



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Morta Jurkonytė – Pantelejevienė

DAUGIABUČIŲ NAMŲ ŠILTINIMO SPRENDIMŲ LYGINAMOJI ANALIZĖ

**THE COMPARATIVE ANALYSIS OF INSULATION DECISIONS OF
MULTI-APARTMENT HOUSES**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Edmundas Kazimieras Zavadskas

(Vardas, pavardė)

(Data)

Morta Jurkonytė – Pantelejevienė

DAUGIABUČIŲ NAMŲ ŠILTINIMO SPRENDIMŲ LYGINAMOJI ANALIZĖ

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF INSULATION DECISIONS OF MULTI-APARTMENT HOUSES

Baigiamasis magistro darbas

Statybos studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas _____
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas _____
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas _____
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2011

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos technologijos ir vadybos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Statybos valdymo** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Daugiabučių namų šiltinimo sprendimų lyginamoji analizė**

Autorius **Morta Jurkonytė-Pantelejevienė**

Vadovas **doc. dr. Tatjana Vilutienė**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Pastatų apšiltinimas, renovacija nagrinėjama jau daug metų, tai aktuali tema daugelyje šalių. Renovuotuose pastatuose mažėja šilumos suvartojimas, didėja būsto kaina. Darbo tikslas – nustatyti šilumos taupymo daugiabučiame pastate galimybes gerinant atitvarų charakteristikas, galimybių analizei taikant ArchiCad EcoDesigner programinį paketą, nustatyti programos galimybes, parenkant renovuojamų pastatų atitvarų charakteristikas. Pastatams pritaikomi trys energijos taupymo paketai: standartinis, vidutinis ir maksimalus, paketai lyginami tarpusavyje.

Darbą sudaro 6 dalys: įvadas, trys skyriai, išvados ir literatūros sąrašas.

Darbo apimtis - 69 puslapių be priedų, 68 paveikslas, 11 lentelių, 35 literatūros šaltiniai.

Prasminiai žodžiai

daugiabučiai namai, modernizavimas, energijos suvartojimas, šilumos nuostoliai.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of Construction Technology and Management

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Construction Management** study programme Master's Thesis

Title **Multi-home insulation comparison analysis of decisions**

Author **Morta Jurkonytė-Pantelejevienė**

Academic supervisor **Assoc Prof Dr Tatjana Vilutienė**

Thesis language:
Lithuanian

Annotation

House heating and renovation has been the topic of research for many years and is an important issue in many countries today. House renovation brings savings over a certain period of time and it is very important that the resident would feel the benefits. The purpose of this work is to identify heat saving possibilities in multi-storey houses by bettering the characteristics of external house walls, comparing them to the ones of houses under renovation and by using the ArchiCad EcoDesigner software package for the possibility analysis establishing the capabilities of the software package. The houses are introduced with three energy saving packages: standard, medium and maximal, the packages are compared with each other as well.

The work consists of 6 parts: Introduction, Three chapters, conclusion and the bibliography.

The volume of the work- 69 pages without appendixes, 60 picture, 9 tables, 35 bibliography.

Keywords

Multi-storey houses, Modernization, Energy consumption, Heat losses

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS	10
IVADAS	11
1. GYVENAMŲJŲ PASTATŲ RENOVACIJA	13
1.1 Užsienyje taikomų šiltinimo sistemų analizė	13
1.2 Renovuotų gyvenamųjų pastatų pavydžiai užsienyje.....	18
1.3 Šilumos izoliacinių medžiagų naujovės Lietuvos statybinių medžiagų rinkoje.....	24
1.4 Daugiabučių pastatų modernizavimas Lietuvoje	28
2. SKAIČIUOJAMOJO MODELIO FORMAVIMAS	30
2.1 Nagrinėjamų objektų pasirinkimas.....	30
2.2 Šilumos taupymo alternatyvos daugiabučiuose pastatuose.....	38
2.3 Šilumos taupymo paketo formavimas	41
2.4 Alternatyvų analizės modelis ir metodas.....	43
2.5 Gautų rezultatų analizė ir suformuotų šilumos taupymo paketų palyginimas	47
3. PASTATO ŠILUMOS TAUPYMO PASTATE GALIMYBIŲ ANALIZĖ	48
IŠVADOS.....	63
LITERATŪROS SĄRAŠAS	64
PRIEDAI	68

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Gyvenamųjų namų 1IN, 2SC, 3SP, 4GB, 5BK ir 6CN išorės sienų konstrukcijos (Bojic <i>et al.</i> 2007).....	14
1.2 pav. Energijos grandinės schema (Sartori <i>et al.</i> 2009)	15
1.3 pav. Energijos suvartojimo pasiskirstymas 1975-2005m laikotarpiu Norvegijoje: a – gyvenamuosiuose pastatuose, b – visuomeniniuose pastatuose (I. Sartori <i>et al.</i> 2009)	17
1.4 pav. Būstas prieš renovaciją (Hama 2005)	19
1.5 pav. Pastatas po rekonstrukcijos (Hama 2005).....	19
1.6 pav. Ertmės paliktos tiesioginiams saulės spinduliams patekti į patalpas (Hama 2005).....	19
1.7 pav. Magnusstrasse 23 pastatas po renovacijos (Viriden 2005).....	20
1.8 pav. Nietengasse 20 pastatas po renovacijos (Viriden 2005)	20
1.9 pav. Zwinglistrasse 9 ir 15, pastatas po renovacijos (Viriden 2005).....	21
1.10 pav. Vila prieš rekonstrukciją (Enriquez Reinberg <i>et al.</i> 2010)	22
1.11 pav. Vila po rekonstrukcijos (Enriquez Reinberg <i>et al.</i> 2010)	22
1.12 pav. Svirnas prieš rekonstrukciją (Reinberg <i>et al.</i> 2010).....	23
1.13 pav. Svirnas po rekonstrukcijos (Reinberg <i>et al.</i> 2010).....	23
1.14 pav. Pastato interjeras po rekonstrukcijos (Reinberg <i>et al.</i> 2010)	23
1.15 pav. Putų poliuretaną naudojamas šlaitinių stogų šiltinimui iš vidaus tarp gegnių	24
1.16 pav. Putų poliuretaną naudojamas plokščių stogų šiltinimui.....	24
1.17 pav. Putų poliuretaną naudojamas pramoninių lengvų konstrukcijų plokščiųjų stogų šiltinimas	24
1.18 pav. Putų poliuretaną naudojamas išoriniam šiltinimui po dekoratyviniu paviršiniu tinku.....	25
1.19 pav. Putų poliuretaną naudojamas išoriniam šiltinimui už pakabinamo fasado	25
1.20 pav. Putų poliuretaną naudojamas dvigubo mūro šiltinimui iš lauko pusės	25
1.21 pav. Putų poliuretaną naudojamas lauko sienai šiltinimui iš vidaus	25
1.22 pav. Putų poliuretaną naudojamas medinių karkasinių pastatų šiltinimui iš vidaus.....	25
1.23 pav. Putų poliuretaną naudojamas tarpaukštinei perdangai apšiltinti	25

1.24 pav. Putų poliuretaną naudojamas grindų šiltinimui.....	25
1.25 pav. Putų poliuretaną naudojamas gyvulininkystės ir agrarinės paskirties statinių šiltinimui	25
1.26 pav. Izoliacinė medžiaga „Actis“ (Actis... 2011)	26
1.27 pav. Išlaidų šildymui pokytis po daugiabučio modernizavimo („Miesto renovacija“ 2010)	29
1.28 pav. Gyventojų nuomonė apie buto vertės pokytį po modernizavimo („Miesto renovacija“ 2010).....	29
2.1 pav. Daugiabučių gyvenamųjų namų Vilniaus g. 8, Vilniaus g. 12 Birštone lokalizacija žemėlapyje	30
2.2 pav. Daugiabučių gyvenamųjų namų Pušyno g. 13, Pušyno g. 15, Birštone lokalizacija žemėlapyje	30
2.3 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 12, Birštone rytinio fasado fragmentai	32
2.4 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 12, Birštone vakarinio fasado fragmentai	32
2.5 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 8, Birštone šiaurinio fasado fragmentas	34
2.6 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 8, Birštone vakarinis fasadas	34
2.7 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 8, Birštone pietinio fasado fragmentas	34
2.8 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 8, Birštone rytinio fasado fragmentas	34
2.9 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Pušyno g. 15, Birštone šiaurinis fasadas	36
2.10 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Pušyno g. 15, Birštone pietinis fasadas	36
2.11 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Pušyno g. 15, Birštone vakarinis fasadas	36
2.12 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Pušyno g. 15, Birštone rytinis fasadas	36
2.13 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Pušyno g. 13, Birštone pietinis fasadas	38
2.14 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Pušyno g. 13, Birštone šiaurinis fasadas	38
2.15 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Pušyno g. 13, Birštone vakarinis fasadas	38
2.16 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Pušyno g. 13, Birštone rytinis fasadas	38
2.17 pav. Natūralios cirkuliacijos dvivamzdė viršutinio pasiskirstymo šildymo sistema (Lietuvos... 2011).....	39
2.18 pav. Priverstinės cirkuliacijos dvivamzdė apatinio pasiskirstymo šildymo sistema (Lietuvos... 2011).....	40

2.19 pav. Sprendimo modelis	44
2.20 pav. Pastato 3D modelis, naudojamas energijos sąnaudų apskaičiavimams	44
3.1 pav. Pastato suvarojama energija per metus (Vilniaus g. 12, Birštonas).....	48
3.2 pav. Energijos kiekis, tenkantis 1 m ² naudingo ploto (Vilniaus g. 12, Birštonas)	48
3.3 pav. Energijos kiekio kaina, tenkanti 1 m ² naudingo ploto (Vilniaus g. 12, Birštonas).....	49
3.4 pav. CO ₂ emisija (Vilniaus g. 12, Birštonas)	49
3.5 pav. Investicinės lėšos 1m ² naudingo ploto (Vilniaus g. 12, Birštonas)	50
3.6 pav. Pastato suvartojama energija per metus (Vilniaus g. 8, Birštonas)	51
3.7 pav. Energijos kiekis, tenkantis 1 m ² naudingo ploto (Vilniaus g. 8, Birštonas)	51
3.8 pav. Energijos kiekio kaina tenkanti 1 m ² naudingo ploto (Vilniaus g. 8, Birštonas).....	52
3.9 pav. CO ₂ emisija (Vilniaus g. 8, Birštonas).....	52
3.10 pav. Investicinės lėšos 1m ² naudingo ploto (Vilniaus g. 8, Birštonas)	53
3.11 pav. Pastato suvartojama energija per metus (Pušyno g. 15, Birštonas)	53
3.12 pav. Energijos kiekis tenkantis 1 m ² naudingo ploto (Pušyno g. 15, Birštonas).....	54
3.13 pav. Energijos kiekio kaina tenkanti 1 m ² naudingo ploto (Pušyno g. 15, Birštonas)	54
3.14 pav. CO ₂ emisija (Pušyno g. 15, Birštonas)	55
3.15 pav. Investicinės lėšos 1m ² naudingo ploto (Pušyno g. 15, Birštonas)	55
3.16 pav. Pastato suvarojama energija per metus (Pušyno g. 13, Birštonas)	56
3.17 pav. Energijos kiekis tenkantis 1 m ² naudingo ploto (Pušyno g. 13, Birštonas).....	56
3.18 pav. Energijos kiekio kaina tenkanti 1 m ² naudingo ploto (Pušyno g. 13, Birštonas)	57
3.19 pav. CO ₂ emisija (Pušyno g. 13, Birštonas)	57
3.20 pav. Investicinės lėšos 1m ² naudingo ploto (Pušyno g. 13, Birštonas)	58

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1 lentelė Vilniaus g. 12 namo bendrieji rodikliai	31
2.2 lentelė Vilniaus g. 8 namo bendrieji rodikliai	33
2.2 lentelė Pušyno g. 15 namo bendrieji rodikliai	35
2.4 lentelė Pušyno g. 13 namo bendrieji rodikliai	37
2.5 lentelė Standartinis energijos taupymo priemonių paketas	41
2.6 lentelė Vidutinis energijos taupymo priemonių paketas	42
2.7 lentelė Maksimalus energijos taupymo priemonių paketas	42
3.1 lentelė Daugiabučio namo, esančio Vilniaus g. 12, Birštone, skaičiavimo rezultatai.....	59
3.2 lentelė Daugiabučio namo, esančio Vilniaus g. 8, Birštone, skaičiavimo rezultatai.....	60
3.3 lentelė Daugiabučio namo, esančio Pušyno g. 15, Birštone, skaičiavimo rezultatai.....	61
3.4 lentelė Daugiabučio namo, esančio Pušyno g. 13, Birštone, skaičiavimo rezultatai.....	62

IVADAS

Pastatų apšiltinimas, renovacija nagrinėjama jau daug metų, tai aktuali tema daugelyje šalių. Renovuotuose pastatuose mažėja šilumos suvartojimas, didėja būsto kaina. Energijos išsaugojimas bus svarbus ir ateityje, juolab, kad energijos išsaugojimas, aplinkosauga tampa vis aktualesnės temos šiomis dienomis.

Visoje Europoje savivaldybės rengia projektus skirtus miesto plėtrai ir esamų pastatų modernizacijai. Ypač atsižvelgiama į galimybes sutaupyti energiją, sumažinti jos suvartojimą. Energijos taupymo projektų poreikis milžiniškas ne tik Vidurio Europoje, bet ir Vakaruose (Alsema *et al.* 2010).

Šiuo metu vykdomi Europos Sąjungos finansuojami projektai, kurių metu renovuojami daugiabučiai namai. Renovacijos tikslas yra sumažinti energijos sąnaudas, mokesčius už šildymą.

Pagrindinės problemos sprendžiamos atliekant renovaciją:

- išorinių atitvarų apšiltinimas;
- vėdinimo sistemos įrengimas;
- aplinkosauga, išmetamų dujų kiekio mažinimas;
- energijos saugojimas;
- ekonominiai rodikliai, t.y. renovacijos atsiperkamumas ir reali nauda.

Pastato renovacija atsiperka per tam tikrą laiką, todėl labai svarbu, kad gyventojas pajautų renovacijos naudingumą. Išvardytos problemos yra vienos pagrindinių, tačiau reikia atsižvelgti į ne taip dažnai aptariamas: pelėsių ar grybelių atsiradimas, mokesčių už šildymą palyginimas prieš ir po renovacijos, esamo seno katilo naudingumo koeficientas, aplinkos tarša.

Šiuo metu Lietuvoje yra vykdoma daugiabučių namų atnaujinimo programa, pagal šią programą siekiama iki 2020 m. atnaujinti apie 70 %, daugiabučių gyvenamųjų pastatų. Daugiabučių pastatų gyventojus modernizuoti namą skatina noras gyventi jaukiau ir šilčiau bei sumažinti energijos suvartojimą ir išlaidas šildymui, taip pat svarbu, jog sutvarkius pastatą, padidėja būsto vertė.

Baigiamojo magistrinio darbo tikslas – nustatyti šilumos taupymo daugiabučiame pastate galimybes, gerinant atitvarų charakteristikas, galimybių analizei taikant ArchiCad EcoDesigner programinį paketą, nustatyti programos galimybes, parenkant renovuojamų pastatų atitvarų charakteristikas.

Tikslui pasiekti keliama uždaviniai:

1. Pasirinkti nagrinėjamus objektus;
2. Aptarti šilumos taupymo alternatyvas daugiabučiuose pastatuose;

3. Suformuoti šilumos taupymo paketus;
4. Parinkti alternatyvų palyginimui tinkamus modelius ir metodus;
5. Išanalizuoti gautus rezultatus ir palyginti suformuotus šilumos taupymo paketus.

Tyrimo metodai:

1. Su tema susijusios mokslinės literatūros, mokslinės periodikos, antrinių informacijos šaltinių ir internetinių puslapių analizė.
2. Pastatų energijos suvartojimo skaičiavimas, naudojant ArchiCad EcoDesigner programinį paketą.
3. Rezultatų analizė.

1. GYVENAMŲJŲ PASTATŲ RENOVACIJA

Pasaulinis energijos suvartojimas per pastaruosius 25 metų išaugo 30%. Iškastinio kuro naudojimas kelia grėsmę išeikvoti išteklius bei rimtas aplinkosaugines problemas. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas ir energijos taupymas yra svarbūs tikslai, kurie turi būti pasiekti kiekvienoje visuomenėje (Lopes *et al.* 2005).

1.1 Užsienyje taikomų šiltinimo sistemų analizė

Europoje apie 70 % visų pastatų buvo pastatyta iki 1980 metų. Energijos suvartojimas šiuose senuose pastatuose yra neproporcingai didelis: namai, kuriems daugiau nei 25 metai, sudaro 95 % visos suvartojamos šilumos energijos pastatams šildyti.

Norint, kad būstas pasiektų darnaus pastato koncepciją, reikia pastatą modernizuoti. Didžiąją dalį pastato išlaidų sudaro pastato priežiūra ir atnaujinimas per visą gyvavimo ciklą. Statinių savininkai ir inžinieriai stengiasi sumažinti šias išlaidas.

Konstrukcijos gyvavimo ciklas apribotas ne tik techniniu, bet ir ekonominiu požiūriu. Techniniu požiūriu yra svarbios konstrukcijų medžiagų charakteristikos ir pačių konstrukcijų ilgaamžiškumas. Ilgaamžiškumas yra labai svarbi statinių savybė, nuo jos priklauso statinio pastovumas, nes pažeidus elementus, pastatas tampa nebe funkcionalus. Jeigu žvelgtume iš finansinės pusės, tam tikri rekonstrukcijos darbai nėra tokia naudinga kaip nauja statyba, o ekonominis efektyvumas tokiais atvejais yra žymiai trumpesnis nei techninis.

LCC (Life Cycle Costs – Būsto gyvavimo išlaidos) skaičiavimo rezultatais statinio naudojimo ir griovimo išlaidos, skirstomas į 3 grupes:

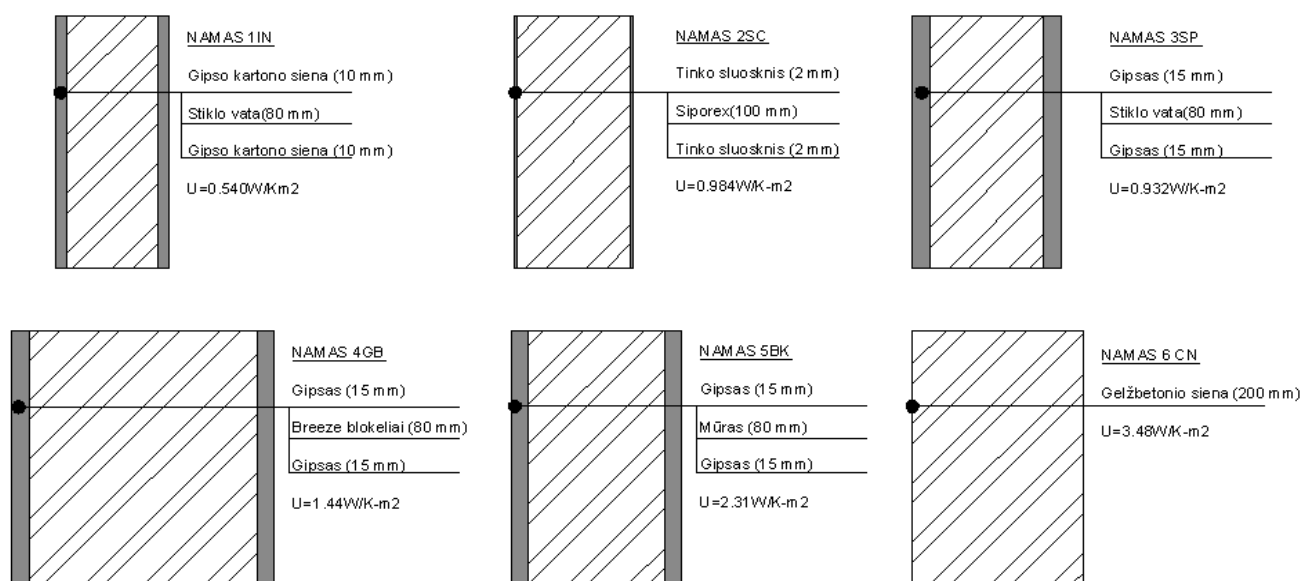
- Išlaidos, tiesiogiai susijusios su statinio techniniais parametrais – investicijų išlaidos, taisymas ir eksploatacijos išlaidos, rekonstrukcijos išlaidos, išlaidos skirtos statinio modernizavimui ir statinio griovimui;
- Operacinės statinio išlaidos – energija, valymas, amortizacija ir t.t.;
- Administracinės išlaidos – mokesčiai, draudimas, statinio administravimas ir kt.

Racionalus renovacijos ciklą projektavimas – tai ne tik esamų konstrukcinių elementų parinkimo skaičiavimas, bet ir tinkamų medžiagų panaudojimas parenkant projektinius pasiūlymus (Macek 2010).

Architektai projektuodami išorines atitvaras turi stengtis, kad pastatas kuo mažiau šilumos atiduotų aplinkai, kad siena būtų ekonomiška. Pastatų sienų apšiltinimui dažniausiai siūlomi

sprendimai: didinti pastato sienų apšiltinimo sluoksnio storį arba užpildyti esamas ertmes izoliacinėmis medžiagomis.

Geriausias būdas efektyviai panaudoti energiją pastatų šildymui yra ištirti pastatų išorines sienas (1.1 pav). Tyrimui (Bojic *et al.* 2007) pasirinkti 6 tipiniais gyvenamieji namai, dviejų butų, kiekvieno buto bendras plotas apie 54 kv. m., vienodas planas, vidutinė oro temperatūra apie +20°C, natūralus vėdinimas, esant didesnei drėgmei atveriami langai, priimti vienodo našumo šildytuvai. Tyrimas atliktas per šildymo sezoną Serbijoje, t.y. nuo spalio 15 d. iki balandžio 15 d. Tiriamos skirtingos konstrukcijų atitvaros, metinis šilumos suvartojimas kiekvieno pastato, radiatorių galingumas, investicijų kaina, įvertinant sienų ir radiatorių įrengimą, šildymo kainą.



1.1 pav. Gyvenamųjų namų 1IN, 2SC, 3SP, 4GB, 5BK ir 6CN išorės sienų konstrukcijos (Bojic *et al.* 2007)

Nustatyta, kad namas 1IN, kurio sienos viduje yra šilumos izoliacija, turės mažiausias šildymo išlaidas per visą pastato gyvavimo ciklą, taip pat šios išlaidos yra 4 % mažesnės negu namo 6CN, kurio sienos betoninės. Namas 2SC, Siporex blokelių siena, turės minimalias investicines išlaidas, net 70 % mažesnes negu namo 6CN. Rekomenduojama pastato išorines sienas daryti su šilumos izoliacija, nes tai sumažina pastato šildymo išlaidas bei taupo energiją. Taip pat rekomenduojama, kad ateityje architektai projektuodami gyvenamuosius pastatus atliktų ekonominę – energinę analizę pasirinktiems sienų tipams (Bojic *et al.* 2007).

