



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

Rokas Mažulis

**MAŽAAUKŠTĖS STATYBOS PASTATŲ EKONOMINIS
VERTINIMAS ENERGINIO EFEKTYVUMO ASPEKTU**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Loreta Kelpšienė

PANEVĖŽYS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

TVIRTINU:

KTU Panevėžio technologijų ir verslo fakulteto
Technologijų katedros vedėjas

20..... ..

**MAŽAAUKŠTĖS STATYBOS PASTATŲ EKONOMINIS
VERTINIMAS ENERGINIO EFEKTYVUMO ASPEKTU**

Baigiamasis magistro projektas

Statyba (621J80001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Loreta Kelpšienė

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Donatas Aviža

(data)

Projektą atliko

(parašas) Rokas Mažulis

(data)

PANEVĖŽYS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

(Fakultetas)

Rokas Mažulis

(Studento vardas,pavardė)

Statyba, 621J80001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Mažaaukštės statybos pastatų ekonominis vertinimas energinio efektyvumo aspektu“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 _____ m. _____ d.

_____ Panevėžys _____

Patvirtinu, kad mano, **Roko Mažulio**, baigiamasis projektas tema „Mažaaukštės statybos pastatų ekonominis vertinimas energinio efektyvumo aspektu“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO
FAKULTETO TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

BAIGIAMOJO PROJEKTO PARAIŠKA

Studentas (ė) Rokas Mažulis grupė PMS-5
(vardas, pavardė)

Baigiamojo projekto tema: „Mažaaukštės statybos pastatų ekonominis vertinimas energinio efektyvumo aspektu“

Vadovas Doc. Dr. Loreta Kelpšienė
(mokslinis laipsnis, vardas, pavardė) (vadovo parašas)

Data _____

Studentas (ė) _____
(parašas)

Rokas Mažulis. „Mažaaukštės statybos pastatų ekonominis vertinimas energinio efektyvumo aspektu“. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Loreta Kelpšienė; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statybos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: *energinis, efektyvumas, mažaaukštė, statyba.*

Panevėžys, 2017. 98 p.

SANTRAUKA

Paskutiniaisiais metais statybos sektoriuje tiek projektuojant, tiek statant namus didžiulis dėmesys skiriamas į šilumos energiją ir jos suvartojimą. Šilumos energijos sąnaudų mažinimas pastaraisiais metais yra labai aktualus klausimas.

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjama projektuoto vienbučio gyvenamojo namo, kuris atitinka B klasės reikalavimus, pritaikymas A naudingumo klasės reikalavimams. Nagrinėjamos gyvenamojo namo charakteringos sienos atitvarų detalės. Atliekamas B klasės namo detalių koregavimas ir analizė pritaikant juos A naudingumo klasės reikalavimams. Nustatomi atitvarinių konstrukcijų techniniai bei ekonominiai rodikliai. Pasiūlomos galimos alternatyvos šiltinimo medžiagoms, nekeičiant esminių projekto sprendimų- išorės apdailos, patalpų tūrinių sprendimų, laikančiųjų konstrukcijų. Visos tiriamos atitvarų detalės projektuojamos pritaikant naujausias medžiagas ir technologijas. Atliekamas langų įtakos pastato šiluminėms savybėms vertinimas. Naudingos ir perteklinės šilumos pritekančios per skaidrias atitvaras vertinimas. Išnagrinėjami keli tikslai, pateikiamos baigiamojo darbo išvados ir siūlymai.

Baigiamąjį darbą sudaro įvadas, keturi skyriai, kuriuose analizuojamas vienbutis gyvenamasis namas, tikslų sprendimas, išvados, literatūros sąrašas ir priedai.

Darbo apimtis yra 82 puslapiai be priedų, 17 pav., 30 lent., 9 graf. Atskirai pridedami darbo priedai.

Mažulis Rokas. „Economic Evaluation Of Low-Rise Buildings Construction In Energy Efficiency Aspect“

: Master's final work/ supervisor Doc. Dr. Loreta Kelpšienė. The Faculty of Technologies and Business, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Civil Engineering

Key words: energy, efficiency, low-rise construction.

Panevėžys, 2017. 98 p.

SUMMARY

During the final year of the construction engineering the heating of the house and its consumption is very significant in both the designing the house, as well as building it. Hence, decreasing the consumption of heat energy is a very important topic.

The objective of the final assessment is to analyse a single apartment. meeting class B requirements, heat energy consumption and adaptation to class A efficiency requirements. There is also the analysis of barriers parts of key walls in a living house. In the assessment there is adjustment and analysis of class B house elements by applying them to class A efficiency class requirements. Furthermore, the technical and economical indexes of partitions are determined. There also are alternatives to greenhouse materials given without changing the key parts of the whole design, such as exterior design, the inner spacing of the building, or the supporting constructions. All partition parts are analysed by application of the modern, up to date materials, methods and technologies. There is also the assessment of the significance of windows to the heat loss properties of the building. This assessment includes the evaluation of useful and excess heat flow through clear partitions. The main objectives are analysed thoroughly, the conclusion and evaluation of the assessment is provided, as well as suggestions.

The final assessment consists of 4 chapters, where there is the main analysis of single apartment, optimization of solutions for the main objective, conclusion, and the bibliography as well as the appendix.

The assessment is covered in 82 pages without appendices, 17 images, 30 data tables, and 9 graphs. There are additional parts of the assessment in the appendix.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
GRAFIKŲ SĄRAŠAS.....	11
ĮVADAS	12
1. ŠIUOLAIKINIAI GYVENAMŲJŲ NAMŲ ATITVARŲ ŠILTINIMO SPRENDINIAI.....	14
1.1. Atitvarų šiltinimo efektyvumo vertinimo analizė.....	14
1.2. Teisės aktai, reglamentuojantys pastatų konstrukcijų projektavimą	15
2. EKONOMIŠKAI NAUDINGIAUSIO SIENŲ ŠILTINAMOJO SLUOKSNIO PARINKIMO IR Palyginimo su B klasės sienos kriterijais skaičiavimas	17
2.1. Gyvenamojo namo atitvarų, tenkinančių A ir B energinio naudingumo klases, apžvalga	17
2.2. B energinio naudingumo klasės sienos atitvaros varžos skaičiavimas	18
Atitvaros, besiribojančios su išore, šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas:.....	19
2.3. Gyvenamųjų pastatų atitvarų, atitinkančių A klasės reikalavimus, variantų parinkimas ir varžų skaičiavimas	23
2.4. Ekonomiškai naudingiausios šiluminės varžos nustatymas.....	33
2.5. Sutaupytų lėšų skaičiavimas dėl energinės naudingumo klasės pagerinimo. Gautų rezultatų analizė	35
2.6. Sutaupytų lėšų, dėl šiluminės atitvarų varžos padidinimo, skaičiavimas	38
2.7. Atsiperkamumo, įrengiant aukštesnės energinio naudingumo klasės atitvarą, skaičiavimas vertinant įdėtinių kaštų skirtumus.....	41
3. LANGŲ ĮTAKOS PASTATO ŠILUMINĖMS SAVYBĖMS VERTINIMAS.....	46
3.1. Projektinio šilumos srauto skaičiavimas.....	47
3.2. Gautų rezultatų vertinimas	58
4. NAGRINĖJAMO VIENBUČIO GYVENAMOJO NAMO SKIRTUMŲ TARP A IR B ENERGINIO NAUDINGUMO KLASIŲ IR SKAIČIAVIMŲ ATLIKTŲ PROGRAMA „NRG-3“ ANALIZĖ.....	63
4.1. B energinio naudingumo klasės nagrinėjamo gyvenamojo namo energinio sertifikato skaičiavimas.....	63
4.2. A energinio naudingumo klasės nagrinėjamo gyvenamojo namo energinio sertifikato skaičiavimas.....	71
4.3. Nagrinėjamo pastato A ir B energinio naudingumo klasių gautų rezultatų palyginimas ...	76
IŠVADOS.....	78
LITERATŪRA	79
PRIEDAI.....	82

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Nagrinėjamo gyvenamojo namo fotofiksacija (šiaurės rytų fasadas).....	17
2 pav. Nagrinėjamo gyvenamojo namo fotofiksacija (pietryčių fasadas)	18
3 pav. Sienos atitvaros šiltinimo detalė nr.1B.....	19
4 pav. Sienos atitvaros šiltinimo detalė nr.1A.....	23
5 pav. Sienos atitvaros šiltinimo detalė nr.2A.....	27
6 pav. Sienos atitvaros šiltinimo detalė nr.3A.....	30
7 pav. Nagrinėjamo vienbučio gyvenamojo namo orientacija sklype pagal pasaulio šalis.....	47
8 pav. Nagrinėjamo namo pietryčių fasadas	49
9 pav. Nagrinėjamo namo šiaurės rytų fasadas	50
10 pav. Nagrinėjamo namo pietvakarių fasadas.....	51
11 pav. Nagrinėjamo namo šiaurės vakarų fasadas.....	52
12 pav. Projektinis šilumos kiekio pasiskirstymas (%) per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių	59
13 pav. Projektinis šilumos kiekio pasiskirstymas (%) per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės).....	59
14 pav. Nagrinėjamo namo vizualizacija nr.1	64
15 pav. Nagrinėjamo namo vizualizacija nr.2	64
16 pav. Metinių neatsinaujinančių pirminės energijos sąnaudų pasiskirstymas (%) B energinio naudingumo klasės pastato.....	68
17 pav. Metinių neatsinaujinančių pirminės energijos sąnaudų pasiskirstymas (%) A energinio naudingumo klasės pastato.....	75

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Sienos atitvaros duomenys. Nr.1B.....	19
2 lentelė. Sienos atitvaros duomenys. Nr.1A	23
3 lentelė. Sienos atitvaros duomenys. Nr.2A	27
4 lentelė. Sienos atitvaros duomenys. Nr.3A	30
5 lentelė. Sienos atitvaros nr.1B, kaip lyginamosios, atitvaros įdėtinių lėšų įvertinimas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“	33
6 lentelė. Sienos atitvaros nr.1A įdėtinių lėšų įvertinimas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“	34
7 lentelė. Sienos atitvaros nr.2A įdėtinių lėšų įvertinimas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“	34
8 lentelė. Sienos atitvaros nr.3A įdėtinių lėšų įvertinimas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“	34
9 lentelė. Nagrinėjamų atitvarų įdėtinės lešos įrengimui	35
10 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietryčių fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės	48
11 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietryčių fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės	49
12 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per šiaurės rytų fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės	50
13 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietvakarių fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės.....	51
14 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per šiaurės vakarų fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės.....	52
15 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietryčių fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės	54
16 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per šiaurės rytų fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės	54
17 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietvakarių fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės	55
18 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietvakarių fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės	55
19 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per šiaurės vakarų fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės.....	56
20 lentelė. Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių.....	60
21 lentelė. Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)	60
22 lentelė. Nagrinėjamo namo B energinio naudingumo klasės sienos atitvaros šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys	65
23 lentelė. Nagrinėjamo namo B energinio naudingumo klasės grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys	65
24 lentelė. Nagrinėjamo namo B energinio naudingumo klasės perdangos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys	66
25 lentelė. Nagrinėjamo namo duomenys, reikalingi B energinio naudingumo klasės sertifikatui	66
26 lentelė. Nagrinėjamo namo A energinio naudingumo klasės sienos atitvaros šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys	71

27 lentelė. Nagrinėjamo namo A energinio naudingumo klasės grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys	72
28 lentelė. Nagrinėjamo namo A energinio naudingumo klasės perdangos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys	72
29 lentelė. Nagrinėjamo namo duomenys, reikalingi A energinio naudingumo klasės sertifikatui	73
30 lentelė. Nagrinėjamo namo energinių sertifikatų rezultatų duomenys	76

GRAFIKŲ SĄRAŠAS

1 grafikas. Nagrinėjamų sienos atitvarų metiniai šildymo nuostoliai (per išorines sienos atitvaras Q_{en} , kWh).	37
2 grafikas. Įdėtinės lėšos medžiagoms, vienam kvadratiniam metrui sienos atitvarai įrengti.....	38
3 grafikas. Atitvarų įrengimo kainų skirtumai lyginant su nr.1B atitvara.	41
4 grafikas. Atitvarų nr.1A; nr.2A; nr.3A atsipirkimo laikas, metais.	42
5 grafikas. Kiekvieną mėnesį į patalpas per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, be apsauginių saulės priemonių Q_{sg} , kWh.....	53
6 grafikas. Kiekvieną mėnesį į patalpas per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės naudojant apsaugines žaliuzes Q_{sg} , kWh.....	57
7 grafikas. Pritekantis šilumos kiekis (žaliai- nenaudojant apsaugos nuo saulės priemonių; raudonai-naudojant apsaugines žaliuzes nuo saulės), Q_{sg} , kWh.....	58
8 grafikas. Šilumos nuostolių pastitkirstymas per pastato atitvaras. B energinio naudingumo klasės pastato.	69
9 grafikas. Šilumos nuostolių pastitkirstymas per pastato atitvaras. A energinio naudingumo klasės pastato.	75

ĮVADAS

Paskutiniais metais statybos sektoriuje tiek projektuojant, tiek statant namus didžiulis dėmesys skiriamas į šilumos energiją ir jos suvartojimą. Šilumos energijos sąnaudų mažinimas pastaraisiais metais yra labai aktualus klausimas. Prieš 20 ir daugiau metų projektuoti ir statyti gyvenamieji namai buvo ilgaamžiški, masyvūs, retas kuris papildomai apšiltintas efektyviomis ir moderniomis termoizoliacinėmis medžiagomis (A.Galaunytė). Dėl šių priežasčių tuo metu statytiems gyvenamiesiems namams beveik neįmanoma pasiekti aukštą energinio naudingumo klasę jų nemodernizuojant. Todėl anuomet statyti gyvenamieji namai daugiausiai energijos suvartoja dėl prastų ir nekokybiškai įrengtų šilumos izoliacinių medžiagų, kito statybinio broko ar žemos statybininkų kvalifikacijos. Šiai dienai statybos techniniame reglamente (STR 2.01.09:2012) nurodoma, kad visi naujai projektuojami ir statomi gyvenamieji namai turi atitikti tam tikrus energinio naudingumo keliamus reikalavimus. Pagal Europos sąjungos direktyvą (EPTD 2002/91/EB) reikalavimai kas kelis metus griežtėja, o tai reiškia, kad ir naujai projektuojamų gyvenamųjų namų šiluminės savybės privalo būti geresnės.

Baigiamajame darbe nagrinėjama projektuoto vienbučio gyvenamojo namo, kuris atitinka B klasės reikalavimus, pritaikymas A naudingumo klasės reikalavimams. Nagrinėjami gyvenamojo namo charakteringos sienos atitvarų detalės. Atliekamas B klasės namo detalių koregavimas ir analizė pritaikant juos A naudingumo klasės reikalavimams. Nustatomi atitvarinių konstrukcijų techniniai bei ekonominiai rodikliai. Pasiūlomos galimos alternatyvos šiltinimo medžiagoms, nekeičiant esminių projekto sprendimų- išorės apdailos, patalpų tūrinių sprendimų, laikančiųjų konstrukcijų. Visos tiriamos atitvarų detalės projektuojamos pritaikant naujausias medžiagas ir technologijas. Palyginami A ir B energinio naudingumo klasių tiriamų atitvarų skirtumai. Atlikus tyrimą pagal techninius ir ekonominius rodiklius ir pritaikymą aukštesnei energinio naudingumo klasei, išskiriami pagrindiniai trūkumai ir privalumai. Taip pat darbe įvertinamas šilumos prietekis per skaidrias, tiriamo gyvenamojo namo, atitvaras

Darbo tikslas - pritaikyti pasirinkto vienbučio gyvenamojo namo projektą, atitinkantį B energinio naudingumo klasės reikalavimams, A klasės reikalavimams, palyginti ir išanalizuoti atitvarų detales, esminius pasikeitimus ir ekonominius rodiklius, atlikti energinio naudingumo sertifikatus.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti sienos atitvarų šiltinimo efektyvumo vertinimo analizę su Lietuvos Respublikos teisės aktų reikalavimais pastatų energinio naudingumo A ir B klasėms.

2. Atlikti racionalių sprendimų tarp B ir A energinio naudingumo klasių sienų atitvarų analizę, parinkti ekonomiškai naudingiausią sienos atitvaros šiltinimo būdą ir ekonominiu požiūriu palyginti su B klasės sienos kriterijais.
3. Atlikti pasirinkto pastato skaidrių atitvarų įtaką pastato šiluminėms savybėms vertinimą.
4. Išanalizuoti skirtumus tarp A ir B energinio naudingumo klasių projektuojamo pastato. Analizę atlikti paskaičiuojant B ir A energinio naudingumo sertifikatus su „NRG3“ programa.

1. ŠIUOLAIKINIAI GYVENAMŲJŲ NAMŲ ATITVARŲ ŠILTINIMO SPRENDINIAI

1.1. Atitvarų šiltnamio efektyvumo vertinimo analizė

Pradėjus domėtis modernių namų statybomis, šiandien vis didesnis dėmesys skiriamas globalinėms problemoms ir jų sprendimo būdams. Jos tampa vis svarbesnės ir vis labiau daro poveikį mus supančiai aplinkai ir jos veiksniams. Visa tai pastebima mus supančioje aplinkoje, mūsų kasdienybėje, kuri labai priklauso nuo mūsų gyvenimo sąlygų ir įpročių. Gautos energijos efektyvus panaudojimas vienas iš didžiausių nagrinėjamų klausimų pasaulyje. Pasaulis be energijos sunkiai įsivaizduojamas, ji mus supa visur ir visados. Viskas kas yra sukuriama, daroma, ar net varoma yra energijos pagalba. Energijos efektyvumo didinimas yra prioritetinga ES energetikos politikos sritis, siekiant sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir sušvelninti klimato kaitą (E. Juodis, 2013). Pagal Lietuvos mokslininkų ištirtus duomenis Europos Sąjungos šalyse energijos išteklių vartojimo kaita nuo 2000-2012 laikotarpiu tendencingai auga. Visa tai paveikia stiprėjanti ekonomika, BVP augimas ir kt. (V. Miškinis 2014). Todėl šiai dienai net apie 40% visos suvartojamos energijos skirta pastatams aprūpinti, iš jų net apie 60% tenka gyvenamesiems namams. Pagrindinis tikslas - kaip sumažinti seniau pastatytų ir visiškai naujai projektuojamų gyvenamųjų namų energijos suvartojimo sąnaudas iki minimalių sąnaudų. Visa tai daroma atsižvelgiant ne tik į šiluminės savybes, bet ir kainą, medžiagų kokybę ar ilgaamžiškumo savybes, estetinius reikalavimus, žmogaus gyvenimo komforto lygmenį. Atsižvelgiant ir taikant modernius ir ekologiškus sprendimus šiandien dienai vis labiau sprendžiami klausimai energijos vartotojui, ekologiškai ir aplinkos saugojimui CO₂ emisijos mažinimui (Iftikhar Yaser 2016). Dažniausiai naujų pastatų ar pastatų modernizavimo projektai vertinami kaip investicija ir lyginamos investicijos su gaunama sutaupyta energija ekonominiu požiūriu (R. Džiugaitė-Tumėnienė 2013). Termoizoliacinio sluoksnio įrengimas yra sudėtingas procesas, kuris reikalauja didelės priežiūros ir atidumo norint užtikrinti tinkamą įrengimą. Net minimalios montavimo klaidos, nukrypimas nuo technologijos lemia šiluminius nuostolius (Freire-Gonzalez Jaume 2016). Sienų termoizoliacinio sluoksnio įrengimas prasideda nuo šiltnamio medžiagos ir jos priedų pasirinkimo ir iki galutinio montavimo laikantis technologinių nurodymų. Visa tai priklauso nuo investuotojo norų. Dažniausiai šiltnamio medžiagą investuotojai renkasi pagal geriausią kainos ir kokybės santykį. Taip kyla problema, kaip išsirinkti ekonomiškai naudingiausią pasiūlymą, kai nagrinėjamos skirtingos medžiagos, jų techninės savybės ir kaina. Sprendžiant problemą priimtinausias būdas būtų skaičiuoti uždavinį taikant daugiakriterinius skaičiavimus siekiant nustatyti geriausią variantą. Atitvarų termoizoliacinio sluoksnio įtaka pastatui: suvartotos šiluminės energijos mažinimas, energinio naudingumo klasės didinimas, pastato tarnavimo laikotarpio ilginimas, komforto sąlygų

gerinimas, darnios statybos principų taikymas. Siekiant sužinoti skirtumus tarp B ir A energinio naudingumo klasių rekomenduojama apskaičiuoti atsiperkamumą tarp suvartotos energijos.

Pagal tyrimus paskaičiuota, kad sienų šiltinimo pasiekiamas efektyvumas yra beveik dvigubai didesnis lyginant su langų įtaka. Todėl šiam tikslui dažniau siekiama pagerinti išorės atitvaroms naudojamas termoizoliacinių medžiagų savybėms. Atitvarų apšiltinimo technologijos efektyvumas priklauso nuo daug faktorių: termoizoliacinių medžiagų kainos, šilumos perdavimo koeficiento, medžiagos vandens įgeriamumo, eksploatacijos laiko, darbų laiko medžiagai tinkamai įrengti (A. Ruzgys 2013).

1.2. Teisės aktai, reglamentuojantys pastatų konstrukcijų projektavimą

Lietuvos Respublikos teritorijoje vykdant su statybomis susijusią veiklą ir jos principus šioje srityje nustato 1996 m. išleistas Lietuvos Respublikos Statybos įstatymas. Jis apibrėžia statybos normatyvinius techninius dokumentus ir jų sistemą. Normatyviniai statybos techniniai dokumentai skirstomi: 1) Statybos techniniai reglamentai (teisės aktai, standartai, statybos ar statinių naudojimo ir priežiūros taisyklės); 2) Statybos taisyklės, kurios nurodo galiojančių statybos techninių reglamentų įgyvendinimo metodiką.

Statinių energinio naudingumo skaičiavimams ir šiluminėms savybėms, tiek projektuoti, tiek skaičiuoti naudojamas ir taikomas STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“.

Pagal energijos sąnaudas pastatai klasifikuojami į 9 energinio naudingumo klases, tai nuo aukščiausios klasės, kuri nurodo energijos beveik nesuvartojantį pastatą – A++, iki žemiausios klasės, kuri nurodo energiškai neefektyvų pastatą – G (energinio naudingumo klasių klasifikacija A++, A+, A, B, C, D, E, F, G).

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ A klasės energinio naudingumo reikalavimus atitinkantis pastatas lyginant su B klase atitinkančiu pastatu turi: 1) Aukštesnes šilumos perdavimo koeficiento vertes projektuojant atitvaras; 2) Griežtesni reikalavimai įrengiamai mechaninio vėdinimo sistemai (nurodoma, kad jei pastate yra įrengta mechaninė oro vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus įrenginio naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis negu 0,65, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus sunaudojamas elektros energijos kiekis neturi būti didesnis už $0,75 \text{ Wh/m}^3$).

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ naujai statomiems pastatams nuo 2017 metų lapkričio 1 d. energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė nei A.

