



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

# **Inovatyvių fasadų sistemų įrengimo technologijų tyrimai**

Magistro baigiamasis projektas

---

**Pranas Radavičius**  
Projekto autorius

**Doc. dr. Audrius Grinys**  
Vadovas

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

## **Inovatyvių fasadų sistemų įrengimo technologijų tyrimai**

Magistro baigiamasis projektas

Statybos valdymas (6211EX007)

---

**Pranas Radavičius**

Projekto autorius

**Doc. dr. Audrius Grinys**

Vadovas

**Lekt. dr. Juozas Vaičiūnas**

Konsultantas

**Prof. dr. Mindaugas Daukšys**

Konsultantas

**Doc. dr. Marijonas Daunoravičius**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

Pranas Radavičius

## **Inovatyvių fasadų sistemų įrengimo technologijų tyrimai**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Prano Radavičiaus, baigiamasis projektas tema „Inovatyvių fasadų sistemų įrengimo technologijų tyrimai“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

---

(vėrdą pėvėrdę įrėšytėnkė)

---

(pėrėšėš)

Radavičius, Pranas. Inovatyvių fasadų sistemų įrengimo technologijų tyrimai. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Audrius Grinys; Kauno technologijos universitetas, statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): statybos valdymas.

Reikšminiai žodžiai: inovatyvios, sistemos, fasadas, stiklas, aliuminis.

Kaunas, 2019. 67 p.

## **Santrauka**

Praktikoje susiduriama su vis griežtesniais pastatų reikalavimais. Kad būtų pasiekti visi reikalavimai, reikia, kad pastatas būtų sveikas, komfortiškas, ilgaamžis, ekonomiškasis, energetiškai efektyvus, racionaliai vartojantis gamtos išteklius visuose pastato gyvavimo ciklo etapuose ir darantis itin mažą poveikį aplinkai. Norint pasiekti šiuos reikalavimus, reikia naudoti inovatyvius technologijų sprendimus.

Šiame darbe išnagrinėtos keturios inovatyvios fasadų sistemos. Atliktas techninis, ekonominis vertinimas. Taikant porinio palyginimo metodą nustatytas reikšmingiausias inovatyvių fasadų sistemų vertinimo kriterijus. Kad būtų nustatyta naudingiausia ir optimaliausia inovatyvi fasado sistema buvo atliktas geriausios alternatyvos nustatymas taikant artumo idealiam taškui metodą (TOPSIS) taip pat taikant lošimų teorijos Valdo kriterijų. Geriausiai inovatyviai sistemai įrengti sudaryta statybo dalyvių apklausa, kurios metu išnagrinėjamos galimos įrengimo technologijos.

Parenkamas viešojo naudojimo pastatas, kuriame pritaikoma geriausia inovatyvi fasado sistema. Šiai sistemai įrengti sudaroma technologinė kortelė bei suskaičiuojama sąmata.

Radavičius, Pranas. Research of Innovative Facade Systems Installation Technology: Master's thesis in / supervisor assoc. prof. Audrius Grinys. The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Construction Management

Key words: innovative, systems, facade, glass, aluminum.

Kaunas, 2019. 67 p.

## **Summary**

From the practical aspect it is known that building regulations are getting stricter. In order to achieve all requirements, the building needs to be healthy, comfortable, long lasting, economical, energy efficient, rationally using natural resources during its life span and doing little pollution to the environment. This is achieved by using innovative technological solutions.

This thesis covers four innovative facade systems. Technical as well as economical evaluation has been made. Using the comparison method, the most significant innovative façade criteria was established. Using the proximity to the ideal point method (TOPSIS) and the gamling theory method the most optimal innovative façade system was determined. To determine the best innovative system a survey in the construction industry was created which covered technological aspects of the building process.

A public building is chosen which can be adapted with the best innovative façade system. To achieve this task the object is estimated as well as a technological card has been made.

## Turinys

<b>Įvadas</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Inovatyvių sistemų apžvalga</b> .....	<b>11</b>
1.1. Savaimė nusivalantys stiklo paketai.....	11
1.2. Stiklo sistema su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu.....	12
1.3. Elektra šildanti stiklo sistema .....	14
1.4. Elektrochrominė stiklo sistema.....	16
<b>2. Stiklo – aliuminio fasadų konstrukcijos įrengimo technologijos</b> .....	<b>19</b>
2.1. Strypinio (surenkamo) fasado sistemos įrengimo technologija.....	19
2.2. Elementinio aliuminio – stiklo fasado sistemos įrengimo technologija.....	24
<b>3. Inovatyvių sistemų įrengimo stiklo fasaduose technologijos</b> .....	<b>28</b>
3.1. Elektrochrominių stiklų įrengimo technologija į aliuminę konstrukciją.....	28
3.2. Elektra šildančių stiklų įrengimo technologija į aliuminę konstrukciją.....	32
3.3. Privatumą suteikiančių stiklų įrengimo technologija į aliuminę konstrukciją.....	36
3.4. Savaimė nusiplaunančių stiklų įrengimo technologija į aliuminį fasado profilį .....	37
<b>4. Tiriamasis projektas</b> .....	<b>38</b>
4.1. Fasado konstrukcijos įrengimo technologijos apklausa .....	38
4.2. Inovatyvių fasadų sistemų alternatyvių sprendimų techninis – ekonominis vertinimas .....	41
4.3. Vertinimo kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant porinio palyginimo metodą.....	52
4.4. Geriausios alternatyvos nustatymas, taikant lošimų teorijos valdo kriterijų.....	53
4.5. Geriausios alternatyvos nustatymas, taikant artumo ideliam taškui (TOPSIS) metodą.....	54
<b>5. Objekto apžvalga</b> .....	<b>58</b>
5.1. Aliuminio – stiklo konstrukcija.....	58
5.2. Įrengimo darbų kaina.....	59
<b>Išvados</b> .....	<b>60</b>
<b>Literatūros sąrašas</b> .....	<b>61</b>
<b>1 priedas. Objekto 3D modelis</b> .....	<b>65</b>
<b>2 priedas. Aliuminio - stiklo fasado konstrukcijos brėžinys</b> .....	<b>66</b>
<b>3 priedas. Aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos technologinė kortelė</b> .....	<b>67</b>

## Paveikslų sąrašas

1 pav. Paprastas ir savaime nusivalantis stiklas.....	11
2 pav. Dienos šviesoje esančių UV spindulių poveikis sukelia organinių nešvarumų skilimą ir sukelia stiklo paviršiaus pavertimą hidrofiliu.....	12
3 pav. Lietus suformuoja paviršių, kuris nuplauna susmulkintus organinius nešvarumus ir mineralines medžiagas.....	12
4 pav. Fasadas sudarytas iš elektroniniu būdu valdomu stiklų, kai jis įjungtas ir išjungtas.....	12
5 pav. Skystųjų kristalų pasiskirstymas išjungus ir įjungus spec. maitinimo šaltinį.....	13
6 pav. Išmaniojo stiklo sudedamosios dalys.....	13
7 pav. Skaidrios fasado zonos šildo patalpas.....	14
8 pav. Šildančio stiklo paketo pjūvis.....	15
9 pav. Radiatorinio ir šildančio stiklo fasado šilumos pasiskirtymas patalpoje.....	15
10 pav. Šildomų stiklo konstrukcijų bendros charakteristikos.....	16
11 pav. Elektrochrominė stiklo fasado konstrukcija.....	16
12 pav. Elektrochrominio stiklo veikimo principas, kai skaidrus išorinis stiklais.....	18
13 pav. Elektrochrominio stiklo veikimo principas, kai užtamsintas išorinis stiklais.....	18
14 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos pjūvis.....	19
15 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstruktyvo surinkimas.....	20
16 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstruktyvo sutvirtinimas.....	20
17 pav. Strypinio (surenkamos) aliuminio – stiklo fasado konstruktyvo stiklinimas.....	21
18 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos šoninis mazgas.....	22
19 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos apatinis mazgas.....	22
20 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos ties perdanga mazgas.....	23
21 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos parapeto mazgas.....	24
22 pav. Elementinio aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos pjūvis.....	24
23 pav. Sumontuoti laikini turėklai pastate.....	25
24 pav. Perdangoje įrengti laikikliai elementams.....	26
25 pav. 1. Hidraulinis (tarpaukštinis) kranas; 2. bokštinis kranas; 3. stoginis kranas.....	26
26 pav. Elementinio aliuminio – stiklo fasado sistemos fragmento priemimas ir įstatymas į konstruktyvą.....	27
27 pav. Elementinio aliuminio – stiklo fasado sistemos fragmento tvirtinimas su laikikliais.....	27
28 pav. Elektrochrominių stiklų įrengimui būtini įrankiai, priemonės.....	28
29 pav. Elektrochrominio stiklo laidas su etikete.....	28
30 pav. Elektrochrominių stiklų pajungimo schema.....	29

31 pav. Laido išvedimo vieta elektrochrominiui stiklui.....	29
32 pav. Laido išvedimo vieta elektrochrominiui stiklui.....	30
33 pav. Elektrochrominis stiklo paketas įmontuojamas į konstrukciją.....	30
34 pav. Sujungiami elektrochrominio stiklo paketo laidai .....	31
35 pav. Testerio pagalba tikrinamos elektrochrominio stiklo paketo jungtys .....	31
36 pav. Susukami stiklo paketo prispaudėjai ir sukalami apdailiniai dangteliai .....	32
37 pav. Elektra šildančių stiklų įrengimui būtini įrankiai .....	32
38 pav. Elektra šildančio stiklo paketo pajungimo schema.....	33
39 pav. Elektra šildančio stiklo paketo antžeminsi laidas prisukamas prie aliuminio profilio.....	33
40 pav. Elektra šildančio stiklo paketo laidai praveriamas pro aliuminį profilį .....	34
41 pav. Stiklo paketas išcentruojamas naudojant stiklinimo plokšteles.....	34
42 pav. Sujungiami elektra šildančio stiklo paketo laidai .....	34
43 pav. Izolijuojami Elektra šildančio stiklo paketo laidai.....	35
44 pav. Elektra šildančio stiklo paketo daviklio pritvirtinimo vieta .....	35
45 pav. Privatumą suteikiančio stiklo paketo įrengimo schema .....	36
46 pav. Segmentinė ir surenkamą fasado konstrukcija .....	38
47 pav. Darbo sąlygų vertinimo grafikas.....	39
48 pav. CO2 emisijos vertinimo grafikas .....	40
49 pav. Įrengimo trukmės vertinimo grafikas.....	40
50 pav. Įrengimo kainos vertinimo grafikas .....	41
51 pav. Daugiakriterinio įvertinimo metodai statyboje.....	44
52 pav. Neapibrėžtumo tipų klasifikavimas .....	45
53 pav. Pastato gyvavimo proceso efektyvumą apibūdinančių kriterijų sistema ir posistemiai.....	47
54 pav. Vertinimo kriterijų reikšmingumas.....	53
55 pav. Lyginamųjų variantų naudingumo laipsnis .....	57
56 pav. Savaimė nusiplaunančio stiklo paketo struktūra.....	58
57 pav. Aliuminio profilis fasado konstrukcijai.....	59



## Lentelių sąrašas

1 lentelė. Inovatyvių fasadų sistemų kiekybiniai ir kokybiniai vertinimo kriterijai .....	48
2 lentelė. Tvarumo vertinimas balais.....	49
3 lentelė. Įrengimo kaina .....	49
4 lentelė. Ilgaamžiškumo vertinimas balais.....	50
5 lentelė. Įrengimo trukmės vertinimas balais .....	50
6 lentelė. Sistemų garantija metais.....	51
7 lentelė. Alternatyvių sprendimų pradinė matrica A .....	51
8 lentelė. Porinio palyginimo matrica $A_{kr}$ .....	52
9 lentelė. Papildyta alternatyvių sprendimų matrica A .....	53
10 lentelė. Alternatyvių sprendimų pradinė matrica A .....	54
11 lentelė. Papildyta alternatyvių sprendimų pradinė matrica A.....	55
12 lentelė. Normalizuota matrica A .....	55
13 lentelė. Svertinė normalizuota alternatyvinių sprendimų matrica $A^*$ .....	56
14 lentelė. Idealūs teigiami ir neigiami variantai .....	56
15 lentelė. Skaičiavimų rezultatai .....	57
16 lentelė. Bendrieji objekto duomenys .....	58
17 lentelė. Aliuminio fasado profilio parametrai .....	59
18 lentelė. Reali įmonių įrengimo kaina.....	59

## **Ivadas**

Šiomis dienomis Lietuvoje ir užsienyje statant ar rekonstruojant įvairios paskirties pastatus susiduriama su vis griežtesniais pastatų reikalavimais. Kad būtų pasiekti visi reikalavimai, reikia, kad pastatas būtų sveikas, komfortiškas, ilgaamžis, ekonomišką, energetiškai efektyvus, racionaliai vartojantis gamtos išteklius visuose pastato gyvavimo ciklo etapuose ir darantis itin mažą poveikį aplinkai. Norint pasiekti šiuos reikalavimus, reikia naudoti inovatyvius technologijų sprendimus. Kaip žinome, didžiąją pastato dalį sudaro fasadas, todėl svarbu, kad jo įrengimo technologiniai sprendimai tenkintų visuomenės poreikius jį statant ir eksploatuojant.

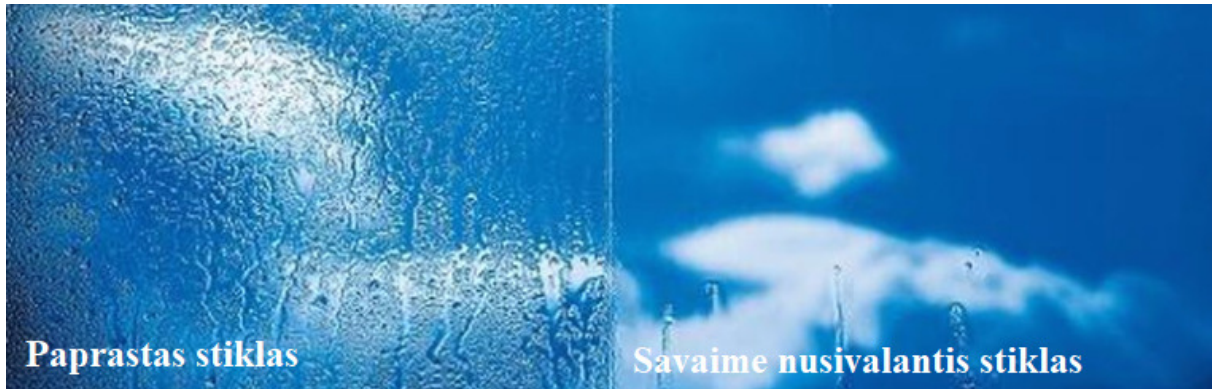
Šio darbo tikslas – atlikti inovatyvių fasadų sistemų įrengimo technologijos analizę; palyginti ankstesnę technologiją su naujesne, apibrėžti jos teikiamą naudą pastatui, gamtai ir visuomenei.

Darbo uždaviniai:

- atlikti literatūros apžvalgą apie šių dienų inovatyvias fasadų sistemas, šių sistemų panaudojimo galimybes, jų teikiamą naudą;
- tiriamojoje dalyje atlikti apklausą statybos dalyvių, kurie dirba su surenkamomis ir segmentinėmis (elementinėmis) fasadų sistemomis;
- nagrinėjamos inovatyvioms fasadų sistemoms parinkti vertinimo kriterijus, bei taikant pasirinktus vertinimo metodus, išrinkti optimalią fasado sistemos konstrukciją.

## 1. Inovatyvių sistemų apžvalga

### 1.1. Savaimė nusivalantis stiklo paketai



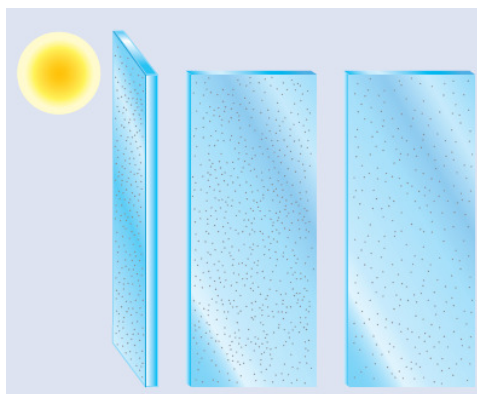
1 pav. Paprastas ir savaime nusivalantis stiklas

Tai lengvai plaunamas stiklas, gaminamas stiklą padengiant permatoma, fotokatalitine ir hidrofiline mineraline plėvele, kuri suteikia savaiminio nusiplovimo savybes. Mechaninės, šiluminės ir akustinės savaime nusivalančio stiklo savybės yra identiškos paprastam stiklui.

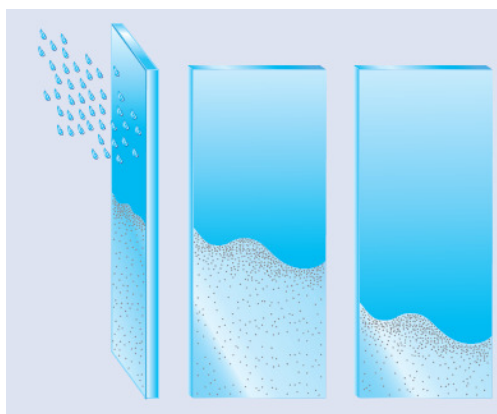
#### **Privalumai:**

1. natūralumas ir permatomumas yra toks pats kaip paprasto stiklo,
2. retesnis stiklų valymas, stiklai išlieka švaresni ilgiau,
3. daug lengvesnis valymas: mažiau purvo ir nešvarumų prikimba prie stiklo paviršiaus,
4. langų valymui skirtos išlaidos žymiai sumažėja,
5. idealiai tinka sunkiai pasiekiamoms vietoms. Švaru ten, kur sunku pasiekti,
6. net lyjant vaizdas žiūrint pro langą yra aiškiai matomas,
7. ekologiškas – retesnis ploviklių naudojimas, mažiau teršia aplinką,

Savaime nusivalantis stiklas veikia, panaudodamas UV spindulius ir vandenį (lietų) efektyviam susikaupusio purvo ir nešvarumų (purvino lietaus žymės, atmosferos teršalai, dulkės, dervos ir vabzdžių liekanos) pašalinimui nuo išorinio stiklo paviršiaus [25].



2 pav. Dienos šviesoje esančių UV spindulių poveikis sukelia organinių nešvarumų skilimą ir sukelia stiklo paviršiaus pavertimą hidrofiliu



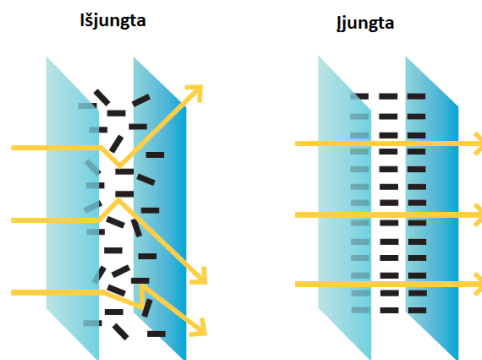
3 pav. Lietus suformuoja paviršių, kuris nuplauna susmulkintus organinius nešvarumus ir mineralines medžiagas

## 1.2. Stiklo sistema su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu



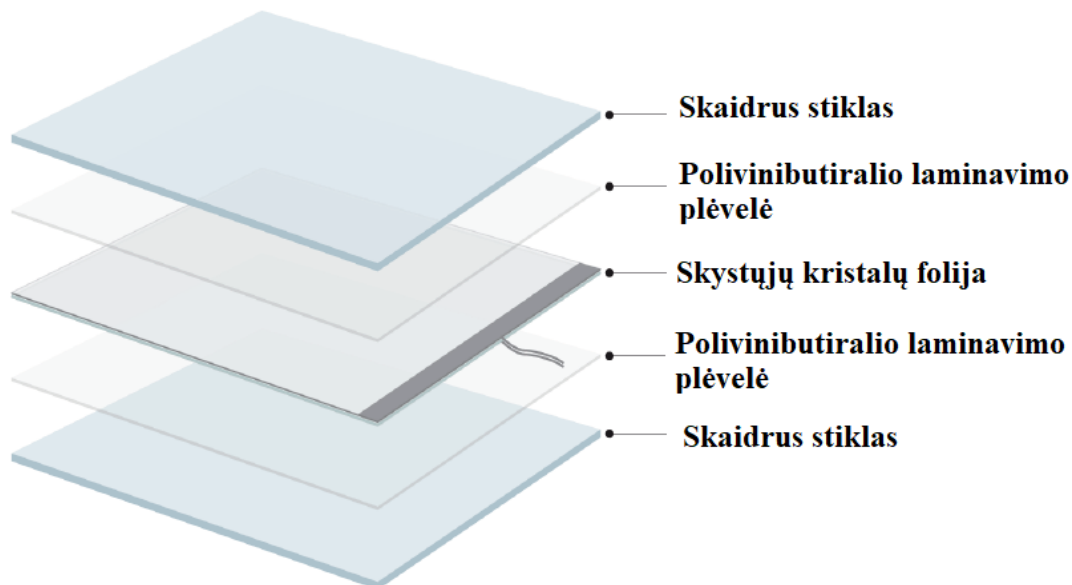
4 pav. Fasadas sudarytas iš elektroniniu būdu valdomu stiklų, kai jis įjungtas ir išjungtas.