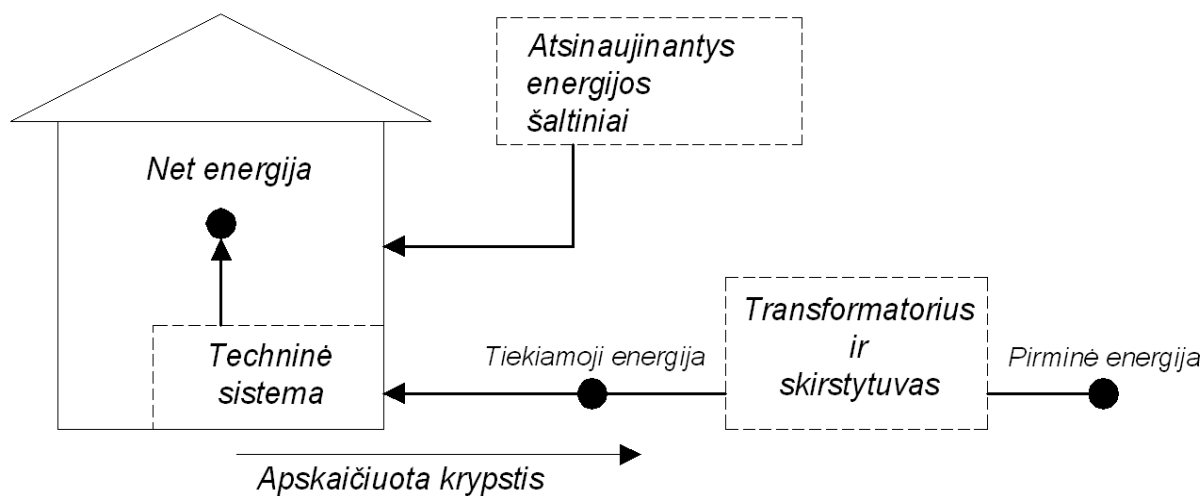
Kinija – antra pasaulyje valstybė pagal energijos suvartojimą. Energijos suvartojimas pastatų šildymui vis augo ir 2000 metais sudarė 28 % visos suvartojamos energijos, o tai artimas skaičius išsivysčiusioms šalims. Kinijos valstybė skatina gyventojus renovuoti gyvenamuosius

pastatus. Taigi šiuo metu Kinijos architektams svarbiausias klausimas, ar išorinė atitvara yra ekonomiškai. Pasiūlyta didinti pastato apšiltinimo sluoksnio storį arba užpildyti ertmes tarp atitvarų sluoksnių izoliacinėmis medžiagomis. Išnagrinėtos 3 tipų išorinės atitvaros:

- esama pastatų atitvara, vienasluoksnis 60 cm storio mūras, kurios laidumo koeficientas $1,28 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$;
- projektuojama atitvara, 37 cm mūro siena su 8 cm polistirenu, kurios laidumo koeficientas $0,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$;
- „suspausta“ atitvara, 29 cm betoniniai blokėliai su 8cm polistirenu, kurios laidumo koeficientas $0,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Projektuojamos atitvaros kaina, lyginant su esama atitvara, yra $2,9 \text{ Lt/m}^2$ brangesnė, „suspausta“ atitvara yra 31 Lt/m^2 brangesnė, šios atitvaros atsiperka per 20 metų (Wang *et al.* 2007).

Norvegijoje 40 % suvartojamos energijos atitenka statybos sektoriui, iš jų 22 % tenka gyvenamajam sektoriui ir 18 % – visuomeniniam sektoriui. Toks energijos pasiskirstymas būdingas ir kitoms Europos Sąjungos valstybėms. Elektros energija yra ypač svarbi Norvegijoje, nes 80 % jos sunaudojama pastatų šildymui.



1.2 pav. Energijos grandinės schema (Sartori et al. 2009)

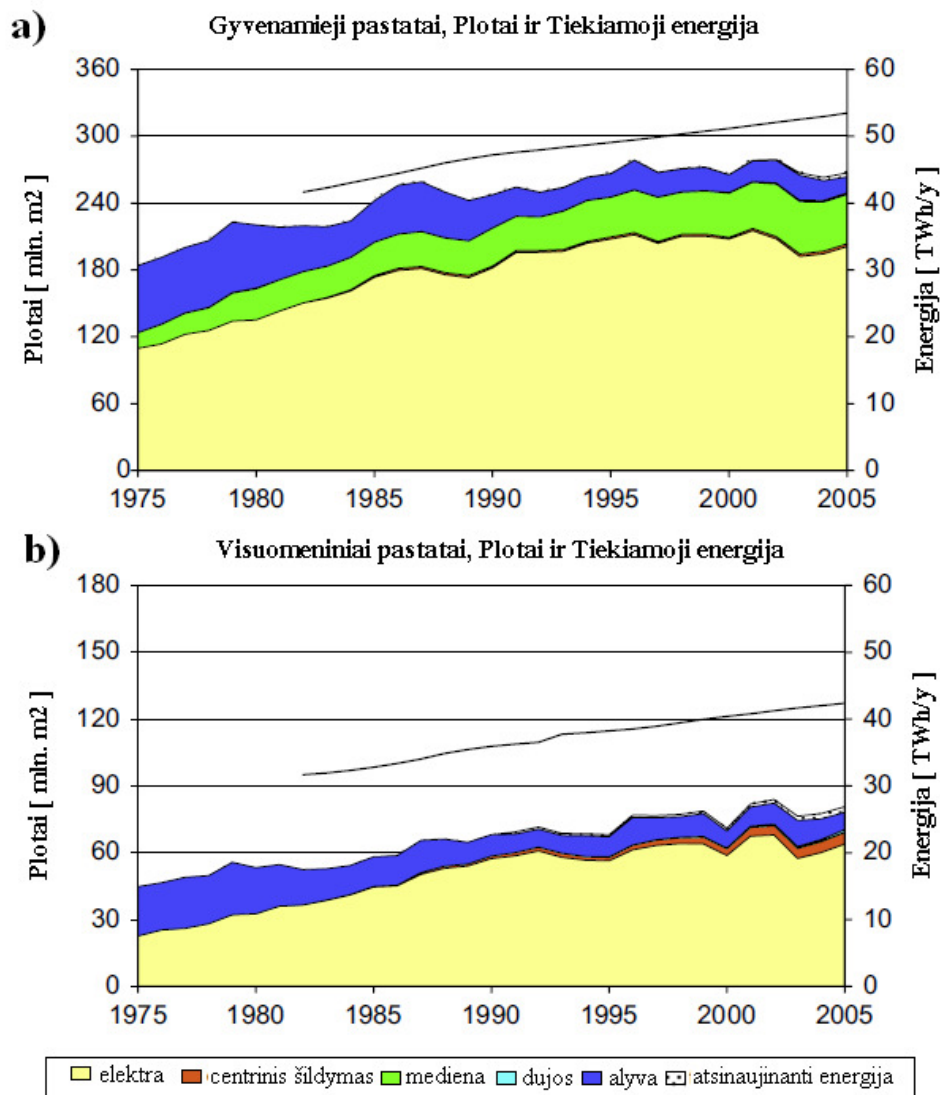
Kaip parodyta 1.2 pav., statiniui tenkanti naudinga energija, kuri pasiekia galutinį vartotoją, vadinama *net energija* (*Net energy*), ją sudaro energija skirta šildymui, vėdinimui, šaldymui, karšto vandens gamybai, apšvietimui ir kitiems elektros įrenginiams. *Tiekiamoji energija* (*delivered energy*) vadinama energija, kuri tiekama pastatui, jo poreikiams tenkinti. Šią energiją apdoroja *techninė sistema* (*Technical systems*).

Tiekiamoji energija (delivered energy) ateina skirtinga forma. *Energijos nešėjai* gali būti grupuojami į dvi pagrindines grupes: elektra ir šiluminė energija.

Norvegijoje daugiau nei 99 % energijos gaunama iš hidroelektrinių. Šis energijos gamybos būdas jau puse amžiaus garantuoja gausią ir pigią elektrą, taip pat ji nekenksminga aplinkai, nes paremta atsinaujinamais resursais. Energija klasifikuojama į klases nuo A iki G, kur A reiškia efektyviausia, o G mažiausiai efektyvi.

Paskutiniaisiais Statistics Norway (2001) duomenimis, apie 70 % butų yra šildomi oro šildytuvais ar/ir grindiniu šildymu, kurie naudoja elektrą, kaip vieną sistemą ar kaip kombinuotą su katilais, kūrenamais mediena. Tik 12 % butų turi geoterminį šildymą. Tačiau daugiau nei 93 % respondentų tikina, kad jie naudoja tik elektrą savo būsto šildymui. Vis dėlto 70 % butų yra įrengti su daugiau nei viena šildymo sistema, 38 % naudoja kombinuotą sistemą, elektrą kartu su katilais, kūrenamais kietuoju kuru.

Vartojamos energijos kiekio ir tipo pasiskirstymas 1975 – 2005 m. laikotarpiu Norvegijos gyvenamuosiuose (a) ir visuomeniniuose (b) pastatuose pateiktas 1.3 paveiksle (Sartori *et al.* 2009).



1.3 pav. Energijos suvartojimo pasiskirstymas 1975-2005m laikotarpiu Norvegijoje: a – gyvenamuosiuose pastatuose, b – visuomeniniuose pastatuose (I. Sartori *et al.* 2009)

Japonijoje 2004 m. buvo atliktas tyrimas (Lopes *et al.* 2005), norint išsiaiškinti, kaip vartojama energija gyvenamųjų namų sektoriuje. Tyrime dalyvavo 13 šeimų, kurios gyvena individualiuose namuose arba butuose. Prie būtinių technikos buvo prijungti aparatai, kurie matuoja elektros suvartojimą, rezultatus fiksuoja kas minutę, dujų ir žibalo matuoklis – kas 5 minutes, o temperatūros ir drėgmės matuokliai rezultatus fiksuoja kas 15 minučių. Norint išsamiau sužinoti apie energijos suvartojimą yra ypač svarbus namo gyventojų gyvenimo būdas. Todėl apklausti visų 13 namų gyventojai, užduoti klausimai apie ventiliaciją, kambarių skaičių, jų nustatomą kambario temperatūrą, energijos kainas, ką mieliau renkasi: dušą ar karštą vonią ir t.t.

Atlikus šį tyrimą gautos išvados:

- Energijos suvartojimas yra glaudžiai susijęs su žmogaus gyvenimo stiliumi, todėl energijos taupymas gali būti įgyvendinamas arba ne, viskas priklauso nuo gyventojo noro.
- Iš apklaustųjų atsakymų buvo nustatyta, kad kai kurie prietaisai turi didelį energijos taupymo potencialą, t.y. garo puodai (iki 240 kWh / metus), viryklės (iki 100 kWh / metus) ir t.t.
- Gyventojai visų pirma atsižvelgia į energijos sąnaudas, tai pagrindinis prioritetas, antrą vietą užima aplinkosaugos klausimai, trečią – energijos vartojimo efektyvumo ir taupymo klausimai.

- Reikėtų teikti daugiau informacijos apie energijos gamybą ir jos poveikį aplinkai. Energijos kaina yra svarbiausias veiksnys keičiantis elektros energijos sąnaudas (Lopes *et al.* 2005).

Keičiantis socialiniam gyvenimui keičiasi žmonių poreikiai, tradicijos, gyvenimo būdas. Kinijoje 2000 – 2005 (Wang *et al.* 2007) metais naujai pastatyti gyvenamieji namai užima apie 2 mln. m². Tai iš dalies priverčia žmogų pakeisti savo gyvenimo būdą.

Laikui bėgant medžiagos pasensta, tai priverčia žmones susirūpinti savo gerove. Tai yra pirmas žingsnis link pastatų renovacijos. Pagrindinės priežastys, lemiančios žmonių gyvenimo pokyčius, yra šios:

- Anksčiau visa šeima galėjo gyventi apie 20 m² ploto bute, dabar vaikai pripratę gyventi kituose kambariuose nei tėvai, skirtingų lyčių vaikai nori turėti atskirus kambarius, t.y. žmonių gyvenamojo ploto poreikis išaugo nuo 20 m² iki 100 m² namų;
- Žmonės nori gyventi komfortiškai, todėl namuose padaugėjo buitinės technikos. Anksčiau žmogui pakako vos keleto prietaisų, o dabar buitinės technikos skaičius žymiai išaugo, visa tai reikalauja didesnio gyvenamojo ploto;
- Keičiasi žmonių gyvenimo būdas, požiūris į namus. Seniau žmonės į namus grįždavo ilsėtis, o dabar žmonės namuose ne tik ilsisi, bet ir dirba, kviečiasi draugus ir t.t. Visa tai reikalauja naujų erdvių (Wang *et al.* 2007).

1.2 Renovuotų gyvenamųjų pastatų pavydžiai užsienyje

Japonijoje vieni svarbiausi gyvenamųjų namų rodikliai yra pastato ilgaamžiškumas ir mažos energijos sąnaudos. Vidutinė Japonijoje statyto gyvenamojo namo gyvavimo trukmė 20 – 30 metų. Iki šiol Japonijos statybos įstatymai nereglamentuoja šilumos izoliacijos storio gyvenamuosiuose namuose, todėl šiame sektoriuje suvartojamas didelis energijos kiekis.

K. Hama (2005) tyrimuose nagrinėtas namas yra Nara mieste (1.4-1.5 pav.), pastatytas 1976 m., statinio konstrukcija – rėminė gelžbetoninė. 1999 m. pastatas renovuotas, grindų plotas padidėjo nuo 143 m² iki 153 m². Nara miestas yra įsikūręs vakarinėje Japonijos pusėje, maždaug 30

km į rytus nuo Osaka ir 35km į pietus nuo Kioto. Klimatas įvairus, žiemą temperatūra nukrinta žemiau 0 °C, vasarą pakyla iki +3 5°C.



1.4 pav. Būstas prieš renovaciją (Hama 2005)



1.5 pav. Pastatas po rekonstrukcijos (Hama 2005)

Kad pastatas taptų ekologišku, tausojančiu aplinką, pasiūlytos priemonės tikslams įgyvendinti: pasirenkama šiluminė izoliacija iš perdirbtų medžiagų, tausojančius žmonių sveikatą, naudojama natūrali šviesa, atsinaujinantys energijos šaltiniai, pastatas apželdinamas ir t.t.



1.6 pav. Ertmės paliktos tiesioginiams saulės spinduliams patekti į patalpas (Hama 2005)

Panaudojant natūralų apšvietimą tarp pastato išorinių sienų įrengtas stoglangis (1.6 pav), kuris uždengtas stiklu, apsaugai nuo lietaus, šioje naujoje patalpoje įrengtas valgomasis. Lauko atitvaros buvo apšiltinamos polistireniniu putplasčiu, laidumo koeficientas sumažėjo nuo 3,6 W/m²K iki 0,72 W/m²K. Apšiltinus stogo konstrukciją laidumo koeficientas sumažėjo nuo 0,87 W/m²K iki 0,26 W/m²K. Viengubi stiklai buvo pakeisti dvigubais. Ant stogo buvo sumontuotos saulės baterijos, tai padėjo sumažinti elektros energijos sąnaudas. Buvo apželdinta terasa, išklotos medinės terasos grindys. Visas namo rekonstrukcijos projektas kainavo apie 47 tūkst. Lt.

Po renovacijos pastebėti teigiami pokyčiai, pvz.: žiemos metu, kai oro temperatūra kinta nuo 3 °C iki 9 °C, dar neatlikus renovacijos ir neįjungus šildymo, vidaus oro temperatūra buvo apie + 5 +14 °C, po renovacijos oro temperatūra pakilo iki + 11 +17 °C, vadinasi, būstui pašildyti iki normalios + 20 °C temperatūros reikia 68 % mažiau energijos nei prieš renovaciją (Hama 2005).

Ciuricho architektų kompanija „Viridén + Partner“ (K. Viriden 2005) pateikė tris rekonstrukcijos projektus ir įrodė, kad yra įmanoma pasyviojo namo idėja, pritaikyti rekonstruojamuose pastatuose – buvo nustatytas didžiausias suvartojimas – tik 1,5 litrų mazuto vienam kvadratiniam metrui per metus.

Magnusstrasse 23, Šveicarija. Modernizacija atlikta 2001 m (Viriden 2005).

Namas pastatytas 1893 m., tai buvo pirmas tokio pobūdžio namas Šveicarijoje. Todėl buvo iškelti reikalavimai išsaugoti esamą fasadą dėl šiluminės izoliacijos, išlaikyti reglamentuojamą atstumą nuo kaimyninių pastatų. Pagrindinis renovacijos tikslas – pasiekti pasyviojo namo standartą.

Atlikti tyrimai parodė, jog pastatas nesandarus (senuose pastatuose absoliutaus sandarumo beveik neįmanoma pasiekti), blogos atitvarų šiluminės izoliacijos savybės. Atsižvelgus į keliamus reikalavimus, pastatas apšiltintas, išorės sienų U vertė 0,15 W/m²K, įstatyti nauji langai, U vertė 0,7 W/m²K, integruoti saulės kolektoriai, kurių užimamas stogo plotas 15 m². Kambariai šildomi per ventiliacijos sistemą. Kai temperatūra nukrenta iki -2 °C, įjungiami šildytuvai. Įdiegus energijos taupymo priemones energijos suvartojimas sumažėjo 9 kartus (1.7 pav.).



1.7 pav. Magnusstrasse 23 pastatas po renovacijos (Viriden 2005)



1.8 pav. Nietengasse 20 pastatas po renovacijos (Viriden 2005)

Nietengasse 20, Šveicarija. Modernizacija atlikta 2003 m (Viriden 2005).

Pastato pastatytas 1907 m. Skirtingai nei anksčiau aprašyto renovacijos projekto, šiame pastate buvo išgriautos visos vidinės sienos, išskyrus laiptinės sienas. Buvo sukurti naujo plano butai. Pastato pagrindinis fasadas buvo apšiltintas kamštine izoliacine medžiaga 8 cm, kur U vertė tapo $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$, kiemo fasadas buvo apšiltintas 28 cm izoliacine medžiaga, įrengti įstiklinti balkonai. Dėl pastato orientacijos nebuvo galimybės panaudoti saulės kolektoriaus (1.8 pav.).

Zwinglistrasse 9 ir 15, Šveicarija. Modernizacija atlikta 2003 m (Viriden 2005).

Šie du pastatai pastatyti 1881 m., jie yra vieni iš seniausių Zwinglistrasse. Pastatus skiria 4 metrų tarpas. Architektai priestatu sujungia viršutinius pastatų aukštus, tačiau palieka įėjimą į vidinį kiemą. Pastatas apšiltinamas: pagrindinis fasadas 16 cm šilumos izoliacine medžiaga, 20 cm – vidinio kiemo sienos, 24 cm – ant likusių sienų, 28 cm – ant nr.9 namo stogo, 32 cm – ant nr.15 namo stogo. Pastatyti saulės kolektoriai, dujinis katilas, įrengta vėdinimo sistema, radiatoriai. Oras patalpose visuomet išlieka šviežias, net kai langai laikomi uždaryti.



1.9 pav. Zwinglistrasse 9 ir 15, pastatas po renovacijos (Viriden 2005)

Nors ir atlikus visus šiuos darbus, nepavyko pasiekti pasyviojo namo standarto, tačiau pastato komforto lygis pakilo (1.9 pav.) (Viriden 2005).

Vienos priemiestyje (Šveicarija) renovuota XIX amžiaus vila (Enriquez Reinberg *et al.* 2010). Modernizuojant pastatą kambarių autentiškumas buvo išsaugotas tiek proporcijų, tiek paveldosaugos požiūriu (1.10-1.11 pav.) . Tuo pačiu metu energijos suvartojimas buvo sumažintas iki $20 \text{ kWh/(m}^2\text{)}$, pastatas apšiltintas, įdėti nauji langai, pradėta naudoti vėdinimo sistema. Modernizuojant pastatą sklype pastatytas naujų pastatų kompleksas, 60 kvadratinų metrų saulės kolektorių, biomasės kūrenama šildymo sistema ir šiluminis katilas, kuris padengia likusį šilumos poreikį.

Projektu pasiekta, jog metinis energijos suvartojimas sudaro maždaug 20 kWh/m²a. Ši vertė yra kiek didesnė nei naujų pasyviųjų namų, dėl daugumos senų pastato konstrukcijų, tokių kaip rūsiai, pamatai. Pastatas yra nekenksmingas aplinkai, naudoja saulės ir biomasės energiją pastato poreikiams (Enriquez Reinberg *et al.* 2010).



1.10 pav. Vila prieš rekonstrukciją (Enriquez Reinberg *et al.* 2010)



1.11 pav. Vila po rekonstrukcijos (Enriquez Reinberg *et al.* 2010)

Pasaulyje modernizuojami ne tik gyvenamieji pastatai, bet ir ūkiniai pastatai, pastarieji pritaikomi žmonių poreikiams. Austrijos miestas Palfau įsikūręs šalia Štirijos gamtos parko „Eisenwurzen“. Ši vietovė garsėja vaizdingu kraštovaizdžiu. Šalia šio parko įsikūrusiam vienuolynui „Admont“ priklausė keletas pagalbinių pastatų, svirnas, žemės ūkiui naudojamas tvartas, kuris paskutinį kartą renovuotas 1940 m. Įsigijęs šiuos pastatus naujasis savininkas nusprendė paversti gyvenamaisiais namais. Išduotas leidimas renovacijai su sąlyga, kad pastatas išlaikys autentiškumą.

Pagrindinis projekto tikslas: pritaikyti pastatą gyventojų poreikiams, bet išlaikyti pastato savitumą. Namas yra 200 m². Cokoliniame aukšte įrengtas šeimos archyvas, paveikslų galerija ir techninės patalpos, aukštas nešildomas. Gyvenamosios patalpos įrengtos pirmame ir antrame pastato aukštuose.

Laikančiosios vidinės sienos, lubos ir stogas pagaminti iš klijuotos medienos, apkrovas perduoda papildomai pastatytiems pamatams. Bet tai ne vienintelė konstrukcija, atskirta nuo esamo svirno: mineralinės vatos sluoksnis įrengtas tarp medienos ir svirno sienos, skiria gyvenamąją zoną. Priemolis ir mediena reguliuoja drėgmę ir temperatūrą – teigiamas poveikis patalpos klimatui, tai gyventojai ypač vertina. Buvusi stogo konstrukcija pakeista nauja, bet ji visiškai atitinka klėčių stogams keliamus reikalavimus.

Pastate įstatyti nauji langai, kurių $U = 0,85 \text{ kWm}^2/\text{K}$. Pasyviojo namo koncepcijoje langai svarbi dalis, taip pat langai leidžia panaudoti pasyvią saulės energiją.

Pastato modernizacija siekiama, kad pastatas atitiktų pasyviojo namo standarto. Pastatas šildomas trijų rūšių energija: kietuoju kuru (židinyse), saulės energija, likusią reikiamą šilumos dalį pagamina katilas, kuriamas malkomis. Pastato langai orientuoti į pietus, kad saulė kuo daugiau prisildytų patalpas. Įrengta vėdinimo sistema. Radiatoriai naudojami tik voniose. Ant stogo sumontuotos saulės baterijos, užimančios 30 m^2 (1.12-1.14 pav.) (Reinberg *et al.* 2010).



1.12 pav. Svirnas prieš rekonstrukciją (Reinberg *et al.* 2010)



1.13 pav. Svirnas po rekonstrukcijos (Reinberg *et al.* 2010)



1.14 pav. Pastato interjeras po rekonstrukcijos (Reinberg *et al.* 2010)

1.3 Šilumos izoliacinių medžiagų naujovės Lietuvos statybinių medžiagų rinkoje

Izoliacinės šilumos medžiagos yra tiek mineralinės, tiek sintetinės. Statybinių medžiagų rinką nuolat papildo naujos medžiagos, kurios lenkia savo techninėmis savybėmis esamas. Stogų, mansardų, sienų, grindų izoliacinėms medžiagoms skiriamos išlaidos sudaro nedidelį procentą, palyginti su viso pastato kaina, tačiau pasirinkus netinkamas medžiagas, šios išlaidos gali išaugti.

Lietuvoje nauja medžiaga – putų poliuretanai, jau žinoma JAV, Japonijoje, Vakarų Europoje, pasižymi ypač mažu šilumos laidumu (deklaruojamas šilumos laidumo koeficientas $0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$).

Putų poliuretanai yra dvikomponentė poliuretaninė sistema (poliolis ir izocianatas), sukurta gauti kietai, uždarų porų termoizoliacinei putai. Pagrindinis pritaikymas – gamybinių ar civilinių pastatų, namų, fermų, laivų, talpyklų, šaldytuvų ir pan. termo, hidro ir akustinei izoliacijai. Putų poliuretanai gaminami tiesiai pas užsakovą, priklausomai nuo objekto ypatybių ar kliento pageidavimo. Medžiaga sudaro vienalytį, tolygų izoliacinį sluoksnį be siūlių ir tarpų, todėl objektą galima izoliuoti be šalčio tiltelių. Kadangi medžiaga prie pagrindo prisitaiko be tarpų, purškiamosios putos yra idealus sprendimas įvairiausių rūšių paviršiams ir formoms.