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ nurodymus pastatai turi būti projektuojami taip, kad jų sandarumas atitiktų reikalavimus keliamus LST EN 13829:2002 „Šiluminės statinių charakteristikos. Pastatų pralaidumo orui nustatymas. Slėgių skirtumo metodas (modifikuotas ISO 9972:1996)“ ir atitiktų normines reikšmes. O statant A energinio naudingumo klasės pastatus sandarumo matavimai yra privalomai.

Pagal STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ siekius įgyvendinti Komisijos komunikate „Efektyvaus energijos vartojimo veiksmų planas: išnaudoti potencialą“ (KOM(2006)545 galutinis) nustatytus prioritetus, siekiama mažinti energijos suvartojimą ir anglies dvideginio emisijos (CO₂) išmetimą į aplinką. Ir iki 2020 m. sumažinti 20 proc. Tuo pačiu skatinti atsinaujinančių energijos šaltinių įdiegimą, kuris sunaudojamos energijos išteklių sudarytų 20 proc. visos Europos Sąjungos energijos išteklių.

2. EKONOMIŠKAI NAUDINGIAUSIO SIENŲ ŠILTINAMOJO SLUOKSNIO PARINKIMO IR Palyginimo su B klasės sienos kriterijais skaičiavimas

2.1. Gyvenamojo namo atitvarų, tenkinančių A ir B energinio naudingumo klases, apžvalga

Didžiausią dalį atitvarų pastate dalį sudaro – sienos. Statistiškai didžiausia dalis šilumos ir prarandama per išorines sienų atitvaras, net apie 30 procentų (A.Ruzgys 2013). Taigi galima teigti, kad sienos atitvaros šiluminių savybių pagerinimas įtakos energijos nuostolių sumažinimą ir efektyviai panaudojamą pastato šilumą. Tai viena iš energijos panaudojimo veiksmingumo didinimo priemonių (D. Štreimikienė 2012)

Matome, kad Lietuvoje įsigaliojantys nauji, vis griežtesni energinio naudingumo reikalavimai, įsisavinami. Nuo 2016 m. lapkričio 1 dienos pagal pastatų energinio naudingumo direktyvos 2002/91/EB nuostatus Lietuvoje įsigaliojo A energinio naudingumo klasės reikalavimai naujai projektuojamiems pastatams. Todėl A ir aukštesnės klasės pastatų progresas ir poreikis padidės.

Esant tokiems pokyčiams anksčiau projektuoti B energinio naudingumo klasės pastatai turi būti parengiami ir naujai projektuojami priimant naujus sprendimus, naujai taikomiems reikalavimams. Šiame darbe pritaikoma nagrinėjamo gyvenamojo namo (1pav.) sienos atitvaros, kuri tenkina B energinio naudingumo klasę, A energinio naudingumo klasės reikalavimams. Taip pat atliekamas parinktų konstrukcijų atitvarų ekonomiškai naudingiausios šiluminės varžos nustatymas ekonominiu rodikliu. Palyginimas atliekamas su nagrinėjamo pastato B klasės sienos konstrukcijos pritaikymo A klasės reikalavimams.



1 pav. Nagrinėjamo gyvenamojo namo fotofiksacija (šiaurės rytų fasadas)



2 pav. Nagrinėjamo gyvenamojo namo fotofiksacija (pietryčių fasadas)

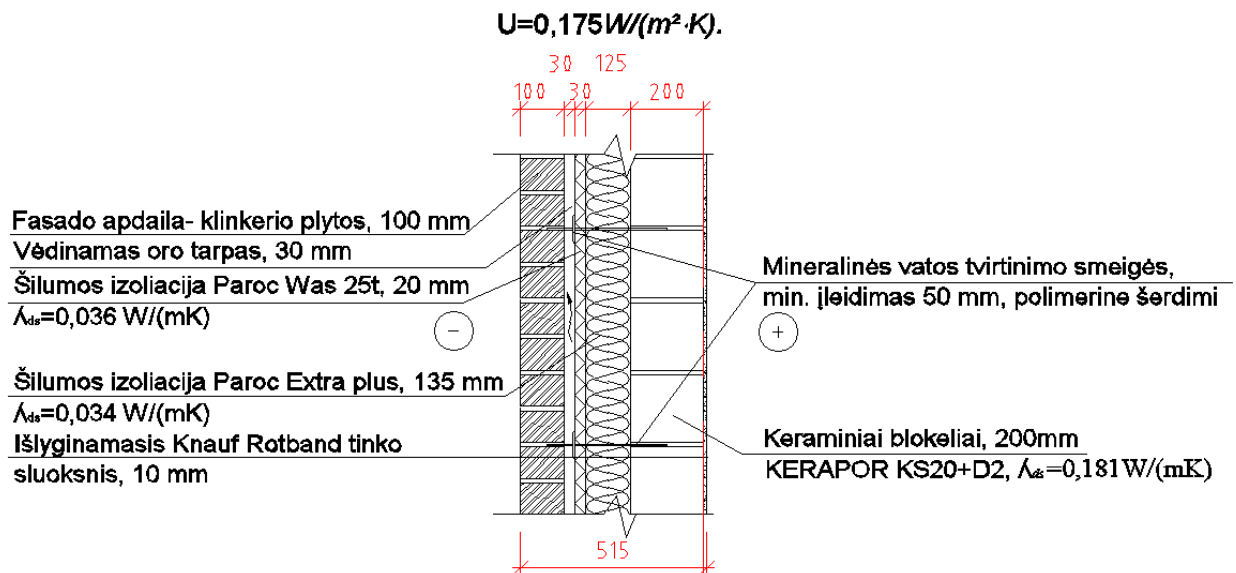
Skaičiavimams ir palyginimui priimame, kad skaičiuojamas vienas kvadratinis metras išorinės sienos konstrukcijos, kurią nagrinėjant išskiriama:

- 1) Nagrinėjamos konstrukcijos detalės aprašymas – naudojamos medžiagos, jų storiai, deklaruojami gamintojų šilumos laidumo koeficientai.
- 2) Skaičiuojamos konstruktyvų šilumos perdavimo reikšmės, kurios turi tenkinti sąlygas, pagal galiojančius STR 2.05.01:2013 reikalavimus.
- 3) Ekonomiškai naudingiausios atitvaros skaičiavimas.

2.2. B energinio naudingumo klasės sienos atitvaros varžos skaičiavimas

Pasirinkta atitvara susideda iš 200 mm keraminių blokelių mūro su dviem sluoksniais apšiltinimo medžiagos- akmens vatos. Apšiltinimo medžiagos prie mūro tvirtinamos mechaniškai-smeigėmis. Apdaila nevertinama, nes pasirinkta atitvaros konstrukcija su vėdinamu oro tarpu ir tolimesni sluoksniai nebevertinami.

Nagrinėjamas sienos atitvaros detalė nr.1B, suprojektuota pagal STR 2.05.01:2013 gyvenamosios paskirties pastatų keliamus reikalavimus. Atitvara suprojektuota B energinio naudingumo klasei.



3 pav. Sienos atitvaros šiltinimo detalė nr.1B

1 lentelė. Sienos atitvaros duomenys. Nr.1B

Eil. Nr.	Atitvaros sluoksniai	Žymėjimas	Medžiagos storis d, m	$\lambda_{ds}, W/(m\lambda K)$	Varža R, $m^2 \cdot K/W$
1.	Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{SI}	-	-	0,13
2.	Kalkių smėlio tinkas	R1	0,02	0,8	0,025
3.	Keraminių blokelių mūras	R2	0,2	0,19	1,052
4.	Akmens vata Paroc eXtra	R3	0,125	0,035	3,571
5.	Akmens vata Paroc WAS 25t	R4	0,03	0,037	0,811
6.	Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{SE}	-	-	0,13

Atitvaros, besiribojančios su išore, šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas:

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , W/(mλK) apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_w + +\Delta\lambda_{cv} \quad (1)$$

čia: λ_D – deklaruojamoji termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė, W/(m·K), imama iš gamintojų pateikiamų deklaracijų;

$\Delta\lambda$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo atitvaroje, W/(m·K) (iš STR 2.01.03:2009 2 lent.);

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl šilumos konvekcijos poveikio, apskaičiuojama pagal (2) formulę:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv}, \text{ W/(m}\cdot\text{K)} \quad (2)$$

Skaičiuojamos sienos atskirų sluoksnių šiluminės varžos, visuminė šiluminė varža.

Atskirų sluoksnių šiluminę varžą apskaičiuojama pagal (3) formulę;

$$R_n = \frac{d_n}{\lambda_{n,ds}}; \quad (3)$$

čia: $\lambda_{n,ds}$ – projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė W/(m·K), apskaičiuojama pagal (1) formulę;

d_n – projektinis atitvaros sluoksnio storis, m.

Pirmasis sluoksnis: 20 mm storio kalkių smėlio tinkas iš vidaus, kurio $\lambda_{ds} = 0,8 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{1,ds}} = \frac{0,020}{0,8} = 0,025 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Antrasis sluoksnis: 200 mm keraminių blokelių mūras, kurio $\lambda_{ds} = 0,19 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{2,ds}} = \frac{0,20}{0,19} = 1,052 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Trečiasis sluoksnis: 125 mm akmens vatos Paroc eXtra termoizoliacija, kurios $\lambda_{ds} = 0,034 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , W/(m·K) apskaičiuojama pagal (1) formulę:

Skaičiuojama šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl šilumos konvekcijos poveikio pagal (2) formulę:

$$\Delta\lambda_{cv} = 0,034 \cdot 0 = 0 \frac{W}{(m \cdot K)};$$

$\Delta\lambda_{\omega} = 0,001 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (pataisa dėl medžiagos įdrėkio);

Skaičiuojame projektinę termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertę λ_{ds} , W/(m·K) pagal (1) formulę:

$$\Delta\lambda_{ds} = 0,034 + 0,001 + 0 = 0,035 \frac{W}{(m \cdot K)}.$$

Tuomet trečio sluoksnio šiluminė varža bus:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{3,ds}} = 3,571 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Ketvirtasis sluoksnis: 30 mm akmens vatos Paroc WAS 25t termoizoliacija, kurios $\lambda_D = 0,036$ W/(m·K).

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , W/(m·K) apskaičiuojama pagal (1) formulę:

Skaičiuojame šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl šilumos konvekcijos poveikio pagal (2) formulę:

$$\Delta\lambda_{cv} = 0,034 \cdot 0 = 0 \frac{W}{(m \cdot K)};$$

$\Delta\lambda_{\omega} = 0,001$ W/(m·K) (pataisa dėl medžiagos įdrėkio);

Skaičiuojama projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , W/(m·K) pagal (1) formulę:

$$\Delta\lambda_{ds} = 0,036 + 0,001 + 0 = 0,037 \frac{W}{(m \cdot K)}.$$

Tuomet ketvirto sluoksnio šiluminė varža bus:

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_{4,ds}} = \frac{0,02}{0,037} = 0,811 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Skaičiuojame sienos suminę šiluminę varžą (R_s) pagal (4) formulę:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4; \quad (4)$$

$$R_s = 0,025 + 1,052 + 3,571 + 0,811 = 5,46 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Sienos visuminę šiluminę varžą skaičiuojama pagal (5) formulę:

$$R_T = R_{SI} + R_s + R_{SE}; \quad (5)$$

čia: $R_{SI} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot K/W$ – sienos vidinio paviršiaus šiluminė varža, kai šilumos srauto kryptis horizontali (pagal STR 2.05.01:2013 1 priedo 2.3 lentelę).

R_{SE} – sienos išorinio paviršiaus šiluminė varža. Kadangi siena turi vėdinamą oro tarpą, tai sienos išorinio paviršiaus šiluminė varža bus lygi vidinei paviršiaus šiluminei varžai – $R_{SI} = R_{SE} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot K/W$.

Kadangi siena yra su vėdinamu oro tarpu, tai oro tarpo ir sluoksnių, esančių į išorinę pusę nuo oro tarpo (apdailinis klinkerio mūras), šiluminės varžos yra nevertinamos.

Tuomet sienos visuminė varža bus:

$$R_T = 0,13 + 5,46 + 0,13 = 5,72 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Gavus sienos visuminę šiluminę varžą paskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas pagal (6) formulę:

$$U = \frac{1}{R_T}; \quad (6)$$

$$U = \frac{1}{5,71} = 0,175 \frac{W}{m^2 \cdot K}.$$

Pagal gautus rezultatus darome išvadą, jog laukinės sienos varža atitinka keliamus norminius STR 2.05.01:2013 reikalavimus:

$$U = 0,175 \frac{W}{m^2 \cdot K} < U_n = 0,20 \frac{W}{m^2 \cdot K}.$$

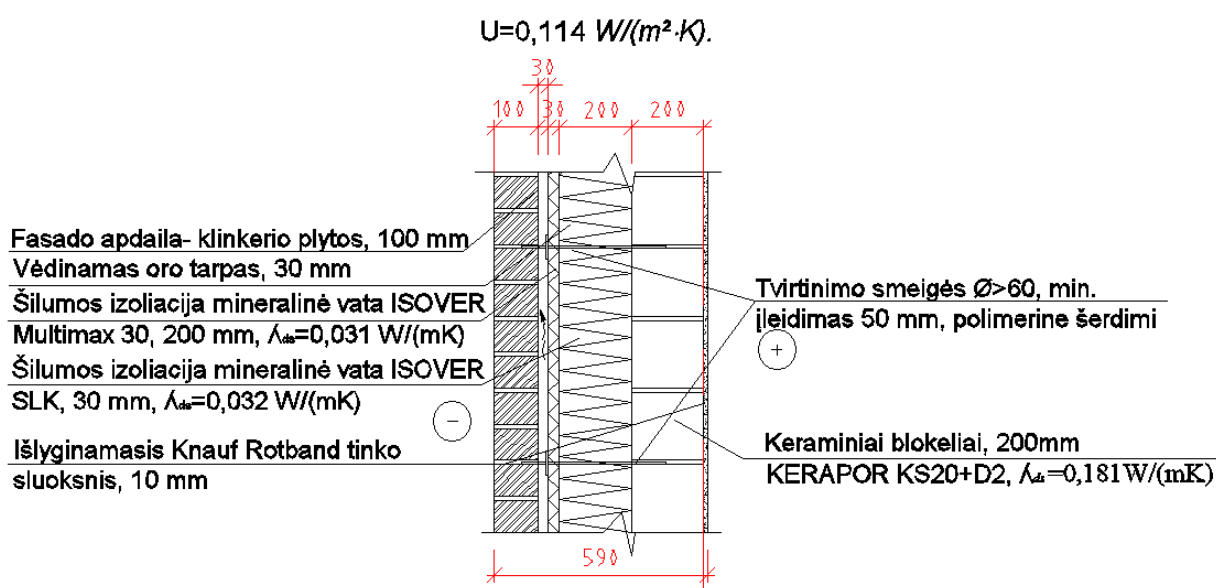
Čia: U_n pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ $U_n = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

2.3. Gyvenamųjų pastatų atitvarų, atitinkančių A klasės reikalavimus, variantų parinkimas ir varžų skaičiavimas

Nagrinėjami atitvarinės sienos detalės nr.1A, nr.2A, nr.3A, suprojektuotos pagal STR 2.05.01:2013 gyvenamosios paskirties pastatams keliamus reikalavimus. Atitvaros suprojektuotos taip, kad atitiktų A energinio naudingumo klasės reikalavimus.

Sienos atitvaros detalės nr.1A varžos skaičiavimas.

Pasirinkta atitvara susideda iš 200 mm keraminių blokelių mūro su dviem sluoksniais apšiltinimo medžiagos- mineralinės vatos. Apšiltinimo medžiagos prie mūro tvirtinamos mechaniškai- smeigėmis. Apdaila nevertinama, nes pasirinkta atitvaros konstrukcija su vėdinamu oro tarpu ir tolimesni sluoksniai nebevertinami.



4 pav. Sienos atitvaros šiltinimo detalė nr.1A

2 lentelė. Sienos atitvaros duomenys. Nr.1A

Eil. Nr.	Atitvaros sluoksniai	Žymėjimas	Medžiagos storis d, m	λ_{ds} , W/(mλK)	Varža R, m ² ·K/W
1.	Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{SI}	-	-	0,13
2.	Kalkių smėlio tinkas	R1	0,02	0,8	0,025
3.	Keraminių blokelių mūras	R2	0,2	0,19	1,052
4.	Mineralinė vata Isover Multimax 30	R3	0,2	0,031	6,45
5.	Mineralinė vata Isover RKL-31 Facade	R4	0,03	0,032	0,938
6.	Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{SE}	-	-	0,13

Atitvaros besiribojančios su išorė šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas:

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , $W/(m \cdot K)$ apskaičiuojama pagal (1) formulę.

Skaičiuojamos esamos sienos atskirų sluoksnių šiluminės varžos pagal (3) formulę, visuminė šiluminė varža pagal (5) formulę.

Pirmasis sluoksnis: 20 mm storio kalkių smėlio tinkas iš vidaus, kurio $\lambda_{ds} = 0,8 W/(m \cdot K)$:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,020}{0,8} = 0,025 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Antrasis sluoksnis: 200 mm keraminių blokelių mūras, kurio $\lambda_{ds} = 0,19 W/(m \cdot K)$:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,20}{0,19} = 1,052 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Trečiasis sluoksnis: 200 mm mineralinės vatos ISOVER Multimax 30 termoizoliacija, kurios $\lambda_D = 0,030 W/(m \cdot K)$.

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , $W/(m \cdot K)$ apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} \quad (1)$$

čia: λ_D – deklaruojamoji termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė, $W/(m \cdot K)$, imama iš gamintojų deklaracijų;

$\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo atitvaroje, $W/(m \cdot K)$, imama (iš STR 2.01.03:2009 2 lent.);

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl šilumos konvekcijos poveikio, apskaičiuojama pagal (2) formulę:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv}, W/(m \cdot K) \quad (2)$$

Skaičiuojamas šilumos laidumo koeficientas su pataisomis:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv} = 0,030 \cdot 0 = 0 \frac{W}{(m \cdot K)}.$$

$\Delta\lambda_{\omega} = 0,001 W/(m \cdot K)$ (pataisa dėl medžiagos įdrėkio);

$$\lambda_{cds} = \lambda_D + \lambda_w + \lambda_{cv} = 0,030 + 0,001 + 0 = 0,031 \frac{W}{(m \cdot K)};$$

Tuomet trečio sluoksnio šiluminė varža bus:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{3,ds}} = \frac{0,20}{0,031} = 6,452 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Ketvirtasis sluoksnis: 30 mm mineralinės vatos ISOVER RKL-31 facade termoizoliacija, kurios $\lambda_D = 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$ apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_\omega + \Delta\lambda_{cv} \quad (1)$$

čia: λ_D – deklaruojamoji termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė, $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$, imama iš gamintojų deklaracijų;

$\Delta\lambda_\omega$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo atitvaroje, $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$, imama (iš STR 2.01.03:2009 2 lent.);

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl šilumos konvekcijos poveikio, apskaičiuojama pagal (3) formulę:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv}, \text{ W/(m}\cdot\text{K)} \quad (3)$$

Skaičiuojamas šilumos laidumo koeficientas su pataisomis:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv} = 0,031 \cdot 0 = 0 \frac{W}{(m \cdot K)};$$

$\Delta\lambda_\omega = 0,001 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (pataisa dėl medžiagos įdrėkio);

$$\lambda_{cds} = \lambda_D + \lambda_w + \lambda_{cv} = 0,031 + 0,001 + 0 = 0,032 \frac{W}{(m \cdot K)};$$

Tuomet ketvirtojo sluoksnio šiluminė varža bus:

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,03}{0,032} = 0,938 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Sienos vidinio paviršiaus šiluminė varža, kai šilumos srauto kryptis horizontali (iš STR 2.01.03:2009 1 priedo 2.3 lentelės) – $R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Kadangi siena turi vėdinamą oro tarpą, tai sienos išorinio paviršiaus šiluminė varža bus lygi vidinei paviršiaus šiluminei varžai – $R_{si} = R_{se} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Kadangi siena yra su vėdinamu oro tarpu, tai oro tarpo ir sluoksnių, esančių į išorinę pusę nuo oro tarpo (apdailinis klinkerio mūras), šiluminės varžos yra nevertinamos.

Sienos suminė šiluminė varža yra lygi (4):

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4; \quad (4)$$

$$R_s = 0,025 + 1,052 + 6,452 + 0,938 = 8,47 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}.$$

Sienos visuminė šiluminė varža yra lygi:

$$R_T = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (5)$$

$$R_T = 0,13 + 8,47 + 0,13 = 8,73 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}.$$

Sienos šilumos perdavimo koeficientas yra lygus (6) :

$$U = \frac{1}{R_T}; \quad (6)$$

$$U = \frac{1}{8,73} = 0,114 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}.$$

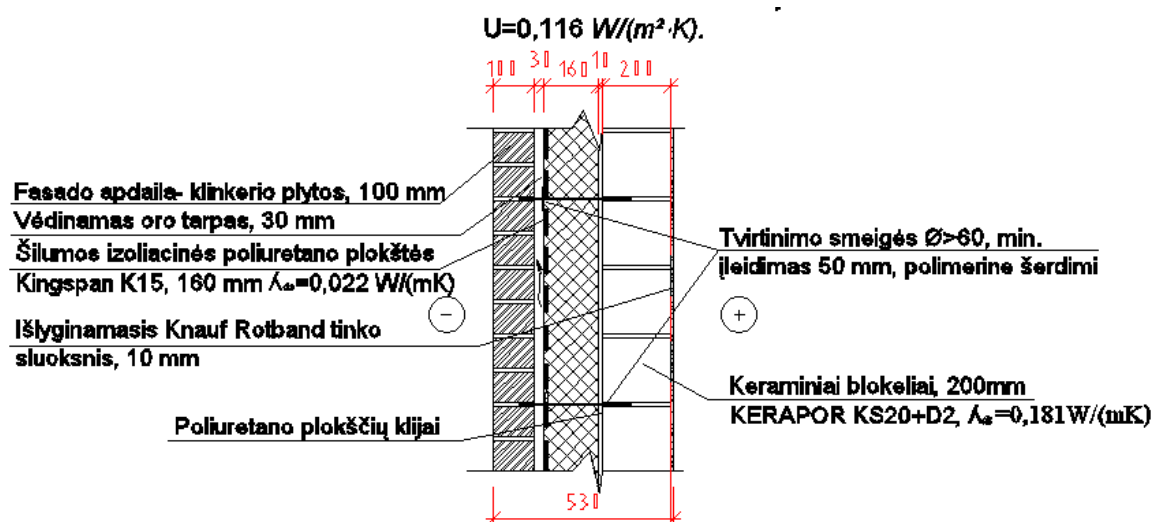
Pagal gautus rezultatus daroma išvada, jog laukinės sienos varža atitinka keliamus norminius STR 2.05.01:2013 reikalavimus:

$$U = 0,114 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} < U_n = 0,12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}.$$

Čia: U_n pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ $U_n = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Sienos atitvaros detalės nr. 2A varžos skaičiavimas.

Pasirinkta atitvara susideda iš 200 mm keraminių blokelių mūro, apšiltinto poliuretano plokštėmis. Apšiltinimo medžiagos prie mūro tvirtinamos mechaniškai- smeigėmis ir klijuojamos specialiais klijais. Apdaila nevertinama, nes pasirinkta atitvaros konstrukcija su vėdinamu oro tarpu ir tolimesni sluoksniai nebevertinami.