Laminuoti stiklo paketai su skystųjų kristalų plėvele, leidžiančia nedelsiant perjungti iš skaidraus į neskaidrų stiklą.



5 pav. Skystųjų kristalų pasiskirstymas išjungus ir įjungus spec. maitinimo šaltinį

Šie stiklai veikia pagal polimerinius skystųjų kristalų optikos principus. Laminuotas stiklas susideda iš dviejų skaidrių arba tamsintų stiklo lakštų ir skystųjų kristalų folijos. Abu folijos paviršiai padengti skaidria, elektrai laidžia polivinilbutirialio danga. Kai stiklas yra išjungtas iš jo specialaus maitinimo šaltinio, skystieji kristalai yra atsitiktinai išsibarstę ir išsklaido šviesą visomis kryptimis. Įjungus stiklą, kristalai atsiranda, perorientuoja save ir išsidėsto viena kryptimi, stiklas tampa visiškai skaidrus. Perėjimas nuo neskaidrios būsenos į skaidrią būseną yra beveik akimirksniu ir gali būti pakartojamas taip dažnai, kaip norima [26].



6 pav. Išmaniojo stiklo sudedamosios dalys

Dėl savo prigimties, šis stiklas negali prilygti atitinkamo storio skaidriam stiklui – visada bus stebima „migla“. Jos intensyvumas priklauso nuo apšvietimo (intensyvi ar išsklaidyta dienos šviesa, tiesioginis apšvietimas), stiklinimo padėties (vertikalus, palinkęs, stogo), stebėjimo kampo (statmenai ar kampu) ir kitų faktorių.

Panaudojimas:

- stiklas praleidžia tą patį (apie 77%) šviesos kiekį tiek skaidrioje, tiek matinėje būsenoje. Šio tipo stiklus galima naudoti ir kaip projekcinį ekraną;
- geros akustinės savybės. Gali būti naudojamas garsą slopinančiose konstrukcijose kartu su kitais standartiniais šiam tikslui naudojamais stiklais;
- UV stabilus, nereikalauja papildomos priežiūros, todėl gali būti naudojamas fasadinių konstrukcijų gamybai;
- saugus stiklas – dėl gamybai naudojamų grūdinto stiklo ir laminavimo plėvelių;
- gali būti naudojamas kaip sudėtinė dalis gaminant priešsilaužiminius, neperšaunamus ar priešgaisrinius stiklus;
- gaminama ne tik standartinės baltos spalvos, bet ir mėlynos, žalios, geltonos, raudonos ir kitų populiarių spalvų – iš viso 12 spalvų.

Maksimalūs dydžiai – standartinis – 1500 x 3000 mm, pageidaujant -1800 x 3500 mm.

Storis – standartas: 12 mm, tačiau galimi – nuo 8 iki 33 mm [29]

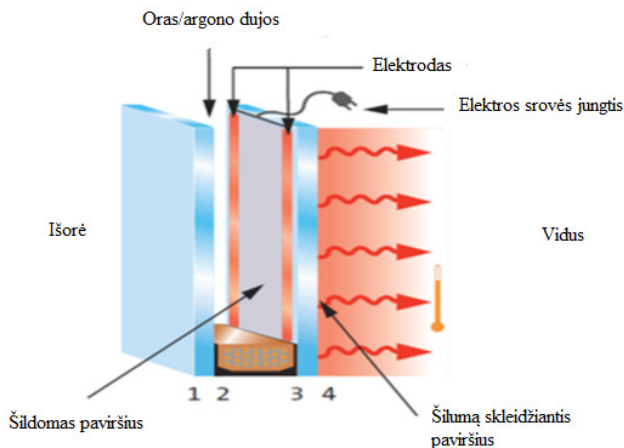
### 1.3. Elektra šildanti stiklo sistema

Elektra šildomas stiklas yra fasado sistemos ir pastato šildymo sprendimas, pritaikytas stiklui. Ši inovatyvi sistema gali būti pagrindiniu pastato šildymo šaltiniu, arba tai gali būti nematomas pastato šildymo sistemos papildymas tose vietose, kur reikalingas papildomas šildymas, pvz., žiemos sode. Šią sistemą galima pritaikyti visam pastato fasadui arba jo daliai. Elektra šildomas stiklas yra patikimas, ilgaamžis ir ekonomišką sprendimas. Su šia sistema panaikinama šalto stiklo paviršiaus problema ir tai padidina gyvenimo komfortą.



7 pav. Skaidrios fasado zonos šildo patalpas

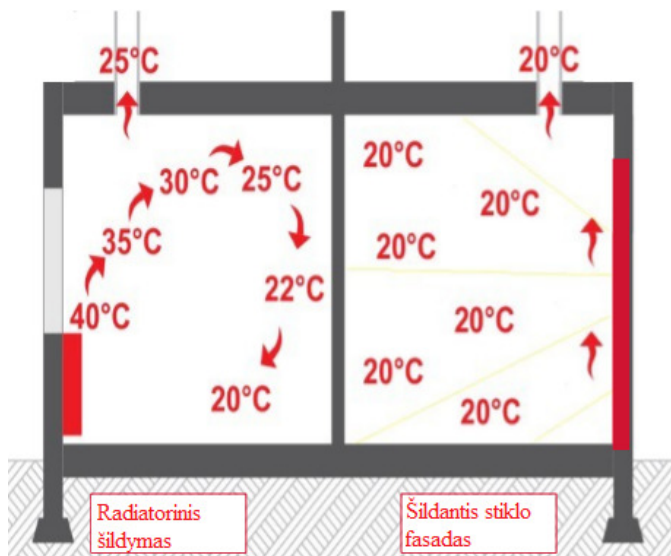
"Šilto stiklo" darbo principas pagrįstas dviejų veiksnių taikymu: elektros srovė ir metalo oksidų sluoksnis, ant vieno stiklo paviršiaus. Šildomas stiklas buvo sukurtas taip, kad užtikrintų šilumą iš stiklo, pagerintų šilumos komfortą pastato viduje. Stiklo konstrukcija palaiko 230V elektros srovę.



8 pav. Šildančio stiklo paketo pjūvis

Privalumai:

1. žemesnė temperatūra reikalinga šilumos komfortui pajusti (pav. 9);
2. neleidžia oro srauto, nėra dulkių;
3. mažesnis šildomo oro praradimas (pav. 9);



9 pav. radiatorinio ir šildančio stiklo fasado šilumos pasiskirtymas patalpoje

4. suderinamas su namų automatikos sprendimais (vėdinimu, šildymu.);
5. nesilaiko kondensatas;
6. greitas ir geras šiluminis komfortas;
7. galima taikyti pagrindiniu šildymu;
8. atsinaujinantis energijos šaltinis;
9. neužima vietos, „nematoma“ šildymo sistema;
10. šildomi stiklai gali būti naudojami ir paketuose sudarytuose iš 2 ir 3 stiklų.

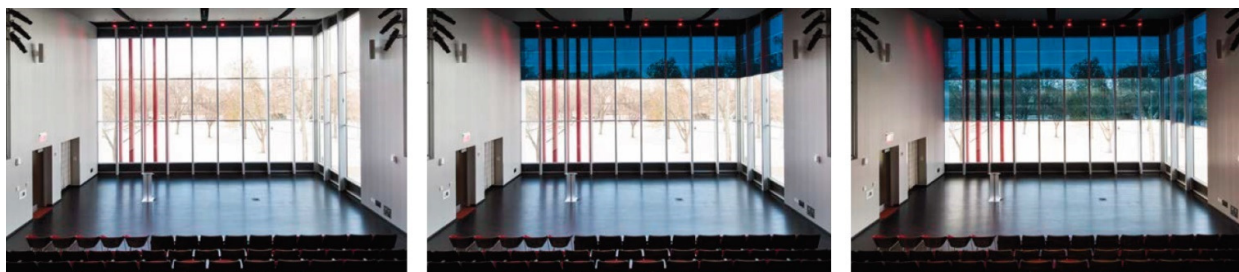
Maksimalūs ir minimalūs šildančio stiklo gabaritai:

- kai šildantis stiklas 4 mm storio maksimalūs išmataviami – 1800 x 2800 mm;
- kai šildantis stiklas 6 mm storio maksimalūs išmatavimai – 2200 x 4000 mm;
- minimalūs šildančio stiklo išmatavimai – 300 mm x 500 mm.

Funkcija	Srovės tankis (W/m <sup>2</sup> )							Ribos (W/m <sup>2</sup> )	Šildymo kryptis		Paviršiaus temperatūra (°C)
	50	100	150	200	250	300	600		Išorė	Vidus	
Anti kondensacija								50 - 150		X	23 - 35
Prieš apledėjimą								50 - 150	X		23 - 35
Komfortas								80 - 250		X	27 - 47
Sniego tirpymas								350 - 600	X		58 - 87

10 pav. Šildomų stiklo konstrukcijų bendros charakteristikos

#### 1.4. Elektrochrominė stiklo sistema



11 pav. Elektrochrominė stiklo fasado konstrukcija

Elektrochrominiai saulės kontrolės stiklai įgalina rankiniu būdu reguliuoti į pastato vidų patenkančios per langus ar fasadinius stiklus saulės šviesos intensyvumą ir jos energiją. Įrengiant šiuos stiklus galima gerokai sumažinti pastato ŠVOK išlaidas ir sukurti patogesnius darbo ir gyvenimo sąlygas jame.



Šių stiklų veikimo principas pagrįstas specialaus jonų laidaus polimero savybe keisti jo pagrindu pagaminto sudėtingos struktūros sluoksnio spalvą nuo skaidrios bespalvės iki tamsiai mėlynos, tuo pačiu keisti krentančios ir praleidžiamos šviesos srauto santykį.

### **Veikimo principas**

Elektrochrominis stiklas turi specialią dangą, kurią sudaro penki nanodalelių sluoksniai. Visų jų storis kartu sudėjus yra mažesnis nei 1/50 žmogaus plauko skersmens. Šioje dangoje du permatomų laidininkų sluoksniai gaubia elektrochrominį sluoksnį, jonų laidininką ir priešingą elektrodą. Stiklo užtemdymą užtikrina elektrochrominis sluoksnis. Prie išorinio sluoksnio, kuris liečia priešingą elektrodą, prijungus elektros srovę, ličio jonai ir elektronai juda į elektrochrominį sluoksnį. Dėl šio proceso stiklas ir patamsėja [30].

### **Panaudojimas**

Stiklas praleidžia skirtingą šviesos kiekį tiek skaidrioje, tiek užtamsintoje būsenoje. Todėl šio tipo stiklus galima naudoti kaip saulės kontrolės stiklus fasadų, stogų, langų stiklinimui .

Geros akustinės savybės. Gali būti naudojamas garsą slopinančiose konstrukcijose kartu su kitais standartiniais šiam tikslui naudojamais stiklais.

UV stabilus, nereikalauja papildomos priežiūros, todėl gali būti naudojamas fasadų konstrukcijų gamybai.

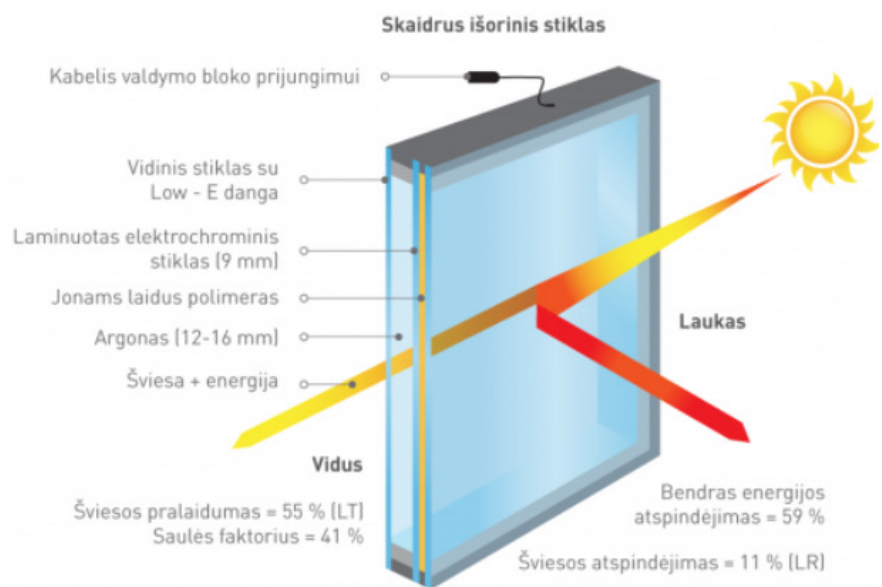
Saugus stiklas – dėl gamybai naudojamų grūdinto stiklo ir laminavimo plėvelių.

Naudojamos silpnos srovės (1 – 3 V DC), vienas jungimo ciklas sunaudoja mažiau nei 0,5 Wh/m<sup>2</sup>.

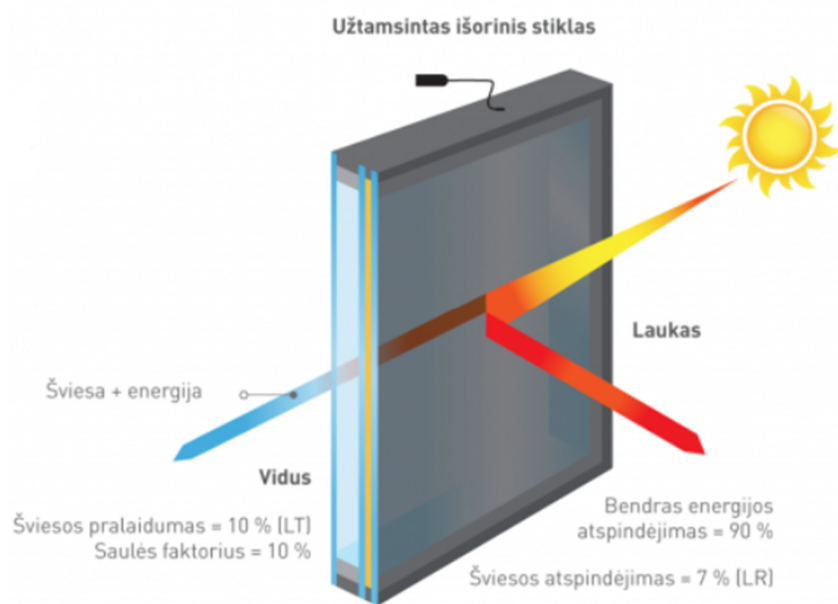
Šį stiklą galima naudoti kaip saulės kontrolinį stiklą vienkameriniuose ar dvikameriniuose stiklo paketuose juos montuojant įprastose (aliuminio, medžio) rėmų konstrukcijose

Galimas maksimalus dydis 1300 x 3300 mm.

Standartinis storis – 9 mm, galimi – 13 mm ir storesni.



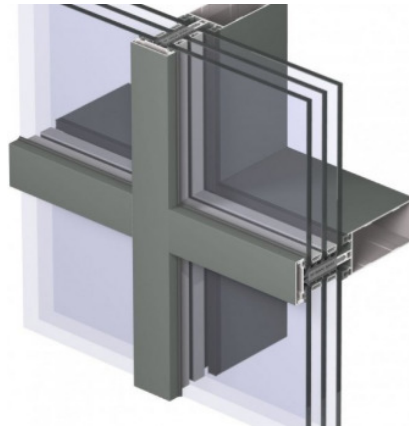
12 pav. Elektrochrominio stiklo veikimo principas, kai skaidrus išorinis stiklais



13 pav. Elektrochrominio stiklo veikimo principas, kai užtamsintas išorinis stiklais

## 2. Stiklo – aliuminio fasadų konstrukcijos įrengimo technologijos

### 2.1. Strypinio (surenkamo) fasado sistemos įrengimo technologija



14 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos pjūvis.

Tai fasadas, kurio horizontalūs ir vertikalūs aliuminio profiliai pagaminami gamykloje, bet surenkami statybos aikštelėje. Surenkto karkaso angos užpildomos įvairiais užpildais, o platus dangtelių pasirinkimas suteikia puikias fasado dizaino galimybes. Tai populiarus fasado konstrukcija, kuri yra atspari įvairioms klimato sąlygoms.

- Surenkamos fasado aliuminio konstrukcijos naudojamos stačioms, pasvirusiom sienom, stogams.
- Konstruktyvo vertikalūs bei horizontalūs profiliai gali būti įvairaus dydžio (skaičiuojama pagal statiką).

#### **Reikalavimai:**

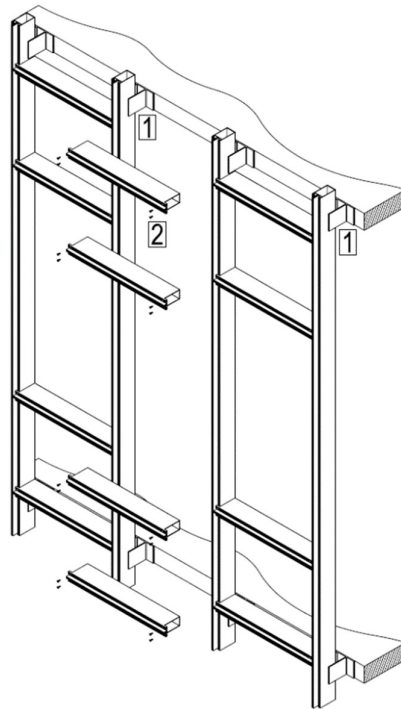
- Surenkamas aliuminio- stiklo konstrukcijos fasadas turi užtikrinti statinio esminius reikalavimus: vėjo apkrovos, sniego (stogo įrengimo atveju), drenavimo sprendimų, oro pralaidumo, energinio efektyvumo, akustikos, žmonių saugos, gaisrinės saugos (atskirais atvejais).
- Nešantis aliuminio profilių karkasas susideda iš įvairaus gylio vertikalinių profilių ir horizontalių profilių, parinktų pagal statikos analizes ir architektūrinius reikalavimus.
- Principinė surenkamo aliuminio - stiklo fasado konstrukcijos schema ir pjūvių pavydžiai pateikti 15 pav.

Strypinės (surenkamos) aliuminio profilių fasado sistemos karkasas surenkamas iš atskirų vertikalinių ir horizontalių elementų, jungiant jas standžiai viena su kita per įdėtines detales. Profiliai yra apdirbami ceche, montavimas iš atskirų, supjautų strypų (elementų) jungiama statybos objekte.

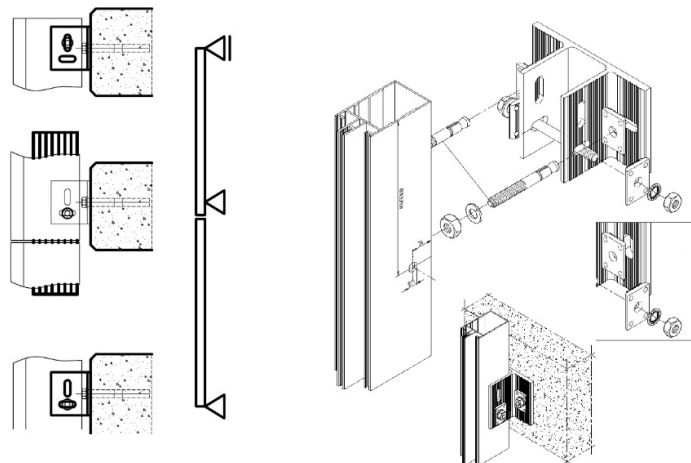
## Darbų organizavimas ir technologija

Medžiagų pristatymas ir sandėliavimas objekte - vitrinų konstrukcijos į objektą patiekiamos atskirais elementais, kurie sandėliuojami "rangovo" nurodytoje vietoje.

Pastolių pastatymas - pastoliai pastatomi prie vitrinų iš lauko pusės arba naudojamas keltuvas [46].