Putų poliuretanai naudojami apšiltinant plokščius stogus, šlaitinius stogus tiek iš išorės, tiek iš vidaus, pramoninius statinius, taip pat šiltinant iš vidaus ir išorės lauko sienas bei iš apačios ir viršaus įrengiant lubų ar grindų šilumos izoliaciją. Dėl skysto reaguojančio mišinio paprasto paruošimo putomis galima užpildyti net profilius (pvz., ritininių žaliuzių ir langų profiliuotus) ir įvairiausias formas (1.15-1.25 pav.).



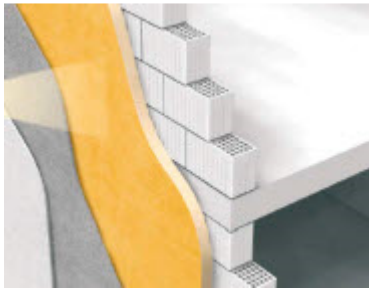
1.15 pav. Putų poliuretanai naudojami šlaitinių stogų šiltinimui iš vidaus tarp gegnių



1.16 pav. Putų poliuretanai naudojami plokščių stogų šiltinimui



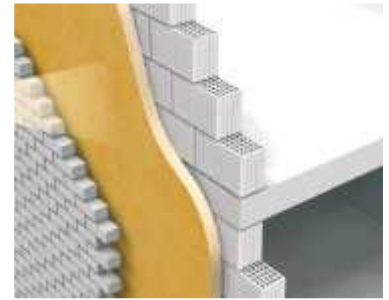
1.17 pav. Putų poliuretanai naudojami pramoninių lengvųjų konstrukcijų plokščiųjų stogų šiltinimui



1.18 pav. Putų poliuretaną naudojamas išoriniam šiltinimui po dekoratyviniu paviršiniu tinku



1.19 pav. Putų poliuretaną naudojamas išoriniam šiltinimui už pakabinamo fasado



1.20 pav. Putų poliuretaną naudojamas dvigubo mūro šiltinimui iš lauko pusės



1.21 pav. Putų poliuretaną naudojamas lauko sienai šiltinimui iš vidaus



1.22 pav. Putų poliuretaną naudojamas medinių karkasinių pastatų šiltinimui iš vidaus



1.23 pav. Putų poliuretaną naudojamas tarpaukštinei perdangai apšiltinti



1.24 pav. Putų poliuretaną naudojamas grindų šiltinimui



1.25 pav. Putų poliuretaną naudojamas gyvulininkystės ir agrarinės paskirties statinių šiltinimui

Putų poliuretaną privalumai:

- Pasižymi ypač mažu šilumos laidumu, kurio nepasiekia jokia kita įprasta izoliacinė medžiaga. Deklaruojamas šilumos laidumo koeficientas $0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$;
- Šiltinimas be siūlių ir tarpų, užpurškus putų poliuretaną susidaro ištisinis besiūlis izoliacinis sluoksnis be šalčio tiltelių;

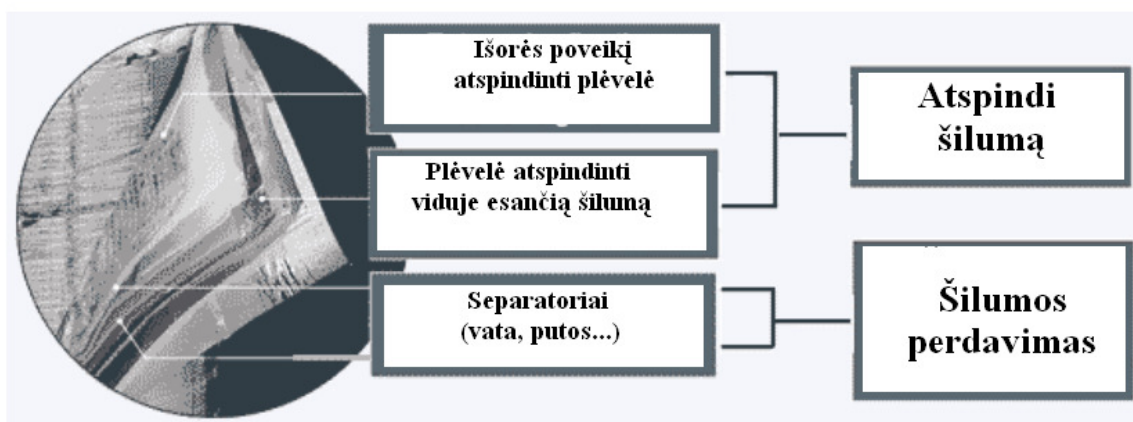
- Nedidelis izoliacinės medžiagos storis ir svoris;
- Sunkiai pasiekiamų statybinių konstrukcijų šiltinimas, galima be problemų apšiltinti kritines, nepasiekiamas arba išgaubtas vietas;
- Paprastas transportavimas ir mažesnis sandėliavimo poreikis. Putų poliuretaną skystu mišiniu paverčiamas tik pačioje statybos aikštelėje;
- Greitas padengimas, per dieną galima padengti daugiau kaip 500 m² stogo plotą;
- Puikus sukibimas su pagrindu;
- Ilgina pastatų eksploatavimo trukmę. Kietos, stabilios, uždarytų porų struktūros putų poliuretaną pagerina statinio konstrukciją;
- Geras atsparumas organiniams skiedikliams, rūgštims, šarmams.

Putų poliuretaną trūkumai:

- Poliuretano putų kaina didesnė nei mineralinės vatos ar polistireninio putplasčio. Medžiagos paruošimo ir darbo kaina yra apie 400 Lt/m³.

„Actis“ – plona šilumą atspindinti izoliacinė medžiaga. Pirmieji šios rūšies izoliacijos produktai dėl savo minimalaus storio sukurti kosminiams laivams apšiltinti ir tik vėliau, įvertinus jų kokybę, pradėti naudoti statybų srityje – namų stogams, mansardoms, sienoms ir grindims šiltinti. Kompanijos gaminamoms izoliacinėms medžiagoms suteiktas ISO 9001 sertifikatas.

Dėl savo sudėties, išskirtinio storio (nuo 10 iki 30 mm), lengvo ir greito įrengimo, izoliacinės medžiagos žiemą sulaiko šaltį, atspindi kambarių šilumą ir neleidžia jai prasiskverbti į lauką. Saulėtu metų laiku šios medžiagos atspindi saulės spindulius į išorę ir apsaugo mansardas nuo perkaitimo (1.26 pav.). Dėl ypatingo plonumo jas rekomenduojama naudoti renovacijų metu, nes taip maksimaliai išsaugomas bendras pastato estetiškas vaizdas.



1.26 pav. Izoliacinė medžiaga „Actis“ (Actis... 2011)

Izoliacinės medžiagos „Actis“ privalumai:

- Izoliacinės medžiagos ne storesnės nei 30 mm, todėl montuojant sutaupoma nemažai gyvenamosios erdvės;
- Šiluminė izoliacijos varža sienoms $5,6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, stogui $6 - 6,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.
- Nesudėtingai ir greitai montuojama. Izoliacinių medžiagų ritiniai lengvi, todėl juos paprasta transportuoti ir įrengti;
- Medžiagos lanksčios, primena įprastą plėvelę, todėl tinka bet kokio tipo paviršiams dengti, galima gauti bet kokią jų formą;
- Ilgalaikė izoliacinė medžiaga, išlieka stabiliai užfiksuota, nepraranda izoliacinių ypatybių drėgnoje aplinkoje ar besikaupiant vandens garams.

Izoliacinės medžiagos „Actis“ trūkumai:

- Medžiagos turi būti saugomos nuo aplinkos veiksnių, saulės, lietaus, sniego.

Skysta keraminė šilumą izoliuojanti medžiaga KORUND (Korund... 2011) tepama kaip dažai, savo konsistencija primenanti įprastus dažus, yra suspensija, kuri tinka bet kokiam pagrindui. Jai išdžiūvus susidaro elastinė polimerinė danga, pasižyminti unikaliomis šilumą izoliuojančiomis savybėmis (1mm „Korund“ = 50-60 mm min. vatos) ir teikianti antikorozinę apsaugą. Keraminė šiluminė izoliacija „Korund“ yra ypač efektyvi izoliuojant statinių fasadus, stogus, vidines sienas, langų angokraščius, betonines grindis, karšto ir šalto vandentiekio, gartraukius, kondicionavimo sistemų ortakius, vėsinimo vamzdynus, įvairias kitas talpas, cisternas, krovinines priekabas, šaldiklius ir t.t. Gaminys gali būti naudojamas esant – 60C iki + 250C temperatūroms, jos eksploatacijos trukmė daugiau nei 15 metų.

Šiltinamųjų medžiagų efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo storio: kuo storesnis šiltinamosios medžiagos storis, tuo geriau. Itin plono šilumos izoliatoriaus Korund termoizoliacinio sluoksnio storis svyruoja nuo 1 iki 6 mm, o papildomi sluoksniai beveik neįtakoja jo efektyvumui.

Skystos keraminės šilumą izoliuojančios medžiagos KORUND privalumai:

- Šiluminė varža esant 20°C $0,001 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$;
- Greita padengimo procedūra (lengvai ir greitai tepama teptuku, purškimo aparatu) sumažina darbo sąnaudas. Vieno sluoksnio visiškas išdžiūvimas 24 valandos;
- Galima naudoti ant bet kokios formos paviršiaus;
- Gali būti naudojama metaliniams, plastikiniams, betoniniams, plytiniais ir kitiems statybiniais paviršiams, taip pat gamybiniais įrenginiais, vamzdynams ir ortakiams;
- Atspari vandeniui ir vandeniniams druskų mišiniais. Padengimas užtikrina apsaugą nuo drėgmės, atmosferinių kritulių ir temperatūrų svyravimo poveikio;

- Yra izoliuojanti medžiaga, nepalaikanti degimo. Esant 260°C temperatūrai apanglėja, esant 800°C yra išskirdama anglies ir azoto monoksida, tai lėtina ugnies plėtimąsi;
- Ekologiška, netoksiška, sudėtyje neturi kenksmingų organinių dalelių.

1.4 Daugiabučių pastatų modernizavimas Lietuvoje

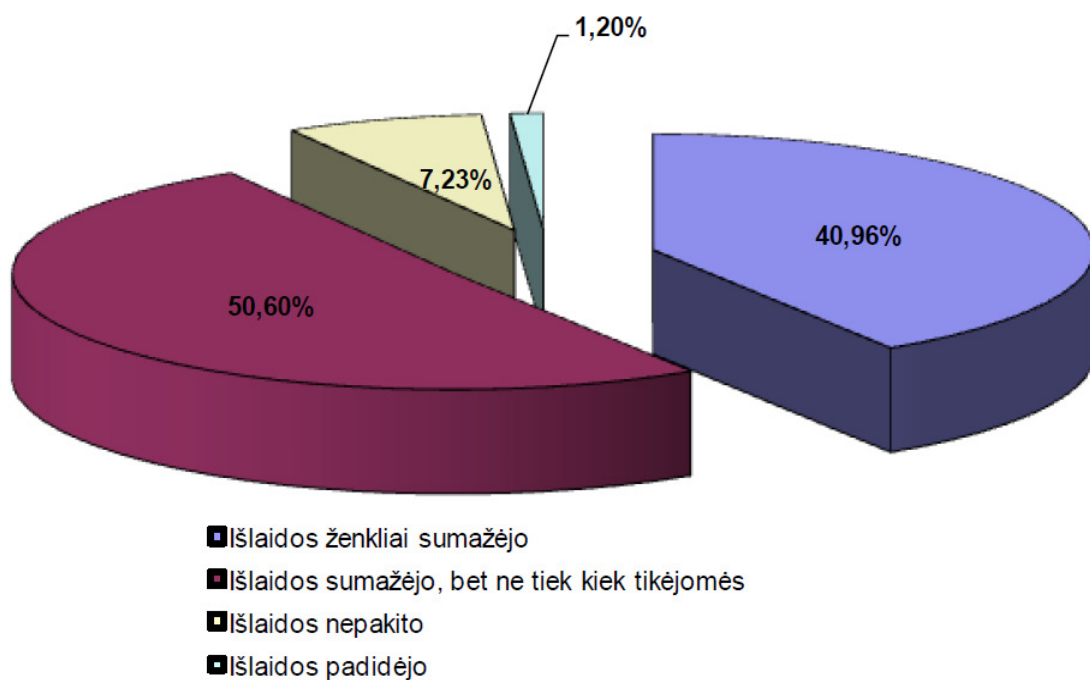
Lietuvoje iki 1993 m. yra pastatyta daugiau kaip 34 tūkst., t.y. apie 96 %, daugiabučių namų. Šiuo metu yra vykdoma daugiabučių namų atnaujinimo programa, pagal šią programą valstybės paramos, taip pat savivaldybių, ES struktūrinių fondų, gyventojų ir kitomis lėšomis siekiama iki 2020 m. atnaujinti apie 70 %, t.y. apie 24 tūkstančius pastatų. Daugiabučių namų renovacijos tikslas – sumažinti šildymo išlaidas, pagerinti gyventojų gyvenimo kokybę ir komfortą, taip pat pakelti būsto vertę.

Senos statybos namų atnaujinimas dėl prastos jų techninės būklės yra neišvengiamas. Populiariausios atnaujinimo priemonės yra išorės sienų šiltinimas, šildymo sistemos atnaujinimas, langų, balkonų durų keitimas, stogo atnaujinimas.

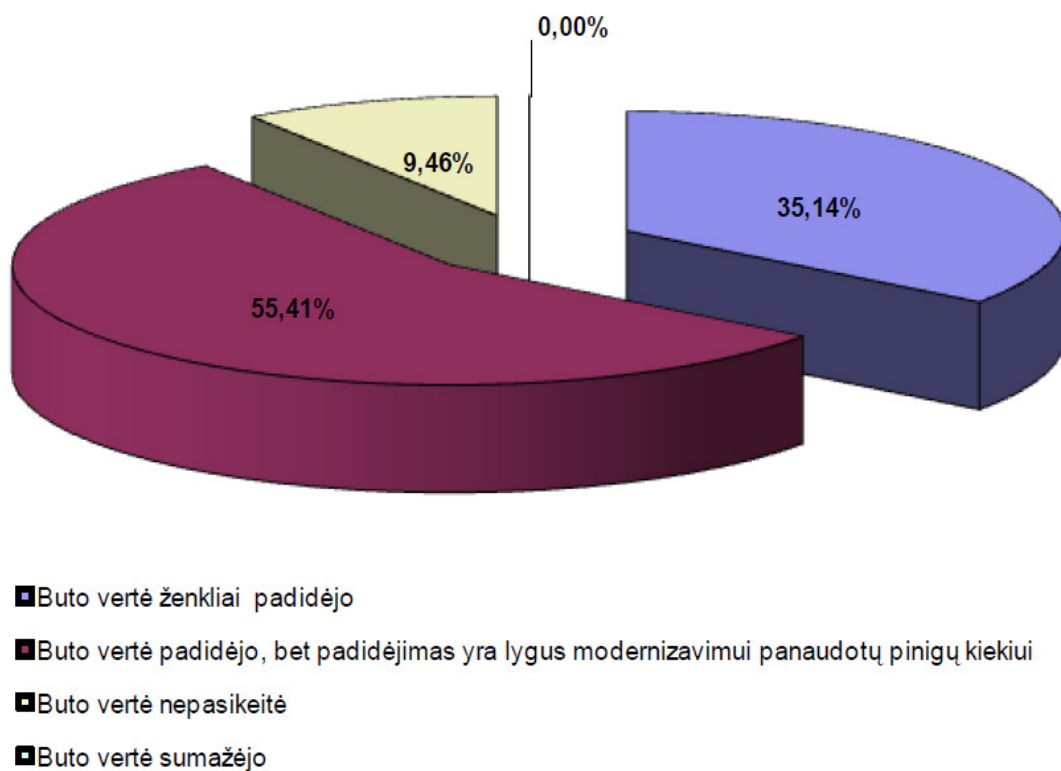
UAB „Miesto renovacija“ surengtoje apklausoje („Miesto renovacija“ 2010) dalyvavo 20-ies 2009 metais modernizuotų daugiabučių namų pirmininkai ir gyventojai skirtinguose Lietuvos miestuose. Tyrimo metu palyginus daugiabučių namų išlaidas patalpų šildymui prieš modernizavimą ir po jo, nustatyta, kad šilumos sąnaudos sumažėjo 42,1 %.

Pagal apklausos duomenis 50,6 % gyventojų mano, jog išlaidos šildymui sumažėjo, bet ne tiek, kiek tikėjosi, 40,96 % mano, kad išlaidos sumažėjo ženkliai, 7,23 % mano, kad išlaidos nepakito, o 1,2 % gyventojų teigia, kad išlaidos šildymui padidėjo (1.27 pav.).

Modernizuotų daugiabučių namų gyventojų paprašius įvertinti būsto kainą, nuomonės pasiskirstė taip (1.28 pav.): 55,41 % mano, kad buto vertė padidėjo, bet padidėjimas yra lygus modernizavimui panaudotų pinigų kiekiui, 35,14 % mano, kad buto vertė ženkliai padidėjo, 9,46 % teigia, kad buto vertė nepakito.



1.27 pav. Išlaidų šildymui pokytis po daugiabučio modernizavimo („Miesto renovacija“ 2010)



1.28 pav. Gyventojų nuomonė apie buto vertės pokytį po modernizavimo („Miesto renovacija“ 2010)

2. SKAIČIUOJAMOJO MODELIO FORMAVIMAS

2.1 Nagrinėjamų objektų pasirinkimas

Daugiabučių namų atitvarų gerinimo galimybių analizei pasirinkti 4 pastatai, dalyvaujantys „Eco-Life“ projekte, t.y. Vilniaus g. 12, Vilniaus g. 8, Pušyno g. 15 ir Pušyno g. 5. Pastatų lokalizacija žemėlapyje pateikta 2.1–2.2 paveiksluose.



2.1 pav. Daugiabučių gyvenamųjų namų Vilniaus g. 8, Vilniaus g. 12 Birštone lokalizacija žemėlapyje



2.2 pav. Daugiabučių gyvenamųjų namų Pušyno g. 13, Pušyno g. 15, Birštone lokalizacija žemėlapyje

Daugiabutis gyvenamasis namas Vilniaus g. 12, Birštone

Gyvenamasis namas 4 aukštų, 48 butų pastatytas 1979 m. Vilniaus g. 12, Birštone.

Rūsio laikančios sienos sumontuotos iš blokų 30 – 40 cm. Fasado konstrukcijos - 35 cm ir 51 cm geltonų plytų mūras. Stogas sutapdintas, dengtas ritinine danga. Mediniai langai nusidėvėję, nesandarūs.

Pastatas prijungtas prie miesto centralizuotų šilumos tinklų, įrengta vienvamzdė vertikali apatinio paskirstymo šildymo sistema. Pastato vėdinimas vyksta natūraliu būdu, oras į patalpas patenka neorganizuotai, per langų, sienų ir kitus konstrukcinius plyšius. Oro ištraukimas yra natūralus, iš virtuvių, tualetų ir vonių per vidinėse sienose įrengtus kanalus.

Pastato pagrindiniai įėjimai orientuoti į rytus, balkonai – vakarus. Pastato bendrieji rodikliai pateikti 2.1 lentelėje, fasadai pateikti 2.3-2.4 paveiksluose.

2.1 lentelė Vilniaus g. 12 namo bendrieji rodikliai

Eilės Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis, vnt.	Pastabos
1.	Bendrieji rodikliai			
1.1.	Butų skaičius	vnt.	48	
1.2.	Butų naudingasis plotas	m ²	1668,66	
1.5.	Pastato bendrasis plotas	m ²	3054,59	
1.6.	Pastato naudingasis plotas	m ²	2407,51	
1.8.	Rūsio plotas	m ²	641,79	
2.	Sienos (nurodyti konstrukciją)			
2.1.	Fasadinių sienų plotas (atėmus langų ir kt. angų plotą)	m ²	1726,33	Plytų mūras
2.2.	Fasadinių sienų šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,44 1,22 1,8 1,53	Skersinės be balkonų Skersinės su balkonu Išilginės be balkonų Išilginės su balkonu
3.	Stogas			
3.1.	Stogo dangos plotas	m ²	820,36	
3.2.	Stogo šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,02	
4.	Langai ir laukinės durys			
4.1.	Butų ir kitų patalpų langų skaičius	vnt.	202	
4.2.	Butų ir kitų patalpų langų plotas	m ²	604,26	
5.	Rūsiai ir cokolis			
5.1.	Rūsio perdangos plotas	m ²	641,79	
1	2	3	4	5
5.2.	Rūsio perdangos šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,22	
5.3.	Cokolio plotas (reikalingas apšiltinti)	m ²	408,66	Skaičiuojant reikalingą apšiltinti cokolio plotą priimtas šiltinimo įgilinimas 0,6 m
5.4.	Cokolio šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	-	



2.3 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 12, Birštone rytinio fasado fragmentai



2.4 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 12, Birštone vakarinio fasado fragmentai

Daugiabutis gyvenamasis namas Vilniaus g. 8, Birštone

Gyvenamasis namas 4 aukštų, 28 butų pastatytas 1973 m. Vilniaus g. 8, Birštone.

Rūsio laikančios sienos sumontuotos iš blokų 30 – 40 cm. Fasado konstrukcijos - 35 cm ir 51 cm geltonų plytų mūras. Stogas sutapdintas, dengtas ritinine danga. Mediniai langai nusidėvėję, nesandarūs.

Pastatas prijungtas prie miesto centralizuotų šilumos tinklų, įrengta vienvamzdė vertikali apatinio paskirstymo šildymo sistema. Pastato vėdinimas vyksta natūraliu būdu, oras į patalpas patenka neorganizuotai, per langų, sienų ir kitus konstrukcinius plyšius. Oro ištraukimas yra natūralus, iš virtuvių, tualetų ir vonių per vidinėse sienose įrengtus kanalus.

Pastato pagrindiniai įėjimai orientuoti į šiaurę, balkonai – į pietus. Pastato bendrieji rodikliai pateikti 2.2 lentelėje, fasadai pateikti 2.5-2.8 paveiksluose.

2.2 lentelė Vilniaus g. 8 namo bendrieji rodikliai

Eilės Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis, vnt.	Pastabos
1.	Bendrieji rodikliai			
1.1.	Butų skaičius	vnt.	28	
1.2.	Butų naudingasis plotas	m ²	952,64	
1.5.	Pastato bendrasis plotas	m ²	1747,47	
1.6.	Pastato naudingasis plotas	m ²	1359,16	
1.8.	Rūsio plotas	m ²	388,31	
2.	Sienos (nurodyti konstrukciją)			
2.1.	Fasadinių sienų plotas (atėmus langų ir kt. angų plotą)	m ²	1113,65	Plytų mūras
2.2.	Fasadinių sienų šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,44 1,22 1,52 1,29	Skersinės be balkonų Skersinės su balkonų Išilginės be balkonų Išilginės su balkonų
3.	Stogas			
3.1.	Stogo dangos plotas	m ²	499,44	
3.2.	Stogo šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	0,88	
4.	Langai ir laukinės durys			
4.1.	Butų ir kitų patalpų langų skaičius	vnt.	100	
4.2.	Butų ir kitų patalpų langų plotas	m ²	374,1	
5.	Rūsiai ir cokolis			
5.1.	Rūsio perdangos plotas	m ²	388,31	
5.2.	Rūsio perdangos šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,13	
5.3.	Cokolio plotas (reikalingas apšiltinti)	m ²	219,5	Skaičiuojant reikalingą apšiltinti cokolio plotą priimtas šiltinimo įgilinimas 0,6 m
5.4.	Cokolio šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	-	



2.1 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 8, Birštone šiaurinio fasado fragmentas



2.2 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 8, Birštone vakarinis fasadas



2.3 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 8, Birštone pietinio fasado fragmentas



2.4 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo Vilniaus g. 8, Birštone rytinio fasado fragmentas

Daugiabutis gyvenamasis namas Pušyno g. 15, Birštone

Gyvenamasis namas 2 aukštų su mansarda, 13 butų pastatytas 1980 m. Pušyno g. 15, Birštone.

