



Kauno technologijos universitetas
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

Izoterminio kėbulo surinkimo elementų tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Martyna Preidienė
Projekto autorė

Doc. dr. Arūnas Tautkus
Vadovas

Panevėžys, 2018



Kauno technologijos universitetas
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

Izoterminio kėbulo surinkimo elementų tyrimas

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Martyna Preidienė
Projekto autorė

Doc. dr. Arūnas Tautkus
Vadovas

Recenzentas

Panevėžys, 2018



Kauno technologijos universitetas
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas
Martyna Preidienė

Izoterminio kėbulo surinkimo elementų tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Martynos Preidienės, baigiamasis projektas tema „Izoterminio kėbulo surinkimo elementų tyrimas“ 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 ir pėrdę iršytėnkė)

(pėršė)



TVIRTINU
TVKC vadovė
Nida Kvedaraitė

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Diplomantei Martynai Preidienei

Baigiamojo projekto tema
(lietuvių kalba)

Izoterminio kūbulo surinkimo elementų tyrimas

Baigiamojo projekto tema (anglų
kalba)

Investigation of Isothermal Body Assembly Elements

Patvirtinta 2018 m. 03 mėn. 30 d. dekanı potvarkiu Nr. V25-13-12-1 .

Irišto baigiamojo projekto pateikimo į TVKC terminas iki 2018 m. gegužės 31 d.

Duomenys, reikalavimai ir sąlygos baigiamajam projektui

Atlikti tyrimus, su įmonėje UAB Schmitz Cargobull Baltic gaminamų krovininių automobilių
kėbulų, „Sandwich“ tipo termoizoliacinėmis plokštėmis.

Baigiamojo projekto turinys / struktūra (išvardinti pagrindines BP dalis / uždavinius / klausimus, kurie turi būti atskleisti baigiamajame projekte)

1. Padaryti izoterminių kėbulų tyrimų mokslinės literatūros apžvalgą. Pateikti izoterminių kėbulų tipų analizę bei įvertinti jų paskirtį, konstrukcinius reikalavimus ir savybes. Pateikti termoizoliacinių ir dengiamųjų medžiagų, naudojamų izoterminių kėbulų gamybai, analizę.
2. Atlikti „Sandwich“ tipo termoizoliacinių krovininių automobilių kėbulų plokščių eksperimentinių tyrimų aprašymą ir pateikti eksperimento atlikimo metodologiją.
3. Atlikti „Sandwich“ tipo termoizoliacinių krovininių automobilių kėbulų plokščių tankio, porėtumo ir skersinio tempimo eksperimentinius tyrimus.
4. Atlikti „Sandwich“ tipo termoizoliacinių krovininių automobilių kėbulų plokščių dengiamųjų skardų kietumo ir šiurkštumo eksperimentinius tyrimus
5. Atlikti „Sandwich“ tipo termoizoliacinių krovininių automobilių kėbulų plokščių stiprumo lenkimui eksperimentinius tyrimus.
6. Pateikti eksperimentinių tyrimų rezultatų analizę.

Vadovas

doc. dr. Arūnas Tautkus

(parašas, pareigos, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

Martyna Preidienė

(studento parašas, vardas, pavardė)

2018 m. gegužės 4 d.

Preidienė, Martyna. Izoterminio kėbulo surinkimo elementų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Arūnas Tautkus; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis: sausumos transporto inžinerija, technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: izoterminis kėbulas, šilumos perdavimo koeficientas, poliuretano tankis, šiurkštumas, kietumas, tempimas, lenkimas.

Panevėžys, 2018. 53 p.

SANTRAUKA

Šiame darbe nagrinėjami UAB Schmitz Cargobull Baltic izoterminio kėbulo surinkimo elementų, t. y. šoninių sienų, stogo, priekinės sienos, galinių durų plokščių izoliacinės savybės. Tyrimą sudaro penkios dalys, kuriose pateikti tiek mechaninių savybių, tiek izoliacinių savybių rezultatai.