5 pav. Sienos atitvaros šiltinimo detalė nr.2A

3 lentelė. Sienos atitvaros duomenys. Nr.2A

Eil. Nr.	Atitvaros sluoksniai	Žymėjimas	Medžiagos storis d, m	λ_{ds} , W/(mλK)	Varža R, m ² ·K/W
1.	Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{St}	-	-	0,13
2.	Kalkių smėlio tinkas	R1	0,02	0,8	0,025
3.	Keraminių blokelių mūras	R2	0,2	0,19	1,052
4.	Poliuretano plokščių klijai	R3	0,01	0,8	0,013
5.	Poliuretano plokštės KINGSPAN K15	R4	0,16	0,021	7,273
6.	Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{SE}	-	-	0,13

Atitvaros, besiribojančios su išore, šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas:

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , (W/(m·K)) apskaičiuojama pagal (1) formulę.

Skaičiuojamos esamos sienos atskirų sluoksnių šiluminės varžos pagal (4) formulę, visuminė šiluminė varža pagal (5) formulę.

Pirmasis sluoksnis: 20 mm storio kalkių smėlio tinkas iš vidaus, kurio $\lambda_{ds} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,020}{0,8} = 0,025 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Antrasis sluoksnis: 200 mm keraminių blokelių mūras, kurio $\lambda_{ds} = 0,19 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,20}{0,19} = 1,052 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Trečiasis sluoksnis: 10 mm Termoizoliacinės medžiagos klijai, kurių $\lambda_D = 0,08 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,01}{0,8} = 0,013 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Ketvirtasis sluoksnis: 160 mm poliuretano plokštės KINGSPAN K15 termoizoliacija, kurios $\lambda_D = 0,021 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$ apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} \quad (1)$$

čia: λ_D – deklaruojamoji termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė, $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$, imama iš gamintojų deklaracijų;

$\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo atitvaroje, $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$, imama (iš STR 2.01.03:2009 2 lent.);

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl šilumos konvekcijos poveikio, apskaičiuojama pagal (2) formulę:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv}, \text{ W/(m}\cdot\text{K)} \quad (2)$$

Skaičiuojamas šilumos laidumo koeficientas su pataisomis:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv} = 0,021 \cdot 0 = 0 \frac{W}{(m \cdot K)};$$

$\Delta\lambda_{\omega} = 0,001 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (pataisa dėl medžiagos įdrėkio);

$$\lambda_{cds} = \lambda_D + \lambda_{\omega} + \lambda_{cv} = 0,021 + 0,001 + 0 = 0,02 \frac{W}{(m \cdot K)}.$$

Tuomet ketvirtojo sluoksnio šiluminė varža bus:

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,16}{0,022} = 7,273 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Sienos vidinio paviršiaus šiluminė varža, kai šilumos srauto kryptis horizontali (iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės) – $R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot K/W$. Kadangi siena turi vėdinamą oro tarpą, tai sienos išorinio paviršiaus šiluminė varža bus lygi vidinei paviršiaus šiluminei varžai – $R_{si} = R_{se} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot K/W$.

Kadangi siena yra su vėdinamu oro tarpu, tai oro tarpo ir sluoksnių, esančių į išorinę pusę nuo oro tarpo (apdailinis klinkerio mūras), šiluminės varžos yra nevertinamos.

Sienos suminė šiluminė varža yra lygi (4):

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4; \quad (4)$$

$$R_s = 0,025 + 1,052 + 0,013 + 7,273 = 8,36 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Sienos visuminė šiluminė varža yra lygi:

$$R_T = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (5)$$

$$R_T = 0,13 + 8,36 + 0,13 = 8,61 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Sienos šilumos perdavimo koeficientas yra lygus (6) :

$$U = \frac{1}{R_T}; \quad (6)$$

$$U = \frac{1}{8,61} = 0,116 \frac{W}{m^2 \cdot K}.$$

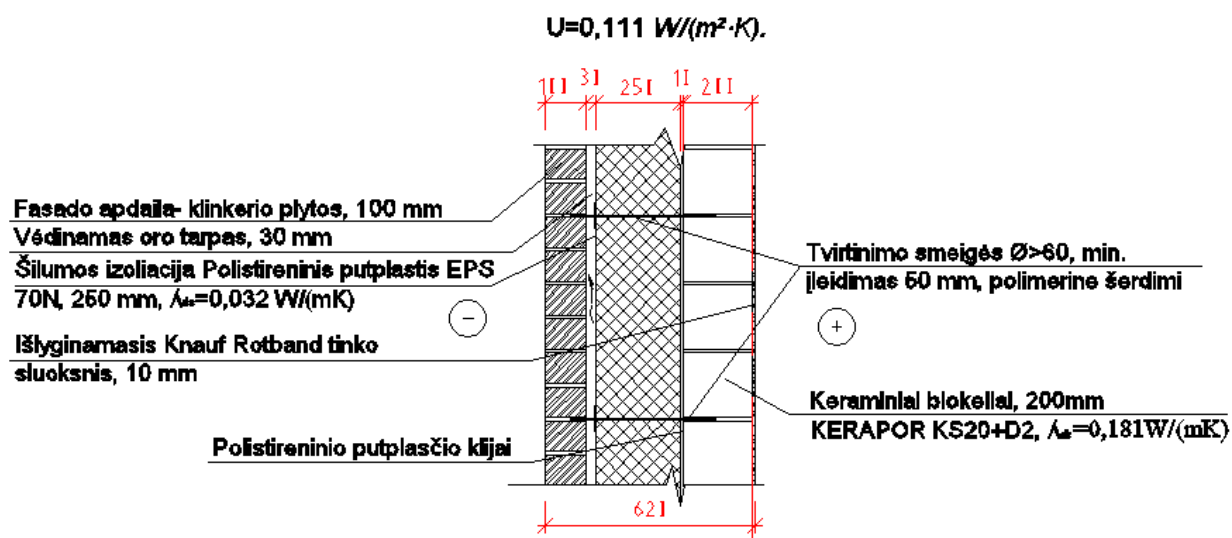
Pagal gautus rezultatus daroma išvada, jog laukinės sienos varža atitinka keliamus norminius STR 2.05.01:2013 reikalavimus:

$$U = 0,116 W/(m^2K) < U_n = 0,12 W/(m^2K).$$

Čia: U_n pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ $U_n = 0,12$ $W/(m^2K)$.

Sienos atitvaros detalės nr. 3A varžos skaičiavimas.

Pasirinkta atitvara susideda iš 200 mm keraminių blokelių mūro apšiltinto polistireninio putplasčio plokštėmis. Apšiltinimo medžiagos prie mūro tvirtinamos mechaniškai- smeigėmis ir klijuojamos specialiais kljais. Apdaila nevertinama, nes pasirinkta atitvaros konstrukcija su vėdinamu oro tarpu ir tolimesni sluoksniai nebevertinami.



6 pav. Sienos atitvaros šiltinimo detalė nr.3A

4 lentelė. Sienos atitvaros duomenys. Nr.3A

Eil. Nr.	Atitvaros sluoksniai	Žymėjimas	Medžiagos storis d, m	λ_{ds} , W/(mλK)	Varža R, m²·K/W
1.	Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{SI}	-	-	0,13
2.	Kalkių smėlio tinkas	R1	0,02	0,8	0,025
3.	Keraminių blokelių mūras	R2	0,2	0,19	1,052
4.	Polistireninio putplasčio plokščių kljai	R3	0,01	0,8	0,013
5.	Polistireninis putplastis Šiloporas EPS 70N	R4	0,25	0,033	7,576
6.	Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{SE}	-	-	0,13

Atitvaros, besiribojančios su išore, šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas:

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , (W/(m·K)) apskaičiuojama pagal (1) formulę.

Skaičiuojamos esamos sienos atskirų sluoksnių šiluminės varžos pagal (5) formulę, visuminė šiluminė varža pagal (4) formulę.

Pirmasis sluoksnis: 20 mm storio kalkių smėlio tinkas iš vidaus, kurio $\lambda_{ds} = 0,8 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,020}{0,8} = 0,025 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Antrasis sluoksnis: 200 mm keraminių blokelių mūras, kurio $\lambda_{ds} = 0,19 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,20}{0,19} = 1,052 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Trečiasis sluoksnis: 10 mm Termoizoliacinės medžiagos klijai, kurių $\lambda_D = 0,08 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,01}{0,8} = 0,013 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Ketvirtasis sluoksnis: 250 mm Polistireninio putplasčio Šiloporas EPS70N plokščių termoizoliacija, kurios $\lambda_D = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Projektinė termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , W/(m·K) apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} \quad (1)$$

čia: λ_D – deklaruojamoji termoizoliacinės medžiagos arba gaminio šilumos laidumo koeficiento vertė, W/(m·K), imama iš gamintojų deklaracijų;

$\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo atitvaroje, W/(m·K), imama (iš STR 2.01.03:2009 2 lent.);

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl šilumos konvekcijos poveikio, apskaičiuojama pagal (2) formulę:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv}, \text{ W/(m}\cdot\text{K)} \quad (2)$$

Skaičiuojamas šilumos laidumo koeficientas su pataisomis:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0 \frac{W}{(m \cdot K)};$$

$\Delta\lambda_{\omega} = 0,001 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (pataisa dėl medžiagos įdrėkio);

$$\lambda_{cds} = \lambda_D + \lambda_w + \lambda_{CV} = 0,032 + 0,001 + 0 = 0,033 \frac{W}{(m \cdot K)};$$

Tuomet ketvirtojo sluoksnio šiluminė varža bus:

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_{4,ds}} = \frac{0,25}{0,033} = 7,576 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Sienos vidinio paviršiaus šiluminė varža, kai šilumos srauto kryptis horizontali (iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės) – $R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot K/W$. Kadangi siena turi vėdinamą oro tarpą, tai sienos išorinio paviršiaus šiluminė varža bus lygi vidinei paviršiaus šiluminei varžai – $R_{si} = R_{se} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot K/W$.

Kadangi siena yra su vėdinamu oro tarpu, tai oro tarpo ir sluoksnių, esančių į išorinę pusę nuo oro tarpo (apdailinis klinkerio mūras), šiluminės varžos yra nevertinamos.

Sienos suminė šiluminė varža yra lygi (4):

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4; \quad (4)$$

$$R_s = 0,025 + 1,052 + 0,013 + 7,576 = 8,67 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Sienos visuminė šiluminė varža yra lygi:

$$R_T = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (5)$$

$$R_T = 0,13 + 8,67 + 0,13 = 8,93 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Sienos šilumos perdavimo koeficientas yra lygus (6) :

$$U = \frac{1}{R_T}; \quad (6)$$

$$U = \frac{1}{8,93} = 0,111 \frac{W}{m^2 \cdot K}.$$

Pagal gautus rezultatus daroma išvada, jog laukinės sienos varža atitinka keliamus norminius STR 2.05.01:2013¹ reikalavimus:

$$U = 0,111 W/(m^2 K) < U_n = 0,12 W/(m^2 K).$$

Čia: U_n pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ $U_n = 0,12$ W/(m²K).

2.4. Ekonomiškai naudingiausios šiluminės varžos nustatymas.

Gyvenamųjų namų statyboje siekiama visuminius kaštus sumažinti iki minimumo per visą pastato naudojimo laiką (pirminės išlaidos + pastatui išlaikyti skirtos išlaidos). Statinio gyvavimo trukmė priklausomai nuo statinio naudojimo paskirties ir statybos produktų, iš kurių jis pastatytas gali įvairiai skirtis nuo 120 metų iki 5 metų (pagal STR 1.12.06:2002). Darbe nagrinėjamo gyvenamojo namo gyvavimo, pastatyto panaudojant plytų ar blokelių mūrą, trukmė - 100 metų. Tad nustatant naujo gyvenamojo pastato ekonomiškai naudingiausią šiluminę varžą skaičiavimai atliekami pagal atitvaros šiluminės varžos mažiausią leistinąjį dydį, kuris užtikrintų norminių temperatūrų skirtumą tarp atitvaros vidinio paviršiaus ir patalpų oro temperatūros. Taikomas tiesioginis šiltinamojo sluoksnio storio skaičiavimas. Atitvatų kainos skaičiavimai atliekami sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“. Atitvarų įrengimo kainos pateiktos pagal 2016 spalio mėnesio įkainius. Lyginsime atitvarų įrengimo kainas, jų skirtumus, atsiperkamumą įrengiant vieną ar kitą atitvarą lyginant su B klasės atitvara. Kadangi lyginamos termoizoliacinės medžiagos, išorės apdailos įrengimo nevertiname. Visų lyginamų atitvarų laikantis ir apdailos sluoksniai vienodi. Skiriasi termoizoliacinės medžiagos su savo šiluminėmis savybėmis.

5 lentelė. Sienos atitvaros nr.1B, kaip lyginamosios, atitvaros įdėtinių lėšų įvertinimas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“.

Eil. Nr.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Atitvaros Nr.1B įrengimo kaštai					
		Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR			
				D.užm.	Medžiagos	Mechanizm.	Iš viso
1	Fasadinių pastolių, kurių plotis 0,73m ir aukštis iki 15m, įrengimas ir išardymas (100m ² vertikalios projekcijos)	100m ²	0,01	0,74	0,19		0,93
2	Keraminių blokelių 200 mm storio sienų mūras k ₈ =1.1, k ₉ =1.15	m ²	1,0	4,62	21,31	2,1	28,03
3	Sienų šiltinimas, kai naudojamos minkštos akmens vatos plokštės, izoliacijos sluoksnio storis 125.00 mm	100m ²	0,01	2,98	3,57	0,01	6,56
4	Sienų šiltinimas, klijuojant ir tvirtinant mechaniškai, kai naudojamos kietos mineralinės vatos plokštės, izoliacijos sluoksnio storis 30.00 mm	100m ²	0,01	4,4	4,87	0,14	9,41
5	Sienų šiltinamosios izoliacijos papildomas tvirtinimas smeigėmis	100vnt	0,05	1,49	0,75	0,11	2,35
6	Vidaus paviršių 10 mm storio viensluoksnis tinkas k ₈ =1.12	100m ²	0,01	3,14	3,1		6,24
			Viso:	17,37	33,79	2,36	53,52

6 lentelė. Sienos atitvaros nr.1A įdėtinių lėšų įvertinimas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“.

Atitvaros Nr.1A įrengimo kaštai							
Eil. Nr.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR			
				D.užm.	Medžiagos	Mechanizm.	Iš viso
FASADINĖ SIENA 1M2							
1	Fasadinių pastolių, kurių plotis 0,73m ir aukštis iki 15m, įrengimas ir išardymas (100m2 vertikalios projekcijos)	100m2	0,01	0,74	0,19		0,93
2	Keraminių blokelių 200 mm storio sienų mūras k8=1.1, k9=1.15	m2	1,0	4,62	21,31	2,1	28,03
3	Mūro sienų šiltinimas, naudojant universalias min. vatos plokštes, įrengiant 30mm storio vėjo izoliaciją, kai izoliacijos sluoksnio storis 200.00 mm	100m2	0,01	4,57	13,44	0,7	18,71
4	Sienų šiltinamosios izoliacijos papildomas tvirtinimas smeigėmis	100vnt	0,05	1,49	0,75	0,11	2,35
5	Vidaus paviršių 10 mm storio viensluoksnis tinkas k8=1.12	100m2	0,01	3,14	3,1		6,24
			Viso:	14,56	38,79	2,91	56,26

7 lentelė. Sienos atitvaros nr.2A įdėtinių lėšų įvertinimas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“.

Atitvaros Nr.2A įrengimo kaštai							
Eil. Nr.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR			
				D.užm.	Medžiagos	Mechanizm.	Iš viso
FASADINĖ SIENA 1M2							
1	Fasadinių pastolių, kurių plotis 0,73m ir aukštis iki 15m, įrengimas ir išardymas (100m2 vertikalios projekcijos)	100m2	0,01	0,74	0,19		0,93
2	Keraminių blokelių 200 mm storio sienų mūras k8=1.1, k9=1.15	m2	1,0	4,62	21,31	2,1	28,03
3	Sienų šiltinimas, įrengiant poliuretano putų sluoksnį, kai sluoksnio storis 160.00 mm	100m2	0,01	1,37	22,28		23,65
4	Sienų šiltinamosios izoliacijos papildomas tvirtinimas smeigėmis	100vnt	0,05	1,49	0,75	0,11	2,35
5	Vidaus paviršių 10 mm storio viensluoksnis tinkas k8=1.12	100m2	0,01	3,14	3,1		6,24
			Viso:	11,36	47,63	2,21	61,2

8 lentelė. Sienos atitvaros nr.3A įdėtinių lėšų įvertinimas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“.

Atitvaros Nr.3A įrengimo kaštai							
Eil.Nr.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR			
				D.užm.	Medžiagos	Mechanizm.	Iš viso
FASADINĖ SIENA, 1 M2							
1	Fasadinių pastolių, kurių plotis 0,73m ir aukštis iki 15m, įrengimas ir išardymas (100m2 vertikalios projekcijos)	100m2	0,01	0,74	0,19		0,93
2	Keraminių blokelių 200 mm storio sienų mūras k8=1.1, k9=1.15	m2	1,0	4,62	21,31	2,1	28,03
3	Sienų šiltinimas, klijuojant,kai naudojamos putų polistireno plokštės, izoliacijos sluoksnio storis 250 mm	100m2	0,01	3,24	15,09	0,01	18,34
4	Sienų šiltinamosios izoliacijos papildomas tvirtinimas smeigėmis	100vnt	0,05	1,49	0,75	0,11	2,35
5	Vidaus paviršių 10 mm storio viensluoksnis tinkas k8=1.12	100m2	0,01	3,14	3,1		6,24
			Viso:	13,23	40,44	2,22	55,89

2.5. Sutaupyčių lėšų skaičiavimas dėl energinės naudingumo klasės pagerinimo. Gautų rezultatų analizė.

9 lentelė. Nagrinėjamų atitvarų įdėtinės lėšos įrengimui

Eil. Nr.	Detalė	Atitvaros storis be išorės apdailos, mm	Atitvaros šilumos laidumo koeficientas, W/(m ² K)	Įdėtinės lėšos 1m ² atitvaros, eur/m ²
1.	Nr.1B	385	0,175	53,52
2.	Nr.1A	460	0,114	56,26
3.	Nr.2A	400	0,116	61,20
4.	Nr.3A	490	0,111	55,89

Pagal gautus rezultatus matoma, kad brangiausia įrengti A klasės atitvarą yra naudojant putų poliuretano plokštes „Kingspan K15“. O pigiausia atitvara, tenkinanti A naudingumo klasės reikalavimus, kaip termoizoliacinę medžiagą naudojant polistireninį putplastį EPS 70N . Tačiau norint kuo mažiau išstorinti sienos atitvaras ir pasiekti artimiausią sienos storį su lyginamąja B energinio naudingumo klasės siena, turime rinktis energetiškai efektyvesnes termoizoliacines medžiagas. Tarp nagrinėjamų atitvarų artimiausias sienos storis pasiekiamas naudojant brangiausią šiltinimo medžiagą putų poliuretano „Kingspan K15“ plokštes.

Savitųjų šilumos nuostolių H_{el} skaičiavimas

Norint išrinkti ekonomiškai efektyviausią variantą atliekant skaičiavimus neįvertinsime šilumos tiltelių įtakos. Vertinamas tik šilumos nuostolis per pastato atitvaras šildymo sezono metu. Lauko atitvarų plotas priimsims 158 m², tai darbe nagrinėjamo gyvenamojo namo lauko atitvarų plotas be langų ir durų. Skaičiavimai atliekami remiantis statybos techninio reglamento STR 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui“ pateikta skaičiavimo metodika.

Savitieji šilumos nuostoliai sienos atitvaros nr.1B bus lygūs:

$$H_{el} = U \cdot A \cdot k_a \cdot b_u \cdot (1 + \Delta k_0 + \Delta k_w + \Delta k_h) \quad (7)$$

Čia: H_{el} – atitvaros, išskyrus besiribojančios su gruntu, savieji šilumos nuostoliai, W/K;

U – atitinkamos atitvaros arba atitvaros dalies projektinis šilumos perdavimo koeficientas, W/(m²·K);

A – atitinkamos atitvaros arba atitvaros dalies su viena šilumos perdavimo koeficiento verte plotas, m². Priimame 158 m² išorės atitvaros plotą;

Pataisų ir koeficientų vertės nustatomos pagal STR 2.09.04:2008 priedo 4.1 ir 4.2 lenteles.

$k_a=1$, kadangi atitvara ribojasi su išore;

$b_u=1$, atitvara susisieka su išore;

$k_0=0,05$ – pataisa dėl atitvaros padėties pasaulio šalių atžvilgiu;

$\Delta k_w=0,02$ – pataisa dėl vėjo įtakos;

$\Delta k_h=0,04$ – pataisa dėl šildymo prietaisų rūšies.

1. Skaičiuojami savitieji šilumos nuostoliai per sienos atitvarą nr.1B (pagal 7 formulę):

$$H_{el,Nr.1B} = 0,175 \cdot 158 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 + 0,05 + 0,02 + 0,04) = 30,69W / K;$$

2. Skaičiuojami savitieji šilumos nuostoliai per sienos atitvarą nr.1A (pagal 7 formulę):

$$H_{el,Nr.1A} = 0,114 \cdot 158 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 + 0,05 + 0,02 + 0,04) = 19,99W / K;$$

3. Skaičiuojami savitieji šilumos nuostoliai per sienos atitvarą nr.2A (pagal 7 formulę):

$$H_{el,Nr.2A} = 0,116 \cdot 158 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 + 0,05 + 0,02 + 0,04) = 20,34W / K;$$

4. Skaičiuojami savitieji šilumos nuostoliai per sienos atitvarą nr.3A (pagal 7 formulę):

$$H_{el,Nr.3A} = 0,111 \cdot 158 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 + 0,05 + 0,02 + 0,04) = 19,46W / K.$$

Šildymo nuostolių per sienos atitvaras(Q_{en}) skaičiavimas (šildymo sezono metu).

$$Q_{en} = \sum Q_{el} + \sum Q_{\psi} = [(\sum H_{el} + \sum H_{\psi}) \cdot (\Theta_i - \Theta_{em})] \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

čia: ΔQ_{el} – šilumos poreikis projektiniams šilumos nuostoliams per patalpos atitvaras, išskyrus besiribojančių su gruntu, padengti;

ΣQ_{ψ} – šilumos poreikis projektiniams šilumos nuostoliams per ilginius šiluminius tiltelius patalpoje padengti, skaičiavimuose priimame, kad šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius yra =0;

ΨH_{el} – patalpos atitvarų, išskyrus besiribojančių su gruntu, suminiai savitieji šilumos nuostoliai, W/K;

ΣH_{ψ} – suminiai savitieji šilumos nuostoliai per patalpoje esančius ilginius šiluminius tiltelius, W/K.;

Θ_i – projektinė patalpos temperatūra. Nustatoma pagal Lietuvos higienos normos HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas" reikalavimus;

Θ_{em} – vidutinė šildymo sezono išorės temperatūra, priimama 0,6°C Šiaulių mieste. Reikšmė imama iš STR 2.09.04:2008 9 priedo 9.2 lentelės;

t – šildymo trukmė per šildymo sezoną, paromis, priimama 222 paros Šiaulių mieste. Imama iš STR 2.09.04:2008 9 priedo 9.2 lentelės.

