

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Artūras Velaniškis

**PASTATŲ ATITVARŲ SPRENDINIAI, TENKINANTYS ENERGINIO
EFEKTYVUMO KRITERIJUS**

**THE SOLUTIONS OF BUILDING ENVELOPES SATISFYING THE
CRITERIA OF ENERGY EFFICIENCY**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos technologijų ir vadybos specializacija

Statybos technologijų studijų kryptis

Vilnius, 2014

Vilnius Gediminas Technical University Faculty of Civil engineering Department of Construction Technology and Management	ISBN ISSN Copies No.
Master Degree Studies Construction Technologies and Management study programme Master Graduation Thesis Title The solutions of building envelopes satisfying the criteria of energy efficiency Author Artūras Velaniškis Academic supervisor Assoc Prof Dr Vladislavas Kutut	
Thesis language: Lithuanian	
Annotation Thesis is about the building envelopes and their importance in nowadays construction site. It includes building envelope solutions satisfying the criteria of energy efficiency. Thesis consists of literature review in Lithuanian and foreign building projects. There is analysis of main requirements for building wall envelopes, which helps in this work to project 24 different wall insulation systems satisfying the criteria of energy efficiency. Main criteria and importance for wall options were chosen by survey. Gathered information about every wall insulation system and calculated the most economical and effective way. Using different methods by all gathered criteria and importance there is made a calculation of rank for the best wall insulation system by economical and effective points. Considering a question in all its aspects there is made conclusions and suggestions. Structure: introduction, literature review, wall insulation system projecting, problem-solving, conclusions and suggestions, references. Thesis consist of: 81 p. text without appendixes, 26 pictures, 38 tables, 35 bibliographical entries. Appendixes included.	
Keywords: building envelopes, wall solution projecting, thermal envelope transmittance, wall insulation systems, wall insulation systems criteria, energy efficiency requirements, theoretical building envelope solutions.	

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos technologijos ir vadybos katedra

ISBN ISSN

Egz. sk.

Antrosios pakopos studijų **Statybos technologijų ir valdymo** programos magistro baigiamasis darbas

Pavadinimas **Pastatų atitvarų sprendiniai, tenkinantys energinio efektyvumo kriterijus**

Autorius **Artūras Velaniškis**

Vadovas dr. doc. **doc. dr. Vladislavas Kutut**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjama pastatų atitvarų svarba šiandieninėje statyboje ir jų sprendiniai tenkinantys energinio efektyvumo reikalavimus. Išanalizuota Lietuvos ir užsienio šalių patirtis. Išnagrinėti pagrindiniai reikalavimai susiję su sienų atitvaromis, kuriais remiantis suprojektuojami 24 skirtingi mazgai atitinkantys energinio naudingumo keliamus reikalavimus pagal šilumines savybes. Pagal atliktą apklausą, įvertinus pasirinktus svarbiausius sienų mazgų kriterijus, nustatomi kriterijų reikšmingumai. Surinkus duomenis skaičiuojamas uždavinys kiekvieno mazgo efektyvumui nustatyti tiek ekonominiu tiek technologiniu atžvilgiu ir išrenkami geriausi sienos mazgų variantai. Išnagrinėjus teorinius ir praktinius atitvarų sprendinius, pateikiamos baigiamojo darbo išvados ir siūlymai.

Darbą sudaro dalys: įvadas, literatūros analizė, atitvarų parinkimas, uždavinio sprendimas, išvados ir siūlymai, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 81 p. teksto be priedų, 26 iliustr., 38 lent., 35 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: pastatų atitvaros, pastatų atitvarų projektavimas, pastatų sienų šiluminės savybės, pastatų sienų variantai, pastatų sienų kriterijai, energinio efektyvumo reikalavimai, teoriniai atitvarų sprendiniai.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
ĮVADAS.....	10
1. ŠIUOLAIKINIAI PASTATŲ ATITVARŲ ŠILTINIMO SPRENDINIAI	11
1.1. Lietuvos ir užsienio mokslininkų mokslinės literatūros apžvalga.....	11
1.2. Teisės aktai reglamentuojantys pastatų konstrukcijų projektavimą	20
2. SIENŲ PARAMETRŲ SKAIČIAVIMO IR ALTERNATYVŲ PALYGINIMO ALGORITMŲ KŪRIMAS	23
2.1. Pastatų ativarų sprendinių, tenkinančių energinio naudingumo A ir B klases kriterijų parinkimas.....	23
2.2. Sienos sprendinių skaičiavimo principai, energinio naudingumo klasėms A ir B	24
2.3. Projektuojamų sienos mazgų parinkimo principai	25
2.3.1. Sienos konstruktyvo ir šiltinamosios medžiagos parinkimas	25
2.3.2. Rodiklių apibūdinimas	26
2.3.3. Sienos kriterijų verčių nustatymas	26
2.3.4. Sienos efektyvumo rodiklių santykinų reikšmingumų nustatymas	27
2.4. Daugiakriterių metodų pritaikymas sienų variantų palyginimui	27
2.4.1. Daugiatikslio kompleksinio proporcingumo vertinimo metodo Copras skaičiavimo principas	27
2.4.2. Diaugiatikslio artumo idealiajam taškui metodo Topsis skaičiavimo principas	28
3. SIENŲ VARIANTŲ SKAIČIAVIMAI IR ALTERNATYVŲ PALYGINIMAI.....	30
3.1. Sienų sprendinių skaičiavimai energinio naudingumo B klasei.....	30
3.2. Sienų sprendinių skaičiavimai energinio naudingumo A klasei.....	50
3.3. Rodiklių reikšmingumo skaičiavimas	70
3.4. Sienų B klasės energiniam naudingumui pasiekti alternatyvų naudingumo analizė.....	72
3.5. Sienų A klasės energiniam naudingumui pasiekti alternatyvų naudingumo analizė.....	75
IŠVADOS	79
LITERATŪRA.....	80
PRIEDAI	82

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Sienų šiltinimo įtaka pastatui.....	12
2 pav. Racionalaus varianto parinkimo eiga	23
3 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 1 klasė B	30
4 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 2 klasė B	31
5 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 3 klasė B	33
6 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 4 klasė B	35
7 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 5 klasė B	36
8 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 6 klasė B	38
9 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 7 klasė B	40
10 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 8 klasė B	41
11 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 9 klasė B	43
12 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 10 klasė B	45
13 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 11 klasė B	46
14 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 12 klasė B	48
15 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 1 klasė A	50
16 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 2 klasė A	51
17 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 3 klasė A	53
18 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 4 klasė A	55
19 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 5 klasė A	56
20 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 6 klasė A	58
21 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 7 klasė A	60
22 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 8 klasė A	61
23 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 9 klasė A	63
24 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 10 klasė A	65
25 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 11 klasė A	66
26 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 12 klasė A	68

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 1 klasė B	30
2 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 2 klasė B	32
3 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 3 klasė B	33
4 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 4 klasė B	35
5 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 5 klasė B	37
6 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 6 klasė B	38
7 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 7 klasė B	40
8 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 8 klasė B	42
9 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 9 klasė B	43
10 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 10 klasė B	45
11 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 11 klasė B	47
12 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 12 klasė B	48
13 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 1 klasė A	50
14 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 2 klasė A	52
15 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 3 klasė A	53
16 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 4 klasė A	55
17 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 5 klasė A	57
18 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 6 klasė A	58
19 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 7 klasė A	60
20 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 8 klasė A	62
21 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 9 klasė A	63
22 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 10 klasė A	65
23 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 11 klasė A	67
24 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 12 klasė A	68
25 lentelė. Sienos mazgo kriterijų ekspertinis vertinimas	70
26 lentelė. Sienos mazgo kriterijų ekspertinio vertinimo konkordancijos koeficiento skaičiavimas	71
27 lentelė. Alternatyvų su rodikliais suvestinė klasė B	72
28 lentelė. Sprendimų matrica rodikliams klasė B	72
29 lentelė. Normalizuota matrica rodikliams klasė B	73
30 lentelė. Maksimizuojančių S+j ir minimizuojančių S-j rodiklių sumos klasė B	73
31 lentelė. Santykiniai reikšmingumo rodikliai ir naudingumo laipsniai klasė B	74
32 lentelė. Santykinis atstumas iki idealaus klasė B	74
33 lentelė. Alternatyvų suvestinė klasė A	75
34 lentelė. Sprendimų matrica rodikliams klasė A	76
35 lentelė. Normalizuota matrica rodikliams klasė A	76
36 lentelė. Idealiai geriausi ir neigiamai idealūs variantai klasė A	77
37 lentelė. Santykinis atstumas iki idealaus klasė A	77
38 lentelė. Santykiniai reikšmingumo rodikliai ir naudingumo laipsniai klasė A	78

IVADAS

Pastaruoju metu šilumos energija yra vienas svarbiausių aspektų buityje ir pramonėje. Šilumos energijos sąnaudos pastaraisiais metais yra labai išaugusios dėl pastatų netinkamo ir nekokybiško eksploatavimo, taip pat dėl prieš daugelį metų suprojektuotų pastatų, kurie dabar yra pasenę ir nusidėvėję. Prieš 20 ir daugiau metų projektuojami pastatai nebuvo skaičiuotini ilgamžiškam ir efektyviam eksploatavimo laikotarpiui, o ir nebuvo tais laikais siūloma daug įvairių šiltinamųjų medžiagų. Šiandien pastatai daugiausiai energijos suvartoja dėl prarastų medžiagų šiluminių savybių nuo nusidėvėjimo. Todėl visi projektuojami pastatai turi būti suprojektuoti ne tik, kad būtų apšiltinti, bet ir atitikti energinio naudingumo keliamus reikalavimus. Reikalavimai kiekvienais metais griežtėja, o tai reiškia, kad ir projektuojamų pastatų šiluminės savybės turi būti geresnės.

Šiame darbe nagrinėjami projektuojami pastatų atitvarų sienos mazgai, tenkinantys energinio naudingumo keliamus reikalavimus B ir A klasės pastatams, nustatomi jų konstrukcijų techniniai bei ekonominiai rodikliai. Pasiūlytos galimos alternatyvos tiek šiltinamosios medžiagos, tiek ir laikančiojo konstruktyvo. Visi projektuojami mazgai įvertinti daugiakriteriais TOPSIS ir COPRAS metodais. Pasiūlyti racionalūs energinio naudingumo B ir A klasės sienų mazgai. Atlikus tyrimą pagal techninius ir ekonominius rodiklius padarytos išvados ir nustatyti pagrindiniai trūkumai ir privalumai tiek konstruktyvo, tiek ir šiltinamosios medžiagos.

Darbo tikslas – nustatyti sienų, tenkinančių B ir A klasių energinio naudingumo reikalavimus, konstrukcijų alternatyvių variantų techninius bei ekonominius rodiklius ir pasiūlyti racionalių variantų parinkimo principą.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti Lietuvos ir užsienio šalių patirtį, Lietuvos Respublikos teisės aktų reikalavimus pastatų energinio naudingumo klasėms B ir A.
2. Nustatyti projektuojamų pastatų sienų konstrukcijų, tenkinančių energinio naudingumo reikalavimus B ir A klasei, techninius bei ekonominius rodiklius.
3. Pasiūlyti racionalius variantus tarp B ir A energinio naudingumo klasių sienų konstrukcijų.
4. Atlikti projektuojamų pastatų sienų konstrukcijų daugiakriterę analizę.
5. Atlikti gautų sienų sprendinių palyginimą.
6. Nustatyti racionalų variantą ir pateikti pasiūlymą dėl panaudojimo praktinėje veikloje.

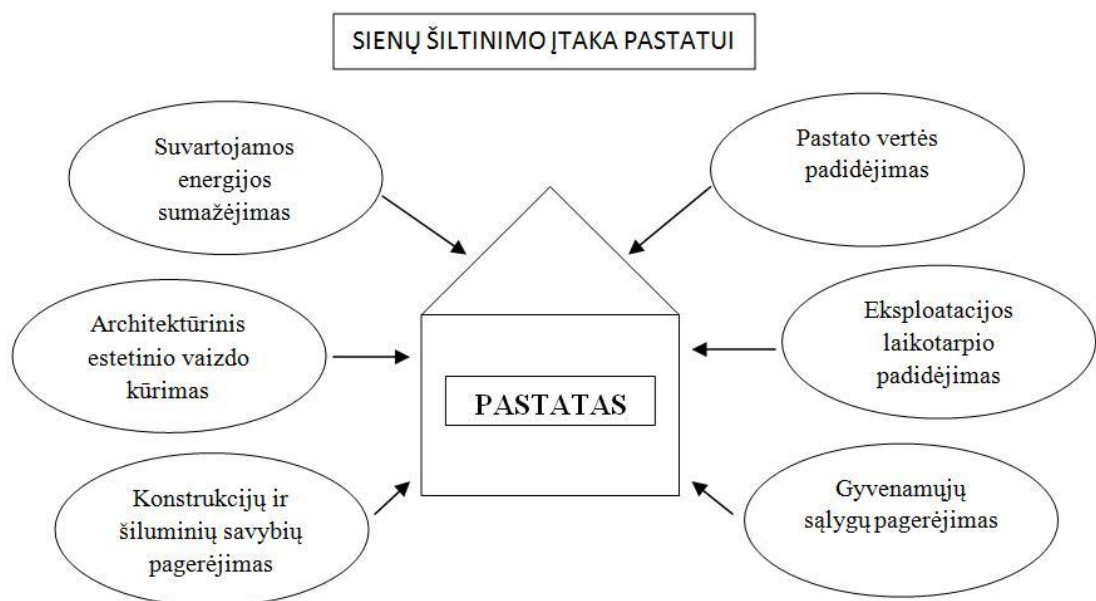
1. ŠIUOLAIKINIAI PASTATŲ ATITVARŲ ŠILTINIMO SPRENDINIAI

1.1. Lietuvos ir užsienio mokslininkų mokslinės literatūros apžvalga

Šiandieninėje aplinkoje globalinės problemos tampa vis svarbesnės ir svarbesnės. Jos sudaro didelį poveikį aplinkai ir jos veiksniams. Tai atsiliepia ir mus supančioje kasdienybėje, pilnoje harmonijos, kuri priklauso nuo mūsų gyvenimo sąlygų. Energija buvo ir bus viena svarbiausių sričių žmonijos istorijoje. Šiandien sunkiai įsivaizduotume pasaulį be jos - ji supa mus visur ir visada, viskas yra daroma arba varoma energijos pagalba. Pagal mokslininkų ištirtus duomenis Europos sąjungos šalyse visų pastatytų pastatų suvartojama energija yra ~40 procentų (iš jų gyvenamųjų pastatų 63%) visos suvartojamos energijos (Balaras *et al.* 2007). Kodėl šios sąnaudos išaugo iki tokio didelio poreikio, reikėtų, išanalizuoti mūsų seniai pastatytų, šiuo metu statomų ir ateityje planuojamų statyti pastatų energijos suvartojimo sąnaudas. Tai būtina daryti šiandien projektuojamuose pastatuose atsižvelgiant, ne tik į šiluminės savybės ar kainą, bet ir medžiagių ilgalaikiškumą, estetinius reikalavimus ir žmogaus komforto sąlygas. Energijospokyčius sąlygoja klimatinės sąlygos, jų kitimas, komforto zonos sudarymas, kurios yra būtinos mūsų aplinkoje. Dažniausiai statiniai suvartoja didelę dalį energijos dėl to, kad ją praranda per savąsias atitvaras. Sienos, langai ir durys, stogai, cokolis ir šilumos tilteliai ties jungtimis – visa tai sudaro labai didelę įtaką statinių energijos suvartojimui. Tyrimais įrodyta, kad sovietmečiu statyti pastatai šiandien nebeatitinka deklaruojamų energinių reikalavimų 5-6 kartus. Tai įrodo, kad senstant pastatui prarandamos šiluminės ir konstrukcinės pastato savybės. Šiuo metu šių pastatų estetinis vaizdas ir jame esančios gyvenimo sąlygos neprilygsta tuometinių sąlygų: pastatai atrodo apgriuvę, gyvenimo sąlygos siekia kritines ir pavojingas sveikatai. Šiluminės pastato savybės yra labai prastos - daugiausiai energiją suvartoja dėl konstrukcijų senėjimo ir šiluminės įrangos nusidėvėjimo. Tuometiniai pastatai buvo skaičiuojami daugiausiai pusei amžiaus, o šiandien mes, kaip tik susiduriame su daugiausiai pristatytų pastatų prieš 40-50 metų. Jų šiluminės savybės yra kritinės. Visus šiuos pastatus reikia renovuoti. Atsižvelgiant į tai, naujai planuojamus statyti pastatus, būtina projektuoti su didesne atsarga.

Pagal 2007 metų ataskaitą, dėl globaliai padidėjusios temperatūros ir padidėjusio kiekio išmetamųjų dujų, mūsų pasaulio ekosistema yra labai paveikta daugelio neigiamų faktorių. Dėl šios priežasties pasaulio ekonomika galėjo susidurti su daugelio pasekmių, todėl buvo sušaukta iš 187 valstybių nariai, kurie derėjosi dėl oro taršos mažinimo ir klimatinės sąlygų išsaugojimo. Išmetamosios dujos, kurios atsiranda dėl transporto, pramonės ir agrokultūros sektorių sukelia šiltnamio reiškinių efektą. Iki dabar šis įvykis skaitosi svarbiausiu globalinio atšilimo veiksmu. Šiltnamio reiškinių efekto staigus padidėjimas ryškiai pastebimas nuo 1970-2004 (70 procentų). Europoje su vienbučiais gyvenamaisiais namais suvartojimas yra ~63 procentai visos suvartotos

energijos (Ginevičius *et al.* 2008). Energijos išsaugojimui priimta mažinti pastatų energijos suvartojimo sąnaudas, kas būdinga daugeliui pasaulio valstybių. Sovietmečio statyti pastatai suvartoja didelį kiekį energijos dėl labai silpnų šiluminės izoliacijos savybių, kurios 1,6-5,85 karto mažesnės už projektuojamasias vertes, ir sudaro didelius energijos nuostolius. Pagerinti sąlygas ir sumažinti pastato energijos nuostolius galima būtų šiltinant atitvaras. Šiltinimas yra sudėtingas procesas, reikalaujantis didelės priežiūros, atidumo ir kruopštumo. Menkiausia klaida, ar atlikti ne pagal technologiją atlikti darbai, gali lemti nuostolių patirimą. Sienų šiltinimas prasideda nuo šiltinamosios medžiagos ir priedų šilumos izoliacijai tvirtinti ir apsaugoti parinkimo iki galutinio sumontavimo pagal technologiją. Viskas priklauso nuo investuotojo ar savininko kokią šiltinamąją medžiagą pasirinkti. Kadangi šiai dienai vienas svarbiausių kriterijų yra kaina, tai sudaro galimybes rengti konkursus pagal nustatytus reikalavimus ir parinkti geriausią variantą pagal kainos ir kokybės santykį. Čia iškyla problema, kaip atrinkti tinkamiausią pasiūlymą, kai kintamedžiagos, savybės ir įkainiai. Tokiu atveju priimtinas ir labai patogus būdas būtų skaičiuoti uždavinį taikant daugiakriterius skaičiavimus. Skaičiavimuose įvertinamos specialistų nuomonės ir kriterijai, pagal kuriuos bus stengiamasi nustatyti geriausią variantą.



