

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	7
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	7
IVADAS.....	9
1. ATITVARŲ STATYBINĖS MEDŽIAGOS.....	11
1.1. Mokslinė publicistika.....	21
1.2. Daugiasluoksnės išorės sienos.....	24
1.3. Silikatiniai blokeliai.....	24
1.4. Akytojo betono blokeliai.....	28
1.5. Keraminiai blokeliai.....	31
1.6. Keramzitiniai blokeliai.....	35
1.7. Apdailos plytos.....	38
1.8. Mineralinė vata.....	41
1.9. Polistireninis putplastis.....	43
1.10. Plonasluoksnio tinko fasadų šiltinimo sistema.....	46
2. EFEKTYVUMO RODIKLIAI.....	49
2.1. Šiluminė varža.....	49
2.2. Sienos svoris.....	49
2.3. Įrengimo darbo sąnaudos.....	49
2.4. Ilgaamžiškumas.....	50
2.5. Estetika.....	50
2.6. Kaina.....	51
3. SIENOS EFEKTYVIOS KONSTRUKCIJOS NUSTATYMAS.....	51
3.1. Kriterijų reikšmingumo nustatymas taikant ekspertinių įvertinimų metodus.....	51
3.2. Rodiklių reikšmingumo nustatymas.....	58
3.3. Artumo iki idealaus taško metodas.....	62
3.4. Rezultatų aprašymas.....	66
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI.....	68
LITERATŪRA.....	69

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Atitvarų savybių palyginamoji lentelė.....	11
2 lentelė. Atitvarų palyginimo rezultatų lentelė.....	11
3 lentelė. Techniniai - ekonominiai rodikliai.....	16
4 lentelė. Techninės charakteristikos.....	23
5 lentelė. Techninės charakteristikos.....	23
6 lentelė. Silikatinų blokelių savybės.....	24
7 lentelė. Sienos mūrijimo iš plytų ir blokų, naudojant įvairias siūles, laikas.....	24
8 lentelė. Šilumos laidumo koeficientai.....	26
9 lentelė. Savybės.....	27
10 lentelė. Šilumos laidumas.....	27
11 lentelė. Atsparumas šalčiui	27
12 lentelė. PORITO tankio klasės reikalavimai.....	28
13 lentelė. PORITO stiprio klasės stipris.....	28
14 lentelė. Techniniai duomenys.....	29
15 lentelė. Techniniai duomenys.....	30
16 lentelė. Techninės charakteristikos.....	32
17 lentelė. Savybės.....	32
18 lentelė. Blokelių charakteristikos.....	33
19 lentelė. Techniniai AB „Palemono keramika“ apdailinių molio plytų parametrai.....	35
20 lentelė. Techniniai AB „Švenčionėlių keramika“ apdailinių molio plytų parametrai.....	36
21 lentelė. Techniniai AB „Tauragės keramika“ apdailinių molio plytų parametrai.....	36
22 lentelė. PAROC vatos matmenys.....	37
23 lentelė. Šilumos laidumas.....	37
24 lentelė. Drėgmės savybės.....	37
25 lentelė. Polistireninio putplasčio plokščių techninės charakteristikos	39
26 lentelė. VISCUM fasadų šiltinimo sistemos komponentai	40
27 lentelė. Ekspertų apklausos rezultatai.....	48
28 lentelė. Efektyvumo rodiklių suvestinė lentelė.....	50
29 lentelė. 10 geriausių variantų.....	53
30 lentelė. Sprendimo rezultatai.....	54

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Atitvarų schemos.....	12
2 pav. Sieninių konstrukcijų elementai.....	15
3 pav. Išorės sienų efektyvios šilumos izoliacijos privalumai.....	21
4 pav. Daugiasluoksnių išorės sienų svarbiausios alternatyvos.....	22
5 pav. Silikatiniai blokeliai.....	22
6 pav. Akyto betono blokėlis.....	26
7 pav. Keraminiai blokėliai.....	29
8 pav. PAROC mineralinė vata.....	37
9 pav. Algoritmo, nustatančio kriterijų reikšmingumą pagal jų dydžių nuostolius, blokinė schema.....	47
10 pav. Konkordancijos koeficiento nustatymo algoritmo blokinė schema.....	47
11 pav. Priklausomybė tarp p_{ij} ir z_{ij}	49

IVADAS

Lietuvoje kasmet vis daugiau statoma gyvenamųjų pastatų. Ši tendencija artimiausioje ateityje augs, todėl labai aktualu parinkti tinkamas sienines medžiagas, kurios atitiktų šiuolaikinius reikalavimus. Įvairių termoizoliacinių sistemų taikymas šiuolaikinėje statybos praktikoje vyksta dėl energetinių išteklių kainų augimo pasaulio rinkoje. Dėl to eksploatuojant gyvenamuosius pastatus yra augantis didelių šilumos nuostolių esminio sumažinimo poreikis. Situacija galėtų būti pagerinta, naudojant daugiau ar mažiau efektyvias pastatų sistemas, kad būtų išvengta didelių šilumos nuostolių per išorines sienas. Skirtingose klimato sąlygose esančio neizoliuoto pastato, šitie specifiniai šilumos nuostoliai gali kisti tarp 10–20 (per aukštus), 25–30 (per išorines sienas), 25–30 (per atitvarines stogo plokštes) ir 30–40 (per langus). Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos duomenimis, beveik pusę gyvenamųjų namų šilumos nuostolių sudaro nuostoliai per žemos kokybės sienas (1 pav.). Dėl to pastato optimalios termoizoliacinės sistemos visiškas ir profesionalus parinkimas yra vienas svarbiausių projektuotojo ir investuotojo techninių ir ekonominių tikslų. Nuo pasirinktų išorinių sienų sprendinių efektyvumo priklauso pastatų statybos ir eksploatavimo išlaidos, todėl būtina išorinių sienų racionalumu rūpintis nustatant poreikius bei tikslus iki pat pastato naudojimo pabaigos. Efektyviai apšiltinus gyvenamųjų namų išorines sienas, gaunama nauda, kurią galima apibūdinti 2 pav. pateiktais rodikliais [6].

Lietuvoje statomų daugiabučių gyvenamųjų namų išorės sienoms šiltinti naudojamos įvairios medžiagos. Labiausiai paplitusi sienų konstrukcija – trijų sluoksnių mūras (blokelių mūro siena, šilumos izoliacija su įrengta vėjo izoliacija ir oro tarpu prie išorinio apdailos plytų mūro) bei vis plačiau naudojama izoliacinės sistemos su plonu tinko sluoksniu apdaila (blokelių mūro siena su išorine šilumos izoliacija, nutinkuota plonu tinko sluoksniu).

Statybinės medžiagos apibūdinamos daugeliu efektyvumo rodiklių. Vertinimo efektyvumo rodikliai dažniausiai yra skirtingų matavimo vienetų, o nagrinėjamų alternatyvų įvairių efektyvumo rodiklių galimos didžiausios ir mažiausios reikšmės nėra apibrėžtos. Šiuo metu variantų alternatyvos vertinamos pagal daugelį rodiklių naudojant kompiuterines programas.

Atitvaros konstruktyvas vertinamas pagal tokius kriterijus: kainą, svorį, šiluminę varžą, žmogaus, įrenginio darbo sąnaudas, ilgaamžiškumą, paviršių estetiką bei kenksmingumą. Racionaliausias variantas išrenkamas iš galimų variantų vienu metu įvertinant keletą skirtingas dimensijas turinčių efektyvumo rodiklių. Pastaruoju metu tokiems uždaviniams spresti kuriami specialūs daugiakriterinės optimizacijos metodai. Pagal šiuos metodus kuriamos kompiuterinės programos ir sprendimų paramos sistemos.

Daugiakriterinei analizei atlikti šiame darbe naudojama programa Levi 3.0. Tai racionalių alternatyvų parinkimo pagal įvairius metodus programa, sukurta bendradarbiaujant Vilniaus Gedimino technikos universitetui (E. K. Zavadskas, L. Ustinovičius, A. Kaklauskas, Z. Turskis, G. Ambrasas ir kt.) bei Leipcigo taikomųjų mokslų universitetui (F. Peldschus, H. Juttler ir kt.).

Programa Levi 3.0 leidžia taikyti įvairius sprendimų priėmimo matricos normalizavimo metodus ir greitai gauti palyginamuosius rezultatus. Palyginus alternatyvų vertinimo pagal atskirus kriterijus rezultatus, galima priimti sprendimus, atspindinčius priimančiojo sprendimą požiūrį į situacijos neapibrėžtumą.

Diskretiniai alternatyvų (variantų) palyginimo ir parinkimo metodai buvo sėkmingai pritaikyti daugelyje sričių, įskaitant transportą, energetiką bei statybą, taip pat sprendžiant investicijų planavimo uždavinius.

Šio darbo tikslas - pasiūlyti atitvarų efektyvių konstrukcinių variantų analizės ir parinkimo metodiką, suformuluoti vertinimo kriterijus, nustatyti vertinimo kriterijų reikšmingumus, nustatyti efektyviausią atitvarinės konstrukcijos variantą.

..

1. ATITVARŲ STATYBINĖS MEDŽIAGOS

1.1. Mokslinė publicistika

Atitvarų iš dujų silikatbetonio ir kitų sieninių medžiagų palyginimas

Šiuo metu sparčiai auga individualių statytojų lėšomis statomų būstų skaičius. Ši tendencija artimiausioje ateityje augs, todėl labai aktualu parinkti tinkamas vietines sienines medžiagas, kurios atitiktų šiuolaikinius reikalavimus. Visu pirma - tai pastatų šiluminės varžos didinimas, statybos darbų ir medžiagų kainos mažinimas taip pat statyba nenaudojant brangių mechanizmų.

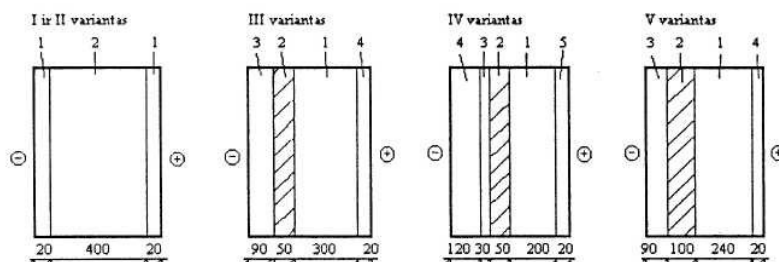
1 lentelė. Atitvarų savybių palyginamoji lentelė

Eil. Nr.	Parametrai	Atitvaros iš			
		akyto betono	plytų mūro	medinio karkaso	keramzitbetonio
1	Atitvaros ilgaamžiškumas	+	+	-	+
2	Atitvara "kvėpuoja"	+	+	-	+
3	Gera šilumos izoliacija	+	-	+	-
4	Išbalansuotas šilumos kaupimas	+	-	-	-
5	Nedegi ir atspari ugniai	+	+	-	+
6	Ekologiškai švari	+	+	+	+
7	Konstrukcijos lengvumas	+	-	+	-
8	Greita statyba	+	-	+	+
VISO		8	4	4	5

Atitvarų konstrukcijų šiluminės varžos, storio ir medžiagų kainos

2 lentelė. Atitvarų palyginimo rezultatų lentelė.

Atitvaros variantas	Storis, mm	Šiluminė varža, m ² K/W	Kaina, Lt/m ²	Pastabos
I	440	2,71	66,70	Jei akyto betono blokeliai būtų 45 cm, šiluminė varža būtų 3,04 m ² K/W.
II	440	3,37	88,30	Dėka žemesnės dujų silikatbetonio šilumos laidumo koeficiento vertės, atitvaros šiluminė varža didesnė, už I varianto atitvarą, nors atitvarų konstrukcijos vienodo storio.
III	460	3,56	86,21	Didelė šiluminė varža pasiekta dėl dujų silikatbetonio ir nedidelio akmens vatos plokštės medžiagos storio
IV	420	3,85	92,22 (92,16)	Didelė šiluminė varža pasiekta tik dėl oro tarpo ir Paroc IL akmens vatos plokštės
V	450	3,42	75,41	Didelė šiluminė varža pasiekta tik dėl Paroc IL akmens vatos plokštės



1 pav. Atitvarų schemas

Didesnė dujų silikatbetonio blokų šiluminė varža, palyginti su keraminėmis arba silikatinėmis statybinėmis atitvarinėmis medžiagomis, leidžia mūryti sienas be papildomo termoizoliacinio intarpo arba su nedideliu termoizoliacinės medžiagos sluoksniu.

Antro varianto atitvaros varža yra didesnė už pirmo varianto atitvaros varžą, nors atitvarų storiai ir konstrukcijos vienodos, todėl, kad naudojami dujų silikatbetoniai abiejose atitvarose yra skirtingų tankių (reiškia ir skirtingu šiluminių varžų). Antro varianto atitvaroje yra žemesnio tankio (didesnės šiluminės varžos) dujų silikatbetonis[8].

Pastatų šiltinimo sistemų efektyvumas ir jų palyginimas

Paskaičiuota, kad priklausomai nuo pastato tipo šilumos nuostoliai per sienas (neįskaitant langų) sudaro apie 20 - 30 % visų šilumos nuostolių. Šilumos nuostoliai per pastatų sienas gali būti žymiai didesni dėl intens Lietuvos klimato poveikio (įstrižo lietaus, dažnų atšilimo - užšalimo žiemos metu) sienų medžiagai bei sandūroms tarp elementų ir nekokybiškų statybos darbų. Kai kurių pastatų šiluminės varžos yra žymiai mažesnės už tas, kurių reikalavo anksčiau galiojusios šiluminės techninės normos.

Šiltinti sienas iš išorės ypač verta tada, kai reikia remontuoti pastato sienas, atnaujinti fasadus, kai irsta paviršiniai sienos sluoksniai iš raudonų apdailinių plytų arba akytojo betono, kai prateka stambiaplokščių arba mūro sienos esant peršalimams.

Šiuo metu Lietuvoje panaudojami trys pastatų sienų apšiltinimo būdai:

1. sienos apšiltinimas iš išorinės pusės;
2. sienos apšiltinimas užpildant joje esančias tuštumas termoizoliacine medžiaga;
3. sienos apšiltinimas iš vidinės pusės.

Labiausiai pasaulinėje praktikoje paplitęs sienų apšiltinimas iš išorinės pusės turi šiuos privalumus:

- atnaujinama labiausiai pažeidžiama pastato dalis-jo fasadai;
- užtikrinamas optimalus tokiu būdu apšiltintos sienos temperatūrinis drėgminis režimas;
- sumažinamas įvairių sienos konstrukcinių elementų, sudarančius "šalčio tiltelius" poveikis(perdenginio plokščių atrėmimo vietų, ištisinės betoninės sąramos, stambiaplokščių pastatų tarplokštinės sandūros, standūs ryšiai tarp išorinio ir vidinio sienos sluoksnių ir pan.);
- statybos-remonto darbai nesukelia įstaigų darbuotojams papildomų nepatogumų.