Pirmoje dalyje padaryta analizė, kurios metu išmatavus atitinkamą kiekį kėbulų su skirtingo storio sienomis ir atlikus skaičiavimus, buvo pastebėta, kad šilumos perdavimo koeficientas skiriasi. Dėl šios priežasties tik kėbulai su 65 mm sienomis sertifikuojami kaip labai izoliuotos transporto priemonės. Taip pat šioje dalyje buvo lyginama izoliacinių medžiagų savybių įtaka šilumos perdavimo koeficientui ir gauti rezultatai parodė, kad plokščių izoliacinės savybės pagerėja apie 9,5 %.

Antroje dalyje plokščių kokybei nustatyti buvo matuojamas įvairių storių plokščių tankis ir atliekamas skersinio tempimo bandymas. Išmatavus tankį iš grafikų galima matyti, kad plokštėse poliuretano putos pasiskirstę netolygiai, t. y. tankis didžiausias plokštės viduryje, mažiausias plokštės kraštuose. Atlikus skersinio tempimo bandymą buvo pastebėta, kad bandiniai plyšta įvairiai, t. y. per putą arba nuo skardos. Išmatuotos ir apskaičiuotos tempimo vertės palyginamos su ribinėmis reikšmėmis, todėl galima sakyti, kad plokštės yra kokybiškos ir atitinka nustatytus reikalavimus.

Trečioje dalyje išmatuotas 65 mm (siena) ir 85 mm (stogas) plokščių dengiamųjų paviršių, t. y. skardų, kietumas. Matavimas buvo atliekamas trimis metodais, t. y. Brinelio būdu (HB, HRB), Vikerso būdu (HV) ir Rokvelo būdu (HRC). Vikerso HV vienetais ir Brinelio HB vienetais pavyko išmatuoti visų skardų kietumus, tačiau Brinelio HRB vienetais išmatuotas tik sienos skardų kietumas, o Rokvelo HRC vienetais – stogo skardų kietumas. Galima sakyti, kad stogui naudojamos skardos yra apie 1,6 karto kietesnės negu sienoms naudojamos skardos.

Ketvirtoje dalyje išmatuotas plokščių išorinių bei vidinių skardų šiurkštumas. Skarda kėbulo viduje yra žymiai šiurkštesnė, nei išorėje, dėl specialaus padengimo, tinkamo maisto pramonei. Matavimų metu buvo išmatuota keletas taškų, kuriuose šiurkštumas žymiai didesnis, todėl galima sakyti, kad tai brokas, nes dangų pažeidimai gadina išvaizdą bei atsiranda korozijos tikimybė.

Penktoje dalyje atliktas skirtingų storių plokščių trijų taškų lenkimo bandymas. Jo metu buvo matuojamas jėgos kitimas laike ir stebimos plokščių deformacijos. Pagal gautus lenkimo įlinkius galima sakyti, kad plokštė yra plastiška, dalis deformacijos atsistatė, tačiau liekamoji deformacija liko. Staigus jėgos kitimas pastebimas lenkiant iki 3 kN 85 mm plokštę ir iki 2 kN lenkiant 45 mm ir 65 mm plokštes.

Preidienė, Martyna. Investigation of Isothermal Body Assembly Elements. Master's Final Degree Project / supervisor abbreviation of the position, Arūnas Tautkus; Panevėžys Faculty of Technologies and Business, Kaunas University of Technology.

Study field and area: Overland Transport Engineering, Technology Sciences.

Keywords: isothermal body, heat transfer coefficient, polyurethane density, roughness, hardness, tensile, bending.

Panevėžys, 2018. 53 pages.

SUMMARY

In this work, the UAB Schmitz Cargobull Baltic isothermic body assembly elements, i. e. side walls, roof, front wall, rear door panels, insulation properties are analyzing. The study consists of five sections, in which both the mechanical properties and the insulation properties are presented.