1 pav. Sienų šiltinimo įtaka pastatui

Sienų šiltinimo įtaka pastatui: energijos suvartojimo sumažėjimas, pastato vertės padidėjimas, konstrukcijų charakteristikos pagerinimas, eksploatacijos tarnavimo laikotarpio padidėjimas, gyvenamųjų sąlygų pagerėjimas, architektūriniais sprendiniais estetinio vaizdo kūrimas. Prieš darant renovaciją rekomenduojama apskaičiuoti energijos atsiperkamumo efektyvumą. Taip galima paskaičiuoti atskirų konstrukcijų šiltinimui atsiperkamumą ir santykį, kuris yra reikšmingesnis. Pagal tyrimus paskaičiuota, kad sienų šiltinimo efektyvumas beveik

dvigubai aukštesnis nei langų priklausomai nuo sienų ir langų santykio. Taip pat nustatyta, kad langų jungiamosios dalys su karkasu ir sienų plokščių jungtys sudaro didžiausius šiluminius tiltelius energijos nuostoliams. Efektyvumas pastatų šiltinimo technologijai priklauso nuo daugelio faktorių: šiluminės izoliacijos kaina, rišamosios medžiagos stipris, šiltinamosios medžiagos šilumos perdavimo koeficientas, medžiagos ir sienos tempimo stiprumo riba, vandens įgeriamumas išoriniame apsauginiame sluoksnyje, smeigės ištraukimo jėga, garantija, eksploatacijos laikotarpis, darbų atlikimo laikas. Pagal daugiakriterių kiekybinių skaičiavimų metodą, sienų šiltinimui pagrindinis veiksnys pastatų renovacijoje yra rangovo atranka. Nustatytas techninis projektas, kuriame surašyti visi pagrindiniai reikalavimai. Šių reikalavimų laikantis rangovas pasiūlo optimaliausią produktą už prieinamą kainą. Užsakovas iš karto atmeta reikalavimus netenkinančius rangovų pasiūlymus ir iš likusiųjų renkasi pagal kainą, tada pagal kriterijus tokius kaip: kokybė, techniniai parametrai, estetiškas vaizdas, ergonominiai ir funkciniai rodikliai. Taip pat nepamirštama ir apie suteikiamas garantijas, eksploatacijos kaštus ir tarnavimo laikotarpį. Pagal Lietuvos Respublikos įstatymus įkainio kriterijaus ekonominiuose skaičiavimuose turėtų būti ne mažesnis nei 60 %- trys ar daugiau kriterijų, 70 %- du kriterijai, 80 %- vienas kriterijus. Susiduriama su problema, kad kriterijai yra nevienodų svorių ir reikšmių krypties, t.y. vieno didesnis skaičius yra teigiamas, kitų mažesnis. Todėl daugiakriterių metodu skaičiavimams reikalingi trys būdingi etapai: kriterijų parinkimas, kriterijų svoriai ir reikšmingumas, tinkamiausio metodo parinkimas. Visa šia metodologija buvo pasinaudota ir renkantis VGTU pagrindinio pastato sienų šiltinimą. Buvo apklausti 16 ekspertų: specialistai iš statybos produktų sertifikavimo centro, turintys inžinerinį išsilavinimą ir dirbantys su statybų bei modernizavimo projektais. Nustatyta 20 pagrindinių kriterijų. Po to buvo atrinkti 9 labiausiai įtakojantys kriterijai: šiltinamosios medžiagos kaina, laikantysis klijų sluoksnio stipris, šilumos laidumo koeficientas, gamyklinis armavimo sluoksnio svoris, vandens įgeriamumas dekoratyviojo tinko, smeigės ištraukimo jėga, garantinis laikotarpis, eksploatacijos laikotarpis, darbų atlikimo trukmė. Buvo svarstyti 5 pasiūlymai, kuriuos tikrino skirtingais daugiakriteriais metodais: Ekspertų apklausos metodas, SAW, TOPSIS (Hwang, Yoon 1981), VIKOR (Opricovic, Tzeng 2004), COPRAS (Zavadskas, Kaklauskas 1996), normalizuotų kriterijų reikšmių geometrinis vidurkis ir kriterijų reikšmių suma. Gautus rezultatus sulyginu ir atliko metodų suderinamumą. Apskaičiavus visų rezultatų vidurkį, pastebėta, kad stipri koreliacija yra tarp SAW, normalizuotų kriterijų reikšmių geometrinį vidurkį, TOPSIS, COPRAS metodų, o tarp kriterijų reikšmių sumos ir VIKOR neigiama. Silpniausia koreliacija yra tarp SAW ir kriterijų reikšmių sumos, nes kriterijų reikšmės nepriklauso nuo svorių. Taip pat pastebėta, kad paimtas pirmasis pasiūlymas yra išrinktas pirmuoju pagal SAW, TOPSIS, normalizuotų kriterijų reikšmių geometrinį vidurkį, VIKOR ir COPRAS metodus, bet pagal kriterijų reikšmių sumą lieka antroje vietoje. Antrasis pasiūlymas pagal kriterijų reikšmių sumą turėtų būti pirmoje vietoje, bet pagal

SAW, TOPSIS, VIKOR ir COPRAS metodus antroje vietoje, o pagal normalizuotų kriterijų reikšmių geometrinį vidurkį ketvirtoje vietoje. Trečiasis pasiūlymas liko trečioje vietoje skaičiuojant visais metodais, bet ne geometrinio vidurkio normalizuotų kriterijų reikšme, nes tokiu atveju lieka antroje pozicijoje. Parenkant sienos šiltinamąsias medžiagas, būtina atsižvelgti ne tik į kainą, bet ir kokybinius ir kiekybinius faktorius, kurie gali lemti ne tik šilumos energijos sutaupymo būdą, bet ir estetinius, gyvenimo kokybės aspektus, o taip pat konstrukcijų ilgaamžiškumą ir garantijas. Taip pat nustatyta, kad sovietmečio laikais statyti pastatai dabar nebeatitinka reikalavimų ir suvartoja labai daug energijos, kurie sukelia neigiamą poveikį aplinkai. Taip pat įrodyta, kad sienų šiltinimas yra dvigubai svarbesnis už langų atnaujinimą. Šiltinimo efektyvumas priklauso nuo daugelio kriterijų, todėl atlikti daugiakriterio skaičiavimai šešiais skirtingais metodais ir paimtas vidurkis padėjo nustatyti VGTU pastato šiltinimo darbams geriausią kainos ir kokybės santykį. Taip pat reikia nepamiršti, kad skaičiuojant skirtingais metodais būtina patikrinti koreliaciją (Ginevičius *et.al.* 2008).

Pastato sienos priskiriamos prie didelių mokslo ir inžinerijos žinių, dėl to, kad jos kaip konstrukcijos yra šilumą sulaikančios, tuo pačiu, šilumos nepraleidžiančios, priklausomai nuo sezono laikotarpio. Gyvenant pastatuose reikia atsižvelgti į medžiagų kokybę ir suderinamumą. Beveik pusę šilumos prarandama per sienas ir langus. Vienas svarbiausių kriterijų projektuojant atitvaras yrasienų ir langų santykis. Skaičiuojant skirtingus sienų ir langų plotų modelius, taip pat ir orientacines kryptis galima priimti geriausią sprendimą naudojantis MOORA metodo parinkimu (Kracka *et. al.* 2010). Visi pastatai praranda suvartotos energijos šilumą dėl konstrukcijų, medžiagiškumo, pastato orientacijos ir kitų lemiančių faktorių. Tyrimui buvo paimti šeši skirtingi sienų mazgai su skirtingais langų plotais ir skirtingomis orientacinėmis kryptimis. Remtasi statybos techniniais reglamentais, kad būtų apskaičiuotos šilumos energijos sąnaudos. Projektavimas ir daromi sprendimai ateities projektams turi didelę įtaką ekonominiams veiksniams. Klientai dažniausiai nori sumažinti išlaidas iki minimumo, o tuo pačiu pasiekti maksimumą kokybėje ir technologiniuose sprendiniuose, kurie atitiktų šiandieninius keliamus reikalavimus. Vieni stengiasi pasiekti, kuo aukštesnes komforto sąlygas ir įdomesnius architektūrinius bei technologinius kriterijus, kiti stengiasi pasiekti, kuo daugiau ekonominės naudos. Daug panašių problemų yra sprendžiama įvairiais parinkimo metodais. Metodas MOORA taip pat padeda išspręsti ir parinkti variantą, kuris būtų geriausias, pagal užduotus reikalavimus skirtingoms vertėms. Pagrindiniai žingsniai norint naudotis šiuo metodu: pagrindinio vieneto nustatymas, normalizacija, tinkamiausio nustatymas, reikšmingumas. Parinkti septyni kriterijai pagal kuriuos bandyta nustatyti efektyviausiai projektuojamą mazgą tokie kaip: šilumos nuostoliai per metus (sienos, langai, šiluminiai tilteliai), šilumos aprūpinimas pastatui per metus, šilumos suvartojimas pastate, sienų ir langų kainų santykis. Tyrimais nustatyta, kad mažiausi šilumos nuostoliai yra su mažiausiai lango

ploto turinčiomis sienomis ir didžiausiu sienų plotu kryptimi į pietus. Taip pat nustatyta, kad projektuojant negalima rinktis efektyvumo tik pagal vieną kriterijų, ši skaičiavimo metodika pasitvirtino ir praktikoje, todėl ją galima naudoti netik statybų, bet ir ekonomikos, nekilnojamojo turto ir kituose sektoriuose (Kracka *et. al.* 2010).

Dėl didelių energijos kainos išlaidų, žmonės vis dažniau ir dažniau susimąsto apie energijos sąnaudas namuose. Daugelis žmonių stengiasi, kaip įmanydami gyventi taupiau – persikraustyti į naujos statybos būstus, kur šildymo kainos yra ženkliai mažesnės už senosios statybos (ne visi). Kai kurie iš gyventojų stengiasi persikraustyti į nuosavus individualius namus, kuriuose vartotojas nėra visiškai priklausomas nuo visų komunalinių ir administracinių mokesčių, reikalaujamų mokėti pagal LR nustatytas taisykles, o taip pat gali turėti laisvai pasirinktiną šildymo sistemą. Todėl šiai dienai individualus būstas gali būti dar taupesnis, erdvesnis ir sudarantis jaukias gyvenimo sąlygas. Dėl šilumos energijos nuostolių per atitvaras, kurios sudaro 25-30 % bendrų nuostolių būtina atsižvelgti į išorinės sienos sudedamųjų medžiagų parinkimą. Pagal Aplinkos ministerijos rezultatus nurodyta, kad didžiausi šilumos energijos nuostoliai patiriami per atitvaras, kurie sudaro virš 40 %. Taigi, šiluminės medžiagos ir laikančiosios konstrukcijos parinkimo uždavinys yra vienas reikšmingiausių techninių ir ekonominių tikslų. Pastato eksploatacijos laikotarpiu sienos yra vienas svarbiausių veiksnių, kuris turi atitikti visus keliamus reikalavimus. Išorinės sienos privalo tenkinti reikalavimus: atsparumas gniuždymui, termoizoliacinės ir garso izoliacinės savybės, drėgmės atsparumas, užšalymo atsparumas, oro apykaita, garo izoliacija, savasis svoris, ekologiškumas, degumo atsparumas, ilgaamžiškumas (Zavadskas *et. al.* 2007). Dažnai neatkreipiamas dėmesys, kad daugiasluoksnės sienos susideda iš medžiagų, kurios yra skirtingų fizikinių ir mechaninių savybių. Savybės, tokios kaip: įmirkis, stipris, sukibimas, vėjo įtaka, ultravioletinių spindulių įtaka, įtempiai, ilgaamžiškumas, oro ir garų skvarba. Šios savybės turi įtakos daugiasluoksnėms sienoms ir privalo turėti suderinamumą, kad nekenktų vieną kitai arba nemažintų viena kitos savybių. Daugiasluoksnių sienų privalūmai būtų: viso pastato apgaubimas ir galimų šilumos tiltelių šalinimas dėl smeigių, sienos ir grindų jungčių, kolonų ir kitų panašių atvejų, kur būtų atliekamos jungtys ar kistų medžiagiškumas. Kitas privalumas – oro sandarumas, kuris sumažina šildymo energijos sąnaudas, sumažina drėgmės kiekį ir išsaugo konstrukcijas. Šie veiksniai turi įtakos ir kainos rentabilumui statybų sektoriuje, kuris yra labai svarbus rodiklis investuotojui. Bandymais įrodyta, kad šiluminės medžiagos sluoksnis efektyviausias, kai yra tvirtinamas išorinėje atitvaros pusėje. Pagrindiniai užduoti reikalavimai būtų: sukurti efektyviausią kainos ir kokybės santykio atžvilgiu sienos mazgą panaudojant daugiakriterį metodą. Mazgų įvairovė parenkama, pagal projektuojamus populiariausius mazgus panaudojant skirtingas medžiagas. Apklausiami ekspertai, kurie padeda parinkti kriterijus ir nustatyti jų svarbumą. Buvo nuspręsta parinkti pagrindinius kriterijus tokius, kaip: vieno kvadratinio metro kaina, sienos svoris, šilumos perdavimo koeficientas, žmogaus darbo,

mechanizmų sąnaudos, sienų ilgaamžiškumas, estetiškas vaizdas ir sienų ekologiškumas. Sienų mazgai įvairūs: nuo silikatinų blokelių iki aktytojo betono blokelių, nuo dvisluoksnio iki trisluoksnio mūro, panaudojant mineralinę vata ir polistireninį putplastį. Visi šie kriterijai sprendžiami TOPSIS daugiakriteriu metodu, kuris padeda nustatyti mažiausiai nutolusią alternatyvą nuo idealiosios reikšmės ir toliausiai nutolusią nuo neigiamos. Iš 24 skirtingų magų buvo apskaičiuoti ir atrinkti geriausi variantai, pagal užsiduotus kriterijus. Geriausias variantas yra aktytojo betono blokelių su polistireninio putplasčio ir dekoratyviojo tinko apdaila. Po to sekė silikatiniai blokelių su ta pačia šiltinamąja medžiaga. Sukurtas sienų kriterijų parinkimo modelis, kuris turi svarbą ne tik mokslinė skaičiavimo prasme, bet ir statybų ekonominiame sektoriuje, palengvindamas investuotojui pasirinkti efektyviausią variantą. Taip pat matomas ir aktytojo betono pranašumas prieš silikatinus blokelių, pagal techninius ir ekonominius rodiklius, o taip pat ir polistireninio putplasčio lyginant su mineraline vata, kas įrodo, kad 200 mm storio polistireninio putplasčio nauda yra žymiai didesnė nei 175 mm mineralinės vatos. Taip pat galima teigti, kad dvisluoksnė mūro siena yra priimtinesnis variantas lyginant su trisluoksne mūro siena, pagal kainos ir efektyvumo rodiklius. Remiantis šio modelio skaičiavimais galima nustatyti ir kitų konstrukcijų išskylančius klausimus dėl parinkimo geriausio varianto (Zavadskas *et. al.* 2007).

Ekonomika ir vadyba plečiasi greitais tempais naudodamiesi mokslinė patirtimi. Visi pokyčiai ir vystymas reikalauja skaičiavimų metodikos. Daugelis sprendimų turi būti priimti vadovaujantis aišrios kriterijų. Daugelis mokslininkų teigia, kad ekonomikoje ir vadyboje pagrindiniai ir nulemiantys faktoriai yra: socialiniai, estetiški, kultūriniai, moraliniai, demografiniai, ekonominiai, aplinkos, valstybiniai ir technologiniai. Taigi, šie skaičiavimai yra pagrįsti mūsų pasirinkimu ir užsiduotais reikalavimais. Naudojantis daugiakriterio sprendimo ir priėmimo metodu, galime parinkti geriausias alternatyvas, pagal kiekybinius ir kokybinius rodiklius (Turskis *et. al.* 2009). Sienų mazgų parinkimo metodas buvo išspręstas lošimų teorijos pagrindu, kurią padėjo realizuoti LEVI 4.0 programa. Šios programos sprendimo metodai galimi taikant skirtingas taisykles: Valdo (Wald) taisyklė, Sevidžo (Savage) taisyklė, Hurvičo (Hurwicz) taisyklė, Laplaso (Laplace) taisyklė, Bajeso (Bayes) taisyklė, Hodžes ir Lėmano (Hodges-Lehmann) taisyklė. Parinkti rodikliai paverčiami bemačiais skaičiais. Uždavinys buvo išspręstas pagal parinktus išorinės sienos kriterijus, kurie buvo nustatyti ekspertų apklausos pagalba: vieno kvadratinio metro sąmatinė vertė ir svoris, šiluminė izoliacijos rodiklis ir ilgaamžiškumas. Ekspertai nustatė reikšmingumo rodiklius, kurie atskleidė, kad šiluminė varža ir kaina yra svarbiausi kriterijai. Sienų mazgai buvo parinkti: blokai su akmens vata ir apdailinėmis plytomis, blokai su akmens vata ir plonasluoksniu dekoratyviniu tinku. Kaip alternatyva šiltinamajai medžiagai buvo parinktas polistireninis putplastis vietoje akmens vatos. Sprendžiamas uždavinys, pagal skirtingas metodikas ir normalizavimo būdus, parodė, kad geriausiai įvertinti yra sienų šiltinimas iš polistireninio

putplasčio ir dekoratyviojo plytų mūro, po jo plonasluoksniu dekoratyviojo tinko apdaila. Daugiatikslio metodo taikymas yra neišvengiamas sudėtinguose sprendimuose, kai reikia priimti tiek ekonominius, tiek technologinius rodiklius parenkant daugelio kriterijų lemiančius veiksnius. LEVI 4.0 programa padeda rasti geriausias alternatyvas ir spręsti sudėtingus uždavinius panaudojant lošimų teorijos metodus, o taip pat normalizavimo būdus, kurie šiuo metu yra pasiteisinę. Taip pat, šios programos dėka, vartotojas gali greitai apskaičiuoti rezultatus, tikrinti ir koreguoti rodiklius, parinkti optimaliausią modelį (Turskis *et. al.* 2009).

Šiandieninėje statybų ir nekilnojamojo turto rinkoje vystytojai nenoriai investuoja į naujas technologijas. Toks nusistatymas yra todėl, kad nėra gerai apmokytų darbuotojų, kurie galėtų dirbti su naujausiomis technologijomis. Taip pat, lemia investicijų skirtumai ir abejotina nauda greito atsiperkamumo. Tokiu atveju, siekta sukurti modelį, kuris padėtų ateityje vystyti ir žengti žingsnį pirmyn naujų technologijų panaudojimo link. Daugiakriterio analizės metodo modelio pagalba galima išspręsti kylančias problemas, tokias kaip: analizė ir iš pasirenkamų alternatyvių rodiklių, svarbiausių rodiklių parinkimas, reikšmingumų nustatymai, kriterijų reikšmių surinkimas ir bandymai, daugiakriterio metodo pasirinkimas, geriausio varianto nustatymas. Šiuos metodus galima panaudoti ne tik naujuose projektuose, bet ir renovuotiems objektams. Rinka naujosios šiltinimo technologijoms yra labai plati, labiausiai priklauso nuo klimatinės sąlygų. Išanalizavus skirtingus regionus, šiltinimo technologiją galima būtų pritaikyti visuose sektoriuose. Tačiau Europos Sąjungos šalyse šiltinimo sistemos apyvarta sudaro tik apie 5 %. Su inžinierių ir valstybių narių, dirbančių su energijos resursų taupymo programomis, galvojama kaip sutaupyti investavus į naujas technologijas, stengiamasi sukurti daugiau ir efektyvesnių priemonių šiltinimo sistemų srityje. Pagal Europos direktyvas nuo 2020 metų energinio naudingumo klasių sugriežtinatys rodikliai turi kelti vartotojų ir gamintojų dėmesį, dėl energijos suvartojimo pastatų sektoriuje. Gyvenamieji pastatai suvartoja du trečdalius visos suvartojamos energijos pastatų sektoriuje. Pagrindiniai ir didžiausi nuostoliai patiriami sovietmečio statybose pastatuose, nes pagal tuometines normas buvo atliekami skaičiavimai tuometinėmis technologijomis, kurios nebuvo taip pažengę lyginant su šių dienų. Todėl, šia diena šie pastatai kelia ypač didelį susirūpinimą ir pritraukia dėmesį renovacijai. Technologijos parinkimą galime nustatyti daugiakriterio metodo analizės būdu, kuris yra labai populiarus statybų ir kitų sektorių skaičiavimuose, padedantis pasirinkti geriausią ir priimtinausią variantą. Vienintelis trūkumas šios analizės yra tai, kad pagal skirtingas metodikas skaičiuojant yra galimas rezultatų iškrypimas: dėl skirtingų reikšmingumų nustatymo, skirtingo pasirinkimo geriausio pasiūlymo atžvilgio, skirtingo masto ir pirmynių rodiklių užsidavimo atžvilgiu. Modelio parinkimas vertinamas pagal pagrindinius žingsnius tokius kaip: problemos skirtingų alternatyvų sprendimui nustatymas, pasiūlymai su užsiduotais reikalavimais ir kriterijais, įvertinimas susidedantis iš kriterijų reikšmingumo

parinkimo. Spręstinios problemos ir gauti rezultatai lemia sprendimą, pagal svarbumą renkamos alternatyvos. Buvo atlikti matavimai Vilniaus regione 2010-2013 laikotarpio renovuotų pastatų su termovizoriaus pagalba: fasadų fizinis nusidėvėjimas, lauko ir vidaus oro temperatūrų, santykinės drėgmės, grindų ir perdangos temperatūrų, anglies dvideginio kiekio, šilumos perdavimo koeficiento. Remiantis rezultatais buvo atlikti skaičiavimai ir nustatyta, kad didelę įtaką turi fasadų šiltinimas (Zavadskas *et. al.* 2013). Alternatyvaus sienų šiltinimo varianto parinkimui buvo paimtas standartinis dviejų aukštų vaikų darželis su 240 mm storio betoninėmis plokštėmis. Tyrimais nustatyta, kad šilumos perdavimo koeficientas tik 0,58 W/(m²*K). Buvo pasiūlytos 6 alternatyvos pastatui su šiltinimo technologijomis ir medžiagomis. Be paprastojo polistireninio putplasčio ir akmens vatos buvo pasiūlytos alternatyvos, tokios kaip: polistireninio putplasčio plokštės su užlaidomis (Tex-Therm WDSS), kurios paslėpia jungtis viena su kita jungiant. Taip pat nagrinėta ir iš neoporo (Swisspor LAMBDA Vento) plokštės ir akmens vatos (Paroc Cortex One) plokštės. Pagrindiniai lyginamieji kriterijai: kaina, šilumos perdavimo koeficientas, darbų atlikimo trukmė, atsiperkamumo trukmė ir kondensato išgarinimas. Ekspertų apklausos metu buvo nustatytas kriterijų svarbumas. Jų nuomone pirmoje vietoje atsiperkamumo trukmė, tik tada kaina, o šilumos perdavimo koeficientas liko po jų. Skaičiuojama keletu skirtingų metodų (ELECTRE IV, MULTIMOORA, SWARA-TOPSIS, SWARA ELECTRE III, SWARA-VIKOR), o rezultatai gauti buvo skirtingi. Todėl buvo imamas vidurkis ir tikrinamas nuokrypis. Pagal visą skaičiavimo metodiką analizę geriausi rezultatai priklauso polistireninio putplasčio plokštėms. Ši technologija ištobulinta ir pasiteisinusi, bet Lietuvoje renovuotinių pastatų su tokia medžiaga yra tik keletas. Šio modelis pavyzdys naudoja standartinius sprendinius rinkoje, kurie gali būti pritaikomi įvairios paskirties būstams (Zavadskas *et. al.* 2013).

