



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

**ARNAS FIODOROVAS**

**A++ ENERGINIO NAUDINGUMO KLASĖS PASTATŲ STOGO IR  
IŠORĖS SIENŲ EFEKTYVAUS SPRENDIMO GALIMYBIŲ  
TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Prof. Dr. Žilvinas Bazaras

**PANEVĖŽYS, 2016**

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

TVIRTINU  
Katedros vedėjas  
Doc. Dr. Arūnas Tautkus

**A++ ENERGINIO NAUDINGUMO KLASĖS PASTATŲ STOGO IR**  
**IŠORĖS SIENŲ EFEKTYVAUS SPRENDIMO GALIMYBIŲ**  
**TYRIMAS**

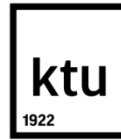
Baigiamasis magistro projektas  
Statyba (kodas 621J80001)

**Vadovas**  
Prof. Dr. Žilvinas Bazaras

**Recenzentas**  
Doc. Dr. Saulius Sušinskas

**Projektą atliko**  
Arnas Fiodorovas

**PANEVĖŽYS, 2016**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

(Fakultetas)

Arnas Fiodorovas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (kodas 621J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

A++ ENERGINIO NAUDINGUMO KLASĖS PASTATŲ STOGO IR IŠORĖS SIENŲ  
EFEKTYVAUS SPRENDIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 16 m. Sausio 03 d.  
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano **Arno Fiodorovo** baigiamasis projektas tema A++ ENERGINIO NAUDINGUMO KLASĖS PASTATŲ STOGO IR IŠORĖS SIENŲ EFEKTYVAUS SPRENDIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

**TVIRTINU:**

KTU Panevėžio technologijų ir verslo fakulteto  
Technologijų katedros vedėjas

201..... ..

**BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS**

Išduota studentui: \_\_\_\_\_ G  
rupė

**1. Darbo**

**tema:**

Lietuvių

**kalba:**

Anglų kalba: \_\_\_\_\_

Patvirtinta 201\_\_ m. \_\_\_\_\_ mėn. \_\_\_\_\_ d. dekanų potvarkiu Nr. \_\_\_\_\_

**2. Darbo  
tikslas:**

**3.  
Reikalavimai  
ir sąlygos:**

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

**5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.**

**6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas**

\_\_\_\_\_ (data)

Užduotį  
gavau:

\_\_\_\_\_ (studento vardas, pavardė, parašas)

\_\_\_\_\_ (data)

Vadovas:

\_\_\_\_\_ (pareigos, vardas, pavardė, parašas)

\_\_\_\_\_ (data)

Fiodorovas, A. A++ ENERGINIO NAUDINGUMO KLASĖS PASTATŲ STOGO IR IŠORĖS SIENŲ EFEKTYVAUS SPRENDIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS. Baigiamasis projektas / vadovas Prof. Dr. Žilvinas Bazaras; Kauno technologijos universitetas, PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS, TECHNOLOGIJŲ KATEDRA. Panevėžys, 2016. 47 psl. 20 Lentelių, 10 paveikslėlių.

## SANTRAUKA

Šiais laikais Europos sąjunga intensyviai sprendžia energijos išteklių problemas. Viena pagrindinių jų yra energijos suvartojimas gyvenamuosiuose, visuomeniniuose ir gamybiniuose pastatuose. 2013 metais Lietuvoje įsigaliojo nauji statybos techninio reglamento STR 2.05.01:2013 "Pastatų energinio naudingumo projektavimas" reikalavimai.

Vadovaujantis juo pastatai suklasifikuoti pagal energinę naudingumą į šias klases: A++, A+, A, A, B, C, D, E, F ir G. A++ klasės pastatai laikomi patys geriausi, beveik energijos nevartojantys pastatai. Nuo 2021 m. sausio 1 dienos visi naujai statantys pastatai turės atitikti šią klasę.

Šiame darbe nagrinėsiu populiariausias šiuo metu šiltinimo medžiagas, kurios naudojamos šlaitiniam stogam, sutapdintiems stogams, karkasinei sienai, akyto betono sienai, keramzitbartonio sienai, silikatinių blokelių sienai ir rąstinei sienai. Su šiomis termoizoliacinėmis medžiagomis galima pasiekti pačią auksčiąsą A++ energinio naudingumo klasę.

Skaičiavimo kriterijai parenkami mano nuožiūra, o jų svarbą įvertins vadovaujantys asmenys dirbantys prie pastatų apšiltinimo. Stogų ir sienų kriterijai vertinami atskirai. Svarbiausias sienų kriterijus jų manymu yra 1 m<sup>2</sup> kaina apšiltinimo medžiagos, o mažiausiai svarbus atsparumas ugniai ir vandens įmirkis. Stogams svarbiausias kriterijus taip par 1 m<sup>2</sup> kaina apšiltinimo medžiagos, o mažiausiai svarbus vandens įmirkis.

Sutapdinto stogo geriausias apšiltinimas apskaičiavus yra geoporas, o blogiausias akmens vata. Geriausias pagal pasirinktus kriterijus šlaitinis stogas yra su purškiamą ekovata, o blogiausias spu poliuretano plokštė.

Viena geriausių sienos apšiltinimo medžiagų yra polistireninis putplastis. Ji pagal atliktus skaičiavimus yra tinkamiausia keramzitbartonio blokelių, akyto betono blokelių, silikatinių blokelių mūrams ir rąstinei sienai. Karkasinei sienai geriausias apšiltinimas yra minkšta akmens vata.

## SUMMARY

Nowadays the European Union is intensively solving the problems regarding energy resources. One of the main problems is consumption of energy in residential, public and industrial buildings. In Lithuania, year 2013, new requirements of Technical Regulation of Construction STR 2.05.01:2013 „Projection of energy performance of buildings“ took effect.

In accordance with it, buildings were classified by energy performance in these classes: A++, A+, A, B, C, D, E, F and G. Buildings of class A++ were regarded as the best, practically not using any energy. From 1 January 2021, all newly built buildings will have to conform this class.

In this article I will analyze currently the most popular materials of insulation, which are being used for pitched and flat roofs, frame walls, porous concrete walls, expanded clay walls, walls of silicate blocks and log walls. With these thermal insulation materials it is possible to reach the highest class of energy performance, A++.

The criteria of calculation were selected at my discretion, and the head people, working at building insulation, will evaluate their importance. The criteria of roofs and walls will be evaluated separately. In their opinion, the most important criteria of the walls is the price of insulation material of 1 m<sup>2</sup>, and the least important – immunity to fire and water absorption. The most important criteria of roofs is also the price of insulation material of 1 m<sup>2</sup>, and the least important – water absorption.

According to calculations, the best insulation material for a flat roof is polystyrene foam(non water absorbing), and the worst – stone wool. By chosen criteria the best pitched roof is the one installed with sprayed eco-wool, and the worst – with polyurethane plate.

One of the best insulation materials for a wall is polystyrene foam. By calculations it is the most suitable for expanded clay, porous concrete, silicate block masonries and log walls. The best insulation for frame walls is soft stone wool.

## TURINYS

<b>IVADAS</b> .....	<b>8</b>
<b>TEORINĖ-ANALITINĖ DALIS</b> .....	<b>9</b>
1. PASYVŪS NAMAI.....	9
1.1. Pasyviųjų namų reikalavimai .....	9
1.2. Pasyviųjų namų sertifikavimas. ....	10
2. STOGŲ KONSTRUKCIJOS.....	11
2.1. Šlaitinis stogas.....	11
2.2. Sutapdintas stogas .....	12
3. PASTATO SIENOS.....	14
3.1. Akyto betono mūras .....	14
3.2. Keramzitbetonio mūras .....	15
3.3. Silikatinių blokelių mūrijimas.....	16
3.4. Karkasinė siena .....	17
3.5. Rąstinė siena.....	18
4. TERMOIZOLIACINĖS MEDŽIAGOS.....	20
4.1. Polistireninis putplastis .....	20
4.2. Akmens vata.....	21
4.3. Purškiamą ekovata .....	22
4.4. Termovata (termoputa) uždarytų porų .....	23
4.5. Termovata (termoputa) atvirų porų .....	24
4.5. Spu termoizoliacija.....	25
<b>TYRIAMOJI DALIS</b> .....	<b>26</b>
5. SKAIČIAVIMO METODOLOGIJA .....	26
6. OPTIMALIAUSIO STOGO MAZGO PARINKIMAS NAUDOJANT TOPSIS METODĄ.....	28
6.1. Stogo geriausia ir blogiausia alternatyva .....	30
7. OPTIMALIAUSIO SIENOS MAZGO PARINKIMAS NAUDOJANT TOPSIS METODĄ .....	33
7.1. Sienų geriausia ir blogiausia alternatyva.....	38
<b>IŠVADOS</b> .....	<b>44</b>
<b>LITERATŪRA</b> .....	<b>45</b>
<b>PRIEDAI</b> .....	<b>47</b>

# IVADAS

Šiuo metu vis aktualesnė problema tampa brangstantis kuras, bei kenksmingos medžiagos, šildymo sezonu išmetamos į atmosferą. Pagrindinis šių dviejų problemų sprendimo būdas – optimalus pastato sienų apšiltinimas. Efektyviai apšildžius pastato sienas sumažėja šilumos poreikis šildymo laikotarpiu. Griežčiausi šiltinimo reikalavimai taikomi energijos beveik nevartojantiems A++ energinio naudingumo klasės namams.

Šiame darbe nagrinėsiu sienos ir stogo šiltinimo mazgus atitinkančius A++ klasės reikalavimus, ir TOPSIS metodo pagalba parinksiu geriausią apšiltinimo medžiagą įvairių tipų sienoms pagal pasirinktus kriterijus. Kriterijų svertines reikšmes nustatysiu apklausos būdu.

Uždaviniai:

- Parinkti optimaliausią šlaitinio ir sutapdinto stogo apšiltinimo medžiagą.
- Parinkti optimaliausią karkasinės sienos, akyto betono blokelių mūro sienos, silikatinių blokelių mūro sienos, keramzitbetonio blokelių mūro sienos, rąstines sienos apšiltinimo medžiagą.
- Sudaryti „įdialiausio“ ir toliausiai nuo „įdialumo“ grafikus sienoms ir stogams.
- Apskaičiuoti A++ namo 1 m<sup>2</sup> stogo ir sienos šiltinimo kainas, kai šiltinimo medžiagos montuojamos ant laikančios konstrukcijos arba mediniame karkase.



# TEORINĖ-ANALITINĖ DALIS

## 1. PASYVŪS NAMAI

### 1.1. PASYVIŪJŲ NAMŲ REIKALAVIMAI

Pasyviam namui keliami labai griežti reikalavimai:

1. Namų sandarumas (ne daugiau  $n_{50}=0,6/h$  (prie sudaryto 50 Pa viršslėgio, oras netūrėtų pasikeisti daugiau kaip 0,6 vidaus tūrio per valandą).
2. Energijos poreikis šildymui mažiau kaip  $15kWh/m^2$  per metus.
3. Bendras energijos suvartojimas : mažiau  $120kWh/m^2$  [20].

A++ energinio naudingumo klasės pastatas, tai mažai energijos naudojantis šildymui ar vėsinimui (maždaug apie 10 % įprastinių šiuolaikinių pastatų sąnaudų). Tokių pastatų projektavimas yra labai detalus ir žymiai sudėtingesnis nei įprasto pastato.

Energijos beveik nevirtojantis namas (Pasyvus namas) tai energetiškai efektyvus, komfortabilus, ekonomišką ir ekologišką namo standartas. Pasyvūs komponentai (tokie kaip terminiai langai, izoliacinės medžiagos) ir šilumos rekuperacija užtikrina aktyvų energijos taupymą ir namo šildymą. Iš išorės, pasyvūs namai atrodo lygiai taip pat, kaip ir įprasti namai. Terminas "Energijos beveik nevirtojantis" arba "pasyvus namas" aprašo pasiekiamą efektą, o ne statybos metodą arba architektūrinį sprendimą. Todėl, pasyviu gali būti bet kokios formos ir dydžio pastatas – individualus namas, daugiabutis, arba komercinės paskirties objektas [1].

Pasyvus namas pasižymi pastoviu namo mikroklimatu, be skersvėjų ir temperatūros pokyčių, bei šaltų namo kampų. Jis automatiškai užtikrina puikią oro kokybę minimaliomis techninėmis priemonėmis. Namų sandarumas apsaugo ne tik nuo šalčio žiemą, bet ir nuo karščio vasarą. Maksimalus garso lygis pasyviajame name 25 dB (A), todėl Jums netrukdyt išoriniai garsai. Filtrai pašalina iš oro dulkes, žiedadulkes ir kitas smulkias daleles - svarbus privalumas žmonėms, kenčiantiems nuo alergijos [1].

Pasyvusis namas gali būti bet kuris pastatas, nes jam tinka daugelis tradicinių konstrukcijų, nėra apribojimų namo formai ar apdailai. Tačiau yra rekomendacijų, didinančių tokių namų efektyvumą. Namų forma efektyviausia ta, kuri turi mažiausią išorės sienų plotą ir mažiausią kampų. Idealiausia forma yra skritulio formos, bet jį žymiai sunkiau pastatyti, todėl dažniausiai statoma stačiakampio arba kubo formos. Namų konstrukcija rekomenduojama medinio karkaso, taip sumažinamas sienų storis ir statybos kaina. Name gali būti židinyt, tačiau jis mažina namų sandarumą, todėl rekomenduojama įrengti dujinius ar kitokius bedūmius židinius. Seniai jau yra žinoma, kad vienas iš faktorių, sąlygojančių pastato šilumos nuostolius – jo komponavimas vietovėje. Kuo daugiau pastatas veikiamas vėjo, tuo didesni jo šilumos nuostoliai. Aplink esantys medžiai ir želdiniai, greta esantys pastatai šiuos nuostolius žymiai sumažina. Taip pat svarbu įvertinti landšafto ypatumus, šlaitai žymiai geriau tinka statybai negu žemumos arba kalvos. Norint

mažinti šilumos nuostolius, reikia projektuoti paprastesnę pastato konfigūraciją, siekti, kad kompaktiškas pastatas kiek galima geriau įsikomponuotų į aplinką. Siekiant sumažinti šilumos nuostolius yra svarbus pastato orientavimas pasaulio šalių atžvilgiu [2].

Investicijų specialistai teigia, kad nuosavas namas tai pasyvas, kuris reikalauja išlaidų, bet niekada neatneš pajamų. Pasyvaus namo statyba kainuoja iki 10—25% daugiau, tačiau jų energijos suvartojimas yra 80—90% mažesnis. Todėl, lyginant su įprastu namu, pasyvus namas – savotiškas aktyvas, kurio papildomos investicijos atsiperka per 4-8 metus. Maža to, energetiškai efektyvūs namai ilgiau išlaiko savo rinkos vertę. Lietuvoje kiekvienas pasyvus namas yra sertifikuojamas, todėl Jūs galite būti tikri, kad visi "Namai A+" projektai atitinka aukščiausius kokybės ir energetinio efektyvumo standartus [1].

Pasyvus namai pastatyti pagal seniausio Europoje, Vokietijos "Passivhaus Institut" technologijas, suvartoja ne daugiau kaip 15 kWh energijos per metus vienam kv. m gyvenamojo ploto. Tai reiškia 80—90% energijos ekonomiją, lyginant su įprasto namo energijos suvartojimu. Galima naudoti bet kokią energijos šaltinį ir šildymo įrangą — elektrą, dujas, malkas ar medžio granules. Svarbu tai, kad namo energijos suvartojimas yra minimalus [1].

## **1.2. PASYVIŲJŲ NAMŲ SERTIFIKAVIMAS.**

Šių namų sertifikavimo procesas yra sudėtingas ir ilgai trunkantis, dėl to Lietuvoje yra nedaug sertifikuotų pastatų. Kasmet jų pastatoma vis daugiau. Tam, kad būtų gautas namo sertifikatas, būtina naudoti kokybiškas medžiagas ir gerai atlikti statybos darbus. Šie faktoriai padidina statybos kainą 5—30%, tačiau žiūrint ilguoju laikotarpiu investicijos atsiperka - dėl mažesnių namo išlaikymo kaštų, antra - dėl to, jog namo rinkos kaina visada bus aukščiau rinkos vidurkio dėl statybos kokybės ir žemų sąnaudų [3].