1. Skaičiuojami šildymo nuostoliai per sienos atitvarą nr. 1B šildymo sezono metu (pagal 8 formulę):

$$Q_{en,Nr.1B} = ((30,69 + 0) \cdot (18 - 0,6)) \cdot 222 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 2845,18kWh;$$

2. Skaičiuojami šildymo nuostoliai per sienos atitvarą nr. 1A šildymo sezono metu (pagal 8 formulę):

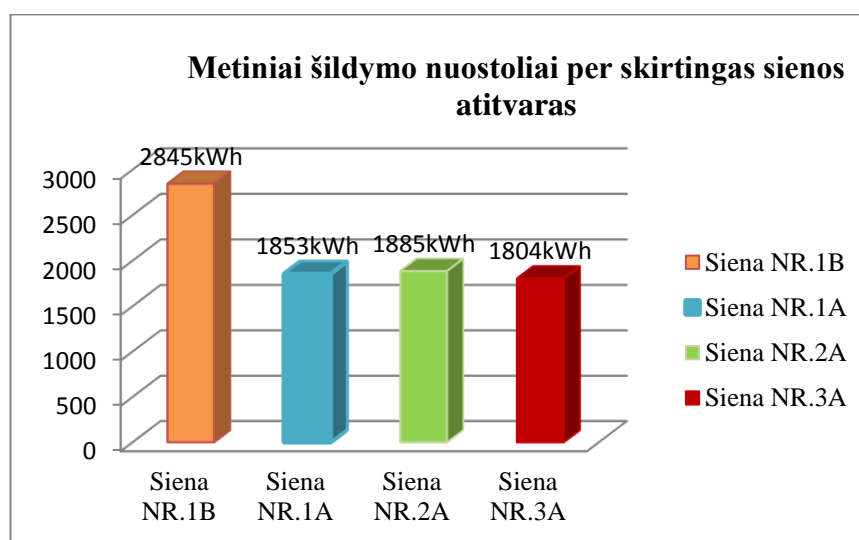
$$Q_{en,Nr.1A} = ((19,99 + 0) \cdot (18 - 0,6)) \cdot 222 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 1853,22kWh;$$

3. Skaičiuojami šildymo nuostoliai per sienos atitvarą nr. 2A šildymo sezono metu (pagal 8 formulę):

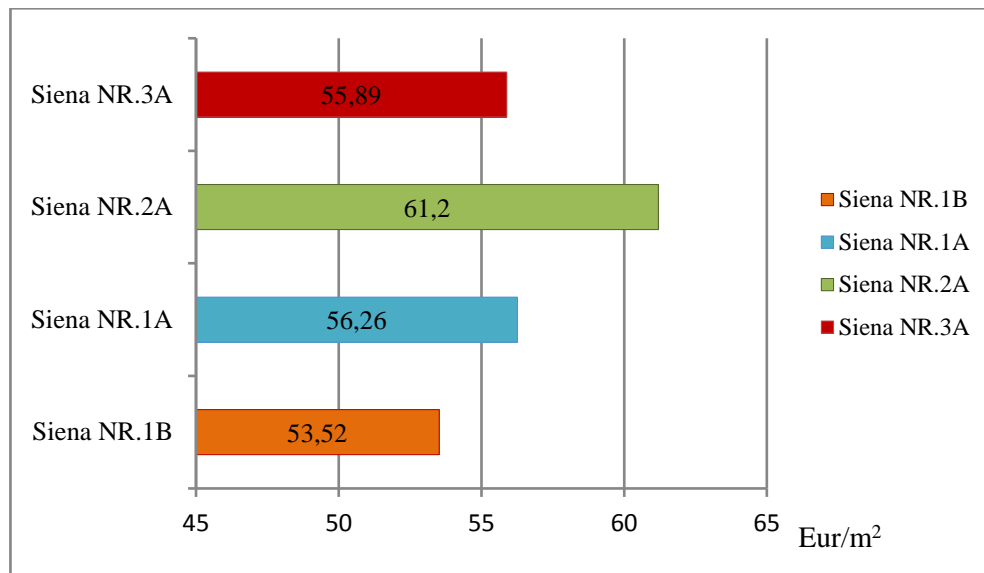
$$Q_{en,Nr.2A} = ((20,34 + 0) \cdot (18 - 0,6)) \cdot 222 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 1885,66kWh;$$

4. Skaičiuojami šildymo nuostoliai per sienos atitvarą nr. 3A šildymo sezono metu (pagal 8 formulę):

$$Q_{en,Nr.3A} = ((19,46 + 0) \cdot (18 - 0,6)) \cdot 222 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 1804,08kWh.$$



1 grafikas. Nagrinėjamų sienos atitvarų metiniai šildymo nuostoliai (per išorines sienos atitvaras Q_{en}, kWh).



2 grafikas. Įdėtinės lėšos medžiagoms, vienam kvadratiniam metrui sienos atitvarai įrengti. Sužinosime kaštus norint įrengti nagrinėjamas sienos atitvaras:

$$S_N = I_n \cdot A_n, Eur \quad (9)$$

I_n - idėtinės lėšos sienos atitvarai įrengti (nevertinamas apdailinio mūro įrengimas),Eur;

S_N –lėšos, reikalingos įrengti nagrinėjamą sienos atitvarą, Eur.

A_n – nagrinėjamo namo sienų plotas ($A_n=158m^2$).

$$S_{Nr.1B} = 53,52 \cdot 158 = 8456,16Eur;$$

$$S_{Nr.1A} = 56,26 \cdot 158 = 8889,08Eur;$$

$$S_{Nr.2A} = 61,2 \cdot 158 = 9669,60Eur;$$

$$S_{Nr.3A} = 55,89 \cdot 158 = 8830,62Eur.$$

2.6. Sutaupyto lėšų, dėl šiluminės atitvarų varžos padidinimo, skaičiavimas

Šiuolaikinėje statyboje vienas iš vertinimo kriterijų yra sutaupymas. Šiame skyriuje skaičiuojamos sutaupomos lėšos apšiltinus pastato sienos atitvaras atitinkančias A energinio naudingumo klasės reikalavimus, lyginant su B energinio naudingumo klasės atitvara. Naudingiausią naujo pastato atitvaros šiltinimo būdą nustatome pagal įrengiamos atitvaros šiluminės varžos mažiausią leistiną norminį dydį, kuris užtikrintų pakankamą komforto lygį patalpose. Sutaupytos šilumos kiekius skaičiuosime per pastato ekonominį naudojimo laiką, kai įdėtinės lėšos yra nuosavos. Pagal šią metodiką parinksime pastato sienos atitvaros ekonomiškai

naudingiausia šiluminę varžą. Skaičiavimai atliekami, kai ekonominė būklė valstybėje nusistovėjusi. Gavę naudingiausia konstrukcinio apšiltinimo sprendimą ir išlaidų skirtumą lyginant atitvaros įrengimą su B energinio naudingumo klasės atitvara, nuspręsimė ar toks apšiltinimo sprendimas naudingas atsipirkimo požiūriu (Pastatų šilumine fizika 2000).

Skaičiuojamos sutaupytos lėšos dėl šiluminės varžos padidinimo, atitinkančio A energinio naudingumo klasės atitvaros reikalavimus.

$$\Delta S = (\Delta U \cdot \Delta \Theta \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}) \cdot E \quad (10)$$

Čia:

$$\Delta U = U_{Nr.1B} - U_{Nr.XA} \quad (11)$$

Lyginamų atitvarų šilumos laidumo koeficiento verčių skirtumas.

$\Delta \Theta$ – vidutinės šildymo sezono temperatūros skirtumas tarp išorinės ir vidinės atitvaros temperatūrų paviršių. Imama iš STR 2.09.04:2008 9 priedo 9.2 lentelės;

t – šildymo trukmė per šildymo sezoną, paromis, imama iš STR 2.09.04:2008 9 priedo 9.2 lentelės.

E – vidurinė šilumos energijos kaina (skaičiavimams atlikti imama Šiaulių miesto vidutinė 2016 m šildymo sezono kaina, $E=0,0464$ eur/kWh).

Sutaupytų lėšų skaičiavimas sienos atitvarai nr.1A:

$$\Delta U = U_{Nr.1B} - U_{Nr.1A} = 0,175 - 0,114 = 0,061 \frac{W}{m^2 \cdot K};$$

$$\Delta \Theta = 20^{\circ} C - 0,6^{\circ} C = 19,4^{\circ} C;$$

$$\Delta S_{Nr.1B-Nr.1A} = (0,061 \cdot 19,4 \cdot 222 \cdot 24 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,0464 = 0,296 \frac{Eur}{m^2 \cdot metai}.$$

Sutaupytų lėšų skaičiavimas sienos atitvarai nr.2A:

$$\Delta U = U_{Nr.1B} - U_{Nr.2A} = 0,175 - 0,116 = 0,059 \frac{W}{m^2 \cdot K};$$

$$\Delta \Theta = 20^{\circ} C - 0,6^{\circ} C = 19,4^{\circ} C;$$

$$\Delta S_{Nr.1B-Nr.2A} = (0,059 \cdot 19,4 \cdot 222 \cdot 24 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,0464 = 0,283 \frac{Eur}{m^2 \cdot metai}.$$

Sutaupyto lėšų skaičiavimas sienos atitvarai nr.3A:

$$\Delta U = U_{Nr.1B} - U_{Nr.3A} = 0,175 - 0,111 = 0,064 \frac{W}{m^2 \cdot K};$$

$$\Delta \Theta = 20^0 C - 0,6^0 C = 19,4^0 C;$$

$$\Delta S_{Nr.1B-Nr.2A} = (0,064 \cdot 19,4 \cdot 222 \cdot 24 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,0464 = 0,307 \frac{Eur}{m^2 \cdot metai}.$$

A energinio naudingumo klasės tiriamų sienos atitvarų medžiagų pabrangimo skaičiavimas su lyginamąja B klasės sienos atitvara

Skaičiuojamas įdėtų lėšų, norint įrengti aukštesnės energinio naudingumo klasės sienos, skirtumas su lyginamąja sienos atitvara. Naudojami 5 lentelėje gauti rezultatai.

Kainų įrengimo skirtumas, jeigu sienos nr.1B termoizoliacinę medžiagą pakeisime į sienos nr. 1A termoizoliacinę medžiagą (mineralinę vatą):

$$\Delta I_{Nr.1A-Nr.1B} = 56,26 - 53,52 = 2,74 \frac{Eur}{m^2}.$$

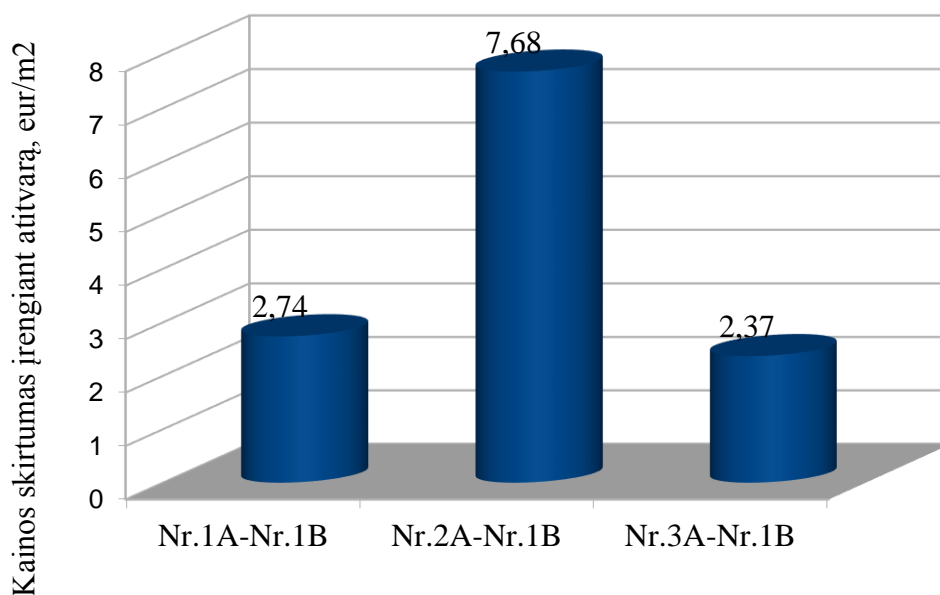
Kainų įrengimo skirtumas, jeigu sienos nr.1B termoizoliacinę medžiagą pakeisime į sienos nr.2A termoizoliacinę medžiagą (poliuretano plokštės):

$$\Delta I_{Nr.2A-Nr.1B} = 61,2 - 53,52 = 7,68 \frac{Eur}{m^2}.$$

Kainų įrengimo skirtumas, jeigu sienos nr.1B termoizoliacinę medžiagą pakeisime į sienos nr.3A termoizoliacinę medžiagą (polistireninio putplasčio plokštės):

$$\Delta I_{Nr.1A-Nr.1B} = 55,89 - 53,52 = 2,37 \frac{Eur}{m^2}.$$

Atitvarų įrengimo kainų skirtumai lyginant su Nr.1B mazgu



3 grafikas. Atitvarų įrengimo kainų skirtumai lyginant su nr.1B atitvara.

Iš pateiktos diagramos matoma, kad didžiausias kainų skirtumas lyginant sienos atitvarą nr.1B yra su atitvara nr.1A, kuriam kaip termoizoliacinė medžiaga naudojamos putų poliuretano plokštės.

2.7. Atsipirkamumo, įrengiant aukštesnės energinio naudingumo klasės atitvarą, skaičiavimas vertinant įdėtinių kaštų skirtumus.

Atsipirkimo laikotarpis (lit. „Payback rule -PB“) yra vienas iš svarbiausių kriterijų priimant sprendimą, kuria linkme investuoti lėšas. Literatūroje dažniausiai apskaičiuojamas paprastas atsipirkimo periodas, kuris gaunamas pirmines investuojamas lėšas padalijus iš prognozuojamų sutaupomų lėšų dėl šiluminės varžos padidinimo. Šis metodas taikomas dėl savo paprastumo jį įvertinant, nes atsipirkimo laikotarpis yra vienas iš rizikos matų renkantis atitinkamą sprendimą. Tačiau atsipirkimo laikotarpio skaičiavimo metodas turi ir trūkumų, nes neįvertinamas lėšų vertės kitimas per laiką (Pastatų šiluminė fizika 2000). Nors šis metodas turi trūkumų, bet jis teikia naudingos informacijos priimant sprendimą ir kada teoriškai investicija atsipirks.

Paprastąjį atsipirkimo periodą (PB) apskaičiuojame taip:

$$PB = \frac{I_{Nr.1A-Nr.1B}}{S_{Nr.1B-Nr.1A}}; \text{metai.} \quad (12)$$

Čia PB- paprastas atsipirkimo periodas (metais);

I- investuotų lėšų skirtumas, norint įrengti aukštesnės energinio naudingumo klasės atitvarą (eur/m²);

S – sutaupytos kasmetinės lėšos dėl šiluminės varžos padidavimo (eur/(m²*metai)).

Atitvaros nr. 1A paprastojo atsipirkimo (PB) naudojant nuosavas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

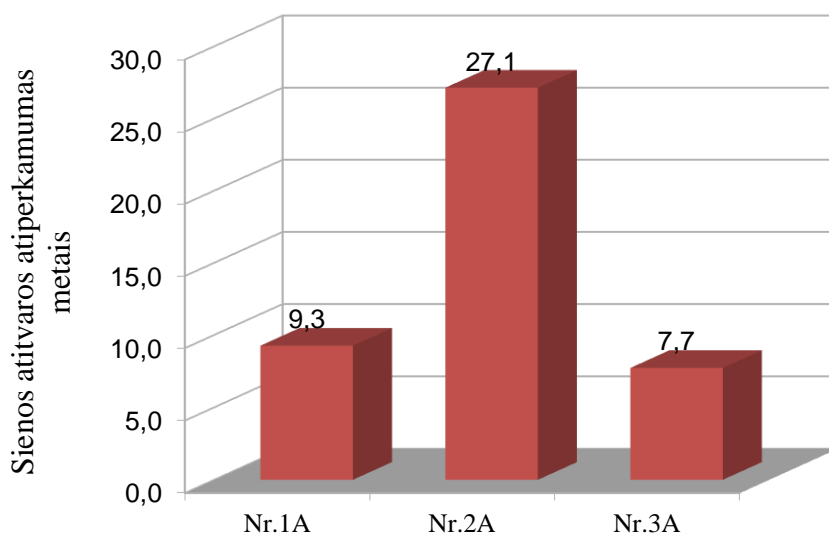
$$PB_{Nr.1A} = \frac{2,74}{0,296} = 9,26 \text{ metai.}$$

Atitvaros nr.2A paprastojo atsipirkimo (PB) naudojant nuosavas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

$$PB_{Nr.2A} = \frac{7,68}{0,283} = 27,13 \text{ metai.}$$

Atitvaros nr. 3A paprastojo atsipirkimo (PB) naudojant nuosavas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

$$PB_{Nr.3A} = \frac{2,37}{0,307} = 7,71 \text{ metai.}$$



4 grafikas. Atitvarų nr.1A; nr.2A; nr.3A atsipirkimo laikas, metais.

Kadangi paprastasis atsipirkimo laikas (PB) yra ilgesnis negu 5 metai, tai privalome skaičiuoti tikrąjį atsipirkimo laiką (lit. Pay-off time; real pay-back time-PO) įvertindami lėšų vertės kitimą per laiką (10 metų):

$$PO = \frac{-\ln\left(1 - r \cdot \frac{I}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + r)}, \text{ metai} \quad (13)$$

Čia r - lėšų nuvertėjimo norma, kuri įvertina ir šilumos brangimą, vnt.d./metai.

$$r = \frac{(r_n - e_n)}{(1 + e_n)}, \text{ vnt.d./ metai} \quad (14)$$

Čia: r_n - grynasis pelnas, kurį priimame $r_n=0,03$ /metai;

Artimiausių 10 metų laikotarpiu numatytas grynasis kuro brangimas $e=0,054$ /metai.

Atitvaros nr.1A tikrojo atsipirkimo (PO) naudojant nuosavas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

$$r = \frac{(0,03 - 0,054)}{(1 + 0,054)} = -0,023 / \text{ metai};$$

$$PO_{NR.1A} = \frac{-\ln\left(1 - 0,023 \cdot \frac{2,74}{0,296}\right)}{\ln(1 + 0,023)} = 8,3 \text{ metai}$$

Atitvaros nr.2A tikrojo atsipirkimo (PO) naudojant nuosavas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

$$PO_{NR.2A} = \frac{-\ln\left(1 - 0,023 \cdot \frac{7,68}{0,283}\right)}{\ln(1 + 0,023)} = 20,9 \text{ metai}$$

Atitvaros nr.3A tikrojo atsipirkimo (PO) naudojant nuosavas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

$$PO_{NR.3A} = \frac{-\ln\left(1 - 0,023 \cdot \frac{2,37}{0,307}\right)}{\ln(1 + 0,023)} = 7,0 \text{ metai}$$

Skaičiuojamas tiktasis atitvaros atsipirkimo laias (PO) naudojant skolintas lėšas.

Čia r - lėšų nuvertėjimo norma, kuri įvertina ir šilumos brangimą, vnt.d./metai.

$$r = \frac{1}{1+e} \left(\frac{(r_n - i)}{(1+i)} - e \right), \text{vnt.d./metai} \quad (15)$$

Čia: r_n - vardinė banko palūkanų norma, kurią priimame $r_n=0,1/\text{metai}$;

Bendroji infliacija numatoma $i=0,03/\text{metai}$;

Artimiausių 10 metų laikotarpiu numatytas grynasis kuro brangimas $e=0,054/\text{metai}$.

$$r = \frac{1}{1+0,054} \left(\frac{(0,1-0,03)}{(1+0,03)} - 0,054 \right) = 0,0105, \text{vnt.d./metai}$$

Atitvaros nr.1 tikrojo atsipirkimo (PO) naudojant skolintas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

$$PO_{NR.1A} = \frac{-\ln\left(1 - (0,0105) \cdot \frac{2,74}{0,296}\right)}{\ln(1 + (0,0105))} = 9,8\text{metai}$$

Atitvaros nr.2A tikrojo atsipirkimo (PO) naudojant skolintas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

$$PO_{NR.2A} = \frac{-\ln\left(1 - (0,0105) \cdot \frac{7,68}{0,283}\right)}{\ln(1 + (0,0105))} = 32\text{metai}$$

Atitvaros nr.3A tikrojo atsipirkimo (PO) naudojant solintas lėšas, laikotarpio skaičiavimas:

$$PO_{NR.3A} = \frac{-\ln\left(1 - (0,0105) \cdot \frac{2,37}{0,307}\right)}{\ln(1 + (0,0105))} = 8,1\text{metai}$$

Išvados:

1. Pagal gautus rezultatus matoma, kad pirmosios atitvaros nr. 2A, kaip termoizoliacinę medžiagą naudojant putų poliuretano plokštes, atsiperkamumo laikotarpis beveik tris kartus ($PO_{NR.2A}/PO_{NR.3A} = 20,9/7,0 = 2,98$ metai) ilgesnis negu įrengiant trečią nagrinėjamą sienos atitvarą nr. 3A.

2. Paskaičiavus atitvarų atsiperkamumo laikotarpį matome, kad atsiperkamumo laikotarpis pagerinus sienos atitvarų šilumines savybes siekia 7 metus naudojant nuosavas lėšas ir 6,3 metus naudojant skolintas lėšas. Ekonomiškai naudingiausios atitvaros įrengimas ir atsipirkimas sąlyginai yra trumpas laiko tarpas, įvertinant, kad tai yra tik teorinis skaičiavimas. Tačiau lyginant su tuo, kad (STR 1.12.06:2002) gyvenamosios paskirties pastato, vieno ir dviejų butų gyvenamojo namo, kurio laikanti pagrindinė konstrukcija yra mūras, gyvavimo trukmė numatoma 100 metų, tai investicijų atsipirkimas, pagerinus šilumines savybes įvyks praėjus dešimtdaliui normuojamos pastato gyvavimo trukmės.

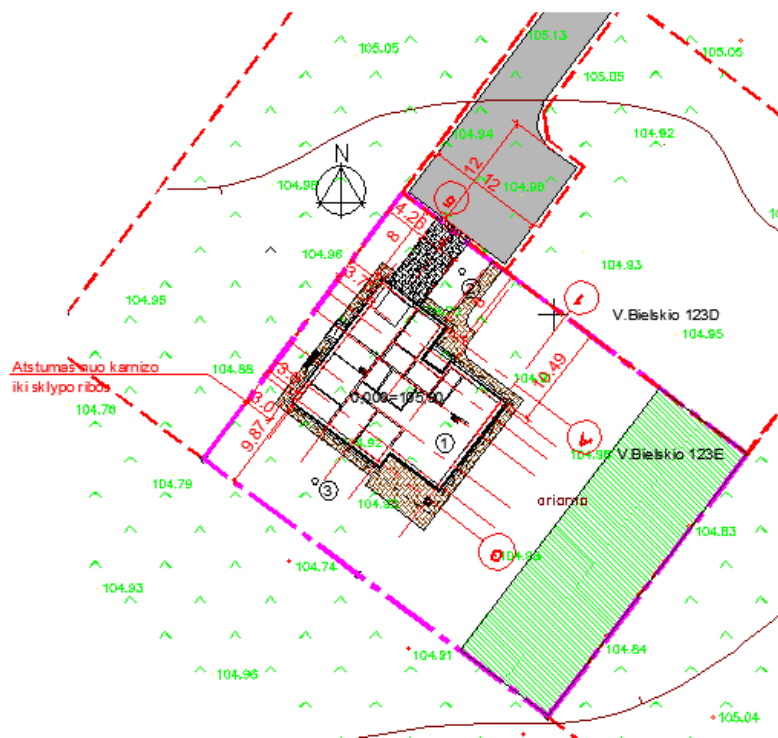
3. Lyginant pasirinktas atitvaros konstrukcijas matoma, kad termoizoliacinės medžiagos, kurios pagamintos ne iš natūraliai gaunamų medžiagų, turi geresnes šilumines savybes, kurios leidžia sumažinti termoizoliacinio sluoksnio storį atitvaroje, taip pat palengvinant termoizoliacinės medžiagos tvirtinimo ir įrengimo technologinius sprendimus prie pagrindo.