Energijos efektyvumas yra vienas svarbiausių veiksnių pastatų sektoriuje. Dėl šios priežasties didelis dėmesys skiriamas senų pastatų energiniam efektyvumui gerinti. Dėmesys atkreipiamas ne tik į energinį efektyvumą, bet ir pastato konstrukcijų būklės gerinimą ir pastato gyvavimo laikotarpio didinimą. Prie socialinių tikslų priskiriamas gyvenamosios aplinkos gerinimas, užtikrinant sveiką mikroklimatą ir estetinio vaizdo sukūrimą. Prie ekonominių tikslų priskiriamas efektyvus energijos vartojimas ir pastato eksploatacinių išlaidų mažinimas. Tiriant atnaujintų pastatų savybes yra pastebėta, kad faktiniai skaičiavimai nuo projektinių skaičiavimų skiriasi (Ruzgys *et. al.* 2013). Pagal Europos Parlamento ir Tarybos direktyvas nustatyta, kad kiekviena šalis privalo mažinti energijos sąnaudas nuo 2008 iki 2016 metų ir pasiekti 9 % lygį. Taip pat, Lietuvoje nėra atnaujintų gyvenamųjų kvartalų, o šilumos energijos sutaupymo ir investicijų dydžiai į renovacijas yra netolygūs. Analizei atlikti paimti 8 renovuoti pastatai su faktiniais ir teoriniais skaičiavimais. Energijos nuostoliai priklauso ne tik nuo šilumos perdavimo koeficiento, bet ir nuo aplinkos faktorių, tokių kaip vidaus oro temperatūra vidutinės lauko temperatūros

šildymo laikotarpiu. Nustatyta, kad energijos suvartojimas tose pačiose vietose gali skirtis iki 1,4 karto. Analizuojant faktinius rodiklius matyti, kad energijos efektyvumas nėra toks, kokį deklaruoja teoriniai skaičiavimai, kas įrodo, kad investicijų atsipirkimo laikotarpis pailgėja. Iš skaičiavimų matyti, kad renovuojant sienas, iki 7 kartų padidėja sienų šiluminė varža, o tuo tarpu per langus - nesiekia trečdaliao, o stogas beveik 4 kartus pagerina šilumines savybes. Bet tokiu atveju, kai yra neatitikimai tarp faktinio ir teorinio skaičiavimo pagal ištirtus ir gautus rezultatus, galima įvesti pataisos koeficientą, kuris priklausytų nuo aplinkos faktorių. Todėl, būtina peržiūrėti teorinio skaičiavimo metodiką, kuri galėtų privesti skaičius prie realiųjų. Nustatyta, kad faktinis atsiperkamumo laikotarpis gali būti 2 kartus ilgesnis nei teorinis. Atnaujinto pastato, su vėdinama išorine termoizoliacine sistema, atsipirkimo laikotarpis gali būti 66 % didesnis už tinkuojamąją šiltinimo konstrukciją (Ruzgys *et. al.* 2013).

Stipriai ekonomiškai išsivysčiusiose valstybėse vienas pagrindinių energijos suvartojimo poreikių yra gyvenamųjų namų sektorius (Aldawi *et. al.* 2013). Kuo didesnis energijos suvartojimas, tuo didesnė tikimybė klimato kaitai ir energijos resursų išsekvojimui. Sudėtinga surasti pusiausvyrą tarp šildymo ir vėdinimo vienu metu. Protingo namo sistema padėtų išspręsti tokių uždavinį susidedanti iš geras šilumines savybes turinčių medžiagų, o taip pat ir šiltinamosios medžiagos efektyvaus parinkimo. Atlikto tyrimu metu buvo paimti vienas standartinis ir trys naujai sukurti projektai. Pagal 2010 metų statistinius duomenis, Saudo Arabijoje išmetamosios anglies dvideginio dujos sukeliančios šiltnamio efektą tenkančios vienam gyventojui per metus siekia 20 tonų. Tuo tarpu JAV – 19, Rusijoje – 12, Lenkijoje – 6, o mažiausiai Indijoje, kur skaičius siekia tik 2 tonas. Energijos suvartojimas su kiekvienais metais tik didėja. Tai gi suprojektuoti skirtingi sienos mazgai gali sutaupyti virš 47 % energijos. Kaina tokių sienos mazgų yra didesnė, bet atsiperkamumo laikotarpis yra 6-14 metų priklausomai nuo medžiagų. Su kylančiomis energijos kainomis suprojektuoti sienos mazgai būtų efektyvesni ir palankesni ateityje (Aldawi *et. al.* 2013).

Stipriausiose pasaulio valstybėse yra sukurtos programos padedančios nustatyti optimaliausią ir efektyviausią projektavimą pastatų sektoriuose. Taip pat, daugelyje pasaulio valstybių surinkta duomenų apie atitvarų šiltinamųjų medžiagų savybes ir jų daroma įtaką aplinkai. Lyginant daugelį programų ir informaciją turinčias duomenų bazes rezultatai gali svyruoti, bet yra puikūs įrodymai, kad kartais kai kurios medžiagos nesukelia šiltnamio efekto, bet atvirkščiai jį slopina ir mažina. Palyginime surandame polistireninį putplastį ir akmens vatą. Pirminės energijos suvartojamos sąnaudos polistireniniui putplasčiui yra 4 kartus didesnės už akmens vatą. Tuo tarpu, globaliniam atšilimui polistireninis putplastis daro įtaką tik 2 kartus (Lupiškė 2013).

Daugelio šiai dienai naudojamų atitvarų su šiltinamąja medžiaga polistireniniu putplasčiu, pagal atliktus tyrimus tenkinančius Ontario pastatų energinio efektyvumo reikalavimus, yra ženkliai pranašesni už kitas šiltinamąsias medžiagas. Nustatyta, kad esamų pastatų sienų mazgai turi 18-35

% mažesnę varžos reišmę nei nustatyta reikalavimų. Sienų konstruktyvo ir šiltinamosios medžiagos sudedamųjų medžiagų tuštumėtumo dėka galima pasiekti geriausius rezultatus. Kaina, kaip sudedamoji dalis, yra vienas svarbiausių veiksnių parenkant sienų mazgus. Nustatyta, kad mazgas susidedantis iš plytų mūro yra vienas brangiausių palyginus su kitomis konstruktyvo medžiagomis. Taip pat nustatyta, kad ne vien šiltinamosios medžiagos varža yra svarbiausia sienų mazguose, bet ir pačio konstruktyvo (kaip laikančiojo) ir sudedamųjų dalių varžos yra svarbios sienos mazguose (Roos, Gorgolewski 2011).

Daugiakriteriu metodu buvo nustatytos sienos savybės, ne kaip efektyvios ir taupios šilumą išsaugančios, bet kaip atsparios perkaitimui vasaros metu. Iš aštuonių labiausiai paplitusių skirtingų sienų buvo įvertinti šilumos komforto rodikliai. Nustatyta, kad iš visų sienų neapšiltinta plytų mūro siena yra mažiausiai efektyvi ir kelia 31,5 % diskomforto lygmenį. Plytų mūro siena su oro tarpais ir šiltinamąją medžiaga apsaugo nuo perkaitimo vasaros metu (oro kondicionierių nevėdinamose patalpose) ir pagerina mikroklimatą dienos metu. Siekiant, kad mikroklimatas nebūtų kenksmingas reikia, kad nakties metu vyktų oro apykaita (Han *et. al.* 2013).

Buvo atliktas palyginimas tarp Europos Sąjungos šalių energinio naudingumo pagrindinių reikalavimų ir nuostatų: šilumos laidumo koeficientas, šilumos nuostoliai ir vidaus patalpų oro temperatūra. Nustatyta, kad mažiausiai išsiskiriantis faktorius yra vidaus patalpų oro temperatūra, nes yra tarptautinis ribojantis standartas. Nesuderinti dalykai yra šilumos nuostolių ir šiluminio laidumo koeficiento faktoriai. Taip yra dėl to, kad skirtingose šalyse skirtingos nustatytos vidutinės šildymo sezonų temperatūros ir atskaitinės šildymo išjungimui temperatūros. Pasiūlymas būtų kiekvienoje šalyje padaryti vienodą atskaitinę šildymo išjungimui oro temperatūrą, taip pat nustatyti maksimalų šilumos praradimą visų paskirčių pastatams vienodą, kurie suteiktų galimybę skaičiuoti vienoda sistema šiluminio laidumo koeficientus, o šie koeficientai būtų pripažinti tarptautiniu mastu (Rodriguez-Soria *et. al.* 2014).

1.2. Teisės aktai reglamentuojantys pastatų konstrukcijų projektavimą

Lietuvos Respublikos teritorijoje statomų, rekonstruojamų ir remontuojamų statinių esminius reikalavimus, statybos techninio normavimo, statybinių tyrinėjimų, statinių projektavimo, naujų statinių statybos, rekonstravimo, remonto, jų pripažinimo tinkamais naudoti, statinių naudojimo ir priežiūros, nugriovimo bei visos šios veiklos priežiūros tvarką, statybos dalyvių, viešojo administravimo subjektų, inžinerinių tinklų bei susisiekimo komunikacijų savininkų (ar naudotojų), kitų juridinių ir fizinių asmenų veiklos šioje srityje principus nustato 1996 m. Lietuvos Respublikos Statybos įstatymas. Aštuntasis LR Statybos įstatymo straipsnis nustato normatyvinių statybos techninių dokumentų sistemą. Normatyviniai statybos techniniai dokumentai yra: 1) statybos techniniai reglamentai – Vyriausybės įgaliotos institucijos teisės aktai (branduolinės energetikos

objektams – šios institucijos ir Valstybinės atominės energetikos saugos inspekcijos teisės aktai), kurie nustato statinių, jų statybos, naudojimo ir priežiūros techninius reikalavimus tiesiogiai arba nuorodomis į standartus arba statybos ar statinių naudojimo ir techninės priežiūros taisykles; 2) statybos taisyklės, statinių naudojimo ir techninės priežiūros taisyklės – ministerijų, Vyriausybės įstaigų, kitų valstybės institucijų ar juridinių asmenų dokumentai, kurie nurodo statybos techninių reglamentų įgyvendinimo būdus ir metodus.

Energinio naudingumo ir pastatų konstrukcijų šiluminės techninės savybės projektuoti naujiems, rekonstruojamiems ir atnaujinamiems ar remontuojamiems pastatams ar jų dalims taikomas STR 2.05.01:2013 “Pastatų energinio naudingumo projektavimas”.

Pagal “Pastatų energinio naudingumo vertinimo ir projektavimo pagrindiniai principai” V skyrių pastatai ar jų dalys pagal energinį naudingumą klasifikuojami į 9 klases: A++, A+, A, B, C, D, E, F, G. Pagal šią klasifikaciją A++ klasė yra aukščiausia ir vertinama, kad pastatas ar jo dalis energijos beveik nevartoja.

Energinio naudingumo B klasės pastatams ar jų dalims reikalavimai:

- Pastato ar jo dalies energijos vartojimo efektyvumo rodiklių vertės turi atitikti reglamente keliamus reikalavimus;
- Pastato ar jo dalies atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti reglamente keliamus reikalavimus;
- Pastato ar jo dalies pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti reglamente keliamus reikalavimus;
- Pastato ar jo dalies sandarumas turi atitikti reglamente keliamus reikalavimus;
- Šiluminės energijos sąnaudos pastatui (jo daliai) šildyti turi būti ne didesnės už reglamente nurodytas normines sąnaudas B klasės pastatams.

Pagal STR 2.05.01:2013 “Pastatų energinio naudingumo projektavimas” A klasės energinio naudingumo reikalavimai palyginus su B klasės turi aukštesnes šiluminės savybes, o taip pat nurodo, kad jeigu pastate ar jo dalyje yra įrengta mechaninė oro vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus įrenginio naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,65, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus sunaudojamas elektros energijos kiekis neturi būti didesnis už 0,75 Wh/m³.

Pagal STR 2.05.01:2013 “Pastatų energinio naudingumo projektavimas” VI skyrių 16 punktą naujai statotiems pastatams nuo 2014 metų sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė nei B. Pagal 17 punktą to pačio reglamento skyriaus naujai statomiems pastatams nuo 2016 metų sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė nei A.

Pagal STR 2.05.01:2013 “Pastatų energinio naudingumo projektavimas” VII skyrių pastatų ir jų dalių energinio naudingumo projektavimui turi būti naudojamas STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ ir reglamente nurodytas skaičiavimo

metodas. Taip pat turi būti naudojami STR 2.05.01:2013 esantys atitinkamų pastatų rodiklių vertės ir projektiniai išorės klimato duomenys.

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ VIII skyrių pastato atitvarų masyvumo didinimas didina pastato vidaus šiluminę talpą, sutrumpina pastato šildymo trukmę, sumažina energijos sąnaudas reikalingas pastatui apšildyti ir pastato perkaitimą šiltojo sezono laikotarpiu. Pastato atitvarų konstrukcijų masyvumo didinimas leidžia pasiekti aukštesnę pastato energinio naudingumo klasę. Siekiant suprojektuoti energiška kuo efektyvesnį pastatą pirmumas turi būti teikiamas pastato ar jo dalies masyvioms konstrukcijoms.

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ X skyrių pastatai ar jų dalys turi būti suprojektuoti taip, kad jų sandarumas būtų išmatuotas ir atitiktų reikalavimus keliamus LST EN 13829:2002 „Šiluminės statinių charakteristikos. Pastatų pralaidumo orui nustatymas. Slėgių skirtumo metodas (modifikuotas ISO 9972:1996)“ ir neviršėtų nustatytų norminių verčių esant slėgių skirtumui tarp pastato išorės ir vidaus.

Energinio naudingumo klausimas sprendžiamas Europos Parlamento ir Tarybos Direktyvoje 2010/31/ES dėl pastatų energetinio naudingumo. Direktyvų nuostatos su laiku kinta, nes stengiamasi jas priderinti prie besikeičiančių technologijų ir ekonominių sąlygų, bei pačios ES politikos. Europos Sąjungos patvirtintas planas 20/20/20, kurio tikslas yra iki 2020 metų sumažinti anglies dvideginio emisiją ir energijos suvartojimą 20 proc., beti pasiekti, kad atsinaujinantys energijos ištekliai sudarytų 20 proc. visos ES energijos išteklių.

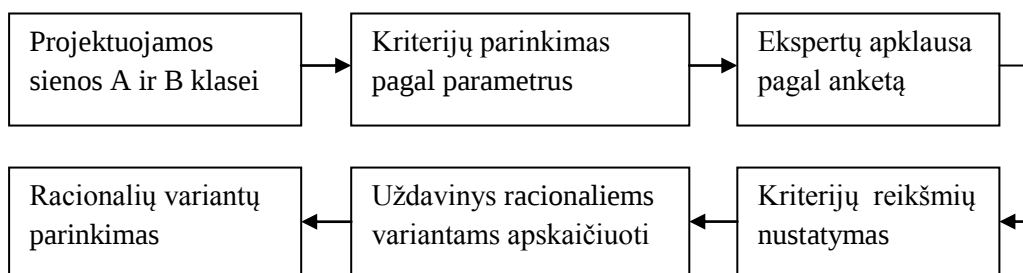
2. SIENŲ PARAMETRŲ SKAIČIAVIMO IR ALTERNATYVŲ PALYGINIMO ALGORITMŲ KŪRIMAS

2.1. Pastatų ativarų sprendinių, tenkinančių energinio naudingumo A ir B klases kriterijų parinkimas

Pastatų sienų atitvaros sudaro didžiausią dalį pastatuose. Jeigu pažvelgti į statistiką, per išorines sienas prarandama iki 35 procentų šilumos. Tai reiškia, kad didžiausią paviršiaus ploto sudaranti konstrukcija ir beveik trečdalį visos prarandamos pastato šilumos netenkanti sienos atitvara yra vienas svarbių uždavinių, kaip pagerinti jos savybes ir taip užtikrinti efektyvesnį pastato šilumos panaudojimą, bei sumažinti energijos nuostolius.

Nuostatos reglamentuojančios pastatų energinį naudingumą pastoviai griežtėja, to pasekoje reikia tobulinti ir gerinti esamas bei naujai kuriamas sienų konstrukcijas ir mazgus. Pabrėžiama, kad naujai projektuojamiems pastatams nuo 2014 metų turi būti B energinio naudingumo klasė, o nuo 2016 metų siekti A klasę. Šiai dienai „Statybos produkcijos sertifikavimo centras“ skelbia, kad Lietuvoje A klasės energinio naudingumo sertifikatus turi 22 pastatai (iš jų 8 gyvenamosios paskirties, iš kurių tik vienas daugiabutis pastatas), A + klasės turi 5 objektai – individualūs gyvenamieji pastatai. B klasės gyvenamųjų pastatų yra 4587, iš jų 318 yra daugiabučiai. Tokia situacija rodo, kad A klasės pastatų Lietuvoje praktiškai dar nėra. Energiškai efektyvių pastatų progresas ateityje turi būti stipresnis, o poreikis tokių pastatų padidėti.

Atsižvelgiant į tokią statistiką galima įsivaizduoti, kokiais tempais ir apimtimis turi būti parengiami nauji projektiniai sprendiniai būsimiems pastatams. Šiuo darbu stengiamasi suprojektuoti sienų atitvaras, tenkinančias energinio naudingumo A ir B klases, tokiems pastatams, kurie neturėtų labai didelių apkrovų išorinėms sienoms (mažaaukštė statyba). Taip pat siekta parodyti skirtumą tarp šiltinamosios medžiagos ir konstruktyvo parinkimo pagal techninius, bei ekonominius rodiklius. Atliktas palyginimas, ekonominiu atžvilgiu, tarp sienų, tenkinančių A ir B klases. Uždavinio pagalba parenkami racionalūs variantai pagal kriterijų reikšmingumus, kuriuos padės nustatyti ekspertų apklausos anketos rezultatai.



