



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir Architektūros fakultetas

**Renovuoto daugiabučio namo inžinerinių sistemų darbo režimų ir
energijos vartojimo efektyvumo gerinimo galimybių tyrimai**

Baigiamasis magistro projektas

Giedrius Mačiulskis

Projekto autorius

Dr. Laura Stasiulienė

Vadovė

Lekt. Romaldas Morkvėnas

Konsultantas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir Architektūros fakultetas

**Renovuoto daugiabučio namo inžinerinių sistemų darbo režimų ir
energijos vartojimo efektyvumo gerinimo galimybių tyrimai**

Baigiamasis magistro projektas

6211EX006

Giedrius Mačiulskis

Projekto autorius

Dr. Laura Stasiulienė

Vadovė

Lekt. Romaldas Morkvėnas

Konsultantas

Dr. Lina Šeduikytė

Recenzentė

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir Architektūros fakultetas

Giedrius Mačiulskis

Renovuoto daugiabučio namo inžinerinių sistemų darbo režimų ir energijos vartojimo efektyvumo gerinimo galimybių tyrimai

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Giedriaus Mačiulskio, baigiamasis projektas tema „Renovuoto daugiabučio namo inžinerinių sistemų darbo režimų ir energijos vartojimo efektyvumo gerinimo galimybių tyrimai“ 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)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Studijų programa: DARNŪS IR ENERGETIŠKAI EFEKTYVŪS PASTATAI

Baigiamojo projekto tema (lietuvių k.):
Renovuoto daugiabučio namo inžinerinių sistemų darbo režimų
ir energijos vartojimo efektyvumo gerinimo galimybių tyrimai

Baigiamojo projekto tema patvirtinta dekanų potvarkiu Nr.: _____

(lietuvių k.):
Renovuoto daugiabučio namo inžinerinių sistemų darbo režimų ir energijos vartojimo efektyvumo
gerinimo galimybių tyrimai

(anglų k.):
Investigation of operating modes and energy efficiency improvement of the engineering
systems of renovated apartment building

Pradiniai duomenys darbui (pagal poreikį):

Baigiamojo projekto dalys:	Atlikti
Įvadas	<input checked="" type="checkbox"/>
Literatūros apžvalga	<input checked="" type="checkbox"/>
Metodologija	<input checked="" type="checkbox"/>
Eksperimentiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Analitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Skaitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Ekonominė dalis	<input type="checkbox"/>
Išvados	<input checked="" type="checkbox"/>

Kita informacija (pagal poreikį):

Vadovas: _____
(indėlis 5 %) *Dr. Laura Stasiulienė* *parašas*
pareigos, vardas, pavardė

Konsultantas: _____
(indėlis 95 %) *lekt. Romaldas Morkvėnas* *parašas*
pareigos, vardas, pavardė

Konsultantas: _____
(indėlis %) *parašas*
pareigos, vardas, pavardė

Studentas: _____
Giedrius Mačiulskis *parašas*
vardas, pavardė

Mačiulskis Giedrius. Renovuoto daugiabučio namo inžinerinių sistemų darbo režimų ir energijos vartojimo efektyvumo gerinimo galimybių tyrimai. Magistro studijų baigiamasis projektas; vadovė dr. Laura Stasiulienė; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir Architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T).

Reikšminiai žodžiai: patalpų mikroklimatas, energijos suvartojimas, šiluminis komfortas, darbo režimas, efektyvumas.

Kaunas, 2020. 51 p.

Santrauka

Baigiamajame magistro projekte išnagrinėtos daugiabučio namo inžinerinės sistemos, jų darbo režimai, pateikti sprendiniai kaip padidinti energijos vartojimo ir sistemų darbo režimų valdymo efektyvumą.

Projekto metu buvo atlikta šilumos sąnaudų analizė dienolaipsnių metodu bei kokybinis nuomonės tyrimas dėl pastato inžinerinių sistemų ir mikroklimato butuose.

Pereinamuoju šildymo sezono laikotarpiu atlikti šilumnešio temperatūrų ir srautų matavimai pastato šilumos punkte. Be to, pasirinktuose butuose vyko patalpų oro temperatūros ir santykinės drėgmės matavimai, atlikta matavimo rezultatų analizė, panaudota parenkant siūlomus inžinerinių sistemų renovavimo sprendimų variantus.

Daugiabučiame name iš surinktų statistinių duomenų atlikta pastarųjų dviejų metų karšto vandens suvartojimo analizė.

Taip pat darbe aprašyti šildymo ir karšto vandens sistemų sprendiniai, kurie padidintų jų efektyvumą bei pateiktos šių sistemų sąmatos ir atsipirkimo laikas.

Mačiulskis Giedrius. Investigation of operating modes and energy efficiency improvement of the engineering systems of renovated apartment building. Master's Final Degree Project; supervisor, Ph.D. Laura Stasiulienė; The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: indoor climate, energy consumption, thermal comfort, efficiency.

Kaunas, 2020. 51 p.

Summary

This final master degree project analyzes engineering systems of apartment building, their working modes and solutions to increase system efficiency.

During the project, there was carried out heat cost analysis using the degree-days method and a quantitative opinion survey of the building's engineering systems and microclimate in the apartments.

During heating season time in building boiler room there were executed measurements of heating water and flow. In addition, measurements of indoor air temperature and relative humidity were made in selected flats.

An analysis of the apartment building's hot water consumption from the data collected during the last two years was carried out.

Also this final project describes solutions for heating and hot water systems that could increase their efficiency and estimates with payback time for these systems.

Turinys

Įvadas	8
1. Temos aktualumas	9
2. Literatūros apžvalga	10
3. Tyrimo objektas	15
3.1 Bendrieji duomenys	15
3.2 Darbo tikslas ir uždaviniai	17
4. Tyrimo metodika	18
5. Rezultatai	20
5.1 Šilumos sąnaudų analizė dienolaipsnių metodu	20
5.2 Gyventojų apklausa	22
5.3 Matavimai šilumos punkte.....	27
5.4 Matavimai butuose	30
5.5 Karšto vandens suvartojimo analizė	35
6. Efektyvumo gerinimas	39
6.1 Šildymo sistema.....	39
6.1.1 Šildymo prietaisai	39
6.1.2 Šilumos punktas.....	41
6.1.3 Vonių šildymo sistema	43
6.2 Karšto vandentiekio sistema.....	44
7 Ekonominė dalis	45
7.1 Šildymo sistema.....	45
7.2 Vonių šildymo sistema	45
7.3 Karšto vandentiekio sistema.....	46
Išvados	48
Literatūros sąrašas	49
Priedai	52

Ivadas

Pastatai Europoje Europos komisijos duomenimis suvartoja apie 40 % visos energijos [1]. Iš jų, 25 % sudaro gyvenamieji namai, 13 % negyvenamieji pastatai. Be to, trečdalis (35 %) pastatų yra senesni nei 50 metų ir vidutiniškai vos 1 % visų pastatų yra renovuojami.

Dažnu atveju seni pastatai yra energetiškai neefektyvūs. Todėl vienas iš būdų sumažinti energijos suvartojimus daugiabučiuose namuose yra juos renovuoti apšiltinant. Tokiu būdu namas tampa aukštesnės energinės efektyvumo klasės, tačiau tai reikalauja didelių pradinių investicijų, o pačios šildymo sistemos efektyvumas nėra padidinamas.

Kitas būdas yra pagerinti esamų inžinerinių sistemų efektyvumą, jas modifikuojant ar pilnai atnaujinant. Tai taip pat prisidėtų prie energijos suvartojimo mažinimo bei pagerintų mikroklimato sąlygas patalpose.

Magistro baigiamajame darbe analizuojamas pastatas – daugiabutis gyvenamasis namas, kurio išorinės atitvaros buvo apšiltintos, įrengtas automatizuotas šilumos punktas, tačiau nerenovuotos vidaus šildymo ir karšto vandentiekio sistemos.

Magistrinio darbo metu atlikta šilumos sąnaudų analizė dienolaipsnių metodu ir gyventojų apklausa. Taip pat atlikti šilumnešių temperatūrų ir srautų matavimai pastato šilumos punkte bei oro temperatūros ir santykinės drėgmės stebėjimai pasirinktuose butuose. Dar projekto metu atlikta pastato karšto vandens suvartojimo analizė.

Darbe pateikti sprendiniai kaip padidinti esamų inžinerinių sistemų efektyvumą, apskaičiuotos šių sistemų modernizavimui reikalingos investicijos bei jų atsipirkimo laikas.

1. Temos aktualumas

Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos (LŠTA) duomenimis [2] Lietuvoje yra apie 17800 daugiabučių gyvenamųjų namų arba kitaip 700 tūkst. butų aprūpinamų centralizuotai tiekiamą šilumą. Iš jų apie 60 % (apie 409 tūkst. butų) sudaro sovietinės statybos butai. Vadinasi tokių namų amžius dažnai viršija 30 metų. Tokių daugiabučių energetinė efektyvumo klasė yra žema, o inžinerinės sistemos pasenusios.

Senos statybos daugiabučiai namai suvartoja žymiai daugiau energijos lyginant su šiuolaikiniais pastatais. Dažnu atveju juose nėra šildymo sistemos individualaus valdymo galimybės, todėl tokiose patalpose sunku užtikrinti optimalius mikroklimato parametrus.

Net ir apšiltinus daugiabučio namo atitvaras, pakeitus langus nėra išsprendžiamos visos problemos. Todėl taip pat svarbu investuoti ir į pastato inžinerines sistemas norint pasiekti geresnių rezultatų.

Daugelyje senos statybos daugiabučių namų esama situacija yra gana prasta, todėl šioje srityje yra didelis potencialas mažinti energijos suvartojimą. Išnagrinėjus konkrečią situaciją ir nustatius neefektyvias energijos suvartojimo priežastis galima pateikti pasiūlymus, kaip pagerinti esamas inžinerines sistemas ar jas modernizuoti.

2. Literatūros apžvalga

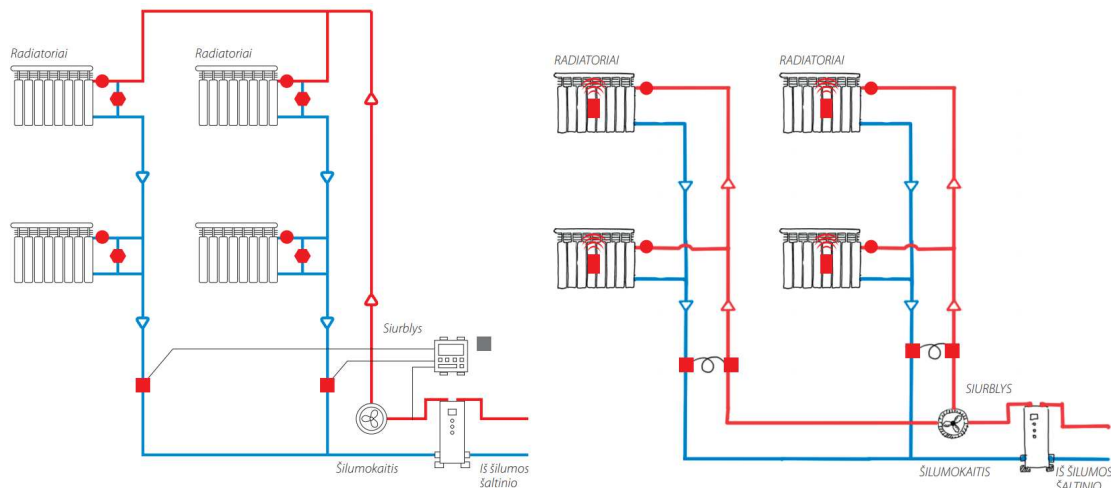
Daugiabučiuose namuose vyrauja trijų tipų šildymo sistemos:

- vienvamzdės;
- dvivamzdės;
- kolektorinės;



2.1 pav. Esamų pastatų šildymo sistemų tipų pasiskirstymas daugiabučiuose [3]

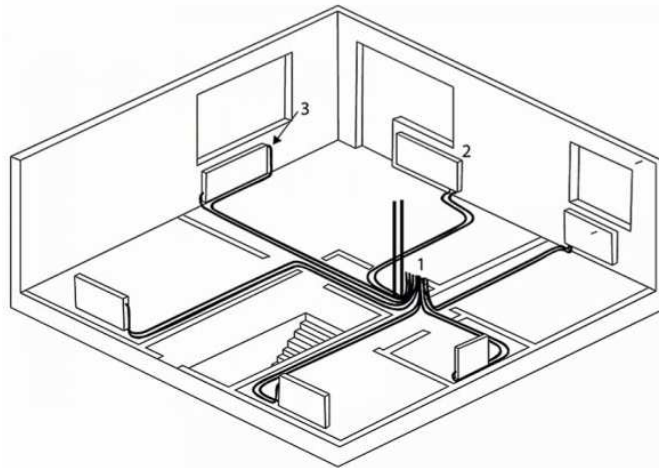
Vienvamzdė sistema yra dažniausiai eksploatuojama šildymo sistema (57 %), ypač senos statybos daugiabučiuose namuose. Tokiai sistemai reikia mažiau vamzdyno, ji paprasčiau ir greičiau įrengiama. Tačiau tokia sistema turi daug trūkumų: į šildymo prietaisus atiteka skirtingos temperatūros šilumnešis, tokios sistemos neįmanoma reguliuoti individualiai, sunku subalansuoti.



2.2 pav. Šildymo sistemų schemas: vienvamzdė (kairėje) ir dvivamzdė (dešinėje) [4]

Dvivamzdėse šildymo sistemose kiekvienas prietaisas lygiagrečiai jungiamas prie dviejų vamzdynų: prie tiekiamojo ir prie grįžtamojo srauto vamzdžio. Taip šiluma šiek tiek tolygiau pasiskirsto per visus aukštus. Taip pat dvivamzdės sistemas kiek lengviau subalansuoti.

Kolektorinė sistema yra moderniausia sistema paplitusi naujos statybos namuose. Nors kolektorinei sistemai reikia daugiau vamzdžio, tačiau šis šildymo sistemos tipas suteikia galimybę tiek apskaityti šilumos sąnaudas, tiek reguliuoti temperatūrą individualiai.



2.3 pav. Kolektorinės šildymo sistemos schema:
1 – kolektorius; 2 – šildymo prietaisai; 3 – šildymo vamzdžiai.

Remiantis higienos normomis „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ [5], 1 lentelėje pateiktos gyvenamųjų pastatų patalpų ribinės mikroklimato parametrų vertės.





2.1 lentelė. Gyvenamųjų patalpų ir lankytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimato parametrų ribinės vertės

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

Iš lentelės matyti, kad šaltuoju metų laiku patalpų temperatūra turėtų būti 18–22 °C ribose, o santykinė oro drėgmė patalpose turėtų būti 35–60 %, tačiau tai užtikrinti daugiabučiuose namuose su vienvamzde šildymo sistema yra sudėtinga.

Taip pat svarbu, kad tiek naujai statomi, tiek esami pastatai suvartotų kuo mažiau energijos, kad jiems išlaikyti reikėtų kuo mažiau išlaidų. Pagal STR 2.01.02:2016. „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [6] pastatai skirstomi į 9 energinio naudingumo klases: nuo G iki A++, kur G nurodo daugiausiai energijos suvartojančius pastatus, o A++ beveik nulinės energijos pastatus. Šiuo metu naujai statomiems pastatams privaloma A+ klasė.

Asa.lt straipsnyje apie šildymo kokybę [7] aprašoma esama situacija Lietuvos daugiabučiuose. Taip pat straipsnyje pateikta daugiabučių namų schema, kuriuose jie suskirstyti į atskiras kategorijas pagal suvartojamą šilumos kiekį.

Daugiabučių kategorijos		2017/2018 m. (vidutinė šilumos kaina 5,25 euro ct/kWh su PVM)	
		Atitinkamos daugiabučių namų kategorijos dalis (proc.)	Sumaudojamas šilumos kiekis 1m ² buto šildymui per mėnesį kWh/m ²
I	Daugiabučiai suvartojantys mažiausiai šilumos (naujos statybos, pilnai renovuoti kokybiški namai)	17 proc.	~9 kWh/m ²
			~540 kWh/60m ² (~28 Eur per mėn.)
		128 tūkst. butų 0,358 mln. gyventojų	
II	Daugiabučiai suvartojantys mažai arba vidutiniškai šilumos (naujos statybos, dalinai renovuoti ir kiti kažkiek taupantys šilumą namai)	7 proc.	~15 kWh/m ²
			~900 kWh/60m ² (~47 Eur per mėn.)
		47 tūkst. butų 0,13 mln. gyventojų	
III	Daugiabučiai suvartojantys daug šilumos (seni sovietinės statybos, neapšiltinti namai)	59 proc.	~21 kWh/m ²
			~1260 kWh/60m ² (~66 Eur per mėn.)
		409 tūkst. butų 1,15 mln. gyventojų	
IV	Daugiabučiai suvartojantys labai daug šilumos (senos statybos, labai prastos šiluminės izoliacijos namai)	17 proc.	~35 kWh/m ² ir daugiau
			~2100 kWh/60m ² (~110 Eur per mėn.)
		118 tūkst. butų 0,33 mln. gyventojų	

2.4 pav. Daugiabučių namų kategorijos pagal suvartojamą šilumos kiekį

Iš schemos matyti, kad didžiąją dalį visų daugiabučių sudaro neapšiltinti sovietinės statybos daugiabučiai, kurie suvartoja kelis kartus daugiau energijos šildymui lyginant su naujos statybos ar pilnai renovuotais namais. Tokį didelį kiekį neefektyvių daugiabučių lemia ne tik pasenusios atitvaros, bet ir nemodernizuotos inžinerinės sistemos. Pagerinti esamą situaciją senuose daugiabučiuose galima ir mažiau investicijų reikalaujančiomis priemonėmis: pirmiausia subalansuoti pastato šildymo sistemą ar ją modernizuoti.

Sumažinti suvartojamos šilumos sąnaudas senos statybos daugiabučiuose padeda renovacija. Galimi keli renovacijos variantai: dalinė arba pilna namo renovacija. Dalinė, kai šiltinamos namo atitvaros (pamatai, sienos, stogas), pakeičiami langai arba atnaujinama šildymo sistema, įrengiamas vėdinimas. Pilna daugiabučio renovacija, kai yra renovuojamos tiek pastato inžinerinės sistemos, tiek pastato atitvaros.

Pilna daugiabučio renovacija reikalauja didesnių pradinėlių investicijų, bet tokiu atveju pasiekiami geresni rezultatai: atsiranda inžinerinių sistemų individualaus valdymo galimybė, sumažėja išlaidos šildymui, pagerėja mikroklimato parametrai. Tačiau ir su mažesniais pradinėmis investicijomis dalinei renovacijai galima pasiekti neblogų rezultatų [8].

Apžvalginiame straipsnyje apie didžiųjų Europos šalių daugiabučius namus aptariama esama situacija bei renovacijos galimybės [9]. Straipsnyje aprašoma tai, kad darnos požiūriu geresnis sprendimas yra renovuoti senus ir energetiškai neefektyvius daugiabučius ir, jei įmanoma, įdiegti atsinaujinančius energijos šaltinius.

Be to, Europos pastatų efektyvumo instituto (ang. The Buildings Performance Institute Europe) Europos šalių renovacijos strategijų direktyvoje [10] taip pat koncentruojamasi į esamus pastatus ir aptariamą galimybę, kaip tokie pastatai kiekviename šalyje galėtų suvartoti mažesnius energijos kiekius.

Viename Slovakijos mieste (Šamorin) atliktame tyrime buvo stebėti šeši tipiniai daugiabučiai: trys nerenovuoti (45 butai) ir trys renovuoti (49 butai), apšiltinti 8–12 cm storio polistirenu [11]. Visi daugiabučiai yra natūraliai vėdinami, tik voniose ir tualetuose yra įrengti oro ištraukimo ventiliatoriai, kurie įsijungia nuo šviesos. Tyrimo metu buvo stebimi 94 butai: 45 nerenovuoti, 49 renovuoti. Kiekvieno buto stebėjimas truko savaitę. Stebėjimų metu buvo fiksuojamos patalpų temperatūros ir CO₂ koncentracijos vertės.

2.1 lentelė. Stebėtų mikroklimato parametrų butuose vertės (V. Foldvary *et. al.* 2017)

		T (°C)	RH (%)	CO ₂ whole period (ppm)	CO ₂ night-time (ppm)
Non-renovated (N = 45)	Mean (Min.-Max.)	21.5 (17.6–25.1)	46 (34–65)	1180 (430–3380)	1425 (480–3380)
	Geom. Mean	21.5	47	1100	1260
	Median	21.7	48	1100	1360
	Std. Dev.	1.8	7	495	675
	Mean (Min.-Max.)	22.5 (19.2–25.8)	46 (31–61)	1380 (510–3570)	1680 (630–3570)
Renovated (N = 49)	Mean (Min.-Max.)	22.5 (19.2–25.8)	46 (31–61)	1380 (510–3570)	1680 (630–3570)
	Geom. Mean	22.4	45	1295	1530
	Median	22.5	46	1290	1510
	Std. Dev.	1.5	1.3	590	745

Atlikus stebėjimus gauti rezultatai parodė, kad renovuotuose butuose vidutiniškai 1 laipsniu aukštesnė patalpų temperatūra, bei maždaug 200 ppm (*ang. parts per million*) aukštesnė CO₂ koncentracija, o santykinė oro drėgmė identiška lyginant su nerenovuotais daugiabučiais. Tai parodo, kad vien apšiltinus pastatą, pagerėja jo šiluminė varža, pastatas suvartoja mažiau šilumos, tačiau suprastėja oro kokybė butuose dėl mažesnės oro infiltracijos.

Kitame moksliniame straipsnyje aprašytame tyrime buvo nagrinėjamas nerenovuotas senos statybos daugiabutis Linšiope, Švedijoje [12]. Tyrimo rezultatai parodė, kad toks daugiabutis tinkamai renovavus pastatą bei jo inžinerines sistemas, suvartojamos šilumos kiekį gali sumažinti net 39 %.

Kitame moksliniame straipsnyje aprašytame tyrime buvo nagrinėjamas energijos taupymas renovuotuose daugiabučiuose namuose Olandijoje [13]. Pastebėta, kad panašiuose daugiabučiuose suvartojamos energijos kiekiai skiriasi. Šio tyrimo išvadose nurodyta, kad tam turi įtakos – gyventojų pajamos, įpročiai butų užimtumas, t. y., kiek gyventojų yra butuose ir kitos priežastys.

Dar viename tyrime buvo stebimi 63 panašaus amžiaus, konstrukcijų ir dydžių daugiabučiai: 43 Suomijoje, 20 Lietuvoje [14]. Tyrimo metu buvo stebima patalpų temperatūra, santykinė drėgmė, oro kiekis vienam žmogui bei CO₂ koncentracija. Stebėjimai buvo vykdomi šaltuoju metų laiku (nuo lapkričio iki balandžio). Tyrimas parodė, kad patalpų temperatūros yra panašios abiejuose šalyse, o oro kiekis tenkantis vienam žmogui yra šiek tiek didesnis Suomijos daugiabučiuose.

Panašiam tyrimui buvo stebimi 36 nerenovuoti daugiabučiai namai: 16 (94 butai) Suomijoje ir 20 (96 butai) Lietuvoje [15]. Visi daugiabučiai buvo panašaus amžiaus ir dydžio. Tyrimo metu buvo stebima oro temperatūra, santykinė drėgmė, CO₂, NO₂, formaldehidų ir kitų teršalų koncentracijos. Gauti rezultatai parodė, kad 4 % butų Suomijoje ir net 41 % butų Lietuvoje vidutinė 24 valandų CO₂

koncentracija viršija 1000 ppm ribą. Kitų stebėtų teršalų (NO₂, formaldehidų) koncentracijos buvo ties leidžiamomis ribomis ar net jas viršydavo.

Be to, tyrimų rezultatai parodė, kad daugiabučiuose Lietuvoje patalpų temperatūra yra šiek tiek mažesnė (vidutiniškai 0,7 °C) lyginant su daugiabučiais Suomijoje. Taip pat daugiabučiuose Lietuvoje oro kiekis, tenkantis vienam žmogui, yra truputį mažesnis nei suomiškuose daugiabučiuose. Ryškesnis skirtumas yra tarp CO₂ koncentracijų patalpose, kur Lietuvoje ji vidutiniškai 450 ppm yra didesnė nei Suomijoje.

Viename šiais metais vykdytame tyrime buvo apklausiami 1993 ir senesnių metų daugiabučių namų gyventojai visoje Lietuvoje [16]. Iš viso buvo apklausa 1213 gyventojų. Apklausos rezultatai parodė, kad net trečdalis (34 %) apklaustųjų sakė, jog šildymo sezono metu jų namuose yra šalta, o kaip pagrindinius daugiabučių trūkumus įvardijo šaltas gyvenamasis patalpas (16 %) ir brangų šildymą (13 %).

Kitas svarbus mikroklimato parametras yra oro kokybė. STR 2.09.02:2005. „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas“ 1 priede [17] pateikti projektiniai oro kiekiai gyvenamosioms patalpoms. Užtikrinti norminius oro kiekius daugiabučiame name esant tik natūraliam vėdinimui praktiškai neįmanoma. Todėl vienas iš sprendimų būtų juose įrengti mechaninio vėdinimo sistemas, tačiau jos reikalauja nemažai išlaidų. Taip pat tokiai sistemai butuose reikia papildomai vietos vėdinimo įrenginiui, ortakiams, skirtytuvams, sklendėms.

Kitas variantas galintis pagerinti oro kokybę butuose, yra įrengti orlaides languose [18], pro kurias oras patektų į patalpas, o orą šalinti būtų galima pro jau esančias vėdinimo šachtas, jose įrengiant oro šalinimo ventiliatorius [19]. Nors tai ir neužtikrintų norminių oro kiekių patalpose, tačiau šiek tiek pagerintų oro kokybę bute, atsirastų didesnė oro apykaita patalpose. Be to, šie pakeitimai reikalauja mažesnių išlaidų, tokią sistemą paprasčiau ir greičiau įrengti.