Išorinės atitvaros konstrukcija – 38 cm keraminės plytos. Plytų mūras netinkuotų baltų apdailos plytų, tinkuota tik cokolinė sienos dalis, dalis fasado uždengta apdailinėmis lentomis. Stogo konstrukcija dvišlaitė, įrengta iš keraminių čerpių. Stogo danga nusidėvėjusi, neapskardinti vėdinimo kaminai, neatstatyti lietvamzdžiai ir stogloviai. Mediniai langai nusidėvėję, nesandarūs.

Pastatas prijungtas prie miesto centralizuotų šilumos tinklų, įrengta vienvamzdė vertikali apatinio paskirstymo šildymo sistema. Pastato vėdinimas vyksta natūraliu būdu, oras į patalpas patenka neorganizuotai, per langų, sienų ir kitus konstrukcinius plyšius. Oro ištraukimas yra natūralus, iš virtuvių, tualetų ir vonių per vidinėse sienose įrengtus kanalus.

Pastato pagrindiniai įėjimai orientuoti į šiaurę, balkonai – į pietus. Pastato bendrieji rodikliai pateikti 2.3 lentelėje, fasadai pateikti 2.9-2.12 paveiksluose.

2.2 lentelė Pušyno g. 15 namo bendrieji rodikliai

Eilės Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis, vnt.	Pastabos
1.	Bendrieji rodikliai			
1.1.	Butų skaičius	vnt.	13	
1.2.	Butų naudingasis plotas	m ²	317,49	
1.5.	Pastato bendrasis plotas	m ²	886,45	
1.6.	Pastato naudingasis plotas	m ²	614,79	
1.8.	Rūsio plotas	m ²	218,56	
2.	Sienos			
2.1.	Fasadinių sienų plotas (atėmus langų ir kt. angų plotą)	m ²	524,55	Plytų mūras
2.2.	Fasadinių sienų šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,32 1,12 1,32 1,12	Skersinės be balkonų Skersinės su balkonų Išilginės be balkonų Išilginės su balkonų
3.	Stogas			
3.1.	Stogo dangos plotas	m ²	484,5	
3.2.	Stogo šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,22	
4.	Langai ir laukinės durys			
4.1.	Butų ir kitų patalpų langų skaičius	vnt.	37	
4.2.	Butų ir kitų patalpų langų plotas	m ²	120,25	
5.	Rūsiai ir cokolis			
5.1.	Rūsio perdangos plotas	m ²	218,56	
5.2.	Rūsio perdangos šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,21	
5.3.	Cokolio plotas (reikalingas apšiltinti)	m ²	96,54	Skaičiuojant reikalingą apšiltinti cokolio plotą priimtas šiltinimo įgilinimas 0,6 m
5.4.	Cokolio šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	-	



2.9 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo
Pušyno g. 15, Birštone šiaurinis fasadas



2.10 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo
Pušyno g. 15, Birštone pietinis fasadas



2.11 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo
Pušyno g. 15, Birštone vakarinis fasadas



2.12 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo
Pušyno g. 15, Birštone rytinis fasadas

Daugiabutis gyvenamasis namas Pušyno g. 13, Birštone

Gyvenamasis namas 2 aukštų su mansarda, 12 butų pastatytas 1983 m. Pušyno g. 13, Birštone.

Išorinės atitvaros konstrukcija – 38 cm keraminės plytos. Plytų mūras netinkuotų raudonų ir baltų apdailos plytų, tinkuota tik cokolis. Stogo konstrukcija dvišlaitė, įrengta iš keraminių čerpių. Neapskardinti vėdinimo kaminai, neatstatyti lietvamzdžiai ir stogloviai. Mediniai langai nusidėvėję, nesandarūs.

Pastatas prijungtas prie miesto centralizuotų šilumos tinklų, įrengta vienvamzdė vertikali apatinio paskirstymo šildymo sistema. Pastato vėdinimas vyksta natūraliu būdu, oras į patalpas patenka neorganizuotai, per langų, sienų ir kitus konstrukcinius plyšius. Oro ištraukimas yra natūralus, iš virtuvių, tualetų ir vonių per vidinėse sienose įrengtus kanalus.

Pastato pagrindiniai įėjimai orientuoti į šiaurę, balkonai – į pietus. Pastato bendrieji rodikliai pateikti 2.2 lentelėje, fasadai pateikti 2.5-2.8 paveiksluose.

2.4 lentelė Pušyno g. 13 namo bendrieji rodikliai

Eilės Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis, vnt.	Pastabos
1.	Bendrieji rodikliai			
1.1.	Butų skaičius	vnt.	12	
1.2.	Butų naudingasis plotas	m ²	298,99	
1.5.	Pastato bendrasis plotas	m ²	819,3	
1.6.	Pastato naudingasis plotas	m ²	552,83	
1.8.	Rūsio plotas	m ²	226,51	
2.	Sienos			
2.1.	Fasadinių sienų plotas (atėmus langų ir kt. angų plotą)	m ²	437,31	Plytų mūras
2.2.	Fasadinių sienų šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,56 1,33 1,56 1,33	Skersinės be balkonų Skersinės su balkonu Išilginės be balkonų Išilginės su balkonu
3.	Stogas			
3.1.	Stogo dangos plotas	m ²	481,2	
3.2.	Stogo šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,9	
4.	Langai ir laukinės durys			
4.1.	Butų ir kitų patalpų langų skaičius	vnt.	35	
4.2.	Butų ir kitų patalpų langų plotas	m ²	116,95	
5.	Rūsiai ir cokolis			
5.1.	Rūsio perdangos plotas	m ²	226,51	
5.2.	Rūsio perdangos šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	1,15	
5.3.	Cokolio plotas (reikalingas apšiltinti)	m ²	160,26	Skaičiuojant reikalingą apšiltinti cokolio plotą priimtas šiltinimo įgilinimas 0,6 m
5.4.	Cokolio šilumos perdavimo koeficientas	W/m ² K	-	



2.13 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo
Pušyno g. 13, Birštone pietinis fasadas



2.14 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo
Pušyno g. 13, Birštone šiaurinis fasadas



2.15 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo
Pušyno g. 13, Birštone vakarinis fasadas



2.16 pav. Daugiabučio gyvenamojo namo
Pušyno g. 13, Birštone rytinis fasadas

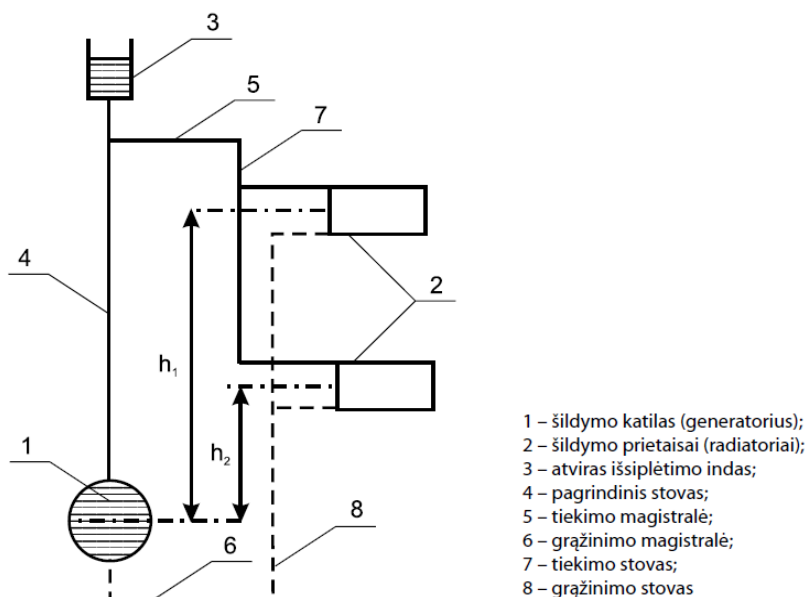
2.2 Šilumos taupymo alternatyvos daugiabučiuose pastatuose

Ne taip seniai būsto šildymui buvo naudojami pastatuose įrengti vietiniai šilumos gamybos įrenginiai, dažniausiai tai būdavo krosnys. Šiuo metu naujuose daugiaaukščiuose namuose krosnys jau neįrenginėjamos, nebent mažuose iki 2 aukštų gyvenamuosiuose namuose dar galima jų aptikti (ypač kaimo vietovėse).

Modernesnis už krosnį šilumos aprūpinimo būdas gyvenamuosiuose namuose yra vandeninė šildymo sistema, tiekiant karštą vandenį į šildymo prietaisus. Šis vanduo paruošiamas specialiomis

priemonėmis ir vadinamas „šilumnešiu“. Jis transportuoja šilumą į pastatus iš šilumos šaltinio visą šildymo sezoną nuolatos, be pertraukų, o ją atidavęs grąžinamas atgal į šilumos šaltinį (tam reikalingi du nepriklausomi vamzdynai – tiekimo ir grąžinimo). Kai patalpose įrengta natūralios cirkuliacijos vandeninė šildymo sistema (2.9 pav.), šilumnešį sistemoje priverčia judėti vandens savybė keisti savo tankį esant skirtingoms temperatūroms: atvėsusį vandenį radiatoriuose pakeičia naujas karštesnis termofikacinis vanduo, pašildytas šilumos gamybos šaltinyje deginant kurą, kadangi aukštesnės temperatūros vanduo kyla į viršų, o žemesnės leidžiasi, – sistemoje vyksta cirkuliacija. Ši sistema turi nemažai trūkumų: veikimo spindulys yra tik iki 30 metrų, vamzdynų skersmenys turi būti didesni ir būtina išlaikyti nuolydžius. Todėl natūralios cirkuliacijos šildymo sistema daugiabučiuose, aprūpinamuose šiluma centralizuotai, nenaudojama.

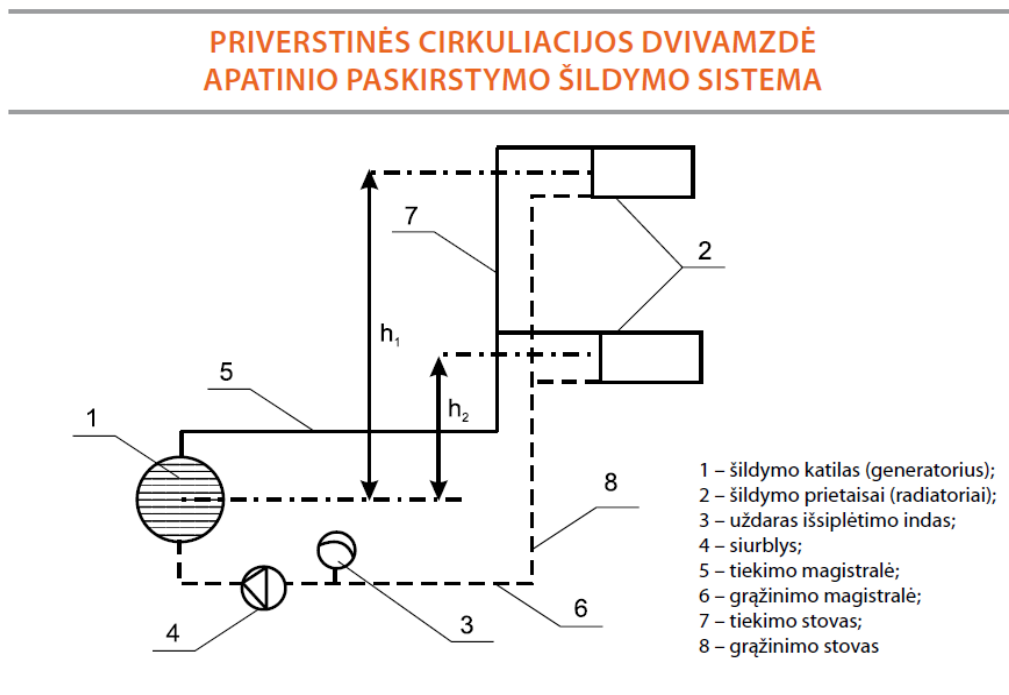
NATŪRALIOS CIRKULIACIJOS DVIVAMZDĖ VIRŠUTINIO PASKIRSTYMO ŠILDYMO SISTEMA



2.17 pav. Natūralios cirkuliacijos dvivamzdė viršutinio pasiskirstymo šildymo sistema (Lietuvos... 2011)

Priverstinės cirkuliacijos šildymo sistema (2.10 pav.) pasaulyje, o kartu ir Lietuvoje pradėta naudoti, kai didėjant gyventojų skaičiui, vystantis ūkiui ir technologijoms pradėti statyti vis aukštesni pastatai, kurių aprūpinti šiluma nei naudojant krosnį, nei įdiegus natūralios cirkuliacijos šildymo sistemą nebuvo galimybės. Be to, dėl efektyvaus energijos vartojimo ir nuolat brangstančio bei senkančio iškastinio kuro išteklių atsirado būtinybė apskaityti suvartotos šilumos kiekį pastatuose ir už jį atsiskaityti. Šilumos skaitiklis turi įvertinti ir apdoroti ne tik per juos pratekančio

šilumnešio debitą, bet ir temperatūrų skirtumą tarp įtekančio ir grįžtančio termofikacinio vandens. Skaitikliui siųsti signalai patenka į elektroninį bloką, kuriame perskaičiuojami į debitą. Pratekėjusio šilumnešio tūris skaičiuojamas integruojant momentines debito reikšmes. Tuo pat metu tiekiamo ir grąžinamo šilumnešio temperatūros matuojamos temperatūros jutikliais, iš jų informacija patenka į elektroninį bloką. Šiame bloke pagal debitą ir temperatūras apskaičiuojamas sunaudotos šilumos kiekis. Dėl šių sudėtingų duomenų kaupimo ir apdorojimo veiksmų šilumos apskaitos prietaisai yra labai brangūs.



2.18 pav. Priverstinės cirkuliacijos dvivamzdė apatinio pasiskirstymo šildymo sistema (Lietuvos... 2011)

Naujai statomuose daugiabučiuose gyvenamuosiuose namuose montuojamos kolektorinės vidaus šildymo sistemos, kurios suteikia galimybę kiekvienam daugiabučio gyvenamojo namo butui įrengti šilumos apskaitos prietaisus, reguliuoti šilumos kiekį butui, taip pat leidžia ištikus avarijai ar per remontą išjungti bet kurio vieno buto šildymo sistemą. Šilumos apskaitos prietaisų keitimas ir šilumos reguliavimas bute neturi įtakos kaimyninių butų šildymo kokybei, į visus radiatorius tiekiamo vandens temperatūra yra vienoda, o patiektas šilumos kiekis šilumos skaitikliu apskaitomas kiekviename bute. Todėl buto šeimininkas gali reguliuoti ir atsiskaityti tik už šilumą, suvartotą jo bute. Šilumos apskaita daugiabučių butams ekonomiškai pasiteisina naujai statomuose

arba kompleksiskai renovuojamuose (modernizuojamuose) namuose, tik jokių būdu ne senuose nerenovuotuose (nemodernizuotuose) (Lietuvos... 2011).

2.3 Šilumos taupymo paketo formavimas

Pastatų modernizacijai sudaryti trys paketai: standartinis, vidutinis ir maksimalus. Kiekvieną paketą sudaro siūlomi pastato šiltinimo sprendimai sienoms, cokoliui, stogui, rūšio perdangai bei numatomas balkonų įstiklinimas, nauji langai ir laiptinių lauko durys. Paketai pateikti 2.5-2.7 lentelėse.

2.5 lentelė Standartinis energijos taupymo priemonių paketas

Eil. Nr.	Konstrukcija	Aprašymas	Projektinis šilumos laidumo perdavimo koeficientas U
1	Sienos	Šiltinamos pilkuoju polistireniniu putplasčiu („NEOPORAS 70“ šilumos laidumas $\lambda_D = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) 120 mm storio ir tinkuoti plonasluoksniu tinku.	$0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Cokolis	Šiltinamas 80 mm storio polistireniniu putplasčiu EPS 100 (šilumos laidumas $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) įleidžiant 600 mm į gruntą.	$0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Langai	Keičiami naujais sudviejų kamerų stiklo paketais, užpildytais dujomis ir įstiklintais 2 selektyviniais stiklais.	$1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
4	Balkonai	Stiklinami berėme stiklo konstrukcija	$1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	Stogas	Paklojamas 120 mm storio apatinis polistireninio putplasčio EPS 80 (šilumos laidumas $\lambda_D = 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) Paklojama 30 mm storio viršutinė kietą mineralinės vatos („Paroc ROS30“ $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) plokštė ir prilydoma 2-jų sluoksnių ritininė hidroizoliacijos danga.	$0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	Išorinės lauko laiptinių durys	-	$1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.
7	Rūšio perdanga	Rūsyje prie perdangos tvirtinama 60 mm storio kietą mineralinę vatą (šilumos laidumas $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) ir aptaisoma gipskartonio plokštė.	$0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.6 lentelė Vidutinis energijos taupymo priemonių paketas

Eil. Nr.	Konstrukcija	Aprašymas	Projektinis šilumos laidumo perdavimo koeficientas U
1	Sienos	Šiltinamos pilkuoju polistireniniu putplasčiu („NEOPORAS 70” šilumos laidumas $\lambda_D = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) 160 mm storio ir tinkuoti plonasluoksniu tinku.	$0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Cokolis	Šiltinamas 80 mm storio polistireniniu putplasčiu EPS 100 (šilumos laidumas $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) įleidžiant 600 mm į gruntą.	$0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Langai	Keičiami naujais sudviųjų kamerų stiklo paketais, užpildytais dujomis ir ištiklintais 2 selektyviniais stiklais.	$1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
4	Balkonai	Stiklinami berėme stiklo konstrukcija	$1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	Stogas	Paklojamas 120 mm storio apatinis polistireninio putplasčio EPS 80 (šilumos laidumas $\lambda_D = 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) Paklojama 30 mm storio viršutinė kieta mineralinės vatos („Paroc ROS30“ $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) plokštė ir prilydoma 2-jų sluoksnių ritininė hidroizoliacijos danga.	$0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	Išorinės lauko laiptinių durys	-	$1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.
7	Rūsio perdanga	Rūsyje prie perdangos tvirtinama 60 mm storio kieta mineralinė vata (šilumos laidumas $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) ir aptaisoma gipskartonio plokštė.	$0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.7 lentelė Maksimalus energijos taupymo priemonių paketas

Eil. Nr.	Konstrukcija	Aprašymas	Projektinis šilumos laidumo perdavimo koeficientas U
1	2	3	4
1	Sienos	Šiltinamos pilkuoju polistireniniu putplasčiu („NEOPORAS 70” šilumos laidumas $\lambda_D = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) 230 mm storio ir tinkuoti plonasluoksniu tinku.	$0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Cokolis	Šiltinamas 80 mm storio polistireniniu putplasčiu EPS 100 (šilumos laidumas $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) įleidžiant 600 mm į gruntą.	$0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

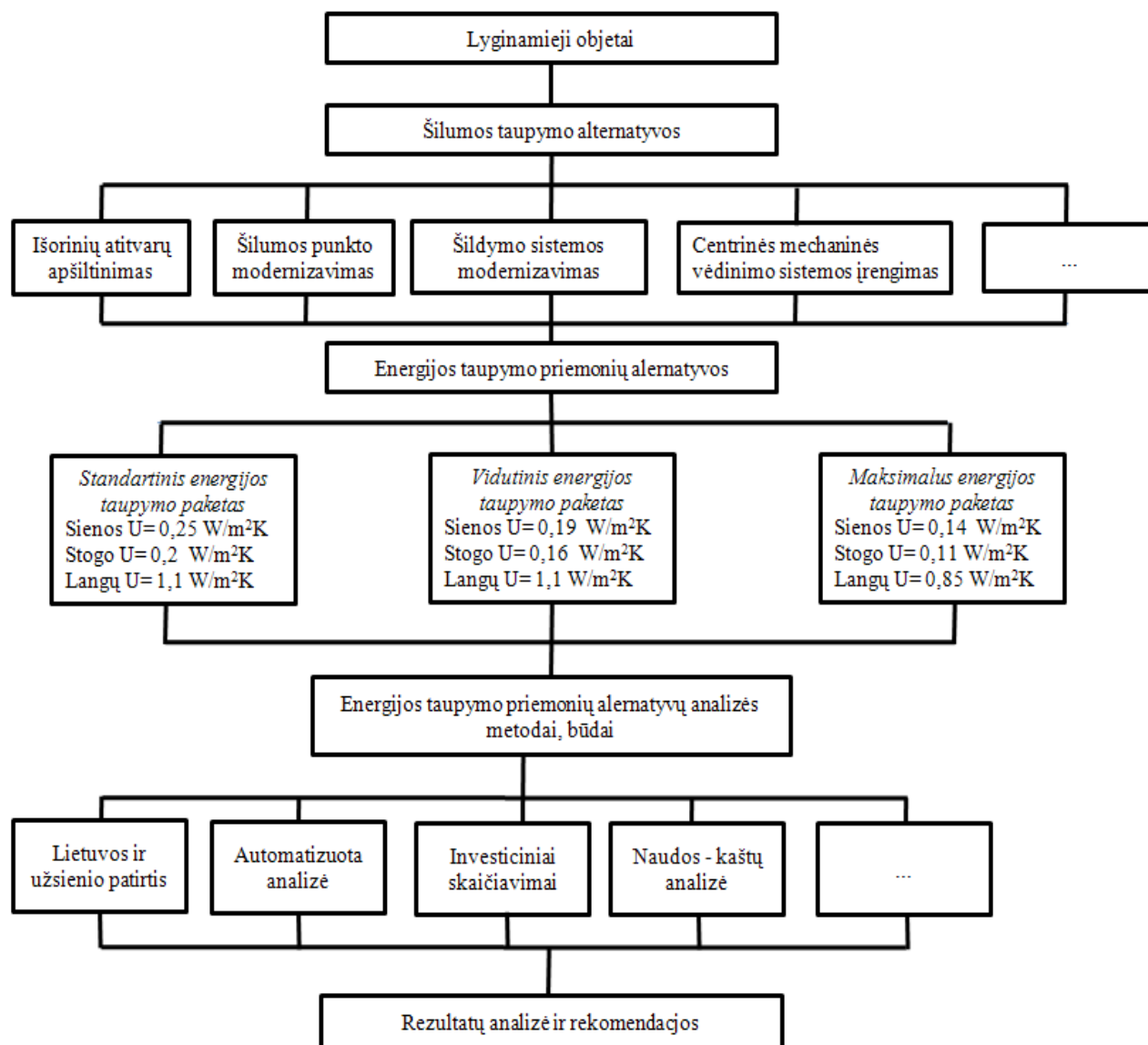
1	2	3	4
3	Langai	Keičiami naujais sudviejų kamerų stiklo paketais, užpildytais dujomis ir ištiklintais 2 selektyviniais stiklais.	0,85 W/m ² K
4	Balkonai	Stiklinami berėme stiklo konstrukcija	1,4 W/m ² K
5	Stogas	Paklojamas 120 mm storio apatinis polistireninio putplasčio EPS 80 (šilumos laidumas $\lambda D = 0,039$ W/(m·K)) Paklojama 30 mm storio viršutinė kieta mineralinės vatos („Paroc ROS30“ $\lambda D = 0,037$ W/(m·K)) plokštė ir prilydoma 2-jų sluoksnių ritininė hidroizoliacijos danga.	0,11 W/m ² K
6	Išorinės lauko laiptinių durys	-	1,60 W/m ² K.
7	Rūsio perdanga	Rūsyje prie perdangos tvirtinama 60 mm storio kieta mineralinė vata (šilumos laidumas $\lambda D = 0,037$ W/(m·K)) ir aptaisoma gipskartonio plokštė.	0,50 W/m ² K

2.4 Alternatyvų analizės modelis ir metodas

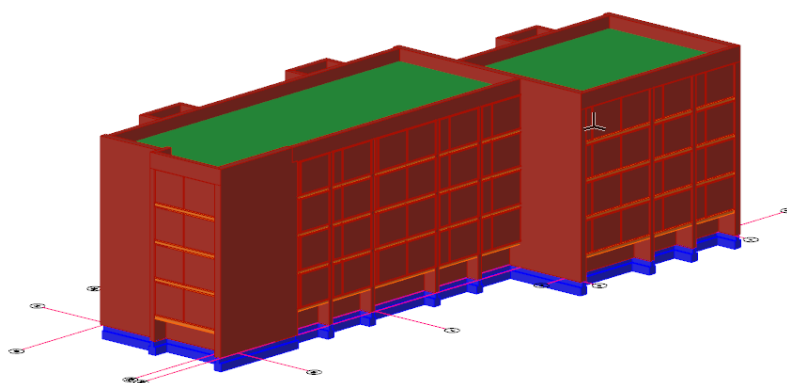
Siekiant nustatyti šilumos taupymo daugiabučiame pastate galimybes gerinant atitvarų charakteristikas sudaromas pagrindinis sprendimo modelis, kuris pavaizduotas 2.19 paveiksle.