2 pav. Racionalaus varianto parinkimo eiga

2.2. Sienos sprendinių skaičiavimo principai, energinio naudingumo klasėms A ir B

Sienos sprendiniams priimame, kad skaičiuojame sienos vieno kvadratinio metro šiluminių dydžių savybes pagal sudedamąsias konstrukcijas, jų storius ir šilumos perdavimo koeficientus. Toliau pateikiamas pavyzdys, kuriame eilės tvarka kiekvienam sienos mazgui:

- 1) Priskiriamas numeris pagal energinio naudingumo klasę.
- 2) Sudaromas aprašymas - iš kokių medžiagų sudarytas mazgas ir kokie storiai naudojami.
- 3) Įtraukiami šiluminiai dydžiai pagal sudedamųjų dalių techninius duomenis.
- 4) Skaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas ir tikrinama sąlyga, ar tenkina galiojančius LR STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus.

Skaičiavimo principas:

- 1) Sienos konstruktyvo mūrasapšiltinamas šiltinamąja medžiaga, kurios storis = t. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.
- 2) Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas išreiškiamas formule:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa. [1]$$

- 3) Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si}, R_{se}$$

- 4) Atitvaros konstruktyvo projektinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimama iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.
- 5) Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.
- 6) Šiltinamosios medžiagos šilumos laidumo koeficientas paimamas iš gamintojo techninių specifikacijų λ_{dec} :

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv}, [2]$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.),

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi šiltinamoji medžiaga sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv}.[3]$$

7) Šilumos perdavimo koeficientas apskaičiuojamas formule:

$$U = \frac{1}{R}.[4]$$

8) Pridedama išvadaar suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, kurie tenkintų sąlygą:

$$U \leq U_N.[5]$$

Pastaba:detalus sienos mazgo pjūvis pavaizduojamas paveiksluose po kiekvienomazgo aprašymu, o surinkti ir apskaičiuoti techniniai duomenys suvedami į lenteles.

2.3. Projektuojamų sienos mazgų parinkimo principai

2.3.1. Sienos konstruktyvo ir šiltinamosios medžiagos parinkimas

Šiandien pasiūloje galima rasti didelį pasirinkimą atitvaroms mūryti skirtų medžiagų. Todėl pasirenkame visus labiausiai ir dažniausiai pasitaikančius variantus tarp konstruktyvo ir šiltinamosios medžiagos. Konstruktyvui, kaip pagrindinės parenkamos 6 skirtingų rūšių medžiagos susidedančios iš plytų ir blokelių. Šios medžiagos būtų panaudojamos su skirtingomis šiltinamosiomis medžiagomis tokiomis, kaip polistireninis putplastis ir akmens vata tinkuojamiems fasadams. Taigi būtų viso 6 sienos mazgai su polistireniniu putplasčiu ir 6 mazgai su akmens vata. Visi šie mazgai privalo tenkinti nustatytus šiandienos STR reglamentus. Kadangi, nuo 2014 metų visi projektuojami pastatai privalo turėti B klasės energinio naudingumo sertifikatą, tai bus parenkami 12 sienos mazgų tenkinantys B klasę. Kiti 12 sienos mazgų su lygiai tokia pačia konstruktyvo medžiaga, bet padidintu šilumos izoliacijos sluoksniu bus skaičiuojami energinio naudingumo A klasei pasiekti, kuri įsigalioja nuo 2016 metų. Žemiau išvardinti sienos mazgai B ir A klasės energiniam naudingumui pasiekti, kai išorinių sienų šiltinamojo medžiaga yra tinkuojamoji. Storiai bus apskaičiuojami varžų skaičiavimo pagalba.

Energinio naudingumo B klasės mazgai - lauko atitvaros konstruktyvas ir šiltinamoji medžiaga tinkuojamiems fasadams:

Mazgas 1 – Silikatinės plytos + polistireninis putplastis (1 pav.).

Mazgas 2 – Keraminės plytos + polistireninis putplastis (2 pav.).

Mazgas 3 – Keramzitbetonio blokeliai + polistireninis putplastis (3 pav.).

Mazgas 4 – Silikatiniai blokeliai + polistireninis putplastis (4 pav.).

Mazgas 5 – Keraminiai blokeliai + polistireninis putplastis (5 pav.).

Mazgas 6 – Akytojo betono blokeliai + polistireninis putplastis (6 pav.).

Mazgas 7 – Silikatinės plytos + akmens vata (7 pav.).

Mazgas 8 – Keraminės plytos + akmens vata (8 pav.).

Mazgas 9 – Keramzitbartonio blokeliai + akmens vata (9 pav.).

Mazgas 10 – Silikatiniai blokeliai + akmens vata (10 pav.).

Mazgas 11 – Keraminiai blokeliai + akmens vata (11 pav.).

Mazgas 12 – Aktytojo betono blokeliai + akmens vata (12 pav.).

Pastaba: analogiški 12 sienos mazgų imami energinio naudingumo A klasei pasiekti, tik padidinamas šiltinamosios medžiagos storis (13-24 pav.).

2.3.2. Rodiklių apibūdinimas

Šiame darbe parenkami 5 pagrindiniai rodikliai sienai: kvadratinio metro kaina, varža, storis, savasis svoris, darbų atlikimo trukmė. Išvardijami rodiklių apibūdinimai:

- 1) Kaina. Matavimo vienetas – vieno kvadratinio metro sienos ploto kaina litais. Tai kiekybinis minimizavimo rodiklis, rodantis sienos mazgo kainą iš konstruktyvo, šiltinamosios medžiagos, papildomų medžiagų ir darbų atlikimo įkainių. Kuo rodiklio reikšmė mažesnė, tuo statytojui yra priimtinau.
- 2) Varža. Matavimo vienetas – $m^2 \cdot K/W$. Tai kiekybinis maksimizavimo rodiklis, rodantis sienos mazgo varžą susidedančią iš konstruktyvo ir šiltinamosios medžiagos savitųjų deklaruojamų šilumos laidumo koeficientų. Kuo rodiklio reikšmė didesnė, tuo statytojui yra priimtinau.
- 3) Storis. Matavimo vienetas – sienos storis metrais. Tai kiekybinis minimizavimo rodiklis, rodantis sienos mazgo storį susidedantį iš laikančiojo konstruktyvo ir šiluminės izoliacijos sluoksnio. Kuo rodiklio reikšmė mažesnė, tuo statytojui yra priimtinau.
- 4) Svoris. Matavimo vienetas – sienos mazgo vieno kvadratinio metro svoris kilogramais kvadratiniam metre. Tai kiekybinis minimizavimo rodiklis, rodantis sienos mazgo vieno kvadratinio metro savąjį svorį iš laikančiojo konstruktyvo, šiltinamosios medžiagos ir apdailinio tinkuojamo sluoksnio. Kuo rodiklio reikšmė mažesnė, tuo statytojui yra priimtinau.
- 5) Darbų atlikimo trukmė. Matavimo vienetas – sienos mazgo vieno kvadratinio metro darbų atlikimo trukmė žmogaus valandomis. Tai kiekybinis minimizavimo rodiklis, rodantis sienos vieno kvadratinio metro išpildymą žmogaus padarytą darbą valandomis. Kuo rodiklio reikšmė yra mažesnė, tuo statytojui yra priimtinau.

2.3.3. Sienos kriterijų verčių nustatymas

Sienos mazgo bendra kaina paimama iš sąmatų sudarymo programos. Įkainiai įvertinti iš prekybininkų ir gamintojo atstovų pasiūlos kainų.

Sienos mazgo storis apskaičiuojamas pagal parenkamojo konstruktyvo ir šiltinamosios medžiagos storius iš varžų skaičiavimo metodikos (3.1. punktas).

Sienos mazgo savojo svorio vertės paimamos iš sudedamųjų medžiagų gamintojo techninių specifikacijų ir atitikties deklaracijų.

Sienos mazgo varžų vertės paimamos ir apskaičiuojamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ ir gamintojo techninių specifikacijų.

Sienos mazgo darbų atlikimo trukmė paimama iš sąmatų sudarymo programos patikslinant trukmę su dirbančiais šioje srityje statybos darbų vadovais ir technologais.

2.3.4. Sienos efektyvumo rodiklių santykinį reikšmingumą nustatymas

Sienų efektyvumo rodiklių santykinis reikšmingumas nustatomas ekspertinių įverčių metodu. Apklausos metu savo srities žinovai, ekspertai, remdamiesi profesine patirtimi ir žiniomis, vertina alternatyvų rodiklius. Paruošiama anketa, pagal kurią bus atlikta apklausa (prisegama prieduose).

Konkordacijos koeficientas nustatomas rangavimo metodu. Rangavimo metu svarbiausiam rodikliui suteikiamas rangas, lygus vienetui, antram pagal svarbumą - du ir t.t. Ekspertų nuomonės bus absoliučiai suderintos, kai visų ekspertų vertinimai bus vienodi, ir atvirkščiai, ekspertų nuomonės bus nesuderintos, kai vertinimai bus absoliučiai prieštaringi.

Rodiklių reikšmingumas nustatomas ekspertinių įverčių metodu. Skaičiavimai šiuo metodu prasideda nuo ekspertų skiriamų balų efektyvumo rodikliams.

Uždaviniui išspręsti apklausti 20 ekspertų. Visi ekspertai turi statybos inžinerinį išsilavinimą. Ekspertai einantys pareigas: statybos darbų vadovais, statybos vadovais, statybos techniniais prižiūrėtojais, projektų vadovais ir projektuotojais. Amžius svyruoja nuo 25 iki 50 metų.

Vertinimo skalė balais nuo 1 iki 5. Rodiklių įvertinimai: 1 – mažiausiai svarbus ar mažiausiai reikšmės įtakojantis, 5 – svarbiausias, daugiausiai įtakojanti reikšmė. Kiti balai yra tarpinės reikšmės.

2.4. Daugiakriterių metodų pritaikymas sienų variantų palyginimui

2.4.1. Daugiatikslio kompleksinio proporcingumo vertinimo metodo Coprasskaičiavimo principas

Pateikiamas pavyzdys, kaip bus skaičiuojamas uždavinys daugiakriteriu Copras metodu:

- 1) Alternatyvų su rodikliais suvestinė surašoma į 27 lentelę.
- 2) Sukuriama sprendimų matrica rodikliams surašoma į 28 lentelę.
- 3) Sudaroma normalizuota ir pasverta Copras matrica ir rezultatai surašomi į 29 lentelę:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} * q_i}{\sum x_{ij}}, \quad [6]$$

kai x_{ij} -rodiklis, q_i -rodiklio reikšmingumas, $\sum x_{ij}$ -normalizuojamų rodiklių eilutės suma.

4) Nustatoma maksimizuojančių S_{+j} ir minimizuojančių S_{-j} rodiklių sumos ir išvestiniai duomenys surašomi į 30 lentelę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{ij}^+, \quad [7]$$

$$S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{ij}^-, \quad [8]$$

kai d_{ij}^+ - normalizuoti maksimizuojantys rodikliai, d_{ij}^- - normalizuoti minimizuojantys rodikliai.

5) Nustatomas santykinis reikšmingumas ir gauti rezultatai surašomi į 31 lentelę:

$$Q_{ij} = S_{+j} + \frac{S_{-\min} * \sum_{i=1}^m S_{-j}}{S_{-j} * \sum_{i=1}^m \frac{S_{-\min}}{S_j}}. \quad [9]$$

6) Nustatoma geriausia alternatyva pagal naudingumo laipsnį, gauti rezultatai surašomi į 31 lentelę:

$$N_{ij} = \frac{Q_j}{Q_{\max}} * 100\%. \quad [10]$$

7) Atlikus alternatyvų daugiakriterį COPRAS vertinimą aprašomos geriausios alternatyvos.

2.4.2. Diaugiatikslioartumo idealiajam taškui metodo Topsisskaičiavimo principas

Pateikiamas pavyzdys, kaip bus skaičiuojamas uždavinys daugiakriteriu Topsiss metodu:

1) Alternatyvų su rodikliais suvestinė surašoma į 33 lentelę.

2) Sukuriama sprendimų matrica rodikliams $P=[x_{ij}]$ surašoma į 34 lentelę.

3) Matrica normalizuojama pagal formulę:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}. \quad [11]$$

4) Sudaroma svertinė normalizuotoji matrica:

$$\bar{x}_{ij} = \bar{P}, \quad \bar{P}^* = [\bar{P}][\bar{q}]. \quad [12]$$

5) Normalizuota ir pasverta matrica rodikliams surašoma į 35 lentelę.

6) Nustatomas idealiai geriausias variantas ir gauti rezultatai surašomi į 36 lentelę:

$$a^+ = \{[(\max \bar{x}_{ij} | j \in J), (\min \bar{x}_{ij} | j \in J')]/i=1, m\} = \{a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+\}, \quad [13]$$

kur J – rodiklių, kurių didesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė;

J' – rodiklių, kurių mažesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė.

7) Nustatomas neigiamai idealus variantas ir gauti rezultatai surašomi į 36 lentelę:

$$a^- = \{[(\min \bar{x}_{ij} | j \in J), (\max \bar{x}_{ij} | j \in J')] / i = \overline{1, m}\} = \{a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-\}. \quad [14]$$

8) Nustatomas atstumas tarp lyginamojo i-tojo ir idealiai geriausio varianto, surašoma į 37 lentelę:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^+)^2}; i = \overline{1, m}. \quad [15]$$

9) Nustatomas atstumas tarp lyginamojo i-tojo ir neigiamai idealaus varianto, surašoma į 37 lentelę:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^-)^2}; i = \overline{1, m}. \quad [16]$$

10) Nustatomas kiekvieno i-tojo varianto santykinis atstumas iki idealaus, gauti rezultatai surašomi į 37 lentelę:

$$K_i = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, i = \overline{1, m}, \text{ kai } K_i \in [0, 1]. \quad [17]$$

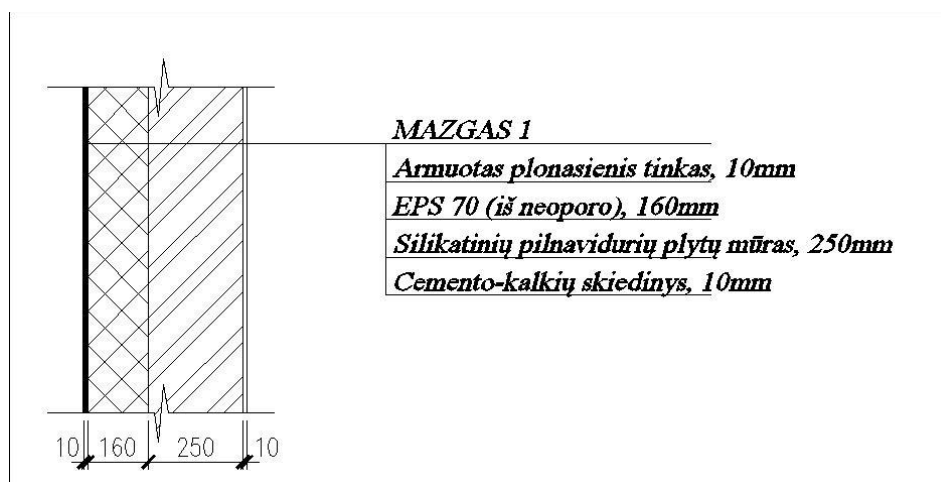
11) Atlikus alternatyvų daugiakriterį TOPSIS vertinimą aprašomos geriausios alternatyvos.

3. SIENŲ VARIANTŲ SKAIČIAVIMAI IR ALTERNATYVŲ PALYGINIMAI

3.1. Sienų sprendinių skaičiavimai energinio naudingumo B klasei

MAZGAS NR. 1

Išorinis silikatinių plytų mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, $t=160$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



3 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 1 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013, „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

1 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 1 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $\text{m}^2\text{K/W}$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Pilnavidurių silikatinių plytų mūras	R2	0,25	1	0,25
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,16	0,034	4,71
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R_{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,43	–	5,21

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W} , R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Silikatinių plytų mūro projektinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,21} = 0,19W / m^2 K.$$

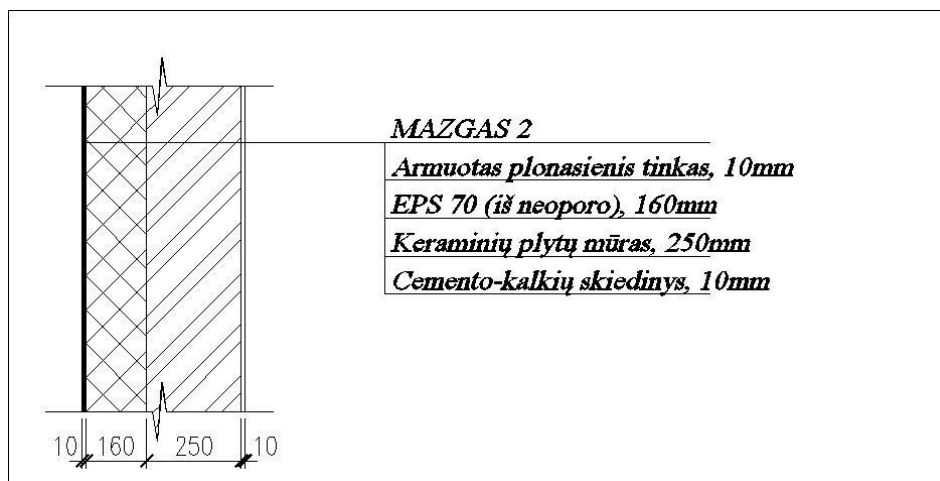
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,19W / m^2 K < U_N = 0,20W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 2

Išorinis tuščiavidurių keraminių plytų mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, $t=160$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



4 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 2 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013, „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

2 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 2 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Tuščiavidurių keraminių plytų mūras	R2	0,25	0,6	0,42
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,16	0,034	4,71
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,43	–	5,38

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}, \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Tuščiavidurių keraminių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projekcinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032 \text{ W} / \text{mK}$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034 \text{ W} / \text{mK},$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 \text{ W} / \text{mK}$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,38} = 0,18W / m^2 K.$$

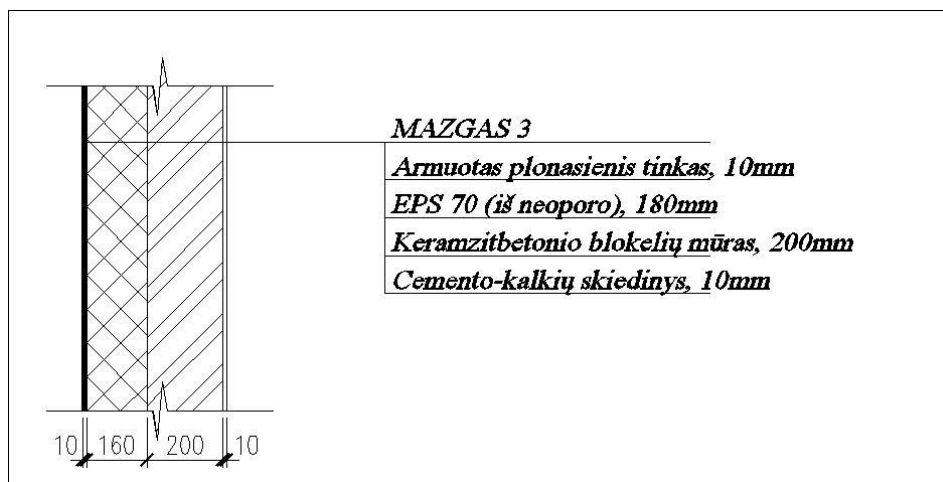
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,18W / m^2 K < U_N = 0,20W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 3

Išorinis keramzitbetonio blokelių mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, t=160 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



5 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 3 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20W / m^2 K.$$

3 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 3 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Keramzitbetonio blokelių mūras	R2	0,20	0,18	1,11
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,16	0,034	4,71
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,38	–	6,07