4. Atlikus skaičiavimus galima teigti, kad metiniai šildymo nuostoliai lyginant su B energinio naudingumo klasę atitinkančia atitvara sumažinami net ~46,9%. Tačiau tai reikalauja apie ~5% padidinti investicijas įrengiant išorės atitvaras.

3.LANGŲ ĮTAKOS PASTATO ŠILUMINĖMS SAVYBĖMS VERTINIMAS

Šiuolaikinės skaidrios pastato atitvaros yra labai svarbios projektuojant ir statant naujos statybos pastatus. Saulės spindulių apšvieta labai intensyvi. Natūrali šviesa žmogui suteikia didesnį komorto lygį, sukelia žvalią, optimistinę nuotaiką. Taip pat insoliacija smarkiai padidina patalpų apšviestumą, išryškina daiktus ir jų detalių formas, tūrius. Ne vien dėl nuotaikos ar panašių kriterijų žmogui reikalinga saulės šviesa. Šiluminiai saulės spinduliai taip pat atneša naudą- šildo patalpas, todėl sumažinamos išlaidos šildymui, šviesiuoju paros metu nereikalingas dirbtinis apšvietimas. Lietuvoje įvedant vis griežtesnius reikalavimus naujai projektuojamiems pastatams, projektavimas apima ne tik atitvarų pritaikymą pagal galiojančius teises aktus, bet atsiranda kompleksinis projektavimas, apimantis visus pastato aspektus. Vienas iš svarbių kriterijų projektuojant naujos statybos gyvenamąjį namą yra langai. Juos taip pat apima visuma kriterijų- šilumos laidumo koeficientas, oro skverbtis, natūralios apšvietos koeficientai, ekologiškumas, vidutinis šilumos prietėkis nuo saulės spinduliuotės. Šilumos nuostoliai per langus gali siekti net apie 21% visos pastate prarandamos šilumos (termografija.eu). Langą sudaro du pagrindiniai elementai- rėmas arba profilis ir stiklo paketas. Stiklo paketas užima didžiąją dalį lango visumos, beveik 80% viso lango sudaro stiklo paketas. Todėl rinkdamiesi langus didžiąsą dėmesį turime atkreipti į stiklo paketo sudedamąsias dalis. Naujų langų stiklo paketai dažniausiai susideda iš dviejų arba trijų hermetiškai įrengtų stiklų, kurių tarpas pripildomas dujomis: sausu oru arba šiluminėmis savybėmis geriau pasižyminčiomis argono dujomis. Stiklai tarpusavyje įrengiami su dujų tarpu, ne vien dėl šiluminių savybių, bet ir dėl garso izoliacijos. Bet norint, kad naujai statomas pastatas būtų priskiriamas prie mažai energijos naudojančių pastatų (B, A, A+ energinės klasės pastatai), reikalingos papildomos medžiagos, mažinančios produkto šilumos nuostolius. Vienas iš sparčiai populiarėjančių sprendimų, padedančių įvykdyti STR 2.01.09:2012 langams keliamus reikalavimus (A energinio naudingumo klasės $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{k}$) yra, kad bent vienas iš paketo stiklų būtų padengtas plonu sliuoksniumi akimi beveik nematonų metalų ir oksidų sluoksniumi. Toks stiklas vadinamas selektyviniu. Norint sutaupyti dar daugiau šilumos energijos rekomenduojami pažangesni langai su trijų stiklų paketais, kurių du stiklai selektyviniai (R.Tamošiūnas 2012). Tokie langai nesunkiai gali tenkinti net ir A++ energinio naudingumo klasės reikalavimus ir jų šilumos laidumo koeficientas gali siekti, net $U=0,7 \text{ W/m}^2\text{k}$. Todėl šiame skyriuje bus įvertinama pasirinkto projektuoto vienbučio gyvenamojo namo projektinis šilumos prietėkis nuo saulės spinduliuotės per skaidrias atitvaras vadovaujantis galiojančiomis normomis.

Skaičiavimai atliekami naudojant statybos techninio reglamento STR 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui“ pateiktas formules ir koeficientų reikšmes.



7 pav. Nagrinėjamo vienbučio gyvenamojo namo orientacija sklype pagal pasaulio šalis.

Nagrinėjamas vienbutis gyvenamasis namas sklype orientuotas šiaurės vakarų pusės dalyje. Pagrindinis namo įėjimas numatytas šiaurės rytų pusėje. Miegamieji- gyvenamieji kambariai pietvakarių pusėje, svetainė pietryčių pusėje, virtuvė šiaurės rytų pusėje, pagalbinės patalpos šiaurės vakarų pusėje. Pastatų, statinių ar didelių medžių aplink namą nėra, todėl papildomo saulės užstojimo nebus. Skyriuje atliekami ir lyginami du skaičiavimo variantai: kai apsaugos nuo saulės priemonių nėra ir kai apsaugos nuo saulės priemonėms panaudojamos apsauginės žaliuzės.

3.1. Projektinio šilumos srauto skaičiavimas

Per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras dėl saulės spinduliuotės patenkantis šilumos srautas Θ_{sg} , W, nustatomas:

$$\Theta_{sg} = (q_{s,j} \sum g \cdot A_{gl} \cdot a). \quad (16)$$

čia: $q_{s,j}$ – atitinkamo metų mėnesio paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis į atitinkamos orientacijos paviršiu, W/m^2 (žr. STR 2.09.04:2008 7 priedo 7.3 lentelę);

g – atitinkamos skaidrios atitvaros visuminės saulės spinduliuotės praleisties koeficientas (žr. STR 2.09.04:2008 7 priedo 7.4 lentelę);

A_{gl} – atitinkamos skaidrios atitvaros plotas, m^2 (jei nėra žinoma – $A_{gl} = 0,8 \cdot A$; čia A – angos plotas, nustatomas pagal mažiausius angos matmenis);

a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo:

$$a = 0,9 \cdot F_H \cdot F_C. \quad (17)$$

čia: F_H – koeficientas, įvertinantis skaidrių atitvarų užtemdymą dėl šalia esančių pastatų ir medžių; jei nėra duomenų, $F_H=0,8$;

F_C – koeficientas, įvertinantis apsaugos nuo saulės priemonių poveikį. Parenkamas iš STR 2.09.04:2008 7 priedo 7.6 lentelės.

Per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės Q_{sg} , kWh, nustatomas:

$$Q_{sg} = \Theta_{sg} \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}. \quad (18)$$

čia: Θ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W, nustatomas pagal 15 formulę;

t – šildymo trukmė per mėnesį, paromis.

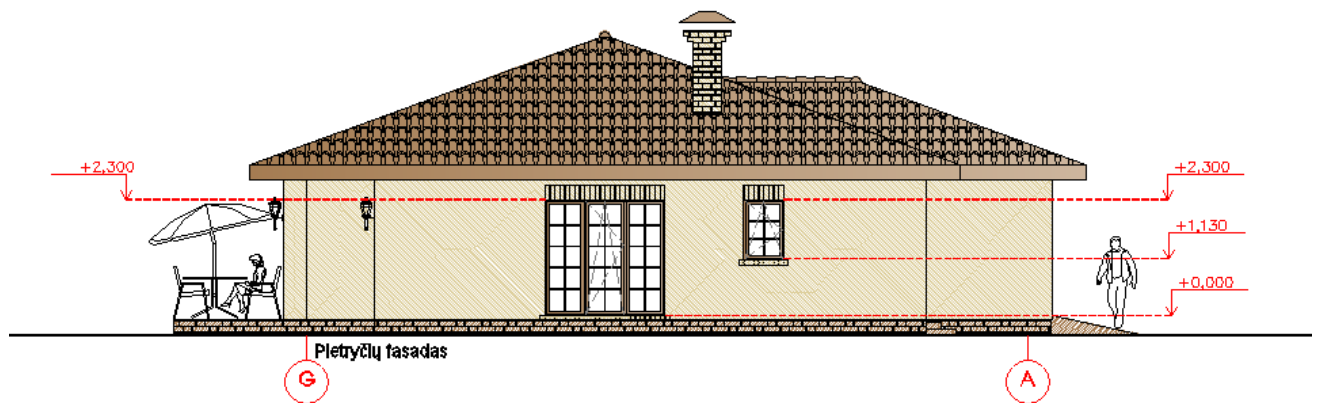
Skaičiavimams atlikti duomenis ir formules suvedant MS Office Excel programoje.

10 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietryčių fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės

Pietryčių fasado pusė							
Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, W/m ²	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m ²	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	34	5,18	0,72	0,5	63,40	36	2,283
2	61,1				113,94	65	7,406
3	109,7				204,57	125	25,571
4	118,4				220,79	176	38,859
5	139				259,21	263	68,171
6	152,7				284,75	277	78,877
7	137,3				256,04	261	66,826
8	128,6				239,81	243	58,275
9	107,3				200,09	167	33,416
10	61,6				114,87	100	11,487
11	24,9				46,43	42	1,950
12	22,9				42,70	29	1,238

11 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietryčių fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės

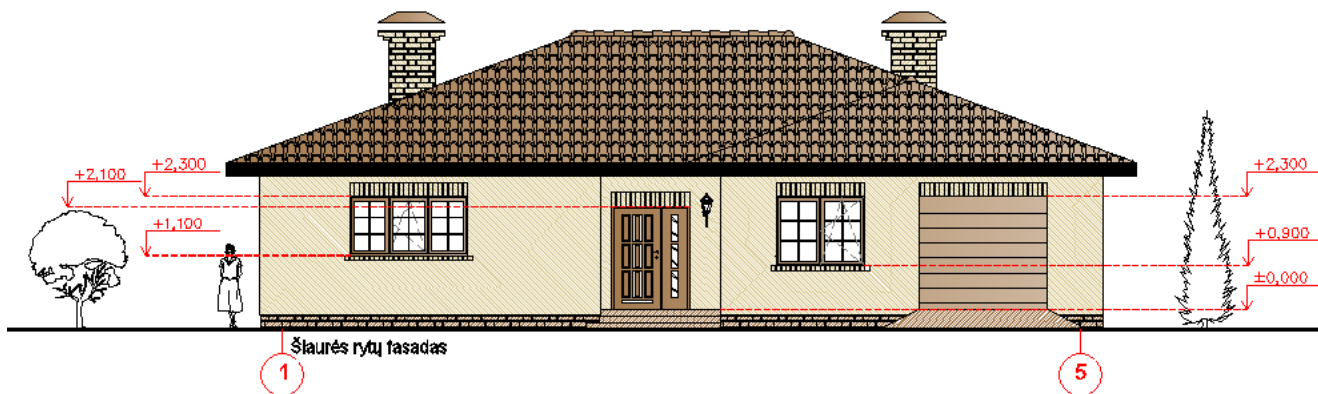
Pietvakarių fasado pusė							
Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, W/m^2	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m^2	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	25,9	8,45	0,72	0,5	78,79	36	2,836
2	54,5				165,79	65	10,776
3	99,8				303,59	125	37,949
4	101,5				308,76	176	54,342
5	128,8				391,81	263	103,046
6	141,7				431,05	277	119,401
7	129,7				394,55	261	102,977
8	118,5				360,48	243	87,596
9	91,4				278,04	167	46,432
10	52,9				160,92	100	16,092
11	24,9				75,75	42	3,181
12	23,1				70,27	29	2,038



8 pav. Nagrinėjamo namo pietryčių fasadas

12 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per šiaurės rytų fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės

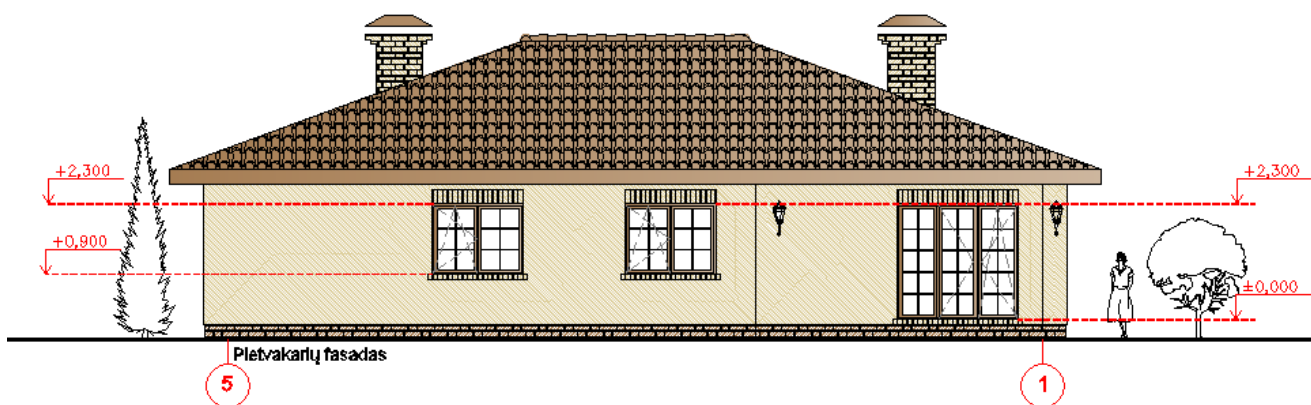
Šiaurės rytų fasado pusė							
Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, W/m^2	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m^2	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	12,8	4,32	0,72	0,5	19,91	36	0,717
2	28,6				44,48	65	2,891
3	52,2				81,18	125	10,148
4	66,3				103,11	176	18,147
5	100,9				156,92	263	41,270
6	119,7				186,16	277	51,566
7	106,8				166,10	261	43,351
8	83,6				130,01	243	31,594
9	52,5				81,65	167	13,635
10	25,7				39,97	100	3,997
11	11				17,11	42	0,719
12	7,8				12,13	29	0,352



9 pav. Nagrinėjamo namo šiaurės rytų fasadas

13 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietvakarių fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės

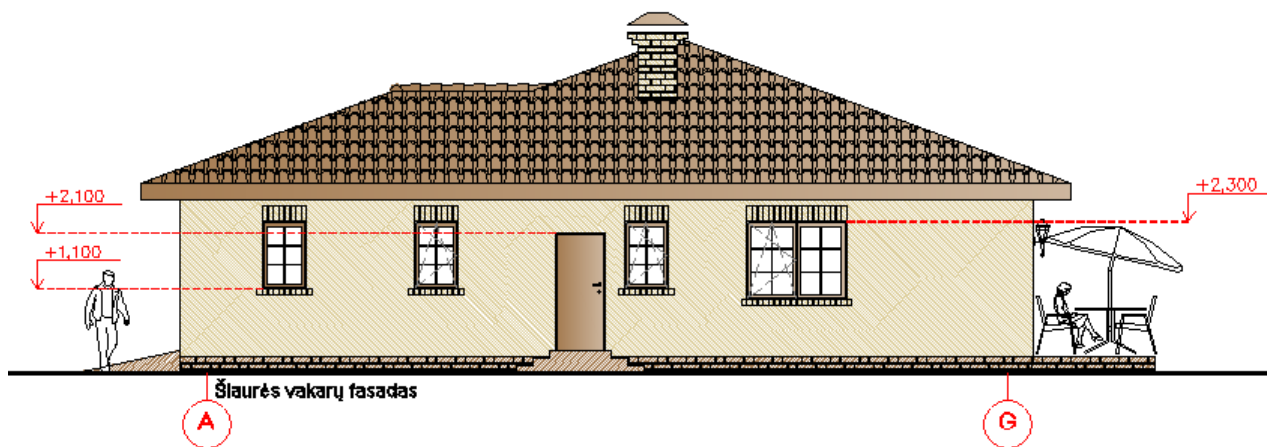
Pietvakarių fasado pusė							
Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai langai yra po stogu							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, W/m^2	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m^2	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	25,9	4,03	0,36	0,5	18,79	36	0,676
2	54,5				39,53	65	2,570
3	99,8				72,39	125	9,049
4	101,5				73,63	176	12,959
5	128,8				93,43	263	24,572
6	141,7				102,79	277	28,473
7	129,7				94,08	261	24,556
8	118,5				85,96	243	20,888
9	91,4				66,30	167	11,072
10	52,9				38,37	100	3,837
11	24,9				18,06	42	0,759
12	23,1				16,76	29	0,486



10 pav. Nagrinėjamo namo pietvakarių fasadas

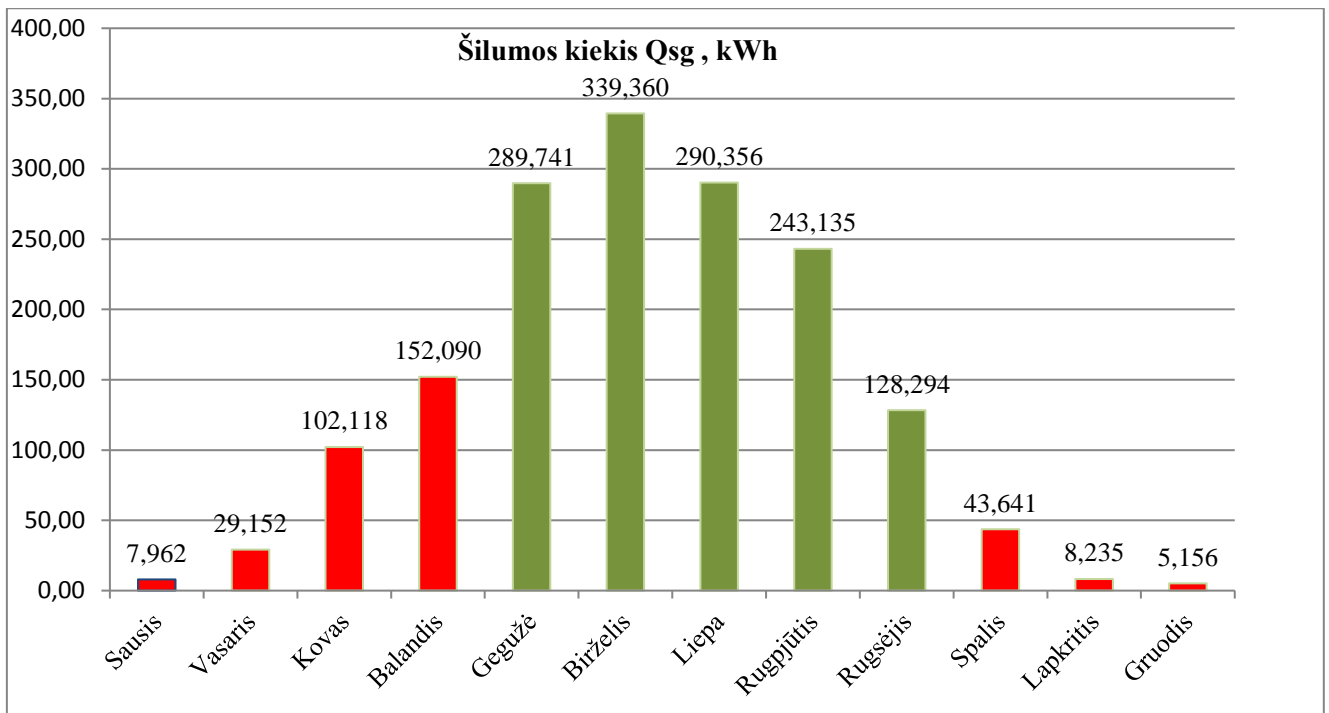
14 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per šiaurės vakarų fasadą, kai nėra apsaugos priemonių nuo saulės

Šiaurės vakarų fasado pusė							
Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, W/m^2	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m^2	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	25,9	4,32	0,72	0,5	40,28	36	1,450
2	54,5				84,76	65	5,509
3	99,8				155,21	125	19,401
4	101,5				157,85	176	27,782
5	128,8				200,31	263	52,681
6	141,7				220,37	277	61,043
7	129,7				201,71	261	52,646
8	118,5				184,29	243	44,783
9	91,4				142,15	167	23,738
10	52,9				82,27	100	8,227
11	24,9				38,72	42	1,626
12	23,1				35,93	29	1,042



11 pav. Nagrinėjamo namo šiaurės vakarų fasadas

Susumavus visų fasadų projektinius šilumos kiekius sužinoma, kuriais metų mėnesiais šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės yra didžiausias. Rezultatai pateikiami grafiškai.



5 grafikas. Kiekvieną mėnesį į patalpas per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, be apsauginių saulės priemonių Q_{sg} , kWh.

Pateiktame grafike (5 grafikas) raudonai pažymėti mėnesiai, kurių pritekantis šilumos kiekis naudingas šildymo sezono metu. Žaliai pažymėti mėnesiai, kuriais pritekantis šilumos kiekis yra perteklinis kurį patalpose reikia vėsinti.

Saulės įtaka naudojant apsaugines žaliuzes.

Taip pat skaičiuojama saulės įtaka kai skaidrioms atitvaroms naudojamos apsauginės žaliuzės. Name langams įrengiant apsaugines žaliuzes turime vieną pagrindinių privalumų – šviesos ir pritekančios šilumos srauto reguliavimas pagal žmogaus poreikį. Ribodami šviesos srautą sumažiname ir šilumos kiekį, patenkantį dėl saulės spinduliuotės, kuris labai aktualus šiltuoju metų laiku – ne šildymo sezono metu.