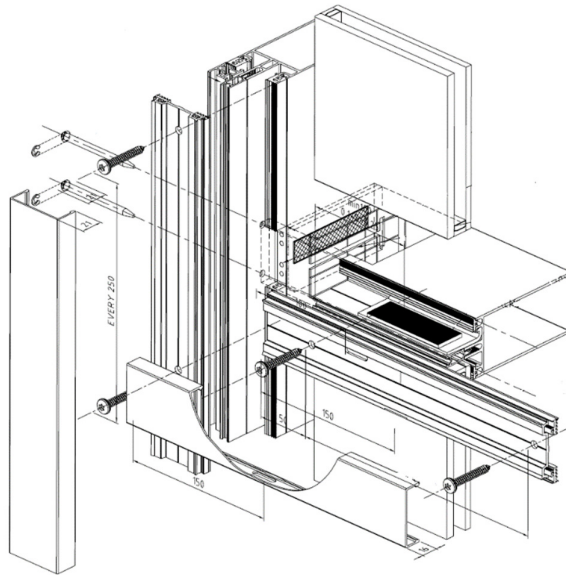


15 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstruktyvo surinkimas



16 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstruktyvo sutvirtinimas

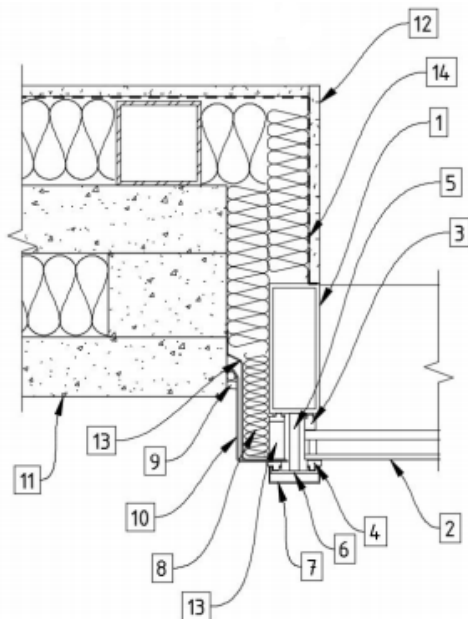
Pirmiausia surenkamas ir sutvirtinamas aliuminio karkasas (16 pav ir 17 pav).Tvirtinama: ankeriniais varžtais prie G/b perdangų, metaliniais varžtais prie metalinių sijų įsriegiant.



17 pav. Strypinio (surenkamos) aliuminio – stiklo fasado konstruktyvo stiklinimas

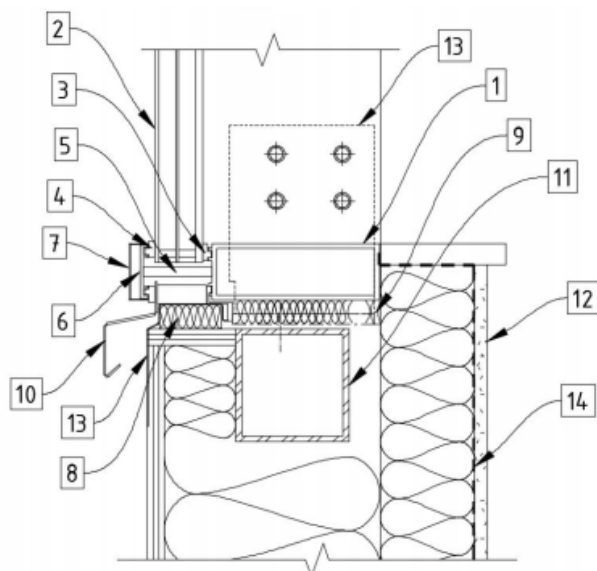
- Konstrukcijų stiklinimas (18 pav) - prieš stiklinimą patikrinama sandarinimo gumos jų susijungimo vietos, darbo zona aptverama "STOP" juosta, jei yra nešvarumų nuvaloma, darbai vykdomi rankiniu būdu, stiklus keliant specialiais stiklų nešimo įrankiais. Stiklai atremiami ant specialių aliuminio laikiklių pakišant plastikines kaladėles, kurių storis analogiškas stiklų storiui. Stiklų padėtis koreguojama naudojant tik medinius ar plastikinius įrankius. Stiklai fasadinėje sistemoje pritvirtinami laikiniais prispaudėjais.
- Prispaudimo juostų, gumų, apdailinių dangtelių, skardos lankstinių montavimas - prispaudimo juostos fasado sistemoje prisukamos nerūdijančio plieno varžtais kas 250 mm. Gumos naudojamos atitinkamo storio, paliekant rezervą temperatūriniam pokyčiam. Apdailiniai dangteliai tvirtinami klipsų pagalba, arba prisukant atitinkamais tvirtinimo varžtais.
- Langų, durų elementų su spec. staktų profiliais sumontavimas fasado sistemoje, sutvirtinant ner. plieno varžtais, sumontavus gaminiai sureguliuojami.
- Angokraščių sandarinimas - sandarinimo putomis užpučiami nedidesni nei 3 cm pločio tarpai, kitu atveju naudojamas polistireninis putplastis. Priešgaisrinių vitrinų angokraštis sandarinamas akmens vata arba specialiom montazinėm putom, kurios atsparios ugiai [46].

## Tipiniai strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos įrengimo mazgai



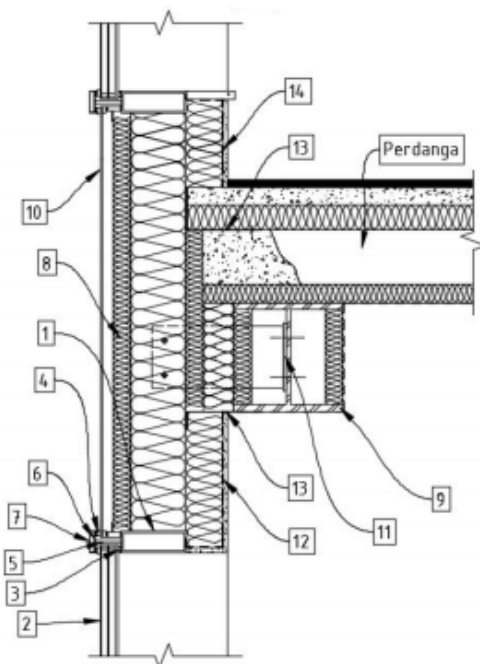
18 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos šoninis mazgas

1 – statramstis; 2- stiklo paketas; 3- vidinė guma; 4- išorinė guma; 5- izoliatorius; 6- prispaudėjas; 7- dangtelis; 8- mineralinė vata; 9- silikonas; 10- skardos lankstinys, 11-atitvarinė konstrukcija, 12- gipsas, 13- EPDM; 14 – garo izoliacija [46].



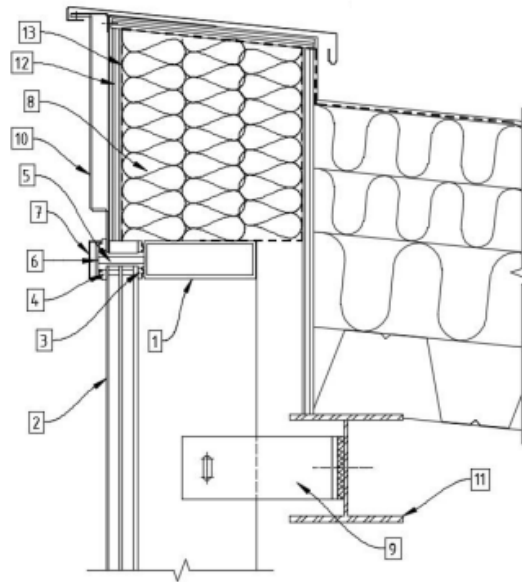
19 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos apatinis mazgas

1 – rygelis; 2- stiklo paketas; 3- vidinė guma; 4- išorinė guma; 5-izoliatorius; 6- prispaudėjas; 7- dangtelis; 8- mineralinė vata; 9- silikonas; 10- skardos lankstinys, 11-laikančioji konstrukcija, 12-gipsas, 13-EPDM, 14- garo izoliacija [46].



20 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos ties perdanga mazgas

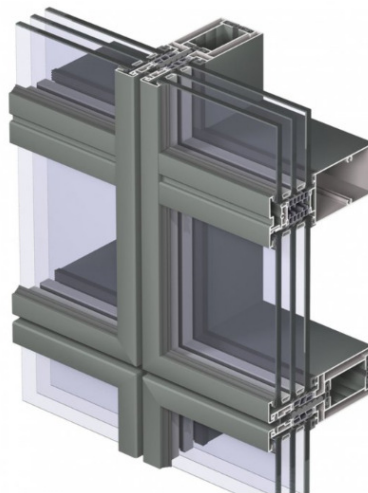
1 – rygelis; 2- stiklo paketas; 3- vidinė guma; 4- išorinė guma; 5- izoliatorius; 6- prispaudėjas; 7- dangtelis; 8- mineralinė vata; 9- laikančioji konstrukcija; 10- skardos lankstinys, 11- tvirtinimo kronšteinas prie perdangos, 12-gipsas, 13- skardos lankstinys, 14- garo izoliacinė plėvelė arba skardos kasetė sandarinta visu perimetru [46].



21 pav. Strypinio (surenkamo) aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos parapeto mazgas

1 – rygelis; 2- stiklo paketas; 3- vidinė guma; 4- išorinė guma; 5- izoliatorius; 6- prispaudėjas; 7- dangtelis; 8- mineralinė vata; 9- tvirtinimo kronšteinas prie perdangos; 10- skardos lankstinys, 11- laikančioji konstrukcija, 12-vėjo izoliacinė plokštė, 13- EPDM (susijungianti su garo izoliacija); 14- garo izoliacija [46].

## 2.2. Elementinio aliuminio – stiklo fasado sistemos įrengimo technologija



22 pav. Elementinio aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos pjūvis.

Tai sistema, kuri susideda iš vertikalinių ir horizontalių aliuminio profilio vienetų, surenkamų bei iš anksto paruošiamų gamykloje. Tokie elementai iš gamyklos į statybų vietą keliauja pilnai

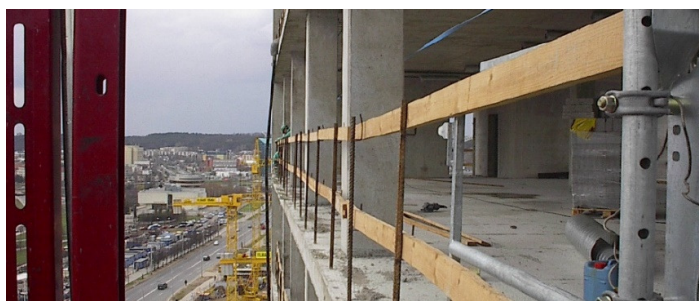


sukomplektuoti ir užpildyti, o statybų aikštelėje tvirtinami prie pastato konstruktyvo. Elementiniai fasadai naudojami įgyvendinant techniškai sudėtingus ir išskirtinius projektus, rekonstruojant ar statant visiškai naujus pastatus bei siekiant greito ir patikimo rezultato.

Pastato fasadas yra sudalinamas racionaliais transportuojamo dydžio elementais (fragmentais), kurie yra maksimaliai apdirbami gamybos stadijoje, paruošiami montavimui bei sustiklinami. Statybos metu jau paruoštos „kasetės“ (ar elementai) yra jungiami vienas prie kito per specialius kronšteinus, kablius bei kreipiančiąsias detales. Tai yra efektyviausias būdas montuoti daugiaaukščių pastatų fasadus. Šis būdas dažniausiai yra pasirenkamas atšiauraus klimato regionuose, vėjuotose zonose.

### **Statybvietės paruošimas fasado sistemos montavimui.**

Prieš elementų montavimą kiekviename pastato aukšte darbininkai privalo sumontuoti laikinus turėklus, o darbo zoną aptverti „STOP“ juosta, kad būtų užtikrintas jų pačių saugumas.



23 pav. Sumontuoti laikini turėklai pastate

Kiekviename pastato aukšte darbininkai įrengia laikiklius elementams (2 vienetai vienam stiklo – aliuminio elementui). Laikikliai turi būti suprojektuoti taip, kad kompensuotų šiluminius judesius (vienas iš šonų fiksuotas, kitas paslankus). Atraminės detalės yra parenkamos projektavimo etape. Paprastai laikikliai tvirtinami prie perdangos plokštės viršutinės dalies arba prie perdangos plokštės priekyje. Tvirtinant atramines detales naudojami inkariniai varžtai arba įbetonuojami tvirtinimo bėgeliai. Tokie bėgeliai į perdangą įbetonuojami perdangos liejimo metu, todėl montavimo metu reikia tik išlyginti atramines detalės padėtį ir fiksuoti ją atitinkamo dydžio veržlėmis



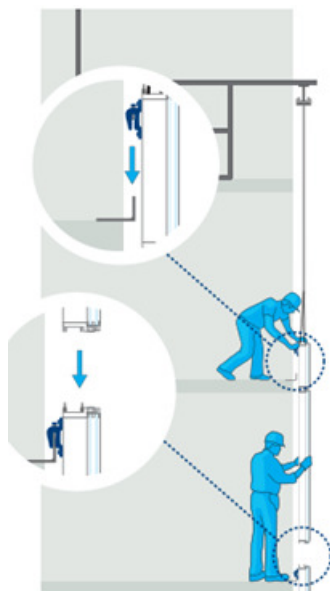
**Bendroji informacija apie elementų kėlimą.**

Fasado elementus galima montuoti naudojant stogo gervę, bokštinį kraną, hidraulinį (tarpaukštinį) kraną, savaeigį keltuvą. Kėlimo metu naudojama plieninė sija, kad fragmentas būtų išlaikomas vertikalioje padėtyje.

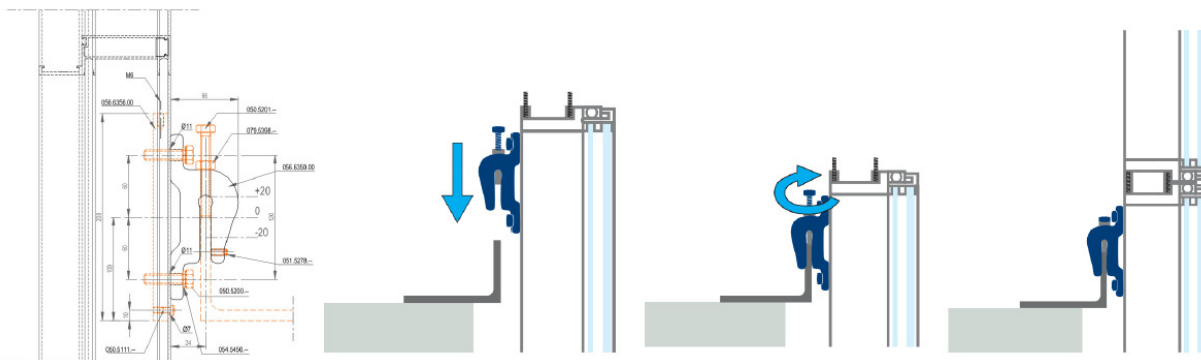


25 pav. 1. Hidraulinis (tarpaukštinis) kranas; 2. bokštinis kranas; 3. stoginis kranas

Elementinio fasado fragmentai atvežami į statybos aikštelę pilnai pagaminti - prieš tvirtinimą patikrinama fragmento sandarinimo gumos jų susijungimo vietos. Fragmentai priimami min 2 darbininkų pagalba, kurie pasiskirsto aukštuose (26 pav). Elementas įstatomas į spec. tvirtinimo detales, laikiklius ir pritvirtinamas varžtu, taip tęsiamas elementų surinkimas nuo apačios į viršų ir iš dešinės į kairę (žiūrint iš lauko). Kad elementai lengviau susijungtų naudojamas EPDM tepalas.



26 pav. Elementinio aliuminio – stiklo fasado sistemos fragmento priemimas ir įstatymas į konstruktyvą



27 pav. Elementinio aliuminio – stiklo fasado sistemos fragmento tvirtinimas su laikikliais

### 3. Inovatyvių sistemų įrengimo stiklo fasaduose technologijos

#### 3.1. Elektrochrominių stiklų įrengimo technologija į aliuminę konstrukciją



28 pav. Elektrochrominių stiklų įrengimui būtini įrankiai, priemonės.

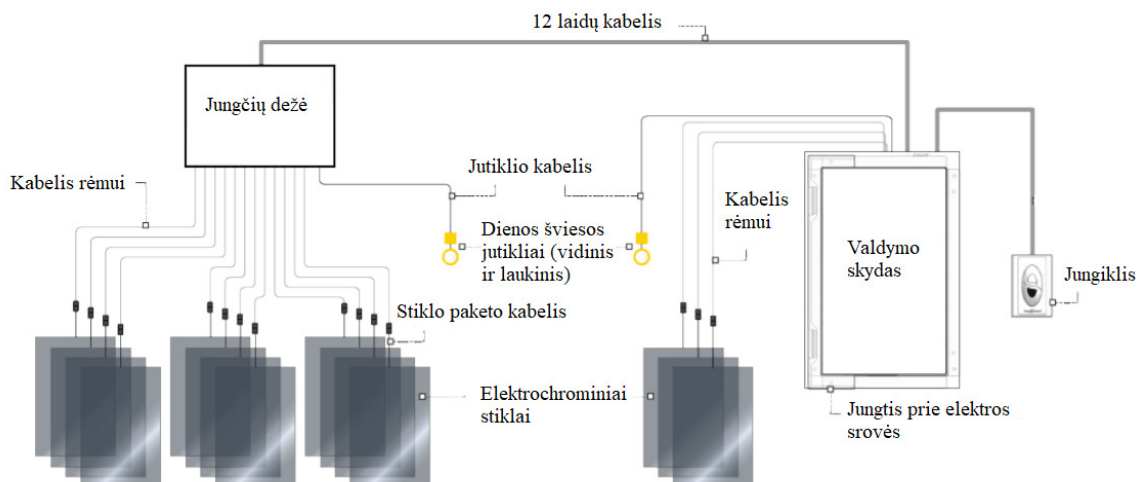
1. suktukas su 10mm gražtu; 2. hermetikas su pistoletu; 3. asmeninės apsaugos priemonės; šalmas, akiniai, liemenė; 4. laidų testeris; 5. laidas rėmui; 6. etiketės su stiklinimo numeracija; 7. skylių angaliai; 8. stiklų išsidėstymo brėžinys, diagrama.



29 pav. Elektrochrominio stiklo laidas su etikete

Iš kiekvieno elektrochrominio stiklo paketo yra išvedamas laidas ant kurio priklijuojama infomacija apie stiklo paketą. Etiketėje surašoma: stiklo paketo matmenys, svoris, projekto pavadinimas serijinis numeris ir t.t. Visa ši informacija reikalinga darbininkui, kuris stiklo paketą montuoja į tam tikrą vietą nurodyta pagal fasado stiklinimo brėžinį.

Elektrochrominių stiklo paketų stiklinimas gali būti atliekamas tiek su surenkamom konstrukcijom, tiek su elementinėm.



30 pav. Elektrochrominių stiklų pajungimo schema

Stiklo paketo montavimo etapai į aliuminio konstrukciją:

1. Išgręžiama profilyje 10 mm skylė per kurią bus išvedamas stiklo paketo laidas.



31 pav. Laido išvedimo vieta elektrochrominiui stiklui

2. Išgręžtoje skylėje iveriamas angalis, kuris apsaugos laidą nuo pažeidimų. Per skylę iveriamas pažymėtas laidas su etike, kurioje rašoma stiklo paketo numeris.
3. Kai laidas išvestas iš rėmo, skylė užsandarinama hermetiku, kad nepatektų oro ar vandens lašelių.



32 pav. Laido išvedimo vieta elektrochrominiui stiklui

4. Visas išvestas laidas iš rėmo suviniojamas į "rite" ir surižamas prie konstrukcijos, kad nepasižeistų ir nepasimestų.
5. Elektrochrominis stiklo paketas įmontuojamas į konstrukciją ir prisukamas laikiniais prispaudėjais.



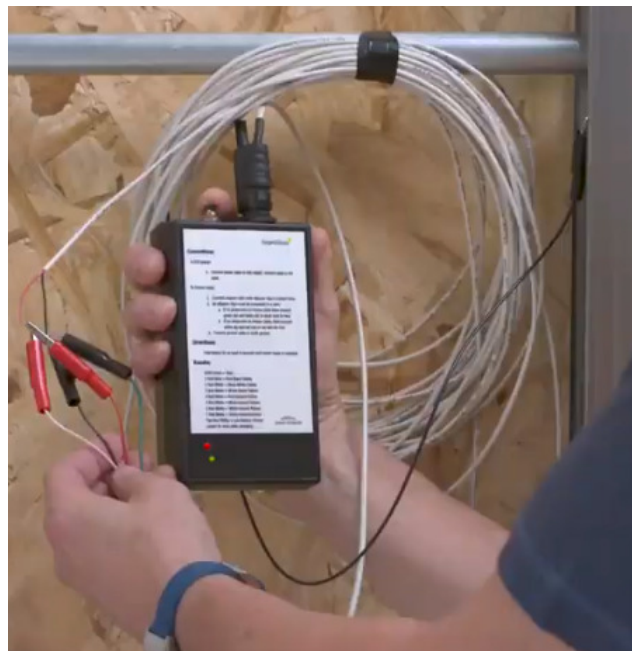
33 pav. Elektrochrominis stiklo paketas įmontuojamas į konstrukciją

6. Stiklo paketo laidas sujungiamas su rėmo laidu. Visas likęs nepanaudotas laidas sukišamas į stiklinimo tarpus, kad būtų apsaugotas nuo UV, vandens ir nebūtų suspaustas su stiklo prispaudėju.