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Keramzitbetonio blokelių mūro projektinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{6,07} = 0,16 W / m^2 K.$$

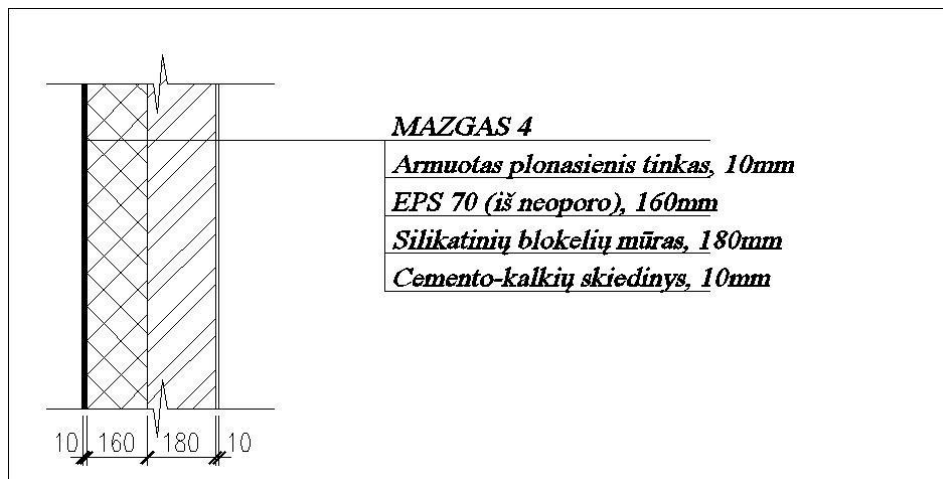
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,16 W / m^2 K < U_N = 0,20 W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 4

Išorinis silikatinių blokelių mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, t=160 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



6 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 4 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

4 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 4 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Silikatinių blokelių mūras	R2	0,18	0,7	0,26
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,16	0,034	4,71
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,36	–	5,22

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}, \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Silikatinių blokelių mūro projektinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,22} = 0,19W / m^2 K.$$

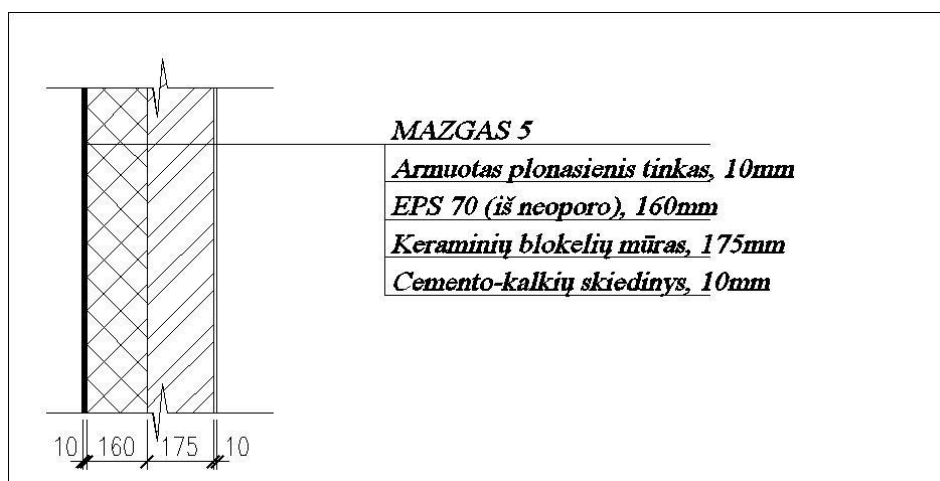
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,19W / m^2 K < U_N = 0,20W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 5

Išorinis keraminių blokelių mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, t=160 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



7 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 5 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

5 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 5 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Keraminių blokelių mūras	R2	0,175	0,26	0,66
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,16	0,034	4,71
Armotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,36	–	5,62

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}, \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Keraminių blokelių mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032 \text{ W} / \text{mK}$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034 \text{ W} / \text{mK},$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 \text{ W} / \text{mK}$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,62} = 0,17 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

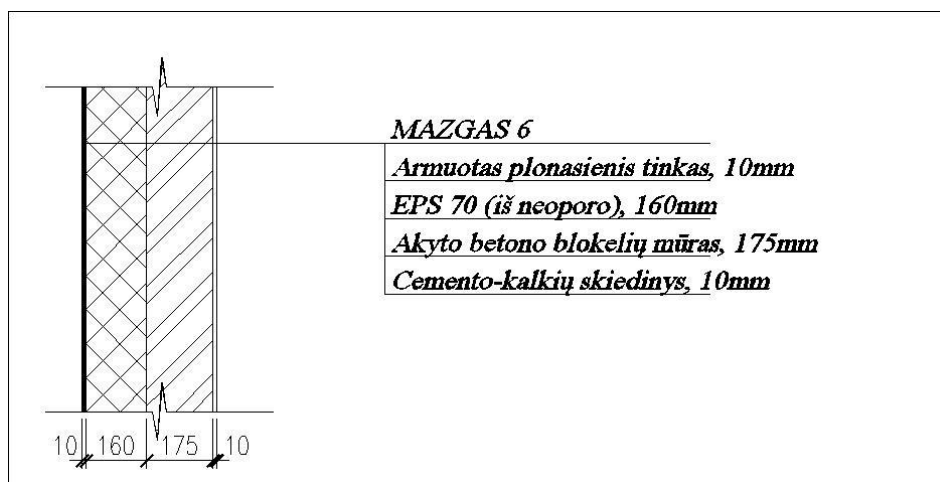
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,17 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K} < U_N = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

MAZGAS NR. 6

Išorinis akytojo betono blokelių mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, $t=160$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



8 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 6 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

6 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 6 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $\text{m}^2 \text{ K} / \text{W}$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	—	—	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	—	0,02
Akytojo betono blokelių mūras (PORITAS)	R2	0,175	0,14	1,25
Klijų sluoksnis	R3	0,005	—	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,16	0,034	4,71
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	—	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R_{se}	—	—	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,36	—	6,21

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Akytojo betonoblokelių mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projekcinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{6,21} = 0,16 W / m^2 K.$$

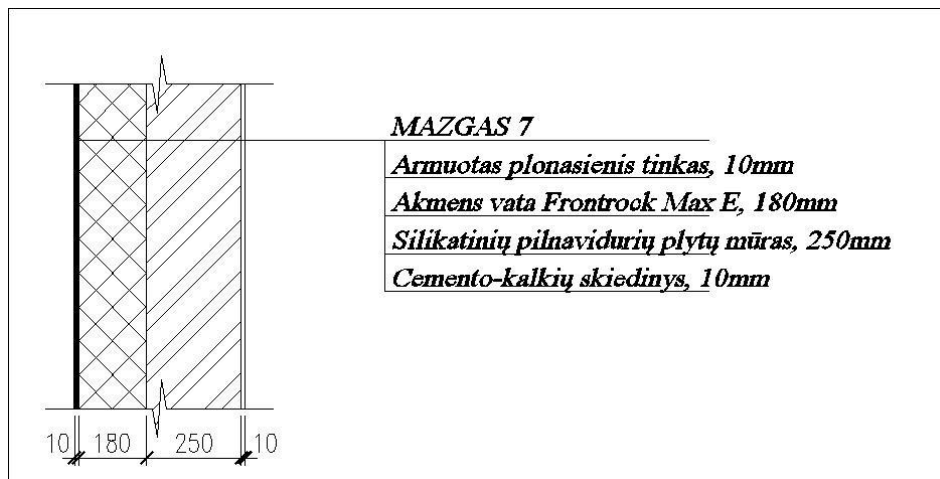
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,16 W / m^2 K < U_N = 0,20 W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 7

Išorinis silikatinių plytų mūras apšiltinamas mineraline vata Frontrock MAX E, t=180 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



9 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 7 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

7 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 7 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Silikatinių plytų mūras	R2	0,25	1	0,25
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Mineralinė vata Frontrock MAX E	R4	0,18	0,038	4,73
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,45	–	5,23

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W} , R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Silikatinių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projekcinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Mineralinės vatos Frontrock MAX E (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,036W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,036 + 0,002 + 0 = 0,038W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi mineralinė vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,036 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,23} = 0,19W / m^2 K.$$

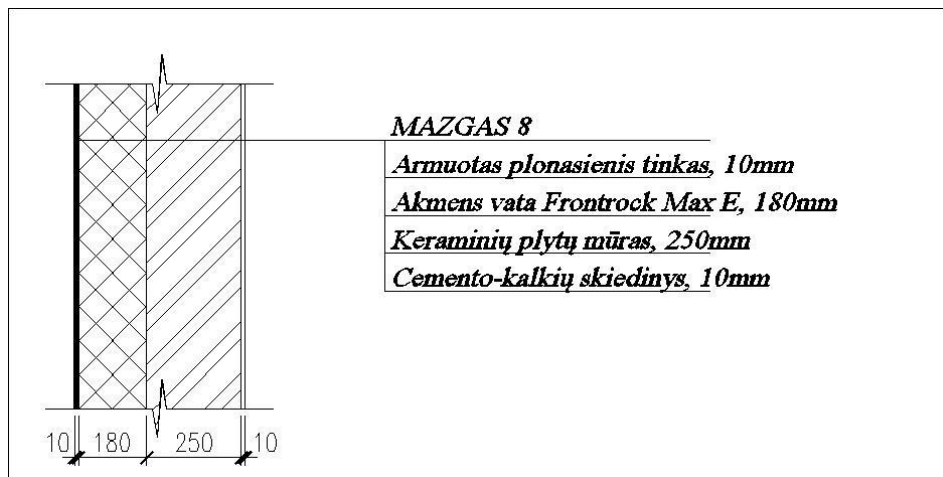
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,19W / m^2 K < U_N = 0,20W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 8

Išorinis tuščiavidurių keraminių plytų mūras apšiltinamas mineraline vata Frontrock MAX E, $t=180$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



10 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 8 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

8 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 8 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Tuščiavidurių keraminių plytų mūras	R2	0,25	0,6	0,42
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Mineralinė vata Frontrock MAX E	R4	0,18	0,038	4,73
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,45	–	5,40

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}, \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Tuščiavidurių keraminių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Mineralinė vata Frontorck MAX E (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,036 \text{ W} / \text{mK}$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,036 + 0,002 + 0 = 0,038 \text{ W} / \text{mK},$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 \text{ W} / \text{mK}$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi mineralinė vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,036 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,40} = 0,18 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

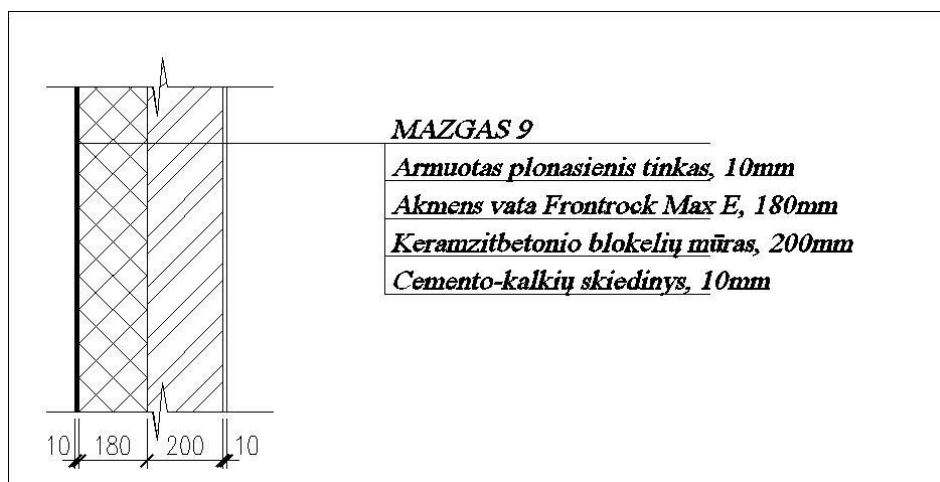
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,18 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K} < U_N = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

MAZGAS NR. 9

Išorinis keramzitbetonio blokelių mūras apšiltinamas mineraline vata Frontrock MAX E, $t=180$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



11 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 9 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

9 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 9 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $\text{m}^2 \text{ K} / \text{W}$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Keramzitbetonio blokelių mūras	R2	0,20	0,18	1,11
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Mineralinė vata Frontrock MAX E	R4	0,18	0,038	4,73
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R_{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,40	–	6,09

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Keramzitbetonio blokelių mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projekcinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Mineralinė vata Frontrock MAX E (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,036 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,036 + 0,002 + 0 = 0,038 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi mineralinė vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,036 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{6,09} = 0,16 W / m^2 K.$$

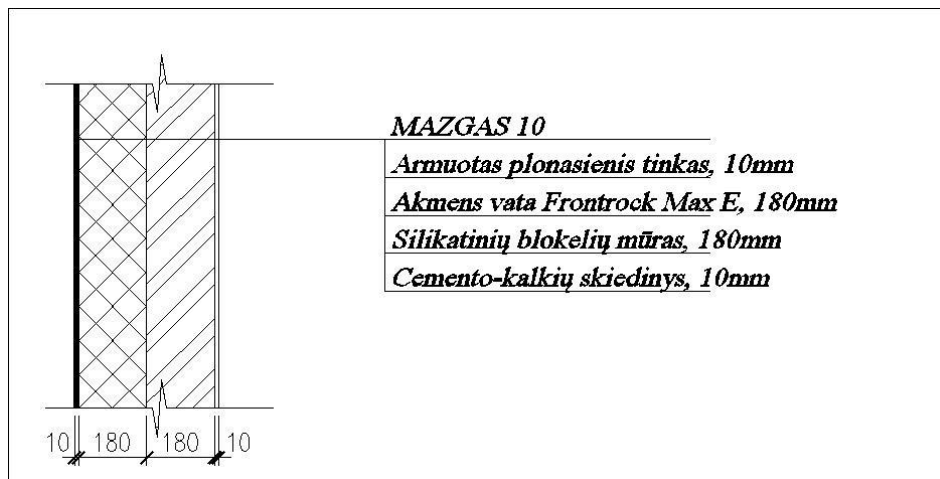
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,16 W / m^2 K < U_N = 0,20 W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 10

Išorinis silikatinių blokelių mūras apšiltinamas mineraline vata Frontrock MAX E, t=180 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



12 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 10 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

10 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 10 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Silikatinių blokelių mūras	R2	0,18	0,7	0,26
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Mineralinė vata Frontrock MAX E	R4	0,18	0,038	4,73
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,38	–	5,24

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W} , R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Silikatinių blokelių mūro projektinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Mineralinė vata Frontrock MAX E (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,036W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,036 + 0,002 + 0 = 0,038W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi mineralinė vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,036 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,24} = 0,19W / m^2 K.$$

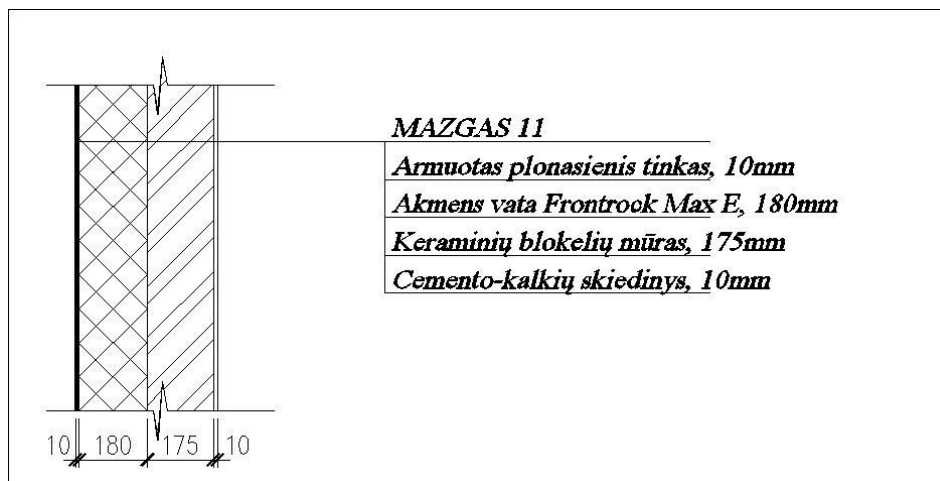
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,19W / m^2 K < U_N = 0,20W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 11

Išorinis keraminių blokelių mūras apšiltinamas mineraline vata Frontrock MAX E, $t=180$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klizais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



13 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 11 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

11 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 11 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Keraminių blokelių mūras	R2	0,175	0,26	0,66
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Mineralinė vata Frontrock MAX E	R4	0,18	0,038	4,73
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,38	–	5,64

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}, \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Keraminių blokelių mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Mineralinės vatos Frontrock MAX E (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,036 \text{ W} / \text{mK}$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,036 + 0,002 + 0 = 0,038 \text{ W} / \text{mK},$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 \text{ W} / \text{mK}$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi mineralinė vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,036 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,64} = 0,17 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

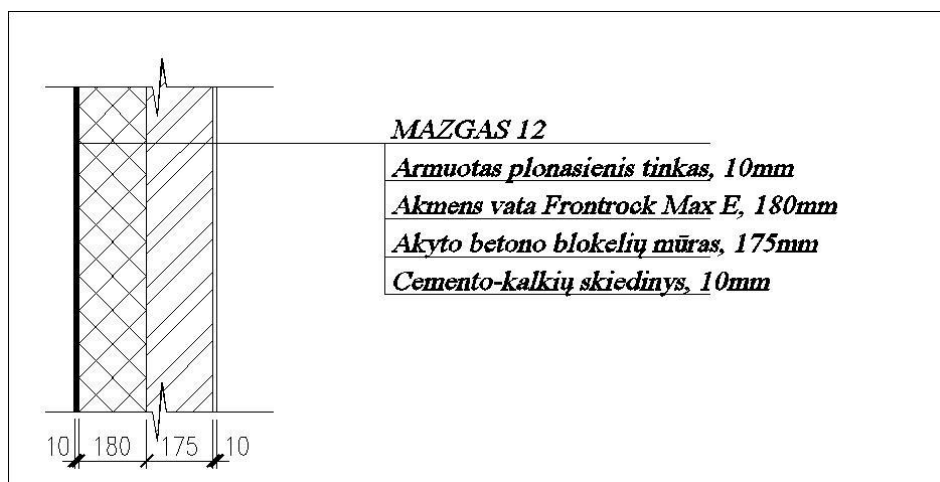
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,17W / m^2 K < U_N = 0,20W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 12

Išorinis akytojo betono blokelių mūras apšiltinamas mineraline vata Frontrock MAX E, $t=180$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klėjais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



14 pav.Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 12 klasė B

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,20W / m^2 K.$$

12 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 12 klasė B

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $m^2 K/W$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Akytojo betono blokelių mūras (PORITAS)	R2	0,175	0,14	1,25
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Mineralinė vata Frontrock MAX E	R4	0,18	0,038	4,73
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R_{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,38	–	6,23

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Akytojo betono blokelių mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Mineralinės vatos Frontrock MAX E (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,036 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,036 + 0,002 + 0 = 0,038 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi mineralinė vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,036 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{6,23} = 0,16 W / m^2 K.$$

Išvada:

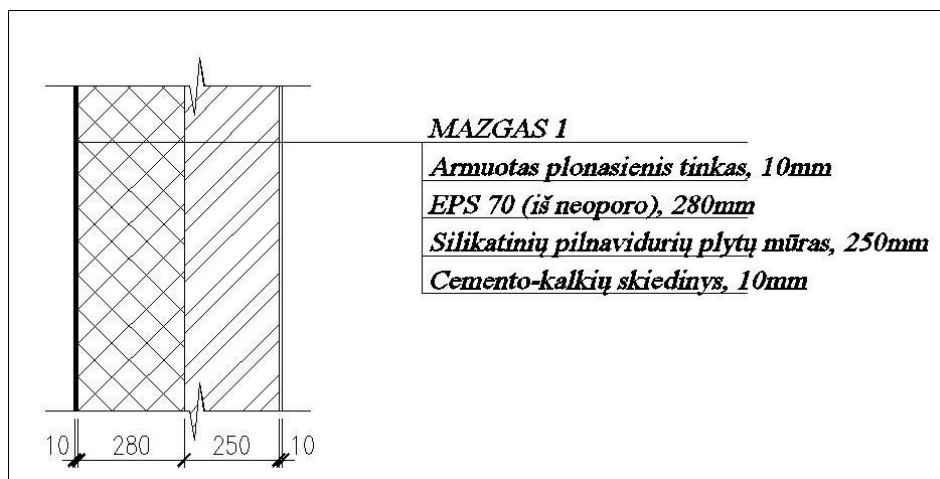
Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,16 W / m^2 K < U_N = 0,20 W / m^2 K.$$