### ***Energijos suvartojimas.***

Energijos beveik nevartojančio namo energijos efektyvumo ir sandarumo charakteristikos griežtai reglamentuojamos ir turi atitikti Vokietijos Pasyvaus Namų Instituto reikalavimus. Todėl, aukščiausios, A++ klasės namu gali vadintis tik toks pastatas, kurio šiluminės energijos poreikis yra mažesnis nei 15 kWh/m<sup>2</sup> per metus, pastato sandarumas (infiltracija)  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ , pirminės energijos poreikis mažesnis nei 120 kWh/(m<sup>2</sup>/metus), didžiąją sunaudojamos energijos dalį sudaro atsinaujinančių išteklių energija. Tai modernūs, šiuolaikiško dizaino namai, kurių išlaikymas kainuoja 90 % mažiau nei įprastų. Šių dienų pinigine išraiška tai būtų 202 eurai vietoj 2587 eurų pastato šildymui per metus. Toks skirtumas todėl, jog suprojektuoti namai yra labai aukšto energinio naudingumo dėl naudojamų medžiagų ir sprendimų, juose numatyti atsinaujinantys išteklių energijos šaltiniai [4].

**Energijos beveik nevartojančių A++ energinio naudingumo klasės pastatų atitvarų norminės šilumos perdavimo koeficiento  $U$ , ( $W/(m^2K)$ ) vertės įvairios paskirties pastatams 1 lentelė.**

1 lentelė

Atitvaros rūšis	Gyvenamieji pastatai	Negyvenamieji pastatai	
		administracinės, prekybos, paslaugų, maitinimo, transporto, kultūros, mokslo, gydymo, poilsio, sporto, viešbučių ir specialiosios paskirties pastatai	gamybos ir pramonės, sandėliavimo ir garažų paskirties pastatai
Stogai	0,080	0,090	0,12
Perdangos, kurios ribojasi su išore			
Šildomų patalpų atitvaros, kurios ribojasi su gruntu	0,10	0,12	0,12
Perdangos virš nešildomų rūsių ir pogrindžių			
Sienos	0,10	0,11	0,14
Langai, stoglangiai, švieslangiai ir kitos skaidrios atitvaros	0,70	0,85	0,85
Durys, vartai	0,70	0,85	0,85

## 2. STOGŲ KONSTRUKCIJOS

### 2.1. ŠLAITINIS STOGAS

Lietuvoje labiausiai paplitę gyvenamieji pastatai su šlaitiniais stogais, tai yra mansardomis, todėl izoliacinės šilumos medžiagos sluoksnis tokiose konstrukcijose yra montuojamas tarp gegnių.

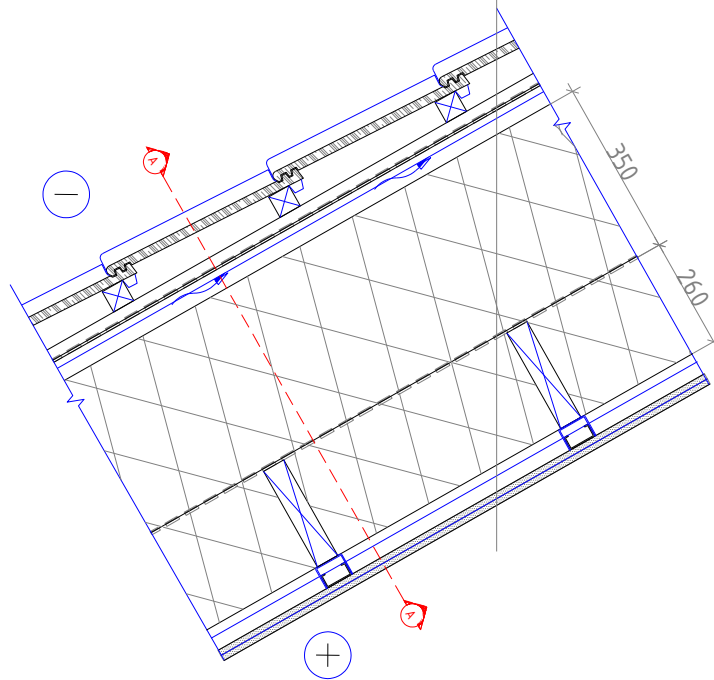
Norint, kad stogo varža tenkintų A++ norminius reikalavimus, šilumos izoliacijos sluoksnis negali būti mažesnis nei 410 milimetrai naudojant poliuretanine putą SPU. Skaičiuojant stogo šilumos nuostolius buvo įvertinta gegnių įtaka stogo šilumos perdavimui.

Šlaitinio stogo įrengimą galime išskirti į du būdus kurie priklauso nuo hidroizoliacijai naudojamoms medžiagoms:

1. Kai hidroizoliacijai naudojama mažai vandens garams laidus plėvelė.
2. Kai hidroizoliacijai pateikiama laidi vandens garams (difuzinė) plėvelė

Įrenginėjant šlaitinį stogą, svarbiausia teisingai panaudoti plėvelę apsaugai nuo vėjo ir hidroizoliacijai. Įprastai netinkamai įrengto stogo klaidos pastebimos gerokai vėliau, pabaigus statybos ar remonto darbus. Labai svarbu įrengti stogą kruopščiai, atsižvelgiant į keliamus reikalavimus, nes tik teisingai įrengtas stogas ilgai tarnaus ir nereikalaus ypatingos priežiūros.

Stogo danga - čerpės
Skersiniai tašai 25x25mm
Priešvėjinė plėvelė
Gegnės 70x350mm
Skersiniai tašai 50x260mm
Purškiamo ekovata 620mm
Gipso kartono lubų karkasas
Vidaus apdaila - g/k plokštė, d=25mm



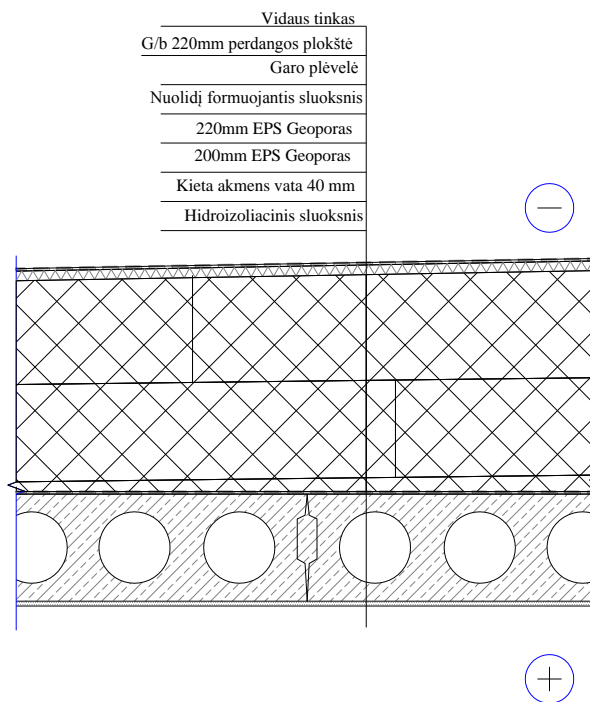
1 pav. Šlaitinio stogo mazgas apšiltintas ekovata

## 2.2. SUTAPDINTAS STOGAS

Svarbiausia įrengiant sutapdintą stogą užtikrinti jo sandarumą. Tai lengviau padaryti su kietomis termoizoliacinėmis medžiagomis. Dažniausiai įrengiant sutapdintą stogą naudojama polistirenio putplasčio plokštės, nes tai kieta, lengva ir pigi šiltinimo medžiaga.

Įrengiant A++ namo stogus kietais lakštais jie klojami keliais sluoksniais, kad būtų kuo daugiau persirišimo vietų, taip užtikrinama, kad neatsiras šalčio tiltelių tarp šiltinimo medžiagos sandūrų. Sandūros negali būti su plyšiais ir privalo būti formuojamos T formos sandūros - perslenkant lakštus vienas kito atžvilgiu. + formos sandūros yra Draudžiamos [5].

Norint įrengti ploniausią sutapdinto stogo konstrukcijos mazgą reikia naudoti SPU poliuretanine termoizoliaciją. Jei termoizoliacinis sluoksnis dedamas ant kiaurymėtos perdangos, tai jos tereikia 260 mm poliuretano SPU ir 40 mm kietos vatos. Vata naudojama norint užklijuoti hidroizoliacinę stogo dangą.

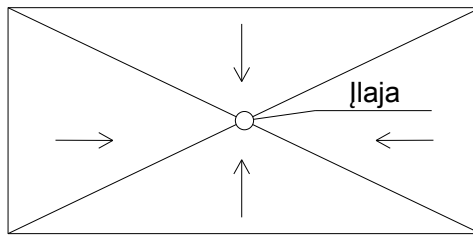


2 pav. Gelžbetoninė perdanga su geoporo apšiltinimu atitinkanti A++ stogo klasei

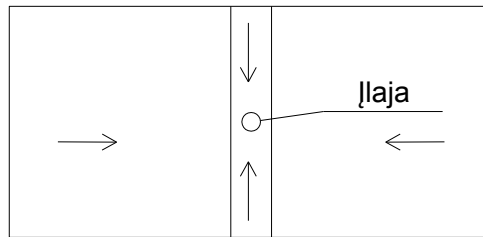
Nuolydį formuojantis sluoksnis dažniausiai įrengiamas iš polistireninio putplasčio, nes jį lengviausia sumontuoti ir laikui bėgant nepakis nuolydis, nes jis yra standus, ne kaip birių medžiagų nuolydį formuojantis sluoksnis. Taip pat nuolydis gali būti formuojamas santvarų pagalba.

Naudojant degias apšiltinimo medžiagas privaloma virš jų įrengti kietos vatos sluoksnį norint priklijuoti hidroizoliaciją. Kietos vatos sluoksnyje negali būti plyšių, kad klijuojant hidroizoliaciją netirptu apačioje esanti degi medžiaga.

Stogo šiltinimo medžiagų tvirtinimui rekomenduojama naudoti tik plastmasines smeiges, nes tik tada stoge atsiranda mažiausiai šilumos nuostolių. Projektuojant A++ klasės stogą vandenį tinkamiausia nuvesti įlajų pagalba. Jas geriausia įrengti stogo centruose (3 ir 4 paveikslėlis) dėl to, kad stogo perimetras apšildomas papildomai, nes stogo didžiausi šilumos nuostoliai yra jo kraštuose. Pirmoje stogo schemoje (3 paveikslėlis) įrengiant nuolydį formuojantį sluoksnį sunku užtikrinti, kad neatsirastų plyšiai, nes perrišant termoizoliacines medžiagas jų lužiai sutaps ties stogo įstrižainėmis. Žinoma, galima jas užsandarinti specialiomis purškiamomis termoizoliacinėmis medžiagomis. Tai lengviau padaryti antrame paveikslelyje nurodytame plane. Taip užtikrinama, jog visi termoizoliaciniai sluoksniai persiriš ir nebus šilumos tiltelių.



3 pav. Stogo nuolydis į ląja formuojamas į stogo centrą



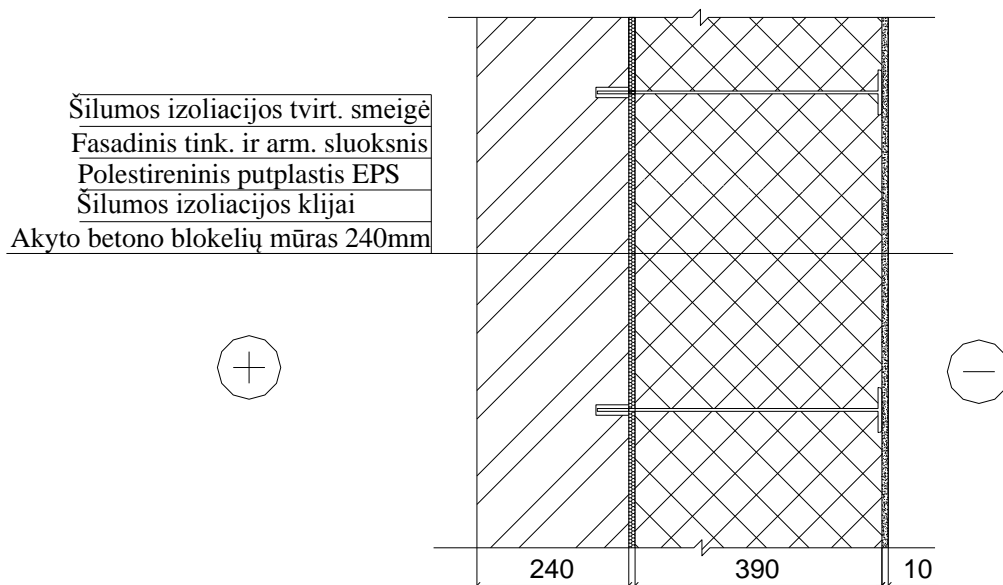
4 pav. Stogo nuolydis į ląją formuojamas sąlajos pagalba

### 3. PASTATO SIENOS

#### 3.1. AKYTO BETONO MŪRAS

Akyto betono mūras pasižymi labai geru šilumos perdavimo koeficientu  $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , todėl jį apšiltinti reikia mažesnio kiekio šiltinimo medžiagos. Mūryti naudojant šiuos blokėlius yra nesunku. Šie blokėliai yra lengvi. Norint apšiltinti akyto betono mūro 240mm sieną A++ klasės minimaliai reikės 170 mm SPU poliuretalinės plokštės. Tačiau, tokio mūro siena labai gerai įdregsta ir sunkiai džiūsta, todėl patartina statant iš tokių blokėlių namą gerai apsaugoti nuo kritulių, taip pat įrengtam name išvedžioti rekuperacinę sistemą su lanksčiais ortakiais, kad kuo geriau ištrauktų atsiradusią drėgmę iš patalpų, nes įmirkęs blokėlis labai pablogina termoizoliacines savybes.

Pradedant mūryti pirmąją eilę, būtina kuo tiksliau išlyginti pagrindą, bei suformuoti idealiai lygų (horizontalųjį) pirmos eilės paviršių. Mūrijant, skiedinį tereikia tepti tik horizontalias siūles, nes blokai yra su iškyša. Mūrijimui naudojamas klasikinis kalkių cemento 1—1,2 cm storio skiedinys arba specialūs klijai 0,2—0,3 cm storio. Blokėliai privalo būti perrišami mažiausiai po 8 cm. Labai svarbu, blokėlius mūryti taip kad rištūsi kampai ir kampuose būtų naudojami tik pilni blokai. Pertvaros su laikančiomis sienomis perrišamos. Sienų armavimas nėra būtinas naudojant šio tipo blokėlius.

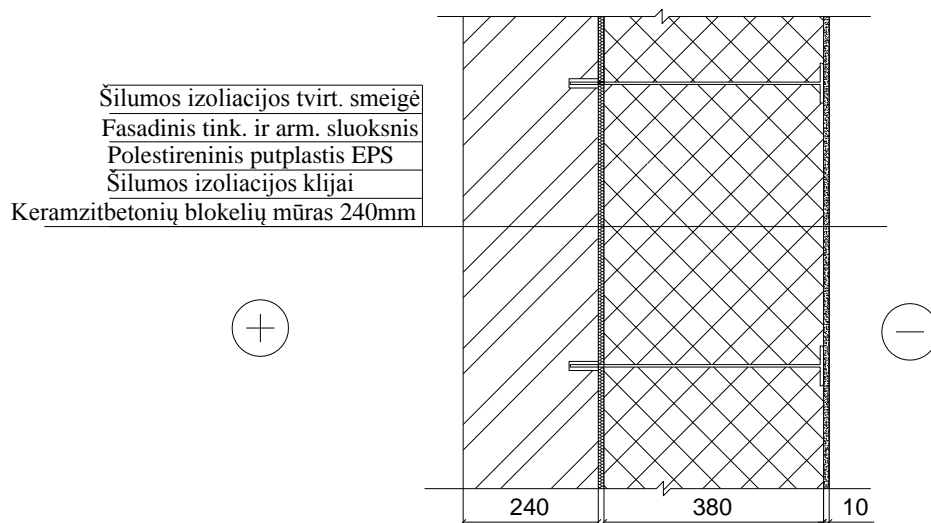


5 pav. Akyto betono mūro mazgas apšiltintas poliestireniniu putplasčiu EPS

### 3.2. KERAMZITBETONIO MŪRAS

Keramzitbartonio blokeliai gerai slopina garsą, yra lengvi ir šilti. Jų šilumos perdavimo koeficientas  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Norint pasiekti A++ namo klasę reikia minimaliai apšildyti 190 mm SPU poliuretanine plokšte. Šie blokeliai nekaupia drėgmės, nepelija. Keramzitbartonio blokeliai pagaminti vibracinio presavimo būdu iš keramzito, cemento ir vandens. Keramzitas — aukštoje temperatūroje kepto molio granulės, kurios net keturis kartus lengvesnės už gamtoje randamus užpildus ir pasižymi geromis termoizoliacinėmis savybėmis. Cementas - rišančioji medžiaga, nebijanti vandens ir turinti puikų sukibimą su tinku.

Keramzito granulė oras padaro blokelių lengvus ir jie pasižymi gera šilumos izoliacija. Dėl uždaro porėtos konstrukcijos blokeliai sugeria labai mažai vandens ir greitai išdžiūsta. Drėgmė negadina blokelių ir jie yra atsparūs šalčiui. Reikalui esant, blokelių lengva apdoroti. Mūrijant keramzitiniais blokeliais nereikia skiedinio vertikaliose siūlėse. Blokeliai turi vertikalius įlaidus ir įpjovas, todėl jie sugula savo vietoje [19].



