technologinės vertės) ir naudojimo pranašumas (naudingumas, funkcionalumas, ekonominė vertė, turizmas). Šie faktoriai sudaro pastato paveldo vertybes [2].



1.1 pav. Pastato gyvavimo ciklo pratęsimas, atsižvelgiant į jo galimybę rekonstrukcijai [2]

Pastatų atnaujinimas mažina energijos vartojimą ir CO<sub>2</sub> emisiją, nes nereikia griauti ir iš naujo statyti pastatų, bei sumažina statybinių atliekų kiekį ir prisideda prie gamtinių ir energinių išteklių poreikio mažinimo (įskaitant žemės naudojimą). Be to, paveldo pastatų renovacija padeda didinti vietos ekonomiką, skatina turizmo ir statybos pramonę [2].

Mokslininkai Iyer-Raniga ir Wong pateikė integruotą gyvavimo ciklo struktūrą, kurią sudaro gyvavimo ciklo modeliavimo ir pastato energinio efektyvumo simuliacinė programinė įranga. Gyvavimo ciklo analizės modelis (1.2 pav.) įvertina ciklo pirminės energijos sąnaudas ir aplinkos (šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir oro teršalų) paveldo pastatų emisijos analizavimą [3].

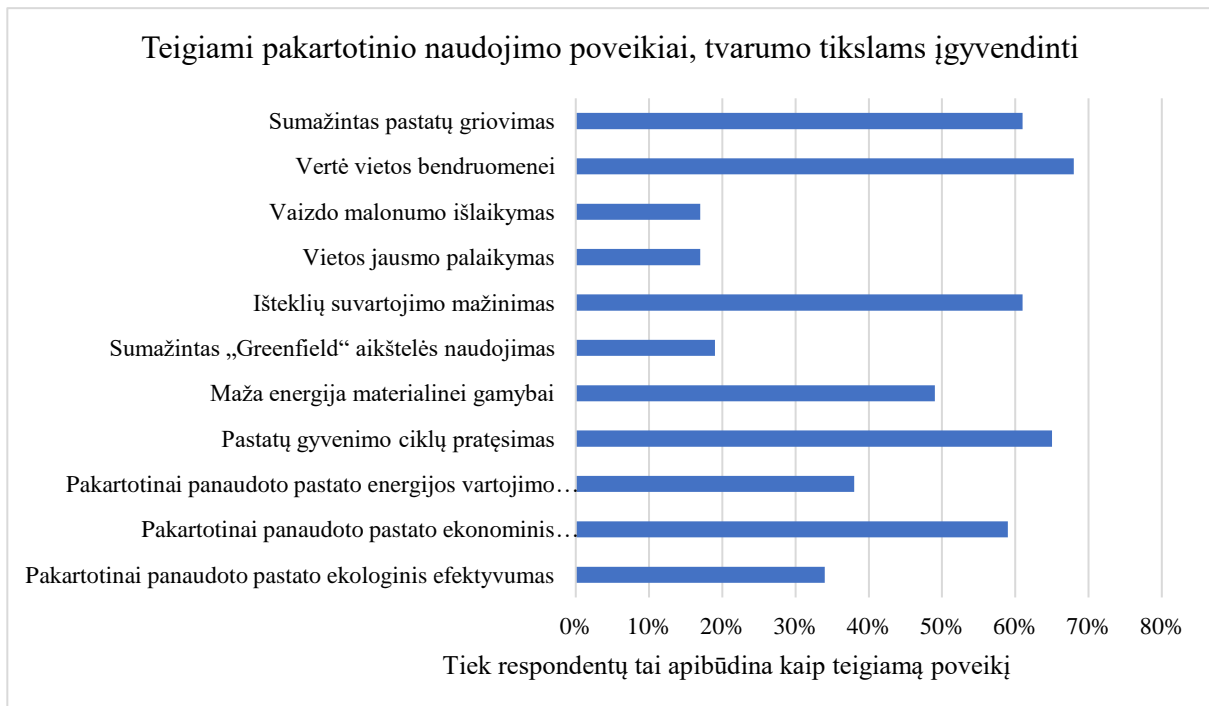


1.2 pav. Paveldo pastatų modelio gyvavimo ciklo struktūra [3]

Vienas iš būdų siekiant didesnio tvarumo negriaunant pastatų, išnaudoti senus pastatus, jiems suteikiant naujas funkcijas - pritaikant pakartotinio panaudojimo koncepciją. Adaptyvus pakartotinis panaudojimas esamiems pastatams yra viena didžiausių tvaraus dizaino formų, ypač jei tai kultūros paveldo pastatas, nes kultūros paveldas yra esminis dalykas nacionalinio tapatumo skatinimui ir kertinis akmuo subalansuotai plėtrai. Pasulyje paveldo pastatai ir jų modernizavimas atlieka svarbų vaidmenį mažinant anglies dioksido naudojimą [4].

Pagrindinė pakartotinio panaudojimo projektų problema yra atsitiktinis paveldo pastatų funkcijos parinkimas be išsamios analizės. Sprendimas dėl naujo panaudojimo turėtų būti pagrįstas analitiniais ir moksliniais metodais. Priešingu atveju, dėl tam tikrų socialinių ir ekonominių problemų, paveldo pastatai gali tapti nepanaudoti arba nauja pastato funkcija gali pakenkti paveldo pastato originalumui. Didelis kiekis lėšų jau skiriamas šių pastatų išsaugojimui, todėl sėkmingai pritaikant pakartotinį panaudojimo principą, paveldo pastatai turėtų būti ekonomiškai, socialiai ir fiziškai tvarūs. Deja, trūksta aiškios paveldo pastatų pakartotinio naudojimo sprendimų priėmimo metodikos. Daugiausiai dėmesio skiriama jų ekologiniams, fiziniams ir funkciniams aspektais ir mažiau apžvelgiami paveldo objektų sociokultūriniai aspektai [5].

Mokslininkų Bullen ir Love atliktame tyrime, naudojant „NVivo“ kodavimo mechanizmą, buvo nustatyti keli kriterijai, kuriuos reikia nustatyti ir kiekybiškai įvertinti [6]. Šie kriterijai buvo įvertinti, kaip svarbios priežastys, pritaikančios pakartotinio naudojimo strategiją paveldo pastatuose. Atlikus apklausą buvo nustatytos šios priežastys ir įvertintas jų svarbumas visuomenei. Įvardinti šie poveikiai ir jo svarbumas visuomenei: skatinti tolesnį paveldo išsaugojimą (92 %), aplinkos kokybei gerinti (78 %), mažinti privataus transporto naudojimą (76 %), bendruomenės kultūrinio identiteto palaikymas (72 %). Svarbiausi sprendimai dėl tam tikro pastato išsaugojimo buvo laikomi: reagavimas į pokyčius miesto aplinkoje (98 %), tvarumo principų įtraukimas (95 %) ir senų pastatų gydymas atsinaujinančiais ištekliais (95 %) [6]. Tyrimo pakartotinio naudojimo teigiami poveikiai, tvarumo tikslams, pateikti 1.3 paveikslėlyje.



**1.3 pav.** Teigiami pakartotinio naudojimo poveikiai, tvarumo tikslams įgyvendinti [6]

Pastaruojų metu bendruomenės siekia išsaugoti senus pastatus norint išlaikyti savo istorinius, socialinius ir estetinius kultūrinius indelius. Adaptyvus pakartotinis naudojimas dažniausiai susijęs su pastatų išsaugojimu, taip pat su pastatų atnaujinimu, kai jo gyvavimo ciklas baigiasi. Paveldo plėtra susideda iš pastatų renovacijos arba pritaikymo pakartotiniam naudojimui ir jo sėkmė nustatoma atsižvelgiant į tokius veiksnius:

- pastato tipas;
- architektūra;
- rinkodaros požiūris;
- finansavimas ir reguliavimas;
- aplinka;
- viešosios politikos rekomendacijos;
- veiksmingas bendruomenės dalyvavimas.

Atnaujinant paveldo pastatus reikia atkreipti dėmesį į jų vartojimą, išteklius ir medžiagas. Svarbu užtikrinti ateities tvarumo ir klimato kaitos mažinimo principus [4].

### **1.3. Ekonominiai aspektai paveldo pastatų išsaugojimui**

Pastatų, turinčių vertingų paveldosaugos savybių, renovacija ekonominiu aspektu yra daug efektyvesnė negu naujų pastatų statyba, griauant nebereikalingus kultūrinius pastatus.

Esami seni paveldo pastatai laikomi sunkia našta ekonominiu požiūriu, dėl savo restauravimo veiklos ir adaptacijos, kurios jiems dažnai reikalingos. Labai svarbu stebėti

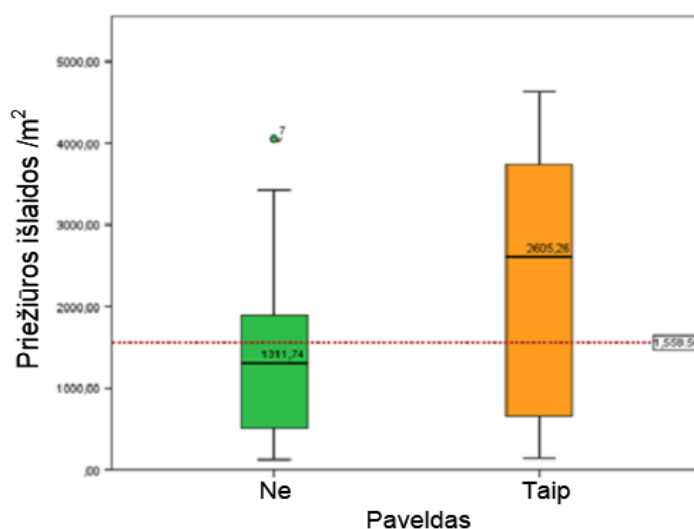


pastato gyvavimą - priežiūra, remontas ir įvairūs priežiūros darbai yra neatsiejami nuo senovinių pastatų. Būtinai reikia įvertinti ir tokių pastatų išnykimo galimybes. Analizuojant ekonominį tvarumą, reikia įtraukti ir bendruomenės patiriamas išlaidas, kurios nėra tiesiogiai sumokamos, pastato valdytojui. Valdytojo išlaidas sudaro: atliekų šalinimas, žemės ir su tarša susijusia sveikatos priežiūros išlaidos. Dažnai jos būna neįvertinamos ir tai klaidina ekonominį įvertinimą [1].

Pagal Europos Komisijos ataskaitą naujoviško finansavimo investicijų skatinimas, valdymo ir verslo modulių kūrimas, siekiant padidinti kultūros paveldo efektyvumą yra vienas iš ekonomikos gamybos faktorių. Kai kultūros paveldas laikomas teigiamu ekonominiu faktoriumi Europos ekonomikoje, tai leidžia labiau išnaudoti jo potencialą. Tradicinis modelis yra toks, kai privatusis sektorius, visų pirma, investuoja į turizmo paslaugas, viešbučius ir prekybos centrus, o viešasis sektorius orientuojasi į istorinius pastatus, parkus ir muziejus. Toks modelis iškelia klausimą dėl paveldo potencialo – ypač tuo metu, kai viešasis sektorius neturi pakankamai lėšų išlaikyti savo turtui [7].

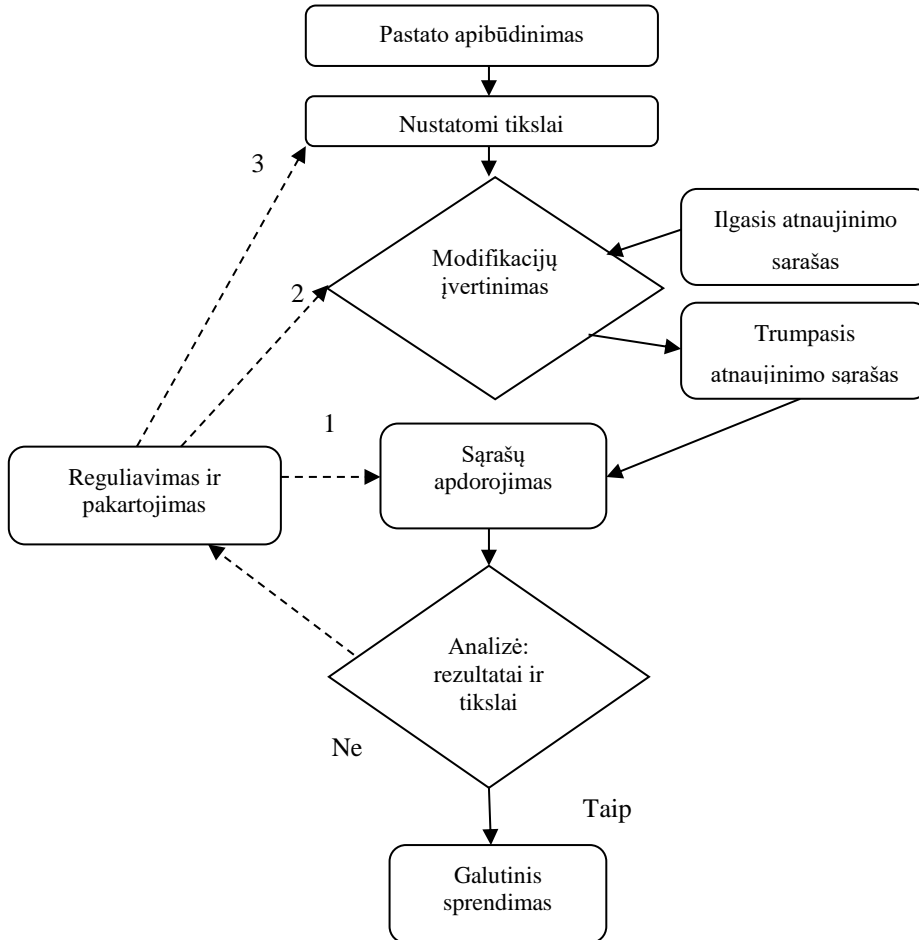
Alternatyvus sprendimas – privataus sektoriaus augimas dalyvaujant kultūros paveldo srityje, siekiant optimizuoti jo naudojimą savo verslo modelyje. Tai paremtų istorinių sričių potencialą ir nematerialųjį turtą, kad būtų puoselėjama gamybos, paslaugų ir kūrybos sektoriai, pritraukiantys investicijas į paveldo struktūrą, taip pat kuriant augimą ir darbo vietų kūrimą. Paprastai, tai turėtų sukurti aplinką, skatinančią privačius sektorius investuoti į kultūros paveldą [7].

Vengrijos moksliniame straipsnyje buvo palyginami kainų skirtumai tarp paveldo ir ne paveldo pastatų renovacijos (1.4 pav.). Gauta, kad norint atnaujinti kultūrinių vertybių turintį pastatą, jo renovacijos kaina gali būti dvigubai didesnė negu renovuojant paprastus pastatus.



1.4 pav. Renovacijos kainų palyginimas tarp paveldo ir ne paveldo pastatų [8]

Kiekvieno pakeitimo rizika ir nauda gali skirtis priklausomai nuo pastato savybių ir paveldo vertybių. Todėl, pastato apibūdinimas turėtų būti atliekamas atidžiai ir sistemingai atsižvelgiant į daugybę aspektų. 1.5 paveikslėlyje pavaizduota modernizavimo metodika istoriniuose pastatuose.



1.5 pav. Modernizavimo metodika istoriniuose pastatuose [9]

Ištyrus „Basmane Semt Merkezi“ pastatą, esantį Turkijoje, buvo nustatytas galimos rizikos ir gaunamos naudos poveikis, modernizuojant pastatą. Trumpas modifikacijos sąrašas su galimais vertinimo kriterijais pateiktas 1.1 lentelėje. Šioje lentelėje pateikiamos įvairios atnaujinimo ir energijos sutaupymo galimybės, kainos požiūris, rizika pakenkti paveldo pastatų vertybėms, ilgalaikiškumas, vidaus patalpų mikroklimato pasikeitimas.

1.1 lentelė. Modifikacijų įvertinimas [9]

Trumpas modifikacijų sąrašas	Vertinimo kriterijai					
	Energijos taupymas	Ekonominis	Paveldo vertybės	Patvarumas	Drėgmė	Patalpų aplinka
Oro valymas	Sumažina šilumos nuostolius	Pigus	Be žalos	Dažnai reiktų atnaujinimo	Maža drėgmės ir pelėsio rizika	Smulkūs patobulinimai
Temperatūros kontrolė	Sumažina per didelį šildymą	Pigus	Be žalos	Ilgaamžis	Naudingas	Pagerintas šiluminis komfortas
Langų keitimas	Maža U vertė	Brangus, ilgas atsipirkimo laikas	Neigiamas architektūrinis poveikis, paveldo vertybių praradimas	Ilgaamžis	Neutralus	Pagerintas šiluminis komfortas
Palėpės grindų izoliacija	Sumažina šilumos nuostolius, vidutinė vertė	Brangus	Jokio poveikio	Ilgaamžis	Maža drėgmės ir pelėsio rizika	Smulkūs patobulinimai
Papildoma stogo izoliacija	Sumažina šilumos nuostolius, vidutinė vertė	Brangus	Mažas poveikis pastato išvaizdai	Ilgaamžis	Maža rizika	Smulkūs patobulinimai
Išorinė sienų izoliacija	Didelis energijos taupymas	Brangus	Didelė rizika pastato išvaizdai ir vertybių išsaugojimui	Ilgaamžis	Beveik jokios drėgmės rizikos	Pagerintas šiluminis komfortas
Vidaus sienų izoliacija	Didelė nauda	Pakankamai brangus, užtrunka kol atsiperka	Jokios žalos pastato korpusui	Ilgaamžis	Turi būti „kvėpuojanti“ medžiaga	Naudingas
Papildoma izoliacija pirmame aukšte	Sumažina šilumos nuostolius iš rūšio	Ganėtinai brangus	Gali reikalauti papildomo dėmesio ir įrengimo	Ilgaamžis	Dėmesys rūšiai	Smulkūs patobulinimai
Šildymo sistemos ir/arba kuro keitimas	Didelis energijos taupymas	Brangus, ilgas atsipirkimo laikas	Jokio poveikio	Ilgaamžis	Neutralus	Smulkūs patobulinimai
Atsinaujinantys energijos šaltiniai	Energijos gamyba	Pakankamai brangus	Didelė rizika pastato išvaizdai	Ilgaamžis	Neutralus	Neutralus
Reprezentatyvi spalvų reikšmė						
Didelė rizika		Maža rizika	Neutralus	Maža nauda	Didelė nauda	

#### **1.4. Socialiniai aspektai paveldo pastatų išsaugojimui**

Atnaujintas paveldo pastatas reikalauja iš naujo atrasti ir suprasti istorinį pastatą. Taip pat leidžia išsaugoti nematerialųjį turtą – kultūros paveldą. Šalies kultūrinių pastatų išsaugojimas yra labai skatinamas ir tarp gyventojų, kad jie siektų kovoti už savo istorinius objektus ir savo aktyvumu padėtų juos atnaujinti – prikelti antram gyvenimui, suteikiant „antrą kvėpavimą“ o ne jį nugriauti ir pastatyti naują modernų pastatą [1]. Svarbu išsaugoti unikalias, paveldosaugos savybių turinčias vietas, ateities kartoms.

Paveldo pastatas – toks pastatas, turintis architektūrinių, estetinių, istorinių ar kultūrinių vertybių ir suprojektuotas pripažintų autorių. Europos architektūros paveldo ir Europos Tarybos Kongresas pabrėžia, kad tai yra neįkainuojama tautos kultūrinė vertybė, kuri suteikia savo tautai bendros istorijos ir ateities sąmonę, todėl jos išsaugojimas yra labai svarbus klausimas. Paveldo išsaugojimo sritys: materialiosios (prailginti pastato gyvavimo trukmę, jo naudojimą, pritaikyti pastatą pakartotiniam naudojimui, autentiškumo išsaugojimas) ir nematerialus (įtaka vietinei tapatybei, svarbos perdavimas kitoms kartoms). Tiek miestui, tiek gyventojams šie pastatai yra labai svarbūs savo išskirtiniais ir istoriniais bruožais.

Paveldo pastatų tvarumo paradigma reikalauja ne tik mažinti atliekų susidarymą ir išteklių naudojimą, išlaikant vietą ir vietos tapatybę bei bendruomenę, bet ir energijos taupymą ir tinkamos gyvenimo ir darbo sąlygų užtikrinimą paveldo pastatų vartotojams [10].

Viena iš pagrindinių ekonominių ir socialinių vertybių, atsižvelgus į paveldo pastatus, yra turizmas. Tai suteikia didelę ekonominę naudą, kuriant daugiau darbo vietų. Tai pat padeda skatinti bendruomenės vystymąsi, meno ir amatų plėtrą bei kultūros ir gamtos paveldo objektų išsaugojimą. Turizmas glaudžiai susijęs su infrastruktūros plėtra (dviračių, pažintinių pėsčiųjų takų ar vandens turizmo trasų), taip pat kaip ir su gamtos ir kultūros paveldo objektų atgaivinimu (pilių, rūmų ar kitų paveldo objektų) [11].

Kultūrinis paveldas taip pat padeda ir kitoms ūkio šakoms – paveldo kuriama vertė atitenka įvairios srities verslams, susijusiems su turizmu, kūryba ir komunikacinėmis industrijomis. Galima teigti, kad paveldas daro labai teigiamą įtaką ekonominei ir socialinei aplinkai, prisidedamas prie kultūrinio identiteto stiprinimo, krašto bei šalies įvaizdžio formavimosi. Verta paminėti, kad kultūros paveldas daro teigiamą poveikį tenkinant ir rekreacinius gyventojų poreikius. Teigiama, kad Europos kultūros paveldas iš prekybos ir paslaugų srities uždirba 335 milijardus eurų per metus ir suteikia daugiau nei 8 mln. darbo vietų. Kultūros poreikis akivaizdžiai sparčiai auga - kultūrinis turizmas yra viena sparčiausiai augančių pasaulio verslo rūšių [11].

Kiekvienai šaliai siekiant pritraukti kuo daugiau turistų, būtina saugoti kultūros paveldą, objektų saugojimą derinant su galimybe juos pažinti. Visa tai tik įrodo, kad investuoti į šių pastatų išsaugojimą yra labai svarbu tiek pačiai šaliai, tiek jos gyventojams.

Europos komisijos ataskaitoje teigiama, kad reikia skatinti novatorišką kultūros paveldo naudojimą, siekiant skatinti integraciją, įtraukimą, sanglaudą ir dalyvavimą. Visuomenės įsitraukimas į kultūros paveldo valdymą ir išsaugojimą nėra dar pakankamai gerai ištirtas. Būtų galima pasinaudoti naujomis investicijomis ir skaitmeninių technologijų naudojimu, siekiant užtikrinti didesnį visuomenės įsitraukimą į kultūros paveldo naudojimą, išsaugojimą [7].

Savanorystė taip pat yra svarbus aspektas. Senėjančiai visuomenei turinčiai daugiau laisvo laiko, kultūros paveldas suteikia didelę galimybę įtraukti vyresnio amžiaus piliečius. Yra daug įrodymų, leidžiančių manyti, kad įtraukti ir motyvuoti vyresnio amžiaus piliečiai išlieka sveikesni [7].

Kultūros įstaigos taip pat gali prisidėti prie jaunimo ir bedarbių įtraukimo į kultūros paveldo veiklą (pvz., renovavimo projektus, muziejus, bendruomenės valdymą), kad būtų ugdomas jų pasitikėjimas savimi ir profesiniai įgūdžiai, ir jie galėtų grįžti į darbo rinką net tuose sektoriuose, kurie nėra susiję su kultūros paveldu [7].

### **1.5. Energetikos modernizavimas paveldo pastatuose**

Tiriant mokyklas, kurios pastatytos 1920-1930 metais ir įtrauktos į kultūros paveldą, buvo siekiama nustatyti energijos taupymo ir modifikavimo veiksnius pagal sąnaudų lygius. Daugiausia tiriamų mokyklų buvo pastatytos Italijoje (apie 70 %) nesilaikant Europos ir nacionalinių energijos vartojimo efektyvumo standartų [12]. Todėl tokie pastatai sunaudoja labai daug energijos. Modernizavimo darbams turi būti skirti ne tik pagerinti energijos vartojimo efektyvumą, bet ir padidinti vartotojų patogumą ir didinti mokyklos bendruomenės informatyvumą apie energijos taupymo problemas.

Tyrime pirmiausia buvo nustatomos pastato techninės charakteristikos: naudotos konstrukcijos, langai ir durys, šildymas, vandentiekis, ventiliacijos galimybės. Buvo surinkti visi duomenys ir istoriniai dokumentai iš archyvų. Visa informacija buvo pasidalinta su mokyklos bendruomene siekiant kuo daugiau juos išmokyti energijos taupymo galimybių [12].

Vėliau buvo vertinamas kiekvienos mokyklos patalpos komforto lygis. Buvo vykdoma mokyklos bendruomenės apklausa, siekiant nustatyti ir palyginti apklausų rezultatus su išmatuotais parametrais. Atlikus energijos modeliavimą naudojant įvairias programines įrangas buvo nustatyta, kad pastato energetinė klasė lygi G, kurios bendrasis energijos našumas lygus 35,81 kWh/m<sup>3</sup> per metus (tai 3,5 karto didesnis už leidžiamą). Taip pat nustatytas išmetamas CO<sub>2</sub> koncentracijos kiekis – 11,789 kg/m<sup>3</sup> per metus [12].

Anksčiau minėtame moksliniame straipsnyje buvo išanalizuota ir parinkta keletą pigių energetikos modernizavimo sprendimų pagerinti pastato energetinį naudingumą. 1.2 lentelėje pateikiami duomenys, kaip ir kokiomis sąnaudomis buvo siekiama modernizacijos tirtuose objektuose.

**1.2 lentelė.** Intervencinės alternatyvos pagal sąnaudų lygį (mažos, vidutinės ir didelės sąnaudos), pasiekiamos veiklos efektyvumo ir energijos klasės [12]

	EPI, kWh/m <sup>3</sup> per metus	Energetinė klasė	Energijos taupymas, %
Šildymo sistema: termostatinų vožtuvų naudojimas šildymo elementams ir zonos termostatams (mažos kainos)	24,98	F	30,2
Išorinės sienos: radiatorių atspindinčių plokščių už radiatorių naudojimas (mažos kainos)	31,51	G	12,0
Senojo šilumos generatoriaus pakeitimas nauju (vidutinė kaina)	18,18	E	49,2
Didelio energijos vartojimo efektyvumo šilumos generatorius su spinduliuojančia lubų skydo sistema ir saulės baterijomis (didelės kainos)	0,65	A+	98,2
Išorės sienos: šiluminės izoliacijos plokštės ant sienų po langais (vidutinės kainos)	32,25	G	1,6
Stogo plokštė: hidroizoliacinių ir izoliacinių sluoksnių naudojimas (vidutinės kainos)	30,59	G	14,6
Langai: esamų langų pakeitimas naudojant aukštos energijos efektyvumo koeficientus (vidutinės kainos)	34,04	G	4,9

Prancūzijoje 65 % visų pastatų buvo pastatyti prieš 1975 metus [13]. Šių pastatų rekonstrukcija daro didelę įtaką energijos ir CO<sub>2</sub> emisijos mažinimo strategijai, dėl savo vykdomų renovacijos projektų. Dvigubų langų taikymas senuose pastatuose - vienas iš renovacijos būdų, pagerinančių energinį pastato efektyvumą.