3.2. Sienų sprendinių skaičiavimai energinio naudingumo A klasei

MAZGAS NR. 1

Išorinis silikatinių plytų mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, $t=280$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



15 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 1 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013, „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

13 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 1 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $\text{m}^2\text{K/W}$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Pilnavidurių silikatinių plytų mūras	R2	0,25	1	0,25
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,28	0,034	8,23
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R_{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,57	–	8,73

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W} , R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Silikatinių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,73} = 0,11W / m^2K.$$

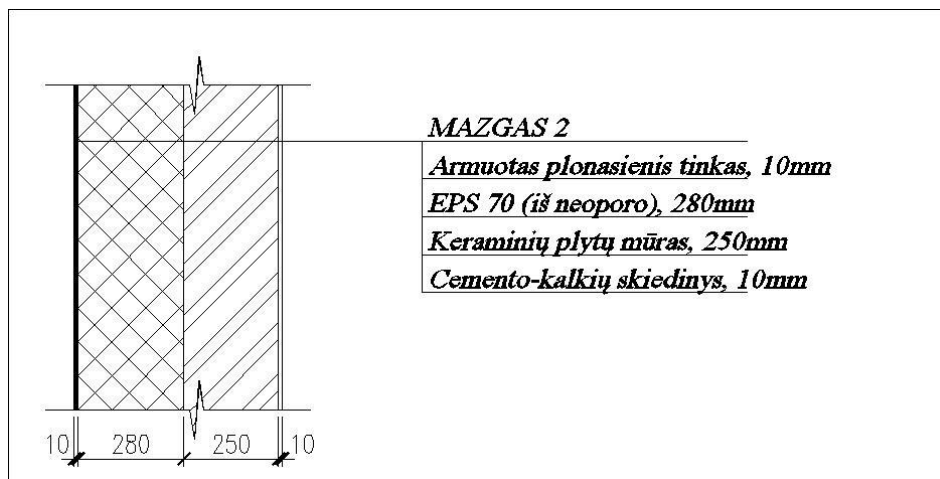
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,11W / m^2K \leq U_N = 0,12W / m^2K.$$

MAZGAS NR. 2

Išorinis tuščiavidurių keraminių plytų mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, t=280 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



16 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 2 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013, „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

14 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 2 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Tuščiavidurių keraminių plytų mūras	R2	0,25	0,6	0,42
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,28	0,034	8,23
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,55	–	8,90

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}, \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Tuščiavidurių keraminių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projekcinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032 \text{ W} / \text{mK}$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034 \text{ W} / \text{mK},$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 \text{ W} / \text{mK}$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,90} = 0,11 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

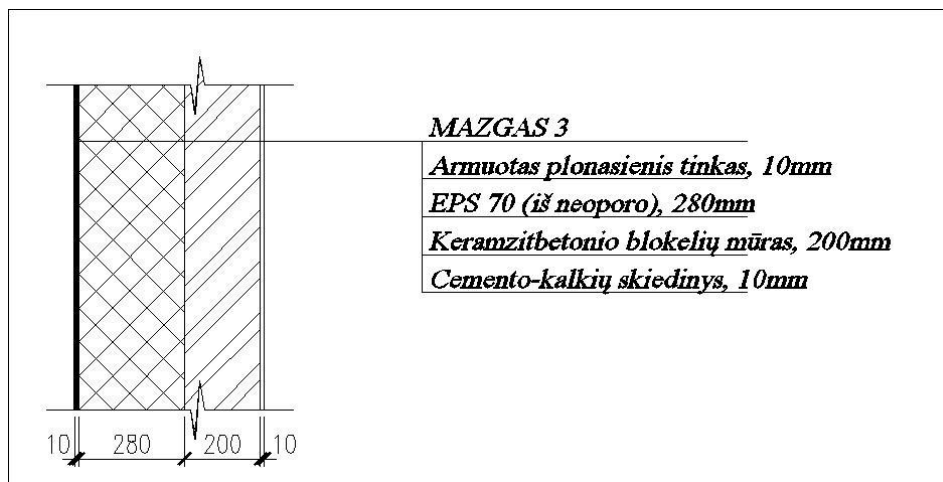
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,11 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K} \leq U_N = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

MAZGAS NR. 3

Išorinis keramzitbetonio blokelių mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, t=280 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



17 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 3 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,2 \cdot \kappa = 0,2 \cdot 1,03 = 0,206 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

15 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 3 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	—	—	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	—	0,02
Keramzitbetonio blokelių mūras	R2	0,20	0,18	1,11
Klijų sluoksnis	R3	0,005	—	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,28	0,034	8,23
Armotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	—	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	—	—	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,50	—	9,59

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Keramzitbetonio blokelių mūro projektinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{9,59} = 0,10 W / m^2 K.$$

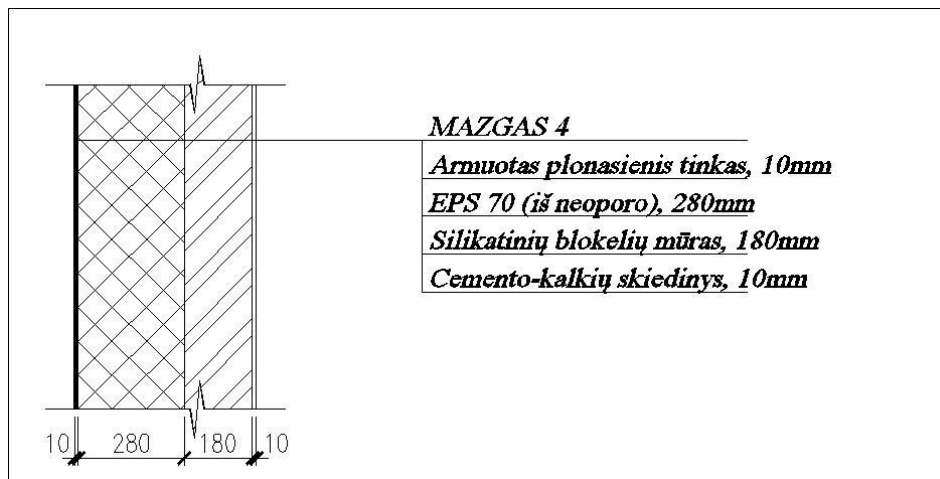
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,10 W / m^2 K \leq U_N = 0,12 W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 4

Išorinis silikatinių blokelių mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, t=280 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



18 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 4 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

16 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 4 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $\text{m}^2 \text{K} / \text{W}$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Silikatinių blokelių mūras	R2	0,18	0,7	0,26
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,28	0,034	8,23
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R_{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,48	–	8,74

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}, \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Silikatinių blokelių mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,74} = 0,11W / m^2 K.$$

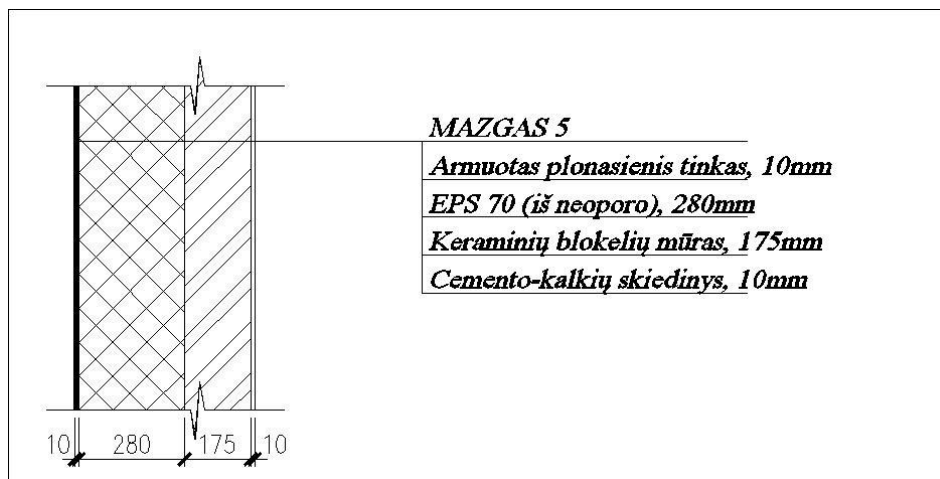
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,11W / m^2 K \leq U_N = 0,12W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 5

Išorinis keraminių blokelių mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, $t=280$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais kljais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



19 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 5 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

17 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 5 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Keraminių blokelių mūras	R2	0,175	0,26	0,66
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,28	0,034	8,23
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,48	–	9,14

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}, \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}.$$

Tuščiavidurių keraminių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032 \text{ W} / \text{mK}$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034 \text{ W} / \text{mK},$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 \text{ W} / \text{mK}$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{9,14} = 0,10 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

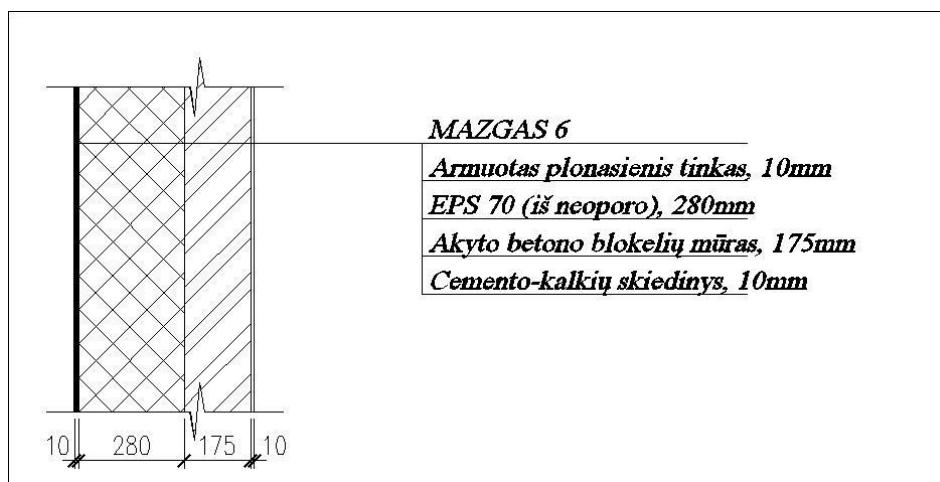
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,10 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K} \leq U_N = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

MAZGAS NR. 6

Išorinis akytojo betono blokelių mūras apšiltinamas polistireniniu putplasčiu EPS 70, t=280 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



20 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 6 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

18 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 6 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Akytojo betono blokelių mūras (PORITAS)	R2	0,175	0,14	1,25
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Polistireninis putplastis EPS 70 (iš neoporo)	R4	0,28	0,034	8,23
Armotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,48	–	9,73

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, \quad R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Tuščiavidurių keraminių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Polistireninio putplasčio EPS 70 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,032 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,032 + 0,002 + 0 = 0,034 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi putplastis sienoje klijuojamas prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,032 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{9,73} = 0,10 W / m^2 K.$$

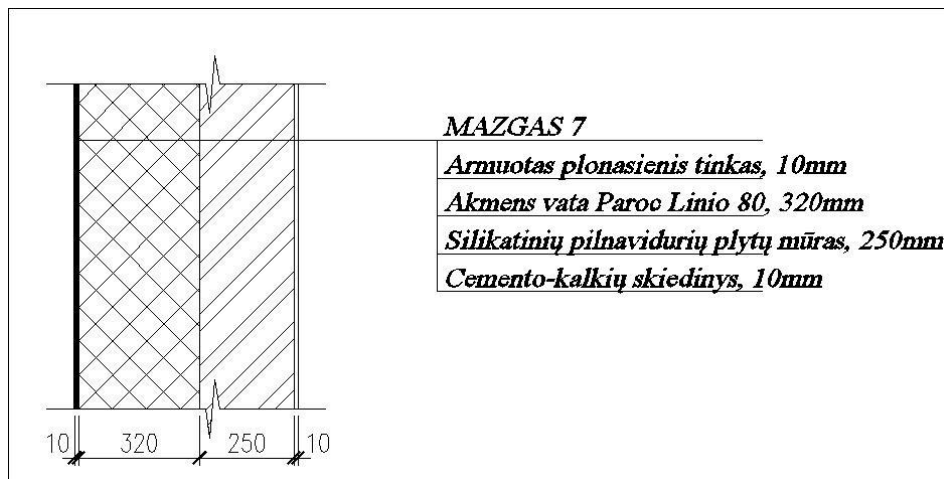
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,10 W / m^2 K \leq U_N = 0,12 W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 7

Išorinis silikatinių plytų mūras apšiltinamas akmens vata Paroc Linio 80, t=320 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



21 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 7 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W / m}^2 \text{ K}.$$

19 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 7 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Silikatinių plytų mūras	R2	0,25	1	0,25
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Akmens vata Paroc Linio 80	R4	0,32	0,042	7,62
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,59	–	8,12

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K / W} , R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K / W}.$$

Silikatinių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projekcinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Akmens vatos Paroc Linio 80 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,040 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,040 + 0,002 + 0 = 0,042 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi akmens vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,040 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,12} = 0,12 W / m^2 K.$$

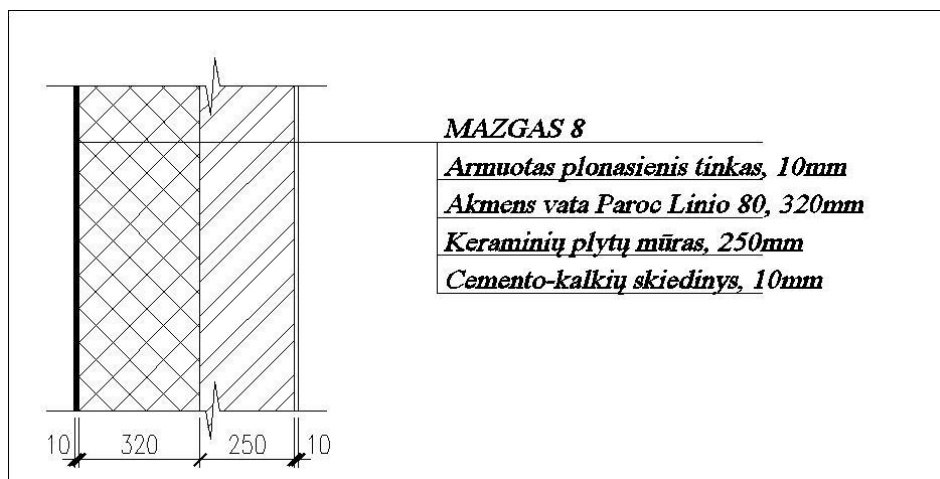
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,12 W / m^2 K \leq U_N = 0,12 W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 8

Išorinis tuščiavidurių keraminių plytų mūras apšiltinamas akmens vata Frontrock Paroc Linio 80, $t=320$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klėjais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



22 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 8 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 W / m^2 K.$$

20 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 8 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Tuščiavidurių keraminių plytų mūras	R2	0,25	0,6	0,42
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Akmens vata Paroc Linio 80	R4	0,32	0,042	7,62
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,59	–	8,29

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Tuščiavidurių keraminių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Akmens vatos Paroc Linio 80 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,040 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,040 + 0,002 + 0 = 0,042 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi akmens vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,040 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,29} = 0,12 W / m^2 K.$$

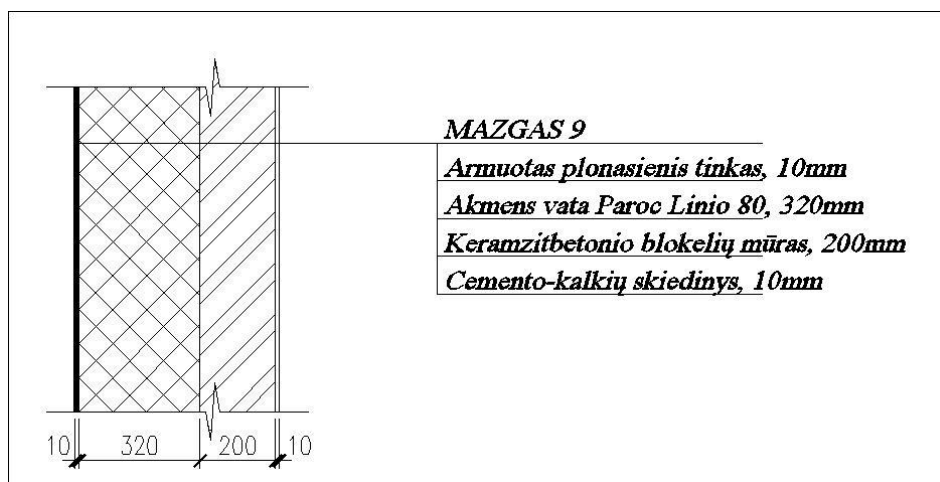
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K} \leq U_N = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

MAZGAS NR. 9

Išorinis keramzitbetonio blokelių mūras apšiltinamas akmens vata Paroc Linio 80, $t=320$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



23 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 9 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

21 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 9 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $\text{m}^2 \text{ K} / \text{W}$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Keramzitbetonio blokelių mūras	R2	0,20	0,18	1,11
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Akmens vata Paroc Linio 80	R4	0,32	0,042	7,62
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R_{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,54	–	8,98

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, \quad R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Keramzobetono blokelių mūro projektinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimama iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Akmens vatos Paroc Linio 80 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,040 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,040 + 0,002 + 0 = 0,042 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi akmens vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,040 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,98} = 0,11 W / m^2 K.$$

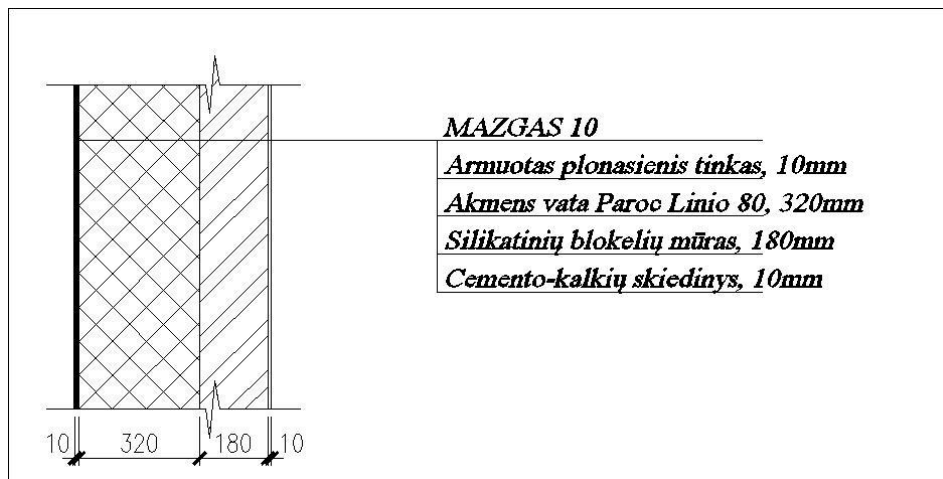
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,11 W / m^2 K \leq U_N = 0,12 W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 10

Išorinis silikatinių blokelių mūras apšiltinamas akmens vata Paroc Linio 80, t=320 mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



24 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 10 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W / m}^2 \text{ K}.$$

22 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 10 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Silikatinių blokelių mūras	R2	0,18	0,7	0,26
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Akmens vata Frontrock MAX E	R4	0,32	0,042	7,62
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,52	–	8,13

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K / W} , R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K / W}.$$

Silikatinių blokelių mūro projektinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Akmens vatos Paroc Linio 80 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,040 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,040 + 0,002 + 0 = 0,042 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi akmens vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,040 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,13} = 0,12 W / m^2 K.$$