Dažniausiai Vakarų Europos šalyse paplitęs pirmasis pastatų apšiltinimo būdas. Kaip termoizoliacine medžiaga šiuo atveju dažni; panaudojama: tam tikslui skirtos putų polistirolo plokštės, kietos ak vatos plokštės. Putų polistirolo plokštės dažniausiai klijuojame inkaruojamos (inkarai gali būti tiek ir lankstūs, tiek ir standūs, leidži tam tikrą tinko sluoksnio judėjimą sienos atžvilgiu). Išorinei fasado apnaudojami plonasluoksniai tinkai, kurie dengiami 2-3 sluoksniais. Daugeliu atvejų panaudojant atskiriems sluoksniams skirtingų savybių medžiagas, leidžiant geriau pasiskirstyti susidarantiems temperatūriniais - drėgminiems įtempimams. Kad apdailiniame sluoksnyje neatsirastų plyšių, panaudojamas metalinis cinkuotas arba plastmasinis, stiklo plaušo tinklelis. Tinkas gali būti mineralinis arba su organiniu polimeriniu rišikliu, įvairiausių faktūrų ir spalvų.

Pastatų sienų apšiltinimas iš vidinės (patalpos) pusės turi 2 trūkumus:

- norint apsaugoti termoizoliacinę medžiagą nuo judančio srauto iš patalpos pusės šaltuoju metų periodu, reikalinga termoizoliacinė medžiaga įrengti garo izoliacinį sluoksnį (5 pav);
- Sunkiai apšiltinamos perdingimo plokščių (monolito) atrėmi sienas vietos, nes tose vietose susidaro „šalčio tilteliai" (6 pav).

Tačiau šis būdas turi vieną labai svarbų privalumą: jis p nesudėtingas techniškai. Jis ypatingai naudingas individualių gyvenai namų savininkams, kai pastato fasadų išvaizda gera, sienos ištisinio i arba tikrai su minimalaus storio izoliaciniu sluoksniu, o vidaus apdailos darbai nedaryti.

Palyginsim klasikinį, anksčiau labai paplitusį vidaus apdailos variantą (tinkavimas, glaistymas, dažymas) su siūlomu apšiltinimo iš vidaus variantu. Šiuo apšiltino atveju naudojama efektyvi termoizoliacinė medžiaga ir gipso kartono plokštės. Papildomos išlaidos: termoizoliacinė medžiaga, garo izoliacija, mediniai arba metaliniai profiliai.

Apšiltinimo variantas parenkamas atsižvelgiant į esamą situaciją, pastato fasado būklę, klimatinės sąlygas bei turimas lėšas.

Apšiltinant sieną iš išorinės pusės, dažniausiai naudojamas variantas yra akmens vatos ir plonasluoksnio dekoratyvinio tinko panaudojimas.

Apšiltinant sieną iš vidinės pastato pusės, dažniausiai naudojamas variantas yra akmens vatos panaudojimas. Tuo tarpu apdailai naudojamos gipso kartono plokštės.

Įrengiant vėdinamus fasadus, pagerėja jų eksploatacinės savybės: pasišalina atitvarose esanti drėgmė, kas lemia gerą šilumos izoliaciją.

Pats pigiausias pastato apšiltinimo iš išorės būdas yra putų polisterolo panaudojimas.

Renovuojant architektūrinės vertybės pastatus rekomenduojama naudoti apšiltinimą iš vidaus[26].

Akytojo betono panaudojimo galimybės statyboje

Šiuo metu ekonominės sąlygos skatina rinktis efektyvias statybines medžiagas, siekiant įgyvendinti energijos taupymo programas. Viena iš perspektyvių medžiagų yra akylasis betonas. Ši medžiaga yra ekologiška, ilgaamžė, nedegi, pasižymi geromis šilumą ir garsą izoliuojančiomis savybėmis. Akylasis betonas yra viena iš lengvųjų betonų rūšių. Iki 85% jo tūrio sudaro poros.

Akytojo betono panaudojimas sieninėse konstrukcijose

Augant energetinių išteklių kainoms, didelis dėmesys skiriamas medžiagų termoizoliacinėms savybėms. Dėl to šiuo metu yra racionalu gaminti neautoklavinius akytuosius betonus.

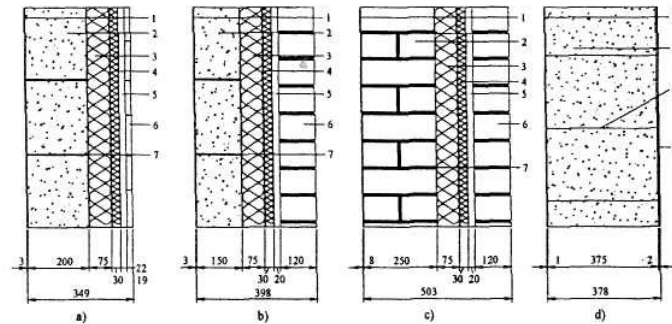
Vienasluoksnės konstrukcijos turi 1,3-1,5 karto didesnę šiluminę vienalytiškumą nei šiuo metu naudojamos daugiasluoksnės konstrukcijos. Daugiasluoksnių konstrukcijų struktūra yra skirtinga, kas įtakoja šalčio tiltelių ir vandens garų kondensato atsiradimą.

Statant gyvenamuosius namus iškyla klausimų: kokius namus, iš kokių medžiagų ir kaip statyti, kad jie būtų šilti, ilgaamžiai ir t.t. Lietuvoje daugelį metų buvo įprasta statyti kapitalinius namus. Didėjančios energijos kainos privertė ieškoti racionalesnių sprendimų.

Efektyvių medžiagų ir konstrukcinių sprendimų panaudojimo klausimas ypač aktualus šiuo metu, kada turi būti padidinti šilumos apsaugos reikalavimai atitvarinėms konstrukcijoms. Naudojant akytąjį betoną galima įrengti ir sluoksniuotas, ir vienasluoksnės sienas. Tokios konstrukcijos yra vienos iš pigiausių.

Racionaliau yra gaminti $400-900 \text{ kg/m}^3$ tankio akytuosius betonus, kurie gali būti naudojami sieninių blokelių gamyboje. Tokie blokeliai pasižymi didesniu atsparumu šalčiui (iki 100 ciklų), todėl jie gali būti naudojami įvairiuose konstrukciniuose sprendimuose.

Be to, akytojo betono technologija leidžia gaminti, akytąjį termoizoliacinį betoną kurio tankis $< 300 \text{ kg/m}^3$. Tokia medžiaga labai gerai tinka statant gelžbetoninius karkasinius namus, kada sienos atlieka tik termoizoliacinę funkciją.



2 pav. Sieninių konstrukcijų elementai

- a) 1. Tinkas; 2. Akytojo betono blokai $\gamma = 600 \text{ kg/m}^3$; 3. Mineralinės vatos plokštė $\gamma = 90 \text{ kg/m}^3$; 4. Mineralinės vatos plokštė $\gamma = 30 \text{ kg/m}^3$; 5. Oro tarpas; 6. Dailylentės; 7. Skiedinys.
- b) 1. Tinkas; 2. Akytojo betono blokai $\gamma = 600 \text{ kg/m}^3$; 3. Mineralinės vatos plokštė $\gamma = 90 \text{ kg/m}^3$; 4. Mineralinės vatos plokštė $\gamma = 30 \text{ kg/m}^3$; 5. Oro tarpas; 6. Keraminė apdailos plyta; 7. Skiedinys.
- c) 1. Tinkas; 2. Keraminis tuštumėta plyta; 3. Mineralinės vatos plokštė $\gamma = 90 \text{ kg/m}^3$; 4. Mineralinės vatos plokštė $\gamma = 30 \text{ kg/m}^3$; 5. Oro tarpas; 6. Apdailos plyta; 7. Skiedinys.
- d) 1. Tinkas; 2. Akytojo betono blokai $\gamma = 400 \text{ kg/m}^3$; 3. Klijų siūlė; 4. Tinkas.

3 lentelė. Techniniai-ekonominiai rodikliai

Var. Nr.	Sienos konstrukcija	Sienos storis, cm	1 m2 sienos masė, kg	Šiluminė varža, R m2K/W	Santykinė 1m2 sienos kaina, %	Sienos gamybos kaštai 1m2, žm. darbo val.		Energijos sąnaudos gamyboje 1m2 sienos, santykinio kuro,kg
						Gamyboje	Statybos aikštelėje	
1	Akytasis betonas su dailylenčių išorine apdaila	34,9	170	3,46	100	1,1	3,6	33,7
2	Akytasis betonas su keraminės plytos išorine apdaila	39,8	285	3,28	114	1,4	3,4	41,3
3	Keraminių plytų mūras	50,3	535	3,15	156	2,1	4,3	50,5
4	Akytasis betonas be apšiltinimo	37,8	175	3,28	112	1,3	2,7	41,1

Kaip matyti 2 lentelėje sieninių konstrukcijų 1 variantas yra 40-50% pigesnis negu 3 variantas. Sieninės konstrukcijos iš akytojo betono 4 var., darbo sąnaudos yra 1,3 karto mažesnės negu sluoksniuotų konstrukcijų ir 1,6 karto mažesnės negu keraminių blokų. Akytojo betono blokų šiluminė varža, lyginant su keraminių blokų varža, yra didesnė. Todėl galima mūryti, sienas be papildomos izoliacijos. Be to, statant namą iš didelio tikslumo natūralaus kietėjimo akytojo betono blokų, panaudojant kljavimo metodą, 1,1-1,2 karto pigiau negu autoklavinio kietėjimo akytojo betono blokų.

Pastatyti namai iš akytojo betono konstrukcijų yra ilgaamžiai. Dėl atitvarų lengvumo galima daryti racionalius, taupius pamatus ir mazgus. Namų konstrukciniams elementams geriausiai tinka didesnio nei $400\text{--}800\text{ kg/m}^3$ tankio akytasis betonas. Mažiausias akytojo betono tankis, kai gaminys naudojamas konstrukciniams elementams, gali būti 400 kg/m^3 , tačiau namo aukštis negali viršyti 3 aukštų [29].

Statybinės keramikos vystymosi perspektyvos

Statybinė keramika nuo seno statybinių medžiagų ir dirbinių pasaulinėje rinkoje turi savo nišą, ir jos ateities perspektyvos yra įdomios tiek jos gamintojams, statybininkams, architektams, tiek šios srities įrenginių ir mašinų gamintojams. Šiuo metu pasaulyje stebima statybinės keramikos gamybos regresija, netgi tokiose šalyse kur būsto statyba iš keraminių plytų turi galias tradicijas, kai pavyzdžiui Vokietija. Tai yra susiję su "šilto namo" statybos koncepcijų kitimu, t.y karkasinės, kai tradicinių sieninių medžiagų nenaudojame visai, ir pusiau karkasinės statybos, kai tradicinių sieninių medžiagų naudojame 3-4 kartus mažiau, persvara prieš mikrokarkasinę statybą, kai siena mūrijama iš tokių konstrukcinių termoizoliacinių sieninių medžiagų, kaip porizuotos keramikos blokai, aktytas betonas ar kt.

Europoje šiuo metu statybinės keramikos gaminių tolimesniam išplitimui sąlygos yra pakankamai sunkios, kadangi be jau minėto mažo gyventojų prieaugio, yra per didelė pasiūla gaminių statybinės keramikos sektoriuje. Taip pat situaciją aštrina vis didesnis dėmesys skiriamas aplinkosaugai ir energijos naudojamos gamyboje mažinimui, o kaip žinome keraminių gaminių gamybos procesas yra vienas iš imliausių energijai.

Taigi galime konstatuoti, kad tradicinių keraminių plytų panaudojimas komercinėje statyboje Europoje taip pat smarkias regresuoja, paprastai keramikos vietą komercinėje statyboje dabar užima alternatyviosios medžiagos tokios kaip plienas, poliruotas akmuo, stiklas ir kt.

Pasaulyje teks skaitytis ateityje su statybinės keramikos gaminių rinkos stagnacija, kadangi gyventojų prieauglio kilimo tendencijos išsivysčiusiose šalyse rodo, kad jis didėja labai lėtai, o statyba ir jos metodai turės su tuo derintis. Statybinės keramikos gamintojai turi įsisavinti naujus gamybos ir statybos metodus, kurie galėtų sėkmingai konkuruoti su dabar naudaj amais statybos metodais iš betono, plieno, stiklo ir kt.[9].

Rockwool pasiūlymas, kaip šiltinti tinkuojamuosius fasadus

Pastaruosius keliasdešimt metų vis dažniau derinamas pastatų šiltinimas iš išorės ir renovacija. Tai ypač aktualu, kai kalbama apie daugiaaukščių ir individualių namų renovaciją. Susidėvėjusios sienų konstrukcijos, nepakankama izoliacija, didelės išlaidos šildymui – tai jau įprastos problemos. Gyventojų noras pagerinti gyvenamąją aplinką tiek namo viduje, tiek iš išorės yra bendras tikslas, kuris gali būti pasiektas, atlikus pastato renovaciją ir apšiltinimą su Rockwool medžiagomis.

Kaip teigia pastatų renovavimo specialistai, fasadinėms akmens vatos plokštėms būdingas matmenų pastovumas (jos nesideformuoja dėl temperatūros pokyčių), itin

geras laidumas vandens garams, bet nedidelis vandens įmirkis, tačiau, svarbiausia, jos yra nedegios. Todėl šios plokštės be apribojimų naudojamos pastatams šiltinti, neatsižvelgiant į pastato paskirtį. Be to, akmens vata iš išorės apšiltinto ir nutinkuoto pastato sienos išdžius daug greičiau nei apšiltinto kitomis polimerinėmis medžiagomis, todėl šia medžiaga apšiltinto namo gyventojų savijauta bus geresnė. Statybininkai vertina ir geras technologines fasadinių akmens vatos plokščių ypatybes – jomis galima pataisyti šiltinamos sienos nelygumus, nesibaiminama, kad tarp plokščių susidarys plyšių, kaip kartais atsitinka su kitomis šiltinamosiomis medžiagomis. Populiariausias gaminytis iš Rockwool akmens vatos, skirtas išorinėms tinkuojamosioms pastatų sienoms šiltinti, yra fasadinės plokštės Fasrock. Šios plokštės dera su visomis mūsų šalyje naudojamomis fasadų renovavimo ir šiltinimo sistemomis.

