



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

**Tadas Kersnauskas**

**PASTATŲ MODERNIZAVIMUI NAUDOJAMŲ PLUOŠTINIO  
CEMENTO GAMINIŲ TECHNOLOGINIŲ SPRENDIMŲ  
VERTINIMAS**

Magistro baigiamasis projektas

**Vadovas**  
Lekt. . Odeta Viliūnienė

**KAUNAS, 2018**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**  
**STATYBOS TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

**PASTATŲ MODERNIZAVIMUI NAUDOJAMŲ PLUOŠTINIO  
CEMENTO GAMINIŲ TECHNOLOGINIŲ SPRENDIMŲ  
VERTINIMAS**

Magistro baigiamasis projektas  
Statyba (621J80001)

**Vadovas**

Lekt. . Odeta Viliūnienė

**Konsultantas**

Ričardas Janonis

**Recenzentas**

Dr. Ernestas Ivanauskas

**Darbą atliko**

Tadas Kersnauskas

**KAUNAS, 2018**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros fakultetas

(Fakultetas)

Tadas Kersnauskas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (621J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų vertinimas“

### AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

\_\_\_\_\_ m. \_\_\_\_\_ d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Tado Kersnausko** baigiamasis darbas tema „Pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

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

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Kersnauskas, Tadas. Pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų vertinimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas lekt. Odeta Viliūnienė; Kauno technologijos universitetas, statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: *pluoštinio cemento, išorinių sienų, gaminių tipai, modernizacijoje, alternatyvos.*

Kaunas, 2018. 67 p.

## SANTRAUKA

Magistro baigiamojo darbo tema – pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų vertinimas.

Darbą sudaro įvadas, trys skyriai, išvados bei literatūros sąrašas. Įvade pateikiamas darbo tikslas, uždaviniai tikslui įgyvendinti ir taikomi metodai. Pirmame darbo skyriuje pateikiama išorinių sienų apdailos gaminių tipai, jų trūkumai ir privalumai. Antrame darbo skyriuje analizuojami pastatų modernizacijoje naudojamų pluoštinių cemento gaminių teoriniai sprendimai. Trečiame skyriuje analizuojamos pluoštinio cemento gaminių tvirtinimo alternatyvos. Buvo atlikti skaičiavimai ir įvertinti gauti rezultatai pateikiant išvadas.

Darbo apimtis – 67 puslapiai teksto (be priedų). Darbe pateikti 42 paveikslai, 15 lentelių, 35 šaltiniai.

Kersnauskas, Tadas. Evaluation Of Technological Solutions For Fiber Cement Products Used For Modernizing Buildings: *Master's thesis / supervisor lect. Odeta Viliūnienė*. The Faculty of civil engineering and architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Construction

Key words: *fiber cement, exterior walls, product types, modernization, alternatives*.

Kaunas, 2018. 67 p.

## SUMMARY

The subject of the final Master project – evaluation of technological solutions for fiber cement products used for modernizing buildings.

The project consists of an introduction, three chapters, conclusion and a list of literature. Introduction contains the goal of the thesis, the tasks for achieving it and applied methods. The first chapter gives the disadvantages and advantages of the types of exterior wall finishing products. The second chapter focuses on analysis of theoretical solutions to fiber cement products used in the modernization of buildings. The third chapter analysis the fastening alternatives of the fiber cement products. The conclusions were presented when the calculations were carried out and the results were obtained.

The project contains 67 pages of text (without annexes). There are 42 figures, 15 tables, 35 sources on this project.

# Turinys

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	7
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	7
ĮVADAS.....	9
1. Pastatų modernizacijoje naudojamų išorinių sienų apdailos gaminių tipai, jų trūkumai ir privalumai .....	11
1.1. Pastatų modernizacijoje naudojamų išorinių sienų apdailos gaminių tipai.....	12
1.1.1. Pluoštinio cemento gaminiai .....	12
1.1.2. Aliuminio kompozicinės plokštės .....	16
1.1.3. Fasadinės čerpės PLASMA.....	17
1.1.4. HPL plokštės .....	18
1.1.5. Akmens masės plokštės.....	20
1.1.6. Kvarco plokštės:.....	21
1.1.7. Plieninės vienkomponentės plokštės.....	22
1.1.8. Keraminės plokštės .....	23
1.2. Pastatų modernizacijoje naudojamų pluoštinio cemento plokščių pranašumai lyginant su tinkuojama sistema.....	24
1.3. Pastatų modernizacijoje naudojamų pluoštinio cemento plokščių problemos ir sprendimo būdai.. .....	26
1.4. Pluoštinio cemento plokščių įrengimo defektai ir jų atsiradimo priežastys.....	26
2. Pastatų modernizacijoje naudojamų pluoštinių cemento gaminių teoriniai sprendimai .....	38
2.1. Technologiniai ypatumai.....	38
2.1.1. Atraminės konstrukcijos įrengimas.....	38
2.1.2. Plokščių tvirtinimas.....	44
2.1.3. Plokščių grėžimas ir pjovimas .....	48
2.2. Technologinis modelis .....	51
2.3. Technologijų vertinimo metodikos parinkimas.....	52
2.3.1. Daugiakriteriniai įvertinimo metodai .....	53
2.3.2. Kriterijų reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai .....	54
3. Pluoštinio cemento gaminių tvirtinimo alternatyvų vertinimas .....	56
3.1. Teorinis kriterijų reikšmingumo nustatymas.....	56
3.2. Kompleksinis kriterijų reikšmingumo nustatymas.....	58
3.3. Apskaičiuojamas racianaliausias tvirtinimo būdas pagal teorinį ir kompleksinį kriterijų reikšmingumą .....	59
Išvados ir rekomendacijos.....	64
Literatūros sąrašas .....	65

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1 lentelė. Normatyviniai dokumentai	38
2.2 lentelė. Pluoštinio cemento gaminių technologiniai variantai	51
2.3 lentelė. Vertinimo rodiklių sistema	52
3.1 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendinių duomenys	56
3.2 lentelė. Normalizuota matrica $\bar{P}$	56
3.3 lentelė. Papildoma matrica ( $P_{ij} * \ln P_{ij}$ )	56
3.4 lentelė. Entropijos lygiai	57
3.5 lentelė. Kriterijų kitimo lygiai	57
3.6 lentelė. Teorinis kriterijų reikšmingumas	57
3.7 lentelė. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas	58
3.8 lentelė. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas	58
3.9 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys	59
3.10 lentelė. Matrica $\bar{P}$	60
3.11 lentelė. Svertinė normalizuota matrica $\bar{P}$	60
3.12 lentelė. Svertinė normalizuota matrica $\bar{P}$	62

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1. pav. Fibrocementinės dailylentės	12
1.2. pav. Fibrocementinė fasado plokštė	13
1.3. pav. Fasado plokštelės DACORA	15
1.4. pav. Aliuminio kompozicinės plokštės	16
1.5. pav. Fasadinės čerpės PLASMA	17
1.6. pav. HPL plokštės	18
1.7. pav. Akmens masės plokštės	20
1.8. pav. Kvarco plokštės	21
1.9. pav. Plieninės vienkomponentės plokštės	22
1.10. pav. Keraminės plokštės	23
1.11. pav. Tinkuojamas fasadas	24
1.12. pav. „ETERNIT“ plokštės atsparumo smūgiams bandymas	27

1.13. pav. „ETERNIT“ plokštės atsparumo ugniai bandymas	27
1.14. pav. „ETERNIT“ plokštės dengtos anti-graffiti danga bandymas	28
1.15. pav. Plokščių montavimo brokas	29
1.16. pav. Plokščių montavimo brokas	30
1.17. pav. Plokščių spalvos išblukimas	30
1.18. pav. Plokščių montavimo brokas	31
1.19. pav. Plokščių spalvos išblukimas	32
1.20. pav. Plokščių spalvos išblukimas	32
1.21. pav. Plokščių spalvos išblukimas	33
1.22. pav. Plokščių išpurvinimas	33
1.23. pav. Plokščių išpurvinimas	34
1.24. pav. Plokščių išpurvinimas	35
1.25. pav. Plokščių išpurvinimas ir darbininkų palikta papildoma skylė kniedei	35
1.26. pav. Blogai įrengtas plokščiu laikantysis karkasas	36
1.27. pav. Blogai įrengtas plokščiu laikantysis karkasas	36
1.28. pav. Blogai įrengtas plokščiu laikantysis karkasas	37
1.29. pav. Darbininkų paliktos skylės be kniedžių	37
2.1. pav. Aliuminio laikantysis karkasas	39
2.2. pav. Cinkuoto plieno laikantysis karkasas	41
2.3. pav. Medinis laikantysis karkasas	43
2.4. pav. Plokščių tvirtinimas kniedėmis	44
2.5. pav. Fiksuotų ir paslankių taškų sistema	44
2.6. pav. Plokščių tvirtinimas sraigtais	45
2.7. pav. „Tergo tvirtinimo sistema	46
2.8. pav. Plokščių klįjavimas prie karkaso	47
2.9. pav. Teorinis modelis	52
3.1 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas	58
3.2 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas	59
3.3 pav. Grafinis variantų palyginimas esant kompleksiniam reikšmingumui	62
3.4 pav. Grafinis variantų palyginimas esant teoriniam reikšmingumui	63



## IVADAS

Vėdinamieji fasadai – tai viena naujausių pastato ap rengimo moderniais fasadais technologijų tiek architektūros, tiek statybos srityse. Fasado apdailos elementai tvirtinami prie aliuminio profilių karkaso, atitraukto nuo pastato sienos per šiltnimo sluoksnio ir oro tarpo storį, o sienų apšiltinimui naudojama reikiamo storio „kvėpuojanti“ termoizoliacija.

Didelis apdailos medžiagų tipų, formų bei spalvų pasirinkimas suteikia plačių architektūros bei dizaino galimybių. Tiek statant naujus, tiek renovuojant senus pastatus vėdinamieji fasadai suteikia galimybę harmoningai suderinti kontrastingas, ilgai išliekančias spalvas, skirtingus plotus, specifines formas.

**Problema** – Statybos rinkoje kasmet atsiranda naujų vėdinamų fasadų apdailos medžiagų, kurios plačiai naudojamos modernizuojamiems pastatams. Statinio vėdinamų fasadų apdaila, jos kokybė ir defektų atsiradimas priklauso ne tik tai nuo atliekamų darbų kokybės, eksploatacijos sąlygų, darbininkų kvalifikacijos, bet ir nuo visos vėdinimo fasadų sistemos medžiagų suderinamumo. Todėl norint tinkamai įrengti vėdinamo fasado apdailą reikia gerai susipažinti su pačia vėdinamo fasado sistema.

**Darbo tikslas** – Atlikti pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų vertinimą daugiakriteriniu įvertinimo metodu bei pasiūlyti efektyviausią tvirtinimo būdą.

### Uždaviniai:

- Išanalizuoti įvairių šalių mokslinę ir techninę literatūrą, susijusią su šio darbo tyrimo sritimi;
- Apžvelgti pluoštinio cemento gaminių privalumus ir trūkumus;
- Nustatyti pluoštinio cemento gaminių pagrindines defektų atsiradimo priežastis;
- Atlikti defektų fotofiksacija daugiabučių namų renovuotų naudojant pluoštinio cemento gaminius;
- Remiantis daugiakriteriniu įvertinimo metodu, nustatyti racionaliausią plokščių tvirtinimo būdą;
- Sudaryti racionalių kriterijų sistemą, skirtą pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų vertinimui;
- Pateikti pluoštinio cemento gaminių technologinį modelį ir remiantis daugiakriteriniu įvertinimo metodu TOPSIS, nustatyti racionaliausią plokščių tvirtinimo būdą.

**Taikomi metodai:**

Tyrimo metodikos parinkimas grindžiamas šios srities publikacijų analize. Tyrimo metu buvo naudojamas daugiakriterinis TOPSIS metodas. Kriterijų reikšmingumui buvo naudojamas Entropijos metodas.

**Darbo rezultatų praktinė reikšmė:**

Pagal atliktą tyrimą galima parinkti tokius pluoštinio cemento gaminių technologinius sprendimus, kurie geriausiai atitinka skirtingus kriterijus, keliamus pastatų modernizavimui. Tokiais rezultatais galima pasinaudoti modernizuojant pastatų atitvarines konstrukcijas.

## **1. Pastatų modernizacijoje naudojamų išorinių sienų apdailos gaminių tipai, jų trūkumai ir privalumai**

Išorinių sienų apdaila būna įvairių tipų bei jų pasirinkimas yra nemažas: aliuminio kompozicinės plokštės, fibrocementinės dailylentės, fasadinės čerpės, didelio slėgio laminato (HPL) plokštės, fibrocementinės plokštės, fasado plokštės Dacora, akmens masės plokštės, kvarco plokštės, plieninės vienkomentės plokštės ir keraminės plokštės. Plokštės parenkamos pagal funkcines ir estetines savybes. Tarp plokščių tipų, kurios pagrindė naudojamos didelių funkcinių skirtumų nėra, tačiau skiriasi degumo, ilgaamžiškumo savybės. Plokščių charakteristikos gali turėti didelius skirtumus vien dėl gamintojo pasirinkimo, nes plokštės priklauso nuo gamintojo technologijos, technologinių procesų laikymosi ir naudojamų medžiagų.

Reikia atsižvelgti ir į atsparumą atmosferos poveikiams, nuo ko priklauso plokštės spalvos blukimo greitis. Atskirai vertinamas atsparumas UV spinduliams, kiek šalčio ciklą atlaikys plokštė, atsparumas karščiui ir šalčiui, degumo klasė, vandens įgeriamumas, išsiplėtimo koeficientas, atsparumas smūgiams, įbrėžimams, atsparumas teršalams ir druskoms. Labai svarbu, kad plokštės būtų pritaikytos vietos klimato sąlygoms ir įvertintas priežiūros paprastumą. Plokščių matmenys yra kintantys ir gali būti patys įvairiausi.

Renovuojant daugiabučius labai svarbi kokybiška fasado plokštė, nes fasadas turėtų gražiai atrodyti ir užtikrinti funkcines savybes mažiausiai 20 metų.

## 1.1. Pastatų modernizacijoje naudojamų išorinių sienų apdailos gaminių tipai

### 1.1.1. Pluoštinio cemento gaminiai

#### Fibrocementinės dailylentės



1.1. pav. Fibrocementinės dailylentės [1].

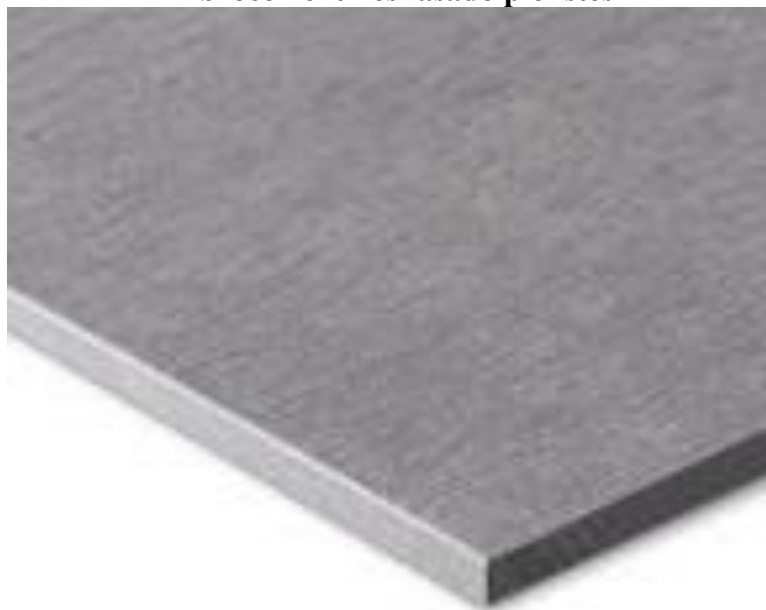
Fibrocementinės dailylentės, yra skirtos fasado apdailai. Fibrocementinės dailylentės yra pagamintos iš aukščiausios kokybės fibrocemento, smėlio, celiuliozės pluošto ir kitų priemaišų (dailylenčių sudėtyje nėra kenksmingų medžiagų, tokių kaip asbestas, stiko skaidulos ar formaldehidai). Dailylentės gamybos procese yra papildomai suspaudžiamos, todėl įgauna didelį kietumą, tačiau taip pat išlieka stabilios ir lanksčios. Dailylentės yra pagamintos su ryškiai matomu giliu raštu, todėl fasadas atrodo natūraliau. Produkcija gamybos proceso metu yra tikrinama specialioje tam skirtoj laboratorijoje, tam, kad visos lentelės atitiktų joms keliamus reikalavimus pagal EN 12467:2012 standartus, taip pat atitiktų reikalavimus keliamus Europoje pagal CE ženklavimą.

Dailylentės pasižymi dideliu atsparumu mechaniniams pažeidimams ir blukimui. Taip pat dailylentės yra atsparios drėgmei, ugniai, pelėsiui grybeliui, ir graužikams. Keičiantis aplinkos sąlygoms dailylentės nesideformuoja, todėl fasadai tiek žiemą, tiek vasarą, sningant, lyjant ar šviečiant saulei atrodys taip pat vienodai. Fibrocementinės dailylentės yra teikiama dešimties metų garantija.

Fibrocementinės dailylentės yra gaminamos daugiau kaip trisdešimt metų, ir per šį laiką, jos jau tapo populiarios tokiose šalyse kaip: Olandija, Vokietija, Danija, Airija, Norvegija, Jungtinė karalystė, Graikija, Jungtinės valstijos, Kipras ir kitose pasaulio šalyse.

Fibrocementinės dailylentės pasižymi tuo, kad jos yra dažomos 100 % akrilinais, akrilo lateksiniais, silikoniniais dažais, kadangi spalvų spektras yra platus, todėl fasadą galima perdažyti, bet kokia spalva.

## Fibrocementinės fasado plokštės



1.2. pav. Fibrocementinė fasado plokštė [2].

Fibrocementinės fasado plokštės „EQUITONE“ yra itin plonos ir lengvos. Šios plokštės iš pluoštinio cemento yra gaminamos moderniose Vokietijos ir Belgijos gamyklose. Fibrocementinės fasadų plokštės yra nedegios, bei itin ilgaamžės (jų tarnavimo laikas yra apie penkesdešimt metų).

Fibrocementinių fasado plokščių sudėtis:

- Portland cementas;
- Mineraliniai priedai;
- Organiški stiprinantys pluoštai;
- Sintetiniai organiniai pluoštai (PVA) ir priedai.

Fibrocementinės fasado plokštės:

- „Tectiva“ plokščių paviršius lygus, matomos negilios šlifavimo linijos. Plokštės pasižymi natūralia gryna spalva ir yra homogeninės - dažytos masėje. Spalvos pigmentas yra įmaišomas į masę ir spalva tolygiai pasiskirsto per visą plokštę. Atsiradus mechaniniams paviršiaus pažeidimams, pažeistoje vietoje plokštė išliks savo homogeninės spalvos. Plokštė yra iš abiejų pusių hidrofobizuojama - taip plokštė yra apsaugoma nuo atmosferos poveikių [2].