Pasirinkta šilumos taupymo alternatyva – išorinių atitvarų apšiltinimas. Sukuriami 3 energijos taupymo paketai. Standartiniame energijos taupymo pakete pasiekiami gyvenamųjų pastatų norminės šilumos perdavimo koeficientų U_N vertės, vidutinis ir maksimalus energijos taupymo paketai yra su geresniais duomenimis, siekiant pasiekti pasyvaus namo standartą (sienų ir stogų U -vertė negali viršyti 0,15 W/m²K, langai negali viršyti šilumos pralaidumo koeficiento 0,80 W/(m²K)).

Šilumos taupymo paketų palyginimui sukuriama pastatų trimačiai modeliai ArchiCad14 programa. ArchiCAD - CAD programinis paketas sukurtas Graphisoft kompanijos (Vengrija) (Design... 2011). Programa yra skirta architektams bei interjero dizaineriams, taip pat plačiai naudojama konstruktorių bei inžinierių tarpe. EcoDesigner kartu su ArchiCAD programa pateikia virtualų pastato modelį energetinei projekto analizei.



2.19 pav. Sprendimo modelis



2.20 pav. Pastato 3D modelis, naudojamas energijos sąnaudų apskaičiavimams

Norint atlikti energetinę pastato analizę reikia suvesti informaciją:

Automatizuotas struktūros žymėjimas leidžia apibrėžti struktūros elementus, turėsiančius įtakos energijos sąnaudų apskaičiavimams. Pažymėti elementai yra vaizduojami atskiromis spalvomis tiek planuose, tiek trimačiame vaizde (2.20 pav.).

Vietovė ir paskirtis – įvedus numatytas geografines koordinates EcoDesigner internete pateikiamais duomenimis nustatomos konkrečios vietovės meteorologinės sąlygos (oro temperatūra, santykinė oro drėgmė, vėjo greitis, saulės aktyvumas).

Objekto padėtis – galima numatyti vėjo barjerus ar saulę atspindinčius objektus.

Pastato tipas – galima parinkti pastato tipą: lengvą konstrukciją, masyvus ar pan.

Vidaus šildymas ir norimos vidaus temperatūros nustatymas. Galima numatyti skirtingus šilumos režimus, atsižvelgiant į pastato paskirtį (mokyklos, ligoninės, gyvenamieji namai, biurai, gamybos pastatai ir t.t.).

Šešėlių įtaką – esant poreikiui, galima numatyti objektus, užstojančius saulės šviesą.

Konstrukcijos ir angos – U – reikšmės skaičiuoklė apskaičiuoja atitvaros šilumos perdavimo koeficientą paremtą supaprastintu algoritmu. EcoDesigner naudoja tikslų dinaminį skaičiavimo algoritmą, įvertinantį atskirų pastato konstrukcijos sluoksnių šiluminį laidumą skirtingu metų laiku. Pagal tai EcoDesigner apskaičiuoja galutinį energijos kiekio suvartojimą.

Inžinerinių tinklų sistemos – esamų inžinerinių tinklų sistemų informacija turį būti pateikta norint gauti kuo tikslesnius skaičiavimo duomenis. Taip pat gali būti įtraukta: ventiliacijos tipas, šildymo sistemos siurblių, saulės kolektorių, šildymo katilų, kondicionavimo sistemų ir kitos charakteristikos.

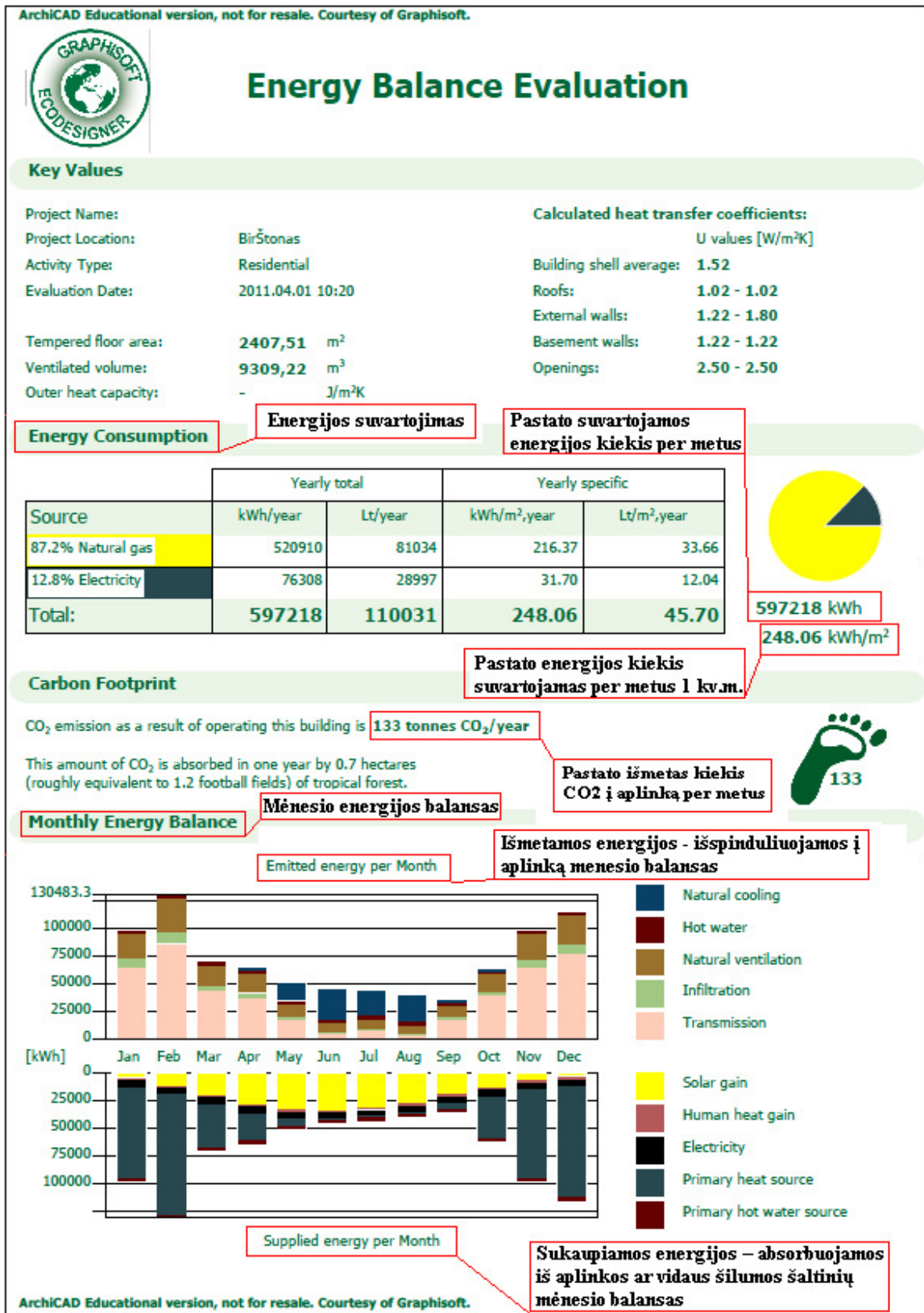
Sunaudojamo kuro kaina ir kiekiai gali būti apskaičiuojami įvedant kuro tipą ir vertę.

Suvedus reikalingą informaciją, EcoDesigner variklio StruSoft VIPCore Calculation Engine pagalba atliekami dinaminiai energetiniai skaičiavimai. Skaičiavimo rezultatai yra saugomi XML formatu (Disign... 2011).

Suvartojamos energijos balanso ataskaita pavaizduota 2.21 paveiksle. Energijos suvartojimo išsklotinės rezultatai yra pateikiami lentelių bei diagramų pavidalu. Energijos suvartojimas yra skaičiuojamas remiantis energijos panaudojimu (šildymas, šaldymas, apšvietimas ir pan.) bei energetiniais šaltiniais (dujos, nafta, anglis, malkos, elektra ir t.t.). Taip pat yra įtraukiamas ir atitvarų šilumos perdavimo koeficientas – U .

Aplinkos tarša, aplinkos teršimo rodikliai pateikiami remiantis anglies dvideginio išmetamo kiekio apskaičiavimais. Taip pat atsižvelgiama į tropinių miškų sugeriamą anglies dvideginio kiekį.

Mėnesio energijos balansas diagrama grafiškai pateikia pastato išmetamos energijos – išspinduliuojamos į aplinką (viršutinė juosta), bei pastato sukaupiamos energijos – absorbuojamos iš aplinkos ar vidaus šilumos šaltinių (apatinė juosta), mėnesio balansą.



2.21 pav. Suvartojamos energijos balanso ataskaita

2.5 Gautų rezultatų analizė ir suformuotų šilumos taupymo paketų palyginimas

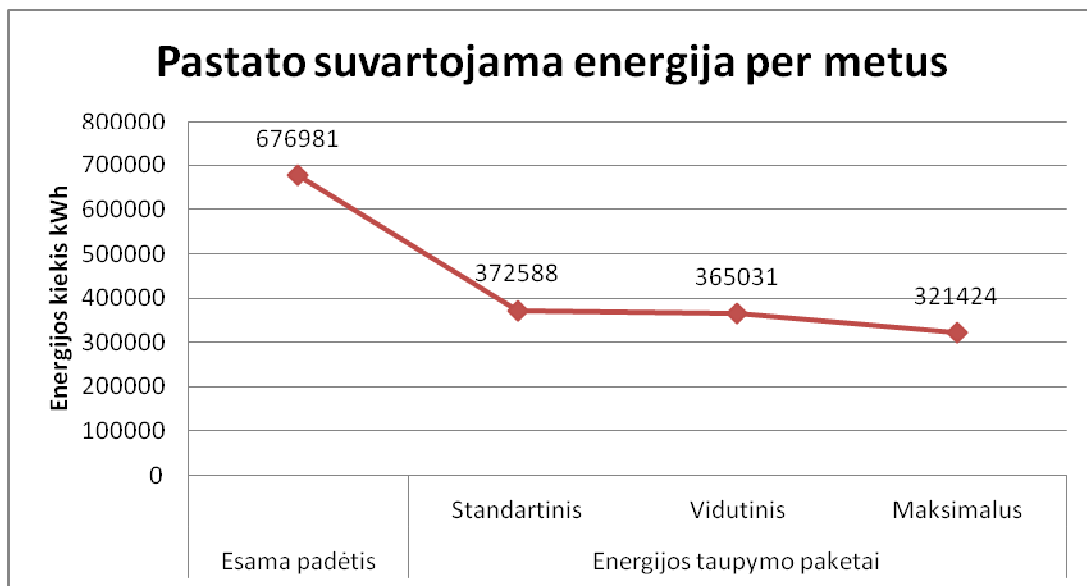
Kiekvienam pastatui gaunama suvartojamos energijos balanso ataskaita, kurioje pateikiama informacija apie pastato suvartojamą energiją šildymui, apšvietimui, CO₂ emisiją. Gauti rezultatai suvedami į Microsoft Excel programinį paketą, sukuriamos diagramos.

Visos pastatų suvartojamos energijos balanso ataskaitos pateikiamos A priede.

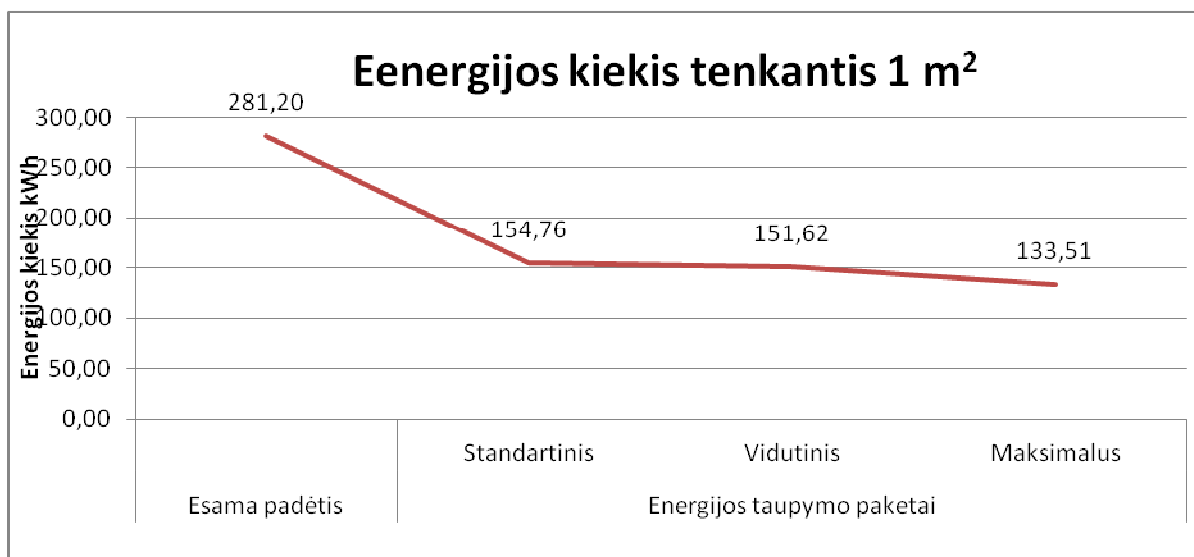
3. PASTATO ŠILUMOS TAUPYMO PASTATE GALIMYBIŲ ANALIZĖ

Atlikus skaičiavimus programos ArchiCad priedu EcoDesigner kiekvienam pastatui gautos suvartojamos energijos balanso ataskaitos pagal taikytus paketus. Rezultatai pateikiami 3.1-3.20 paveiksluose.

Daugiabučio namo, esančio Vilniaus g. 12, Birštone, rezultatų analizė

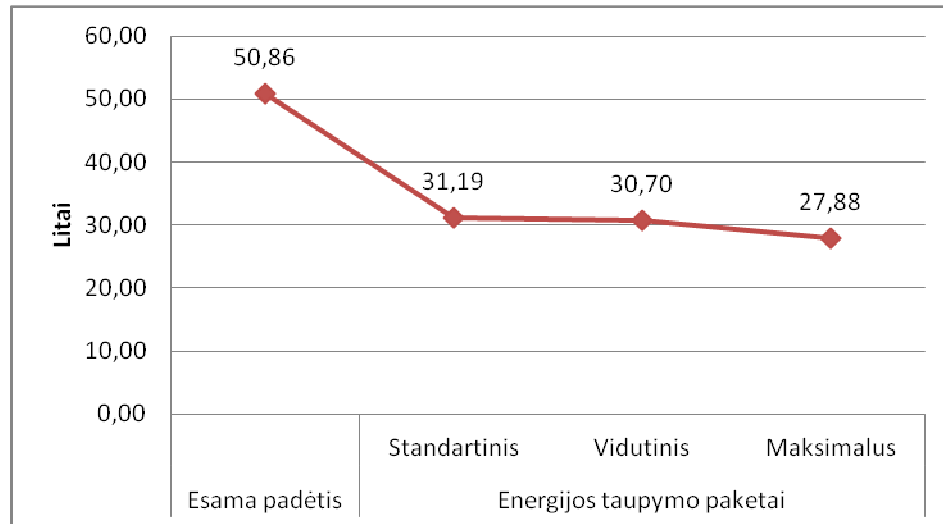


3.1 pav. Pastato suvartojama energija per metus (Vilniaus g. 12, Birštonas)



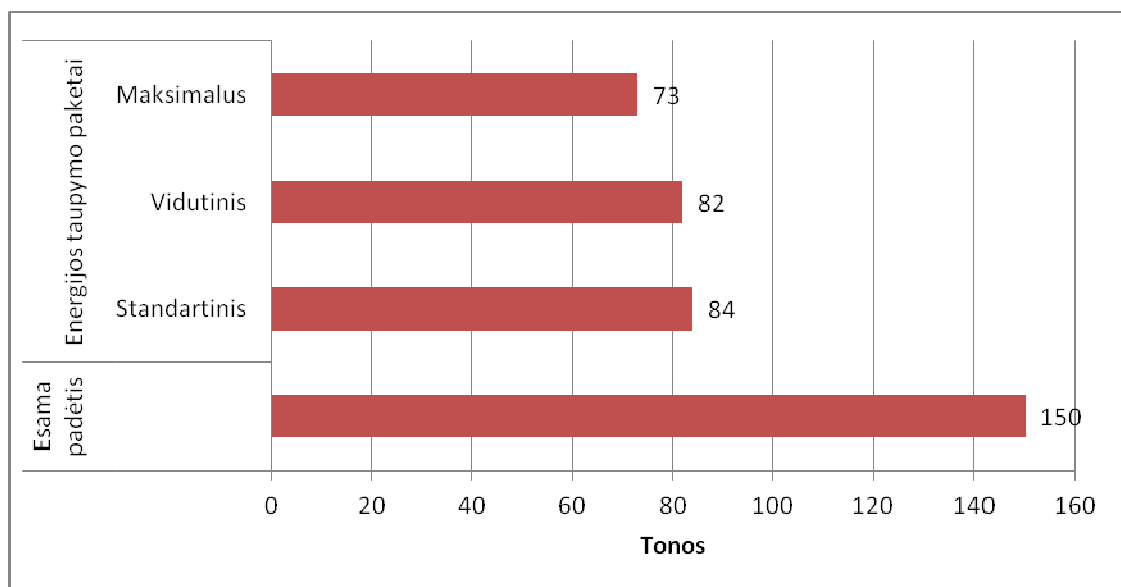
3.2 pav. Energijos kiekis, tenkantis 1 m² naudingo ploto (Vilniaus g. 12, Birštonas)

Apšiltinus pastatą energijos suvartojimas pastato šildymui žymiai sumažėja (3.1 pav.). Daugiausia energijos būtų sutaupoma, jeigu namą apšiltintų siūlomu maksimaliu paketu, energijos suvartojimas sumažėtų 52.52 %. Apšiltinus vidutiniu paketu sumažėja 46.08 %, apšiltinus standartiniu –44.96 %. Energijos kiekis tenkantis 1 m² naudingo ploto pateiktas 3.2 pav.



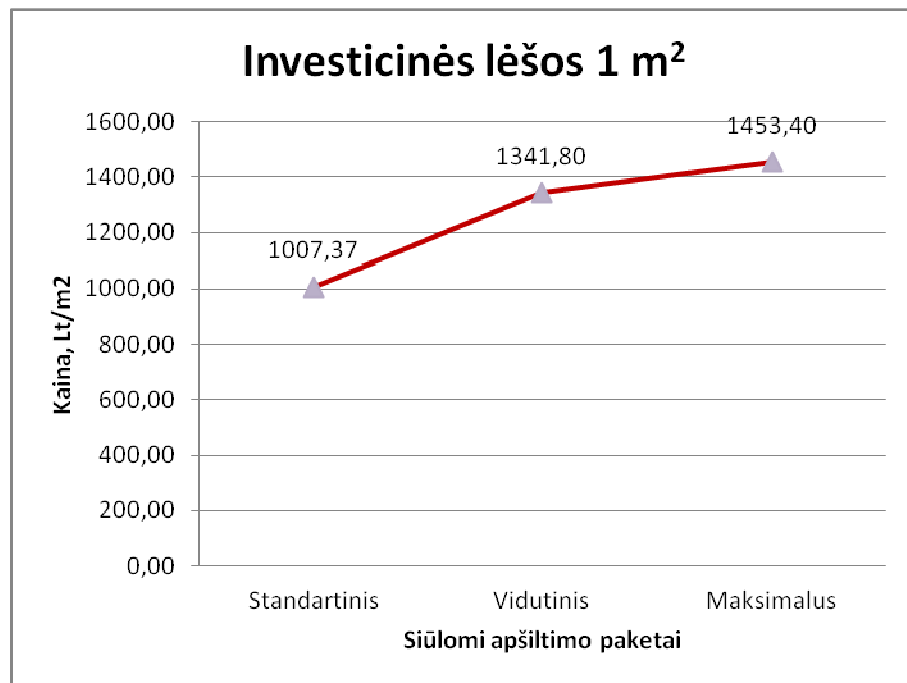
3.3 pav. Energijos kiekio kaina, tenkanti 1 m² naudingo ploto (Vilniaus g. 12, Birštonas)

Apšiltinus pastatą suvartojamos energijos kiekis sumažėja beveik dvigubai, todėl ir išlaikymo kaina sumažėja 1,8 karto, lyginant esamą padėtį su maksimaliu paketu. Pritaikius standartinę ar vidutinę paketą kaina sumažėja 1,6 karto (3.3 pav.).



3.4 pav. CO2 emisija (Vilniaus g. 12, Birštonas)

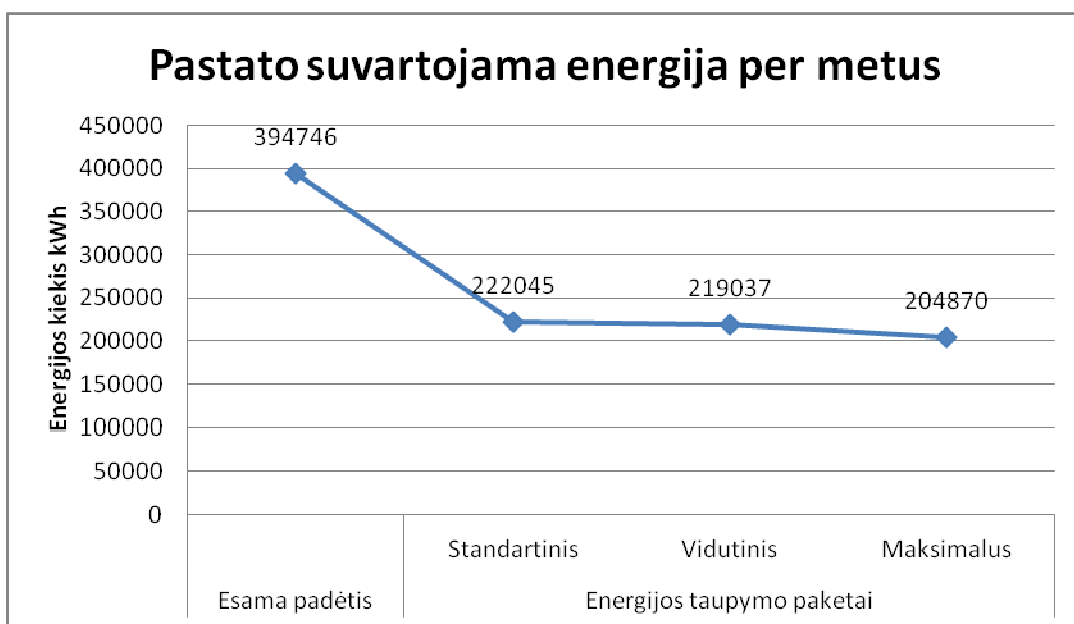
Pastatas per metus į aplinką CO₂ išmetama yra 150 t. Atlikus renovaciją ir pritaikius standartinį paketą CO₂ emisija sumažėtų 66 t, atlikus darbus pagal vidutinį paketą CO₂ emisija sumažėtų 68 t. Pastatui pritaikius maksimalų paketą CO₂ emisija sumažėtų 77 t., t.y. 51,3 % (3.4 pav.).