Rockwool Fasrock – tai 135 kg/m³ tankio akmens vatos plokštės, kurios yra tinko sluoksnių pagrindas. Kaip įprasta įrengiant daugelį šiltinimo sistemų, tokios 1 m ilgio ir 0,5 m pločio plokštės prie šiltinamos sienos klijuojamos ir papildomai pritvirtinamos smeigėmis. Tvirtinimo smeigių forma bei ilgis parenkamas pagal šiltinimo sluoksnio storį ir šiltinamos sienos būklę bei medžiagą. Plokščių Fasrock šilumos laidumo koeficientas – $\lambda = 0,039 \text{ W/(mK)}$. Šis rodiklis rodo šilumos kiekį, kurį tam tikromis sąlygomis praleidžia medžiaga. Jis labai svarbus apskaičiuojant šilumos izoliacijos sluoksnio storį, todėl šilumos laidumo koeficientas turi būti kuo mažesnis. Žinoma, tinku padengiamo šiltinimo sluoksnio storis priklausys ir nuo to, ar pastatas tik atnaujinamas (toku atveju pakanka 8-10 cm storio plokščių Fasrock), ar šiltinamas iš naujo (tada naudojamos 10-15 cm storio plokštės).

Tarp išoriniam tinkuojamųjų sienų šiltinimui naudojamų medžiagų labai populiarios ir plokštės Rockwool Fasrock L (Lamella). Iš tikrųjų šie gaminiai iš akmens vatos panašesni į blokelius – jų ilgis – 1,2 m, storis – nuo 4 iki 24 cm, o aukštis – tik 20 cm. Šiuos gaminius iš akmens vatos lengva montuoti, jie itin patikimai priglunda prie sienos ir tvirtai su ja sukimba, todėl smeigių jiems tvirtinti sunaudojama palyginti nedaug. Fasrock L (Lamella) akmens vatos pluoštas ant šiltinamo paviršiaus klojamas vertikaliai, todėl šie gaminiai ypač atsparūs plėšimui, glemžimui, atsitiktiniams smūgiams, galintiems veikti apšiltinto namo fasadą. Vertikaliai išdėstytų plaušų plokštės lengva pjaustyti (ypač lyginant kreivai sumūrytą sieną). Be to, iš šių 90 kg/m³ tankio plokščių galima suformuoti įvairius fasado

apdailos elementus (karnizus, angų apvadus, įvairias atbrailas), plokštės lankstosi, todėl tinka nelygiems paviršiams šiltinti.

Išorinės tinkuojamosios termoizoliacinės kompozicinės sistemos: populiari, nes naudinga

Išorinės tinkuojamosios termoizoliacinės kompozicinės sistemos (ITTKS), skirtos sienoms šiltinti, Lietuvoje žinomos jau apie penkiolika metų. Sukurto šeštajame dešimtmetyje Vakarų Europoje, sukėlusios tikrą bumą renovuojant pastatus Rytų Vokietijoje. Dabar naudojant šias sistemas mūsų šalyje kasmet apšiltinama po daugiau kaip milijoną kvadratinių metrų renovuojamų ar naujai statomų pastatų fasadų ploto.

ITTKS susideda iš izoliacinės medžiagos (putų polistireno ar akmens vatos), klijų, tvirtinamųjų elementų, armavimo mišinio ir tinklelio, apdailos tinkų bei dažų ir įvairiausių profilių. Tai viena iš efektyviausiai energiją taupančių šiltinamųjų sistemų, siūlomų rinkoje, išsiskirianti puikiu kainos ir vertės santykiu, jau pripažinta vartotojų ir turinti susiklėsčiusias naudojimo tradicijas.

Šiltinimo sistemos nauda

Pagrindinė sistemos paskirtis – taupyti energiją. Be to, ji teikia ir daugiau privalumų, kuriuos akivaizdžiai pajunta vartotojas: izoliacinė medžiaga tvirtinama iš pastato išorės, todėl rasos susidarymo taškas „perkeliamas“ į izoliacinę medžiagą, sumažėja oro infiltracija, pastato konstrukcijos apsaugomos nuo atmosferos poveikio. Vidinė siena tampa sausa, šiltesnė ir sulaiko šilumą, sumažėja temperatūros svyravimas vidaus patalpose, sprendžiamos skersvėjų, kondensato problemos, daug efektyviau veikia automatiniai šildymo katilų įrenginiai, oro kondicionavimo sistemos. Šiltinimo sistema – viena iš lengviausių fasado konstrukcijų, neapkraunanti pamatų. Tinkamai suprojektuota ir įrengta, tokia sistema ilgaamžė, nesudėtinga prižiūrėti. ITTKS labai mėgstama dėl tradicinės, mūsų aplinkai tinkančios apdailos bei jos įvairovės. Dar vienas veiksnys, lėmęs tokį populiarumą – nedidelės įrengimo sąnaudos[17].

1.2. Daugiasluoksnės išorės sienos

Gyvenamųjų ir pramoninių pastatų fasadams keliami tokie reikalavimai:

1. Galimybė funkcionuoti kaip sienų santykis,
2. Geros termoizoliacinės savybės,
3. Gera garso izoliacija,
4. Atsparumas drėgmei,

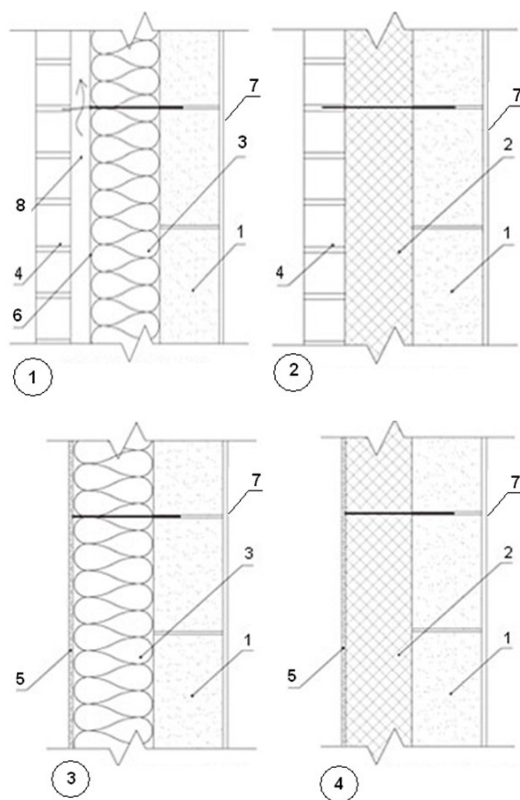
5. Atsparumas šalčiui,
6. Oro laidumas,
7. Garų laidumas,
8. Pakankamas lengvas sunkumas,
9. Ekologinė švara,
10. Pakankamas atsparumas ugniai,
11. Ilgaamžiškumas.

Paprastai skiriamas nepakankamas dėmesys tam faktui, kad daugiasluoksnės fasadų struktūros padarytos kaip sudėtinės heterogeninių medžiagų dalys, turinčios tokias įvairias fizines-mechanines savybes:

- Plėtimasis ir susitraukimo koeficientai,
- Susitraukimas ir standumo ribos,
- Lipnumo savybės,
- Elgesys, veikiant įvairių tipų vėjo apkrovoms,
- Elgesys, esant ultravioletinių spindulių poveikiui,
- Šalia esančių sienų įtampos skirtumas veikiant temperatūrai,
- Dėl įvairių saulės poveikių apdailinės fasadinės medžiagos spalvos pasikeitimas,
- Kiekvieno junginio senstančių savybių skirtumas eksploatuojant,
- Oro ir garų laidumo vertės.



3 pav. Išorės sienų efektyvios šilumos izoliacijos privalumai



- 1 – blokelis,
 2 – polistireninis putplastis,
 3 – mineralinė vata,
 4 – apdailinė plyta,
 5 – išorinis tinko sluoksnis,
 6 – vėjo izoliacija,
 7 – vidinis tinko sluoksnis,
 8 – oro tarpas (2-3 cm).

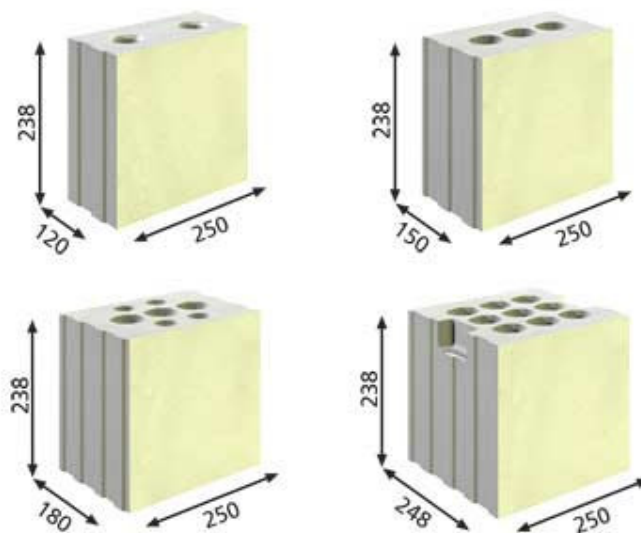
4 pav. Daugiasluoksnių išorės sienų svarbiausios alternatyvos

Daugiasluoksnės išorės sienų sistemos turi keletą privalumų:

- Sistema dengia visą pastato sieną (išskyrus langus ir duris).
- Kadangi izoliacija yra pastato išorėje, pastato konstrukcija išsyla, tai mažina šilumos plėtimąsi ir susitraukimą.
- Pagaliau, jeigu fasadas įrengtas taisyklingai, pastato išorėje nesikaupia drėgmė.

1.3. Silikatiniai blokeliai

Silikatinius blokelių „Siliblokas“ rekomenduojama naudoti viešosios paskirties, gyvenamųjų namų, gamybinių bei ūkinių pastatų išorinėms bei vidinėms pertvarinėms ir laikančioms sienoms. Naujieji blokeliai turi montavimo angas, skirtas pernešti blokelį viena ranka, naudojant specialų griebtuvą. Tikslūs matmenys (maksimali paklaida sudaro tik 1 mm) ir speciali blokelių forma leidžia mūryti sieną be vertikalių siūlių, horizontalioms siūlėms naudojant plonasluoksnį skiedinį arba klijus.



5 pav. Silikatiniai blokeliai

4 lentelė. Techninės charakteristikos

Eil. Nr.	Matmenys, mm	Vnt. Kubatūra, m ³	Vnt. Plotas, m ²	Vnt. Sk., m ³	Vnt. Sk., m ²	Vnt. kiekis padėkle	Padėklo masė, kg	Atsparumas šalčiui	Svoris, kg
1	M12 250x120x238	0,00714	0,0595	140,1	16,8	96	800	35	9,97
2	M15 250x150x238	0,008925	0,0595	112,0	16,8	80	840	35	13,07
3	M18 250x180x238	0,01071	0,0595	93,4	16,8	64	780	35	14,84
4	M24 250x248x238	0,014756	0,0595	67,8	16,8	48	895	35	18,16

Silikatinių blokelių „Siliblokas“ mūro šiluminės-techninės charakteristikos

Silikatinių blokelių „Siliblokas“ projektinis šilumos laidumo koeficientas $\lambda = 0,7-0,75$ W/mK. Išorines sienas iš silikatinių blokelių „Siliblokas“ rekomenduojama šiltinti akmens vata arba pūstuoju polistirenu. Tik tada gaunama reikiama sienos šilumos varža $R > 3$ m²K/W. Galima išskirti du apšiltinto mūro tipus: dvisluoksnį ir daugiasluoksnį. Gyvenamųjų namų daugiasluoksnį mūrą patariama šiltinti 10-12 cm storio akmens vatos plokštėmis. Akmens vata yra sienoje tarp dviejų sluoksnių: laikančiojo ir fasadinio, sujungtų ankeriais. Oro tarpas (geriausia 3-4 cm), paliktas tarp akmens vatos ir fasadinio sluoksnio, turi būti ventiliuojamas. Norint išlaikyti vienodą tarpo plotį visu pastato aukščiu, akmens vatą būtina pritvirtinti prie laikančiosios sienos specialiais spaustukais, užmaunamais ant ankerių.

Dvisluoksniame mūre apšiltinimui naudojama tiek akmens vata, tiek ir pūstasis polistirenas. Antruoju atveju pūstojo polistireno plokštės būtina pritvirtinti kliais prie laikančiosios sienos. Vėliau ant tinklelio iš stiklo pluošto formuojamas struktūrinio arba tradicinio tinko sluoksnis.

Silikatinių blokelių „Siliblokas“ charakteristikos

5 lentelė. Techninės charakteristikos

Matmuo, mm	Masė, kg	Tankis, kg/dm ³	Tuštymėtumas, dm ³	Tūris, dm ³
250x120x238	9,97	1,40	1,35	7,14
250x150x238	13,07	1,46	1,35	8,925
250x180x238	14,84	1,39	2,11	10,71
250x248x238	18,16	1,23	4,19	14,756

6 lentelė. Silikatinų blokelių savybės

Savybė	„Matuizų plytinė“ Silikatinis blokelis „Siliblokas“ M24 250*248*238	„Matuizų plytinė“ Silikatinis blokelis „Siliblokas“ M18 250*180*238	„Matuizų plytinė“ Silikatinis blokelis „Siliblokas“ M15 250*150*238	„Matuizų plytinė“ Silikatinis blokelis „Siliblokas“ M12 250*120*238
Stipris gniuždant, Mpa	10,0-17,5	10,0-17,5	10,0-17,5	10,0-17,5
Atsparumas šalčiui, ciklais	>35	>35	>35	>35
Tolerancijos, mm	±1	±1	±1	±1
Šilumos laidumo koeficientas, (W/mK)	0,7	0,7	0,7	0,7
Garso sumažėjimo koeficientas Rw	56	54	53	50

7 lentelė. Sienos mūrijimo iš plytų ir blokų, naudojant įvairias siūles, laikas

Formatas	Siūlės tipas	Darbo sąnaudos	
		d.v./m ² mūro 25 (24) cm storio	d.v./m ³ mūro
1. Silikatiniai blokai „Siliblokas“M12 250x120x238	Siūlė (horizontali) 2 mm klizai (nėra vertikalios siūlės)	0.3 *	2.4
2. Silikatiniai blokai „Siliblokas“M15 250x150x238	Siūlė (horizontali) 2 mm klizai (nėra vertikalios siūlės)	0.3 **	1.9
3. Silikatiniai blokai „Siliblokas“M18 250x180x238	Siūlė (horizontali) 2 mm klizai (nėra vertikalios siūlės)	0.3 ***	1.6
4. Silikatiniai blokai „Siliblokas“M24 250x248x238	Siūlė (horizontali) 2 mm klizai (nėra vertikalios siūlės)	0.3	1.2

- * - kai sienos storis 12 cm
- ** - kai sienos storis 15 cm
- *** - kai sienos storis 18 cm.