34 pav. Sujungiami elektrochrominio stiklo paketo laidai

7. Jungtys patikrinamos su testeriu ar nėra pažeisti laidai.



35 pav. Testerio pagalba tikrinamos elektrochrominio stiklo paketo jungtys

8. Nuimami laikini prispaudėjai, ir susukami ilgalaikiai prispaudėjais taip pat prikalmi apdailiniai dangteliai..



36 pav. susukami stiklo paketo prispaudėjai ir sukalami apdailiniai dangteliai

Montavimas elektrochrominių stiklų tik iš dalies skiriasi nuo paprasto stiklinimo, reikalinga tik keletas papildomų veiksmų.

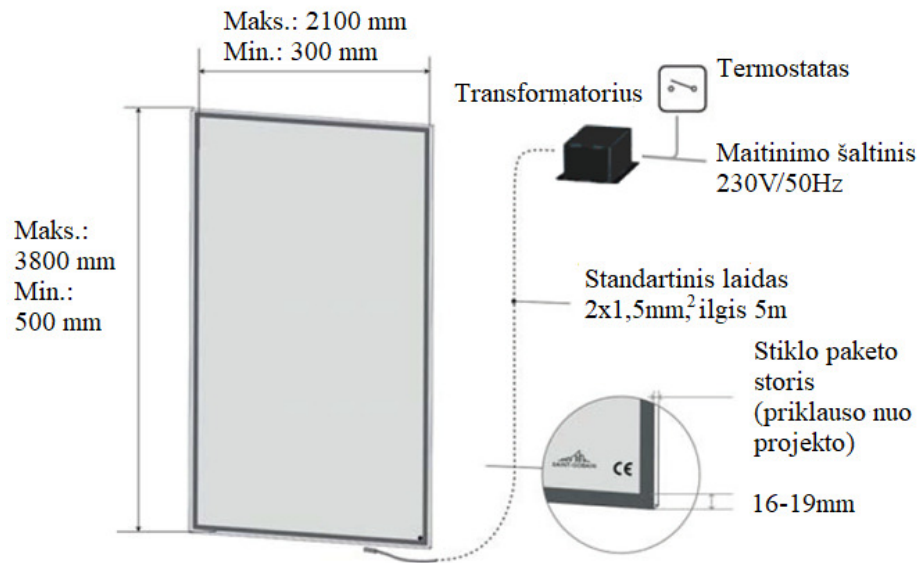
### 3.2. Elektra šildančių stiklų įrengimo technologija į aliuminę konstrukciją



37 pav. Elektra šildančių stiklų įrengimui būtini įrankiai

1. Atsuktuvas; 2. replės jungtim užspausti; 3. replės laido nužievinimui; 4. statybinis fenas; 5. silikonas; 6. suktukas su grąžtu; 7. antžeminis kabelis su žiedo galu; 8. stiklinimo plokštelės.

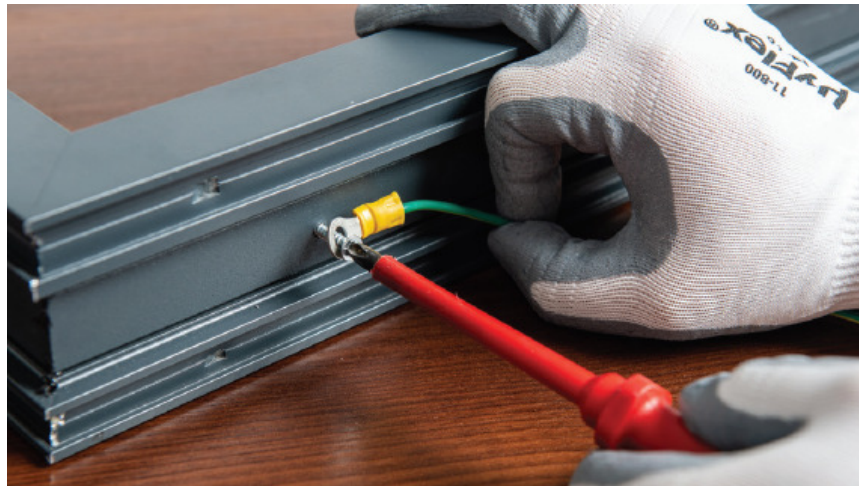




38 pav. Elektra šildančio stiklo paketo pajungimo schema

Elektra šildančio stiklo paketo montavimo etapa į aliuminio konstrukciją:

1. Išgręžiama 4 mm diametro skylė, kurioje įsukamas 4 mm diametro varžtas kartu su antžeminiu laidu prie aliuminio profilio.



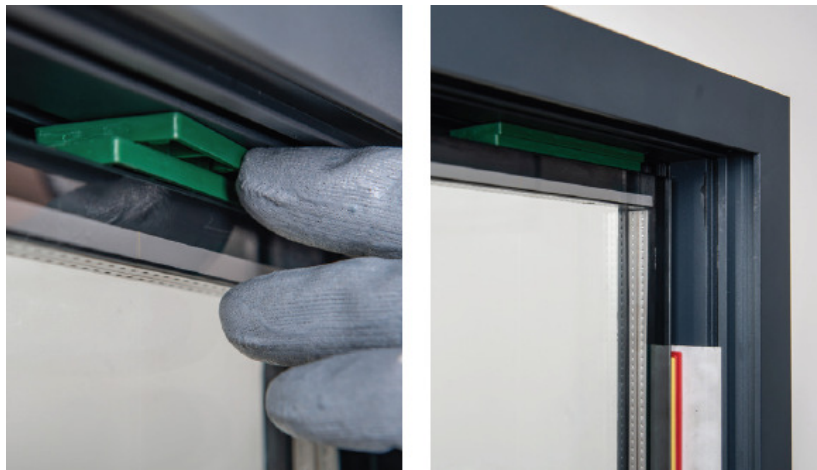
39 pav. Elektra šildančio stiklo paketo antžeminski laidas prisukamas prie aliuminio profilio

2. Išgręžiama 20 mm diametro skylė aliuminio profilyje šalia vietos, kurioje turi išeiti iš stiklo paketo laidas. Per skylę praveriamas laidas.
3. Per tą pačią skylę praveriamas termostato daviklio laidas, kuris matuos stiklo paketo temperatūrą.



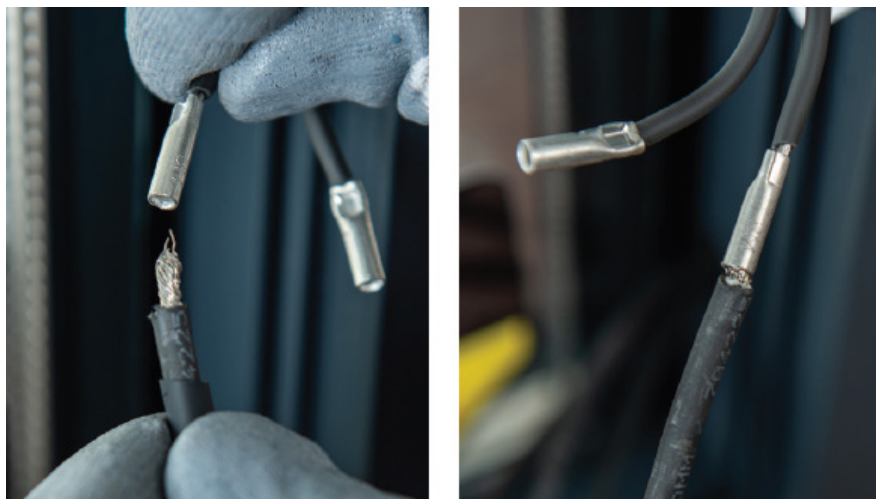
40 pav. Elektra šildančio stiklo paketo laidai praveriamas pro aliuminį profilį

4. Stiklas įmontuojamas į aliuminio rėmą. Montavimo metu naudojamos stiklinimo plokštelės, kad stiklas išsilygintu ir tvirtai stovėtų.



41 pav. Stiklo paketas išcentruojamas naudojant stiklinimo plokšteles

5. Stiklo paketo laidynas sujungiamas su laidais, kurie išvesti per aliuminio profilį.



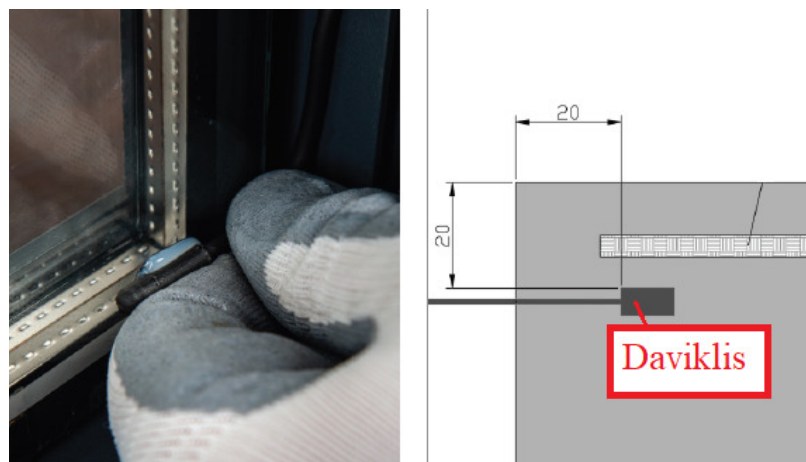
42 pav. Sujungiami elektra šildančio stiklo paketo laidai

6. Laidai suspaužiami su replėmis, kad neišsinertu.
7. Kad visos jungtys būtų gerai izoliuotos naudojami jungčių apvalkalai, pakaitinus juos su statybniu fenu apvalkalaisusitraukia ir priglunda prie jungčių, taip užtikrina sandarumą ir tvirtumą.
8. Visas laidynas paslėpiamas stiklo ir profilio tarpuose, taip kad nebūtų prispaudžiami ir nutraukiami stiklo prispaudėjų.



43 pav. Izoliuojami Elektra šildančio stiklo paketo laidai

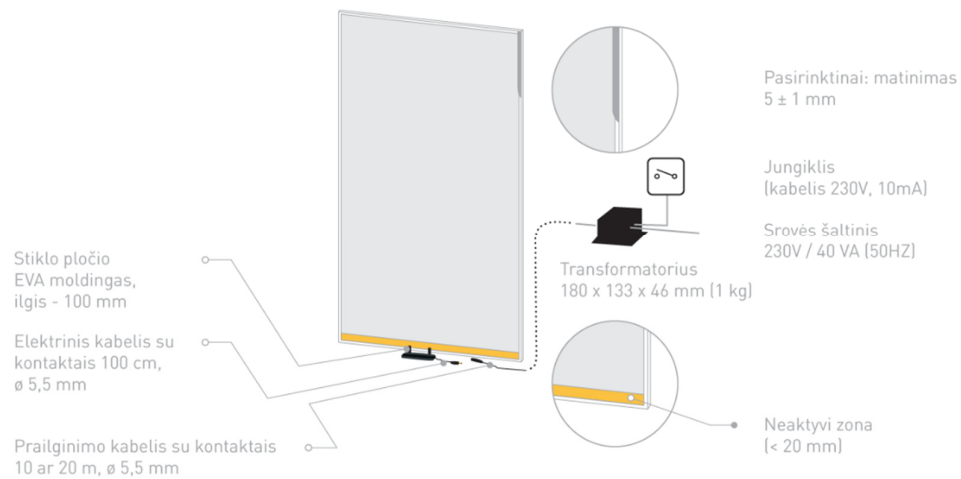
9. Pritvirtinamas daviklis stiklo paketo kampe ne daugiau kaip 20 mm atstumu nuo kiekvieno krašto. Daviklis pritvirtinamas šildymo ssirtyje tarp sidabro elektrodų.
10. Pašalinamas silikono pertelklis ir palaukiama kol išdžius.
11. Atlikus šiuos visus veiksmus sukalami stiklo paketo prispaudėjai.



44 pav. Elektra šildančio stiklo paketo daviklio pritvirtinimo vieta

Elektra šildomų stiklo paketų montavimas gali būti atliekamas tiek su surenkamom aliuminio profilio konstrukcijom, tiek su elementinėm.

### 3.3. Privatumą suteikiančių stiklų įrengimo technologija į aliuminę konstrukciją



45 pav. Privatumą suteikiančio stiklo paketo įrengimo schema

#### Sandėliavimas ir montavimas

- Šie stiklo paketai sandėliuojami švarioje ir sausoje patalpoje. Paketai montuojami, kai temperatūra nesiekia 60 °C šilumos ar -20 °C laipsnių šalčio.
- Stiklų montuoti negalima, kai spinduliai patenka tiesiai ant stiklo, tokiais atvejais stiklo paketas turi būti sudarytas iš saulės kontrolės ar selektyvinio stiklo.
- Prieš paketų montavimą privaloma patikrinti profilių drenažus, kad tarp stiklo paketo ir profilio nesikauptų drėgmė.
- Elektros instaliacija ir išdėstymas (kabelių trasos, valdymo dėžė) turi būti suprojektuotas prieš stiklinimą.
- Fasadiniame profilyje išgręžiama 10 mm diametro skylė, kad per ją būtų galima išvesti stiklo paketo kabelį.
- Tarpas, kuriame išvestas kabelis iš stiklo paketo ir profilio privalo būti ne mažesnis nei 8 mm, kad būtų išvengtas laido gniuždymas.

Privatumą suteikiančio stiklo sistemos įrengimas į aliuminį fasadinį profilį iš esmės nesiskiria nuo elektrochrominių stiklų įrengimo. Pagrindinis aspektas, kurį reikia atlikti, tai pravesti visus laidus per aliuminio profilį, kurie išeina iš stiklo paketo sistemos.

Toliau visas pajungimas priklauso nuo elektrikų ir projektuotojų vizijos.

### **3.4. Savaiame nusiplaunančių stiklų įrengimo technologija į aliuminį fasado profilį**

Savaiame nusiplaunantys stiklai buvo specialiai suprojektuoti taip, kad liktų švaresni ilgiau nei įprasti stiklai. Danga, kuri daro stiklą savaiame nusiplaunančiu yra visiškai integruota į stiklo paviršių ir yra labai patvari. Vis dėlto montuojant šiuos stiklus, turi būti laikomasi tam tikrų taisyklių:

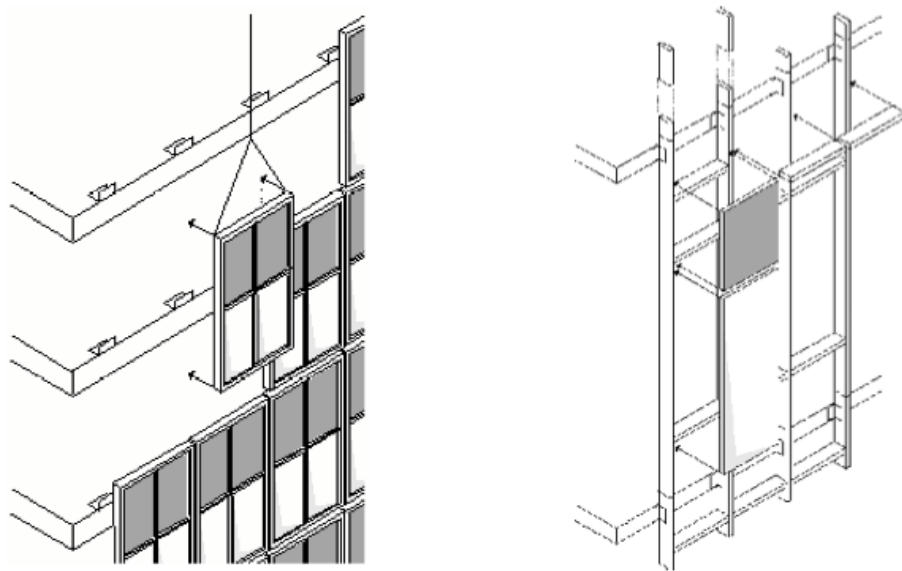
- Kaip ir visi kiti stiklai su specialiom dangom turi būti laikomi švarioje, sausoje, vėdinamoje patalpoje. Visas sandėliavimo plotas turi būt apsaugotas nuo didelių temperatūros svyravimų ir drėgmės.
- Produktas saugomas nuo uždaryt zonų, kuriose yra silikono ar kitų sandariklio garų buvimo.
- Montavimo metu privaloma vengti sąlyčio su aštriais, metaliniais daigtais, kurie gali subraižyti dangą.
- Privaloma vengti kontakto su nešvariomis rankomis, kurios tiesiogiai kontaktavo su silikonu.
- Montavimo metu naudojamos švarios, sausos, minkštos apsauginės pirštinės.
- Rankomis laikomi prietaisai, kurie reikalingi montavimo metu privalo būti gero būklės, švarūs, sausi ir nebūtų užteršti silikono ar kitų hermetikų.
- Stiklas įstatomas į rėma, taip kad integruota speciali savaiame nusiplaunanti danga liktų laukinėje pusėje. Identifikuoti, kuri tai pusė, padės lipdukas užklijuotas stiklo paketo gamintojo.
- Vykdam kitus darbus, kai savaiame nusiplaunantys stiklai jau sumonti, privaloma juos apsaugoti nuo agresinių medžiagų: dažų, lako, klijų, hermetikų, cemento ir t.t. Taip pat nuo karštų dalelių: šlifavimo ir suvirinimo kibirkščių ir kt.
- Baigus stiklų montavimą fasadas nuplaunamas minkštu vandeniu naudojant švelnius stiklo valymo produktus ir įrankius [32].

## 4. Tiriamasis projektas

### 4.1. Fasado konstrukcijos įrengimo technologijos apklausa

**Tiriamąojo darbo užduotis:** buvo atlikta apklausa – palyginti surenkamos ir elementinės fasadų sistemos įrengimą su kuria galima įmontuoti inovatyvius stiklo paketus.

**Tyrimo tikslas:** nustatyti tinkamiausią aliuminio – stiklo įrengimo technologiją, lyginant 2 būdus: surenkamą fasado sistemą ir elementinę fasado sistemą. Šioje dalyje analizuojami apklausos rezultatai, kuriais siekiama nustatyti tinkamiausią įrengimo technologiją.



46 pav. Segmentinė ir surenkama fasado konstrukcija

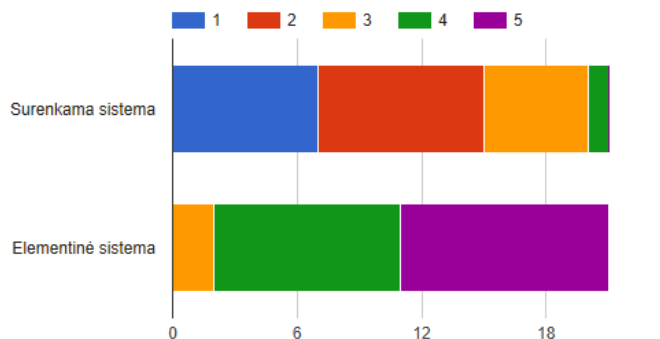
Siekiant nustatyti aliuminio – stiklo fasadų sistemų įrengimo kainą bei technologijos pasirinkimui įtakos turinčius veiksnius, buvo atlikta šių sistemų darbais užsiimančių įmonių apklausa.

- Apklausoje dalyvavo 6 įmonės, kurios užsiima aliuminio – stiklo įrengimo darbais (3 įmonės užsiima visų lyginamųjų technologijų panaudojimu praktikoje, o kitos naudoja tik surenkamą įrengimo technologiją).
- Apklausos anketas užpildė 20 darbuotojų (įvairių pareigų, kurie dirba prie aliuminio – stiklo sistemų).

## Darbo sąlygų vertinimas

### Rezultatų palyginimas

Įvertinkite skalėje darbo sąlygų lygį naudojant elementinę ir surenkamą stiklo - aliuminio fasadinę sistemą. Skalė 1 - blogos, 5 - labai geros.



47 pav. Darbo sąlygų vertinimo grafikas

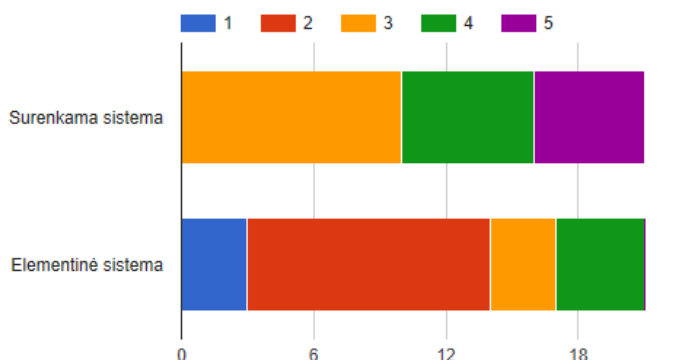
### Išvados:

- našumas įrenginėjat stiklo – aliuminio sistemas priklauso nuo darbininkų patirties. Veiksniai, kurie gali tai paveikti yra - vėjas, sniegas, temperatūra, dulkės, drėgmė... Elementinėm sistemom montuoti oro sąlygos daro mažą poveikį. Fragmentų pilnas surinkimas gamyboje apsaugo nuo drenažo užsikišimo statybos aikštelėje, bei kitų kitų atliekų patekimo į konstrukciją. Taip pat šiai sistemai reikalingas mažesnis darbininkų poreikis.
- elementinei sistemai įrenginėti viskas ko reikia – kranas, skirtas fragmentam pakelti į padėtį. Procesas padeda pašalinti pastolių poreikį, kuri yra brangus ir reikalauja daug laiko pastatyti / išmontuoti.