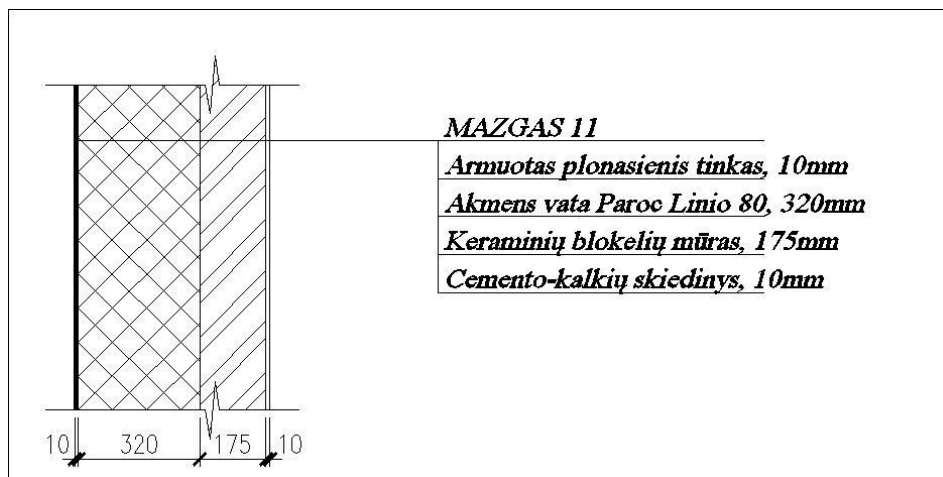
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,12 W / m^2 K \leq U_N = 0,12 W / m^2 K.$$

MAZGAS NR. 11

Išorinis keraminių blokelių mūras apšiltinamas akmens vata Paroc Linio 80, $t=320$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



25 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 11 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 W / m^2 K.$$

23 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 11 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, m ² K/W
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Keraminių blokelių mūras	R2	0,175	0,26	0,66
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Akmens vata Paroc Linio 80	R4	0,32	0,042	7,62
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,52	–	8,53

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, \quad R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Silikatinių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Akmens vatos Paroc Linio 80 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,040 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,040 + 0,002 + 0 = 0,042 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi akmens vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,040 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,53} = 0,11 W / m^2 K.$$

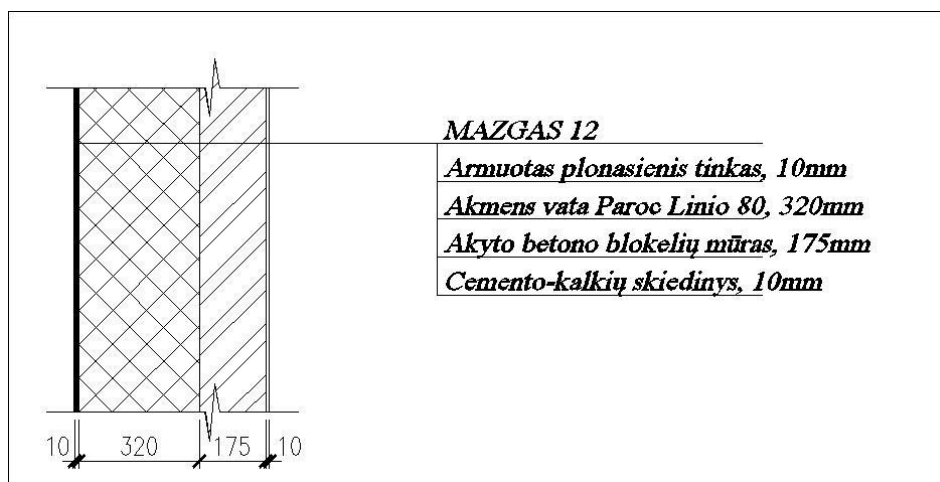
Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,11 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K} \leq U_N = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

MAZGAS NR. 12

Išorinis akytojo betono blokelių mūras apšiltinamas akmens vata Paroc Linio 80, $t=320$ mm. Plokštės prie sienos klijuojamos specialiais klijais ir tvirtinamos mechaniškai smeigėmis. Kaip apdailos elementas naudojamas faktūrinis tinkas.



26 pav. Sienos šiltinimo detalė. Mazgas 12 klasė A

Pagal STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ norminis gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_N = 0,12 \cdot \kappa = 0,12 \cdot 1,03 = 0,12 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}.$$

24 lentelė. Sienos techniniai duomenys. Mazgas 12 klasė A

Šilumos dydžiai ir sienos dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $\text{m}^2 \text{ K} / \text{W}$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	–	–	0,13
Tinkas (kalkės, smėlis)	R1	0,01	–	0,02
Akytojo betono blokelių mūras (PORITAS)	R2	0,175	0,14	1,25
Klijų sluoksnis	R3	0,005	–	0,04
Akmens vata Paroc Linio 80	R4	0,32	0,042	7,62
Armuotas plonasluoksnis tinkas	R5	0,01	–	0,02
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R_{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R	0,52	–	9,12

Vidinio ir išorinio paviršiaus šiluminės varžos parenkamos iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.3 lentelės:

$$R_{si} = 0,13 m^2 K / W, \quad R_{se} = 0,04 m^2 K / W.$$

Silikatinių plytų mūro projekcinio šilumos laidumo λ_{ds} vertė paimamos iš STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projekcinės vertės“ 7 lentelės.

Tinko, klijų šiluminė varža, paimama iš STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2 priedo 2.2 lentelės.

Akmens vatos Paroc Linio 80 (iš gamintojo techninių specifikacijų $\lambda_{dec} = 0,040 W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{4,ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0,040 + 0,002 + 0 = 0,042 W / mK,$$

čia $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje konstrukcijoje (STR 2.01.03:2009 2 lent.), $\Delta\lambda_{\omega} = 0,002 W / mK$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl konvekcijos. Kadangi akmens vata sienoje klijuojama prie izoliuojamojo paviršiaus, tai

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,040 \cdot 0 = 0.$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{9,12} = 0,10 W / m^2 K.$$

Išvada:

Suprojektuotas lauko sienos mazgas atitinka STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ reikalavimus, nes:

$$U = 0,10 W / m^2 K \leq U_N = 0,12 W / m^2 K.$$

Suprojektavus ir apskaičiavus 24 sienos atitvarų mazgus, kurie tenkina pastatų energinio naudingumo reikalavimus A ir B klasėms, tolesniam darbui naudojami gauti duomenis. Suprojektuotiems mazgams nustatomi pagrindiniai kriterijai, kurie apklausos metu buvo įvertinti pagal svarbumą ekspertų pagalba.

3.3. Rodiklių reikšmingumo skaičiavimas

Kriterijai buvo parenkami pagal svarbiausius techninius ir ekonominius rodiklius. Priklausomai nuo sąlygų, tokių kaip: geografinė padėtis, klimatas, pastato paskirtis, aukštingumas, aplinka ir kiti faktoriai, kurie gali nulemti alternatyvos geriausią variantą, uždaviniui galima būtų įvesti papildomus kriterijus. Papildomų kriterijų įvedimas galėtų parodyti papildomus trūkumus ir privalumus, kuriais galima būtų atsižvelgti projektuojant sienų atitvaras.

Remiantis sudaryta apklausa ir ekspertų priskirtais balais pagal svarbumą kriterijams, ekspertinių įverčių metodu nustatomi kriterijų santykiniai reikšmingumai. Lentelėje susisteminti ekspertų įvertinimai.

25 lentelė. Sienos mazgo kriterijų ekspertinis vertinimas

Ekspertai	Kaina	Varža	Storis	Svoris	Trukmė
1	5	4	3	1	2
2	5	4	3	2	3
3	5	5	3	1	2
4	5	4	3	1	3
5	5	4	2	2	2
6	5	5	3	3	4
7	5	4	3	2	2
8	5	5	2	2	3
9	5	4	3	2	2
10	5	4	2	2	2
11	5	5	3	3	3
12	5	4	2	2	2
13	5	4	3	3	2
14	5	4	3	1	3
15	5	4	3	2	3
16	5	5	2	2	3
17	5	4	3	2	3
18	5	4	3	3	2
19	5	5	3	1	2
20	5	5	3	1	3

Kad nustatyti ar ekspertų nuomonė vieninga, nustatomas nuomonės patikimumas. Konkordancijos koeficientas apskaičiuojamas:

$$W = \frac{12 S}{r^2(n^3-n)} = \frac{12 \cdot 2726,80}{20^2(5^3-5)} = 0,68. \quad [18]$$

26 lentelė. Sienos mazgokriterijų ekspertinio vertinimo konkordancijos koeficiento skaičiavimas

Ekspertai R=20	Kaina	Varža	Storis	Svoris	Trukmė
Įvertinimų suma	100	87	55	38	51
Vidutinės kriterijų reikšmės	5	4,35	2,75	1,9	2,55
Kriterijų ranžiruotė	1	2	3	5	4
Kriterijų reikšmingumas	0,30	0,26	0,17	0,11	0,15
Įvertinimų sumos ir vidutinių kriterijų reikšmių skirtumų suma	0	4,08	3,94	9,89	7,20
Ekspertinių įvertinimų dispersija	0	0,215	0,207	0,521	0,379
Variacija	0	0,106	0,166	0,380	0,241
Rangų sumos vidurkis	66,2				
Įvertinimo rezultatų nuokrypių kvadratų suma S	2726,80				
Konkordancijos koeficientas W	0,68				
Konkordancijos koeficiento reikšmingumas $\chi^2_{\alpha, v}$	54,5				
Norminis konkordancijos koeficiento reikšmingumas χ^2_{lent}	13,28				

Apskaičiuota konkordancijos koeficiento reikšmė artima vienetui, kas parodo, kad ekspertų vertinimai nėra prieštaringi. Apskaičiavus kriterijų svorius ekspertinių įverčių metodu gauta, kad:

$$\chi^2_{\alpha, v} = 54,5 > \chi^2_{lent} = 13,28. \quad [19]$$

Tai reiškia, kad norminis konkordancijos koeficiento reikšmingumas, kai laisvės laipsnių skaičius lygus keturiems, o reikšmingumo lygmuo – 0,01 %, yra mažesnis už apskaičiuotą konkordancijos koeficiento reikšmingumą. Todėl, pasiklivus skaičiavimo rezultatais, galima teigti, kad ekspertų nuomonė yra vieninga ir rodiklių reikšmingumas apskaičiuotas teisingai. Rodiklių kiekio padidėjimas galėtų patikslinti gaunamus rezultatus, tačiau, esminės įtakos konkordancijos koeficiento reikšmingumui neturės.

3.4. Sienų B klasės energiniam naudingumui pasiekti alternatyvų naudingumo analizė

Surinkus visus reikiamus duomenis apie nagrinėjamas alternatyvas sudaroma lentelė. Remiantis šios lentelės duomenimis ir taikant daugiatikslį COPRAS metodą nustatoma geriausia alternatyva. Skaičiavimo principas aprašytas 2.4.1. skyriuje.

27 lentelė. Alternatyvų su rodikliais suvestinė klasė B

Atitvarų rodikliai Energinio naudingumo klasė B					
Alternatyvos	Kaina, Lt/m ²	Varža, m ² K/W	Storis, m	Svoris, kg/m ²	Trukmė, žm.val.
Mazgas 1 B(A1)	224,46	5,21	0,43	472,72	4,68
Mazgas 2 B (A2)	223,27	5,38	0,43	372,72	4,38
Mazgas 3 B(A3)	191,08	6,07	0,38	155,22	3,90
Mazgas 4 B(A4)	182,49	5,22	0,36	282,10	4,00
Mazgas 5 B(A5)	220,38	5,62	0,36	208,79	3,70
Mazgas 6 B(A6)	156,20	6,21	0,36	121,76	2,90
Mazgas 7 B(A7)	251,77	5,23	0,45	497,00	4,78
Mazgas 8 B(A8)	252,30	5,40	0,45	397,00	4,58
Mazgas 9 B(A9)	225,00	6,09	0,40	179,50	4,20
Mazgas 10 B(A10)	213,03	5,24	0,38	306,38	4,10
Mazgas 11 B(A11)	250,92	5,64	0,38	233,07	3,80
Mazgas 12 B(A12)	187,50	6,23	0,38	146,04	3,10
Kriterijų svoriai	0,30	0,26	0,17	0,11	0,15

28 lentelė. Sprendimų matrica rodikliams klasė B

Duomenys		Kriterijai				
		x1	x2	x3	x4	x5
Alternatyvos	A1	224,46	5,21	0,43	472,72	4,68
	A2	223,27	5,38	0,43	372,72	4,38
	A3	191,08	6,07	0,38	155,22	3,90
	A4	182,49	5,22	0,36	282,10	4,00
	A5	220,38	5,62	0,36	208,79	3,70
	A6	156,20	6,21	0,36	121,76	2,90
	A7	251,77	5,23	0,45	497,00	4,78
	A8	252,30	5,40	0,45	397,00	4,58
	A9	225,00	6,09	0,40	179,50	4,20
	A10	213,03	5,24	0,38	306,38	4,10
	A11	250,92	5,64	0,38	233,07	3,80
	A12	187,50	6,23	0,38	146,04	3,10
Reikšmingumas		0,30	0,26	0,17	0,11	0,15
SumXi		2578,40	67,54	4,76	3372,30	48,12

29lentelė. Normalizuota matrica rodikliams klasė B

Duomenys		Kriterijai				
		x1	x2	x3	x4	x5
Alternatyvos	A1	0,026	0,020	0,015	0,015	0,015
	A2	0,026	0,021	0,015	0,012	0,014
	A3	0,022	0,023	0,014	0,005	0,012
	A4	0,021	0,020	0,013	0,009	0,012
	A5	0,026	0,022	0,013	0,007	0,012
	A6	0,018	0,024	0,013	0,004	0,009
	A7	0,029	0,020	0,016	0,016	0,015
	A8	0,029	0,021	0,016	0,013	0,014
	A9	0,026	0,023	0,014	0,006	0,013
	A10	0,025	0,020	0,014	0,010	0,013
	A11	0,029	0,022	0,014	0,008	0,012
	A12	0,022	0,024	0,014	0,005	0,010
Kryptis		min	max	min	min	min

30 lentelė. Maksimizuojančių S+j ir minimizuojančių S-j rodiklių sumos klasė B

Maksimizuojančių rodiklių suma		Minimizuojančių rodiklių suma	
S ⁺ ₁	0,020	S ⁻ ₁	0,071
S ⁺ ₂	0,021	S ⁻ ₂	0,067
S ⁺ ₃	0,023	S ⁻ ₃	0,053
S ⁺ ₄	0,020	S ⁻ ₄	0,056
S ⁺ ₅	0,022	S ⁻ ₅	0,057
S ⁺ ₆	0,024	S ⁻ ₆	0,044
S ⁺ ₇	0,020	S ⁻ ₇	0,076
S ⁺ ₈	0,021	S ⁻ ₈	0,073
S ⁺ ₉	0,023	S ⁻ ₉	0,059
S ⁺ ₁₀	0,020	S ⁻ ₁₀	0,061
S ⁺ ₁₁	0,022	S ⁻ ₁₁	0,062
S ⁺ ₁₂	0,024	S ⁻ ₁₂	0,050

31 lentelė. Santykiniai reikšmingumorodikliai ir naudingumo laipsniai klasė B

Santykinis reikšmingumas		Rodiklio naudingumo laipsnis	
Q1	0,071	N ₁	66,6%
Q2	0,074	N ₂	70,3%
Q3	0,091	N ₃	86,4%
Q4	0,085	N ₄	80,1%
Q5	0,085	N ₅	80,4%
Q6	0,106	N ₆	100,0%
Q7	0,067	N ₇	63,6%
Q8	0,070	N ₈	66,6%
Q9	0,084	N ₉	79,5%
Q10	0,079	N ₁₀	74,8%
Q11	0,080	N ₁₁	75,3%
Q12	0,096	N ₁₂	91,1%

Atlikus alternatyvų daugiakriterį COPRAS vertinimą buvo gauti tokie rezultatai.

Atitvarų B klasės energiniam naudingumui pasiekti alternatyvų naudingumo analize nustatyta, kad pagal naudingumo laipsnį prioritetų eilę sudaro:

A6(100,0%)>A12(91,1%)>A3(86,4%)>A5(80,4%)>A4(80,1%)>A9(79,5%)>A11(75,3%)>A10(74,8%)>A2(70,3%)>A1(66,6%)>A8(66,6%)>A7(63,6%).

Kad būtų galima įvertinti, ar šiais rezultatais galime pasikliauti, skaičiavimus atliekame daigiatiksliu artumo idealiajam taškui metodu TOPSIS.

32 lentelė.Santykinis atstumas iki idealaus klasė B

Idealiai geriausias atstumas		Neigiamai idealus atstumas		KBIT _i	
L ₊₁	0,052	L ₋₁	0,012	KBIT1	0,184
L ₊₂	0,043	L ₋₂	0,018	KBIT2	0,297
L ₊₃	0,018	L ₋₃	0,046	KBIT3	0,716
L ₊₄	0,027	L ₋₄	0,038	KBIT4	0,593
L ₊₅	0,030	L ₋₅	0,037	KBIT5	0,547
L ₊₆	0,000	L ₋₆	0,061	KBIT6	0,996
L ₊₇	0,061	L ₋₇	0,000	KBIT7	0,006
L ₊₈	0,053	L ₋₈	0,011	KBIT8	0,167

32 lentelės pabaiga.

L ₊₉	0,032		L ₋₉	0,038		KBIT9	0,536
L ₊₁₀	0,035		L ₋₁₀	0,028		KBIT10	0,440
L ₊₁₁	0,042		L ₋₁₁	0,031		KBIT11	0,421
L ₊₁₂	0,013		L ₋₁₂	0,051		KBIT12	0,790

Iš gautų rezultatų matyti, kad pagal santykinį atstumą iki idealaus prioritetų eilė:

A6(0,996)>A12(0,790)>A3(0,716)>A4(0,593)>A5(0,547)>A9(0,536)>A10(0,440)>A11(0,421)>A2(0,297)>A1(0,184)>A8(0,167)>A7(0,006).

Apibendrinant rezultatus B klasei, galima daryti išvadą, kad racionalūs variantai:

1) Akytojo betono blokėliai ir polistireninis putplastis; 2) Akytojo betono blokėliai ir akmens vata; 3) Keramzitbetonio blokėliai ir polistireninis putplastis 4) Silikatiniai blokėliai ir polistireninis putplastis; 5) Keraminiai blokėliai ir polistireninis putplastis; 6) Keramzitbetonio blokėliai ir akmens vata.

3.5. Sienų A klasės energiniam naudingumui pasiekti alternatyvų naudingumo analizė

Surinkus visus reikiamus duomenis apie nagrinėjamas alternatyvas sudaroma lentelė. Remiantis šios lentelės duomenimis ir taikant daugiakriterinį TOPSIS metodą nustatoma geriausia alternatyva. Skaičiavimo principas aprašytas 2.4.2. skyriuje.