Šilumos laidumas ir šiluminiai techniniai sprendimai

Projektuojant pastatų atitvarines konstrukcijas turi būti užtikrinami mūsų šalyje galiojančių statybos reglamentų STR 2.05.01:1999 ir higienos normų HN 42:1999 reglamentuojami pastato šilumosaugos, žmogaus sveikatos apsaugos ir patalpų mikroklimato komforto reikalavimai.

Silikatinių elementų mūras yra patikima konstrukcinė medžiaga, tačiau daugeliu atvejų tokio apšildomo pastato išorės sienos turi būti apšiltinamos. Kaip šilumą izoliuojančios medžiagos, atsižvelgiant į medžiagų ir konstrukcinius ypatumus, gali būti naudojamos visos normų ir statybos priežiūros tarnybų leidžiamos medžiagos, pavyzdžiui mineralinės vatos plokštės, polistireninio putplasčio plokštės. Mažesnio tankio silikatinių gaminių mūro sluoksnis taip pat gali būti vertinamas ir kaip termoizoliacinė medžiaga, t.y. šio sluoksnio indėlis visuminės atitvarinės konstrukcijos šiluminėje varžos vertėje gali būti gana reikšmingas. Žemiau pateikiami įvairių tankių silikatinių elementų mūro projektiniai šilumos laidumo koeficientai [19].

8 lentelė. Šilumos laidumo koeficientai

Medžiaga	Tankis, kg/ m ³	Šilumos laidumas, W/(m·K)
Silikatinių elementų mūras	1000	0.50
	1200	0.56
	1400	0.70
	1600	0.79
	1800	0.99
	2000	1.1
	2200	1.3

1.4. Akyto betono blokeliai

Gaminių struktūra ir jų tankis nusako blokų matmenis, o tai savo ruožtu - atitvaros konstrukciją. Geriausias konstrukcinis sprendimas - kai atitvara sumūryta iš vienalytės medžiagos. Vienalytė medžiaga per visą sienos storį yra tos pačios struktūros, pastovių fizinių savybių. Vienalytėje sienoje vandens garai neturi kliūčių, kur galėtų kauptis ir kondensuotis. Daugiasluoksnyje sienos konstrukcijoje, kur atitvarai naudojamos kelios

skirtingos medžiagos, perėjimo iš vienos medžiagos į kitą zonoje gali kauptis ir kondensuotis vandens garai. Tokiu atveju sienos mūrai džiovinti reikėtų įrengti ventiliuojamas atitvarų konstrukcijas. Tarp minėtųjų gaminių vienalytė siena galima tik iš akytojo betono blokelių. Taigi 440 mm storio sienos iš 450 kg/m^3 tankio akytojo betono blokelių šiluminė varža būtų $3,69 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.



6 pav. Akyto betono blokelis

9 lentelė. Savybės

Žymėjimas, kai galinių paviršių reljefas				Ilgis, mm	Plotis, mm ($\pm 1,5 \text{ mm}$)	Aukštis, mm	Panaudojimas
Lygus	Su įlaida	Lygus, su išėma	Su įlaida ir išėma				
PB150	PBD150	PBK150	PBDK150	624 $\pm$ 1,5	150	249 $\pm$ 1	Vidinėms ir lauko sienoms
PB175	PBD175	PBK175	PBDK 175		175		
PB200	PBD200	PBK200	PBDK200		200		
PB240	PBD240	PBK240	PBDK240		240		
PB300	PBD300	PBK300	PBDK300		300		
PB365	PBD365	PBK365	PBDK365		365		

Šilumos laidumas

Šilumos laidumas charakterizuojamas šilumos laidumo koeficientu, kurį galima įvertinti pagal jo sausąjį tankį. Sauso PORITO šilumos laidumo koeficientas λ_{10} , kai vidutinė bandinio temperatūra 10°C , priklauso nuo jo tankio pateiktas 3 lentelėje.

10 lentelė. Šilumos laidumas

Sausasis tankis ρ , kg/m^3	Šilumos laidumo koeficientas λ_{10} , $\text{W/m}\cdot\text{K}$
400	0,11
500	0,14
600	0,16

Bandymų rezultatus pateikė VGTU Termoizoliacijos institutas: Statybinių medžiagų ir vietinių rišamųjų medžiagų laboratorijos.

Atsparumas šalčiui

PORITO gaminių atsparumas šalčiui charakterizuojamas pagal atsparumo šalčiui markes.

PORITO 400 600 tankio klasės gaminių atsparumo šalčiui markės gali būti F25, F35.

11 lentelė. Atsparumas šalčiui

Tankio klasė ~50 (kg/m ³)	450	500	600
Stipris gniuždant (MPa)	1,5	2,0-2,5	3,0
Šilumos laidumo koeficientas λ (W/m ² K)	0,11	0,14	0,16

Sausasis tankis

Sausasis tankis žymimas deklaruojant tankio klasę. Tankio klasės gali būti 400, 500, 600. Tankio klasių ribinės vertės pateiktos lentelėje.

12 lentelė. PORITO tankio klasės reikalavimai

PORITO tankio klasė	400		500		600	
<i>Tankio klasė pagal LST 1469-2000</i>	400	450	500	550	600	650
<i>Sausasis tankis, ρ, kg/m³</i>	>350 ≤400	>400 ≤450	>450 ≤500	>500 ≤550	>550 ≤600	>600 ≤650
PORITO sausasis tankis, ρ , kg/m ³	400 ± 50		500 ± 50		600 ± 50	

Gniuždomasis stipris

Gniuždomasis stipris žymimas deklaruojant stiprio klasę. Produkcija atitinka vieną iš šių stiprio klasių reikalavimų, kurie pateikti lentelėje [19].

13 lentelė. PORITO stiprio klasės stipris

Stiprio kalsės	1,5	2	2,5	3	3,5
Būdingasis stipris gniuždant	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Vidutinė stiprio gniuždant vertė	1,8	2,3	2,9	3,4	4,0

1.5. Keraminiai blokeliai

Keraminiai blokeliai gaminami iš aukščiausios kokybės molio. Pasižymi tiksliais matmenimis, geromis šilumos bei garso izoliacinėmis savybėmis, dideliu tvirtumu, bei atsparumu ugniai. Naudojami tiek išorinių tiek ir vidinių sienų mūrijimui.

Tuščiaviduriai blokai Porotherm yra gaminami iš geriausios kokybės molio. Jų forma ir tuštymių išdėstymas yra suprojektuoti taip, kad iš jų būtų galima statyti nešančiąsias daugiaaukščių pastatų sienas. Tą patvirtina tyrimų rezultatai, kurie yra daromi daug metų įvairiose laboratorijose. Šiuolaikiški techniniai sprendimai ir gamybos įrengimai, o taip pat griežta kokybės kontrolė, garantuoja aukštą ir stabilią gaminių kokybę. 18,88, 5 ir 30 cm storio blokai yra naudojami nešančiųjų vidinių ar išorinių sienų statybai, kurios reikalauja papildomo apšiltinimo.



7 pav. Keraminiai blokeliai

14 lentelė. Techniniai duomenys

Porotherm	Matmenys mm	Svoris kg/vnt	Atsparumas gniuždynui MPa	Šilumos koeficientas $W/m^2 \cdot K$	Garso izoliacija R_w (dB)	Kiekis paletėje vnt	Kiekis vnt/m^2	Kiekis vnt/m^3
8 P + W	80 x 498 x 238	10	10	U=2.20	47	120	8	105.5
11.5 P + W	115 x 498 x 238	12	10	U=2.04	48	100	8	73.5
18.8 P + W	188 x 498 x 238	19	10	U=1.71	51	60	8	44.8
25 P + W	250 x 373 x 238	18	10	U=1.20	53	60	11	45.0
30 P + W	300 x 248 x 238	14	10	U=0.68	51	80	16	56.4
38 P + W	380 x 248 x 238	17	10	U=0.35	47	60	16	44.6
44 P + W	440 x 248 x 238	20	10	U=0.31	47	60	16	38.5
50 P + W	500 x 248 x 238	22	10	U=0.29		40	16	33.8

Keraminiai blokėliai yra naudojami vidinių ir išorinių sienų statybai. Ši statybinė medžiaga jau yra kelis dešimtmečius žinoma vakarų Europoje. Beveik 40 procentų namų pastatyta iš šių statybinių blokėlių. Iki 15 MPa atsparumas gniuždynui leidžia iš keramikinių blokėlių statyti ir daugiaaukščius gyvenamuosius namus. Blokėlių struktūra panaši į bičių korius, todėl puikiai absorbuoja garso sklaidimą (statomos kino teatrų salės, boulingo klubai ir t.t.). Namai iš keramikinių blokėlių puikiai sulaiko šilumą, kas leidžia sumažinti eksploatacines išlaidas namo šildymui. Šie blokėliai yra atsparūs ugniai, gali išlaikyti labai aukštą temperatūrą neprarasdami savo formų. Sienos sumūrytos iš keramikinių blokėlių kvėpuoja ir būna sausos. Gaminant keraminius blokėlius naudojamos tik natūralios medžiagos [19].

15 lentelė. Techniniai duomenys

Žymėjimas	Matmenys, mm	Svoris, kg/vnt	Išėiga, vnt/m ²	Išėiga, vnt/m ³	Leidžiama apkrova, MPa	Koeficientas U W/m ² K
Porotherm 8 P+W	80x498x238	10	8	105,5	10-15	2,23
Porotherm 11,5 P+W	115x498x238	12	8	73,5	10-15	1,83
Porotherm 18,8 P+W	188x498x238	19	8	44,8	10-15	1,28
Porotherm 25 P+W	250x373x238	18	11	45	10-15	1,03
Porotherm 30 P+W	300x124x238	14	16	56,4	10-15	0,68
Porotherm 38 P+W	380x248x238	17	16	44,6	10-15	0,35

P+W iškyla + įlaida – be mišinio vertikaliose siūlėse.

1.6. Keramzitiniai blokeliai

Fibo blokeliai pagaminti iš keramzito (pūsto molio granulių) ir cemento, nenaudojant jokių cheminių papildų ar priemaišų. Blokai formuojami pusiau sausuoju būdu vibropresuose, tiksliose metalinėse formose. Ši procedūra užtikrina masės vienalytiškumą ir eliminuoja jos išsisluoksniavimo galimybę.

Gauta pilnavidurė kompozicinė medžiaga pasižymi mažu svoriu, didele nešančiąja galia, atsparumu šalčiui, puikiu sukibimu su tinku, maža vandens absorbcija, mažu kapiliariškumu, geromis terminėmis savybėmis. Nutinkavus blokelių, siena gerai izoluoja garsą ir yra atspari ugniai.

Porų sistema

Keramzito granulės vidinės poros sudaro 75% jos tūrio. Šios poros yra uždaros, todėl į save beveik neabsorbuoja vandens, blokelis nelinkęs kaupti drėgmės. Tarp keramzito granulių yra išsidėsčiusios stambiosios „išorinės“ poros. Šios poros jungiasi tarpusavyje ir 3 MPa blokelyje sudaro 30% medžiagos tūrio. Ši sistema užtikrina viduje esančios drėgmės išleidimą į išorę, patalpoje sukuriamas malonus mikroklimatas. Atsparumas šalčiui. Dėl aukščiau aprašytos Fibo blokelių porų sistemos, jie yra atsparūs šalčiui, todėl puikiai tinka ne tik Lietuvos, bet ir atšiauriam Skandinavijos klimatui. Keramzito mikroporos yra

uždaros, vanduo į jas nepatenka, o stambiosios išorinės poros tarp granulių drenuoja vandenį ir niekada pilnai neužsipildo. Dėl to, net užšaldžius sumirkytą blokelių, susidaręs ledas turi vietos kur plėstis ir neardo medžiagos struktūros. Lietuvoje patvirtintais bandymais Fibo blokelių atsparumas šalčiui - 50 ciklų (F50). Ši charakteristika lenkia daugelį kitų blokelių ir leidžia Fibo produkciją transportuoti ar sandėliuoti be ypatingų sąlygų. Pradėtas namo sienas galima konservuoti žiemai nebijant, kad jos suirs.

Šiluminis plėtimasis

Visos konstrukcinės medžiagos, kintant temperatūrai, daugiau ar mažiau keičia savo tūrį. Šis svyravimas apibūdinamas šiluminio plėtimosi koeficientu, kurio reikšmė Fibo blokeliui yra $\alpha = 0,008 \text{ mm/mK}$. Paėmus atskirą elementą, šis terminis judėjimas yra nepastebimas, tačiau dideliame sienos plote jis gali sukelti nepageidaujamas jėgas, dėl kurių atsiranda sienos skilimai. Kad sienos neskiltų, visas konstrukcines medžiagas patartina armuoti.

Šiluminės savybės

Sienos šiluminės savybės priklauso nuo sienos drėgmės. Todėl būtina skirti laboratorines ir konstrukcines blokelių šilumos laidumo koeficiento λ vertes. Jei medžiaga linkusi įgerti vandenį, ji sunkiai džiūna, pataisa dėl sienos drėgmės yra didelė. Tačiau Fibo blokelis puikiai džiūna, todėl ši vertė mažai kinta.

16 lentelė. Techninės charakteristikos

SAVYBĖS	BLOKELIS	
	5 Mpa	3 Mpa
ŠIL. LAIDUMO KOEFIICIENTAS $\lambda_{10} \text{ W/m}^2\text{K}$	0,18	0,23
SIENOS DRĖGNUMAS %	4	4
PATAISA DĖL DRĖGNUMO, $\text{W/m}^2\text{K}$	0,02	0,02
SIŪLĖS STORIS, mm	10	10
PATAISA DĖL SIŪLĖS, $\text{W/m}^2\text{K}$	0,02	0,02
SIENOS ŠIL. LAIDUMO λ PROJEKTINĖ VERTĖ $\text{W/m}^2\text{K}$	0,22	0,27

17 lentelė. Savybės

DEFORMACINĖS SAVYBĖS		
MŪRO TIPAS	DEFORMACINIS MODULIS E_y , MPa	
	Laikinas E_y	Pastovus E_y
FIBO BLOKELIAI	3000	750

Garso izoliacinės savybės

Fibo blokelių triukšmo absorbcijos koeficientas $\alpha = 0,4$ visame garso dažnių diapazone. Norint įrengti gerai garsą izoliuojančią pertvarą, rekomenduojama naudoti 5 MPa blokelių. Tokioje pertvaroje tiek vertikalios, tiek horizontalios mūro siūlės turi būti pilnai užpildytos skiediniu, o siena turi būti tinkuojama iš abiejų pusių. Šioje sistemoje tinkas garsą izolios (nuo jo garsas „atsimuš“), o blokelis - izolios ir sugers. Lietuvos notifikuotoje laboratorijoje atlikti bandymai patvirtino, kad 20 cm pločio dvipusio tinkavimo 5 MPa Fibo blokelių siena turi 52 dB garso izoliaciją. SPSC yra patvirtinęs 58 dB atitvaros tarp butų iš Fibo blokelių akustinės sistemos techninį liudijimą TL-01-028:2006, kuris tenkina garso klasę B pagal STR 2.01.07:2003.