- „TEXTURA“ plokščių paviršius yra tekstūrinis, neblizgus, karštuoju būdu padengtas dvigubu akrilito sluoksniu, suteikiančiu spalvą, ir padengtas filito granulėmis. Paviršius sutvirtintas „Top Coat“ užtvirtinimu. Šie sluoksniai medžiagos paviršių daro tvirtą, apsaugo nuo įbrėžimų, pagerina fasadinių plokščių paviršiaus atsparumą pažeidimams ir purvui. Ryškių ir tamsių spalvų plokštės pigmentuotos

juoda spalva – homogeniškos. Šviesiomis pastelinėms spalvomis dažytoms plokštėms panaudojamas pilkas pigmentas [2].

- „PICTURA“ plokščių paviršius yra glotnus, neblizgus, karštuoju būdu dažomas dvigubu akrilato sluoksniu, suteikiančiu spalvą. UV būdu sukietintas viršutinis sluoksnis. Šie sluoksniai plokštės paviršių daro tvirtą, apsaugo nuo įbrėžimų, pagerina fasadinių plokščių paviršiaus atsparumą UV spinduliams, pažeidimams ir purvui [2].

- „NATURA PRO“ plokščių paviršius yra glotnus, neblizgus, karštuoju būdu tonuotas akrilato sluoksniu, suteikiančiu spalvą. UV būdu sukietintas viršutinis sluoksnis. Per skaidrų paviršiaus padengimo sluoksnį matoma pluoštinio cemento vidinė struktūra (priekinė dalis). Šie sluoksniai medžiagos paviršių daro tvirtą, apsaugo nuo įbrėžimų, pagerina fasadinių plokščių paviršiaus atsparumą pažeidimams ir purvui. Plokštės pigmentuotos juoda spalva – homogeniškos. Daug dėmesio buvo skirta Eternit plokštės anti-graffiti dangos sukūrimui, siekiant, kad tai būtų ilgaamžis sprendimas, nekenkiantis plokštės paviršiui ir leidžiantis be didesnių pastangų nuvalyti plokštę nuo graffiti piešinių. Gamykloje gamybos proceso metu sukurtas apsauginis sluoksnis neleidžia markeriams ir įvairiems dažams įsigerti į plokštę, todėl panaudojus neagresyvius valiklius, juos lengvai pašalinsite, visiškai nesugadindami plokštės paviršiaus ar spalvos [2].

- „NATURA“ plokščių paviršius yra glotnus, neblizgus, karštuoju būdu tonuotas skaidriu akrilato sluoksniu, suteikiančiu spalvą, tačiau paliekančiu matomą pluoštinio cemento vidinę struktūrą (priekinė dalis). Ryškių ir tamsių spalvų plokštės pigmentuotos juoda spalva – homogeniškos. Šviesiomis pastelinėms spalvomis dažytoms plokštėms panaudotas pilkas pigmentas [2].

Fibrocementinių fasado plokščių privalumai ir trūkumai:

1. Atsparios ugniai;
2. Turi geras garso izoliavimo savybes;
3. Atspari atmosferos poveikiui;
4. Nepralaidžios vandeniui ;
5. Apsaugotas nuo gyvųjų organizmų poveikio (pelėsių, bakterijų, vabzdžių, parazitų ir t.t.);
6. Atspari cheminėms medžiagoms;
7. Saugus aplinkai, neišskiria jokių pavojingų garų;
8. Stipri ir tvirta plokštė;
9. Atspari šalčiui;
10. „Anti graffiti“ apsauga (Pictura, Natura Pro);
11. Pjūvio vietas reikia nušlifuoti ir impregnuoti – papildomos laiko ir medžiagų sąnaudos. Impregnuoti galima tik esant +5–+25 temperatūrai – vėlyvą rudenį to daryti montavimo darbų vietoje negalima;
12. Dėl UV spindulių poveikio keičiasi ir blunka spalva;

13. Ženklioms temperatūrų pokyčių sukeltoms deformacijoms kompensuoti būtina preciziška tvirtinimo procedūra: gręžiamos kiaurymės, o tvirtinimui reikalinga paslankių kniedžių Sistema;
14. Dėl didelių išmatavimų yra sudėtingesnis ir laikui imlesnis montavimas, ypač sudėtinga dirbti dideliame aukštyje. Didelio formato plokščių pjaustymas didina medžiagų išėigą [2].

### Fasado plokštelės DACORA



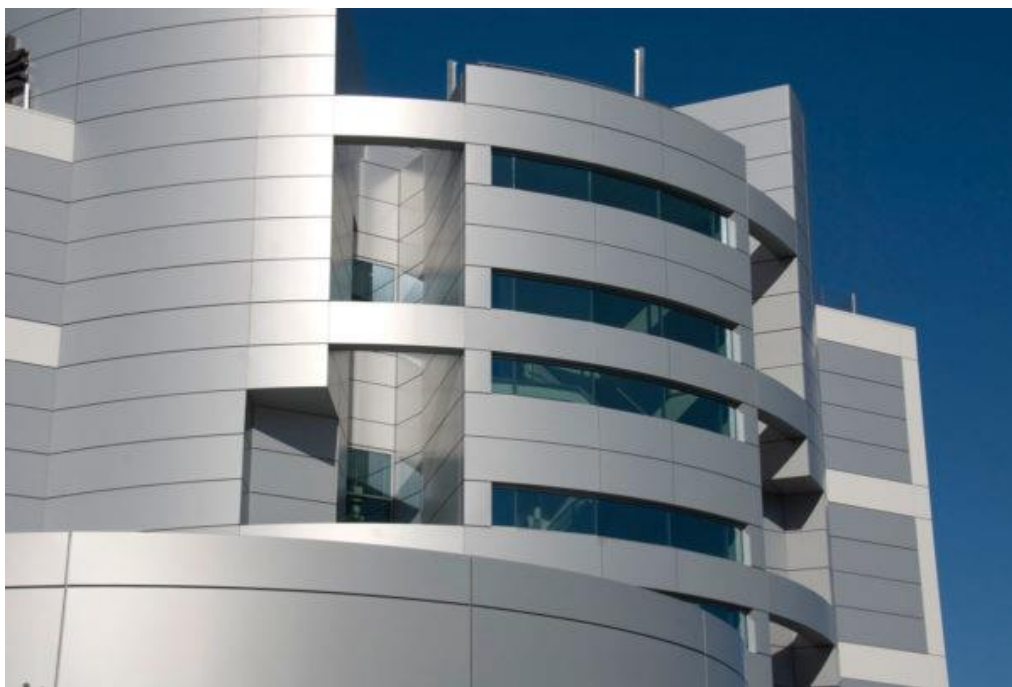
1.3. pav. Fasado plokštelės DACORA [3].

Fasado plokštelės DACORA yra gaminamos iš supresuoto pluoštinio cemento. Plokštelės pasižymi ypatingu patikimumu ir ilgaaiškumu (jų amžius siekia septyniasdešimt metų ir daugiau). Šių fasado plokštelių pagalba sukuriamas unikalus dizainas. Plokštelių tvirtinimą galima rinktis iš kelių skirtingų dengimo būdų: korėto, vokiško, dvigubo dengimo ir dengimo smailiabrauniu rombu arba paprastu rombu. Vienos iš svarbiausių šios dangos savybių yra nedegumas ir atstparumas UV spinduliams [4].

Fasado plokštelių DACORA savybės:

1. Atsparumas kenkėjams;
2. Atsparumas ugniai;
3. Atsparumas UV spindulių poveikiui, spalvos stabilumas;
4. Atvirumas difuzijai, drėgmės savireguliacija;
5. Didelis spalvynas;
6. Mažas svoris.

### 1.1.2. Aliuminio kompozicinės plokštės



1.4. pav. Aliuminio kompozicinės plokštės [5].

Aliuminio kompozicinė plokštė – ta plokštė, kurios yra sudarytos iš dviejų aliuminio lakštų ir tarp jų esančiu plastikiniu arba mineraliniu užpildu. Aliuminio kompozicinė plokštė yra gaminamos panaudojant įvairaus storio užpildus, dėl šios priežasties jas galima lengvai supjaustyti į reikalingo dydžio plokštes.

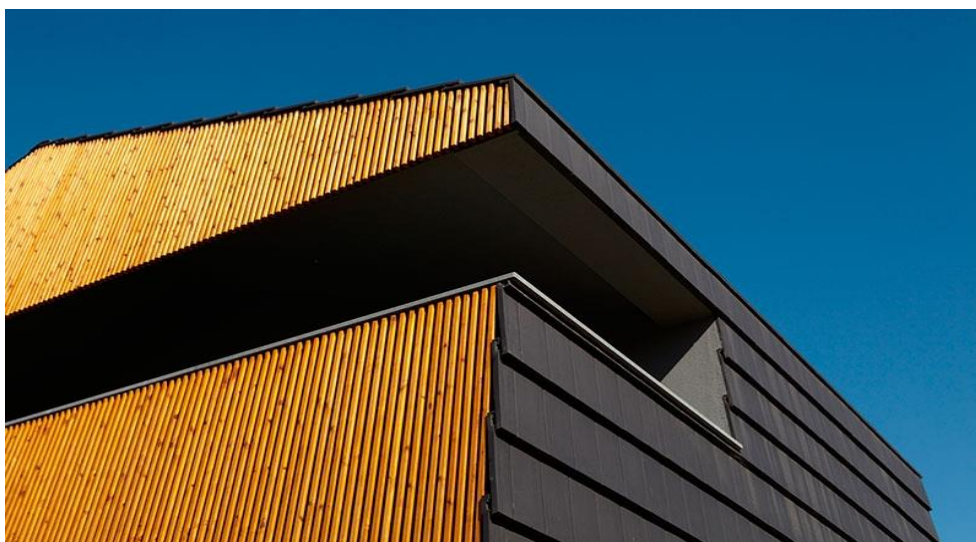
Aliuminio kompozicinių plokščių privalumai ir trūkumai:

1. Atmosferos poveikiui atsparūs paviršiai;
2. Sugeria vibraciją, tad nebereikalinga papildoma garso izoliacija;
3. Nesunkiai formuojama. Lengvai sulankstoma, galima pjauti, gręžti, frezuoti. Apdirbti galima ne tik specialiomis metalą apdirbančiomis mašinomis, bet ir rankiniais instrumentais skirtais medžiui bei aliuminiui;
4. Nežalingos aplinkai, nes gali būti pakartotinai perdirbtos;
5. Nedegios;
6. Didelis spalvų pasirinkimas;
7. Didelių išmatavimų lakštai leidžia pagreitinti montavimą, mažinti kaštus ir lengvai numatyti projekto pabaigos datą;
8. Pasižymi aukštu atsparumu lenkimui, klūpimui ir suirimui;
9. Lengvumas, aukščiausio laipsnio tvirtumas ir lygus paviršius apsprendžia mažiausias išlaidas tvirtinimo elementams;
10. Standumas ir tvirtumas;



11. Lygus ir glotnus paviršius;
12. Anti-graffiti apsauga;
13. Gera garso ir šilumos izoliacijos kokybė;
14. Žemas ilgėjimo koeficientas;
15. Nepralaidžios vandeniui;
16. Atsparios pelėsiui, apnašoms, kenkėjams;
17. Atsparios UV spinduliams ir išlaikančios stabilią spalvą;
18. Atsparios smūgiams;
19. Padengtos specialia danga, kuri paviršių apsaugo nuo smulkesnių subraižymų;
20. Plokštėms suteikiama iki 20 metų garantija.
21. Problemos su atsparumu ugniai. Pigios plokštės gali lengvai užsidegti ir gerai degti, pagerinus užpildą ir padidinus atsparumą ugniai apdailos plokščių kaina išauga [6].

### 1.1.3. Fasadinės čerpės PLASMA



1.5. pav. Fasadinės čerpės PLASMA [7].

Fasadinės čerpės PLASMA yra praktiškos, todėl suteikia dideles galimybes įvairiems architektūriniam sprendimams, interjerui ir fasadams. Didelis spalvų spektras ir techninės charakteristikos atveria plačias galimybes panaudojimui. Fasadinės čerpės PLASMA gali būti panaudojamas įvairiose situacijose: ventiliuojamiems fasadams, stogui, interjerui. Fasadinių čerpių svoris yra  $33 \text{ kg/m}^2$  (persidengiančių plytelių svoris  $1 \text{ m}^2 - 50 \text{ kg}$ ) [7].

Fasadinių čerpių PLASMA privalumai:

1. Vandens nepralaidumas;
2. Lengvai valomas paviršius;
3. Nekintančios spalvos;

4. Cheminis atsparumas;
5. Ugnies ir karščio atsparumas (A1 degumo klasė);
6. Atsparios įbrėžimams;
7. Ekologiška ir draugiška aplinkai;
8. 35 metų garantija [7].

#### 1.1.4. HPL plokštės



1.6. pav. HPL plokštės [8].

HPL (high pressure laminates) aukšto slėgio laminato plokščių vidus yra gaminamas iš dervomis impregnuoto popieriaus, kuris yra suslėgtas aukštoje temperatūroje. HPL plokščių išorinis sluoksnis yra iš įvairių spalvų ir raštų popieriaus, kuris yra apdorotas dervomis. Kokybiško paviršiaus plokštės yra lengvai plaunamos, taip pat lengvos ir nesunkiai pjaustomos.

Aukšto slėgio laminato plokštės dažniausiai yra tvirtinamos kniedėmis, varžtais arba klijuojamos. Plokštės veikiamos temperatūros ir drėgmės ykeičia savo matmenis, todėl labai svarbu, montuojant pagal gamintojo rekomencijas užtikrinti paslankius ir fiksuotus tvirtinimus.

Plokščių negalima tvirtinti prie skirtingų karkaso elementų, horizontali plokštės siūlė turėtų būti šalia arba sutapti su profilio jungimo vieta. Fiksuotas tvirtinimas daromas plokštės centre, išgręžtos angos skersmuo turėtų būti apie 0,1 mm didesnis už tvirtinimo elemento skersmenį. Paslankių tvirtinimų anga turėtų būti 2-4 mm. Tarp varžto ar kniedės galvutės ir paviršiaus paliekamas 0,3 mm tarpelis, galvutė turi uždengti išgręžtą angą. Tarpai tarp plokščių turėtų būti didesnės nei 6 mm[8].

HPL plokščių sąvybes reglamentuoja Europinis standartas LST EN 438-6. Pagal šį standartą EN 438-6:2005 „Didelio slėgio apdailos laminatai“ HPL fasadų plokštės klasifikuojamos atlikus EDF bandymus (E - plokštės fasadui, D - ypač atsparios atmosferos poveikiui, F - nedegios) [8].

HPL plokščių privalumai ir trūkumai:

1. Galimi įvairūs tvirtinimo būdai;
2. Apdorojama statybvietyje;
3. Plati spalvų gama;
4. Atspari grafitui ir cheminiams valikliams;
5. Atsparios drėgmei (įgeriamumas < 3,0 %);
6. Atsparios temperatūriniais svyravimams (-40/+130 C°);
7. Spalvos ilgaamžiškumas (4-5 klasė po 3000 val. Xenon testo pagal ISO105A0287);
8. Plokštė atspari chemikalams (acetonas ir kt. įprasti valikliai), todėl lengvai valomas “GRAFITI menas”( 4-5 klasė po 50 ciklų S02 tirpalu pagalDIN 50018);
9. Atsparios smūgiams (EN 438-2(11));
10. Suteikiama 10 metų gamintojo garantija;
11. Degumo klasifikacija 6 mm plokštės B-s2,d0 (gamyklinė klasifikacija);
12. Degumo klasifikacija 8 mm (ir storesnės) plokštės B-s1,d0 (gamyklinė klasifikacija);
13. Dėl didelių išmatavimų yra sudėtingesnis ir laikui imlesnis montavimas, ypač sudėtinga dirbti dideliame aukštyje;
14. Ženklioms temperatūrų pokyčių sukeltoms deformacijoms kompensuoti būtina preciziška tvirtinimo procedūra: gręžiamos kiaurymės, o tvirtinimui reikalinga paslankių kniedžių sistema. Netinkamai pritvirtinus išsibanguoja;
15. Didelio formato plokščių pjaustymas didina medžiagų išėigą;
16. Nekokybiška HPL gali išsisluoksniuoti;
17. Pigiausia HPL plokštė du kartus brangesnė už plyteles [8].

### 1.1.5. Akmens masės plokštės



1.7. pav. Akmens masės plokštės [9].

#### **Fizinės ir eksploatacinės akmens masės plytelių savybės:**

Beveik neįgeria vandens (įgeriamumas mažesnis negu 0,1 %), todėl visiškai nebijo šalčio. Dėl mažo vandens įgeriamumo nesusidaro drėgna terpė mikroorganizmams ir nelimpa dulkės – plytelė visada švari. Dėl mažo įgeriamumo neįgeria grafiti dažų, dažai nesunkiai nusivalo valikliu. Atsparios karščiui, terminės deformacijos nereikšmingos, vizualiai nepastebimos. Atsparios UV saulės spinduliams – neblunka ir nekeičia spalvos. Nedega. Atsparios cheminėms medžiagoms. Neglazūruotos plytelės turi vienalytę struktūrą ir tą pačią spalvą per visą plytelės storį, briaunų ir pjūvių spalvos nesiskiria [9].

#### **Privalumai instaliuojant:**

Darbai patogūs išmatavimai – net ir dirbant dideliame aukštyje nesunku plyteles pernešti ar tvirtinti. Plytelių briaunos gamykloje apipjautos iki tikslų išmatavimų, todėl vienodų tarpų tarp plytelių išlaikymui galima naudoti šabloną. Montavimas greitesnis ir tikslesnis. Plytelės pjaustomos standartinė pjaustymo įranga montavimo vietoje. Nupjautų briaunų nereikia nei apdirbti nei impregnuoti. Taupomos medžiagos ir laikas. Plytelių tvirtinimo elementai iš nerudijančio plieno labai supaprastina įrengimo procesą – nereikia gręžti kiaurymių ir įrenginėti paslankios terminės deformacijai kniedžių tvirtinimo sistemos. Paprasta tvirtinimo sistema visiškai pašalina įrengimo klaidų galimybę. Dirbti galima ir žiemą [9].

#### **Ekonominė nauda:**

Ventiliuojamo fasado apdailos sistema su akmens masės plytelių apdaila yra pigesnė už HPL ar fibrocementinių plokščių sistemas. Didesnis montavimo darbų našumas mažina ir darbo kainą. Dėl

mažesnių plytelių matmenų gaunama geresnė medžiagų išeiga (mažiau reikia pjaustyti). Nereikia naudoti brangių impregnantų nuo grafiti [9].