Dvigubas langas susideda iš dviejų stiklo paketų tarp kurių yra oro tarpas (10-50 cm). 1.6 paveikslėlyje pavaizduoti: pirmasis langas yra senas – dažniausiai vieno stiklo su mediniu rėmu, antrasis – naujas su dvigubu įstiklinimu PVC langas, dedamas vidinėje pastato pusėje [13].

Tyrime buvo siekta pasiūlyti sprendinius, kaip pagerinti senų pastatų energetinius sprendimus. Atlikus įvairius tyrimus buvo nustatyta, kad dvigubas langas žiemos laikotarpiu yra energetiškai labai tinkamas, o vasarą jis taip pat seniems pastatams suteikia puikias komforto sąlygas [13].



1.6 pav. Langų pavyzdžiai paveldo pastatuose [13]

### 1.6. Lietuvos istorinių pilių ir kitų paveldo pastatų tyrimai

Europos paveldotvarkoje kultūrinės vertės išsaugojimo būdai yra kintantys bei prisitaikantys, tačiau visada grindžiama paveldotyros rezultatais. Pilys vis dažniau tvarkomos atsižvelgus į visuomenės poreikius, išsaugant visas jos kultūrinės vertes. Pilyse vyksta įvairios gyvosios istorijos renginiai, festivaliai, mokymo renginiai. Istorinio kraštovaizdžio regeneravimas – prikelta, atgaivinta ir išryškinta praeitis, išsauganti visas vertingąsias kraštovaizdžio savybes, jo autentiškumą ir ateities kartoms. Mokslų tyrimų duomenimis, visada teikiama pirmenybė išlikusiai medžiaginei autentikai išsaugoti, nes kitaip gali sunykti tikroji vietos dvasia [11].

Viename iš tyrimų buvo sukurtas modelis reprezentatyviam plytų mūro kultūros paveldo objektui vertinti, kuris apima septynis aspektus: architektūrą, kraštovaizdžio kultūrinę vertę (istorinį informatyvumą), patalpų vidaus mikroklimatą (temperatūra, santykinė oro drėgmė, oro kaita, CO<sub>2</sub> koncentracija), inžinerines sistemas, atitvarinių konstrukcijų charakteristikas, pasiekiamumą ir prieinamumą (atstumas, susisiekimo būdai, lankomumas, kainos), bei socialinį ekonominį poveikį regionui (socialinis reikšmingumas, išsaugojimo galimybės, rodikliai apie investicijas) [11].

Raudonės, Panemunės ir Raudondvario pilių mūro pastatų atnaujinimas vykdytas pagal tokią metodiką: atnaujinimo planavimas, parengiamieji darbai, tokie kaip istorinių vertybių laikina apsauga, darbų saugos užtikrinimas, stogo atnaujinimas, išorinių sienų atnaujinimas, langų ir durų pakeitimas, vidaus atnaujinimas [11]. 1.7 pav. pavaizduotas pilies fragmentas prieš ir po atnaujinimo.



**1.7 pav.** Raudondvario pilies vidaus fragmentas prieš ir po atnaujinimo [11]

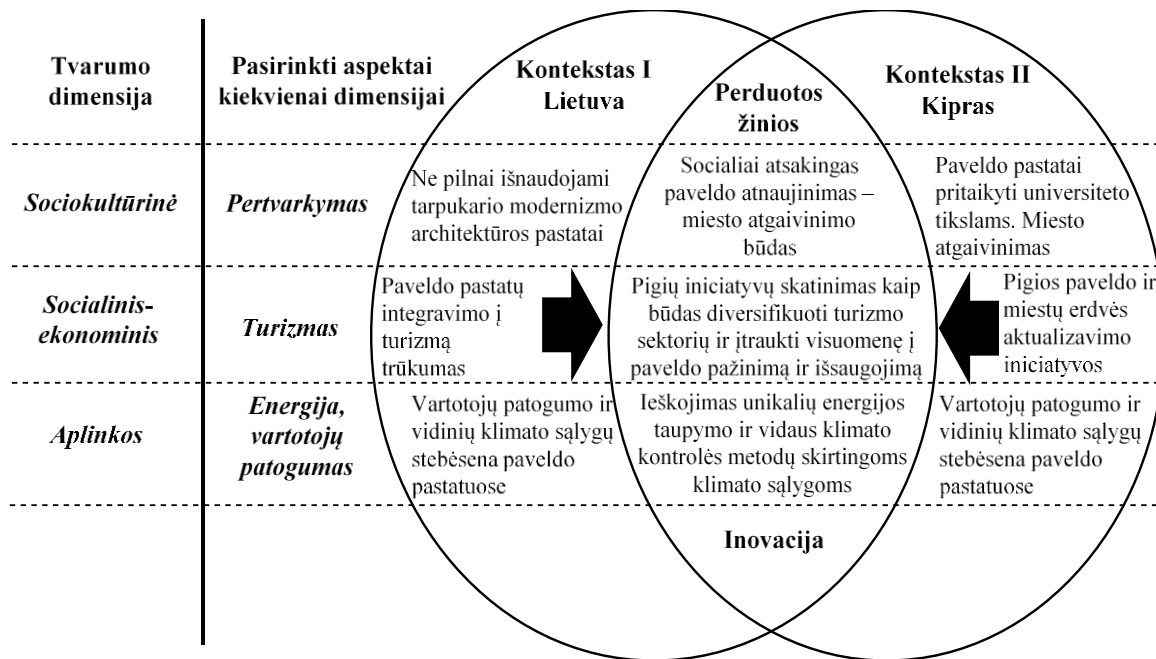
Įrengiant šildymo ir vėdinimo sistemą buvo atsižvelgiama į du pagrindinius uždavinius. Pirmiausia tai užtikrinti tinkamus ir pastovius mikroklimato parametrus kultūros paveldui, vertybėms, siekiant jas išsaugoti. Antra – užtikrinti komfortiškas sąlygas žmonių poreikiams tenkinti [11].

Patalpų mikroklimatui didelę įtaką turi temperatūros ir santykinio drėgumo svyravimai. Didėjant temperatūrai, didėja žmogaus, dėl prakaitavimo atiduodamos į aplinką, šilumos dalis, tačiau didelis drėgmės kiekis ore mažina drėgmės garavimą per žmogaus odą. Aukšta temperatūra ir didelis oro drėgnumas sukelia tvankumo pojūtį, todėl šios kombinacijos reikėtų kiek įmanoma vengti [14].

Lietuvos mokslininkai ištyrė Lietuvos ir Kipro šalis pagal socialinius, ekonominius ir aplinkosaugos aspektus, taip pat įvertino paveldo pastatų išsaugojimo galimybes. Aptarta Kipro patirtis, susijusi su paveldo pastatų atnaujinimu, pritaikant pastatą universiteto poreikiams, yra tvarus paveldo valdymo pavyzdys, kurį galima pritaikyti ir Lietuvoje, turint omenyje – nepakankamai išnaudojamų vertingų pastatų didžiuosiuose šalies miestuose, įskaitant Kauno miestą, kuriame yra nemažai tarpukario modernistinės architektūros paveldo pastatų, kurie nėra tinkamai išnaudojami [15].

Lietuvos tvarios bendruomenės paveldo aktualizavimo iniciatyvų pavyzdžiai Kaune parodė, kad kartais didelių lėšų nereikia norint tinkamai šviesti visuomenę apie unikalias miesto ir šalies istorijos dalis. Tokios veiklos kaip ekskursijos su gidu ar miesto ir architektūros erdvių aktyvinimo renginiai didina istorijos ir paveldo suvokimą [11]. 1.8 paveikslėlyje pavaizduota tyrimo struktūra ir apibendrintos išvados.





**1.8 pav.** Tyrimo struktūra ir apibendrintos išvados [15]

Atsižvelgiant į aplinką, Europos komisijos ataskaitoje, skatinamas novatoriškumas ir tvarus kultūros paveldo naudojimas, kad jis galėtų panaudoti visą savo potencialą prisidedant prie tvarios Europos kultūros kraštovaizdžio ir aplinkos vystymo. Kultūros paveldas atlieka svarbų vaidmenį tvariai kaimo ir miesto kultūrinių kraštovaizdžių plėtrai [7].

Europos mastu, istoriniai pastatai sudaro apie 25 % visų pastatų, juos rekonstruojant reikėtų prisidėti prie Europos sąjungos ir pasaulinio tikslo – anglies dioksido mažinimo. Kiekvienos renovacijos metu, šalia vertingųjų savybių išsaugojimo, vis daugiau mąstoma apie energijos sąnaudų mažinimą ir komforto užtikrinimą. Svarbu yra užtikrinti komfortines patalpų mikroklimato sąlygas paveldo pastatuose gyvenantiems ar dirbantiems žmonėms, norint kuo ilgiau pratęsti paveldo pastatų gyvavimo laikotarpį [16].

Atsižvelgus į aplinkosauginius aspektus, pastatų atnaujinimas labai glaudžiai susijęs su energetiniu efektyvumu. Tai – vienas iš būdų ne tik išsaugoti šilumą ir sutaupyti pinigų, bet ir taupyti gamtos resursus. Aplinkosaugininkai primena, kad didindami pastatų energinį efektyvumą, gyventojai ne tik taupo savo lėšas ir rūpinasi sveikata, bet ir tausoja gamtą [17]. Verta paminėti, kad darnaus vystymosi principų įdiegimas viešojo valdymo srityje ir bendruomeniniame gyvenime, didina visuomenės aplinkosauginį sąmoningumą, piliečių ir nevyriausybinų organizacijų dalyvavimą priimančiais sprendimais, perkeliama ekologinius principus į viešąjį sektorių [17].

## 1.7. Išvados

1. Paveldo pastatai - yra neįkainojama tautos kultūrinė vertybė, kuri suteikia savo tautai bendros istorijos ir ateities sąmonę, todėl turime prisidėti prie šių pastatų išsaugojimo.
2. Vietoj to, kad griauti senus pastatus ir statyti naujus, paveldosaugos pastatų paskirties keitimas ir naudojimas, prailginant pastato gyvavimo ciklo laiką, tenkina darnumo reikalavimus.
3. Atnaujinant paveldo pastatus reikia atkreipti dėmesį į jų vartojimą, išteklius ir medžiagas. Svarbu užtikrinti darnumo ir klimato kaitos mažinimo principus.
4. Paveldosaugos pastatai paprastai laikomi sunkia našta ekonominiu požiūriu, dėl savo restauravimo veiklos ir adaptacijos, kurios jiems dažnai reikalingos. Taip pat, svarbu įvertinti tokių pastatų išnykimo galimybes.
5. Savanorystė taip pat yra svarbus aspektas kultūrinių objektų išsaugojimui. Kultūros paveldas suteikia dideles galimybes įtraukti vyresnio amžiaus piliečius savanoriškai veiklai. Prie šios veiklos gali prisidėti jaunimas ir bedarbiai, vien tam, kad būtų ugdomas jų pasitikėjimas savimi ir jie tvirčiau galėtų grįžti į darbo rinką.
6. Vis dar trūksta tyrimų apie paveldo pastatų įtaką miestui ir žmonių požiūriui į savo miestą. Dažnai atnaujinant tokius pastatus užmiršamos jo vertybės ir neišsaugojama jų istorinė vertė.

## 2. Tiriamoji dalis

### 2.1. Natūriniai tyrimai

#### 2.1.1. Mikroklimato parametrų tyrimas Kauno technikos kolegijoje

Išnagrinėjus literatūrą apie paveldo pastatus Lietuvoje ir Europoje pastebėta, kad Lietuvoje tyrimų apie paveldo pastatų darnumą ir mikroklimatą nėra labai daug. Šiame tyrime bus atlikti paveldo pastato mikroklimato parametrų matavimai, bei įvertintas jų poveikis aplinkai. Tyrimo objektu pasirinkta Kauno technikos kolegija (KTK).

Šių tyrimų tikslas – atlikti paveldo pastato patalpų mikroklimato tyrimus šaltuoju metų laikotarpiu, įvertinant temperatūrą, santykinį oro drėgnį, CO<sub>2</sub> koncentraciją ir patalpose esančių žmonių sveikatos nusiskundimus. Bei gautus rezultatus palyginti su naujo pastato patalpa.

#### 2.1.2. Pasirinkto objekto aprašymas

Paskelbus nepriklausomybę, 1920 m. Kaune buvo įsteigta Aukštesnioji technikos mokykla. Istorinės aplinkybės lėmė, kad Vilniuje įkurta įstaiga netrukus buvo iškelta į laikinąją sostinę ir čia ji iš pradžių buvo įkurta pradinės mokyklos patalpose Vytauto prospekte. Kai žmonių skaičius mokykloje ėmė sparčiai augti, 1922 m. technikos mokykla buvo perkelta į erdvesnį pastatą Mickevičiaus gatvėje. Kai ir šiame pastate pasijautė patalpų trūkumas, tai buvo nuspręsta įrengti naują pastatą šiai mokyklai [18].

Naujieji rūmai (2.1 pav.) 1934 m. suprojektuoti Stasio Kudoko, atspindėjo paspartėjusią miesto šiaurinės dalies plėtrą. Nors pastato statyba ilgai užsitęsė dėl kai kurių nenumatytų priežasčių tokių kaip 1938 m. liepą vykęs tinkuotojų streikas. Nepaisant to, 1938 m. mokslo metai prasidėjo jau naujame, nors iki galo dar nebaigtame įrengti, pastate [18].

Pastato architektūroje raiškiai atsiskleidžia projekto autoriaus pomėgis istoriniais principais komponuoti kai kurias modernistines formas. Simetriškame pastato fasade rizalitu akcentuojama centrinė ašis ir įėjimas, o šis vaizdas dar labiau sustiprinamas masyviais laiptais. Ant nedidelės kalvos pastatytas monumentalus statinys tuo metu formuotame priemiesčio tipo mažaaukščio užstatymo rajone tapo pagrindine architektūrine dominante [18].



2.1 pav. Aukštesnioji technikos mokykla. V. Augustino nuotr., ČDM, Ta-9140 [18]

Pastatas pusiau atviros E raidės formos plano, trijų aukštų su pusrūsiu ir rūsiu po kiemo korpusu ir pastoge, stogo forma – daugiašlaitė lenktais kraštais. Sienos – kapitalinės mūrinių tinkuotų sienų tinkas. Fasadų architektūrinis sprendimas – modernizmo stiliaus. Inžinerinė įranga – apšildymo įranga – ketaus radiatoriai, vėdinimo sistemos – ventiliacijos kanalai. Langai iš medinių langų rėmų (šiuo metu langai jau pakeisti į plastikinius) [19].

1945 m. mokyklai suteiktas Kauno politechnikumo vardas. Lietuvos Respublikos nepriklausomybės atkūrimas 1990 metais naujai pakreipė mokyklos visuomeninę ir mokymo veiklą. Lietuvos Respublikos Vyriausybei nutarus, 2002 m. bendru Švietimo ir mokslo ministerijos ir Kauno technologijos universiteto teikimu įsteigta Kauno technikos kolegija (2.2 pav.) [20].



2.2 pav. Kauno technikos kolegija 2018 m.

### 2.1.3. Tyrimo metodai ir prietaisai

Buvo atlikti objektyvūs ir subjektyvūs tyrimai Kauno technikos kolegijoje paveldosauginėje ir naujoje pastato dalyse. Tyrimai buvo atlikti šaltuoju 2018 metų laikotarpiu (nuo kovo mėn. 5 d. iki kovo mėn. 19 d. ir kovo mėn. 29-30 d., 2018).

Buvo tirtos 9 patalpos. 2 kompiuterių klasės (118 auditorija pirmame aukšte ir 213 auditorija antrame aukšte) ir 3 kalbų klasės (2,3,6 visos jos trečiame aukšte), kuriose mokosi studentai ir 3 kabinetai (106 – 1 aukštas, 207 – 2 aukštas, 309 – 3 aukštas), kuriuose dirba KTK darbuotojai. Taip pat, palyginimui, buvo nagrinėjama viena patalpa (338 – 3 aukštas) iš naujosios pastato dalies. Visų patalpų sienos iš mūro ir visose patalpose yra langų, kurie dažniausiai būdavo uždari, kartais patalpose, kai nebūdavo studentų, jie buvo praveriami, kad patalpa išvėstų. Kabinetuose nuolatos dirba 2-3 žmonės. 106 – 2 žmonės; 207 – 3 žmonės; 309 – 2 žmonės. Išskirti galima kompiuterių ir kalbų klases – kintantis žmonių kiekis.

Šių tyrimų tikslas ištirti patalpų mikroklimato poveikį jame esantiems žmonėms. Norint išsiaiškinti kokius simptomus patiria žmogus esantis patalpoje buvo atlikta patalpoje esančių studentų ir dėstytojų apklausa. Apklausos metu buvo pateikti klausimynai (1 priedas) skirti subjektyviam šiluminės aplinkos sąlygų įvertinimui ir „sergančio pastato“ sindromo simptomų identifikavimui darbo aplinkoje. Apklausos metu siekta išsiaiškinti ar patalpoje žmogus patiria diskomfortą dėl: skersvėjo, per aukštos ar per žemos oro temperatūros, tvankaus oro, nemalonių kvapų, triukšmo, prasto apšvietimo, erdvės trūkumo ar šalančių kojų ir kt.

#### **2.1.4. Oro temperatūros, santykinio drėgumo ir anglies dvideginio matavimai**

Patalpų oro temperatūra turi atitikti Lietuvos higienos normose nustatytus dydžius ir užtikrinti komfortišką žmogaus savijautą patalpoje. Tai svarbu ne tik žmogaus darbingumui, bet ir šilumos apykaitai, šiluminei organizmo pusiausvyrai. Matavimams atlikti buvo naudojami ONSET HOBO (2.3 pav.) duomenų kaupikliai. Jais taip pat buvo matuojama ir patalpų santykinė oro drėgmė. Didelė santykinė drėgmė žemoje temperatūroje gali sukelti organizmo peršalimą, o aukštoje temperatūroje – organizmo perkaitimą.



**2.3 pav.** ONSET HOBO duomenų kaupiklis

Matavimai buvo atlikti devyniose pastato patalpose. Kiekvienoje tirtoje patalpoje buvo pastatyta po vieną stovą su duomenų kaupikliu 1,1 metro aukštyje (sėdančio žmogaus darbo zona). Duomenys buvo kaupiami 10 min. intervalu. Šiais matavimais galima nustatyti oro temperatūros ir santykinio drėgumo svyravimus patalpoje skirtingu paros metu. Gauti duomenys palyginami su Lietuvos higienos normose nustatytais ribinėmis vertėmis (leistinos ribos: 18–22°C ir 35–60 %) [21].

Techniniai HOBO parametrai: temperatūros matavimo ribos: –20°C iki +70°C; matavimo tikslumas: ±1 min; santykinės drėgmės matavimo ribos: 0 – 95 %.

Anglies dvideginis CO<sub>2</sub> yra bespalvės bekvapės dujos, kurios turi didelę įtaką žmonių darbingumui. Priklausomai nuo patalpos vėdinimo, patalpoje esančių žmonių kiekio ir jų fizinio aktyvumo priklauso CO<sub>2</sub> kiekis. Anglies dvideginio kiekis buvo išmatuotas 3-ioje kalbų klasėje (trečiame aukšte). Matavimai atlikti šaltuoju metų laiku nuo 2018 03 29 (7:30 val.) iki 2018 03 30 (7:30 val.). Tą dieną klasėje vyko 4 paskaitos. Per 1 ir 2 paskaitą (8:00–11:10) auditorijoje buvo 10 studentų ir dėstytoja, per 3 paskaitą (12:00–13:30) 12 studentų ir dėstytoja, o per 4 paskaitą (13:45–15:15) buvo 7 studentai ir dėstytoja. Per visą dieną patalpa nebuvo vėdinama, nebuvo atidaryti langai, kartais buvo paliekamos atviros durys tarp paskaitų. Matavimams atlikti buvo naudojamas prietaisas „FLUKE 975 AirMeter“ (2.4 pav.). Duomenys buvo kaupiami 10 min. intervalu.



2.4 pav. CO<sub>2</sub> matavimo prietaisas „FLUKE 975 AirMeter“

CO<sub>2</sub> matavimo prietaiso ribos: 0–5000 ppm.

### 2.1.5. Klausimynai

Klausimynai (žr. 1 priedą) yra subjektyvus aplinkos parametrų matavimo metodas. Klausimynai buvo pateikti įvairiose paveldosaugos pastato dalies patalpose dirbantiems darbuotojams, taip pat 2,3,6 auditorijų studentams. Klausimynai taip pat buvo pateikiami pastato naujoje dalyje, norint palyginti kaip skiriasi subjektyvus mikroklimato vertinimas skirtingose pastato dalyse. Klausimynuose buvo prašyta pateikti asmeninę informaciją: amžių, lytį, darbo laiką (jeigu darbuotojas), žalingus įpročius, informaciją apie sveikatos būseną. Taip pat buvo siekta identifikuoti „sergančio pastato“ sindromo simptomus: įvertinti darbinę atmosferą, aplinkos parametrus, patalpoje patiriamus simptomus.

## 2.1.6. Rezultatai

Rezultatai pateikiami palyginant patalpos išmatuotus rodiklius su norminiais rodikliais. Taip pat, palyginimui, pateikti temperatūros ir santykinio drėgnio matavimo rezultatai, vienos patalpos ne paveldo pastato dalyje.

## 2.1.7. Temperatūra ir santykinis drėgnis

Gyvenamųjų patalpų ir lankytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimato parametrų ribinės vertės pateikiamos pagal Lietuvos higienos normos HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ ribines vertes 2.1 lentelėje.

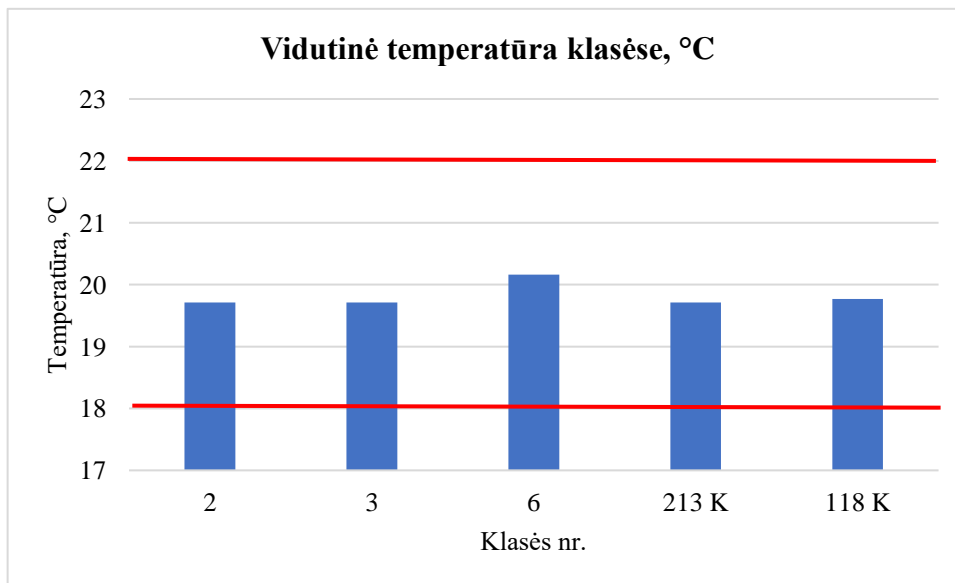
**2.1 lentelė.** Gyvenamųjų patalpų ir lankytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimato parametrų ribinės vertės [22]

Eil. Nr.	Mikroklimato parametrai	Ribinės vertės	
		Šaltuoju metų laikotarpiu	Šiltuoju metų laikotarpiu
1.	Oro temperatūra, °C	18–22	18–28
2.	Temperatūrų skirtumas 0,1 m ir 1,1 m aukštyje nuo grindų, ne daugiau kaip °C	3	3
3.	Santykinė oro drėgmė, %	35–60	35–65
4.	Oro judėjimo greitis, m/s	0,05–0,15	0,15–0,25

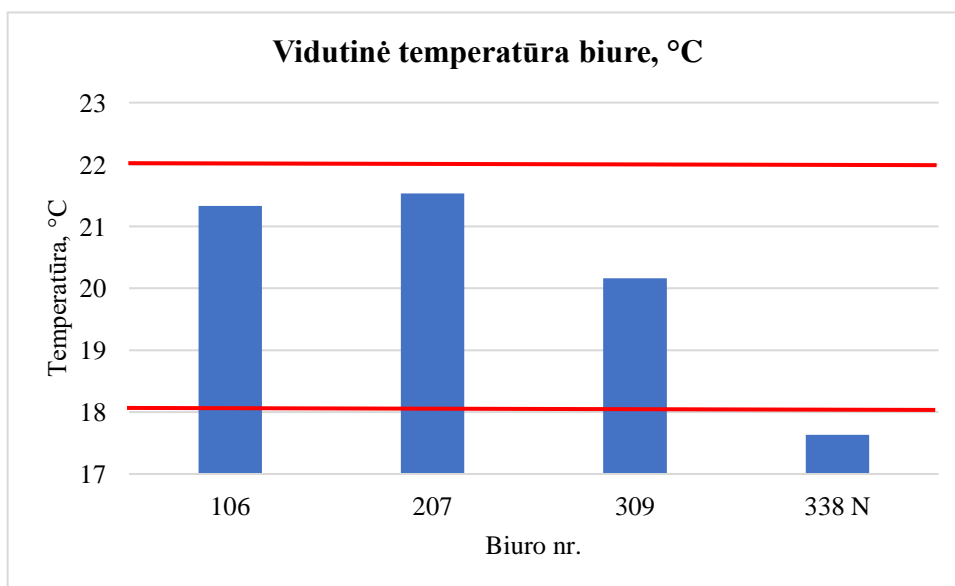
Atlikus matavimus gauta informacija apie KTK patalpų oro temperatūrą ir santykinį drėgnį. 2.2 lentelėje pateikiamos vidutinės, maksimalios ir minimalios išmatuotų patalpų vertės.