Fibo blokelių triukšmo absorbcijos koeficientas $\alpha = 0,4$ visame garso dažnių diapazone. Norint įrengti gerai garsą izoliuojančią pertvarą, rekomenduojama naudoti 5 MPa blokelių. Tokioje pertvaroje tiek vertikalios, tiek horizontalios mūro siūlės turi būti pilnai užpildytos skiediniu, o siena turi būti tinkuojama iš abiejų pusių. Šioje sistemoje tinkas garsą izolios (nuo jo garsas „atsimuš“), o blokelis - izolios ir sugers. Lietuvos notifikuotoje laboratorijoje atlikti bandymai patvirtino, kad 20 cm pločio dvipusio tinkavimo 5 MPa Fibo blokelių siena turi garso izoliaciją. SPSC yra patvirtinęs atitvaros tarp butų iš Fibo blokelių akustinės sistemos techninį liudijimą, kuris tenkina garso klasę B pagal STR 2.01.07:2003.

Ekologiškumas

Fibo gaminiai - tai cemento ir kepto molio kompozicinė medžiaga, plačiai naudojama Skandinavijos šalyse, kur ekologiškumo reikalavimai yra ypač aukšti. Blokelių gamyboje nenaudojami jokie cheminiai priedai ar kiti dirbtiniai papildai, jie neišskiria jokių dujų. Fibo sudėtyje esantis cementas suriša medžiagą ir suteikia jai stiprumo, o keptas molis sukuria puikų mikroklimatą patalpos viduje.

1m² mūro sudaro 10 vnt. bet kokio pločio blokelių. Mūras armuojamas virš pirmos ir priešpaskutinėje blokelių eilėje, taip pat virš ir po angomis ir kas penktoje siūlėje.

18 lentelė. Blokelių charakteristikos

BLOKELIŲ GEOMETRINIAI MATMENYS IR FIZIKINĖS CHARAKTERISTIKOS								
GEOMETRINIAI PARAMETRAI, mm			SVORIS, kg		KIEKIS, vnt./m ³	MŪRO IŠEIGA, m ² IŠ 1m ³ BLOKELIŲ	KOEFIČIENTO K REIKŠMĖ, W/m ² K	
PLOTIS	AUKŠTIS	ILGIS	3 Mpa	5 Mpa			1,62	1,80
100	185	490	6	8	110,3	11,0	1,62	1,80
150			9	11	73,5	7,3	1,21	1,36
200			12	15	55,2	5,5	0,97	1,09
250			15	18	44,1	4,4	0,81	0,92
300			18	22	36,8	3,7	0,69	0,79

Pastaba: šilumos laidumo koeficiento reikšmė W/mK: 3 Mpa blokeliui - 0,18; 5 Mpa blokeliui - 0,23;

atsparumas šalčiui ciklais 3 Mpa ir 5 Mpa blokeliams - F50;

1.7. Apdailos plytos

Apdailinis mūras yra tvirta, ilgaamžė, suteikianti pastatui savitą architektūrinį vaizdą medžiaga. Galima įvairi apdailinių plytų klasifikacija pagal naudojamą žaliavą: silikatinės, molio, klinkerinės, pagal struktūrą: pilnavidurės, skylėtos, pagal paviršiaus raštą: lygios, skaldytos, tąšytos, pagal matmenis: modulinės ir nemodulinės.

Apdailinis plytų mūras bus ilgaamžiškesnis, jei bus paisoma pagrindinių reikalavimų:

1. Siūlės iš fasado pusės sutankinamos iki 15-20 mm. Siūlių formos iškraipymas nerekomenduojamas, geriausia lygus su plytų paviršiumi.
2. Vėdinamas oro tarpas turi būti min 4cm. Viršutinėje ir apatinėje eilėse turi būti paliktos skiediniu neužpildytos siūlės oro tarpo vėdinimui.
3. Mūrai naudoti specialius hidroizoliacinius mūro mišinius. Sumūrytas sienas iš fasado padengti hidrofobiniu skysčiu apsaugančiu nuo įmirkimo.
4. Sienų sluoksnių tarpusavio sujungimus daryti tik nuo korozijos apsaugotais metaliniais ar plastikiniais ryšiais.

Keraminės medžiagos tiek biologiniu, tiek ekologiniu požiūriu yra laikomos vienomis sveikiausių medžiagų. Didžiausi apdailinių plytų gamintojai yra AB „Švenčionėlių keramika“, AB „Tauragės keramika“, AB „Palemono keramika“, AB „Daugelių plytinė“ [1].

19 lentelė. Techniniai AB „Palemono keramika“ apdailinių molio plytų parametrai

Charakteristikos	Skylėtos				Pilnavidurės				
	Lygios		Reljefinės	Tašytos	Lygios		Reljefinės		Tašytos
Matmenys, mm: ilgis*plotis*aukštis	250* 120* 65	250* 120* 88	250* 120* 65*	250* 95* 65	250* 120* 65	250* 90* 65	250* 120* 65	250* 90* 65	250* 95* 65
Svoris kg	2,8	3,8	2,8	2,4	3,5	2,7	3,5	2,7	3,2
Tankis kg/m ³	1400	1400	1400	1600	1800	1800	1800	1800	2000
Atsparumas šalčiui, ciklais	100	75	100	75	100	100	100	100	75
Šiluminė varža m ² K/W	0,3	0,3	0,3	0,25	0,25	0,19	0,25	0,19	0,19
Kiekis į m ²	53	40	53	53	53	53	53	53	53
Kaina Lt/vnt.	0,69	0,85	0,72	0,82	0,94	0,85	0,94	0,85	1,07

20 lentelė. Techniniai AB "Švenčionėlių keramika" apdailinių molio plytų parametrai.

Charakteristika	Skylėtos (lygiu paviršiumi)	
Matmenys mm	250*120*65	250*120*88
Svoris kg	3,5	1,7
Tankis kg/m ³	1300	1300
Atsparumas šalčiui ciklais	50	50
Šiluminė varža m ² K/W	0,19	0,105
Kiekis į m ²	38	38
Kaina Lt/vnt.	0,65	0,42

21 lentelė. Techniniai AB "Tauragės keramika" apdailinių molio plytų parametrai

Charakteristikos	Pilnavidurės			Skylėtos	
Matmenys (mm)	250*	250*	250*	250*	250*
Ilgis Plotis	120*	60* 65	60*	120*	120*
Aukštis	65		88	65	88
Svoris kg	3,5	1,3	1,8	2,5	1250
Tankis kg/m ³	1800	1300	1370	1250	100
Atsparumas šalčiui ciklais	75	75	75	45	0,22
Šiluminė varža m ² K/W	0,15	0,075	0,075	0,22	0,22
Kiekis į rrf	51,3	51,3	38	51,3	38,5
Kaina Lt/vnt.	0,97	0,53	0,58	0,73	0,91

1.8. Mineralinė vata

Pastato šilumos izoliacija gali būti vertinama kaip lėšų investavimas į tai, kas tikrai atsipirks. Izoliacijos kaina yra investuotas kapitalas, kuris ateityje sugrįš kaip šildymo kaštų sutaupymas.

Optimalus izoliacijos storis apskaičiuojamas įvertinant palūkanų normą, atsipirkimo laiką ir energijos kainų augimą. Daugeliu atvejų optimalus izoliacijos storis yra žymiai didesnis už statybos reglamentų reikalaujamą storį.

Universali šilumos izoliacija visoms pastato atitvaroms, kai šilumos izoliacija neveikiama apkrovų: šlaitiniams stogams, pastogėms, palėpėms, medinėms grindims tarp gulėkšnių, trisluoksnio mūro ir karkasinėms sienoms, ventiliuojamiems fasadams, vidaus pertvaroms. Vidinių sienų ir tarpaukštinių perdangų garso ir priešgaisrinė izoliacija.

Universali šilumos izoliacija visoms pastato atitvaroms, kai šilumos izoliacija neveikiama apkrovų: šlaitiniams stogams, pastogėms, palėpėms, medinėms grindims tarp gulėkšnių, trisluoksnio mūro ir karkasinėms sienoms, ventiliuojamiems fasadams, vidaus pertvaroms. Vidinių sienų ir tarpaukštinių perdangų garso ir priešgaisrinė izoliacija [12].



8 pav. PAROC mineralinė vata

22 lentelė. PAROC vatos matmenys

Matmenys	
Plotis x ilgis	Storis
565 x 1220 mm	50 x 150 mm
610 x 1220 mm	42 x 150 mm
870 x 920 mm	50 - 150 mm

23 lentelė. Šilumos laidumas

Šilumos laidumas
Šilumos laidumo koeficiento deklaruojamoji vertė (CE), λ_D
0,037 W/mK
Šilumos laidumo koeficiento deklaruojamoji vertė (CE)
(Taikomos šalių skaičiavimo taisyklės) W/mK

24 lentelė. Drėgminės savybės

Drėgminės savybės
Trumpalaikis vandens įmirkis, deklaruojamoji vertė, WS
1 kg/m ²
Ilgalaikis vandens įmirkis, deklaruojamoji vertė, WL(P)
3 kg/m ²
Vandens garų pralaidumas, deklaruojamoji MU vertė, MU
1

1.9. Polistireninis putplastis

Šiluminė varža ir šilumos laidumo koeficientas laidumo koeficientas.

Polistireninį putplastį sudaro 98 % oro ir 2 % polistireno. Oras įskliaustas į uždaras 0,2-0,5 mm skersmens akeles, kurių sienelių storis siekia 0,001 mm. Oras - blogas šilumos laidininkas, todėl jis laiduoja puikias polistireninio putplasčio termoizoliacines savybes. Kadangi oras iš akelių nesisklaido, termoizoliacinis poveikis išlieka pastovus.

Medžiagos termoizoliacines savybes nusako šilumos laidumas λ (W/m·K). Kuo šilumos laidumas mažesnis, tuo geresnė termoizoliacija. Polistireninio putplasčio gaminių šilumos laidumo koeficientas 0,030÷0,045 (W/m·K), priklausomai nuo tankio. Šiluminė varža ir šilumos laidumo koeficientas nustatomas matuojant gaminius pagal standartą pr EN12667, o storus gaminius - pagal EN12939. Šiluminės varžos ir šilumos laidumo koeficiento deklaruojamosios vertės λ_D ir R_D nustatomos pagal standarto LST EN 13163 A priedą, esant 10°C vidutinei temperatūrai. Išmatuotos vertės išreiškiamos trimis reikšminiais skaičiais.

Atsparumas šalčiui

Polistireninio putplasčio taikymo praktiškai neriboja jokia žemutinė temperatūros riba. Jo struktūra esmingiau nekinta iki 180°C. Atsparumas šalčiui nustatomas pagal EN 12091, naudojant bandinius, kurie buvo paruošti ilgalaikiui įmirkiui visiškai panardinus vandenyje nustatyti pagal EN 12087. Gniuždomojo įtempio, esant 10% deformacijai, σ_{10} sumažėjimas po 300 šaldymo ciklų turi būti mažesnis kaip 10%.

Kenksmingumas

Izoliacinės medžiagos gali būti neigiamai vertinamos dėl į jų sudėtį įeinančių žmogaus sveikatai kenksmingų medžiagų. Šis faktas gali iškilti pvz., panaudojant alternatyvias EPS medžiagas. Namas, kuris suprojektuotas kaip „ekologiškai sveikas“, atsiradus pelėsiui gali tapti „ekologiškai sergančiu statiniu“. Pelėsiai gali atsirasti patalpose dėl netinkamo vėdinimo ir šildymo. EPS tokia biologiniame procese nedalyvauja. Izoliacijoje iš EPS nesiveisia pelėsiai, grybai ir bakterijos. EPS pripažintas kaip izoliacinė medžiaga, nesukelianti neigiamo poveikio sveikatai ir aplinkai. Putų polistirenas neyra. Jo neveikia rūgštūs vandenys, mineralinės trąšos.

Ekologiškumas

Polistireninis putplastis neutralus, neradioaktyvus, netirpsta vandenyje, nedaro biologinio poveikio gyvūnų organizmui. Degant EPS, išsiskiriančio toksiško anglies monoksido kiekis yra daug mažesnis, nei degant spygliuočių medienai ar medžio drožlių plokštei. EPS yra inertiškas, nenuodingas, jo sudėtyje nėra chlorfluoranglies junginių (CFCO, hidrintų chlorfluoranglies junginių (HCFC) ir formaldehido.

Nekenkia sveikatai

EPS nedirgina odos, montuojant EPS nereikia naudoti jokių asmeninių apsaugos priemonių. Polistireninis putplastis, priešingai negu mineralinė vata, neišskiria smulkių plaušelių, kurie nusėdami plaučiuose galėtų sukelti vėžinius susirgimus. EPS yra netoksiškas.

Ilgamžiškumas

Polistireninis putplastis nepūva, nedūla ir yra atsparus senėjimui. Kietųjų putų pramoninės sąjungos užsakymu Vokietijoje buvo atlikti ilgalaikiai polistireninio putplasčio plokščių bandymai. Šiam tikslui buvo paimti izoliacinės medžiagos mėginiai iš 31 metų senumo nevėdinamo plokščiojo stogo, kuriuo buvo uždengtas firmos BASF pastatas Liudwigshafene. Bandymai parodė, jog siūlės tarp atskirų izoliacinių plokščių yra visiškai sandarios. Jokių negrįžtamų pokyčių, sukeltų tariamai traukiantis ar nykstant izoliacinėms plokštėms dėl 31 metų eksploatacijos, nebuvo nustatyta. Polistireninio putplasčio plokštės

buvo visai nepasikeitusios. Jų briaunos taip pat neturėjo jokių deformacijos požymių, tariamai atsirandančių ant dėl terminės izoliacinių plokščių apkrovos, nepasikeitė nei jų ilgis. Šie rezultatai įrodo, kad per 31 metus EPS plokštėse neatsirado drėgmės, apribojančios izoliacinio sluoksnio funkciją, šiluminis laidumas bei atsparumas gniuždymui be išlygų tenkina DIN 4108 „Šiluminė apsauga antžeminėje statyboje“ reikalavimus. Atlikti bandymai akivaizdžiai įrodė, kad EPS plokštės be apribojimų tinka plokščių bei nuožulnių stogų šiluminei izoliacijai [1].