In the first section an analysis was carried out in which was observed that the coefficient of heat transfer differs for bodies with different thicknesses of walls. For this reason, only bodies with 65 mm walls are certified as highly insulated vehicles. In this part, the influence of insulating properties to the heat transfer coefficient was also compared, and the results showed that the insulating properties of the panels increased by about 9,5%.

In the second section, to determine the quality of the panels, the density of different thickness plates was measured and a transverse tensile test was performed. By measuring the density, from the graphs it can be seen that the polyurethane foam is distributed unevenly on the panels, i. e. the density is largest in the middle of the panel, smallest on the edges of the panel. After the transverse tensile test, it was observed that the specimens split in various ways, i. e. through foam or from tin. The measured and calculated tensile values are compared with the limit values – the panels are of high quality and meet the requirements.

In the third section were measured 65 mm (wall) and 85 mm (roof) panel surfaces, i. e. tins, hardness. Measurement was performed using three methods, i. e. Brinell (HB, HRB), Vickers (HV) and Rockwell methods (HRC). Vickers HV units and Brinell HB units succeeded in measuring the hardness of all tins, but Brinell's HRB units measured only the hardness of the wall tins, while the Rockwell HRC units measured the hardness of the roof tins. So roof tins are about 1,6 times harder than wall tins.

In the fourth section, the roughness of the outer and inner tin is measured. The tin inside the body is much more rougher than on the outside due to a special coating suitable for the food industry. Several points were measured during the measurements, in which the roughness is much higher, so it is a broke, because the damage to the coating is damaging the aesthetic look and the probability of corrosion appears

In the fifth section, a three-point bending test was made for various thickness plates. During this time, the variation of force in time and the observed deformations of the plates were measured. According to the obtained bending deflections it can be said that the plate is plastic, part of the deformation has resumed, but the residual deformation remains. A sudden change in strength is observed when bending up to 3 kN for a 85 mm board and up to 2 kN by bending 45 mm and 65 mm plates.

Turinys

Ižanga	1
1. Literatūros apžvalga.....	2
1.1. Izoterminių kėbulų tipai ir jų paskirtis rinkoje.....	2
1.2. „Sandwich“ plokščių konstrukciniai reikalavimai ir savybės.....	4
1.3. Termoizoliacinės medžiagos	7
1.4. „Sandwich“ plokščių dengiamosios medžiagos	10
2. Tyrimų metodika ir rezultatai	15
2.1. „Sandwich“ plokščių izoliacinės medžiagos tyrimas šilumos perdavimo koeficientui nustatyti	15
2.1.1. Tyrimo metodika ir priemonės	15
2.1.2. Tyrimo rezultatai	19
2.1.3. Rezultatų apžvalga.....	24
2.2. „Sandwich“ plokščių izoliacinės medžiagos tyrimas: tankio nustatymas ir skersinio tempimo bandymas	25
2.2.1. Tyrimo metodika ir priemonės	25
2.2.2. Tyrimo rezultatai	30
2.2.3. Rezultatų apžvalga.....	34
2.3. „Sandwich“ plokščių dengiamųjų paviršių kietumo tyrimas	35
2.3.1. Tyrimo metodika ir priemonės	35
2.3.2. Tyrimo rezultatai	36
2.3.3. Rezultatų apžvalga.....	38
2.4. „Sandwich“ plokščių dengiamųjų paviršių šiurkštumo tyrimas.....	38
2.4.1. Tyrimo metodika ir priemonės	38
2.4.2. Tyrimo rezultatai	39
2.4.3. Rezultatų apžvalga.....	44
2.5. „Sandwich“ plokščių stiprumo lenkimui tyrimas.....	44
2.5.1. Tyrimo metodika ir priemonės	44
2.5.2. Tyrimo rezultatai	46
2.5.3. Rezultatų apžvalga.....	49
Išvados ir rekomendacijos	50
Literatūros sąrašas.....	52

Ižanga

Didėjant transporto priemonių paklausai, griežtėjant greitai gendančių maisto produktų transportavimo sąlygoms, didelis dėmesys koncentruojamas į eksploatacines transporto priemonės kėbulo savybes. Norėdami klientui suteikti kokybišką produktą, gamintojai turi apgalvoti, kaip galima būtų pagerinti šalčio ar šilumos izoliacines savybes, atsižvelgdami taip pat į konstrukcinius reikalavimus.

