



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

Domantas Voras

PASTATO ŠILUMINĖS SISTEMOS EFEKTYVUMO TYRIMAS

Magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Jonas Valickas

PANEVĖŽYS, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

PASTATO ŠILUMINĖS SISTEMOS EFEKTYVUMO TYRIMAS

Magistro projektas

Statyba (kodas 621J80001)

Vadovas

Doc. dr. Jonas Valickas

Recenzentas

Projektą atliko

Domantas Voras

PANEVĖŽYS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

(Fakultetas)

Domantas Voras

(Studento vardas, pavardė)

Statyba, 621J80001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pastato šiluminės sistemos efektyvumo tyrimas“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2017 m. Sausio mėn. 5 d.
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Domanto Voro**, baigiamasis projektas tema „Pastato šiluminės sistemos efektyvumo tyrimas“ 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)

TVIRTINU:

KTU Panevėžio technologijų ir verslo fakulteto

Technologijų katedros vedėjas

Doc. Arūnas Tautkus

2017

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: Domantui Vorui Grupė PMS-5

1. Darbo tema:

Lietuvių kalba: Pastato šiluminės sistemos efektyvumo tyrimas

Anglų kalba: Effectiveness of building thermal system analysis

Patvirtinta 2016 m. spalio mėn. 17 d. dekanu potvarkiu Nr. V25-13-26

2. Darbo tikslas:

Išanalizuoti daugiabučių namų šildymo sistemas, įvertinti faktorius lemiančius pastato šiluminės energijos suvartojimą, sudaryti pastato šiluminės sistemos modelį, iširti daugiabučio namo modernizacijos efektyvumą.

3. Reikalavimai ir sąlygos:

Išnagrinėti šiluma centralizuotu būdu gaunančių pastatų šildymo sistemas. Remiantis šildymo sezono faktiniais duomenimis atlikti daugiabučių namų sunaudotos šiluminės energijos analizę. Pateikti modernizuoto pastato atitvarų įtaką šiluminės energijos suvartojimui.

4. Projekto struktūra. Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BP pobūdį.

Daugiabučių namų šilumos suvartojimo analizė;

Šilumos perdavimų būdų analizė pastatuose;

Centralizuotų šildymo sistemų apžvalga;

Pastatų konstrukcijos elementų įtakos šiluminiam efektyvumui analizė;

Pastatų energetinės sistemos modeliavimas;

Pastatų modernizacijos įtakos šiluminiam efektyvumui įvertinimas.

5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.

6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas

_____ (data)

Užduotį gavau: _____

_____ (studento vardas, pavardė, parašas)

_____ (data)

Vadovas: _____

_____ (pareigos, vardas, pavardė, parašas)

_____ (data)

Voras, Domantas. Pastato šiluminės sistemos efektyvumo tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Doc. Jonas Valickas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statybos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: *pastatų modernizavimas, šildymo sistema, energijos suvartojimas, daugiabučių namų analizė.*

Panevėžys, 2017. 47 p.

SANTRAUKA

Magistriniame baigiamajame projekte analizuotas daugiabučių namų šiluminės energijos suvartojimas. Apžvelgiamos gyvenamojo namo šildymo sistemos, šilumos perdavimo būdai. Remiantis šilumos mazgo prietaisų duomenimis nustatytas faktinis daugiabučių namų šilumos energijos suvartojimas, skaičiuojama pastato charakteristinių savybių įtaka. Sudaromas pastato termodinaminis procesus atvaizduojantis modelis, kuris leido atlikti detalų pastato tyrimą. Tyrimo metu keičiant lauko atitvarų, langų šiluminės varžas stebimas pastato šiluminės energijos suvartojimas. Gauti duomenys parodė modernizuoto pastato, bei atskiros konstrukcijos įtaką pastato energijos suvartojimui.

Voras, Domantas. *Effectiveness of building thermal system analysis: Master's thesis in final project* / supervisor Assoc. Doc. Jonas Valickas. The Faculty of Technology and Business, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Civil Engineering.

Key words: building modernization, heating system, energy consumption, apartment building analysis.

Panevėžys, 2017. 47 p.

SUMMARY

This master thesis analyzes heat energy consumption in an apartment building. It also provides overview on an apartment building heating systems, heat transfer methods. Based on heating unit device readings, factual heating energy consumption and effect of building characteristics on it is calculated. A model presenting buildings' thermodynamic processes is created, it enabled to conduct a detailed research. During the research outside barriers and window thermal resistance was altered to observe changes in heat energy consumption. Data received from this showed influences of separate constructions and modernizing the building to the heat energy consumption.

TURINYS

Įvadas.....	10
1. LITERATŪROS APŽVALGA IR ANALIZĖ.....	11
1.1. Atlikti tyrimai panašia tematika Lietuvoje.....	11
1.2. Daugiabučių namų šilumos suvartojimas.....	12
1.3. Šiluma ir jos perdavimo būdai.....	13
1.4. Šilumos perdavimo koeficientas.....	15
1.5. Šildymas.....	16
1.5.1. Šildymo sistemos.....	16
1.5.2. Reikalavimai šildymo sistemos įrengimui.....	18
1.5.3. Šilumos mazgas.....	18
1.5.4. Šildymo prietaisai.....	21
1.6. Pastato energetinis modeliavimas.....	23
1.7. Literatūros apžvalgos išvados.....	24
2. ŠILUMINĖS SISTEMOS TYRIMAS.....	25
2.1. Daugiabučių namų faktinio šilumos poreikių duomenų surinkimas ir susisteminimas.....	25
2.1.1. Faktinio energijos suvartojimo tyrimas.....	26
2.1.2. Faktinio energijos tyrimo rezultatai.....	28
2.2. Pastato šiluminio modelio kūrimas.....	31
2.2.1. Lauko atitvarai.....	32
2.2.2. Vėdinimas.....	33
2.2.3. Šildymo sistema.....	34
2.2.4. Pilno pastato šiluminės sistemos modelio schema.....	36
2.3. Modeliavimo rezultatai.....	36
2.3.1. Pastato sienų įtaka.....	38
2.3.2. Langų įtaka.....	40
2.3.3. Stogo įtaka.....	41
2.3.4. Ventiliacijos įtaka.....	42
2.3.5. Patalpos temperatūros įtakos.....	43
2.4. Šiluminės sistemos tyrimo išvados.....	44
Išvados.....	45
Literatūra.....	46
Priedas. Daugiabučių namų informacija	

Paveikslėlių sąrašas

1. Daugiabučių suskirstymas pagal suvartotos energijos kiekį 1m ² šildyti.....	12
2. Šilumos perdavimas – sudėtingi šilumos mainai.....	14
3. Vieno vamzdžio šildymo sistemos schema.....	16
4. Dviejų vamzdžių šildymo sistemos schema.....	17
5. Kolektorinės šildymo sistemos schema.....	17
6. Nepriklausomo jungimo šilumos punkto schema su vienos pakopos karšto vandens šilumokaičiu.....	19
7. Šilumos srautų schema.....	22
8. Bendroji pastato modeliavimo schema.....	24
9. Nuotolinio parametrų nuskaitymo ir valdymo sistemos principinė schema.....	25
10. Pastatų šiluminės energijos suvartojimas.....	28
11. Pastatų šiluminės energijos suvartojimo priklausomybė nuo šildomo ploto.....	29
12. Pastatų šiluminės energijos suvartojimo priklausomybė nuo statybos metų.....	29
13. Pastatų šiluminės energijos suvartojimo priklausomybė nuo pastatų konstrukcijos.....	30
14. Energijos suvartojimo priklausomybė nuo aukštų skaičiaus.....	30
15. Pastato šiluminio balanso schema.....	31
16. Atitvaro modeliavimo schema.....	33
17. Ventiliacijos modeliavimo schema.....	33
18. Pastato termodinamines savybes imituojančio modelio schema.....	34
19. Šildymo sistemos galios modeliavimo schema.....	35
20. Termostato modeliavimo schema.....	36
21. Pastato šiluminės sistemos modelio schema.....	36
22. Renovuoto ir nerenovuoto daugiabučio pastato energijos suvartojimas.....	38
23. Daugiabučio energijos suvartojimas šildymui, apšildžius lauko sienas.....	39
24. Daugiabučio energijos suvartojimas šildymui, pakeitus langus.....	40
25. Daugiabučio energijos suvartojimas šildymui, apšildžius perdanga po nešildoma palėpe.....	42
26. Daugiabučio šilumos nuostoliai dėl natūralios ventiliacijos.....	43
27. Suvartotos šilumos energijos kiekio priklausomybė, nuo patalpų temperatūros.....	44

Lentelių sąrašas

1. Skirtingų energinio naudingumo pastatų šilumos laidumo koeficientų palyginimas.....	15
2. Bendrieji statinio rodikliai.....	37
3. Sienų varžos skaičiavimai.....	39
4. Perdangos varžos skaičiavimai.....	41

Ivadas

Šiuo metu viena didžiausia žmonijos problema – vis šiltėjantis klimatas. Klimato kaitos problemos svarstytos Jungtinių Tautų organizacijoje Paryžiuje 2015 metų gruodžio mėnesį 190 šalių lyderiai sutarė imtis neatidėliotinių priemonių stabdyti vidutinės globalinės temperatūros didėjimą. Viena pagrindinių temperatūros didėjimo priežasčių – dujų išsiskyrimas gaminant energiją, deginant iškastinį kurą.

Pastatų sektorius pasaulyje į žemės atmosferą per metus išmeta 30 proc. visų teršalų ir sunaudoja apie 40 proc. energijos. Pastatų energijos suvartojimas daro didelę įtaką aplinkai ir prisideda prie vidutinės globalinės temperatūros kilimo. Lietuvoje vis daugiau senų daugiabučių apjuosiami pastoliais. Pastatų modernizavimas yra efektyvus būdas sumažinti energijos suvartojimą. Modernizavimo metu šiltinamas stogas, lauko atitvarai, bei rekonstruojama šildymo sistema.

Darbo metodai – literatūros analizė, daugiabučių namų šiluminės energijos tyrimas, energetinis modeliavimas.

Šio magistrinio darbo tikslas – išanalizuoti daugiabučių namų šildymo sistemas, įvertinti faktorius lemiančius pastato šiluminės energijos suvartojimą, sudaryti pastato šiluminės sistemos modelį, ištirti daugiabučio namo modernizacijos efektyvumą. Šiam tikslui įgyvendinti tyrimas suskirstytas į dvi dalis:

1) Faktinis daugiabučių energijos suvartojimas. Šio tyrimo metu atsitiktinai pasirinkta 80 daugiabučių Panevėžio mieste. Remiantis faktiniais duomenimis analizuojama kokią šiluminės energijos dalį pastatai suvartoja patalpų šildymui. Kokią įtaką šiluminės energijos suvartojimui turi pastato charakteristikos.

2) Detalus modernizuoto daugiabučio tyrimas. Tyrimui įgyvendinti kuriamas pastato termodinaminės savybes imituojantis matematinis modelis. Sukurto modelio pagalba analizuojama kokią šiluminės energijos dalį sutaupo renovuotas pastatas. Analizuojama atskirų lauko atitvarų, langų, ventiliacijos, bei pastato vidaus temperatūros įtaka.

1. LITERATŪROS APŽVALGA IR ANALIZĖ

1.1. Atlikti tyrimai panašia tematika Lietuvoje.

Eksploatuojant būstą svarbu mažinti energijos suvartojimą. Šiam tikslui įgyvendinti reikia gerinti atitvarų šiluminę varžą ir pertvarkyti šildymo inžinerinę įrangą. Sumažinus energijos kiekį patalpoms šildyti, sumažės ir į atmosferą išmetamas teršalų kiekis. Siekiant rasti optimalius šildymo valdymo algoritmus, pastato konstrukcinius variantus atliekama daug tyrimų. Tyrimus galima atlikti tiriant realius pastatus arba naudojant įvairius modeliavimo metodus, naudojant kompiuterines priemones.

Kompiuterio panaudojimas leidžia kur kas greičiau suprasti pastatuose vykstančius šiluminius procesus. 2005m. atliktas tyrimas – kurio tikslas buvo patikrinti ar matematinis modelis atitinka realias sąlygas. Palyginimas rodo, kad modelio rezultatai gerai atitinka faktinius duomenis, didžiausias skirtumas tarp temperatūrų $0,45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Siūloma metodika leidžia analizuoti pastato charakteristikas esant kitam šilumos mainų režimui be brangios įrangos. Temperatūrų paklaida parodo, jog sunku įvertinti saulės spinduliuotės, bei vėjo įtaką pastato temperatūros kitimui. [1]

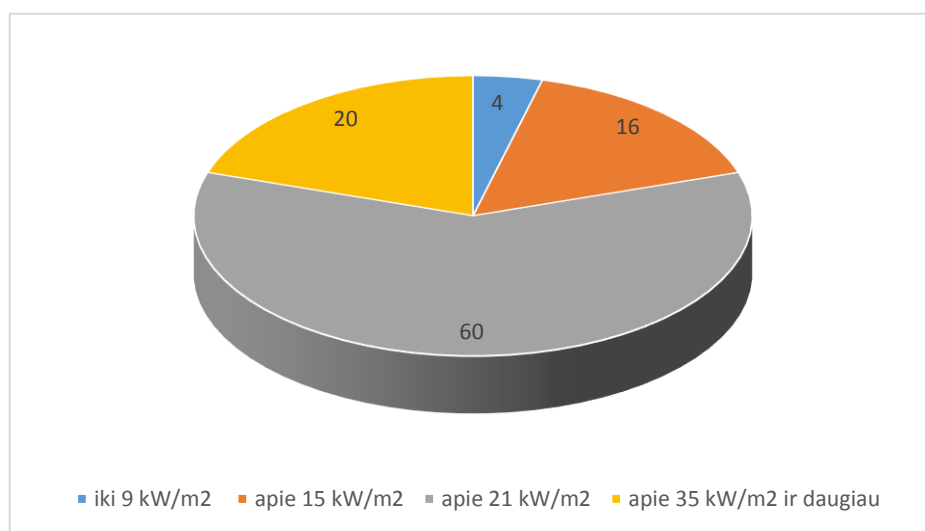
Dėl staigių klimato pokyčių, bei lauko temperatūros centralizuotai šildomose pastatuose gali smarkiai kisti patalpų temperatūra. Visame name sumontavus radiatorius su termostatiniais ventiliais patalpų oro temperatūra suvienodėja. Taip išvengiama patalpų perkaitinimo ir mažinami šilumos nuostoliai. Norint, kad ši sistema veiktų be priekaištų būtinas šilumos perteklius. [2]

Šilumos nuostolius vamzdynuose galima sumažinti keičiant šilumnešio temperatūrą, užtikrinti maksimalų srautą šildymo sistemose. Tyrimo metu nustatyta, kad subalansavus srautus tekančius per šilumos prietaisus, energijos sąnaudos šildymui sumažėja. Šios priemonės pritaikymas, dėl mažesnių nuostolių vamzdynuose leidžia sumažinti iki 10 proc. energijos šildymui. Autorių sudarytas modelis leidžia apskaičiuoti optimalų radiatorių galingumo pasiskirstymą.[3]

Renkantis šilumos katilą atsižvelgiama į jo galingumą, paprastai renkamasi katilą, kuris užtikrina 99 proc. komforto lygį laiko atžvelgiu. Katilo galingumas turi įtakos šilumos suvartojimui. Pasirinkus didelio galingumo katilą, normaliomis sąlygomis jis suvartoja daugiau energijos. Didinant lauko atitvarų šiluminę varžą iki 40 proc. galima sumažinti energijos suvartojimą [4].

1.2. Daugiabučių namų šilumos suvartojimas

Dauguma Lietuvos gyventojų gyvena daugiabučiuose pastatuose. Valstybės įmonės Registrų centro duomenimis, šalyje yra apie 37 tūkst. daugiabučių, iš jų apie 35 tūkst. pastatyti pagal galiojusius iki 1993 metų statybos techninius normatyvus. Daugiau nei 60 proc. daugiabučių namų pastatyti praėjusio šimtmečio antroje pusėje, kai vyravo plytinių ir blokinių pastatų statyba. Daugiabučiai yra pagrindiniai centralizuotai tiekiamos šilumos vartotojai. Centralizuotai tiekama šiluma Lietuvoje sudaro apie 50 proc. visos šalyje pagaminamos energijos. Didelė centralizuotai tiekiamos šilumos dalis parodo centralizuotos šilumos svarbą energetikoje ir ekonomikoje [5].



1 pav. Daugiabučių suskirstymas pagal suvartotos energijos kiekį 1m² šildyti

Pagal suvartotą šilumos energijos kiekį, 1m² būstui šildyti, visi daugiabučiai sąlyginai skirstomi į 4 kategorijas.

Apie 60 proc. daugiabučių jau pakeisti pastato langai ir lauko durys, daugiau kaip 80 proc. daugiabučių modernizuoti šilumos mazgai, taip iš dalies sumažintos energijos sąnaudos. Vis tik didžioji dauguma pastatų nepatenka į mažai energijos vartojančių daugiabučių grupę, nes šilumą naudoja neefektyviai. Pastatų energijos suvartojimas priklauso nuo namo atitvarų, šildymo sistemos, pačių žmonių elgesio. Stogo bei lauko atitvarų šilumos laidumo koeficientai neatitinka šių dienų reikalavimų. Pasenusios ir nesubalansuotos šildymo sistemos netolygiai paskirsto šilumą, nesudaro galimybės individualiai kiekvienam butui koreguoti patalpų temperatūros. Daugelis Lietuvoje esančių daugiabučių patenka į D ir E energetines naudingumo klases.

Siekiant mažinti energijos suvartojimą 2004 m. Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu patvirtinta Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa. Šios programos tikslas – iki 2020 metų sumažinti šiluminės energijos sąnaudas senuose daugiabučiuose pastatuose ne mažiau

kaip 20 proc., tai yra ne mažiau kaip 1 000 GWh per metus. Palyginti su 2005 m. į atmosferą išmetamo anglies dioksido kiekis turėtų sumažėti ne mažiau kaip 230 tūkst. tonų.