## Energijos vertinimas (CO<sub>2</sub> emisija)

### Rezultatų palyginimas

Įvertinkite skalėje CO<sub>2</sub> emisijos kiekį naudojant elementinę ir surenkamą stiklo - aliuminio fasadinę sistemą. Skalė 1 - maža, 5 - labai didelė.



## 48 pav. CO2 emisijos vertinimo grafikas

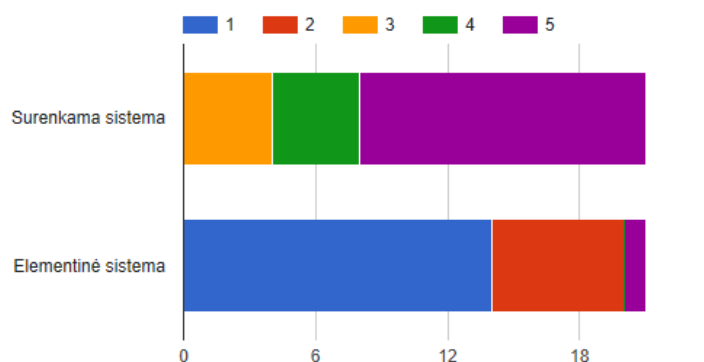
### Išvados:

- Elementinė sistema padeda kurti tvaresnius, darnius pastatus. Be geresnio vandens sandarumo, taip pat padeda pagerinti ir oro sandarumą.
- Pasiektas tikamas oro sandarumas padeda kurti geresnį komforto lygį, mažinti CO2 emisijos išmetimą.

### Įrengimo trukmė

Rezultatų palyginimas

[vertinkite skalėje įrengimo trukmę naudojant elementinę ir surenkamą stiklo - aliuminio fasadinę sistemą. Skalė 1 - maža, 5 - labai didelė.



49 pav. Įrengimo trukmės vertinimo grafikas

### Išvados:

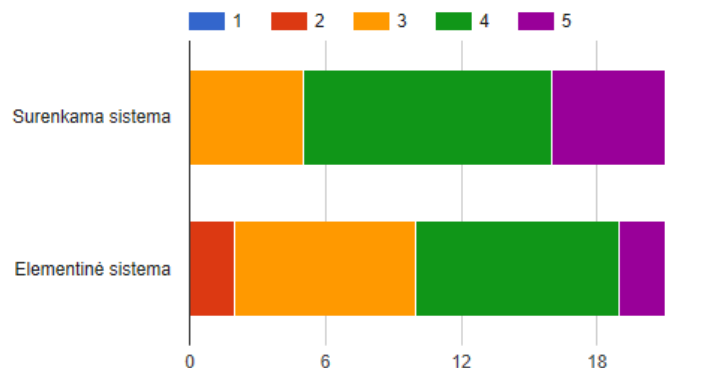
- įrenginėjant elementinę sistemą 85% viso konstruktyvo pagaminimo apdirbama gamybos stadijoje, todėl galima kontroliuoti kiekvieną procesą nuo medžiagų priemimo iki kiekvieno gamybos etapo, taip pat lengviau užtikrinti darbų, konstrukcijos kokybę. Visą tai padeda pagreitinti įrengimo trukmę;
- elementinė sistema yra labiau nuspėjama technologija, todėl naudojant šią sistemą lengviau gauti techninius bei įrengimo našumo duomenis visa tai padeda dirbant su BIM.

### Įrengimo kaina

Rezultatų palyginimas



Įvertinkite skalėje įrengimo kainą naudojant elementinę ir surenkamą stiklo - aliuminio fasadinę sistemą. Skalė 1 - maža, 5 - labai didelė.



50 pav. Įrengimo kainos vertinimo grafikas

### Išvados:

Įrengimo darbais užsiimančios įmonės turi atitinkamus įkainius skirtingoms technologijoms už kvadratinį metrą. Nustatoma įrengimo kaina yra preliminari, o skaičiuojant darbų atlikimo kainą ji koreguojama pagal tam tikrus veiksnius:

- darbų trukmė;
- darbų atlikimo laikas;
- konstrukcijų sandara;
- statinio matmenys;
- apstatymo intensyvumas;
- vieta ir kt..

### 4.2. Inovatyvių fsasadų sistemų alternatyvių sprendimų techninis – ekonominis vertinimas

Statybos šaka, lyginant su kitomis sritimis, pasižymi mažu darbo našumu ir dideliu fragmentiškumu: joje dalyvauja daug smulkių organizacijų, informacija ir žinios yra pasiskirsčiusios laike bei erdvėje.

Pastaruoju laikotarpiu fasado konstrukcijoms naudojama vis daugiau naujų medžiagų, vis labiau tobulinama jų statybos technologija. Kad būtų pasiektas kuo geresnis rezultatas, t. y. Priimti sprendimai būtų pagrįsti ir efektyvūs, atliekami įvairūs statybos procesų tyrimai.

Šiuo metu sukurta nemažai eksperimentinių sistemų ir sprendimų priėmimo metodų, taikomų įvairiose žmogaus veiklos srityse (Zavadskas et al 2001). Nėra išimtis ir statybos sritis, nes čia, remiantis adekvačiais metodais, leidžiančiais atlikti variantinį projektavimą ir daugiakriterinę analizę, gali būti išrenkamos geriausios alternatyvos. Daugiakriterinės analizės metodai priklauso sprendimų priėmimo

metodų grupei, kurie turi tam tikrų panašumų su eksperimentinėmis sistemomis, todėl norint geriau juos suprasti vertėtų paanalizuoti eksperimentines sistemas ir sprendimų priėmimo metodus.

Eksperimentinės sistemos statybos srityje dar gana mažai taikomos, taigi ir dabar veikiančių tokių sistemų nėra daug. Nepaisant to, šioje srityje jaučiamas tam tikras pagyvėjimas. Dauguma iki šiol sukurtų eksperimentinių sistemų pritaikytos dirbti su asmeniniais kompiuteriais; jos sudarytos remiantis galiojančiomis taisyklėmis ir taikomos kaip instrumentas komercinėse eksperimentinėse sistemose (Zavadskas et al 2001). Be to, pateikiama informacija apie reikalingus pradinius duomenis ir galutinius rezultatus, taip pat nurodomos valstybės, kuriose šios eksperimentinės sistemos buvo sukurtos (Zavadskas et al 2001).

Eksperimentinės sistemos grupuojamos taip:

- veikiančios eksperimentinės sistemos – tai patvirtintos ir išstobulintos sistemos;
- veikiančios prototipai – tai eksperimentinės sistemos, kurios buvo įgyvendintos ir taikomos, bet jas dar reikia tobulinti;
- tobulinamos eksperimentinės sistemos – jų pirmieji prototipai jau sukurti;
- koncepcinės stadijos eksperimentinės sistemos – tai dar tik projektuojamos ir pradinės mokslinio įvertinimo stadijos eksperimentinės sistemos.

Toliau galima būtų išvardyti keletą būdingų daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų, tinkančių diskretinėms alternatyvioms problemoms spręsti:

- reikšmingumo metodai;
- daugiakriterinė naudingumo teorija;
- analitinis hierarchinis metodas;
- daugiakriterinis metodas, kai informacija neišsami;
- alternatyvų lyginimas poromis, remiantis įprastiniais kriterijais ir t.t.

Tikslai, kurių siekiama taikant įvairius daugiakriterinius sprendimo priėmimo metodus, ir požymiai, pagal kuriuos galima įvertinti kiekvieno tikslo pasiekimo laipsnį, buvo nustatyti intensyviu literatūrinio darbu ir per diskusijas su sprendimo priėmimo specialistais. Pagrindinis jų tikslas – išrinkti efektyvius metodus, leidžiančius realiai įvertinti nagrinėjamas alternatyvas (Zavadskas et al 2001).

Kuo labiau daugiakriteriniai sprendimo priėmimo metodai tenkina tokius reikalavimus kaip, metodo ir nagrinėjamos problemos ar jau turimos subjektyvios ir objektyvios informacijos apie sprendžiamą uždavinį atitikimas arba išteklius, reikalingus konkrečiam metodui taikyti, tuo geriau jie taikomi praktikoje.

Matematinį išrinkimo metodą galima apibrėžti tik tuomet, kai sprendimus galima palyginti tarpusavyje. Apibrėžiant preferencijos santykį (juo nurodoma, kuris iš dviejų lyginamų elementų yra labiau priimtinas), reikia atsižvelgti į šias aplinkybes:

**Kriterijų gausa.** Visas objektas (taip pat ir jo mazgai bei detalės) apibūdinami ne vienu, o keliais kriterijais, pavyzdžiui, kaina, patikimumu, išeiga, patvarumu ir pan. Kartais reikia atsižvelgti į sunkiai kiekybiškai įvertinamus kriterijus, pavyzdžiui, kokia fasado sistemos įtaka gamtai ar panašius.

Kai kurie kriterijai yra priešaringi. Kai kurie kriterijai projekto specifikacijomis ribojami. Kitus siekiama optimizuoti.

**Neapibrėžtumas.** Sudėtingesniame uždavinyje tiksliai numatyti inžinerinio sprendimo charakteristikų neįmanoma. Projektuojant visiškai naujus objektus, kai kurių duomenų paprasčiausiai nėra. Kitais atvejais duomenis surinkti sunku arba brangu, pavyzdžiui, trukdo tarpžinybiniai barjerai, reikia atlikti tyrinėjimus ir kt.

Sudėtingi objektai projektuojami net metus, o patys objektai naudojami dešimtmečiais. Per tokį laiką gali žymiai pasikeisti vertinimo kriterijai, kainos, atsirasti naujos medžiagos ir įrenginiai, t. y. pasikeičia dirbtinė žmogų supanti aplinka ir visuomenės poreikiai, tam kartais gali turėti įtakos gamtiniai faktoriai: sausros, potvyniai. Projektuotojai ar rangovai taip pat nežino, kokie bus atskirų įmonių, organizacijų arba įtakingų žmonių sprendimai. Todėl pasekmes, išrinkus kokį nors variantą, sunku numatyti.

**Rizika.** Neigiamos pasirinkto inžinerinio sprendimo pasekmės paprastai paaiškėja tik įdiegus projektą. Vengiant rizikos, atsižvelgiama į įprastus, anksčiau pasiteisinusius sprendimus, bet tokie sprendimai neskatina pažangos. Todėl racionalu pelną sėkmės ir nuostolius nesėkmės atvejais subalansuoti taip, kad būtų išlaikytas rizikos lygis, garantuojantis techninę pažangą.

**Konfliktai.** Didelę reikšmę lyginant variantus gali turėti ir faktoriai, neįtraukti į matematinį modelį.

Jei projektuotojų ar rangovų kolektyvo narių tikslai yra nevienodi, tai renkant variantus gali kilti konfliktai.

Savo struktūra matematinis išrinkimo uždavinio modelis turi įvertinti bendriausias preferencijos santykio savybes. Kiekvienu konkrečiu atveju modelį reikia susieti su specifinėmis uždavinio savybėmis ir ekspertų atliekamo variantų lyginimo rezultatais (Janušaitis, 2005).

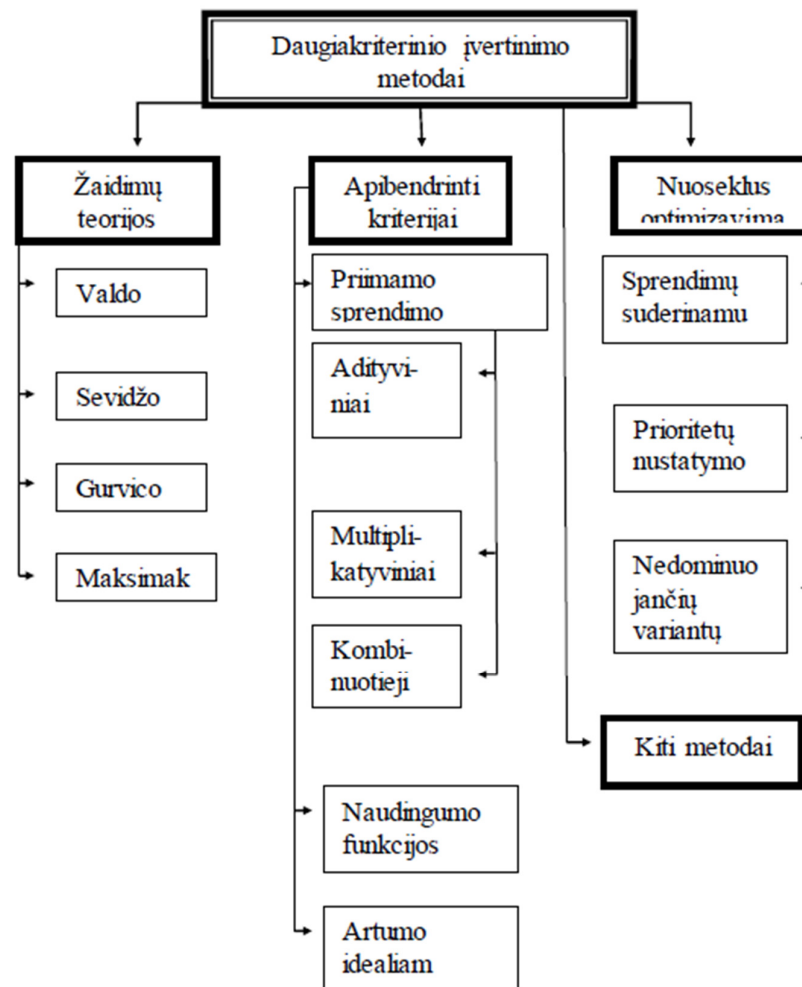
Statybos srityje yra daugybė daugiakriterinio įvertinimo uždavinių, kuriuos sprendžiant naudojama tam tikro patikimumo lygio ir tam tikros struktūros informacija. Dažniausiai tai būna skaitmeninė (kardinalinė) informacija, tačiau gali tekti naudotis ir sekos (ordinaline) informacija arba abiejų tipų informacijos rūšimis iš karto. Kriterijų reikšmingumas gali būti žinomas arba ne, todėl kriterijų reikšmės gali būti determinuotos ar tikimybinės.

Daugiakriterinio įvertinimo pagrindinis tikslas yra perdirbti pradinę informaciją, kuri taip apibūdina lyginamus variantus, kad būtų galima išrinkti geriausią ar bent jau sudaryti jų prioritetiškumo eilę.

O metodo parinkimo būdas priklauso nuo pradinės informacijos, tiksliau jos turinio, tuomet galimi tokie daugiakriterinio įvertinimo metodai:

- nereikalaujantys papildomos informacijos apie kriterijų reikšmingumą;
- reikalaujantys informacijos apie kriterijų reikšmingumą;
- ir reikalaujantys informacijos apie lyginamų variantų reikšmingumą.

Išrinkti geriausią variantą ar nustatyti variantų prioritetiškumą galima pagal modelį be pakeitimo ir su pakeitimu (atitinkamai be kompensacijos ir su kompensacija) (Zavadskas et al 2001). Be kompensaciniuose modeliuose, pablogėjus vienam kriterijui, sumažėjusio efektyvumo negalima kompensuoti gerinant jį pagal kitą kriterijų, t.y. kiekvienas rodiklis laikomas visiškai atskiru. Tokie modeliai santykinai paprasti, dažniausiai turintys ribotas galimybes. Kompensaciniuose modeliuose, atvirkščiai, pablogėjus vienam kriterijui, efektyvumo sumažėjimą galima kompensuoti gerinant jį pagal kitus kriterijus. Be to, jei be kompensaciniuose modeliuose įvertinamus variantus tenka lyginti pagal kiekvieną rodiklį, tai kompensaciniuose modeliuose kiekvieną variantą apibūdinanti kriterijų sistema perskaičiuojama į vieną kriterijų, pagal kurį yra lyginama ir išrenkama geriausias.

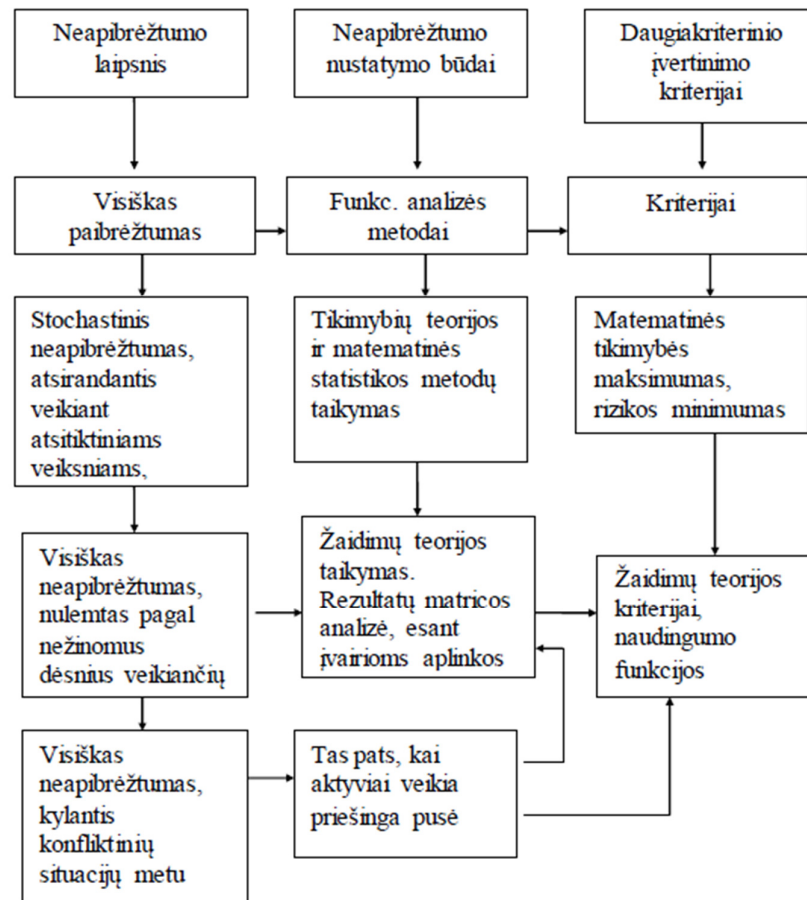


51 pav. Daugiakriterinio įvertinimo metodai statyboje

Kai kurie specialistai mano, kad neturint informacijos apie įvairių kriterijų reikšmingumą, geriausią variantą išrinkti tikslinga pagal žaidimų teorijos metodus.

Informacijos apie santykinį kriterijų reikšmingumą stoka kai kurie autoriai traktuoja kaip neapibrėžtumo atmainą. Tai pagrindinis motyvas lošimų teorijos naudai. Statybos industrijos praktika rodo, kad įgyvendintus projektus apibūdinantys rodikliai dažnai pasirodo esą blogesni už prognozuotus. Ypač dažnai nukrypimų į gerą ar blogą pusę pasitaiko kuriant bei įgyvendinant naujus projektus. Taigi priimant sprendimus neapibrėžtumo sąlygomis, tikslinga taikyti lošimų teorijos metodus ir kriterijus (Janušaitis, 2005).

Daugiakriterinio įvertinimo uždaviniai statybos srityje sprendžiami įvairiomis sąlygomis. Kriterijų reikšmės apskaičiuojamos arba nustatomos kiekvienam lyginamajam variantui, atsižvelgiant į išorines sąlygas. Joms būdingas neapibrėžtumo laipsnis, kurio tipų klasifikacija pateikta 2 schemoje.



52 pav. Neapibrėžtumo tipų klasifikavimas

Uždaviniai gali būti sprendžiami ir visiško apibrėžtumo sąlygomis pagal variantus apibūdinančių kriterijų sistemas. Tačiau vis tiek dažniausiai sprendimą tenka priimti esant stochastiniam

neapibrėžtumui, kuris atsiranda pagal žinomus objektyvius dėsnius veikiant atsitiktiniams veiksniams. Šiuo atveju išorinės sąlygos nustatomos savais pasiskirstymo dėsniais, kurie apskaičiuojami įvairiais statistiniais metodais. Be to, dažnai tenka priimti sprendimą visiško neapibrėžtumo, atsiradusio veikiant atsitiktiniams veiksniams pagal nežinomus dėsnius, sąlygomis. Šiuo atveju išorinių sąlygų tikimybės nežinomos: sprendimai priimami lyginant kiekvieno varianto trūkumus ir privalumus, analizuojant galimus rezultatus, esant įvairioms aplinkos būsenoms.

Įvairių apsauginių dangų tinkamumas naudoti nustatomas taikant alternatyvių sprendimų daugiakriterinio įvertinimo metodiką.