25 lentelė. Polistireninio putplasčio plokščių techninės charakteristikos

Žymėjimas pagal LST EN 13163 standartą		EPS30	EPS 50	EPS 60	EPS 70	EPS 80	EPS 100	EPS 150	EPS 200
Ankstesnis žymėjimas		M10	M12	M15	M15F	M17	M20	M25	M30
Storis, mm	Gaminamo produkto	-1,2	-1,6	-1,6	-1,1	-0,9	-0,2	-0,8	-0,5
	Standarto LST EN 13163 reikalavimas	±2	±2	±2	±2	±1	±1	±1	±1
Ilgis, mm	Gaminamo produkto	0	0	-2	-1	-1	-1	+1	-2
	Standarto LST EN 13163 reikalavimas	±2	±2	±2	±2	±2	±2	±2	±2
Plotis, mm	Gaminamo produkto	-1	-2	-1	-1	-1	-1	+1	-1
	Standarto LST EN 13163 reikalavimas	±2	±2	±2	±2	±2	±2	±2	±2
Statmenumo nuokrypa, mm/m	Gaminamo produkto	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,3
	Standarto LST EN 13163 reikalavimas	±2/1000	±2/1000	±2/1000	±2/1000	±2/1000	±2/1000	±2/1000	±2/1000
Stipris lenkiant, kPa	Gaminamo produkto	56	76	107	144	173	187	232	408
	Standarto LST EN 13163 reikalavimas	50	75	100	135	150	170	200	350

1.10. Plonasluoksnio tinko fasadų šiltinimo sistema

VISCUM prekinis ženklas - pirmasis Lietuvoje pradėtų gaminti polimercementinių statybinių mišinių ženklas. Viena iš veiklos kryptių - pastatų apšiltinimo sistema. Įmonės standartai remiasi Europos "EN" ir Vokietijos "DIN" standartų reikalavimais, keliamais šios rūšies statybinei produkcijai.

VISCUM apšiltinimo sistemos privalumai:

- Sistema sukurta Lietuvoje su užsienio chemijos koncernų technologų pagalba bei panaudojant Europoje sukaupią patirtį, ir yra pritaikyta būtent Lietuvos klimatinėms sąlygoms (kritulių kiekis, įšalo gylis, temperatūros svyravimai).
- Apie 80 % sistemos medžiagų pagaminta Lietuvoje.
- Ypatingai mažas armuojančio-apsauginio ir dekoratyvinio-apdailinio sluoksnio vandens įgėrimas.
- Didelis armuojančio-apsauginio sluoksnio elastingumas.
- Apdailiniam sluoksniui galima pasirinkti struktūrinius tinkus arba fasadinį glaistą, taip pat lateksinius ar silikoninius dažus [30].

VISCUM termoizoliacinės sistemos komponentai pateikti 18-oje lentelėje.

26 lentelė. VISCUM fasadų šiltinimo sistemos komponentai

Medžiagos pavadinimas		Vieneto kaina Lt	Sąnaudos m^2	Suma Lt
1	2	3	4	5
Klijai	JVISCUM-SAS	1,49	4,0-6,0 kg	7,45
Termoizoliacinės plokštės	Min. tankis 15-20 kg/m^3			
Armavimo skiedinys	VISCUM T-4	1,49	4,0-5,0 kg	6,70
Tinklelis	Stiklo pluošto, apie 165 g/m^2 , atsparus šarmams	2,30	1,1 m^2	2,53
Gruntas	VISCUM SAD-54 giluminis gruntas	5,90	0,101	0,59
Dekoratyvinis tinkas	VISCUM T-5 mineralinis dekoratyvinis tinkas	1,50	3,5-4,0 kg	5,62
Gruntas	VISCUM S-14 silikoninis impregnantas	5,90	0,2-0,8 l	2,95
Dažai	VISCUM Nr.2 lateksiniai(esant polistireno termoizoliacijai)		0,171	
	VISCUM Nr.3 silikoniniai (esant akmens vatos termoizoliacijai)	8,00	0,171	2,72

lm² sienos kaina:

Vertinimui parenkama VISCUM plonasluoksnio tinko sistema (variantas T7. /), kurios lm kainą sudaro klijai izoliacijai+armavimo sluoksnis +armavimo tinkelis +gruntas +dekoratyvinis tinkas+gruntas+dažai.

2. EFEKTYVUMO RODIKLIAI

2.1. Šiluminė varža

Rodiklių reikšmės apskaičiuojamos pagal galiojančius normatyvinius dokumentus. Sienos šiluminė varža skaičiuojama vadovaujantis STR 2.05.01:2005 „Pastatų aitvarų šiluminė technika“ reikalavimais.

Trisluoksnio mūro sienos šilumos laidumo koeficientas turi tenkinti sąlygą :

$$U < U_n \text{ arba}$$

$$U < 0,26K \quad (K - \text{temperatūros pataisos koeficientas priimamas } K=1). \text{ Sienos}$$

šiluminė varža :

$$R_t > 1/U; R_t \geq 5 \text{ m}^2\text{K/W};$$

čia: R_{si}, R_{se} - vidaus ir išorės paviršiaus šiluminė varža ($R_{si}=0,17$, $R_{se}=0,04$);

R_s - sieną sudarančių sluoksnių šiluminė varža.

$$R_s = R_t - R_{se} - R_{si} \geq 5 \text{ m}^2\text{K/W}.$$

Atskirų aitvarų šiluminės varžos skaičiavimo rezultatai pateikiami 24 lentelėje.

2.2. Sienos svoris

Sienos vieno kvadratinio metro svoris skaičiuojamas pagal aitvarą sudarančių dalių svorius.

Atitvarų 1 m² svorio skaičiavimo rezultatai pateikti 24-oje lentelėje.

2.3. Įrengimo darbo sąnaudos

Nagrinėjamų trisluoksnio mūro ir plonasluoksniu tinku apšiltintų išorės sienų įrengimo darbo sąnaudos skaičiuojamos remiantis "Statybos darbų, medžiagų, mechanizmų sąnaudų statyboje normatyvais".

Darbo sąnaudos trisluoksnio mūro sienoms

Darbo sąnaudos skaičiuojamos išskiriant apdailinio mūro rūšį (keraminės) bei apdailos plytos aukštį (88 arba 65 mm), tačiau pagal normatyvų punktus N8-373, N8-374, N8-379, N8-380 darbo sąnaudos yra vienodos. lm² trisluoksnio mūro įrengimo darbo sąnaudos pateiktos 24 lentelėje.

Darbo sąnaudos plonasluoksnio tinko apdailos sienoms

Darbo sąnaudos skaičiuojamos išskiriant laikančios sienos (blokelių mūras), apšiltinimo sluoksnio, plonasluoksnio tinko sistemos įrengimą bei dekoratyvinio tinko dažymo darbo sąnaudas. Skaičiavimo rezultatai pateikti 24 lentelėje.

2.4. Ilgaamžiškumas

Atitvaros ilgaamžiškumas vertinamas apdailinio sluoksnio atsparumu šalčiui.

Atsparumas šalčiui matuojamas ciklais. Standartinių bandymų metu plyta 8-ioms valandoms panardinama į vandenį, po to 8-ioms valandoms dedama į šaldymo kamerą - vienas ciklas. Taip daroma tol, kol nepradės keistis plytos charakteristikos (masė, stiprumas ir kt). Apdailiniam mūrai naudojamos plytos, kurių atsparumas šalčiui daugiau kaip 50 ciklų.

Apdailinių plytų, naudojamų trisluoksnio mūro atitvarose, atsparumo šalčiui ciklais rodikliai pateikti 24-oje lentelėje.

Plonasluoksnių apdailinių tinkų gamintojai deklaruoja, kad tinkai atlaiko 25 šalčio ciklus, t.y. skaičiuojama, kad vidutiniškai per metus įvyksta 5-7 šalčio ciklai. Tai atitinka LST 1413.12:1998 Statybinis skiedinys standarto keliamus reikalavimus. Tinko ir kitokios apdailos atsparumo šalčiui nustatymas vykdomas vieno pusio šaldymo būdu. Plonasluoksnių dekoratyvinių tinkų atsparumo šalčiui ciklais rodikliai pateikti 24-oje lentelėje

2.5. Estetika

Pastato sienos konstrukcijos parinkimas lemia pastato techninius, eksploatacinius ir daugelį kitų rodiklių. Vienas iš galimų atitvaros vertinimo kriterijų yra jos estetiškas vaizdas. Estetika nėra objektyvus rodiklis, išreiškiamas skaitine verte. Šio rodiklio vertinimui naudojami balai, kurie suteikiami atsižvelgiant į eilę elementarių savybių, tokių kaip spalvinių ir faktūros sprendimų įvairovė, novatoriškumas, formos įvairovė ir pan. Atitvarų estetinio vertinimo rodikliai pateikiami 24-oje lentelėje.

2.6. Kaina

Atitvarų kainos skaičiuojamos pagal jas sudarančių medžiagų kainas. Trisluoksnio mūro sienų kainą sudaro blokelių laikančios mūro sienos, šilumos ir vėjo izoliacija, apdailinis mūras bei mūro skiedinys. Plonasluoksnio tinko sienų kainą sudaro blokelių laikančios mūro sienos, šilumos izoliacija ir planasluoksnio tinko sistemos kaina.

Atitvarų kainos pateiktos 24-oje lentelėje.

3. IŠORĖS SIENOS EFEKTYVIOS KONSTRUKCIJOS NUSTATYMAS

3.1. Kriterijų reikšmingumo nustatymas taikant ekspertinių įvertinimų metodus

Analizuojamas ekspertinių metodų taikymas, nustatant kriterijų reikšmingumą, be kurio sunku realiai įvertinti projektus. Atlikus ekspertizę, gauti t_{jk} vertinimų rinkiniai apdorojami statistiškai. Šiuo atveju vidutinė kriterijaus įvertinimo reikšmė $\bar{t}_j$ nustatoma pagal formules:

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r w_k t_{jk}}{\sum_{k=1}^r w_k}$$

čia w_k - k eksperto autoriteto koeficientas; t_{jk} - k eksperto atliktas j rodiklio įvertinimas; r - ekspertų skaičius. Ekspertizės patikimumą apibūdina variacija

$$\sigma_j^2 = \sigma^2 \bar{t}_j^2,$$

čia σ^2 - vidutinė kvadratinė ekspertinių įvertinimų sklaida, nustatoma pagal formulę

$$\sigma^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^r (t_{jk} - \bar{t}_j)^2.$$

čia σ^2 - ekspertinių įvertinimų dispersija.

Ekspertizės patikimumą dar galima išreikšti ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n) - r \sum_{k=1}^r T_k^2},$$

čia S - kiekvieno kriterijaus įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma

$$S = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^r t_{lk} \right]^2,$$

$$T_k = \sum_{l=1}^{H_l} (h_l^3 - h_l)$$

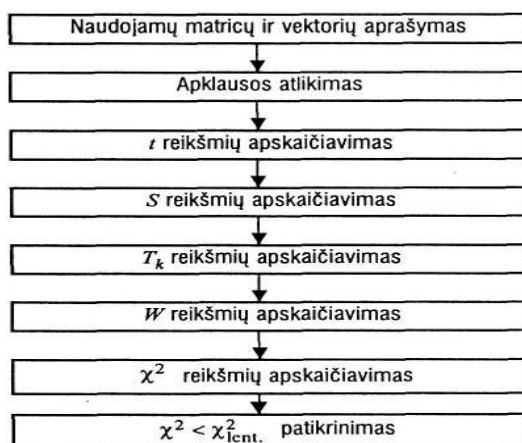
(17)-(19) formulėse vartojami žymėjimai: T_k - k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis; H_l - lygių rangų grupių skaičius k ranžiruotėje; h_l — lygių rangų, l susijusių rangų grupėje, skaičius, įvertinus k ekspertui; t_{jk} - k eksperto j kriterijui priskiriamas rangas; k- ekspertų skaičius; n - įvertinamų kriterijų skaičius. Jei nėra susijusių rangų, konkordancijos koeficientą galima nustatyti pagal formulę:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)}.$$

Konkordancijos koeficientas lygus 1, jei visos ekspertų ranžiruotės vienodos; lygus 0, jei visos ranžiruotės skirtingos, t. y. visiškai nesutampa. Koeficientas, nustatomas pagal (17) ir (20) formules, yra atsitiktinis dydis. Norint nustatyti konkordancijos koeficiento įvertinimo reikšmingumą, reikia žinoti dažnių pasiskirstymą, esant įvairioms r ekspertų ir n lyginamųjų variantų reikšmėms. Konkordancijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę

$$\chi^2 = \frac{12S}{n(n+1) - \frac{1}{\sum T_k^2}}.$$

Jei remiantis šia formule apskaičiuota χ^2 reikšmė didesnė nei χ^2_{lent} pagal lentelę, priklausanti nuo laisvės laipsnių skaičiaus bei priimto reikšmingumo lygio, ekspertų suderintų ranžiruočių hipotezė priimama. Antraip, $\chi^2 < \chi^2_{\text{lent}}$, laikoma, kad ekspertų nuomonės nesuderintos ir iš esmės skiriasi. Blokinė šio metodo schema pateikta 10 paveiksle.



10 pav. Konkordancijos koeficiento nustatymo algoritmo blokinė schema

Galima išvengti kai kurių sunkumų naudojant ranžiruotes, įvertinant ir paskui nustatant lyginamųjų alternatyvų, kriterijų ar kitų ekspertinio vertinimo objektų prioritetiškumą. Šiuo atveju ekspertinį vertinimą rekomenduojama atlikti poromis, siekiant kiekvienoje lyginamojoje poroje nustatyti reikšmingesnę kriterijų.

Ekspertinis vertinimas ir skaičiavimai atliekami matricos forma. Kiekvienas ekspertas į pirmos (M1) matricos eilutės ir stulpelio sankirtos tašką įrašo savo įvertinimą x_{ij} . Jis gali būti 1 arba 0, priklausomai nuo to, ar i kriterijus (projektas) prioritetiškesnis už j .