Izoterminio kėbulo paskirtis yra išlaikyti izoliacines savybes viso eksploataavimo metu, o ypatingai transportuojant greitai gendančius maisto produktus. Todėl izoliacinės medžiagos – poliuretano putos savybės yra svarbus faktorius, lemiantis plokščių kokybę. Kėbulą sudaro: stogas, šoninės sienos, priekinė siena, galinės durys ir grindys – pagrindiniai elementai, kurie užtikrina saugų krovinių gabenimą, pakrovimą bei užtikrina reikalingą temperatūrą kėbulo viduje.

Darbo objektas – izoterminio kėbulo surinkimo elementai.

Darbo tikslas – ištirti įmonėje UAB „Schmitz Cargobull Baltic“ gaminamų izoterminių plokščių izoliacinės medžiagos bei dengiamųjų skardų savybes.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti skirtingų parametrų kėbulų izoterminį bandymą ir apskaičiuoti bei nustatyti, kas įtakoja šilumos perdavimo koeficiento vertes.
2. Palyginti šilumos perdavimo koeficientus, kai izoterminės plokštės sudarytos iš skirtingų charakteristikų užpildo medžiagų.
3. Nustatyti skirtingų storių izoterminių plokščių izoliacinės medžiagos (poliuretano) tankį ir patikrinti, ar rezultatai neviršija leistinųjų ribų.
4. Patikrinti plokščių stiprumą tempimui ir kokio dydžio tempimui esant plokštė perskyla.
5. Išmatuoti plokščių išorinių bei vidinių dengiamųjų skardų šiurkštumą ir palyginti gautus rezultatus.
6. Išmatuoti plokščių išorinių bei vidinių dengiamųjų skardų kietumus ir palyginti gautus rezultatus.
7. Nustatyti, kokia lenkimo jėga reikalinga, jog dėl atsiradusių deformacijų plokštė tampa nebetinkama eksploatuoti.

Konferencijose skaityti pranešimai:

Pranešimas tema „*Izoterminio kėbulo surinkimo elementų tyrimas*“ studentų mokslo darbų konferencijoje „Technologijų ir verslo aktualijos 2018“. Panevėžys: Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, 2018 m. gegužės 4 d.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Izoterminių kėbulų tipai ir jų paskirtis rinkoje

Kiekviena „UAB Schmitz Cargobull Baltic“ priekaba gaminama taikant modulių sistemą. Tai reiškia, kad pasirenkant ir derinant važiuoklės ir kėbulo variantus galima įgyvendinti ypatingus klientų pageidavimus arba įvykdyti transporto šakai keliamus reikalavimus. Naudodama konstrukcinių blokų įvairovę, įmonė pateikia individualius sprendimus vykdydama į aukštą kokybę orientuotą pramoninę serijinę gamybą.

Puspriekabės. Gamindama kėbulus, įmonė pagal pageidavimus gali sukongigūruoti ne tik puspriekabės stogą, priekinę sieną, šonines sienas, duris, bet ir važiuoklę. Atsižvelgiant į krovinių tipą ir naudojimo sąlygas, puspriekabės SKO (žr. 1.1 pav.) ir SKO EXPRESS (žr. 1.2 pav.) taip pat gali apimti kitus tinkamus sprendimus: pakrovimo įrangą, krovinio tvirtinimo įrangą, temperatūros kontrolės ir saugumo priedus, sukomplektuotus pagal kliento poreikius.