Kitame tyrime buvo nagrinėjama oro kokybė daugiabučiuose Italijoje [20]. Tyrimo metu išsiaiškinta, kad šviežio oro kiekis patalpose yra nepakankamas, o dėl infiltracijos į patalpas patenka vidutiniškai vos 0,1 h⁻¹ šviežio oro.

KTU Architektūros ir statybos instituto darbuotojų tyrime nagrinėjama daugiabučių namų energijos suvartojimai, renovacijos galimybės [21]. Moksliniame straipsnyje apžvelgiama esama Lietuvos daugiabučių ir jų inžinerinių sistemų situacija. Lietuvoje didžioji dalis daugiabučių yra sovietinės statybos su pasenusiomis inžinerinėmis sistemomis, o tokie pastatai sunaudoja žymiai daugiau energijos lyginant su naujos statybos daugiabučiais. Be to, tyrime pateikiamas daugiabučių energijos suvartojimo palyginimas dienolaipsnių metodu. Taip pat straipsnyje aprašoma, jog po renovacijos tokie daugiabučiai sunaudotų 40-50 % mažiau energijos.

Didžioji dalis senos statybos daugiabučių gyvenamųjų namų Europoje ir tuo pačiu Lietuvoje suvartoja daug energijos dėl senų pastato atitvarų, kurios neatitinka šiuolaikinių standartų ir pasenusių inžinerinių sistemų bei jų neracionalaus valdymo. Kaip apžvelgti tyrimai parodė dažnu atveju tokie pastatai netenkina norminių mikroklimato parametrų, todėl jų gyventojai negali jaustis komfortiškai.

3. Tyrimo objektas

3.1 Bendrieji duomenys

Nagrinėjamas daugiabutis yra Šilainių mikrorajone, Naujakurių g. Kaune. Pastatas yra 9 aukštų su rūsiu, sudarytas iš trijų laiptinių. Viso jame yra 81 butas. Pastato statybos metai – 1993. Daugiabutis namas yra renovuotas, jo išorinės sienos apšiltintos 15 cm storio putų polisterolu, o langai pakeisti į plastikinius.

3.1 lentelė. Bendrieji pastato rodikliai

Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
Pastato bendrasis plotas	m ²	6081
Pastato naudingasis plotas	m ²	4944
Pastato tūris	m ³	12651
Pastato aukštis	m	29
Aukštų skaičius	vnt.	9
Laiptinių skaičius	vnt.	3
Butų skaičius	vnt.	81
Šildymo stovų kiekis	vnt.	38
Šildymo prietaisų (radiatorių) kiekis	vnt.	345
Pastato energinio naudingumo klasė	-	C

Registru centro [22], duomenimis dabartinė daugiabučio namo energinio naudingumo klasė yra C, o energijos sąnaudos šildymui – 79,62 kWh/m²/m. Lentelėje pateikiamos šilumos perdavimo koeficientų vertės prieš ir po renovacijos.

3.2 lentelė. U vertės prieš ir po renovacijos

Atitvaros pavadinimas	Šilumos perdavimo koeficientas prieš renovaciją (U _s), W/m ² K	Šilumos perdavimo koeficientas po renovaciją (U _R), W/m ² K
Siena	1,38	0,21
Langai	2,50	1,50
Stogas	0,85	0,85

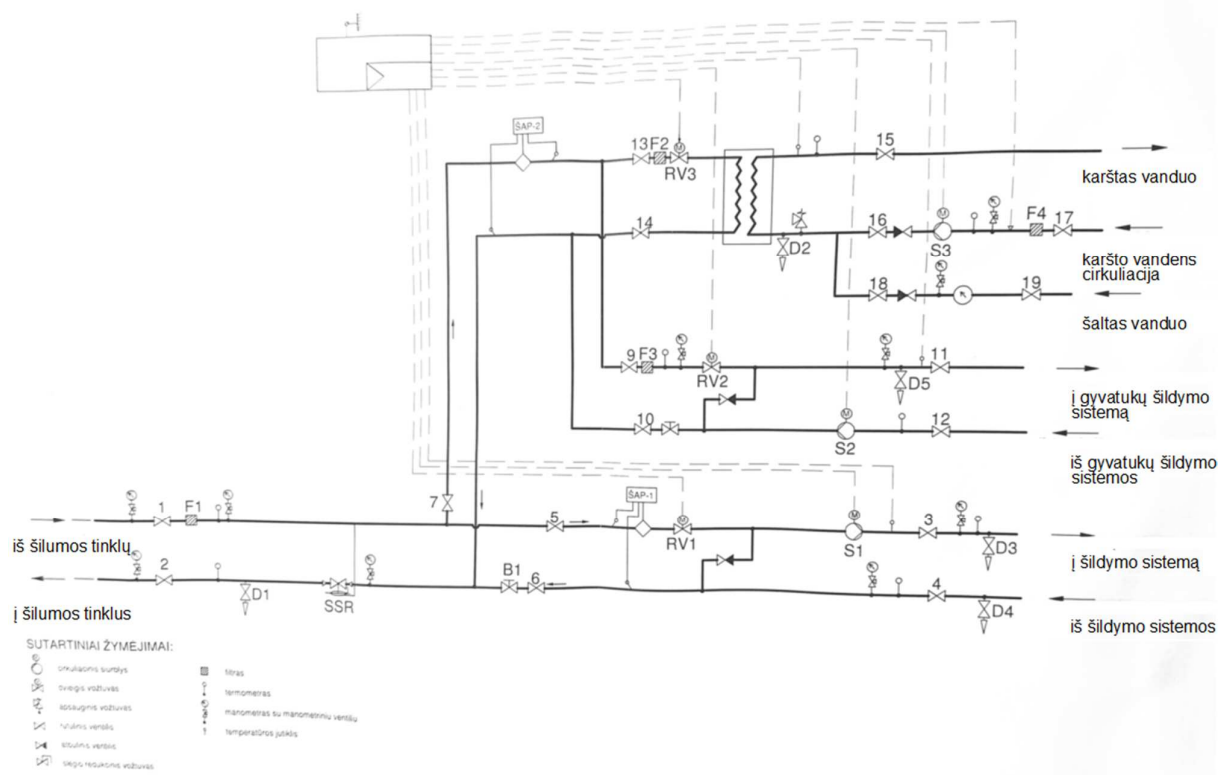
Pastatas yra prijungtas prie miesto aprūpinimo šiluma sistemos. Pastato modernizuotas (pilnai automatizuotas) šilumos punktas įrengtas rūsyje. Šilumos suvartojimo apskaitos prietaisai įrengti šilumos punkte. Viso yra du šilumos apskaitos prietaisai: vienas skirtas šildymo sistemai, o kitas karšto vandentiekio sistemai (Žr. 3.2 pav.).

Daugiabučiam name yra vienvamzdė apatinio paskirstymo šildymo sistema. Ji nėra renovuota, tik pakeisti keli bėgant metams susidėvėję komponentai (cirkuliacinis siurblys, plokštelinis šilumokaitis).



3.1 pav. Tiriamojo objekto (daugiabučio namo) pietrytinis fasadas

Daugiabučiame name įrengta eksperimentinė (netipinė) karšto vandentiekio sistema. Skirtingai nei tipinėse karšto vandentiekio sistemose, joje atskirtos karšto vandens temperatūros palaikymo ir vonių patalpų šildymo sistemos. Vonių šildytuvai pajungti prie perdavimo tinklo įvado per temperatūros automatizuoto valdymo įrenginį. Juose cirkuliuoja perdavimo tinklo šilumnešis. Karšto vandens temperatūros palaikymui stovuose, įrengti cirkuliaciniai kontūrai vonių ir virtuvių stovuose, kurie sujungti tarpusavyje (viršutiniame aukšte).



3.2 pav. Daugiabučio namo šildymo schema

Vienvamzdėje sistemoje į kiekvieną šildymo prietaisą (radiatorių) atiteka skirtingos temperatūros šilumnešis, todėl radiatorių šildymo galios skiriasi. Kiekviename kambaryje ir virtuvėje yra įrengti šoninio pajungimo radiatoriai, o voniose - vonių šildytuvai (gyvatukai). Tokioje sistemoje sudėtinga užtikrinti šiluminį komfortą visose patalpose. Taip pat esamos sistemos nėra galimybės valdyti individualiai, nes suvartojamą šilumos kiekį galima reguliuoti tik šilumos punkte visam pastatui.

Taip pat pastate yra natūralus vėdinimas su šachtomis, kurios skirtos iš virtuvių ir san. mazgų šalinti orą. Oras iš WC ir vonios šalinamas su pratekėjimu. Vėdinimą sukelia gravitacinės jėgos ir vėjas, todėl jis nėra efektyvus, nes nėra užtikrinami pastovūs šalinamo oro kiekiai, o šviežias oras į patalpas gali patekti tik pro langus arba infiltracijos būdu.

3.2 Darbo tikslas ir uždaviniai

Magistro baigiamojo projekto tikslas: ištirti daugiabučio namo mikroklimatą, esamų inžinerinių sistemų darbo režimus bei pateikti sprendimus kaip padidinti šių sistemų darbo režimų ir energijos vartojimo efektyvumą.

Magistro baigiamojo projekto uždaviniai:

- atlikti kokybinį tyrimą, t. y. apklausti gyventojus kaip jie vertina mikroklimato parametrus savo namuose;
- atlikti matavimus šilumos punkte pereinamuoju šildymo sezono laiku;
- išmatuoti skirtinguose butuose oro temperatūrą, santykinę drėgmę bei palyginti šias vertes tarpusavyje ir su norminėmis vertėmis;
- atlikti karšto vandens suvartojimo analizę;
- pateikti sprendinius kaip pagerinti esamą situaciją ir padidinti inžinerinių sistemų darbo režimų ir energijos vartojimo efektyvumą;
- Įvertinti siūlomų sprendimų investicinę grąžą.

4. Tyrimo metodika

Pirmiausia įvertinama esama šildymo sistemos situacija name. Vienas iš būdų įvertinti ar šiluma pastate suvartojama racionaliai yra atlikti šilumos sąnaudų analizę dienolaipsnių metodu [23]. Pradžiai reikia žinoti nagrinėjamo pastato suvartojamos šilumos kiekius šildymo sezono metu ir nusistatyti dienolaipsnius pagal pastato vietą. Turint šiuos duomenis galima apskaičiuoti norminius ir faktinius šilumos kiekius. Apskaičiavus šiuos parametrus ir juos palyginus tarpusavyje galima pamatyti ar faktinis suvartojamos šilumos kiekis yra didesnis, ar mažesnis už norminius. Iš to galima padaryti išvadas apie pastato šildymo sistemos darbo režimų ir energijos vartojimo efektyvumą.

Forumlė maksimalaus energijos sąnaudų būstui normatyvo apskaičiavimui:

$$q_{\check{S}F \max} = q_{\check{S}0 \max} \frac{DL \cdot H}{DL_S \cdot 2,5} [kWh/m^2] \quad (1)$$

Čia:

$q_{\check{S}0 \text{vid}}$ – vidutinis energijos sąnaudų būstui šildyti normatyvas, kWh/m², esant standartinėms sąlygoms, nustatytas pagal metodikos 1 priedo 1 lentelę [23].

DL – ataskaitinio laikotarpio (mėnesio) dienolaipsnių skaičius;

DL_S – dienolaipsnių skaičius, esant standartinėms sąlygoms;

H – faktinis buto ar kitos patalpos aukštis nuo grindų iki lubų, m;

2,5 – buto ar kitos patalpos aukštis, m, esant standartinėms sąlygoms.

Tiesinės regresijos lygties koeficientas ar išreiškiantis faktinį skaičiuojamąjį šilumos kiekį šildymui reikalingą 1 DL padengti skaičiuojamas pagal formulę:

$$a_f = \frac{\sum Q_f}{\sum DL_f} [MWh/m^2/DL] \quad (2)$$

Čia:

$\sum Q_f$ – suvartotas šilumos kiekis, MWh;

$\sum DL_f$ – vertinamo laikotarpio dienolaipsnių suma, DL.

Be to, baigiamojo projekto metu atliktas kokybinis tyrimas t. y. namo gyventojų apklausa. Gyventojų apklausa atlikta 2019 m. kovo mėnesį (pereinamuoju šildymo sezonu). Kokybinis tyrimas atliktas remiantis BETA užsakytu daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) apklausos tyrimo metodika [24]. Apklausos metu gyventojai vertino inžinerines sistemas ir mikroklimatą savo bute. Iš apklausos rezultatų nustatytos minimali, vidutinė ir maksimali reikšmės.

Taip pat šilumos punkte pereinamuoju šildymo sezono laikotarpiu buvo stebimi įvairūs rodmenys. Matavimai atlikti vadovaujantis „Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodika“ [25].

Atliktas šių parametų matavimo prietaisų rodmenų rinkimas šilumos punkte:

- lauko oro temperatūra;
- tiekiamo šilumnešio temperatūra (iš šilumos tinklų);
- grįžtamo šilumnešio temperatūra (į šilumos tinklus);
- suvartojamas šilumnešio srautas;

- tiekiamo karšto vandens temperatūra;
- grįžtamo karšto vandens temperatūra (iš recirkuliacinio kontūro);
- tiekiamo šalto vandens srautas į karšto vandens liniją;
- suvartojamas šilumnešio srautas karštam vandeniui.

Šildymo ir karšto vandentiekio sistemų darbo režimo parametrai matuojami ir vertinami natūrinėse sąlygose. Visi termometrų ir matuoklių duomenys buvo užsirašomi lape.

Taip pat butuose atliktas empirinis tyrimas su HOB0 matavimo prietaisais. Oro temperatūros ir santykinės drėgmės duomenys butuose buvo renkami apie tris savaites. Šie matavimai atlikti kovo – balandžio mėnesiais kuomet keičiasi klimato sąlygos. Gauti rezultatai parodo kaip keitėsi mikroklimato parametrai skirtinguose butuose pereinamuoju laikotarpiu.

Dar projekto metu buvo atliekama karšto vandens suvartojimo analizė. Jos metu buvo surinkti viso daugiabučio namo beveik dviejų metų mėnesiniai šilumos apskaitos prietaiso rodmenys ir šilumos kiekiai geriamam vandeniui, cirkuliacijai bei vonių šildytuvams. Iš turimų rezultatų padarytos išvados apie karšto vandens suvartojimą pastate.

Atlikus gyventojų apklausą, matavimus, išanalizavus surinktus duomenis pateikiami pasiūlymai ir konkretūs sprendimai kaip būtų galima tiriamąjį objektą paversti energetiškai efektyvesniu pastatu.

Norint įvertinti kokia pastato šildymo galia buvo prieš renovaciją ir yra šiuo metu apskaičiuojami šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius bei savituosius pastato šilumos nuostolius prieš ir po renovacijos. Šilumos nuostoliai skaičiuoti remiantis STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [6] metodika.

Žinant šildymo galią apskaičiuojama projektinė lauko oro temperatūra po renovacijos pagal formulę:

$$t_{iSP} = -18 + 40 \times \frac{\Sigma H_{HS}}{\Sigma H_{HR}} [^{\circ}C] \quad (3)$$

čia:

H_H – suminiai savitieji šilumos nuostoliai, W/K;

Indeksai:

S – prieš renovaciją;

R – po renovacijos.

Galiausiai apskaičiuojama siūlomų sprendimų investicijų dydis ir atsipirkimo laikas remiantis panašių daugiabučių namų renovacijos pavyzdžių metodika [29].

5. Rezultatai

5.1 Šilumos sąnaudų analizė dienolaipsnių metodu

Norint sužinoti ar pastate šiluma vartojama efektyviai atliekama šilumos sąnaudų analizė dienolaipsnių metodu. Pastato šilumos vartojimo efektyvumo įvertinimas dienolaipsnių metodu atliekamas vadovaujantis mokslinio straipsnio apie pastatų modernizavimo galimybes Lietuvoje [21] metodo taikymo praktika.

5.1 lentelėje pateikti AB „Kauno energija“ [26] 2016 – 2017 m. šildymo sezono surinkti duomenys. Lentelėje pateikti kiekvieno šildymo mėnesio vidutinė lauko oro temperatūra, dienolaipsniai bei suvartotas šilumos kiekis.

5.1 lentelė. Pastato suvartojami šilumos kiekiai šildymui

Metai	Mėnesis	Vidutinė lauko oro temperatūra, °C	Dienolaipsniai, DL	Suvartotas šilumos kiekis, MWh
2016	spalis	4,1	347,50	17,33
2016	lapkritis	1,2	504,00	37,83
2016	gruodis	0,4	545,60	42,20
2017	sausis	-3,7	672,70	53,18
2017	vasaris	-1,5	546,00	36,18
2017	kovas	3,7	443,00	22,64
2017	balandis	5,6	372,00	16,44
Viso:			3430,80	225,80

Pirmiausia apskaičiuojamas maksimalus energijos sąnaudų būstui normatyvas pagal formulę:

$$q_{\text{SF max}} = 11,5 \frac{3430,80 \cdot 2,6}{548 \cdot 2,5} = 0,0749 \text{ kWh/m}^2 \quad (1)$$

Tada apskaičiuojamas tiesinės regresijos lygties koeficientas a_f išreiškiantis faktinį skaičiuojamąjį šilumos kiekį šildymui reikalingą 1 DL padengti:

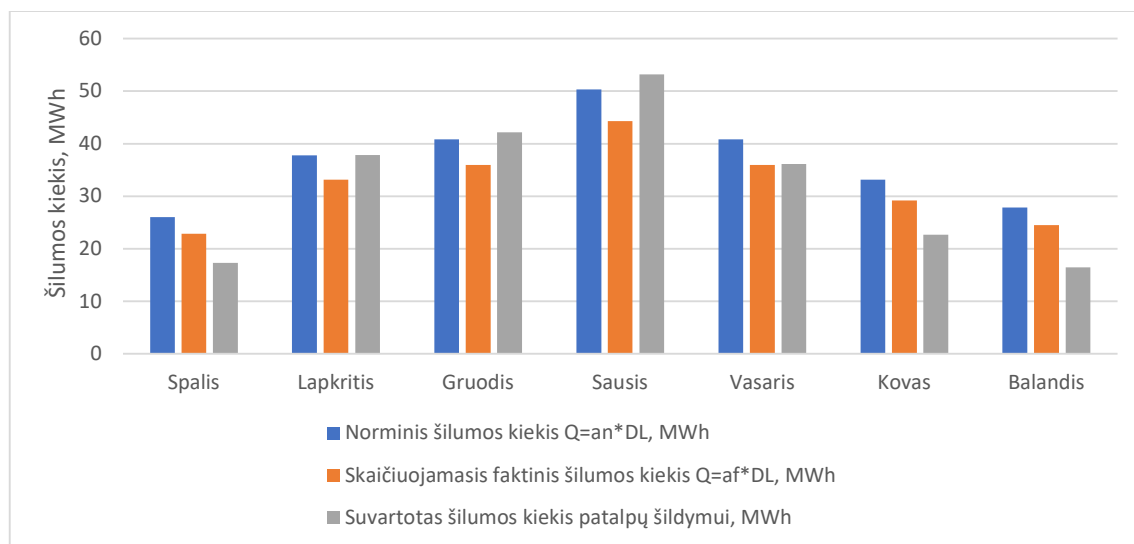
$$a_f = \frac{\sum Q_f}{\sum DL_f} = \frac{225,80}{3430,80} = 0,0658 \text{ MWh/m}^2/\text{DL} \quad (2)$$

Toliau skaičiuojame norminius ir faktinius šilumos kiekius kiekvienam šildymo sezono mėnesiui. Skaičiavimų rezultatai pateikti 5.2 lentelėje.

5.2 lentelė. Pastato norminiai ir faktiniai šilumos kiekiai šildymui

Metai	Mėnesis	Dienolaipsniai, DL	Norminis šilumos kiekis $Q=a_n \cdot DL$, MWh	Skaičiuojamasis faktinis šilumos kiekis $Q=a_f \cdot DL$, MWh	Suvartotas šilumos kiekis patalpų šildymui, MWh
2016	spalis	347,5	26,02	22,87	17,33
2016	lapkritis	504,0	37,74	33,17	37,83
2016	gruodis	545,6	40,85	35,91	42,2
2017	sausis	672,7	50,37	44,27	53,18
2017	vasaris	546,0	40,88	35,94	36,18
2017	kovas	443,0	33,17	29,16	22,64
2017	balandis	372,0	27,85	24,48	16,44

Pagal 5.2 lentelės duomenis nubrėžiama šilumos kiekių suvartojimo diagrama (5.1 pav.).

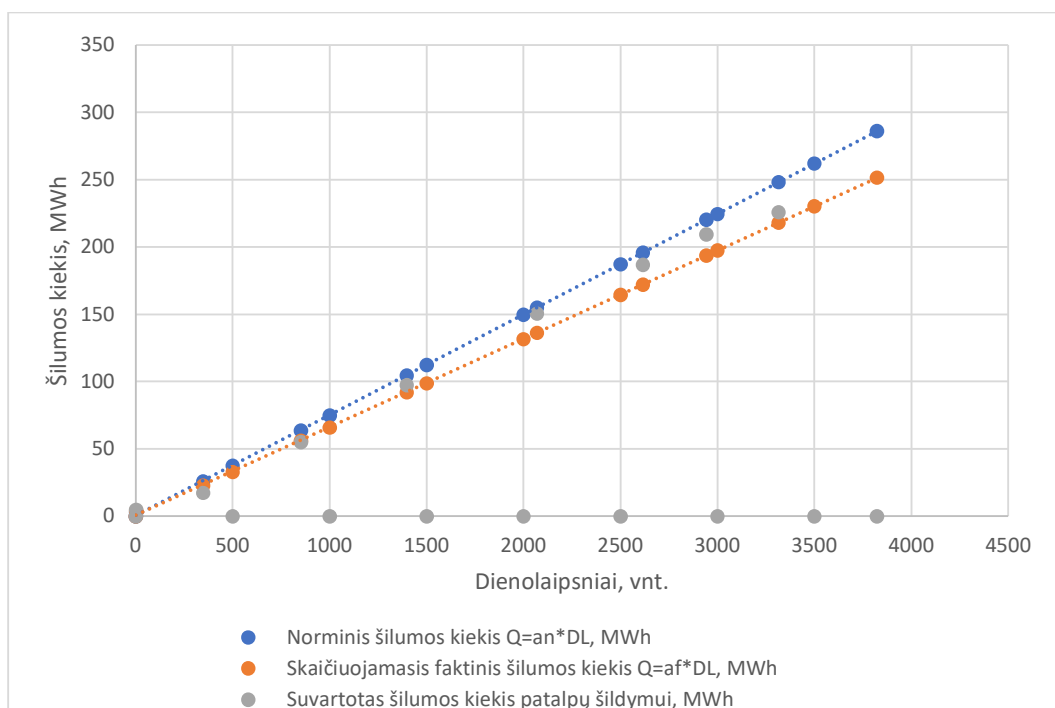


5.1 pav. Šilumos kiekiai suvartoti pastato šildymui

Tuomet sudaroma šilumos sąnaudų šildymui priklausomybės nuo dienolaipsnių lentelė (5.3 lent.) ir iš jos nubrėžiamas grafikas (5.2 pav.).

5.3 lentelė. Šilumos sąnaudų šildymui priklausomybė nuo dienolaipsnių

Eil. Nr.	Dienolaipsniai DL, vnt.	Norminis šilumos kiekis $Q=a_n \cdot DL$, MWh	Skaičiuojamasis faktinis šilumos kiekis $Q=a_f \cdot DL$, MWh	Suvartotas šilumos kiekis patalpų šildymui, MWh
1	0,00	0,00	0,00	-
2	347,50	26,02	22,87	17,33
3	500,00	37,44	32,91	-
4	851,50	63,76	56,04	55,16
5	1000,00	74,88	65,82	-
6	1397,10	104,61	91,95	97,36
7	1500,00	112,31	98,72	-
8	2000,00	149,75	131,63	-
9	2069,80	154,98	136,23	150,54
10	2500,00	187,19	164,54	-
11	2615,80	195,86	172,16	186,72
12	2943,00	220,36	193,70	209,36
13	3000,00	224,63	197,45	-
14	3315,00	248,22	218,18	225,80
15	3500,00	262,07	230,35	-
16	3822,00	286,18	251,55	-



5.2 pav. Šilumos sąnaudų šildymui priklausomybės nuo dienolaipsnių grafikas

Iš grafiko matyti, kad suvartotas faktinis šilumos kiekis yra šiek tiek mažesnis už norminį šilumos kiekį, todėl šildymo sistemos darbo režimai ir energijos vartojimo efektyvumas atitinka C energinio naudingumo klasę, bet neatitinka šiuolaikinių renovuotiems gyvenamiesiems namams, nustatytų teisės aktuose, energijos vartojimo efektyvumo reikalavimų.

5.2 Gyventojų apklausa

Be to, baigiamojo darbo metu buvo atliekamas kokybinis gyventojų nuomonės tyrimas dėl namo apšiltinimo ir patalpų mikroklimato šaltuoju metų laiku. Gyventojų apklausa vyko 2019 m. kovo – balandžio mėnesiais. Per šį laikotarpį pavyko apklausti dvidešimt aštuonių butų gyventojus iš 81 buto (35 % visų butų).

Apklausos tikslas – išsiaiškinti kaip gyventojai vertina savo būstą ir jo mikroklimato parametrus.

Gyventojų buvo klausama kaip jie vertina oro temperatūrą, santykinę drėgmę, oro kokybę, kainą už šildymą bei bendrą pasitenkinimą būstu. Kiekvieną klausimą gyventojai vertino balais nuo 1 iki 5 (Žr. 5.4 lentelę).