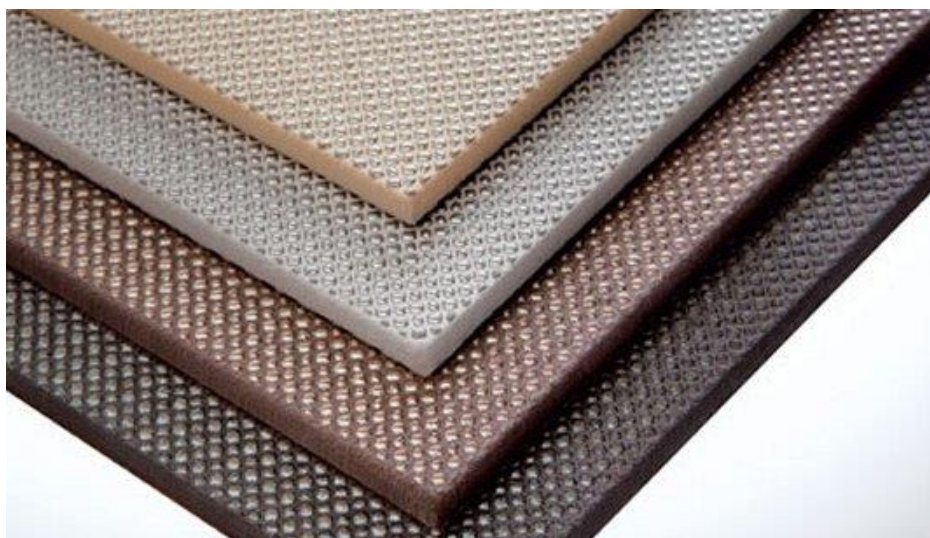
#### **Estetika ir ekologiškumas:**

Derinant plytelių atspalvius, galima realizuoti įvairius dizaino sumanymus. Derinti galima ne tik spalvas, bet ir skirtingų formatų plyteles – nereikia nieko pjaustyti. Saugios aplinkai – neišskiria pavojingų medžiagų. Sąlyginai nedideli plytelės matmenys leidžia atkartoti ir smulkesnius fasado elementus. Plytelių (natūralus produktas) panaudojimas suteikia pastatui solidumo [9].

#### **Patogus saugojimas:**

Plytelės supakuotos kartoninėse dėžutėse ir sudėtos ant palečių. Paletės aptrauktos polietileno plėvele. Gali būti saugomos bet kokiomis oro sąlygomis ir esant bet kokiai temperatūrai. Ir paletės, ir dėžutės gali būti sukrautos viena ant kitos keliais aukštais. Drėgmė ir šaltis nepažeis plytelių, gali būti sugadintas tik įpakavimas [9].

#### **1.1.6. Kvarco plokštės:**



**1.8. pav.** Kvarco plokštės [10]

„Laminam“ apdailos kvarco plokštės, galima naudoti fasado sistemoms, grindims, sienų apdailai, dekoracijos elementams, vidaus ir išorinei pastatų apdailai. Produktas gaminamas iš natūralių medžiagų, todėl nekenkia aplinkai ir gali būti perdirbtas. Kvarco plokštės gali būti 90 atspalvių ir faktūrų.



LAMINAM plokščių savybės:

1. Cheminis atsparumas: plokštės atsparios organiniams ir neorganiniams tirpikliams, dezinfekavimo priemonėms ir plovikliams. Jas lengvai galima valyti nepažeidžiant paviršiaus. Vienintelis produktas, galintis pažeisti plokštės – vandenilio fluoridas;
2. Higieninės paviršiaus ypatybės: plokštės gali liestis su maistu, nes neišskiria jokių medžiagų veikiant vandeniui. Neleidžia daugintis pelėsiui, bakterijoms ir grybams. Medžiaga patvirtinta naudoti maitinimo ir medicinos įstaigose;
3. Atsparumas šveitimui: plokštės atsparios įbrėžimams ir giluminiam šveitimui. Jų ypatybės išlieka netgi intensyviai jas naudojant ir dažnai valant;
4. Atsparumas lenkimui: plokštės labai atsparios lenkimui;
5. Atsparumas šalčiui: plokščių vandens absorbcija yra 0,1 %, todėl jos atsparios šalčiui ir jas galima eksploatuoti bet kokiomis oro sąlygomis;
6. Atsparumas ugniai: plokščių sudėtyje nėra organinių medžiagų, todėl jos atsparios ugniai ir aukštai temperatūrai. Kilus gaisrui neišsiskiria dūmai ir toksinės medžiagos;
7. Atsparumas UV spinduliams: plokštės visiškai atsparios ultravioletiniams spinduliams. Jų sudėtyje nėra organinių dažų, todėl jos atsparios UV spinduliams. Netgi pasikeitus klimato sąlygoms, plokščių spalva lieka nepakitusi;
8. Ekologinės ir perdirbimo ypatybės: plokštės yra visiškai natūralus produktas. Į aplinką neišskiria jokių medžiagų, todėl jas galima smulkinti ir perdirbti bei naudoti kituose gamybos procesuose;
9. Atsparios grafičiams. Jas lengva valyti ir nuo jų pašalinami net patys lipniausi dažai [10].

### 1.1.7. Plieninės vienkomponentės plokštės



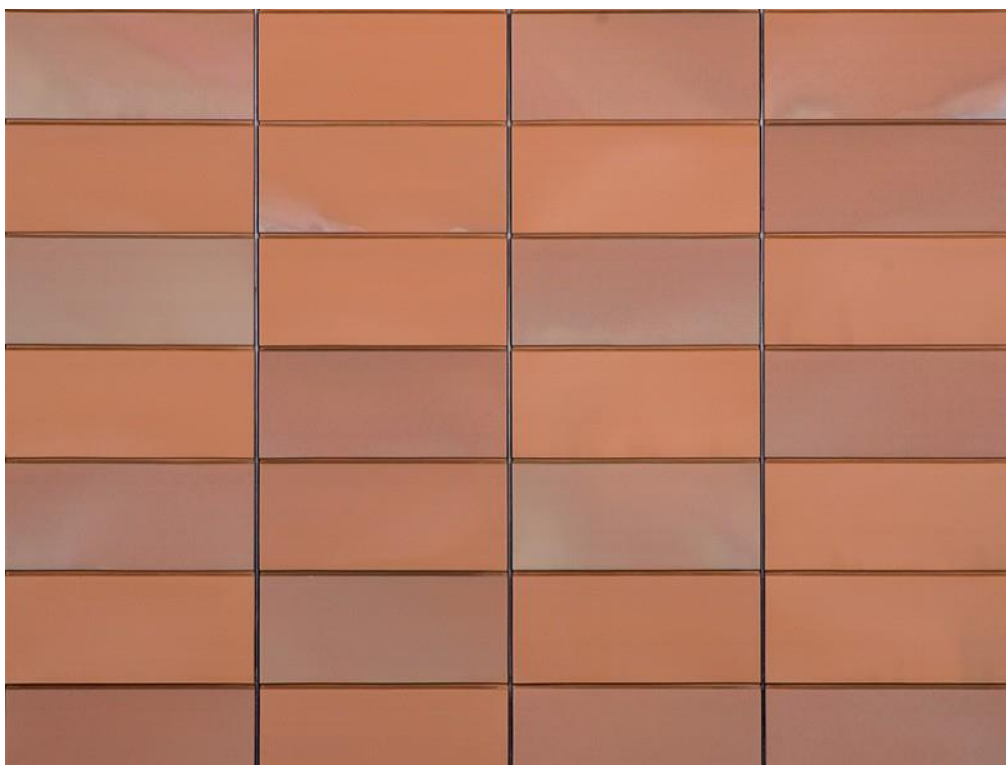
1.9. pav. Plieninės vienkomponentės plokštės [11].

Plienai - stipri, lengva, itin patvari medžiaga, iš kurios pagamintos fasado plokštės pasižymi atsparumu aplinkos poveikiui. Plieninės plokštės gali būti lygios su dviem arba keturiomis briaunomis, profiliuotos ar banguotos. „Ruukki“ siūlo ir metalinę dangą su integruotais saulės elementais. Plieninės plokštės yra ilgaamžės, teikiama 30-50 metų garantija, jos lengvos, lengvai montuojamos.

Renkantis plienines plokštes verta atkreipti dėmesį į sertifikatus ir atitikties pažymėjimus. Rimti gamintojai naudoja kokybišką plieną, padengia plokštes kokybiškesnėmis medžiagomis ir storesniu sluoksniu. Neverta susigundyti pigesne neaiškių gamintojų produkcija, nes kainos skirtumas nebus toks didelis, palyginus su remonto ar keitimo išlaidomis po kelerių metų.

Plieninės fasadų dangos tvirtinamos dažniausia varžtais, tvirtinimas gali būti atviras - tiesiogiai tvirtinant plokštę be briaunų arba tvirtinant prie briaunų. Galima tvirtinti ir paslepiant varžtus.

### 1.1.8. Keraminės plokštės



1.10. pav. Keraminės plokštės [12].

Keraminės plokštės ilgaamžės, atlaiko daug šalčio ciklų (apie 150), atsparios atmosferos poveikiui, rūgštims ir šarmams, gerai išlaiko spalvą, nedegios, gerai sulaiko garsą. Kadangi jos degamos, sugeria labai mažai vandens, tačiau sveria apie 30-50 kg/m<sup>2</sup>. Fasadinių plokščių spalva priklauso nuo molio ir priemaišų, todėl jų spalva ilgai nesikeičia. Sunkioms keraminėms plokštėms reikia tvirtesnio karkaso. Tvirtinama specialiomis kabėmis, kurios gali būti ir matomos, ir paslėptos. Keraminės plokštės gali būti ir klijuojamos.

Plytelių savybės:

1. Nedegios;
2. Atsparios atmosferos poveikiui, šalčiui, rūgštims ir šarmams;
3. Nepralaidžios vandeniui;
4. Atsparios pelėsiui, apnašoms, kenkėjams;
5. Atsparios UV spinduliams ir išlaikančios stabilią spalvą;
6. Atsparios smūgiams;
7. Antigraffiti apsauga (Special finish serija);
8. Ypač lengvos (22 mm storio plytelių svoris 30,5 kg/m<sup>2</sup>);
9. Nematomas ir ypač ekonomišką tvirtinimą (kabliukų profilis);
10. Montavimas bet koku oru.

## 1.2. Pastatų modernizacijoje naudojamų pluoštinio cemento plokščių pranašumai lyginant su tinkuojama sistema

**Pranašumai:**



1.11. pav. Tinkuojamas fasadas [13].

**Didesnis atsparumas smūgiams.** Plokštės lyginant su tinkuojama sistema suteikia galimybes suprojektuoti bei įrengti fasadą, kuris pasižymėtų didesniu atsparumu smūgiams;

**Įrengiant fibrocementinių plokščių fasadą nereikia specialaus senų sienų paruošimo.** Teisingai parinkus tvirtinimo elementus vėdinamą fasadą galima įrengti ant kreivų ir nekokybiškų sienų. Tam, kad teisingai parinkti tvirtinimo elementus būtina atlikti specialius matavimus objekte;



**Fasado plokštės su šiltinimo sluoksniu sukuria dvigubą garso izoliacijos barjerą;**

**Tinkuojamame fasade privaloma įrengti deformacinės siūlės.** Esant dideliems tinkuojamo fasado plotas turi būti įrengtos deformacinės siūlės, kad fasadas nesutruktų. Pagal šį aspektą vėdinamas fasadas su fibrocementinių plokščių apdaila yra pranašesnis, nes deformacinių siūlių funkcija atlieka karkasas;

**Didesnis atsparumas išblukimui bei dažams.** Įrengiant fibrocementinių plokščių fasadus, plokštės padengiamos anti-graffiti danga, kuri yra lengvai plaunama bei valoma.

**Nemenkas tinkuojamos sistemos trūkumas tas, kad negalima montuoti žiemą, esant žemesnei nei 5 laipsniai šilumos temperatūrai, taip pat lyjant, sningant, jeigu tiesioginiai saulės spinduliai staigiai gali išdžiovinti tinką.** Montuojant tinkuojamojo fasado konstrukciją rekomenduojama pastolius aptraukti plėvele. Prisitaikyti, kad nebūtų per šalta, nelytų ir nepliekstų saulė gana sudėtinga, ypač jeigu darbų apimtys didelės. O fasadų apdaila, deja, dažnai prasideda tik rudenio, o tuomet užtikrinti kokybę neabejotinai sunkiau nei vėdinamųjų fasadų. Įrengti fasadą naudojant skirtingų gamintojų medžiagas yra tarsi loterija - sėkmės atveju 5 metų garantinį laiką fasadas atlaikys. Sertifikuotų sistemų tiekėjai projektuotojams ir vartotojams pateikia visą reikiamą techninę sistemos informaciją bei konkrečiam objektui tinkamą sistemos komplektaciją [13].

**Trūkumai:**

**Tinkuojama sistema, lyginant su fibrocementinėmis plokštėmis, kaina mažesnė.** Vėdinamo fasado sistemos įrengimo kaina gali būti net iki kelių kartų didesnė už tinkuojamąją sistemą.

**Tinkų yra įvairios sudėties, daug faktūrų ir spalvų.** Spalvų pasirinkimas yra labai platus, bet dėl spalvos ilgaamžiškumo ir temperatūrinio poveikio yra ribojama spalvos intensyvumas. Fasadus leidžiama dažyti vidutinio intensyvumo atspalviais.

**Tinkuojamos sistemos montavimas yra nesudėtingas dėl nedidelio svorio;**

**Bendra:**

**Įrengiant bet kuria fasado sistema pastorėja sienos.** Sienos pastorėja tiek, kokio storio yra izoliacinė medžiaga, tenkinanti STR reikalavimus atitvarų šiluminei varžai [13].

**Tiek tinkuojant, tiek įrengiant vėdinamą fasadą pagerėja sienų garso izoliacija.** Kiek pagerėja - greičiau darbo kokybės išdava. Nes garso izoliacijos parametrų įrengimo reglamentas nereglamentuoja [14].

### **1.3. Pastatų modernizacijoje naudojamų pluoštinio cemento plokščių problemos ir sprendimo būdai**

- **Kaina:**

Naudojant netinkamus profilius, tvirtinimo elementus bei pasirenkant karkasą ne pagal projektą kaina sumažėja. Tačiau eksploatacijos ilgaamžiškumą deklaruoja tik patikimi tiekėjai, o jų gaminiai atitinkamai ir kainuoja.

- **Didelis plokščių svoris:**

Standartinės plokštės svoris yra 22,8 kg/m<sup>2</sup>, tad plokštė sveria apie 80 kg. Vienam žmogui toks svoris yra per didelis, todėl plokštes kelia keletas darbuotojų taip sumažindami svorį tenkantį vienam žmogui.

- **Sudėtingas montavimas, reikia aukštos kvalifikacijos darbininkų:**

Ši problema sprendžiama keliant darbuotojų kvalifikaciją rengiant specialius apmokymus bei organizuojant kursus apie plokščių montavimą.

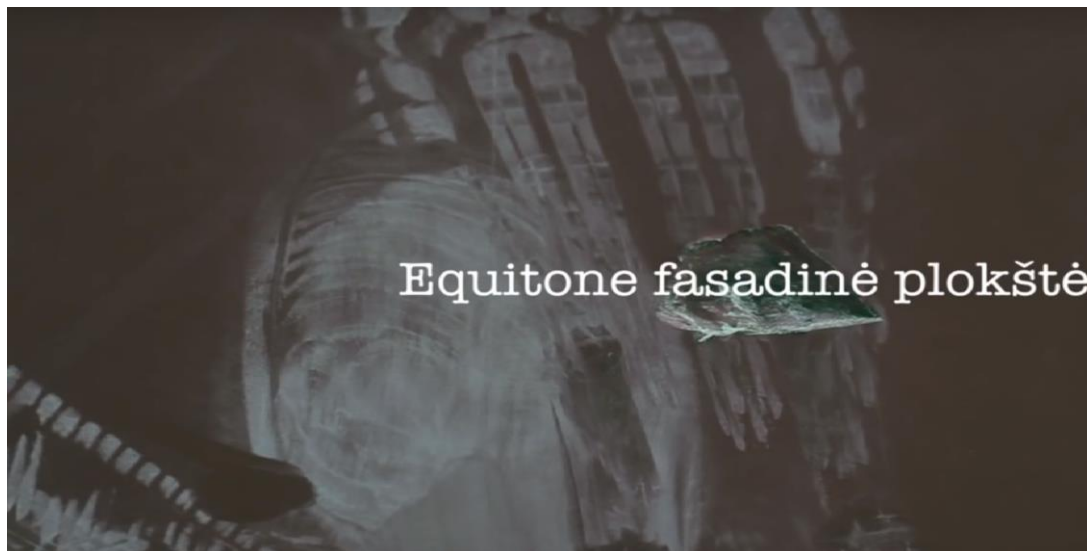
- **Apdailos plokštės gali nukristi, jei jas montuos nekvalifikuoti meistrai:**

Atliekamų darbų kokybė yra labai didelė problema. Taip pat reikia nepamiršti tinkamo projektavimo (tinkamo karkaso, tvirtinimo elementų), nes kuo pigesnės medžiagos sukomplektuojamos, tuo didesnė rizika. Ši problema yra išsprendžiama nesunkiai, nes užtenka apmokyti darbininkus, kaip tinkamai yra tvirtinamas karkasas prie išorinių sienų ir kokius tvirtinimo elementus naudoti tvirtinant plokštes.

### **1.4. Pluoštinio cemento plokščių įrengimo defektai ir jų atsiradimo priežastys**

Tyrimo objektais buvo pasirinkti renovuoti arba vis dar renovuojami daugiabučiai gyvenamieji namai Kauno mieste, kurių apdailos medžiaga yra „Eternit“ pluoštinio cemento gaminiai. Buvo pasirinkti vis dar renovuojami daugiabučiai Raudondvario pl. 178, Taikos pr. 76, Birželio-23-ios g. 15 ir daugiabučiai renovuoti per paskutinius 5 metus Raudondvario pl. 188, Taikos pr. 84, Prancūzų g. 76, Kuršių g. 6, Masiulio g. 1, Masiulio g. 7 ir Masiulio g. 11. Buvo padaryta fotofiksacija, kaip plokštės atrodo prabėgus keliems metams, kokie pagrindiniai defektai buvo rasti, taip pat buvo fiksuojama dar tik montuojamų plokščių tvirtinimo karkaso tikslumas bei padarytos klaidos.