**2.2 lentelė.** Patalpų oro temperatūra ir santykinis drėgnis

HOBO Nr.	Patalpos Nr.	Patalpos paskirtis	Temperatūra T, °C			Santykinis drėgnis SD, %		
			Vid.	Max.	Min.	Vid.	Max.	Min.
2242072	2	klasė	19,71	21,71	17,9	35,88	50,3	25,4
334117	3	klasė	19,71	22,09	15,23	33,3	44,9	23,4
1069261	6	klasė	20,16	22,09	18,28	34,73	45,6	23,9
316469	213	PC klasė	19,71	22,09	15,23	33,3	44,9	23,4
2242073	118	PC klasė	19,77	22,09	17,9	32,95	58,5	23,4
322341	106	biuras	21,33	28,31	19,04	27,37	35	23,4
1069257	207	biuras	21,53	26,73	16,38	32,02	49,4	23,4
1069265	309	biuras	20,16	22,09	18,28	34,73	45,6	23,9
1069258	338	biuras (nauja)	17,63	20,19	16	35,76	46,1	26,2



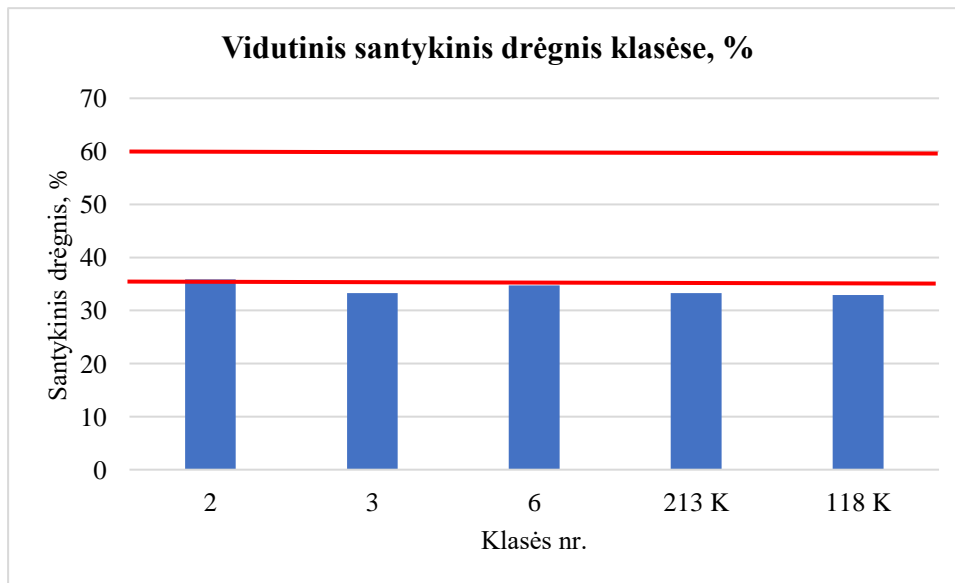
**2.5 pav.** Vidutinė oro temperatūra klasėse su ir be kompiuterių (K- kompiuterių klasė), raudona linija - leistinos ribos pagal HN 42:2009



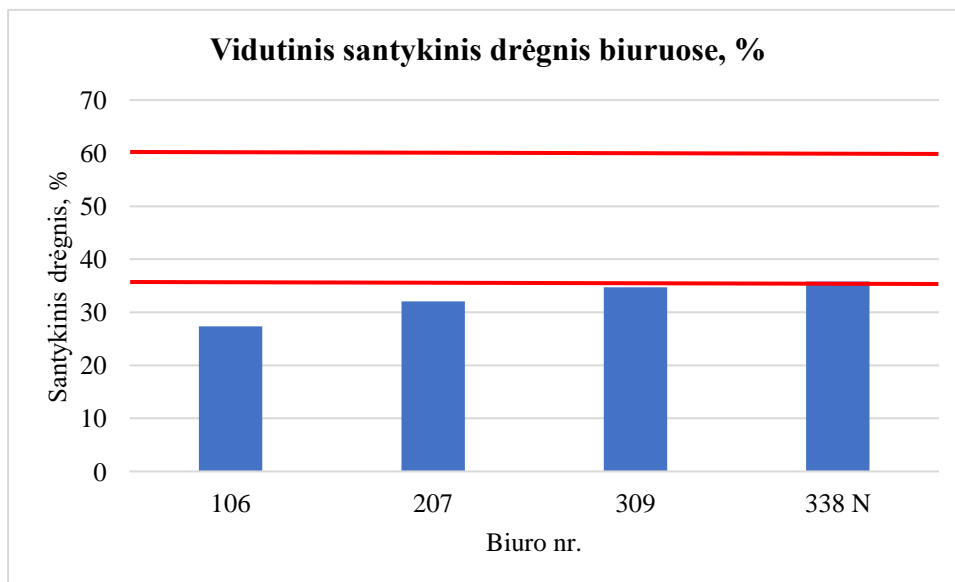
**2.6 pav.** Vidutinė oro temperatūra biuruose (N- naujoji pastato dalis), raudona linija - leistinos ribos pagal HN 42:2009

Iš rezultatų nustatyta, kad tiek klasėse tiek biuruose vidutinė oro temperatūra tenkina HN 42:2009 reikalavimus – yra ribose nuo 18 iki 22 °C (2.5–2.6 pav.) išskyrus patalpą esančią ne paveldo pastato dalyje. Gauti duomenys buvo tiriami tik darbo dienomis ir darbo valandomis (pirmadienis – penktadienis, 8:00–17:00 val. laiku). Verta paminėti, kad patalpose iš ryto būdavo vėsoka (15–17 °C), temperatūra padidėdavo tik įpusėjus pirmai dienos pusei. Biuruose dažnai būdavo pajungiami elektroniniai šildytuvai, nes juose būdavo per šalta dirbti.





**2.7 pav.** Vidutinis santykinis drėgnis klasėse su ir be kompiuterių (K- kompiuterių klasės), raudona linija - leistinos ribos pagal HN 42:2009



**2.8 pav.** Vidutinis santykinis drėgnis biuruose (N- naujoji pastato dalis), raudona linija - leistinos ribos pagal HN 42:2009

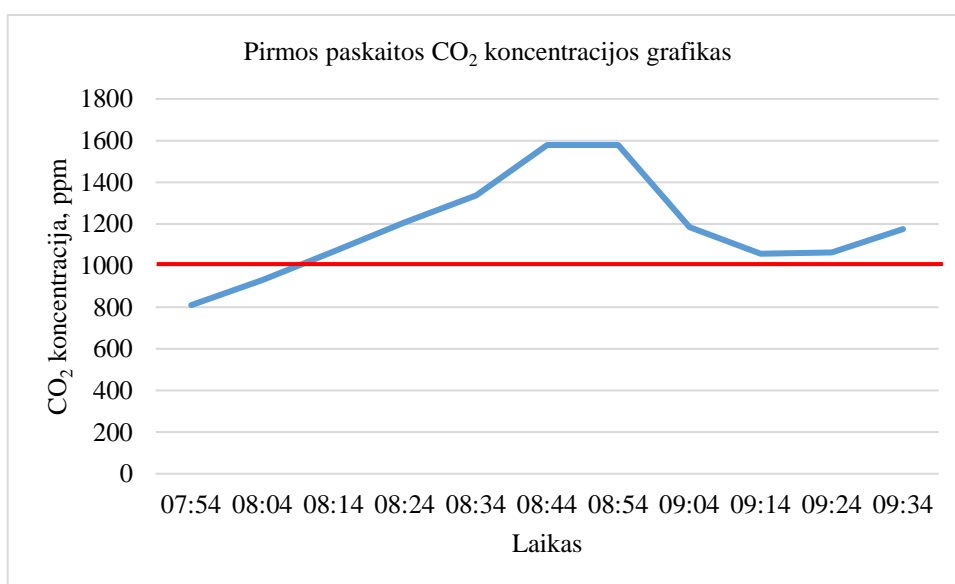
Iš 2.7–2.8 pav. nustatyta, kad santykinis drėgnis tiek klasėse, tiek biuruose netenkina keliamų normos reikalavimų, kurios yra intervale nuo 35 iki 60 %. Beveik visose tiriamose patalpose oras yra per sausas, dėl to patalpose esantys žmonės gali jausti gerklės, akių dirginimą, veido, rankų odos džiūvimą. Oro drėgmė būtina žmogaus gleivinei, nes jai išsausėjus virusai greičiau ir lengviau prasiskverbia į organizmą.

### 2.1.8. CO<sub>2</sub> koncentracija

Anglies dvideginio koncentracijos matavimai atlikti 3-ioje kalbų klasėje, kuri yra trečiame aukšte. Patalpos plotas 37,25 m<sup>2</sup>, auditorijoje daugiausiai telpa 18 studentų. Koncentracija buvo matuota visą parą. Dienos metu patalpoje vyko 4 paskaitos.

- *Pirma paskaita*

Pirmos paskaitos metu, kabinete buvo 10 studentų ir dėstytoja. Pamokos metu patalpa nebuvo vėdinama. Anglies dvideginio rezultatai pateikiami 2.9 pav.

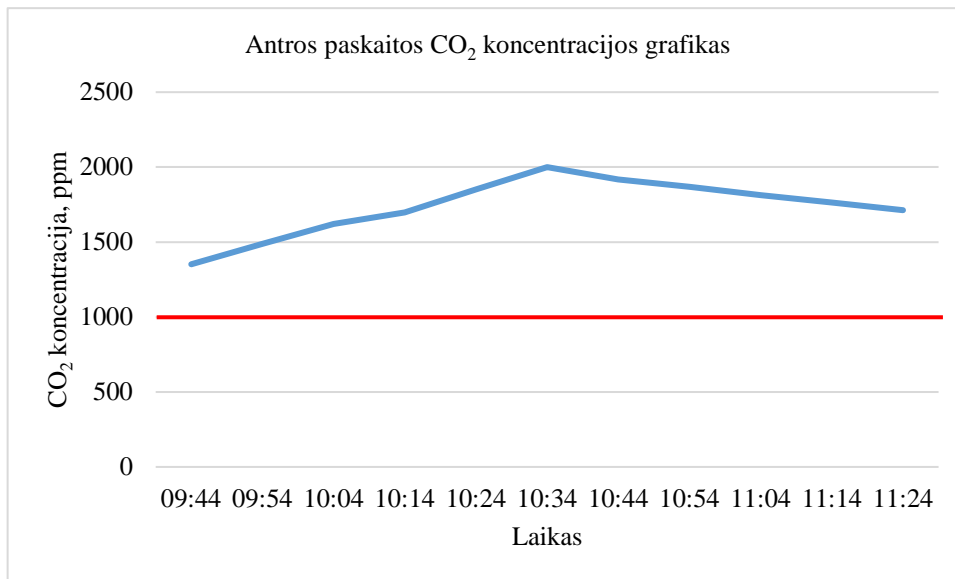


2.9 pav. Pirmos paskaitos CO<sub>2</sub> koncentracijos grafikas, raudona linija – leistina CO<sub>2</sub> koncentracijos riba patalpose

Iš grafiko matosi, kad prasidėjus paskaitai CO<sub>2</sub> koncentracija klasėje pradėjo kilti. Nuo matavimų pradžios ji pakilo nuo 579 iki 1579 ppm. Jau nuo pirmos paskaitos klasėje buvo viršyta leistina CO<sub>2</sub> koncentracija. Tai reiškia, kad paskaitos metu oro kokybė klasėje buvo prasta, studentų darbingumas dėl to galėjo nukentėti.

- *Antra paskaita*

Antros paskaitos metu klasėje buvo tiek pat žmonių. Tarp paskaitų buvo padaryta 10 min. pertrauka. Gauti rezultatai pateikti grafike (2.10 pav.).

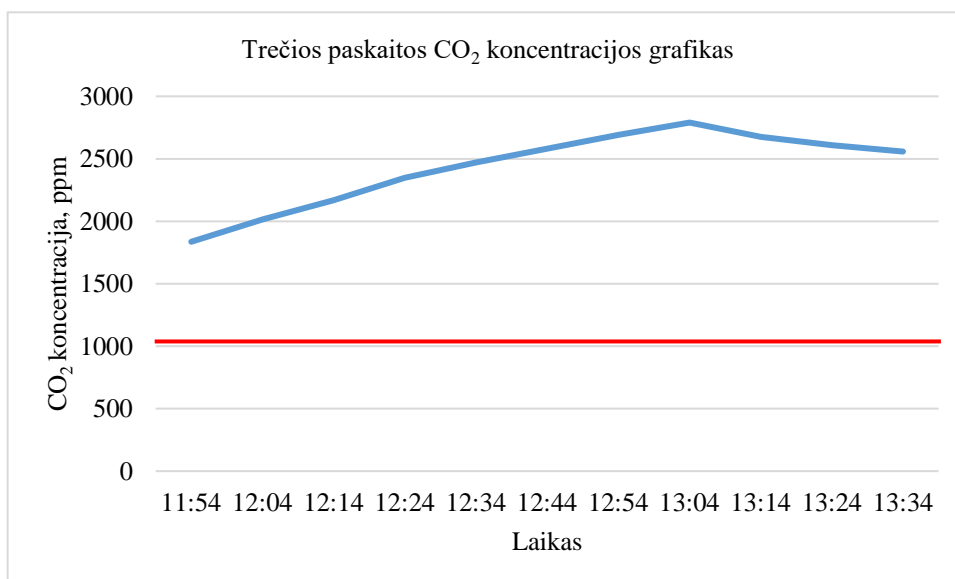


**2.10 pav.** Antros paskaitos CO<sub>2</sub> koncentracijos grafikas, raudona linija – leistina CO<sub>2</sub> koncentracijos riba patalpose

Nors žmonių skaičius patalpoje liko toks pats, bet koncentracija vis didėjo. Ji buvo šiek tiek nukritusi pertraukos metu, bet antros paskaitos viduryje CO<sub>2</sub> koncentracija išaugo jau iki 2000 ppm. Kritinė vertė (1000 ppm) buvo viršyta beveik du kartus. Patalpos oro kokybė vis prastėjo.

- *Trečia paskaita*

Trečios paskaitos metu buvo 12 studentų ir dėstytoja. Žmonių skaičius padidėjo 1,2 karto negu prieš tai vykusią paskaitą metu. Kaip keitėsi rezultatai matyti grafike (2.11 pav.).

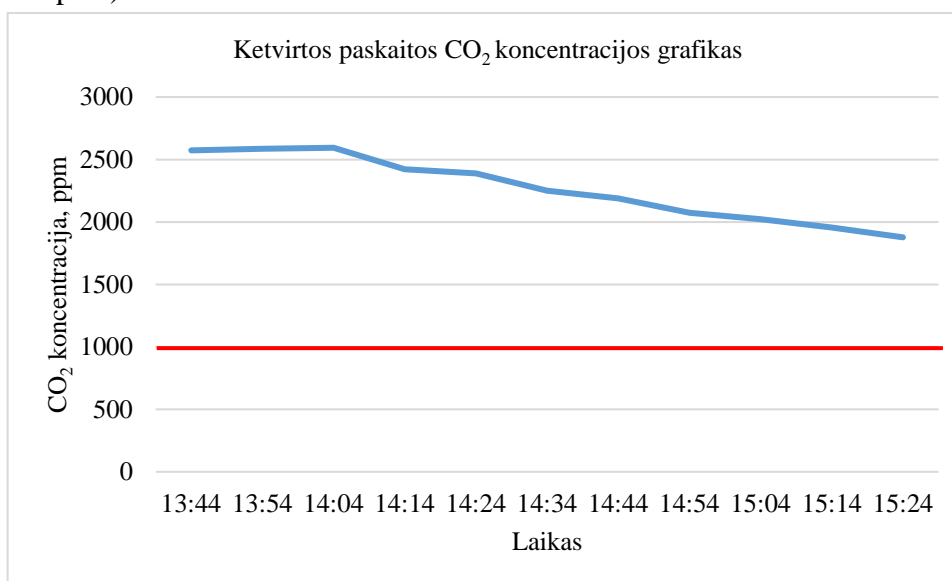


**2.11 pav.** Trečios paskaitos CO<sub>2</sub> koncentracijos grafikas, raudona linija – leistina CO<sub>2</sub> koncentracijos riba patalpose

Tarp antros ir trečios paskaitos buvo ilgoji pertrauka. Klasė 40–50 min. buvo tuščia, todėl CO<sub>2</sub> koncentracija nukrito iki 1639 ppm. Prasidėjus paskaitai, ji vėl pradėjo kilti. Trečios paskaitos viduryje patalpoje CO<sub>2</sub> koncentracija įgavo didžiausią reikšmę ir buvo padidėjusi iki 2790 ppm. Patalpos oro kokybė buvo labai prasta, dėl to galima manyti, kad studentų darbingumas taip pat buvo žemas.

- *Ketvirta paskaita;*

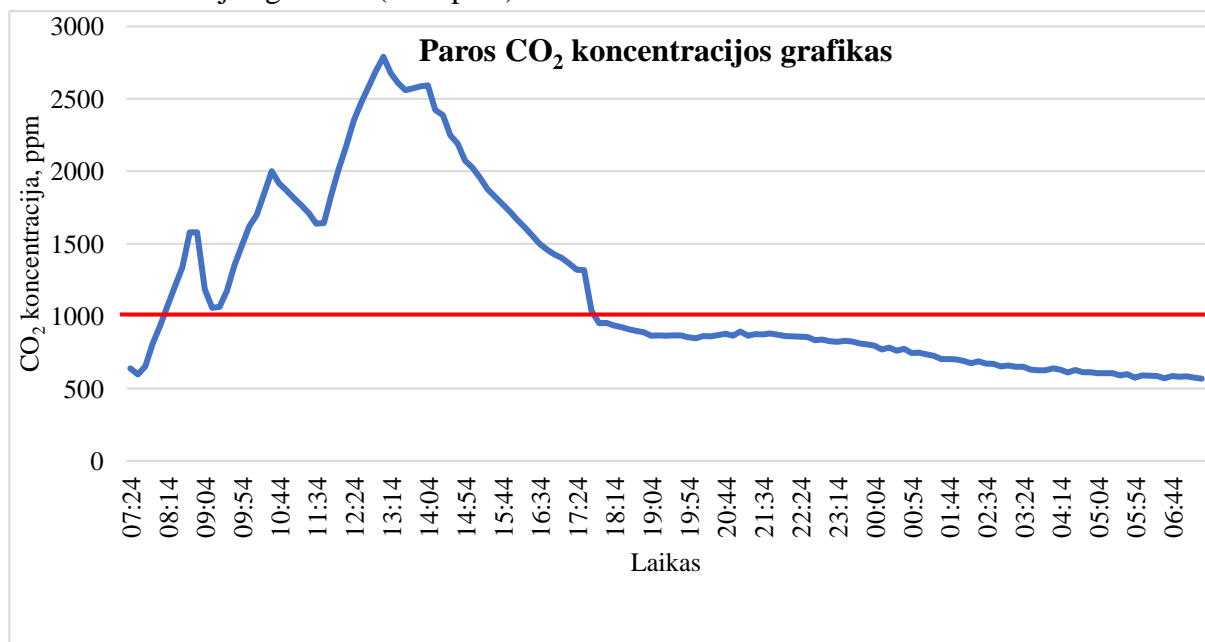
Ketvirtos paskaitos metu, klasėje buvo tik 7 studentai ir dėstytoja. Paskaitoje buvo 5 studentais mažiau negu praėjusioje paskaitoje, kaip tai paveikė matavimo rezultatus, matyti grafike (2.12 pav.).



**2.12 pav.** Ketvirtos paskaitos CO<sub>2</sub> koncentracijos grafikas, raudona linija – leistina CO<sub>2</sub> koncentracijos riba patalpose

Iš grafiko matyti, kad CO<sub>2</sub> koncentracija klasėje pradėjo mažėti. Tam įtakos turėjo sumažėjęs studentų skaičius. Tačiau CO<sub>2</sub> koncentracija visos paskaitos metu, viršijo leistiną ribą. Oro kokybė patalpoje išliko prasta.

Norint išanalizuoti kaip keitėsi CO<sub>2</sub> koncentracija klasėje, buvo sudarytas visos paros CO<sub>2</sub> koncentracijos grafikas (2.13 pav.).



**2.13 pav.** Paros CO<sub>2</sub> koncentracijos grafikas, raudona linija – leistina CO<sub>2</sub> koncentracijos riba patalpose

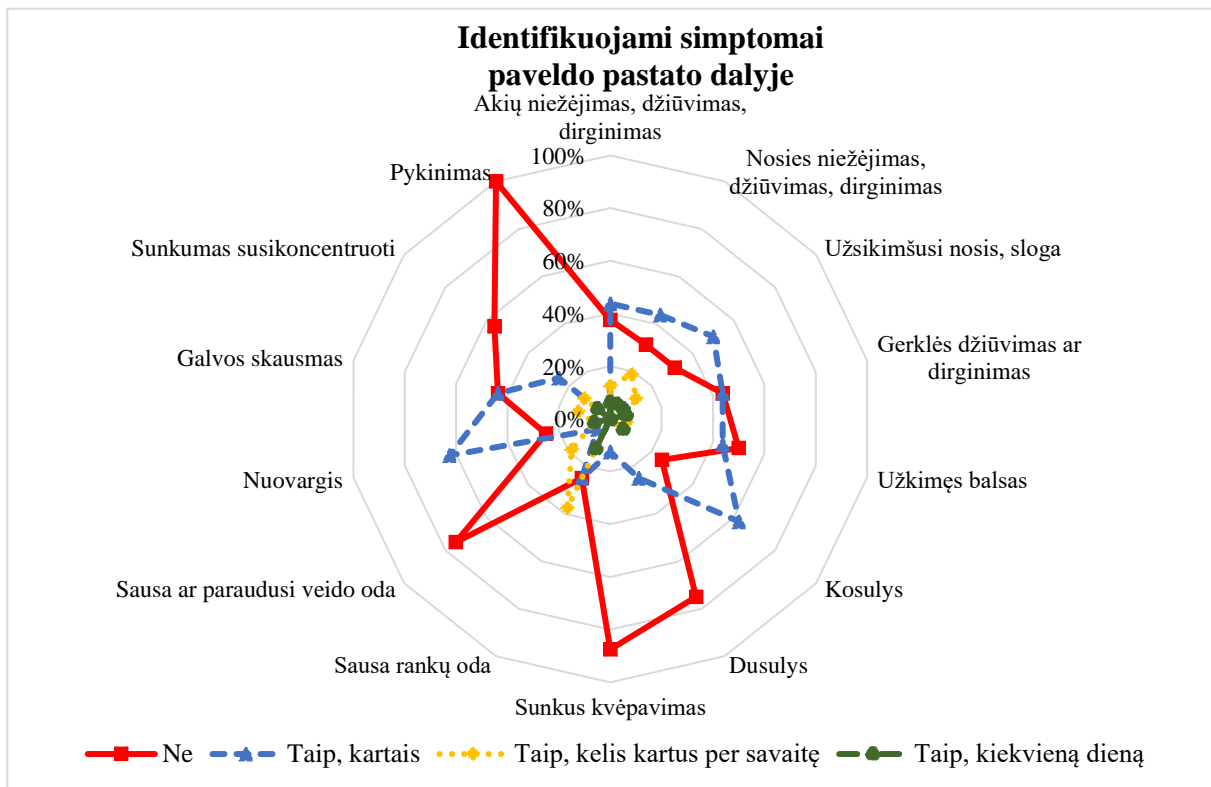
Iš grafiko matyti, kad CO<sub>2</sub> koncentracija nakties metu sumažėja iki 568 ppm. Nuo 8 valandos, kai prasideda paskaitos, CO<sub>2</sub> koncentracija pradeda kilti. Paskaitų metu koncentracija pakildavo, pertraukų metu kiek nukrisdavo, po to vėl pakildavo. Jau pirmos paskaitos metu koncentracija viršija leistiną 1000 ppm ribą. Didžiausia CO<sub>2</sub> koncentracija buvo vidurdienį apie 13 valandą, kai leistina riba buvo viršyta beveik trigubai (2790 ppm). Tuo metu klasėje buvo 13 žmonių - daugiausiai tą dieną. Pasiekus didžiausią reikšmę CO<sub>2</sub> ėmė mažėti, nes likusios paskaitos metu mokinių skaičius sumažėjo. CO<sub>2</sub> koncentracija mažėjo palaipsniui, nes patalpa nebuvo vėdinama.

Iš gautų duomenų galima teigti, kad didžiausią įtaką CO<sub>2</sub> koncentracijai turi žmonių skaičius patalpoje. Kuo daugiau studentų klasėje, tuo prastesnė oro kokybė. Dėl viršijamos leistinos ribos, prastėja studentų darbingumas, apima silpnumas, mažėja dėmesingumas – prastėja mokymosi kokybė.

Šios klasės oro kokybei įtakos turėjo blogas vėdinimas. Matavimų metu lauko oro temperatūra buvo 5°C, todėl klasės langai visą dieną nebuvo atidaryti. Buvo varstomos tik patalpos durys, o pertraukų metu, jos būdavo paliktos praviros. Dėl prasto vėdinimo CO<sub>2</sub> koncentracija nuo pirmos paskaitos pradėjo didėti. Pertraukos truko apie 10 min., ilgoji pertrauka 50 min., todėl koncentracija nespėdavo sumažėti iki leistinos normos. Visų paskaitų metu oro kokybė buvo prasta.