Daugiakriterinio įvertinimo modeliai padeda priimti sprendimus atsižvelgiant į daugelį tikslų. Išskiriami tokie 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 metodus;
- 3) gautų rezultatų interpretavimas ir sprendimų priėmimas.

Tuomet problemos (uždaviniai) skirstomi į dvi plačiausias kategorijas:

- 1) daugiataikslį sprendimų priėmimą – šioje srityje nagrinėjamos begalinei sprendinių aibei priklausančios alternatyvos;
- 2) apsisprendimą daugelio rodiklių atžvilgiu – šioje srityje nagrinėjamos baigtinei sprendinių aibei priklausančios alternatyvos.

Sprendimų paieškai taikomi diskrečiojo optimizavimo metodai, daugiamatį atstumų matavimu paremti metodai ir kt. Modeliai sudaromi atsižvelgiant į analizės tikslą: gali būti siekiama pasirinkti tinkamiausią vietą statybai, pelningiausią investicijų sritį ir pan., o darbe nagrinėjamu atveju siekiama rasti optimaliausią apsauginės dangos variantą. Tikslą atitinkančioms dimensijoms priskiriami jas identifikuojantys rodikliai – taip suformuojama rodiklių sistema. Remiantis rodiklių sistema sudaroma atsakų matrica  $x$ . Jos elementai  $x_{ij}$  atitinka  $i$ -tosios alternatyvos atsaką pagal  $j$ -tąjį kriterijų. Ši matrica pirmiausia turi būti apdorojama vertikaliai (normalizuojamos atitinkamų kriterijų reikšmės), tuomet horizontaliai (įvertinama kiekviena alternatyva).

Priklausomai nuo naudojamų metodų, kriterijai gali būti kiekybiniai arba kokybiniai. Kaip jau minėta, taip pat kriterijus galima skirstyti į objektyvius ir subjektyvius. Objektyvūs kriterijai, pavyzdžiui, investicijų kaštai, darbo užmokestis, paprastai išreiškiami piniginiiais ar kitais kiekiniais dydžiais. Subjektyvūs kriterijai dažniausiai yra kokybiniai.

Nagrinėjant problemas yra galimybė pasirinkti tinkamiausią iš šių metodų:

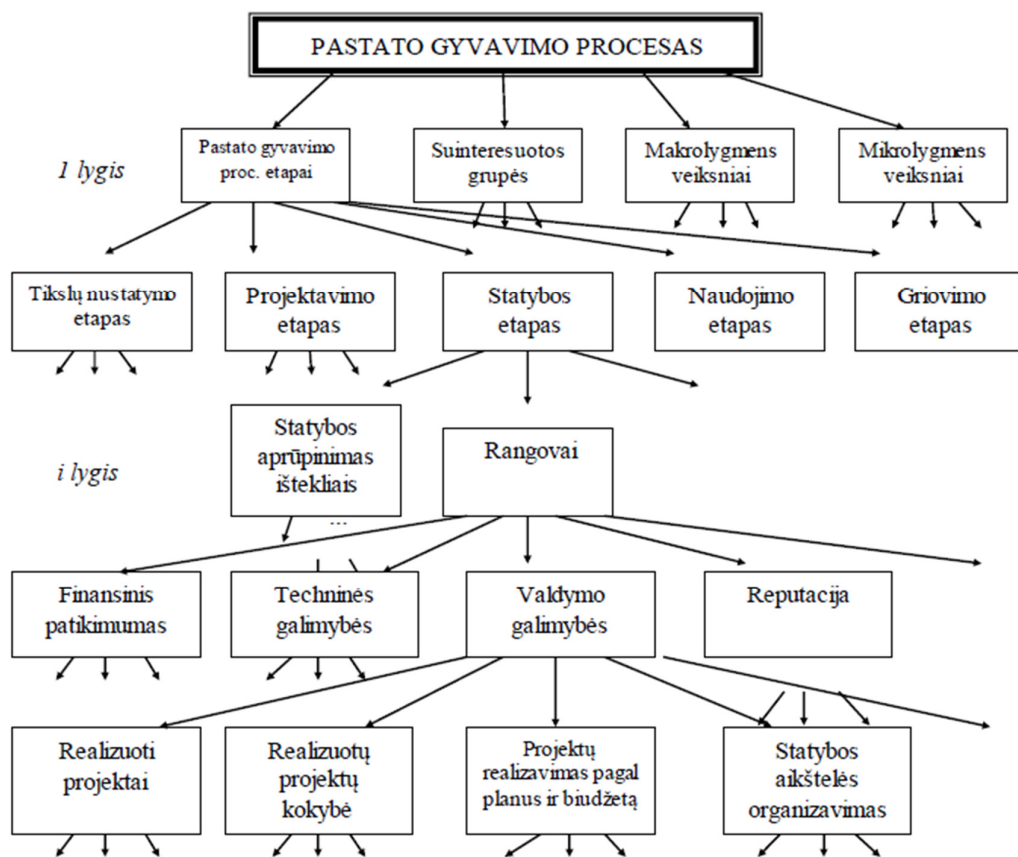
- 1) pasirinkimo problematika – išsirinkti geriausią iš  $n$  alternatyvų;
- 2) rūšiavimo problematika – rūšiuoti  $n$  alternatyvų į santykinai homogeniškas grupes, kurios savo ruožtu gali būti rikiuojamos pagal pirmenybes;

- 3) rangavimo problematika – ranguoti n alternatyvų nuo geriausios iki prasčiausios;
- 4) apibūdinimo problematika – nustatyti pagrindinius tam tikros alternatyvos bruožus (www.vadyba.asu.lt).

Tokia daugiakriterinė analizė leidžia priimti geriausius kompromisinius sprendimus.

Vertinimo kriterijų sistema padeda suderinti ir įvertinti skirtingų suinteresuotų grupių interesus bei parinkti optimaliausią statybos technologiją, atitinkančią keliamus reikalavimus. Šiame darbe vertinimo kriterijų sistema sudaroma atsižvelgiant į aktualiausius fasadų sistemų privalumus.

Kriterijų sistemą santykinai galima suskirstyti į keturis pagrindinius pirmojo lygio posistemius, o kiekvieną iš šių pirmojo lygio kriterijų posistemų, galima nagrinėti ir detaliau. Medžio principu pagrįsta kriterijų sistema pateikiama 3 schemeje.



53 pav. Pastato gyvavimo proceso efektyvumą apibūdinančių kriterijų sistema ir posistemiai

Sudarant vertinimo kriterijų sistemą, reikia atsižvelgti į techninius variantus, laiko planus, kurie turi būti kiek įmanoma konkretizuoti ir fiksuoti, teisinės nuostatas, statybos ekonominius reikalavimus, valdymo galimybes ir pan. O užuot ieškojus vieno palankaus kriterijaus, reiktų apsvairstyti kiek įmanoma daugiau jų. Todėl nagrinėjant inovatyvių fasadų sistemų technologijas ir jų įrengimus, buvo pasirinkti net šeši vertinimo kriterijai (1 lentelė).

Šie ir kiti kriterijai gali būti šreikšti tiek dimensiniais, tiek bedimensiais dydžiais. Projektinių sprendimų alternatyvų įvertinimo požiūriu atskiri kriterijai nevienodai svarbūs. Todėl vertinant atsižvelgiama kriterijų reikšmingumą vienas kito atžvilgiu.

Jie apibūdinami techniniais ekonominiais rodikliais ir kokybinėmis charakteristikomis. Kokybinės charakteristikos nustatomos ekspertiniu metodu, suteikiant reikšmes skalėje. Pvz., geriausias įvertinimas atitinka 10 balų. Be to, nustatomas atitinkamas visų vertinimo kriterijų reikšmingumas (aij), kuris parodo, kiek vienas kriterijus svarbesnis, palyginti su kitais kriterijais.

1 lentelė. Inovatyvių fasadų sistemų kiekybiniai ir kokybiniai vertinimo kriterijai

Eil. Nr.	Kodas	Kriterijaus pavadinimas	Mato vnt.	Apibrėžimas, sprendžiami klausimai
1	K1	Sistemos kaina	eur/m <sup>2</sup>	Inotyvios fasado sistemos kvadratinio metro kaina.
2	K2	Tvarumas	balais	Ar inovatyvi fasado sistema tvari?
3	K3	Įrengimo kaina	eur/m <sup>2</sup>	Kokia kaina eurais norint įrengti 1 m <sup>2</sup> inovatyvios fasado sistemos
4	K4	Ilgaamžiskumas ir priežiūra	balais	Inovatyvios fasado sistemos ilgaamžiskumas ir priežiūra išreikštas balais.
5	K5	Įrengimo trukmė	balais	Inovatyvios fasado sistemos įrengimo trukmė balais
6	K6	Sistemos garantija	metais	Įnovatyvios fasado sistemos garantija metais

**Sistemos kaina.** Kaina dažiausiai įvardijama kaip vienas pagrindinių aspektų statybos procese. „Geresnė kokybė už kuo mažesnė kainą!“ – tai turbūt pagrindinis sėkmingos vadybos principas

- Aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusiplaunančiais stiklo paketais 1m<sup>2</sup> kaina – 230Eu.
- Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu paketuose 1m<sup>2</sup> kaina – 835Eu.
- Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektra šildančiais stiklo paketais 1m<sup>2</sup> kaina – 684Eu.
- Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektrochrominiais stiklo paketais 1m<sup>2</sup> kaina – 650Eu.



**Tvarumas.**

2 lentelė. Tvarumo vertinimas balais

<b>Sistema</b>	<b>Balai</b>
Aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusiplaunančiais stiklo paketais	6
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu paketuose	4
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektra šildančiais stiklo paketais	6
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektrochrominiais stiklo paketais	10

**Įrengimo kaina.** Ne mažiau svarbus kriterijus, įtakojantis galutinę statybos kainą. Pagal atliktus skaičiavimus, t.y. sąmatas, įvertinamas šis kriterijus, nurodantis koks žmogaus darbo įkainis įrengiant 1m<sup>2</sup> inovatyvios fasado sistemos.

3 lentelė. Įrengimo kaina

<b>Sistema</b>	<b>Eu/m<sup>2</sup></b>
Aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusiplaunančiais stiklo paketais	35
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu paketuose	50
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektra šildančiais stiklo paketais	50
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektrochrominiais stiklo paketais	50

**Ilgaamžiškumas.** Sistemos ilgaamžiškumas priklauso nuo jo paskirties ir eksploatacijos sąlygų. Ilgaamžiškumo įvertinimas gali būti susietas su sistema arba su jos eksploatacinėmis savybėmis, kurios labai svarbios atitikties esminiams statinio reikalavimams požiūriu. Bet kuriuo atveju pagrįsta nuostata yra tai, kad sistemos charakteristikos turi būti išlaikytos priimtina lygyje visa jo tarnavimo laiką, atsižvelgiant į jo pradines charakteristikas.

Šiame tiriamajame darbe ilgaamžiškumas įvertinamas balais. Vertinimo skalė nuo 1 iki 10 balų. Vertinimo skalėje 10 balų reiškia geriausią įvertinimą, t.y. sistema yra ilgaamžė, o 1 balas – blogiausias įvertinimas. Vertinimo rezultatai pateikiami 4 lentelėje.

4 lentelė. Ilgaamžiškumo vertinimas balais

Sistema	Balai
Aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusiplaunančiais stiklo paketais	9
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu paketuose	7
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektra šildančiais stiklo paketais	7
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektrochrominiais stiklo paketais	9

**Įrengimo trukmė.** Inovatyvių fasadų sistemų įrengimo trukmė išreikšta balais. Vertinimo skalė nuo 1 iki 10 balų. Vertinimo skalėje 10 balų reiškia trumpiausią trukmę, t.y. sistemos montavimas yra labai greitas, o 1 balas – sistemos montavimas yra labai ilgas. Vertinimo rezultatai pateikiami 5 lentelėje.

5 lentelė. Įrengimo trukmės vertinimas balais

Sistema	Balai
Aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusiplaunančiais stiklo paketais	10
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu paketuose	8
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektra šildančiais stiklo paketais	8
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektrochrominiais stiklo paketais	8

**Sistemos garantija.** Inovatyvių fasadų sistemų garantis terminas, kurį deklaruoja gamintojas pateikiamas metais 6 lentelėje.

6 lentelė. Sistemų garantija metais.

Sistema	Metai
Aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusiplaunančiais stiklo paketais	5
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu paketuose	5
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektra šildančiais stiklo paketais	2
Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektrochrominiais stiklo paketais	5

7 lentelė. Alternatyvių sprendimų pradinė matrica A

Alter.Krit.	K1	K2	K3	K4	K5	K6
a <sub>1</sub>	650	10	50	9	8	5
a <sub>2</sub>	684	6	50	7	8	2
a <sub>3</sub>	835	4	50	7	8	5
a <sub>4</sub>	230	6	35	9	10	5

Alternatyvos:

a<sub>1</sub> - Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektrochrominiais stiklo paketais

a<sub>2</sub> - Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektra šildančiais stiklo paketais

a<sub>3</sub> - Aliuminio fasado sistemos profiliai su elektroniniu būdu valdomu skaidrumu paketuose

a<sub>4</sub> - Aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusivlanačiais stiklo paketais

Vertinimo kriterijai

K1 – sistemos kaina, eur/m<sup>2</sup>, (TER)

K2 – tvarumo vertinimas, balais, (KCH)

K3 – įrengimo kaina, eur/m<sup>2</sup>, (TER)

K4 – ilgaamžiškumas ir priežiūra, balais, (KCH)

K5 – įrengimo trukmė, balais, (TER)

K6 – sistemų garantija, metais. (KCH)

KCH – kokybės charakteristika,

TER – techninis – ekonominis rodiklis.

Taikant porinio palyginimo metodą visi vertinimo kriterijai lyginami poromis (vertinimo skalė 0 - 2). Tokiu būdu nustatomas vertinimo kriterijų reikšmingumas (subjektyvus reikšmingumas q). Tam tikslui sudaroma porinio palyginimo matrica  $A_{kr}$  (XX lentelė).

#### 4.3. Vertinimo kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant porinio palyginimo metodą

8 lentelė. Porinio palyginimo matrica  $A_{kr}$

Kriterijai	K1	K2	K3	K4	K5	K6	$\Sigma$ eilutės	q	Prioritetų eilė
K1	-	1	2	1	2	2	8	0,267	2
K2	1	-	2	0	2	2	7	0,233	3
K3	0	0	-	0	0	1	1	0,033	5-6
K4	1	2	2	-	2	2	9	0,300	1
K5	0	0	2	0	-	2	4	0,133	4
K6	0	0	1	0	0	-	1	0,033	5-6
							30	1	

Subjektyvus kriterijų reikšmingumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_j = \frac{\sum_i^m K_{ij}}{\sum_i^m \sum_j^n K_{ij}}, i = 1, m; j = 1, n; \quad (4.1)$$

Nustatyta, kad svarbiausi kriterijus yra K4, nemažiau reikšmingas ir K1 kriterijus.

Vertinimo kriterijų svarba:

**$q_1 = 26,7 \%$** ;

$q_2 = 23,3 \%$ ;

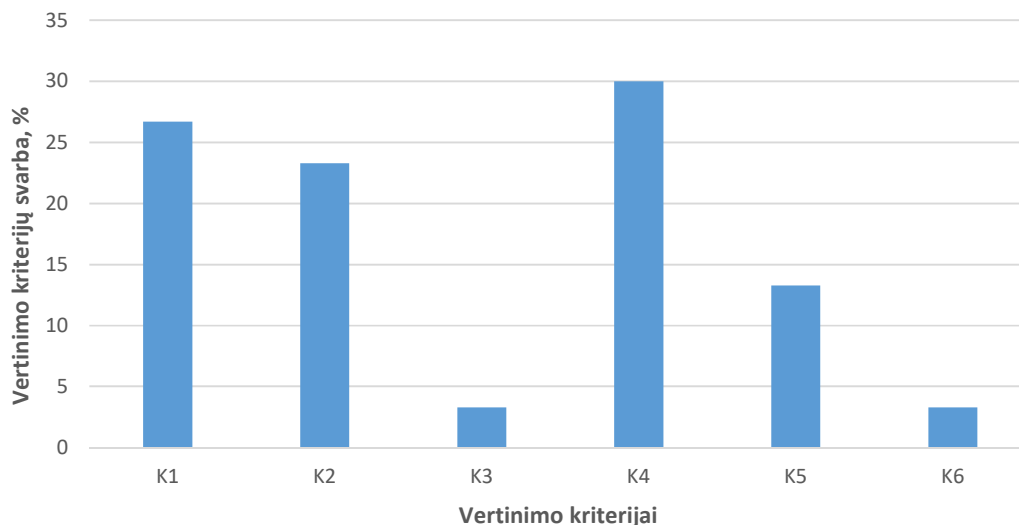
$q_3 = 3,3 \%$ ;

**$q_4 = 30,0 \%$** ;

$q_5 = 13,3 \%$ ;

$q_6 = 3,3 \%$ .

### Vertinimo kriterijų reikšmingumas



54 pav. Vertinimo kriterijų reikšmingumas

#### 4.4. Geriausios alternatyvos nustatymas, taikant lošimų teorijos valdo kriterijų

Alternatyvių sprendimų pradinė matrica A (x lentelė) papildoma dvejomis eilutėmis: kriterijų optimumo (max arba min) ir geriausia reikšmė ( $x^*_j$ )(x lentelė).

9 lentelė. Papildyta alternatyvių sprendimų matrica A

Alter.Krit.	K1	K2	K3	K4	K5	K6
a <sub>1</sub>	650	10	50	9	8	5
a <sub>2</sub>	684	6	50	7	8	2
a <sub>3</sub>	835	4	50	7	8	5
a <sub>4</sub>	230	6	35	9	10	5
Kriterijų optimumas	min	max	min	max	max	max
Geriausia reikšmė	230	10	35	9	10	5

Sudaroma normalizuota matrica A (xx lentelė). Matricos normalizavimas atliekamas todėl, kad pradinės matricos A duomenys yra nevienodų matavimo vienetų ir jų neįmanoma palyginti. Normalizavus pradinę matricą A duomenys paverčiami į bedimensius dydžius.

Taikant lošimų teoriją matricos normalizavimas atliekamas tik pagal skalės transformacijos metodus:

$$1) x_{ij} = \left(\frac{x_{ij}}{x_{*j}^*}\right)^2, \text{ kur } x_{*j}^* - \max; \quad (4.2)$$

$$2) x_{ij} = \left(\frac{x_{*j}^*}{x_{ij}}\right)^3, \text{ kur } x_{*j}^* - \min; \quad (4.3)$$

10 lentelė. Alternatyvių sprendimų pradinė matrica A

Alter.Krit.	K1	K2	K3	K4	K5	K6
a <sub>1</sub>	0,044	1	0,343	1	0,64	1
a <sub>2</sub>	0,038	0,36	0,343	0,605	0,64	0,16
a <sub>3</sub>	0,021	0,16	0,343	0,605	0,64	1
a <sub>4</sub>	1	0,36	1	1	1	1

Taikant lošimų teorijos Valdo kriterijų, esant laisvoms gamtos strategijoms, ieškomas maksimalus pelnas. Matematiškai Valdo kriterijus užrašomas taip :

$$K_u^1 = S_1^* = \{S_{1i} | S_{1i} \in S_1 \cap \max_i \min_j u_{ij}\}, \forall_{ij}, i = 1, m; j = 1, n; \quad (4.4)$$

Pagal šią formulę iš normalizuotos matricos A kiekvienos eilutės išrenkame minimalias reikšmes:

$$A_i, \min = (0,044; 0,038; 0,021; 0,36)$$

Iš šių reikšmių paimame maksimalią reikšmę:

$$K_u^1 = 0,36 \Rightarrow \max;$$

Nustatyta, kad pagal Valdo kriterijų a<sub>4</sub> alternatyva - aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusiplaunančiais stiklo paketais – *Kiulto Fibergum* yra geriausia.

#### 4.5. Geriausios alternatyvos nustatymas, taikant artumo ideliam taškui (TOPSIS) metodą

Pradinė alternatyvių sprendimų matrica A (x lentelė) papildoma dvejomis eilutėmis: kriterijų optimum (max arba min) ir geriausia reikšme ( $x_{*j}^*$ ).

11 lentelė. Papildyta alternatyvių sprendimų pradinė matrica A

Alter.Krit.	K1	K2	K3	K4	K5	K6
a <sub>1</sub>	650	10	50	9	8	5
a <sub>2</sub>	684	6	50	7	8	2
a <sub>3</sub>	835	4	50	7	8	5
a <sub>4</sub>	230	6	35	9	10	5
Kriterijų optimumas	min	max	min	max	max	max
Geriausia reikšmė	230	10	35	9	10	5

Sudaroma normalizuota matrica A (x lentelė). Matricos normalizavimas atliekamas todėl, kad pradinės matricos A duomenys yra nevienodų matavimo vienetų ir jų neįmanoma palyginti. Normalizavus pradinę matricą A duomenys paverčiami į bedimensius dydžius.