2014 metais Lietuvai pavyko atnaujinti apie 120 daugiabučių, o šiais metais tikimasi modernizuoti daugiau kaip 800 senų daugiabučių. Atliktas auditas parodė, kad po renovacijos modernizuoti pastatai sutaupo 50–70 proc. šiluminės energijos. Vertinant nuo 2013 metų renovuotus daugiabučius sutaupyta energijos kiekis sudaro 115 GWh per metus [6]. Ne vienerius metus strigusį renovacijos modelį išjudino savivaldybių įtraukimas į šią programą. Šių dienų savivaldybė lyderė yra Ignalinos rajono Savivaldybė, atnaujinusi 68 daugiabučius.

1.3. Šiluma ir jos perdavimo būdai

Šiluma nėra medžiaga, tai – energija. Šiluma labiausiai paplitusi energijos rūšis. Tarptautinių matavimų sistemoje ją matuojame džauliais (J), tačiau praktikoje dažniausiai vartojamas išvestinis vienetas – kilovatvalandė (1 kWh = 3600 kJ). Tai energijos kiekis, sunaudotas per vieną valandą.

Net ir labai sandariose patalpose negalima išsaugoti viso energijos kiekio. Šiluma pastatuose sklinda per atitvarus, siekiant išsaugoti jos kiekį, reikia rinktis medžiagas, kurios yra mažai laidžios šilumai. Išmatuoti šilumos energijos kiekį, kuris pateko į pastatą, yra gana sudėtingas uždavinys, tam reikia savitąją medžiagos šilumą padauginti iš kūno masės ir temperatūrų pokyčio. Šią funkciją atlieka namo įvadinis skaitiklis. Naujuose daugiabučiuose šilumos apskaitos prietaisai dažniausiai įrengiami kiekviename bute, jais galima pakankamai tiksliai apskaičiuoti, kaip šiluma pasiskirsto pastate.

Energijos kiekis, suvartotas vienam kilogramui medžiagos pakelti vienu laipsniu, vadinamas savitąja šiluma. Norint pakelti kūno temperatūrą nuo t_1 iki t_2 jam reikia suteikti energijos kiekį, kuris apskaičiuojamas pagal formulę [7]:

$$Q = cm; \Delta t \quad (1)$$

Čia:

Q – šilumos kiekis (J)

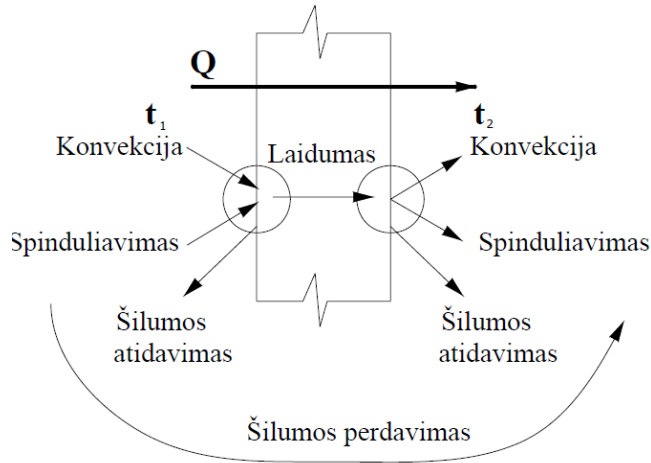
C – savitoji šiluma (1 J/kg•°C)

m – kūno masė (kg)

Δt – temperatūrų skirtumas (°C)

Šilumą galime perduoti trimis būdais:

- 1) konvekcija;
- 2) laidumas;
- 3) spinduliavimas.



2 pav. Šilumos perdavimas – sudėtingi šilumos mainai

Konvekcija – šilumos perdavimas judančiomis skysčių ar dujų srovėmis. Šildant skysčius arba dujas keičiasi jų tankis. Šiltesnė masė kyla aukšty, šaltesnė leidžiasi žemyn. Kietuose kūnuose konvekcija negali vykti, juose nesusidaro srovės. Konvekcijos principu veikia daugelis šildymo sistemų. Šilumos tiekimo sistemose šilumnešio vaidmenį atlieka vanduo. Konvekciją galima suskirstyti į dvi rūšis: laisvąją ir priverstinę. Laisvoji konvekcija – kai dalelės dėl gravitacijos bei skirtingos temperatūros ima judėti. Priverstinė – juda dėl išorinio poveikio, siurblio ar maišytuvo.

Šilumos laidumas – medžiagos savybė praleisti šilumą (šiluminės energijos perkėlimas tarp kaimyninių molekulių medžiagoje). Šiluma perduodama kūnui tiesiogiai liečiantis prie kietų ar skystų medžiagų. Įvairių medžiagų šilumos laidumas nevienodas, šilumos laidumas priklauso nuo medžiagos sandaros. Dujos yra blogas šilumos laidininkas. Medžiagos, kurios pagrindą sudaro oras (putplasčiai, akmens vata), vadinamos termoizoliacinėmis.

Šilumos spinduliavimas – tai kūno, kurio temperatūra aukštesnė nei 0^0 K , išskiriama energija ir skleidžiama spinduliuotė. Spinduliuodami nutolę kūnai perduoda šilumą vienas kitam. Šių spindulių prigimtis tokia pat, kaip ir regimosios šviesos. Kūno temperatūra daro įtaką spinduliuotės intensyvumui ir spektrinei sudėčiai, todėl mūsų akys dažnai jo nepriima kaip regimosios spinduliuotės. Paviršiai nevienodai sugeria išspinduliuotą energiją. Absoliučiai juodas kūnas sugeria visų dažnių spinduliuotę. Kai šiluma iš kūno išspinduliuojama, galioja atvirkštinis dėsnis. Geriausiai šilumą išspinduliuoja baltas paviršius. Šiuo principu grindžiami įvairūs šildymo įrenginių paviršiai.

Siekiant gerų išspinduliavimo rezultatų, šilumos prietaisai dengiami baltais dažais [8]. Galingiausias šilumos spinduliavimo šaltinis – saulė.

1.4. Šilumos perdavimo koeficientas

Šilumos perdavimo koeficientas yra naudojamas pastato šiluminei izoliacijai įvertinti. Jo pagalba nustatomas šilumos kiekis, kuris prateka per pastato lauko atitvarus. Atitvarų laidumas nustatytas statybos techniniame reglamente, kuriame nuo š. m. lapkričio 1 d. nurodyta, kad visi naujai projektuojami pastatai turi atitikti ne mažesnę nei A energingumo klasę. A klasės pastatai turės pasižymėti mažu energijos vartojimu, sandarumu ir šilumos išsaugojimu.

1 lentelė

Skirtingų energinio naudingumo pastatų šilumos laidumo koeficientų palyginimas

Parametro pavadinimas	Parametrų reikšmė				
	Pasyvūs pastatai	A++	A+	A	B
Stogo	0,1 W/m ² k	0,08 W/m ² k	0,09 W/m ² k	0,1 W/m ² k	0,16 W/m ² k
Sienų	0,1 W/m ² k	0,1 W/m ² k	0,11 W/m ² k	0,12 W/m ² k	0,2 W/m ² k
Langų	0,8 W/m ² k	0,7 W/m ² k	0,85 W/m ² k	1,0 W/m ² k	1,6 W/m ² k

Įprastai skaičiuojant atitvaro šilumos laidumą, iš pradžių skaičiuojama atskirų sluoksnių varža. Susumavus rezultatus surandama visuotinė atitvaro šiluminė varža, o kaip atvirkščias dydis ir šilumos perdavimo koeficientas U. Jis priklauso ne tik nuo atitvaro medžiagų ir struktūros, bet ir nuo konstrukcijos paviršiaus ir supančios aplinkos [9].

Nagrinęjant šiluminės energijos perdavimą per medžiagą, jos kiekis priklauso nuo medžiagos storio ir pačios medžiagos savybės praleisti šilumą:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda} + R_{se}} \quad (2)$$

Čia:

R_{si} – vidinio paviršiaus šiluminė varža, m² • K/W;

R_{se} – išorinio paviršiaus šiluminė varža, m² • K/W;

d – medžiagos storis, m;

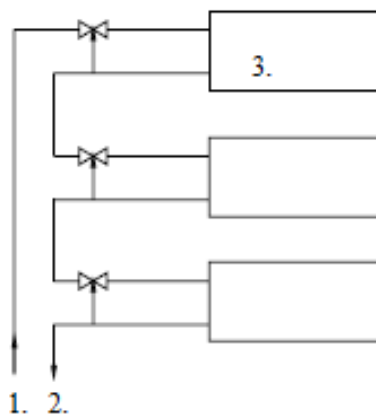
λ – medžiagos šilumos laidumo koeficientas, W/m • K.

1.5. Šildymas

Žmogus jau nuo seno naudodamas medieną išmoko šildyti būstą. Bėgant laikui šilumos gavimo būdai tobulėjo. Šiandien pastatui šildyti sukurtos įvairiausios šildymo sistemos, kurios naudojamos norint palaikyti reikiamą kambario temperatūrą šaltuoju metų laiku. Šildymo sistemų projektavimas yra atsakingas darbas. Šildymo sistemos parinkimas priklauso nuo pastato konstrukcijų, interjero bei supančios aplinkos. Lietuvoje dauguma daugiabučių šilumą gauna centralizuotu būdu ir naudoja centrinę šildymo sistemą. Šitoje sistemoje šilumą gaminantis, paskirstantis įrenginys įrengtas atskirai, o šiluma į patalpas patenka vamzdynu. Dažniausiai renkamos vandens šildymo sistemos. Jos yra ilgaamžės, lengvai montuojamos, veikia tyliai. Daugiabučiai gyvenamieji namai pradeda šildymo sezoną, kai trijų parų temperatūros vidurkis mažesnis nei 10 laipsnių. [5]

1.5.1. Šildymo sistemos

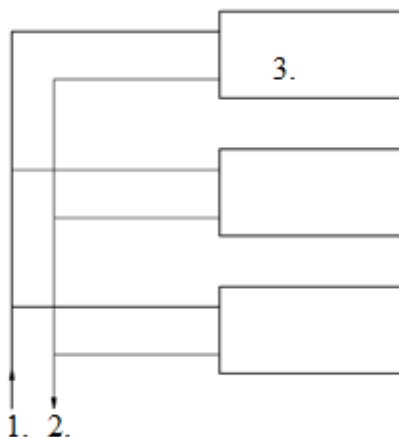
Senos statybos daugiabučiuose veikia neefektyvios šildymo sistemos. Jos buvo įrengiamos pagal tipinį projektą, kai suvartotas energijos kiekis per daug nerūpėjo. Dažniausiai buvo montuojama vieno vamzdžio sistema, kuri dėl konstrukcijų ypatybių neužtikrina tolygaus patalpų šildymo. Vieni butai peršildomi, o kituose per šalta, nors pagal bendrą apskaitą šiluma paskirstoma tolygiai kiekvienam gyventojui. Taip nutinka todėl, kad pagrindinė šilumnešio dalis tenka pirmiems vartotojams pagal srautą, vėliau vėsta (3 pav.). Šildymo sistema veikia efektyviai, kai į visus šildymo prietaisus patenka projekte nustatytas vandens kiekis. Tuo metu vieno vamzdžio sistemos buvo patrauklios dėl paprasto montavimo bei mažų medžiagų sąnaudų.



3 pav. Vieno vamzdžio šildymo sistemos schema

1 – paduodamojo srauto vamzdis, 2 – grįžtamojo srauto vamzdis, 3 – šildymo prietaisas

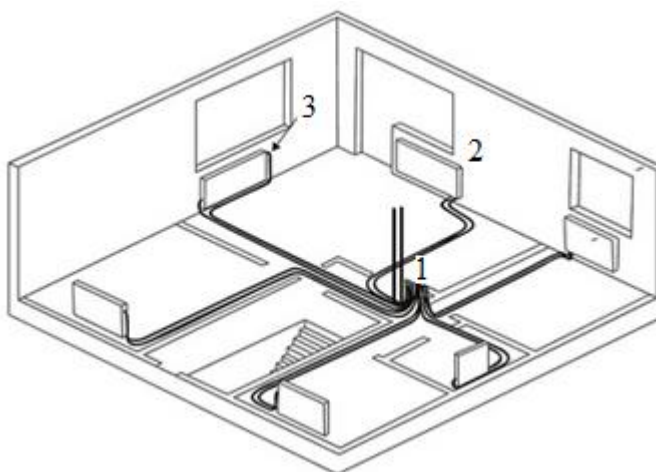
Dviejų vamzdžių sistemoje į šilumos prietaisą vanduo įteka tiekimo vamzdžiu, o išteka kitu – grįžtamoju. Avarijos atveju galima atjungti šilumos prietaisą, nedarant įtakos kitiems radiatoriams. Šios sistemos privalumas tas, kad į visus prietaisus įteka vienodos temperatūros vanduo. Jeigu radiatoriai parinkti teisingai, jie grąžina vienodos temperatūros šilumnešį.



4 pav. Dviejų vamzdžių šildymo sistemos schema

1 – paduodamojo srauto vamzdis, 2 – grįžtamojo srauto vamzdis, 3 – šildymo prietaisas

Modernizuotuose arba naujos statybos daugiabučiuose vis dažniau įrengiama kolektorinė šildymo sistema. Ji skiriasi nuo įprastų tiekimo sistemų. Kiekvienas butas turi individualias šildymo sistemas. Visi buto radiatoriai sujungti tarpusavyje, o butas prijungtas prie vieno stovo. Kiekvienas butas turi individualią šilumos ir karšto vandens apskaitą. Skaitikliai tiksliai išmatuoja buto suvartotą energijos ir karšto vandens kiekį. Pagrindiniai kolektorinės sistemos trūkumai – esant reikalui, dėl netinkamo nuolydžio nėra galimybės išleisti vandenį savitaka ir didelės san technikos darbų sąnaudos.



5 pav. Kolektorinės šildymo sistemos schema

1 – kolektorius, 2 – šildymo prietaisas, 3 – termostatinis ventilis

1.5.2. Reikalavimai šildymo sistemos įrengimui

Šildymo sistemos projektuojamos ir įrengiamos pagal pastato paskirtį ir technologinio proceso reikalavimus, atsižvelgiant į pageidaujamą komforto lygį bei norminius reikalavimus. Suprojektuotos šildymo sistemos, šildydamos patalpas, turi optimaliai naudoti energiją. Parenkant tinkamą šildymo sistemą, reikia įvertinti pastato padėtį, šilumines, konstrukcines savybes, teršalų išsiskyrimą patalpose ir kad išmetamų į aplinką kenksmingų medžiagų koncentracija neviršytų leistinos koncentracijos normos atmosferoje. Pastato šilumos punkte turi būti numatytos priemonės, užtikrinančios gerą šilumnešio cirkuliaciją visoje sistemoje. Daugiabučiuose šildymo sistema projektuojama taip, kad būtų galimybė įvertinti šilumos suvartojimą nepatekus į butą. Šildymo sistema montuojama iš kokybiškų medžiagų, kurios užtikrintų tinkamą jos veikimą per visą numatomą eksploatacijos laikotarpį. Visi šildymo sistemos komponentai (šildymo prietaisai, vamzdynai, medžiagos, išdėstymas) turi atitikti gaisrinės saugos ir higienos reikalavimus. Vamzdynui tiesti naudojami metaliniai, daugiasluoksniai arba plastikiniai vamzdžiai, atsparūs šilumnešio cheminiam, temperatūros ir mechaniniam poveikiui. Šildymo vamzdynai tiesiami atvirai arba paslėptai, kanaluose, nišose, šachtose arba pačiose konstrukcijose, naudojant apsauginį šarvą. Konstrukcijų viduje esančiuose vamzdynuose draudžiama naudoti veržiamas jungtis. Vamzdynai, einantys per pastato atitvarus, turi būti nedegiuose dėkluose. Šildymo sistemų stovuose reikia įrengti uždaramąją ir hidraulinio balansavimo armatūrą. Vamzdynuose šilumnešio keliamas triukšmas negali viršyti tų patalpų leistino triukšmo lygio [10].

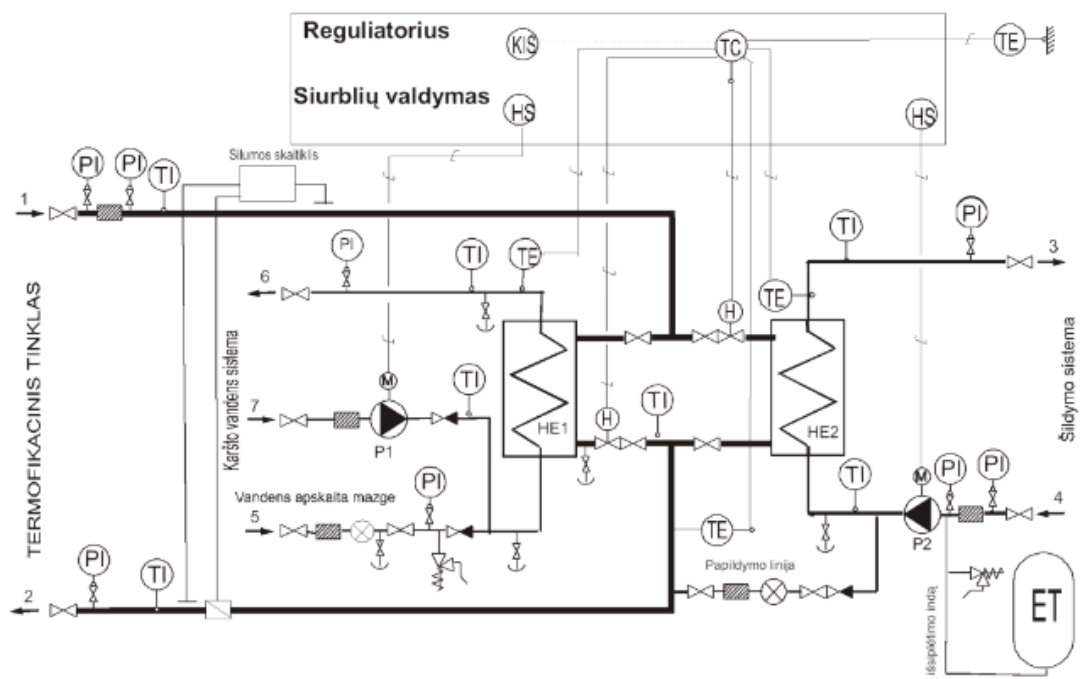
Sumontuotos šildymo sistemos sujungimai turi būti sandarūs. Visi vamzdynai turi atitikti projekcinį nuolydį, ne mažesnį nei 0,002, uždaramoji armatūra sumontuota prieinamoje vietoje. Aukščiausiam taške turi būti sumontuotas oro išleidėjas, žemiausiam – vandens. Išleidžiamosios armatūros neleidžiamos montuoti kanaluose, jeigu nėra įrangos vandens nuvedimas. Projektuojant reikia numatyti armatūrą skirta šildymo prietaisų, bei vamzdynų plovimui. Vamzdynus esančius nešildomose patalpose ir ten kur jų skleidžiama šiluma nevartojama, reikia izoliuoti izoliacine medžiaga. Visos šildymo sistemos prieš pradėdant eksploatuoti turi būti subalansuotos, bei hidrauliškai išbandytos. Montavimo darbus gali atlikti tik kvalifikuoti specialistai, turintys kvalifikaciją patvirtinantį atestatą.