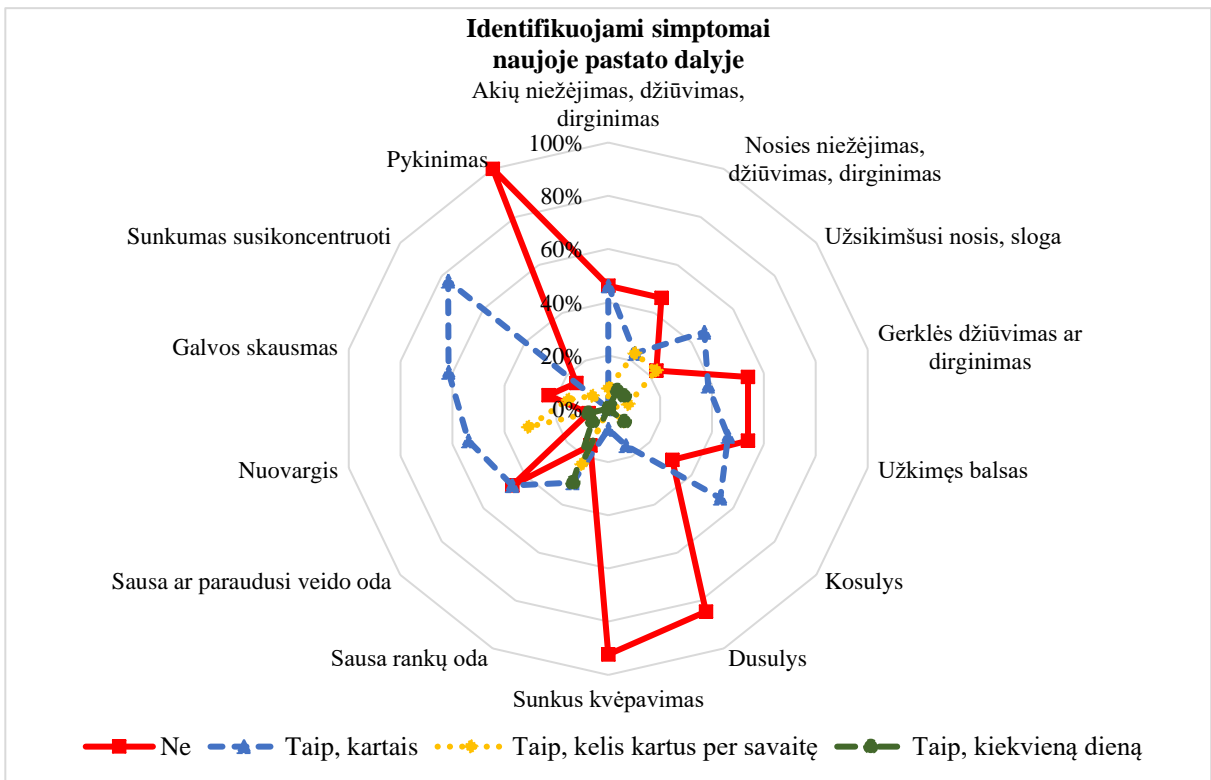
### 2.1.9. Subjektyvus tyrimas – klausimynai

Iš viso buvo apklausti 58 respondentai, iš kurių 29 studentai ir 29 Kauno technikos kolegijos darbuotojai. 16 darbuotojų buvo iš paveldo pastato dalies, 13 iš naujos dalies. Klausimynų pavyzdys pateikiamas 1 priede. Atlikus apklausos analizę nustatyta, kad vidutinis studentų amžius – 20 metų, darbuotojų paveldo dalyje – 47 metai, naujoje dalyje – 44 metai. Visi apklausti studentai buvo vyrai. Iš apklaustų darbuotojų moterys sudaro 81 %, vyrai 19 % paveldosaugos pastato dalyje, o naujoje pastato dalyje moterys sudaro 85 %, vyrai 15 %. Iš visų apklaustų studentų 24 % pažymėjo, kad turi žalingų įpročių. Iš visų apklaustų darbuotojų 10 % pažymėjo, kad turi žalingų įpročių. Vidutiniškai darbuotojai biuro patalpose praleidžia: paveldo pastato dalyje 36,5 valandų per savaitę, naujoje dalyje 27,5 valandų per savaitę. Vidutiniškai darbuotojai savo biure dirba: paveldo pastato dalyje 16,5 metų, naujoje dalyje 13,5 metų. Gauti duomenys apie žmonių sveikatą ir nusiskundimus pateikiami 2.14–2.21 pav.



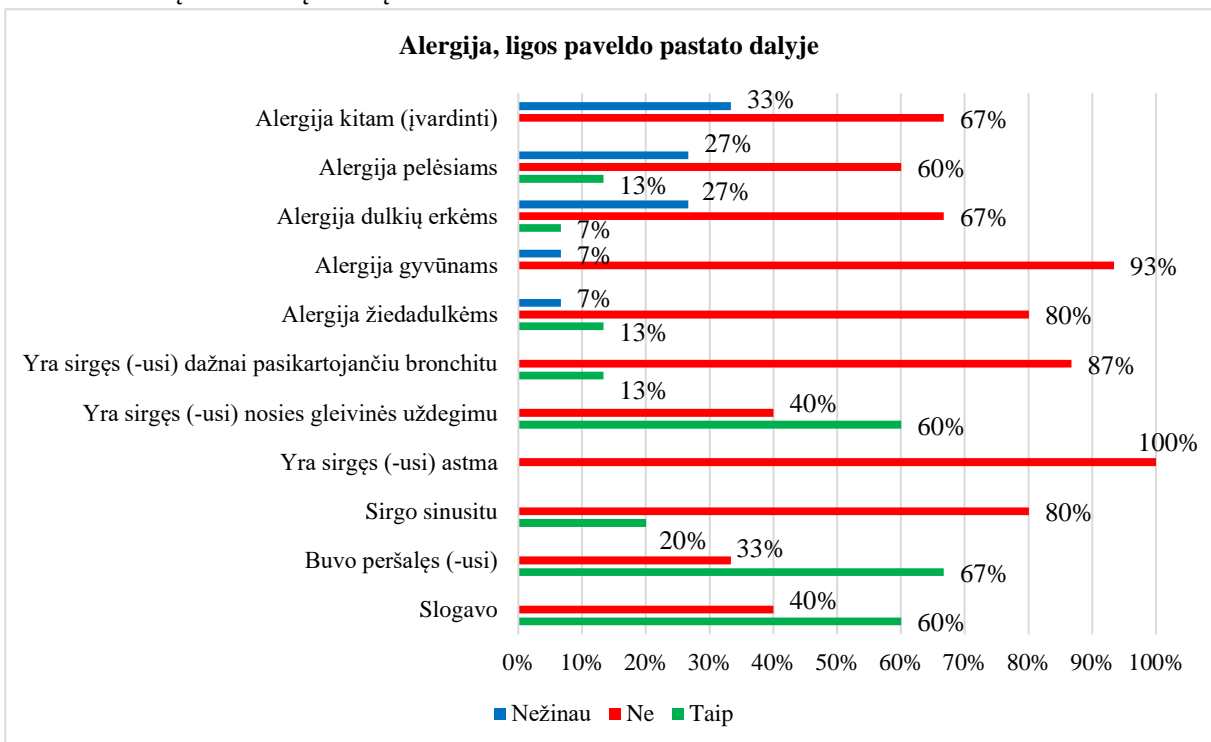
2.14 pav. Identifikuojami simptomai darbuotojų, dirbančių paveldo pastato dalyje

Respondentai dirbantys paveldo pastato dalyje, kelis kartus per savaitę patiria akių niežėjimą, džiūvimą, dirginimą, užsikimšusią nosį, slogą, nuovargį, sunkumą susikoncentruoti (13 %), nosies niežėjimą, sausą veido odą (19 %), sausą rankų odą (38 %). 13 % darbuotojų pareiškė, kad patiria sausą rankų odos jausmą kiekvieną dieną.



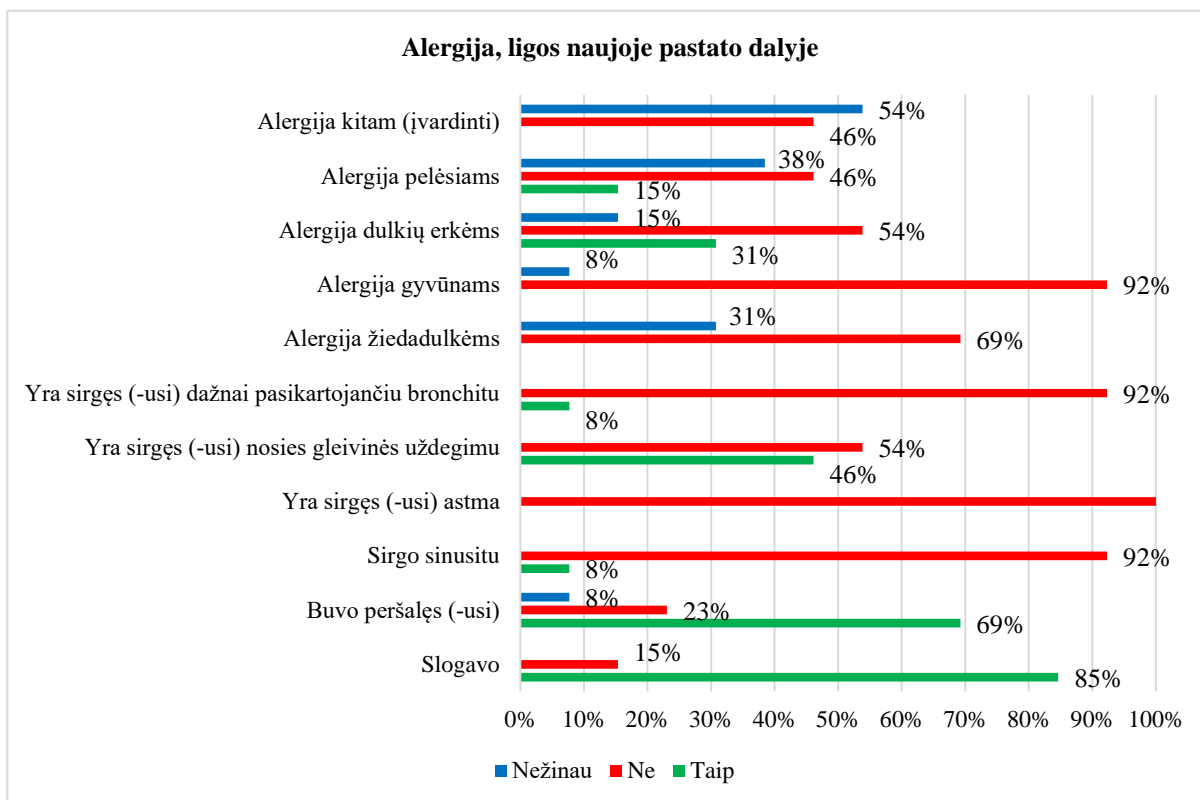
**2.15 pav.** Identifikuojami simptomai darbuotojų, dirbančių naujoje pastato dalyje

Respondentai dirbantys naujoje pastato dalyje, kelis kartus per savaitę patiria galvos skausmą (15 %), nosies niežėjimą, džiūvimą, dirginimą, užsikimšusią nosį, slogą, sausą rankų odą (23 %), nuovargį (31 %). 31 % apklaustųjų identifikavo, kad kiekvieną dieną turi nusiskundimų dėl sausų rankų odos.



**2.16 pav.** Per paskutinius 3 mėn. identifikuotos alergijos ir ligos darbuotojų, dirbančių paveldo pastato dalyje

Iš 2.16 pav. pateiktų duomenų apie darbuotojų alergijas ir ligas patirtas per paskutinius 3 mėnesius nustatyta, kad daugiausiai nusiskundimų darbuotojai turėjo dėl slogos, peršalimo, nosies gleivinės uždegimo ligų. Paveldo pastato dalies darbuotojai paminėjo jog 13 % apklaustųjų turi alergiją pelėsiui, žiedadulkėms, 7 % dulkių erkutėms. Taip pat nemaža dalis respondentų paminėjo, kad nežino kam yra alergiški.

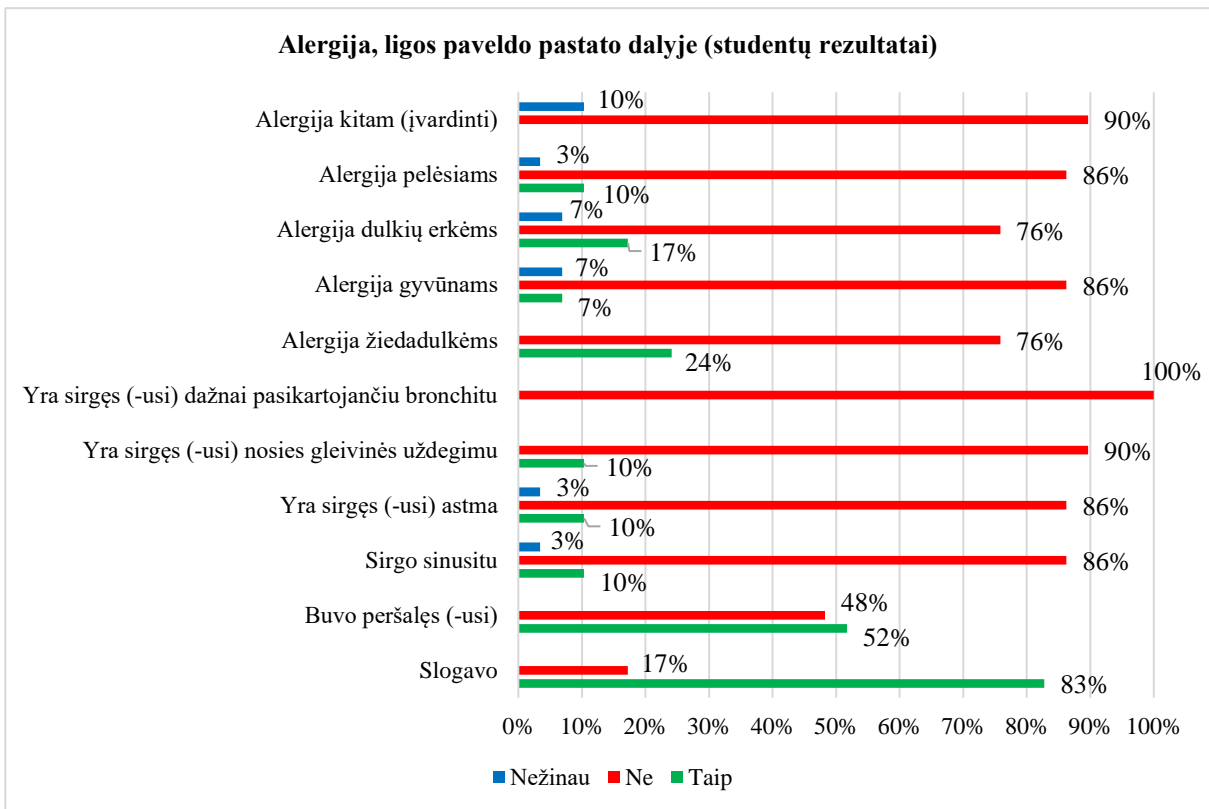


**2.17 pav.** Per paskutinius 3 mėn. identifikuotos alergijos ir ligos darbuotojų, dirbančių naujoje pastato dalyje

Iš 2.17 pav. matyti, kad darbuotojai dirbantys naujoje pastato dalyje daugiausiai skundžiasi dėl slogos, peršalimo ar nosies gleivinės uždegimo ligų. Taip pat paminėta jog 15 % darbuotojų turi alergiją pelėsiui, 31 % dulkių erkutėms. Verta paminėti, kad didelė dalis apklaustųjų nežino kam yra alergiški.

Taip pat buvo apklausti ir studentai, norint sužinoti kokių ligų ar alergijų jie turėjo. Gauti rezultatai pateikti 2.18 pav. Iš rezultatų matyti, kad studentai skundžiasi dėl slogos, peršalimo ar nosies gleivinės uždegimo ligų. 10 % studentų yra sirgę sinusitu ar astma. 17 % studentų paminėjo, kad yra alergiški dulkių erkutėms, 7 % pelėsiui ir gyvūnams. Dalis studentų, kaip ir kiti apklausti darbuotojai, nežino kam yra alergiški.



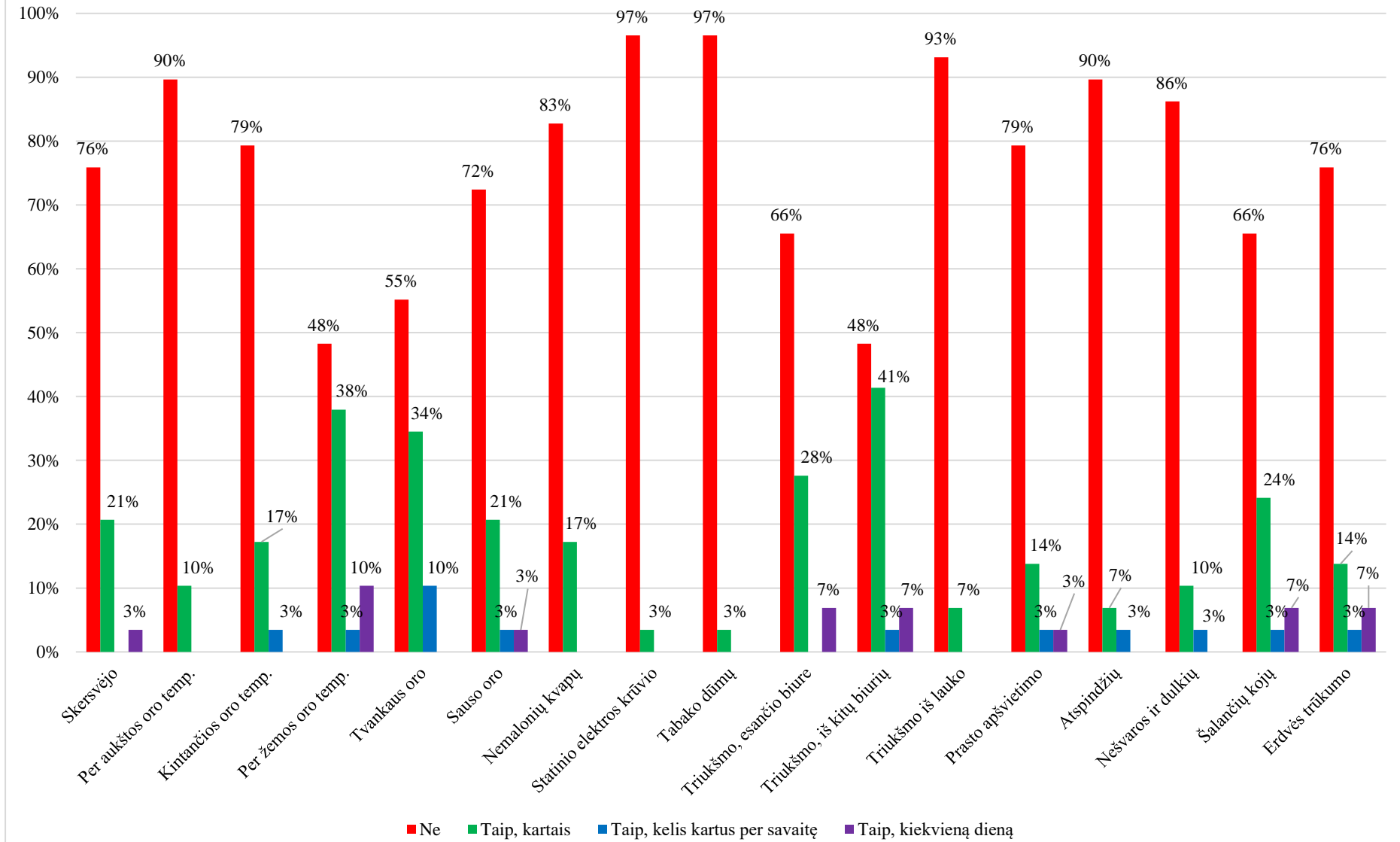


**2.18 pav.** Per paskutinius 3 mėn. identifikuotos alergijos ir ligos studentų, esančių paveldo pastato dalyje

Taip pat, klausimynuose respondantai buvo apklausiami apie patiriamą diskomfortą patalpoje. Žemiau pateikti gauti rezultatai (2.19, 2.20, 2.21 pav.) apklausus studentus ir darbuotojus (dirbančius paveldo ir naujoje pastato dalyse). Iš rezultatų matoma, kad tiek studentai, tiek darbuotojai patiria diskomfortą dėl: skersvėjo, kintančios ir per žemos oro temperatūros, tvankaus oro, sauso oro, nemalonių kvapų, triukšmo biure ir iš kitų patalpų, taip pat ir iš lauko, nešvaros ir dulkių bei šalančių kojų. 10 % studentų patiria diskomfortą dėl kiekvieną dieną jaučiamos per žemos oro temperatūros. Kelis kartus per savaitę patiriamo tvankaus oro (10 %). Kartais jaučiamą diskomfortą studentai patiria dėl triukšmo (41 %), šalančių kojų (24 %), per žemos temperatūros (38 %), tvankaus oro (34 %).

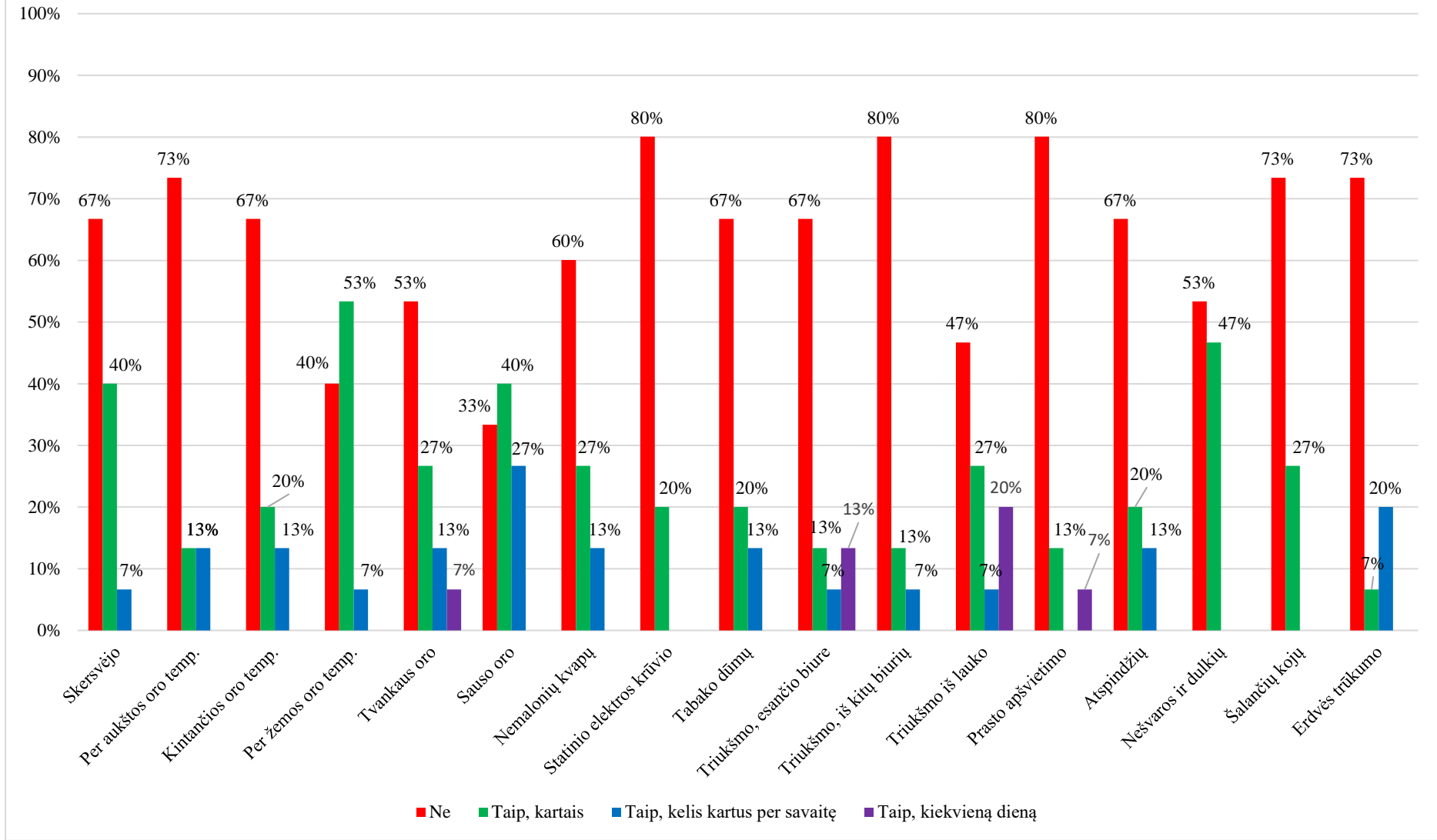
Darbuotojai dirbantys paveldo pastato dalyje kiekvieną dieną jaučia diskomfortą dėl triukšmo iš lauko (20 %) ir triukšmo biure (13 %). Taip pat 13 % dirbančių kelis kartus per savaitę patiria diskomfortą dėl per aukštos ar kintančios oro temperatūros, tvankaus oro, nemalonių kvapų, tabako dūmų ar atspindžių, 20 % dėl erdvės trūkumo, 27 % dėl sauso oro. Kartais diskomfortą darbuotojai patiria dėl skersvėjo (40 %), žemos oro temperatūros (53 %), nešvaros ir dulkių (47 %). Darbuotojai dirbantys naujoje pastato dalyje kiekvieną dieną jaučia diskomfortą dėl per žemos oro temperatūros (15 %), kiti ją patiria tik kelis kartus per savaitę (23 %). Net 54 % dirbančių kartais patiria diskomfortą dėl kintančios ar per žemos oro temperatūros ar nemalonių kvapų.