Taikant artumo idealiam taškui metodą matricos normalizavimas atliekamas pagal vektorių normalizavimo metodą:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^j x_{ij}^2}}, i = 1, m; j = 1, n; \quad (4.5)$$

X<sub>ij</sub>-matricos vidaus elementas.

12 lentelė. Normalizuota matrica A

Alter.Krit.	K1	K2	K3	K4	K5	K6
a <sub>1</sub>	0,508	0,729	0,535	0,558	0,468	0,563
a <sub>2</sub>	0,534	0,438	0,535	0,434	0,468	0,225
a <sub>3</sub>	0,652	0,292	0,535	0,434	0,468	0,563
a <sub>4</sub>	0,18	0,438	0,375	0,558	0,585	0,563

Sudaroma svertinė normalizuota alternatyvinių sprendimų matrica (14 lentelė). A matrica dauginama iš kriterijų reikšmingumo vektoriaus  $A^*=[A]*[q]$

$$q_1 = 26,7 \%;$$

$$q_2 = 23,3 \%;$$

$$q_3 = 3,3 \%;$$

$$q_4 = 30,0 \%;$$

$$q_5 = 13,3 \%;$$

$$q_6 = 3,3 \%.$$

13 lentelė. Svertinė normalizuota alternatyvinių sprendimų matrica A\*

Alter.Krit.	K1	K2	K3	K4	K5	K6
a <sub>1</sub>	13,564	16,986	1,766	16,740	6,224	1,858
a <sub>2</sub>	14,258	10,205	1,766	13,020	6,224	0,743
a <sub>3</sub>	17,408	6,804	1,766	13,020	6,224	1,858
a <sub>4</sub>	4,806	10,205	1,238	16,740	7,781	1,858

Nustatomi idealūs teigiami a<sup>+</sup> (geriausia reikšmė) ir idealūs neigiami a<sup>-</sup> (blogiausia reikšmė) variantai.

14 lentelė. Idealūs teigiami ir neigiami variantai

Kriterijus	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Idealūs teigiami a <sup>+</sup>	4,806	16,986	1,238	16,740	7,781	1,858
Idealūs neigiami a <sup>-</sup>	17,408	6,804	1,766	13,020	6,224	0,743

Apskaičiuojamas atstumas tarp realaus a<sup>i</sup> ir idealaus teigiamo a<sup>+</sup> variantų:

$$L_i^+ = \sum_{j=1}^n |f_{ij} - f_j^+|, i = 1, m; j = 1, n; \quad (4.6)$$

Apskaičiuojamas atstumas tarp realaus a<sup>i</sup> ir idealaus neigiamo a<sup>-</sup> variantų:

$$L_i^- = \sum_{j=1}^n |f_{ij} - f_j^-|, i = 1, m; j = 1, n; \quad (4.7)$$

Nustatomas sąlyginis lyginamų variant artumas idealiam, tai yra surandamas K<sub>bit</sub> kriterijus

$$K_{bit} = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, i = 1, m; \quad (4.8)$$



Apskaičiavus  $K_{bit}$  kriterijus nesunku nustatyti visų lyginamų variant prioritetus. Geriausias variantas yra tas, kurio  $K_{bit}$  kriterijaus reikšmė yra didžiausia;

Paskutinė etape numatomas lyginamų variant naudingumo laipsnis:

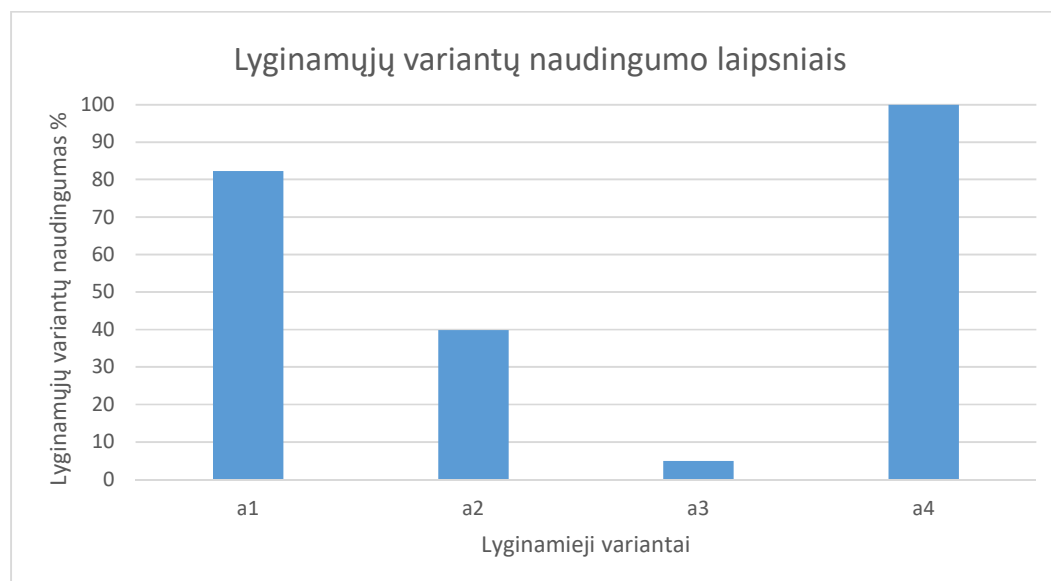
$$N_i = \frac{K_{bit,i}}{K_{bit,max}} * 100, \%;$$
 (4.9)

Skaičiavimų rezultatai pateikiami x lentelėje.

15 lentelė. Skaičiavimų rezultatai

Alternatyvos	$L_i^+$	$L_i^-$	$K_{bit}$	Prioritetų eilė	$N_i$
a <sub>1</sub>	10,843	18,861	0,635	2	82,3
a <sub>2</sub>	23,153	10,271	0,307	3	39,8
a <sub>3</sub>	28,589	1,115	0,038	1	4,9
a <sub>4</sub>	6,781	22,923	0,772	<b>1</b>	<b>100</b>

Atlikus skaičiavimus pagal artumo idealiam taškui metodą nustatyta, kad geriausia alternatyva yra a<sub>4</sub> – aliuminio fasado sistemos profiliai su savaime nusiplaunančiais stiklo paketais.



55 pav. Lyginamųjų variantų naudingumo laipsnis

## 5. Objekto apžvalga

Parinktas viešojo naudojimo pastatas, kuris atitinka A+ energetinio naudingumo klasę. Šiam pastatui bus pritaikyta įnovatyvi fasado sistema, kuri susideda iš savaime nusiplaunančio stiklo.

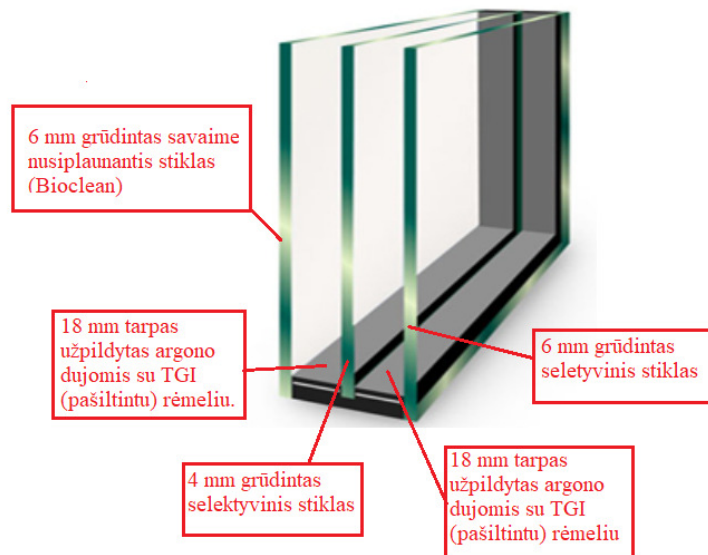
16 lentelė. Bendrieji objekto duomenys

Sklypo plotas	4272 m <sup>2</sup>
Sklypo užstatymo plotas	824 m <sup>2</sup>
Bendras fasado plotas	1285,2 m <sup>2</sup>
Įnovatyvios fasadinės sistemos užimamas plotas pastate	327,6 m <sup>2</sup>

### 5.1. Aliuminio – stiklo konstrukcija

Parinkamas savaime nusiplaunantis stiklo paketas, kad atitiktų A+ energetinio naudingumo klasę.

Gauta stiklo paketo formuluoė: 6GRBIOCLEAN-18Ar(TGI)-4GRGNP-18Ar(TGI)-6GRGNP: 6 mm grūdintas, savaime nusiplaunantis, skaidrus stiklas – 18 mm pašiltintas (TGI) tarpas užpildytas argono dujomis – 4 mm grūdintas, skaidrus stiklas su selektyvine danga – 18 mm pašiltintas (TGI) tarpas užpildytas argono dujomis – 6 mm grūdintas, skaidrus stiklas su selektyvine danga, kurio  $U_g = 0,5$  W/m<sup>2</sup>K.

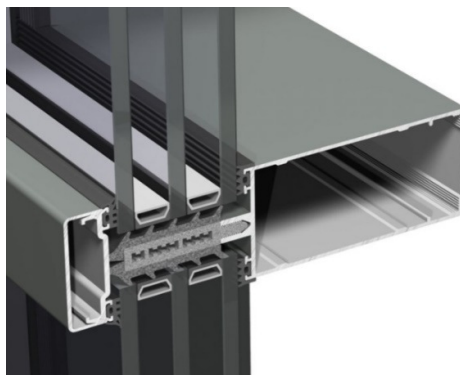


56 pav. Savaime nusiplaunančio stiklo paketo struktūra

Parinkami aliuminio fasadiniai profiliai, kad atitiktų A+ energetinio naudingumo klasę

17 lentelė. Aliuminio fasado profilio parametrai

Eil nr.	Parametrai	Mato vnt.	Skaitinė reikšmė
1.	Maksimalus stiklinimo storis	mm	60
2.	Maksimalus įdetinio elemento svoris	kg	700
3.	Profilio plotis	mm	50
4.	Atsparumas vėjo apkrovai	Pa	1200
5.	Rėmo šilumos perdavimo koef.	W/m <sup>2</sup> K	<b>0,8</b>



57 pav. Aliuminio profilis fasado konstrukcijai

## 5.2. Įrengimo darbų kaina

Kad būtų nustatyta reali fasado įrengimo kaina pagal projektinę konstrukciją, siunčiame užklausą įmonėms, kurios užsiima šiais fasado įrengimo darbais. Išrinktos 3 įmonės, kurios gali pasiūlyti savaime nusiplaunančius stiklus ir aliuminio fasado profilius pagal A+ energetinio naudingumo lygį.

Atrinkti 3 įmonių įrengimo kainos ir konstrukcijos paskaičiavimai.

18 lentelė. Reali įmonių įrengimo kaina

Įmonė	Konstrukcijos kaina	Konstrukcijos įrengimo kaina	Bendra kaina
A	81200,05 EU + PVM	10810,8 EU + PVM	92010,85 EU + PVM
B	80566,11 EU + PVM	9828 EU + PVM	90394,11 EU + PVM
C	79308,24 EU + PVM	9828 EU + PVM	<b>89136,24 EU + PVM</b>

Išvada: pagal išsiųstas užklausas geriausią kainą pasiūlė C įmonė.

## Išvados

1. Išnagrinėtos 4 inovatyvios fasadų sistemos bei jų įrengimo technologijos. Išskirti jų privalumai ir nauda pastatui, gamtai.
2. Atlikta 6 statybinių įmonių ir 20 darbuotojų apklausa, kurios užsiima stiklo – aliuminio įrengimo technologijomis. Rezultatai parodė elementinės ir surenkamos fasado sistemos privalumus ir trūkumus.
3. Taikant porinio palyginimo metodą nustatytas reikšmingiausias inovatyvių fasado sistemų vertinimo kriterijus – K4 (ilgaamžiškumas ir priežiūra), nemažiau reikšmingas ir K1 kriterijus (sistemos kaina).
4. Taikant lošimų teorijos Valdo kriterijų bei idealiam taškui metodą (TOPSIS), nustatyta geriausia inovatyvi fasado sistema - aliuminio fasado sistemos profiliai su savaimė nusiplaunančiais stiklo paketais.
5. Apskaičiuota pasirinkto objekto inovatyvios fasado sistemos įrengimo kaina – 89136,24 EU + PVM ir įrengimo trukmė 14 darbo dienų dirbant 6 montuotojų brigadai.

## Literatūros sąrašas

1. STATYBOS TAISYKLĖS ST 121895674.205.20.03.01:2015. Langų, durų ir jų konstrukcijų montavimas. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 7 d.] <[http://energinisefektyvumas.lt/wp-content/uploads/2016/02/TA\\_160211\\_STATAI\\_aluminio-fasadai\\_v0\\_07\\_Projektas.pdf](http://energinisefektyvumas.lt/wp-content/uploads/2016/02/TA_160211_STATAI_aluminio-fasadai_v0_07_Projektas.pdf)>.
2. STATYBOS TECHNINIS REGLAMENTAS [STR 2.05.20:2006] „Langai ir išorinės įėjimo durys“. Galioja nuo 2013-07-14.
3. STATYBOS TECHNINIS REGLAMENTAS [STR 2.01.02:2016] „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“. Galioja nuo 2017-09-20.
4. Ruchi Yadav, Jaideep Sarkar & Kartik P. Jadhav (2014) Innovative facade design strategies.
5. Chen, Y.-L. & Chen, P.-C. Heat insulation solar glass and application on energy efficiency buildings. Energy and Buildings 66-78 (2014). ISBN:0378-7788.
6. Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Banaitienė, N., (2001) Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. VGTU leidykla TECHNIKA. P. 160-161.
7. Amadio, C., 2017. Passive Control Systems for the Blast Enhancement of Glazing Curtain Walls Under Explosive Loads. The Open Civil Engineering Journal 11, 397-418.
8. Janušaitis, R., (2005). Statybos inžinerinių sprendimų efektyvumo teorija. KTU, Statybos technologijų katedra, *paskaitų konspektas*.
9. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 7 d.]:  
<<https://www.reynaers.com/en/architects/products>>.
10. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 9 d.]: <<http://www.statybostaisykles.lt/node/11779>>.
11. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 12 d.]: <<https://www.kgc.lt/sprendimai/>>.
12. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 12 d.]: <[https://www.trimo-group.com/fileadmin/Corporate/4\\_Downloads/4.1\\_Brochures\\_and\\_Case\\_studies/SI/Brochures/Facade\\_Systems/Qbiss\\_Air\\_Brochure\\_SI.pdf](https://www.trimo-group.com/fileadmin/Corporate/4_Downloads/4.1_Brochures_and_Case_studies/SI/Brochures/Facade_Systems/Qbiss_Air_Brochure_SI.pdf)>.
13. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 12 d.]:  
<[https://www.reynaers.com/sites/default/files/public/media/element\\_facades\\_lr.pdf](https://www.reynaers.com/sites/default/files/public/media/element_facades_lr.pdf)>.

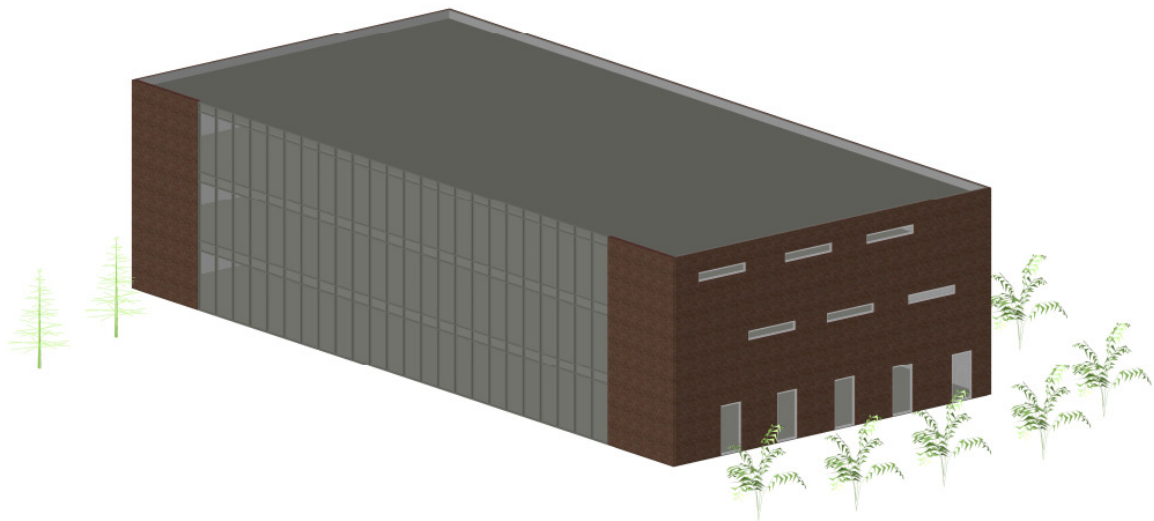
14. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 12 d.]: <<https://www.sapabuildingsystem.com/en/en/building/Products/solar-bipv/sapa-solar-bipv/>>.
15. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 22 d.]: <<https://naujienos.alfa.lt/leidinys/statyk/stikliniai-silumos-spastai/>>.
16. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. birželio 22 d.]: <<https://www.cmswindows.com/news/curtain-walling-the-modern-way-with-unitised-aluminium/>>.
17. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. Birželio 22 d.]: <[http://www.eckelt.at/en/downloads/produkte/glasarten/bioclean/bioclean\\_brochure.pdf](http://www.eckelt.at/en/downloads/produkte/glasarten/bioclean/bioclean_brochure.pdf)>.
18. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. Birželio 22 d.]: <[http://www.conservatory-glass.com/files/SGG\\_B1\\_User\\_Guide.pdf](http://www.conservatory-glass.com/files/SGG_B1_User_Guide.pdf)>.
19. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. Birželio 22 d.]: <[http://www.conservatory-glass.com/files/SGG\\_B2\\_Installer\\_Guide.pdf](http://www.conservatory-glass.com/files/SGG_B2_Installer_Guide.pdf)>.
20. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. Birželio 22 d.]: <<http://scandinavia.saint-gobain-glass.com/product/1941/sgg-bioclean#tabs-1>>.
21. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 10 d.]: <<http://vadyba.asu.lt/25/25.pdf>>.
22. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 10 d.]: <<http://servicegroup.lt/produktai/elektrochrominiai-stiklai/>>.
23. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 10 d.]: <<http://servicegroup.lt/produktai/privatuma-suteikiantis-stiklas/>>.
24. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 10 d.]: <<https://it.lrytas.lt/techno/2015/06/24/news/naujove-taikosi-palaidoti-uzuolaidas-3325300/>>.
25. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 10 d.]: <<https://uk.saint-gobain-building-glass.com/en-gb/sgg-bioclean-self-cleaning-glass>>.
26. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m lapkričio 10 d.]: <<https://lt.zjnovar.com/29379-super-smart-privacy-glass.html>>.
27. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 10 d.]: <<https://www.sageglass.com/en/faqs>>.

28. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 10 d.]:  
<<https://www.sageglass.com/sites/default/files/sageglass-limited-warranty.pdf>>.
29. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 20 d.]: <[http://saint-gobain-toolbox.com/privavite/brochure/PRIVA%20LITE\\_CLASSIC\\_XL\\_ENG.pdf](http://saint-gobain-toolbox.com/privavite/brochure/PRIVA%20LITE_CLASSIC_XL_ENG.pdf)>.
30. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 20d.]:  
<<https://it.lrytas.lt/techno/2015/06/24/news/naujove-taikosi-palaidoti-uzuolaidas-3325300/>>.
31. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. lapkričio 20 d.]: < [http://www.glas-co.at/cms/upload/Downloads/privavite/V7.12\\_INSTALLATION\\_PrivaLite\\_glass\\_EN.pdf](http://www.glas-co.at/cms/upload/Downloads/privavite/V7.12_INSTALLATION_PrivaLite_glass_EN.pdf)>.
32. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. gruodžio 20 d.]:  
<[http://www.dualsealglass.co.uk/files/7914/1036/0993/SelfClean\\_Handling\\_and\\_Maintenance.pdf](http://www.dualsealglass.co.uk/files/7914/1036/0993/SelfClean_Handling_and_Maintenance.pdf)>.
33. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. gruodžio 20 d.]: < [http://saint-gobain-toolbox.com/privavite/Samples/2018\\_PriceList\\_samples\\_2018\\_ENG.pdf](http://saint-gobain-toolbox.com/privavite/Samples/2018_PriceList_samples_2018_ENG.pdf)>.
34. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. gruodžio 20 d.]:  
<<http://www.newglasstech.com/?page=product&cat=Specialities&product=lcd-privacy&lang=en>>.
35. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. gruodžio 20 d.]: < [http://saint-gobain-toolbox.com/eglas/instructions/EGLAS\\_gen1\\_A4\\_ANG.pdf](http://saint-gobain-toolbox.com/eglas/instructions/EGLAS_gen1_A4_ANG.pdf)>.
36. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. gruodžio 20 d.]:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=VcAe4opvcYA&t=126s>>.
37. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. gruodžio 20 d.]:  
<<http://www.energwindows.com/stopwindowcondensation.php>>.
38. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. gruodžio 20 d.]: < <https://www.treehugger.com/green-architecture/throw-energy-out-the-window-with-thermique-heated-glass.html>>.
39. Prieiga internetu [žiūrėta 2018 m. gruodžio 20 d.]: < <https://www.iqglassuk.com/products/heated-glass/s14972/>>.