5.4 lentelė. Vertinimo skalės lentelė

Balas	Vertinimas
1	Blogai
2	Prastai (visiškai nepatenkintas)
3	Vidutiniškai (greičiau nepatenkintas)
4	Gerai (greičiau patenkintas)
5	labai gerai (visiškai patenkintas)

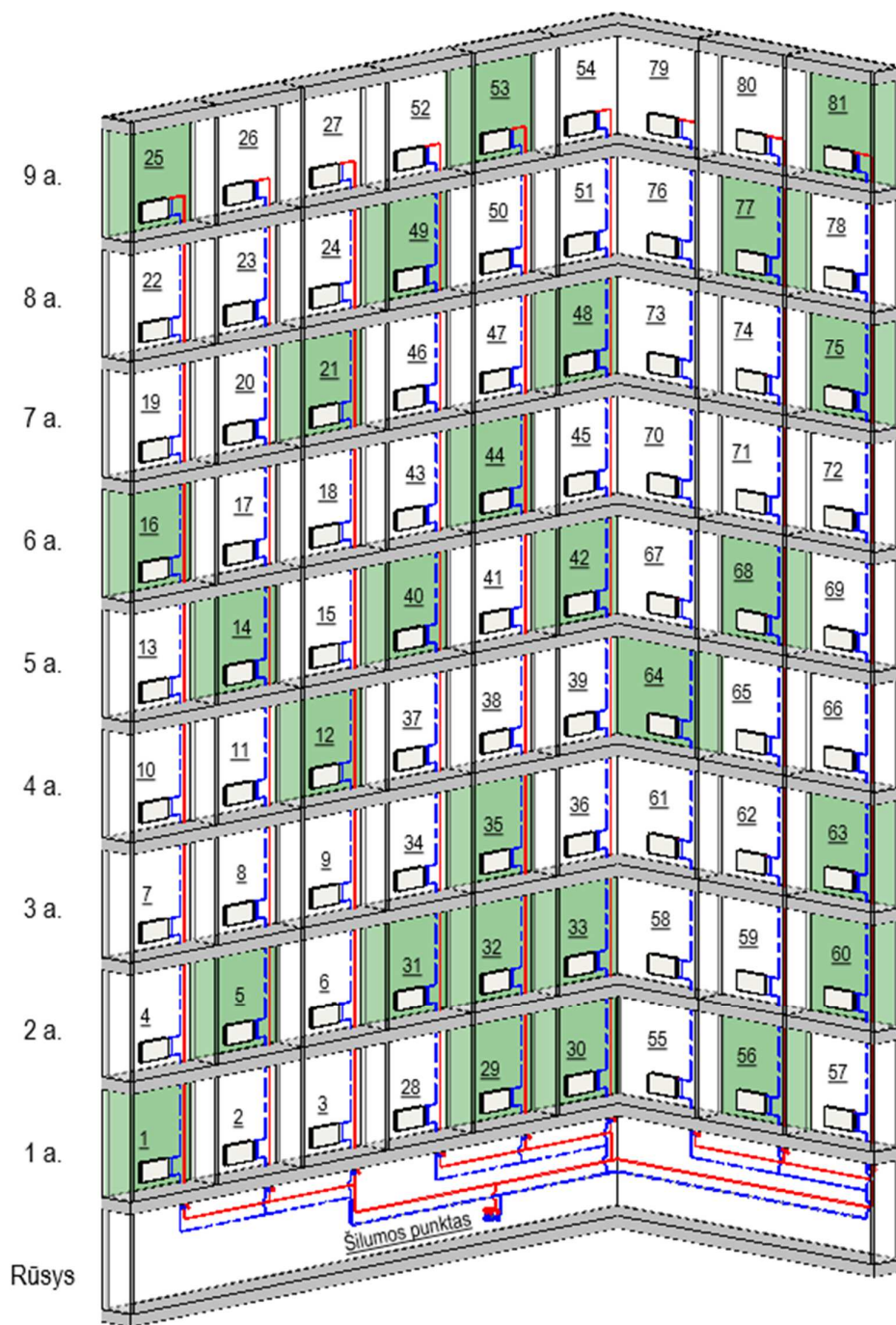
5.5 lentelėje pateikiami kokybinio tyrimo rezultatai.

5.5 lentelė. Apklauso duomenų suvestinė

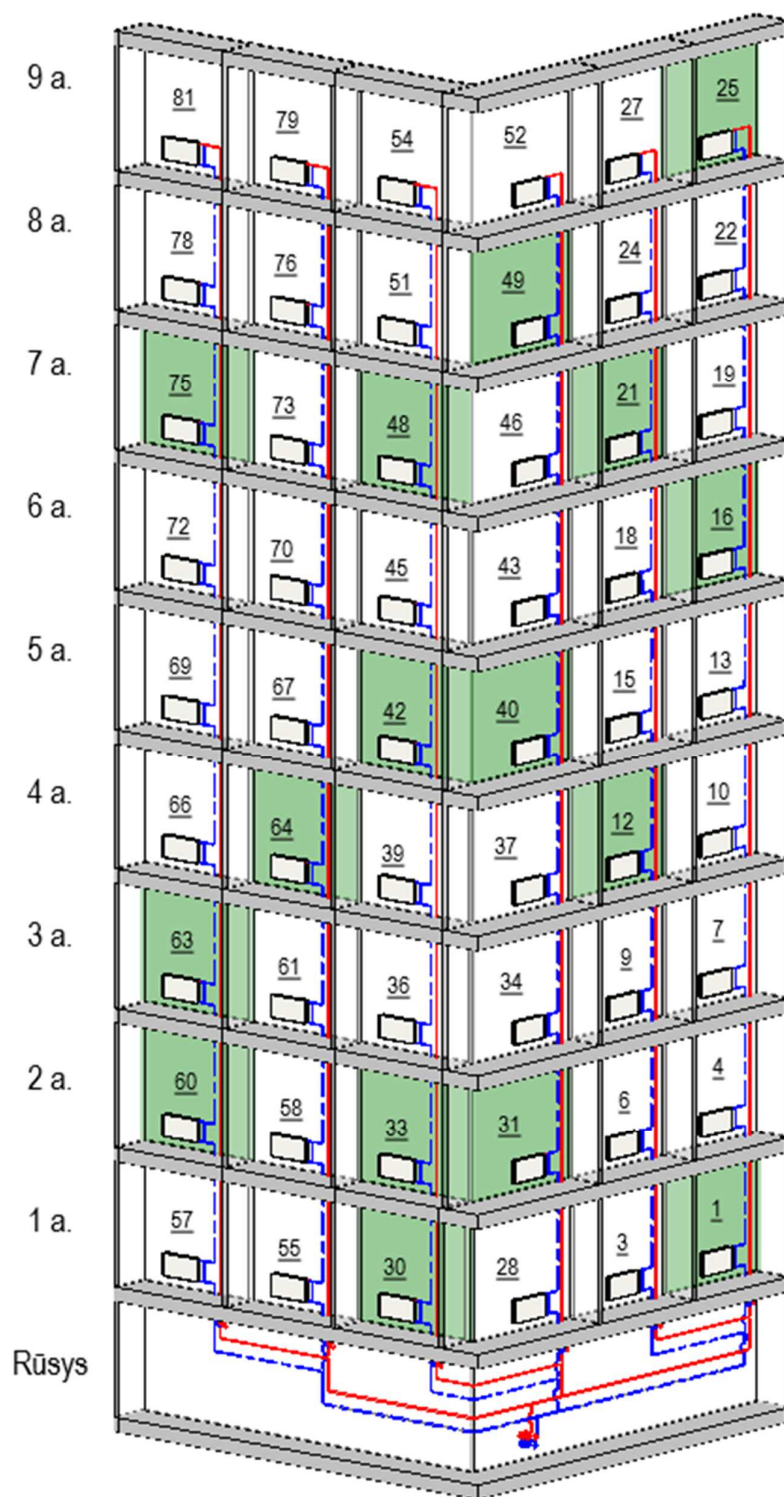
Eil. Nr.	Buto Nr.	Aukštas	Bendras pasitenkinimas būstu	Kaina už šildymą	Oro temperatūra	Santykinė drėgmė	Oro kokybė
1.	40	5	3	3	4	3	3
2.	81	9	5	5	5	3	5
3.	68	5	4	4	5	4	3
4.	16	6	4	4	5	4	4
5.	25	9	4	3	3	2	4
6.	49	8	3	3	4	3	3
7.	29	1	4	3	4	4	4
8.	33	2	4	3	4	4	4
9.	32	2	3	3	3	3	4
10.	31	2	4	4	4	4	4
11.	42	5	3	3	4	2	2
12.	1	1	3	3	3	2	3
13.	5	2	4	4	3	3	4
14.	12	4	5	5	5	4	4
15.	14	5	5	5	4	4	5
16.	21	7	4	4	4	3	4
17.	30	1	4	5	4	4	4
18.	35	3	4	4	4	4	4
19.	44	6	5	4	5	4	5
20.	48	7	3	3	4	3	4
21.	53	9	3	3	2	3	4
22.	56	1	4	3	4	3	4
23.	60	2	3	3	3	2	3
24.	63	3	3	3	4	3	3
25.	64	4	4	3	4	3	5
26.	75	7	4	5	4	3	4
27.	77	8	3	4	3	2	3
28.	79	9	3	3	3	2	4

Dauguma namo gyventojų į apklauso klausimus atsakė teigiamai. Bendrą pasitenkinimą būstu gyventojai dažniausiai įvertino „gerai“ (4 balai), vidurkis 3,8. Dažniausiai pasitaikantis atsakymas apie kainą už šildymą – „vidutiniškai“ (3 balai), tai reiškia, kad gyventojai sąskaitas už šildymą vertina palankiai, o bendras vidurkis 3,6. Oro temperatūrą gyventojai dažniausiai vertino palankiai, sakė, jog jų butuose yra pakankamai šilta. Oro temperatūros vertinimo moda 4, o vidurkis 3,9 balo.

5.3 ir 5.4 pav. pateiktos apklauso atlikimo schemas, kuriose žaliai pažymėti numeriai nurodo, kurie butai buvo apklausti.

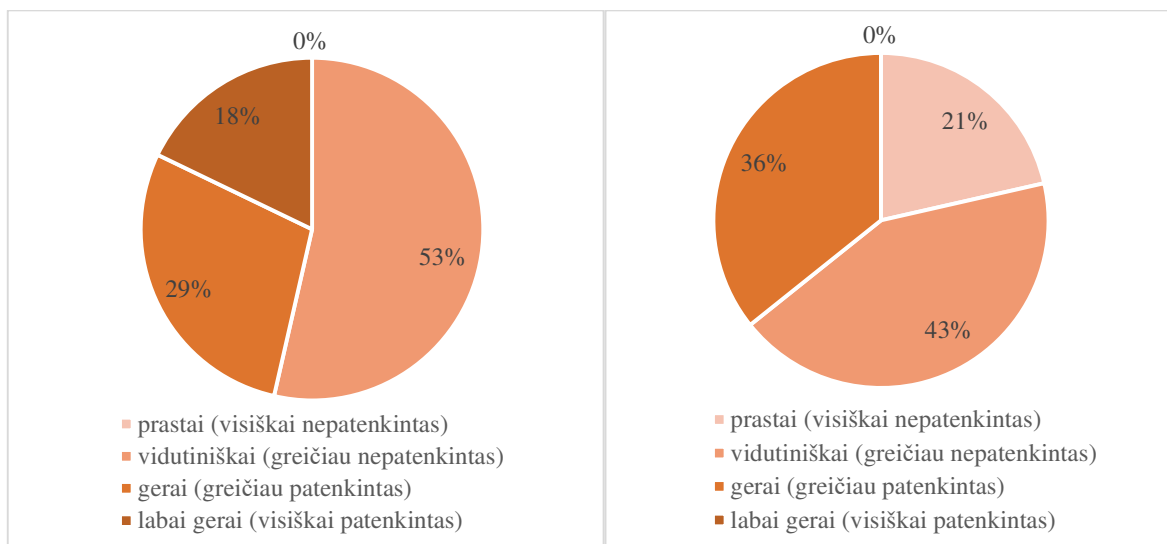


5.3 pav. Apklausos atlikimo schema (pietrytinis fasadas)



5.4 pav. Apklauso atlikimo schema (šiaurės vakarų fasadas)

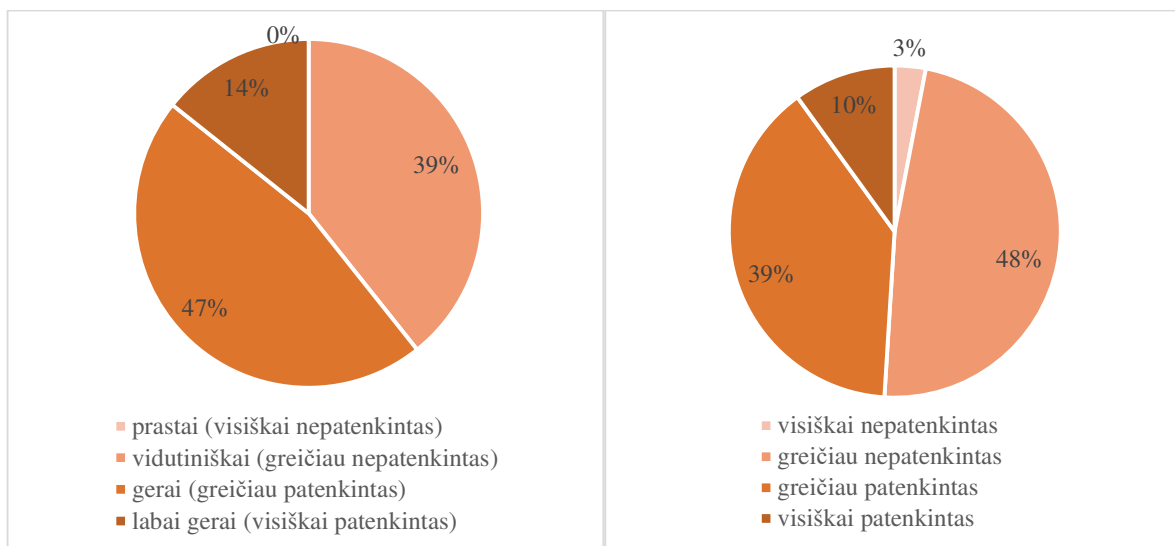
Oro kokybę butuose gyventojai vertino teigiamai, dažniausiai pasitaikantis atsakymas buvo „gerai“ (4 balai), o vidurkis 3,8 balai. Prasčiausiai namo gyventojai įvertino santykinę drėgmę būstuose. Bendras jos vertinimo vidurkis 3,1 balo.



5.5 pav. Gyventojų kainos už šildymą (kairėje) ir santykinės drėgmės (dešinėje) vertinimas

Gauti rezultatai palyginti su Būsto Energijos Taupymo Agentūros (BETA) užsakyta ir Spinter Reaserch prieš metus vykdytu kokybiniu visuomenės nuomonės tyrimu dėl daugiabučių namų atnaujinimo duomenimis [24]. Šios apklausos metu buvo apklausti 636 renovuotų daugiabučių gyventojai iš visos Lietuvos.

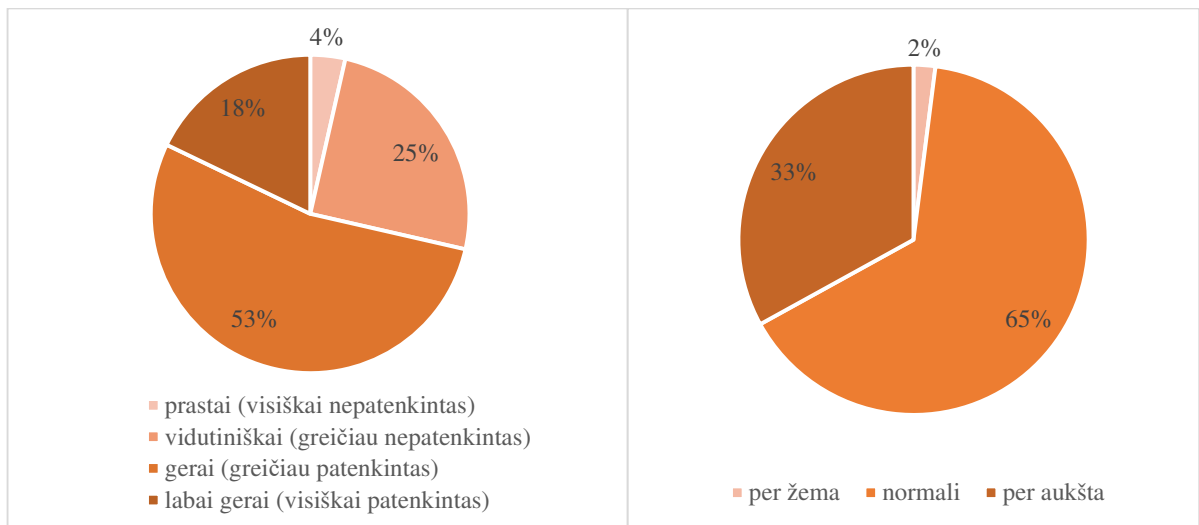
5.5 pav. pateikti tiriamojo daugiabučio ir Spinter Reaserch apklausų rezultatai gyventojų pasitenkinimo būstu klausimu.



5.6 pav. Gyventojų pasitenkinimas būstu: tiriamo daugiabučio (kairėje), BETA (dešinėje).

Iš Būsto energijos taupymo apklausos (BETA) rezultatų matyti, kad apie pusę apklausos dalyvių yra labiau nepatenkinti savo būstu, o tiriamajame daugiabutyje atliktoje apklausoje daugiau nei pusė savo būstu yra patenkinti, t. y. vertina gerai arba labai gerai.

5.6 pav. pateiktas gyventojų būstų patalpų temperatūrų vertinimų palyginimas šaltuoju metų laiku.



5.7 pav. Oro temperatūra bute: tiriamo daugiabučio (kairėje), BETA (dešinėje).

Iš abiejų apklausų matyti, kad renovuotuose daugiabučiuose gyventojų vertinimu vyrauja komfortiška arba aukštesnė temperatūra, gyventojai praktiškai beveik nesiskundžia šilumos trūkumu.

5.3 Matavimai šilumos punkte

Magistrinio darbo metu buvo atliktas tyrimas šilumos punkte. Matavimai atlikti vadovaujantis „Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodika“ [25].

Daugiabučio namo šilumos punktas įrengtas rūsyje. Stebėjimai šilumos punkte buvo atliekami 2019 m. kovo 23 – 30 dienomis. Stebėjimai truko 8 paras reguliariai (kas 4 – 6 val., išskyrus naktį) užsirašant duomenis.

Šiuo laikotarpiu šilumos punkte buvo stebimi tokie parametrai:

- lauko oro temperatūra;
- tiekiamo šilumnešio temperatūra (iš šilumos tinklų);
- grįžtamo šilumnešio temperatūra (į šilumos tinklus);
- suvartojamas šilumnešio srautas;
- tiekiamo karšto vandens temperatūra;
- grįžtamo karšto vandens temperatūra (iš recirkuliacinio kontūro);
- tiekiamo šalto vandens srautas į karšto vandens liniją;
- suvartojamas šilumnešio srautas karštam vandeniui.

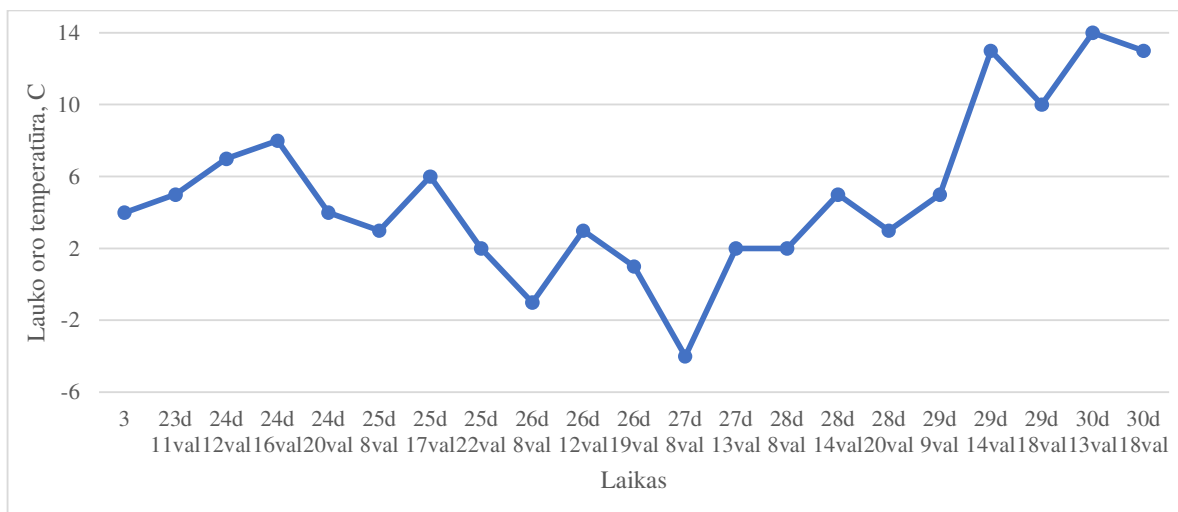
Stebėjimų rezultatai pateikti 5.6 lentelėje.

5.6 lentelė. Šilumos punkto matavimų suvestinė

Eil. Nr.	Data	Laikas	Lauko oro temperatūra, °C	Tiekiamo šilumnešio temperatūra (iš šilumos tinklų);	Grižtamo šilumnešio temperatūra (į šilumos tinklus), °C	Temperatūrų skirtumas, Δt	Suvartojamas šilumnešio srautas, MWh	Tiekiamo karšto vandens temperatūra, °C	Grižtamo karšto vandens temperatūra (iš recirkuliacinio kontūro), °C	Tiekiamo šalto vandens srautas į karšto vandens liniją, m ³	Suvartojamas šilumnešio srautas karštam vandeniui, MWh
1.	03 23	23 d. 11 val.	5	65	36	29	3817,78	58	44	30779,24	7703,12
2.	03 24	24 d. 12 val.	7	64	36	28	3818,49	56	44	30785,54	7704,16
3.	03 24	24 d. 16 val.	8	64	37	27	3818,60	58	44	30786,92	7704,35
4.	03 24	24 d. 20 val.	4	64	36	28	3818,77	58	46	30790,09	7704,65
5.	03 25	25 d. 8 val.	3	66	38	28	3819,26	58	44	30793,05	7705,07
6.	03 25	25 d. 17 val.	6	63	38	25	3819,50	55	45	30795,35	7705,46
7.	03 25	25 d. 22 val.	2	64	37	27	3819,70	56	45	30797,31	7705,69
8.	03 26	26 d. 8 val.	-1	67	37	30	3820,26	54	44	30799,55	7706,04
9.	03 26	26 d. 12 val.	3	64	38	26	3820,45	54	41	30801,05	7706,25
10.	03 26	26 d. 19 val.	1	64	36	28	3820,78	58	45	30803,02	7706,56
11.	03 27	27 d. 8 val.	-4	67	37	30	3821,58	57	44	30806,33	7707,04
12.	03 27	27 d. 13 val.	2	66	38	28	3821,78	54	41	30807,51	7707,25
13.	03 28	28 d. 8 val.	2	66	37	29	3822,56	57	44	30812,75	7708
14.	03 28	28 d. 14 val.	5	64	38	26	3822,75	54	41	30813,98	7708,23
15.	03 28	28 d. 20 val.	3	65	34	31	3822,96	56	45	30816,00	7708,54
16.	03 29	29 d. 9 val.	5	65	36	29	3823,50	57	43	30819,38	7709,04
17.	03 29	29 d. 14 val.	13	63	44	19	3823,55	58	41	30820,78	7709,27
18.	03 29	29 d. 18 val.	10	65	36	29	3823,58	56	45	30822,03	7709,44
19.	03 30	30 d. 13 val.	14	64	37	27	3824,08	60	44	30827,87	7710,25
20.	03 30	30 d. 18 val.	13	63	43	20	3824,11	55	46	30829,74	7710,52

Stebėjimo laikotarpiu buvo 20 kartų užsirašyti duomenys. Prietaisų duomenys dažniausiai buvo užsirašomi ryte, per pietus ir vakare norint įvertinti kaip kinta savarajamos šilumos kiekis svyruojant lauko oro temperatūrai.

5.7 pav. pateiktos lauko oro temperatūros vertės stebėjimo metu.

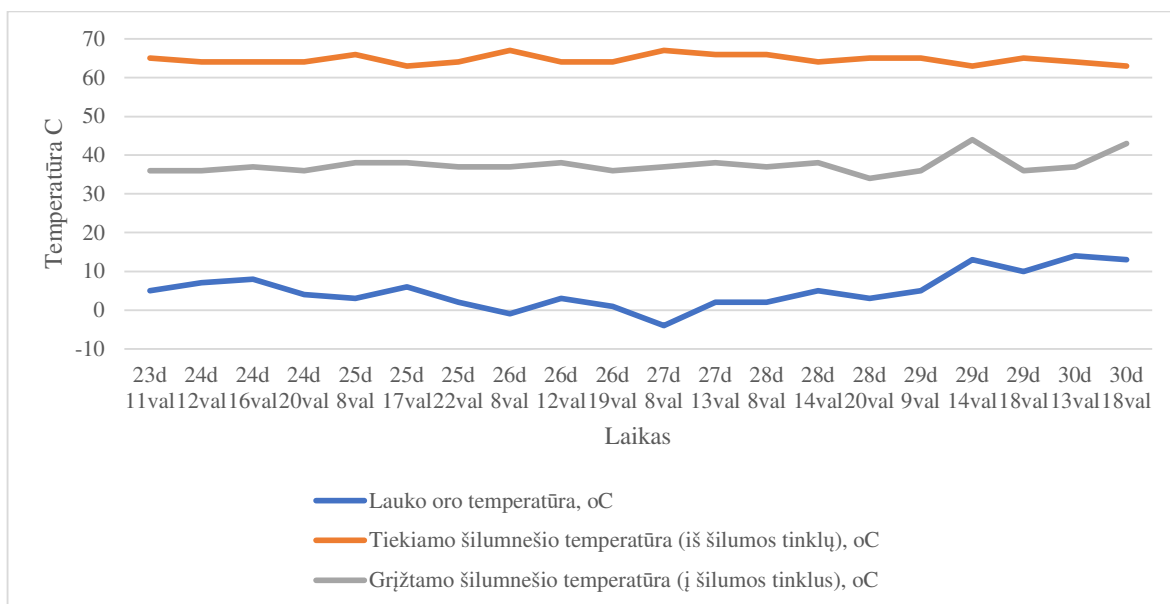


5.8 pav. Lauko oro temperatūros grafikas

Vidutinė lauko oro temperatūra stebėjimo metu buvo +5,1 °C, žemiausia -4 °C, o aukščiausia +14 °C. Per šį laikotarpį buvo suvartota 6,33 MWh šilumnešio energijos.