1.5.3. Šilumos mazgas

Daugelyje iki 1997m. pastatytų daugiabučių gyvenamųjų namų, kuriems tiekama centralizuota šiluma, yra įrengti šilumos punktai, kuriuose sumontuota elevatorinė šilumos tiekimo sistema su paskirstoma ir uždaroma armatūra, kontrolės – matavimo prietaisais, vandens filtrais ir kitais

įrenginiais. Iš čia karštas vanduo patenka į namo vidaus paskirstomuosius šilumos tiekimo vamzdinius [11]. Neautomatizuotose šilumos punktuose įrengimai nereaguoja į lauko temperatūros pokyčius, svyruojant paros temperatūrai gyventojams tiekiamas toks pat šilumnešio srautas. Butuose neįmanoma užtikrinti pastovios komfortinės temperatūros. Elevatoriniuose mazguose dažniausia nėra individualaus karšto vandens šilumokaičio, todėl karšto vandens temperatūra priklauso nuo šilumos tiekėjų. Šildymo sezono metu karšto vandens temperatūra tampa pavojingai aukšta. Šie mazgai reikalauja nuolatinės priežiūros, juos reikia nuolat stebėti, mechaniniu būdu keisti parametrus. Šiuos trūkumus galima pašalinti modernizuojant šilumos mazgą.

Automatizuotuose šilumos punktuose galima efektyviai reguliuoti šiluminės energijos sąnaudas, užtikrinti patikimą sistemų veikimą. Atšilus lauko temperatūrai, regulatoriaus pagalba, automatiškai sumažinamas šilumos srautas tekantis į šildymo sistemą. Buto temperatūra tampa pastovi, šiluma nešvaistoma per atvirus, langus. Karšto vandens ruošimui įrengiamas individualus šilumokaitis, bei kiti automatiniai prietaisai. Priklausomai nuo pastato konstrukcijos šio punkto įdiegimas leidžia sutaupyti 20-30 proc. suvartotos šiluminės energijos.



6 pav. Nepriklausomo jungimo šilumos punkto schema su vienos pakopos karšto vandens šilumokaičiu [12]

Žymėjimai: HE –šilumokaitis; H–reguliavimo vožtuvas su pavara; M–kintamo našumo siurblys; ET –išsiplėtimo indas; SV –apsauginis vožtuvas; TI –termometras; TE –temperatūros jutiklis; TC –kontroleris; KIS –laiko komutatorius; HS –jungiklis; EIA –relės jungiklis; 1 –šilumnešio tiekimas iš šilumos tinklų; 2 –šilumnešio grąžinimas į šilumos tinklus; 3 –šilumnešio tiekimas į šildymo sistemą; 4 –šilumnešio grąžinimas iš šildymo sistemos; 5 –šalto vandens tiekimas į karšto vandens šilumokaitį; 6 –karšto vandens tiekimas į karšto vandens sistemą; 7 –karšto vandens grąžinimas iš karšto vandens cirkuliacinės linijos.MA

Projektuojant šilumos punktą reikia tinkamai parinkti jo dydį, bei galingumą. Gerai suprojektuota ir parinkta įranga, be tinkamai parinktų parametrų neduos norimo rezultato. Todėl labai svarbu atnaujintą šilumos punktą patikėti kvalifikuotam prižiūrėtoji.

Šilumos punkto įranga:

Regulatorius – įrengimas valdantis šilumos punkto darbą. Valdiklyje galima nustatyti norimą komfortinę patalpų temperatūrą, bei sumažintos temperatūros periodus kiekvienai dienai. Sumažintos temperatūros periodas dažniausiai naudojamos nakties metu, ar kai patalpoje nėra žmonių. Taip vartotojui sukuriama galimybė taupyti šiluminę energiją. Regulatorius nuolat stebi lauko temperatūrą, pagal ją koreguoja šilumnešio srautą. Įrenginys nuolat stebi visos sistemos darbą, pranešdamas apie jos sutrikimus, taip išvengiama sunkesnių avarijos padarinių.

Jutikliai – matuoja lauko, bei kiekvieno kontūro temperatūras. Jais galima stebėti karšto vandens, šildymo sistemos temperatūras.

Pavaros ir vožtuvai – pagal valdiklio siunčiamus signalus reguliuoja šilumnešio, karšto vandens srautą. Karšto vandens ruošimui naudojamos greitaieigės pavartos, kurios atsidarymo laikas apie 40 sekundžių, šildymui – lėtaieigės, atsidarymo laikas apie 70 sekundžių.

Slėgio perkryčio regulatorius – naudojami pastoviam slėgiui palaikyti. Jie reguliuoja slėgio perkrytį ir balansuoja srautą automatiškai. Slėgio perkryčio regulatoriai montuojami vamzdynuose, kurie ateina iš šilumos tiekėjo. Kiekvienas vartotojas gauna projekte numatytą energijos kiekį, nepriklausomai nuo pokyčių tinkle ir kintančių oro sąlygų. Slėgio perkryčio regulatoriai sukuria pastovias, stabilias sąlygas reguliuojantiems vožtuvams, o jie savo ruožtu reguliuos temperatūrą.

Šilumokaitis – priešpriešinio srauto įrenginys, kuris skirtas atlikti šilumos mainus tarp dviejų atskirų sistemų. Daugiabutyje šilumokaičio pagalba termofikacinė šiluma perduodama į šildymo arba karšto vandens sistemą. Šilumokaitis sudarytas iš sulituotų tarpusavyje profiliuotų nerūdijančio plieno plokštelių. Skysčiai teka atskirais kanalais, suformuotais tarp plokštelių.

Cirkuliaciniai siurbliai – jų paskirtis patikimai tiekti vandenį šildymo, bei karšto vandens sistemomis. Siurbliai parenkami pagal maksimalų slėgį ir našumą. Šilumos punkte veikiantis cirkuliaciniai siurbliai suvartoja daug energijos, renkant siurblių reikėtų atsižvelgti ir į elektros energijos vartojimą. Skirtingų gamintojų siurbliai suvartoja skirtingus elektros energijos kiekius tam pačiam darbui atlikti. Modernūs siurbliai, pagal slėgio aukščio poreikį, automatiškai koreguoja siurblio apsukas. Naujausių technologijų cirkuliaciniai siurbliai suvartoja net iki 80 proc. mažiau elektros energijos.

Filtrai – valo sistemoje esančius nešvarumus. Siekiant, kad sistema kuo ilgiau išliktų švaresnė, sumažėtų jos plovimo sąnaudos, reikėtų naudoti įdėklą su magnetais. Ant įdėklo kaupiasi nešvarumai, metalo oksidai.

1.5.4. Šildymo prietaisai

Vienas iš pagrindinių šildymo sistemos elementų yra šilumos prietaisai. Šilumos prietaiso paskirtis iš šilumnešio gautą šilumą perduoti į aplinką. Jų kiekis ir galingumas įtakoja patalpos temperatūrą. Norint sukurti komfortišką aplinką, projektuotojas turi parinkti jų išdėstymą ir tipą. Šildymo prietaisai į aplinką turi atiduoti reikiamą šilumos kiekį. Eksploatuojant šilumos prietaisus susiduriama su įvairiausiomis problemomis. Pagrindinė problema – vidinių paviršių korozija. Šildymo sistemoje nuolat turi būti vandens, jeigu joje yra daug oro, korozijos procesai veikia daug greičiau. Siekiant išvengti hidraulinių smūgių, sistemą reikia pildyti palengva, didinant spaudimą. Hidrauliniai smūgiai gali suardyti prietaisą.

Šildymo prietaisų rūšys:

1. Ketiniai radiatoriai – dėl savo ilgaamžiškumo dažniausiai naudojami standartiniame, senesnės statybos daugiabutyje. Jie beveik nereaguoja į šilumnešio kokybę, tačiau nėra atsparūs hidrauliniams smūgiams. Seno tipo radiatorius prieš montuojant būtina padengti dažais ir patikrinti tarp sekcines jungtis. Ketiniai radiatoriai gaminami ir šiandien, šiuolaikiniai ketiniai šilumos prietaisai skiriasi dizainu ir liejimo kokybe.

2. Plieniniai vamzdiniai radiatoriai – šio tipo radiatorius dažniausiai renkamasi dėl gražaus dizaino, juos lengva valyti. Naujos kartos radiatorių vidinės ir išorinės sienelės yra šildomos, taip jos išspinduliuoja daugiau šilumos. Jie atsparūs hidrauliniams smūgiams. Tačiau dėl plonos sienelės, kurios storis neviršija 1,5mm. naudojant standartiniame daugiabutyje ilgaamžiškumu nepasižymi.

3. Aliumininiai radiatoriai – mažo svorio, sekcinės konstrukcijos, išspinduliuoja daug šilumos. Lieti aliuminiai radiatoriai išliejami sekcijomis, kaip atskira detalė.

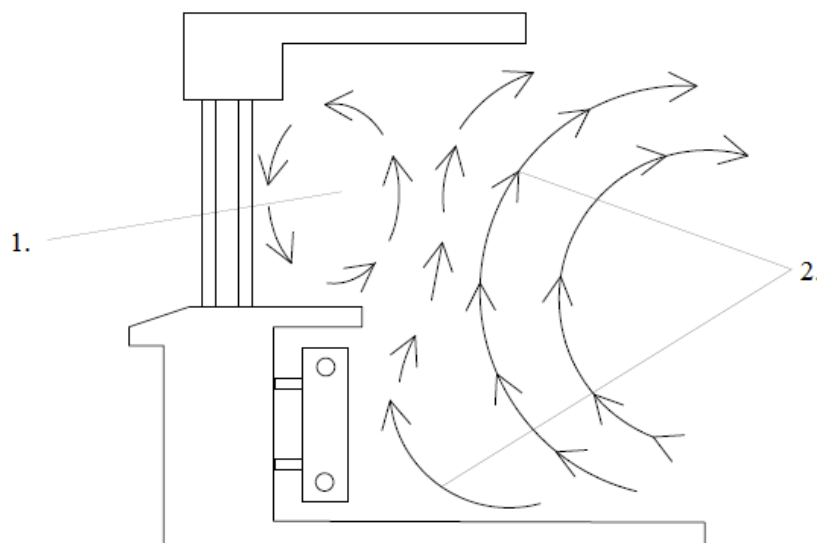
4. Ekstruziniai – sekciją sudaro trys mechaniškai sujungti elementai. Jungtys sandarinamos klijuojant arba tarpinėmis. Šių radiatorių nepatartina montuoti standartiniame daugiabutyje, dėl būtinybės užtikrinti nuolatinį šilumnešio rūgštingumą (PH lygį).

5. Plokšti radiatoriai (konvektoriai) - pasižymi geru šilumos spinduliavimu, gera išvaizda. Šie radiatoriai nėra atsparūs hidrauliniams smūgiams. Radiatorių gamintojai siekdami užkariauti daugiabučių namų rinką sukūrė šio tipo šilumos prietaisus, kuriuos jau galima naudoti ir centrinėms šildymo sistemoms. Iki šiol reikėjo naudoti aukštos kokybės šilumos nešiklį.

6. Į grindis įmontuojami konvektoriai – naudojami moderniuose stikliniuose pastatuose, kur nėra vietos tradiciniams radiatoriams. Radiatoriai gaminami iš varinių, rečiau plieninių vamzdelių su aliuminio korpusu. Šiuo atveju, reikėtų žinoti ar šildymo sistema yra suderinta su variniais vamzdžiais.

7. Grindjuosčių konvektoriai – šiuos įrenginius galima montuoti išilgai laukinių sienų. Tokio tipo konvektoriai yra ganėtinai maži (mažiau nei 10cm. gylio ir 20-25cm. aukščio). Įrenginiai gaminami iš varinių arba plieninių vamzdelių ir turi aliuminį korpusą.

Šildomos grindys į aplinką išspinduliuoja apie 50 proc. šilumos. Plieniniai ir aliuminiai vandens radiatoriai išspinduliuojama 30-45 proc. šilumos. Jeigu prietaisas į patalpas atiduoda daugiau nei 70 proc. šilumos, toje patalpoje susidaro temperatūros ruožai. Prie šildymo prietaiso karšta, toliau – vėsiau. Šilumos suvartojimui turi įtakos ir šildymo prietaiso vandens talpa. Plieniniai radiatoriai yra optimaliausios talpos, vienam kilovatui šiluminės galios tenka apie 3 litrus vandens, konvektoriuose siekia 0,3 litro kilovatui, o ketiniuose net iki 10 litrų. Patalpose šilumos prietaisai statomi prie laidžiausių šilumai atitvarų. Šildymo prietaisą rekomenduojama statyti po langų. Pastačius radiatorių po langų, kylanti šilto oro srovė susimaišo su šaltu oru, todėl nesijaučia šalto oro traukos prie grindų (7 pav). Darželiuose, ligoninėse šilumos prietaisai įrengti po langais turi užimti ne mažiau $\frac{3}{4}$ palangės ilgio. Siekiant kuo daugiau sutaupyti šilumos, už šilumos prietaiso reikėtų pritvirtinti šilumą atspindinčią plėvelę. Nerekomenduojama šilumos prietaisų uždengti grotelėmis ar kita apdaila, nes jos trukdo šilumai sklisti į patalpas.



7 pav. Šilumos srautų schema
1 – šaltas šilumos srautas, 2 – šiltas šilumos srautas

Visi šildymo prietaisai turi būti atviri, prieinami valyti ir remontuoti. Daugiabučių namų laiptinėse šildymo prietaisai įrengiami pirmuose aukštuose, tambūruose turinčiuose lauko duris radiatoriai gali būti nemontuojami. Šildymo prietaisai montuojami vadovaujantis gamintojo instrukcija, bei statinio projekto reikalavimu.

Radiatorius montuojant rekomenduojama nuo grindų išlaikyti apie 60 – 120mm. atstumą, nuo sienos – ne mažiau 25mm, nuo palangės – ne mažiau 50mm. Montuojant konvektorius šie atstumai

skiriasi. Nuo grindų rekomenduojama išlaikyti apie 100mm, nuo sienos apie 30 mm. Radiatorius galima pritvirtinti prie sienos laikikliu arba atramėlių pagalba pastatyti ant grindų. Laikiklių skaičių nusako šilumos prietaiso plotas (1m^2 - vienas laikiklis), bet ne mažiau 3 laikiklių vienam radiatoriumi.

1.6.Pastato energetinis modeliavimas

Energetinis modeliavimas – tai mokslo šaka nagrinėjanti pastato dinامينius procesus. Modeliavimo proceso metu analizuojama pastato energijos suvartojimas, įskaitant apšvietimo, energijos apykaitos, atsiradusios dėl infiltracijos, žmonių skleidžiamos šilumos. Sukurti modeliai įvertina daugybę faktorių, kurie turi įtakos šildymo galiai. Modeliavimas padeda įvertinti šildymo sistemos darbą, atsižvelgiant į šilumos suvartojimą pasirinkti tinkamą įrangą ir galingumą. Modeliuoti galima įvairaus dydžio, struktūros pastatus. Pastatai gali būti vienos gyvenamosios zonos arba daug zonų turintis, sudėtingų konstrukcijų statinys. Modeliavimo programos padeda projektuoti pastatus, vertinti ar projektuojamas pastatas atitiks nustatytus standartus ar energetinio naudingumo lygį.[13]

Pastato energetinio modeliavimo metodai:

Paprastasis – metinių energijos sąnaudų vertinimas naudojantis vietovės dienolaipsniais. Šis metodas taikomas pastatams kurių vidaus temperatūra ir šilumos pritekėjimo santykinai yra pastovūs. Šis metodas taikomas ir Lietuvoje.

Makromodelis – nagrinėja visą pastatą, kaip vieną zoną, kurios temperatūra ta pati. Šis metodas padeda įvertinti energijos sąnaudas, kai šildymo sistemos efektyvumas, galingumas kinta nuo lauko oro temperatūros.

Dinaminis – padeda tiksliai įvertinti didelių pastatų energijos suvartojimą. Kompiuterių programų pagalba, analizuoja pastate vykstančius vidinius ir išorinius procesus.

Pastatų modeliavimas, tai sudėtingas procesas. Modelio kūrimas reikalauja išmanymo apie pastate vykstančius energetinius procesus, bei pastatų konstrukcijų įtaką jiems. Energetinis pastato modelis apima pastato geometrinius duomenimis, šildymo sistemą, vėdinimą, bei specifinius pastato vietas rodiklius.



8 pav. Bendroji pastato modeliavimo schema

Matlab „Simulink“ tai kompiuterinė modeliavimo ir analizės programa, skirta modeliuoti ir imituoti dinamiškas sistemas. Programa leidžia greitai ir ekonomiškai sukurti dinaminę sistemą, įskaitant signalų apdorojimo ir kontrolės sistemas. Modeliavimo proceso metu dinamiškos sistemos matematinės lygtys išreiškiamos supaprastintu modeliu. Programa naudodamasi visais modeliavimo įvestais duomenimis sudaro kelias galimas alternatyvas. Suskaičiuojamas pastato šildymui reikiamas energijos kiekis per nurodytą laiką.

1.7.Literatūros apžvalgos išvados.