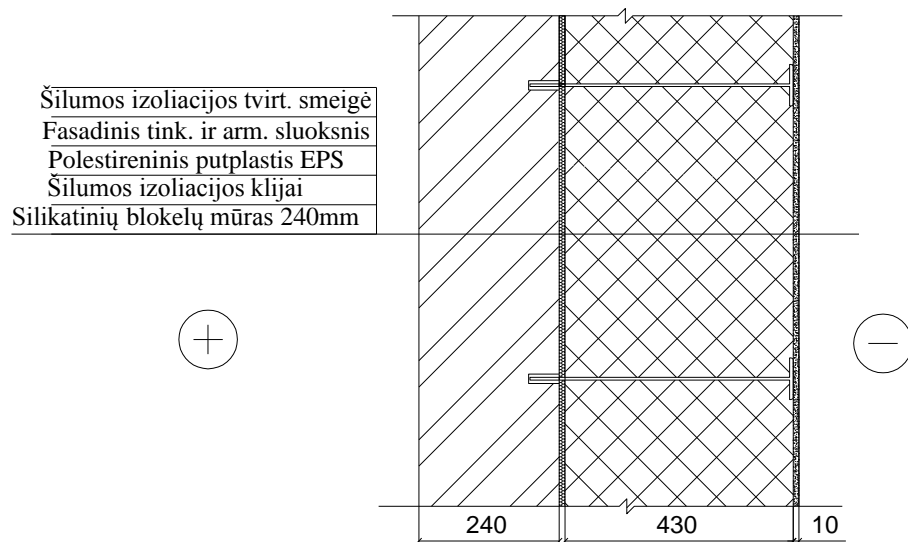
6 pav. Keramzitbartonių blokelių mūras su polistireninio putplasčio apšiltinimo sluoksniu.

### 3.3. SILIKATINIŲ BLOKELIŲ MŪRIJIMAS

Silikatiniai blokėliai pasižymi dideliu matmenų tikslumu, be to, jie turi specialų profilį: vertikaliose plokštumose numatomos iškyšos ir išdrožos. Tokia elementų forma leidžia patogiai ir tiksliai atlikti sandūras tarp atskirų blokėlių horizontaliose eilėse, gauti lygius sienos paviršius fasade ir patalpų viduje, o taip pat daugeliu atvejų leidžia visai atsisakyti vertikalių mūrijimo siūlių. Dėl to taupomos medžiagos ir mažėja darbo sąnaudos. Mūrininko darbas palengvinamas, jei blokėlių perkėlimui ir klojimui panaudojamas specialus griebtuvas [6].

Šių blokėlių didžiausias trūkumas yra salyginai didelis šilumos laidumas. Ji siekia net  $0,68 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Taip A++ namams išauga termoizoliacinis sluoksnis, didėja pastato užimamas plotas. Minimalus apšiltinimo medžiagos storis yra 220 mm spu poliuretalinės plokštės. Šie blokėliai nekaupia vandens. Blokėlių deguonies laidumas yra mažas, taip užtikrinamas namo sandarumas





7 pav. Silikatinių blokelių mūras su polistireninio putplasčio apšiltinimo sluoksniu.

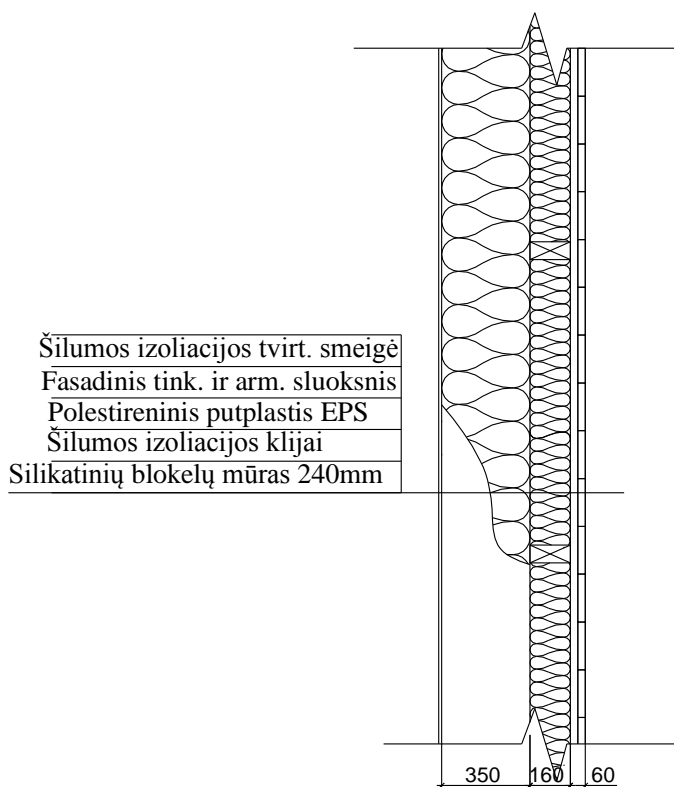
Pirmoji blokelių eilė turi turėti labai lygų horizontalų paviršių, nes tik tokiu atveju galima naudoti plonas horizontalias siūles tarp eilių (2 -3 mm plonasluoksnio skiedinio). Viršutinės eilės mūrijamos tepant į priekį apie 2 m ilgio skiedinio ruožą ir blokelių padėtį pataisant guminiu plaktuku. Elementai klojami kaip įprasta mūro konstrukcijose su siūlių perrišimu, t.y. gaminiai perstumiami išvengiant vertikalių siūlių sutapimo. Esant reikalui, blokeliai nesunkiai skaldomi panaudojant kirstuką, pjovimo giljotiną, diskinį pjūklą [6].

Skersinių sienų ir pertvarų prijungimo prie išilginių sienų sandūros atliekamos panaudojant plokščiuosius nerūdijančio plieno inkarus, numatant juos kas antroje mūro eilėje. Darbo metu inkarai saugumo tikslu turi būti užlenktoje padėtyje ir atlenkiami į projektinę padėtį tik mūrijant skersinės sienos prijungimo sandūrą. Vertikali skersinės sienos prijungimo prie išilginės sienos siūlė užtaisoma skiediniu. Tai yra atliekama, siekiant užtikrinti geresnę konstrukcijos pastovumą ir garso izoliaciją.

### 3.4. KARKASINĖ SIENA

Karkasinės sienos dažniausiai naudojama dviejų tipų: tai medinė arba gelžbetoninė. Gelžbetoninis karkasas dažniausiai naudojamas sandėliavimo ar gamybiniam pastatams statyti, tačiau pasitaiko ir individualių sprendimų gyvenamiesiems namams. Tokiai konstrukcijai apšildyti naudojamos daugiasluoksnės plokštės su įvairiais užpildais (poliuretano, mineralinės vatos, polistireninio putplasčio).

Dažniausiai gyvenamiesiems A++ klasės namams statyti naudojamos medinio karkaso sienos. Tokios konstrukcijos sienos yra ploniausios iš naudojamų A++ klasės namams. Statant A++ klasės karkasinius namus privaloma apšiltinant karkasą perršiti termoizoliacinėmis medžiagomis (8 paveikslis) taip užtikrinant mažesnius šilumos nuostolius per medinį karkasą. Karkasinės sienos gali būti surenkamos statybos aikštelėje arba gamyklose. Gamyklose gaminami karkasiniai skydai, statybos metu negauna kritulių, ir žymiai paprasčiau surenkami. Surenkamos sienos paguldytos ant didelio stalo, kur užinkaruojami sienos kampai. Taip statybininkai padaro mažiau technologinių klaidų. Pagal teisingai nubraižytą karkasą pastatomos visos pastato konstrukcijos be paklaidų, su idealiais kiekvieno namo kampo aukščiais. Didžiausias minusas statant skydinį karkasinį namą yra tai, kad skydo aukštis yra ribotas. Jis būna iki 2,7 m, nes kitaip sunku transportuoti. Todel statant 2 aukštų gyvenamąjį pastatą neišvengiamai susidaro rizika šilumos tilteliui, tarp dviejų skydų susijungimo. To galima išvengti statant namą statybos aikštelėje, arba įrengiant dalinę termoizoliaciją surinktame skydiniame name.



8 pav. Medinis karkasas apšiltintas minkšta akmens vata.

### 3.5. RAŠTINĖ SIENA

Namo išorės ir vidaus sienų konstrukcija formuojama montuojant horizontalius rąstų žiedus vieną ant kito. Klojant kitą žiedą, rankiniu būdu yra koreguojamas guldomo rąsto skerspjūvio profilis taip, kad tiksliai atitiktų apatinio rąsto nelygumus. Sienų susikirtimo vietose rąstai standžiai suneriami. Kiekvienas rąstų žiedas sujungiamas su apatiniu vertikaliais  $\varnothing$  30—32

mm. kaiščiais. Šie kaiščiai neleidžia rąstams susisukti apie išilginę rąsto ašį, bei išeliminuoja galimas šonines deformacijas.

### ***Apsauga nuo grybų ir vabzdžių.***

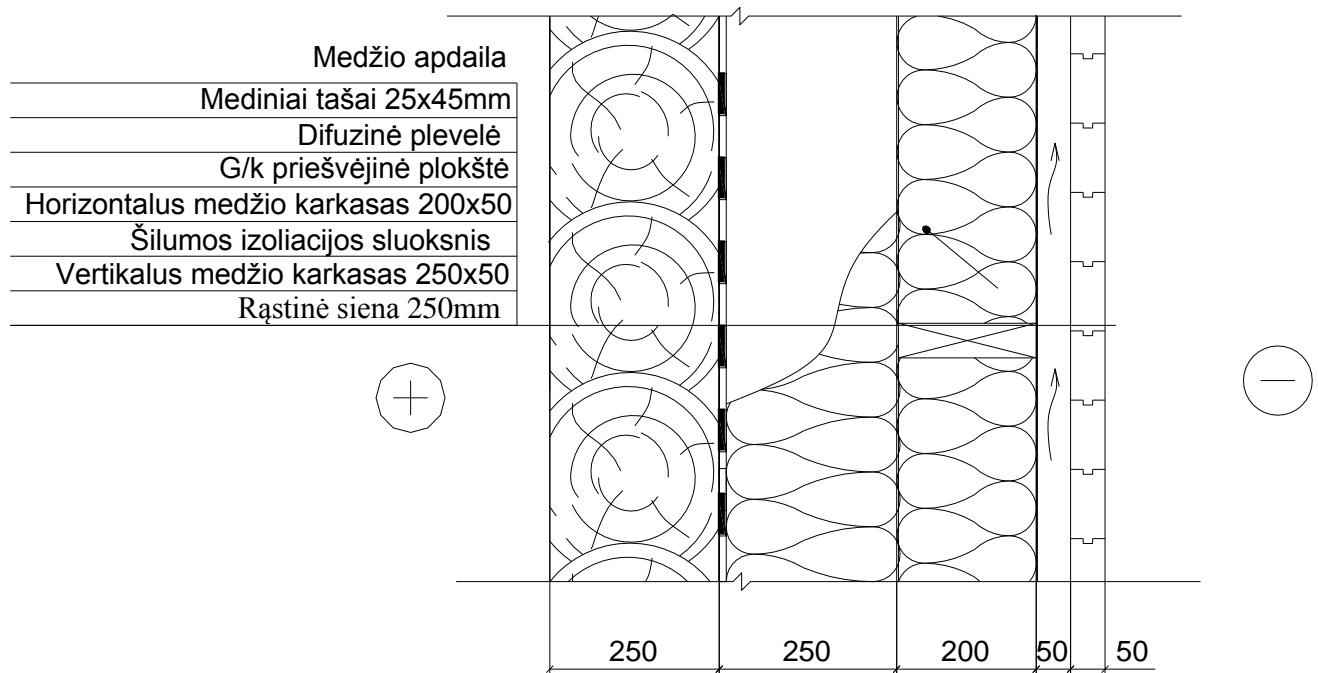
Didžiausi medienos priešai yra grybai ir mediena mintantys vabzdžiai. Grybai ir vabzdžiai labiausiai puola drėgną medieną. Pirminė sąlyga norint išvengti šių negatyvių reiškinių — naudoti tik sausą medieną. Kitas žingsnis — medienos apdorojimas specialiomis cheminėmis medžiagomis. Labai svarbu, kad namo eksploatacijos metu, medinės konstrukcijos būtų apsaugotos nuo drėgmės poveikio. Ant atvirų lauko konstrukcijų patenkantis vanduo turi greitai nutekėti, nespėdamas įsigerti į medieną. Pageidautina, kad tokių konstrukcijų nuolydžio kampas būtų ne mažesnis kaip 15°. Apsaugotos nuo tiesioginio atmosferos poveikio konstrukcijos turi gerai vėdintis. Stogą virš išorinių pastato sienų būtina iškišti ne mažiau, kaip 50.0 cm. Negalima leisti medienai liestis su mūru ar betonu, tarp jų būtina įrengti hidroizoliacinį sluoksnį, antraip mediena, susilietimo su šiomis medžiagomis vietose, pradės pūti. Apsauginės medienos dangos, lakai ir dažai, turi leisti drėgmei netrukdomai pasišalinti iš medinių elementų [7].

### ***Apsauga nuo ultravioletinių spindulių poveikio.***

Ultravioletiniai spinduliai keičia medienos spalvą ir ardo išorinių sluoksnių struktūrą. Norint išvengti šio negatyvaus poveikio, išorines konstrukcijas būtina padengti specialiais medienai skirtais dažais ir laku. Šiuolaikiniai dažai ir lakas medienai dažnai turi ir antiseptinių savybių.

### ***Priešgaisrinė apsauga.***

Mediena yra degi medžiaga, tačiau net ir labai įkaitusios medienos stiprumas nesikeičia. Stiprumas mažėja tik mažėjant medinio elemento skerspjūviui. Degant stambiems elementams skerspjūvio plotas mažėja palyginti lėtai, nes susidaręs anglies sluoksnis sulaiko šilumą ir sulaiko degimo procesą. Tai reiškia, kad stambių medinių konstrukcijų namas, kilus gaisrui stabilus išliktų daug ilgiau nei, tarkim, metalinis. Siekiant sumažinti medienos degumą, ji apdorojama specialiomis medžiagomis — antipirenais. Tai gali būti specialūs dažai, lakas ar danga su antiseptikais. Kilus gaisrui, antipirenais apdorota mediena pasidengia apsauginiu anglies sluoksniu, kuris stabdo tolimesnį liepsnos plitimą, sumažina išsiskiriančių dūmų kiekį, galimų nuostolių riziką [8].



10 pav. Rąstinė siena su minkštos vatos apšiltinimo sluoksniu mediniame karkase

## 4. TERMOIZOLIACINĖS MEDŽIAGOS

### 4.1. POLISTIRENINIS PUTPLASTIS

Polistirenas yra kietas, skaidrus, amorfinis, termoplastinis polimeras. Tempiant amorfinio polistireno molekulės iš dalies orientuojasi. Toks polistirenas yra standesnis, stipresnis, atsparesnis smūgiams. Aukštesnėje temperatūroje ir šviesoje polistirenas oksiduojasi, o 300 °C temperatūroje depolimerizuojasi. Polistirenas tirpsta benzene, benzine, bei kai kuriuose chloriniuose angliavandeniliuose. Ore veikiamas ultravioletinės spinduliuotės tolydžio sensta, oksiduojasi, geltonuoja, pradeda pleišėti. Jis atsparus vandeniui ir tepalams, esant žemai temperatūrai koncentruotoms rūgštims (išskyrus koncentruotą azoto rūgštį) ir šarmams [21].

*Polistireninis putplastis*— standi poringoji medžiaga, gaminama išpūsto polistireno arba vieno iš jo kopolimerų granulių, kurių uždaro pripildytos oro. Polistireninį putplastį sudaro 98 % oro ir 2 % polistireno. Oras polistireniniame putplastyje yra uždaroje 0,2—0,6 mm skersmens akutėse, šių akučių sienelių storis siekia 0,001 mm [9].

Polistireno granulės gaminamos iš polistireninio pusfabrikačio, kuriame yra dujodario-izopentano. Granulės išsipučia 90—120 °C temperatūroje. Galimi šie gamybos būdai: veikiant žaliavą karštu vandeniu, garais, karštu oru arba aukštojo dažnio elektros srove [9].

*Polistireninio putplasčio plokštė*— standus izoliacinis gaminy (supjaustytas atskirai arba suformuotas nepertraukiamu juostiniu būdu), kurio pjūvis yra stačiakampio formos, o storis gerokai mažesnis nei kiti matmenys [9].