1.1 pav. SKO puspriekabė [1]



1.2 pav. SKO EXPRESS puspriekabė su visiškai atidaroma šonine siena [1]

Priekabos. Izoterminė puspriekabė ar kietašonis antstatas, kiaurojo krovimo autotraukinys ar kietašonė priekaba – visi aukščiausios kokybės „Schmitz Cargobull“ gaminiai (žr. 1.3 pav., 1.4 pav., 1.5 pav.) atsiperka dėl mažų eksploataavimo išlaidų.



1.3 pav. AKO izoterminė priekaba [1]



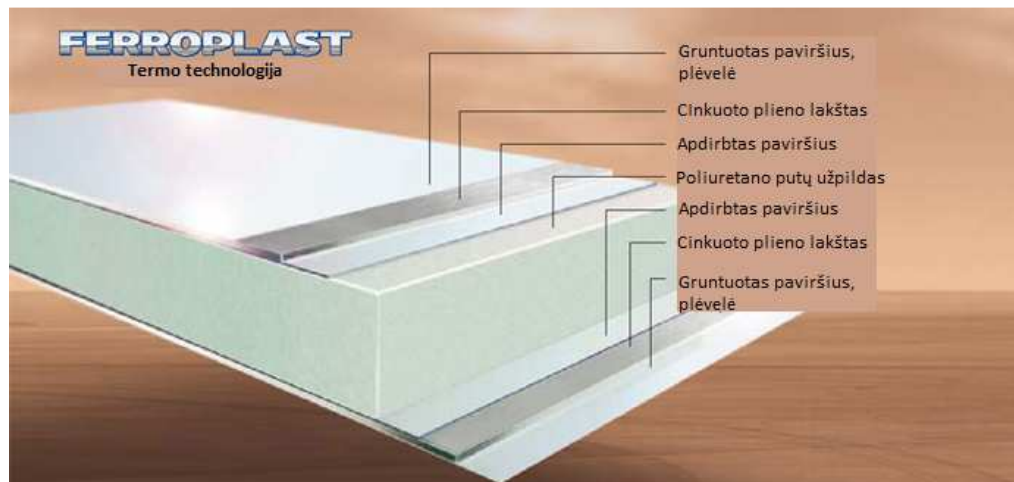
1.4 pav. ZKO 8.1 FP 25 kiaurojo krovimo autotraukinys [1]



1.5 pav. ZKO Centrinės ašies izoterminė priekaba [1]

FERROPLAST plokštės. FERROPLAST termoizoliacijos technologija (žr. 1.6 pav.) jungia pagerintas naujojo NX17 poliuretano putplasčio izoliacinės savybes su atspariais dvipusiais dengiamaisiais sluoksniais iš kelis kartus dengto metalo (pasirinktinis variantas) ir su HDR

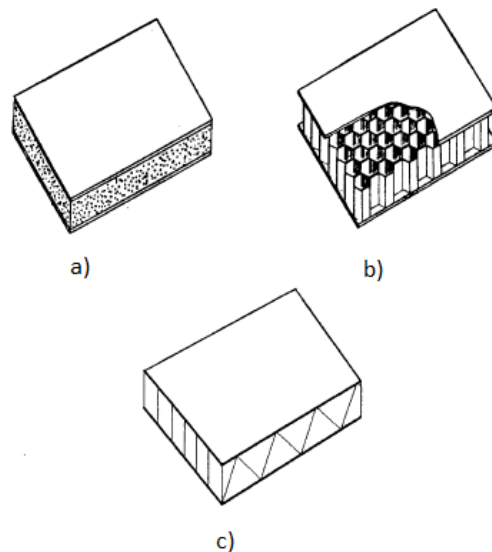
technologija, kuriai būdingas didelis atsparumas įlinkiams. Iš šios medžiagos specialaus klijuojamojo jungimo būdu gaminami kėbulai su visiškai garų difuzijai nelaidžiais paviršiais. FERROPLAST kėbulas pasižymi efektyviu energijos naudojimu, higieniškumu, atsparumu senėjimui ir lengvu remontu. [1]