Be to, kovo 23 – 30 dienomis suvartota 50,50 m³ (vidutiniškai 6,13 m³ per parą) šalto vandens karštam vandeniui paruošti. Taip pat viso suvartota 7,4 MWh šilumnešio energijos karštam vandeniui paruošti (vidutiniškai 0,93 MWh per parą).

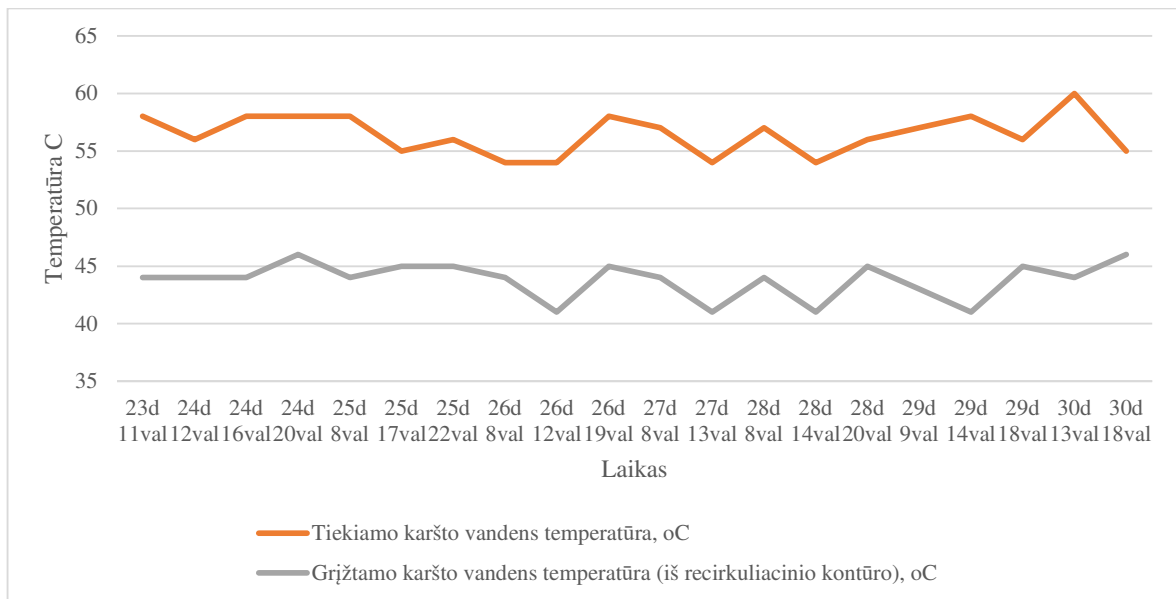
5.8 pav. pateiktos šilumnešio ir lauko oro temperatūros vertės stebėjimo metu.



5.9 pav. Šilumnešio ir lauko oro temperatūros grafikas

Vidutinė tiekiamo šilumnešio temperatūra buvo 64,7 °C, o grįžtamo 37,5 °C. Iš grafiko matyti, kad nuo lauko oro temperatūros tiekiamo ir grįžtamo termofikato temperatūros mažai kito.

5.9 pav. pateikti karšto vandens temperatūrų grafikas.



5.10 pav. Karšto vandens temperatūrų grafikas

Vidutinė tiekiamo karšto vandens temperatūra stebėjimo metu buvo 56,5 °C, tačiau net kelis kartus buvo užfiksuota 54 °C temperatūra, vadinasi prietaisus butuose galėjo pasiekti dar vėsesnis vanduo. Vadinasi būtų neužtikrinamas Higienos normos „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ [27] 40.2 punktas., kuris nurodo, kad vartotojų prietaisus turi pasiekti ne žemesnis kaip 50 °C temperatūros vanduo.

Recirkuliacinio kontūro temperatūra vidutiniškai siekė 43,8 °C, mažiausia užfiksuota vertė 41 °C, o didžiausia 46 °C.

5.4 Matavimai butuose

Taip pat daugiabučiame name buvo matuojamos butų oro temperatūros ir santykinės drėgmės vertės. Mikroklimate parametrų empirinis tyrimas vyko 20 dienų, nuo kovo 24 d. 8 val. ryto iki balandžio 11 d. 14 val.



5.11 pav. HOBO matavimo prietaisas

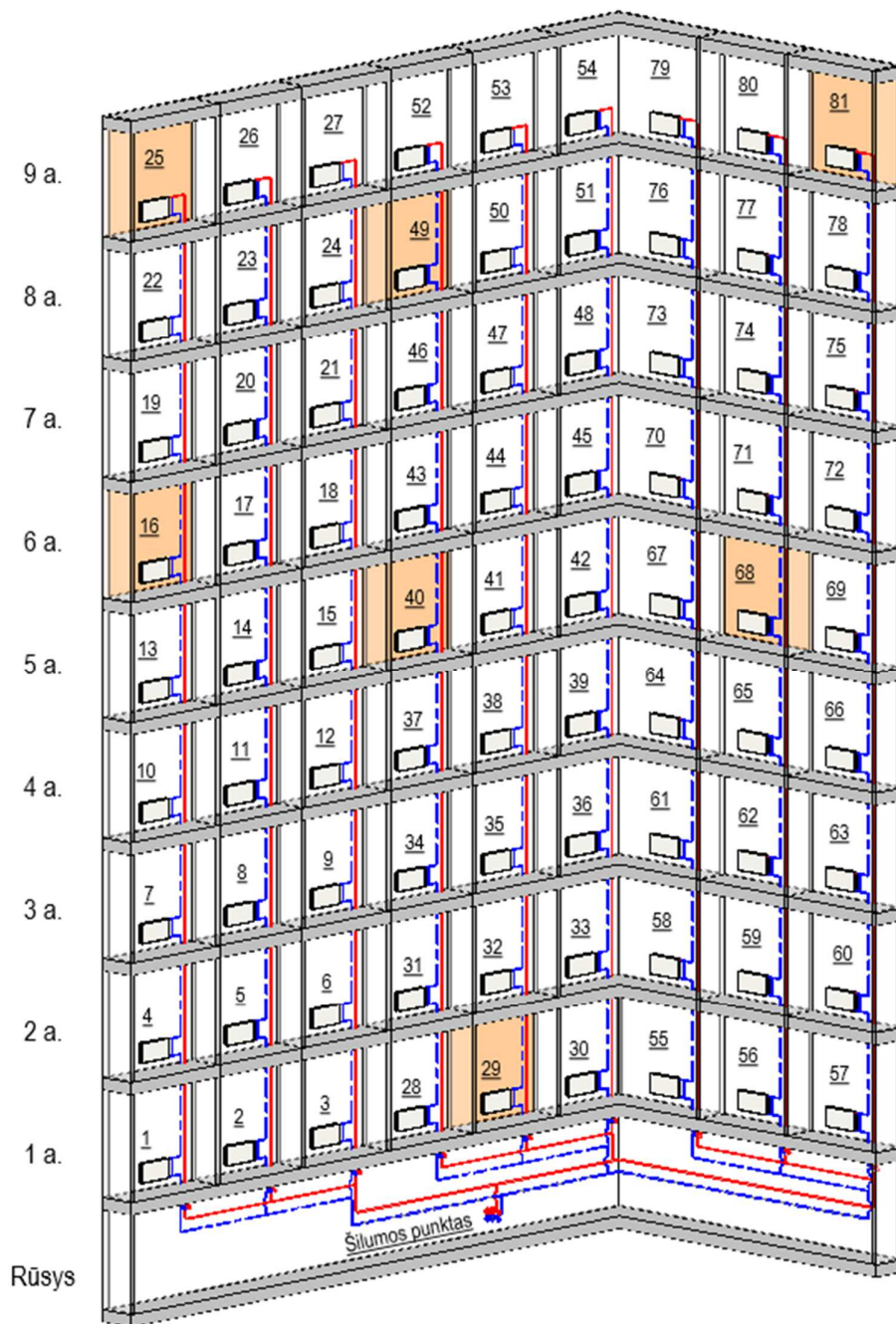
Duomenys butuose buvo renkami su HOBO matavimo prietaisais (5.10 pav.). Matavimo prietaisai stebimų parametrų vertes fiksuodavo kas valandą. Matavimams buvo naudojami 12 HOBO prietaisų. Matavimo prietaisai buvo pastatomi 1 – 1,5 m aukštyje ant spintelų ar sekcijų svetainėse arba miegamuosiuose. Prietaisų vietos buvo parenkamos taip, kad tiesioginiai saulės spinduliai ar šildymo prietaisai (radiatoriai) neturėtų įtakos parodymams. Stebėtų parametrų vertės pateiktos 5.7 lentelėje.

5.7 lentelė. Butų mikroklimato parametrų suvestinė

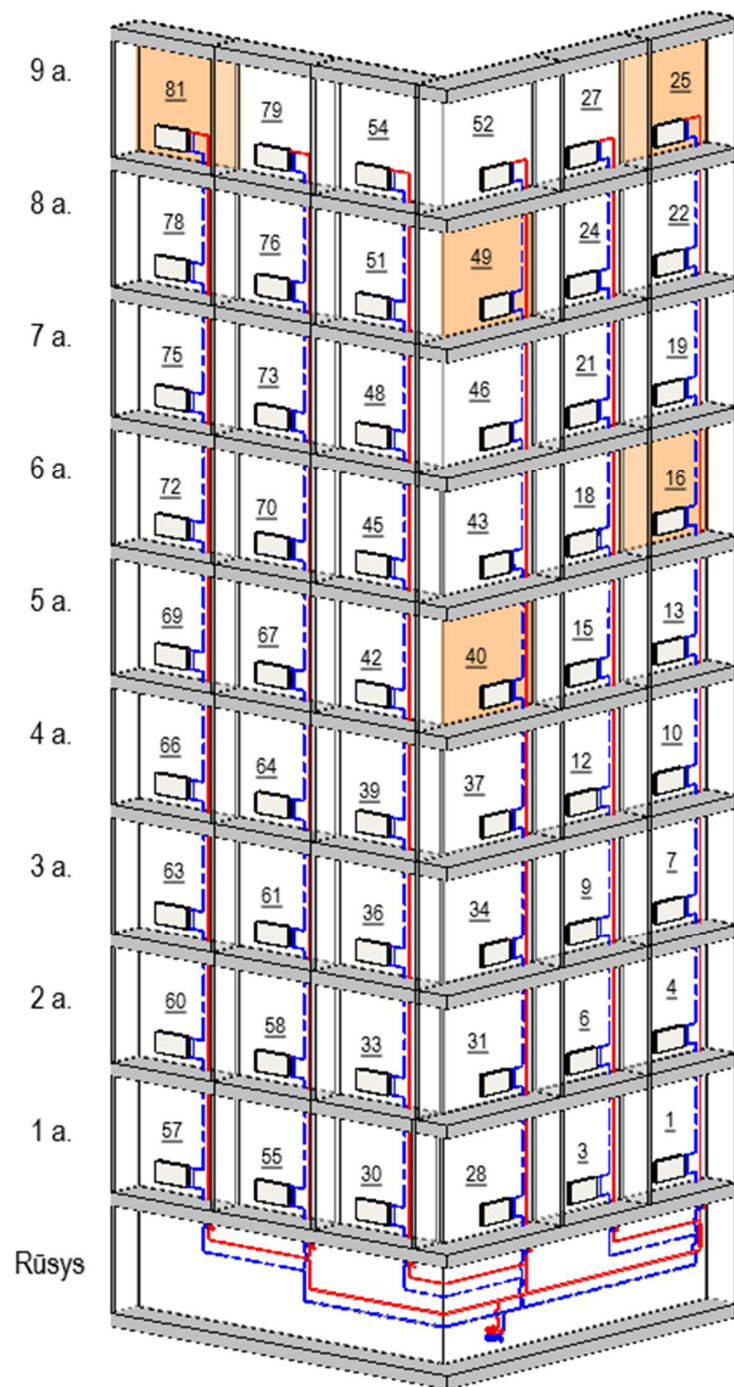
Aukštas	Buto Nr.	Kryptis	Vidutinė buto oro temperatūra, °C	Minimali buto oro temperatūra, °C	Maksimali buto oro temperatūra, °C	Vidutinė buto santykinė drėgmė, %	Minimali buto santykinė drėgmė, %	Maksimali buto santykinė drėgmė, %
6	16R	rytai	21,78	20,19	23,24	38,3	23,4	53,8
6	16V	vakarai	20,71	16,00	22,48	34,0	26,5	41,1
9	25R	rytai	20,28	17,52	22,48	46,8	23,4	76,2
9	25V	vakarai	20,28	17,52	22,48	46,8	23,4	76,2
1	29PV	pietvakariai	22,25	20,95	24,01	33,2	24,5	52,9
1	29R	rytai	22,85	20,19	31,93	31,9	23,5	43,3
5	40R	rytai	22,59	21,71	24,4	47,1	23,4	59,3
5	40V	vakarai	23,48	22,86	24,01	24,0	23,4	27,7
8	49R	rytai	21,76	20,19	22,48	33,4	28,8	36,3
8	49V	vakarai	22,41	20,95	23,24	32,2	23,4	49,9
5	68P	pietūs	23,71	22,09	25,17	26,3	23,4	65,4
9	81PV	pietvakariai	20,64	18,28	21,71	23,4	23,4	23,4

Stebėjimai vyko septyniuose skirtinguose butuose, kai kuriuose buvo palikti po du prietaisus skirtingose buto pusėse.

5.11 ir 5.12 pav. pavaizduota, kuriuose butuose buvo palikti matavimo prietaisai. Pasirinktas toks matavimo prietaisų išdėstymas, norint juos kuo labiau paskirstyti po skirtingas laiptines, aukštus ir pasaulio kryptis.

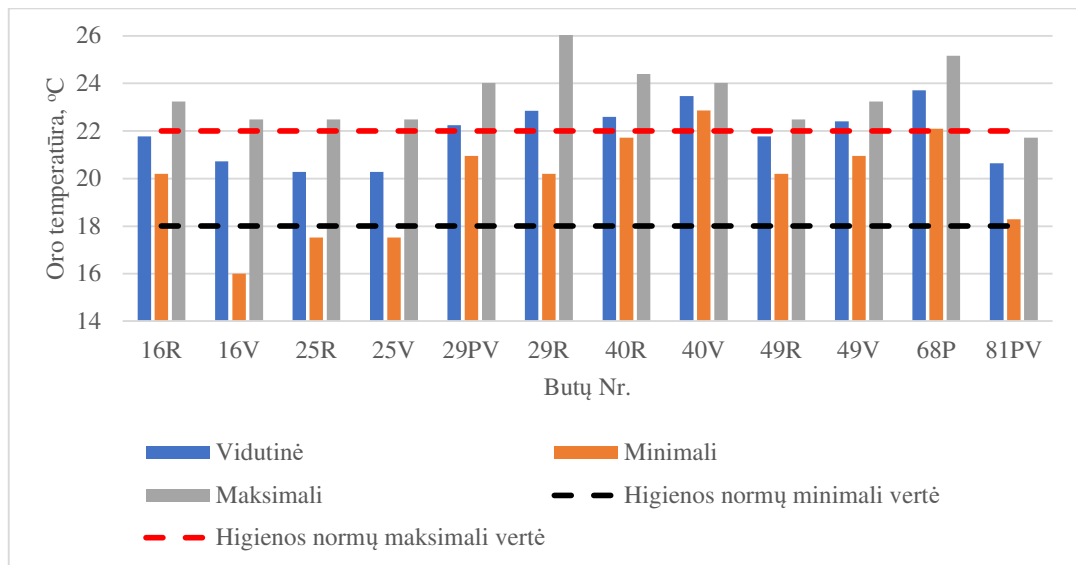


5.12 pav. Mikroklimato parametrų stebėjimo prietaisų išdėstymo schema (pietrytinis fasadas)



5.13 pav. Mikroklimato parametrų stebėjimo prietaisų išdėstymo schema (šiaurės vakarinis fasadas)

Visų stebėtų butų vidutinė oro temperatūra yra $21,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, o santykinė drėgmė $34,8\%$. 5.13 pav pateiktas temperatūrų grafikas butuose. Brūkšninės linijos žymi higienos normų ribines vertes ($18 - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$) šaltuoju metų laiku.



5.14 pav. Butų vidutinių oro temperatūrų diagrama

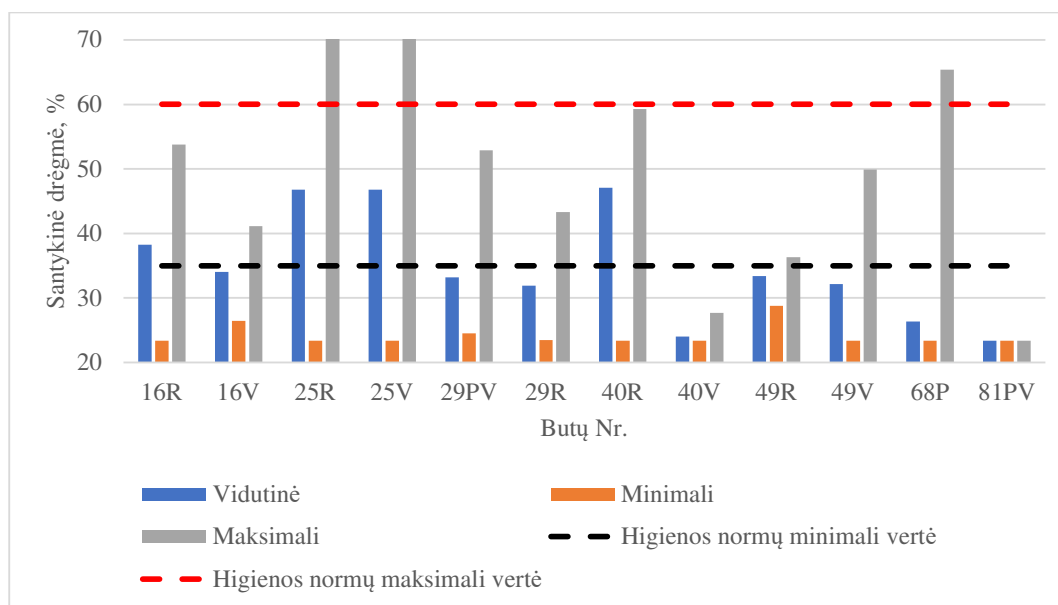
Žemiausia vidutinė oro temperatūra (20,28 °C) užfiksuota devintame aukšte esančiame bute Nr. 25. Šis butas yra kampinis ir viršutiniame aukšte, todėl jame susidaro didžiausi šilumos nuostoliai tiek per išorines sienas, tiek per stogą, kuris yra neapšiltintas. Tai paaiškina kodėl šiame bute oro temperatūra yra žemiausia lyginant su kitais.

Aukščiausia vidutinė oro temperatūra (23,71 °C) užfiksuota 68 – ajame bute. Šis butas yra vidurinėje laiptinėje, viduriniame aukšte, o jo išorinė siena yra pietų pusėje, todėl jame susidaro mažiausi šilumos nuostoliai.

Iš surinktų duomenų matyti, kad net pusė prietaisų (6 iš 12 vnt.) pereinamuoju šildymo sezono metu fiksavo aukštesnes už higienos normos rekomenduojamas oro temperatūros vertes, todėl galima daryti prielaidą, kad didelė dalis likusių butų, kuriuose matavimai nebuvo atliekami yra perkaitinami ne tik šiuo laikotarpiu, bet ir šaltuoju metų laiku.

Taip pat butų oro temperatūros duomenys išryškina vienvamzdės sistemos trūkumus: skirtingose patalpose yra skirtingos temperatūros, o tarp matuotų butų temperatūrų amplitudė siekia beveik 3,5 °C.

5.14 pav pateiktas santykinės oro drėgmės grafikas stebėtuose butuose. Brūkšninės linijos žymi higienos normų ribines vertes (35 – 60 %) šaltuoju metų laiku.



5.15 pav. Butų vidutinės santykinės drėgmės diagrama

Mažiausia vidutinė santykinė oro drėgmė (23,4 %) užfiksuota devintame aukšte esančiame 81 – ajame bute, o didžiausia (47,1 %) penktame aukšte esančiame 40-ajame bute.

Visuose stebėtuose butuose santykinės drėgmės vertės yra gana mažos, vos trečdalis matavimo prietaisų fiksavo santykinę drėgmę, kuri atitinka higienos normas, o likusios buvo žemesnės. Tam įtakos turi pakankamai aukšta patalpų oro temperatūra. Daugelio butų vidutinės santykinės drėgmės vertės netenkina higienos normų, todėl tikėtina, kad gyventojai jaučia diskomfortą dėl per sauso oro.

Vienas iš būdų kaip padidinti santykinę drėgmę butuose yra gyventojams individualiai įsigyti oro drėkintuvus pagal poreikį. Butuose, kuriuose yra per sausas oras rekomenduojami šie įrenginiai. Drėkintuvai padidintų santykinės drėgmės kiekį patalpose bei suteiktų didesnę komfortą gyventojams.

5.5 Karšto vandens suvartojimo analizė

Taip pat daugiabutyje buvo atlikta karšto vandens suvartojimo analizė. Buvo nagrinėjami mėnesiniai duomenys nuo 2018 m. vasario iki 2019 m. spalio, nes surinkti būtent šio laikotarpio duomenys.

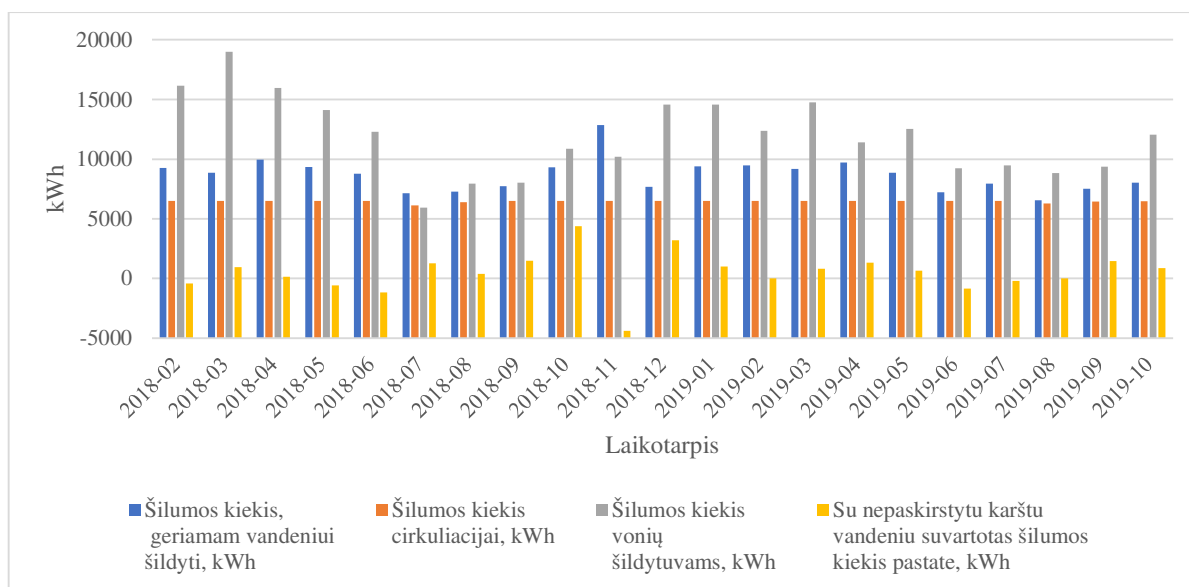
Pirmiausia pagal „AB Kauno energija“ pateiktas mėnesines sąskaitas buvo surinkti reikalingi pastato duomenys apie karštą vandenį: šilumos apskaitos prietaiso rodmenys (karštam vandeniui), šilumos kiekis geriamam vandeniui šildyti, cirkuliacijai ir vonių šildytuvams, bei vandens kiekis karštam vandeniui ruošti.

5.8 lentelėje pateikti surinkti duomenys.

5.8 lentelė. Karšto vandens suvartojimo suvestinė

Laikotarpis	Šilumos prietaiso rodmenys, kWh	Šilumos kiekis, geriamam vandeniui šildyti, kWh	Šilumos kiekis cirkuliacijai, kWh	Šilumos kiekis vonių šildytuvams, kWh	Su nepaskirstytu karštu vandeniu suvartotas šilumos kiekis pastate, kWh	Vandens kiekis karštam vandeniui ruošti, m ³
2018-02	31430,000	9256,625	6480,000	16127,019	-433,628	173,0
2018-03	32250,000	8865,500	6480,000	18977,976	926,488	192,0
2018-04	32550,000	9960,650	6480,000	15971,985	137,349	198,0
2018-05	29380,000	9334,850	6480,000	14128,020	-562,864	172,0
2018-06	26370,000	8787,275	6480,000	12291,021	-1188,265	149,0
2018-07	20460,000	7140,029	6105,456	5939,568	1274,974	165,0
2018-08	21990,000	7270,019	6392,925	7947,072	379,994	150,0
2018-09	23690,000	7718,200	6480,000	8030,016	1461,789	180,0
2018-10	31030,000	9308,775	6480,000	10882,026	4359,229	268,0
2018-11	25090,000	12826,304	6480,000	10194,984	-4411,302	165,0
2018-12	31910,000	7660,404	6480,000	14567,040	3202,605	213,0
2019-01	31410,000	9375,484	6480,000	14577,003	977,515	203,0
2019-02	28320,000	9469,455	6480,000	12354,039	16,554	186,0
2019-03	31240,000	9188,057	6480,000	14764,032	807,941	196,0
2019-04	28890,000	9710,285	6480,000	11394,027	1305,718	216,0
2019-05	28490,000	8853,254	6480,000	12523,977	632,750	186,0
2019-06	22080,000	7217,756	6480,000	9225,009	-842,762	125,0
2019-07	23650,000	7934,600	6480,000	9468,981	-233,587	151,0
2019-08	21680,000	6570,320	6270,940	8830,053	8,689	129,0
2019-09	24770,000	7524,830	6444,040	9349,992	1451,740	176,0
2019-10	27390,000	8023,440	6453,840	12062,196	850,564	174,0

Šie duomenys iš sąskaitų yra apskaityti pagal šilumos punkte esantį šilumos skaitiklį.