15 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietryčių fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės

Pietryčių fasado pusė							
Šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, W/m^2	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m^2	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	34	5,18	0,216	0,5	19,02	36	0,685
2	61,1				34,18	65	2,222
3	109,7				61,37	125	7,671
4	118,4				66,24	176	11,658
5	139				77,76	263	20,451
6	152,7				85,43	277	23,663
7	137,3				76,81	261	20,048
8	128,6				71,94	243	17,482
9	107,3				60,03	167	10,025
10	61,6				34,46	100	3,446
11	24,9				13,93	42	0,585
12	22,9				12,81	29	0,372

16 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per šiaurės rytų fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės

Šiaurės rytų fasado pusė							
Šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, W/m^2	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m^2	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	12,8	4,32	0,216	0,5	5,97	36	0,215
2	28,6				13,34	65	0,867
3	52,2				24,35	125	3,044
4	66,3				30,93	176	5,444
5	100,9				47,08	263	12,381
6	119,7				55,85	277	15,470
7	106,8				49,83	261	13,005
8	83,6				39,00	243	9,478
9	52,5				24,49	167	4,091
10	25,7				11,99	100	1,199
11	11				5,13	42	0,216
12	7,8				3,64	29	0,106

17 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietvakarių fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės

Pietvakarių fasado pusė							
Šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis ,W/m ²	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m ²	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	25,9	8,45	0,216	0,5	23,64	36	0,851
2	54,5				49,74	65	3,233
3	99,8				91,08	125	11,385
4	101,5				92,63	176	16,303
5	128,8				117,54	263	30,914
6	141,7				129,32	277	35,820
7	129,7				118,36	261	30,893
8	118,5				108,14	243	26,279
9	91,4				83,41	167	13,930
10	52,9				48,28	100	4,828
11	24,9				22,72	42	0,954
12	23,1				21,08	29	0,611

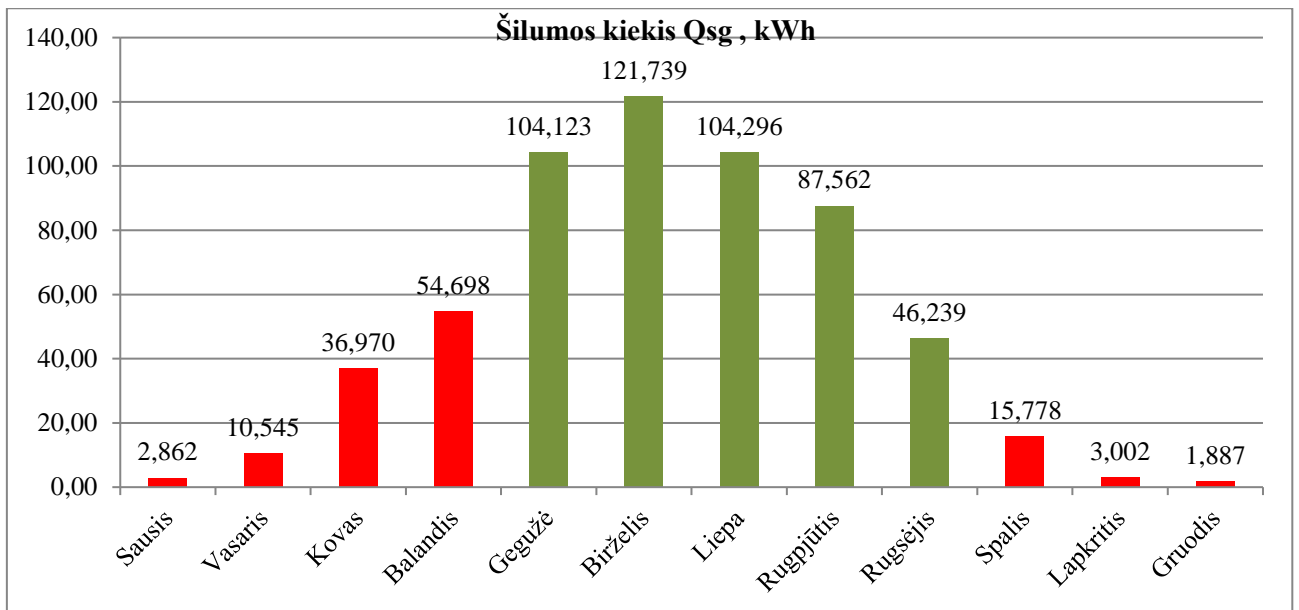
18 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per pietvakarių fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės

Pietvakarių fasado pusė							
Šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis ,W/m ²	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m ²	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	25,9	4,03	0,36	0,5	18,79	36	0,676
2	54,5				39,53	65	2,570
3	99,8				72,39	125	9,049
4	101,5				73,63	176	12,959
5	128,8				93,43	263	24,572
6	141,7				102,79	277	28,473
7	129,7				94,08	261	24,556
8	118,5				85,96	243	20,888
9	91,4				66,30	167	11,072
10	52,9				38,37	100	3,837
11	24,9				18,06	42	0,759
12	23,1				16,76	29	0,486

19 lentelė. Pritekantis šilumos kiekis per šiaurės vakarų fasadą, kai yra apsaugos nuo saulės priemonės- žaliuzės

Šiaurės vakarų fasado pusė							
Šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)							
Mėnuo	q_s - paros vidutinis suminis saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, W/m^2	A_{gl} – skaidrių atitvarų plotas fasade, m^2	a – pataisa dėl atitinkamos skaidrios atitvaros užtemdymo	g - visuminės saulės energijos praleisties koeficientas	Φ_{sg} – mėnesio projektinis šilumos pritekėjimas į patalpą dėl saulės spinduliuotės, W	t – šildymo trukmė per mėnesį, valandomis	Q_{sg} - per mėnesį į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
1	25,9	4,32	0,216	0,5	12,08	36	0,435
2	54,5				25,43	65	1,653
3	99,8				46,56	125	5,820
4	101,5				47,36	176	8,335
5	128,8				60,09	263	15,804
6	141,7				66,11	277	18,313
7	129,7				60,51	261	15,794
8	118,5				55,29	243	13,435
9	91,4				42,64	167	7,121
10	52,9				24,68	100	2,468
11	24,9				11,62	42	0,488
12	23,1				10,78	29	0,313

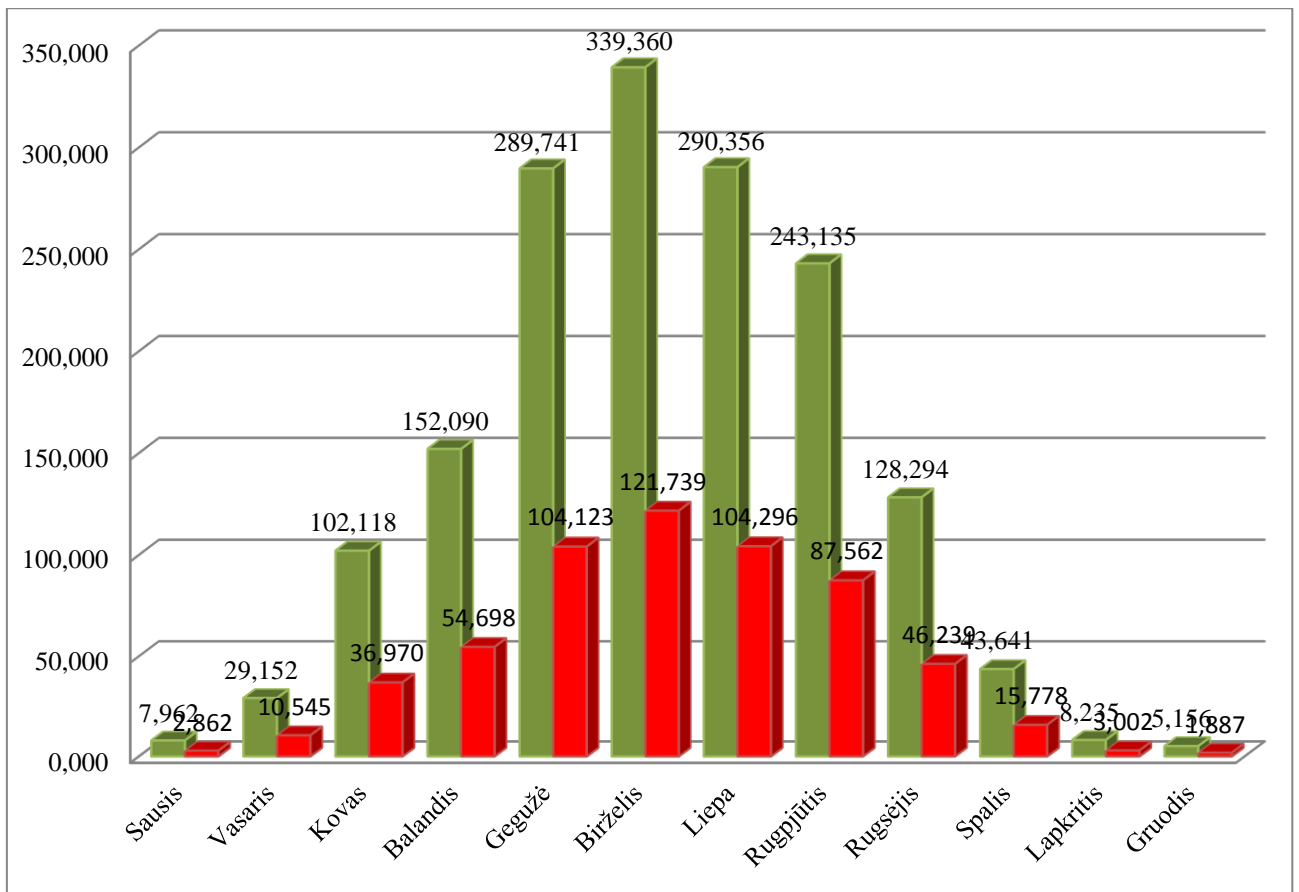
Susumavus visų fasadų projektinius šilumos kiekius sužinoma, kuriais metų mėnesiais šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės yra didžiausias, kai naudojamos nuo saulės apsaugos priemonės. Rezultatai pateikiami grafiškai.



6 grafikas. Kiekvieną mėnesį į patalpas per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės naudojant apsaugines žaliuzes Q_{sg} , kWh.

Iš pateiktų 5 ir 6 grafiko matoma, kad didžiausias šilumos kiekis per langus gaunamas yra tuo metu, kada saulės spinduliuotės valandų per mėnesį yra daugiausiai: gegužė (263 val.), birželis (277 val.), liepa (261 val.), rugsjūtis (243 val.), rugsėjis (167 val.). Tačiau šis gaunamas šilumos kiekis nepriskiriamas prie naudingojo (grafikuose 5 ir 6 stulpeliai pažymėti žaliai), atvirkščiai, jis yra perteklinis ir pastato patalpas dažniausiai perkaitina. Tuomet reikalinga papildomas šaltinis, energija ar natūrali vėdinimo-vėsinimo sistema užtikrinti normalias patalpų komforto sąlygas. Iš grafiko (7) matoma, kad naudojant apsaugos priemones nuo saulės spinduliuotės, pritekantis šilumos kiekis Q_{sg} skiriasi apie 3 kartus:

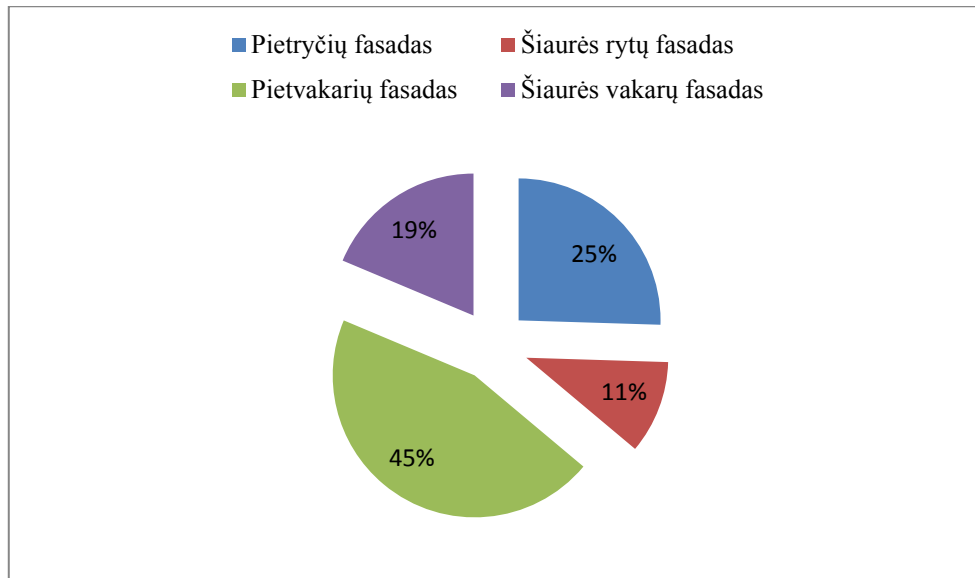
$$\frac{\sum Q_{sg, beapsaugos}}{\sum Q_{sg, suapsauga}} = \frac{\sum 1639,24}{\sum 589,70} = 2,78.$$



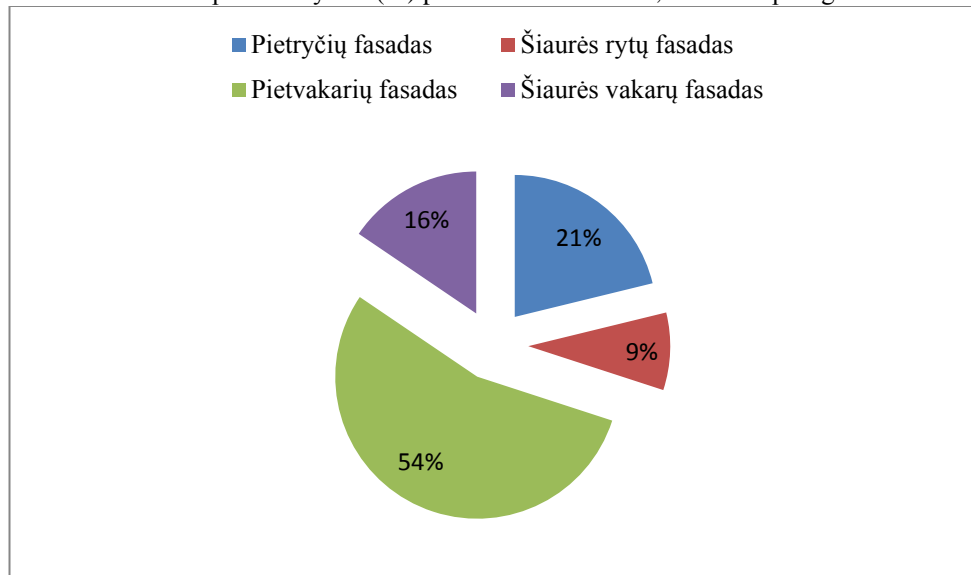
7 grafikas. Pritekantis šilumos kiekis (žaliai- nenaudojant apsaugos nuo saulės priemonių; raudonai- naudojant apsaugines žaliuzes nuo saulės), Q_{sg} , kWh.

3.2. Gautų rezultatų vertinimas

Skyriuje vertinamas naudingas šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės. Jis skaičiuojamas šildymo sezono metu, kai šilumos poreikis yra didžiausias. Priimama šildymo sezono trukmė- 7 mėnesiai. Skaičiavimų rezultatai nagrinėjami ir sumuojami šiais mėnesiais, kurių dėl saulės spinduliuotės valandų per mėnesį lyginant su vasaros mėnesiais yra net keletą kartų mažiau: sausis (36 val.), vasaris (65 val.), kovas (125 val.), balandis (176 val.), spalio (100 val.), lapkritis (42 val.), gruodis (29 val.) (grafikuose 5 ir 6 stulpeliai pažymėti raudonai). Suskaičiavus ir susumavus nagrinėjamų mėnesių rezultatus pagal pasaulio šalis (6 pav.) matoma, kad didžiausias šilumos kiekis pritekančios šilumos, lyginamajame name, priteka pietvakarių fasade.



12 pav. Projektinis šilumos kiekio pasiskirstymas (%) per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių.



13 pav. Projektinis šilumos kiekio pasiskirstymas (%) per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)

20 lentelė. Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių

Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai nėra apsaugos nuo saulės priemonių	
Fasadai pagal pasaulio šalis	Q_{sg} - per metus į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
PR	88,79
ŠR	36,97
PV	157,55
ŠV	65,04
VISO:	348,35

21 lentelė. Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)

Projektinis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras, kai yra apsaugos nuo saulės priemonių (kai apsaugos priemonės žaliuzės)	
Fasadai pagal pasaulio šalis	Q_{sg} - per metus į patalpą per skaidrias atitvaras patenkantis projektinis šilumos kiekis dėl saulės spinduliuotės, kWh
PR	26,64
ŠR	11,09
PV	68,50
ŠV	19,51
VISO:	125,74

(PR - pietryčių fasadas; ŠR - šiaurės rytų fasadas; PV - pietvakarių fasadas; ŠV – šiaurės vakarų fasadas)

Apskaičiuojama, kiek kainuoja su saule pritekantis šilumos kiekis abiem lyginimo atvejais:

$$S = Q_{sg} \cdot E \quad (19)$$

Skaičiuojama, kiek kainuoja pritekantis šilumos kiekis, kai apsaugos priemonių ant langų nėra:

$$S_{Beapsaugospriemonių} = 348,35kWh \cdot 0,0464eur = 16,16Eur;$$

Skaičiuojama, kiek kainuoja pritekantis šilumos kiekis, kai apsaugos priemonės yra apsauginės žaliuzės:

$$S_{Beapsaugospriemonių} = 125,74kWh \cdot 0,0464eur = 5,84Eur.$$

Norint įvertinti pritenkančios šilumos kiekio naudą per skaidrias atitvaras turime paskaičiuoti nagrinėjamo gyvenamojo namo šilumos nuostolius per skaidrias atitvaras šildymo sezono laikotarpiu.

Apskaičiuojami projektiniai savitieji šilumos nuostoliai per skaidrias atitvaras H_{el} , W/K:

$$H_{el} = U \cdot A \cdot k_a \cdot b_u \cdot (1 + \Delta k_o + \Delta k_w + \Delta k_h), \frac{W}{K}; \quad (20)$$

čia: U – skaidrios atitvaros projektinis šilumos perdavimo koeficientas, $W/(m^2 \cdot K)$. Skaičiuojamasis langų šilumos perdavimo koeficientas $U=1,2 W/(m^2 \cdot K)$. Nustatomas pagal STR 2.09.04:2008 7.4 lentelę.

A – skaidrių atitvarų projektinis plotas, m^2 . Nagrinėjamo gyvenamojo namo skaidrių atitvarų plotas $A=26,3m^2$.

k_a – pataisa, kai patalpa ribojasi su kita projektinę temperatūrą turinčia patalpa, kadangi patalpos ribojasi su išore $k_a=1$;

b_u – pataisa, jeigu atitvara ribojasi su nešildomąja erdve (pvz., įstiklinti balkonai, pastogės). Kadangi patalpos su atitvaromis nesiriboja su išvardintomis patalpomis $b_u=1$.

Δk_o – pataisa dėl atitvaros padėties pasaulio šalių atžvilgiu;

Δk_w – pataisa dėl vėjo įtakos;

Δk_h – pataisa dėl šildymo prietaisų rūšies.

Pataisų Δk_o , Δk_w , Δk_h vertės nurodytos Reglamento STR 2.09.04:2008 4 priedo 4.2 lentelėje.

Pataisas priimame: $\Delta k_o=0,05$; $\Delta k_w=0,02$; $\Delta k_h=0,04$.

$$H_{el} = 1,2 \cdot 26,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 + 0,05 + 0,02 + 0,04) = 35,04 \frac{W}{K};$$

Skaičiuojami kiekvieno mėnesio šilumos nuostoliai per pastato skaidrias atitvaras:

$$Q = H_{el} \cdot \frac{(\Theta_i - \Theta_e) \cdot t_x}{1000} = kWh; \quad (21)$$

čia: Θ_e - vidutinė mėnesio išorės oro temperatūra, °C. Nustatoma pagal STR 2.01.09:2005 2.8 lentelę.

Θ_i - vidutinė vidaus patalpų oro temperatūra, °C.

t_x – dienų skaičius atitinkamą metų mėnesį. Nustatoma pagal STR 2.01.09:2005 2.8 lentelę.

Skaičiuojami šildymo sezono šilumos nuostoliai per skaidrias pastato atitvaras pagal (19):

$$Q_{Sausio} = 35,04 \cdot \frac{(20 - (-5,1)) \cdot 31}{1000} = 27,26 kWh;$$

$$Q_{Vasario} = 35,04 \cdot \frac{(20 - (-4,4)) \cdot 28}{1000} = 23,94 kWh;$$

$$Q_{Kovo} = 35,04 \cdot \frac{(20 - (-0,7)) \cdot 31}{1000} = 22,48 kWh;$$

$$Q_{Balandžio} = 35,04 \cdot \frac{(20 - 5,5) \cdot 30}{1000} = 15,24 kWh;$$

$$Q_{Spalio} = 35,04 \cdot \frac{(20 - 7,2) \cdot 31}{1000} = 13,90 kWh;$$

$$Q_{Lapkri.} = 35,04 \cdot \frac{(20 - 2,0) \cdot 30}{1000} = 18,92 kWh;$$

$$Q_{Gruodžio} = 35,04 \cdot \frac{(20 - (-2,4)) \cdot 30}{1000} = 23,55 kWh;$$

Suminiai šildymo sezono nuostoliai per skaidrias atitvaras:

$$\sum Q = 27,26 + 23,94 + 22,48 + 15,24 + 13,90 + 18,92 + 23,55 = 145,29 kWh.$$

Pagal gautus šildymo sezono suminius nuostolius per skaidrias atitvaras, skaičiuojamos išlaidos šildymui pagal (17) formulę:

$$S_{\text{šilumosnuostoliai}} = 145,29 kWh \cdot 0,0464 eur = 6,74 Eur ;$$

Išvados: 1. Kaip matyti ankstesniuose skaičiavimuose, kad pritekantis šilumos kiekis per skaidrias atitvaras kai nėra apsaugos priemonių yra beveik 3 kartus didesnis negu šilumos nuostoliai. Tačiau naudojant apsaugos priemones nuo saulės gauti rezultatai yra apylygūs. Todėl taisyklingai panaudojus saulės energiją ir tinkamose patalpose numačius apsaugos nuo saulės priemones galima sutaupyti ir sumažinti šilumos nuostolius per skaidrias atitvaras.

2. Naudojant gerus ir kokybiškus langus, su geromis techninėmis specifikacijomis ir atitinkančius A energinio naudingumo klasės reikalavimus galime ne tik sutaupyti, bet ir sukurti gerą insoliaciją, kuri padidina patalpų apšviestumą ir komforto sąlygas.

4. NAGRINĖJAMO VIENBUČIO GYVENAMOJO NAMO SKIRTUMŲ TARP A IR B ENERGINIO NAUDINGUMO KLASIŲ IR SKAIČIAVIMŲ ATLIKTŲ PROGRAMA „NRG-3“ ANALIZĖ

Lietuva kartu su visa Europos Sąjunga įsipareigojusi įgyvendinti Komisijos komunikate „Efektyvaus energijos vartojimo veiksmų planas: išnaudoti potencialą“, kuris sudarytų sąlygas didinti energijos vartojimo efektyvumą ir, kad būtų pasiektas tikslas iki 2020 m. 20 proc. sumažinti Europos Sąjungoje suvartojamos energijos kiekį (STR 2.01.09:2012). Taip pat pagal šį įsipareigojimą net 20 proc. gaunamos energijos turės sudaryti iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Visos naujovės skatina sumažinti šiluminės energijos poreikį pastatams šildyti ir didinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą. Tam tikslui pritaikome vienbutį gyvenamąjį namą atitinkantį B energinio naudingumo klasės reikalavimus, sugriežtėjusiems šiandieniniams reikalavimams ir pritaikome jį A energinio naudingumo klasei nekeičiant esminių projekto sprendinių. Norint suprojektuoti A energinio naudingumo klasės pastatą, kuris priskiriamas prie mažai energijos sunaudojančių pastatų, turime vadovautis kur kas aukštesniais reikalavimais, negu vadovavomės projektuojant B klasės pastatą. Žymus skirtumas projektuojant A ir B energinio naudingumo pastatus yra keliamų reikalavimų skaičius. B klasės pastatui užteko įvykdyti 5 esminius reikalavimus, o A klasės pastatui jų nebeužtenka ir atsiranda papildomi, kurių nepaisymas ar neįvykdymas neleidžia projektuojamo pastato priskirti prie mažai energijos suvartojančio pastato. Apibendrinant padidėjusią energinio naudingumo klasę norint pakelti iki A, nebepakanka tik padidinti atitvarų termoizoliacinių medžiagų storį, reiklingas kompleksinis energinio efektyvumo priemonių taikymas.