- ✓ Lietuvoje didžioji energijos dalis suvartojama seniems daugiabučiams šildyti. Daugiabučių pastatų konstrukcijos pasenusios, lauko atitvarų šiluminė varža netenkina šių dienų reikalavimų.
- ✓ Susidėvėjusios šildymo sistemos netolygiai paskirsto šilumą, taip didindamos šilumos nuostolius ir mažindamos komforto lygį.
- ✓ Net ir labai sandariose patalpose negalima išsaugoti viso energijos kiekio. Šiluma pastatuose sklinda per atitvarus, siekiant išsaugoti jos kiekį reikia rinktis medžiagas, kurios yra mažai laidžios šilumai. Šilumos perdavimo koeficientas yra naudojamas įvertinti pastato šiluminę izoliaciją. Jo pagalba nustatomas šilumos kiekis, kuris prateka per pastato lauko atitvaras.
- ✓ Visų pastatų šildymo sistemos turi atitikti techninius, higieninius, priešgaisrinius reikalavimus. Ekonominiai, estetiniai ir kiti aspektai priklauso nuo statybos dalyvių ir vartotojo susitarimo.
- ✓ Šiuo metu atliekama gausybė tyrimų, ieškoma efektyvių būdų, kaip taupyti energiją.

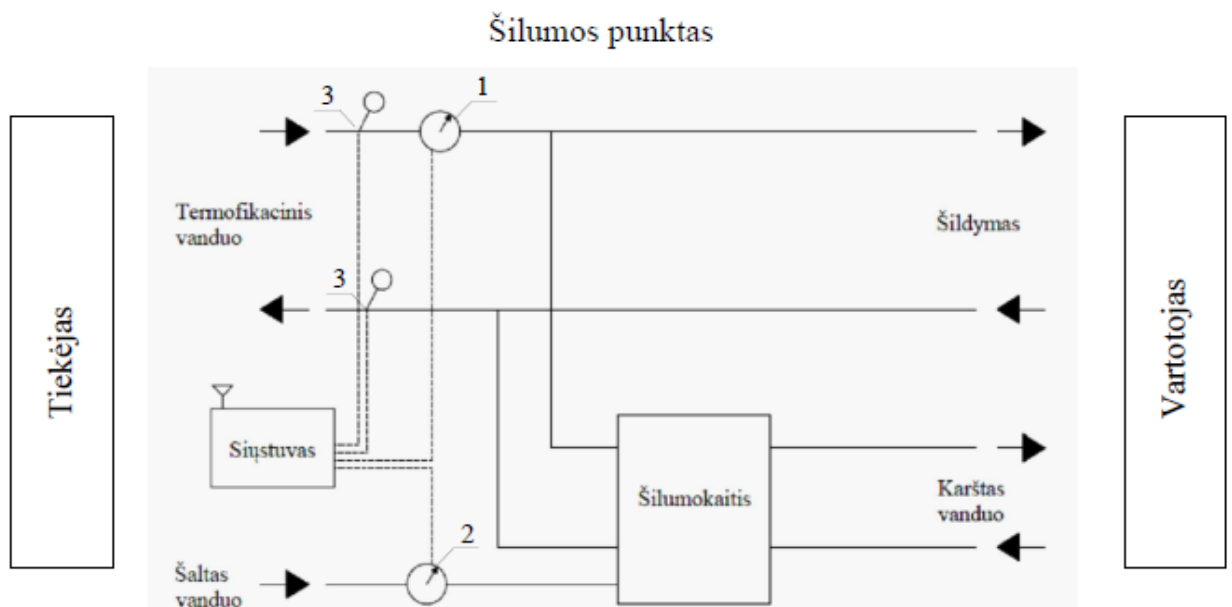
2. ŠILUMINĖS SISTEMOS TYRIMAS

2.1. Daugiabučių namų faktinio šilumos poreikių duomenų surinkimas ir susisteminimas.

Energetinio efektyvumo analizė atliekama naudojant pastatų faktinius energijos suvartojimo duomenis. Pastatai tik iš pažiūros atrodo tipiniai, tačiau vienodų nėra. Šilumos suvartojimas priklauso nuo įvairių medžiagų struktūros, konstrukcijų, bei statybos darbų kokybės. Faktiškai daugiabutis gali naudoti visiškai kitokį energijos kiekį, nei vertinant energetinio naudingumo sertifikatu.

Tyrimui atlikti atsitiktine tvarka pasirinkta Panevėžio šiaurinėje miesto dalyje esantys daugiabučiai. Visi analizuojami daugiabučiai yra prijungti prie centralizuotų šilumos tinklų sistemos. Pastatuose yra sumontuoti modernizuoti šilumos punktai, gyventojai šilumą gauna centralizuotu būdu. Šilumnešio srautą atsižvelgiant į lauko oro temperatūrą reguliuoja valdiklis. Karštas vanduo, šilumokaičio pagalba, nepriklausomu būdu ruošiamas šilumos punkte.

Naudojant automatizuotą šilumos apskaitos nuskaitymo sistemą „Rubisafe“ išanalizuota pasirinktų daugiabučių namų energijos poreikis per 2014 – 2015m. šildymo sezoną. Automatinė nuotolinių objektų parametrų nuskaitymo sistema sumontuota visuose tiriamuose objektuose. Duomenys kaupiami šilumos apskaitos serveryje. Sistemos paskirtis – energinių parametrų monitoringas, bei gedimų indentifikavimas. [14] Siekiant kuo tikslesnio duomenų įvertinimo, parametrai buvo fiksuojami du kartus per parą. Tokio dažnio užtenka užfiksuoti sistemos pokyčius.



9 pav. Nuotolinio parametrų nuskaitymo ir valdymo sistemos principinė schema

1 – įvadinis šilumos prietaisas, 2 – įvadinis šalto vandens skaitiklis, karšto vandens ruošimui,
3 – termojutikliai.

Norint sulyginti pastatus, naudojant faktinius energijos suvartojimo duomenis, reikia eliminuoti skirtingo šildymo sezono trukmės, oro sąlygų, temperatūros poveikio, bei pastato šildomo ploto įtaką.

Analizuojant kokią įtaką šilumos energijos suvartojimui turi pastato charakteristikos, iš namų daugiabučių namų bylų išrenkami šie parametrai:

- Statybos metai.
- Sienų tipas.
- Aukštų skaičius
- Šildomas plotas

Duomenys pateikti priede.

2.1.1. Faktinio energijos suvartojimo tyrimas.

Šildymo energijos suvartojimo įvertinimui naudojami pastato karšto vandens ir energijos duomenys. Šiluminės energijos suvartojimo įvertinimui, imami pastatų įvadinio šilumos apskaitos prietaiso rodmenys nuo 2014m. 10mėn. 01d. iki 2015m. 04mėn. 30d. Karšto vandens ruošimo energijos suvartojimą pastate lemia jo kiekis, kubiniais metrais. Jo įvertinimui imami to pačio laikotarpio namo šilumos mazge esančio įvadinio šalto vandens skaitiklio, karšto vandens ruošimui rodmenys.

Kiekvieno namo šildymo sistemos suvartojimas skaidomas pagal formulę:

$$Q_{\Sigma} = Q_s + Q_{kvp} + Q_{kvc}$$

(3)

Čia:

Q_{Σ} – bendras šiluminės energijos kiekis, MWh;

Q_s – šiluminės energijos kiekis šildymui MWh;

Q_{kvp} – šiluminės energijos kiekis karšto vandens pašildymui, MWh;

Q_{kvc} – šiluminės energijos kiekis karšto vandens cirkuliacijai, MWh.

Norint įvertinti koks energijos kiekis tenka patalpų šildymui, reikia eliminuoti energijas sunaudotas karšto vandens ruošimui ir jo cirkuliacijai. Skaičiuojant karšto vandens suvartojimą priimama, kad šalto vandens temperatūra skirta karštam vandeniui ruošti yra 6 °C. Remiantis higienos

reikalavimais karšto vandens temperatūrą reikia pakelti 44 laipsniais. Šilumos energijos kiekis skirtas pašildyti karštam vandeniui skaičiuojamas pagal formulę [15]:

$$Q_{kvp} = G \cdot 0,051; \quad (4)$$

Čia:

G – karšto vandens kiekis per analizuojamą laikotarpį, m^3 ;

0,051- šiluminės energijos kiekis, karštam vandeniui pašildyti, MWh;

Šiluminės energijos suvartojimui taip pat reikia eliminuoti energiją, sunaudotą karšto vandens cirkuliacijai. Naudojami gegužės mėnesio apskaitos prietaisų duomenys, įvertinamas karšto vandens ir cirkuliacinės linijos sunaudotas šiluminės energijos kiekis per vieną mėnesį. Šis kiekis pagal faktinį karšto vandens vartojimą šildymo sezono metu eliminuotas.

$$Q_{kvc5} = Q_{\Sigma 5} - G_5 \cdot 0,051 \quad (5)$$

Čia:

Q_{kvc5} – šiluminės energijos kiekis karšto vandens cirkuliacijai, per gegužės mėn., MWh;

$Q_{\Sigma 5}$ – bendras šiluminės energijos kiekis per gegužės mėnesį, MWh;

G_5 – karšto vandens kiekis per gegužės mėn., m^3 ;

0,051 – šiluminės energijos kiekis, karštam vandeniui pašildyti, MWh.

Norint apskaičiuoti analizuojamų pastatų faktines energines sąnaudas patalpų šildymui nuo 2014m. 10mėn. 01d. iki 2015m. 04mėn. 30d. naudojama formulė:

$$Q_s = Q_{\Sigma} - Q_{kvp} + Q_{kvc} \quad (6)$$

Čia:

Q_{Σ} – bendras šiluminės energijos kiekis, MWh;

Q_s – šiluminės energijos kiekis šildymui, MWh;

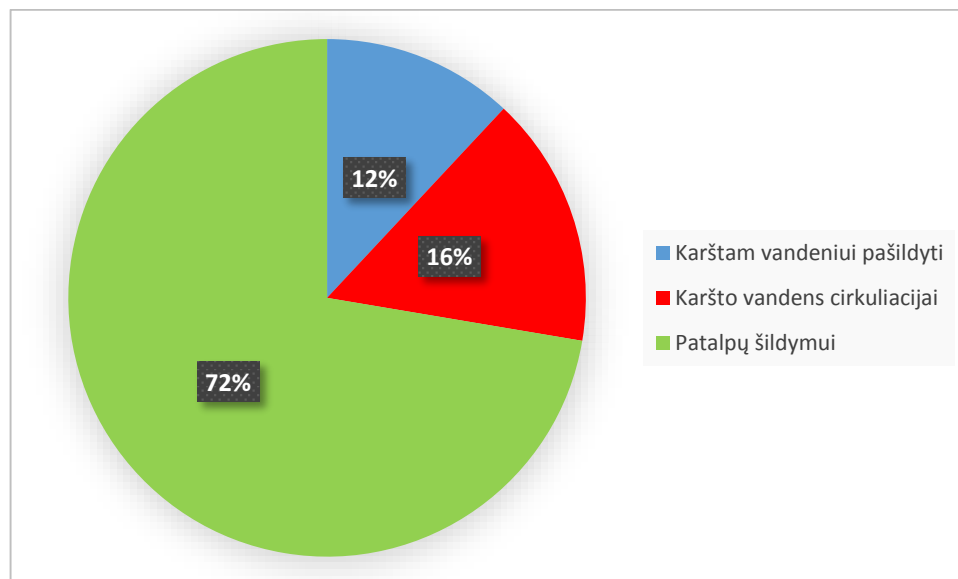
Q_{kvp} – šiluminės energijos kiekis karšto vandens pašildymui, MWh;

Q_{kvc} – šiluminės energijos kiekis karšto vandens cirkuliacijai, MWh.

Skaičiavimų rezultatai pateikti priede.

2.1.2. Faktinio energijos tyrimo rezultatai.

Iš gautų rezultatų sudaroma pastatų energijos suvartojimo diagrama (10pav). Tiriamų daugiabučių suvartotą energijos kiekį per 2014/2015m. šildymo sezoną galime suskirstyti į 3 kategorijas.

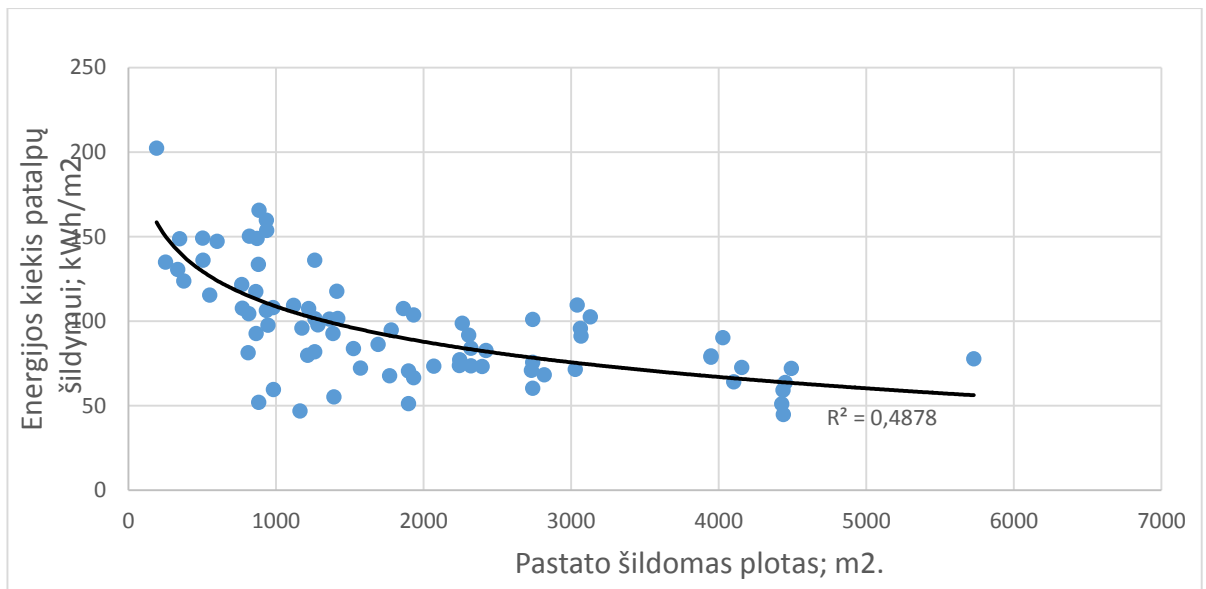


10 pav. Pastatų šiluminės energijos suvartojimas

Iš pateiktos diagramos matyti, kad didžiausią energijos kiekį pastatas suvartoja patalpų šildymui. Namų karšto vandens cirkuliacijai ir karšto vandens ruošimui sueikvotas, palyginti, nedidelis kiekis. Norint mažinti pastatų energijos sąnaudas, reikėtų didžiausią dėmesį skirti patalpų šildymui. Siekiant išsiaiškinti kokią įtaką šildymui turi pastatų charakteristinės savybės tyrimo rezultatuose apžvelgiama 1 kv.m. patalpų šildymo priklausomybė nuo:

- Šildomo naudingo ploto;
- Statybos metų;
- Aukštų skaičiaus;
- Namų konstrukcijos (mūrinis, gelžbetoninių plokščių);

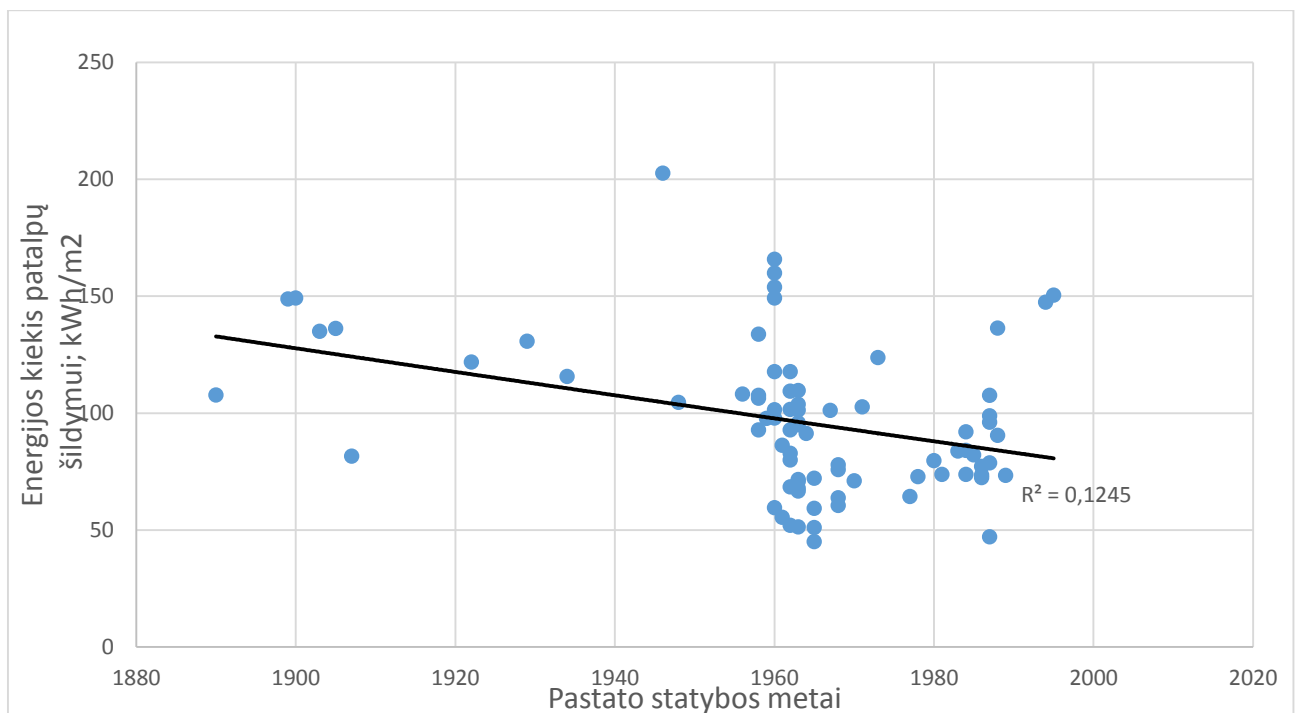
Šildymo sistemos 1 kv.m. energijos suvartojimo priklausomybė nuo daugiabučio namo šildomo ploto pavaizduota 11 paveiksle.