Buvo atlikti „Eternit“ pluoštinio cemento plokščių bandymai parodyti geriausias plokščių savybes:



**1.12. pav.** „ETERNIT“ plokštės atsparumo smūgiams bandymas [15].



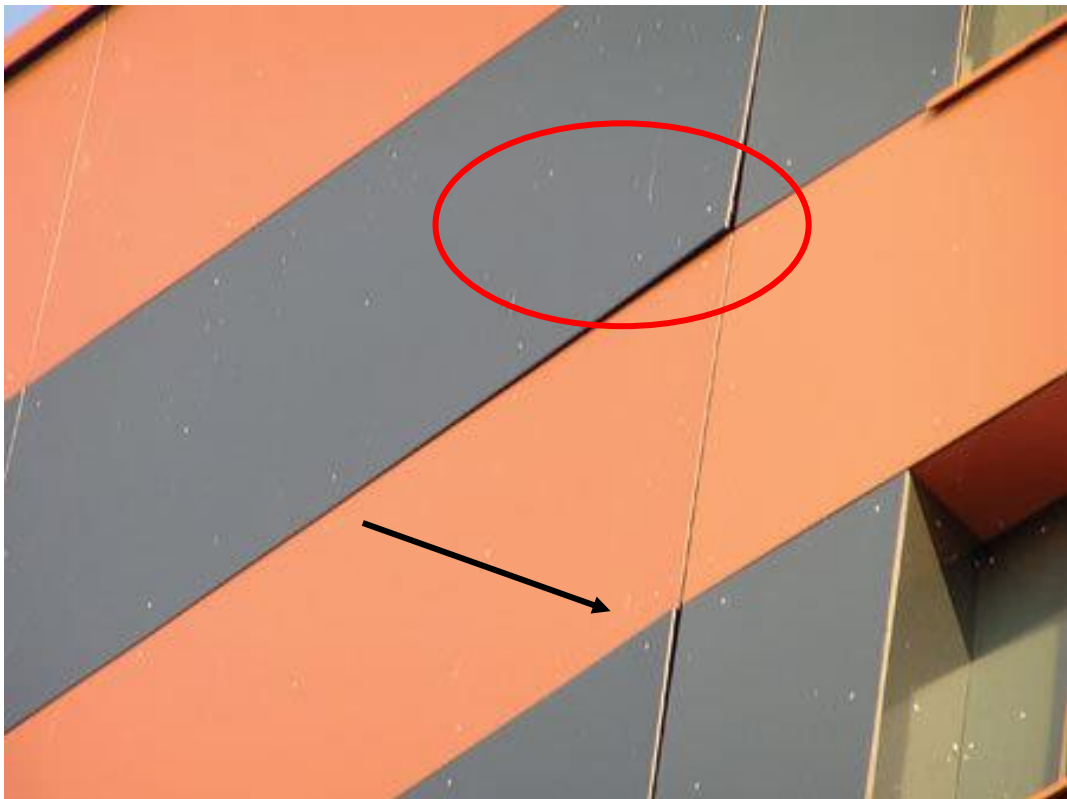
**1.13. pav.** „ETERNIT“ plokštės atsparumo ugniai bandymas [15].



**1.14. pav.** „ETERNIT“ plokštės dengtos anti-graffiti danga bandymas [15].

Pagrindiniai plokščių defektai:

- Neišlaikoma montavimo technologija;
- Netinkamas plokščių pjovimas, gręžimas (netinkamai dirbant su plokštėmis atsiranda dėmės nuo drėgmės ties pjovimo ir gręžimo vietomis);
- Nesaugomos plokštės;
- Nekokybiškas plokščių dažymas gamykloje (šis defektas išryškėja tik po kiek laiko, kai plokštės pradeda blukti);
- Plokščių apgadinimas transportavimo metu;
- Mechaniniai plokščių pažeidimai;
- Vandalų piešiniai ant plokščių.



**1.15. pav.** Plokščių montavimo brokas [16].

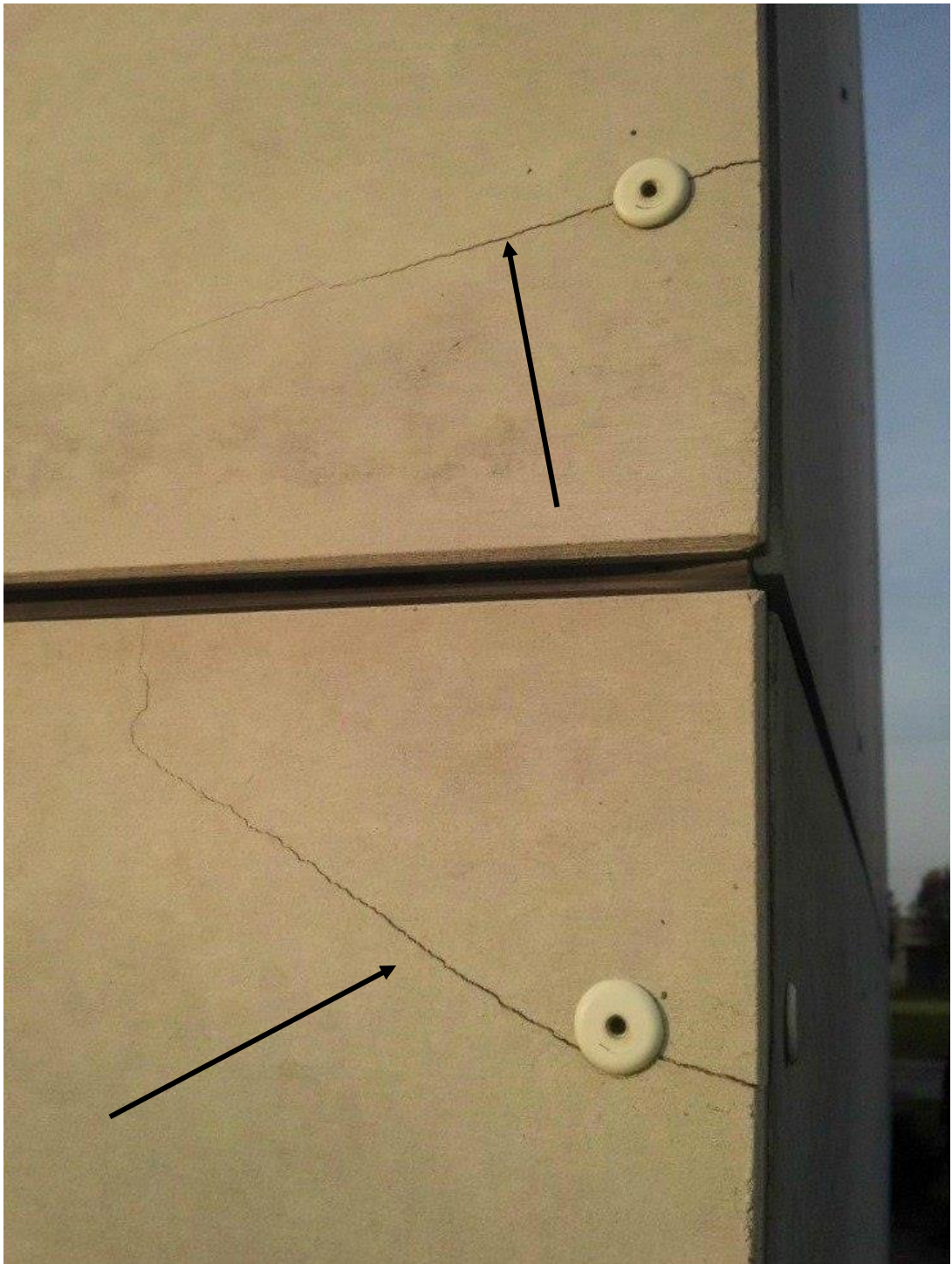


**1.16. pav.** Plokščių montavimo brokas [17].



**1.17. pav.** Plokščių spalvos išblukimas [19].





**1.18. pav.** Plokščių montavimo brokas [18].



**1.19. pav.** Plokščių spalvos išblukimas [19].



**1.20. pav.** Plokščių spalvos išblukimas [19].





1.21. pav. Plokščių spalvos išblukimas [19].



1.22. pav. Plokščių išpurvinimas.



1.23. pav. Plokščių išpurvinimas.





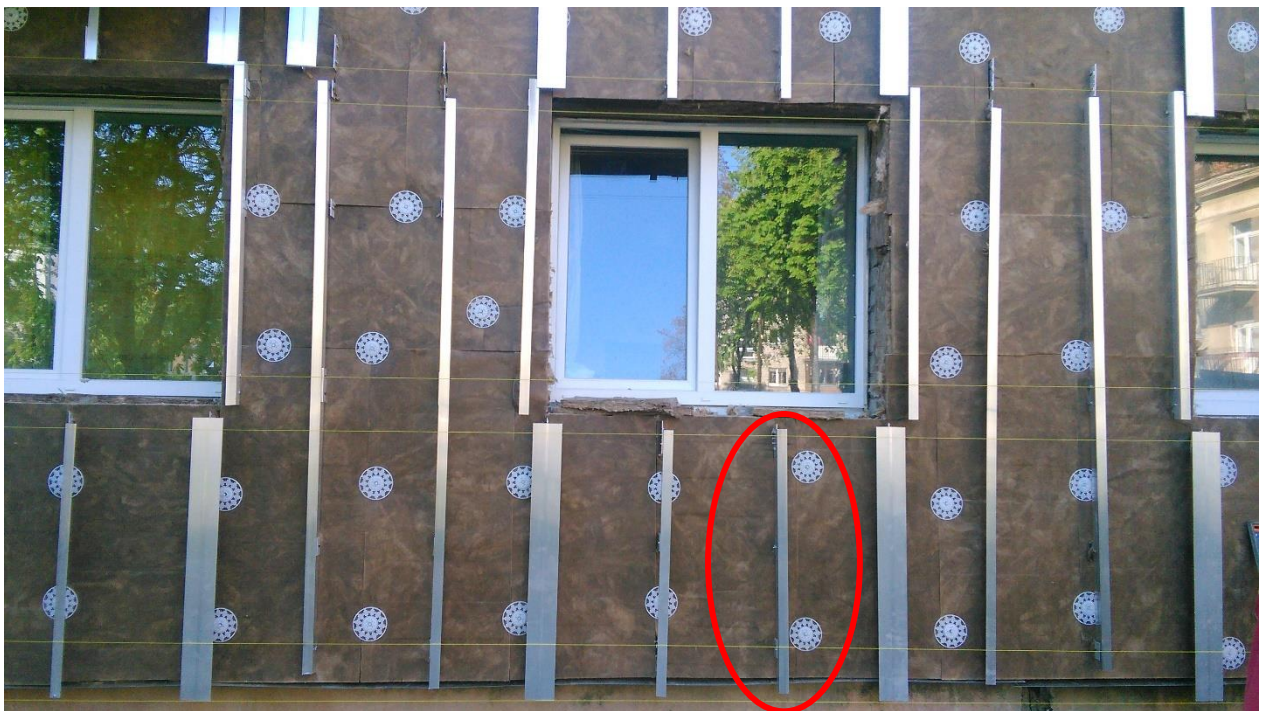
**1.24. pav.** Plokščių išpurvinimas.



**1.25. pav.** Plokščių išpurvinimas ir darbininkų palikta papildoma skylė kniedei.



**1.26. pav.** Blogai įrengtas plokščiu laikantysis karkasas.



**1.27. pav.** Blogai įrengtas plokščiu laikantysis karkasas.





1.28. pav. Blogai įrengtas plokščiu laikantysis karkasas.



1.29. pav. Darbininkų paliktos skylės be kniedžių.

## 2. Pastatų modernizacijoje naudojamų pluoštinių cemento gaminių teoriniai sprendimai

### 2.1. Technologiniai ypatumai

#### 2.1.1. Atraminės konstrukcijos įrengimas

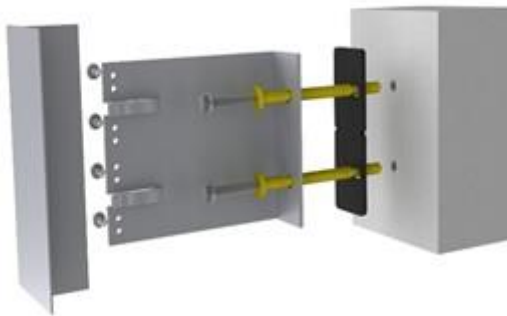
Projektuojant laikančiasias sistemas naudojami šie svarbūs normatyviniai dokumentai:

2.1 lentelė. Normatyviniai dokumentai

Eil. Nr.	Normatyvinio dokumento pavadinimas
1	EN 485-2 Aliuminis ir aliuminio lydiniai. Lakštai, juostos ir plokštės. 2 dalis. Mechaninės savybės.
2	EN 12467 Plokštieji fibrocementiniai lakštai. Gaminių techniniai reikalavimai ir bandymo metodai.
3	EN 13501-1 Statybos gaminių ir pastato elementų klasifikavimas pagal atsparumą ugniai. 1 dalis. Klasifikavimas pagal atsako į ugnį bandymų duomenis.
4	EN 13501-2 Statybos gaminių ir pastato elementų klasifikavimas pagal atsparumą ugniai. 2 dalis. Klasifikavimas pagal atsparumo ugniai bandymų duomenis, išskyrus ventiliacijos įrangą.
5	EN 13162 Statybiniai termoizoliaciniai gaminiai. Gamykliniai mineralinės vatos (MW) gaminiai. Techniniai reikalavimai
6	EN 20140 Akustika. Statinių atitvarų ir statinio dalių garso izoliavimo matavimas. 2 dalis. Duomenų tikslumo nustatymas ir tikrinimas.
7	EN 62305 Apsauga nuo žaibo. 1 dalis. Bendrieji principai.
8	ISO 140 Duomenų tikslumo nustatymas ir tikrinimas.
9	EN 15084 Statinių tvarumas. Ekologinės gaminių deklaracijos. Pagrindinės taisyklės, taikomos statybinių gaminių kategorijoms.
10	ETAG 0034 Europos techninių liudijimų rengimo vadovas „Išorės sienų apkalos reikmenys. I dalis: vedinamosios apkalos reikmenys, apimantys apkalos komponentus ir susijusius tvirtinimus (angl. Guideline for European Technical Approval of kits for external wall laddings. Part 1: Ventilated cladding kits comprising cladding components and associated fixings).
11	EN 1991-1-4 Eurokodas 1. Poveikis konstrukcijoms. 1-4 dalis. Bendrieji poveikiai. Vėjo poveikiai
12	EN 1998-1 Eurokodas 8. Atsparių žemės drebėjimui konstrukcijų projektavimas. 1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės, seisminiai poveikiai.
13	STR 2.01.01(1):2005 „Esminis statinio reikalavimas „Mechaninis atsparumas ir pastovumas“
14	STR 2.01.01(2):1999 “Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga”
15	STR 2.01.01(3):1999 “Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga”
16	STR 2.01.01(4):2008 „Esminis statinio reikalavimas „Naudojimo sauga“
17	STR 2.01.01(5):2008 „Esminis statinio reikalavimas „Apsauga nuo triukšmo“

18	STR 2.01.01(6):2008 „Esminis statinio reikalavimas „Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas“
19	7 Esminis statinio reikalavimas: Tvarus gamtos išteklių naudojimas
20	„Lietuvos Respublikos statybos įstatymas“.

- **Aliuminio laikantysis karkasas:**



**2.1. pav.** Aliuminio laikantysis karkasas [20].

Fasado laikantysis karkasas privalo būti projektuojamas atsižvelgiant į teisės aktuose nurodytus saugos veiksnius bei į leistiną apkrovą. Visos tvirtinimo detalės ir tvirtinimo sistemos turi būti sertifikuotos bei patikrintos pagal galiojančius teisės aktus. Prieš plokščių montavimą reikia patikrinti ar parinktos tinkama tvirtinimo sistema ir jei randami neatitikimai nedelsiant reikia viską pranešti projektuotojams.

Dažniausiai plokštės tvirtinamos prie metalinių profilių. Vertikalūs profiliai padeda užtikrinti, kad oro cirkuliacija nenutrūktų ir į oro tarpą patekusi drėgmė pasišalintų. Nors plokštės gali būti montuojamos ir prie horizontalių atraminių konstrukcijų, projektuotojas turi atsižvelgti į šiuos veiksnius. Kur tik galima, visi konstrukcijos sujungimai turi būti nukreipti žemyn ir į išorę, siekiant sumažinti pavojų, kad drėgmė per juos sugrįš prie sienos [21]:

- a) horizontalus profilis gali sulaikyti drėgmę, ant galinės plokštės pusės, ir ji ten kaupsis. Laikui bėgant tai gali sugadinti profilį, be to, ant plokščių gali atsirasti laikinų dėmių [21];
- b) tarpas tarp šilumos izoliacijos ir plokštės turės būti didesnis, kad tilptų horizontalus profilis [21];
- c) oras ertmėje netekės taip laisvai [21].

Aliuminio laikykliai negali tiesiogiai liesti su cemento paviršiumi, norint užtikrinti, kad taip neatsitiktų naudojamos plasmatinės apsauginės tarpinės. Tam, kad galinė rėmo dalis būtų saugiai pritvirtinta prie sienos būtina teisingai suprojektuoti inkarinius varžtus. Projektuojant varžtus reikia atsižvelgti į sienos pagrindą ir vėjo apkrovą. Nežinant sienos eksploatacinių savybių reikia remtis vietoje atliktais bandymais bei inžineriniais skaičiavimais. Taip pat būtina atsižvelgti į kelis veiksnius:

- a) į tai, kad mažiausia ištraukimo jėgos vertė, tenkanti vienai tvirtinimo detalei, turėtų būti bent 3 kN arba 300 kg [21];
- b) į naujos arba esamos konstrukcijos atsparumą ir būklę [21];
- c) į pasirinkto inkarinio varžto gebėjimą atlaikyti numatomą nuolatinę ir papildomą apkrovą [21];
- d) į reikiamus saugos veiksnius [21];
- e) į tai, kad visi inkariniai varžtai turi būti nerūdijantys, pavyzdžiui, pagaminti iš nerūdijančiojo plieno [21].

Galima įsigyti daug įvairių inkarinių varžtų – nuo įprastų rėmo varžtų su plastikiniu antgaliu ir išsiplečiančių varžtų iki specializuotų cheminio tvirtinimo komponentų. Visais klausimais, susijusiais su inkariniais varžtais, derėtų kreiptis į gerą vardą turinčius gamintojus. Laikikliuose išgręžtos kiaurymės gali būti skirtingų diametrų, pritaikytos skirtingiems inkariniams varžtams. Tai priklauso nuo sienos tipo. Pavyzdžiui, inkarinis varžtas, kuriam teks išlaikyti didelę apkrovą, gali turėti 11 mm skersmens kiaurymę, o inkariniam varžtui, kuris bus tvirtinamas prie medinio pagrindo, užtenka ir 6,5 mm skersmens kiaurymės. Paprastai šios kiaurymės yra pailgos, kad tvirtinimą būtų galima galutinai sureguliuoti. Ant laikiklio dalies, laikančios vertikaliuosius profilius, gali būti išgręžtos apvalios, pailgos arba abiejų formų kiaurymės. Apvalios kiaurymės skirtos vertikaliems profiliams stabiliai pritvirtinti. Pailgos kiaurymės leidžia vertikaliai profiliui plečiantis bei traukiantis judėti aukštyn ir žemyn. Šie kampiniai laikikliai padeda išlaikyti tik vėjo apkrovas[21].

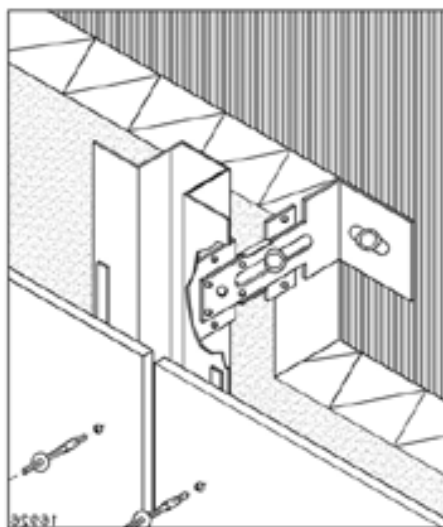
Atsižvelgus į suprojektuotą atraminę konstrukciją, didesni laikikliai yra įrengiami kaip viršutinė arba vidurinė atrama. Vertikalus profilis gali turėti tik vieną stabilų tvirtinimo tašką. Įrengus laikiklį ties profilio viršumi, jis galės plėsti į apačią. Įrengus laikiklį profilio centre tuo met jis turi galimybę plėstis dviem kryptimis. Visi stabilūs pritvirtinimo taškai ant pastato fasado turi būti išdėstyti viename lygyje. Plokštės gali suskilti, jei bus nesilaikoma profilių tvirtinimo taisyklių.