Polistireninio putplasčio plokštės gamykloje gaminamos vienos stadijos, bet dažniausiai - dviejų stadijų būdu. Šiuolaikiniai standartai reikalauja, kad gaminiai būtų tikslių matmenų, turėtų vienodas šilumos izoliacines savybes visame plokštės tūryje. Todėl dažniausiai taikomas dviejų stadijų gamybos būdas, kai šilumnešis yra vandens garai. Tokią gamybos technologiją sudaro šie etapai: pirminis žaliavos išpūtimas, išpūstų granulių stabilizacija silosuose ir gaminio, turinčio tam tikrus matmenis, formavimas. Pirminį žaliavos išpūtimą galima atlikti su dviejų tipų įranga: diskretaus ir nenutrūkstamo veikimo. Lietuvoje gaminamos skirtingo tankio polistireninio putplasčio plokštės. Skirtingas tankis susidaro dėl atitinkamos frakcijos polistireninio pusfabrikačio (biserio). Atitinkamas pusfabrikačio dydis užtikrina tam tikro skersmens pūstą polistireno granulę. Po pirminio pūtimo granulių dydis svyruoja nuo 1,25 iki 10 mm. Pavyzdžiui: 35 kg m<sup>3</sup> tankio polistireninėms putplasčio plokštėms gaminti naudojamos pūstos polistireno granulės iki 2,5 mm skersmens, 25 kg/m<sup>3</sup> tankio — iki 7 mm ir 15 kg/m<sup>3</sup> tankio — iki 10 mm [9].

#### **4.2. AKMENS VATA.**

Akmens vata gaminama vienu iš trijų būdų: išcentrinu, naudojant suspaustas dujas, suspaustą orą arba garą. Žaliavos, susmulkintos 20 -70 mm dydžio gabaliukais, yra kraunamos į žemakrosnę ir išlydomos. Lydyti sunaudojama 30 % ir daugiau kokso. Sunaudoto kokso kiekis priklauso nuo žaliavų cheminės sudėties, jų lydymosi temperatūros, klampumo. Žaliavoms lydyti pasitelkiamos įvairių konstrukcijų žemakrosnės, kuriose temperatūra siekia 1 700 °C; kitos krosnys gaminant mineralinę vatą nebuvo dažniau taikomos [10].

##### *Suspaustojo garo naudojimo būdas*

Šis būdas mineralinei vatai gaminti naudojamas labai plačiai. Jo esmė yra ta, kad silikatinis lydalas, ištekąs pro angą iš žemakrosnės, yra statmenai veikiamas suspausto garo srovės, judančios 700—800 m/sek. greičiu. Tokio veikimo rezultatas yra tas, kad lydalas iš pradžių išskaidomas į sroveles, paskui į lašelius, kurie lėkdami ištįsta ir sudaro plaušus. Ištekančio lydalo temperatūra priklauso nuo žaliavų cheminės sudėties, ir daugumos žaliavų yra 1 300 °C—1 400 °C [10].

Pagaminta mineralinė vata surenkama vadinamosiose nusėdimo kamerose. Jų yra įvairių konstrukcijų ir matmenų. Pavyzdžiui, kameros ilgis gali būti 18 m, plotis — 2,1 m, aukštis — 5 m. Mineralinė vata iš nusėdimo kameros yra tiekama veleniniu transporteriu, tankinama, pjaustoma ir kraunama į sandėlius [10].

Analogiškai mineralinė vata gaminama suspaustu oru. Šis būdas, palyginti su pirmuoju, yra ne toks ekonomiškąs, gaunama prastesnė mineralinė vata. Dabar šis būdas gaminant mineralinę vatą nenaudojamas [10].

##### *Dujinis būdas*

Šio būdo esmė ta, kad lydalas išskaidomas veikiant dujinių degimo produktų srove. Degimo dujos juda 400—700 m/sek greičiu ir yra 700 °C—800 °C temperatūros. Dujos yra gaunamos specialiose kamerose sudeginant dujinį arba skystąjį kurą. Vienai tonai mineralinės vatos gauti sunaudojama 350 m<sup>3</sup> oro, 40 kilovatvalandžių elektros energijos ir 20 kg sąlyginio kuro [10].

#### *Išcentrinis būdas*

Šiuo metodu mineralinė vata buvo pradėta gaminti Sovietų sąjungoje 1940 m. Jo esmė tokia: lydalas išteka iš žemakrosnės plona srovele ant diskinės centrifūgos su grioveliais, kuri sukasi iki 4 000 aps./min. greičiu. Išcentrinės jėgos veikiamas lydalas yra išskaidomas į lašelius, kurių dalis ištįsta į plaušus. Mineralinei vatai surinkti naudojamos nusodinimo kameros [10].

Mineralinė vata yra labai minkšta, lanksti, šilumą izoliuojanti medžiaga. Šios savybės leidžia ją naudoti bet kokios formos konstrukcijose. Dėl puikių šilumą izoliuojančių savybių mineralinio pluošto gaminiai kartu apsaugo ir nuo triukšmo. Ji gali padėti susilpninti tiek oru sklindančius, tiek smūginius garsus. Mineralinės vatos plokštės dažniausiai montuojamos tarp medinio arba metalinio karkaso elementų, nenaudojant jokių specialių tvirtinimo elementų. Optimalios izoliacijos savybės užtikrinamos tuo atveju, kai izoliuojama visa ertmė. Todėl izoliacijos demblių matmenys turi būti šiek tiek didesni už tikslus izoliuojamos ertmės matmenis. Dembliai taip pat tinka izoliacijai be karkasinės konstrukcijos, naudojant specialius tvirtinimo elementus [10].

Vertikaliai orientuoto pluošto plaušelių gaminiai yra standesni ir lankstesni. Kadangi gaminio plaušeliai yra statmeni izoliuojamam paviršiui, tai neleidžia deformuotis nuo atsitiktinių apkrovų. Tokios izoliacijos storis išlieka vienodas, nes gerai priglunda prie izoliuojamų paviršių. Akmens vatos demblis, armuotas galvanizuotu plieno tinkleliu ir padengtas aliuminio folija tarp tinklelio ir vatos demblio [9].

### **4.3. PURŠKIAMA EKOVATA**

Sienas įprasta šiltinti lakštinėmis šiltinimo medžiagomis (pvz. akmens vata). Tačiau sienose montuojamos komunikacijos apsunkina darbą šiomis medžiagomis. Taip pat patį karkasą reikia taikyti prie lakštų dydžio, kitaip smarkiai padidėja medžiagų sąnaudos. Šiltinant Ekovata karkaso nereikia taikyti prie šiltinimo medžiagos, o esant poreikiui, šiltinimo sluoksnio storį galima reguliuoti storinant ar ploninant patį karkasą. Ekovata užpildo visas ertmes ir prisitaiko prie konstrukcijų sudarydama vientisą sluoksnį. Priklausomai nuo situacijos sienas galima apšiltinti iš išorės ir iš vidaus. Šiltinimas atliekamas už apdailinių plokščių ar plėvelių, priklausomai nuo jau atliktų statybos darbų [11].

Ekovata – organinė termoizoliacinė medžiaga, gaminama iš celiuliozės pluošto, prisotinto netoksinėmis mineralinėmis druskomis. Ekovata yra pilka arba balta smulkiapluoštė vatos pavidalo

medžiaga, susidedanti iš mechaniškai susmulkintos makulatūros (80 %), boro rūgšties (12 %) ir borakso (8 %) mišinio. Balta ekovata gaminama iš makulatūros be spaudos dažų ir naudojama apdailos darbams. Ji priklauso sunkiai užsiliepsnojančių degių medžiagų grupei pagal RSN 133-91 klasifikaciją ir bandymų rezultatus. Dėl įeinančių į sudėtį antipireninių priedų – boro junginių ekovata sunkiai užsiliepsnoja ir apsaugo nuo užsiliepsnojimo ja padengtas medines konstrukcijų detales. Sudėtyje esantys boro junginiai apsaugo Ekovatą ir su ja besiliečiančias konstrukcijas nuo puvimo, pelėjimo ir grybelinių ligų. Joje negyvena ir nesiveisia vabzdžiai ir graužikai. Ekovata savo sudėtyje neturi lakių, sveikatai pavojingų medžiagų. Gamyboje naudojami boro junginiai nepriskiriami prie kancerogeniškų ir mutageniškų medžiagų. Nustatyta, kad boro rūgšties druskos visiškai negaruoja, o boro rūgštis garuoja (pernešama) kartu su karštais vandens garais, esant 100° C temperatūrai. Eksploatacijos metu temperatūra taip aukštai nepakyla, todėl ir boro rūgštis praktiškai negaruoja [12].

Išleidžiamos ir naudojamos vatos drėgnumas neturi viršyti 12 % ir paprastai siekia 9–11%. Atitvarinėse konstrukcijose ekovatą būtina saugoti nuo atmosferinių kritulių ir kapiliarinės drėgmės. Normuojamas drėgmės prieaugis ekovatoje per drėgmės kaupimosi periodą pagal RSN 143–92 atitvarinėse konstrukcijose neturi viršyti 3 %. Sieninėse atitvarinėse konstrukcijose naudojamos ekovatos skaičiuojamoji šiluminio laidumo koeficiento reikšmė priklauso nuo medžiagos apsaugos [13].

Pastatų išorės šiltinimo darbai turi būti dirbami šiltuoju metų laiku. Mechanizuoti išorės sienų šiltinimo ekovatos purškimo šlapiu būdu darbai gali būti dirbami tada, kai oro temperatūra aukštesnė kaip +10 °C ir santykinė oro drėgmė neviršija 75 %. Mūrijant sienas su ekovatos sluoksniu technologinių pertraukų metu, taip pat nedarbo metu nebaigtas mūras turi būti uždengiamas hidroizoliacine medžiaga apsaugant šiltinimo sluoksnį nuo atmosferos kritulių. Draudžiama mūro darbams naudoti apdailos plytas, kurių drėgmė viršija 6 %. Darbininkai, vykdantys šiltinimo darbus su ekovata, privalo naudotis individualiomis apsaugos priemonėmis – respiratoriais [10].

#### **4.4. TERMOVATA (TERMOPUTA) UŽDARŲ PORŲ**

Pirmosios termovatos rūšys buvo išrastos apie 1940 metus, ir naudojamos tik specializuotose srityse dėl technologijos sudėtingumo. Šiuo metu pažangiausias šiltinimo būdas termovata yra prieinamas kiekvienam norinčiam. Pasirinkę termovatą teigia, kad tai buvo geriausia ir greičiausiai atsipirkusi investicija. Termovatą dar kitaip vadina poliuretano putomis arba purškiamomis šiltinimo putomis. Specialioje įrangoje sumaišomi du komponentai, kurie užpurškiami ant šiltinamo paviršiaus. Per keletą sekundžių įvykus reakcijai termovata išsiplečia ir sustingsta. Po minutės termovatą jau galima pjauti peiliu ar montuoti apdailą. Termovatos

unikalumo paslaptis yra jos struktūroje. Sustingusi termovata savo turi milijonus porų, kurios suteikia nepalyginamai geresnes šiluminės savybes nei tradicinių šiltinimo medžiagų [14].

Uždarų porų termovata pasižymi tvirtumu ir standumu, suteikia konstrukcijoms tvirtumo. Visiškai nelaidi garui (nereikia garo ir vėjo izoliacijos). Gali būti kaip pagrindas garo izoliacijai. Užtenka ir poros centimetrų uždarų porų termovatos sluoksnio, kad konstrukcijos būtų idealiai sandarios [14].

Termovata šiltinami ir šlaitiniai ir plokštieji stogai. Šlaitiniame stoge termovata purškiama ant plokštės arba ant vėjo izoliacinės plėvelės paviršiaus iš vidaus. Ant plokščio stogo pagrindo užpurkšta termovata papildomai padengiama hidroizoliaciniu sluoksniu apsaugančio nuo tiesioginio vandens ir saulės poveikio. Stogams keliami didžiausi sandarumo reikalavimai, todėl termovata geras pasirinkimas stogui [14].

Sienos termovata šiltinamos purškiant tiesiai ant paviršiaus arba tarp karkaso. Sienas galima šiltinti ir iš vidaus ir iš išorės, priklausomai nuo pačios konstrukcijos. Uždarų porų termovata suteikia papildomo tvirtumo konstrukcijoms, kada atvirų porų termovata lengviau apdirbti ir pjaustyti. Termovata puikiai padengia visas komunikacijas sienose – laidus, vamzdžius, įvadus ir kita [14].

Tradicinės šiltinimo ir hidroizoliacinės medžiagos naudojamos stogams turi pagrindinį trūkumą – jos turi siūles, kurios per laiką išsisandarina ir susidėvi. Po to atsiranda vandens pratekėjimo ir padidėjusių šilumos nuostolių problema. Stogą padengus termovata gaunamas besiūlis, ištisinis šiltinimo sluoksnis. Taip minimizuojami šilumos nuostoliai. Taipogi stogui reikia dvigubai mažesnio sluoksnio termovatos, nei pavyzdžiui mineralinės vatos, kad pasiekti tą patį efektą. Papildomai dengiama besiulė termoizoliacija duoda dvigubą šilumos sulaikymo ir sandarumo vandeniui efektą [14].

#### **4.5. TERMOVATA (TERMOPUTA) ATVIRŲ PORŲ.**

Atvirų porų termovata yra minkšta, lengva ( $1\text{m}^3$  apie 15 kg.), lengvai pasiduodanti deformacijoms, nesunkiai pjaunama ir apdirbama. Puikiai tinka patalpoms iš vidaus šiltinti – sienoms, perdangoms, pertvaroms, stogui [14].

Gama putos užpurškimo procesas vyksta tokiu būdu: Gama sistemos komponentai gerai sumaišomi reikiamomis proporcijomis specialaus putų generatoriaus pagalba ir, naudojant spaudimą operatorius pistoleto-purkštuvo pagalba jas užpurškia. Užpurškiamas mišinys iš karto suputoja, padidėja tūris ir sustingsta, sudarydamas kietą termoizoliacinę dangą, pasižymintį žemu šilumos laidumo koeficientu.



Dar vienas Gama putos užpurškimo privalumas yra tas, kad galima termiškai izoliuoti bet kokios sudėtingos konfigūracijos objektus, ko neįmanoma atlikti tradicinėmis medžiagomis. Gama puta yra labai lengva ir neapsunkina konstrukcijų.

Gama putos užpurškimas sukuria termoizoliacinę dangą be siūlių ir sandūrų, o tai reiškia, kad danga neturi „šalčio tiltelių“. Pats užpurškimo procesas neužtrunka ilgai, pavyzdžiui dviejų operatorių brigada per darbo pamainą gali užpurkšti iki 400 kv.m [15].

#### **4.5. SPU TERMOIZOLIACIJA**

Spu termoizoliacija yra pagaminta iš fenolio putų poliuretano. Putų poliuretanai (PUR) yra uždaraporiai plastikai gaminami gamykloje formose kaip plokštės ir blokai arba statybos aikštelėje įpurškiant į oro tarpus.

PUR yra dvikomponentė sistema, kurią sudaro:

- 1) poliolio komponentas, kurį sudaro polioliai, katalizatoriai, stabilizatoriai ir putodaris;
- 2) izocionato komponentas, kurio sudėtyje yra polimero difenilmetanodiizocionato (PMDI).

Apie 40 % viso gaminamo putų poliuretano naudojama termoizoliacinėms plokštėms [10].

##### **Savybės**

Putų poliuretano savybės priklauso nuo medžiagų struktūros, žaliavų ir technologinių parametrų.

*Šilumos laidumas priklauso nuo:*

- putinimui naudotų dujų;
- tankio;
- temperatūros;
- drėgnio ir vandens kiekio;
- matavimų laiko.

Putinimo dujų šilumos laidumo koeficientas yra daug mažesnis nei oro ( $X_{oro} = 0,024$  W/m<sup>2</sup>K). Poliuretaniui putinti naudojamų dujų šilumos laidumo koeficientas  $\lambda_{dujų} = 0,012—0,013$  W/m<sup>2</sup>K. Dėl uždaros putų poliuretano struktūros (uždarytų porų dažniausiai yra daugiau nei 90 %) putinimo medžiaga labai ilgai išlieka medžiagos akutėse [10].

Statyboms naudojamas nuo 30 kg/m<sup>3</sup> iki 100 kg/m<sup>3</sup> tankio putų poliuretanai. Šiame tankio diapazone šilumos laidumo koeficientas mažai keičiasi. Kadangi putų poliuretano gaminiai eksploatuojami įvairios temperatūros aplinkoje svarbi medžiagos savybė - šilumos laidumo koeficiento didėjimas didėjant eksploatacinei temperatūrai [10].

*Senėjimas*

Gaminant putų poliuretanią jo struktūroje lieka didelis kiekis putintojo (dujų), kuris iš

gaminų pasišalina ir nusistovi pusiausvyra. Dėl dujų pasišalinimo blogėja šilumos laidumo koeficientas.