5.16 pav. Šilumos kiekių karštam vandeniui palaikyti grafikas

Iš grafiko matyti, kad didžiausia energijos suvartojimo dalis ir tuo pačiu kaina gyventojams kiekvieną mėnesį yra vonių šildytuvams.

Žinant vandens kiekį karštam vandeniui ruošti ir, kad vieno kubinio metro vandens pašildymui nuo 8 °C iki 52 °C reikia sunaudoti 51 kWh šilumos, perskaičiuojamas šilumos kiekis geriamam vandeniui šildyti (Žr. 5.9 lent. 3 stulpelis).

Tuomet žinant, kad vieno buto cirkuliacijai sunaudojamas šilumos kiekis yra 90 kWh (pagal Valstybinę Energetikos Reguliavimo Tarnybą [28]), perskaičiuojamas šilumos kiekis viso pastato cirkuliacijai. (Žr. 5.9 lent. 4 stulpelis).

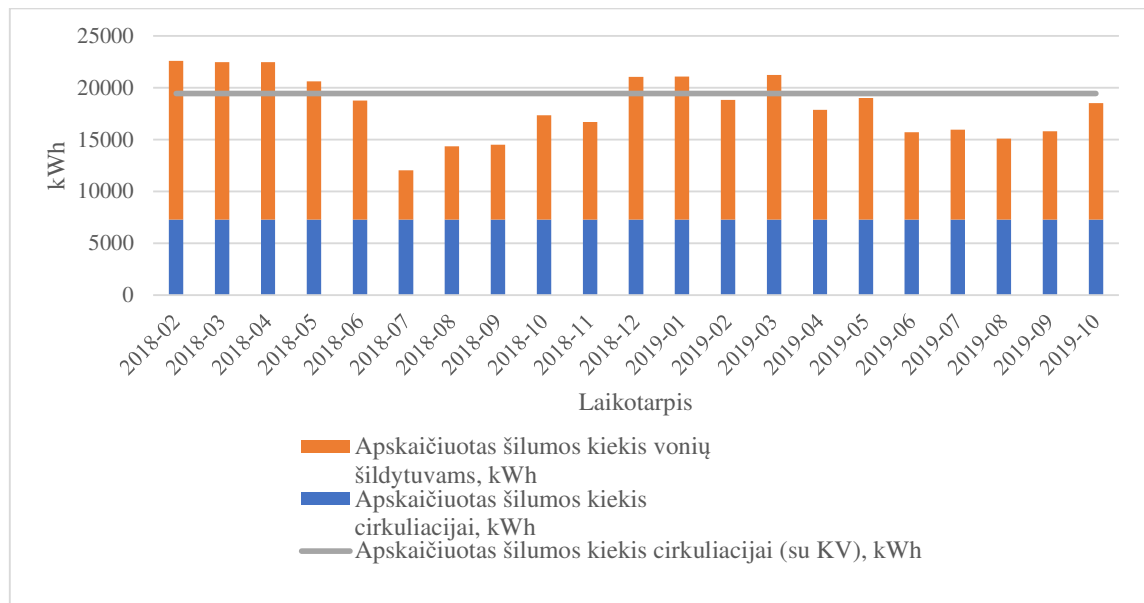
Tada iš šilumos prietaiso rodmenų atimant šilumos kiekį karštam vandeniui ir cirkuliacijai apskaičiuojamas šilumos kiekis vonių šildytuvams. (Žr. 5.9 lent. 5 stulpelis).

Taip pat palyginimui pateikiamas šilumos kiekis karšto vandens cirkuliacijai ir vonių šildytuvams, jei vonių šildytuvams būtų naudojamas karštas vanduo, o ne termofikatas. Ši vertė apskaičiuojama norminį šilumos kiekį (240 kWh) butui padauginus iš butų kiekio. (Žr. 5.9 lent. 6 stulpelis).

5.9 lentelė. Perskaičiuoti karšto vandens suvartojimo duomenys

Laikotarpis	Šilumos prietaiso rodmenys, kWh	Apskaičiuotas šilumos kiekis, geriamam vandeniui šildyti, kWh	Apskaičiuotas šilumos kiekis cirkuliacijai, kWh	Apskaičiuotas šilumos kiekis vonių šildytuvams, kWh	Apskaičiuotas šilumos kiekis cirkuliacijai (su karštu vandeniu), kWh
2018-02	31430	8823	7290	15317	19440
2018-03	32250	9792	7290	15168	19440
2018-04	32550	10098	7290	15162	19440
2018-05	29380	8772	7290	13318	19440
2018-06	26370	7599	7290	11481	19440
2018-07	20460	8415	7290	4755	19440
2018-08	21990	7650	7290	7050	19440
2018-09	23690	9180	7290	7220	19440
2018-10	31030	13668	7290	10072	19440
2018-11	25090	8415	7290	9385	19440
2018-12	31910	10863	7290	13757	19440
2019-01	31410	10353	7290	13767	19440
2019-02	28320	9486	7290	11544	19440
2019-03	31240	9996	7290	13954	19440
2019-04	28890	11016	7290	10584	19440
2019-05	28490	9486	7290	11714	19440
2019-06	22080	6375	7290	8415	19440
2019-07	23650	7701	7290	8659	19440
2019-08	21680	6579	7290	7811	19440
2019-09	24770	8976	7290	8504	19440
2019-10	27390	8874	7290	11226	19440

Nesutapimai tarp gyventojams pateikiamų sąskaitų ir deklaruojamų rodmenų atsiranda dėl to, jog sąskaitos pateikiamos pagal įvadinio šilumos apskaitos prietaiso rodmenis, o gyventojai deklaruoja šilumos kiekį pagal individualius skaitiklius esančius jų butuose.



5.17 pav. Apskaičiuotų šilumos kiekių karštam vandeniui palaikyti grafikas

Iš lentelės ir grafiko matyti, kad šilumos kiekiai tarp pateiktų sąskaitų ir apskaičiuotų šilumos kiekių skiriasi. Taip pat iš duomenų matyti didžiausias tokios sistemos trūkumas – individualaus reguliavimo nebuvimas. Kadangi butuose nėra individualaus valdymo, vonios ir šiltuoju metų laiku yra šildomos ir dažnu atveju peršildomos. Gyventojai neturi galimybės reguliuoti vonių šildytuvų pagal poreikį ar savo įpročius, todėl energija vartojama neefektyviai.

6. Efektyvumo gerinimas

6.1 Šildymo sistema

6.1.1 Šildymo prietaisai

Kadangi nagrinėjamo daugiabučio gyventojai yra nemažai investavę į išorinių sienų, pamatų šiltinimą, langų keitimą, rekomenduojama taip renovuoti pastato vienvamzdę šildymo sistemą, kad jai reikėtų kuo mažiau investicijų. Vienas iš tokių būdų yra sumontuoti naujus balansinius ventilius ant stovų, perbalansuoti sistemą, atnaujinti šiluminę izoliaciją ant magistralinių vamzdžių bei įrengti termostatinčius ventilius prie kiekvieno radiatoriaus.

Automatinių balansinių ventilių montavimo ant stovų etapai:

- senos uždarymo ir reguliavimo armatūros išmontavimas;
- naujos uždarymo ir drenavimo armatūros montavimas;
- automatinių balansinių ventilių montavimas;
- automatinių balansinių ventilių reguliavimas pagal reikiamus srautus;
- cirkuliacinio siurblio darbo optimizavimas.

Tinkamai subalansuoti šildymo sistemos stovai leis efektyviau panaudoti energiją. Taip pat svarbu prie radiatorių butuose įrengti termostatinčius ventilius.

6.1 pav. pavaizduotas esamas radiatoriaus pajungimas daugiabutyje.



6.1 pav. Dabartinis tipinio radiatoriaus pajungimas

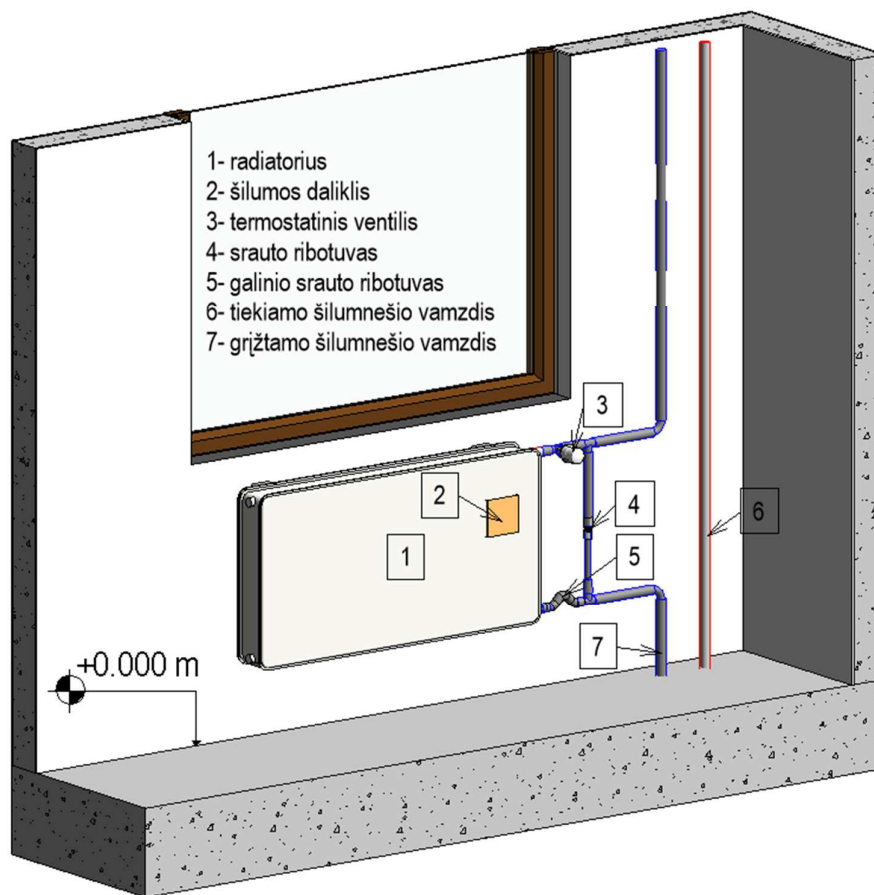
Šiuo metu prie kiekvieno radiatoriaus yra įrengtas apvadinis vamzdis, tačiau nėra ventilių su termostatinėmis galvomis. Tyrimas butuose parodė, kad daugelyje stebėtų patalpų yra gana aukštos temperatūros, todėl galima daryti prielaidą, kad ir kiti butai šaltuoju metų laiku yra peršildomi. Termostatinčių ventilių ir šilumos daliklių įrengimas leistų reguliuoti pratekantį šilumnešio kiekį ir tuo

pačiu reguliuoti patalpų temperatūrą. Taip šildymo sistema būtų naudojama racionaliau ir efektyviau. Be to, šilumos dalikliai leistų butų gyventojams individualiai atsiskaityti už šilumą.

Sąlygos, kad pastate būtų galima įrengti šilumos apskaitos su šilumos dalikliais sistemą:

- pastato šilumos įvade įrengta komercinė apskaita;
- pastate esant vienvamzdei šildymo sistemai prie kiekvieno radiatoriaus turi būti įrengti apvadai su dviegiais termoregulatoriais, šildymo sistema subalansuota;
- kiekvienas radiatorius turi turėti termostatinę galvutę su ribotuvu, kuriuo patalpos temperatūrą būtų galima nustatyti ne žemesnę nei 16 °C;
- šildymo prietaisai negali būti uždengti ar užstatyti baldais.

Šilumos daliklių įrengimas prie kiekvieno šildymo prietaiso leistų gyventojams taupyti energiją nebūnant patalpose ar nakties metu. Taip pat tai svarbus faktorius įgyvendinant efektyvią pastato šildymo sistemos modernizavimą.



6.2 pav. Siūlomas tipinio radiatoriaus pajungimas

Tipinio šildymo prietaiso (radiatoriaus) modernizavimo etapai:

- esamo apvadinio vamzdžio pašalinimas;
- naujo apvadinio vamzdžio su srauto ribotuvu montavimas;
- grįžtamo srauto ribotuvo montavimas;

- termostatinio ir didelio pralaidumo dvieigio ventilio sumontavimas ant radiatoriaus paduodamo vamzdžio;
- šilumos daliklio ant radiatoriaus sumontavimas;
- termostatinio ventilio nustatymas pagal gamintojo rekomendacijas.

Taigi balansinių ventilių ant stovų ir termostatinų ventilių su šilumos dalikliais prie radiatorių įrengimas leistų padidinti pastato šildymo sistemos efektyvumą ir tuo pačiu sumažinti energijos suvartojimus.

6.1.2 Šilumos punktas

Daugiabučio namo atitvaros buvo apšiltintos, pastato šildymo galia ženkliai sumažėjo, tačiau šilumos punktas nebuvo atnaujintas, todėl tikėtina, kad sistema nėra naudojama efektyviai. Pastato šilumos punkto darbo režimų efektyvumą galima įvertinti pagal projektinę lauko oro temperatūrą.

Žinoma, jog prieš renovaciją tiekama šilumnešio temperatūra prieš buvo – 95 °C, grįžtama šilumnešio temperatūra – 70 °C, skaičiuojamoji vidaus patalpų oro temperatūra – 18 °C, o skaičiuojamoji lauko oro temperatūra prieš renovaciją – -22 °C.

Šildymo galia prieš ir po renovacijos įvertinama apskaičiuojant šilumos nuostolius per ilginčius šiluminius tiltelius bei savituosius pastato šilumos nuostolius. Šilumos nuostoliai skaičiuoti remiantis STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [6]. Skaičiavimų suvestinės pateiktos 3, 4 ir 5 prieduose.

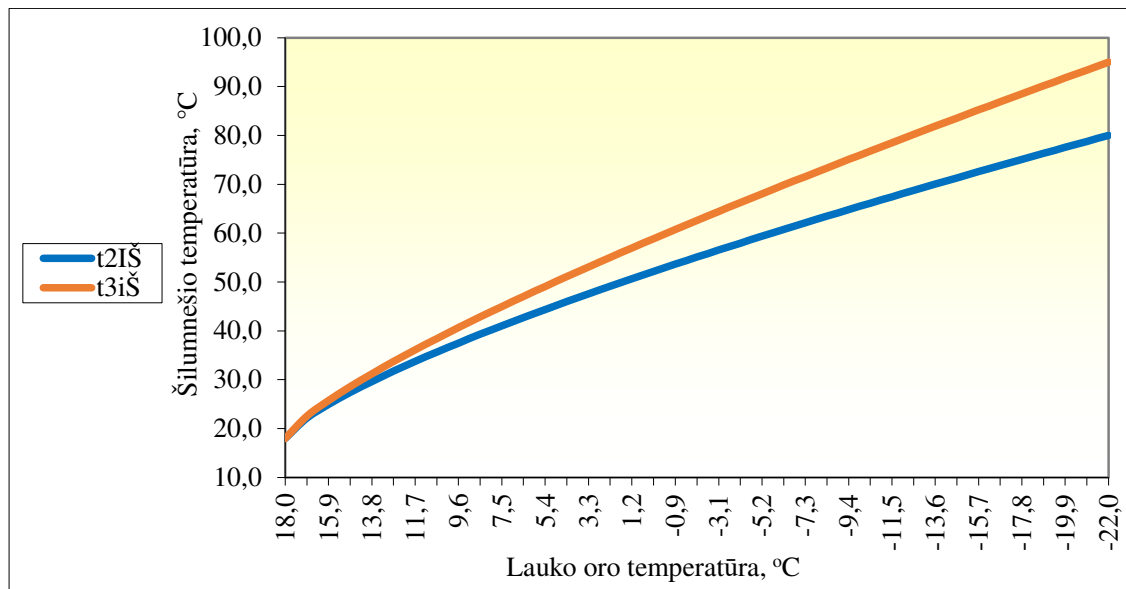
Suminiai savitieji pastato šilumos nuostoliai prieš renovaciją yra 13871 W/K, po renovacijos 7220 W/K.

Be to, apskaičiuota šildymo galia prieš renovaciją yra 652 kW arba 115 W/m², o po renovacijos - 339 kW arba 60 W/m². Iš atliktų skaičiavimų matyti, kad pastato šildymo galia sumažėjo beveik perpus (48 %).

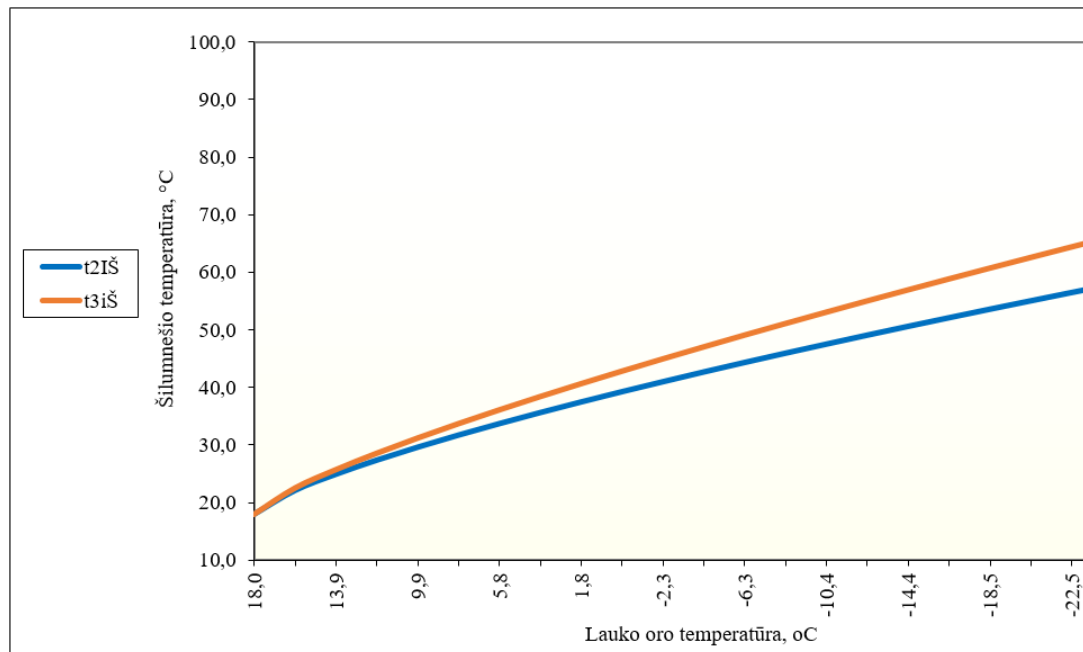
Žinant suminius savituosius šilumos nuotolius skaičiuojama projektinė lauko oro temperatūra po renovacijos:

$$t_{i\dot{S}P} = -18 + 40 \times \frac{13871}{7220} = -59 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Taigi apskaičiuota, kad po renovacijos pastato projektinė lauko oro temperatūra yra net -59 °C. Pagal žinomas šilumnešių, lauko ir vidaus oro temperatūras nubraižomi grafikai prieš ir po renovacijos (6.3 ir 6.4 pav.).



6.3 pav. Šilumnešio temperatūros priklausomybė nuo lauko oro temperatūros prieš renovaciją



6.4 pav. Šilumnešio temperatūros priklausomybė nuo lauko oro temperatūros po renovaciją

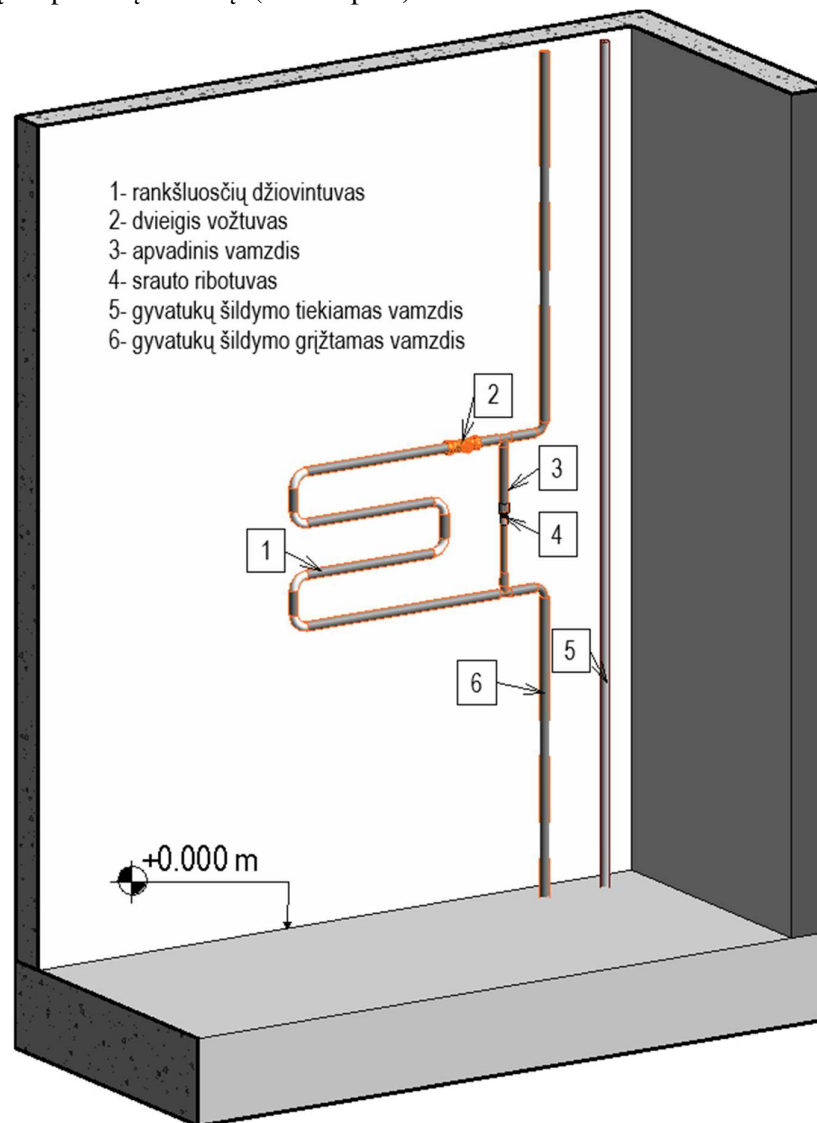
Iš grafikų matyti, jog apšiltinus pastatą sumažėjo tiekiamo ir grįžtamo šilumnešio temperatūros: tiekiamo šilumnešio temperatūra 63 °C, o grįžtamo – 55 °C.

Pereinamuoju šildymo sezonu metu šilumos punkte išmatuotos vidutinės šilumnešių temperatūros buvo atitinkamai 64,7 °C ir 37,5 °C. Išmatuota vidutinė grįžtama temperatūra yra žymiai mažesnė už nustatytą, nes matavimai buvo atlikti pavasarį kuomet lauko oro temperatūra yra aukštesnė nei žiemą.

6.1.3 Vonių šildymo sistema

Iš šilumos kiekių karštam vandeniui palaikyti grafiko (5.15 pav.) matyti, kad beveik kiekvieną mėnesį vonių šildytuvai sunaudoja didžiausią energijos dalį, todėl sūloma atlikti šios sistemos modernizaciją.

Šiuo metu daugiabučio namo voniose esantys gyvatukai šildomi termofikaciniu vandeniui. Pakeisti esamą vonių šildytuvų sistemą ir juos šildyti karšto vandens recirkuliacine linija būtų techniškai sudėtinga, reikalautų didelių gyventojų investicijų ir būtų neracionalu. Todėl rekomenduojama modernizuoti gyvatukų šildymo stovus voniose. Siūloma prie kiekvieno vonių šildytuvo įrengti dvieigį vožtuvą ir apvadinį vamzdį. (Žr. 6.5 pav.)