1.6 pav. FERROPLAST plokštės sudėtis [1]

1.2. „Sandwich“ plokščių konstrukciniai reikalavimai ir savybės

Visų „sandwich“ plokščių struktūra paremta vienu pagrindiniu modeliu. Du išoriniai paviršiai, kurie yra gana ploni ir didelio stiprumo, dengia vidinį sluoksnį, kuris santykinai storas, lengvas ir turi pakankamą standumą normalės kryptimi. Daugybė „sandwich“ konstrukcijų gaunama tarpusavyje derinant skirtingas dengiamąsias ir užpildo medžiagas. Dengiamieji paviršiai gali būti plienas, aliuminis, medis, plastikas arba net betonas. Vidinis sluoksnis gali būti pagamintas iš medienos, gumos, kietos plastikinės medžiagos (polietileno), standžiosios putų medžiagos (poliuretanas, polistirenas, fenolio putplastis), mineralinės vatos, metalo ar net iš popieriaus. 1.7 pav. pateikti trys „sandwich“ plokščių pavyzdžiai iš struktūrinių elementų. [2 p. 1]



1.7 pav. „Sandwich“ plokščių konstrukcijos: a) poliuretano šerdis; b) metalinė korio formos šerdis
 c) mineralinės vatos šerdis [2 p. 1]

Kiekvienu atveju dengiamieji paviršiai gali būti spalvotojo plieno, aliuminio arba jie gali būti nemetaliniai, pavyzdžiui, faneros drožlių plokštės arba stiklo pluoštas. Šių medžiagų kombinacija suteikia galimybę sukurti optimalų dizainą, kuris skirtas konkrečioms reikmėms. [2 p. 1]

„Sandwich“ plokštės su plonu plieno arba aliuminio sluoksniu ir su mažo tankio poliuretano arba mineralinės vatos šerdimi, turi ypatingą savybių derinį, kuris idealiai tinka sienų ir stogų gamybai. Jie sujungia teigiamas metalo savybes, kaip atsparumas apkrovoms, mechaniniams pažeidimams, šerdies sluoksnio nelaidumas garams, taip pat šilumos ir garso izoliacija bei vidinė apsauga nuo korozijos. Todėl šis „sandwich“ plokščių derinys pasižymi tokiais savybėmis [2 p. 1]:

- Didelis atsparumas apkrovoms, kai plokštės svoris mažas;
- Puiki ir patvari šiluminė izoliacija;
- Absolutus nelaidumas vandeniui bei garams;
- Puikus hermetiškumas;
- Paviršiaus apdaila, užtikrinanti atsparumą oro sąlygoms ir agresyviai aplinkai;
- Paprastas remontas;
- Ilgaamžiškumas esant mažoms priežiūros išlaidoms.

Kalbant apie „sandwich“ plokštes, svarbu paminėti esminius reikalavimus, kurie keliami plokščių eksploatacijos metu, t.y. [4 p. 1]:

1. Saugos reikalavimai, susiję su darbu ir jo sudedamųjų dalių saugumu:
 - stabilumas gamybos, transportavimo, surinkimo ir eksploatavimo metu;
 - gebėjimas prisitaikyti prie deformacijų, atsirandančių dėl temperatūros poveikio;

- atsparumas ugniai.
2. Tinkamumo reikalavimai, susiję su plokščių naudojimu:
 - atsparumas vandens, sniego, oro ir dulkių prasiskverbimui pro dengiamuosius paviršius ir sujungimus;
 - pakankama šilumos ir šalčio izoliacija;
 - apsauga nuo drėgmės;
 - gera garso izoliacija.
 3. Ilgaamžiškumo reikalavimai užtikrina plokštės funkcijas ir savybes per tam tikrą laiką:
 - ilgalaikis atsparumas oro sąlygoms;
 - atsparumas korozijai dėl agresyvių aplinkos sąlygų.
 4. Estetiniai reikalavimai, susiję su užbaigtos konstrukcijos kokybe:
 - geometriniai nuokrypiai, įskaitant plokščių lygumą;
 - spalvų svyravimai.