4.1. B energinio naudingumo klasės nagrinėjamo gyvenamojo namo energinio sertifikato skaičiavimas

Gyvenamasis namas projektuotas Šiaulių raj., 1425 m² ploto sklype. Pastato bendras plotas – 182,44 m² (3 priede pateikiamas aukšto planas). Tai vieno aukšto namas su apšiltinta pastoge. Gyvenamasis namas projektuotas sklypo šiaurės vakarų pusėje.



14 pav. Nagrinėjamo namo vizualizacija nr.1



15 pav. Nagrinėjamo namo vizualizacija nr.2

Pagrindinių atitvarų apžvalga:

1. **Sienos: išorinės** – 200 mm keraminių blokelių „KERAPOR KS20+D2“ mūro, iš išorės apšiltintos akmens vata „Paroc extra plus“ 125 mm ir priešvėjinė akmens vata „Paroc was 25 t“ 30 mm, nelaikančios pertvaros 100 mm blokelių. Išorės apdaila – apdailinis 100 mm klinkerio plytų mūras, įrengiamas su 30 mm oro tarpu tarp termoizoliacinės medžiagos.

2. **Perdanga:** medinė, ją sudaro medinės perdangos sijos 50x200 mm, tarp kurių mineralinės vatos „Paroc“ Extra 200 mm sluoksnis. Ant sijų tvirtinami 75x50 mm mediniai tašai tarp kurių 75 mm „Paroc“ Extra (ar analogiška) akmens vata. Ant viršaus tvirtinamas 20 mm ištisinis paklotas iš lentų arba OSB plokščių. Iš apačios medinės sijos aptaisomos metaliniais profiliais prie kurių tvirtinamos gipso kartono plokštės.
3. **Grindys** ant grunto apšiltinamos. Po grindimis įrengiamas 180 mm polistireninio putplasčio sluoksnis. Po šildomomis grindimis naudojamas ne žemesnės klasės nei EPS 80 putplastis.

Projektinės šiluminių varžų ir šilumos perdavimo koeficientų reikšmės skaičiuotos atitvarų medžiagas, reikšmes ir formules susivedus į „Microsoft Excel“ programą.

Sienos: $R=5,72 \text{ m}^2 \cdot K/W$;

$U=0,175 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot K) < U_N=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot K)$.

22 lentelė. Nagrinėjamo namo B energinio naudingumo klasės sienos atitvaros šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys

Sienos konstrukcija (200mm keraminių blokelių mūras + 155mm akmens vata + klinkerio mūro apdaila)

Medžiagos pavadinimas	Projektinė šilumos laidumo vertė lemda dec.	Sluoksnio storis, m	Šiluminė varža R
Tinkas (kalkių smėlio)	0,8	0,02	0,025
Keraminių blokelių mūras	0,19	0,2	1,053
Akmens vata Paroc Extra	0,035	0,125	3,571
Paroc was 25t	0,037	0,03	0,811
Vidaus sluoksnio šiluminė varža R _{si}			0,13
Išorinio sluoksnio šiluminė varža R _{se}			0,13
		Suminė šiluminė varža	5,72
		Šilumos perdavimo koeficientas	0,175

Grindys: $R=4,94 \text{ m}^2 \cdot K/W$;

$U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot K) < U_N=0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot K)$.

23 lentelė. Nagrinėjamo namo B energinio naudingumo klasės grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys

Grindys ant grunto

Medžiagos pavadinimas	Projektinė šilumos laidumo vertė lemda dec.	Sluoksnio storis, m	Šiluminė varža R
Savaime išsilyginantis smėlio- cemento sluoksnis 15mm	1	0,015	0,015
Betonas armuotas	2,5	0,06	0,024
Garų izoliacija - polietileno plėvelė			0,040
Polistireninis putplastis EPS 70, 180mm	0,037	0,18	4,865
		Suminė šiluminė varža	4,94
		Šilumos perdavimo koeficientas	0,20

Pastogė: $R=6,78 \text{ m}^2 \cdot K/W$;

$U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot K) < U_N=0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot K)$.

24 lentelė. Nagrinėjamo namo B energinio naudingumo klasės perdangos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys

Perdanga kuri ribojasi su išore

Medžiagos pavadinimas	Projektinė šilumos laidumo vertė lemda dec.	Sluoksnio storis, m	Šiluminė varža R
OSB plokštė	0,13	0,02	0,154
Garų izoliacijos plėvelė			0,040
Medinis karkasas 50x75mm, kas 600			
Min. vata Paroc eXtra 75mm, tarp medinio karkaso tašų	0,0429072	0,075	1,748
Medinis karkasas 50x200mm, kas 600mm			
Min vata Paroc eXtra 200mm, tarp medinio karkaso tašų	0,0429072	0,2	4,661
Gipso kartono plokštė			0,040
Vidaus sluoksnio šiluminė varža Rsi			0,100
Išorinio sluoksnio šiluminė varža Rse			0,04
		Suminė šiluminė varža	6,78
		Šilumos perdavimo koeficientas	0,15

Išvada: Nagrinėjamo namo atitvarų šilumos perdavimų koeficientų reikšmės tenkina normines B energinio naudingumo klasės pastatų atitvarų savitųjų šilumos nuostolių skaičiavimus.

Įvertiname tolimesnius nagrinėjamo namo duomenis, reikalingus atlikti energinio naudingumo sertifikata. Duomenys suvedami į lentelę.

25 lentelė. Nagrinėjamo namo duomenys, reikalingi B energinio naudingumo klasės sertifikatai

Duomenų pavadinimas	Mato vienetai	Kiekis
Pastato gabaritiniai matmenys ilgis x plotis	m	17,17 x15,33
Aukštis nuo žemės paviršiaus lygio iki pastato lubų	m	3,1
Pastato šildomas tūris (paskaičiuojamas pagal vidinius sienų matmenis, atitinka pastato patalpose esantį oro tūrį)	m ³	543,3
Pastato šidomas plotas	m ²	182,44
Apšiltintos perdangos plotas	m ²	194,29
Grindų besiribojančių su gruntu plotas	m ²	182,44
Pastato perimetras (vertinamas vidinio perimetro ilgis)	m	64,28
Šilumos tiltelis tarp sienos ir perdangos, kai termoizoliaciniai sluoksniai susisiečia	m	66,96
Šilumos tiltelis tarp sienos ir pamatų	m	66,96
Sienų išorinių kampų skaičius/ilgis	vnt/m	7/22,82
Sienų vidinių kampų skaičius/ilgis	vnt/m	3/8,78
Pietryčių fasado duomenys:		
Langų bendras plotas	m ²	6,48
Įstiklinimo bendras plotas	m ²	4,68
Langų perimetrai fasade	m	13,4

Sienos plotas (be langų)	m ²	41,35
Sąramų ilgis	m	3,2
Likęs langos perimetro ilgis	m	10,2
Šiaurės rytų fasado duomenys:		
Langų bendras plotas	m ²	5,4
Įstiklinimo bendras plotas	m ²	3,75
Langų perimetrai fasade	m	13,6
Sienos plotas (be langų)	m ²	37,11
Sąramų ilgis	m	4,2
Likęs langos perimetro ilgis	m	9,4
Durų į tambūrą plotas	m ²	3,36
Durų perimetras	m	7,4
Garažo vartų plotas	m ²	5,98
Garažo vartų perimetras	m	9,8
Sąramų ilgis	m	4,2
Likęs durų perimetro ilgis	m	13
Pietvakarių fasado duomenys:		
Langų bendras plotas	m ²	10,56
Įstiklinimo bendras plotas	m ²	7,65
Langų perimetrai fasade	m	22,2
Sienos plotas (be langų)	m ²	40,73
Sąramų ilgis	m	6
Likęs langos perimetro ilgis	m	16,2
Šiaurės vakarų fasado duomenys:		
Langų bendras plotas	m ²	5,4
Įstiklinimo bendras plotas	m ²	3,69
Langų perimetrai fasade	m	18,4
Sienos plotas (be langų)	m ²	38,51
Sąramų ilgis	m	4,2
Likęs langos perimetro ilgis	m	14,2
Durų į patalpą plotas	m ²	1,89
Durų perimetras	m	6
Sąramų ilgis	m	0,9
Likęs durų perimetro ilgis	m	5,1

Atlikus energinio naudingumo sertifikavimo skaičiavimus ir duomenis suvedus į programą „NRG-3“ gavome B energinio naudingumo sertifikatą, ir priedus kuriuose išskirti pastato energijos sąnaudų skaičiavimo rezultatai, gerinimo rekomendacijos, ir papildoma informacija.

Nagrinėjamas gyvenamasis namas atitinka visus keliamus energinio naudingumo sertifikavimo techninio reglamento 5 reikalavimus.

Pastato atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai yra ne didesni už norminius savituosius šilumos nuostolius:

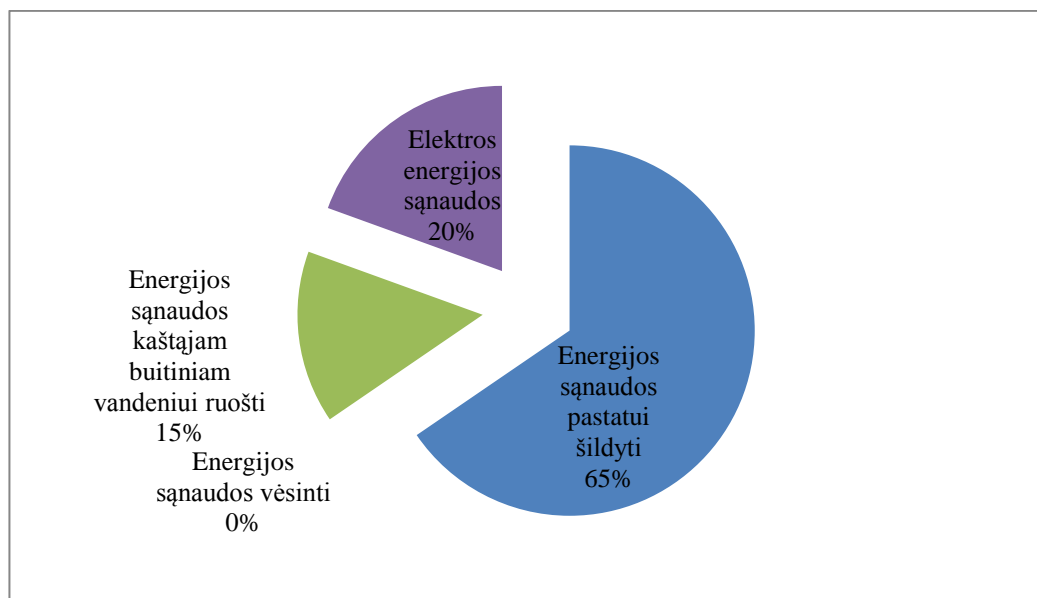
$$H_{env} \leq H_{env.N} \quad (22)$$

$$171,13 \frac{kWh}{(m^2 \cdot metai)} \leq 267,22 \frac{kWh}{(m^2 \cdot metai)}$$

Pagal gautus duomenis matoma, kad pastato skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai (H_{env}) yra 35,96% mažesni už norminius savituosius šilumos nuostolius ($H_{env.N}$).

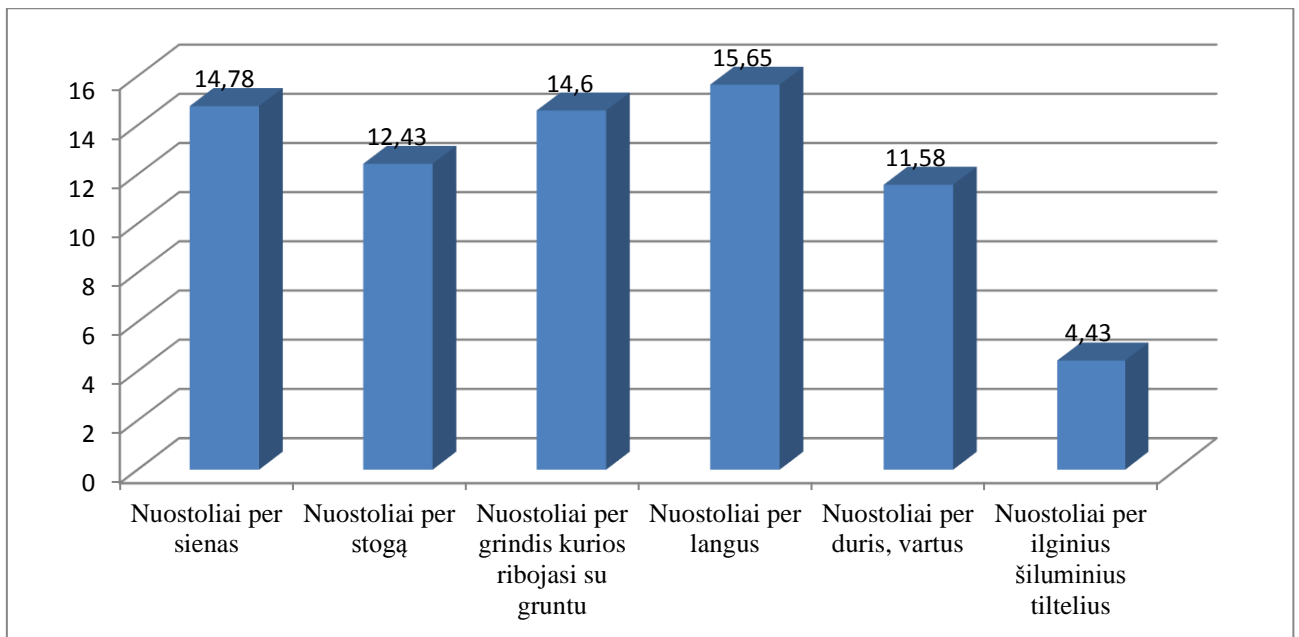
Norint pasiekti B energinio naudingumo klasę projektuojamiems pastatams nereikalingi atsinaujinantys energijos šaltiniai. Todėl šiame pastate jie nenumatyti dėl išaugančių statybos kaštų. Sandarumo testo atlikimas taip pat neprivalomas.

Iš energinio naudingumo sertifikato gautų duomenų matoma, kad net 65% (112,02 kWh/(m² metai)) iš visų (171,13 kWh/(m² metai)) metinių neatsinaujinančios pirminės energijos sąnaudų tenka pastatui šildyti. Ir tik 35 % lieka karšto vandens ruošimui (15% - 25,80 kWh/(m² metai)) ir elektros energijai (20% - 33,32 kWh/(m² metai))(pav.8).



16 pav. Metinių neatsinaujinančių pirminės energijos sąnaudų pasiskirstymas (%) B energinio naudingumo klasės pastato.

Pagal programoje gautus rezultatus nustatoma, kurios nagrinėjamo pastato atitvaros daugiausiai sunaudoja energijos viename kvadratiname metre pastato šildomo ploto per metus.



8 grafikas. Šilumos nuostolių pastitkirstymas per pastato atitvaras. B energinio naudingumo klasės pastato.

Iš 8 grafike pateiktų rezultatų matoma, kad vieni didžiausių nuostolių yra per pastato langus, sienas ir grindis. Todėl norint gauti aukštesnės energinės klasės pastatą, suvartojantį mažiau energijos, nemažą dėmesį reikia skirti renkantis geresnių šiluminių sąvybių langus ir duris, per kurių vieną kvadratinį metrą prarandama daugiausia šiluminės energijos.

Nagrinėjamo pastato 2 priedo nurodymuose ir rekomendacijose randama, kad beveik visos pastato atitvaros tenkina reikalavimus ir yra pritaikytos B energinio naudingumo klasei. Viena rekomendacija į kurią vertėtų atkreipti dėmesį statant nagrinėjamą namą, tai pastato išorinių durų pasirinkimas, su kuo aukštesnėmis šiluminėmis sąvybėmis, dėl galimo šilumos energijos kiekio sutaupymo.

Iš gautų skaičiavimo rezultatų 1 priede, galime palyginti šilumos nuostolius ir šilumos pritekėjimus iš išorės, per skaidrias atitvaras, su skyriuose skaičiuotais duomenimis.

Rezultatai skaičiuoti rankiniu būdu:

Šilumos nuostoliai per pastato langus ir skaidrias atitvaras per šildymo sezono laikotarpį:

$$\sum Q = 145,29kWh.$$

Šilumos pritekėjimai iš išorės per pastato langus ir skaidrias atitvaras per šildymo sezono laikotarpį:

$$\sum Q_{sg} = 348,35 kWh.$$

Paskaičiavę matome, kad šilumos pritekėjimas ir išorės per pastato langus ir šilumos nuostoliai per pastato langus, santykis skiriasi apie 2,39 karto:

$$\frac{\sum Q_{sg}}{\sum Q} = \frac{\sum 348,35}{\sum 145,29} = 2,39.$$

Todėl galime teigti, kad į nagrinėjamą pastatą pritekantis šilumos kiekis šildymo sezono metu yra virš dviejų kartų didesnis, negu prarandamas. Tačiau tai tik apytikslūs skaičiavimai, kuriuos lyginant su programos suskaičiuotomis vertėmis skiriasi.

Rezultatai skaičiuoti programa „NRG-3“:

Šilumos nuostoliai per pastato langus ir skaidrias atitvaras:

$$\sum Q = 15,65 \frac{kWh}{(m^2 \cdot metai)}.$$

Šilumos pritekėjimai iš išorės per pastato langus ir skaidrias atitvaras per šildymo sezono laikotarpį:

$$\sum Q_{sg} = 27,77 \frac{kWh}{(m^2 \cdot metai)}.$$

Paskaičiavus matoma, kad šilumos pritekėjimas ir išorės per pastato langus ir šilumos nuostoliai per pastato langus, santykis skiriasi apie 1,77 karto:

$$\frac{\sum Q_{sg}}{\sum Q} = \frac{\sum 27,77}{\sum 15,65} = 1,77.$$

Išvada: atlikus skaičiavimus rankiniu būdu ir programa matoma, kad abiem skaičiavimo būdais gaunama, kad šilumos kiekis, kuris patenka per pastato langus ir skaidrias atitvaras, šildymo sezono metu yra apie 2 kartus didesnis, negu prarandamas šilumos kiekis.

4.2. A energinio naudingumo klasės nagrinėjamo gyvenamojo namo energinio sertifikato skaičiavimas

Pagrindinių atitvarų apžvalga:

1. **Sienos: išorinės** – 200 mm keraminių blokelių „KERAPOR KS20+D2“ mūro, iš išorės apšiltintos putų poliuretano plokštėmis „Kingspan K15“ 160 mm, nelaikančios pertvaros 100 mm blokelių. Išorės apdaila – apdailinis 100 mm klinkerio plytų mūras, įrengiamas su 30 mm oro tarpu tarp termoizoliacinės medžiagos.

2. **Perdanga:** medinė, ją sudaro medinės perdangos sijos 50x200 mm, tarp kurių mineralinės vatos „Paroc“ Extra 200 mm sluoksnis. Ant sijų klojama papildoma 200 mm „Paroc“ Extra (ar analogiška) akmens vata. Pastogėje įrengiami vaikščiojimo takai, ant tako viršaus tvirtinamas 20 mm ištisinis paklotas iš lentų arba OSB plokščių. Iš apačios medinės sijos aptaisomos metaliniais profiliais prie kurių tvirtinamos gipso kartono plokštės.

3. **Grindys** ant grunto apšiltinamos. Po grindimis įrengiamas 250 mm polistireninio putplasčio sluoksnis. Po šildomomis grindimis naudojamas ne žemesnės klasės nei EPS 80 putplastis.

Projektinės šiluminių varžų ir šilumos perdavimo koeficientų reikšmės, skaičiuotos atitvarų medžiagas, reikšmės ir formules susivedus į „Microsoft Excel“ programą.

Sienos: $R=8,62 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;

$U=0,116 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_N=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

26 lentelė. Nagrinėjamo namo A energinio naudingumo klasės sienos atitvaros šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys

Sienos konstrukcija (200mm keraminių blokelių mūras + 160mm poliuretano plokščių Kingspan K15 + klinkerio mūro apdaila)			
Medžiagos pavadinimas	Projektinė šilumos laidumo vertė lemda dec.	Sluoksnio storis, m	Šiluminė varža R
Tinkas (kalkių smėlio)	0,8	0,02	0,025
Keraminių blokelių mūras	0,19	0,2	1,053
Poliuretano plokštės Kingspan K15	0,022	0,16	7,273
Plokščių klėjai	0,8	0,01	0,013
Vidaus sluoksnio šiluminė varža R _{si}			0,13
Išorinio sluoksnio šiluminė varža R _{se}			0,13
		Suminė šiluminė varža	8,62
		Šilumos perdavimo koeficientas	0,116

Grindys: $R=8,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;

$U=0,123 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_N=0,140 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

27 lentelė. Nagrinėjamo namo A energinio naudingumo klasės grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys

Grindys ant grunto

Medžiagos pavadinimas	Projektinė šilumos laidumo koeficientas λ , W/(m·K)	Sluoksnio storis, m	Šiluminė varža R
Savaime išsilyginantis smėlio- cemento sluoksnis 15mm	1	0,015	0,015
Betonas armuotas	2,5	0,06	0,024
Garų izoliacija - polietileno plėvelė			0,040
Polistireninis putplastis EPS 70, 250mm	0,031	0,25	8,065
		Suminė šiluminė varža	8,14
		Šilumos perdavimo koeficientas	0,123

Pastogė: $R=10,45 \text{ m}^2 \cdot K/W$;

$U=0,096 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot K) < U_N=0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot K)$.

28 lentelė. Nagrinėjamo namo A energinio naudingumo klasės perdangos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo duomenys

Perdanga kuri ribojasi su išore

Medžiagos pavadinimas	Projektinė šilumos laidumo koeficientas λ , W/(m·K)	Sluoksnio storis, m	Šiluminė varža R
OSB plokštė	0,13	0,02	0,154
Garų izoliacijos plėvelė			0,040
Min. vata Paroc eXtra 200mm, virš medinio karkaso tašų	0,036	0,2	5,556
Medinis karkasas 50x200mm, kas 600mm			
Min vata Paroc eXtra 200mm, tarp medinio karkaso tašų	0,0441908	0,2	4,526
Gipso kartono plokštė			0,040
Vidaus sluoksnio šiluminė varža R_{si}			0,100
Išorinio sluoksnio šiluminė varža R_{se}			0,04
		Suminė šiluminė varža	10,46
		Šilumos perdavimo koeficientas	0,096

Išvada: Nagrinėjamo namo atitvarų šilumos perdavimų koeficientų reikšmės tenkina normines A energinio naudingumo klasės pastatų atitvarų savitųjų šilumos nuostolių skaičiavimams.

Įvertiname tolimesnius nagrinėjamo namo duomenis, reikalingus atlikti energinio naudingumo sertifikata. Duomenys suvedami į lentelę.