11 pav. Pastatų šiluminės energijos suvartojimo priklausomybė nuo šildomo ploto

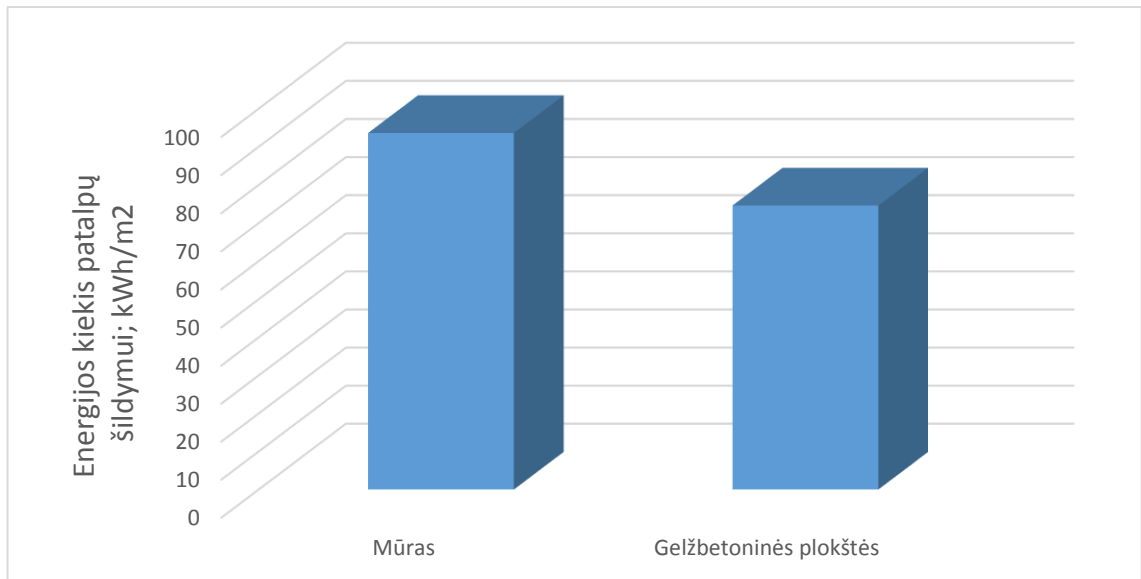
Tyrimų rezultatai rodo, kad mažiausio ploto šildomų patalpų pastatas per šildymo sezoną 1 kv.m. šildyti, sunaudos daugiausiai šiluminės energijos. Per išorės atitvarus patiriama daugiausiai šilumos nuostolių. Maži pastatai suvartoja daugiau šiluminės energijos, kadangi išorės atitvarų ir šildomo patalpų plotų santykis yra didesnis nei didžiųjų daugiabučių

Tiriant pastatų šildymo sistemų energijos suvartojimo priklausomybę nuo statybos metų, matyti, kad naujesni daugiabučiai yra energetiškai taupesni. Tai paaiškinama sienų mažesniu šilumos laidumo koeficientu, bei efektyvesne namų langų, durų bei kitų elementų izoliacija.



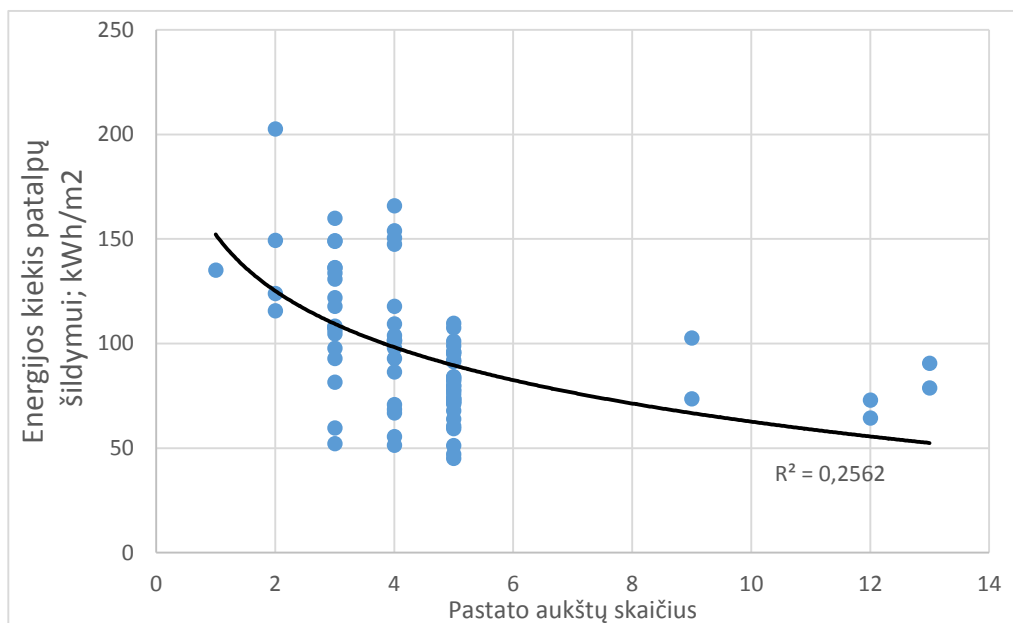
12 pav. Pastatų šiluminės energijos suvartojimo priklausomybė nuo statybos metų

Siekiant išsiaiškinti kaip šilumos suvartojimą lemia pastato konstrukcijos, palygintas mūrinių ir gelžbetoninių plokščių namų energijos suvartojimo vidurkiai.



13 pav. Pastatų šiluminės energijos suvartojimo priklausomybė nuo pastatų konstrukcijos

Šiltas oras kyla aukštyn, todėl didžiausius šilumos nuostolius pastatas patiria per viršutinius aukštus, bei stogą. Viršutiniai butai suvartoja iki 2 kartų daugiau šilumos. Šiluminės energijos suvartojimui, didelę įtaką turi pastato šildomo ploto ir stogo ploto santykis. Dėl to mažaaukščių namų šilumos suvartojimas ženkliai didesnis nei daugiaaukščių.



14 pav. Energijos suvartojimo priklausomybė nuo aukštų skaičiaus

Analizuojant duomenis pastebimi dideli parametų išsibarstymai, kurie negali būti siejami nei su pastatų konstrukcija, nei su statybos laikotarpiu. Smulkiau analizuojant didesnę energijos kiekį vartojančius pastatus nustatyta, kad didesnis energijos vartojimas yra susijęs su:

1. Gyventojų nesirūpinimu sandarinti asmeninių butų statybinių konstrukcijų elementus (langai, durys ir kt.);
2. Neracionaliu energijos vartojimo požiūriu pastatuose.

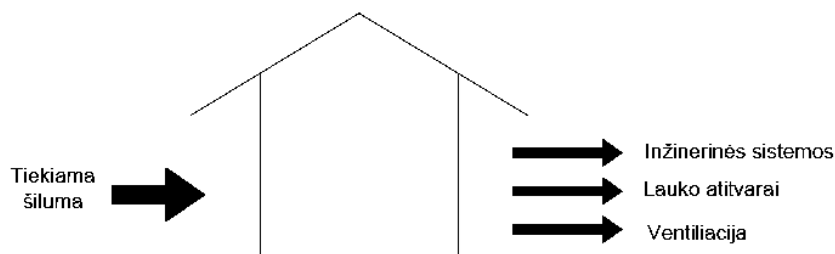
Energijos suvartojimą daugiabučiuose pastatuose būtų galima ženkliai mažinti, informuojant gyventojus apie fizines bei moralines energijos taupymo priemones.

2.2 Pastato šiluminio modelio kūrimas

Siekiant detalesnių rezultatų tyrimams atlikti, buvo kuriamas pastato matematinis modelis. Matematinio modelio pagalba teoriškai analizuojamas pastatas, matematiškai atvaizduojami šiluminiai procesai. Energijos suvartojimą lemia pastatą sudarantys elementai ir juose vykstantys procesai.

Pastatas – sudėtinga inžinerinė sistema, kuri dalijama į tris atskirus elementus:

1. Lauko atitvarai.
2. Inžinerinės sistemos.
3. Ventiliacija.



15 pav. Pastato šiluminio balanso schema

Pastatą galima nagrinėti pritaikant termodinaminę sistemą, kuriai galioja pirmas termodinamikos dėsnis:

$$E_s = E_p - E_a \quad (7)$$

Čia:

E_s – pastato sukaupta energija;

E_p – energija, kuria pastatas gauna iš saulės, būste esančių žmonių, šildymo prietaisų;

E_a – pastato atiduodama į aplinką energija;

Norint sumažinti pastato energijos suvartojimą reikia mažinti atiduodamą į aplinką energiją. Didžiąją dalį energijos pastatas netenka per lauko atitvarus, ventiliaciją. Norint įvertinti šių elementų efektyvumą kuriamas pastato modelis. Pastato šiluminis balanso modelis buvo kuriamas naudojant makromodelį. Makromodelyje pastatas nagrinėjamas kaip viena zona, kurioje temperatūra ta pati. [4] Sistema realizuota Matlab programa, įrankiu „Simulink“. Šis įrankis pasižymi nesudėtinga programavimo kalba, valdymo kalba, kurios pagalba galima aprašyti matematinius uždavinius.

2.2.1. Lauko atitvarai.

Pastato sienos, langai, grindys, durys, stogas bendrai vadinami atitvarais. Kiekvienas iš jų pasižymi skirtingomis savybėmis, tarp jų ir šiluminėmis. Atitvaro savybę praleisti šilumą, nurodo šilumos laidumo koeficientas. Šilumos laidumo koeficientas priklauso nuo atitvarą sudarančių medžiagų ir tų medžiagų storio.

Pastato vidinę erdvę nuo lauko skiria atitvarai, per kuriuos nuolat prarandama šiluma. Taip nutinka todėl, kad vidaus patalpų temperatūra didesnė, nei išorės. Norint įvertinti pastato šilumos nuostolius dėl lauko atitvarų, reikia atskirai vertinti kiekvieną konstrukciją. Per atitvarus sklindantis šilumos srautas matuojamas vatais (W). Tačiau praktikoje dažniausiai vartojamas išvestinis vienetas kilovatvalandė (kWh), kuri nusako prarastą energijos srautą per srauto buvimo periodą, per vieną valandą. Šilumos perdavimo srautas per atitvarus skaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_k = U \cdot A \cdot (T_2 - T_1) \quad (8)$$

Čia:

Q_k – bendri konvekciniai šilumos nuostoliai [W arba J/s];

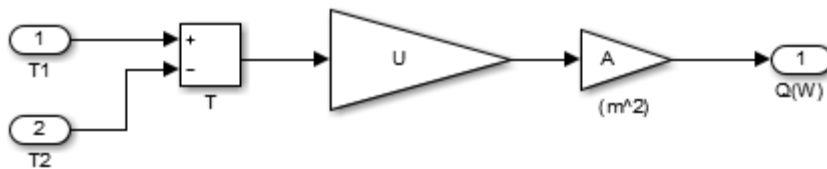
U – šilumos perdavimo koeficientas [$W/m^2 \cdot K$];

A – atitvaro plotas [m^2];

T_1 – lauko oro temperatūra [$^{\circ}C$];

T_2 – vidaus oro temperatūra [$^{\circ}C$].

Konstrukcijos šilumos laidumo matematinis modelis su dviem temperatūros mazgais, sudaromas Matlab Simulink programa ir pavaizduotas 16 paveiksle.



16pav. Atitvaro modeliavimo schema

2.2.2. Vėdinimas

Vėdinimas – neatsiejama pastato sistemos dalis. Šio proceso metu iš patalpos šalinamas panaudotas oras ir tuo pačių metu keičiamas lauko oru. Nepakankamas pastato vėdinimas daro įtaką žmogaus sveikatai. Negaudamas pakankamai oro, žmogus ima jausti galvos skausmą, kankina nemiga. Vėdinimo metu iš patalpų pašalinama drėgmė ir užkertama galimybė susidaryti pelėsiams.

Lietuvoje dauguma daugiabučių yra įrengtas natūralus vėdinimas. Natūralaus vėdinimo metu, oras į patalpas patenka pro pastato langus, mikroventiliacijos ertmes, duris. Oras konvekcijos principu šalinamas per ventiliacijos kanalus. Norint palaikyti patalpoje reikiamą oro apykaitą, oras patalpose turi pasikeisti 0,5-1,0 kartą per valandą. Šilumos nuostoliai dėl ventiliacijos skaičiuojami taip:

$$Q_v = N \cdot V \cdot S \cdot (T_2 - T_1) \quad (9)$$

Čia:

Q_v – šilumos nuostoliai dėl ventiliacijos [W arba J/s];

N – oro kaitos skaičius [1/h];

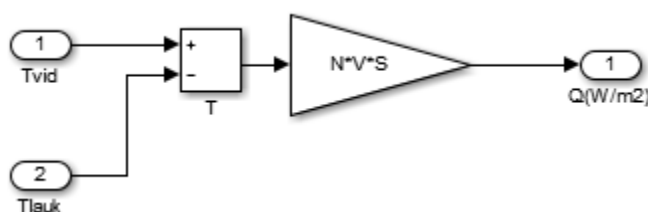
V – kambario tūris [m^3];

S – oro specifinė šiluma [$0,36 \text{ Wh}/(m^3 \cdot K)$];

T_1 – lauko oro temperatūra [$^{\circ}\text{C}$];

T_2 – vidaus oro temperatūra [$^{\circ}\text{C}$];

Remiantis ventiliacijos šilumos nuostolių lygtimi Matlab Simulink programos paketu sudaromas matematinis modelis pavaizduotas 17 paveiksle.

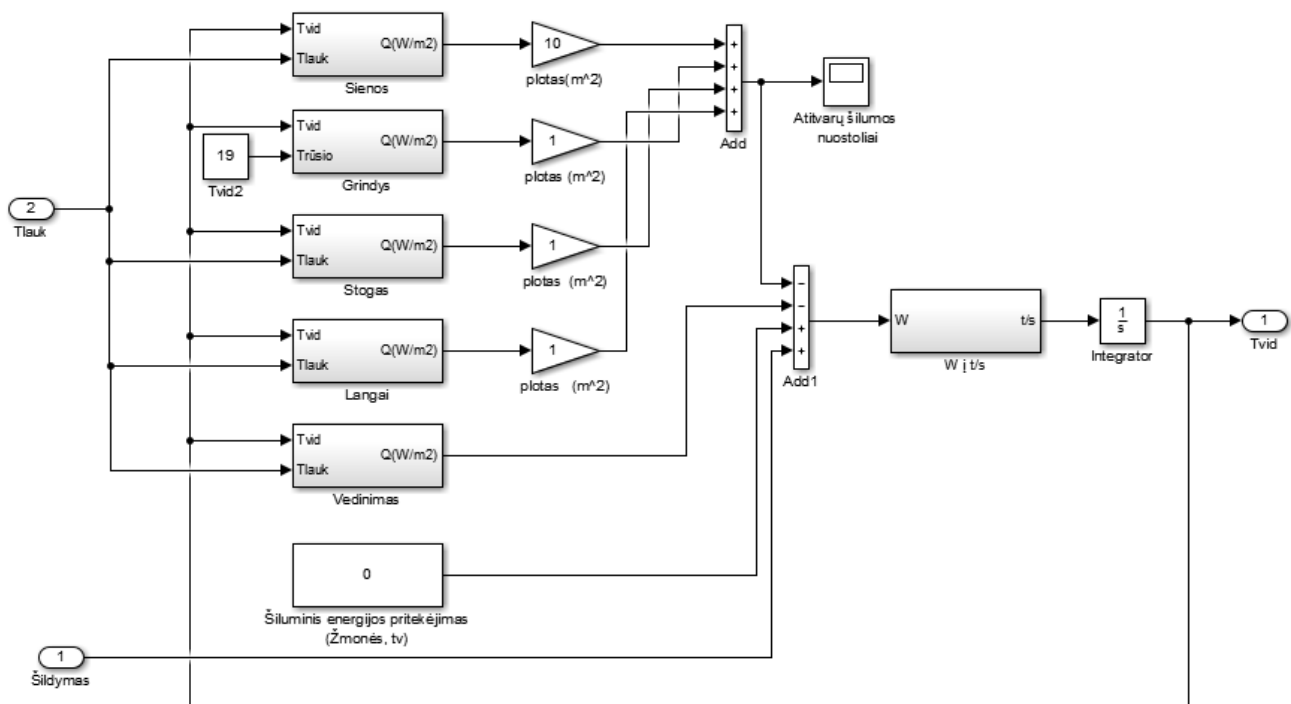


17pav. Ventiliacijos modeliavimo schema

Remiantis pirmu termodinamikos dėsniumi, iš anksčiau pateiktų formulių, sudaroma pastato mikroklimato šiluminio balanso lygtis:

$$Q_{kambario} + Q_{radiatoriai} = Q_{sienos} + Q_{sogas} + Q_{grindys} + Q_{langai} + Q_{vedinima} \quad (10)$$

Pagal sudarytą pastato mikroklimato balanso lygtį ir Matlab Simulink programiniu paketu analizuotas lygtis, sudaroma matematinio modelio sistema, kuri imituoja pastato termodinamines savybes.



18 pav. Pastato termodinamines savybes imituojančio modelio schema

2.2.3. Šildymo sistema.