Antroje (M2) matricioje pateikti visų ekspertizėje dalyvavusių ekspertų atsakymų rezultatai. Šioje matricioje pateiktas procentinis santykis (dalis atvejų), kai i kriterijus yra

reikšmingesnis už j pagal bendrą gautų įvertinimų skaičių. M2 matricoje rezultatus patogiau pateikti $p_{ij}=x_{ij}$: k išraiška (čia k - ekspertų skaičius), turint omenyje, kad P_{ij}

i kriterijus	j kriterijus					
	1	2	...	j	...	n
1	—	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
2	x_{21}	—	...	x_{2j}	...	x_{2n}
...	...	...	...	...	...	...
i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{in}
...	...	...	...	...	...	...
n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nj}	...	—

$^+P_{ji} = 1$. Antra (M2) matrica - dalis atvejų, kai kriterijus reikšmingesnis už kriterijaus faktorių.

i krite- rijus	j kriterijus						Eilės suma
	1	2	...	j	...	n	
1	—	p_{12}	...	p_{1j}	...	p_{1n}	p_1
2	p_{21}	—	...	p_{2j}	...	p_{2n}	p_2
...	...	...	...	...	...	...	...
i	p_{i1}	p_{i2}	...	p_{ij}	...	p_{in}	p_i
...	...	...	...	...	...	...	...
n	p_{n1}	p_{n2}	...	p_{nj}	...	—	p_n

Į trečią (M3) matricą surašomi pagrindinio pertvarkymo pagal skales rezultatai, remiantis L.Terstouno suformuluotu lyginamųjų sprendimų dėsnio. Pagal šį dėsnį

i krite- rijus	j kriterijus						Iš viso	Vidutinė reikšmė
	1	2	...	j	...	n		
1	—	z_{12}	...	z_{1j}	...	z_{1n}	z_1	$\bar{z}_1$
2	z_{21}	—	...	z_{2j}	...	z_{2n}	z_2	$\bar{z}_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
i	z_{i1}	z_{i2}	...	z_{ij}	...	z_{in}	z_i	$\bar{z}_i$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
n	z_{n1}	z_{n2}	...	z_{nj}	...	—	z_n	$\bar{z}_n$

skirtumai tarp didelės grupės ekspertų ($k > 25$) atliktų įvertinimų turi normalinį pasiskirstymą. Trečia (M3) pagrindinio pertvarkymo matrica

Jei k ekspertai davė n įvertinimą R_i [$i = 1, n$] požymiams C_j ; $j = 1, n$ skaičių pavidalu pagal tai, ar jie turi X savybę, tai C_j - skaičiai yra R_i požymių pagal skalę įvertinimai, o tokių dviejų R_i ir R_j . objektų įvertinimų skirtumas išreiškiamas skalės modeliu

$$C_i - C_j = Z_{ij} \delta_{ij} ; \quad (4.22)$$

čia C_i , C_j - kriterijų (projektų) įvertinimai pagal skalę; Z_{ij} - normuotas nuokrypis, atitinkantis P_{ij} , parodantį dalį i kriterijaus prioritetiškumo prieš kriterijų j atvejų; δ_{ij} - numanomo skirtumų tarp C_i ir C_j pasiskirstymo vidutinis kvadratinis nuokrypis, t. y.

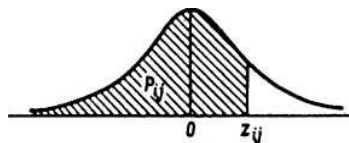
$$G(Z_{ij}) = p_{ij} = \int_{-\infty}^{Z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Z_{ij} bei P_{ij} tarpusavio santykiai parodyti 10 paveiksle. Čia po kreive užbrūkšniuotas plotas parodo santykinę i faktoriaus prioritetą prieš j skaičių, kai Z_{ij} matuojamas standartinio nuokrypio vienetais.

Paprastumo dėlei galima laikyti, kad δ_{ij} pagal (22) išraišką lygus 1, tada $C_i - C_j = Z_{ij}$.

Be to, tarkime, kad normuoto normalinio pasiskirstymo plotas po kreive (intervalu nuo -3δ iki $+3\delta$) lygus 1. (23) formulę galima užrašyti išplėstiniu būdu:

$$G(Z_{ij}) = p_{ij} = \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt + \int_0^{Z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$



11 pav. Priklausomybė tarp p_{ij} ir z_{ij}

Kadangi integralas nuo $-\infty$ iki 0 lygus 0,5, gauname

$$G(Z_{ij}) = p_{ij} = 0,5 + \int_0^{Z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Tolesniuose skaičiavimuose naudojama būtent ši išraiška.

Žinoma, kad realus įvertinimai skiriasi nuo laukiamos eilės Z_{ij} , todėl uždavinio tikslas - surasti aibę įvertinimų, kuriems šis skirtumas būtų mažiausias. Todėl įvertinimų pagal skalę sudarymo procedūra – tai p_{ij} , santykių ($M2$ matrica) pavertimas laukiamais Z_{ij} pagal (4.24) lygtį, naudojant normuoto normalinio pasiskirstymo lentelę. Šie Z_{ij} sudaro matricą su dviem įėjimais arba pagrindinio pertvarkymo matricą 3 ($M3$) su kiekvieno i kriterijaus skaičių eilutėmis ir kiekvieno j kriterijaus skaičių stulpeliais. Taigi $M3$ matricoje kiekvienas Z_{ij} įvertinimas – tai skirtumas tarp i ir j kriterijų standartiniuose nuokrypiuose, be to,

$Z_i = \sum Z_i$ - šių įvertinimų suma, o vidutinė reikšmė:

$$Z = \sum Z_i / k,$$

čia k - ekspertų skaičius.

Be to, p_{ij} nagrinėjamas kaip plotas po normuoto normalinio pasiskirstymo kreive intervalu nuo $-\infty$ iki Z . Tokio pasiskirstymo funkcijos reikšmės pateiktos literatūroje apie statistiką.

Naudojant M3 matricoje pateiktus rezultatus, nesunku nustatyti kriterijaus reikšmingumo reikšmės arba lyginamų projektų reikšmingumą. Tačiau grupinis įvertinimas laikomas pakankamai patikimu tik tada, kai apklausiamų specialistų atsakymai yra gerai suderinti. Todėl statistinis iš ekspertų gautos informacijos apdorojimas turi atspindėti ekspertų nuomonių suderinamumo įvertinimą ir nustatyti nesutarimo priežastis.

Akivaizdu, kad esant visiškam k ekspertų sutarimui, C^2 matricos langeliuose bus skaičius $p = k$, o likusiuose langeliuose bus nuliai. Esant minimaliam sutarimui, kiekvieno langelio reikšmė bus $p = k/2$, kai ekspertų skaičius lyginis, ir $p = (k \pm 1)/2$, jei nelyginis.

Iš to išeina, kad poriniame lyginyje konkordancijos koeficientas gali būti nustatytas pagal formulę:

$$W = Q/Q_{\max};$$

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{pij}^2, \quad Q_{\max} = \frac{k(k-1)n(n-1)}{4},$$

iš čia

$$W = \frac{4}{k(k-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{C_{pij}^2}{n(n-1)}.$$

Mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė, lyginant poromis, jei k nelyginis skaičius, nustatoma pagal formulę

$$W = \frac{k-2}{2(K-1)}.$$

Jei sumuojame ne pagal visus matricos langelius, o tik pagal esančius aukščiau arba žemiau pagrindinės matricos įstrižainės, tai siekiant mažinti darbo sąnaudas, skaičiuojama pagal pertvarkytą (26) formulę:

$$Q = \sum_{ij} x_{ij}^2 - k \sum_{ij} x_{ij} + C_k^2 C_n^2.$$

Siekiant sumažinti darbo sąnaudas ir sutrumpinti ekspertinio įvertinimo uždavinio, sprendžiamo porinio lyginimo metodu, sprendimo laiką, sudaryti algoritmai ir kompiuterinė programa. Tai leido išspręsti daugelį teorinių ir praktinių uždavinių [32].

3.2. Rodiklių reikšmingumo nustatymas

Rodiklių reikšmingumai nustatomi vykdant ekspertinę apklausą. Naudojamas rangavimo metodas. Ekspertų apklausos rezultatai pateikti 27-oje lentelėje.

27 lentelė. Ekspertų apklausos rezultatai

EIL. NR.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
E1	1	3	2	4	5	6	7	
E2	3	7	1	4	5	2	6	
E3	2	7	1	5	4	3	6	
E4	1	7	4	2	3	5	6	
E5	1	7	4	2	3	5	6	
E6	1	7	4	2	3	5	6	
E7	2	7	1	4	6	3	5	
E8	2	7	1	6	4	3	5	
E9	1	5	2	6	7	3	4	
E10	1	5	2	6	7	3	4	
E11	2	7	1	5	6	3	4	
E12	2	5	1	6	7	3	4	
E13	2	5	1	7	6	3	4	
E14	2	5	1	7	6	4	3	
E15	2	5	1	6	7	4	3	
E16	1	7	2	5	6	4	3	
E17	1	7	2	5	6	4	3	
E18	1	7	2	5	6	4	3	
E19	1	7	4	5	6	2	3	
E20	1	5	2	6	7	4	3	
E21	1	5	4	6	7	3	2	
E22	3	7	2	6	5	4	1	
E23	1	7	3	6	5	4	2	
E24	1	7	3	5	6	4	2	
E25	4	7	2	5	5	3	1	
<i>Rangų suma</i>	40	155	53	126	139	91	96	700
<i>Vidutinis rangas</i>	1,60	6,20	2,72	5,04	5,56	3,64	3,84	28
<i>Rodiklių ranžiruotė</i>	1	7	2	5	6	3	4	
<i>Subjektyvinis reikšmingumas qj</i>	0,157	0,130	0,154	0,137	0,133	0,145	0,144	

1) Skaičiuojamas rangų vidurkis pagal formulę:

$$t_j = \sum t_{jk} / r;$$

2) Kiekvieno rodiklio subjektyvinis reikšmingumas q_j apskaičiuojamas pagal formulę:

$$a) q_j = t_j / \sum t_j; \quad b) q_i = 1 - q_j; \quad c) q_j = q_i / \sum q_j.$$

3) Rodiklio nukrypimo kvadratų sumos nustatymas:

$$S = \sum (\sum t_{jk} - 1/n \sum \sum t_{jk})^2;$$

$$S = (40 - 100)^2 + (155 - 100)^2 + (53 - 100)^2 + (126 - 100)^2 + (139 - 100)^2 + (91 - 100)^2 + (96 - 100)^2$$

$$= 3600 + 3025 + 2209 + 676 + 1521 + 81 + 16 = 11128;$$

4) Konkordacijos koeficientas nustatomas:

$$W = 12S / r^2 (n^3 - n);$$

$$W = (12 \times 11280) / (25^2 (7^3 - 7)) = 0,645;$$

5) Konkordacijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

a) laisvės laipsnių skaičius $v = n - l = 7 - 1 = 6$, pagal lentelę $\chi^2_{\text{lent}} = 16,812$, kai $\alpha = 0,01$

b) $\chi^2 = 12S / \{ r n (n + 1) - 1 / (n - 1) \sum T_k \}$;

$$\chi^2 = (12 \times 11280) / (25 \times 7 (7 + 1)) = 96,69;$$

Tikrinamos dvi sąlygos

1. $W > 0$, $W = 0,645 > 0$;

2. $\chi^2 > \chi^2_{\text{lent}}$, $96,69 > 16,81$;

Išvada: Ekspertų skaičius yra pakankamas ir jų nuomonės suderintos.

Efektivumo rodiklių reikšmingumai:

Kaina – 0,157;

Svoris – 0,130;

Šiluminė varža – 0,154;

Žmogaus darbo sąnaudos – 0,137;

Įrengimo darbo sąnaudos – 0,133;

Ilgamžiškumas – 0,145;

Estetika – 0,144.

28 lentelė. Efektyvumo rodiklių suvestinė lentelė

Varianto Nr.	Konstrukcinė medžiaga	Atitvaros apibūdinimas		Vertinimo rodikliai						
		Apdailos madžiaga	Termoizoliacinė medžiaga	Sienos kaina Lt/m2	Sienos svoris kg/m2	Sienos šiluminė varža, m2K/W	Žmogaus darbo sąnaudos, h/m2	Įrenginio darbo sąnaudos, maš. h/m2	Sienos ilgaamžiškumas, ciklais	Sienų paviršių estetika, balais
				$x_1(-)$	$x_2(-)$	$x_3(+)$	$x_4(-)$	$x_5(-)$	$x_6(+)$	$x_7(+)$
				Rodiklių reikšmingumas – q		0.157	0.130	0.154	0.137	0.133
1	Silikatinis blokelis	lygi	Mineralinė vata	125	368	5.13	3.3	0.35	50	6.0
2		250*50*70	Polistirenas	119	367	5.22	3.3	0.35	50	6.0
3		skaldyta	Mineralinė vata	123	440	5.13	3.3	0.35	50	7.5
4		250*90*65	Polistirenas	117	439	5.22	3.3	0.35	50	7.5
5		reljefinė	Mineralinė vata	124	440	5.13	3.3	0.35	50	8.0
6		250*90*88	Polistirenas	118	439	5.22	3.3	0.35	50	8.0
7	Aktyto betono blokelis	lygi	Mineralinė vata	131	217	6.30	3.6	0.34	50	6.0
8		250*50*70	Polistirenas	125	216	6.39	3.6	0.34	50	6.0
9		skaldyta	Mineralinė vata	128	289	6.30	3.6	0.34	50	7.5
10		250*90*65	Polistirenas	123	288	6.39	3.6	0.34	50	7.5
11		reljefinė	Mineralinė vata	130	289	6.30	3.6	0.34	50	8.0
12		250*90*88	Polistirenas	124	288	6.39	3.6	0.34	50	8.0
13	Keraminis blokelis	lygi	Mineralinė vata	137	289	5.98	3.6	0.34	50	6.0
14		250*50*70	Polistirenas	131	288	6.07	3.6	0.34	50	6.0
15		skaldyta	Mineralinė vata	135	322	5.98	3.6	0.34	50	7.5
16		250*90*65	Polistirenas	129	321	6.07	3.6	0.34	50	7.5
17		reljefinė	Mineralinė vata	136	322	5.98	3.6	0.34	50	8.0
18		250*90*88	Polistirenas	129	321	6.07	3.6	0.34	50	8.0
19	Silikatinis blokelis	Tinko paviršius	Mineralinė vata	137	283	5.13	3.8	0.35	25	7.8
20			Polistirenas	101	282	5.22	3.8	0.35	25	7.8
21	Aktyto betono blokelis		Mineralinė vata	145	132	6.30	4.1	0.35	25	7.8
22			Polistirenas	107	131	6.39	4.1	0.35	25	7.8
23	Keraminis blokelis		Mineralinė vata	149	164	5.98	4.1	0.35	25	7.8
24			Polistirenas	113	163	6.07	4.1	0.35	25	7.8

3.3. Artumo iki idealaus taško metodas

Metodo esmė yra tame, kad formuojamas bendras kriterijus, įvertinant sprendimo variantų nukrypimus nuo taip vadinamo idealaus, sudaryto iš geriausių lyginamų efektyvumo rodiklių variantų.