Vokietijos šiluminės technikos institute 15 metų tirti šilumos laidumo koeficiento pokyčiai. Bandydams buvo naudoti gaminiai, kuriems putinti pasitelktas pentanas. Nustatyta, kad intensyviai šilumos laidumo koeficientas didėja pirmus trejus metus. [termoizoliacinės medžiagos]

Spu termoizoliacija pasižymi bene geriausiomis termoizoliacinėmis savybėmis ( $\lambda_D 0,022$  W/mK arba  $\lambda_D 0,023$  W/m<sup>2</sup>K), todėl nereikia storo apšiltinimo sluoksnio. Taip pat šioje izoliacijoje nevyksta konvekcija arba oro srautų judėjimas, Izoliacijoje nevyksta vandens garų kondensacija [16].

Šią termoizoliaciją labai lengva montuoti. Renovuojamiems pastatams šiltinti ji tiesiog klijuojama prie sienų ir prismeigiama su nedideliu kiekiu smeigių, o ant plokštės viršaus dedamos metalinės karkaso detalės ir prisukamos su varžtais. Taip šilumos nuostolis per metalinį karkasą yra neskaičiuojamas, nes metalas yra virš apšiltinimo sluoksnio. Ši termoizoliacinė medžiaga yra ilgaamžė, ją galima perdirbti, arba po daugelio metų panaudoti dar kartą. SPU izoliacija patikimai izoliuoja drėgmę ir jos paviršių dengianti speciali folija puikiai atspindi šilumą.

## TYRIAMOJI DALIS

### 5. SKAIČIAVIMO METODOLOGIJA

Mokslininkai Yoon ir Hwang sukūrė variantų prioritetiškumo nustatymo metodiką, pagrįstą koncepcija, kad optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealaus sprendimo ir didžiausią atstumą nuo „neigiamai idealaus“ sprendimo. Šis metodas vadinamas TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) – racionaliausių sprendimų eiliškumo nustatymas arčiausiai idealiausio varianto. Tarkime, kad kiekvieno rodiklio reikšmės nuolat didėja arba nuolat mažėja. Tada galima nustatyti „idealų“ sprendimą, kuris yra sudarytas iš geriausių rodiklių reikšmių, ir „neigiamai idealų“ sprendimą, kuris yra sudarytas iš blogiausių rodiklių reikšmių. Norint taikyti artumo idealiam taškui TOPSIS metodą, būtina sudaryti sprendimų matricą  $P$ , kurioje eilutės žymi nagrinėjamas alternatyvas ( $m$  – alternatyvų skaičius), stulpeliai – efektyvumo rodiklius ( $n$  – efektyvumo rodiklių skaičius), pagal kuriuos vertinamos alternatyvos [17]:

$$P = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; \quad (1)$$

Sprendimų matrica  $P$  normalizuojama atliekant vektorinę normalizaciją:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad (2)$$

čia:  $x_{ij}$  –  $i$ -osios alternatyvos,  $j$ -ojo efektyvumo rodiklio reikšmė.

$$\bar{P} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}; \quad (3)$$

Tarkime, kad žinomos rodiklių integruoto reikšmingumo reikšmės ( $q$ ), tada

$$\bar{P}^* = [\bar{P}] \cdot [q]; \quad (4)$$

Taikant formulę (4), sudaroma svertinė normalizuota matrica  $\bar{P}^*$ . „Idealiai geriausias“ variantas (alternatyva) nustatomas pagal formulę:

$$a^+ = \left\{ \left[ \left( \max_i \bar{x}_{ij} | j \in J \right), \left( \min_i \bar{x}_{ij} | j \in J' \right) \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+\}; \quad (5)$$

čia:  $J$  – rodiklių, kurių didesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė;  $J'$  – rodiklių, kurių mažesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė. „Neigiamai idealus“ variantas nustatomas pagal formulę:

$$a^- = \left\{ \left[ \left( \min_i \bar{x}_{ij} | j \in J \right), \left( \max_i \bar{x}_{ij} | j \in J' \right) \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-\}. \quad (6)$$

Atstumas tarp lyginamojo  $i$ -tojo ir „idealiai geriausio“  $a^+$  varianto nustatomas skaičiuojant atstumą  $n$ -matėje Euklido erdvėje, pagal formulę:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^+)^2}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (7)$$

o tarp  $i$ -tojo ir „neigiamai idealaus“  $a^-$ , pagal formulę:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^-)^2}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (8)$$

Galutiniu TOPSIS metodo žingsniu nustatomas kiekvieno  $i$ -ojo varianto santykinis atstumas iki „idealiai geriausio“ varianto:

$$K_i = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (9)$$

Kuo  $K_i$  reikšmė artimesnė vienetui, tuo  $i$ -asis variantas artimesnis  $a^+$  t.y. racionalus variantas bus tas, kurio  $K_i$  reikšmė yra didžiausia [17].

## 6. OPTIMALIAUSIO STOGO MAZGO PARINKIMAS NAUDOJANT TOPSIS METODĄ

Stogo konstrukcijos atitinkančios A++ namo rodiklių reikšmės buvo apskaičiuotos pagal STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ reglamentu. Apskaičiuoti minimalūs apšiltinimo sluoksnio storiai pateikti 2 lentelėje. Taip pat parinkti ir kiti kriterijai kuriais vadovaujantis bus išrinktas Topsis metodu geriausias stogo mazgas.

2 lentelė.

Varianto Nr.	Stogo konstrukcija		Vertinimo rodikliai						
	Stogo tipas	Apšildinimo medžiaga	1 m <sup>2</sup> stogo apšiltinimo o medžiagos kaina, €	Apšiltinimo medžiagos svoris kg/m <sup>3</sup>	Šilum. izoliac. storis	Šilum. izoliac.s tvirtin. 1m <sup>2</sup> kaina €	Atsparum. ugniai	Vandens įmirkis	Šilumos perdavimo koef., W/(m <sup>2</sup> K)
Rodiklių reikšmingumas - q			0,32	0,17	0,13	0,115	0,09	0,07	0,1
1	Šlaitinis	Minkšta akmens vata	20,79	19	63	0,5	1	3	0,041
2		Polestireninis putplastis EPS	40,19	20	61	0	3	1	0,039
3		Geoporas EPS	47,73	20	59	0	3	1	0,037
4		Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS	65,55	30	59	0	3	1	0,037
5		Purškiamą ekovata	33,55	20	61	0	1	3	0,039
6		Termoputa uždarytų porų	106,17	10	47	0	3	1	0,027
7		Spu poliuretano plokštės	101,39	32	41	1	2	1	0,022
8		Termoputa atvirų porų	69,51	14	60	0	3	2	0,038
9	Sutapdintas	Geoporas EPS(su kieta akmens vata 40mm)	33,98	20	42	0	3	1	0,037
10		Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS(su kieta akmens vata 40mm)	46,66	30	42	0	3	1	0,037
11		Polestireninis putplastis EPS(su kieta akmens vata 40mm)	27,28	14	44	2,2	3	1	0,039
12		Spu poliuretano plokštės(su kieta akmens vata 40mm)	61,83	32	25	2	2	1	0,022

13		Kieta akmens vata	54,14	60	47	2	1	3	0,042
----	--	-------------------	-------	----	----	---	---	---	-------

\*Atsparumas ugniai (3-degus,2- mazai degus ,1-nedegus)

\*\*Vandens įmirkis( 3-labai daug, 2-mažai, 1-labai mažai arba neimerkia)

**Pastaba:** Stogo apšiltinimo medžiagų kainos imamos vidutinės šiuo metu prekiaujamos Lietuvoje. Sutapdinto stogo apšiltinimas skaičiuojamas be nuolydį formuojančio sluoksnio nes nuolydis formuojamas santvarų pagalba Taip pat į plokščio stogo su polistireniniu putplasčiu, spu poliuretano, ekstrudinio poliesterolo xps, geoporos eps kaina itraukiama ir 4cm storio kietos akmens vatos plokštės. Vertinimo kriterijų balai pasirinkti apklausus 10 ekspertų. Ekspertų apklausos rezultatai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė

Dalyvis	1 m <sup>2</sup> stogo apšiltinimo medžiagos kaina, €	Apšiltinimo medžiagos svoris kg/m <sup>3</sup>	Šilumos izoliacijos storis	Šilumos izoliacijos tvirtinimas 1m <sup>2</sup> kaina €	Atsparumas ugniai	Vandens įmirkis	Šilumos perdavimo koef., W/(m <sup>2</sup> K)
Ekspertas1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ekspertas2	0,4	0,2	0,05	0,1	0,05	0,05	0,15
Ekspertas3	0,3	0,2	0,2	0,05	0,1	0,05	0,1
Ekspertas4	0,35	0,2	0,15	0,1	0,1	0,05	0,05
Ekspertas5	0,3	0,15	0,1	0,2	0,1	0,05	0,1
Ekspertas6	0,3	0,1	0,15	0,15	0,1	0,05	0,15
Ekspertas7	0,25	0,15	0,05	0,25	0,1	0,1	0,1
Ekspertas8	0,4	0,25	0,1	0,05	0,05	0,05	0,1
Ekspertas9	0,3	0,15	0,2	0,05	0,1	0,1	0,1
Ekspertas10	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Vidurkis	0,32	0,17	0,13	0,115	0,09	0,07	0,105

Sprendimų matrica P normalizuojama atliekant vektorinę normalizaciją taikant formulę (2), duomenys pateikiami 4 lentelėje.

4 lentelė

Stogo tipas	Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Šlaitinis	1	0,109	0,309	0,392	0,447	0,140	0,577	0,408
	2	0,211	0,325	0,379	0,000	0,420	0,192	0,388
	3	0,251	0,325	0,367	0,000	0,420	0,192	0,368
	4	0,345	0,488	0,367	0,000	0,420	0,192	0,368

	5	0,176	0,325	0,379	0,000	0,140	0,577	0,388
	6	0,559	0,163	0,292	0,000	0,420	0,192	0,268
	7	0,533	0,520	0,255	0,894	0,280	0,192	0,219
	8	0,366	0,228	0,373	0,000	0,420	0,385	0,378
Sutapdintas	9	0,318	0,256	0,452	0,000	0,530	0,277	0,459
	10	0,436	0,383	0,452	0,000	0,530	0,277	0,459
	11	0,261	0,179	0,484	0,614	0,530	0,277	0,483
	12	0,601	0,409	0,280	0,558	0,354	0,277	0,273
	13	0,528	0,767	0,527	0,558	0,177	0,832	0,521

Atlikus matricos normalizavimą (P), bei žinant rodiklių (q) reikšmingumus (q — rodiklių reikšmingumas buvo nustatytas apklausiant 10 ekspertų 3 lentelė. Kurie savo žinių ir patirties pagrindu turėjo įvertinti vertinimo rodiklius balais nuo 0 iki 1), taikant formulę (4), sudaroma svartinė normalizuota matrica  $\bar{P}^*$ , duomenys pateikiami 5 lentelėje.

5 lentelė

Stogo tipas	Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Šlaitinis	1	0,03500	0,05253	0,05093	0,05143	0,01260	0,04041	0,04076
	2	0,06765	0,05529	0,04931	0,00000	0,03781	0,01347	0,03877
	3	0,08035	0,05529	0,04769	0,00000	0,03781	0,01347	0,03678
	4	0,11035	0,08294	0,04769	0,00000	0,03781	0,01347	0,03678
	5	0,05648	0,05529	0,04931	0,00000	0,01260	0,04041	0,03877
	6	0,17874	0,02765	0,03799	0,00000	0,03781	0,01347	0,02684
	7	0,17069	0,08847	0,03314	0,10286	0,02521	0,01347	0,02187
	8	0,11702	0,03871	0,04850	0,00000	0,03781	0,02694	0,03778
Sutapdintas	9	0,10170	0,04346	0,05877	0,00000	0,04773	0,01941	0,04587
	10	0,13966	0,06519	0,05877	0,00000	0,04773	0,01941	0,04587
	11	0,08351	0,03042	0,06297	0,07061	0,04773	0,01941	0,04835
	12	0,19245	0,06954	0,03638	0,06419	0,03182	0,01941	0,02727
	13	0,16895	0,13038	0,06857	0,06419	0,01591	0,05824	0,05207

Sudarius svartinę normalizuota matrica  $\bar{P}^*$ , nustatoma idealiai geriausia ir blogiausia alternatyva pagal formules – geriausia (5), blogiausia (6), skaičiavimų duomenys pateikiami 6 ir 7 lentelėse.

## 6.1. STOGO GERIAUSIA IR BLOGIAUSIA ALTERNATYVA

Šlaitinis stogas 6 lentelė

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
a+	0,03500	0,02765	0,03314	0,00000	0,01260	0,01347	0,02187
a-	0,17874	0,08847	0,05093	0,10286	0,03781	0,04041	0,04076

Sutapdintas stogas 7 lentelė

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
a+	0,08351	0,03042	0,03638	0,00000	0,01591	0,01941	0,02727
a-	0,19245	0,13038	0,06857	0,07061	0,04773	0,05824	0,05207

Atlikus idealiai geriausios ir blogiausios alternatyvos nustatymą taip pat nustatomi atstumai tarp lyginamųjų ir idealiai geriausių bei blogiausių alternatyvų pagal formules (7) geriausi ir (8) blogiausi, skaičiavimų duomenys pateikiami 8 lentelėje.

8 lentelė

Stogo tipas	Teigiamas atstumas		Neigiamas atstumas	
Šlaitinis	L+1	0,0682869	0,1588479	L-1
	L+2	0,0548899	0,1573306	L-2
	L+3	0,0623755	0,1487021	L-3
	L+4	0,0990168	0,1266481	L-4
	L+5	0,0499871	0,1651343	L-5
	L+6	0,1460964	0,1239611	L-6
	L+7	0,1812467	0,0402810	L-7
	L+8	0,0903044	0,1306221	L-8
Sutapdintas	L+9	0,0485854	0,1497266	L-9
	L+10	0,0788790	0,1168908	L-10
	L+11	0,0845500	0,1530132	L-11
	L+12	0,1333080	0,0845866	L-12
	L+13	0,1567525	0,0400715	L-13

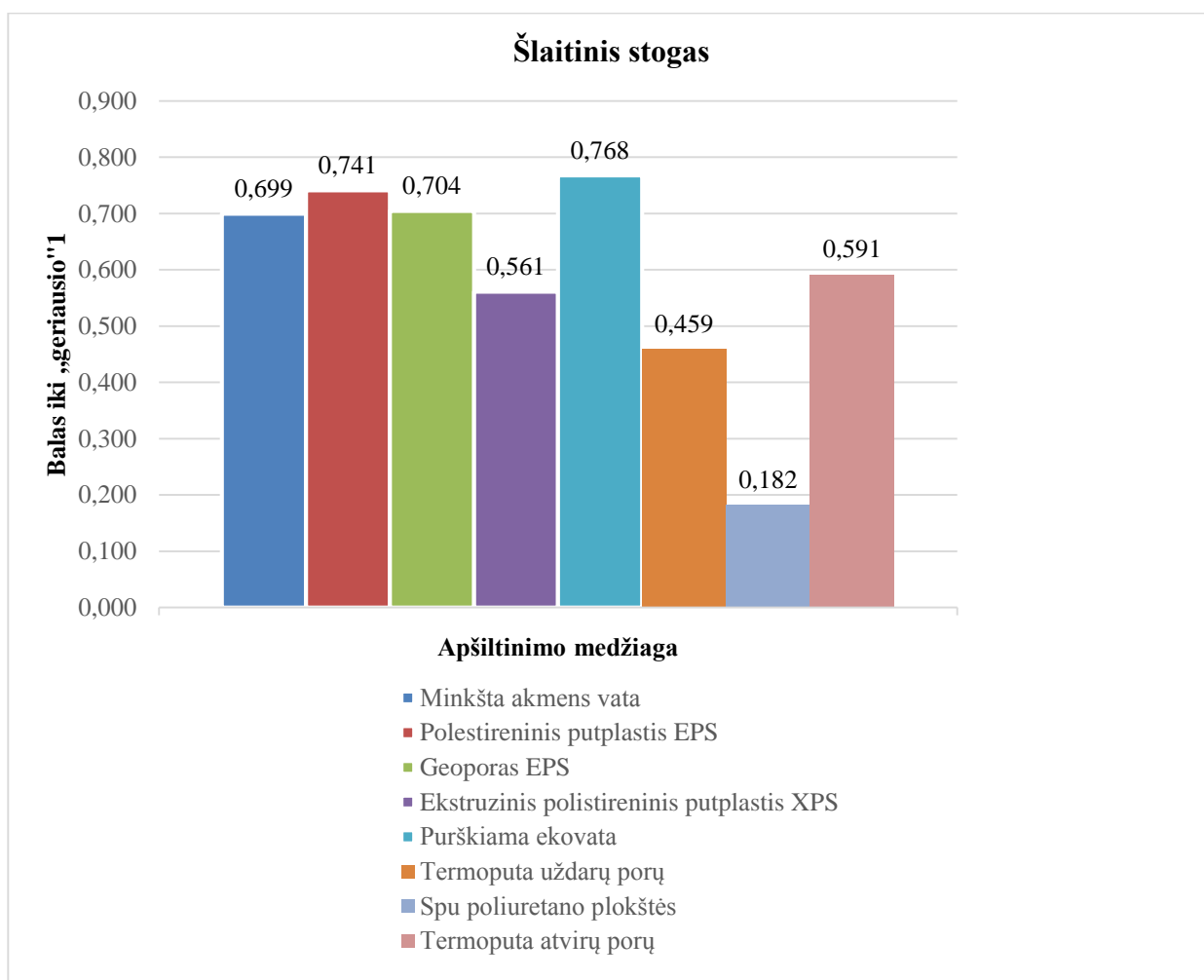
Suskaičiavus alternatyvius atstumus tarp lyginamųjų ir idealiai geriausių bei blogiausių, galutiniu TOPSIS metodo žingsniu reikia nustatyti kiekvieno i-ojo varianto santykinius atstumus iki „idealiai geriausio“ varianto pagal (9) formulę, skaičiavimo duomenys pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė

Stogo tipas	Eilės nr.	Balas	Vieta	Medžiagos pavadinimas
Šlaitinis stogas	k1	0,699355	4	Minkšta akmens vata
	k2	0,741354	2	Polestireninis putplastis EPS
	k3	0,70449	3	Geoporas EPS
	k4	0,561222	6	Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS
	k5	0,767633	1	Purškiama ekovata
	k6	0,459018	7	Termoputa uždarytų porų
	k7	0,181833	8	Spu poliuretano plokštės
	k8	0,591247	5	Termoputa atvirų porų

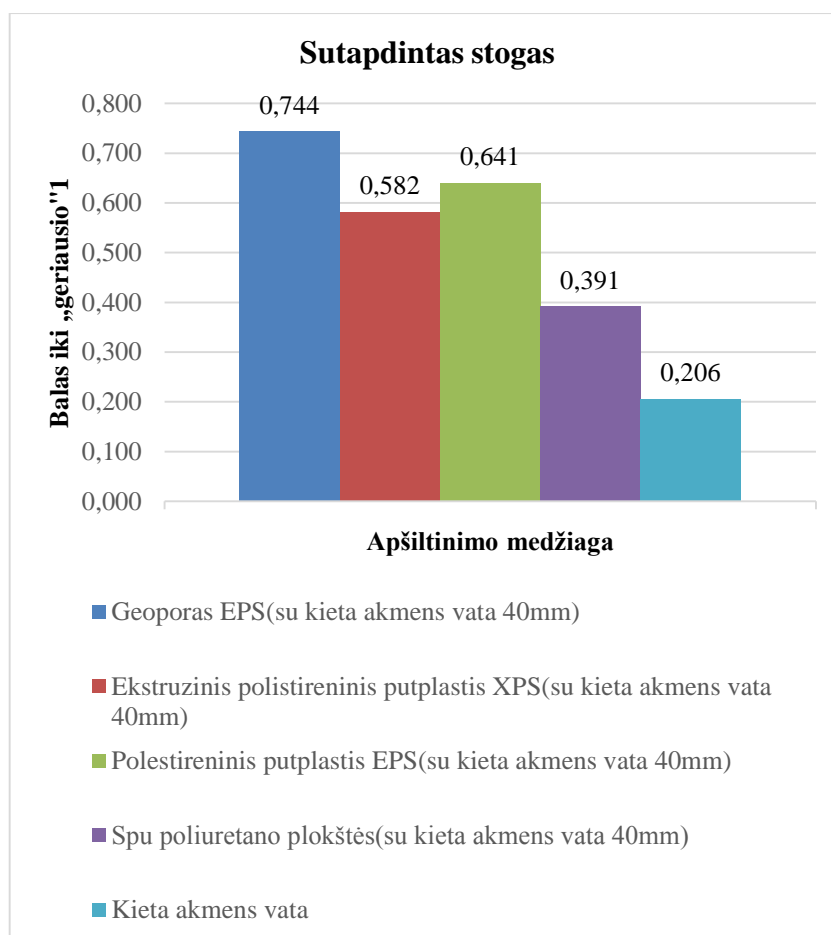
Sutapdintas stogas	k9	0,755005	1	Geoporas EPS(su kieta akmens vata 4cm)
	k10	0,597083	3	Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS(su kieta akmens vata 4cm)
	k11	0,644095	2	Polestireninis putplastis EPS(su kieta akmens vata 4cm)
	k12	0,3882	4	Spu poliuretano plokštės(su kieta akmens vata 4cm)
	k13	0,203591	5	Kieta akmens vata

Geriausias pagal pasirinktus kriterijus šlaitinis stogas yra su purškiamą ekovata, o blogiausias spu poliuretano plokštė.



Sutapdinto stogo geriausias apšiltinimas pagal kriterijus yra geoporas, o blogiausias akmens vata.





## 7. OPTIMALIAUSIO SIENOS MAZGO PARINKIMAS NAUDOJANT TOPSIS METODĄ

Sienos konstrukcijos atitinkančios A++ namo rodiklių reikšmės buvo apskaičiuotos pagal STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ reglamentu. Apskaičiuoti minimalūs apšiltinimo sluosnio storiai pateikti 10 lentelėje. Medžiagos kurioms reikalingas karkasas įvertintas karkaso šilumos nuostolis. Todėl jų apšiltinimo sluoksniams yra storesnis. Taip pat apskaičiuoti ekspertų pagalba, kiti kriterijai kuriais vadovaujanti s išrinkamas Topsis metodu geriausias sienos apšiltinimas kiekvienam pateiktam sienos tipui. Karkasinės sienos tipui įvertinami medžio šilumos nuostoliai. Parinkti kriterijai su duomenimis pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė.

Varianto Nr.	Sienos konstrukcija		Vertinimo rodikliai						
	Sienos tipas	Apšildinimo medžiaga	1 m <sup>2</sup> sienos apšiltin. medž. kaina, €	Apšilt. medž. svoris kg/m <sup>3</sup>	Šilumos izoliacijos storis mm,	Šilumos izoliacijos tvirtinimas 1m <sup>2</sup> kaina €	Atsparum. ugniai	Vandens įmirkis	Šilumos perdavimo koef., W/(m <sup>2</sup> K)
Rodiklių reikšmingumas - q			0,285	0,145	0,18	0,125	0,075	0,075	0,115
1	Karkasinė	Polestireninis putplastis EPS	32,28	20	49	0	3	1	0,039
2		Geoporas EPS	38,02	20	47	0	3	1	0,037

3		Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS	52,22	30	47	0	3	1	0,037	
4		Minkšta akmens vata	19,89	19	51	0	1	3	0,041	
5		Purškiama ekovata	31,85	35	49	0	1	3	0,039	
6		Termoputa uždarų porų	85,84	10	38	0	3	1	0,027	
7		Spu poliuretano plokštės	81,61	32	33	0	2	1	0,022	
8		Termoputa atvirų porų	55,61	14	48	0	3	2	0,038	
9		Akyto betono mūras 240mm	Polestireninis putplastis EPS	21,74	20	33	2	3	1	0,039
10			Geoporas EPS	26,70	20	33	2	3	1	0,037
11	Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS		31,11	30	28	2	3	1	0,037	
12	Minkšta akmens vata		15,21	19	39	8	1	3	0,041	
13	Purškiama ekovata		24,05	35	37	8	1	3	0,039	
14	Termoputa uždarų porų		63,25	10	28	8	3	1	0,027	
15	Spu poliuretano plokštės		42,04	32	17	1	2	1	0,022	
16	Termoputa atvirų porų		42,86	14	37	8	3	2	0,038	
17	Keramzibetonio mūras 250mm	Polestireninis putplastis EPS	25,03	20	38	2	3	1	0,039	
18		Geoporas EPS	30,74	20	38	2	3	1	0,037	
19		Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS	35,55	30	32	2	3	1	0,037	
20		Minkšta akmens vata	17,16	19	44	8	1	3	0,041	
21		Purškiama ekovata	27,30	35	42	8	1	3	0,039	
22		Termoputa uždarų porų	74,55	10	33	8	3	1	0,027	
23		Spu poliuretano plokštės	46,99	32	19	1	2	1	0,022	
24		Termoputa atvirų porų	48,66	14	42	8	3	2	0,038	
25	Silikatinis mūras 240mm	Polestireninis putplastis EPS	28,33	20	43	2	3	1	0,039	
26		Geoporas EPS	34,79	20	43	2	3	1	0,037	
27		Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS	40,00	30	36	2	3	1	0,037	
28		Minkšta akmens vata	19,11	19	49	8	1	3	0,041	
29		Purškiama ekovata	30,55	35	47	8	1	3	0,039	
30		Termoputa uždarų porų	81,32	10	36	8	3	1	0,027	
31		Spu poliuretano plokštės	54,41	32	22	1	2	1	0,022	
32		Termoputa atvirų	53,29	14	46	8	3	2	0,038	

		porų							
33	Rastinė siena 250mm	Polestireninis putplastis EPS	25,03	20	38	2	3	1	0,039
34		Geoporas EPS	30,74	20	38	2	3	1	0,037
35		Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS	35,55	30	32	2	3	1	0,037
36		Minkšta akmens vata	17,16	19	44	8	1	3	0,041
37		Purškiamą ekovata	27,30	35	42	8	1	3	0,039
38		Termoputa uždarų porų	74,55	10	33	8	3	1	0,027
39		Spu poliuretano plokštės	46,99	32	19	1	2	1	0,022
40		Termoputa atvirų porų	48,66	14	42	8	3	2	0,038

\*Atsparumas ugniai (3-degus,2- mažai degus ,1-nedegus)

\*\*Vandens įmirkis( 3-labai daug, 2-mažai, 1-labai mažai arba neimerkia)

**Pastaba:** Sienų apšiltinimo medžiagų kainos imamos vidutinės šiuo metu prekiaujamos Lietuvoje. Sienų apšiltinimo storis priklauso nuo sienos laikančiosios dalies šiluminės varžos. Ant mūrų ir rastinės sienos skaičiavimuose atsižvelgiama į medinio karkaso šiltinimo nuostolius, todėl jų storiai yra didesni. Medinis karkasas reikalingas : minkštai akmens vatai, purškiamai ekovatai, termoputomis atvirų ir uždarų porų. Virš minkštos akmens vatos naudojama kieta priešvėjinė akmens vata. Vertinimo kriterijų balai pasirinkti apklausus 10 ekspertų. Ekspertų apklausos rezultatai pateikti 11 lentelėje.

11 lentelė

	1 m <sup>2</sup> sienos apšiltinimo medžiagos kaina, €	Apšiltinimo medžiagos svoris kg/m <sup>3</sup>	Šilumos izoliacijos storis	Šilumos izoliacijos tvirtinimas 1m <sup>2</sup> kaina €	Atsparumas ugniai	Vandens įmirkis	Šilumos perdavimo koef., W/(m <sup>2</sup> K)
Ekspertas1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Ekspertas2	0,3	0,2	0,15	0,1	0,05	0,05	0,15
Ekspertas3	0,3	0,1	0,3	0,05	0,1	0,05	0,1
Ekspertas4	0,3	0,15	0,2	0,15	0,1	0,05	0,05
Ekspertas5	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
Ekspertas6	0,3	0,15	0,1	0,15	0,1	0,05	0,15
Ekspertas7	0,25	0,15	0,15	0,2	0,05	0,1	0,1
Ekspertas8	0,3	0,15	0,2	0,05	0,05	0,15	0,1
Ekspertas9	0,3	0,1	0,25	0,15	0,05	0,05	0,1
Ekspertas10	0,4	0,15	0,15	0,1	0,05	0,05	0,1
Vidurkis	0,285	0,145	0,18	0,125	0,075	0,075	0,115

Sprendimų matrica P normalizuojama atliekant vektorinę normalizaciją taikant formulę (2), o duomenys pateikiami 12 lentelėje.

12 lentelė

Sienos tipas	Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Karkasinė	1	0,209	0,295	0,380	0,000	0,420	0,192	0,388
	2	0,247	0,295	0,364	0,000	0,420	0,192	0,368
	3	0,339	0,442	0,364	0,000	0,420	0,192	0,368
	4	0,129	0,280	0,395	0,000	0,140	0,577	0,408
	5	0,207	0,516	0,380	0,000	0,140	0,577	0,388
	6	0,557	0,147	0,294	0,000	0,420	0,192	0,268
	7	0,530	0,472	0,256	0,000	0,280	0,192	0,219
	8	0,361	0,206	0,372	0,000	0,420	0,385	0,378
Akyto betono mūras 240mm	9	0,211	0,295	0,362	0,122	0,420	0,192	0,388
	10	0,260	0,295	0,362	0,122	0,420	0,192	0,368
	11	0,303	0,442	0,307	0,122	0,420	0,192	0,368
	12	0,148	0,280	0,428	0,488	0,140	0,577	0,408
	13	0,234	0,516	0,406	0,488	0,140	0,577	0,388
	14	0,615	0,147	0,307	0,488	0,420	0,192	0,268
	15	0,409	0,472	0,187	0,061	0,280	0,192	0,219
	16	0,417	0,206	0,406	0,488	0,420	0,385	0,378
Keramzitbetonio mūras 250mm	17	0,212	0,295	0,365	0,122	0,420	0,192	0,388
	18	0,260	0,295	0,365	0,122	0,420	0,192	0,368
	19	0,300	0,442	0,308	0,122	0,420	0,192	0,368
	20	0,145	0,280	0,423	0,488	0,140	0,577	0,408
	21	0,231	0,516	0,404	0,488	0,140	0,577	0,388
	22	0,630	0,147	0,317	0,488	0,420	0,192	0,268
	23	0,397	0,472	0,183	0,061	0,280	0,192	0,219
	24	0,411	0,206	0,404	0,488	0,420	0,385	0,378
Silikatinis mūras 240mm	25	0,215	0,295	0,370	0,122	0,420	0,192	0,388
	26	0,264	0,295	0,370	0,122	0,420	0,192	0,368
	27	0,304	0,442	0,310	0,122	0,420	0,192	0,368
	28	0,145	0,280	0,422	0,488	0,140	0,577	0,408
	29	0,232	0,516	0,405	0,488	0,140	0,577	0,388
	30	0,618	0,147	0,310	0,488	0,420	0,192	0,268
	31	0,413	0,472	0,189	0,061	0,280	0,192	0,219
	32	0,405	0,206	0,396	0,488	0,420	0,385	0,378
Rastinė siena 250mm	33	0,212	0,295	0,365	0,122	0,420	0,192	0,388
	34	0,260	0,295	0,365	0,122	0,420	0,192	0,368
	35	0,300	0,442	0,308	0,122	0,420	0,192	0,368
	36	0,145	0,280	0,423	0,488	0,140	0,577	0,408
	37	0,231	0,516	0,404	0,488	0,140	0,577	0,388
	38	0,630	0,147	0,317	0,488	0,420	0,192	0,268
	39	0,397	0,472	0,183	0,061	0,280	0,192	0,219
	40	0,411	0,206	0,404	0,488	0,420	0,385	0,378

Atlikus matricos normalizavimą (P), bei žinant rodiklių (q) reikšmingumus (q – rodiklių reikšmingumas buvo nustatytas apklausiant 10 ekspertų 11 lentelė. Kurie savo žinių ir patirties

pagrindu turėjo įvertinti vertinimo rodiklius balais nuo 0 iki 1), taikant formulę (4), sudaroma svertinė normalizuota matrica  $\bar{P}^*$ , duomenys pateikiami 13 lentelėje.