Pastatas dėl vidaus ir lauko temperatūros skirtumo nuolat patiria šilumos nuostolių. Norint patalpos vidaus temperatūrą išlaikyti tolygią, būtina kontroliuoti energijos srautą, skirtą patalpų šildymui. Šiluma iš šiltesnės terpės keliauja į šaltesnę. Jeigu skaičiavimai atliekami prieš šilumos sklaidimo kryptį, tuomet būtina pakeisti skaičiuojamų verčių ženklą į neigiamą. Energija suvartota patalpų šildymui išreiškiama formule:

$$Q_s = \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_p - T_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \quad (11)$$

Čia:

Q_s – šiluminė energija patalpų šildymui [W arba J/s];

V – pastato tūris [m^3];

ρ – oro tankis [m^3];

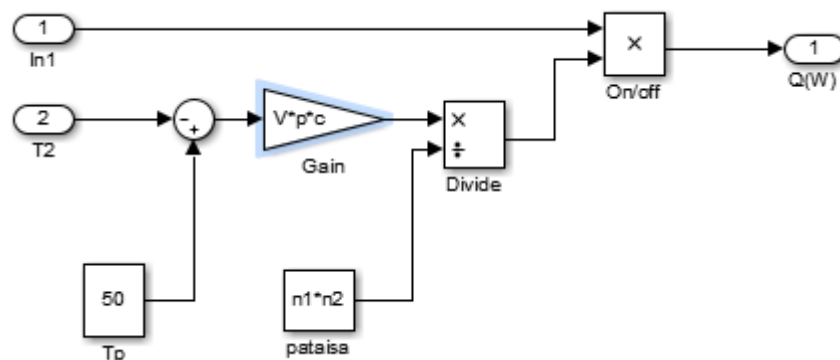
c – oro savitoji šiluminė talpa [1008 J/(kg•K)];

T_p – prietaiso temperatūra [$^{\circ}C$];

η_1 – šildymo sistemos naudingumo koeficientas (šilumos tinklai, automatinis reguliavimas $\eta_1=1,0$);

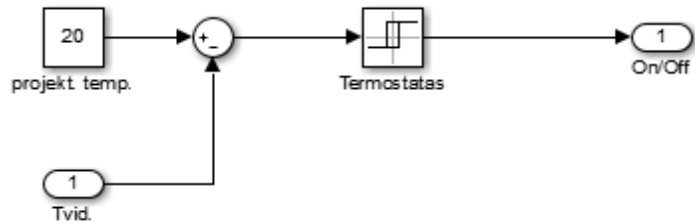
η_2 – šildymo sistemos magistralinių skirstamųjų vamzdynų termoizoliacijos naudingumo koeficientas. (vamzdynų izoliacija atitinka reikalavimus $\eta_2=0,97$); [16]

Šildymo prietaiso skleidžiama šiluma priklauso nuo centralizuotai tiekiamos šilumnešio temperatūros, šilumos mazge esančių įrenginių, bei kitų faktorių. Šių elementų įtakos įvertinimui reikia atlikti sudėtingą pastato šildymo sistemos analizę, todėl darbe šildymo sistemos procesų analizė nėra atliekama. Priimama, šilumos prietaisų temperatūra $50^{\circ}C$. Remiantis šildymo sistemos galios lygtimi Matlab Simulink programiniu paketu sudaryta šildymo sistema.



19pav. Šildymo sistemos galios modeliavimo schema

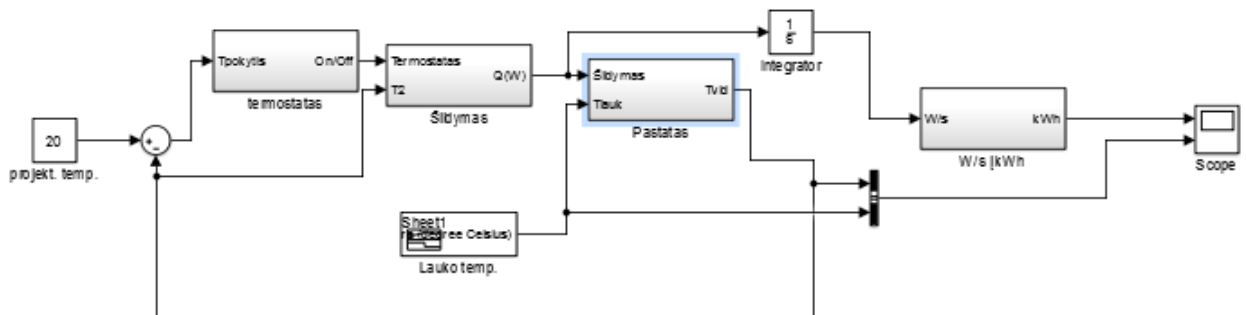
Termostatas reguliuodamas šilumos srautą, palaiko norimą patalpų temperatūrą. Jeigu patalpos temperatūra žemesnė, nei nurodyta termostate, įrenginys atidaro termostatinį ventilių, taip įjungdamas šildymą. Kai patalpa sušyla iki nurodytos reikšmės – termostatinis ventilis uždaromas. Termostato modelis realizuotas Matlab Simulink programos paketu.



20pav. Termostato modeliavimo schema

2.2.4. Pilno pastato šiluminės sistemos modelio schema.

Pilnai sukurtas pastato šiluminės sistemos modelis pavaizduotas 21 paveiksle. Modelyje paliekama galimybė laisvai keisti pastato atitvarų šilumos laidumo koeficientus, pastato tūrį, norimą patalpų temperatūrą, šilumos prietaisų spinduliuojamą temperatūrą, bei lauko oro temperatūrą.



21pav. Pastato šiluminės sistemos modelio schema

2.3. Modeliavimo rezultatai

Tyrimui atlikti pasirinktas tipinių konstrukcijų trijų aukštų daugiabutis namas Panevėžyje. Pastatas pastatytas 1960m., jo užstatytas plotas 536,00 m². Butų skaičius – 65 butų ir 1 administracinės paskirties patalpa. Pastato rūsyje sumontuotas šilumos mazgas, kuris centralizuotu būdu šilumnešio pagalba šildo pastatą, bei tiekia karštą vandenį. Pastate yra sumontuota dviejų vamzdžių radiatorinė šildymo sistema. Šildymo sistemos magistraliniai vamzdiniai sumontuoti namo rūsyje.

Pastato konstrukcijas sudaro:

- juostiniai pamatai iš surenkamų betoninių blokinių elementų;
- sienos: išorinės sienos – 510 mm storio pilnavidurių silikatinių plytų mūro, vidinės iš 250 mm storio plytų mūro.
- pertvaros –80 mm ir 120 mm storio plytų;

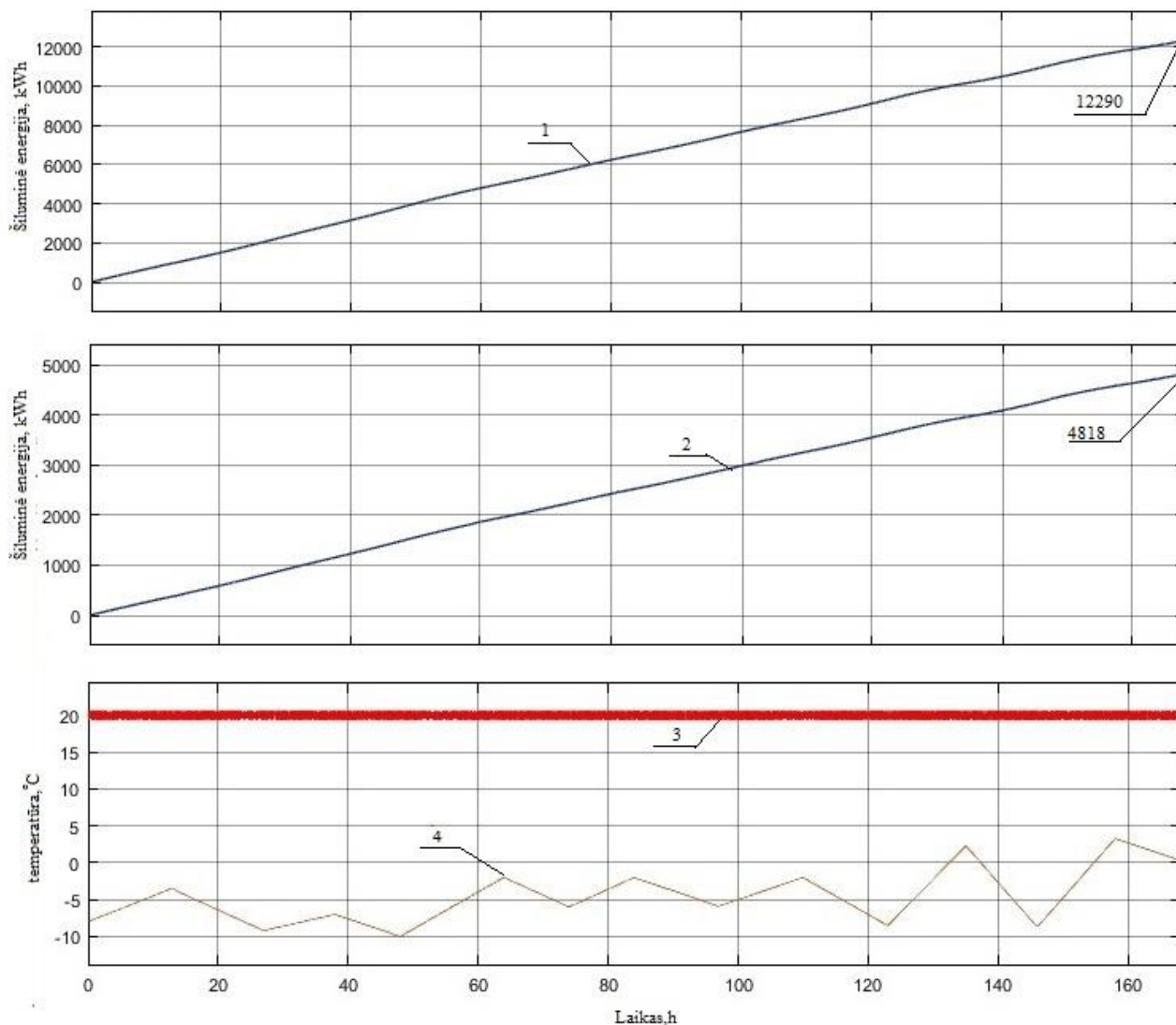
- d) perdangos – 220 mm storio gelžbetoninės surenkamos tuštumėtos perdangų plokštės;
- e) laiptai – surenkami gelžbetoniniai;
- f) stogas šlaitinis, dengtas seno šiferio danga. Gamtinių kritulių vandens surinkimas ir nuleidimas nuo stogų yra išorinis (per latakus ir lietvamzdžius).
- g) Grindys – medinės, akmens masės ir kt. danga.
- h) Langai, durys – dalis langų butuose yra plastikiniai, dalis – mediniai (dviejų stiklų, suporintais rėmais). Laiptinėse langai mediniai (dviejų stiklų, suporintais rėmais). Rūsio langai mediniai. Išorinės durys pakeistos, metalinės; tambūro ir rūsio durys - medinės.

Tyrimas atliekamas modeliuojant pastato termodinamines savybes prieš renovaciją ir po jos. Sukurtame modelyje keičiami sienų, langų, stogo šilumos laidumo koeficientai ir stebima, kokia įtaka daroma pastato šiluminės energijos suvartojimui. Duomenys apie pastato konstrukcijas ir atitvaro šilumos laidumo koeficientus surinkti iš renovacijos ir investicinio projektų. Tyrimo laikotarpis pasirinktas 2016m. sausio mėnesio pirmoji savaitė, kai remiantis internetiniu puslapiu, vidutinė lauko oro temperatūra daugelyje rajonų svyravo $-10,2\dots-4,3^{\circ}\text{C}$. [17]

2 lentelė

Bendrieji statinio rodikliai

Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1. butų skaičius	vnt	65
2. komercinių patalpų skaičius	vnt	1
3. naudingas plotas	m ²	981,43
4. Lauko sienų plotas	m ²	781,8
5. pastato patalpų tūris	m ³	2453,58
6. aukštų skaičius	vnt.	3
7. pastato aukštis	m	14,00
8. perdanga virš nešildomo rūsio	m ²	438,5
9. perdanga po nešildoma palėpę	m ²	438,5
10. langų plotas	m ²	224,6
11. pastato atsparumas ugniai (I, II, ar III)	Klasė	I



22pav. Renovuoto ir nerenovuoto daugiabučio pastato energijos suvartojimas

1 – Nerenovuoto pastato energijos kiekis patalpų šildymui, 2 – Renovuoto pastato energijos kiekis patalpų šildymui, 3 – patalpos temperatūra, 4 – lauko oro temperatūra.

Paveiksle matyti, kad prieš namo modernizaciją, per pasirinktą laikotarpį pastatui šildyti suvartojama 12290 kWh, po renovacijos – 4818kWh. Pastato modernizacija energijos suvartojimą patalpų šildymui leidžia sumažinti 61 proc. Lauko atitvarų šiluminė varža, daro didelę įtaką pastato energijos suvartojimui. Siekiant detalesnių rezultatų, kokią įtaką bendram energijos suvartojimui turi lauko atitvarai, nagrinėjama atskirų atitvarų šilumos laidumas.

2.3.1. Pastato sienų įtaka.

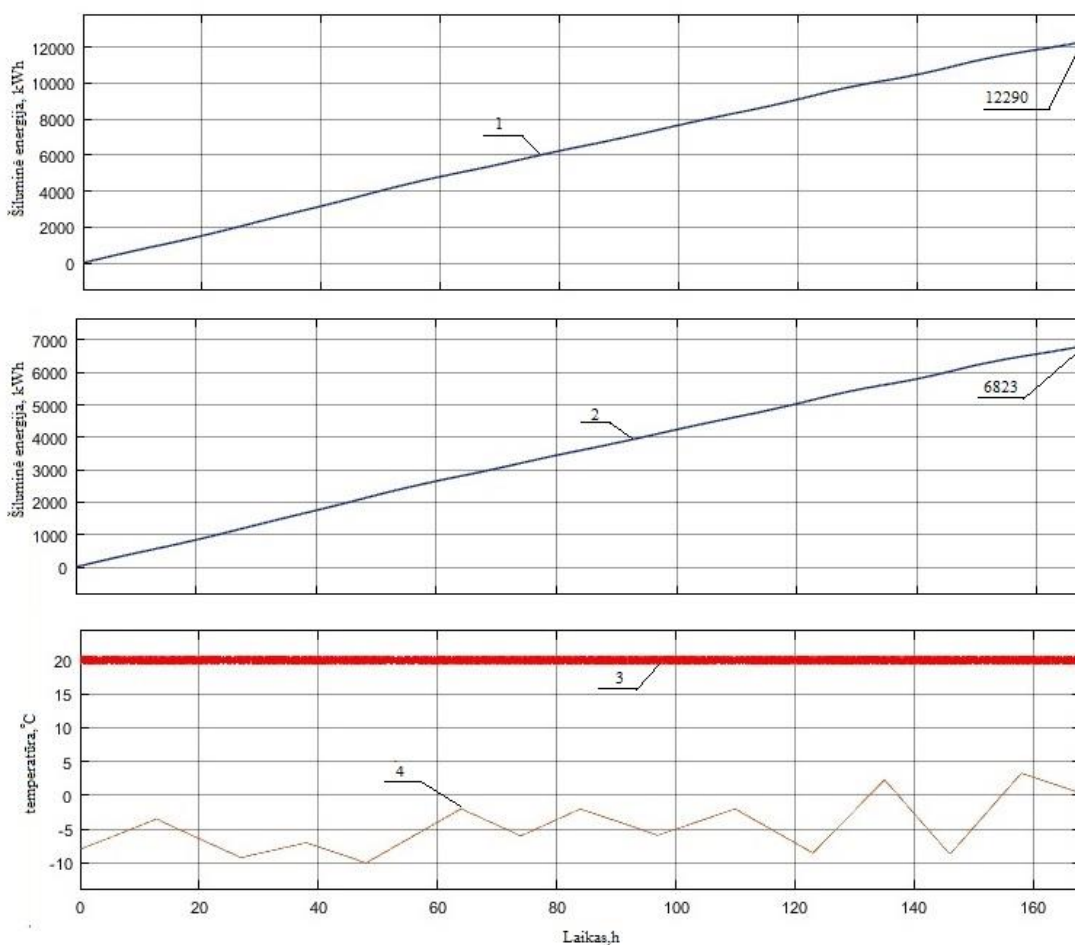
Vidinės ir išorinės mūro sienos laikančios. Išorinės skersinės sienos – save laikančios. Išorinės sienos – 510 mm storio pilnavidurių silikatinių plytų mūro, be papildomos apdailos, vidinės iš 250 mm storio plytų mūro.

Fasado išorinės sienos šiltinamos - 180 mm storio putų polistirenu, kurio $\lambda_d \leq 0,039$, klijuojant, papildomai tvirtinant laikikliais. Putų polistirolas nutinkuojamas plonasluoksniu tinku, armuotu armavimo tinkleliu. Apdaila – spalvotas dekoratyvinis tinkas.

3 lentelė

Sienų varžos skaičiavimai

		St-s, m	λ	R
1.	Prieš renovaciją			0,53
2.	Putų polistirenas EPS 70	0,18	0,039+0,002 (įvertinama pataisa dėl papildomo medžiagos drėkimo atitvaroje)	4,405
3.	Šiluminė varža R ($m^2 \cdot K/W$)			4,935
4.	Paviršių šiluminių varžų verčių suma			0,17
5.	Suminė varža			5,105
6.	Šilumos perdavimo koeficientas U (W/m^2K)			0,196



23 pav. Daugiabučio energijos suvartojimas šildymui, apšildžius lauko sienas
 1 – Nerenovuoto pastato energijos kiekis patalpų šildymui, 2 – pastato, kai lauko sienos šiltintos, energijos kiekis patalpų šildymui, 3 – patalpos temperatūra, 4 – lauko oro temperatūra.