Vertikalūs profiliai dažniausiai yra T arba L raidžių formos. Paprastai šie profiliai yra 2 mm storio. Galima naudoti ir plonesnius aliuminio profilius, tačiau šiuo atveju laikiklių ir inkarinių varžtų turi būti įrengiama daugiau. T formos profilis tvirtinamas tarp plokščių, už vertikalių sujungimų, o L formos profiliuotis naudojamas kaip tarpinis profilis, įrengiamas ties plokštės viduriu. Nors T formos profiliai gali būti ne siauresni kaip 100 mm pločio, geriau naudoti 115 mm pločio profilius. Tas leis numatyti užlaidas ir pašalinti nesutapimus, nes plokštės tvirtinimo detalė turi būti nutolusi ne mažiau kaip 10 mm nuo plokštės krašto. L formos profiliai paprastai yra 40x50 mm arba 40x60 mm pločio ir gali būti naudojami abiem kryptimis. Nors profiliai gali būti iki 6,1 m ilgio, kai kurie atraminių konstrukcijų tiekėjai rekomenduoja, kad profilis būtų ne ilgesnis kaip 3,05 m. Kartais profilių ilgis gali atitikti plokštės arba kelių plokščių aukštį. Kiekvieną profilių atkarpą laiko ne mažiau kaip 3 kampiniai laikikliai. Profiliai gali išsikišti iš už paskutinio laikiklio iki 254 mm[21].



Didžioji dauguma kampinių laikiklių turi gnybtus, kurie gali profiliuoti išlaikyti vietoje. L formos profilis naudojamas kaip plokštės vidurinė atrama, o T formos profilis montuojamas už plokštės vertikalių sujungimų. Pastačius profilius į galutines vietas jie pritvirtinami kniedėmis arba savaimė įsisriegiančiais sraigtais.

- **Cinkuoto plieno laikantysis karkasas:**



2.2. pav. Cinkuoto plieno laikantysis karkasas [21].

Šios atraminės konstrukcijos yra gaminamos vietos gamintojų. Cinkuoto plieno konstrukcijų tiekėjai patvirtina išsamius statinius skaičiavimus bei pateikia konkrečius konstrukcijų brėžinius. Profilų ir kampinių laikiklių apsauginė danga yra pažeidžiama juos pjaunant ir gręžiant statybos aikštelėje. Plokščių tvirtinimui turi būti nuodijamos nerudijančio plieno kniedės.

Ši sistema paprastai susideda iš kampinio laikiklio, kuris inkariniu varžtu pritvirtinamas prie sienos; šis laikiklis laiko vertikalius  $\Omega$  (omega raidės arba cilindro formos) ir U formos profilius, kurie savo ruožtu laiko plokštes. Vietoj U formos profilio galima naudoti Z formos profilį. Profiliai turi būti pagaminti iš plieno, kurio kalibras ne mažesnis nei 16; jie pasirenkami, atsižvelgiant į apskaičiuotus apkrovos veiksniai. Rekomenduojama naudoti profilus, dengtus karštuoju būdu, mažiausiai G90 arba didesnės vertės cinko danga. Tačiau tai priklauso nuo vietovės ir klimato sąlygų [21].

Laikikliuose yra išgręžiamos dviejų tipų kiaurymės – pailgos ir apvalios. Apvalios kiaurymės yra skirtos stabiliai pritvirtinti vertikalius profilius – stabilus tvirtinimo taškas. Jie skirti išlaikyti visą plokščių svorį bei dalinai vėjo apkrovą. Pailgos skylės vertikaliems profilams leidžia judėti – paslankus tvirtinimo taškas. Šie laikikliai yra skirti tik vėjo apkrovai išlaikyti.

Stabilus arba didesnis laikiklis yra pritvirtinamas kaip vidurinė arba viršutinė atrama. Jeigu jis tvirtinamas ties profilio viduriu, profilis gali plėstis abiem kryptimis. Įrengus šį laikiklį prie profilio viršaus, profilis gali plėstis tik į apačią. Remdamasis atraminės konstrukcijos tiekėjo brėžiniais, montuotojas tinkamose vietose įrengs ir inkariniais varžtais prie sienos pritvirtins sieninius laikiklius

kartu su šilumos termotarpinėmis, naudodamas reikiamus sraigtus ar inkarinius varžtus. Labai svarbu, kad stabilūs tvirtinimo taškai ant viso pastato fasado būtų išdėstyti tame pačiame lygyje. Kiekviename vertikaliajame profilyje, pasitelkiant sieninius laikiklius, turi būti įrengtas tik vienas stabilus tvirtinimo taškas. Nors, remiantis bendrąja taisykle, visi stabilių tvirtinimo taškų laikikliai, įrengti atraminėje konstrukcijoje, turi būti išdėstyti tame pačiame lygyje, kartais dėl esamų sąlygų to padaryti neįmanoma. Taip gali būti, pavyzdžiui, tarp langų. Profiliai nupjaunami iki reikiamo ilgio, kad būtų galima įrengti langą. Šiuo atveju reikalinga dar viena stabilių tvirtinimo taškų laikiklių eilė, išdėstyta kitame lygyje; ji laikys tarp langų esančius profilius. Tačiau labai svarbu, kad plokštė nebūtų pritvirtinta per du vertikaliuosius profilius, kurių stabilių tvirtinimo taškų laikikliai yra skirtinguose lygiuose. Šie  $\Omega$  ir U formos profiliai paprastai yra 1,5 mm storio.  $\Omega$  formos profiliai tvirtinami už vertikalių sujungimų, įrengiamų tarp plokščių, o U formos profiliai naudojami kaip tarpiniai; jie montuojami ties plokščių viduriu.  $\Omega$  formos profiliočiai gali būti ne mažesnio kaip 100 mm pločio. Tačiau geriau tvirtinti 115 mm pločio profiliai. Tai leis numatyti nuokrypius ir ištaisyti neatitikimus. U formos profiliai paprastai yra 40x40 mm pločio. Kiekvieną profilių atkarpą laiko ne mažiau kaip 3 laikikliai. Profiliai gali išsikišti iš už paskutinio laikiklio iki 254 mm [21].

Cinkuotas plienas plečiasi mažiau veikiant šilumai nei aliuminis. Todėl naudojant tokias konstrukcijas pakaktų tik stabiliai pritvirtintų laikiklių, bet rekomenduojama naudoti dviejų tipų tvirtinimo taškus – stabilius ir paslankius. Plokščių negalima tvirtinti prie skirtingų profilių, nes plokštė gali įskilti besiplėčiant arba besitraukiant metalui. Visi stabilūs pritvirtinimo taškai ant pastato fasado turi būti išdėstyti viename lygyje. Plokštės gali suskilti, jei bus nesilaikoma profilių tvirtinimo taisyklių. Dauguma kampinių laikiklių turi gnybtus, kurie gali profiliuoti išlaikyti vietoje. Pastačius profilius į galutines vietas jie pritvirtinami kniedėmis arba savaime įsisriegiančiais sraigtais.

- **Medinis laikantysis karkasas:**



**2.3. pav.** Medinis laikantysis karkasas [22].

Mediniai tašai – tai tvirta ir naudinga atraminė konstrukcija. Plokštes galima arba tvirtinti sraigtais, arba klijuoti prie tašų. Tašams galima naudoti ne visų rūšių medieną. Kiekvienoje šalyje taikomi specifiniai medienos rūšies, stiprumo ir apsaugos reikalavimai. Kad tašai būtų tinkamai sulygiuoti, obliuojama viena vertikaliųjų tašų, prie kurių tvirtinamos plokštės, išorinė pusė ir vienas kraštas. Tarp tašų galų turi būti paliktas 5 mm tarpelis[21].

Tašų storis negali būti mažesnis nei 40 mm, jei plokštės tvirtinamos sraigtais. Sujungiant atramas reikia naudoti storesniu tašus bent 50 mm. Teoriškai galima naudoti 90mm pločio tašus, tačiau rekomenduojama naudoti platesnius tašus apie 110mm. Labai svarbu tinkamai įrengti medinį tašų karkasą, nes leidžias nuokrypis yra tik 1/300. Tikslius matmenis turi nustatyti ir patvirtinti projekto inžinierius. Tašus reikia padengti atsparia medžiaga UV spinduliams. Reikia naudoti plačią juostą, kuri padengtų visą tašą. Tam galima naudoti EPDM juostą.

Atsižvelgiant į konkrečios šalies teisės aktus, medinius tašus galima padengti medienos impregnantu. Kai kurios šalys primygtinai reikalauja, kad visa pastatų išorėje naudojama mediena būtų padengta priemonėmis nuo grybelio ir medieną ardančių vabzdžių. Tačiau kai kuriose šalyse, naudojant tam tikros rūšies medieną, galima apsieiti be tam tikrų medienai taikomų cheminių priemonių. Tai svarbus sprendimas projektuojant pastatą, nes reikia atsižvelgti ir į poveikį aplinkai. Chemiškai neapdorotą medieną paprasčiau pakartotinai panaudoti ar pašalinti, pasibaigus jos naudojimo laikui. Kur naudojamas impregnantas, tašų galai turėtų būti pakartotinai dengiami papildomu impregnantu[21].

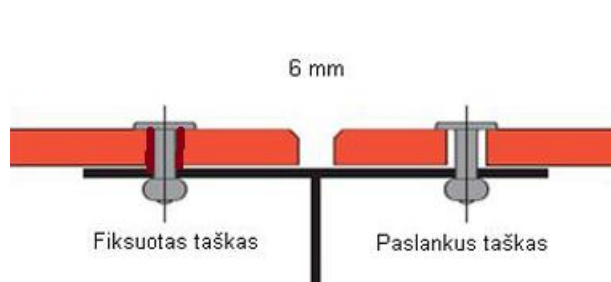
## 2.1.2. Plokščių tvirtinimas

### Plokščių tvirtinimas kniedėmis(A1):



2.4. pav. Plokščių tvirtinimas kniedėmis [23].

Kniedės yra dažomos toki pat spalva kaip ir plokštės, kad nesiskirtų ir mažiau matytusi. Jei yra naudojama aliumininė atraminė konstrukcija, tuomet galima naudoti tik aliuminines kniedes. Kniedės pagamintos iš nerūdijančio plieno tvirtinamos prie dviejų tipų atraminės konstrukcijos: aliumininės ir nerūdijančio arba cinkuoto plieno. Kiekviena plokštė yra tvirtinama dviejų tipų tvirtinimo taškais, tai paslankūs(GO) ir fiksuoti(STOP). Nepriklausomai nuo plokštės dydžio ji visada privalo turėti 2 fiksuotus pritvirtinimo taškus, o visi kiti taškai bus paslankūs. Fiksuoto tvirtinimo taškai neleidžia plokštei pasisukti, taip užtikrinami, kad plokštė išlieka savo vietoje bei išlaiko visą svorį. Plokštės veikia vėjo apkrova bei gali pajudėti atraminė konstrukcija, bet paslankūs taškai padeda išlaikyti bei prie to prisitaikyti. Neteisingai pasirinkus fiksuotus taškus atsiranda plokštės įskilimo pavojus.



2.5. pav. Fiksuotų ir paslankių taškų sistema [23].

Montavimo instrukcijos ir rekomendacijos:

1. Visų pirma plokštėje reikia išgręžti 11 mm skersmens kiaurymes, norint plokštę pritvirtinti kniedėmis;
2. Fiksuoto tvirtinimo taškai yra įrengiami naudojant raudonas įvoves, kurios užpildo didesnes kiaurymes. Žalias įvoves naudoja paslankiems taškams;
3. Kiaurymės kniedėms atraminėje konstrukcijoje yra išgręžiamos specialiu gręžimo įrankiu;
4. Norint apsaugoti plokščių paviršių nuo sugadinimo reikia naudotis specialiais kniedijimo įrankiais.

Fiksuotų taškų parinkimas.

1. Ant vieno profilio negalima įrengti dviejų STOP tvirtinimo taškų [21];
2. Abu STOP tvirtinimo taškai turi būti įrengti prie plokštės horizontalios vidurio linijos [21];
3. Jeigu plokštė nebus tvirtinama ties pačiu centru, reikėtų pasirinkti kitą artimiausią centrui liniją[];
4. Remiantis bendrąja taisykle, STOP tvirtinimo taškai turi būti įrengti prie plokštės centro ir kairiojo jungiamojo profilio. Be to, šie taškai dar gali būti įrengti prie centro ir dešiniojo jungiamojo profilio [21];
5. Kad ir koks būdas būtų taikomas, visos plokštės turi būti pritvirtintos vienodai. Niekada neleiskite, kad dviejų greta esančių plokščių STOP tvirtinimo taškai būtų įrengti ant to paties jungiamojo profilio [21];
6. Tais atvejais, kai montuojamos siauros plokštės, turinčios tik du šoninius tvirtinimus, ir dviejų besiribojančių plokščių STOP tvirtinimo taškai bus vienas šalia kito, atraminė konstrukcija turi būti pakeista. Metalinė atraminė konstrukcija, esanti ties vertikaliu sujungimu (paprastai tai T formos profilis), turi būti pakeista dviem L formos profiliais. Tai padės atskirti galimus plokščių sujungimus. Be to, taip montuojant vietoj įprasto kampinio laikiklio gali tecti sumontuoti U formos laikiklį [21];
7. Kai laikančioji konstrukcija vertikali, kiaurymių padėtys yra tokios: nuo horizontalių plokštės kraštų (70 mm→100 mm); nuo šoninių plokštės kraštų (30 mm→100 mm). Vizualiai pageidautina, kad kampinės kniedės būtų 80 mm atstumu nuo horizontalių kraštų ir 30 mm atstumu nuo vertikalių kraštų [21].

#### **Plokščių tvirtinimas sraigtais(A2):**

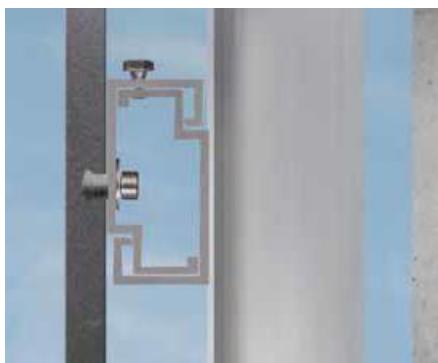


**2.6. pav.** Plokščių tvirtinimas sraigtais [21].

Sraigtais dažniausiai naudojami tvirtinant plokštes prie medinio karkaso. Mediniai taškai turi būti padengti specialia siūlių juosta. Sraigtais į taškus turi įsisukti nemažiau 25mm. Varžtai būna su nedažytais arba dažytais galvutėmis pagal fasadinių plokščių spalvą. Plokščių tvirtinimui yra gręžiamos 7 mm dydžio skylės.

Kai laikančioji konstrukcija vertikali, kiaurymių padėtys yra tokios: nuo horizontalių plokštės kraštų (70 mm→100 mm); nuo šoninių plokštės kraštų (25 mm→100 mm). Vizualiai pageidautina, kad kampiniai varžtai būtų 80 mm atstumu nuo horizontalių kraštų ir 25 mm atstumu nuo vertikalųjų kraštų. Likusių tvirtinimo taškų centrai priklauso nuo inžinierių atliktų apskaičiavimų [21].

### **Ploščių tvirtinimas tvirtinimo sistema „Tergo”(A3):**



**2.7. pav.** „Tergo tvirtinimo sistema [21].

„Tergo“ nematoma ploščių tvirtinimo sistema naudojama 12mm storio plokštėms tvirtinti prie aliumininio laikančiojo karkaso. Galinėje ploščių pusėje dar gamykloje išgręžiamos iš apačios įpjautos specialios formos kiaurymės tvirtinimo detalėms. Prie plokštės pritvirtinami kabliai – laikikliai su specialiomis kniedėmis ir tarpinėmis arba varžtai su poveržlėmis. Aliumininių atraminių konstrukcijų tiekėjai pateikia būtinus skaičiavimus, susijusius su šių specialios formos kiaurymių padėtimi. Be to, tiekėjai patvirtina laikiklių ilgį ir padėtį [21].

Ploščių gręžimo vietos yra nustatomos pagal patvirtintą konstrukcijų projektą. Skylės forma yra platėjanti į vidurį ir visos jos išgręžiamos gamykloje. Kiaurymės skirtos tvirtinti kniedėmis ir varžtais skiriasi, todėl išgręžus kiaurymę vienam tvirtinimui, negalima naudoti kito tipo tvirtinimo. Nuo plokštės kraštų reikia palikti bent 100mm atstumą. Kiaurymių patikrinimui ir patvirtinimui yra naudojami gylio matuokliai ir vidmačiai. Išgręžus kiaurymę netinkamoje vietoje ir norint ištaisyti klaidą naują kiaurymę galima gręžti ne mažiau kaip 20 mm nuo senosios.

Montavimo instrukcija:

1. Kiaurymės turi būti švarios. Reikia pasirūpinti, kad jose nebūtų likę dulkių arba drožlių;
2. Naudojant varžtų tvirtinimo sistemą, visų pirma į kiaurymę reikia įstatyti inkarą. Kablys – laikiklis, poverzlė ir varžtas įsistato į inkarą. Veržiant varžtą inkaras plečiasi ir įsitvirtina kiaurymėje. Per smarkiai užveržus varžtą galima sulaužyti inkarą, o dėl to sumažėja tvirtinimo detalės atsparumas ištraukimui;
3. Jei naudojama kniedžių sistema, inkaras, derinamas kniede. Reikia kniedę įstatyti į laikiklį, užmautitarpinę ir įstatyti į išpjautą kiaurymę bei naudojant paprastą kniedijimo įrankį prikniedyti;

4. Tam, kad lanksčiau sujunti laikiklius ir plokštes dedamos pplastikinės tarpinės. Tarpinės būna skirtingo storio bei yra parenkamos pagal laikiklių storį.

#### **Plokščių tvirtinimas klijuojant(A4):**



**2.8. pav.** Plokščių klijavimas prie karkaso [22].

Pats svarbiausias dalykas dirbant prie plokščių klijavimo yra laikymasis visų nurodymų, kuriuos pateikia tiekėjai. Kiekvienas klijų tiekėjas turi savo rekomendacijas bei skiriasi jų klijavimo procedūros. Plokštės priklijuotos ant metalinės konstrukcijos laikosi daug geriau bei ilgiau nei ant medinės konstrukcijos. Yra daug klijų gamintojų, bet rekomenduojama naudoti tik sertifikuotus gaminius. Visi tiekėjai yra nustatę tam tikras darbo sąlygas ir apribojimus dirbant su jų tiekiamomis medžiagomis.