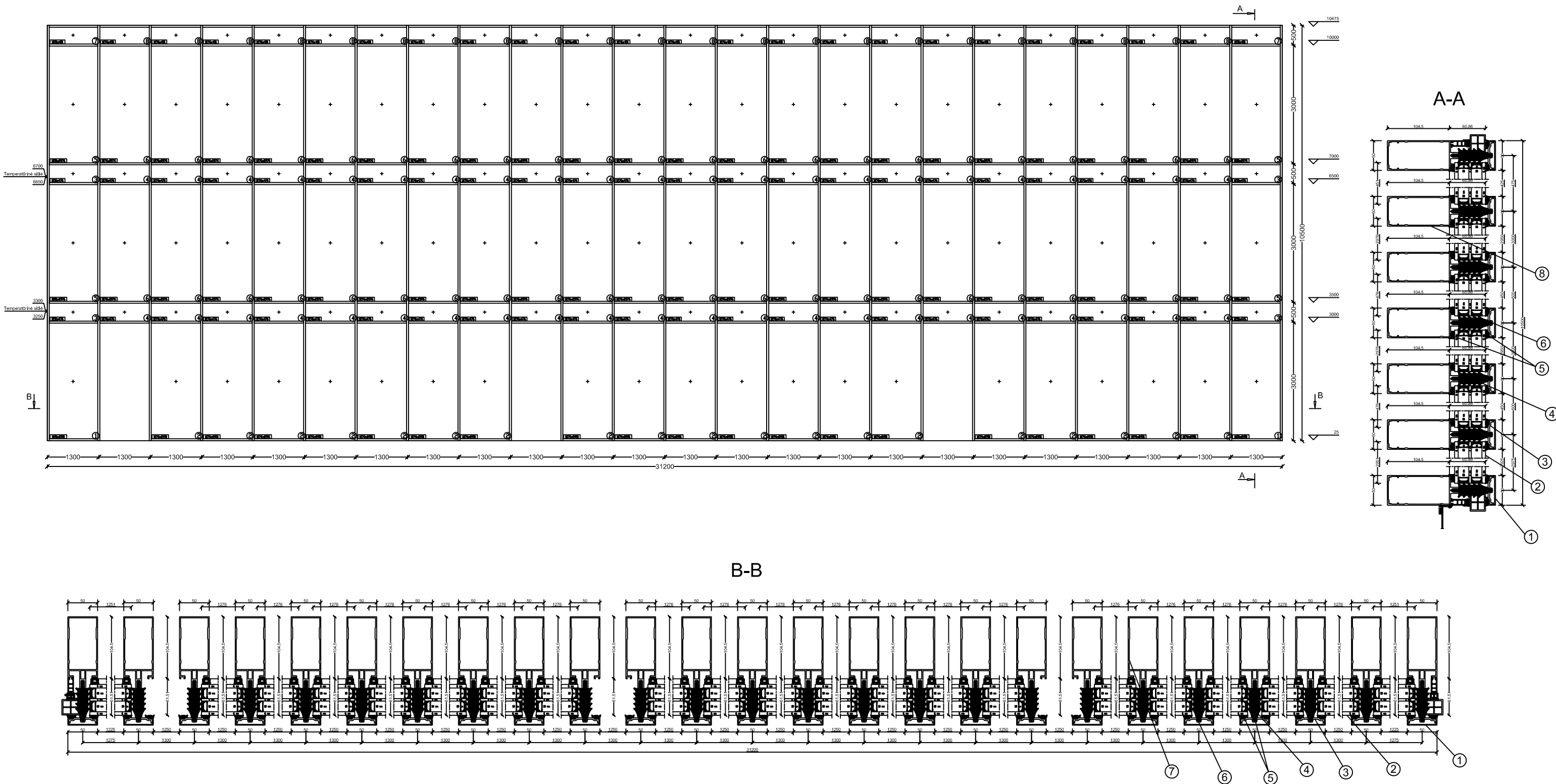
40. Priega internetu [žiūrėta 2018 m gruodžio 20 d.]:  
<<http://www.newglasstech.com/?page=product&cat=Specialities&product=thermo-guard&lang=en>>.
41. Priega internetu [žiūrėta 2018 m gruodžio 20 d.]: <[http://saint-gobain-toolbox.com/eglas/samples/Cennik\\_update\\_EGLAS\\_ENG.pdf](http://saint-gobain-toolbox.com/eglas/samples/Cennik_update_EGLAS_ENG.pdf)>.
42. Priega internetu [žiūrėta 2018 m gruodžio 20 d.]:  
<[https://www.sageglass.com/sites/default/files/mkt-025\\_cost\\_comparison\\_print\\_version.pdf](https://www.sageglass.com/sites/default/files/mkt-025_cost_comparison_print_version.pdf)>.
43. Priega internetu [žiūrėta 2018 m gruodžio 20 d.]: <[https://sgcuniversity.s3.amazonaws.com/s3fs-public/AIA%20Course\\_EC%20101.pdf](https://sgcuniversity.s3.amazonaws.com/s3fs-public/AIA%20Course_EC%20101.pdf)>.
44. Priega internetu [žiūrėta 2018 m gruodžio 20 d.]:  
<[https://en.wikipedia.org/wiki/SAGE\\_Electrochromics](https://en.wikipedia.org/wiki/SAGE_Electrochromics)>.
45. Priega internetu [žiūrėta 2018 m gruodžio 20 d.]:  
<<https://www.nanowerk.com/news/newsid=15598.php>>.
46. Priega internetu [žiūrėta 2018 m gruodžio 20 d.]:  
<[http://www.statybostaisykles.lt/sites/default/files/01\\_ENERGOTRAIN\\_TA3\\_Stiklo%20aliuminio%20fasadai\\_v161215.pdf](http://www.statybostaisykles.lt/sites/default/files/01_ENERGOTRAIN_TA3_Stiklo%20aliuminio%20fasadai_v161215.pdf)>.



**1 priedas. Objekto 3D modelis**



# ALIUMINIO - STIKLO FASADO KONSTRUKCIJOS BRĖŽINYS



## Eksplikacija:

1. Apdailinis dangtelis.
2. Stiklo paketas 6GRBIOCLEAR-18ArTGI-4-18ArTGI-6GRGNP.
3. Stiklo paketo prispaudėjas.
4. Izoliatorius.
5. Tarpinė.
6. Savisriegis stiklo paketo prispaudėjui.
7. Vertikalus aliuminio fasado konstrukcijos profilis.
8. Horizontalus aliuminio fasado konstrukcijos profilis.

	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Baigiamasis magistro projektas	
	Braižė	P.Radavičius	2019-01-17	Laida
	Tikrino		2019-01-17	0
	Priėmė		2019-01-17	
Pr.etapas	Statybos technologijų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		2019-BD	Lapas
				Lapų
			1	2

### 1. Technologinės kortelės paskirtis

Technologinė kortelė skirta skirta aliuminio - stiklo konstrukcijų vitrinų montavimo darbų aprašymui į išanksto paruoštas pastato angas. Vietos vitrinų, langų, durų montavimui turi būti lengvai prieinamos, švarios. Angokraščių horizontalumą ir vertikalumą turi užtikrinti užsakovas pagal projekto reikalavimus, paklaidos galimos bet ne didesnės nei 2 cm, priešingu atveju užsakovas turi atlikti angos koregavimus.

Angos	Ribiniai nukrypimai, mm nominaliems matmenims, m
	iki 3 virš 3 iki 6
Angos langams, durims, įstatomiems elementams	± 12 ± 16
Tos pačios angos, bet su paruoštais angos paviršiais	± 10 ± 12

Visi konstrukcijų montavimo darbai atliekami vadovaujantis suderintu montavimo darbų projektu ir laikantis statybos taisyklių ST 2491109.01:2008 (Langų, durų ir jų konstrukcijų montavimo taisyklės) reikalavimų. Darbai atliekami tik esant palankiom klimatinėm sąlygom.

### 2. Darbų organizavimas ir technologija

- 2.1 Medžiagų pristatymas ir sandėliavimas objekte - vitrinų konstrukcijos į objektą patiekiamos atskirais elementais, kurie sandėliuojami "Rangovo" nurodytoje vietoje.
- 2.2 Pastolių pastatymas - pastoliai pastatomi prie vitrinų iš lauko pusės, vadovaujantis "Pastolių surinkimo ir naudojimo vadovu" patvirtintu LR Valstybinės darbo inspekcijos.
- 2.3 Montavimo darbų eiliškumas

- 2.3.1 Pirmiausia surenkamas ir sutvirtinamas aliuminio karkasas (schemos Nr. 1 ir 2). Tvirtinama: ankeriniai varžtais prie G/b perdangų, metaliniais varžtais prie metalinių sijų įsriegiant.
- 2.3.2 Konstrukcijų stiklinimas (schema Nr. 3) - prieš stiklinimą patikrinama sandarinimo gumos jų susijungimo vietos, darbo zona aptveriami "STOP" juosta, jei yra nešvarumų nuvaloma, darbai vykdomi rankiniu būdu, stiklus keliant specialiais stiklų nešimo įrankiais. Stiklai atremiami ant specialių aliuminio laikiklių pakišant plastikinės kaladėlės, kurių storis analogiškas stiklų storiui. Stiklų padėtis koreguojama naudojant tik medinius ar plastikinius įrankius. Stiklai fasadinėje sistemoje pritvirtinami laikiniais prispaudėjais, langinėse sistemose stiklajuotėmis.
- 2.3.3 Prispaudimo juostų, gumų, apdailinių dangtelių, skardos lankstinių montavimas - prispaudimo juostos fasadinėje sistemoje prisukamos nerūdijančio plieno varžtais kas 250 mm. Gumos naudojamos atitinkamo storio, paliekant rezervą temperatūriniam pokyčiam. Apdailiniai dangteliai tvirtinami klipsų pagalba, arba prisukant atitinkamais tvirtinimo varžtais.
- 2.3.4 Langų, durų elementų su spec. staktų profiliais sumontavimas fasadinėse sistemose, sutvirtinant ner. plieno varžtais, sumontuotų gaminių sureguliuojamas.
- 2.3.5 Angokraščių sandarinimas - sandarinimo putomis užpučiami nedidesni nei 3 cm pločio tarpai, kitu atveju naudojamas polistireninis putplastis. Priešgaisrinių vitrinų angokraštis sandarinamas akmens vata.
- 2.3.6 Statybos rangovas yra atsakingas už sumontuotų gaminių apsauginių juostų ir stiklų etikečių bei tarpinių liekanų nuėmimą švelniomis valymo priemonėmis.

### 3. Kokybės kontrolė ir darbų priėmimas

Montavimo darbų kokybę kontroliuojama vadovaujantis 1 lentele. Informacija apie darbų eigą, pastebėtus nukrypimus nuo projekto pildoma statybos darbų žurnale.

1. lentelė. Kokybės kontrolės reikalavimai					
Kontroliuojamo proceso pavadinimas	Kontrolės tikslas	Naudojami prietaisai	Kontrolės laikas	Kontroliuojantis asmuo	Normat. Dokumentai. Leistinos nuokrypos
Aliuminio konstruktyvo montavimas	Konstrukcijų vertikalamo ir horizontalumo patikrinimas	Guščiuokas, nivelyras	Montuojant ta	Montavimo darbų vadovas, techninės priežiūros vadovas	Paslėptų darbų aktas. Plokštumos nuokrypa nuo vertikales +- 10 mm
Vitrinos stiklinimas	Patikrinimo stiklinimo teisingumą	Vizualinė apžiūra	Prieš stiklinimo darbus	Montavimo darbų vadovas, techninės priežiūros vadovas	Paslėptų darbų aktas.

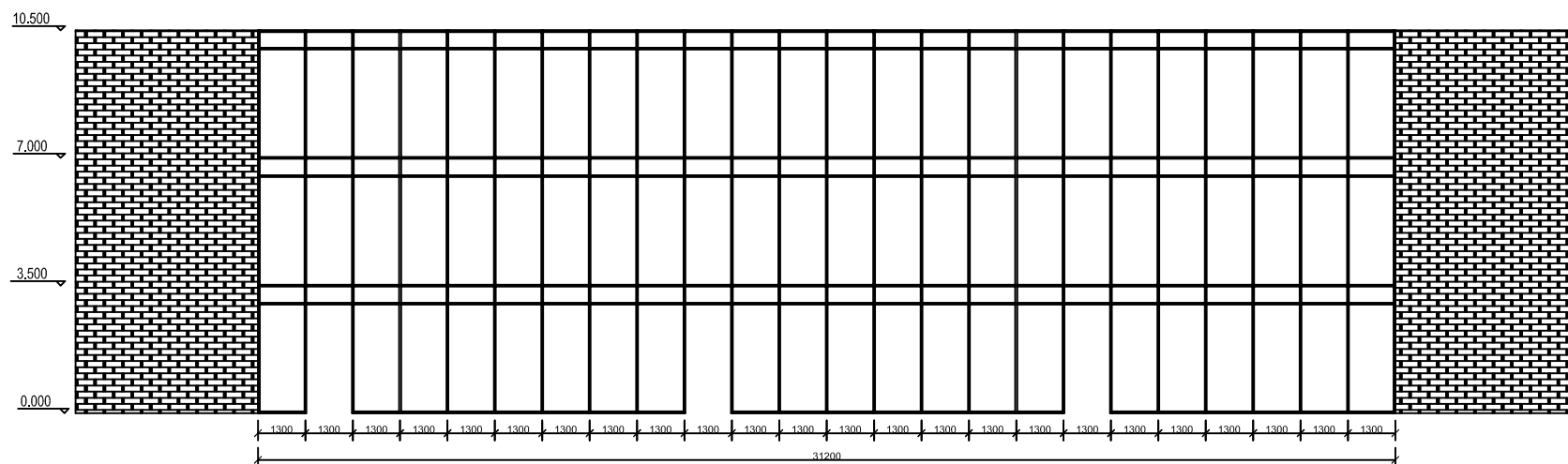
Užbaigus montavimo darbus pridodant užsakovui, pateikiami tokie dokumentai:

- darbo brėžiniai (jei reikia);
- statybos darbų žurnalas (jei reikia);
- paslėptų darbų aktai (jei reikia);
- panaudotų medžiagų ir gaminių atitikties dokumentai;
- darbų perdavimo-priėmimo aktas;
- eksploataavimo ir priežiūros instrukcija.

### 6. Darbo saugumas

- Už darbų saugą atsako atestuotas montavimo darbų vadovas.
- 1. Darbo saugos instruktažą darbo vietoje darbuotojams praveda montavimo darbų vadovas;
- 2. Instruktažas pravedamas pagal saugumo technikos taisykles patvirtintas įmonės direktoriaus kiekvienam dirbančiajam. Darbuotojams tų profesijų, kuriems keliami didesni saugumo technikos reikalavimai, prieš pravedant instrukciją darbo vietoje turi būti pravedami specialūs mokymai. Draudžiama vykdyti darbus esant stipriam vėjui ar esant kitoms nepalankioms meteorologinėms sąlygoms. Draudžiama naudotis pastoliais įrengtais ant ožių (nedidelių pakylų), taip pat draudžiama šias pakylas naudoti ant pastolių.

Fasadas A 1:200



Montavimo darbų vykdymo sąnaudų grafikas

Eil. Nr.	Proceso pavadinimas	Mato vnt.	Apimtis	Normat. Trukmė žm. d.d.	Planuojamas žmonių srautas	Planuojama pamainų	Darbo dienos ir pamainos
1.	Aliuminio-stiklo konstrukcija	m2	327,6	84	6	1	14

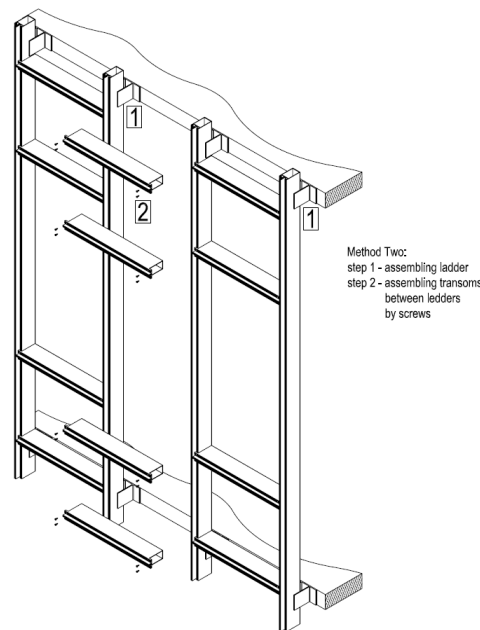
Materialiniai ir techniniai ištekliai

Įrenginių ir inventoriaus poreikis		
Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
1	Gervė - keltuvas GEDA Star 250 Comfort	2
2	Pastoliai	1
3	Akumuliatorinis suktukas	6
4	Elektrinis grąžtas	2
5	Perforatorius	2
6	Šaltkalvio komplektas	2
7	Matavimo įrankiai (ruletė; gulščiukas 1m ir 2m, nivelyras)	2 kompl.
8	Tvirtinimo kronšeinai	100 vnt.
9	Tvirtinimo ankeriai M10x120	200 vnt.

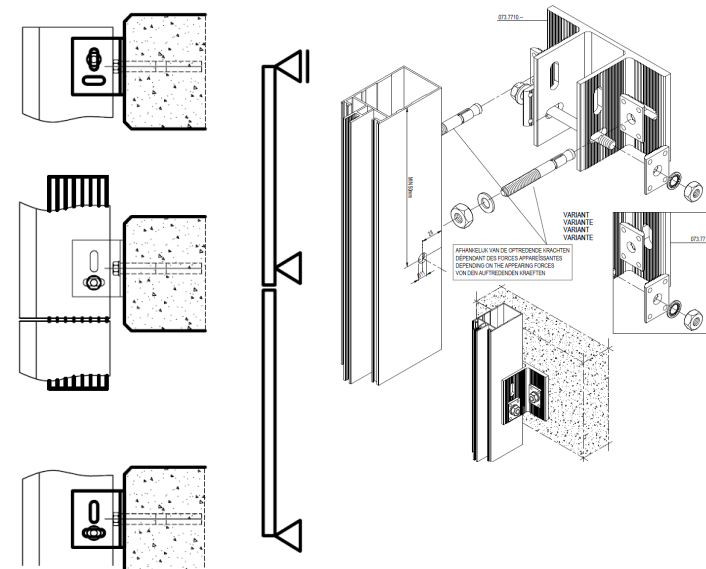
Gervė - keltuvas GEDA Star 250 Comfort

Techninės charakteristikos		
Eil. Nr.	Pavadinimas	Reikšmė
1	Kėlimo galia	250 kg
2	Kėlimo aukštis	25/50 m
3	Lyno ilgis	26/51 m
4	Maitinimo šaltinis	230 V/1 kW/1*16A
5	Kėlimo greitis	28m/min

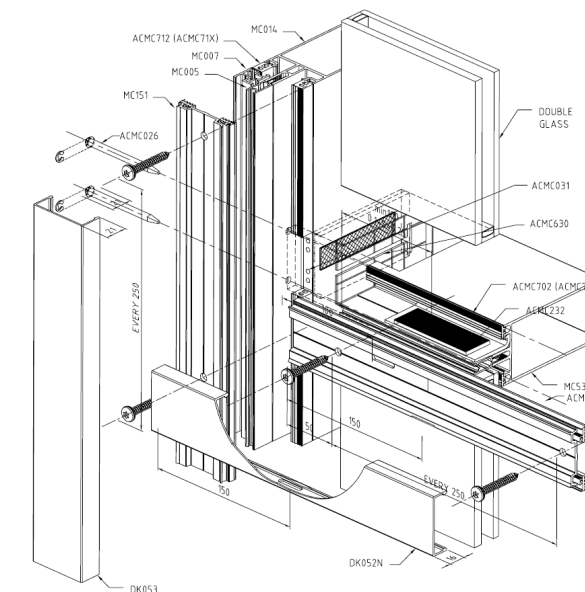
Schema Nr. 1 Konstruktyvo surinkimas



Schema Nr. 2 Konstruktyvo sutvirtinimas



Schema Nr.3 Konstruktyvo stiklinimas



SUSIPAŽINUSIŲ SU ŠIA TECHNOLOGINE KORTELE DARBININKŲ SĄRAŠAS

Eil. Nr.	Vardas Pavardė	Profesija	Parašas

KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Braigė P.Radavičius		2019-01-17	Baigiamasis magistro projektas	Aliuminio-stiklo fasado įrengimo technologinė kortelė	Laida
		Tikrino		2019-01-17			
Priėmė		2019-01-17	Lapas	Lapų			
Pr.etapas	Statybos technologijų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas				2019-BD		2