13 lentelė

Sienos tipas	Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Karkasinė	1	0,05970	0,04273	0,06834	0,00000	0,03151	0,01443	0,04459
	2	0,07032	0,04273	0,06555	0,00000	0,03151	0,01443	0,04230
	3	0,09658	0,06410	0,06555	0,00000	0,03151	0,01443	0,04230
	4	0,03679	0,04059	0,07113	0,00000	0,01050	0,04330	0,04687
	5	0,05891	0,07478	0,06834	0,00000	0,01050	0,04330	0,04459
	6	0,15876	0,02137	0,05300	0,00000	0,03151	0,01443	0,03087
	7	0,15094	0,06837	0,04602	0,00000	0,02100	0,01443	0,02515
	8	0,10285	0,02991	0,06694	0,00000	0,03151	0,02887	0,04344
Akyto betono mūras 240mm	9	0,06027	0,04273	0,06522	0,01524	0,03151	0,01443	0,04459
	10	0,07401	0,04273	0,06522	0,01524	0,03151	0,01443	0,04230
	11	0,08624	0,06410	0,05534	0,01524	0,03151	0,01443	0,04230
	12	0,04217	0,04059	0,07708	0,06097	0,01050	0,04330	0,04687
	13	0,06667	0,07478	0,07313	0,06097	0,01050	0,04330	0,04459
	14	0,17535	0,02137	0,05534	0,06097	0,03151	0,01443	0,03087
	15	0,11655	0,06837	0,03360	0,00762	0,02100	0,01443	0,02515
	16	0,11883	0,02991	0,07313	0,06097	0,03151	0,02887	0,04344
Keramzitbartonio mūras 250mm	17	0,06028	0,04273	0,06574	0,01524	0,03151	0,01443	0,04459
	18	0,07403	0,04273	0,06574	0,01524	0,03151	0,01443	0,04230
	19	0,08561	0,06410	0,05536	0,01524	0,03151	0,01443	0,04230
	20	0,04132	0,04059	0,07612	0,06097	0,01050	0,04330	0,04687
	21	0,06574	0,07478	0,07266	0,06097	0,01050	0,04330	0,04459
	22	0,17951	0,02137	0,05709	0,06097	0,03151	0,01443	0,03087
	23	0,11314	0,06837	0,03287	0,00762	0,02100	0,01443	0,02515
	24	0,11717	0,02991	0,07266	0,06097	0,03151	0,02887	0,04344
Silikatinis mūras 240mm	25	0,06134	0,04273	0,06662	0,01524	0,03151	0,01443	0,04459
	26	0,07532	0,04273	0,06662	0,01524	0,03151	0,01443	0,04230
	27	0,08660	0,06410	0,05577	0,01524	0,03151	0,01443	0,04230
	28	0,04138	0,04059	0,07591	0,06097	0,01050	0,04330	0,04687
	29	0,06615	0,07478	0,07281	0,06097	0,01050	0,04330	0,04459
	30	0,17609	0,02137	0,05577	0,06097	0,03151	0,01443	0,03087
	31	0,11780	0,06837	0,03408	0,00762	0,02100	0,01443	0,02515
	32	0,11539	0,02991	0,07126	0,06097	0,03151	0,02887	0,04344
Rastinė siena 250mm	33	0,06028	0,04273	0,06574	0,01524	0,03151	0,01443	0,04459
	34	0,07403	0,04273	0,06574	0,01524	0,03151	0,01443	0,04230
	35	0,08561	0,06410	0,05536	0,01524	0,03151	0,01443	0,04230
	36	0,04132	0,04059	0,07612	0,06097	0,01050	0,04330	0,04687
	37	0,06574	0,07478	0,07266	0,06097	0,01050	0,04330	0,04459
	38	0,17951	0,02137	0,05709	0,06097	0,03151	0,01443	0,03087
	39	0,11314	0,06837	0,03287	0,00762	0,02100	0,01443	0,02515
	40	0,11717	0,02991	0,07266	0,06097	0,03151	0,02887	0,04344

Sudarius svertinę normalizuotą matricą  $\bar{P}^*$ , nustatoma idealiai geriausia ir blogiausia alternatyva pagal formules – geriausia (5), blogiausia (6), skaičiavimų duomenys pateikiami 14, 15, 16, 17 ir 18 lentelėse.

## 7.1. SIENŲ GERIAUSIA IR BLOGIAUSIA ALTERNATYVA

### Karkasinė siena

14 lentelė

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
a+	0,0368	0,0214	0,0460	0,0000	0,0105	0,0144	0,0252
a-	0,1588	0,0748	0,0711	0,0000	0,0315	0,0433	0,0469

### Akyto betono mūras 240mm

15 lentelė

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
a+	0,0422	0,0214	0,0336	0,0076	0,0105	0,0144	0,0252
a-	0,1754	0,0748	0,0771	0,0610	0,0315	0,0433	0,0469

### Keramzitbetonio mūras 250mm

16 lentelė

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
a+	0,0413	0,0214	0,0329	0,0076	0,0105	0,0144	0,0252
a-	0,1795	0,0748	0,0761	0,0610	0,0315	0,0433	0,0469

### Silikatinis mūras 240mm

17 lentelė

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
a+	0,0414	0,0214	0,0341	0,0076	0,0105	0,0144	0,0252
a-	0,1761	0,0748	0,0759	0,0610	0,0315	0,0433	0,0469

### Rastinė siena 250mm

18 lentelė

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
a+	0,0413	0,0214	0,0329	0,0076	0,0105	0,0144	0,0252
a-	0,1795	0,0748	0,0761	0,0610	0,0315	0,0433	0,0469

Atlikus idealiai geriausios ir blogiausios alternatyvos nustatymą taip pat nustatomi atstumai tarp lyginamųjų ir idealiai geriausių bei blogiausių alternatyvų pagal formules (7) geriausia ir (8) blogiausia, skaičiavimų duomenys pateikiami 19 lentelėje.

19 lentelė

Sienos tipas	Teigiamas atstumas		Neigiamas atstumas	
Karkasinė	L+1	0,0479	0,1081	L-1
	L+2	0,0519	0,0987	L-2
	L+3	0,0807	0,0698	L-3
	L+4	0,0480	0,1284	L-4
	L+5	0,0711	0,1021	L-5
	L+6	0,1241	0,0654	L-6
	L+7	0,1239	0,0463	L-7
	L+8	0,0765	0,0733	L-8
Akyto betono mūras 240mm	L+9	0,0516	0,1317	L-9
	L+10	0,0571	0,1199	L-10
	L+11	0,0710	0,1071	L-11
	L+12	0,0801	0,1391	L-12
	L+13	0,0953	0,1108	L-13
	L+14	0,1467	0,0664	L-14
	L+15	0,0886	0,0982	L-15
	L+16	0,1065	0,0738	L-16
Keramzitbartonio mūras 250mm	L+17	0,0527	0,1352	L-17
	L+18	0,0583	0,1233	L-18
	L+19	0,0713	0,1109	L-19
	L+20	0,0799	0,1439	L-20
	L+21	0,0953	0,1158	L-21
	L+22	0,1517	0,0656	L-22
	L+23	0,0865	0,1028	L-23
	L+24	0,1060	0,0783	L-24
Silikatinis mūras 240mm	L+25	0,0528	0,1312	L-25
	L+26	0,0588	0,1192	L-26
	L+27	0,0717	0,1071	L-27
	L+28	0,0792	0,1406	L-28
	L+29	0,0950	0,1120	L-29
	L+30	0,1481	0,0659	L-30
	L+31	0,0903	0,0972	L-31
	L+32	0,1037	0,0771	L-32
Rastinė siena 250mm	L+33	0,0527	0,1352	L-33
	L+34	0,0583	0,1233	L-34
	L+35	0,0713	0,1109	L-35
	L+36	0,0799	0,1439	L-36
	L+37	0,0953	0,1158	L-37
	L+38	0,1517	0,0656	L-38
	L+39	0,0865	0,1028	L-39
	L+40	0,1060	0,0783	L-40

Suskaičiavus alternatyvius atstumus tarp lyginamųjų ir idealiai geriausių bei blogiausių, galutiniu TOPSIS metodo žingsniu reikia nustatyti kiekvieno i-ojo varianto santykinius atstumus iki „idealiai geriausio“ varianto pagal (9) formulę, skaičiavimo duomenys pateikti 20 lentelėje.

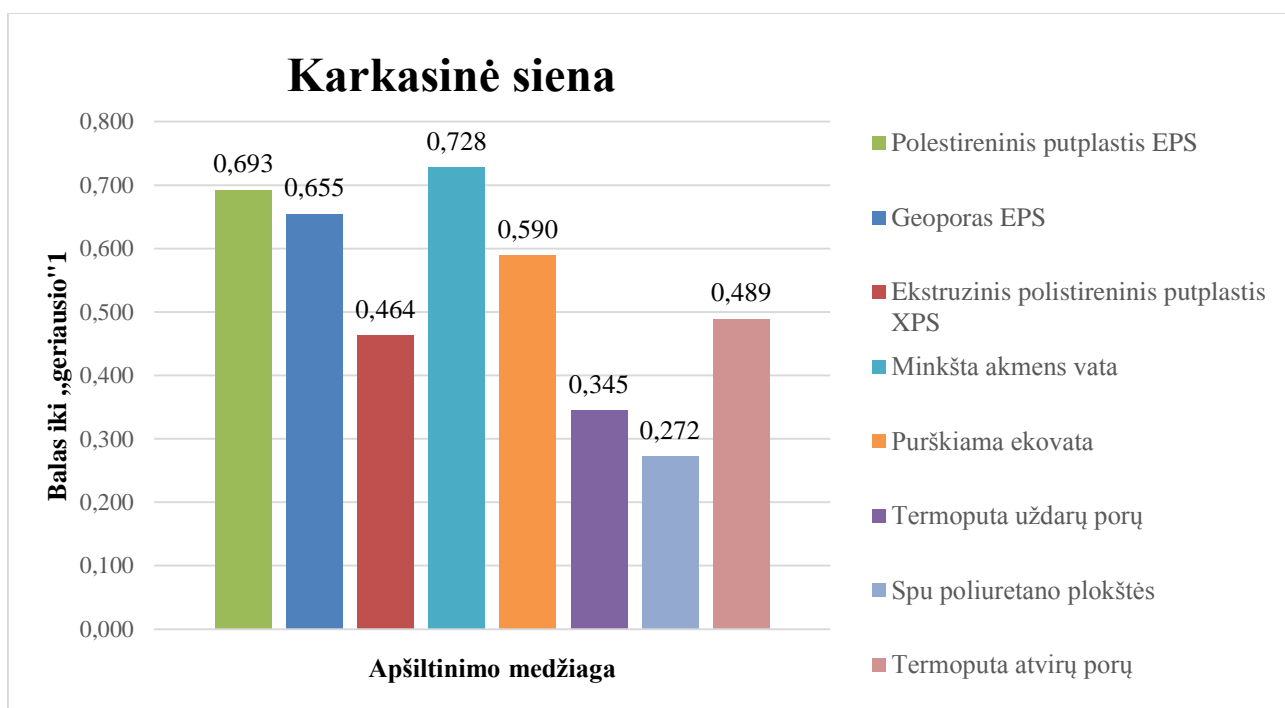
20 lentelė

Sienos tipas	Eiles nr.	Balas	Vieta	Medžiagos pavadinimas
Karkasinė	k1	0,693	2	Polestireninis putplastis EPS
	k2	0,655	3	Geoporos EPS
	k3	0,464	6	Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS
	k4	0,728	1	Minkšta akmens vata
	k5	0,590	4	Purškiamo ekovata
	k6	0,345	7	Termoputa uždary porų
	k7	0,272	8	Spu poliuretano plokštės
	k8	0,489	5	Termoputa atvirų porų
Akyto betono mūras 240mm	k9	0,719	1	Polestireninis putplastis EPS
	k10	0,677	2	Geoporos EPS
	k11	0,602	4	Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS
	k12	0,635	3	Minkšta akmens vata
	k13	0,538	5	Purškiamo ekovata
	k14	0,312	8	Termoputa uždary porų
	k15	0,526	6	Spu poliuretano plokštės
	k16	0,409	7	Termoputa atvirų porų
Keramzibetonio mūras 250mm	k17	0,720	1	Polestireninis putplastis EPS
	k18	0,679	2	Geoporos EPS
	k19	0,609	4	Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS
	k20	0,643	3	Minkšta akmens vata
	k21	0,548	5	Purškiamo ekovata
	k22	0,302	8	Termoputa uždary porų
	k23	0,543	6	Spu poliuretano plokštės
	k24	0,425	7	Termoputa atvirų porų
Silikatinis mūras 240mm	k25	0,713	1	Polestireninis putplastis EPS
	k26	0,670	2	Geoporos EPS
	k27	0,599	4	Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS
	k28	0,640	3	Minkšta akmens vata

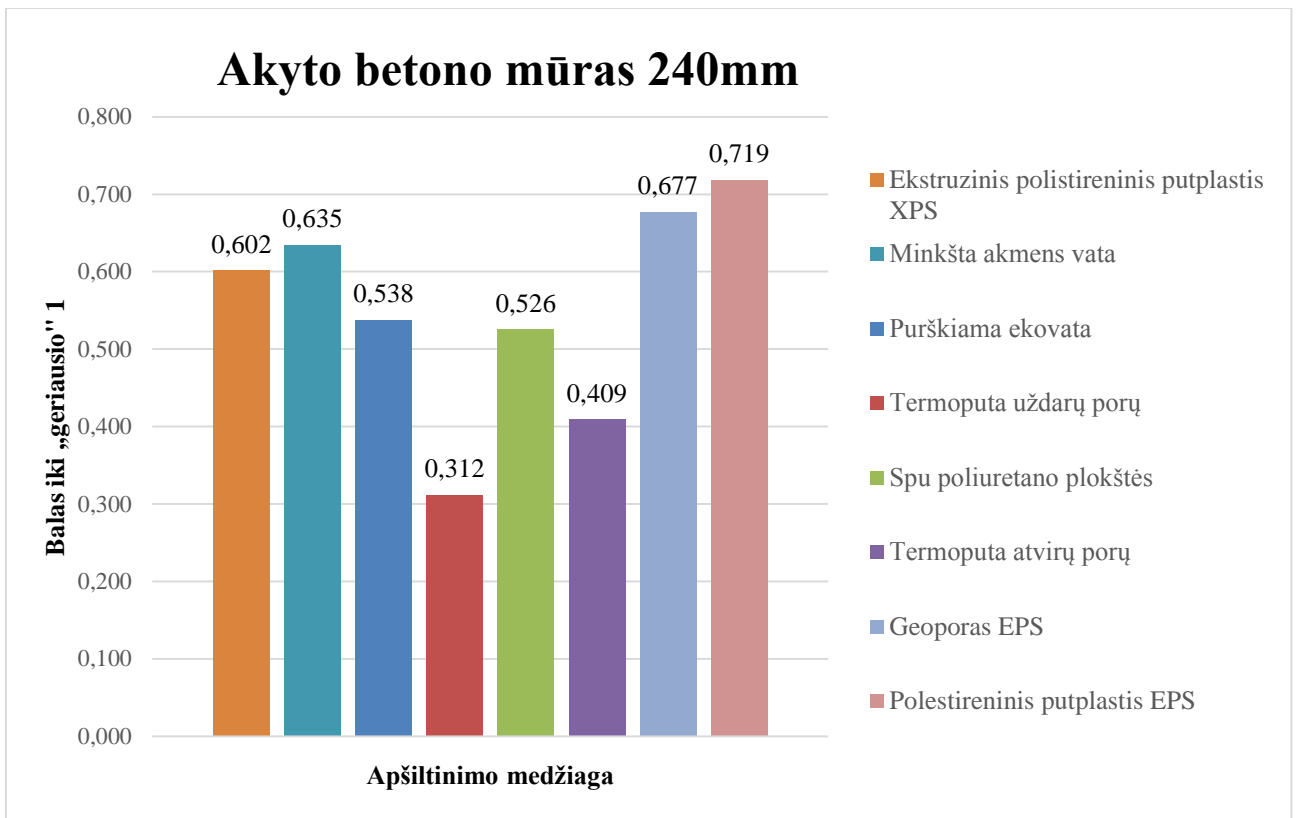


	k29	0,541	5	Purškiama ekovata
	k30	0,308	8	Termoputa uždary porų
	k31	0,518	6	Spu poliuretano plokštės
	k32	0,426	7	Termoputa atvirų porų
Rastinė siena 250mm	k33	0,720	1	Polestireninis putplastis EPS
	k34	0,679	2	Geoporas EPS
	k35	0,609	4	Ekstruzinis polistireninis putplastis XPS
	k36	0,643	3	Minkšta akmens vata
	k37	0,548	5	Purškiama ekovata
	k38	0,302	8	Termoputa uždary porų
	k39	0,543	6	Spu poliuretano plokštės
	k40	0,425	7	Termoputa atvirų porų

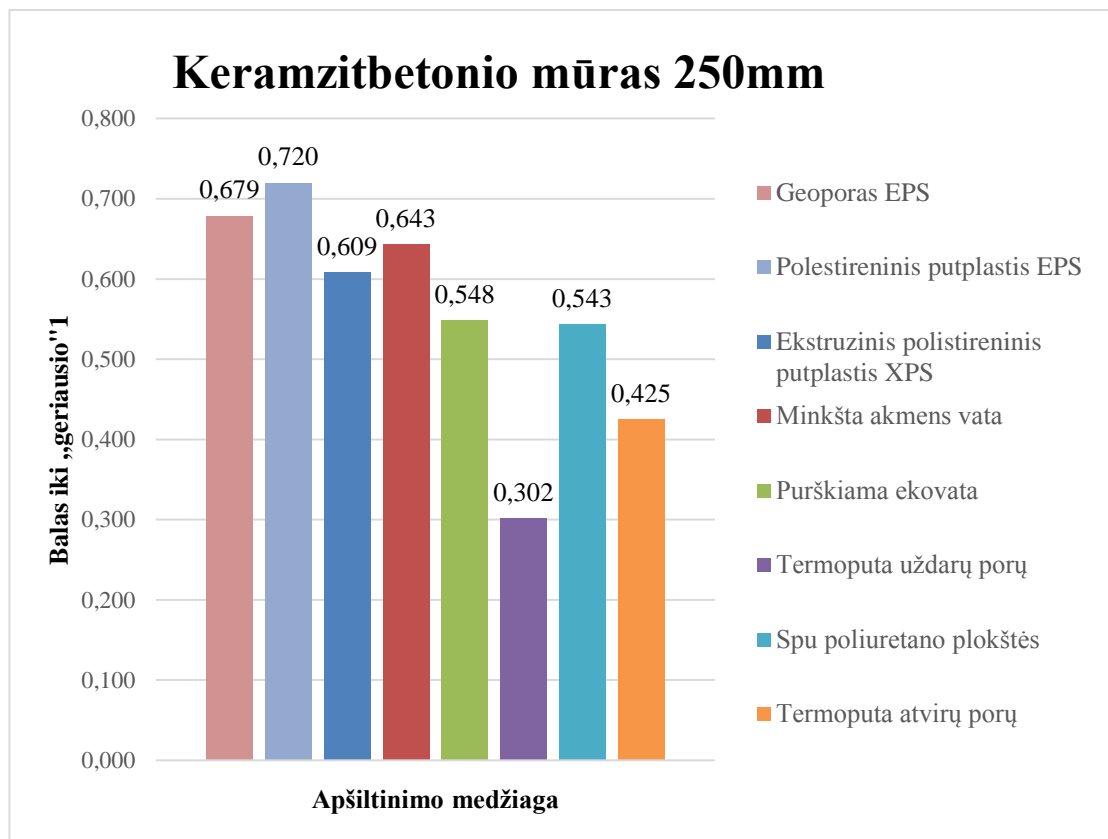
Geriausias pagal pasirinktus kriterijus karkasinės sienos apšiltinimas yra minkšta akmens vata, aktyto betono blokelių mūriui 240mm polestireninis putplastis EPS, keramzitbetonio blokelių mūriui 250 mm polestireninis putplastis, silikatinių blokelių mūriui 240mm polestireninis putplastis, rąstinei sienai polestireninis putplastis.