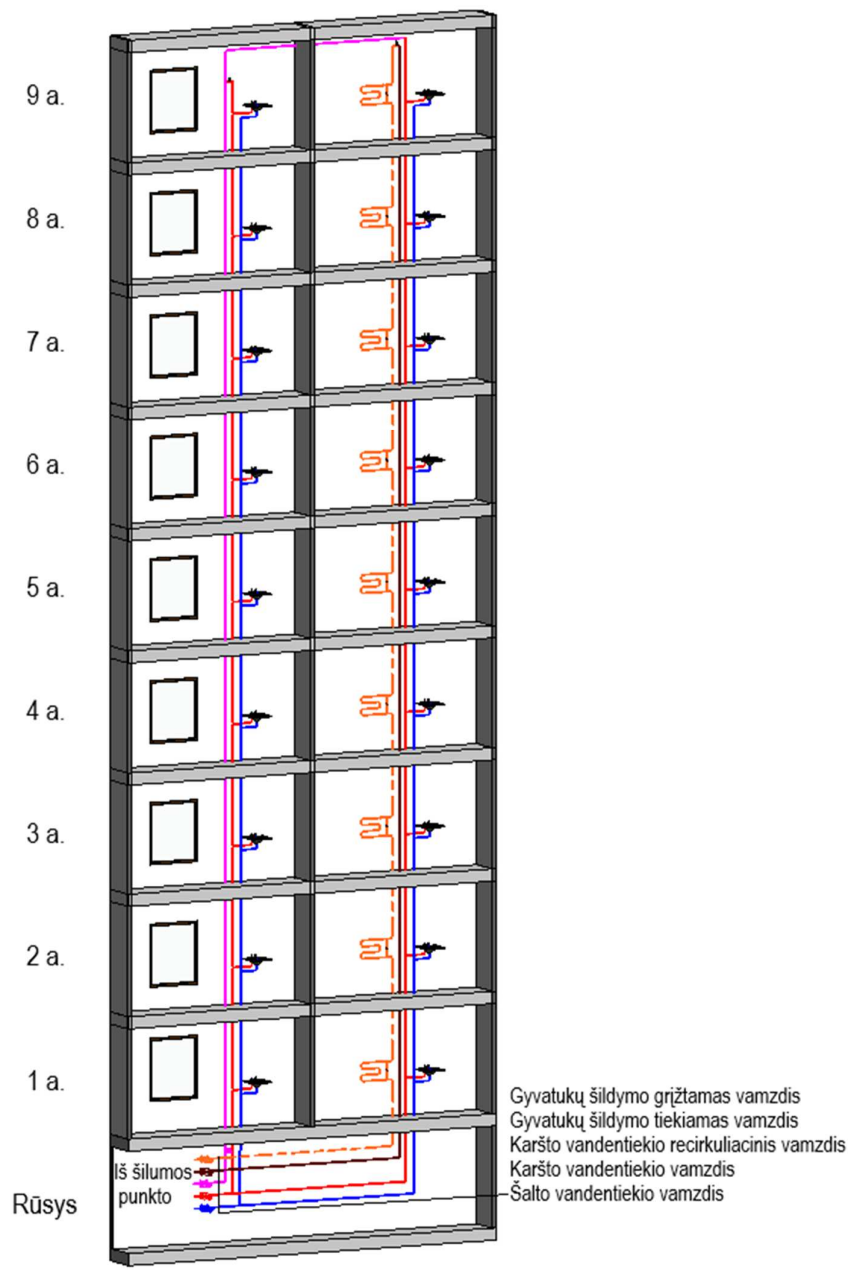
6.5 pav. Siūlomas tipinio vonių šildytuvo modernizavimas

Ši sistemos korekcija suteiktų galimybę buto gyventojams patiems keisti pratekanti šilumnešio srautą pro vonių šildytuvą ir taip reguliuoti oro temperatūrą vonioje. Gyventojai galėtų valdyti šią sistemą pagal savo poreikius ar įpročius.

Toks sprendimas leistų neperkaitinti vonios patalpų šiltuoju metų laiku ir taip mažinti energijos suvartojimą bei padidinti sistemos efektyvumą.

6.2 Karšto vandentiekio sistema

Atlikto tyrimo šilumos punkte metu buvo nustatyta, kad karšto vandens temperatūra nevisada atitinkdavo higienos normas, o tai kelia legionella bakterijų atsiradimo tikimybę. Norint to išvengti ant karšto vandens recirkuliacinių linijų rekomenduojama įrengti termostatinčius balansinius ventilius.



6.6 pav. Siūloma tipinių gyvatukų šildymo ir karšto vandentiekio stovų schema

Šie ventiliai apribodami srautą ir palaikydami pastovią temperatūrą sumažina vandens suvartojimą, o tai leidžia taupyti energiją. Tuo pačiu termostatiniai balansiniai ventiliai užkerta kelią legionella bakterijų atsiradimui sistemoje.

7 Ekonominė dalis

7.1 Šildymo sistema

Viso pastate yra 38 šildymo stovai ir 345 radiatoriai. Ant kiekvieno stovo numatyta įrengti automatinius balansinius ventilius, o prie kiekvieno radiatoriaus termostatinus ventilius.

Remiantis panašių pastatų šildymo sistemos renovacijos pavyzdžiais [29], šio daugiabučio investicijos į šildymo sistemos atnaujinimą siektų 8 Eur/m². Žinant modernizacijos 1 m² kainą, galima įvertinti visam pastatui reikalingos investicijos dydį:

$$8\text{Eur}/m^2 \times 4944m^2 = 39552\text{Eur}$$

Taigi vidutinė dviejų kambarių buto šildymo sistemos renovacijos kaina siektų 392 Eur, trijų – 496 Eur, o keturių - 656 Eur.

Tuomet apskaičiuojama šildymo sistemos investicijos grąža. Remiantis Kauno energijos duomenimis [30] Kauno mieste šilumos kaina nuo 2019 m Sausio 1 d. yra 0,0597 Eur/kWh (5,97 ct/kWh), o suvartotas šilumos kiekis pastate 2016-2017 m. buvo 225,8 MWh.

Žinant šilumos kainą ir suvartotą šilumos kiekį apskaičiuojama viso pastato šildymo sezono kaina:

$$0,0597\text{Eur}/kWh \times 225800kWh = 13480,26 \approx 13500\text{Eur}$$

Remiantis praktiniais pavyzdžiais ir žinant, jog šiuo metu dauguma patalpų yra perkaitinamos, priimama, kad po modernizavimo bus sutaupoma apie 30 % energijos. Tuomet apskaičiuojama per metus sutaupoma pinigų suma už šildymą:

$$13500\text{Eur} \times 0,3 = 4050\text{Eur}$$

Galiausiai apskaičiuojama per kiek metų atsipiks šildymo sistemos modernizavimas:

$$\frac{39552}{4050} = 9,76 \approx 10 \text{ metų}$$

Taigi šildymo sistemos renovacija atsipirktų per mažiau nei 10 metų, o kas metus būtų sutaupoma apie 67800 kWh šiluminės energijos.

7.2 Vonių šildymo sistema

Prie kiekvieno vonių šildytuvo modernizacijos metu numatyta įrengti po dviejį vožtuvą ir apvadinių vamzdį.

Žinoma, kad per paskutinius 12 mėnesių pastate viso buvo sunaudota 139311 kWh šilumos vonių šildytuvams. Žinant šilumos kainą ir suvartotą šilumos kiekį apskaičiuojama vonių šildytuvams skiriama pinigų suma:

$$0,0597\text{Eur}/kWh \times 139311kWh = 8316,87 \approx 8320\text{Eur}$$

Galimybė individualiai valdyti vonių šildytuvus remiantis praktiniais pavyzdžiais leistų sutaupyti apie 30 % energijos. Tuomet apskaičiuojama per metus sutaupoma pinigų suma už vonių šildytuvus:

$$8320\text{Eur} \times 0,3 = 2496\text{Eur}$$

Taigi iš skaičiavimų matyti, kad modernizavus vonių šildytuvų sistemą kas metus būtų sutaupoma apie 2500 Eur (apie 31 Eur butui) arba 41800 kWh.

7.3 Karšto vandentiekio sistema

Ant kiekvieno karšto vandentiekio recirkuliacinio stovo numatyta sumontuoti po termobalansinį ventilių. Remiantis kitų daugiabučių karšto vandentiekio sistemos renovacijos pavyzdžiais [29], šio daugiabučio investicijos į šildymo sistemos atnaujinimą siektų 0,34 Eur/m².

Žinant modernizacijos 1 m² kainą, galima įvertinti visam pastatui reikalingos investicijos dydį:

$$0,34\text{Eur}/m^2 \times 4944m^2 = 1681\text{Eur}$$

Taigi vidutinė dviejų kambarių buto šildymo sistemos renovacijos kaina siektų 17 Eur, trijų – 21 Eur, o keturių - 28 Eur

Žinant šilumos kainą Kauno mieste (5,97 ct/kWh) ir pastarųjų metų (2018 m. lapkritis – 2019 m. spalį) suvartotą šilumos kiekį pastate geriamam vandeniui šildyti ir cirkuliacijai apskaičiuojama vienerių metų kaina:

$$0,0597\text{Eur}/kWh \times 181843kWh = 10856,03 \approx 10850\text{Eur}$$

Remiantis praktiniais pavyzdžiais priimama, kad modernizacija leis sutaupyti 10 % suvartojamos energijos karštam vandeniui paruošti. Tuomet apskaičiuojama per metus sutaupoma pinigų suma:

$$10850\text{Eur} \times 0,1 = 1085\text{Eur}$$

Galiausiai apskaičiuojama per kokį laikotarpį atsipiks karšto vandentiekio sistemos modernizavimas:

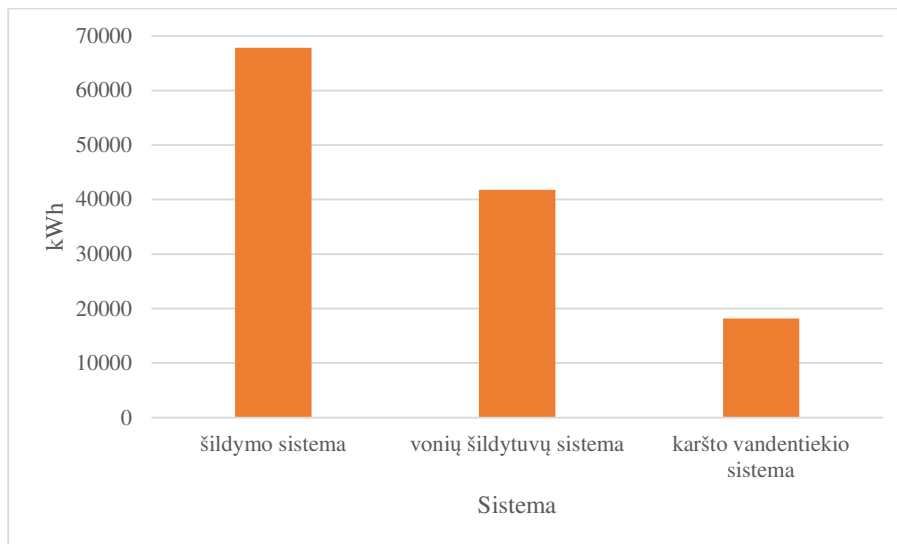
$$\frac{1681}{1085} = 1,55 \text{ metų}$$

Taigi karšto vandentiekio sistemos modernizavimas atsipirktų per mažiau nei dvejus metus, o kasmet būtų sutaupoma apie 18200 kWh energijos. Iš skaičiavimų matyti, kad ir su minimaliomis investicijomis galima pasiekti neblogų rezultatų.

Gyventojų gana mažos investicijos (17 – 28 Eur butui) į šią sistemą per trumpą laiką tarpą atsipirktų ir tuo pačiu sumažintų energijos sąnaudas karštam vandeniui ruošti bei padidintų energijos vartojimo efektyvumą pastate.

Visos reikalingos medžiagos šildymo ir karšto vandentiekio sistemų renovacijai p pateiktos medžiagų ir darbų kiekių žiniaraštyje (Žr. 6 priedą).

Įgyvendinus visus siūlomus inžinerinių sistemų modernizavimo sprendinius kas metus būtų sutaupoma apie 127800 kWh energijos, o tai siekia apie 7600 Eur.



7.1 pav. Galimi energijos kiekių sutaupymai pagal sistemas po siūlomų modernizacijų

Iš grafiko matyti, kad didžiausia energijos dalis (53 %) būtų sutaupoma renovavus šildymo sistemą, o mažiausia renovavus karšto vandentiekio sistemą.

Šie sprendimai, nors ir reikalauja nemažų pradinių investicijų, tačiau bėgant metams atsiperka. Be to, gyventojams atsiranda galimybė inžinerines sistemas reguliuoti ir už jas atsiskaityti individualiai. Taip pat atnaujinus inžinerines sistemas pagerėja mikroklimato parametrai, todėl gyventojai gali jaustis komfortiščiau.

Svarbu tai, kad nuo š. m. lapkričio 21 d. galima teikti paraiškas Būsto energijos taupymo agentūrai (BETA) dėl šilumos punktų ir šildymo sistemų modernizavimo [31]. Pagal šią tvarką energinio efektyvumo didinimo priemonėms numatyta 30 % valstybės parama.

Vadinasi, pateiktiems daugiabučio namo inžinerinių sistemų modernizavimo priemonėms galima tikėtis valstybės paramos. Suteikta parama ženkliai sumažintų tiek šildymo sistemos, tiek karšto vandentiekio sistemos pradines investicijas bei atsipirkimo laiką.

Visi ekonominės dalies skaičiavimai atlikti vadovaujantis pastato pastarųjų kelerių metų duomenimis ir šiuo metu Kauno mieste galiojančia šildymo kaina. Apskaičiuotas siūlomų renovuoti inžinerinių sistemų atsipirkimo laikas gali būti nevisiškai tikslus, bet parodo bendrą tendenciją, kadangi jis priklauso nuo kasmetinių pastato energijos suvartojimų bei šilumos kainos, kuri bėgant metams gali kisti. Taip pat atsipirkimo laikas gali ženkliai sutrumpėti pasinaudojus anksčiau minėta valstybės parama.

Galiausiai daugiabučių namų ir jų inžinerinių sistemų renovacija yra svarbus faktorius tolimesniam energijos suvartojimo bei išlaidų mažinimui pastatuose.

Išvados

1. Baigiamojo magistrinio darbo tyrimo objekte (daugiabutyje) atlikto kokybinio tyrimo rezultatai parodė, jog gyventojai teigiamai vertina patalpų oro temperatūra, kainą už šildymą, o santykinę drėgmę vertina prasčiau.
2. Pastato šilumos punkte pereinamuoju šildymo sezono laikotarpiu atlikti šilumnešių temperatūrų ir srautų stebėjimai parodė, jog karšto vandentiekio sistema neužtikrina pastovios norminės karšto vandens temperatūros butuose.
3. Tolimesni mikroklimato stebėjimai butuose parodė, kad butai yra perkaitinami, o santykinė drėgmė dažnu atveju (8 iš 12 matavimo prietaisų) yra per maža ir neatitinka higienos normų reikalavimų.
4. Atlikta daugiabučio namo karšto vandens suvartojimo analizė parodė, jog vonios šiltuoju metų laiku yra peršildomos ir jose energija yra vartojama neracionaliai.
5. Atsižvelgus į neracionalų ir neefektyvų energijos vartojimą pastate siūloma renovuoti esamą vienvamzdę šildymo sistemą gyvenamuosiuose kambariuose, voniose įrengti individualų reguliavimą, o karšto vandentiekio sistemą modernizuoti įrengiant termobalansinius ventilius.
6. Pateiktiems efektyvumo gerinimo sprendiniams apskaičiuotos reikalingos investicijos ir jų atsipirkimo laikas: siūloma šildymo sistemos modernizacijos kaina 39552 Eur, karšto vandentiekio sistemos 1681 Eur, o jų investicinė grąža atitinkamai 9,76 ir 1,55 metų.

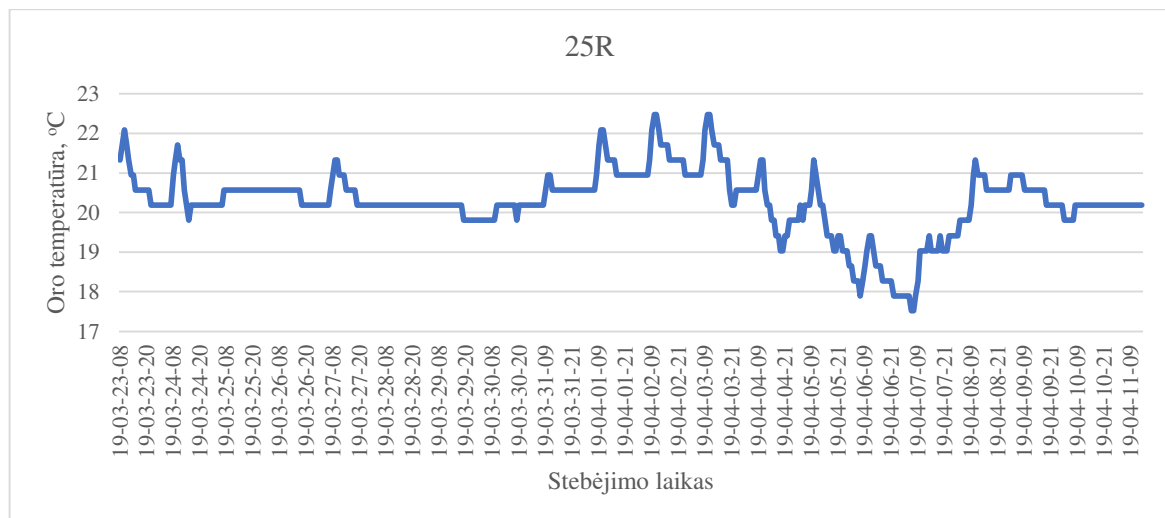
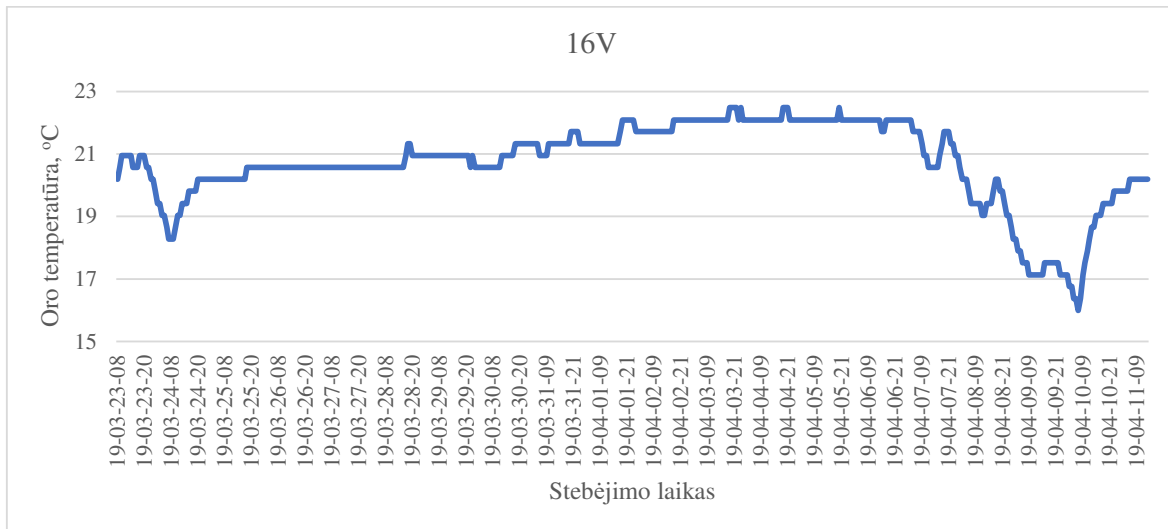
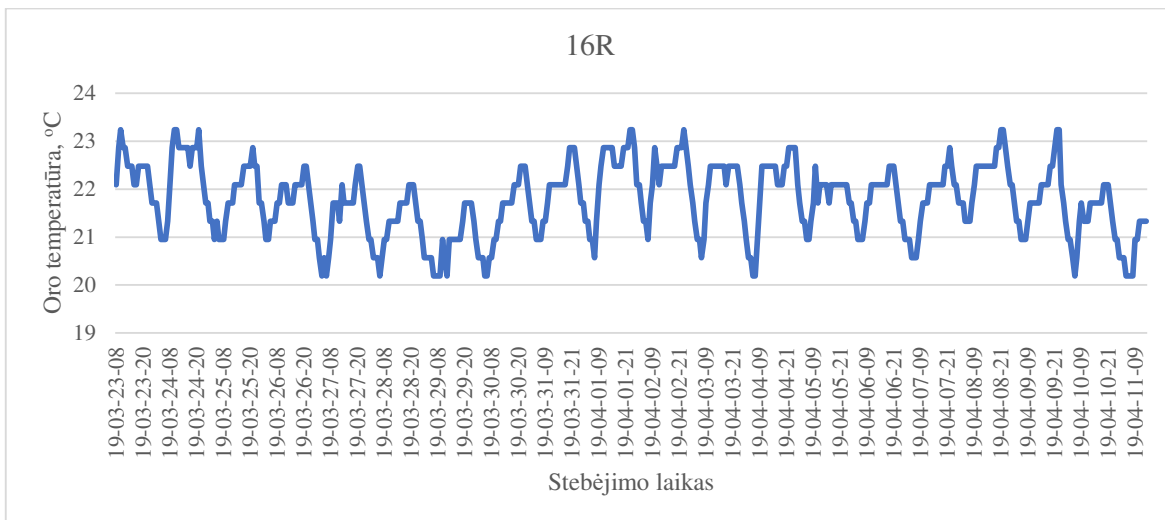
Literatūros sąrašas

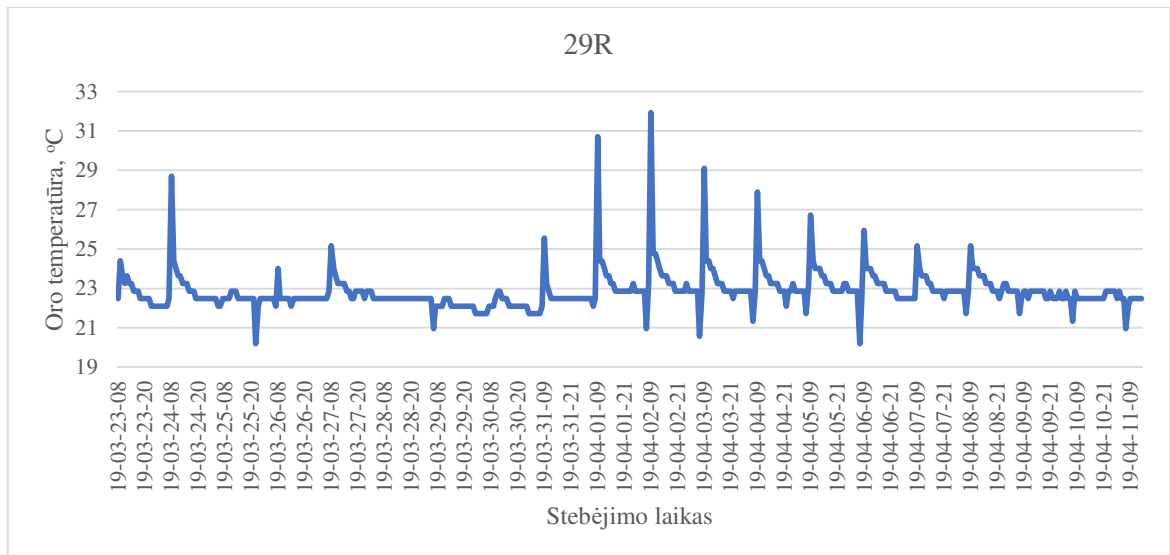
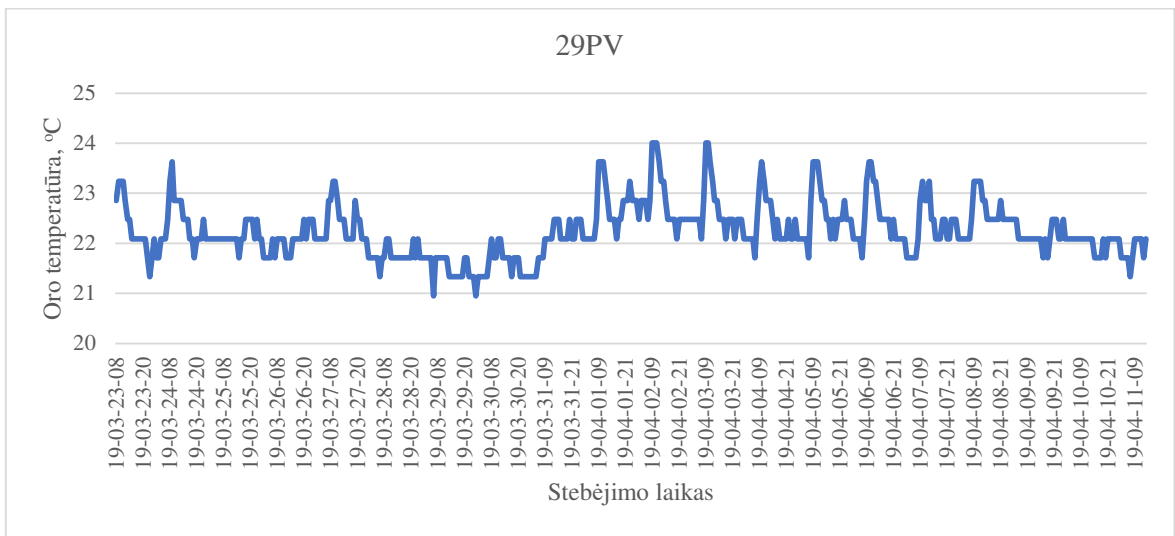
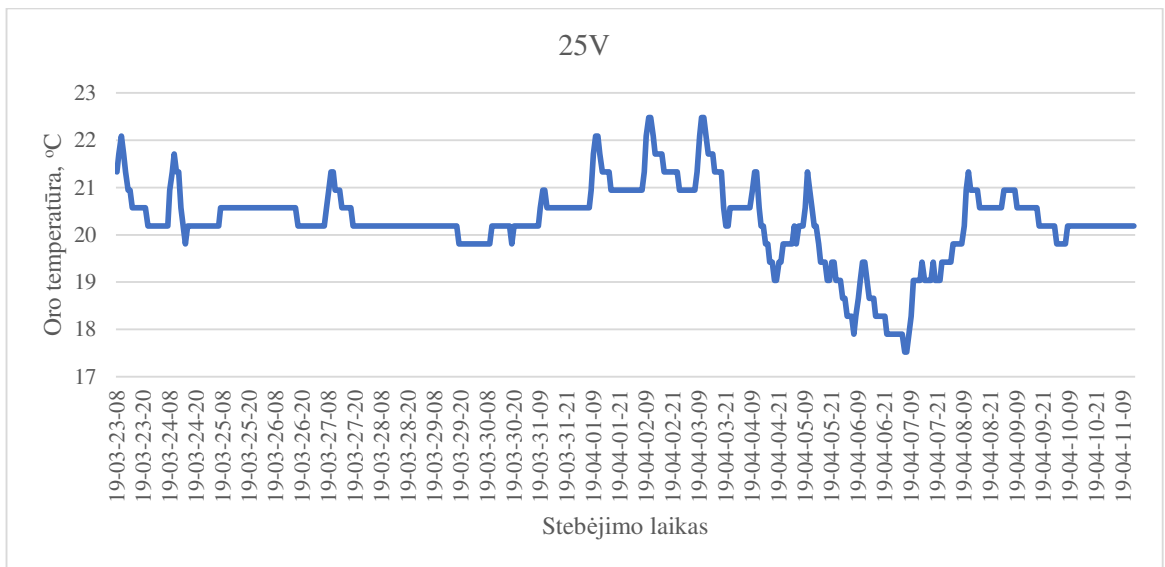
1. European Commission Energy Efficiency. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-09-20]. Prieiga per: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
2. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-09-20]. Prieiga per: <http://www.lsta.lt/lt/pages/apie-silumos-uki/silumos-suvartojimo-analize>
3. Statyk. Šildymo sistemų tipai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-09-20]. Prieiga per: <https://naujienos.alfa.lt/leidinys/statyk/sildymo-sistemu-tipai/>
4. Techninis žinynas šildymo sistemų modernizavimui. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-09-20]. Prieiga per: http://www.lsta.lt/files/seminarai/140911_Danfoss%20seminaras/Danfoss%20techninis%20ziny nas_201409.pdf
5. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. HN 42:2009. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas. 2009 m. gruodžio 29d. Nr. V-1081 [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-10-05]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.480FD840BA61>
6. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. STR 2.01.02:2016. Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas. 2016 m. lapkričio 11 d. Nr. D1-754 [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-10-05]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/2c182f10b6bf11e6aae49c0b9525cbbb>
7. ASA.lt. šildymo kokybė butuose. [žiūrėta 2019-10-28]. Prieiga per <https://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/173/1/3/2/article/18957/sildymo-kokybe-butuose>
8. Statyba ir architektūra. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-10-28]. Prieiga per: <https://sa.lt/energetikai-butina-skatinti-daline-daugiabuciu-renovacija/>
9. F. Meijer, L. Itard, M. Sunikka, Comparing European residential building stocks, performance, renovation and policy opportunities. Build. Res. Inf. 37 (2009) 533-551. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-10-28]. Prieiga per: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09613210903189376>
10. The Buildings Performance Institute Europe. Renovation strategies of selected EU countries. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-11-07]. Prieiga per: <http://bpie.eu/publication/renovation-strategies-of-selected-eu-countries/>
11. V. Foldvary, G. Beko, S. Langer, K. Arrhenius, D. Petras Effect of energy renovation on indoor air quality in multifamily residential buildings in Slovakia. Building and Environment 122 (2017) 363-372. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-11-07]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132317302433>
12. L. Liua, P. Rohdina, B. Moshfegha. Evaluating indoor environment of a retrofitted multi-family building with improved energy performance in Sweden. Energy and Buildings 102 (2015) 32-44. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-11-07]. Prieiga per: https://ac.els-cdn.com/S0378778815003941/1-s2.0-S0378778815003941-main.pdf? tid=7f8179db-8411-473e-8b07-4381a00c1416&acdnat=1545923865_ad18650b0de3fd61543d00585a6260da
13. P.Brom, A. Maijer, H. Visscher. Actual energy saving effects of thermal renovations in dwellings—longitudinal data analysis including building and occupant characteristics. Energy and Buildings 182 (2018) 251-263. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-11-14]. Prieiga per: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0378778818316670?token=F01D-8A0E9AB729BD5D9184781DD3EA8063327BC46B3D2CAB6091DA079713AB400DE14577E2F553A6895DA06E62C48264>