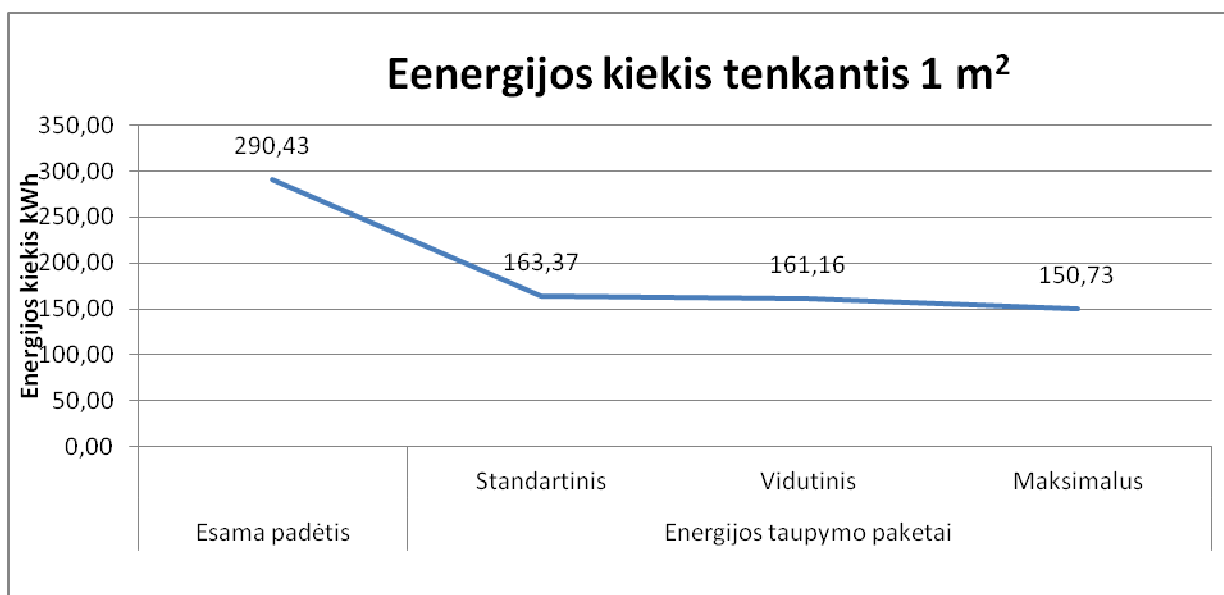
3.5 pav. Investicinės lėšos 1m² naudingo ploto (Vilniaus g. 12, Birštonas)

Įvertinus pastato apšiltinimo projekto parengimo, statybos techninės priežiūros, projekto administravimo, rangos darbų organizavimo, medžiagų ir darbo kainas, paskolos 20 metų 3 % metines palūkanas bei valstybės paramą (15 %) gaunama projekto galutinė suma. Investicijų kaina tenkanti 1m² naudingo ploto pateikta 3.5 paveiksle.

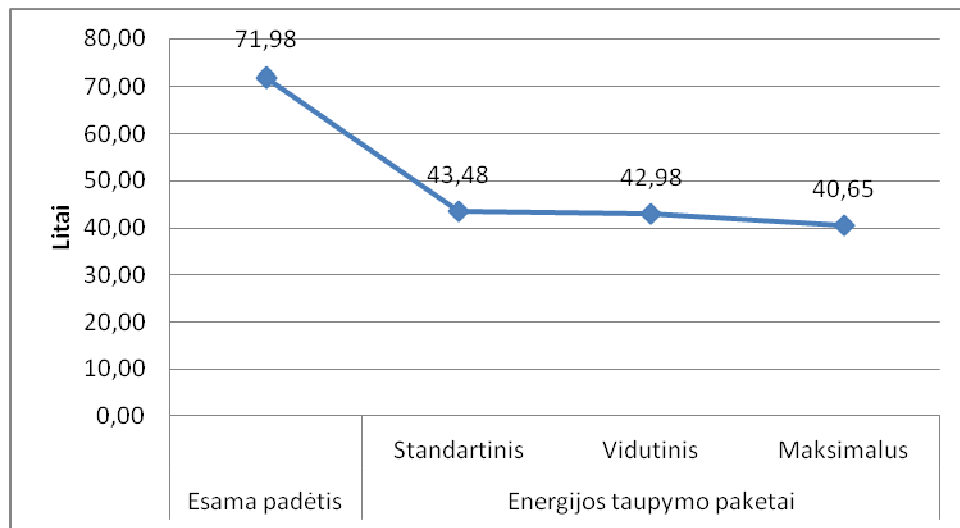
Daugiabučio namo, esančio Vilniaus g. 8, Birštone, rezultatų analizė



3.6 pav. Pastato suvartojama energija per metus (Vilniaus g. 8, Birštonas)

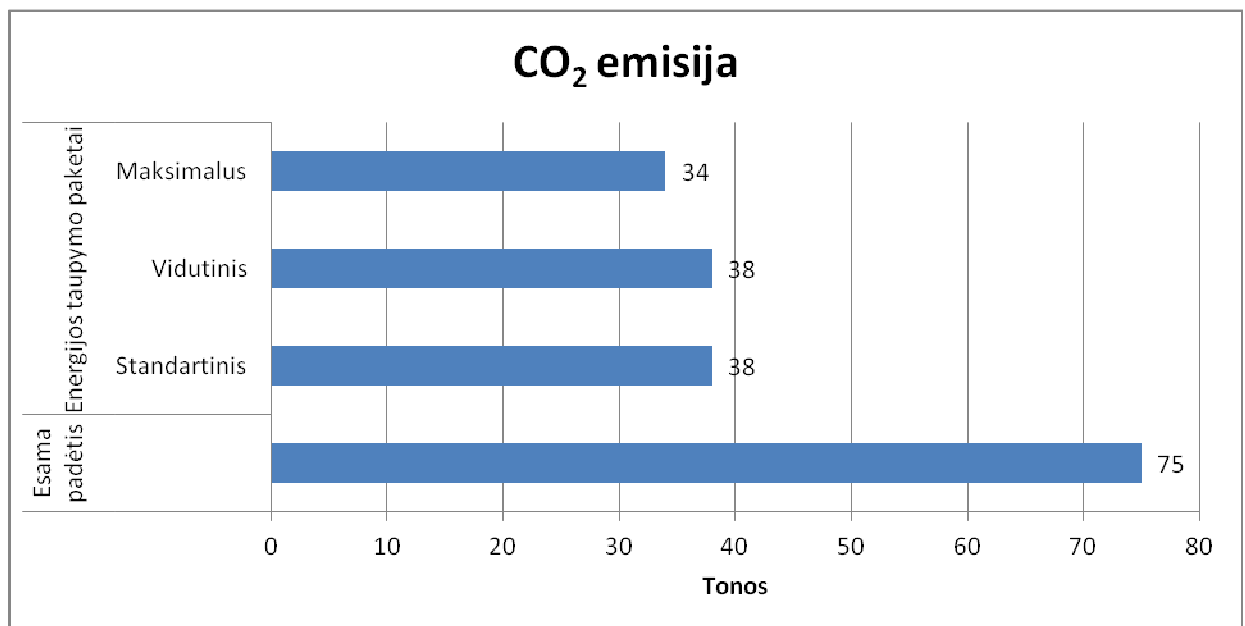
3.7 pav. Energijos kiekis, tenkantis 1 m² naudingo ploto (Vilniaus g. 8, Birštonas)

Daugiausia energijos būtų sutaupoma, jeigu namą apšiltintų siūlomu maksimaliu paketu, energijos suvartojimas sumažėtų 48,10 %. Apšiltinus vidutiniu paketu sumažėja 44,51 %, apšiltinus standartiniu paketu – 43,75 % (3.6 pav.). Energijos kiekis tenkantis 1 m² naudingo ploto pateiktas 3.7 paveiksle.



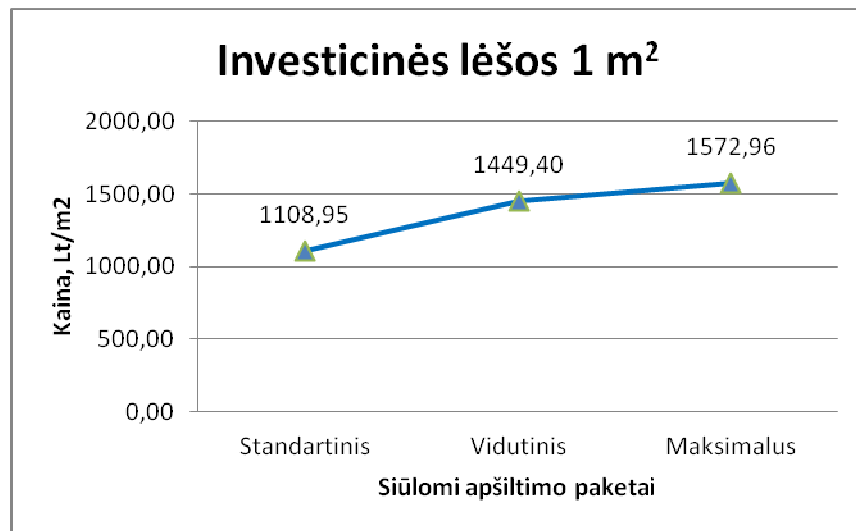
3.8 pav. Energijos kiekio kaina tenkanti 1 m² naudingo ploto (Vilniaus g. 8, Birštonas)

Apšiltinus pastatą suvartojamos energijos kiekis sumažėja apie 40 %, todėl ir išlaikymo kaina sumažėja 1,5 karto, lyginant esamą padėtį su maksimaliu paketu. Pritaikius standartinę ar vidutinę paketą kaina sumažėja 1,6 karto (3.8 pav.).



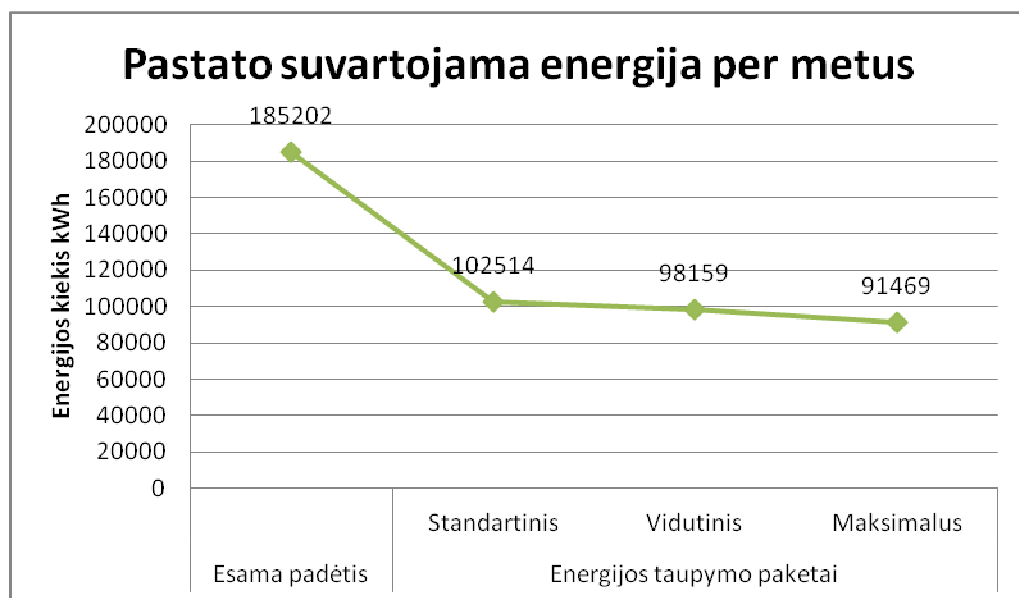
3.9 pav. CO₂ emisija (Vilniaus g. 8, Birštonas)

Pastatas per metus į aplinką CO₂ išmetama yra 75 t. Atlikus renovaciją ir pritaikius standartinę arba vidutinę paketą CO₂ emisija sumažėtų 37 t. Pastatui pritaikius maksimalų paketą CO₂ emisija sumažėtų 41 t., t.y. 45 % (3.9 pav.).

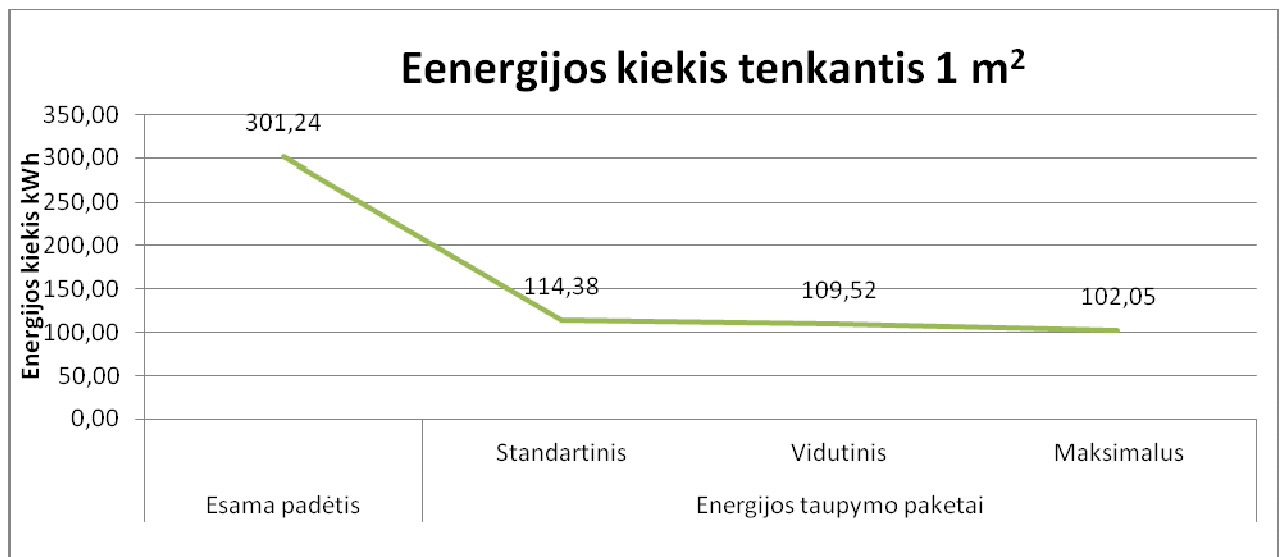
3.10 pav. Investicinės lėšos 1m² naudingo ploto (Vilniaus g. 8, Birštonas)

Įvertinus pastato apšiltinimo projekto parengimo, statybos techninės priežiūros, projekto administravimo, rangos darbų organizavimo, medžiagų ir darbo kainas, paskolos 20 metų 3 % metines palūkanas bei valstybės paramą (15 %) gaunama projekto galutinė suma. Investicijų kaina tenkanti 1m² naudingo ploto pateikta 3.10 paveiksle.

Daugiabučio namo, esančio Pušyno g. 15, Birštone, rezultatų analizė

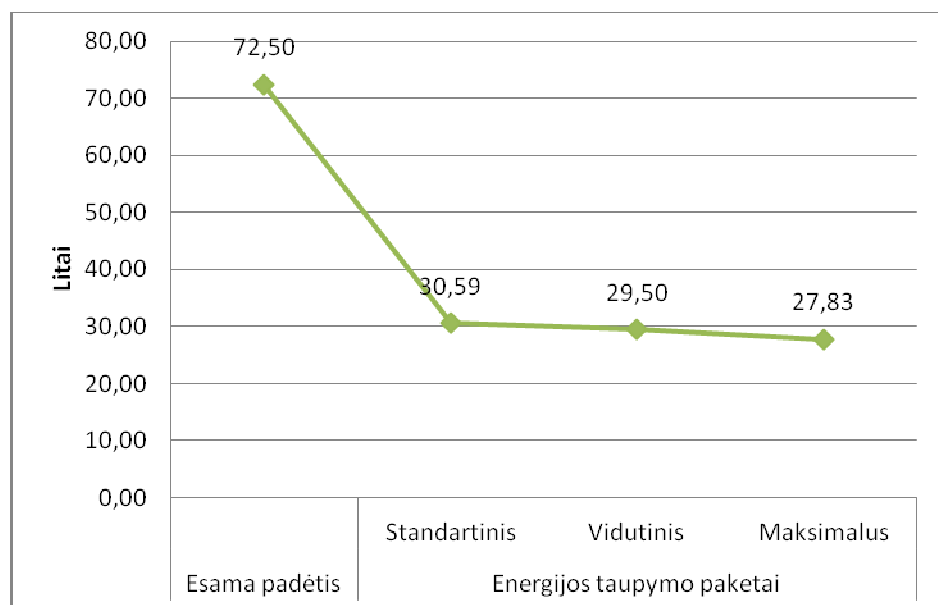


3.11 pav. Pastato suvartojama energija per metus (Pušyno g. 15, Birštonas)



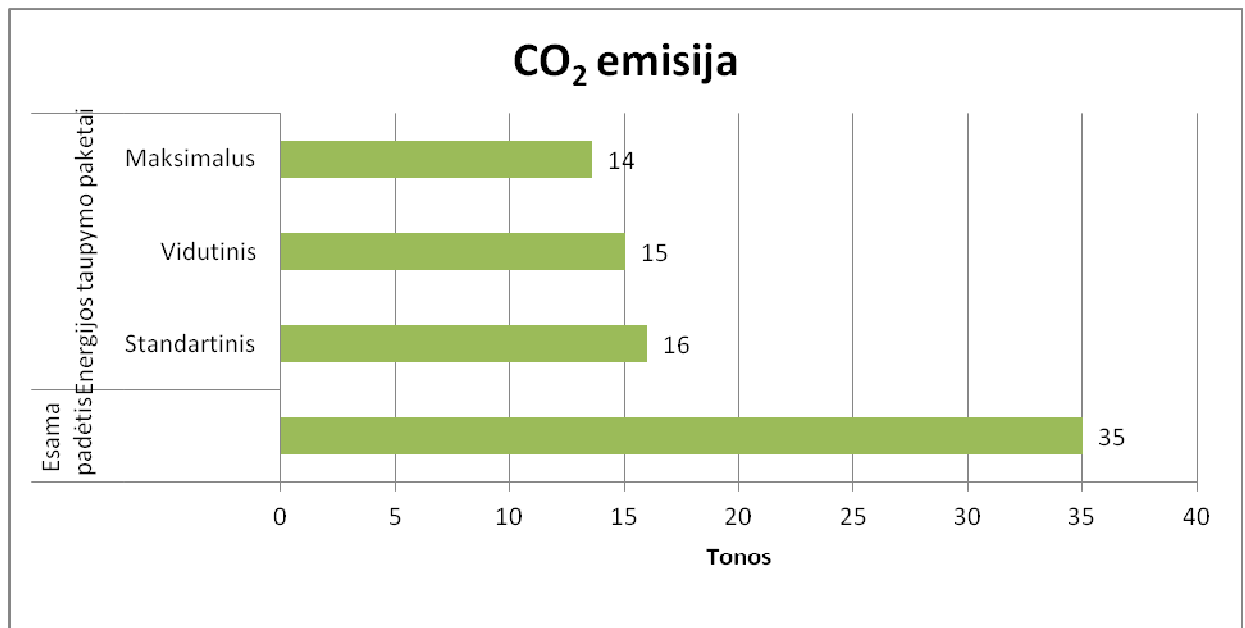
3.12 pav. Energijos kiekis tenkantis 1 m² naudingo ploto (Pušyno g. 15, Birštonas)

Jeigu namą apšiltintų siūlomu maksimaliu paketu, energijos suvartojimas sumažėtų 50,6 %. Apšiltinus vidutiniu paketu sumažėja 47,0 %, apšiltinus standartiniu paketu – 44,65 % (3.11 pav.). Energijos kiekis tenkantis 1 m² naudingo ploto pateiktas 3.12 paveiksle.

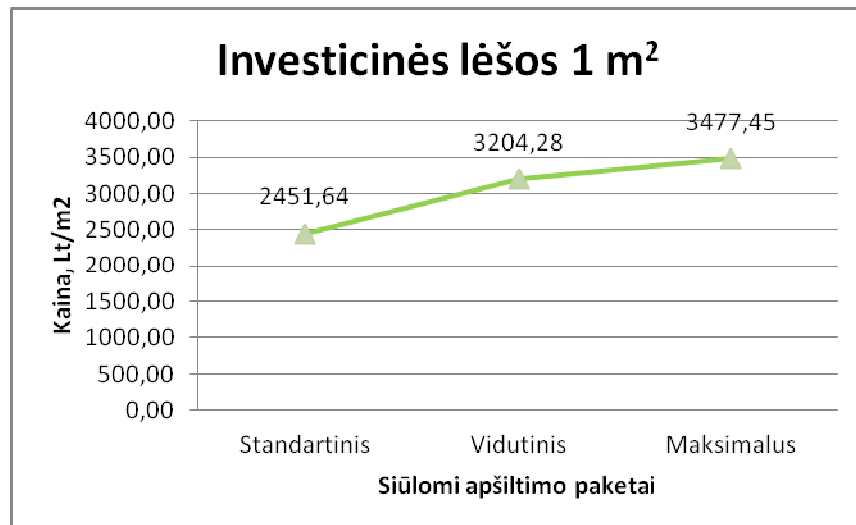


3.13 pav. Energijos kiekio kaina tenkanti 1 m² naudingo ploto (Pušyno g. 15, Birštonas)

Apšiltinus pastatą suvartojamos energijos kiekis sumažėja apie 50 %, todėl ir išlaikymo kaina sumažėja 2,6 karto, lyginant esamą padėtį su maksimaliu paketu. Pritaikius standartinį ar vidutinį paketą kaina sumažėja 2,4 karto (3.13 pav.).

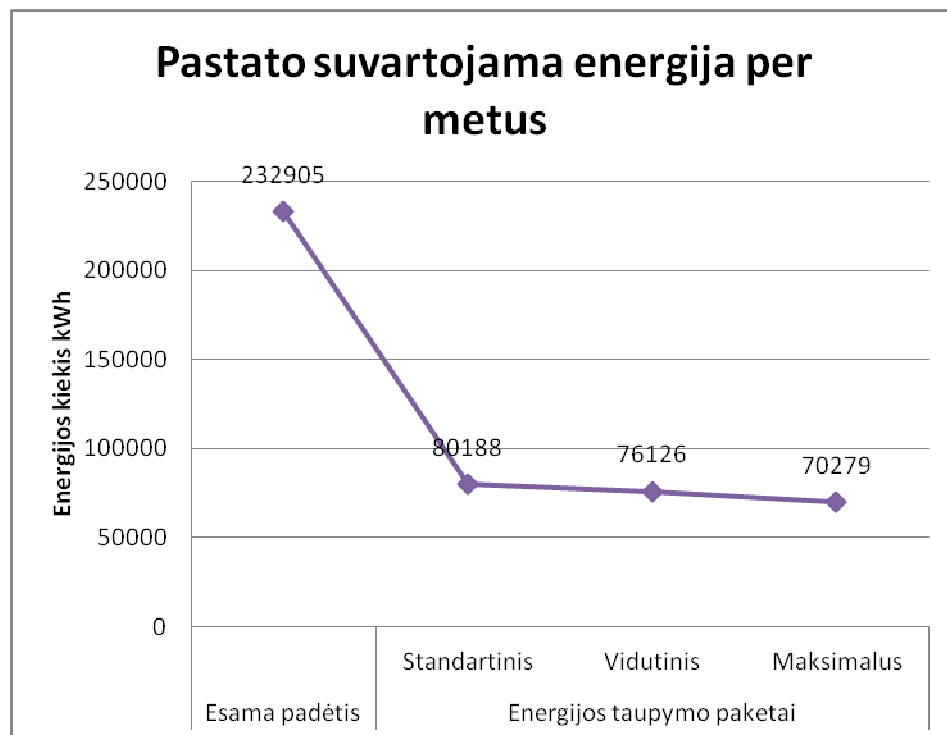
3.14 pav. CO₂ emisija (Pušyno g. 15, Birštonas)

Pastatas per metus į aplinką CO₂ išmetama yra 35 t. Atlikus renovaciją ir pritaikius standartinį arba vidutinį paketą CO₂ emisija sumažėtų 19 t. Pastatui pritaikius maksimalų paketą CO₂ emisija sumažėtų 21 t., t.y. 71 % (3.14 pav.).