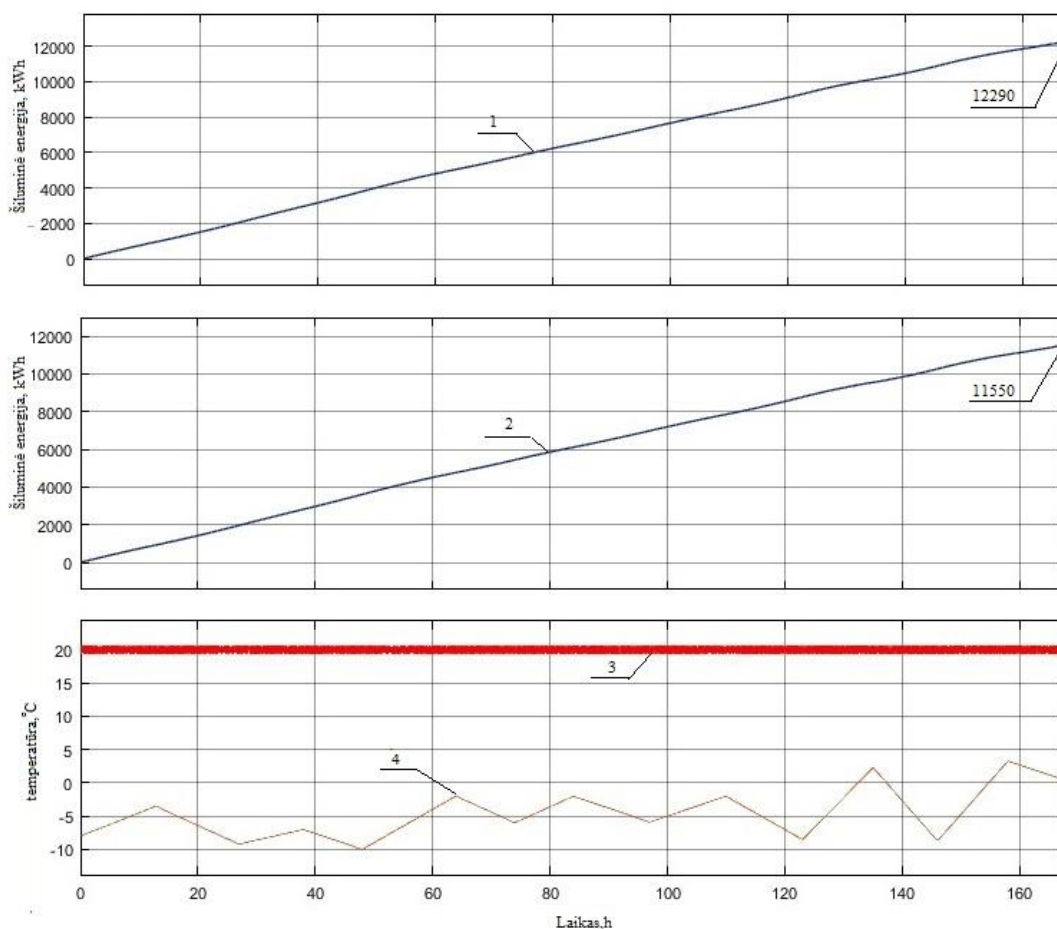
Didžiąją šiluminės energijos dalį pastatas netenka per lauko atitvarus. Tyrimo metu pastebėta, kad papildomai izoliavus pastato sienas sutaupoma 45 proc. šiluminės energijos.

2.3.2. Langų įtaka

Priimama, kad iki renovacijos visų butų, laiptinių langai seni, medinio profilio, dvigubo įstiklinimo. Jų šilumos perdavimo koeficientas $U=2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Mediniai langai keičiami į PVC profilių langus, ne mažiau penkių kamerų, bešvinio profilio su 2 stiklų paketu, vienas iš stiklų su minkšta selektyvine danga. Langų šilumos perdavimo koeficientas $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Butuose langų varstomos dalys su trejomis varstymo pozicijomis, užtikrinančiomis patalpų ventilaciją natūraliam oro pritekėjimui. Laiptinėse ir rūsyje atverčiami langai. Butų langų vidaus esamos palangės keičiamos į drėgmei atsparios plokštės MDP palanges, padengtas baltos spalvos laminatu. Laiptinėse vidaus palangių nėra.



24pav. Daugiabučio energijos suvartojimas šildymui, pakeitus langus

1 – Nerenovuoto pastato energijos kiekis patalpų šildymui, 2 – Pastato su pakeistais langais energijos kiekis patalpų šildymui, 3 – patalpos temperatūra, 4 – lauko oro temperatūra.

Tyrimo rezultatai parodė, kad pakeistus butų ir laiptinių langus per tiriamąjį laikotarpį galima sutaupyti 6 proc. energijos.

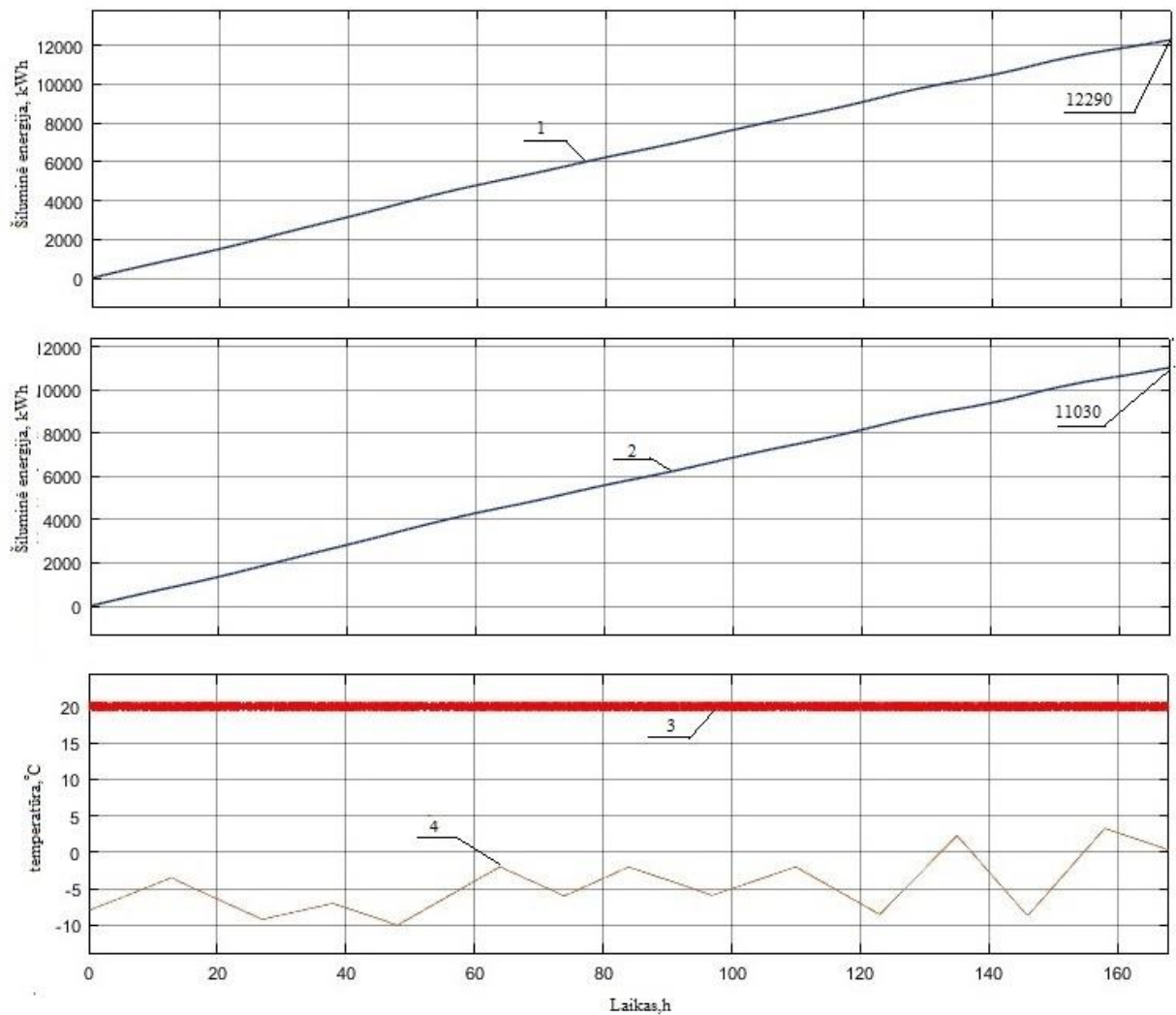
2.3.3. Stogo įtaka

Palėpės perdanga šiltinama 2 sluoksniais mineralinės vatos dembliais, kurių storis 100 mm $\lambda_d \leq 0,045 \text{ W/(mK)}$, mineralinės vatos dembliai perdengiami trečiu šilumos izoliacijos sluoksniu, iš 30 mm kietos mineralinės vatos, skirtos vėdinamų atitvarų šiltinimui $\lambda_d \leq 0,033 \text{ W/(mK)}$. Patekimui į pastogę įrengiamas naujas sandarus liukas, kad atitiktų pagal gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų 2010-12-07, Nr1-338, VIII skyriaus lentelę Nr. 2 ir XI skyriaus lentelę Nr. 3. Liuko šilumos perdavimo koeficientas $U_R \leq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, atsparumas ugniai turi atitikti EW60-C0.

4 lentelė

Perdangos varžos skaičiavimai

	<u>Perdangos šiltinimas</u>	St-s, m	λ	R
1.	Esama konstrukcija			1,176
2	Mineralinės vatos dembliai	0,200	0,045+0,001 (įvertinama pataisa dėl papildomo medžiagos drėkimo atitvaroje)	4,348
3.	Vėdinamų atitvarų vatos plokštės	0,03	0,033+0,001 (įvertinama pataisa dėl papildomo medžiagos drėkimo atitvaroje)	0,882
4.	Šiluminė varža R ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)			6,406
5.	Paviršių šiluminių varžų verčių suma			0,14
6.	Suminė varža			6,546
7.	Šilumos perdavimo koeficientas U ($\text{W/m}^2\text{K}$)			0,153

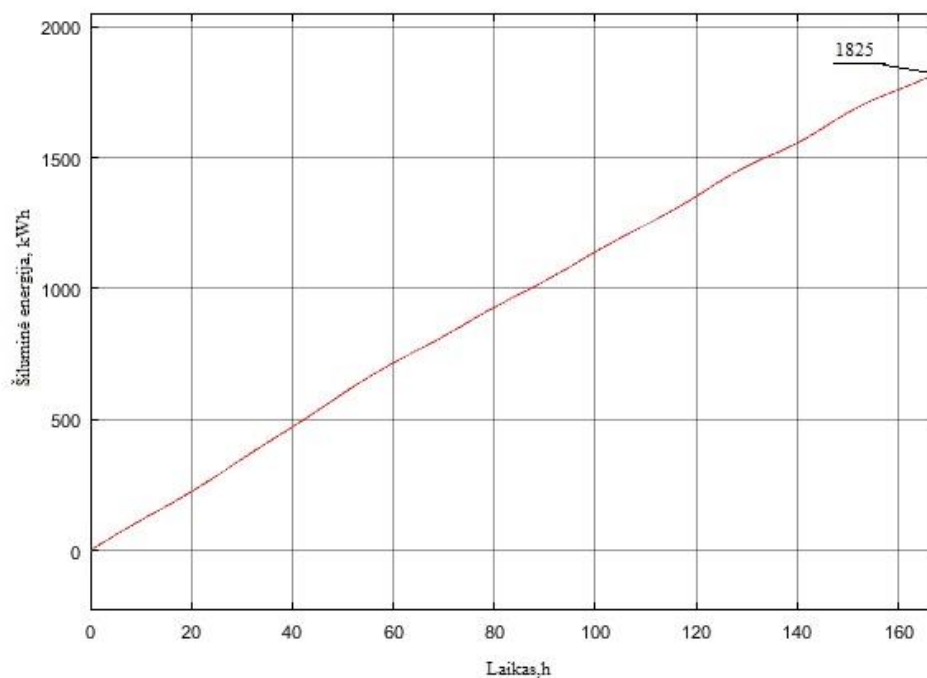


25 pav. Daugiabučio energijos suvartojimas šildymui, apšildžius perdanga po nešildoma palėpę 1 – Nerenovuoto pastato energijos kiekis patalpų šildymui, 2 – Pastato, kai šiltinta perdanga virš nešildomos palėpės energijos kiekis patalpų šildymui, 3 – patalpos temperatūra, 4 – lauko oro temperatūra.

Tyrimo metu pastebėta, kad apšiltinus perdangą po nešildoma palėpę galima sutaupyti 11 proc. šiluminės energijos.

2.3.4. Ventiliacijos įtaka

Butuose įrengti langai su trejomis varstymo pozicijomis užtikrina patalpų ventiliacijai natūralų oro pratekėjimą. Oras konvekcijos principu, iš patalpos šalinimas per stačiakampės formos ventiliacijos kanalus, įrengtus buto virtuvėje ir vonioje. Remiantis higienos normomis ir statybos techniniu reglamentu priimama, kad pastate oras pasikeičia kartą per dvi valandas, t.y. 0,5 karto per valandą.

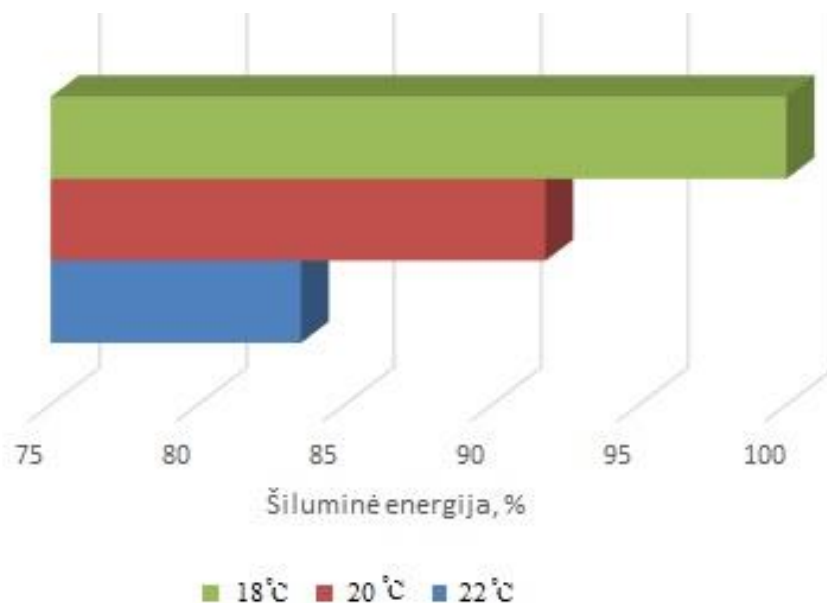


26 pav. Daugiabučio šilumos nuostoliai dėl natūralios ventiliacijos

Sudaryto modelio pagalba nustatytas energijos kiekis, kurio pastatas netenka dėl natūralaus patalpų vėdinimo. Siekiant sumažinti suvartotą šiluminės energijos kiekį, bei užtikrinti tinkamą patalpų vėdinimą būtina modernizuotose pastatuose įrengti rekuperacines sistemas. Kurios iki 95 proc. sumažina šiluminės energijos nuostolius dėl ventiliacijos.

2.3.5. Patalpos temperatūros įtakos

Remiantis statybos techninių reglamentu, bei higienos normomis buto temperatūra turi siekti 18 – 22⁰C. Tyrimo metu palyginama kiek procentų energijos suvartojama palaikant skirtingas temperatūras. Iš pateikto grafiko matyti, kad palaikant minimalią leistiną temperatūrą patalpose galima sutaupyti 16, 5 proc.



27 pav. Suvartotos šilumos energijos kiekio priklausomybė, nuo patalpų temperatūros

2.4. Šiluminės sistemos tyrimo išvados

Analizuojant daugiabučių namų energijos suvartojimo duomenis pastebėta, kad didžioji šiluminės energijos dalis tenka namo šildymui, karšto vandens cirkuliacijai ir karšto vandens ruošimui sueikvotas, palyginti, nedidelis energijos kiekis. Tiriant pastato charakteristinių savybių įtaką šilumos energijos suvartojimui pastebėta, kad mažiausio šildomo ploto pastatas per šildymo sezoną 1 kv.m. šildyti, sunaudos daugiausiai šiluminės energijos

Sukurtas modelis parodė renovuotų pastatų taupymo galimybes. Modernizavus daugiabučio namo lauko atitvarus galima sutaupyti apie 60 procentų šiluminės energijos. Ištyrus atskirų konstrukcijos elementų įtaką šilumos suvartojimui pastebėta, kad didžiausią įtaką daro lauko sienos. Papildomai izoliavus lauko sienas, šilumos suvartojimas sumažėja 45 procentais. Tai paaiškinama dideliu lauko sienų ir šildomų patalpų ploto santykiu. Modeliavimo metodą tikslinga taikyti dar projektuojamiems pastatams, jo pagalba galima įvertinti daugybę kriterijų ir parinkti optimalų variantą, kuris atitiktų projektuojamą energetinio naudingumo klasę.

Išvados

1. Lietuvoje didžioji energijos dalis suvartojama seniems daugiabučiams šildyti. Daugiabučių pastatų konstrukcijos pasenusios, lauko atitvarų šilumos laidumo koeficientai netenkina šių dienų reikalavimų. Susidėvėjusios šildymo sistemos netolygiai paskirsto šilumą, taip didindamos šilumos nuostolius ir mažindamos komforto lygį.
2. Norint įvertinti pastato šilumos nuostolius tikslinga naudoti modeliavimo metodus. Modeliavimo proceso metu, dinamiškos sistemos, matematinės lygtys, išreiškiamos supaprastintu modeliu. Sukurti modeliai įvertina daugybę faktorių, kurie turi įtakos pastato šilumos suvartojimui. Modeliavimo programos padeda projektuoti pastatus, vertinti ar pastatas atitiks nustatytus standartus ir projektuojamą energetinio naudingumo klasę.
3. Tyrimo metu nustatyta, kad didžiausią energijos dalį pastatas suvartoja patalpų šildymui. Namo karšto vandens cirkuliacijai ir karšto vandens ruošimui sueikvotas, palyginti, nedidelis energijos kiekis. Tiriant pastato charakteristinių savybių įtaką šilumos suvartojimui, pastebėta, kad mažiausio šildomo ploto pastatas per šildymo sezoną 1 kv.m. šildyti, sunaudos daugiausiai šiluminės energijos.
4. Sukurtas modelis parodė renovuotų pastatų taupymo galimybes. Modernizavus daugiabučio namo lauko atitvarus galima sutaupyti apie 60 procentų šiluminės energijos. Ištyrus atskirų konstrukcijos elementų įtaką šilumos suvartojimui, pastebėta, kad didžiausia įtaką daro lauko sienos. Papildomai izoliavus lauko sienas, šilumos suvartojimas sumažėja 45 procentais. Tai paaiškinama dideliu lauko sienų ir šildomų patalpų ploto santykiu.