### Diskomfortas darbo vietoje (studentų rezultatai)



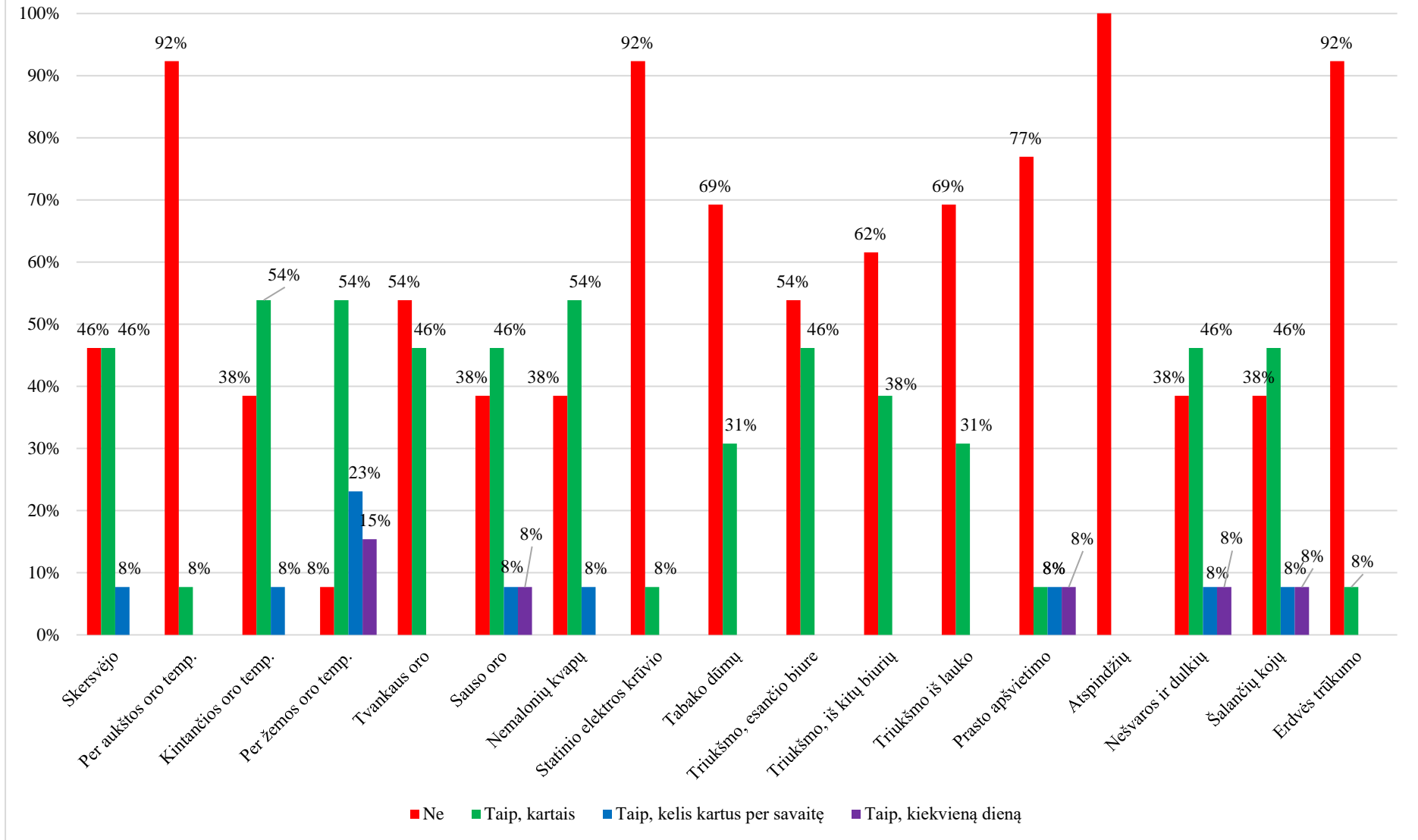
2.19 pav. Studentų patiriamo diskomforto, dėl patalpų mikroklimato, dažnumas

**Diskomfortas darbo vietoje (darbuotojai - paveldo pastato dalyje)**



**2.20 pav.** Darbuotojų patiriamą diskomfortą, dėl patalpų mikroklimato, dažnumas paveldo pastato dalyje

**Diskomfortas darbo vietoje (darbuotojai - naujoje pastato dalyje)**



**2.21 pav.** Darbuotojų patiriamo diskomforto, dėl patalpų mikroklimato, dažnumas naujoje pastato dalyje

### 2.1.10. Išvados

1. Tirtose patalpose išmatuota vidutinė oro temperatūra šaltuoju metų laikotarpiu, tenkina Lietuvos higienos normos HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ reikalavimus – yra ribose nuo 18 iki 22°C, išskyrus palyginimui tirtą patalpą, esančią naujoje pastato dalyje (šios patalpos vidutinė oro temperatūra – 17,63°C).
2. Nustatyta, kad šaltuoju metų laiku santykinis drėgnis visose patalpose, išskyrus 2 klasę paveldo pastato trečiame aukšte ir 338 biurą naujoje pastato dalyje, netenkina norminių reikalavimų. Tirtose patalpose vidutinis santykinis drėgnis yra 32,5 %.
3. Atlikus CO<sub>2</sub> koncentracijos tyrimus nustatyta, kad visų paskaitų metu CO<sub>2</sub> koncentracija viršija leistiną reikšmę (1000 ppm). Apie 13 valandą CO<sub>2</sub> koncentracija pasiekia 2790 ppm ribą, dėl to galėjo nukentėti studentų darbingumas.
4. Pagal atliktus subjektyvius tyrimus šaltuoju metų laikotarpiu, galima teigti, kad pastatas gali turėti „sergančio pastato“ sindromo simptomus. Santykinis drėgnis patalpose yra mažas. Dėl to patalpose esantys žmonės patiria nusiskundimų dėl nosies bei gerklės takų ligų, taip pat didelė dalis apklaustųjų skundėsi dėl sausos veido ir rankų odos.
5. Pagal klausimynų rezultatus nustatyta, kad 10 % studentų patyrė diskomfortą dėl kiekvieną dieną jaučiamos per žemos oro temperatūros patalpoje. Kelis kartus per savaitę patiriamo tvankaus oro (10 %). Kartais jaučiamą diskomfortą studentai patyrė dėl triukšmo (41 %), šalančių kojų (24 %), žemos temperatūros (38 %), tvankaus oro (34 %).
6. Darbuotojai dirbantys paveldo pastato dalyje kiekvieną dieną jaučia diskomfortą dėl triukšmo iš lauko (20 %) ir triukšmo biure (13 %). Taip pat 13 % dirbančių kelis kartus per savaitę patiria diskomfortą dėl per aukštos ar kintančios oro temperatūros, tvankaus oro, nemalonių kvapų, tabako dūmų ar atspindžių, 20 % dėl erdvės trūkumo, 27 % dėl sauso oro. Kartais diskomfortą darbuotojai patyrė dėl skersvėjo (40 %), per žemos oro temperatūros (53 %), nešvaros ir dulkių (47 %).
7. Palyginimui, darbuotojai dirbantys naujoje pastato dalyje daug labiau skundėsi dėl: kintančios oro temperatūros (54 %), tvankaus oro (46 %), nemalonių kvapų (54 %), didesnio patiriamo triukšmo iš kitų patalpų ir lauko, šalančių kojų (46 %). Abiejose pastato dalyje darbuotojai skundėsi dėl sausos veido ir rankų odos, jaučiamo nuovargio ir nosies niežėjimo, bei dažnai patiriamo sunkumo susikoncentruoti.

## 2.2. Kompiuterinis modeliavimas

### 2.2.1. Tyrimo metodika ir prietaisai

Šiame tyrime buvo naudojama skaitinės skysčių dinamikos (CFD) kompiuterinė programinė įranga *FloVENT* (Mentor Graphics, JAV). Ji naudojama sprendžiant matematinės lygtis, aprašančias skysčių ir dujų tėkmę. Ši programa taip pat aprašo fizikinius reiškinius, tokius kaip sklidimas, difuzija, konvekcija, kūnų aptekėjimas, turbulencija, šilumos ir masės mainai, temperatūrų, oro greičio ir koncentracijos judėjimą ir kt. Skysčių ir dujų judėjimas aprašomas diferencialinėmis skysčių ir dujų mechanikos lygtimis.

Tyrime bandoma nustatyti efektyviausią vėdinimo būdą anksčiau tirtoje patalpoje (3 kalbų klasė). Tiriamos patalpos realūs matavimai buvo atlikti šaltuoju metų laiku Kovo mėn. Tyrime buvo modeliuojama ši patalpa, kai joje buvo daugiausiai žmonių – 3 paskaita, 12 studentų ir dėstytoja. Atlikus natūrinius matavimus buvo gauta, kad tuo metu patalpoje užfiksuota 23,9°C temperatūra. Koncentracija tuo metu buvo užfiksuota 2790 ppm. Patalpa nebuvo vėdinama, oro kokybė buvo labai prasta. Šiuo tyrimu buvo sumodeliuota esama patalpos situacija su natūraliu vėdinimu, taip pat buvo analizuojami du vėdinimo būdai – sumaišomasis ir išstumiamasis.

Sumaišomojo vėdinimo privalumai:

1. Gali būti naudojama tiekiant pašildytą ir atvėsintą orą.
2. Didelės inercijos išsklaidytomis srovėmis galima pasiekti didesnes vėsinimo galias (tiekti labiau atvėsintą orą).
3. Mažas oro temperatūros ir teršalų koncentracijos gradientas patalpoje, tolygus oro judrumas darbo zonoje (jei sumaišomasis vėdinimas suprojektuotas teisingai).
4. Stabili oro apykaita (mažai įtakojama žmonių, kitų objektų judėjimo).
5. Lankstumas parenkant oro skirstytuvų vietas, skirstytuvais neužimamas patalpos plotas [23].

Bet taip pat turi savo trūkumų:

1. Trumpų oro cirkuliacijos žiedų ir mažai judraus oro zonų susidarymo pavojus (galintys sukelti teršalų susikaupimą tam tikrose patalpos zonose).
2. Didesnės energijos sąnaudos ir mažesnis efektyvumas (lyginant su išstumiamuoju vėdinimu).
3. Skersvėjų pavojai [23].

Sumaišomajame vėdinime oro greitis už okupuotos zonos yra pakankamai didelis, paprastai nuo lubų ar sienos. Didelis tiekiamo oro greitis reiškia, kad taip pat išleidžiamas

nemažas kiekis kambario oro. Tiekiamo oro greitis turi būti palaikomas tokiu lygiu, kad būtų užtikrintas efektyvus oro sumaišymas, tačiau tuo pačiu metu turi garantuoti, kad iki okupuotos zonos oro greitis sumažės iki reikiamo lygio. Visoje patalpoje temperatūra ir užterštumo koncentracija yra maždaug vienoda tiek izoterminiu, tiek šaltu oru. Sumaišomojo vėdinimo nelabai veikia išorinės įtakos, gali būti naudojami tiek šildymo, tiek aušinimo poreikiams [23].

Pagrindinės išstumiamojo (terminio) vėdinimo savybės - oro skirstytuvai įrengiami apatinėje patalpos dalyje, ištraukimo grotelės – viršutinėje dalyje. Į patalpą tiekiamas už projekcinę temperatūrą žemesnės temperatūros oras. Oro judėjimą lemia konvekcinės srovės patalpoje. Susidaro vertikalus oro temperatūros ir koncentracijos gradientas [23].

Pagrindiniai išstumiamojo vėdinimo privalumai:

1. Geriausiai tinka aukštesnėms nei 3 m patalpoms.
2. Geriausiai tinka kuomet turi būti tiekiamas atvėsintas oras.
3. Tinka patalpose, kuriose susidaro lengvesni už patalpos orą teršalai, bei susidaro konvekciniai srautai.

Bet ši vėdinimo rūšis mažiau tinka:

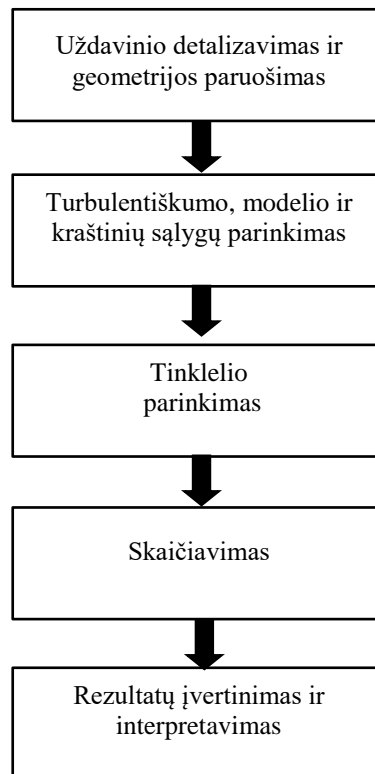
1. Jei patalpos aukštis žemesnės kaip 2,3 m.
2. Jei teršalai yra tankesni arba šaltesni už aplinkos orą.
3. Jei patalpų oro cirkuliacija nuolat trikdoma (dėl žmonių ir įrengimų judėjimo) [23].

Naudojant šį vėdinimo būdą, šilumos jėgos iš patalpos šildymo šaltinių, kontroliuoja oro paskirstymą. Oras į grindų lygį tiekiamas tiesiogiai į okupuotą zoną – esant žemam greičiui ir aušinimo temperatūrai. Oras plinta per grindis ir išstumiamas karštas, užterštas oras, kuris pristumiamas prie lubų konvekciniu srautu iš šildymo šaltinių. Ištraukimo grotelės ar įrenginiai geriausiai turėtų būti dedami į lubas, kur susidaro karštas, užterštas sluoksnis. Šio vėdinimo būdo efektyvumas didesnis negu sumaišomojo vėdinimo, dėl oro suskaidymo. Esant normaliomis sąlygomis šis vėdinimas nėra tinkamas šildymui [23].

Modeliuojamos patalpos matmenys yra 7,5x5x3,5 m. Patalpoje yra 3 langai (1,4x1,9 m.), kurių paviršiaus temperatūra nustatyta 12°C. Išorinės sienos paviršiaus temperatūra nustatyta 15°C. Patalpoje yra 3 radiatoriai iš kurių kiekvienas spinduliuoja 500 W šilumą. Taip pat, patalpoje yra tokių baldų kaip stalai, kėdės ir spintelės. Yra vienas nešiojamasis kompiuteris, kuris į patalpą spinduliuoja 50 W šilumą. Patalpoje yra sumodeliuoti 13 žmonių, kurie kiekvienas iškvepia po 0,15 l/s, 35°C temperatūros ir 40000 ppm CO<sub>2</sub> koncentracijos orą ir spinduliuoja 85 W šilumos. Tyrime bus lyginamas sumaišomasis ir išstumiamasis vėdinimas, bandant įvertinti, ar šios vėdinimo sistemos užtikrintų reikiamus mikroklimato parametrus patalpoje.

### 2.2.2. Simuliacijos sąlygos

Prieš atliekant skaičiavimus programa, buvo sudarytas tinklelis ir pasirinktas turbulencijos modelis *K-epsilon* (*LVEL K-epsilon*). Šiame modelyje, vertinami du kintamieji,  $k$  - kinetinė turbulencijos energija ir  $\epsilon$  - turbulentinės energijos nuostoliai. Jie apskaičiuojami pagal oro tiekimo angos charakteristikas ir oro greitį. Šis modelis pasirinktas, nes jis tiksliausiai įvertina oro srautų, oro temperatūrų ir oro teršalų sklaidą patalpoje [24]. Tiksliesniems rezultatams gauti pasirinktas dvigubo tikslumo sprendimo būdas. Kompiuterinio (CFD) modeliavimo eiga pateikiama 2.22 paveikslėlyje.



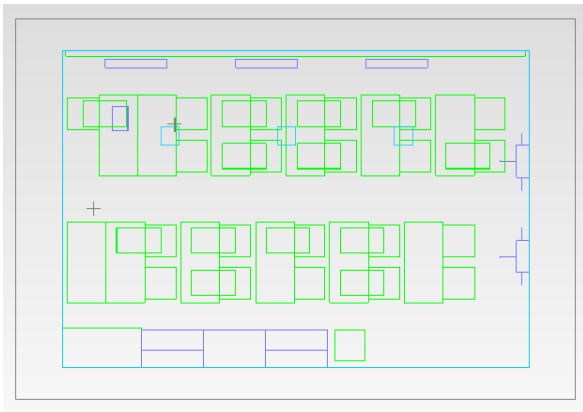
2.22 pav. Kompiuterinio modeliavimo eiga

Skaitiniame teršalų sklaidos modelyje buvo atkartota realios mikroklimato tyrimų patalpos geometrija. Stebėjimo taškai temperatūros ir teršalų koncentracijoms stebėti modelyje, atitiko natūrinių tyrimų metu naudotų matavimo prietaisų padėtis. Patalpos geometrijos buvo padalintos į skaičiuojamąsias celes panaudojus Dekarto tinklelį. Tinklelio tankis kiekvieno skaičiavimo metu buvo padidintas ties vėsia lauko siena ir tiekimo angų. Modeliuojamų variantų modeliai pateikti 2.3 lentelėje. Patalpos geometrijos ir grafinis vaizdas naudotos skaitiniame modelyje pavyzdys pateiktas 2.23 pav.

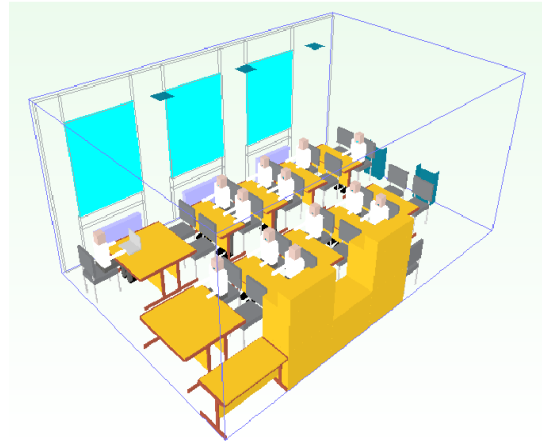


**2.3 lentelė.** Vėdinimo būdai ir kraštinių sąlygų aprašymas

Vėdinimo būdai	Kraštinių sąlygų aprašymas
Esama situacija – natūralus vėdinimas	Patalpoje oras paduodamas per vienintelę esamą orlaidę lange, kuri tiekia 15 l/s orą, oro temperatūra (lauko temperatūra) lygi 5°C, koncentracija – 400 ppm. Šiuo atveju orlaidė modeliuojama ant sienos, norint gauti tikslesnius duomenis. Realioje situacijoje oro ištraukimo patalpoje nėra, norint gauti rezultatus jis sumodeliuojamas virš vidaus durų.
Sumaišomasis (mišrusis) vėdinimas	Patalpoje sumodeliuojami trys kvadratiniai lubiniai oro tiekimo difuzoriai ANK-4-4CR [25], kurių kiekvienas tiekia po 60 l/s orą, tiekiamo oro temperatūra 16°C, koncentracija – 400 ppm. Tiekimo difuzoriai montuojami ant lubų. Šalinimo grotelės numatomos montuoti taip pat lubose - trys grotelės, iš kurių kiekviena ištraukia po 60,65 l/s oro kiekį (nuo difuzorių ir žmonių).
Ištumiamasis (terminis) vėdinimas	Patalpoje sumodeliuojami du terminio vėdinimo difuzoriai Lindab CBA – 1207 – 125 [26], kurių kiekvienas tiekia po 120 l/s orą, tiekiamo oro temperatūra 18°C, koncentracija – 400 ppm. Tiekiamo oro difuzoriai pastatyti ant žemės prie sienos ir orą tiekia į tris puses (tiesiai, į kairę ir į dešinę). Trys oro šalinimo grotelės numatomos montuoti lubose, kiekviena iš jų ištraukia 80,65 l/s oro kiekį (nuo difuzorių ir žmonių). Šalinimo grotelių vieta tokia pati kaip ir sumaišomojo vėdinimo metu, nes jų padėtis lubose šiame modelyje didesnės įtakos neturi.



(a)

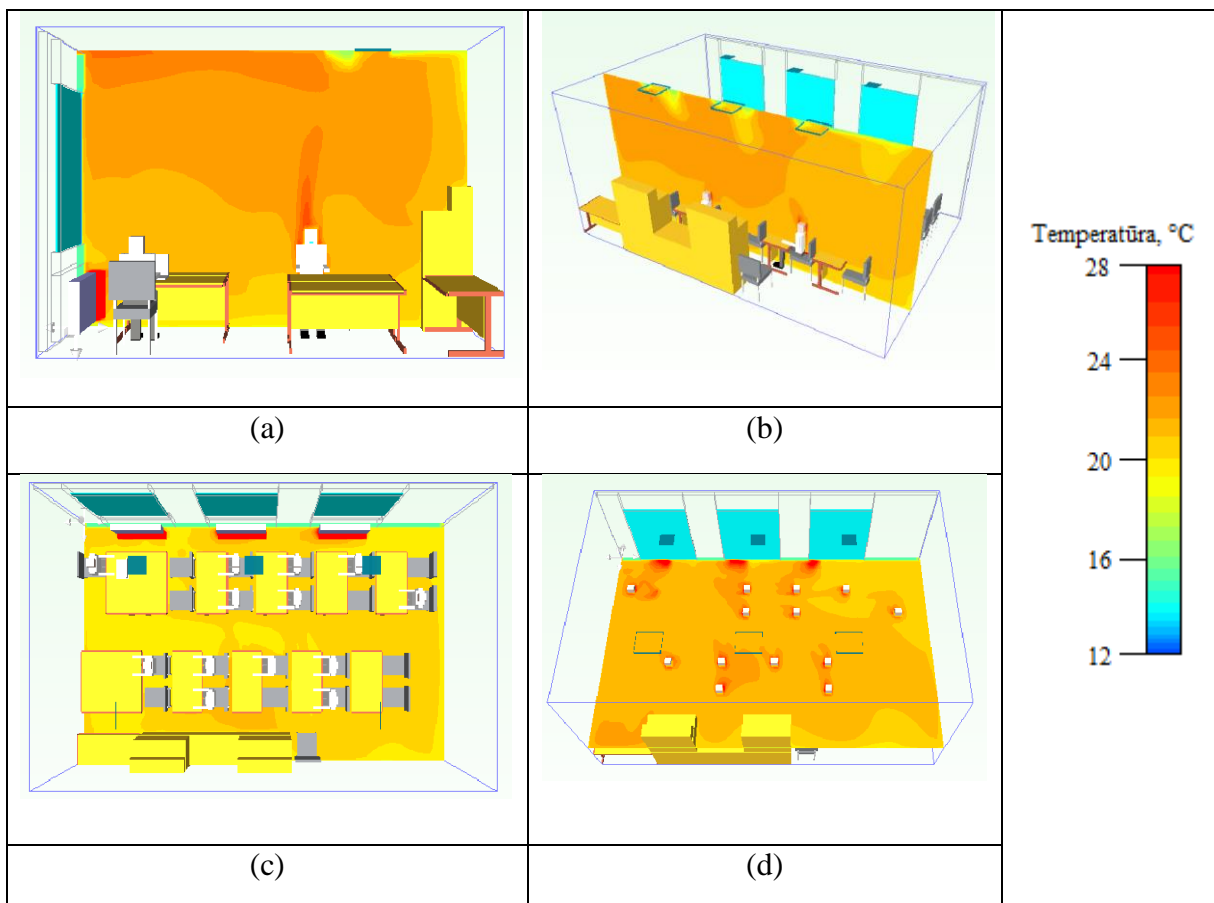


(b)

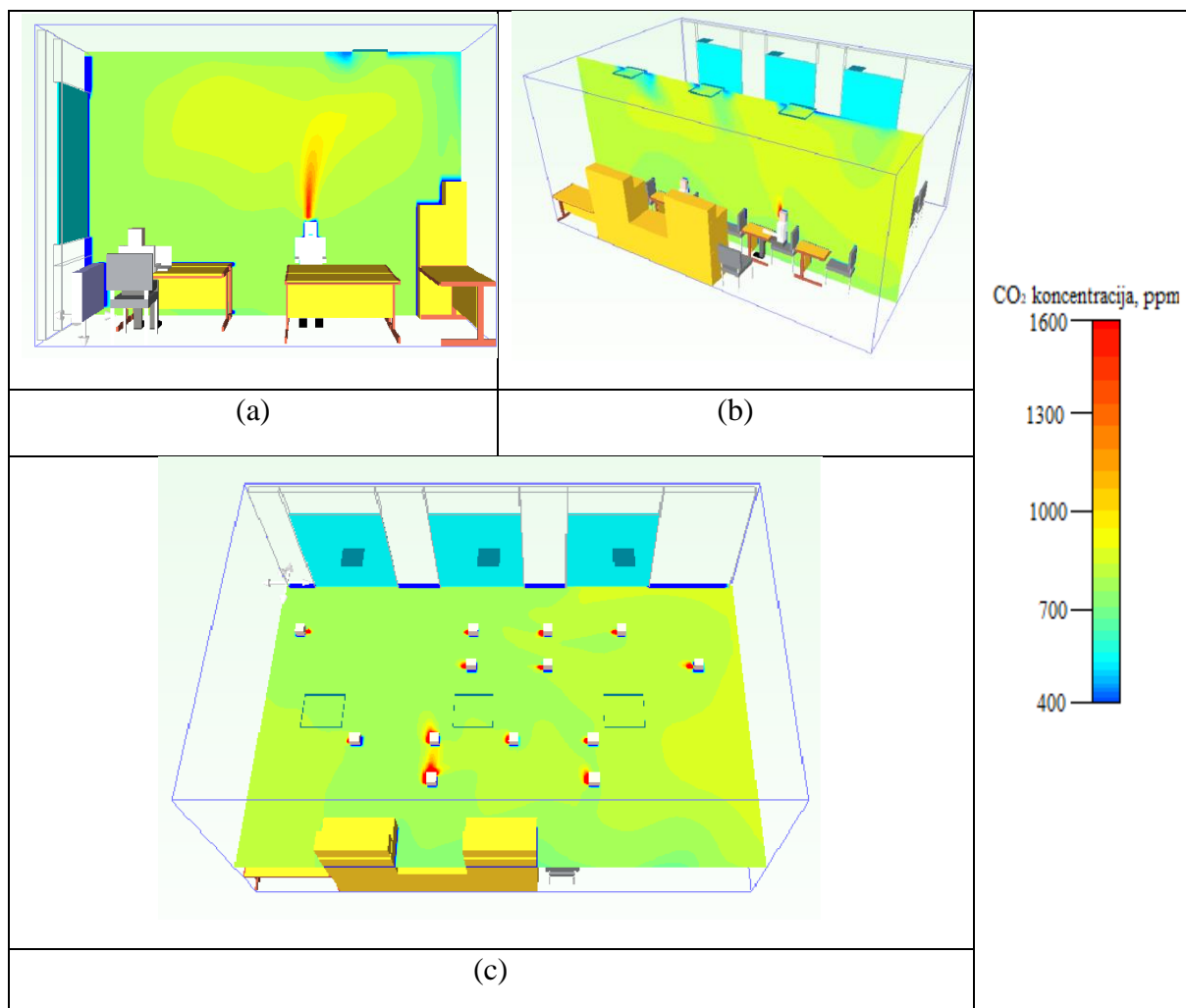
**2.23 pav.** Patalpos geometrijos pavyzdys (planas (a) ir grafinis vaizdas (b)): atvejis su išstumiamuoju vėdinimu. „+“ rodo parametrų stebėjimo vietas