Montavimo instrukcijos ir rekomendacijos:

1. Visų pirma reikia metlinius profilius nuvalyti rekomenduojamu valikliu ir palaukti kol jis išdries prieš pradėdant tolimesnius darbus. Ant paviršių negali būti nei dulkių nei purvo;
2. Atraminė konstrukcija turi būti padengiama rekomenduojamu gruntu;
3. Klijuojamą plokštės vietą reikia padengti gruntu;
4. Tam, kad užtikrintų plokštės padėtį, kol klijai tvirtai prikibs prie rėmo yra naudojama dvipusė juostelė. Kita šios juostelės funkcija yra reikimo klijavimo gylio užtikrinimas;
5. Plokštę reikia padengti klijuojamais pagal tiekėjo rekomendacijas. Prie klijų yra pridedamas specialus V formos antgalis, kuris padeda užtepti reikiamą kiekį klijų bei padeda suformuoti tinkamą jų formą;
6. Išdžiūvus valikliui ir gruntui galima fasadinę plokštę klijuoti prie likančiosios konstrukcijos;
7. Prie rėmo plokštė pridedama prieš pradėdant veikti klijuojant (apie 10 min.). Iš pradžių plokštė švelniai prispaudžiama prie klijų tam, kad prirėmus būtų galima pataisyti plokštę. Kai plokštė yra tinkamoje vietoje ji stipriai prispaudžiama prie klijų. Prispausta plokštė turi gerai prilipti prie dvipusės juostelės;

8. Visą klijų perteklių reikia nuvalyti iš karto pagal nurodytas valym priemones, jas nurodo tiekėjas. Išdžiūvusius klijus galima nuvalyti tik mechaniškai, o taip galima pažeisti plokštes;
9. Yra taikomi darbinės temperatūros apribojimas, ji negali būti mažesnė nei +5 °C ir didesnė nei +40 °C. Tokia temperatūra turi išsilaikyti bent 5–6 valandas;
10. Atliekant darbus santykinė oro drėgmė negali viršyti 75 proc.

### **2.1.3.Plokščių gręžimas ir pjovimas**

#### **Plokščių gręžimo rekomendacijos:**

1. Reikia naudoti specialų grąžtą skirtą pluoštinio cemento gaminiams. Naudojant netinkamus grąžtus atsiranda pavojus išgręžti netvarkingą kiaurymę arba grąžtas gali nuslysti plokštės paviršiumi ir taip sugadinti paviršių;
2. Norint paspartinti gręžimo procesą yra naudojami šablonai su nurodytomis skylių vietomis. Būtina užtikrinti, kad šablonas nesugadins ir nepalikis žymių ant plokščių;
3. Plokštė turi būti padėta ant tvirto pagrindo, kad gręžiant nejudėtų;
4. Norint sumažinti dėmių atsiradimo tikimybę, gręžiant drėgnu oru, reikia gręžti po uždanga arba pastato viduje;
5. Vienu metu galima gręžti tik vieną plokštę;
6. Gręžiant plokštes reikia išjunti gręžtuvo kalimo funkciją, kad gręžtuvas nepajudėtų ar nenuslystų plokštės paviršiumi;
7. Išgręžus skylę, būtina iš karto nuvalyti visas ant plokštės paviršiaus susidariusias dulkes.

#### **Plokščių pjaustymas:**

Plokštės turėtų būti pjaustomos ne jų montavimo vietoje, jeigu dėl esamų sąlygų to negalima padaryti, plokštes galima pjaustyti vietoje. Jeigu montavimo vietoje pjaustoma daug plokščių, rekomenduojama naudotis „Festo AXT 50 LA“ arba „Mafell PSS 3100 SE“ plokščių pjaustymo sistema ir pjaustant naudoti specialius diskus. Abu šie diskiniai pjūklai turi liniuotes, užtikrinančias, kad pjūklas išliktų stabilus ir pjautų tiesiai. Prie kiekvieno iš šių pjūklų pridedami pjovimo diskai ir vakuuminės sistemos, sumažinančios dulkių kiekį ir užtikrinančios sveiką bei saugų darbą. Tais atvejais, kai montavimo vietoje reikia atlikti nedaug pjovimo darbų, nupjautų kraštų kokybė priklausys nuo kelių veiksnių, įskaitant pjovimo disko rūšį bei formą ir aukštį, kuriame pritvirtintas diskas. Be rekomenduojamo disko, dar galima naudoti karbidu dengtą plokščią trapecijios formos geležtę su dantukais, turinčią neigiamą 5° pasvirimo kampą. Dantukų skaičius priklauso nuo geležtės skersmens: atstumas tarp dantukų turi būti ne mažesnis kaip 10 mm. Kad pjaunama plokštė nevibruotų, laisvas kraštas neturi išsikišti daugiau nei du trečdaliai geležtės skersmens. Norint, kad ant pjaunamo plokštės



krašto nesusidarytų pernelyg daug atplaišų, geležtė į šonus turi judėti po  $\pm 1$  mm. Turi būti nustatyta, kad pjūklo geležtė būtų 5 mm žemiau nei plokštė. Šios geležtės gali būti naudojamos neilgai, jas teks reguliariai keisti. Šiomis geležtėmis galima nupjauti vos 50 m plokščių. Kadangi pjovimo kokybė priklauso nuo daugelio kintamųjų, pirmiau reikėtų supjaustyti nereikalingą plokštės gabalą ir nustatyti geriausią pjūklo nuostatą bei pjovimo greitį [21].

Plokščių pjaustymo rekomendacijos:

1. Būtina naudoti tik specialius diskus pluostinio cemento plokštėms pjauti. Šie diskai: pjauna labai dailiai, turi dantukus su deimantiniais antgaliais, kurių forma leidžia užtikrinti, kad atpjautas kraštas neturėtų jokių įplyšimų, gerai sugeria vibraciją. Pjaunant pagal taisykles bei rekomendacijas, galima supjauti apie 5000 m plokščių.
2. Tam, kad pjaunant susidariusios dulkės netrukdytų, reikia, kad diskas išsikištų apie 5 mm žemiau plokštės.
3. Plokštės pjaunamos iš galinės jų pusės, todėl svarbu, kad pagrindas būtų visiškai švarus ir būtinai padengtas medžiaga, kuri neleistų plokštėms susibraizyti bei nepaliktų žymių ant paviršiaus [23].
4. Norint sumažinti dėmių atsiradimo tikimybę, pjaunant drėgnu oru, reikia pjauti po uždanga arba pastato viduje;
5. Vienu metu galima pjauti tik vieną plokštę;
6. Plokštė turi būti padėta ant tvirto pagrindo ir gerai įtvirtinta, kad pjaunant nevibruotų;

#### **Plokščių kraštų apdirbimo reikalavimai:**

Supjausčius plokštės iki reikiamų matmenų kraštus reikia nušlifuoti. Tai daroma pagerinti plokščių išvaizdą bei sumažinti plokščių sugadinimo tikimybę. Plokščių kraštus šlifuoti galima ant medinės 400x100 mm dydžio trinkelės pritvirtinus švitrinį popierių (grūdėtumas 80). Ties plokščių kraštais ir apink įsgręžtas kiaurymės patenka drėgmė, o drėgnu oru ir ant fasado. Patekus drėgmei ant fasado atsiranda matomos drėgmės dėmės, po kiek laiko jos išnyks ir daugiau nebesusidarys, tačiau kiek prireiks laiko priklauso nuo oro sąlygų. Norint išvengti dėmių, plokščių kraštus reikia tepti impregnantu.

Plokščių kraštų paruošimas impregnavimui:

1. Plokštės turi būti pjaunamos/gręžiamos ant tvirto, stabilaus pagrindo;
2. Plokštės turi būti pjaunamos/gręžiamos su kokybiškais įrankiais;
3. Plokštės kraštus po pjovimo reikia nušlifuoti. Šlifavimui galima paimti medinę maždaug 400x100 mm dydžio trinkelę su pritvirtintu švitriniu popieriumi (grūdėtumas 80). Svarbu, kad kraštai būtų nulyginti, neatpleišę [24];
4. Plokštės po pjovimo, gręžimo turi būti nuvalytos – negalima impregnuoti nešvarių plokščių [21].

## **SVARBU:**

1. Impregnuojant, plokštės ir aplinkos temperatūra turi būti nuo +5 °C iki +25 °C;
2. „Luko“ impregnantas galioja 6 mėnesius nuo išpilstymo datos;
3. Gerai suplakite prieš naudojimą ir naudojimo metu;
4. Vienu metu impregnantu apdorokite tik vieną plokštę;
5. Impregnano perteklių nuo plokštės paviršiaus valykite švaria šluoste;
6. Impregnuoti negalima po atviru dangumi, lijant lietui ar esant tiesioginiams saulės spinduliams;
7. Impregnavus plokštę, reikia palaukti, kol impregnantas išdžius ir tik tuomet montuoti ant fasado;
8. Impregnuoti reikalinga plokščių bei kiaurymių kraštus [25].

## **Plokščių transportavimas:**

Plokštės turi būti sukrautos ant padėklų, stipriai pritvirtintos prie padėklo, kad perkeliant jos nebūtų sugadintos. Keliant plokštes reiktų naudotis kranu arba automobiliniu krautuvu su šakėmis. Gabenant plokštės turėtų būti uždengtos vandeniui nelaidžia danga. Keliant plokštes negalima leisti, kad jos slystų kitos paviršiumi, nes yra galimybė subraižyti kitos plokštės paviršių.

### Plokščių sandėliavimo rekomendacijos:

1. Gamyniai negali liestis su žemės paviršiumi;
2. Sandėliavimo vieta privalo būti lygi;
3. Plokštės negali būti sukrautos aukščiau nei 500mm;
4. Plokštes galima sandėliuoti 1 aukštu, jei pagrindas yra žolynas, žemė ir kt. arba 2 aukštais, jei pagrindas – asfaltas, trinkelės ir kt.;
5. Dekoratyvios plokščių pusės uždengiamos apsauginiu popieriumi arba folija;
6. Plokštes reikia krauti taip, kad vienas į kitą būtų nukreipti jų priekiniai arba galiniai paviršiai;
7. Plokštes patartina vežti į statybos aikštelę tik jei jos bus nedelsiant sumontuotos arba sukrautos į gerai apsaugotą sandėliavimo vietą;
8. Negalima leisti prasiskverbti drėgmei ant plokščių, nes gali atsirasti dėmės;
9. Tarp padėklų turi likti tarpas plokščių ventiliacijai;
10. Plokštes reikia sandėliuoti sausoje vietoje, uždengtos plėvele taip, kad būtų apsaugotos nuo atmosferos poveikio [26].

## 2.2 Technologinis modelis

Pluoštinio cemento gaminių technologinio modelio sudarymo pagrindiniai etapai:

1. Laikančios konstrukcijos parinkimas
2. Parenkami plokščių tvirtinimo galimi variantai.
3. Nustatomi plokščių tvirtinimo dalinių procesų variantų technologiniai ryšiai.

**I derinys:** LK1 → T1

**II derinys:** LK1 → T6

**III derinys:** LK2 → T2

**IV derinys:** LK2 → T4

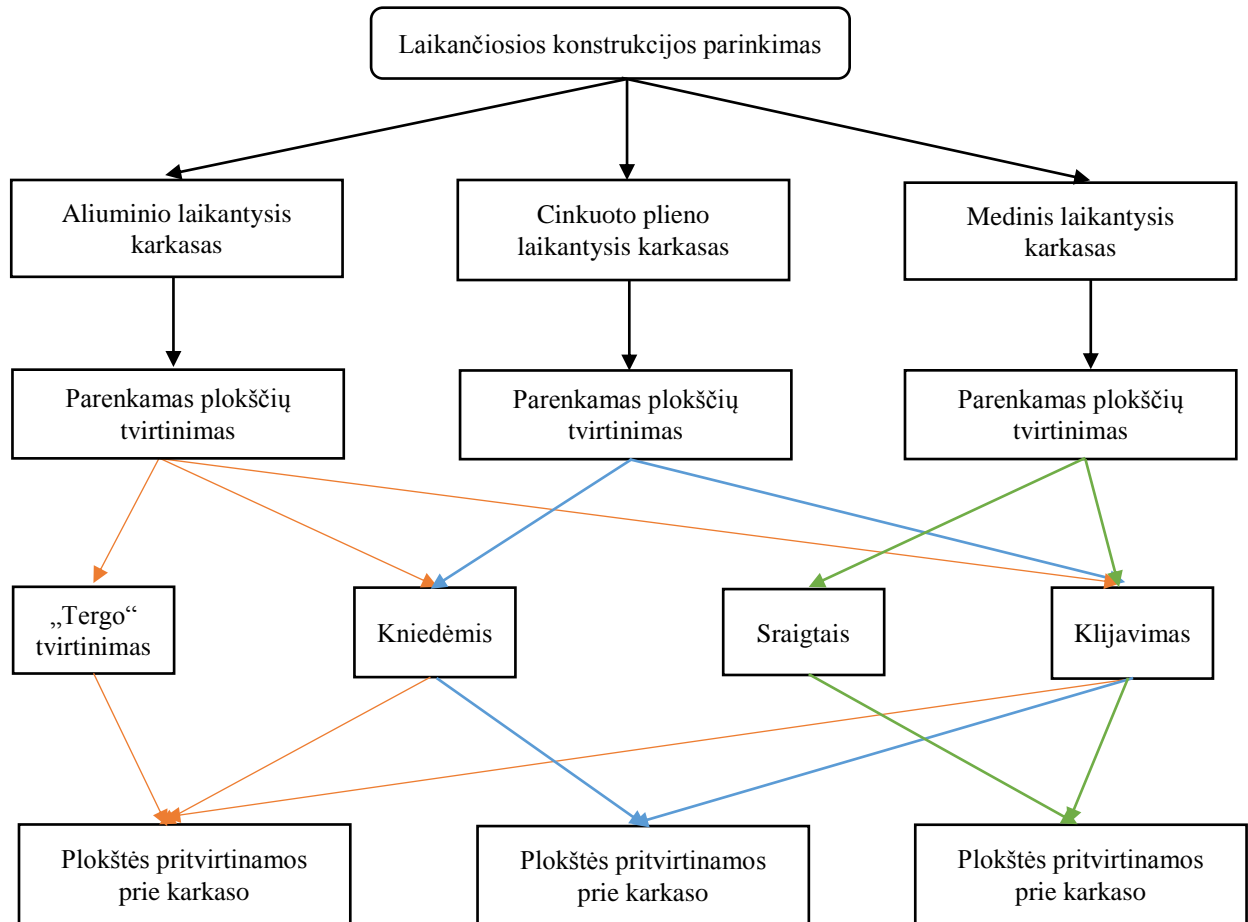
**V derinys:** LK2 → T7

**VI derinys:** LK3 → T5

**VII derinys:** LK3 → T8

**2.2 lentelė. Pluoštinio cemento gaminių technologiniai variantai [33, 34]**

<b>Dalinio proceso varianto kodas</b>	Pluoštinio cemento gaminių technologinio dalinio proceso pavadinimas
<b>LK1</b>	<u>Laikančios konstrukcijos įrengimas</u> Įrengiant aliuminio laikantį karkasą
<b>LK2</b>	Įrengiant cinkuoto plieno laikantį karkasą
<b>LK3</b>	Įrengiant medinį laikantį karkasą
	<u>Plokščių tvirtinimas</u>
<b>T1</b>	„Tergo“ tvirtinimas, prie aliuminio karkaso
<b>T2</b>	Plokščių kljavimas prie aliuminio karkaso
<b>T3</b>	Plokščių kljavimas prie cinkuoto plieno karkaso
<b>T4</b>	Plokščių kljavimas prie medinio karkaso
<b>T5</b>	Plokščių tvirtinimas kniedėmis prie aliuminio karkaso
<b>T6</b>	Plokščių tvirtinimas kniedėmis prie cinkuoto plieno karkaso
<b>T7</b>	Plokščių tvirtinimas sraigtais prie medinio karkaso



2.9. pav. Teorinis modelis.

### 2.3 Technologijų vertinimo metodikos parinkimas

Šioje dalyje yra analizuojami keturi galimi fibrocementinių plokščių tvirtinimo būdai: tvirtinimas kniedėmis (A1), tvirtinimas sraigtais (A2), tvirtinimas tvirtinimo sistema „Tergo” (A3), plokščių klijavimas (A4).

Pastatų modernizacijoje gali būti naudojami įvairus pluoštinio cemento gaminių tvirtinimo būdai. Viena ar kito būdo pasirinkimas priklauso nuo projektuotojų keliamų reikalavimų gaminiams. Renkantis pluoštinių gaminių tvirtinimą, buvo pasirinkti šie vertinimo kriterijai: kaina, ilgaamžiškumas, estetinė išvaizda, montavimo sudėtingumas, montavimo laikas.

Eil. Nr.	Vertinimo rodiklio pavadinimas	Trumpas vertinimo rodiklio apibūdinimas
K <sub>1</sub>	Kaina, Eurais;	Kaina yra nustatytas tiekėjų ir turi būti kuo mažesnė. Į kainą įeina tvirtinimo medžiagos ir tvirtinamos plokštės kaina.
K <sub>2</sub>	Ilgaamžiškumas, Metai;	Tai gamintojo suteikiamas garantinis laikotarpis, jis turi būti kuo ilgesnis.
K <sub>3</sub>	Estetinė išvaizda;	Rodiklio reikšmė nustatoma pagal ekspertų nuomonę, vertinant nuo 8 iki 10. Šis rodiklis turi būti kuo didesnis.
K <sub>4</sub>	Montavimo sudėtingumas;	Rodiklio reikšmė nustatoma pagal ekspertų nuomonę, vertinant nuo 8 iki 10. Šio rodiklio reikšmė turi būti kuo mažesnė.
K <sub>5</sub>	Montavimo laikas;	Rodiklio reikšmė nustatoma pagal ekspertų nuomonę, vertinant nuo 8 iki 10. Šio rodiklio reikšmė turi būti kuo mažesnė.

### 2.3.1 Daugiakriteriniai įvertinimo metodai

Daugiakriterinio vertinimo modeliai padeda priimti sprendimus atsisžvelgiant į daugelį tikslų. Gali būti išskiriami šie pagrindiniai daugiakriterinio vertinimo modelių komponentai: 1. tikslų ir juos atitinkančių rodiklių sistemos sudarymas, jų reikšmingumo nustatymas; 2. atsakų matricos suformavimas ir normalizavimas pritaikant daugiakriterinio sprendimų priėmimo (MCDM) metodus; 3. gautų rezultatų interpretavimas ir sprendimų priėmimas [27].

Daugiakriterinis sprendimų priėmimas (angl. Multiple Criteria Decision Making – MCDM) leidžia įvertinti sprendimų alternatyvas atsisžvelgiant į daugelį tikslų (kriterijų). MCDM problemos (uždaviniai) gali būti skirstomi į dvi plačiausias kategorijas: 1) daugiataikslų sprendimų priėmimą (angl. Multiple Objective Decision Making – MODM) – šioje srityje nagrinėjamos begalinei sprendimų aibei priklausančios alternatyvos; 2) apsisprendimą daugelio rodiklių atžvilgiu (angl. Multiple Attribute Decision Making – MADM) – šioje srityje nagrinėjamos baigtinei sprendinių aibei priklausančios alternatyvos. Sprendimų paieškai taikomi diskrečiojo optimizavimo metodai, daugiamačių atstumų matavimu paremti metodai (SAW, AHP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE ir kt.) [27].