33 lentelė. Alternatyvų suvestinė klasė A

Atitvarų rodikliai Energinio naudingumo klasė A					
Alternatyvos	Kaina, Lt/m ²	Varža, m ² K/W	Storis, m	Svoris, kg/m ²	Trukmė, žm.val.
Mazgas 1 A(A1)	283,32	8,73	0,57	474,76	5,15
Mazgas 2 A(A2)	282,13	8,90	0,55	374,76	4,82
Mazgas 3 A(A3)	249,94	9,59	0,50	157,26	4,29
Mazgas 4 A(A4)	241,35	8,74	0,48	284,14	4,40
Mazgas 5 A(A5)	279,24	9,14	0,48	210,83	4,07
Mazgas 6 A(A6)	181,28	9,73	0,48	123,81	3,19
Mazgas 7 A(A7)	340,13	8,12	0,59	500,40	5,26
Mazgas 8 A(A8)	340,65	8,29	0,59	400,40	5,04
Mazgas 9 A(A9)	313,35	8,98	0,54	182,90	4,62
Mazgas 10 A(A10)	301,38	8,13	0,52	309,78	4,51
Mazgas 11 A(A11)	339,27	8,53	0,52	236,48	4,18
Mazgas 12 A(A12)	234,63	9,12	0,52	149,45	3,41
Kriterijų svoriai	0,30	0,26	0,17	0,11	0,15

34 lentelė. Sprendimų matrica rodikliams klasė A

Duomenys		Kriterijai				
		x1	x2	x3	x4	x5
Alternatyvos	A1	283,32	8,73	0,57	474,76	5,15
	A2	282,13	8,90	0,55	374,76	4,82
	A3	249,94	9,59	0,50	157,26	4,29
	A4	241,35	8,74	0,48	284,14	4,40
	A5	279,24	9,14	0,48	210,83	4,07
	A6	181,28	9,73	0,48	123,81	3,19
	A7	340,13	8,12	0,59	500,40	5,26
	A8	340,65	8,29	0,59	400,40	5,04
	A9	313,35	8,98	0,54	182,90	4,62
	A10	301,38	8,13	0,52	309,78	4,51
	A11	339,27	8,53	0,52	236,48	4,18
	A12	234,63	9,12	0,52	149,45	3,41
Reikšmingumas		0,31	0,26	0,17	0,11	0,15
SumXi		3386,67	106,00	6,34	3404,97	52,94
Kvadratų šaknis		991,13	30,65	1,84	1072,14	15,43

35 lentelė. Normalizuota matrica rodikliams klasė A

Duomenys		Kriterijai				
		x1	x2	x3	x4	x5
Alternatyvos	A1	0,086	0,074	0,053	0,049	0,050
	A2	0,085	0,076	0,051	0,038	0,047
	A3	0,076	0,081	0,046	0,016	0,042
	A4	0,073	0,074	0,044	0,029	0,043
	A5	0,085	0,078	0,044	0,022	0,040
	A6	0,055	0,083	0,044	0,013	0,031
	A7	0,103	0,069	0,055	0,051	0,051
	A8	0,103	0,070	0,055	0,041	0,049
	A9	0,095	0,076	0,050	0,019	0,045
	A10	0,091	0,069	0,048	0,032	0,044
	A11	0,103	0,072	0,048	0,024	0,041
	A12	0,071	0,077	0,048	0,015	0,033
Kryptis		min	max	min	min	min

36 lentelė. Idealiai geriausi ir neigiamai idealūs variantai klasė A

	Kriterijai				
	x1	x2	x3	x4	x5
a+	0,055	0,083	0,044	0,013	0,031
a-	0,103	0,069	0,055	0,051	0,051

37 lentelė. Santykinis atstumas iki idealaus klasė A

Idealiai geriausias atstumas		Neigiamai idealus atstumas		KBITi	
L ₊₁	0,052	L ₋₁	0,018	KBIT1	0,260
L ₊₂	0,044	L ₋₂	0,024	KBIT2	0,349
L ₊₃	0,024	L ₋₃	0,048	KBIT3	0,669
L ₊₄	0,028	L ₋₄	0,040	KBIT4	0,584
L ₊₅	0,033	L ₋₅	0,039	KBIT5	0,547
L ₊₆	0,000	L ₋₆	0,067	KBIT6	1,000
L ₊₇	0,067	L ₋₇	0,000	KBIT7	0,002
L ₊₈	0,061	L ₋₈	0,011	KBIT8	0,148
L ₊₉	0,044	L ₋₉	0,035	KBIT9	0,447
L ₊₁₀	0,045	L ₋₁₀	0,025	KBIT10	0,355
L ₊₁₁	0,051	L ₋₁₁	0,030	KBIT11	0,369
L ₊₁₂	0,018	L ₋₁₂	0,053	KBIT12	0,748

Atlikus alternatyvų daugiakriterį TOPSIS vertinimą buvo gauti tokie rezultatai.

Atitvarų A klasės energiniam naudingumui pasiekti alternatyvų naudingumo analize nustatyta, kad alternatyvos pagal santykinį atstumą iki idealaus prioritetų eilę sudaro:

A6(1,000)>A12(0,748)>A3(0,669)>A4(0,584)>A5(0,547)>A9(0,447)>A11(0,369)>A10(0,355)>A2(0,349)>A1(0,260)>A8(0,148)>A7(0,002).

Kad būtų galima įvertinti, ar šiais rezultatais galime pasikliauti, skaičiavimus atliekame daugiatisliu kompleksinio proporcingumo vertinimo metodu COPRAS.

38 lentelė. Santykiniai reikšmingumo rodikliai ir naudingumo laipsniai klasė A

Santykinis reikšmingumas		Rodiklio naudingumo laipsnis	
Q1	0,073	N ₁	66,2%
Q2	0,077	N ₂	70,0%
Q3	0,092	N ₃	83,7%
Q4	0,086	N ₄	78,3%
Q5	0,087	N ₅	79,1%
Q6	0,110	N ₆	100,0%
Q7	0,067	N ₇	60,8%
Q8	0,069	N ₈	63,4%
Q9	0,081	N ₉	73,7%
Q10	0,077	N ₁₀	70,0%
Q11	0,078	N ₁₁	70,8%
Q12	0,095	N ₁₂	87,1%

Iš gautų rezultatų matyti, kad pagal naudingumo laipsnį prioritetų eilė:

A6(100%)>A12(87,1%)>A3(83,7%)>A5(79,1%)>A4(78,3%)>A9(73,3%)>A11(70,8%)>A2(70%)>A10(70%)>A1(66,2%)>A8(63,4%)>A7(60,8%).

Apibendrinant rezultatus A klasei, galima daryti išvadą, kad racionalūs variantai:

- 1) Akytojo betono blokėliai ir polistireninis putplastis;
- 2) Akytojo betono blokėliai ir akmens vata;
- 3) Keramzitbetonio blokėliai ir polistireninis putplastis
- 4) Silikatiniai blokėliai ir polistireninis putplastis;
- 5) Keraminiai blokėliai ir polistireninis putplastis;
- 6) Keramzitbetonio blokėliai ir akmens vata.

IŠVADOS

1. Pastatų atitvarų parinkimas yra daugiatislo diskrečių alternatyvų vertinimo uždavinys. Uždavinys sprendžiamas kompleksinio proporcingumo vertinimo metodu (COPRAS), sukurto Vilniaus Gedimino technikos universiteto mokslininkų E.K. Zavadsko ir A. Kaklauskos, ir artumo idealiajam taškui metodu (TOPSIS).

2. Atitvaroms parinkti rodikliai, kurie, remiantis ekspertų vertinimu, pateikti pagal reikšmingumą: sienos vieno kvadratinio metro kaina (0,31), sienos varža (0,26), sienos storis (0,17), sienos vieno kvadratinio metro savasis svoris (0,11), darbų atlikimo trukmė tenkanti sienos kvadratiniam metrui (0,15).

3. Atlikus sienų konstrukcijų skaičiavimus, nustatyta, kad: racionalūs variantai konstruktyvo yra akytojo betono blokeliai, o šiltinamosios medžiagos - polistireninis putplastis. Toliau prioriteto tvarka alternatyvos išdėstomos atitinkamai taip: akytojo betono blokeliai ir akmens vata, keramzitbartonio blokeliai ir polistireninis putplastis, silikatiniai blokeliai ir polistireninis putplastis, keraminiai blokeliai ir polistireninis putplastis, keramzitbartonio blokeliai ir akmens vata.

4. Remiantis skaičiavimo rezultatais: du centimetrai polistireninio putplasčio medžiagos identiškam mazgui su akmens vata yra pranašesni savojo svorio, šiluminių savybių, darbų atlikimo trukmės ir kainos atžvilgiais.

5. Lyginant A klasės energinio naudingumo sienos mazgą su B klasės, ženkliai padidėja šiluminės izoliacijos kiekis, darbų atlikimo trukmė, sienos storis, savasis svoris ir kaina. A klasės mazgus pabrangina būtinos sudedamosios tinkuojamų fasadų dalys – smeigės, kurios vieno kvadratinio metro kainą padidina 8-11%, lyginant su B klasei skirtomis smeigėmis.

6. Apibendrinant skaičiavimo rezultatus, galima teigti: A klasės sienos mazgo alternatyvos kaina yra 26 % didesnė nei analogiško B klasei; skaičiuojamų pigiausio ir brangiausio mazgo B klasei kainos skirtumas yra 62 %, o A klasei skirtumas sudaro 82 %.

7. Lyginant skaičiuojamų polistireninio putplasčio pigiausio ir brangiausio sienos mazgo, atitinkančio B klasės reikalavimus, kainos skirtumas yra 44 %, o A klasei sudaro 56 %; skaičiuojamų akmens vatos pigiausio ir brangiausio mazgo, atitinkančio B klasės reikalavimus, kainos skirtumas yra 35 %, o A klasei siekia 45 %.

8. Priimant sprendimą dėl sienos konstruktyvo reikia įvertinti, kad geriausia šiame darbe įvardinta alternatyva – akyt Breitbartonio blokeliai, taip pat turi trūkumų: monolitiniuose pastatuose akyt Breitbartonį, kaip sienos konstruktyvą, panaudoti yra sudėtinga, nes gaudami apkrovų iš monolitinių perdangų (leistinų įlinkių) blokeliai skilinėja, dėl silpnų atsparumo gniuždymui savybių; akyt Breitbartonio vandens įmirkis ir drėgmės įgeriamumas yra didelis, o tai nesudaro galimybių masinių statybų metu dirbti nepalankiomis oro sąlygomis; sudarytas iš porėtosios struktūros padidina išlaidas, dėl šiltinamosios medžiagos tvirtinimo elementų; mažas savasis svoris nesuteikia geros garso izoliacijos pastatų tarpbutinėse sienose.

LITERATŪRA

- Aldawi F.; Date A.; Alam F.; Khan I.; Alghamdi M. (2013) Energy efficient residential house wall system, *Applied Thermal Engineering* 58, 2013, pp. 400-410.
- Balaras C. A.; Gaglia A. G.; Georgopoulou E.; Mirasgedis S.; Sarafydis Y.; Lalas D.P. (2007) European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potencial energy savings. *Building and Environment* 42, 2007, pp. 1298-1314.
- Baltparma, Prekių katalogas ir gaminių techniniai duomenys, 2014.
- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (2010). *Official Journal of the European Union*, L 153 Vol. 53. Directive No. 2010/31. ISSN 1725 – 2555.
- Dėjus T. (2007) Statybos procesų technologija: aiškinamasis uždavinynas. Vilnius: Technika.
- Ginevičius R.; Podvezko V.; Raslanas S. (2008) Pastatų sienų šiltinimo variantų vertinimas taikant daugiakriterius metodus. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2008, 14(4): pp. 217–226.
- Han J.; Chen D.; Wang X. (2013) Multi-criteria heatwave vulnerability assessment of residential wall systems, *Energy and Buildings* 66, 2013, pp. 373-383.
- Hwang C. L.; Yoon K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin.
- Ignatavičius Č.; Skrodenis S. V. (2011) Daugiabučių namų atnaujinimui (modernizavimui) skirtų tipinių detalių bei priemonių katalogas. Vilnius: Skraida. ISBN 978-609-95318-0-9.
- Kracka M.; Brauers W. K. M.; Zavadskas E. K. (2010) Buildings external walls and windows effective selection by applying multiple criteria method. *Modern building materials, structures and techniques*. Vilnius: Vilnius Gediminas Technical University, pp.436-441.
- Lietuvos Respublikos statybos įstatymas. Valstybės žinios, 1996, Nr. 32-788. Aktuali redakcija.
- Lupišek A. (2013) Multi-criteria assessment of buildings in context of sustainable building. Doctoral Thesis, Czech Technical University in Prague, 2013.
- Opricovic S.; Tzeng G. H. (2004) Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of Vikor and Topsis, *The European Journal of Operational Research*, 156, 2004, pp. 445-455.
- PAROC, Išorės sienos ir pertvaros, informacija apie gaminius 2014.
- PAROC, Paroc akmens vatos gaminių kainynas 2014.
- PAROC, Šilumos izoliacija tinkuojamiems fasadams 2014.
- Respublikinės statybos normos (RSN) 156-94. Statybinė klimatologija. – Žin., 2002, Nr. 96-4230.

- Rockwool, Pastatų atitvarų konstrukciniai sprendimai ir U vertės, žinynas 2013.
- Rockwool, Rockwool akmens vatos gaminių kainynas 2014.
- Rockwool, Statybiniai šilumos izoliacijos gaminiai, 2014.
- Rockwool, Tinkuojamų išorės sienų šiltinimas 2014.
- Rodriguez-Soria B.; Dominguez-Hernandez J.; Perez-Bela J.M.; Coz-Diaz J.J. (2014) Review of international regulations governing the thermal insulation requirements of residential buildings and the harmonization of envelope energy loss. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 34, 2014, pp. 78-90.
- Roos R.; Gorgolewski M. (2011) Multicriteria assessment of new residential building envelope typologies, that meet 2012 Ontario building code requirements, 2011, Ryerson University.
- Ruzgys A.; Volvačiovas R.; Ignatavičius Č. (2013) Atnaujintų pastatų energijos suvartojimo analizė ir atsiperkamumo modeliavimas. Vilnius: Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, pp. 513-519. ISSN 2029-2341.
- Sąmatų skaičiavimo programa ProSama 5G, Dycode software, 2014.
- Simpras, Prekių katalogas ir gaminių techniniai duomenys, 2014.
- ST 2124555837.01:2013 „Atitvarų šiltinimas polistireniniu putplasčiu/Insulation of buildings with EPS“, Statybos taisyklės. Vilnius: Polistireninio putplasčio asociacija, 2013.
- Statytos produkcijos sertifikavimo centras (SPSC). Statybos produktų sertifikatai, Statybos produktų vertinimas, Registrai (2014-05-31).
- Statybos techninis reglamentas STR 2.01.03:2009 Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės. – Žin., 2009, Nr. D1-451.
- Statybos techninis reglamentas STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“. - Žin., 2012, Nr. 145-7477.
- Statybos techninis reglamentas STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“. – Žin., 2013, Nr. 129-6566.
- Turskis Z.; Zavadskas E. K.; Peldschus F. (2009) Statybos projektavimo ir vadybos daugiataktinio sprendimų priėmimo optimizavimo sistema. *Engineering Economics* No. 1 (61), 2009, pp. 8-17. ISSN 1392-2758.
- Zavadskas E. K.; Kaklauskas A. (1996) Multiple criteria evaluation of buildings. Vilnius: Technika.
- Zavadskas E. K.; Turskis Z.; Antuchevičienė J.; Tamošaitienė J. (2007) Assessment of individual residential buildings external walls alternatives applying Topsis method. Vilnius: VGTU.
- Zavadskas E. K.; Turskis Z.; Volvačiovas R.; Kildienė S. (2013) Multi-criteria Assessment Model of Technologies. *Studies in Informatics and Control*, Vol.22, No. 4, 2013, pp. 249-258.

PRIEDAI

SIENOS KONSTRUKTYVO IR ŠILTINAMOSIOS MEDŽIAGOS PARINKIMAS, TENKINANTIS ENERGINIO EFEKTYVUMO REIKALAVIMUS

Uždavinio tikslas – projektuojamų pastatų lauko atitvaros konstruktyvo ir šiltinamosios medžiagos parinkimas iš labiausiai pasitaikančių laikančiojo konstruktyvo ir šiltinamosios medžiagos tinkuojamiems fasadams įvairovės šiandieninėje statyboje, tenkinančių energinio efektyvumo reikalavimus.

Uždavinyje vertinami pagrindiniai pastato lauko atitvaros techno-ekonominiai rodikliai: sienos vieno kvadratinio metro kaina, sienos varža, sienos storis, sienos vieno kvadratinio metro svoris, sienos vieno kvadratinio metro darbų atlikimo trukmė.

Uždavinyje vertinamos alternatyvos:

Lauko atitvaros konstruktyvas + šiltinamoji medžiaga tinkuojamiems fasadams.

- A1 – Silikatinės plytos + polistireninis putplastis
- A2 – Keraminės plytos + polistireninis putplastis
- A3 – Keramzitbetonio blokeliai + polistireninis putplastis
- A4 – Silikatiniai blokeliai + polistireninis putplastis
- A5 – Keraminiai blokeliai + polistireninis putplastis
- A6 – Akyto betono blokeliai + polistireninis putplastis
- A7 – Silikatinės plytos + akmens vata
- A8 – Keraminės plytos + akmens vata
- A9 – Keramzitbetonio blokeliai + akmens vata
- A10 – Silikatiniai blokeliai + akmens vata
- A11 – Keraminiai blokeliai + akmens vata
- A12 – Akyto betono blokeliai + akmens vata

Rodikliai pagrindinių kriterijų svoriams nustatyti:

- R1 – Sienos vieno kvadratinio metro kaina litais, (Lt/m^2 // min).
- R2 – Sienos varža, ($\text{m}^2\text{K/W}$ // max)
- R3 – Sienos storis metrais, (m // min)
- R4 – Sienos savasis svoris kilogramais į kvadratinį metrą, (kg/m^2 // min)
- R5 – Sienos vieno kvadratinio metro darbų atlikimo trukmė žmogaus valandomis, (žm.val // min)

Ekspertų nuomonė:

Įvertinti rodiklių svarbumą (svoris/reikšmingumas) balais nuo 1 iki 5. Rodiklių įvertinimai:
1 - mažiausiai svarbus ar mažiausiai reikšmės įtakojantis, 5 – svarbiausias, daugiausiai įtakojanti reikšmė.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1										
R2										
R3										
R4										
R5										

ATITVARŲ SPRENDINIŲ DAUGIAKRITERIŲ METODŲ ANALIZĖS PALYGINIMAS

Nr.	Mazgas	Metodas				Suma	Rangas
		Copras		Topsis			
	B klasė	Rezultatas	Vieta	Rezultatas	Vieta		
1	Mazgas Nr. 1	66,6%	10	0,184	10	20	8
2	Mazgas Nr. 2	70,3%	9	0,297	9	18	7
3	Mazgas Nr. 3	86,4%	3	0,716	3	6	3
4	Mazgas Nr. 4	80,1%	5	0,593	4	9	4
5	Mazgas Nr. 5	80,4%	4	0,547	5	9	4
6	Mazgas Nr. 6	100,0%	1	0,996	1	2	1
7	Mazgas Nr. 7	63,6%	12	0,006	12	24	10
8	Mazgas Nr. 8	66,6%	11	0,167	11	22	9
9	Mazgas Nr. 9	79,5%	6	0,536	6	12	5
10	Mazgas Nr. 10	74,8%	8	0,440	7	15	6
11	Mazgas Nr. 11	75,3%	7	0,421	8	15	6
12	Mazgas Nr. 12	91,1%	2	0,790	2	4	2
	A klasė	Rezultatas	Vieta	Rezultatas	Vieta	Suma	Rangas
13	Mazgas Nr. 1	66,2%	10	0,260	10	20	8
14	Mazgas Nr. 2	70,0%	8	0,349	9	17	7
15	Mazgas Nr. 3	83,7%	3	0,669	3	6	3
16	Mazgas Nr. 4	78,3%	5	0,584	4	9	4
17	Mazgas Nr. 5	79,1%	4	0,547	5	9	4
18	Mazgas Nr. 6	100,0%	1	1,000	1	2	1
19	Mazgas Nr. 7	60,8%	12	0,002	12	24	10
20	Mazgas Nr. 8	63,4%	11	0,148	11	22	9
21	Mazgas Nr. 9	73,7%	6	0,447	6	12	5
22	Mazgas Nr. 10	70,0%	9	0,355	8	17	7
23	Mazgas Nr. 11	70,8%	7	0,369	7	14	6
24	Mazgas Nr. 12	87,1%	2	0,748	2	4	2
	Racionaliausi variantai B klasei						
6	Mazgas Nr. 6	100,0%	1	0,996	1	2	1
12	Mazgas Nr. 12	91,0%	2	0,790	2	4	2
3	Mazgas Nr. 3	86,3%	3	0,716	3	6	3
	Racionaliausi variantai A klasei						
18	Mazgas Nr. 6	100,0%	1	1,000	1	2	1
24	Mazgas Nr. 12	87,0%	2	0,745	2	4	2
3	Mazgas Nr. 3	86,3%	3	0,716	3	6	3

PASTABA:

Mazgas Nr. 6 – akyto betono blokeliai + polistireninis pustplastis;

Mazgas Nr. 12 – akyto betono blokeliai + akmens vata;

Mazgas Nr. 3 – keramzitbetonio blokeliai + polistireninis putplastis.