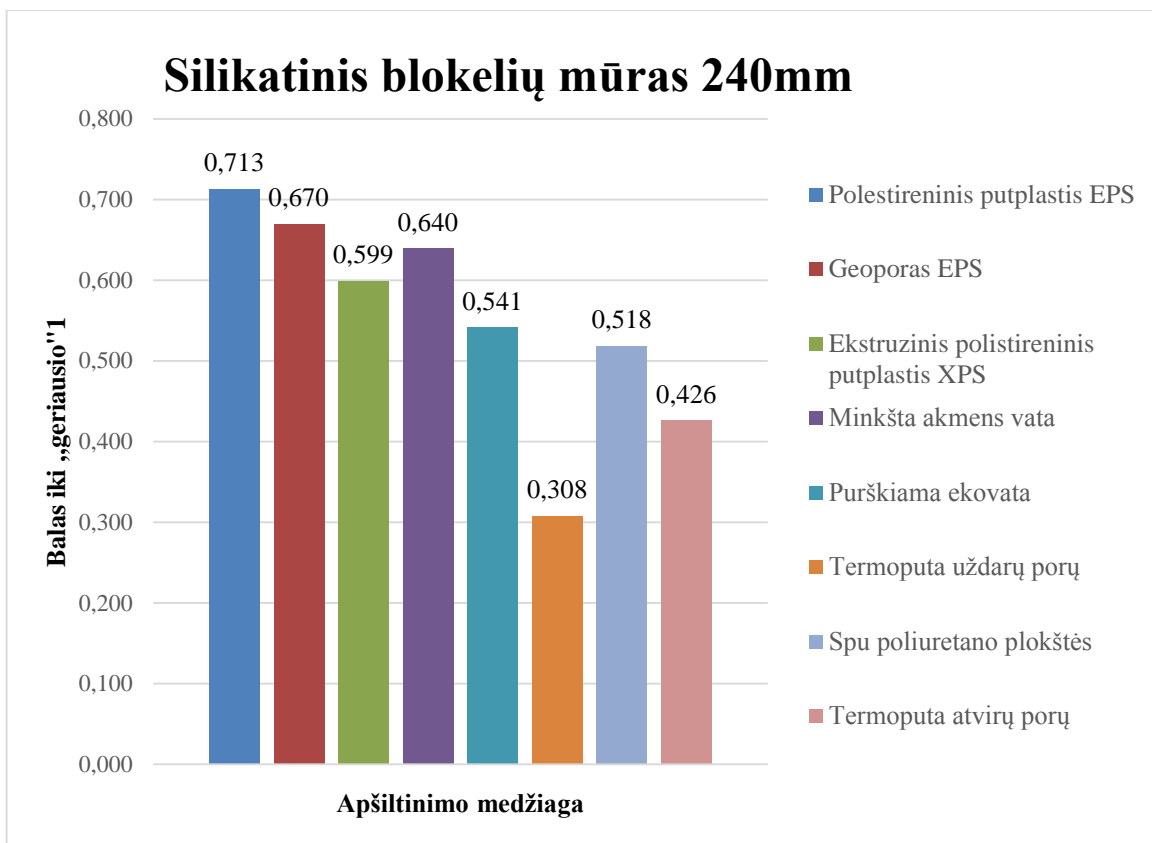
Karkasinės sienos termoizoliacinių medžiagų „geriausio“ sprendimo rezultatai.



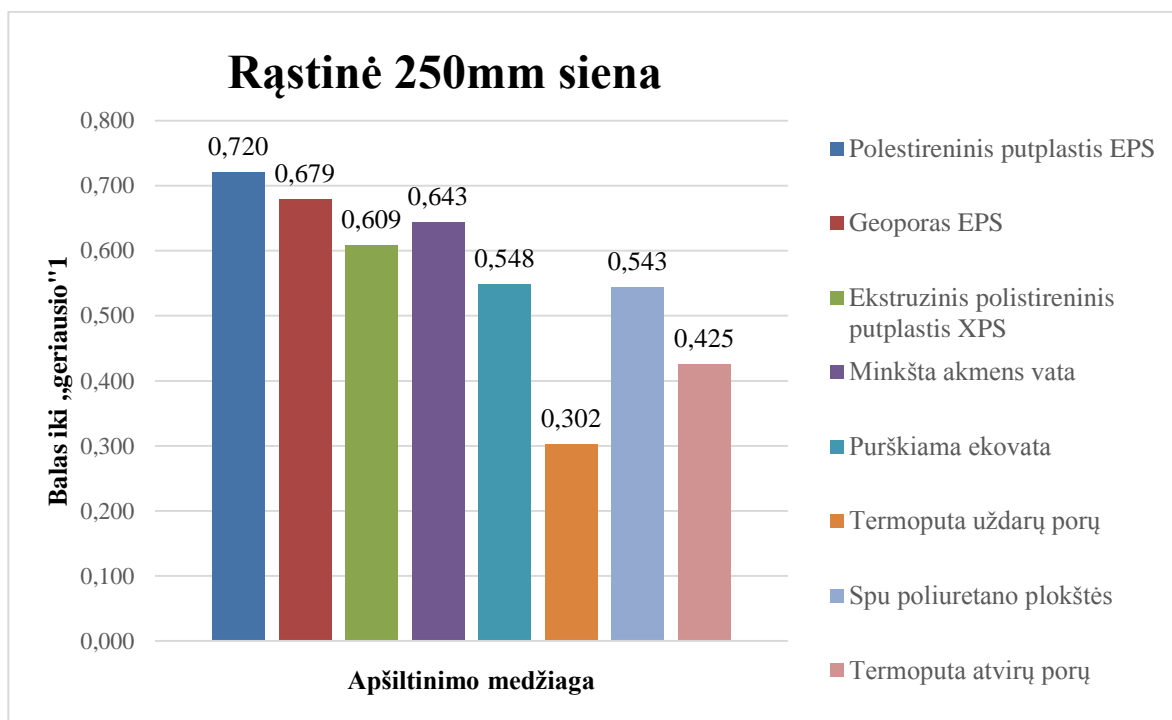
Akyto betono blokelių mūro 240mm termoizoliacinių medžiagų „geriausio“ sprendimo rezultatai.



Keramzitbartonio blokelių mūro 250mm termoizoliacinių medžiagų „geriausio“ sprendimo rezultatai.



Silikatinių blokelių mūro 240mm termoizoliacinių medžiagų „geriausio“ sprendimo rezultatai.



Rąstinės sienos 240mm termoizoliacinių medžiagų „geriausio“ sprendimo rezultatai.

## IŠVADOS

1. A++ energinio naudingumo pastatas yra sudetingas ir detalus statinys. Jam keliami labai aukšti reikalavimai. Stogo šilumos perdavimo koeficientas negali viršyti  $0,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , o sienų šilumos perdavimo koeficientas negali viršyti  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Norint užtikrinti pasyvaus namo efektyvumą neužtenka jį apšiltinti, svarbu įrenginėjant tokio tipo namus nesudaryti šilumos tiltelių.

2. Geriausia šlaitinio stogo apšiltinimo medžiaga pagal pasirinktus kriterijus - minkšta akmens vata. Šlaitinį stogą lengviau apšiltinti minkšta akmens vata, nes vatos plotis atitinka dažniausiai naudojamą gegnių žingsnį  $600\text{mm}$ . Apšiltinus stogą minkšta akmens vata šildymo kaštai sumažėja ženkliai. Vatos  $1\text{m}^2$  kaina yra  $20,79 \text{ €}$ , o sekanti medžiaga pagal pigumą yra polistireninis putplastis kurio kaina  $1\text{m}^2$  A++ namui yra  $40,19 \text{ €}$ .

3. Sutapdintas stogas įrenginėjamas tik su kietomis termoizoliacinėmis medžiagomis. Pagal parinktus kriterijus geriausia termoizoliacinė medžiaga sutapdintui stogui - geoporos. Ši termoizoliacinė medžiaga neįgeria vandens, taip pat šilumos laidumo koeficientas yra  $0,037 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

4. Viena geriausių sienos apšiltinimo medžiagų yra polistireninis putplastis. Ji pagal atliktus skaičiavimus yra tinkamiausia keramzitbetonio blokelių, akyto betono blokelių, silikatinių blokelių ir rastinei sienai. Šią termoizoliacinę medžiagą lengva montuoti, nereikia papildomo karkaso. Polistireninio putplasčio struktūrą sudaro uždaros oru užpildytos poros, į kurias nepatenka drėgmė ir teršalai. Polistireninis putplastis nėra higroskopinis, vanduo į jį gali įsiskverbti tik mikroskopiniais kanalėliais tarp susilydžiusių akelių. Vertinant tai, kad jis nelaidus nei vandeniui nei deguoniui - rastinei sienai yra netinkamas. Tokio tipo sienai reikalingas „kvėpuojanti medžiaga“ nes kitu atveju medis gali pradėti pūti ar atsirasti kitokių pažeidimų ir grybelių. Rastiniai sienai tinkamesnė būtų akmens vata, nes ji laidu drėgmei. Karkasinei sienai geriausias šiltinimo sluoksnis yra akmens vata. Ją lengva montuoti į karkasą, jei karkaso tarpai tarp lentų  $555\text{mm}$ .

## LITERATŪRA

1. Pasyvieji namai. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.efektyvusnamai.lt/pasyvus-namai.php>>
2. Informacija apie pasyviuosius namus. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<[http://www.passivhaustagung.de/Passive\\_House\\_E/passivehouse.html](http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/passivehouse.html)>.
3. Pasyvieji namai. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.pasyviejinamai.lt/kas-yra-pasyvusis-namas>>
4. Pasyvieji namai. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.ecovizija.lt/lt/pasyvus-namai>>
5. Stogo šiltinimo įpatumai. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.manonamai.lt/praktiniai-patarimai/namui-butui/stogo-siltinimo-svarba-neuztikrinus-stogo-sandarumo-dukart-didesni-nuostoliai.d?id=65787838>>
6. Silikatinių blokelių mūrijimas. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.mplytos.lt/default.asp?f1=564&>>
7. Delamination in wood, wood products and wood-based composites / [edited by] Voichita Bucur. Dordrecht : Springer, 2011.
8. Praniauskas V. Antipirenų poveikis medienos ir jos gaminių degumui : daktaro disertacijos santrauka : technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T) Vilnius : Technika, 2012.
9. Nagrockienė D., Ramunė Ž. Statybinės medžiagos ir jų gaminiai. VGTU. Vilnius: Technika, 2007.
10. Gailius A. Sigitas V. Termoizoliacinės medžiagos ir jų gaminiai. VGTU. Vilnius: Technika, 2010
11. Šildymas su ekovata. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://eko-vata.lt/>>
12. Šildymas su ekovata. . [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.ekosiltinimas.lt/apie-ekovata>>
13. Šildymas su ekovata. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.cellulose.org/index.php>>
14. Gama putos savybės. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://termovata.lt/>>
15. Gama putos savybės . [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.ekosiltinimas.lt/apie-gama-puta>>
16. Poliuretalinės plokštės SPU. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.spuizoliacija.lt/kod-l-verta-rinktis-spu-izoliacij/>>

17. Hwang, C. L., Lin M. J. Group decision making under multiple criteria: Methods and Applications. Berlin: Springer-Verlag 1987.
18. STR 2.01.09:2012. „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“. Vilnius, 2012.
19. Keramzitbetonio mūras. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.blokeliai.info/blokeliai-fibo-maxit/>>
20. Poderytė J. Efektyvaus energijos panaudojimo ir mikroklimato sąlygų užtikrinimo oru šildomuose gyvenamuosiuose pastatuose tyrimai. Daktaro disertacija technologijos mokslai, statybos inžinerija(02T)/KTU.-Kaunas 2013 .-27 p.
21. Bruzgevičius P. Projektinės išorės oro temperatūros vertės pastato šildymo sistemos galiai nustatyti. Daktaro disertacija technikos mokslai, statybos inžinerija (02T)/KTU.-Kaunas 2014.-86 p.
22. Fiodorovas A. A++ energy efficiency class buildings roof insulation decisions determination with TOPSIS method. Intelligent technologies in logistics and mechatronics systems, ITELMS'2015. May 21-22, 2015.- 128-132 p.
23. Tamoševičius A. Selection of an effective A++ energy efficiency class solution for exterior walls of buildings using the TOPSIS method. Intelligent technologies in logistics and mechatronics systems, ITELMS'2015. May 21-22, 2015.- 262-265 p.

## **PRIEDAI**

## Anketa specialistui Sveiki,

Esu Arnas Fiodorovas, magistrantūros studijų, statybos programos studentas. Atlieku apklausą - „Kriterijai lemiantys šiltinimo medžiagų pasirinkimą“. Anketoje apklausiami žmonės dirbantys statybų sektoriuje, kuriems tenka susidurti su šiltinimo medžiagomis (ne trumpiau nei 5 metai).

Pagal duotus kriterijus pažymėkite, į ką labiausiai atsižvelgiate renkant šiltinimo medžiagą (2 lentelė). Balų suma turi būti lygi 1. Pavyzdys pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė

1m <sup>2</sup> sienos šiltinimo medžiagos kaina, €	Šiltinimo medžiagos svoris kg/m <sup>3</sup>	Šiltinimo medžiagos storis	Šiltinimo medžiagos tvirtinimo 1m <sup>2</sup> kaina €	Atsparumas ugniai	Vandens imirkis	Šilumos perdavimo koef., W/(m <sup>2</sup> ×K)
0,15	0,25	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
1 m <sup>2</sup> stogo apšiltinimo medžiagos kaina, €	Apšiltinimo medžiagos svoris kg/m <sup>3</sup>	Šilumos izoliacijos storis	Šilumos izoliacijos tvirtinimas 1 m <sup>2</sup> kaina €	Atsparumas ugniai	Vandens imirkis	Šilumos perdavimo koef., W/(m <sup>2</sup> ×K)
0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

2 lentelė

1m <sup>2</sup> sienos šiltinimo medžiagos kaina, €	Šiltinimo medžiagos svoris kg/m <sup>3</sup>	Šiltinimo medžiagos storis	Šiltinimo medžiagos tvirtinimo 1m <sup>2</sup> kaina €	Atsparumas ugniai	Vandens imirkis	Šilumos perdavimo koef., W/(m <sup>2</sup> ×K)
1 m <sup>2</sup> stogo apšiltinimo medžiagos kaina, €	Apšiltinimo medžiagos svoris kg/m <sup>3</sup>	Šilumos izoliacijos storis	Šilumos izoliacijos tvirtinimas 1 m <sup>2</sup> kaina €	Atsparumas ugniai	Vandens imirkis	Šilumos perdavimo koef., W/(m <sup>2</sup> ×K)

Anketa yra anoniminio pobūdžio.

Ačiu už jūsų nuomonę,  
Susitiksimė statybose!