MADM modeliai sudaromi atsisžvelgiant į analizės tikslą: gali būti siekiama pasirinkti tinkamiausią vietą statybai, pelningiausią investicijų sritį ir pan. Tikslą atitinkančioms dimensijoms priskiriami jas indentifikuojantys rodikliai – taip suformuojama rodiklių sistema. Remiantis rodiklių sistema sudaroma atsakų matrica **P** [27].

Jos elementai  $x_{ij}$  – atitinka  $i$  – tosios alternatyvos atsaką pagal  $j$  – tajį kriterijų. Ši matrica pirmiausia turi būti apdorojama vertikalčiai (normalizuojamos atitinkamų kriterijų reikšmės), tuomet horizontalčiai (įvertinama kiekviena alternatyva). Priklausomai nuo naudojamų metodų, kriterijai gali būti kiekybiniai arba kokybiniai. Taip pat kriterijus galima skirstyti į objektyvius ir subjektyvius.

Objektyvūs kriterijai, pavyzdžiui, investicijų kaštai, darbo užmokestis, paprastai išreiškiami pinigiais arba kitais kiekiniais dydžiais. Subjektyvūs kriterijai dažniausiai yra kokybiniai. [28] Atstumų nuo atskaitos taško skaičiavimu pagrįsti metodai: TOPSIS, COPRAS, VIKOR, MOORA. Rangavimo pagal panašumą į idealųjį sprendinį techniką (Technique for the Order Preference by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS) sukūrė C. Hwang ir K. Yoon 1981 metais [29].

Toliau savo darbo analizei buvo pasirinktas TOPSIS metodas.

### 2.3.2 Kriterijų reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai

#### TOPSIS metodas

Mokslininkai Yoon ir Hwang sukūrė variantų prioritetiškumo nustatymo metodiką, pagrįstą koncepcija, kad optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealaus sprendimo ir didžiausią atstumą nuo „neigiamai idalaus“ sprendimo. Šis metodas vadinamas variantų racionalumo nustatymo artumo idealiam taškui metodu (TOPSIS - Technique for the Order Preference by Similarity to Ideal Solution [30].

Taikant šį metodą bei  $K_{bit}$  kriterijų, reikia atsižvelgti į tai, kad kiekvieno sprendimų varianto kriterijaus naudingumo funkcija monotoniškai didėja arba monotoniškai mažėja, t.y. didesnė bet kurio rodiklio reikšmė visada geresnė arba blogesnė už mažesnę to pat rodiklio reikšmę. Tai priklauso nuo to, ar naudingumo funkcija didėja arba mažėja. Rodikliai turi būti kardinalūs arba ordinalūs, jei turime ordinalius (kokybinis) rodiklius, jie turi būti kvantifikuoti. Be to, turi būti nustatyti kriterijų reikšmingumo dydžiai arba jie priimami kaip lygiaverčiai. [31].

#### Algoritmo blokinė schema

**1 etapas.** Sudaroma normalizuota sprendimų matrica. Šio etapo tikslas – norint palyginti skirtingų dimensijų kriterijus, juos reikia paversti bedimensiais.

Pagal (4.1) formulę atlikę normalizaciją, gauname sprendimų priėmimo matricą  $\bar{P}$  [31]

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}; \text{kur } i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \quad (2.1)$$

Čia:  $m$  – alternatyvų skaičius;

$n$  – kriterijų skaičius.

**2 etapas.** Svertinės normalizuotos sprendimų matricos sudarymas.  $\bar{P}$  matrica dauginama iš kriterijų reikšmingumų vektoriaus. Jei reikšmingumo reikšmių nėra,  $\bar{P}$  matrica imama be pakeitimų t.y  $\bar{P}^* = \bar{P}$ . [31]

$$\bar{P}^* = [\bar{P}] \cdot [\bar{q}_j] \quad (2.2)$$

Čia  $\bar{P}$  - normalizuota matrica;

$[\bar{q}_j]$  – subjektyvus kriterijų reikšmingumas.

**3 etapas.** Nustatomi idealus ir neigiamas idealus variantai. Idealus variantas nustatomas pagal formulę [31]:

$$a^+ = \{[(\max x_{ij} / j \in J), (\min x_{ij} / j \in J')]/i = \overline{1, m}\} = \{x_1^+; x_2^+ x_3^+\}; \quad (2.3)$$

Čia:  $J$  – aibė rodiklių (maksimizuojamų), kurių geriausios reikšmės yra didžiausios.

$J'$  – aibė rodiklių (minimizuojamų), kurių geriausios reikšmės yra mažiausios.

Sudaromas neigiamas idealus variantas:

$$a^- = \{[(\min_{ij} / j \in I), (\max_{ij} / j \in I')]/i = \overline{1, m}\} = \{x_1^-; x_2^- x_3^-\}; \quad (2.4)$$

$a^+, a^-$  - atitinkamai geriausių ir blogiausių kriterijų reikšmių variantai.

**4 etapas.** Tarp lyginamų variantų nustatomi atstumai. Atstumas tarp  $a_i$  ir  $a^+$  idealaus variantų nustatomas pagal formulę [31]:

$$L_i^+ = \sum_{j=i}^n |x_{ij} - x_j^+|; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (2.5)$$

Čia:  $x_{ij}$  – realus;

$a^+$  - idealiai teigiamas;

Atstumas tarp  $a_i$  ir  $a^-$  idealaus variantų apskaičiuojamas pagal formulę:

$$L_i^- = \sum_{j=i}^n |x_{ij} - x_j^-|; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (2.6)$$

**5 etapas.** Nustatomas sąlyginis lyginamų variantų artumas idealiam. Sąlyginis  $a_i$  varianto artumas idealiam  $a^+$  variantui nustatomas pagal formulę [31]:

$$K_{bit,i} = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, \forall i; i = \overline{1, m} \quad (2.7)$$

Nesunku pastebėti, kad  $0 \leq K_{bit} \leq 1$ , be to,

$$K_{bit,i} = \begin{cases} 1, & \text{jeigu } a_i = a^+ \\ 0, & \text{jeigu } a_i = a^- \end{cases}$$

Juo  $K_{bit,i}$  reikšmė artimesnė vienetui, tuo  $a_i$  variantas arčiau  $a^+$  varianto. Būtent todėl atlikus skaičiavimus pagal pateiktą algoritmą, nesunku nustatyti variant prioritetiškumą – geriausias variantas, kurio  $K_{bit,i}$  reikšmė – didžiausia [31].

### 3. Pluoštinio cemento gaminių tvirtinimo alternatyvų vertinimas

#### 3.1 Teorinis kriterijų reikšmingumo nustatymas

Visų pirma nustatomas kriterijų reikšmingumas naudojant Entropijos metodą.

3.1 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendinių duomenys

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Kaina, Eur. K1	Ilgamžiškumas, Metai K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
A1	50,58	20	8	9	9
A2	53,60	20	8	9	9
A3	68,73	20	10	10	10
A4	56,87	20	10	8	8
Suma	229,78	80	36	36	36
Optimalus	MIN	MAX	MAX	MIN	MIN

Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys pateikti 3.1 lentelėje. Atliekame matricos normalizavimą pagal formulę [32]:

$$\overline{P_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}; (V_{ij}, kai = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \quad (3.1)$$

Normalizavus pagal šią formulę gaunama normalizuota matrica, kur visi elementai  $\overline{P}$  yra nedimensiniai dydžiai ( $x_{ij}$ )[32].

3.2 lentelė. Normalizuota matrica  $\overline{P}$ .

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Kaina K1	Ilgamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
A1	0,2201	0,2500	0,2222	0,2222	0,2000
A2	0,2333	0,2500	0,2222	0,2222	0,2000
A3	0,2991	0,2500	0,2778	0,3333	0,3333
A4	0,2475	0,2500	0,2778	0,2222	0,2667

Nustatome kiekvieno kriterijaus entropijos lygį  $E_j$  pagal formulę [32]:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m (P_{ij} \cdot \ln P_{ij}), (i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}), k = \frac{1}{\ln m} \quad (3.2)$$

čia: m – alternatyvūs sprendimai, 4.

Sukuriame papildomą matricą (3.3 lentelė).



3.3 lentelė. Papildoma matrica ( $P_{ij} \cdot \ln P_{ij}$ )

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Kaina K1	Ilgamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
A1	-0,3332	-0,3466	-0,3342	-0,3466	-0,3466
A2	-0,3395	-0,3466	-0,3342	-0,3466	-0,3466
A3	-0,3610	-0,3466	-0,3558	-0,3558	-0,3558
A4	-0,3456	-0,3466	-0,3558	-0,3342	-0,3342
Suma	-1,3793	-1,3863	-1,3801	-1,3832	-1,3832

Entropijos lygis  $E_j$  kinta intervale  $[0;1]$ , todėl galime parašyti  $0 \leq E_j \leq 1$ , kur  $j = \overline{1, n}$ . Entropijos lygiai yra pateikiami 3.4 lentelė [32].

3.4 lentelė. Entropijos lygiai

Kriterijai Entropija	Kaina K1	Ilgamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
$E_j$	0,99496	1,0	0,99554	0,99777	0,99777

Toliau nustatomas kriterijų kitimo lygis  $d_j$  pagal formulę [32]:

$$d_j = 1 - E_j, \text{ kur } j = \overline{1, n} \quad (3.3)$$

3.5 lentelė. Kriterijų kitimo lygiai

Kriterijai Entropija	Kaina K1	Ilgamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
$d_j$	0,00504	0,0	0,00446	0,00223	0,00223

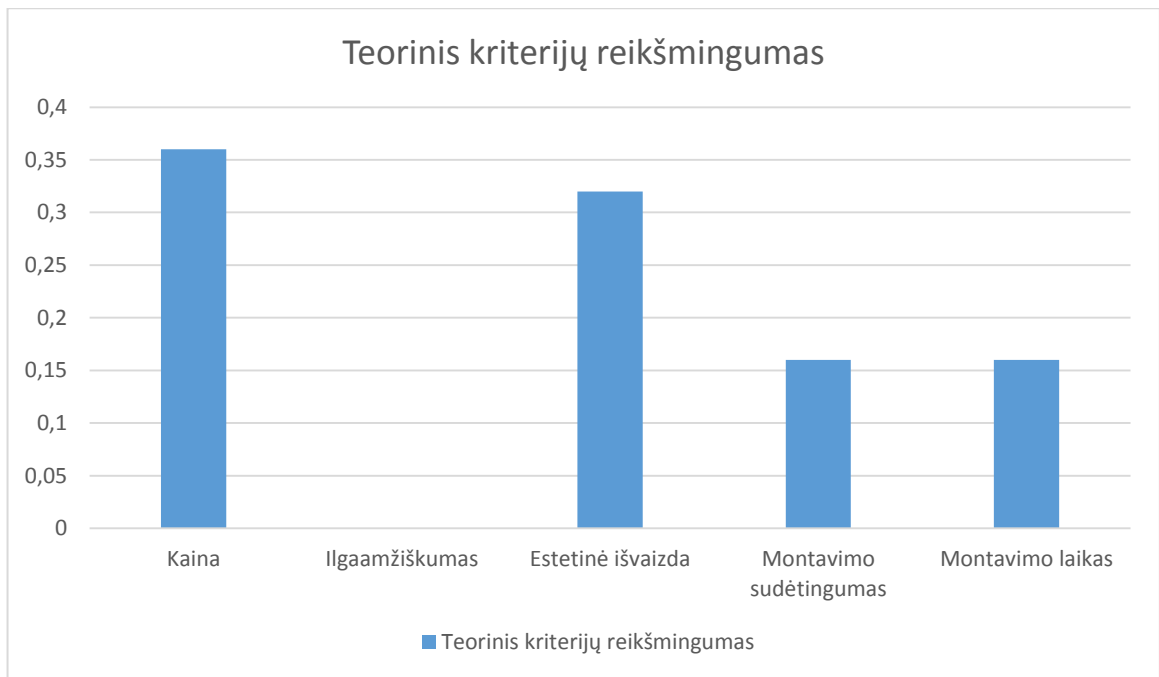
Kadangi visi kriterijai vienodai yra svarbūs, tai teorinis kriterijų reikšmingumas nustatomas pagal formulę [32]:

$$q_{j(t)} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}; j = \overline{1, n} \quad (3.4)$$

Visi skaičiavimo rezultatai pateikti 3.6 lentelėje ir stulpelinėje diagramoje 3.1 paveikslėlyje.

3.6 lentelė. Teorinis kriterijų reikšmingumas

Kriterijai Entropija	Kaina K1	Ilgamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
$q_{j(t)}$	0,36	0	0,32	0,16	0,16



3.1 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas

### 3.2 Kompleksinis kriterijų reikšmingumo nustatymas

3.7 lentelė. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas

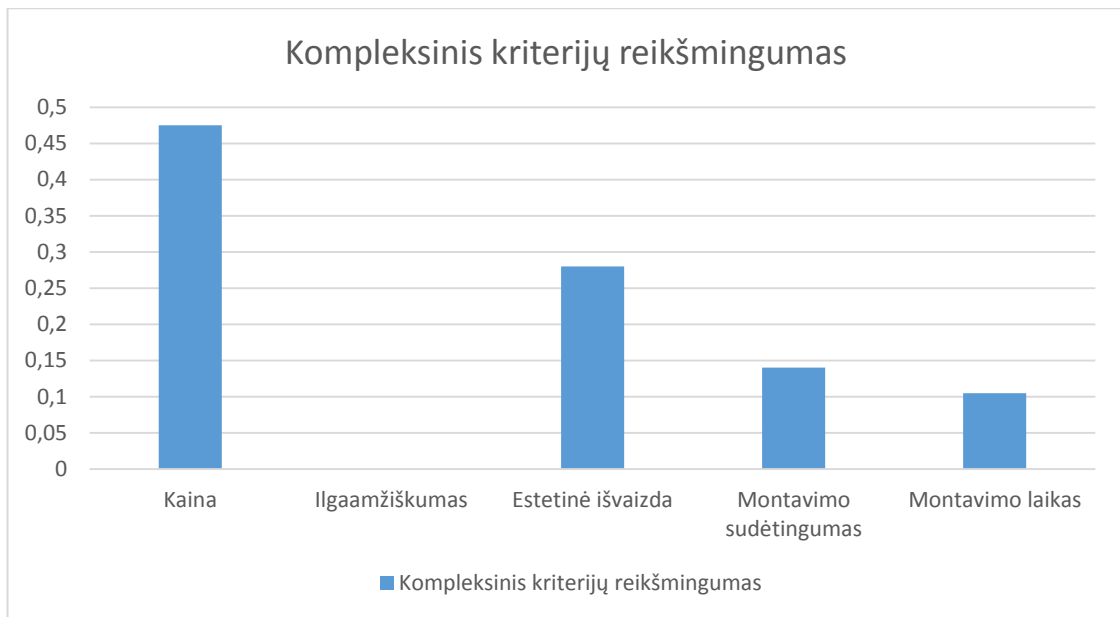
Kaina K1	Ilgaamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5	Σ
0,3	0,15	0,2	0,2	0,1536	1

Žinant subjektyvų kriterijų reikšmingumą nustatome kompleksinį kriterijų reikšmingumą pagal formulę:

$$\overline{q_{j0}} = \frac{\overline{q_j} \cdot q_{j(t)}}{\sum_{j=1}^n (\overline{q_j} \cdot q_{j(t)})}; j = \overline{1, n} \quad (3.5)$$

3.8 lentelė. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas

Kriterijai	Kaina K1	Ilgaamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
Entropija					
$q_{j(t)}$	0,475	0,0	0,280	0,140	0,105



3.2 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas

### 3.3 Apskaičiuojamas racionaliausias tvirtinimo būdas pagal teorinį ir kompleksinį kriterijų reikšmingumą

Toliau apskaičiuojamas alternatyvių projektinių sprendimų naudingumo laipsnis.

3.9 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Kaina, Eur.	Ilgaamžiškumas, Metai	Estetinė išvaizda	Montavimo sudėtingumas	Montavimo laikas
A1	50,58	20	8	9	9
A2	53,60	20	8	9	9
A3	68,73	20	10	10	10
A4	56,87	20	10	8	8
<b>Suma</b>	<b>229,78</b>	<b>80</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Optimalus</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>	<b>MIN</b>
<b>Kompleksinis reikšmingumas,%</b>	<b>47,5</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>10,5</b>
<b>Teorinis reikšmingumas,%</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>

Kadangi matricoje P vertinimo kriterijai yra skirtingų matavimo vienetų, todėl negalime lyginti alternatyvių inžinerinių sprendimų. Dėl šios priežasties reikia matricą P normalizuoti, t.y. pertvarkyti į be dimensinius dydžius. Matricos P normalizavimas atliekamas taikant vektorių normalizavimo metodą (3.10 lentelė) [32]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}; \text{kur } i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \quad (3.6)$$

Čia: m – alternatyvų skaičius;

n – kriterijų skaičius.

3.10 lentelė. Matrica  $\bar{P}$ 

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Kaina K1	Ilgamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
A1	0,4371	0,5	0,4417	0,4985	0,4985
A2	0,4632	0,5	0,4417	0,4985	0,4985
A3	0,5940	0,5	0,5522	0,5538	0,5538
A4	0,4915	0,5	0,5522	0,4431	0,4431

Skaičiavimai atliekami esant kompleksiniam reikšmingumui:

Svertinė normalizuota matrica  $\bar{P}$  yra pateikiama 3.11 lentelėje:

$$\bar{P}^* = [\bar{P}] \cdot [\bar{q}_j] \quad (3.7)$$

Čia  $\bar{P}$  - normalizuota matrica;

$[\bar{q}_j]$  – subjektyvus kriterijų reikšmingumas, kuris paskaičiuotas porinio palyginimo metodu.

3.11 lentelė. Svertinė normalizuota matrica  $\bar{P}$ 

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Kaina K1	Ilgamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
A1	0,2076	0,0000	0,1237	0,0698	0,0698
A2	0,2200	0,0000	0,1237	0,0698	0,0698
A3	0,2821	0,0000	0,1546	0,0775	0,0775
A4	0,2335	0,0000	0,1546	0,0620	0,0620

Nustatomas idealus teigiamas variantas:

$$a^+ = \{[(\max x_{ij} / j \in I), (\min x_{ij} / j \in I')]/i = \overline{1, m}\} = \{x_1^+; x_2^+; x_3^+\}; \quad (3.8)$$

Čia: I – aibė rodiklių (maksimizuojamų), kurių geriausios reikšmės yra didžiausios.

I' – aibė rodiklių (minimizuojamų), kurių geriausios reikšmės yra mažiausios.