### 2.2.3. Kompiuterinio modeliavimo rezultatai

#### *Sumaišomojo vėdinimo modeliavimo rezultatai:*



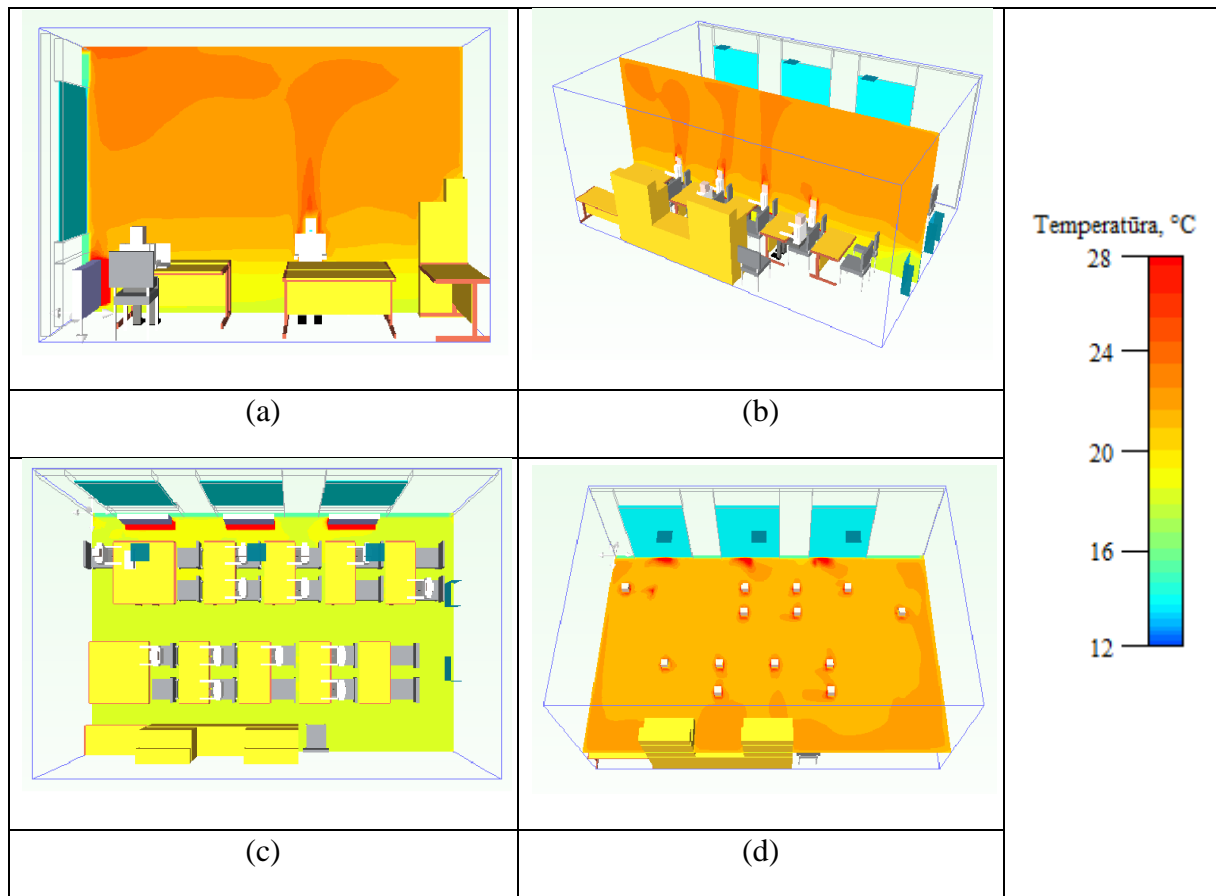
**2.24 pav.** Temperatūros pasiskirstymas, sumaišomojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas pro tris kvadratinus lubinius oro tiekimo difuzorius: (a) pjūvis ties lauko siena, difuzoriumi ir žmogumi; (b) pjūvis ties visa patalpa, difuzoriais ir žmonėmis; (c) temperatūros pasiskirstymas 0,1 m aukštyje (ties kulkšnimis); (d) temperatūros pasiskirstymas 1,1 m aukštyje (ties galva – sėdančio žmogaus darbo zona)



**2.25 pav.** CO<sub>2</sub> koncentracijos pasiskirstymas, sumaišomojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas pro tris kvadratinius lubinius oro tiekimo difuzorius: (a) pjūvis ties lauko siena, difuzoriumi ir žmogumi; (b) pjūvis ties visa patalpa, difuzoriais ir žmonėmis; (c) CO<sub>2</sub> koncentracijos pasiskirstymas 1,1 m aukštyje (ties galva – sėdancio žmogaus darbo zona)

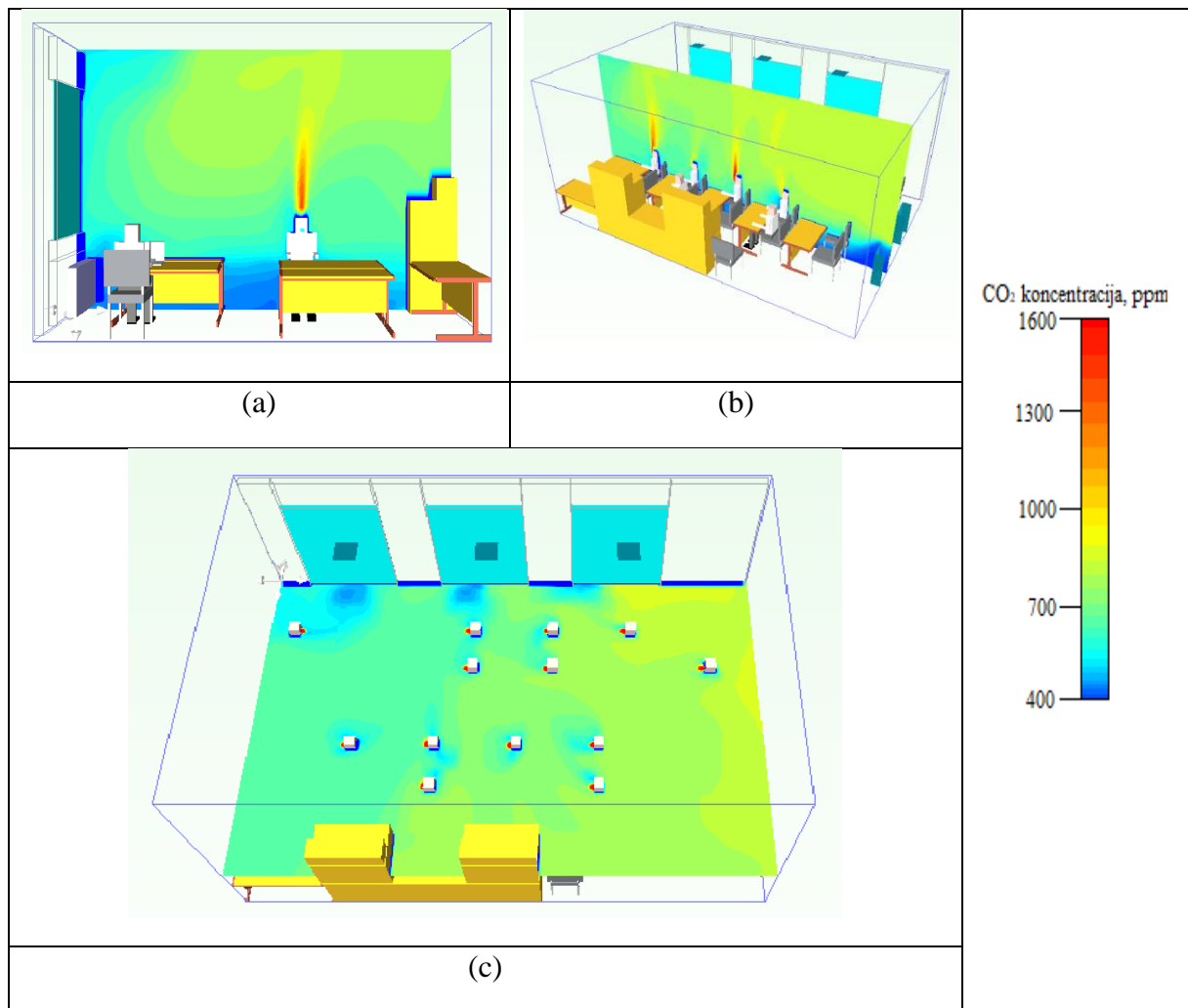
Atlikus sumaišomojo vėdinimo modeliavimą, tyrimo rezultatai (2.24 ir 2.25 pav.) rodo, kad patalpos oro susisluoksniavimas nesusiformavo. Patalpos temperatūra ir teršalų koncentracija patalpoje buvo pasklidusi santykinai tolygiai visame patalpos aukštyje. Lyginant su realia situacija, šiame modelyje vidutinė oro temperatūra darbo zonoje ~ 21,26°C (ribinės sąlygos nuo 18-22°C), o CO<sub>2</sub> koncentracija ~ 788,9 ppm (ribinės sąlygos iki 1000 ppm). Šis modelis tenkina leistinas sąlygas nustatytas pagal HN 42:2009 normas.

**Terminio (išstumiamojo) vėdinimo modeliavimo rezultatai:**



**2.26 pav.** Temperatūros pasiskirstymas, išstumiamojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas per du išstumiamojo vėdinimo oro tiekimo difuzorius, esančius ant grindų, prie sienos: (a) pjūvis ties lauko siena ir žmogumi; (b) pjūvis ties visa patalpa, difuzoriu ir žmonėmis; (c) temperatūros pasiskirstymas 0,1 m aukštyje (ties kulkšnimis); (d) temperatūros pasiskirstymas 1,1 m aukštyje (ties galva – sėdančio žmogaus darbo zona)

Atlikus terminio vėdinimo modeliavimą, tyrimo rezultatai (2.26 ir 2.27 pav.) rodo, kad naudojant šį vėdinimo būdą gaunamas vertikalus temperatūrų ir teršalų koncentracijos gradientas. Apatinėje dalyje yra susikaupęs vėsesnis oras ir mažesnė teršalų koncentracija. Išsiskyrę šiltesni už patalpos orą teršalai, šiuo atveju žmogaus iškvepiamas oras, kyla į viršų ir ten pašalinamas. Lyginant su realia situacija, šiame modelyje vidutinė oro temperatūra darbo zonoje ~ 21,47°C (ribinės sąlygos nuo 18-22°C), o CO<sub>2</sub> koncentracija ~ 635,24 ppm (ribinės sąlygos iki 1000 ppm). Šis modelis tenkina leistinas sąlygas nustatytas pagal HN 42:2009 normas. Teršalų koncentracijos pasiskirstymas patalpoje matomas 2.27 paveikslėlyje.



**2.27 pav.** CO<sub>2</sub> koncentracijos pasiskirstymas, išstumiamojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas per du išstumiamojo vėdinimo oro tiekimo difuzorius, esančius ant grindų, prie sienos: (a) pjūvis ties lauko siena ir žmogumi; (b) pjūvis ties visa patalpa, difuzoriumi ir žmonėmis; (c) CO<sub>2</sub> koncentracijos pasiskirstymas 1,1 m aukštyje (ties galva – sėdančio žmogaus darbo zona)

### ***Natūralaus (esamos situacijos) vėdinimo modeliavimo rezultatai:***

Taip pat buvo atliktas realios situacijos (natūralaus vėdinimo) modeliavimas, rezultatai kiek nesutapo su realiais išmatuotais duomenimis. Išmatuota natūriniais tyrimais patalpos temperatūra buvo 23,9°C, koncentracija tuo metu užfiksuota 2790 ppm. Atlikus modeliavimą gauta patalpos temperatūra tame pačiame taške 24,8°C, teršalų koncentracija 4791,23 ppm. Rezultatų netikslumas gali priklausyti nuo netinkamo oro kiekio parinkimo (neaišku koks oro kiekis realiai patenkamas į patalpą), taip pat realiomis sąlygomis, gali būti darinėjamos durys ar langai, dėl to temperatūra ir CO<sub>2</sub> koncentracija gali labai svyruoti, o modeliuojant to numatyti negalima. Natūralaus vėdinimo rezultatai pateikiami 2 priede. Reikia atkreipti dėmesį į tai, kad natūralaus vėdinimo CO<sub>2</sub> koncentracijos matavimų skalė skiriasi nuo kitų vėdinimo būdų, dėl to, nes natūraliuoju būdu gauta koncentracija buvo apie 4-5 kartus didesnė negu kitais atvejais.

#### **2.2.4. Kompiuterinio modeliavimo išvados**

1. Tiek sumaišomojo, tiek išstumiamojo vėdinimo sistemos užtikrina reikiamą temperatūrą ir leistiną CO<sub>2</sub> koncentraciją.
2. Išstumiamojo vėdinimo metu gauta CO<sub>2</sub> koncentracija 19,48 % mažesnė negu sumaišomojo vėdinimo metu.
3. Sumaišomojo vėdinimo metu tiekama ir šalinama 25 % mažiau oro kiekio – mažesnės energijos išlaidos.

### 3. Gyvavimo ciklo analizė

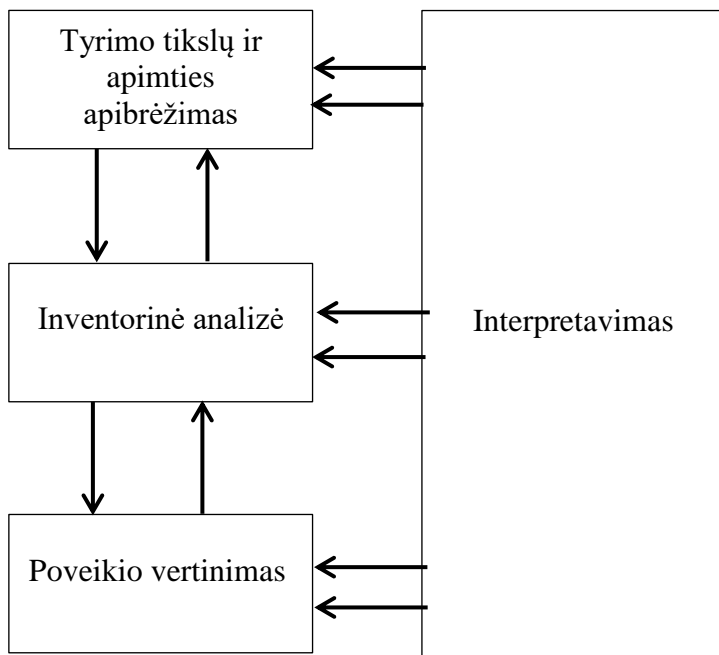
#### 3.1. Gyvavimo ciklo analizės tyrimų aktualumas

Pastatai yra pagrindinis energijos suvartojimo šaltinis, už kurį atsakingas žmogus. Paveldo pastatai reikalauja didelių ekonominių resursų ir nemažo kultūrinio kapitalo.

Pagrindiniai gyvavimo ciklo analizės (GCA) teiginiai:

1. Sistemiškai analizuojamų produktų daroma įtaka aplinkosauginiams veiksniams per visą jų gyvavimo ciklą (gavyba, gamyba, naudojimas ir utilizavimas, šalinimas ir perdirbimas). Gyvavimo ciklas dažnai siejamas su teiginiu „nuo idėjos iki utilizavimo“, kuris taip pat siejamas su poveikio aplinkai vertinimu [27].
2. Tai metodas, atlikti kiekybinę produkto ar paslaugos per visą jo gyvavimo ciklą analizę. Tai priemonė, leidžianti analizuoti aplinkosauginius aspektus, kuri taip pat leidžia pateikti galimus poveikius aplinkai. Pagal ISO 14040 apibrėžimą, vertinimas paprastai apima gamybos, naudojimo ir disponuojamo produkto įvertinimą [28].
3. Tai matavimo priemonė, kuri įvertina produkto aplinkosauginį poveikį per jo gyvavimo ciklą, nuo jo gavybos iki perdirbimo. GCA gali parodyti, kaip buvo paveikta klimato kaita pastato gyvavimo laikotarpiu nuo medžiagų iškasimo iki atliekų utilizavimo. Analizės rezultatai tai, ekologinis profilis, skirtas aplinkosaugos problemoms įvertinti. Pavyzdžiui, klimato kaita, toksiškumas, iškastinio kuro eikvojimas, vandens išteklių eikvojimas ir kt. [27].

Į gyvavimo ciklo analizės rezultatus nėra žiūrima, kaip į absoliutinius, jie labiau vertinami kaip palyginamieji, todėl šis būdas labiau tinka vidiniam vertinimui ir produktų tobulinimui. Pagal ISO 14040 standartą, gyvavimo ciklo vertinimą sudaro keturi tarpusavyje susiję etapai (3.1 pav.) [29].



3.1 pav. LCA sistema pagal ISO 14040 standartą [29]

**Tikslo apibrėžimas ir apimties nustatymas** apibūdina produktą, procesą ar veiklą. Nurodo sąlygas, pagal kurias turi būti atliekamas vertinimas, bei numato ribas ir galimą poveikį aplinkai. Tikslas ir tyrimo apimtis taip pat paaiškina: vykdymo priežastis ir išsikeltus klausimus, į kuriuos reikia atsakyti; tikslų produkto apibrėžimą; duomenis ir duomenų kokybės reikalavimus; prielaidas ir apribojimus.

**Inventorinė analizė** nustato ir kiekybiškai nurodo energijos, medžiagų naudojimą ir nuodingų medžiagų, teršalų išsiskyrimus į aplinką. Duomenys gali būti labai įvairūs – tiesioginiai matavimai, teorinė medžiaga, statistiniai duomenys ar literatūra.

**Poveikio vertinimas** – gyvavimo ciklo fazės įvertinimas, pagal produkto sistemos galimą poveikį aplinkai per visą gyvavimo ciklą.

**Interpretavimas** nurodo inventorinės analizės ir poveikio vertinimo rezultatus, kad būtų galima išsirinkti labiausiai tinkantį produktą, gamybos procesą, ar reikalinga paslaugą. Leidžia aiškiai suprasti tam tikrus neaiškumus ir prielaidas, naudotus rezultatų generavimo procese. Projektuojant pastatą, ar pasirenkant reikalingas medžiagas, gyvavimo ciklo analizė yra naudinga, nes padeda priimti sprendimus su tam tikromis alternatyvomis. Padeda parinkti reikalingas medžiagas ir paslaugas, kurios turėtų mažiausią poveikį aplinkai [29].

Vienas iš pagrindinių sunkumų taikant GCA yra toks, kad visada reikia analizuoti naudojant negalutinius bei nevisiškai patikimus duomenis. Pagrindinės gautų duomenų neatitikimo priežastys gali būti tokios:

1. Klaidingas išankstinis įsitikinimas dėl „teisingo“ srautų, su skirtingais matavimo vienetais, kiekybinio palyginimo.



2. Aklas tikėjimas nepatikimais duomenimis.
3. Duomenų tikrinimas, neatliekant medžiagų srauto balanso [30].

Be šių priežasčių taip pat įtakos dar gali turėti ir įvairūs globalūs veiksniai. Skirtingų procesų ir ekonominės veiklos lygiai, nevienodų technologijų naudojimas vienuose procesuose, skirtingi proceso įvedimo parametrai, tokie kaip skirtinga produkcija ar žaliavų kokybė.

Iš GCA apibrėžimų galima daryti išvadą, kad pagrindinis GCA objektas tai žaliavų pakartotinio panaudojimo galimybės. GCA galima apibūdinti kaip mokslinę ir techninę tyrimų sistemą [30].

## **3.2. Tyrimų metodai**

### **3.2.1. Ekspertų apklausa - interviu**

Tyrimo metu atliekama granitinio tinko gyvavimo ciklo analizė. Granitinis tinkas naudojamas paveldo pastatų fasadų apdailoje (ypač renovuojant fasadą). Šis tinkas susideda iš granitinių grudelių, cemento, žėručio ir vandens. Jis pasižymi dideliu atsparumu mechaniniam poveikiui ir ultravioletiniams spinduliams. Granitinis tinkas taip pat yra ilgaamžis ir kokybiškas.

Siekiant praktinio suvokimo apie granitinio tinko paruošimą ir naudojimą 2018-ųjų metų lapkričio mėnesį atliktas ekspertinis interviu. Norint tiksliai atlikti granitinio tinko gyvavimo ciklo analizę buvo susisiepta su Vytautu Aleksandravičiumi, UAB „Gotika“ direktoriumi ir įmonės granituotoja Aldona Leonavičiene. Interviu metu buvo išsiaiškinta kaip yra paruošiamas ir naudojamas granitinis tinkas. Susisiekus su direktoriumi buvo nustatyta kaip yra paruošiami granito grūdėliai ir kokie procesai atliekami jiems gauti. Susisiekus su granituotoja nustatyta, kaip yra paruošiama granitinio tinko masė ir kaip vyksta tinkavimo procesas.

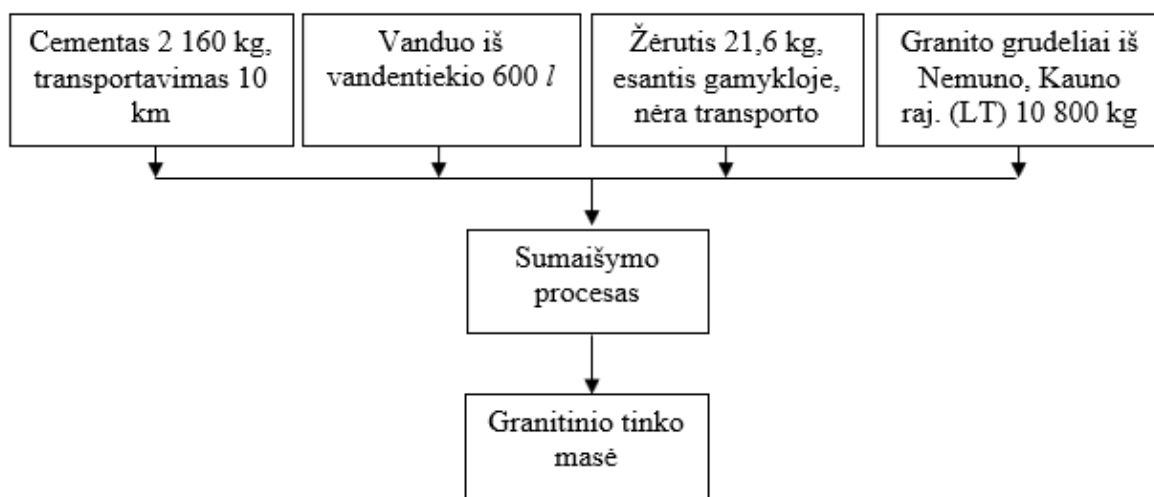
Gauta informacija buvo naudojama granitinio tinko gyvavimo ciklo analizei atlikti. Analizė buvo atlikta *SimaPro 8* programa, kuria siekta nustatyti, vietinių ir atvežtinių medžiagų naudojimo poveikį aplinkosauginiu požiūriu.

### **3.2.2. Gyvavimo ciklo analizė *SimaPro 8* programine įranga**

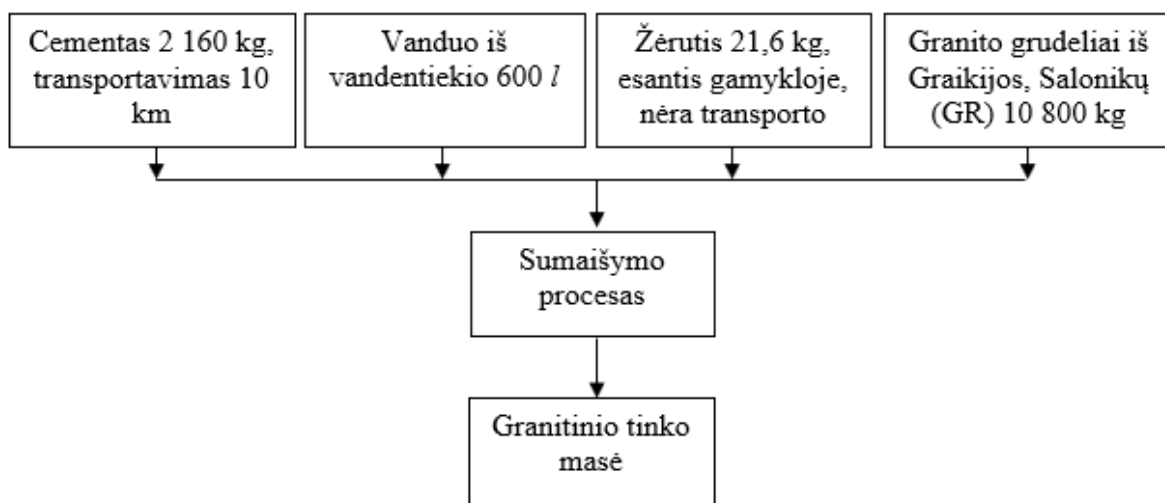
*SimaPro 8* programinė įranga leidžia rinkti, analizuoti ir stebėti produktų ir paslaugų tvarumą. Tai suteikia galimybę lengvai modeliuoti, sistemingai ir skaidriai analizuoti sudėtingus gyvavimo ciklus, išmatuoti produktų ir paslaugų poveikį aplinkai visais gyvavimo ciklo etapais ir nustatyti visus viešojo tiekimo tinklo aspektus, nuo žaliavų gavybos iki gamybos, transportavimo, naudojimo ir šalinimo [31].

Šios programinės įrangos tikslas – parodyti, kad *SimaPro 8* pateiktais duomenimis galima sukurti tokį planą, kuris ateityje leis išvengti defektų. Taip pat, ši programa pateikia trūkumų turinčius gaminius kaip vertingą informacijos šaltinį, kuris palaiko naujų gaminių projektavimo sprendimų priėmimo procesą [31].

Šia programine įranga buvo lyginamas tik granitinio tinko masės paruošimo procesas dviem skirtingais atvejais: kai granito grūdėliai išgaunami iš Nemuno upės ir transportuojami į gamyklą (vietinis šaltinis); kai granito grūdėliai išgaunami Graikijoje (Salonikai) ir transportuojami į Lietuvą (atvežtinis šaltinis). Šiuo metu, įmonė granito grūdėlius transportuoja iš Graikijos, bet visos galimybės išgauti juos iš Lietuvos yra. Rezultatams gauti buvo pasirinkta, kad reikia granitinio tinko 600 m<sup>2</sup> sienai padengti. Pagal gautą informaciją interviu metu granitinio tinko masės paruošimo medžiagos, procesai ir kiekiai pavaizduoti 3.2 ir 3.3 paveikslėliuose.



3.2 pav. Granitinio tinko masės paruošimas, kai granito grūdėliai išgaunami iš vietinių šaltinių



3.3 pav. Granitinio tinko masės paruošimas, kai granito grūdėliai atvežami iš kitų šalių

### 3.3. GCA tyrimų rezultatai

#### 3.3.1. Atlikto interviu rezultatai

Iš gautos informacijos atlikus interviu nustatytas granitinio tinko paruošimo ir naudojimo procesai.

**Pirmas etapas** - granito paruošimas vyksta tokiais procesais:

1. atvežus stambią granitinę skalda (daugiausiai 2 tonos), autopakrovėju, suberiama į bunkerį, iš jo skalda patenka į dozatorių, kurio galingumas 2 kW;
2. dozatorius medžiagas paduoda ant transporterio (galingumas 1 kW);
3. transporteris medžiagas transportuoja į žiauninį malūną (galingumas 7,5 kW);
4. sutraiškytas granitas krenta pro žiauninio malūno stovintį ritininio malūno (volinį malūną), kur traiškomas į smulkią frakciją pagal volų sureguliuojamą (malūno galingumas 7,5 kW);
5. iš malūno sutraiškytas granitas krenta į sijojimo sietus. Pirmas sietas sukdamasis atskiria nulinę frakciją ir suskirsto granito grūdelius pagal frakcijas (pagal sietų akutes). Sietą suka 2kW variklis;
6. iš pirminio sieto grūdeliai krenta į tokį patį antrą sietą, prie kurio prijungtas vanduo. Sukantis sietams nuplaunamos nuo frakcionuotų grūdelių dulkės ir nešvarumai. Sietą suka 2kW variklis.