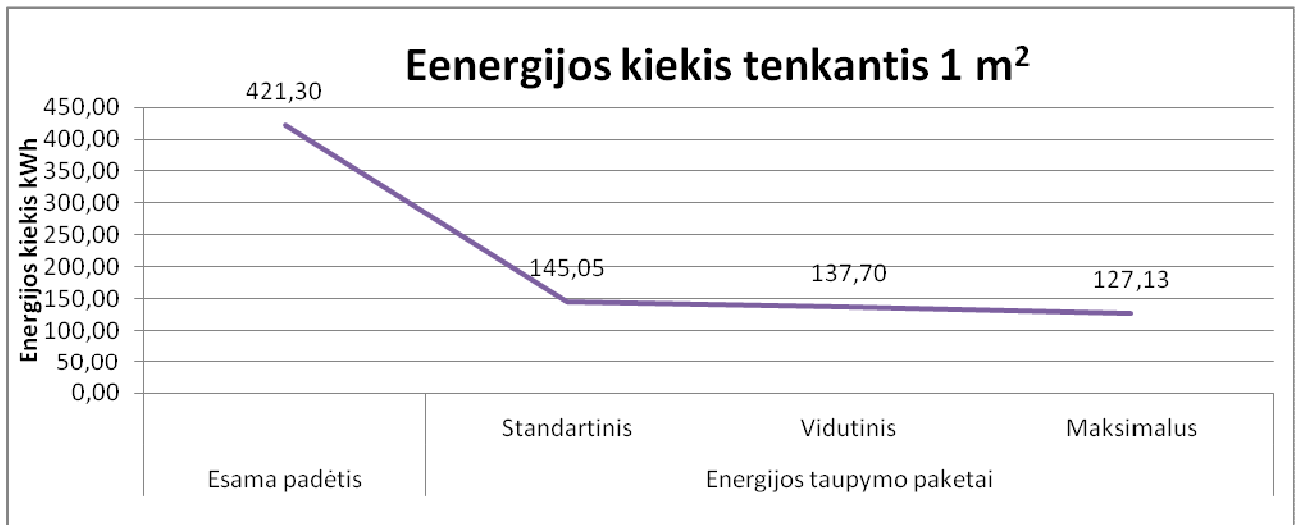
3.15 pav. Investicinės lėšos 1m² naudingo ploto (Pušyno g. 15, Birštonas)

Įvertinus pastato apšiltinimo projekto parengimo, statybos techninės priežiūros, projekto administravimo, rangos darbų organizavimo, medžiagų ir darbo kainas, paskolos 20 metų 3 % metines palūkanas bei valstybės paramą (15 %) gaunama projekto galutinė suma. Investicijų kaina tenkanti 1m² naudingo ploto pateikta 3.15 paveiksle.

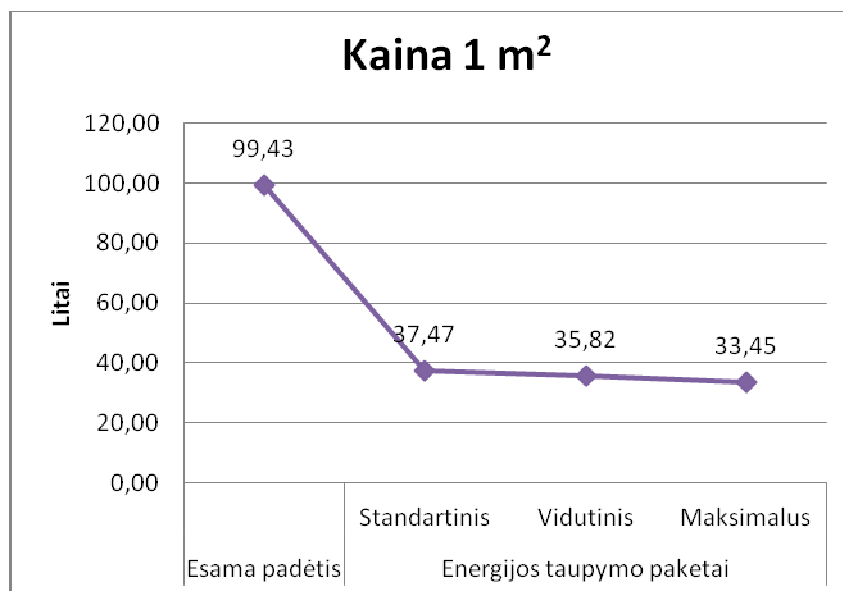
Daugiabučio namo, esančio Pušyno g. 13, Birštone, rezultatų analizė



3.16 pav. Pastato suvartojama energija per metus (Pušyno g. 13, Birštonas)

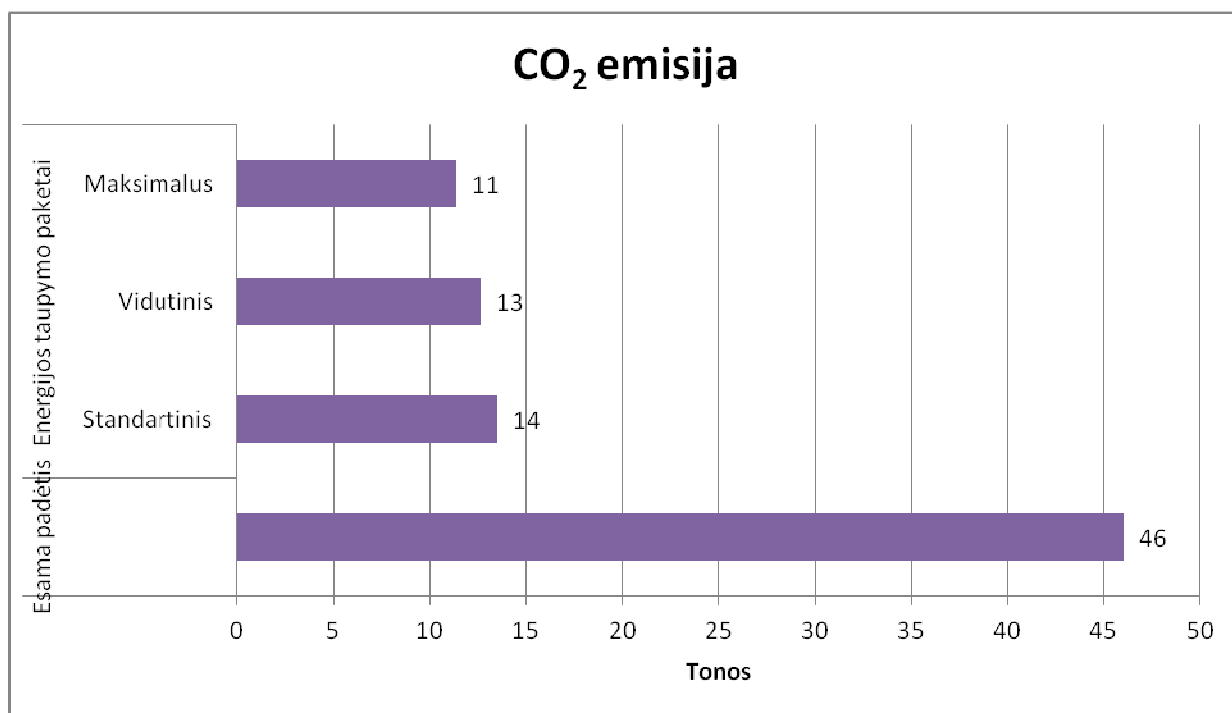
3.17 pav. Energijos kiekis tenkantis 1 m² naudingo ploto (Pušyno g. 13, Birštonas)

Jeigu pastatas būtų apšiltintas maksimaliu paketu, energijos suvartojimas sumažėtų 69,83 %. Apšiltinus vidutiniu paketu sumažėja 67,31 %, apšiltinus standartiniu paketu – 65,57 % (3.16 pav.). Energijos kiekis tenkantis 1 m² naudingo ploto pateiktas 3.17 paveiksle.



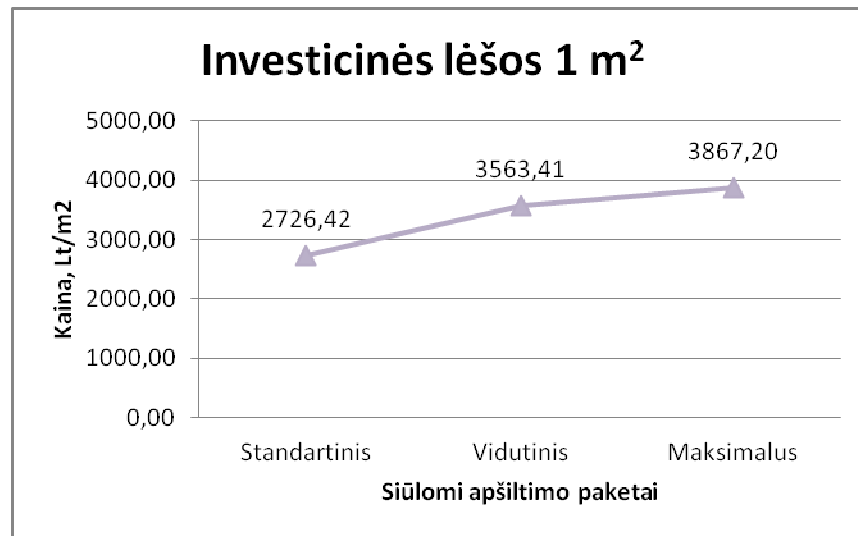
3.18 pav. Energijos kiekio kaina tenkanti 1 m² naudingo ploto (Pušyno g. 13, Birštonas)

Šiuo metu energijos kiekio kaina tenkanti 1 m² pastato naudingo ploto yra 99,43 Lt. Apšiltinus pastatą maksimaliu paketu išlaikymo kaina sumažėja 3 kartus, pritaikius standartinį paketą kaina sumažėja 2,65 krto, vidutinį – 2,77 karto (3.18 pav.).



3.19 pav. CO₂ emisija (Pušyno g. 13, Birštonas)

Pastatas per metus į aplinką CO₂ išmetama yra 46 t. Atlikus renovaciją ir pritaikius standartinį CO₂ emisija sumažėtų 32 t, pritaikius vidutinį CO₂ emisija sumažėtų 33 t, pritaikius maksimalų paketą CO₂ emisija sumažėtų 35 t., t.y. 77,8 % (3.19 pav.).



3.20 pav. Investicinės lėšos 1m² naudingo ploto (Pušyno g. 13, Birštonas)

Įvertinus pastato apšiltinimo projekto parengimo, statybos techninės priežiūros, projekto administravimo, rangos darbų organizavimo, medžiagų ir darbo kainas, paskolos 20 metų 3 % metines palūkanas bei valstybės paramą (15 %) gaunama projekto galutinė suma. Investicijų kaina tenkanti 1m² naudingo ploto pateikta 3.20 paveiksle. Didžiausių investicinių lėšų reikia, norint apšiltinti pastatą maksimaliu paketu, tačiau energijos sutaupymai yra didžiausi.

Naudos – kaštų analizė

Kiekvienam pastatui taikomam energijos taupymo paketui yra apskaičiuojamas naudos – kaštų santykis. Energijos taupymo paketas bus laikomas priimtiniu, jei jo realizavimo nauda viršija kaštus, sutaupytos energijos kaina 1 m² naudingo ploto ir investicijų kaina 1 m² naudingo ploto santykis daugiau už 1. Gauti rezultatai pateikiami 3.1-3.4 lentelėse.

3.1 lentelė Daugiabučio namo, esančio Vilniaus g. 12, Birštone, skaičiavimo rezultatai

	Mato vnt.	Esama padėtis	Energijos taupymo paketai		
			Standartinis	Vidutinis	Maksimalus
Pastato suvartojamas energijos kiekis per metus	kWh	676981	372588	365031	321424
Energijos kiekis tenkantis 1 m ²	kWh/m ²	281,20	154,76	151,62	133,51
1 m ² naudingo ploto eksploatacijos kaina Lt	Lt/ m ²	50,86	31,19	30,70	27,88
CO ₂ emisija	t	150	84	82	73
Sutaupyta energijos kiekis 1 m ²	kWh/m ²	-	126	130	148
Renovacijos investicijų kaina	Lt	-	1579773,3	2104230,3	2279245,3
Renovacijos kaina su paskola (metinės palūkanos 3%) + 15 % valstybės parama	Lt	-	2425259,36	3230402,89	3499084,96
Renovacijos investicijų kaina 1 m ² (naudingo ploto)	Lt/m ²	-	1007,37	1341,80	1453,40
Sutaupyta energijos kaina 1 m ² (naudingo ploto, per vienerius metus)	Lt	-	19,67	20,16	22,98
1 m ² naudingo ploto investicinės lėšos metams (investicijų kaina 1 m ² , per vienerius metus)	Lt	-	50,37	67,09	72,67
Sutaupyta energijos kaina 1 m ² /investicijų kaina 1 m ²		-	0,39	0,30	0,32

Apskaičiavus naudos – kaštų santykį gaunama, kad projektas yra ekonomiškai nenaudingas, nes standartinio energijos taupymo paketo sutaupyta energijos kainos 1 m² ir investicijų kainos 1 m² santykis yra 0,39, vidutinio energijos taupymo paketo – 0,30, maksimalaus energijos taupymo paketo – 0,32. Tačiau reikia atsižvelgti ne tik į analizės rezultatus, bet ir į veiksnius, kurie kiekybiškai neišreiškiami, t.y. padidėjusi būsto kaina, atnaujinti pastato fasadai, pagerinta gyvenimo kokybė.

3.1 lentelė Daugiabučio namo, esančio Vilniaus g. 8, Birštone, skaičiavimo rezultatai

	Mato vnt.	Esama padėtis	Energijos taupymo paketai		
			Standartinis	Vidutinis	Maksimalus
Pastato suvartojamas energijos kiekis per metus	kWh	394746	222045	219037	204870
Energijos kiekis tenkantis 1 m ²	kWh/m ²	290,43	163,37	161,16	150,73
1 m ² naudingo ploto eksploatacijos kaina Lt	Lt/ m ²	71,98	43,48	42,98	40,65
CO ₂ emisija	t	75	38	38	34
Sutaupyta energijos kiekis 1 m ²	kWh/m ²	-	127	129	140
Renovacijos investicijų kaina	Lt	-	981794,4	1283199,4	1392594,4
Renovacijos kaina su paskola (metinės palūkanos 3%) + 15 % valstybės parama	Lt	-	1507245,41	1969960,72	2137903,33
Renovacijos investicijų kaina 1 m ² (naudingo ploto)	Lt/m ²	-	1108,95	1449,40	1572,96
Sutaupyta energijos kaina 1 m ² (naudingo ploto, per vienerius metus)	Lt	-	28,50	29,00	31,33
1 m ² naudingo ploto investicinės lėšos metams (investicijų kaina 1 m ² , per vienerius metus)	Lt	-	55,45	72,47	78,65
Sutaupyta energijos kaina 1 m ² /investicijų kaina 1 m ²		-	0,51	0,40	0,40

Apskaičiavus naudos – kaštų santykį gaunama, kad projektas yra ekonomiškai nenaudingas, nes standartinio energijos taupymo paketo sutaupyta energijos kainos 1 m² ir investicijų kainos 1 m² santykis yra 0,51, vidutinio energijos taupymo paketo – 0,40, maksimalaus energijos taupymo paketo – 0,42. Tačiau reikia atsižvelgti ne tik į analizės rezultatus, bet ir į veiksnius, kurie kiekybiškai neišreiškiami, t.y. padidėjusi būsto kaina, atnaujinti pastato fasadai, pagerinta gyvenimo kokybė.

3.2 lentelė Daugiabučio namo, esančio Pušyno g. 15, Birštone, skaičiavimo rezultatai

	Mato vnt.	Esama padėtis	Energijos taupymo paketai		
			Standartinis	Vidutinis	Maksimalus
Pastato suvartojamas energijos kiekis per metus	kWh	185202	102514	98159	91469
Energijos kiekis tenkantis 1 m ²	kWh/m ²	301,24	114,38	109,52	102,05
1 m ² naudingo ploto eksploatacijos kaina Lt	Lt/ m ²	72,50	30,59	29,50	27,83
CO ₂ emisija	t	35	16	15	14
Sutaupyta energijos kiekis 1 m ²	kWh/m ²	-	187	192	199
Renovacijos investicijų kaina	Lt	-	433757,3	561613,3	608485,3
Renovacijos kaina su paskola (metinės palūkanos 3%) + 15 % valstybės parama	Lt	-	1507245,41	1969960,72	2137903,33
Renovacijos investicijų kaina 1 m ² (naudingo ploto)	Lt/m ²	-	2451,64	3204,28	3477,45
Sutaupyta energijos kaina 1 m ² (naudingo ploto, per vienerius metus)	Lt	-	41,91	43,00	44,67
1 m ² naudingo ploto investicinės lėšos metams (investicijų kaina 1 m ² , per vienerius metus)	Lt	-	54,16	70,12	75,97
Sutaupyta energijos kaina 1 m ² /investicijų kaina 1 m ²		-	0,77	0,61	0,59

Apskaičiavus naudos – kaštų santykį gaunama, kad projektas yra ekonomiškai nenaudingas, nes standartinio energijos taupymo paketo sutaupyta energijos kainos 1 m² ir investicijų kainos 1 m² santykis yra 0,77, vidutinio energijos taupymo paketo – 0,61, maksimalaus energijos taupymo paketo – 0,59. Tačiau reikia atsižvelgti ne tik į analizės rezultatus, bet ir į veiksnius, kurie kiekybiškai neišreiškiami, t.y. padidėjusi būsto kaina, atnaujinti pastato fasadai, pagerinta gyvenimo kokybė.

3.3 lentelė Daugiabučio namo, esančio Pušyno g. 13, Birštone, skaičiavimo rezultatai

	Mato vnt.	Esama padėtis	Energijos taupymo paketai		
			Standartinis	Vidutinis	Maksimalus
Pastato suvartojamas energijos kiekis per metus	kWh	232905	80188	76126	70279
Energijos kiekis tenkantis 1 m ²	kWh/m ²	421,30	145,05	137,70	127,13
1 m ² naudingo ploto eksploatacijos kaina Lt	Lt/ m ²	99,43	37,47	35,82	33,45
CO ₂ emisija	t	46	14	13	11
Sutaupyta energijos kiekis 1 m ²	kWh/m ²	-	276	284	294
Renovacijos investicijų kaina	Lt	-	441982,2	559052,2	601890,2
Renovacijos kaina su paskola (metinės palūkanos 3%) + 15 % valstybės parama	Lt	-	1507245,41	1969960,72	2137903,33
Renovacijos investicijų kaina 1 m ² (naudingo ploto)	Lt/m ²	-	2726,42	3563,41	3867,20
Sutaupyta energijos kaina 1 m ² (naudingo ploto, per vienerius metus)	Lt	-	61,96	63,61	65,98
1 m ² naudingo ploto investicinės lėšos metams (investicijų kaina 1 m ² , per vienerius metus)	Lt	-	61,37	77,62	83,57
Sutaupyta energijos kaina 1 m ² /investicijų kaina 1 m ²		-	1,01	0,82	0,79

Apskaičiavus naudos – kaštų santykį gaunama, kad projektas yra ekonomiškai naudingas, nes standartinio energijos taupymo paketo sutaupyta energijos kainos 1 m² ir investicijų kainos 1 m² santykis yra 1,01, vidutinio energijos taupymo paketo – 0,82, maksimalaus energijos taupymo paketo – 0,79. Taip pat padidėja būsto kaina, atnaujinami pastato fasadai, pagerėja gyvenimo kokybė.

IŠVADOS

1. Nustatyti šilumos taupymo daugiabučiuose pastatuose galimybes, gerinant atitvarų charakteristikas, pasirinkti 4 daugiabučiai namai, skirtingomis išorinėmis atitvaromis, aukštų planais, fasadais, pastato aukščiu.
2. Pasirinkta šilumos taupymo alternatyva daugiabučiuose pastatuose – išorinių atitvarų apšiltinimas. Suformuoti 3 energijos taupymo paketai, skirtingais šilumos pralaidumo koeficientais. Standartinio energijos taupymo paketo $U_{sienos} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{stogo} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{langų} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, vidutinio energijos taupymo paketo $U_{sienos} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{stogo} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{langų} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, maksimalaus energijos taupymo paketo $U_{sienos} = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{stogo} = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{langų} = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$.
3. Atlikus skaičiavimus gauta, kad pritaikius standartinį energijos taupymo paketą pastatai energijos sutaupo nuo 126 iki 276 kWh/m² (naudingo ploto) per metus, pritaikius vidutinį energijos taupymo paketą pastatai energijos sutaupo nuo 129 iki 284 kWh/m² (naudingo ploto) per metus, pritaikius maksimalų energijos taupymo paketą pastatai energijos sutaupo nuo 140 iki 284 kWh/m² (naudingo ploto) per metus.
4. Atlikus naudos – kaštų analizę nustatyta, kad pastatui Pušyno g. 13 atlikti modernizaciją, tik apšiltinus išorines pastato atitvaras, yra ekonomiškai naudinga, taip pat padidėja būsto kaina, atnaujinami pastato fasadai, pagerinama gyvenimo kokybė. Likusiems pastatams nepakanka tik apšiltinti išorines atitvaras, rekomenduojama modernizuoti šilumos punktus, šildymo sistemas.
5. Programos ArchiCad priedas EcoDisigner nėra skirtas pastatų šilumos nuostolių skaičiavimui. Programa suvartotos energijos ataskaitoje pateikia suvartojamą energiją per metus, jos kainą, aplinkos taršą, tai padeda architektams suprojektuoti ekonomišką pastatą. Todėl ataskaitoje pateikiami rezultatai yra orientaciniai.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Bojic M., Despotovic M., Malesevic J., Sokovic D.. Evaluation of the impact of internal partitions on energy conservation for residential buildings in Serbia. Faculty of Mechanical Engineering at Kragujevac, University of Kragujevac, Sestre Janjic' 6, 34000 Kragujevac, Serbia and Montenegro Sokovic Studio, Karadjordjeva 19, 34000 Kragujevac, Serbia and Montenegro. 2007. P. 1644–1653
- Lopes L., Hokoi S., Miura H., Shuhei K. Energy efficiency and energy savings in Japanese residential buildings - research methodology and surveyed results. Department of Architecture and Environmental Design, Faculty of Engineering, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, 606-8501 Kyoto, Japan. Energy Use R&D Center, Kansai Electric Power Company Inc., 661-0974 Amagasaki, Japan. 2005. p. 698-706.
- Viriden K. Retrofit buildings close to passive house standart. CESB 2007 Prague Conference.
- Tommerup H., Svendsen S. Energy savings in Danish residential building stock. Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Brovej, Building 118, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark. 2006. p. 618-626.
- Hama K. Ecological House Renovation And Low-Energy Lifestyle. 1Research Institute for Culture, Energy and Life, Osaka Gas Co., Ltd. 3-6-14 Bingomachi, Chuo-ku, Osaka, 541-0051 Japan. 01-027. 2005. p. 178-185.
- Reinberg M.E., Reinberg G.W. Preservation of the historic stock in passive house refurbishment. Central Europe towards Sustainable Building CESB2010 Prague. 2010.
- Macek D. Building maintenance and renovation. Central Europe towards Sustainable Building CESB2010 Prague. 2010.
- Reinberg G.W., Novak P. Renovation of a historic barn into a passive residential house. Central Europe towards Sustainable Building CESB2010 Prague. 2010.
- Sartori I., Wachenfeldt J. B., Hestnes A. G. Energy demand in the Norwegian building stock: Scenarios on potential Ireduction. Department of Architectural Design, History and Technology, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 7491 Trondheim, Norway. SINTEF Building and Infrastructure, 7465 Trondheim ,Norway. 2009.p.1614-1627.

Wang Y., Huang Z., Heng L. Cost-effectiveness assessment of insulated exterior walls of residential buildings in cold climate. School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001, PR China. 2007. p. 143-149.