Naudojant geresnio varianto pasirinkimo metodą bendro kriterijaus K_{AIT} pagrindu, būtina įvertinti kad, kiekvieno sprendimo varianto efektyvumo rodiklio naudingumo

funkcija arba monotoniškai auga, arba monotoniškai mažėja, tai yra didesnė kokio nors rodiklio reikšmė yra visada geriau, nei mažesnė to paties rodiklio reikšmė, arba atvirkščiai. Tai priklauso nuo to, mažėjanti ar didėjanti yra naudingumo funkcija. Visi rodikliai turi būti kardinalūs. Jeigu yra ordinalūs rodikliai (savybiniai), tai jie turi būti kvantifikuoti. Taip pat turi būti paskirti efektyvumo rodiklių reikšmingumų dydžiai arba juos nuspręsta laikyti lygiais.

Sprendimas vyksta keliais etapais:

- 1 etapas. Normalizuotos sprendimų matricos pasirinkimas. Etapo tikslas – gauti bedimensius dydžius, polidimensius efektyvumo rodiklius, kad būtų galimas įvairių dydžių rodiklių palyginimas. Normalizavimas vyksta pagal formulę 1. Gaunama sprendimų priėmimo matrica P (2).

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} ; \quad (1)$$

$i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n.$

- 2 etapas. Paskyrimas pasvertos normalizuotos sprendimų matricos. Vyksta matricos P (3) daugyba iš rodiklių reikšmingumo dydžių vektoriaus $P^* = [P][q]$. Jeigu tokių nėra, imama matrica P nepasikeitusi, tai yra $P^* = P$.
- 3 etapas. Idealaus ir negatyvaus-idealaus varianto radimas. Idealaus variantas randamas pagal išraišką:

$$a^+ = \left\{ \left[\begin{array}{l} \left(\max_i f_{ij} / j \in J \right), \\ \left(\min_i f_{ij} / j \in J' \right) \end{array} \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{ f_1^+, f_2^+, \dots, f_n^+ \} \quad ; \quad (2)$$

kur J – rodiklių daugybė, kuriems didelės reikšmės yra geriausios; J' – daugybė rodiklių, kurių mažesnės reikšmės yra geriausios.

Negatyvus-idealus variantas randamas tokiu būdu:

$$a^- = \left\{ \left[\begin{array}{l} \left(\min_i f_{ij} / j \in J \right), \\ \left(\max_i f_{ij} / j \in J' \right) \end{array} \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{ f_1^-, f_2^-, \dots, f_n^- \} \quad ; \quad (3)$$

Tokiu būdu, variantas a^+ atitinka labiausiai reikalingą, a^- -mažiausiai reikalingą.

- 4 etapas. Atstumų variantų radimas. Atstumas tarp i ir idealaus a^+ variantais randamas pagal išraišką:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (f_{ij} - f_j^+)^2} ; \quad \forall i; i = \overline{1, m} \quad . \quad (4)$$

Atstumas tarp i ir negatyvaus-idealaus variantais išreiškiamas:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (f_{ij} - f_j^-)^2} ; \quad \forall i; i = \overline{1, m} \quad (5)$$

- 5 etapas. Statybinių sprendimų lyginamų variantų santykinio artumo iki idealaus varianto radimas. Varianto a_i santykinis artumas iki varianto a^+ randamas pagal išraišką:

$$K_i = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, \quad \forall i; i = \overline{1, m} \quad (6)$$

Nesunku pastebėti, kad $0 < K_i < 1$,

$$K_i = \begin{cases} 1, & \text{if } a_i = a^+; \\ 0, & \text{if } a_i = a^- . \end{cases} \quad (7)$$

Kuo arčiau reikšmė K_i prie 1, tuo arčiau variantas a_i prie a^+ . todėl po atliktų skaičiavimų pagal pateiktą algoritmą, nesunku rasti geriausią variantą. Geriausiu variantu skaitomas tas, kuriam dydis K_i didžiausias [31].

Pagal atstumo iki idealaus taško metodą buvo gauti sprendimo rezultatai. Jie pateikti 29 lentelėje.

29 lentelė. Sprendimo rezultatai

Varianto Nr.	Konstrukcinė medžiaga	Atitvaros apibūdinimas		Sprendimo rezultatas	
		Apdailos madžiaga	Termoizoliacinė medžiaga	K_i	R (laipsnis, pakopa)
		Rodiklių reikšmingumas – q			
1	Silikatinis blokelis	lygi	Mineralinė vata	0.4978	16
2		250*50*70	Polistirenas	0.5692	8
3		skaldyta	Mineralinė vata	0.5051	15
4		250*90*65	Polistirenas	0.5719	7
5		reljefinė	Mineralinė vata	0.4952	17
6		250*90*88	Polistirenas	0.5625	9
7	Akyto betono blokelis	lygi	Mineralinė vata	0.5403	11
8		250*50*70	Polistirenas	0.6175	4
9		skaldyta	Mineralinė vata	0.5615	10
10		250*90*65	Polistirenas	0.6282	3
11		reljefinė	Mineralinė vata	0.5383	12
12		250*90*88	Polistirenas	0.6158	5
13	Keraminis blokelis	lygi	Mineralinė vata	0.4264	21
14		250*50*70	Polistirenas	0.4950	18
15		skaldyta	Mineralinė vata	0.4402	19
16		250*90*65	Polistirenas	0.5118	14
17		reljefinė	Mineralinė vata	0.4308	20
18		250*90*88	Polistirenas	0.5123	13
19	Silikatinis blokelis	Tinko paviršius	Mineralinė vata	0.2531	24
20			Polistirenas	0.6294	2
21	Akyto betono blokelis		Mineralinė vata	0.3458	22
22			Polistirenas	0.6855	1
23	Keraminis blokelis		Mineralinė vata	0.2696	23
24			Polistirenas	0.6069	6

Iš gautų rezultatų išrenkame 10 geriausių variantų. Geriausi variantai pateikti 30 lentelėje.

30 lentelė. 10 geriausių variantų

Var.	Išorės siena			Vieta
	Laikančios sienos mūras	Apdailos medžiaga	Termoizoliacija	
22	Akyto betono blokeliai	Tinkuotas paviršius	polistirenas	1
20	Silikatiniai blokeliai	Tinkuotas paviršius	polistirenas	2
10	Akyto betono blokeliai	Skaldytos plytos	polistirenas	3
8	Akyto betono blokeliai	Lygios plytos	polistirenas	4
12	Akyto betono blokeliai	Reljefinės plytos	polistirenas	5
24	Keraminiai blokeliai	Tinkuotas paviršius	polistirenas	6
4	Silikatiniai blokeliai	Skaldytos plytos	polistirenas	7
2	Silikatiniai blokeliai	Lygios plytos	polistirenas	8
6	Silikatiniai blokeliai	Reljefinės plytos	polistirenas	9
9	Akyto betono blokeliai	Skaldytos plytos	mineralinė vata	10

3.4. Rezultatų aprašymas

Nagrinėtuose išorės sienų trijų sluoksnių mūro konstrukciniuose sprendimuose panaudotos populiariausios šiuo metu Lietuvoje medžiagos. Termoizoliacinės medžiagos – mineralinė vata PAROC bei putų polistirenas. Laikančioji sienų dalis įrengiama iš silikatinų, akyto betono bei keraminių blokelių. Apdailos medžiagos – plytos (lygios, skaldytos, tašytos), įvairių matmenų modulinės ir nemodulinės. Kitoje, skirtingo konstrukcinio sprendimo grupėje – plonoslukšnio tinko fasadų šiltinimo technologija.

Geriausiu išorės sienos konstrukcijos variantu išrinkta konstrukcija, kurią sudaro laikanti mūro siena iš akyto betono blokelių, šiltinta polistireniniu putplasčiu ir tinkuota. Tokį rezultatą nulėmė rodiklių reikšmingumai, nustatyti vadovaujantis ekspertų nuomone. Ekspertai nemažai dėmesio pasiūlė skirti medžiagos kainai. Naudojant polistireninį putplastį, akyto betono blokelių bei tinkuojant paviršių, išorės sienos konstrukcijos kaina yra mažiausia. Taip pat labai svarbus rodiklis, išrinktas ekspertų, yra sienos šiluminė varža. Išrinkto geriausio varianto šis rodiklis turi didžiausią reikšmę. Geriausio varianto parinkimui turėjo įtakos ir kiti vertinimo rodikliai: darbo sąnaudos, sienos svoris, ilgaamžiškumas ir paviršių estetika.

Panaudotas sienos konstrukcijos parinkimas leido išanalizuoti sieninių medžiagų savybes ir pasiūlyti optimaliausią variantą. Vartotojui, kuris ruošiasi parinkti sienos konstrukciją ir pirkti sienines medžiagas, darbe panaudota metodika gali būti labai naudinga, kadangi ji leidžia palyginti medžiagų savybes, turinčias skirtingas dimensijas.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Atlikta atitvaroms naudojamų medžiagų analizė.
2. Suformuluoti vertinimo kriterijai: sienos kaina, sienos svoris, sienos šiluminė varža, žmogaus darbo sąnaudos, įrenginio darbo sąnaudos, sienos ilgaamžiškumas, sienų paviršių estetika.
3. Buvo apklausti 25 statybos srityje dirbantys profesionalai. Taikant ekspertinį metodą, nustatyti vertinimo kriterijų reikšmingumai.
4. Efektyviausio varianto nustatymui panaudotas artumo iki idealaus taško metodas.
5. Metodika išbandyta analizuojant aitvarų iš silikatinių, akyto betono, keraminių blokelių, įvairių plytų, polistireninio putplasčio bei mineralinės vatos variantus.
6. Pasiūlyta daugiakriterinio vertinimo metodika.
7. Išspręstas realus uždavinys pradedant variantų sudarymu ir baigiant variantų prioritetiškumo nustatymu.
8. Gauti rezultatai rodo, kad efektyviausia išorės sienos konstrukcija – sienos apdaila – tinkas, šilumos izoliacija – polistirenas, laikanti mūro siena – akyto betono blokeliai.

LITERATŪRA

1. Baltijos polistirenas [žiūrėta 2006. 09. 25]. Prieiga per internetą www.balpol.lt.
2. Gelžinis A. Statome namą. Vilnius: Verslo žinios. Vilnius, 2006, 45 p.
3. HECK išorės sienų šiluminės izoliacinės sistemos. 2002, 8 p.
4. ISOVER šilumos izoliacija, 2007, 5 p.
5. ISOVER statybinė izoliacija [žiūrėta 2006.09.25]. Prieiga per internetą www.isover.lt.
6. Karbauskaitė J., Gilius A., Stankevičius V., Daugiabučių gyvenamųjų namų bendrųjų šilumos nuostolių analizė. 5 – oji tarptautinė konferencija. Pastatų aprūpinimas šiluma. Aplinkos inžinerija. Vilnius: Technika, 2002, gegužės 23-24 d., 64 p.
7. Karbauskaitė J., Stankevičius V., Paulauskaitė S., Energijos suvartojimo pastatuose vertinimo aspektai. 5 – oji tarptautinė konferencija. Pastatų aprūpinimas šiluma. Aplinkos inžinerija. Vilnius: Technika, 2002, gegužės 23-24 d., 73 p.
8. Kizinevič V., Atitvarų iš dujų silikatbetonio ir kitų sieninių medžiagų palyginimas., 5 – oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija. Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities. STATYBA. Vilnius: Technika, 2002, kovo 27-29 d., 166 p.
9. Kizinevič V., Statybinės keramikos vystymosi perspektyvos., 6 – oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija. Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities. STATYBA. Vilnius: Technika, 2003, kovo 27-28 d., 178 p.
10. Mitkus S., Dėjus T. Kokybiniai tyrimų metodai. Vilnius: Technika, 1999, 47 p.
11. OPTIROC sausų statybinių mišinių katalogas. 14 p.
12. PAROC šilumos izoliacija 2007, 2 p.
13. Pastatų apšiltinimo sistema VISCUM, 2003, 9 p.
14. PORITAS akyto betono gaminiai, 2007, 10 p.
15. POROTHERM gaminių katalogas, 2007, 3 p.
16. Rockwool pasiūlymas kaip šiltinti tinkuojamuosius fasadus [žiūrėta 2006. 09. 25]. Prieiga per internetą www.spec.lt.
17. „Siliblokas“ gaminių katalogas, 2006, 2 p.
18. „Sąstato prekyba“, gaminių katalogas, 2007, 1 p.
19. Statyba, remontas, architektūra [žiūrėta 2006. 09. 25]. Prieiga per internetą www.asa.lt.
20. Statybinė ir techninė šilumos izoliacija PAROC [žiūrėta 2006. 09. 25]. Prieiga

per internetą www.paroc.lt.

21. LST 1583:1999 Statybinės termoizoliacinės medžiagos.
22. LST 1413.12:1998 Statybinis skiedinys.
23. STR 2.01.03:2003 Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių deklaruojamosios ir projektinės vertės.
24. STR 2.05.01:2005 Pastatų atitvarų šiluminė technika.
25. STR 2.05.01:1999 Pastatų šiluminė technika.
26. Šnioka J., Gailius A., Pastatų šiltinimo sistemų efektyvumas ir jų palyginimas., 8 – oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija. Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities. STATYBA. Vilnius: Technika, 2005, kovo 24-25 d., 119 p.
27. Ustinovičius L., Jakučionis S., Daugiakriterinių metodų taikymas vertinant senamiesčio pastatų renovacijos investicinius projektus. STATYBA – CIVIL ENGINEERING – 2001, VII t, Nr. 4, 227-237 p., ISSN 1392-1525.
28. Vaitkus S., Polistireninio putplasčio mechaninių savybių ypatumai., 7 – oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija. Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities. STATYBA. Vilnius: Technika, 2004, kovo 25-26 d., 213 p.
29. Vėjelienė J., Vaitkus S., Akytojo betono panaudojimo galimybės statyboje., 6 – oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija. Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities. STATYBA. Vilnius: Technika, 2003, kovo 27-28 d., 137 p.
30. VISCUM statybiniai mišiniai: gaminių katalogas. 2002, 30 p.
31. Zavadskas E. K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. Vilnius: Technika, 2001, 115 p.
32. Zavadskas E. K., Simanuskas A., Kackauskas A. Sprendimų paramos sistemos statyboje. Vilnius: Technika, 1999, 237 p.
33. Žvirblis D., Mikulskis D., Akytojo betono savybių priklausomybė nuo jo tankio. 8 – oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija. Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities. STATYBA. Vilnius: Technika, 2005, kovo 24-25 d., 148 p.
34. Завадскас Э. К. Комплексная оценка и выбор ресурсо-сберегающих решений в строительстве. Vilnius: Mokslas, 1987, 131 p.