Literatūra

1. Pagojus J. Pastato kintamo šiluminio režimo modeliavimas – Energetika, Kaunas 2005
2. Andruškevičius R. Šilumos suvartojimo mažinimo galimybių įvertinimas – Energetika, Kaunas 2003
3. Mikuckas A., Kazkanavičius E., Mikuckienė I., Čeponis J. Kompiuterizuoto būsto šiluminis balanso modelis naudojant MATLAB – ISSN 1392-0561 Infomacijos mokslai 2009
4. Mikuckas A., Kazkanavičius E., Mikuckienė I., Čeponis J. Pastato termofizinių savybių modeliavimas naudojant „Simulink“ – ISSN 1392-0561 Infomacijos mokslai 2007
5. Gudzinskas J., Lukoševičius V., Martinaitis V., Tuomas E. Šilumos vartotojo vadovas – Vilnius: Technologija, 2011.
6. Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa. [žiūrėta 2016m. rugsėjo 14d.] prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.AE67B6739526/yGmOJLYOqj>
7. Senkuvienė L., Šlekienė V., Jonaitis R., Senkus R., Mechanika. Šiluma. Elektra – Šiauliai 2015. [žiūrėta 2016m. spalio 10d.] Prieiga per internetą <http://fotonas.su.lt/new/wp-content/uploads/2015/03/I-kurso-metodini%C5%B3-ir-u%C5%BEduoci%C5%B3-knygut%C4%97.pdf>
8. Gailius A., Vejelis S., Akustinės ir termoizoliacinės medžiagos – Vilnius „Technika“, 2012.
9. Ramanauskas J., Statybinė fizika – Kaunas „Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla“, 2011.
10. Statybos techninis reglamentas 2.09.02:2005 „Šildymas, Vėdinimas ir oro kondicionavimas“ – Nr. D1 – 289, Vilnius 2005 [žiūrėta 2016m. spalio 19d.] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.257930/CfmcvHoMLr>
11. Vilniaus energija „Šilumos punkto rekonstrukcija“ - [žiūrėta 2016m. spalio 20d.] Prieiga per internetą: <http://www.vilniaus-energija.lt/content/silumos-punkto-rekonstrukcija?print=1>
12. Šiupšinskas G. Pastatų tyrimų ataskaita – Vilnius VGTU 2014. [žiūrėta 2016m. spalio 25d.] Prieiga per internetą: http://atnaujinkbusta.lt/wp-content/uploads/2014/08/Pastatu_tyrimo_ataskaita_santrauka-VGTU_g.pdf
13. C-200 Energy simulation “- [žiūrėta 2016m. spalio 28 d.] Prieiga per internetą: <http://www.iisbe.org/C2000/abc-2kes.htm#BLDGSIMC2K>
14. . AB “Axis Industries“. RubiSafe III informacinės sistemos vartotojo instrukcija – Kaunas: 2013.

15. Savickas R. Faktinio energijos vartojimo klasė. // UAB „Vilniaus energija“, 2013
16. Statybos techninis reglamentas 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui“ – Nr. D1 – 248, Vilnius 2008 [žiūrėta 2016m. lapkričio 20d.] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.320473>
17. Lietuvos hidrologijos tarnyba“- [žiūrėta 2016m. gruodžio 10d.] Prieiga per internetą: <http://www.meteo.lt/lt/menesio-apzvalgu-archyvas>
18. Gustafsson J., District heating substation model manual – Lulea University of Technology 2007. [žiūrėta 2016m. gruodžio 15d.] Prieiga per internetą: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.4666&rep=rep1&type=pdf>
[knygut%C4%97.pdf](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.4666&rep=rep1&type=pdf)
19. Wong E., An Investigation Of The Performance Of District Heating Substation Using Computer Simulation – Ryerson University, 2011. [žiūrėta 2016m. gruodžio 15d.] Prieiga per internetą: <http://digital.library.ryerson.ca/islandora/object/RULA%3A2033>
20. The MathWorks, Inc., Simulink. Getting Started Guide, 2016. [žiūrėta 2016m. gruodžio 20d.] Prieiga per internetą: http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/smirnovmn/files/sl_gs.pdf

Daugiabučių namų informacija

1 lentelė

Eil. Nr.	Adresas	Statybos metai	Sienų tipas	Aukštų skaičius	Naudingas plotas; m ² .	Gyvenamas plotas; m ² .	Pastatoto suvartotos energijos kiekis (10 - 04 mėn.); MWh.	Įvadinio karšto vandens skaitiklio rodmenys (10 - 04 mėn.); m ³ .	Pastatoto suvartotos energijos kiekis (5 mėn.); MWh.	Įvadinio karšto vandens skaitiklio rodmenys (5 mėn.); m ³ .	Energija, k. vandens cirkuliacijai (5 mėn.); MWh.	Energija, karštam vandeniui ruošti (10 - 04 mėn.); MWh	Energija, k. vandens cirkuliacijai (10 - 04 mėn.); MWh.	Energija, patalpų šildymui (10 - 04 mėn.); MWh	Energija, patalpų šildymui 10 - 04 mėn.; m ² /kWh
1	A. Smetonos g. 1	1958	Mūras	3	865,6	561,5	104,1	154,7	3,3	20,7	2,3	7,9	15,9	80,4	92,8
2	A. Smetonos g. 25	1958	Mūras	3	933,7	640,1	121,0	283,4	3,0	38,1	1,0	14,5	7,2	99,3	106,4
3	Anykščių g. 6	1962	Mūras	4	1118,9	744,7	168,7	387,8	6,4	51,8	3,8	19,8	26,6	122,4	109,4
4	Basanavičiaus g. 2	1960	Mūras	3	935,5	588,0	202,7	235,5	6,2	6,2	5,9	12,0	41,1	149,6	159,9
5	Gražinos g. 12	1970	Blokas	5	2730,9	1888,6	267,0	511,1	11,4	92,3	6,7	26,1	47,0	193,9	71,0
6	Įmonių g. 19A	1994	Mūras	4	599,6	440,5	116,7	199,1	4,0	27,8	2,6	10,2	18,1	88,4	147,4
7	Kniaudiškių g. 17	1986	Mūras	9	2069,4	1166,6	234,0	604,3	10,7	66,8	7,3	30,8	51,2	152,0	73,4
8	Kosmonautų g. 3	1988	Blokas	13	4028,5	2350,2	565,9	1266,8	26,6	138,0	19,6	64,6	136,9	364,4	90,5
9	Kosmonautų g. 5	1987	Blokas	13	3948,5	2352,7	503,9	1106,7	26,9	144,9	19,5	56,4	136,5	310,9	78,7
10	Kranto g. 11	1899	Mūras	3	346,8	226,5	57,1	81,2	0,7	10,3	0,2	4,1	1,4	51,6	148,8
11	Kranto g. 15	1934	Mūras	2	551,2	403,2	76,1	56,2	1,8	7,9	1,4	2,9	9,5	63,7	115,6
12	Kranto g. 25	1958	Mūras	3	1863,5	1164,6	271,0	643,7	10,0	91,3	5,4	32,8	37,7	200,5	107,6
13	Kranto g. 41	1907	Mūras	3	811,7	504,7	97,6	163,7	4,5	22,9	3,3	8,3	23,1	66,2	81,5
14	Kranto g. 9	1973	Mūras	2	375,7	229,3	57,6	72,4	1,6	10,0	1,1	3,7	7,4	46,5	123,8
15	Laisvės a. 15	1922	Mūras	3	767,8	470,0	119,9	159,8	4,0	27,0	2,6	8,2	18,2	93,5	121,8
16	Laisvės a. 25	1963	Mūras	4	1361,6	984,2	158,2	268,2	3,6	51,9	0,9	13,7	6,6	137,9	101,3
17	Laisvės a. 4	1890	Mūras	3	772,8	461,8	102,3	70,5	2,7	9,2	2,2	3,6	15,4	83,3	107,8
18	Laisvės a. 7	1948	Mūras	3	815,7	529,3	112,7	162,3	4,2	28,2	2,7	8,3	19,1	85,3	104,6
19	Liepų al. 11a	1962	Mūras	4	1418,3	1021,8	201,3	369,1	8,3	55,3	5,5	18,8	38,3	144,1	101,6
20	Liepų al. 12	1984	Mūras	5	2306,2	1286,8	297,2	626,6	12,1	89,0	7,6	32,0	53,2	212,1	92,0
21	Liepų al. 13	1959	Mūras	3	946,4	609,3	126,9	208,5	5,0	31,9	3,4	10,6	23,8	92,5	97,7
22	Liepų al. 13a	1962	Mūras	4	1385,1	991,9	182,7	318,8	7,6	43,7	5,4	16,3	37,9	128,6	92,8

23	Liepu al. 15	1962	Mūras	3	883,3	613,5	82,1	262,5	5,2	38,9	3,2	13,4	22,7	46,0	52,0
24	Liepu al. 17	1960	Mūras	3	981,4	699,9	87,4	420,8	3,6	49,0	1,1	21,5	7,4	58,5	59,6
25	Liepu al. 19	1960	Mūras	4	936,5	915,2	169,8	362,6	3,3	43,7	1,0	18,5	7,2	144,1	153,8
26	Liepu al. 24	1980	Blokas	5	3948,3	2501,8	440,2	1032,1	17,4	136,6	10,4	52,6	73,1	314,5	79,7
27	Liepu al. 5	1962	Mūras	5	2423,7	1670,4	307,1	666,2	14,3	77,9	10,3	34,0	72,3	200,8	82,9
28	Marijonu g. 33	1963	Mūras	5	3028,6	2139,9	324,6	784,4	14,8	99,8	9,7	40,0	67,7	216,9	71,6
29	Marijonu g. 37a	1963	Mūras	4	1897,0	1310,1	212,2	536,9	10,7	68,2	7,2	27,4	50,7	134,2	70,7
30	Marijonu g. 39	1960	Mūras	3	872,3	574,3	162,6	159,9	4,8	26,3	3,5	8,2	24,3	130,1	149,1
31	Marijonu g. 41	1956	Mūras	3	980,8	536,0	139,3	232,4	4,5	28,1	3,0	11,9	21,3	106,1	108,2
32	Marijonu g. 43	1958	Mūras	3	880,1	572,4	155,4	327,6	5,3	44,3	3,0	16,7	21,0	117,7	133,7
33	Nemuno g. 51	1988	Mūras	3	1262,9	784,3	224,4	314,5	7,1	38,3	5,2	16,0	36,3	172,1	136,3
34	Nemuno g. 76	1977	Mūras	12	4100,9	2168,3	387,3	988,6	17,1	130,1	10,5	50,4	73,2	263,7	64,3
35	Nemuno g. 80	1978	Mūras	12	4155,4	2197,4	419,0	868,3	17,5	142,1	10,3	44,3	72,0	302,7	72,8
36	Nevēžio g. 36	1965	Blokas	5	4437,2	3043,7	306,2	769,9	13,9	85,0	9,6	39,3	67,2	199,7	45,0
37	Nevēžio g. 40a	1965	Blokas	5	4435,6	3025,7	400,0	694,3	17,4	57,6	14,5	35,4	101,4	263,2	59,3
38	Nevēžio g. 40b	1965	Blokas	5	4426,6	3044,2	374,5	531,5	18,1	14,8	17,3	27,1	121,2	226,2	51,1
39	Nevēžio g. 16	1963	Mūras	5	1780,8	1252,6	202,4	528,3	4,4	69,5	0,9	26,9	6,3	169,1	95,0
40	Nevēžio g. 24	1946	Mūras	2	191,6	139,4	44,2	17,1	0,7	0,9	0,6	0,9	4,5	38,8	202,5
41	Nevēžio g. 35	1963	Mūras	5	1769,9	1234,9	160,9	550,1	5,6	73,6	1,8	28,1	12,7	120,1	67,9
42	Prekybos g. 11	1985	Mūras	5	1262,3	812,9	146,2	392,1	5,7	48,6	3,2	20,0	22,6	103,6	82,1
43	Prekybos g. 21	1987	Mūras	5	1220,2	775,6	163,3	316,3	4,4	41,2	2,3	16,1	15,9	131,2	107,6
44	Prekybos g. 5	1987	Mūras	5	1161,4	729,8	89,8	310,9	4,8	40,5	2,8	15,9	19,3	54,7	47,1
45	Prekybos g. 7	1986	Mūras	5	2243,7	1445,0	236,0	512,7	9,2	77,9	5,2	26,1	36,5	173,4	77,3
46	Pušaloto g. 76	1995	Mūras	4	819,9	684,5	161,1	0,0	5,4	0,0	5,4	0,0	37,8	123,3	150,4
47	Radviliškio g. 18	1981	Mūras	5	2242,6	1424,3	236,3	289,7	10,0	39,5	8,0	14,8	55,9	165,6	73,9
48	Radviliškio g. 8	1987	Mūras	5	1175,6	732,6	147,9	310,4	4,7	39,5	2,7	15,8	19,1	112,9	96,1
49	Raginėnu g. 11	1989	Mūras	5	2396,9	1367,7	257,1	772,0	10,8	93,9	6,0	39,4	42,0	175,7	73,3
50	Respublikos g. 57	1903	Mūras	1	251,3	178,2	36,9	36,5	0,5	7,1	0,2	1,9	1,1	33,9	135,0
51	Respublikos g. 65	1905	Mūras	3	505,8	319,8	86,3	79,0	2,6	12,6	1,9	4,0	13,4	68,9	136,2

52	S. Kerbedžio 34	1960	Bloku	3	862,9	542,5	112,8	169,4	1,7	26,2	0,4	8,6	2,6	101,6	117,7
53	Savanorių a. 3	1960	Mūras	4	885,6	613,6	169,6	313,7	3,2	44,2	1,0	16,0	6,8	146,8	165,8
54	Smėlynės g. 19	1929	Mūras	3	333,1	212,2	56,0	73,7	1,8	10,2	1,2	3,8	8,7	43,5	130,7
55	Smėlynės g. 55	1965	Blokas	5	4491,4	3077,6	483,5	1247,4	19,5	112,8	13,7	63,6	96,0	323,9	72,1
56	Smėlynės g. 73	1971	Mūras	9	3130,9	1533,4	428,0	1158,5	13,4	129,2	6,8	59,1	47,6	321,3	102,6
57	Teatro g. 4	1900	Mūras	2	503,6	277,2	96,0	94,9	3,0	14,6	2,3	4,8	16,0	75,1	149,2
58	Topolių al. 4	1960	Mūras	4	1265,0	827,7	148,9	369,5	2,8	50,3	0,2	18,8	1,7	128,3	101,4
59	Topolių al.6	1960	Mūras	4	1284,6	822,0	145,3	365,9	2,4	44,5	0,1	18,7	0,9	125,7	97,9
60	Tulpių g. 28b	1986	Mūras	5	1572,2	952,3	175,1	469,6	8,2	55,9	5,3	24,0	37,3	113,8	72,4
61	Tulpių kv. 4	1968	Blokas	5	4450,9	3044,4	441,6	1162,6	22,0	156,3	14,0	59,3	98,3	284,0	63,8
62	Tulpių kv. 6	1968	Blokas	5	2738,7	1887,7	296,5	697,9	12,4	93,5	7,6	35,6	53,2	207,7	75,8
63	Tulpių kv. 7	1968	Blokas	5	2738,5	1882,6	259,0	687,3	13,0	91,3	8,3	35,1	58,3	165,7	60,5
64	Tulpių kv. 8	1967	Blokas	5	2738,7	1887,7	360,1	604,5	11,5	79,2	7,5	30,8	52,4	276,9	101,1
65	Tulpių kv. 11	1968	Blokas	5	5728,3	4038,8	635,7	1701,6	23,2	165,5	14,7	86,8	103,0	445,9	77,8
66	Ukmergės g. 11	1962	Mūras	4	1411,2	998,7	188,7	387,3	2,7	44,7	0,4	19,8	2,8	166,2	117,7
67	V. Kudirkos g. 3	1963	Mūras	4	1897,0	1310,1	122,7	163,8	3,4	18,1	2,4	8,4	17,0	97,4	51,3
68	Vilniaus g. 3	1962	Mūras	5	1214,2	927,1	151,2	438,5	7,2	51,5	4,5	22,4	31,7	97,1	79,9
69	Vilties g. 12	1963	Mūras	4	1933,0	1317,4	232,1	588,0	4,3	79,3	0,2	30,0	1,5	200,6	103,8
70	Vilties g. 16	1963	Mūras	4	1931,5	1304,8	159,8	574,7	3,8	70,2	0,2	29,3	1,6	128,9	66,7
71	Vilties g. 20	1962	Mūras	4	2817,5	2032,3	353,3	2985,2	6,4	103,1	1,2	152,2	8,3	192,7	68,4
72	Vilties g. 24	1961	Mūras	4	1691,6	1046,0	192,5	431,8	6,6	59,9	3,5	22,0	24,5	146,0	86,3
73	Vilties g. 26	1961	Mūras	4	1391,8	1008,4	183,7	1515,2	7,1	57,6	4,2	77,3	29,3	77,1	55,4
74	Vilties g. 4	1964	Mūras	5	3065,8	2178,1	326,0	821,5	6,9	123,9	0,6	41,9	4,2	279,9	91,3
75	Vilties g. 6	1963	Mūras	5	3040,4	2183,7	390,1	1026,6	7,8	140,4	0,6	52,4	4,3	333,4	109,7
76	Vilties g. 8	1963	Mūras	5	3061,5	2200,9	353,6	1083,1	7,8	139,5	0,7	55,2	4,8	293,6	95,9
77	Žvaigždžių g. 10	1984	Mūras	5	2320,3	1452,7	243,3	558,8	9,6	65,6	6,2	28,5	43,7	171,1	73,7
78	Žvaigždžių g. 5	1987	Mūras	5	2262,5	1269,5	273,9	131,1	11,2	97,4	6,2	6,7	43,5	223,7	98,9
79	Žvaigždžių g. 14	1984	Mūras	5	2321,4	1454,3	270,7	547,2	10,3	68,9	6,8	27,9	47,8	195,0	84,0
80	Žvaigždžių g. 20	1983	Mūras	5	1524,7	1041,8	173,7	166,9	6,3	18,5	5,3	8,5	37,4	127,8	83,8