Alsema E., Vimmr T., Kwapulinská M. Energy efficiency urban restructuring projects – guidelines and practical lessons from 6 European cities. Central Europe towards Sustainable Building CESB10 Prague. 2010.

Tegart G. Energy and nanotechnologies: Priority areas for Australia's future. Technological forecasting & Social change. 2009. 1240-1246.

Kwak, S. Y; Yoo, S. H; Kwak, S. J. 2010. Valuing energy-saving measures in residential buildings: A choice experiment study, *Energy Policy* 38 (3): 673–677.

Ouyang, J.; Ge, J.; Hokao, K. 2009. Economic analysis of energy-saving renovation measures for urban existing residential buildings in China based on thermal simulation and site investigation, *Energy Policy* 37(1): 140–149.

Balaras, C. A.; Gaglia, A. G; Georgopoulou, E; Mirasgedis, S; Sarafidis, Y; Lalas, D.P. 2007. European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings, *Building and Environment* 42(3): 1298–1314.

Amstalden, R. W; Kost, M; Nathani, C; Imboden, D. M. 2007. Economic potential of energy-efficient retrofitting in the Swiss residential building sector: The effects of policy instruments and energy price expectations, *Energy Policy* 35 (1) 1819–1829.

Hernandez, P; Kenny, P. 2009. From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings, *Energy and Buildings* 42(6): 815-821.

Gustavsson, L; Joelsson, A. 2009. Life cycle primary energy analysis of residential buildings, *Energy and Buildings* 41(7): 940-951.

LR Aplinkos ministerija. 2004. Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa, patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2004 m. rugsėjo 23 d. nutarimu Nr. 1213 (Žin., 2004, Nr. 143-5232; 2009, Nr. 112-4776). Vilnius.

LR Aplinkos ministerija. 2008. STR 2.09..04:2008. Pastato šildymo sistemos galia, šilumos poreikis šildymui. Vilnius.

LR Aplinkos ministerija. 1999. STR 2.05.01:1999. Pastatų atitvarų šiluminė technika. Vilnius.

LR Aplinkos ministerija. 2002. STR 2.09.04:2002. Pastato šildymo galia. Energijos sąnaudos šildymui. Vilnius.

Pastatų energetikos ir Statybos technologijos ir vadybos katedros. 2010. Daugiabučio namo Vilniaus g. 12 (Birštonas) atnaujinimo (modernizavimo) projektas. Namų atnaujinimo (modernizavimo) energinis auditas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

Pastatų energetikos ir Statybos technologijos ir vadybos katedros. 2010. Daugiabučio namo Vilniaus g. 8 (Birštonas) atnaujinimo (modernizavimo) projektas. Namų atnaujinimo (modernizavimo) energinis auditas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

Pastatų energetikos ir Statybos technologijos ir vadybos katedros. 2010. Daugiabučio namo Pušyno g. 15 (Birštonas) atnaujinimo (modernizavimo) projektas. Namų atnaujinimo (modernizavimo) energinis auditas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

Pastatų energetikos ir Statybos technologijos ir vadybos katedros. 2010. Daugiabučio namo Pušyno g. 13 (Birštonas) atnaujinimo (modernizavimo) projektas. Namų atnaujinimo (modernizavimo) energinis auditas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

UAB „Desing Solution“ interneto svetainė [žiūrėta 2010-06-25] Prieiga per internetą: <<http://www.designsolutions.lt/index.htm>>.

UAB „Desing Solution“ interneto svetainė [žiūrėta 2010-06-25] Prieiga per internetą: <<http://www.designsolutions.lt/archicad/eko.htm>>.

UAB „Baltijos polistirenas“ svetainė [žiūrėta 2010-06-30] Prieiga per internetą: <<http://www.balpol.lt/>>.

UAB „Silda“ interneto svetainė [žiūrėta 2011-04-25] Prieiga per internetą: <<http://www.izoputos.lt/specialistams>>.

UAB „Sigmena“ interneto svetainė [žiūrėta 2011-04-25] Prieiga per internetą: <http://korund.lt/?hl=lt_LT>.

UAB „Eurorenovacijos“ interneto svetainė [žiūrėta 2011-04-25] Prieiga per internetą: <<http://www.eurorenovacijos.lt/index.php?1372950324>>.

UAB „Miesto renovacija“ svetainė [žiūrėta 2011-04-12] Prieiga per internetą: <http://atnaujinkbusta.lt/public/gallery/studijos_dokumentai/Stebesenos_ataskaita_uz_2009.pdf>.

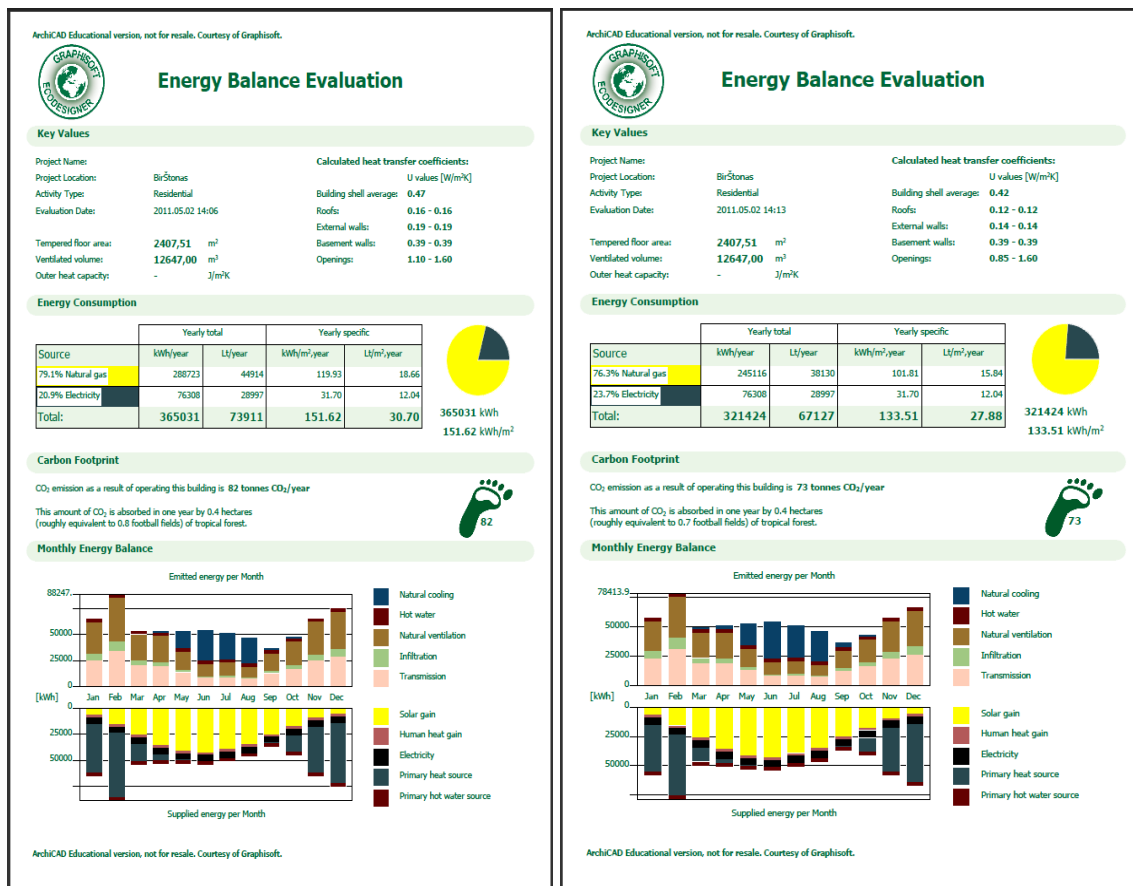
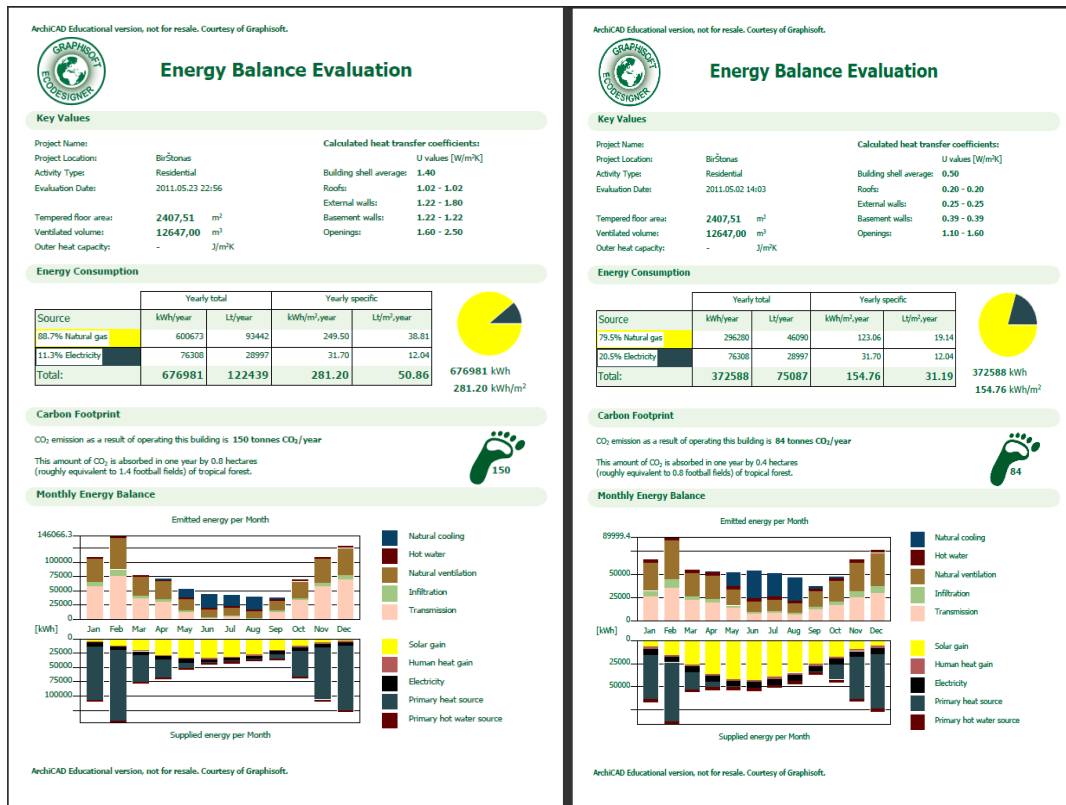
„Actis“ svetainė [žiūrėta 2011-04-12] Prieiga per internetą: <<http://www.actis-isolation.com/qu-est-ce-qu-un-isolant.php?p=3&l=3&rub=2>>.

Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija. Šilumos vartotojo vadovas. I priedas. Vilnius. 2011. [žiūrėta 2011-05-16] Prieiga per internetą: <http://www.lsta.lt/files/Leidiniai/SILUMOS_vartotojo_vadovas/Silumos_vadovo_Priedas%20koreg.pdf>.

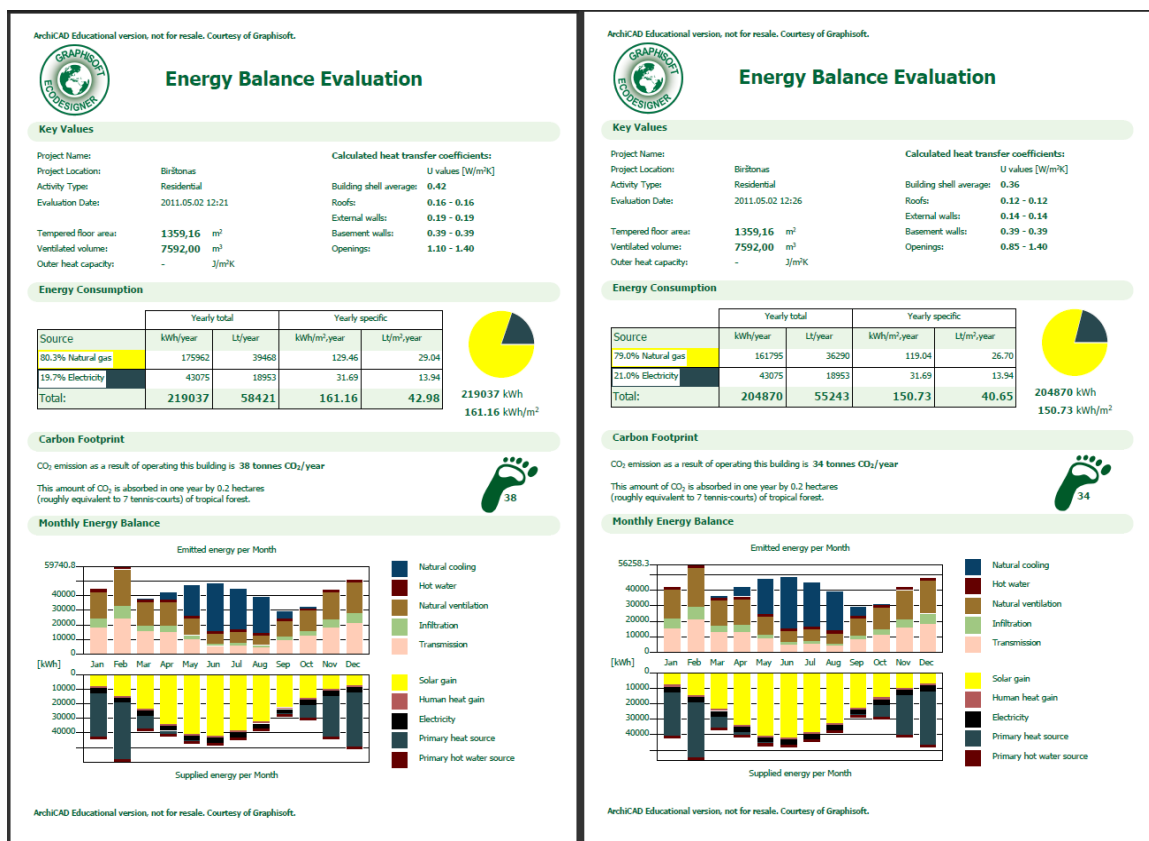
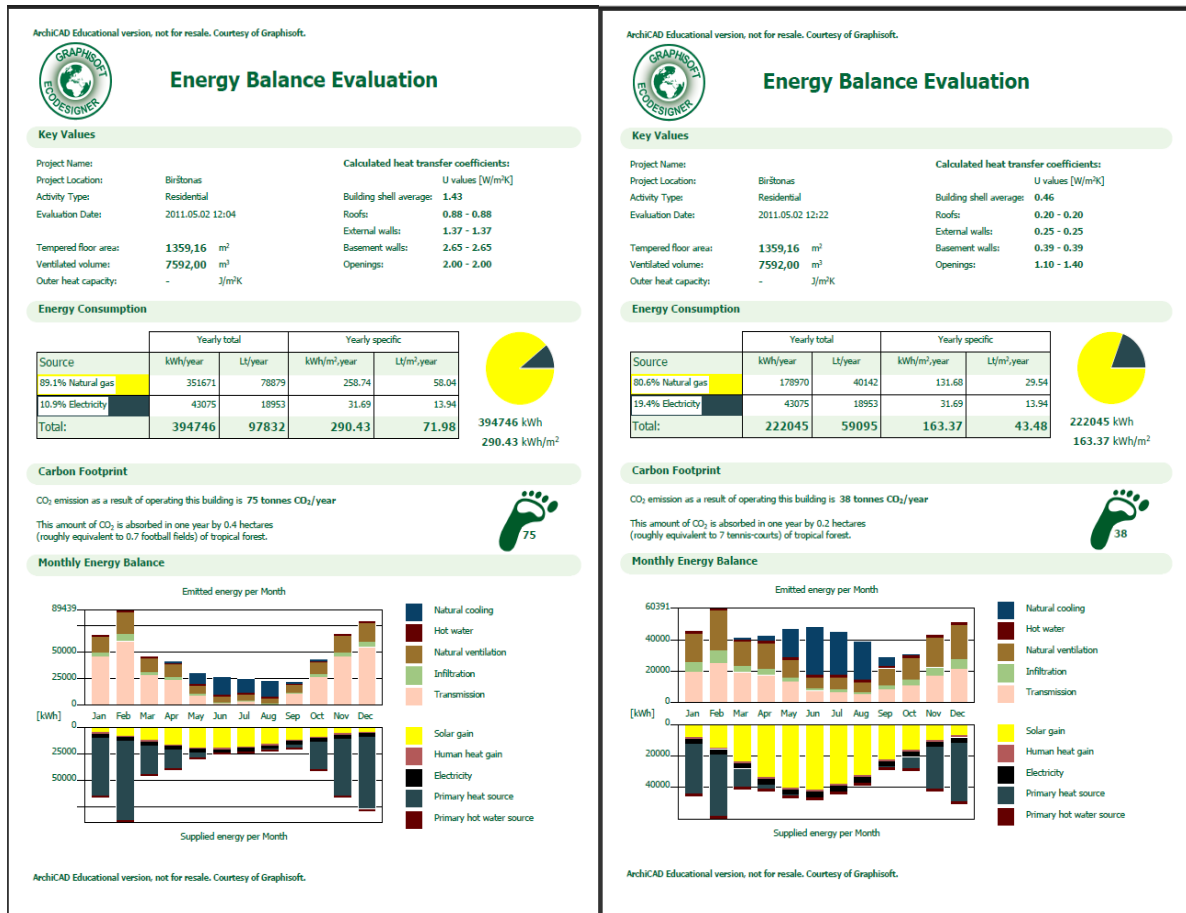
PRIEDAI

Priedas A

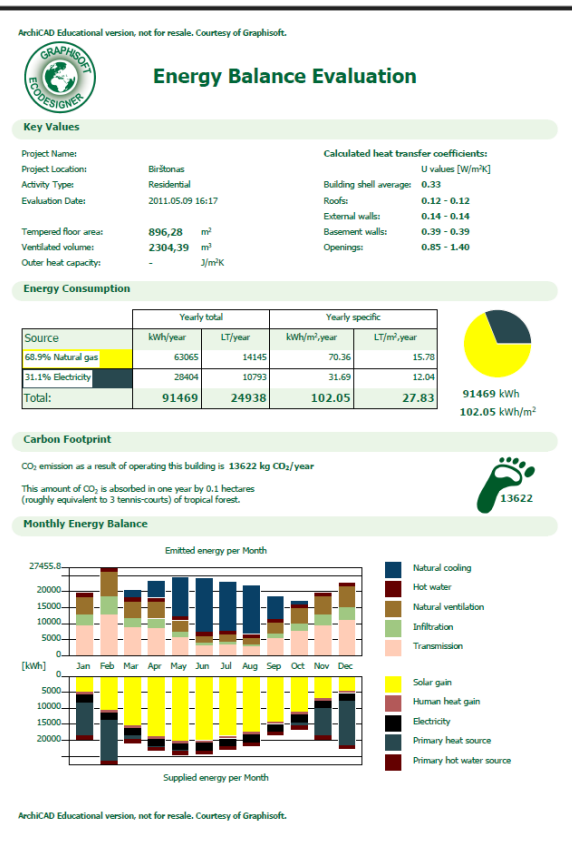
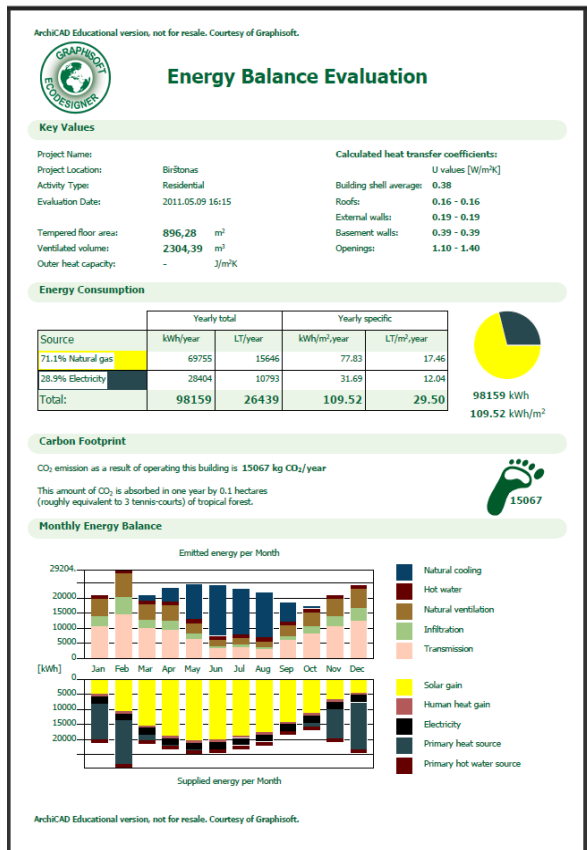
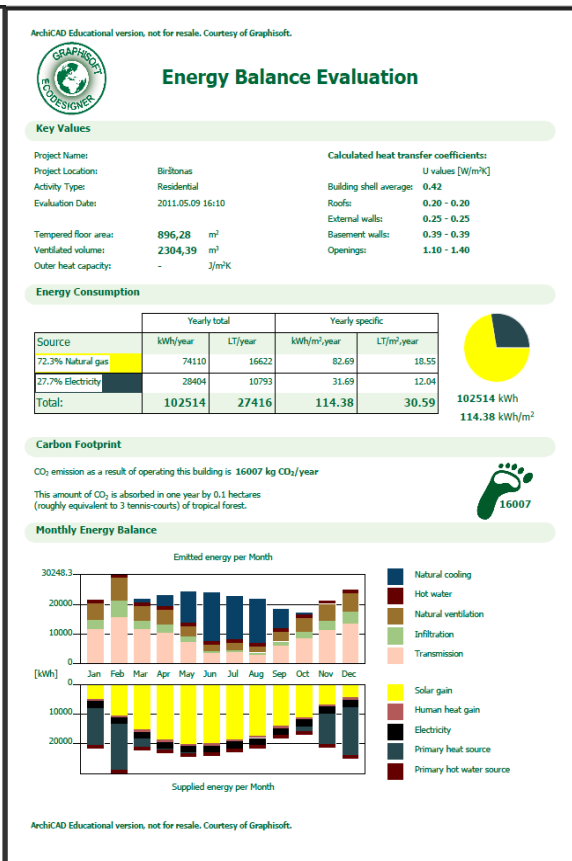
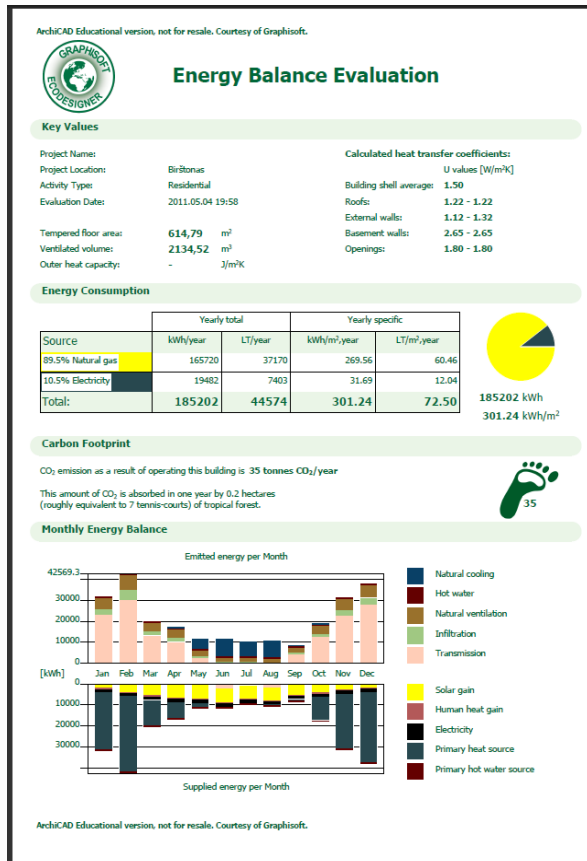
Vilniaus g 12, Birštonas



Vilniaus g. 8, Birštonas,



Pušyno g. 15, Birštonas



Pušyno g. 13, Birštonas