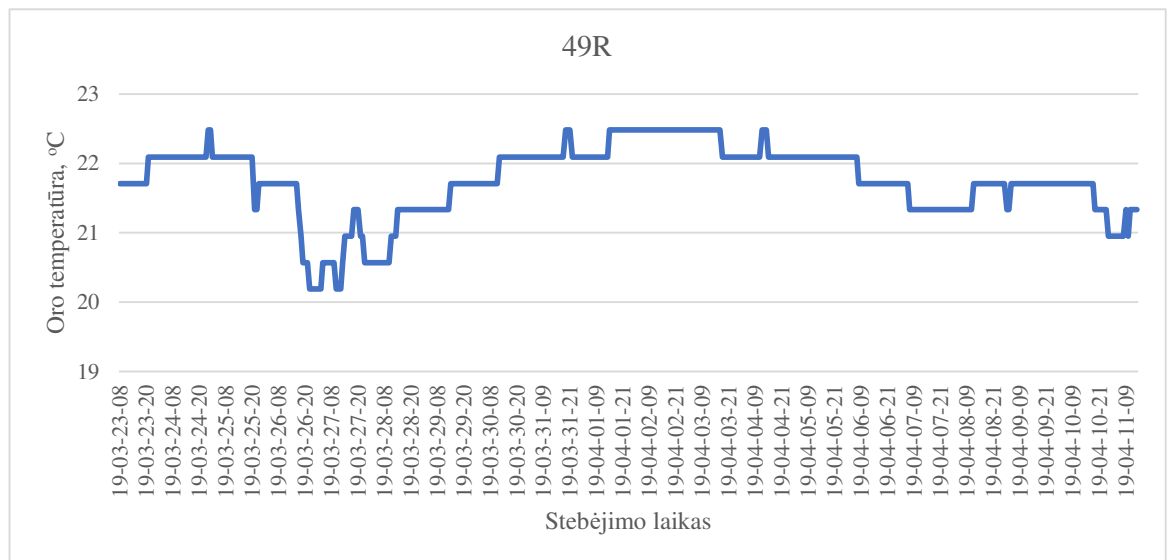
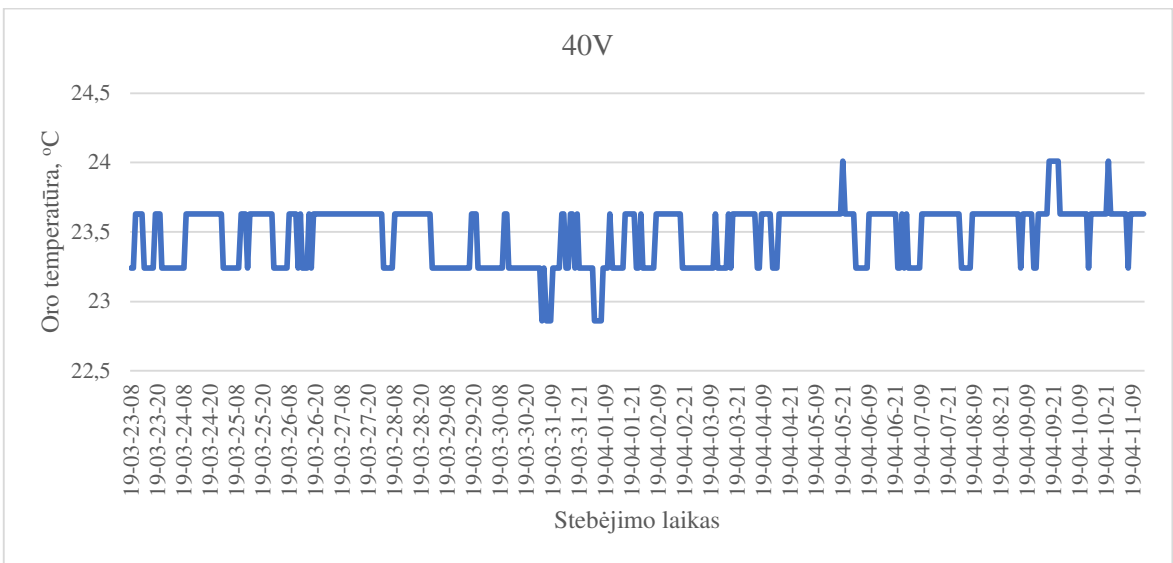
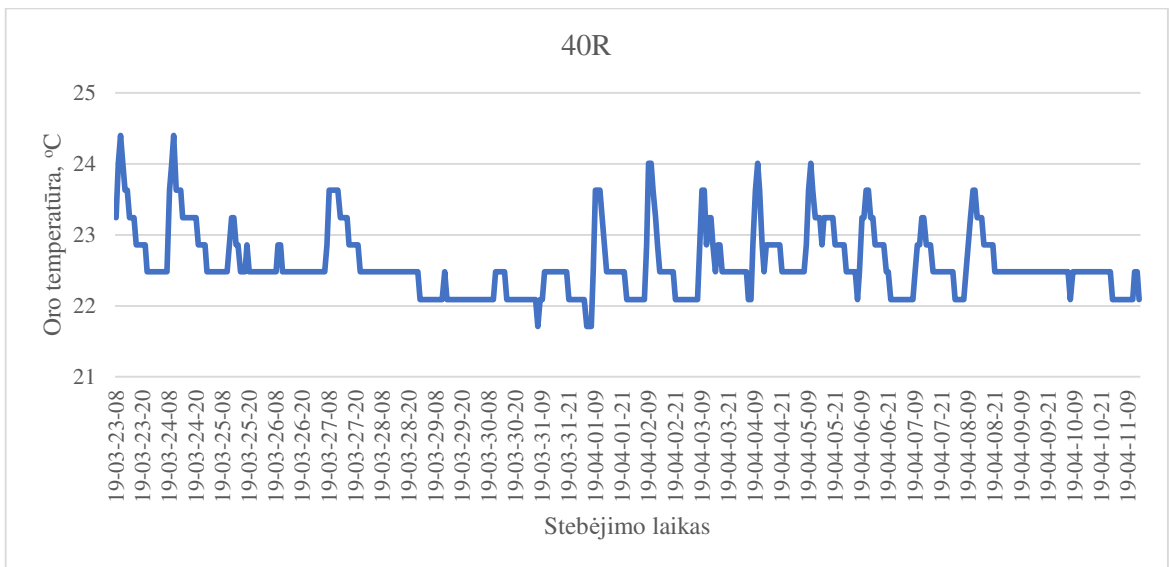
- m. gegužės 16 d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-11-05]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.319975?jfwid=rivwzvpvg>
26. Kauno energija. Šilumos suvartojimas name [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-12-04]. Prieiga per: https://www.kaunoenergija.lt/gyventojams/silumos-suvartojimas-jusu-name/?city=Kaunas&s_id=373&h_id=2178
27. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. HN 24:2017 Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai. 2003 m. liepos 23d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-12-05]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.216309/QHdImxGpIa>
28. Valstybinė Energetikos Reguliavimo Tarnyba. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-12-05]. Prieiga per: <https://www.regula.lt/siluma/Puslapiai/default.aspx>
29. Danfoss techninis žinynas. Šildymo sistemų modernizavimas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-12-05]. Prieiga per: https://www.google.lt/search?q=danfoss+techninis+zinynas&source=lnms&sa=X&ved=0ahUK_EwiJq6Py9K3IAhVLUZoKHdcbD9UQ_AUIDSgA&biw=1680&bih=907&dpr=1
30. Kauno energija. Šilumos kaina Kaune. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-12-08]. Prieiga per: <https://kbu.lt/silumos-kaina-kaune-nuo-2019-m-sausio-1-d/>
31. Būsto energijos taupymo agentūra (BETA). Šilumos punktų ir šildymo sistemų modernizavimas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-12-10]. Prieiga per: <http://www.betalt.lt/apie-naujienos/startuoja-mazoji-renovacija-priimamos-paraiskos-silumos-punktu-ir-sildymo-sistemu-modernizavimui:73>

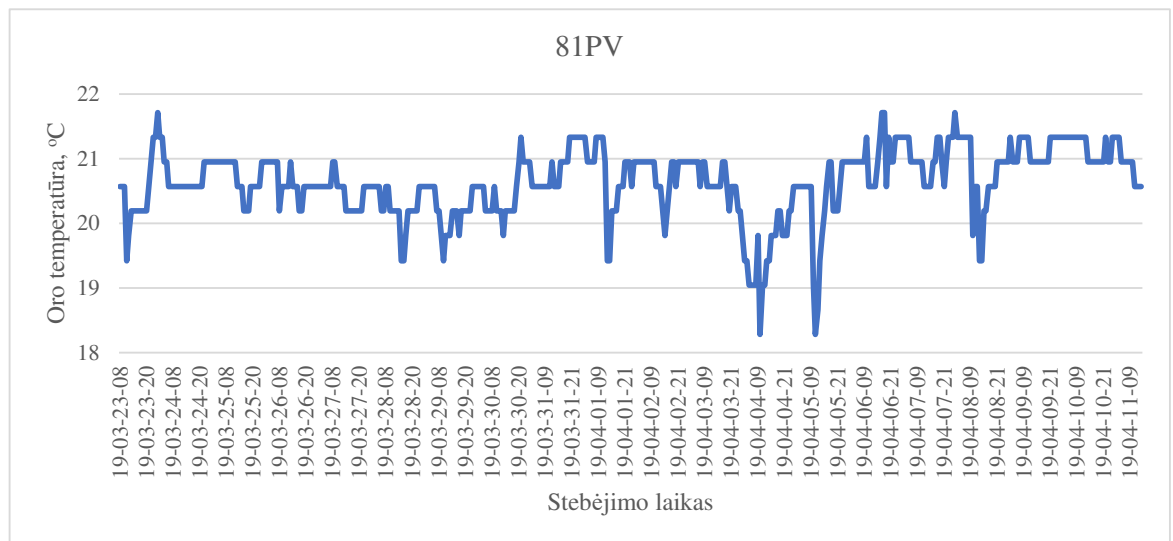
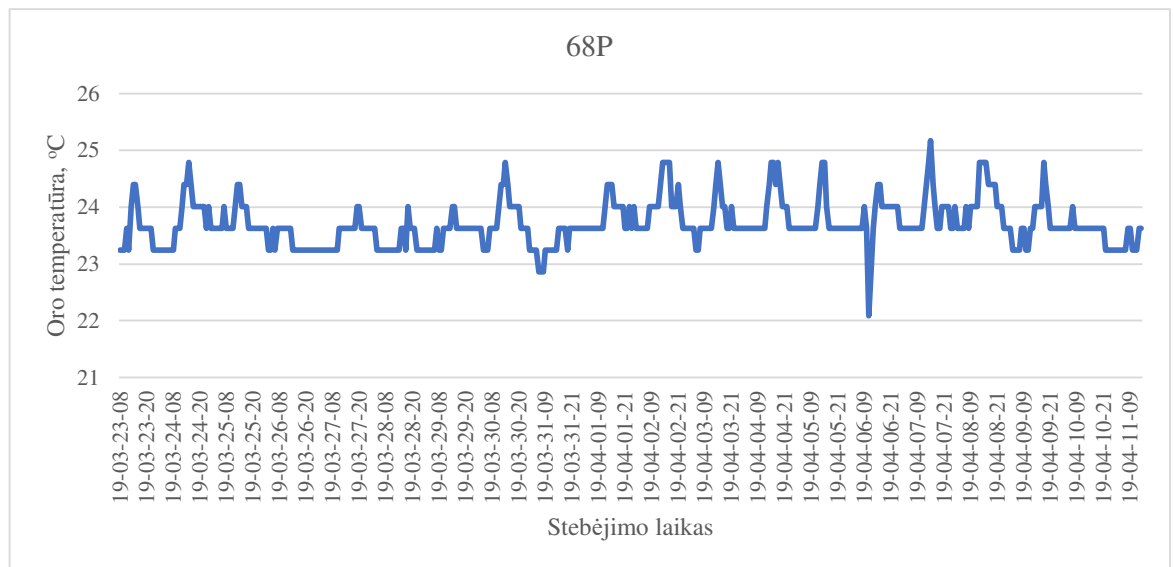
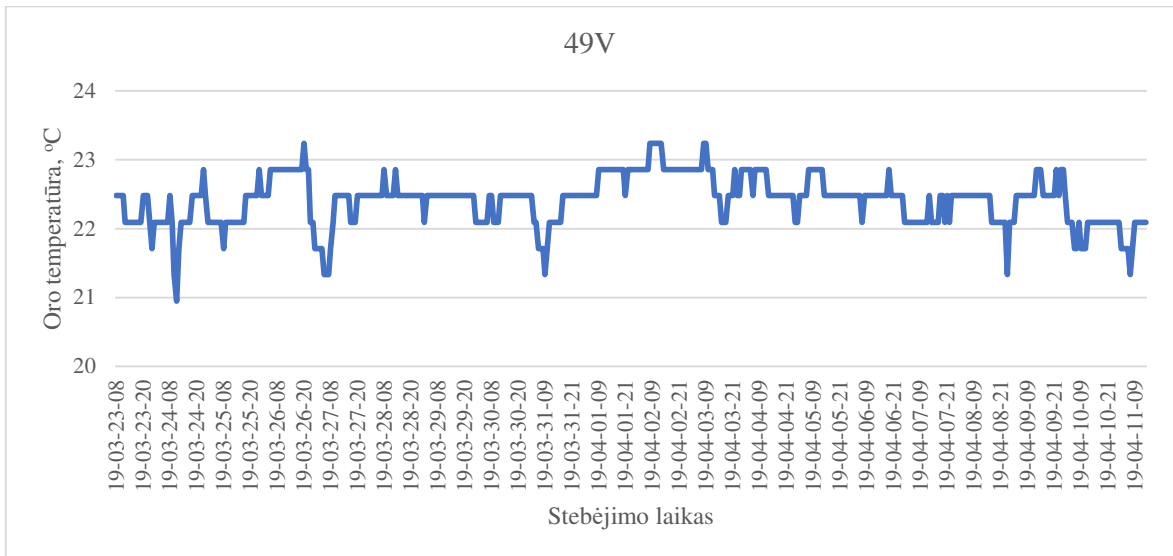
Priedai

1 priedas. Išmatuotų oro temperatūrų butuose grafikai

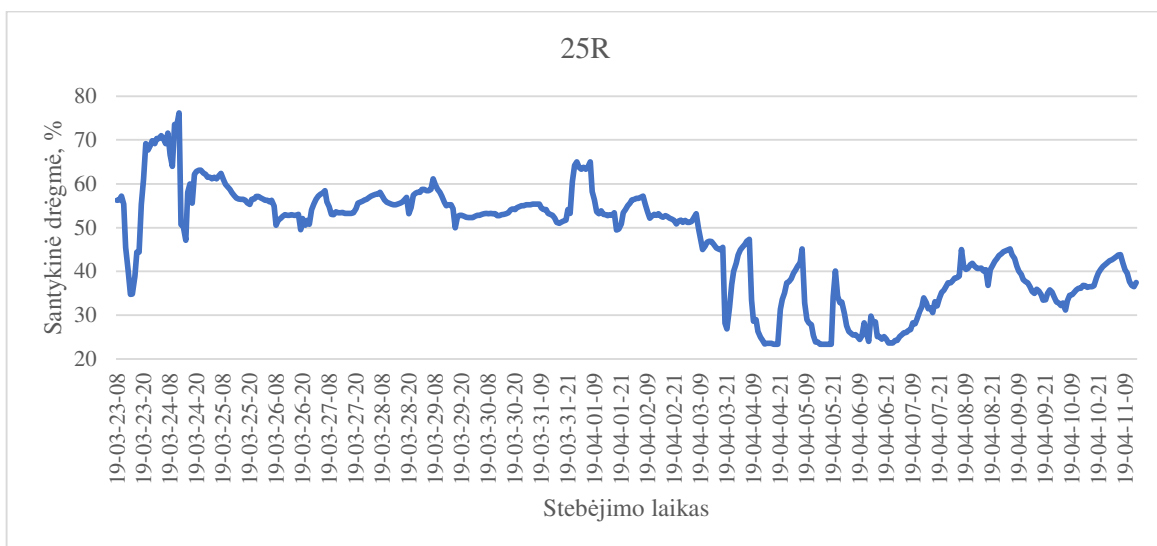
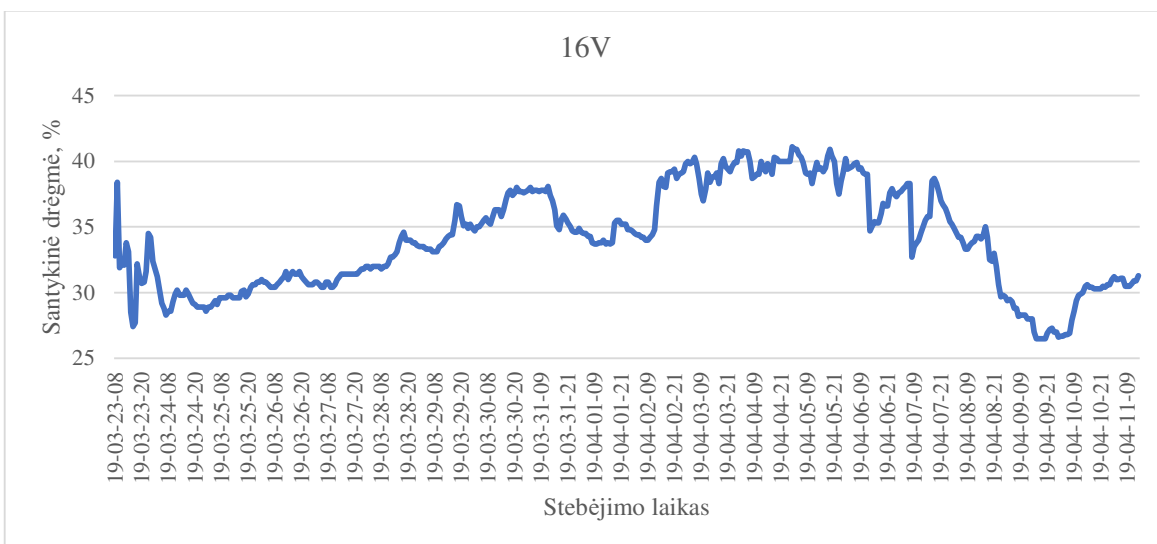
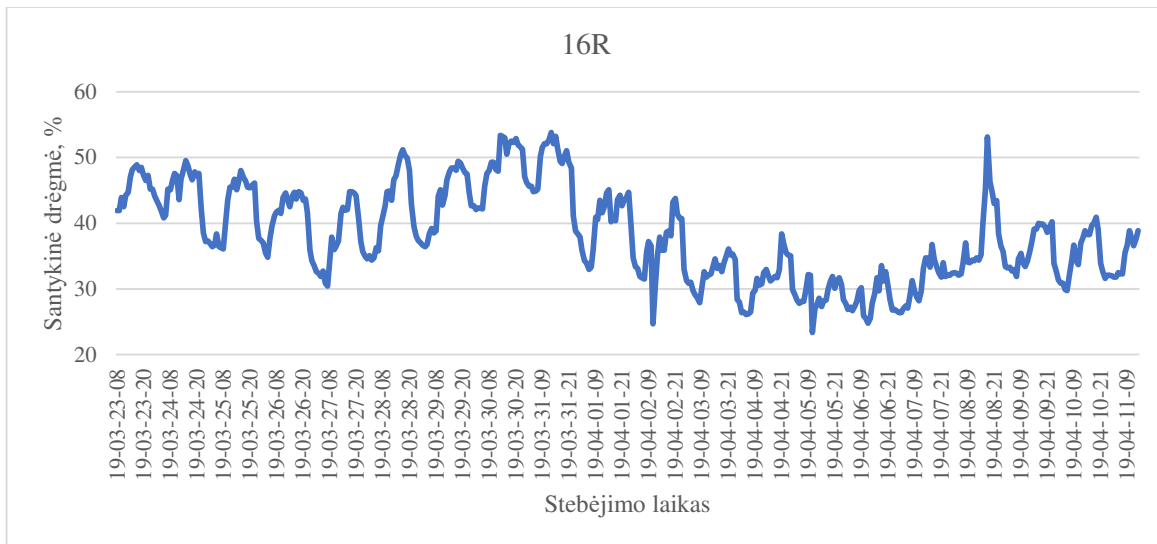