Vanduo imamas iš šalia esančio vandens bokšto ar netoli esančio upelio (jei imamas iš upelio, tai dar papildomai naudojamas 1,8 kW „GLOM“ siurblys). Vanduo tiekiamas vandentiekiu. Malimui vanduo tiekiamas iš miesto vandentiekio. Gamybos vietoje yra įrengti trys šuliniai, jie naudojami vandeniui filtruoti ir toliau naudoti. Granito atliekų nesusidaro, visos medžiagos sunaudojamos. Vandens atliekų taip pat nelieta. Jeigu lauke santykinis drėgnis yra didelis, tai šis procesas nevykdomas, nes esant dideliame santykiniam drėgnumui granitas neskykla arba sunkiai skykla, susidaro „košė“, byra. Granito paruošimas priklauso nuo oro, turi būti sausas oras tinkamai jo gamybai.

**Antras etapas** – granitinio tinko masės paruošimas (šis etapas bus tiriamas *SimaPro 8* programine įranga):

Sudėtis: granito grūdeliai, cementas, žerutis ir vanduo.

1. pirma sumaišomos 0.2, 0.3 ir 0.4 frakcijos granitas (jei yra 5 dalys granito tai: 3 dalys smulkios frakcijos (0.2 ir 0.3) ir 2 dalys stambesnės (0.4));
2. po to sumaišomas granitas ir cementas, jų santykis 5:1 (5 dalys granito prie 1 dalies cemento, pavyzdžiui jei yra 5 kibirai granito, tai reikia vieno kibiro cemento);

3. pilamas vanduo – jei yra 5 kibirai granito ir 1 kibiras cemento tai reikia 1 litro vandens (santykis 5:1:0,1);
4. suberiamas žėrutis – jei yra 5 kibirai granito tai reikia 1 saujos žėručio (santykis 5:0,01). Masės sudėtis pagal tūrį: granitas, cementas, vanduo, žėrutis atitinkamai 1:0,2:0,02:0,002.

Toliau aprašomas *trečias etapas* – tinkavimas granitiniu tinku, renovacijos proceso eiliškumas toks:

1. seno tinko nuvalymas iki plytų mūro (su šepečiais);
2. sienos nuplovimas vandeniu;
3. džiūvimas;
4. gruntavimas (8 l 0,5 l giluminio grunto);
5. džiūvimas;
6. rūpus tinkavimas neužtrinant;
7. džiūvimas;
8. gruntavimas (8 l 0,5 l giluminio grunto);
9. džiūvimas;
10. siena nutepama nestoru cemento sluoksniu;
11. tepama paruošta granitinio tinko masė;
12. užtepus granito masę, su rankiniu purkštuvu (vandeniu ) nuplaunamas ant grūdelių esamas cementas;
13. sukietėjus uždėtai granito masei, plaunama su druskos rūgšties tirpalu.

Tokių granitinių tinkų Kaune yra padengtas Vytauto Didžiojo karo muziejus, viešbutis „Daugirdas“, Kauno kunigų seminarija.

Paveldo pastatų fasadams atnaujinti dažniausiai naudojamas yra granitinis tinkas. Anksčiau minėta įmonė granitą išgaudavo iš Nemuno, bet šiuo metu jis transportuojamas iš Graikijos, nes granitinio tinko paklausa nebėra tokia didelė, kokia ji buvo anksčiau. Nors ir yra visos galimybės išgauti granitą Lietuvoje, bet dėl struktūrinio tinko populiarumo įmonė to nebedaro. Yra įvairių alternatyvų, kaip gaminama tokia pati masė kaip granitinio tinko, pavyzdžiui: sutrinto stiklo burbuliukai ar akmenų vatos burbuliukai. Taip pat, vietoj granitinio tinko dar naudojamas ir mozaikinis tinkas, kuris transportuojamas iš Vokietijos, bet pagrindinė fasadų atnaujinimo medžiaga tarpukario paveldo pastatams yra granitinis tinkas.

### 3.3.2. *SimaPro 8* programinės įrangos tyrimų rezultatai

Į *SimaPro 8* programos aplinką buvo įvesti duomenys pateikti 3.1 ir 3.2 lentelėse.

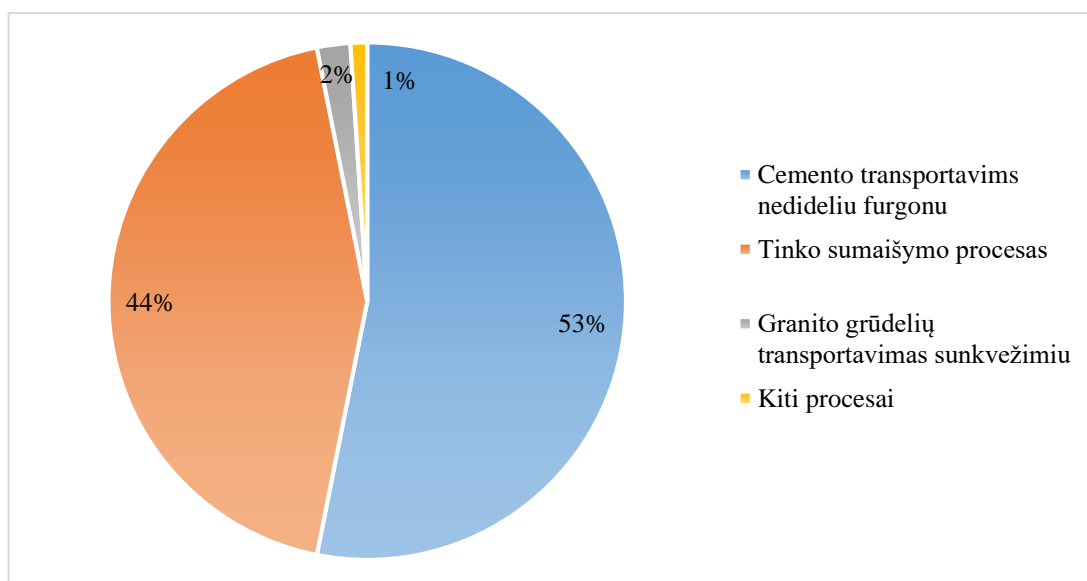
**3.1 lentelė.** Granitinio tinko masės paruošimas, kai granito grūdėliai iš Lietuvos (vietiniai)

Medžiaga/procesas	Kiekis	Transportavimo atstumas	Paiškinimai
Granito grūdėliai	10 800 kg	30 km	Įvertinami tik transportavimo ir išgavimo procesai
Cementas	2 160 kg	10 km	Įvertinamas tik transportavimo procesas
Žėrutis	21,6 kg	-	Įvertinamas kaip išgautas mineralas
Vanduo	600 l	-	Vanduo iš vandentiekio
Sumaišymo procesas	13 581,6 kg	-	Maišymas vyksta be mechanizmų pagalbos

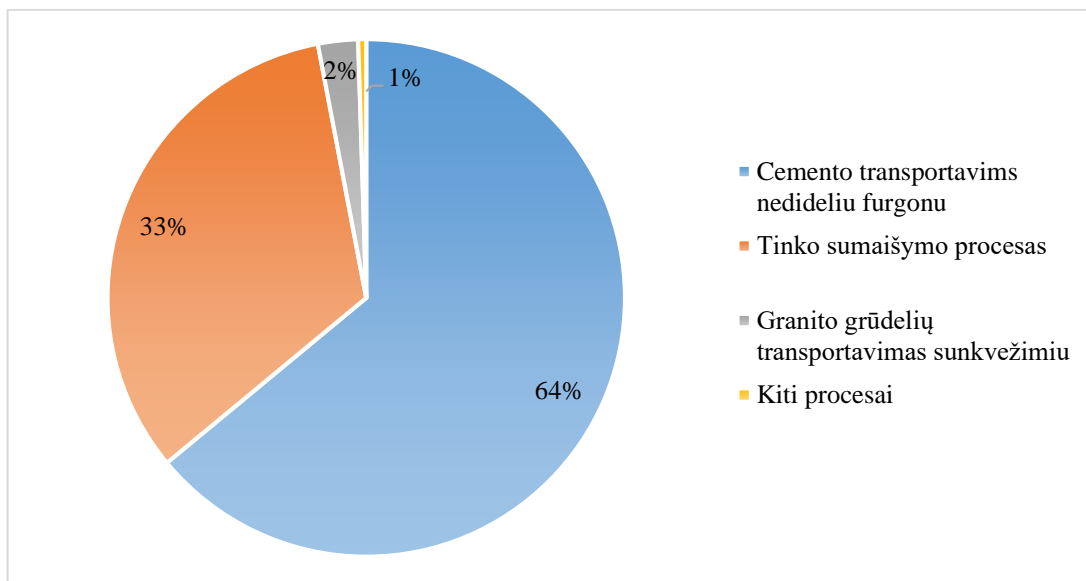
**3.2 lentelė.** Granitinio tinko masės paruošimas, kai granito grūdėliai iš Graikijos (atvežtiniai)

Medžiaga/procesas	Kiekis	Transportavimo atstumas	Paiškinimai
Granito grūdėliai	10 800 kg	2 120 km	Įvertinami tik transportavimo ir išgavimo procesai
Cementas	2 160 kg	10 km	Įvertinamas tik transportavimo procesas
Žėrutis	21,6 kg	-	Įvertinamas kaip išgautas mineralas
Vanduo	600 l	-	Vanduo iš vandentiekio
Sumaišymo procesas	13 581,6 kg	-	Maišymas vyksta be mechanizmų pagalbos

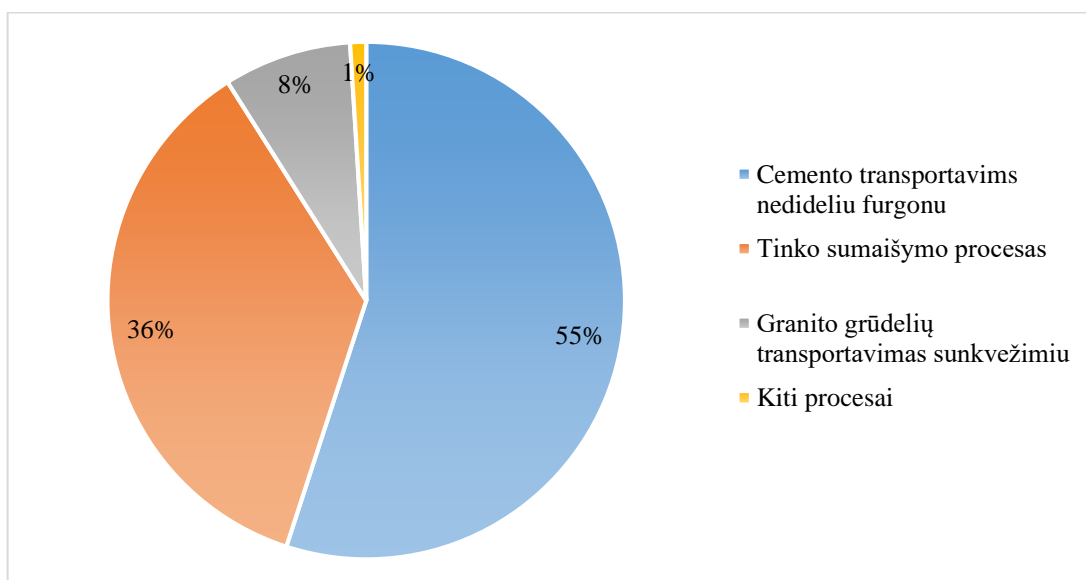
Žalos įvertinimas nurodomas pagal tris kategorijas: žmogaus sveikatos kategorija, ekologinės sistemos kategorija ir resursų kategorija. Atskirų variantų procesų ir medžiagų žalos įvertinimo rodikliai pateikti paveikslėliuose žemiau (3.4–3.9 pav.).



**3.4 pav.** Žmogaus sveikatos kategorija, kai granito grūdėliai transportuojami iš Lietuvos

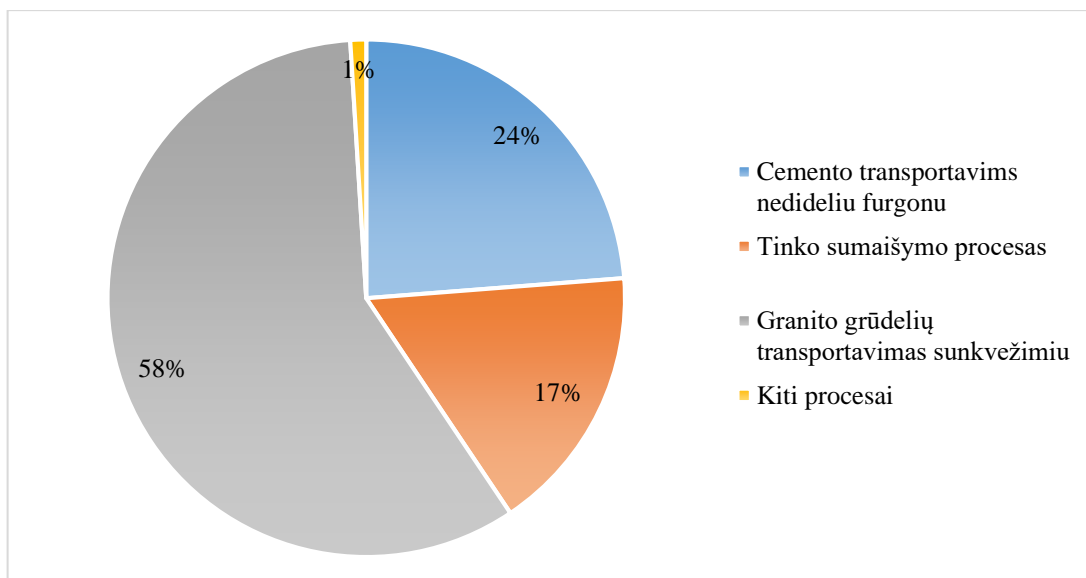


**3.5 pav.** Ekologinės sistemos kategorija, kai granito grūdeliai transportuojami iš Lietuvos

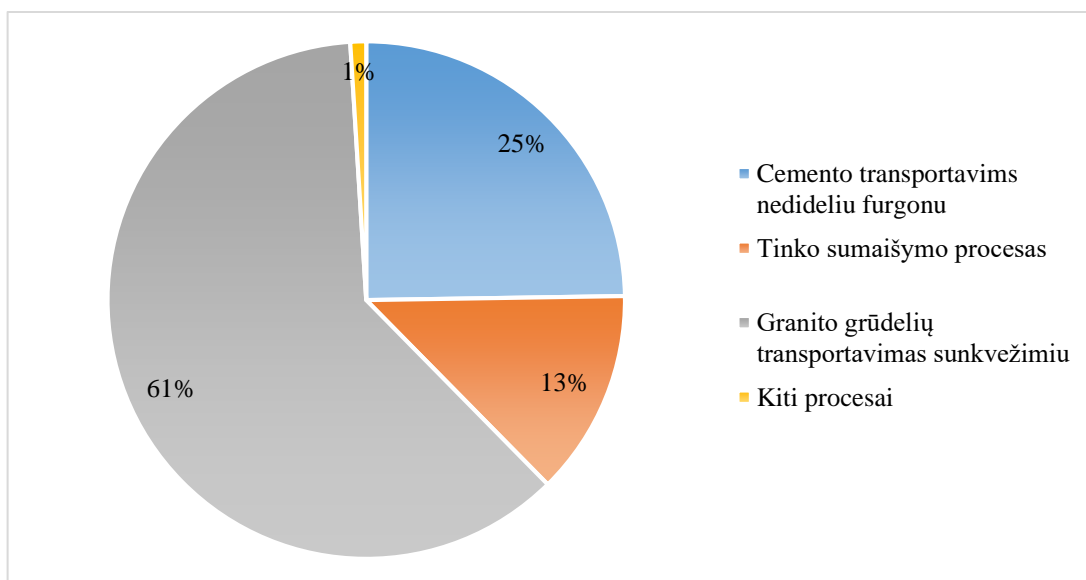


**3.6 pav.** Naudotų resursų kategorija, kai granito grūdeliai transportuojami iš Lietuvos

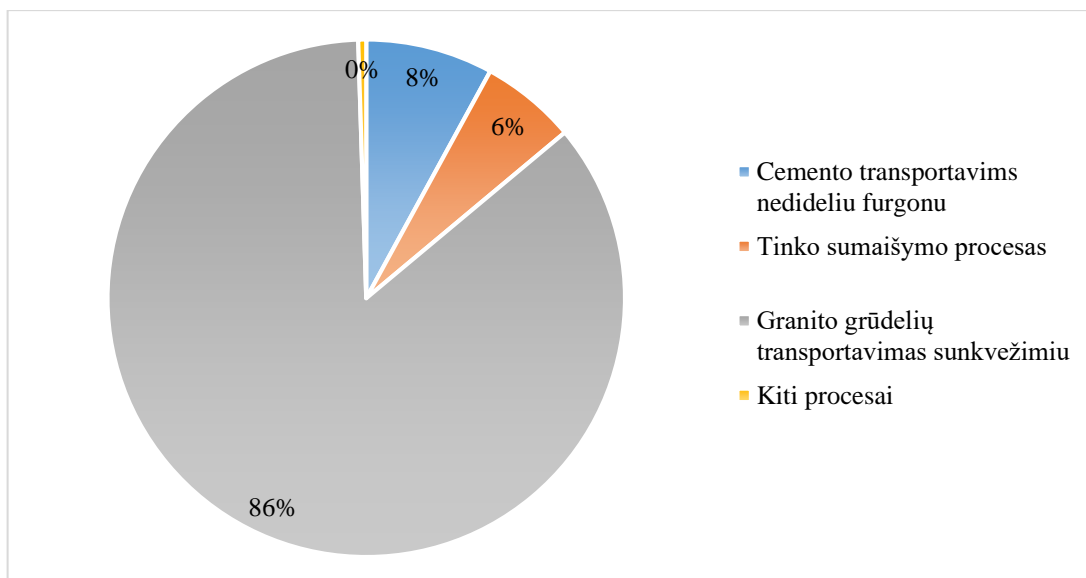
Iš pateiktų diagramų nustatyta, kai granito grūdeliai transportuojami iš Lietuvos didžiausią įtaką visoms trimis kategorijoms, pagal *SimaPro 8* programinę įrangą, turi cemento transportavimas nedideliu furgonu. Tai yra dėlto, nes ši programa taip pat įvertina ir cemento gamybos metu gaunamą žalos vertinimą. Cementui išgauti reikalingos medžiagos ir procesai į aplinką išmeta daugybę įvairių teršalų. Cemento gamyba tai didelio kiekio žaliavų ir energijos naudojimas, o visas šis procesas sudaro 5 % viso antropogeninio CO<sub>2</sub> kiekio [32]. Granito grūdelių transportavimas sunkvežimiu kiekvienos kategorijos vertinime, nesiekia net 10 %, tai yra dėl to, nes atstumas yra nedidelis, bei neįvertinamas granito apdorojimo procesas.



**3.7 pav.** Žmogaus sveikatos kategorija, kai granito grūdeliai transportuojami iš Graikijos



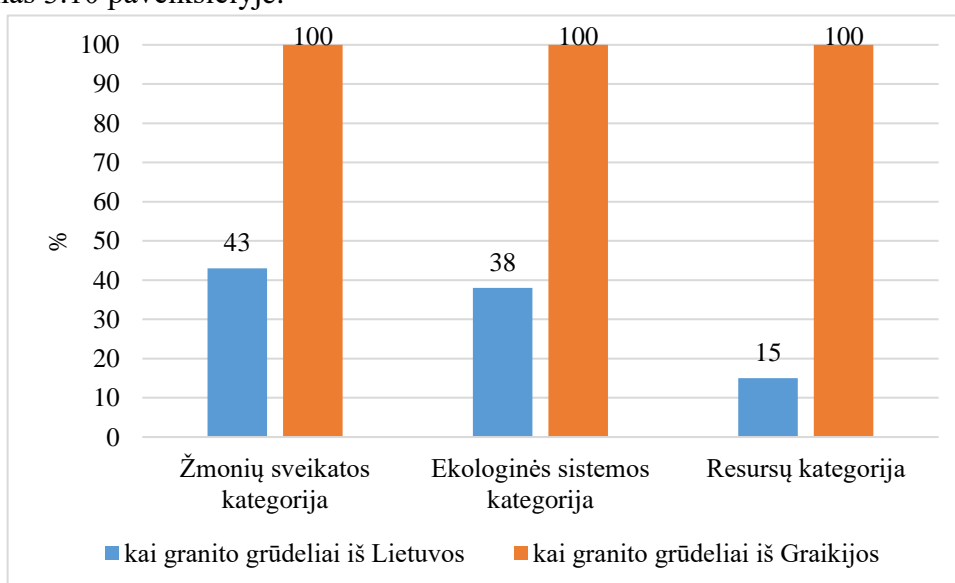
**3.8 pav.** Ekologinės sistemos kategorija, kai granito grūdeliai transportuojami iš Graikijos



**3.9 pav.** Naudotų resursų kategorija, kai granito grūduliai transportuojami iš Graikijos

Iš pateiktų diagramų (3.7–3.9 pav.) nustatyta, kai granito grūduliai transportuojami iš Graikijos tai didžiausią įtaką visoms trimis kategorijoms, pagal *SimaPro 8* programinę įrangą, turi granito grūdelių transportavimas sunkvežimių. Vien dėl to, nes atstumas yra labai didelis ir nuo to priklauso šių kriterijų žalos vertinimas. Nors atsižvelgus į žmogaus sveikatos ir ekologinės sistemos kategorijas, cemento transportavimas ir tinko sumaišymo procesas dar turi gana didelį poveikį šioms kategorijoms padaromas žalos atžvilgiu. Bet resursų kategorijos požiūriu jie jau didesnės įtakos nebeturi. Kaip ir pirmame variante taip ir čia, nėra vertinamas granito grūdelių apdorojimo procesas.

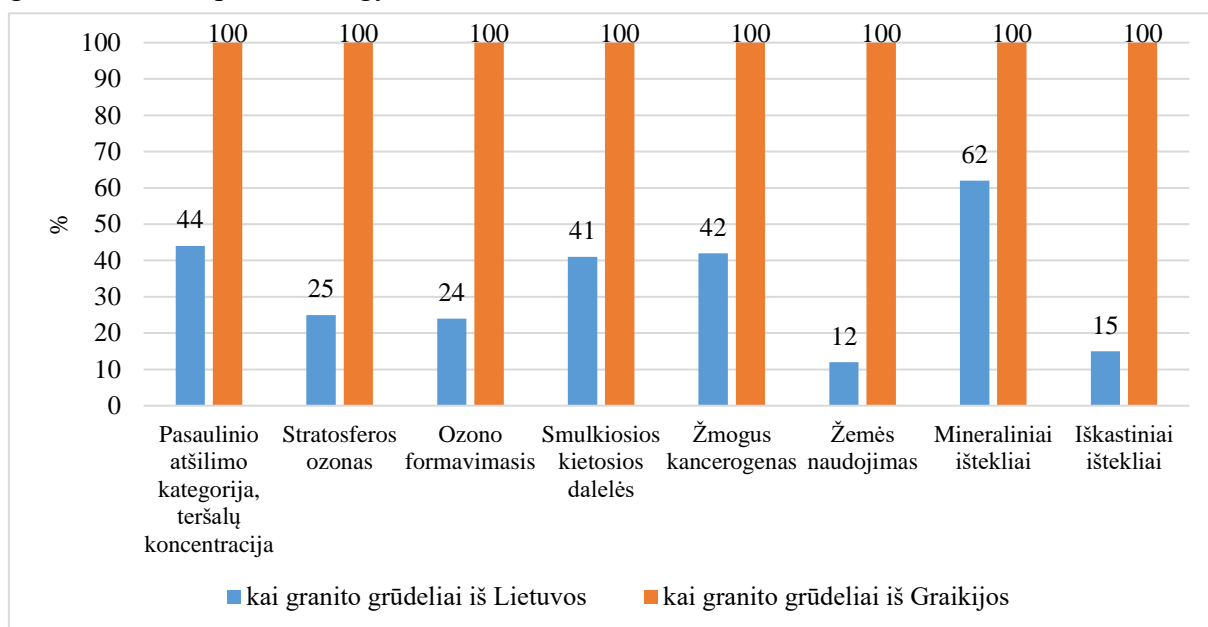
Šių dviejų variantų gyvavimo ciklo palyginimas pagal anksčiau minėtas tris kategorijas pateikiamas 3.10 paveikslėlyje.



**3.10 pav.** Kategorijų palyginimas skirtingais variantais



3.11 paveikslėlyje pateikiamas smulkesnis charakterizuotas žalos pasiskirstymas, granitinio tinko paruošimo gyvavimo cikle.



**3.11 pav.** Skirtingų charakteristikų pasiskirstymas skirtingais variantais

Palyginus vietinių ir atvežtinių granito medžiagų gyvavimo ciklą, matomas, kuris variantas aplinkosauginiu požiūriu geresnis. Kai granito grūdeliai transportuojami iš Graikijos, pagal visas tris kategorijas, aplinkai padaromos žalos kiekis yra dvigubai didesnis – vien dėl transportavimo atstumo. Pagal žmonių sveikatos kategoriją, šis variantas daro 57 % didesnę žalą nei naudojant vietines medžiagas, ekologiniu požiūriu net 62 %, o pagal išnaudojamus resursus net 85 % didesnės žalos poveikis aplinkai (3.10 pav.). Savaime suprantama, kad medžiagas transportuojant didesnę atstumą, reikalinga daugiau žmoniškųjų išteklių, suvartojama daug daugiau kuro, išnaudojama daugiau resursų bei į aplinką išmetama daugiau kenksmingų teršalų. 3.11 paveikslėlyje smulkiau pavaizduotas charakterizuotas žalos pasiskirstymas. Išmetamų CO<sub>2</sub> koncentracijos kiekis į aplinką, naudojant atvežtines granito medžiagas net 56 % didesnis nei naudojant vietines medžiagas. Visais kitais aplinkosauginiais aspektais, šis variantas taip pat yra daug kenksmingesnis aplinkai.