29 lentelė. Nagrinėjamo namo duomenys, reikalingi A energinio naudingumo klasės sertifikatui

Duomenų pavadinimas	Mato vienetai	Kiekis
Pastato gabaritiniai matmenys ilgis x plotis	m	17,17 x15,33
Aukštis nuo žemės paviršiaus lygio iki pastato lubų	m	3,1
Pastato šildomas tūris (paskaičiuojamas pagal vidinius sienų matmenis, atitinka pastato patalpose esantį oro tūrį)	m ³	543,3
Pastato šildomas plotas	m ²	182,44
Apšiltintos perdangos plotas	m ²	194,29
Grindų besiribojančių su gruntu plotas	m ²	182,44
Pastato perimetras (vertinamas vidinio perimetro ilgis)	m	64,28
Šilumos tiltelis tarp sienos ir perdangos, kai termoizoliaciniai sluoksniai susisiekią	m	66,96
Sienų išorinių kampų skaičius/ilgis	vnt/m	7/22,82
Sienų vidinių kampų skaičius/ilgis	vnt/m	3/8,78
Pietryčių fasado duomenys:		
Langų bendras plotas	m ²	6,48
Įstiklinimo bendras plotas	m ²	4,68
Langų perimetrai fasade	m	13,4
Sienos plotas (be langų)	m ²	41,35
Šiaurės rytų fasado duomenys:		
Langų bendras plotas	m ²	5,4
Įstiklinimo bendras plotas	m ²	3,75
Langų perimetrai fasade	m	13,6
Sienos plotas (be langų)	m ²	37,11
Durų į tambūrą plotas	m ²	3,36
Durų perimetras	m	7,4
Garažo vartų plotas	m ²	5,98
Garažo vartų perimetras	m	9,8
Pietvakarių fasado duomenys:		
Langų bendras plotas	m ²	10,56
Įstiklinimo bendras plotas	m ²	7,65
Langų perimetrai fasade	m	22,2
Sienos plotas (be langų)	m ²	40,73
Šiaurės vakarų fasado duomenys:		
Langų bendras plotas	m ²	5,4
Įstiklinimo bendras plotas	m ²	3,69
Langų perimetrai fasade	m	18,4
Sienos plotas (be langų)	m ²	38,51
Durų į patalpą plotas	m ²	1,89
Durų perimetras	m	6

Atlikus antrojo energinio naudingumo sertifikavimo skaičiavimus ir duomenis suvedus į programą „NRG-3“ gaunamas A energinio naudingumo sertifikatas, ir priedai, kuriuose išskirti pastato energijos sąnaudų skaičiavimo rezultatai, gerinimo rekomendacijos, ir papildoma informacija.

Nagrinėjamas gyvenamasis namas atitinka visus keliamus energinio naudingumo sertifikavimo techninio reglamento 6 reikalavimus.

Pastato atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai yra ne didesni už norminius savituosius šilumos nuostolius:

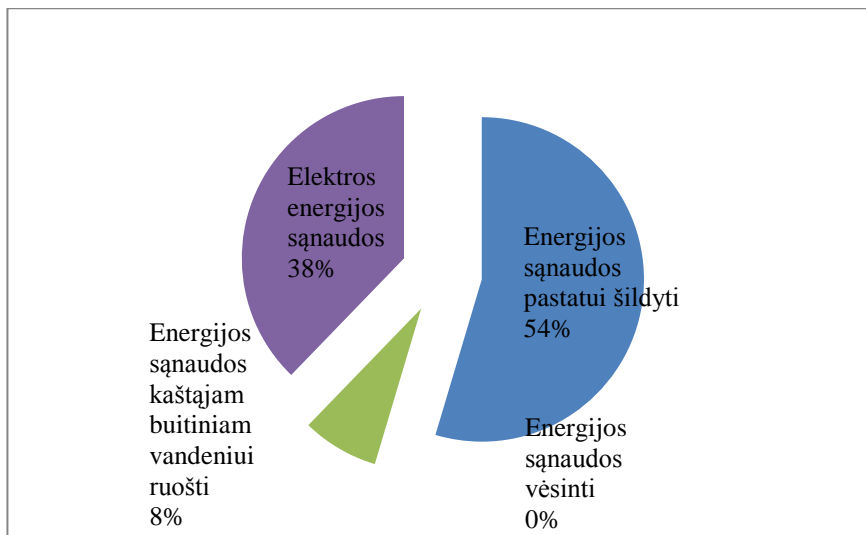
$$H_{env} \leq H_{env.N} \quad (23)$$

$$101,74 \frac{kWh}{(m^2 \cdot metai)} \leq 308,19 \frac{kWh}{(m^2 \cdot metai)}$$

Pagal gautus duomenis matoma, kad pastato skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai (H_{env}) yra 66,99% mažesni už norminius savituosius šilumos nuostolius ($H_{env.N}$).

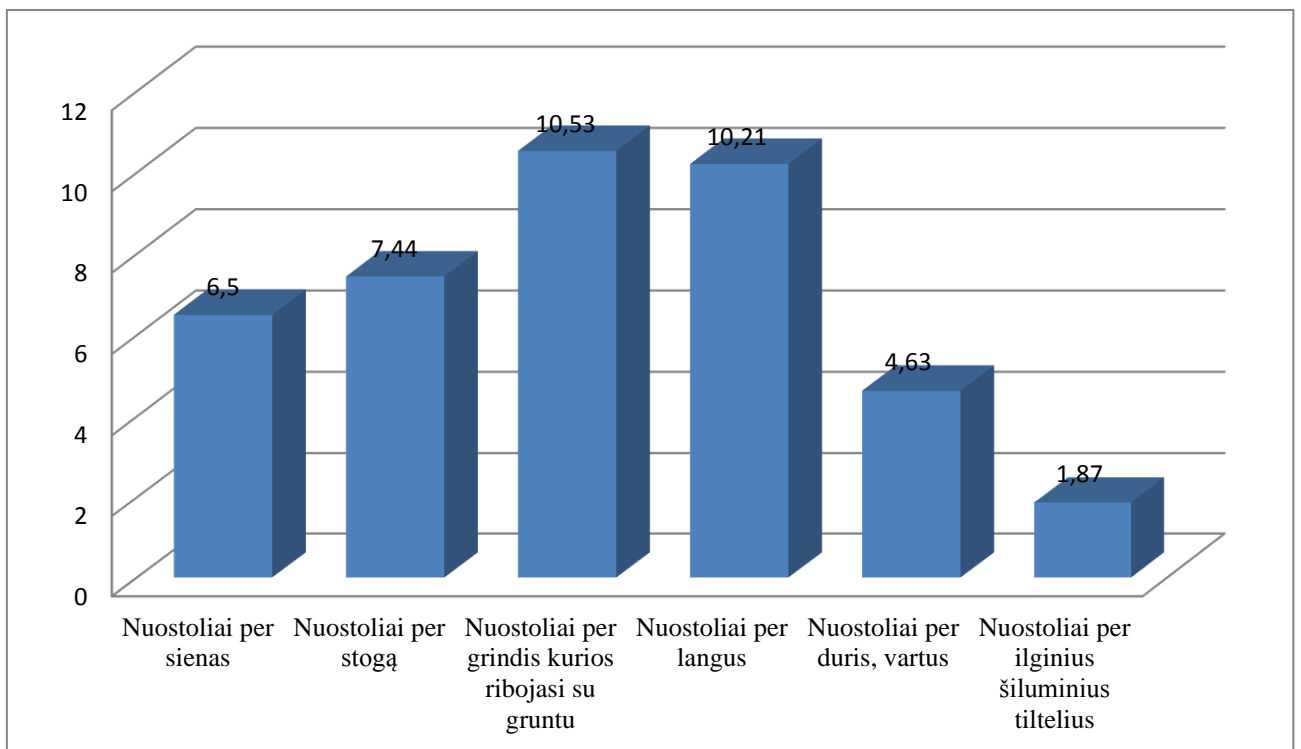
Kadangi A energinio naudingumo klasę pasiekti projektuojamiems pastatams yra privalomi atsinaujinančios energijos šaltiniai, tai ir šiame pastate jie numatyti. Atsinaujinančią energiją numatoma gauti iš saulės kolektorių, naudojamų karštam vandeniui ruošti ir perteklinę šilumą naudoti pastatui šildyti. Sandarumo testas A ir aukštesnės energinio naudingumo klasių gyvenamosios paskirties pastatams turi būti išmatuotas, kas neprivaloma B energinio naudingumo klasės pastatams. Ir oro apykaita negali viršyti 0,6 karo per valandą. Įrengiama ir mechaninė vėdinimo su rekuperacija sistema, numatomas rekuperatorius, kurio naudingumo koeficientas ne mažesnis už 0,65. O rekuperatoriaus ventiliatorių sunaudojamas elektros kiekis turi būti ne didesnis kaip 0,75 Wh/m³. Dar vienas skirtumas tarp A ir B energinio naudingumo klasių –reikalingi ilginių šiluminių tiltelių skaičiavimai.

Iš energinio naudingumo sertifikato gautų duomenų matoma, kad net 54% (55,56 kWh/(m² metai)) iš visų (101,74 kWh/(m² metai)) metinių neatsinaujinančios pirminės energijos sąnaudų tenka pastatui šildyti. Ir net 46 % lieka karšto vandens ruošimui (8% - 7,76 kWh/(m² metai)) ir elektros energijai (38% - 38,42 kWh/(m² metai)).



17 pav. Metinių neatsinaujančių pirminės energijos sąnaudų pasiskirstymas (%) A energinio naudingumo klasės pastato.

Pagal programoje gautus rezultatus nustatoma, kurios nagrinėjamo pastato atitvaros daugiausiai sunaudoja energijos viename kvadratiniam metre pastato šildomo ploto per metus.



9 grafikas. Šilumos nuostolių pastitkirstymas per pastato atitvaras. A energinio naudingumo klasės pastato.

Iš 9 grafike duotų rezultatų matoma, kad vieni didžiausių nuostolių yra per pastato langus ir grindis. Todėl norint gauti aukštesnės energinės klasės pastatą, suvartojantį mažiau energijos,

nemažą dėmesį reikia skirti renkantis geresnių šiluminių sąvybių langus ir duris, per kurių vieną kvadratinį metrą prarandama daugiausia šiluminės energijos.

Nagrinėjamo pastato 2 priedo nurodymuose ir rekomendacijose nenurodoma jokių gerinimo rekomendacijų, nes pastatas atitinka visus A energinio naudingumo klasei keliamus reikalavimus.

4.3. Nagrinėjamo pastato A ir B energinio naudingumo klasių gautų rezultatų palyginimas

Susumavus skaičiavimų duomenis gati rezultatai, kurie parodo nagrinėjamo gyvenamojo namo skirtumus tarp energinio naudingumo klasių. Pagrindiniai rezultatų skirtumai pateikiami lentelėje.

30 lentelė. Nagrinėjamo namo energinių sertifikatų rezultatų duomenys

Eil. Nr.	Pavadinimas	B klasės rezultatai	A klasės rezultatai	Skirtumas
1.	Neatsinaujinančios pirminės energijos sąnaudos, kWh/(m ² ·metai)	171,13	101,74	69,39
2.	Atsinaujinančios pirminės energijos sąnaudos, kWh/(m ² ·metai)	0	8,87	-8,87
3.	Šiluminės energijos sąnaudos pastatui šildyti, kWh/(m ² ·metai)	101,83	47,16	54,67
4.	Šiluminės energijos sąnaudos karštam buitiniam vandeniui ruošti, kWh/(m ² ·metai)	23,45	6,35	17,1
5.	Suminės elektros energijos sąnaudos, kWh/(m ² ·metai)	11,9	13,72	-1,82
6.	Pastato į aplinką išmetamas CO ₂ kiekis, kgCO ₂ /(m ² ·metai)	32,2	19,79	12,41

Atlikus gyvenamojo namo, kuris buvo suprojektuotas B energinio naudingumo klasės reikalavimams, pritaikymą A energinio naudingumo klasės reikalavimams gauta:

1. Pasiiekus aukštesnę energinio naudingumo klasę neatsinaujinančios pirminės energijos sąnaudos sumažėjo net 40,55%. Tačiau atsirado atsinaujinančių pirminės energijos sąnaudų A energinės klasės pastatui, nes skaičiavimuose buvo numatytas atsinaujinantis energijos šaltinis – stiklu dengtas plokščias saulės kolektorius.

2. Šiluminės energijos sąnaudas nagrinėjamam pastatui šildyti pavyko sumažinti daugiau negu 2 kartus, jos sumažėjo net 53,68%.

3. Šiluminės energijos sąnaudas karštam buitiniam vandeniui ruošti įrengiant atsinaujinančius energijos šaltinius sumažinome 3,7 karto. Tad $\frac{3}{4}$ ruošiamo naudojimui buitinio karšto vandens paruošiama atsinaujnančia energija.

4. Tarp visų šių rodiklių pagerėjimų yra ir suprastėjusių. Vienas iš gautų rezultatų sąnaudų prasme padidėjo – suminės elektros energijos sąnaudos, jos padidėjo apie 15,3%. Ši sąnaudų

padidėjimą galima pagrįsti įdiegiamų naujų prietaisų sąnaudoms. Buvo įdiegta mechaninė vėdinimo sistema – rekuperacija su oro pašildymu. Tai išaugina sumines elektros energijos sąnaudas.

5. Gerindami pastato šilumines ir komforto sąlygas, ne tik sutaupome šilumos energijos, dėl kurios sutaupymo pinga pastato išlaikymo kaštai, bet ir išmetamų į aplinką CO₂ dujų kiekį. CO₂ dujų išmetamą kiekį pavyko sumažinti 38,5%. O tai yra beveik du kartus daugiau sumažinamas išmetamųjų CO₂ dujų kiekis negu nurodo Europos Parlamento ir tarybos sprendimas, kuris įpareigoja iki 2020 m sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį 20%. (EPBD direktyva (2002/91/EC Europos Parlamento ir Europos Tarybos direktyva)).

IŠVADOS

1. Atlikus A ir B energinio naudingumo klases atitinkančių atitvarų analizę pagal atsiperkamumo laiko skaičiavimą (Pastatų šiluminė fizika 2000) gaunama, kad antroji sienos atitvara nr.2A, kuriai naudojama termoizoliacinė medžiaga putų poliuretano plokštės „Kingspan K15“ tikrasis atsipirkimo laikas naudojant nuosavas lėšas (PO) yra ilgiausias – 20,9 metai. Greičiausiai atsiperkanti termoizoliacinė medžiaga naudojama sienos atitvaroje – polistireninis putplastis EPS 70N, kurio tikrasis atsipirkimo laikas naudojant nuosavas lėšas (PO) sekia – 7 metus. Antroji sienos atitvara pagal tikrąjį atsipirkimo laiką naudojant nuosavas lėšas (PO) – 8,3 metai.

2. Atlikus sienos atitvarų skaičiavimus, nustatyta, kad racionali konstruktyvo šiltinimo medžiaga yra polistireninis putplastis EPS 70N (mazgas nr. 3A). Nes naudojant šia termoizoliacinė medžiaga, norint pagerinti atitvarų šiluminės savybes, atsiperkamumo laikas trumpiausias su įdėtomis papildomomis lėšomis ($\Delta I_{Nr.1A-Nr.1B} = 55,89 - 53,52 = 2,37 \frac{Eur}{m^2}$).

3. Atlikus skaičiavimus galima teigti, kad metiniai šildymo nuostoliai per pastato atitvaras lyginant su B energinio naudingumo klasę atitinkančia atitvara sumažinami, net ~46,9%. Tačiau tai reikalauja apie ~5% padidinti investicijas įrengiant išorės atitvaras.

4. Šilumos pritekėjimas per skaidrias nagrinėjamo pastato atitvaras dėl saulės spinduliuotės šildymo sezono metu yra 2,4 kartus didesnis lyginant su atitvaromis kurios neturi papildomų apsaugos priemonių. Tačiau įrengus papildomas apsaugos priemones ant skaidrių atitvarų (žaliuzes) pritekėjimas yra 1,15 karto mažesnis lyginant su šilumos nuostoliais per skaidrias pastato atitvaras.

5. Atlikus A ir B klasės energinio naudingumo sertifikatus nagrinėjamam pastatui gaunama, kad didžioji dalis (apie 50-65%) metinių neatsinaujinančių pirminės energijos sąnaudų tenka pastatui šildyti.

6. Pasiekus aukštesnę energinio naudingumo klasę neatsinaujinančios pirminės energijos sąnaudos sumažinamos 40,55%. Tačiau šiluminės energijos sąnaudos nagrinėjamam pastatui šildyti sumažinamos daugiau negu 2 kartus, jos sumažėjo net 53,68%.

7. Gerindami pastato šiluminės ir komforto sąlygas sumažinome išmetamų į aplinką CO₂ dujų kiekį 38,5%, Tai yra beveik du kartus daugiau sumažinamas išmetamųjų CO₂ dujų kiekis negu nurodo Europos Parlamento ir tarybos sprendimas, kuris įpareigoja iki 2020 m sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį 20%.

LITERATŪRA

DŽIUGAITĖ-TUMĖNIENĖ, Rasa. Daugiakriterių Metodų Taikymas Racionaliam Pastato Energetinės Sistemos Technologijų Deriniui Nustatyti. *Science: Future of Lithuania*, 2013, vol. 5, no. 4, pp. 410-423. ISSN 20292341.

Europos Parlamento ir Europos Tarybos direktyva. 2002/91/EB 2002 m. Gruodžio 16 d. Dėl Pastatų Energinio Naudingumo. Aktuali Redakcija.. Europos parlamentas ed., 2002.

FREIRE-GONZÁLEZ, Jaume; FONT VIVANCO, Davidand PUIG-VENTOSA, Ignasi. Economic Structure and Energy Savings from Energy Efficiency in Households. *Ecological Economics*, 1, 2017, vol. 131, pp. 12-20. ISSN 0921-8009.

GALAUNYTE, Aiste. Tipiniu Vienbuciu Gyvenamuju Namu Raida Sovietineje Lietuvoje. *Science: Future of Lithuania*, 05, 2016, vol. 8, no. 1, pp. 77-83. ISSN 20292341.

IFTIKHAR, Yaser; HE, Weijunand WANG, Zhaohua. Energy and CO2 Emissions Efficiency of Major Economies: A Non-Parametric Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 12/15, 2016, vol. 139, pp. 779-787. ISSN 0959-6526.

Isover. *Informacija apie mineralinės vatos gaminius*. [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2016-10-09]. Prieiga per internetą:<http://www.isover.lt/products/list>.

JUODIS, Egidijus. Šilumos Šnaudų Gyvenamųjų Namų Šildymui Palyginimo Ir Poreikių Prognozavimo Pagal Šildymo Dienolaipsnius Taikomumo Ribos. *Energetika*, 2013, vol. 59, no. 1, pp. 1-11. ISSN 02357208.

Kauno šilas. *Informacija apie polistireninio putplasčio gaminius* [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2016-10-05]. Prieiga per internetą:<https://www.kaunosilas.lt/gaminiai/siloporas-neo-eps-80.html>.

Kingspan. *Kingspan produktų katalogas. Informacija apie poliuretano plokščių gaminius* [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2016-09-22]. Prieiga per internetą: <https://spu.studio.crasman.fi/pub/Website%20material/PDF%20and%20other%20files/Own%20instructions,%20manuals,%20brochures,%20material/Kingspan+produktu+katalogas+2016.pdf>

Kinstan K15. *Informacija apie sienines poliuretano plokštes Kingspan K15*. [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2016-10-05]. Prieiga per internetą: <https://lemora.lt/izoliacija/silumos-garso-izoliacija/putu-plokstes/3294-poliuretano-plokste-ff-pir-alk-universali-silumos-izoliacija>.

Lietuvos respublikos statybos įstatymas. 1996, Nr. I-1240. Aktuali redakcija. . Lietuvos Respublikos Seimas ed., , 1996.

LST EN 13829:2002. *Šiluminės statinių charakteristikos. Pastatų pralaidumo orui nustatymas. Slėgių skirtumo metodas (Modifikuotas ISO 9972:1996)*. . CEN Europos standartizacijos komitetas ed., , 2002-10-11.

MARTINAITIS, Vytautas; and ŽEKAS, Vygantas. Sklypo Energiniai Išteklių Informacija Integruotai Projektuojant Pastata. *Science: Future of Lithuania*, 06, 2013, vol. 5, no. 3, pp. 189-194. ISSN 20292341.

MIKUCIONIENE, Ruta; ROGOŽA, Arturand MARTINAITIS, Vytautas. Pastatų Atnaujinimo Darnaus Vertinimo Kriterijų Itakos Analizė. *Science: Future of Lithuania*, 08, 2014, vol. 6, no. 4, pp. 421-426. ISSN 20292341.

MIŠKINIS, Vaclovas. Energijos Vartojimo Lietuvoje Ir ES Šalyse Tendencijos. *Energetika*, 2014, vol. 60, no. 2, pp. 96-113. ISSN 02357208.

NRG-3. *Energinio naudingumo sertifikavimo programa*. 2016.

PARASONIS, Josifas, et al. Architectural Solutions to Increase the Energy Efficiency of Buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*, 02/01, 2012, vol. 18, no. 1, pp. 71-80. ISSN 1392-3730.

Paroc. *Informacija apie akmens vatos gaminius*. [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2016-09-29]. Prieiga per internetą: <http://www.paroc.lt/gaminiai-ir-sprendimai/gaminiai>.

Rapolas Tamošiūnas. Kokie langai geriausi?. *Valstiečių Laikraštis*, 2012.

RUZGYS, Audrius; VOLVACIOVAS, Robertasand IGNATAVICIUS, Ceslovas. Atnaujintu Pastatų Energijos Suvartojimo Analizė Ir Atsiperkamumo Modeliavimas. *Science: Future of Lithuania*, 10, 2013, vol. 5, no. 5, pp. 513-519. ISSN 20292341.

Šiaulių energija. *Šiaulių energijos informacinis puslapis. 2016 Metų vidutinė šildymo kaina*, [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2016-10-12]. Prieiga per internetą: <http://www.siaulenerg.lt/Kaina/Silumos-energijos-ir-karsto-vandens-kaina>.

Simpras. *Informacija apie keraminių sienų blokų gaminius*. [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2016-09-15]. Prieiga per internetą: <http://simpras.lt/preke/keraminis-sienu-blokas-ks-20d2-2/>.

SISTELA 2016. *Sąmatų skaičiavimo programa. 2016-10 mėn. įkainiais*, 2016.

STANKEVIČIUS, V.; ir BARKAUSKAS, V. *Pastatų Atitvarų Šiluminė Fizika*, 2000.

Statybos techninis reglamentas. **STR 2.05.01:2013 "Pastatų Energinio Naudingumo Projektavimas"**. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija ed., Valstybės žinios, 2013-12-17, Nr. 129-6566, 2013-12-09.

Statybos techninis reglamentas. **STR 2.01.09:2012 „Pastatų Energinis Naudingumas. Energinio Naudingumo Sertifikavimas“**. . Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija ed., 2012.

Statybos techninis reglamentas. **STR 2.09.04:2008 "Pastato Šildymo Sistemos Galia. Šilumos Poreikis Šildymui"**. . Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija ed., 2008.

Statybos techninis reglamentas. **STR 1.12.06:2002 "Statinio Naudojimo Paskirtis Ir Gyvavimo Trukmė"**. . Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija ed., 2002.

ŠTREIMIKIENE, Dalia; and MIKALAUSKIENE, Asta. *Energijos Veiksmingumo Didinimo Priemonės Ir Ju Efektyvumas. Energetika*, 07, 2012, vol. 58, no. 3, pp. 117-130. ISSN 02357208.

Termografija. *Langų charakteristikų nustatymas*. [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2016-10-20]. Prieiga per internetą: <http://www.termografija.eu/lt/lango-charakteristiku-nustatymas>.

PRIEDAI