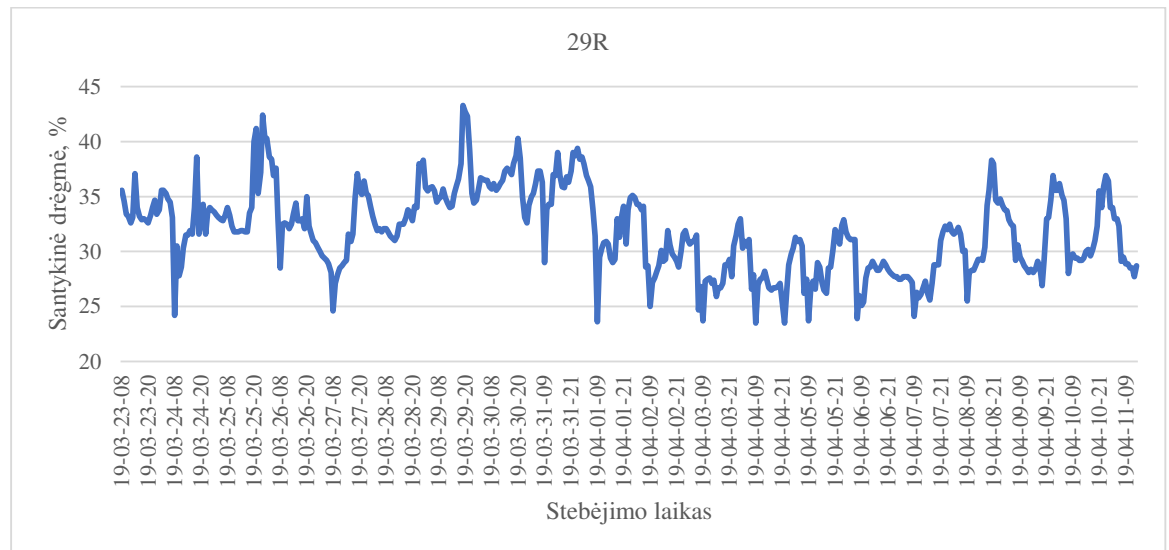
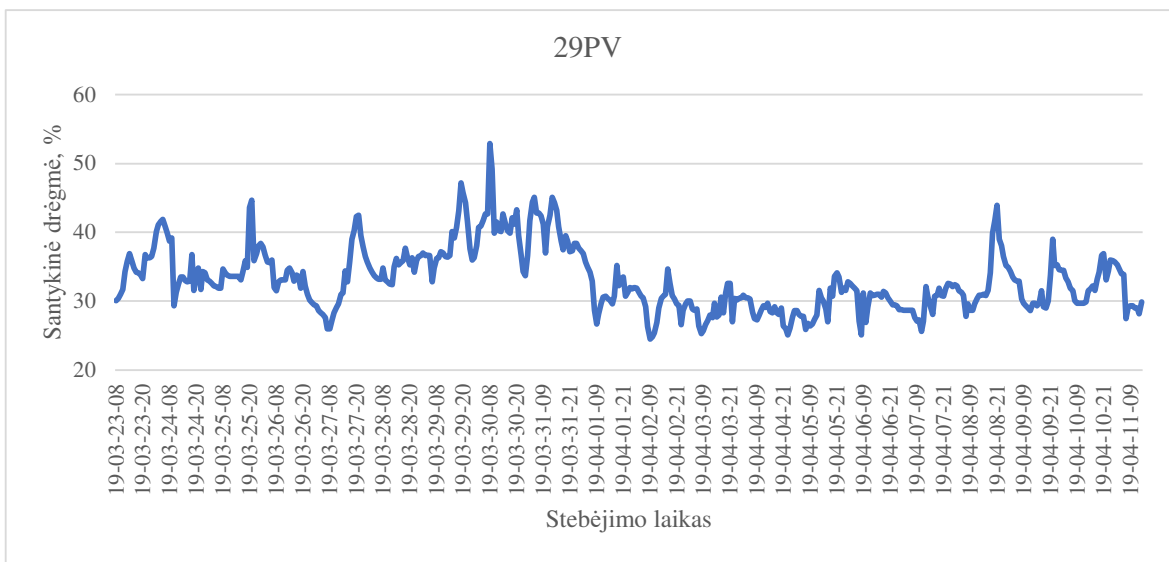
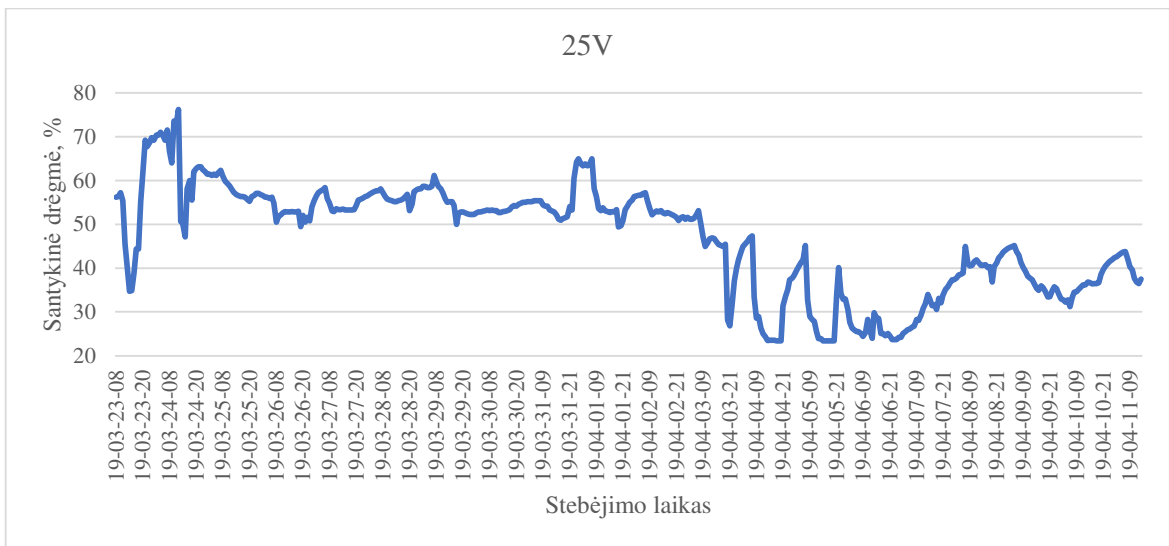


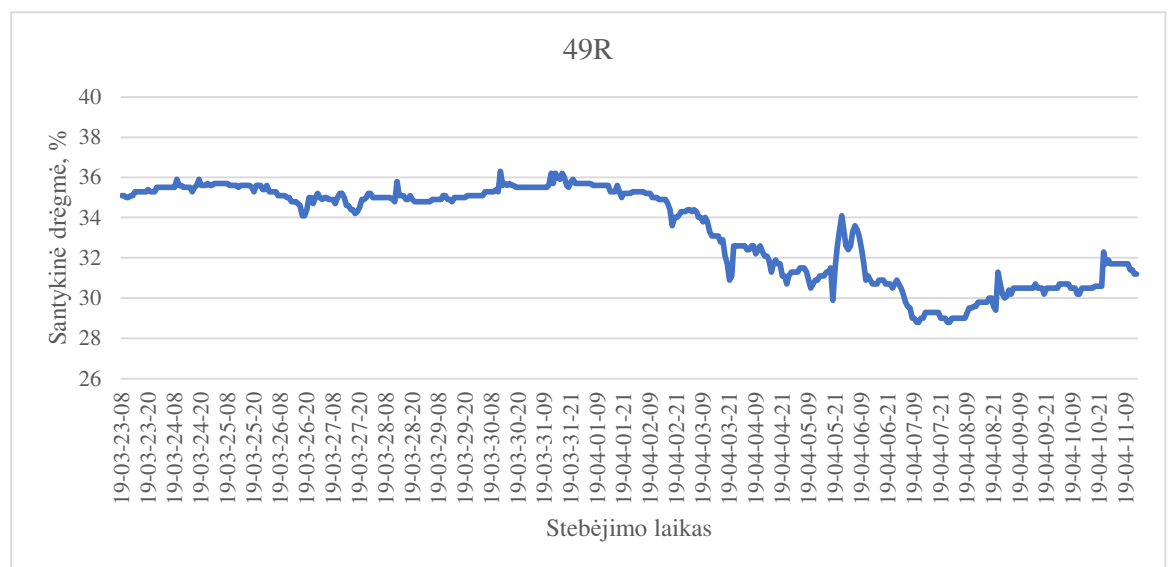
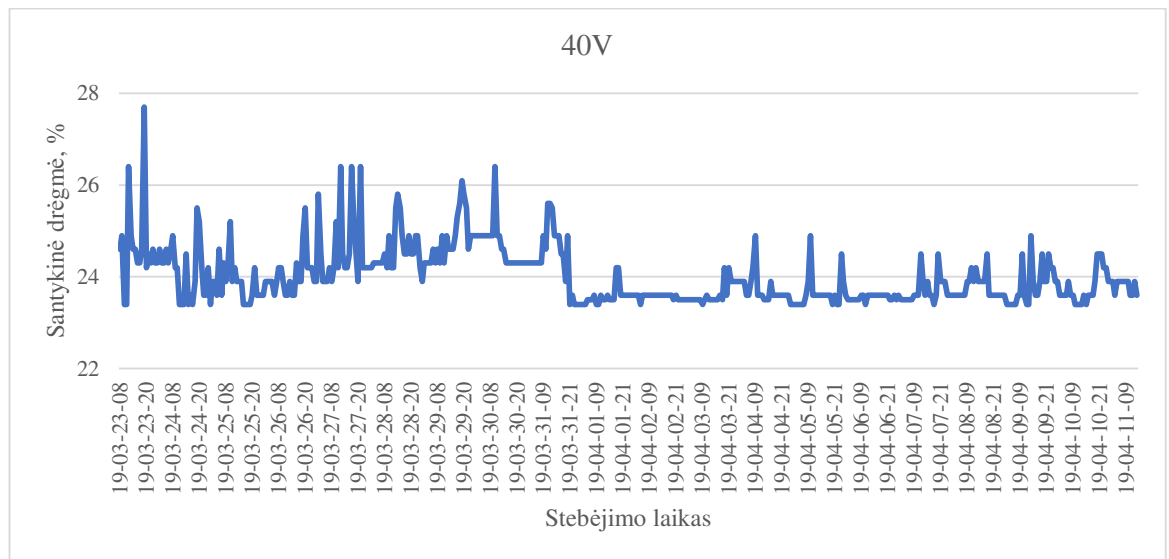
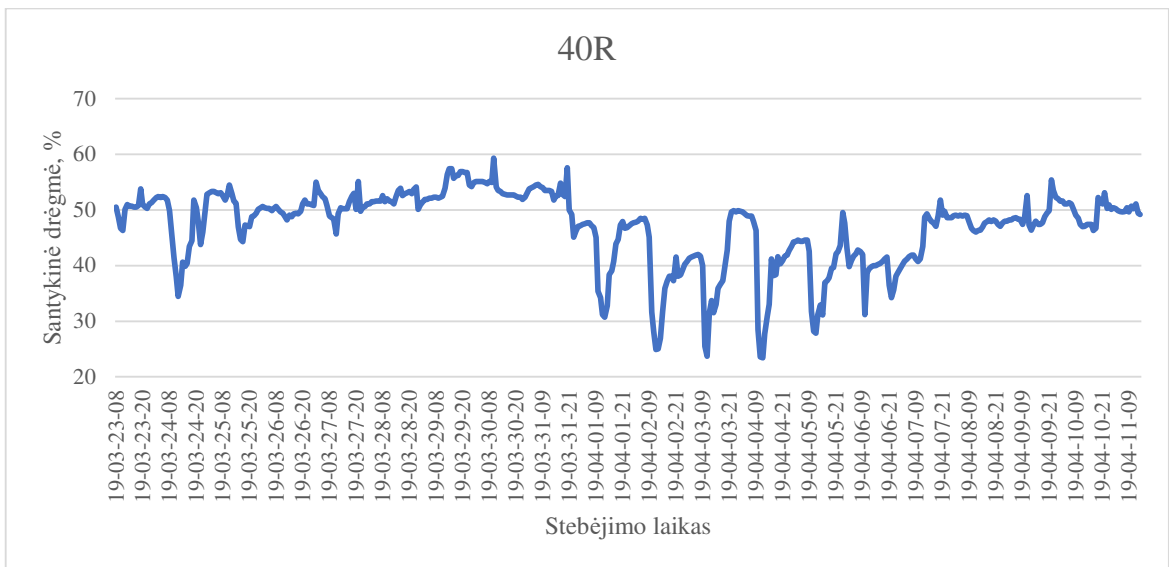


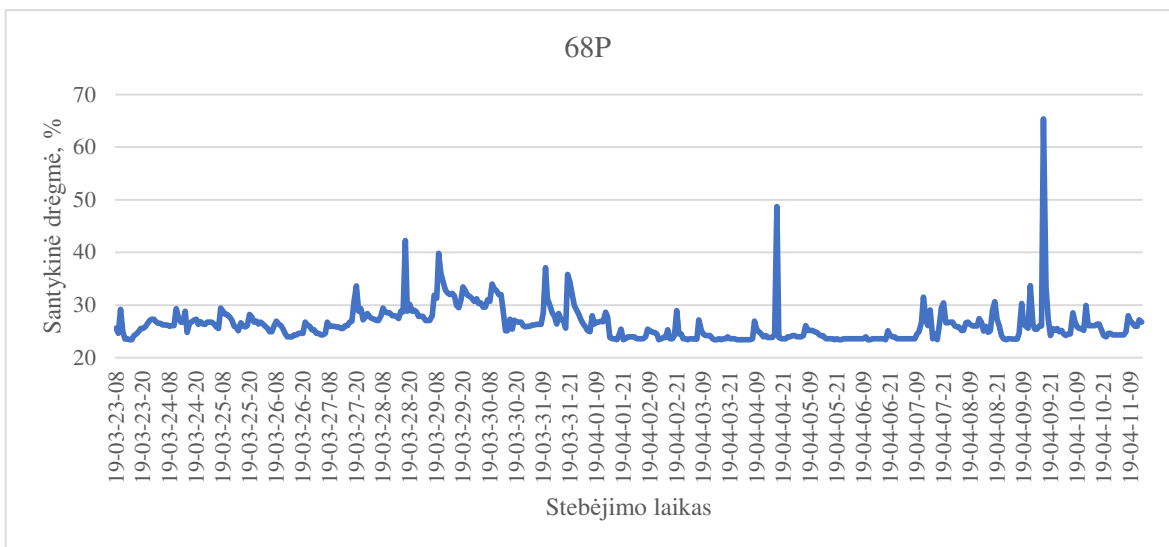
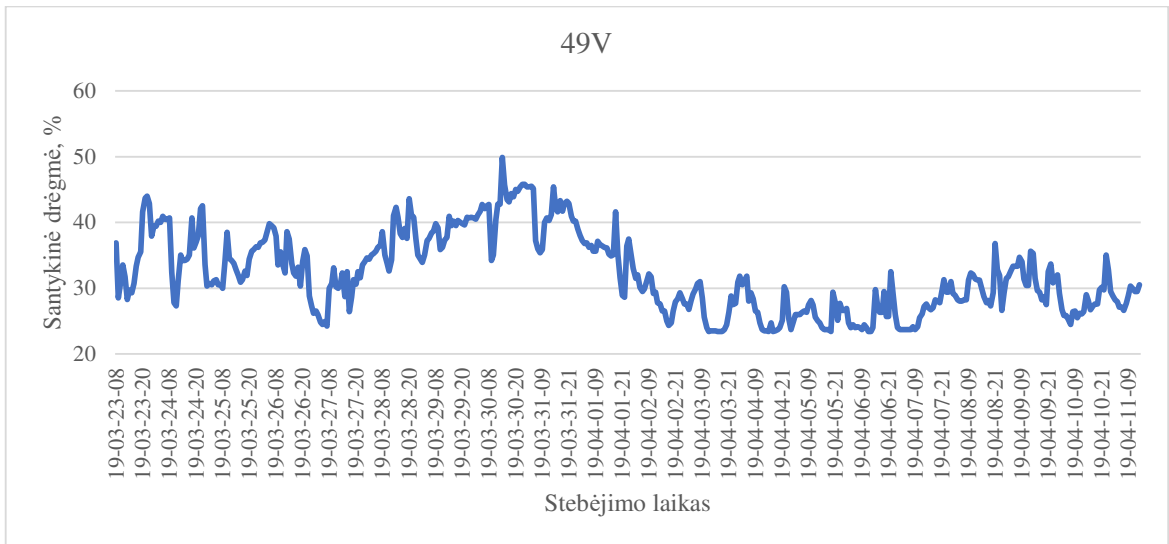


2 priedas. Išmatuotų santykinių oro drėgmių butuose grafikai









3 priedas. Šilumos nuostolių per ilginius šiluminius tiltelius skaičiavimo suvestinė

Vieta	Šiluminio tiltelio vieta / orientacija	ψ_x , W/mK	l_x , m	Pataisos koef. k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius $H_{\text{tilteliai}}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius $\Sigma H_{\text{tilteliai}}$, W/K
Rūsysis	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	4	1	0,20	36,65
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	4	1	0,20	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	1	1	0,05	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	4	1	0,20	
	Sienos ir pamato sandūra / Š	0,20	39	1	7,80	
	Sienos ir pamato sandūra / R	0,20	51	1	10,20	
	Sienos ir pamato sandūra / P	0,20	39	1	7,80	
	Sienos ir pamato sandūra / V	0,20	51	1	10,20	
1 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	12	1	0,60	21,83
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	3	1	0,15	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	12	1	0,60	
	Durų angokraštis / V	0,10	36	1	3,60	
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40		
2 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	15	1	0,75	19,28
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	9	1	0,45	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	24	1	1,20	
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
	Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40	
3 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	15	1	0,75	19,28
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	9	1	0,45	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	24	1	1,20	
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
	Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40	
4 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	15	1	0,75	19,28
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	9	1	0,45	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	24	1	1,20	

Vieta	Šiluminio tiltelio vieta / orientacija	ψ_x , W/mK	l_x , m	Pataisos koef. k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius $H_{\text{tilteliai}}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius $\Sigma H_{\text{tilteliai}}$, W/K
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
	Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40	
5 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	15	1	0,75	19,28
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	9	1	0,45	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	24	1	1,20	
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
	Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40	
6 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	15	1	0,75	19,28
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	9	1	0,45	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	24	1	1,20	
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
	Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40	
7 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	15	1	0,75	19,28
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	9	1	0,45	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	24	1	1,20	
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
	Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40	
8 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	15	1	0,75	19,28
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	9	1	0,45	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	24	1	1,20	
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
	Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40	
9 aukštas	Vidinis sienos kampas / ŠR	0,05	15	1	0,75	73,28
	Vidinis sienos kampas / PR	0,05	12	1	0,60	

Vieta	Šiluminio tiltelio vieta / orientacija	ψ_x , W/mK	l_x , m	Pataisos koef. k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius $H_{\text{tilteliai}}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius $\Sigma H_{\text{tilteliai}}$, W/K
	Vidinis sienos kampas / PV	0,05	9	1	0,45	
	Vidinis sienos kampas / ŠV	0,05	24	1	1,20	
	Langų angokraštis / Š	0,10	26,4	1	2,64	
	Langų angokraštis / R	0,10	61,6	1	6,16	
	Langų angokraštis / P	0,10	30,8	1	3,08	
	Langų angokraštis / V	0,10	44	1	4,40	
	Sienos ir stogo sandūra / Š	0,30	39	1	11,70	
	Sienos ir stogo sandūra / R	0,30	51	1	15,30	
	Sienos ir stogo sandūra / P	0,30	39	1	11,70	
	Sienos ir stogo sandūra / V	0,30	51	1	15,30	
					$\Sigma H_{\text{tilteliai}}$, W/K	230,07

4 priedas. Savitųjų pastato prieš renovaciją šilumos nuostolių suvestinė

Vieta	Paviršius/ orientacija	Plotis, m	Aukštis, m	Plotas A_x , m^2	U_x , W/m^2K	Pataisos koeficientas k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $H_{atitvaras}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $\Sigma H_{atitvaras}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius $\Sigma H_{tilteliai}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai vėdinimo ir inf. ΣH_{vent} , W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai ΣH_{it} , W/K	$(\theta_{it}-\theta_{e,ds})$, $^{\circ}C$	Šildymo galia P_s , W
Rūsys	grindys			565	0,48	0,6		263,32	36,65	201,80	501,77	47,00	23583
	siena Š	45,01	1,00	45,01	1,38	1	62,11						
	siena R	53,25	1,00	53,25	1,38	1	73,49						
	siena P	39,31	1,00	39,31	1,38	1	54,25						
	siena V	53,24	1,00	53,24	1,38	1	73,47						
	siena Š	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	21,83	509,32	1432,11	47,00	67309
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46						
1 aukštas	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74						
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41						
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00						
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00						
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00						
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00						
	siena Š	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	19,28	505,12	1425,36	47,00	66992
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46						
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41						
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00						
2 aukštas	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00						
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00						
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00						
	siena Š	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	19,28	505,12	1425,36	47,00	66992
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46						
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41						
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00						
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00						
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00						
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00						
3 aukštas	siena Š	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	19,28	505,12	1425,36	47,00	66992
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46						
	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74						
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41						
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00						
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00						
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00						

Atitvaros		Paviršius/ orientacija	Plotis, m	Aukštis, m	Plotas A_x , m^2	U_x , W/m^2K	Pataisos koeficientas k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $\Sigma H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius $\Sigma H_{tilteliai}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai dėl vėdinimo ir inf. ΣH_{vent} , W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai ΣH_{H_0} , W/K	$(\theta_{H_0} - \theta_{e,db})$, $^{\circ}C$	Šildymo galia Pš, W
4 aukštas	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00	900,95	19,28	505,12	1425,36	47,00	66992	
	sienas	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34							
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46							
	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74							
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41							
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00							
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00							
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00							
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00							
	sienas	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	19,28	505,12	1425,36	47,00		66992
5 aukštas	sienas	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46							
	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74							
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41							
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00							
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00							
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00							
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00							
	sienas	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	19,28	505,12	1425,36	47,00	66992	
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46							
	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74							
6 aukštas	sienas	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41							
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00							
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00							
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00							
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00							
	sienas	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	19,28	505,12	1425,36	47,00	66992	
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46							
	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74							
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41							
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00							
7 aukštas	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00							
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00							
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00							
	sienas	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	19,28	505,12	1425,36	47,00	66992	
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46							
	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74							

Vieta		Atitvaros					Pataisos koeficientas k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $\Sigma H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai dėl vėdinimo ir inf. ΣH_{vent} , W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai ΣH_{H_i} , W/K	$(\theta_{iR} - \theta_{e,ds})_{oC}$	Šildymo galia Pš, W
		Paviršius/ orientacija	Plotis, m	Aukštis, m	Plotas A_x , m ²	U_x , W/m ² K							
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41						
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00						
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00						
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00						
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00						
8 aukštas	siena Š	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	900,95	19,28	1425,36	47,00	66992	
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46						
	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74						
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41						
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00						
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00						
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00						
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00						
9 aukštas	siena Š	45,01	3,00	135,03	1,38	1	186,34	1381,20	73,28	1959,61	47,00	92102	
	siena R	53,25	3,00	159,75	1,38	1	220,46						
	siena P	39,31	3,00	117,93	1,38	1	162,74						
	siena V	53,24	3,00	159,72	1,38	1	220,41						
	langai Š	6,00	1,20	7,20	2,5	1	18,00						
	langai R	14,00	1,20	16,80	2,5	1	42,00						
	langai P	7,00	1,20	8,40	2,5	1	21,00						
	langai V	10,00	1,20	12,00	2,5	1	30,00						
	Stogas			565	0,85	1	480,25						
												ΣP_s , W	651936
												ΣP_s , kW	652

5 priedas. Savitųjų pastato po renovacijos šilumos nuostolių suvestinė

Atitvaros		Plotis, m	Aukštis, m	Plotas A_{sv} , m^2	U_{sv} , W/m^2K	Pataisos koef. k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $\Sigma H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius titelius $\Sigma H_{titeliai}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai dėl vėdinimo ir inf. ΣH_{vent} , W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai ΣH_{H_i} , W/K	$(\theta_{H_i} - \theta_{e,ds})$, $^{\circ}C$	Šildymo galia P_{Σ} , W
Rūsys	grindys			565	0,48	0,6		40,07	36,65	201,80	278,52	47,00	13090
	siena Š	45,01	1	45,01	0,21	1	9,45						
	siena R	53,25	1	53,25	0,21	1	11,18						
	siena P	39,31	1	39,31	0,21	1	8,26						
	siena V	53,24	1	53,24	0,21	1	11,18						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36	186,81	21,83	509,32	717,96	47,00	33744
1 aukštas	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
2 aukštas	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36						
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
3 aukštas	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
3 aukštas	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427

Atitvaros		Plotis, m	Aukštis, m	Plotas A_{s_0} , m^2	U_{s_0} , W/m^2K	Pataisos koef. k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $\Sigma H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius titelius $\Sigma H_{titelius}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai dėl vėdinimo ir inf. ΣH_{vent} , W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai ΣH_{H_1} , W/K	$(\theta_{H_1} - \theta_{e,db})$, $^{\circ}C$	Šildymo galia P _s , W
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
4 aukštas	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
5 aukštas	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
6 aukštas	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
7 aukštas	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						

Atitvaros		Plotis, m	Aukštis, m	Plotas A_{s_0} , m^2	U_{s_0} , W/m^2K	Pataisos koef. k_x	Savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras $\Sigma H_{atitvaros}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius titelius $\Sigma H_{titeliai}$, W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai dėl vėdinimo ir inf. ΣH_{vent} , W/K	Suminiai savitieji šilumos nuostoliai ΣH_{H_1} , W/K	$(\theta_{H_1} - \theta_{e,db})$, $^{\circ}C$	Šildymo galia Pš, W
8 aukštas	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54	186,81	19,28	505,12	711,21	47,00	33427
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36						
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
9 aukštas	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20	667,06	73,28	505,12	47,00	58537	
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
	langai V	10	1,2	12,00	1,50	1	18,00						
	siena Š	45,01	3	135,03	0,21	1	28,36						
	siena R	53,25	3	159,75	0,21	1	33,55						
	siena P	39,31	3	117,93	0,21	1	24,77						
	siena V	53,24	3	159,72	0,21	1	33,54						
	langai Š	6	1,2	7,20	1,50	1	10,80						
	langai R	14	1,2	16,80	1,50	1	25,20						
	langai P	7	1,2	8,40	1,50	1	12,60						
Stogas			565	0,85	1	480,25							
												$\Sigma P_{s, W}$	339361
												$\Sigma P_{s, kW}$	339

6 priedas. Medžiagų, įrenginių ir darbų kiekių žiniaraštis

Eil. Nr.	Pavadinimas ir techninės charakteristikos	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
A	Šildymo sistemos įranga ir medžiagos			
1.	Automatinis balansinis ventilis	vnt.	38	
2.	Elektroninis reguliatorius grįžtamai temperatūrai reguliuoti	vnt.	1	
3.	Didelio pralaidumo dveigis ventilis skirtas vienvamzdėms šildymo sistemoms	vnt.	345	
4.	Radiatoriaus termostatinis ventilis su dujiniu užpildu	vnt.	342	
5.	Šilumos daliklis	vnt.	342	
6.	Antivandalinis radiatoriaus termostatinis ventilis su dujiniu užpildu	vnt.	3	
7.	Srauto ribotuvas	vnt.	342	
8.	Grįžtamo srauto ribotuvas	vnt.	342	
9.	Juodo plieno vamzdis d20	m	250	
10.	Juodo plieno trišakis d20	vnt.	684	
11.	Vamzdžių šiluminės izoliacijos kevalas d32x30mm	m	120	
12.	Papildomos fasoninės dalys	kompl.	1	
B	Vonių šildymo sistemos įranga ir medžiagos			
13.	Didelio pralaidumo dveigis ventilis skirtas vienvamzdėms šildymo sistemoms	vnt.	81	
14.	Termostatinis ventilis su dujiniu užpildu	vnt.	81	
15.	Srauto ribotuvas	vnt.	81	
16.	Juodo plieno vamzdis d20	m	60	
17.	Juodo plieno trišakis d20	vnt.	162	
18.	Papildomos fasoninės dalys	kompl.	1	
C	Karšto vandentiekio sistemos įranga ir medžiagos			
19.	Karšto vandens termobalansinis ventilis su temperatūrine nustatymo skale ir dezinfekcijos moduliu	vnt.	9	
20.	Papildomos fasoninės dalys	kompl.	1	