### 3.4. GCA tyrimų išvados

1. Atlikus granitinio tinko gyvavimo ciklo analizę, kai naudojami vietiniai medžiagų šaltiniai, nustatyta, kad didžiausią įtaką aplinkosaugos poveikiui, pagal visas tris kategorijas (žmogaus sveikata, ekologinė sistema ir resursai), turi cemento transportavimas nedideliu furgonu. Tai yra dėl to, nes *SimaPro 8* programinė įranga įvertina ir cemento gamybos metu gaunamą žalą. Granito grūdelių išgavimas ir transportavimas iš vietinių šaltinių, didesnės įtakos aplinkos žalojimui neturi - nesiekia net 10 %.
2. Kai granito grūdeliai transportuojami iš kitų šalių, šio tyrimo atveju iš Graikijos, didžiausią įtaką aplinkosaugos poveikiui, pagal visas kategorijas, turi granito grūdelių transportavimas sunkvežimiu. Iš visų kategorijų tai labiausiai paveikia naudojamų resursų kategoriją, kurios žalos vertinimas siekia 86 %.
3. Palyginus vietinių ir atvežtinių medžiagų gyvavimo ciklus nustatyta, kad pastaruoju variantu, pagal visas tris kategorijas, aplinkai padaromos žalos kiekis yra daugiau nei dvigubai didesnis negu naudojant vietines medžiagas. Pagal žmonių sveikatos kategoriją, šis variantas daro 57 % didesnę žalą nei naudojant vietines medžiagas, ekologiniu požiūriu net 62 %, o pagal išnaudojamus resursus net 85 % didesnės žalos poveikis aplinkai.
4. Norint sumažinti į aplinką išmetamų teršalų koncentracijos kiekį ar kitaip pagerinti aplinkosaugos veiksnius, efektyviau yra investuoti į vietinių šaltinių išgavimą.

#### 4. Išvados

1. Atlikus Lietuvos ir užsienio literatūros analizę, galima teigti, kad vis dar trūksta išsamesnių tyrimų apie paveldo pastatų renovacijos įtaką miestui ar aplinkai. Dauguma šaltinių rodo, kad atnaujinti senus kultūrinius pastatus yra ekologiškiau nei griauti juos ir statyti naujus, bet dauguma žmonių su tuo dar nėra supažindinti, todėl verta labiau įtraukti visuomenę į veiklą susijusią su paveldo pastatų atnaujinimo galimybėmis ir jų daromu poveikiu miestui.
2. Atlikus mikroklimato tyrimus Kauno technikos kolegijos paveldo ir naujo pastato dalyse, nustatyta, kad išmatuota vidutinė oro temperatūra, šaltuoju metų laikotarpiu, tenkina Lietuvos higienos normos reikalavimus – yra ribose nuo 18 iki 22°C, išskyrus patalpą, esančią naujoje pastato dalyje (17,63°C). Taip pat, nustatyta, kad santykinis oro drėgnis visose patalpose, išskyrus vieną klasę ir vieną biurą, netenkina norminių higienos reikalavimų – nėra ribose nuo 35 iki 60 %. Tirtose patalpose vidutinis santykinis oro drėgnis yra 32,5 %.
3. Atlikus CO<sub>2</sub> koncentracijos tyrimus paveldo pastato dalyje esančioje klasėje nustatyta, kad visų paskaitų metu CO<sub>2</sub> koncentracija viršija leistiną normą, vienu metu net siekė 2790 ppm ribą. Dėl to gali nukentėti žmonių darbingumas, būna sunkiau susikoncentruoti, atlikti paskirtas užduotis.
4. Pagal atliktus subjektyvius tyrimus šaltuoju metų laikotarpiu galima teigti, kad pastatas gali turėti „sergančio pastato“ sindromo simptomus. Pagal klausimynų rezultatus studentai įvardijo, kad kartais jie jaučia diskomfortą dėl per žemos oro temperatūros – 38 %, tvankaus oro – 34 % ar šalančių kojų – 24 %. Darbuotojai dirbantys paveldo pastato dalyje labiau skundėsi dėl kartais jaučiamo diskomforto dėl per žemos oro temperatūros – 53 %, dėl skersvėjo – 40 % ir sauso oro – 27 %. Palyginimui, darbuotojai dirbantys naujoje pastato dalyje daug labiau skundėsi dėl kintančios oro temperatūros – 54 %, nemalonių kvapų – 54 %, tvankaus oro – 46 % ir šalančių kojų – 46 %.
5. Atlikus kompiuterinį modeliavimą *FloVENT* programa, buvo nustatyta, kad abu sumodeliuoti variantai užtikrina reikiamą oro temperatūrą ir leistiną CO<sub>2</sub> koncentracijos kiekį patalpoje, pagal pateiktus higienos normos reikalavimus. Išstumiamojo vėdinimo metu gauta CO<sub>2</sub> koncentracija 19,48 % mažesnė negu sumaišomojo vėdinimo metu, bet pastaruoju atveju tiekiama ir šalinama 25 % mažiau oro kiekio – mažesnės energijos išlaidos.

6. Palyginus vietinių ir atvežtinių granitinio tinko, kuris dažnai naudojamas renovacijai, gyvavimo ciklus nustatyta, kad pastaruoju variantu aplinkai padaromos žalos kiekis yra daugiau nei dvigubai didesnis negu naudojant vietines medžiagas. Pagal išnaudojamus resursus net 85 % didesnės žalos poveikis aplinkai. Norint sumažinti į aplinką išmetamų teršalų koncentracijos kiekį ar kitaip pagerinti aplinkosaugos veiksnius, efektyviau yra investuoti į vietinių šaltinių išgavimo vietas.

## Literatūros sąrašas

1. CINIEMI, Valentina ir Emanuele ZAMPERINI. Lifecycle oriented approach for sustainable preservation of historical built heritage. *Built Heritage Monitoring Conservation Management* [interaktyvus]. 2013, pp. 465-474 [žiūrėta 2018-01-16]. Prieiga per: [http://www.bh2013.polimi.it/papers/bh2013\\_paper\\_325.pdf](http://www.bh2013.polimi.it/papers/bh2013_paper_325.pdf)
2. MUNAMIR, Ulisses ir Enedir GHISI. Environmental feasibility of heritage buildings rehabilitation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2016, 58, pp. 235-249 [žiūrėta 2018-01-16]. Prieiga per: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S1364032115017177>
3. IYER-RANIGA, Usha ir James Pow CHEW WONG. Evaluation of whole life cycle assessment for heritage buildings in Australia. *Building and Environment* [interaktyvus]. 2012, 47, pp. 138-149 [žiūrėta 2018-01-16]. Prieiga per: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S0360132311002447>
4. CONEJOS, Sheila, Craig LANGSTON ir Jim SMITH. Designing for better building adaptability: A comparison of adaptSTAR and ARP models. *Habitat International* [interaktyvus]. 2014, 41, pp. 85-91 [žiūrėta 2018-01-17]. Prieiga per: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S0197397513000623>
5. MISIRLISOY, Dalma ir Kagan GUNCE. Adaptive reuse strategies for heritage buildings: A holistic approach. *Sustainable Cities and Society* [interaktyvus]. 2016, 26, pp. 91-98 [žiūrėta 2018-01-19]. Prieiga per: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S2210670716301044>
6. BULLEN, A. Peter ir Peter E.D. LOVE. Adaptive reuse of heritage buildings. *Structural Survey* [interaktyvus]. 2011, 29(5), pp. 411-421 [žiūrėta 2018-10-15]. Prieiga per: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/02630801111182439>
7. EUROPEAN COMMISSION. Report of the Horizon 2020 Expert Group on Cultural Heritage. *Getting cultural heritage to work for Europe* [interaktyvus]. 2015, [žiūrėta 2018-10-15]. Prieiga per: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b01a0d0a-2a4f-4de0-88f7-85bf2dc6e004>
8. ROKA-MADARASZ, Livia, Levente MALYUSZ ir Peter TUCZAI. Benchmarking facilities operation and maintenance management using CAFM database: Data analysis and new results. *Journal of Building Engineering* [interaktyvus]. 2016, 6 pp. 184-195 [žiūrėta 2018-01-16]. Prieiga per: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S2352710216300328>

9. SAHIN, Cem Dogan, Zeynep Durmus ARSAN, Selim TUNCOKU, Tor BROSTROM ir Gulden Gokcen AKKURT. A transdisciplinary approach on the energy efficient retrofitting of a historic building in the Aegean Region of Turkey. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2015, 96, pp. 128-139 [žiūrėta 2018-01-14]. Prieiga per: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S0378778815002108>
10. GRAŽULEVIČIŪTĖ-VILENIŠKĖ, Indrė, Lina ŠEDUIKYTĖ ir Orianta LIUTIKAITĖ. Re-functioning of Inter-War Modernism Buildings in Kaunas (Lithuania): the Aspect of Users' Comfort. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering* [interaktyvus]. 2017, 20(3), pp. 48-57 [žiūrėta 2018-01-14]. Prieiga per: <http://sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/view/19323/9152>
11. JUREVIČIENĖ, Jūratė, Marija BURINSKIENĖ, Inga GENYTĖ, Giedrius ŠIUPŠINKSAS ir Darius KALIBATAS. *Inovatyvūs regeneravimo metodai ir jų modeliavimas: Panemunės pilis: monografija* [interaktyvus]. Vilnius: Technika, 2014 [žiūrėta 2018-01-14]. Prieiga per: <http://dspace.vgtu.lt/handle/1/1812>
12. LASSANDRO, Paola, Teresa COSOLA ir Antonella TUNDO. School Building Heritage: Energy Efficiency, Thermal and Lighting Comfort Evaluation Via Virtual Tour. *Energy Procedia* [interaktyvus]. 2015, 78, pp. 3168-3173 [žiūrėta 2018-01-17]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.775>
13. EL MANKIBI, Mohamed, Richard CANTIN ir Amine ZOUBIR. Contribution to the Thermal Renovation of Old Buildings: Numerical and Experimental Approach for Characterizing a Double Window. *Energy Procedia* [interaktyvus]. 2015, 78, pp. 2470-2475 [žiūrėta 2018-01-17]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.231>
14. JUODIS, Egidijus. *Vėdinimas*. Vilnius Technika, 1998.
15. ŠEDUIKYTĖ, Lina, Indrė GRAŽULEVIČIŪTĖ-VILENIŠKĖ, Olga KVASOVA ir Erika STRAŠINSKAITĖ. Knowledge transfer in sustainable management of heritage buildings. Case of Lithuania and Cyprus. *Sustainable Cities and Society* [interaktyvus]. 2018, 40, pp. 66-74 [žiūrėta 2018-10-16]. Prieiga per: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S2210670717303189>
16. ŠEDUIKYTĖ, Lina. *Istorinių pastatų renovacijos bumas: kokie didžiausi iššūkiai kyla* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-10-20]. Prieiga per: <http://kauno.diena.lt/naujienos/kaunas/miesto-pulsas/istoriniu-pastatu-renovacijos-bumas-kokie-didziausi-issukiai-kyla-868224>

17. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Aplinkosaugos ataskaita* [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018-10-20]. Prieiga per: < <http://am.lrv.lt/lt/apie-ministerija/vadybos-sistemas/emas>>
18. Aukštesnioji technikos mokykla. *Architektūros ir urbanistikos tyrimų centras* [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2018-06-14]. Prieiga per: [http://www.autc.lt/lt/architekturos-objektai/927?id=927#\\_ftnref5](http://www.autc.lt/lt/architekturos-objektai/927?id=927#_ftnref5)
19. Kauno aukštesniosios technikos mokyklos pastatas. *Kultūros vertybių registras* [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2018-06-14]. Prieiga per: <https://kvr.kpd.lt/#/static-heritage-detail/332be6d7-dc31-4cb5-a375-811218e4bf6b>
20. Apie KTK, Šimtmečio istorija. *Kauno technikos kolegija* [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018-06-14]. Prieiga per: <http://www.ktk.lt/apie-ktk/istorija/>
21. HN 69:2003. *Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametų norminės vertės ir matavimo reikalavimai: Lietuvos higienos normos* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-06-14]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.39061F53794A>
22. HN 42:2009. *Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas: Lietuvos higienos normos* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-06-14]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.362676>
23. Lindab Air Theory, Airborne solutions. *Lindab* [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2018-11-08]. Prieiga per: <http://www.lindab.com/global/pro/pages/default.aspx>
24. *FloVENT* User Guide, V10.1. Mentor Graphics Corporation, 2014.
25. Kvadratinis lubinis difuzorius. *Komfovent vėdinimo sistemos* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-11-08]. Prieiga per: <https://www.komfovent.com/lt/ventilation-system/kvadratinis-lubinis-difuzorius/?ref=1704>
26. Oro paskirstymo gaminiai. *Systemair* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-11-08]. Prieiga per: <https://www.systemair.com/lt-LT/Lithuania/Products/oro-paskirstymo-gaminiai/>
27. CABEZA, Luisa F., Lidia RINCON, Virginia VILARINO, Gabriel PEREZ ir Albert CASTELL. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2014, 29, pp. 394-416 [žiūrėta 2018-12-03]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>

28. FINNEGAN, Stephen, Craig JONES ir Steve SHARPLES. The embodied CO<sub>2</sub>e of sustainable energy technologies used in buildings: A review article. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2018, 181, pp. 50-61 [žiūrėta 2018-12-04]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.09.037>
29. UBARTĖ, Ieva, Justas ČERKAUSKAS, Aidas TURŪTA ir Andrej NAUMCIK. Užstatytos aplinkos gyvavimo ciklo modelių ir sistemų analizė. *Science: Future of Lithuania* [interaktyvus]. 2015, 7(5), pp. 520-528 [žiūrėta 2018-12-04]. Prieiga per: <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.ktu.edu/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=420ad3e5-e22c-451d-ae8e-9482be1cbeeb%40sessionmgr4008>
30. BIEKŠA, Darius. *Pastato inžinerinių sistemų procesų integravimo vertinimas taikant eksergijos kriterijų: daktaro disertacija*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius, 2008.
31. STAROSTKA-PATYK, Marta. New Products Design Decision Making Support by SimaPro Software on the Base of Defective Products Management. *Procedia Computer Science* [interaktyvus]. 2015, 65, pp. 1066-1074 [žiūrėta 2018-12-08]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.051>
32. SALAS, Daniel Andres, Angel Diego RAMIREZ, Carlos Raul RODRIGUEZ, Daniel Marx PETROCHE, Andrea Jael BOERO ir Jorge DUQUE-RIVERA. Environmental impacts, life cycle assessment and potential improvement measures for cement production: a literature review. *Journal of Cleaner Production* [interaktyvus]. 2016, 113, pp. 114-122 [žiūrėta 2018-12-10]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S0959652615017485>



## Priedai

1 priedas

### Klausimynas pateiktas Kauno technikos kolegijos darbuotojams

Gerbiamas/a respondente,

Šis trumpas klausimynas skirtas subjektyviam šiluminės aplinkos sąlygų įvertinimui ir sergančio pastato sindromo simptomų identifikavimui Jūsų darbo aplinkoje.

Anketa yra anoniminė, skirta palyginti objektyvius parametrus (išmatuotus) ir subjektyvų vertinimą.

Iš anksto dėkojame už sugaištą laiką!

**1 lentelė.** Asmeninė informacija

Jūsų amžius	..... metų
Lytis	moteris ..... 1 vyras ..... 2
Ar rūkote?	ne ..... 1 taip ..... 2  Jei <b>Ne</b> , ar Jūs rūkėte praityje? ne ..... 1 taip ..... 2
Kiek metų Jūs dirbate šiame pastate?	..... metų
Kiek valandų per savaitę Jūs praleidžiate šiame pastate?	..... val. per savaitę

**2 lentelė. Identifikuojami simptomai**

**Ar per pastaruosius 3 mėnesius Jūs jautėte šiuos simptomus:**

<p><b>1. Akių niežėjimą, džiūvimą ar dirginimą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>	<p><b>6. Kosulį</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>
<p><b>2. Nosies niežėjimą, džiūvimą ar dirginimą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>	<p><b>7. Dusulį</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>
<p><b>3. Užsikimšusių nosį ar slogą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>	<p><b>8. Sunkų kvėpavimą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>
<p><b>4. Gerklės džiūvimą ar dirginimą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>	<p><b>9. Sausą rankų odą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>
<p><b>5. Užkimusį balsą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>	<p><b>10. Sausą ar paraudusią veido odą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>
<p><b>11. Nuovargį</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>	<p><b>13. Sunkumą susikoncentruoti</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>
<p><b>12. Galvos skausmą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>	<p><b>14. Pykinimą</b></p> <p>Ne ... 0</p> <p>Taip, kartais ... 1</p> <p>Taip, kelis kartus per savaitę ... 2</p> <p>Taip, kiekvieną dieną ... 3</p>

**3. lentelė.** Informacija apie respondentų sveikatą

<b>Ar per pastaruosius 3 mėnesius Jūs:</b>			
	<b>Taip</b>	<b>Ne</b>	<b>Nežinau</b>
Slogavote .....	0	1	2
Buvote peršalęs(-usi).....	0	1	2
Sirgote sinusitu .....	0	1	2
<b>Kitos ligos</b>			
	<b>Taip</b>	<b>Ne</b>	<b>Nežinau</b>
<b>Ar Jūs esate sirgę</b>			
Astma .....	0	1	2
Nosies gleivinės uždegimu .....	0	1	2
Dažnai pasikartojančiu bronchitu	0	1	2
<b>Ar jūs esate alergiškas ar labai jautrus</b>			
	<b>Taip</b>	<b>Ne</b>	<b>Nežinau</b>
Žiedadulkėms .....	0	1	2
Gyvūnams (katėms, šunims ir t. t.)	0	1	2
Dulkių erkėms .....	0	1	2
Pelėsiams .....	0	1	2
Kitam .....	0	1	2
Kam .....			

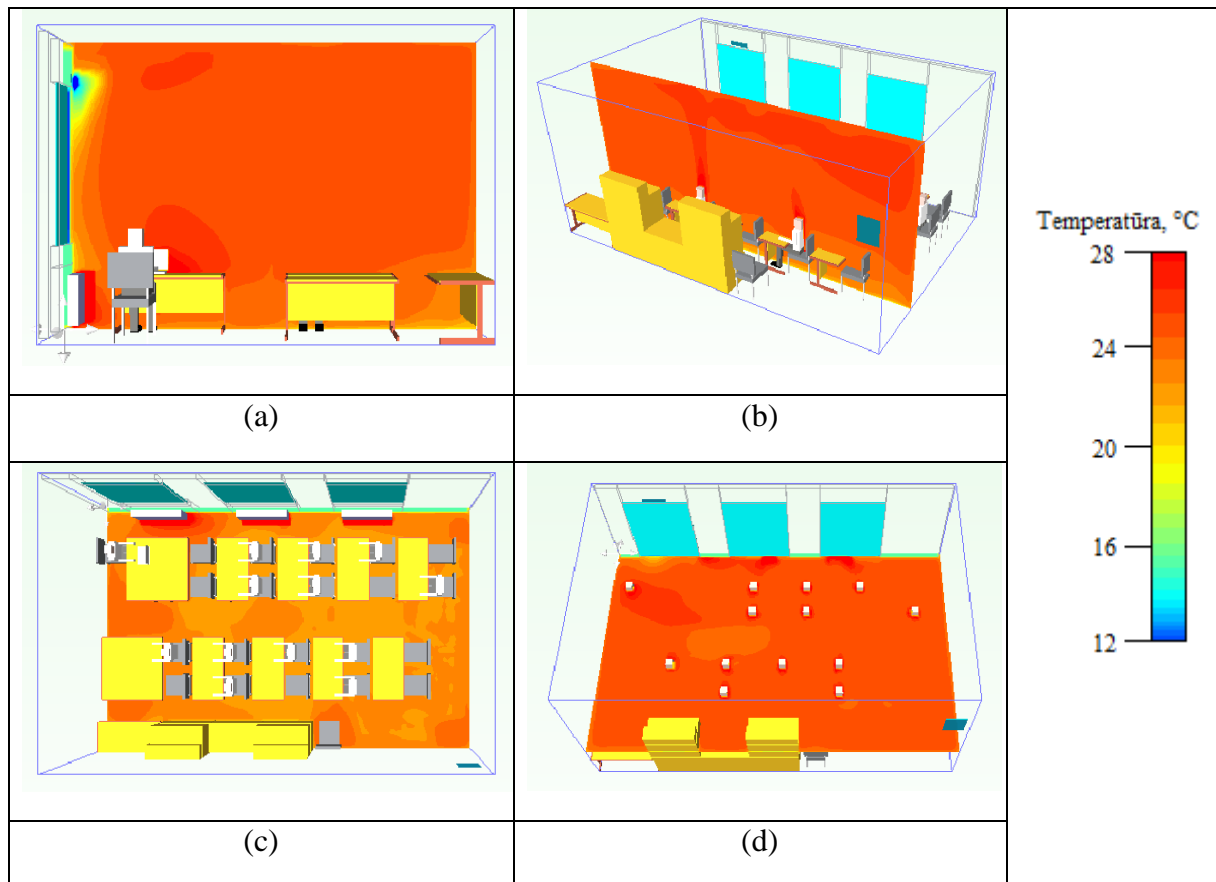
**4 lentelė.** Aplinkos parametrų įvertinimas

**Ar per pastaruosius 3 mėnesius Jūs patyrėte diskomfortą savo darbo vietoje dėl:**

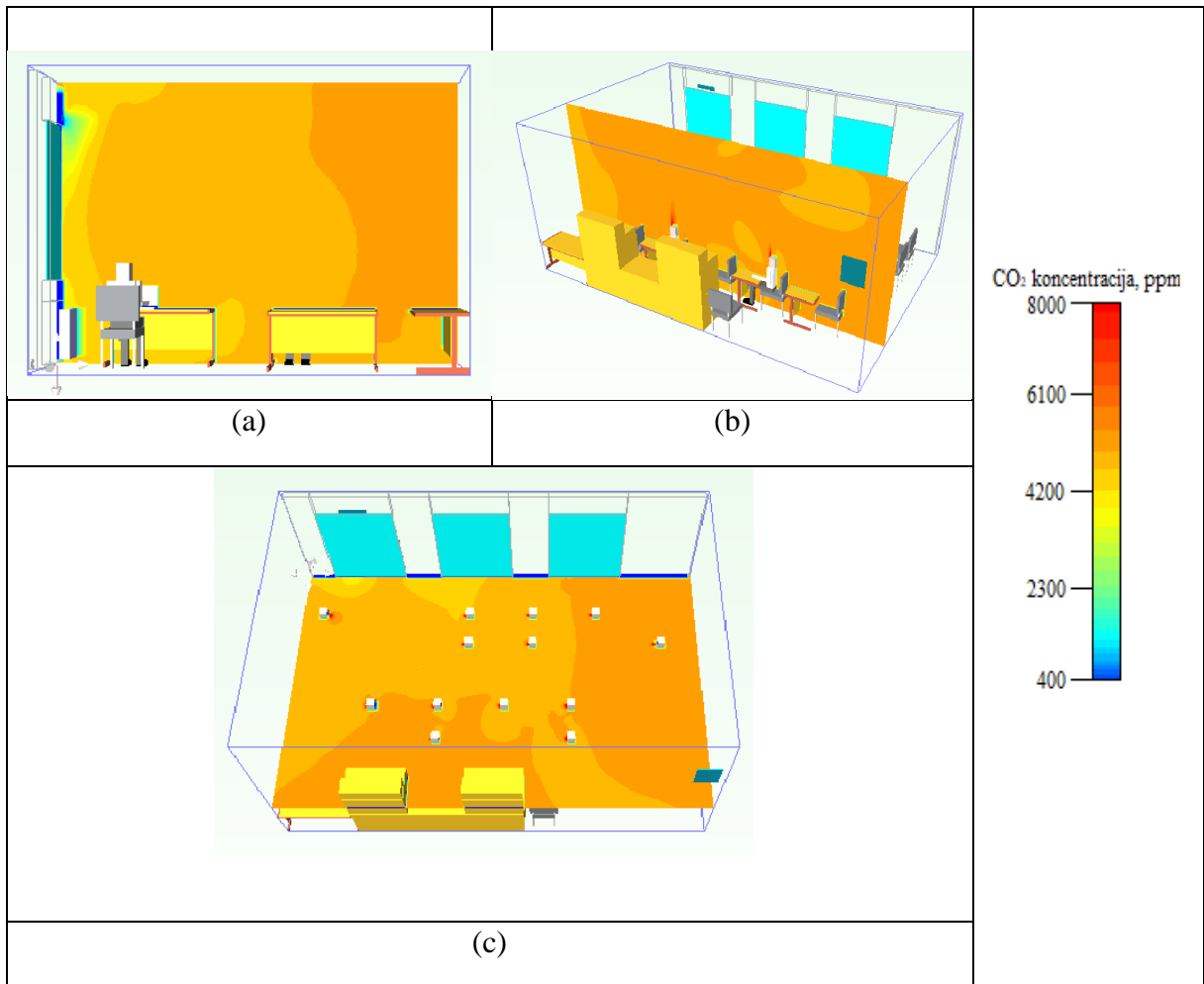
	<b>Ne</b>	<b>Taip, kartais</b>	<b>Taip, kelis kartus per savaitę</b>	<b>Taip, kiekvieną dieną</b>
A. Skersvėjo	0	1	2	3
B. Per aukštos oro temperatūros	0	1	2	3
C. Kintančios oro temperatūros	0	1	2	3
D. Per žemos oro temperatūros	0	1	2	3
E. Tvankaus oro	0	1	2	3
F. Sauso oro	0	1	2	3
G. Nemalonių kvapų	0	1	2	3
H. Statinio elektros krūvio	0	1	2	3
I. Tabako dūmų	0	1	2	3
J. Triukšmo, esančio biure	0	1	2	3
K. Triukšmo, sklindančio iš kitų biurų	0	1	2	3
L. Triukšmo, sklindančio iš lauko	0	1	2	3
M. Prasto apšvietimo	0	1	2	3
N. Atspindžių	0	1	2	3
O. Nešvaros ir dulkių	0	1	2	3
P. Šalanchių kojų	0	1	2	3
Q. Erdvės trūkumo	0	1	2	3

***Ačiū už jūsų laiką!***

### Natūralaus (esamos situacijos) vėdinimo modeliavimo rezultatai



**1 pav.** Temperatūros pasiskirstymas, natūraliojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas pro orlaidę esančią lange (rezultatams gauti orlaidė pavaizduota ant sienos): (a) pjūvis ties lauko siena ir orlaidė; (b) pjūvis ties visa patalpa ir žmonėmis; (c) temperatūros pasiskirstymas 0,1 m aukštyje (ties kulkšnimis); (d) temperatūros pasiskirstymas 1,1 m aukštyje (ties galva – sėdančio žmogaus darbo zona)



**2 pav.** CO<sub>2</sub> koncentracijos pasiskirstymas patalpoje, natūraliojo vėdinimo metu, kai oras tiekiamas pro orlaidę esančią lange (rezultatams gauti orlaidė pavaizduota ant sienos): (a) pjūvis ties lauko siena ir orlaidę; (b) pjūvis ties visa patalpa ir žmonėmis; (c) temperatūros pasiskirstymas 1,1 m aukštyje (ties galva – sėdantio žmogaus darbo zona)