Idealus teigiamas variantas:

$$a^+ = \{50,58; 20; 10; 8; 8\} = \{0,2076; 0,0000; 0,1546; 0,0620; 0,0620\}; \quad (3.9)$$

Nustatomas idealus neigiamas variantas:

$$a^- = \{[(\min_{ij} / j \in I), (\max_{ij} / j \in I')]/i = \overline{1, m}\} = \{x_1^-; x_2^-; x_3^-\}; \quad (3.10)$$

Idealus neigiamas variantas:

$$a^- = \{68,73; 20; 8; 10; 10\} = \{0,2821; 0,0000; 0,1237; 0,0775; 0,0775\} \quad (3.11)$$

Idealaus teigiamo varianto skirtumo (atstumo)  $L_i$  tarp realaus  $a_i$  ir  $a^+$  nustatymas:

$$L_i^+ = \sum_{j=i}^n |x_{ij} - x_j^+|; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (3.12)$$

Čia:  $x_{ij}$  – realus;

$a^+$  – idealiai teigiamas;

$L_i^-$  – atstumas.

$$L_1^+ = 0,0387 \quad (3.13)$$

$$L_2^+ = 0,0511 \quad (3.14)$$

$$L_3^+ = 0,09 \quad (3.15)$$

$$L_4^+ = 0,0258 \quad (3.16)$$

Idealaus neigiamo varianto skirtumo (atstumo)  $L_i$  tarp realaus  $a_i$  ir  $a^-$  nustatymas:

$$L_i^- = \sum_{j=i}^n |x_{ij} - x_j^-|; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (3.17)$$

$$L_1^- = 0,0823 \quad (3.18)$$

$$L_2^- = 0,0699 \quad (3.19)$$

$$L_3^- = 0,0309 \quad (3.20)$$

$$L_4^- = 0,0951 \quad (3.21)$$

Santykinio lyginamų variantų artumo idealiam  $K_{bit,i}$  nustatymas:

$$K_{bit,1} = \frac{L_1^-}{L_1^+ + L_1^-} = \frac{0,0823}{0,0387 + 0,0823} = 0,68 \quad (3.22)$$

$$K_{bit,2} = \frac{L_2^-}{L_2^+ + L_2^-} = \frac{0,0699}{0,0511 + 0,0699} = 0,58 \quad (3.23)$$

$$K_{bit,3} = \frac{L_3^-}{L_3^+ + L_3^-} = \frac{0,0309}{0,09 + 0,0309} = 0,26 \quad (3.24)$$

$$K_{bit,4} = \frac{L_4^-}{L_4^+ + L_4^-} = \frac{0,0951}{0,0258 + 0,0951} = 0,79 \quad (3.25)$$

Racionaliausias inžinerinis sprendimas bus tas, kurio  $K_{bit}$  reikšmė yra max. Naudingumo laipsnio nustatymui yra lyginama nagrinėjamo varianto reikšmė su idealaus varianto reikšme:

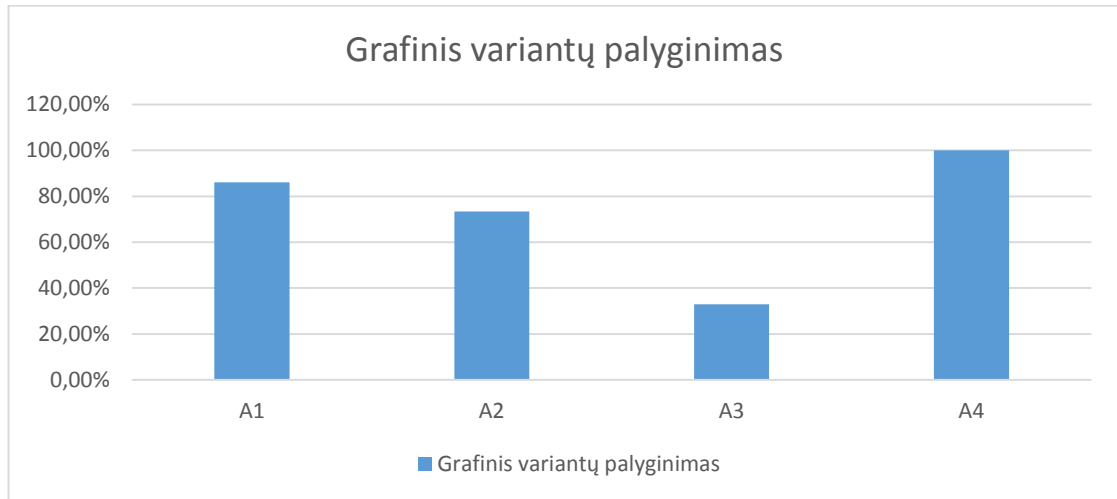
$$N_1 = \frac{K_{bit,1}}{K_{bit,max}} = \frac{0,68}{0,79} \cdot 100\% = 86,08\% \quad (3.26)$$

$$N_2 = \frac{K_{bit,2}}{K_{bit,max}} = \frac{0,58}{0,79} \cdot 100\% = 73,42\% \quad (3.27)$$

$$N_3 = \frac{K_{bit,3}}{K_{bit,max}} = \frac{0,26}{0,79} \cdot 100\% = 32,91\% \quad (3.28)$$

$$N_4 = \frac{K_{bit,4}}{K_{bit,max}} = \frac{0,79}{0,79} \cdot 100\% = 100,00\% \quad (3.29)$$

Pagal gautus duomenis atliekamas grafinis variantų palyginimas, kuris yra pateikiamas 3.3 paveikslėlyje



3.3 pav. Grafinis variantų palyginimas esant kompleksiniam reikšmingumui

Sudaroma svartinė normalizuota matrica esant teoriniam reikšmingumui:

3.12 lentelė. Svertinė normalizuota matrica  $\bar{P}$

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Kaina K1	Ilgamžiškumas K2	Estetinė išvaizda K3	Montavimo sudėtingumas K4	Montavimo laikas K5
A1	0,1574	0,0000	0,1414	0,0798	0,0798
A2	0,1668	0,0000	0,1414	0,0798	0,0798
A3	0,2138	0,0000	0,1767	0,0886	0,0886
A4	0,1769	0,0000	0,1767	0,0709	0,0709

Idealus teigiamas variantas:

$$a^+ = \{50,58; 20; 10; 8; 8\} = \{0,1574; 0,0000; 0,1767; 0,0709; 0,0709\}; \quad (3.30)$$

Idealus neigiamas variantas:

$$a^- = \{68,73; 20; 8; 10; 10\} = \{0,2138; 0,0000; 0,1414; 0,0886; 0,0886\}; \quad (3.31)$$

Idealaus teigiamo varianto skirtumo (atstumo)  $L_i$  tarp realaus  $a_i$  ir  $a^+$  nustatymas:

$$L_1^+ = 0,0442 \quad (3.32)$$

$$L_2^+ = 0,0536 \quad (3.33)$$

$$L_3^+ = 0,0742 \quad (3.34)$$

$$L_4^+ = 0,0196 \quad (3.35)$$

Idealaus neigiamo varianto skirtumo (atstumo)  $L_i$  tarp realaus  $a_i$  ir  $a^-$  nustatymas:

$$L_1^- = 0,0653 \quad (3.36)$$

$$L_2^- = 0,0559 \quad (3.37)$$

$$L_3^- = 0,0353 \quad (3.38)$$

$$L_4^- = 0,0900 \quad (3.39)$$

Santykinio lyginamų variantų artumo idealiam  $K_{bit,i}$  nustatymas.

$$K_{bit,1} = \frac{L_1^-}{L_1^+ + L_1^-} = \frac{0,0653}{0,0442 + 0,0653} = 0,597 \quad (3.40)$$

$$K_{bit,2} = \frac{L_2^-}{L_2^+ + L_2^-} = \frac{0,0559}{0,0536 + 0,0559} = 0,511 \quad (3.41)$$

$$K_{bit,3} = \frac{L_3^-}{L_3^+ + L_3^-} = \frac{0,0353}{0,0742 + 0,0353} = 0,323 \quad (3.42)$$

$$K_{bit,4} = \frac{L_4^-}{L_4^+ + L_4^-} = \frac{0,09}{0,0196 + 0,09} = 0,821 \quad (3.43)$$

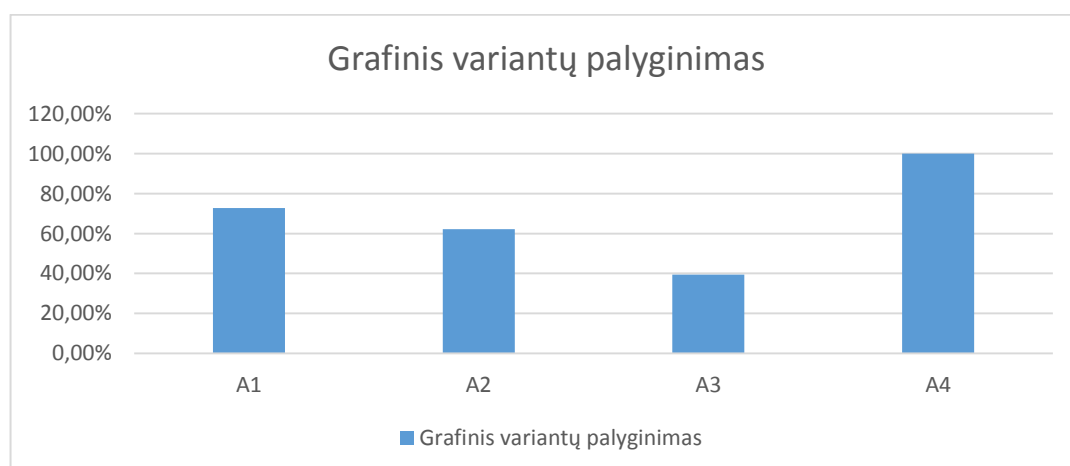
Racionaliausias inžinerinis sprendimas bus tas, kurio  $K_{bit}$  reikšmė yra max. Naudingumo laipsnio nustatymui yra lyginama nagrinėjamo varianto reikšmė su idealaus varianto reikšme:

$$N_1 = \frac{K_{bit,1}}{K_{bit,max}} = \frac{0,597}{0,821} \cdot 100\% = 72,72\% \quad (3.44)$$

$$N_2 = \frac{K_{bit,2}}{K_{bit,max}} = \frac{0,511}{0,821} \cdot 100\% = 62,24\% \quad (3.45)$$

$$N_3 = \frac{K_{bit,3}}{K_{bit,max}} = \frac{0,323}{0,821} \cdot 100\% = 39,34\% \quad (3.46)$$

$$N_4 = \frac{K_{bit,4}}{K_{bit,max}} = \frac{0,821}{0,821} \cdot 100\% = 100,00\% \quad (3.47)$$



**3.4 pav.** Grafinis variantų palyginimas esant teoriniam reikšmingumui



## Išvados ir rekomendacijos

1. Atlikta literatūros analizė rodo, kad rinkoje sutinkami įvairūs vėdinamo fasadų apdailos plokščių tvirtinimo būdai. Kiekvienas gamintojas siūlo savo gaminių sertifikuotas įrengimo sistemas. Norminiuose dokumentuose vertinami atskiri sistemos parametrai, tačiau nėra daugiakriterinės vertinimo metodikos, o vėdinamo fasadų apdailos plokščių tvirtinimo būdai beveik nenagrinėti.

2. Vėdinamo fasado apdailos ilgaamžiškumas, estetika ir kiti svarbus rodikliai priklauso nuo kokybiškai atliktų darbų, įrengimo technologijos, tinkamai panaudotų medžiagų.

3. Pateikti pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų variantai bei nustatyti variantų vertinimo rodikliai. Vertinimo rodiklių reikšmingumui nustatyti panaudotas entropijos metodas. Entropijos metodo pagalba apskaičiuotas teorinis ir kompleksinis variantų (kriterijų) reikšmingumas. Didžiausią įtaką pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologiniams sprendimams turi kainą  $K_1$  – 30,0- 47,5%; estetinė išvaizda -  $K_3$  –20,0 – 32,0%; montavimo sudėtingumas  $K_4$ - 14,0-16,0%; montavimo laikas  $K_5$ -10,5-16,0%; ilgaamžiškumas  $K_2$ - 0-15,0 %.

4. Darbe buvo pasiūlyta taikyti pluoštinio cemento gaminių įrengimo technologinį modelį. Šiame modelyje atsispindi vėdinamo fasado apdailos variantai ir konstrukciniai sistemos elementai.

5. Racionalus pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų tvirtinimo būdas parinktas taikant daugiakriterinį vertinimo metodą TOPSIS, kuris leidžia gana tiksliai atlikti matematinius skaičiavimus bei įvertinti kriterijų prioritetiškumą. Gauti rezultatai parodė, kad pastatų modernizavimui naudojamų pluoštinio cemento gaminių technologinių sprendimų racionaliausias tvirtinimo metodas A4 –plokščių klijavimas.

## Literatūros sąrašas

1. Fibrocementinės dailylentės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://plokstes.net/fibrocementines-dailylentes/>
2. Eternit fibrocementinės plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: [http://www.etsnit.lt/produktai/fasado\\_apdaila/fasado\\_plokstes\\_equitone.11/](http://www.etsnit.lt/produktai/fasado_apdaila/fasado_plokstes_equitone.11/)
3. Fibrocementinės Dakora plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/467/1/0/1/article/15198/vedinami-fasadai>
4. Fibrocementinės Dakora plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://heliopolis.lt/products/ploksteles-su-lygiu-pavirsiumi/>
5. Aliuminio kompozicinės plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://repairrs.com/lt/pages/704733>
6. Aliuminio kompozicinės plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://www.plantas.lt/lt/m/ventiliuojamo-fasado-apdaila/aliuminio-kompozito-plokstes-2-3-1/>
7. Fasadinės čerpės Plazma [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://www.linea.lt/fasadai/Fasadines-cerpes>
8. HPL plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per internetą: <http://heliopolis.lt/products/hpl-laminatai/>
9. Akmens masės plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-0-15]. Prieiga per: <http://www.inexdeco.com/fasado-apdailos-plokstes/>
10. Kvarco plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: [http://www.plantas.lt/lt/m/ventiliuojamo-fasado-apdaila/kvarco-plokstes2/#Kvarco\\_plokstes](http://www.plantas.lt/lt/m/ventiliuojamo-fasado-apdaila/kvarco-plokstes2/#Kvarco_plokstes)
11. Plieninės vienkomponentės plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://www.vidara.lt/fasadai/fasetes>
12. Keraminės plokštės [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: [http://www.plantas.lt/lt/m/ventiliuojamo-fasado-apdaila/keramikines-plokstes-2/#Keramikines\\_plokstes](http://www.plantas.lt/lt/m/ventiliuojamo-fasado-apdaila/keramikines-plokstes-2/#Keramikines_plokstes)
13. Tinkuojamo ir vėdinamo fasado apdailų palyginimas [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-05-27]. Prieiga per: <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/258/1/6/2/article/16278/tinkuotas-ir-vedinamas-fasad-palyginkime>
14. Vėdinamų fasadų privalumai ir trūkumai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-05-25]. Prieiga per: [https://www.ekspertai.lt/ventiliuojami\\_fasadai/straipsniai/vedinamu\\_fasadu\\_privalumai\\_ir\\_trukumai](https://www.ekspertai.lt/ventiliuojami_fasadai/straipsniai/vedinamu_fasadu_privalumai_ir_trukumai)
15. Fasadinių plokščių defektai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-05-27]. Prieiga per: <http://www.renovacija.lt/>

16. Fasadinių plokščių defektai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/258/1/24/1/article/17325/modernizavime-naudojamos-siltinimo-medziagos-ir-ju-montavimo-defektai>
17. Fasadinių plokščių defektai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-05-27]. Prieiga per: <https://www.delfi.lt/projektai/archive/dazniausios-statybininku-klaidos-kaip-jas-atpazinti.d?id=65325054>
18. Fasadinių plokščių defektai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://www.iris.lt/prekiu-panaudojimas/daugiabuciu-renovacija/>
19. Fasadinių plokščių defektai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-05-27]. Prieiga per: <http://www.sandoragroup.lt/en/gallery/nekokybisku-fasadu-pavyzdziai-fibrocementines-plokstes-10>
20. Tvirtinimo karkasas [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-10-27]. Prieiga per internetą: <http://www.plantas.lt/lt/m/projektavimas/konstrukcijos-ventilijuojamiems-fasadams/>
21. ETERNIT Planavimo ir pritaikymo vadovas.
22. Plokščių klijavimas prie karkaso [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-10-27]. Prieiga per: <http://www.statybuturgus.lt/straipsniai/tvirtinimo-detales/soudal-panel-system-sps-ventilijuojamu-fasadu-ploksciu-tvirtinimo-sistema>
23. Plokščių tvirtinimas kniedėmis [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-10-25]. Prieiga per: <https://www.spec.lt/straipsniai/fasadu-sistemas-ka-naujo-siulo-minerit>
24. Plokščių pjovimo diskai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-10-27]. Prieiga per: [https://www.rmttools.lt/p/Pluostinio\\_cemento\\_pjovimo\\_diskai/3163](https://www.rmttools.lt/p/Pluostinio_cemento_pjovimo_diskai/3163)
25. Fasadų įrengimo darbai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-05-27]. Prieiga per: [http://energinisefektyvumas.lt/wp-content/uploads/2016/02/12\\_Ventilated-facade-insulation-installation.pdf](http://energinisefektyvumas.lt/wp-content/uploads/2016/02/12_Ventilated-facade-insulation-installation.pdf)
26. Plokščių montavimas [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-10-25]. Prieiga per: <http://www.laivorita.lt/produktas/arpa-auksto-slegio-laminatas-2/fasadui/arpa-montavimas/>
27. HWANG, C. L., LIN M. J. *Group decision making under multiple criteria: Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag 1987.
28. CHURCHMAN, C. W., ACKOFF, R. L., ARNOFF, E. L. *Introduction to Operations Research* [interaktyvus]. New York: Wiley 1957. Prieiga per: [https://archive.org/stream/introductiontoo00chur/introductiontoo00chur\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/introductiontoo00chur/introductiontoo00chur_djvu.txt)
29. BALEŽENTIS A., BALEŽENTIS, T. *Kaimo darnaus vystymo strateginis valdymas: Daugiakriterinio vertinimo metodai ir integruotas Lietuvos ūkininkų ūkių veiklos efektyvumo vertinimas* [interaktyvus]. Vilniaus universitetas, 2011. ISSN 1822-6760. Prieiga per: <http://vadyba.asu.lt/25/25.pdf>
30. SCHIEG, M. W. *Daugiakriterinė statybos projekto valdymo analizė* [interaktyvus]. Vilnius “Technika” 2010. Prieiga per: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:1866046/>

31. ZAVADSKAS, E.K., KAKLAUSKAS, A., BANAITIENĖ, N. *Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė: monografija*. Vilnius VGTU leidykla „Technika“ 2001. ISBN 9986-05-441-9
32. ZAVADSKAS, E.K., KAKLAUSKAS, A. *Pastatų sistemotechninis įvertinimas*. Vilnius „Technika“ 1996. ISBN 9986-05-282-3.
33. JANUŠAITIS, R., LIUBINSKAITĖ, R. *Pastatų fasadų dažymo kompleksinio proceso daugiakriterinis įvertinimas taikant technologinio tinklinio modelio mazgų “Išpjovimo” ir sprendimų daugiapakopės sintezės metodus* [interaktyvus]. Kauno technologijos universitetas, 2001. [žiūrėta 2017-11-08]. Prieiga per: [http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC26029.pdf](http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26029.pdf)
34. JUODIS, A., JANUŠAITIS, R. *Technological decision modelling of the dwelling house walls insulation* [interaktyvus]. [ Žiūrėta 2017-11-08]. Prieiga per: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/13921525.1998.10531396?needAccess=true>
35. JUODIS, Arvydas. *Statybos procesų matematinis modeliavimas ir optimizavimas: Vadovėlis*. Kaunas, Technologija 2005. ISBN 995-09-781-7.