FERROPLAST kėbulas – tai solidi ekonominė pridėtinė vertė. Jo kokybiškumą įrodo beveik 50 % izoterminių puspriekabių rinkos dalis Europoje. Pagrindinės FERROPLAST plokščių savybės [1]:

- Nauja NX17 poliuretaninio putplasčio technologija: naudojant putas dideliame plote užtikrinamas visiškas sujungimas su dengiamaisiais sluoksniais; bendras putų tankis – apie 55–95 kg/m³.
- Cheminė ir fizinė apsauga dėl katodinio apdirbimo cinko arba plieno garuose (žr. 1.8 pav.).



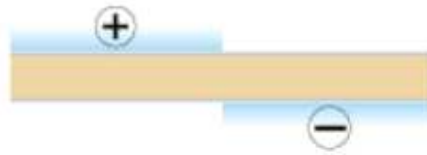
1.8 pav. Atsparumas korozijai [1]

- Atspari populiarioms cheminėms medžiagoms, neutralaus kvapo, atspari irimui ir puvimui, grybeliui ir mikrobams, nepavojinga fiziologiškai, pasižymi patvirtintu suderinamumu su maisto produktais (žr. 1.9 pav.).



1.9 pav. Naudojimas su cheminėmis ir biologinėmis medžiagomis [1]

- Naudojami metaliniai dengiamieji sluoksniai yra visiškai atsparūs garų difuzijai: patekus vandens, nesumažėja izoliuojamoji geba ir naudingoji masė (žr. 1.10 pav.).



1.10 pav. Nelaidumas garams [1]

- Įspaudžiant 20 mm skersmens rutuliuku, jėgos iki 300 N nesukelia liekamosios deformacijos, priklausomai nuo plokštės storio ir medžiagų derinio (žr. 1.11 pav.).



1.11 pav. Pasipriešinimas įspaudimui [1]

- Plieno plėtimosi koeficientas yra maždaug 50 % mažesnis nei aliuminio ir maždaug 70 % mažesnis nei GFK. Šiluminį plėtimąsi visiškai kompensuoja užlenktinės jungtys, taip nesusidaro deformacija (žr. 1.12 pav.).



1.12 pav. Šiluminis plėtimasis [1]

- Plieniniai dengiamieji sluoksniai pasižymi gerokai mažesne šilumine varža nei GFK, todėl reikia mažiau laiko kroviniui atšaldyti.
- 10 % suspaudimas esant 50 t/m² slėginei apkrovai, priklausomai nuo plokštės storio ir medžiagų derinio.

1.3. Termoizoliacinės medžiagos

Pagrindinės medžiagos, naudojamos „sandwich“ plokščių gamyboje, turi pasižymėti geromis mechanėmis savybėmis, kaip stiprumas ir standumas. Dažniausiai naudojamos šios [25 p. 2]:

- standus plastiko putplastis;
- neorganinių pluoštų medžiaga.

Svarbios termoizoliacinių medžiagų savybės priklauso nuo tokių gamybos procesų [25 p.

2]:

- plokštės sujungiamos tarpusavyje klizais, arba
- skystos putos komponentai sumaišomi ir plečiasi tam tikroje temperatūroje, susijungdami su metaliniais paviršiais.

Svarbios mechaninės savybės yra tempimas, lenkimas, šlytis bei šlyties moduliai. Šioms visų polimerinių medžiagų savybėms, įtakos turi aplinkos temperatūra ir drėgmė.

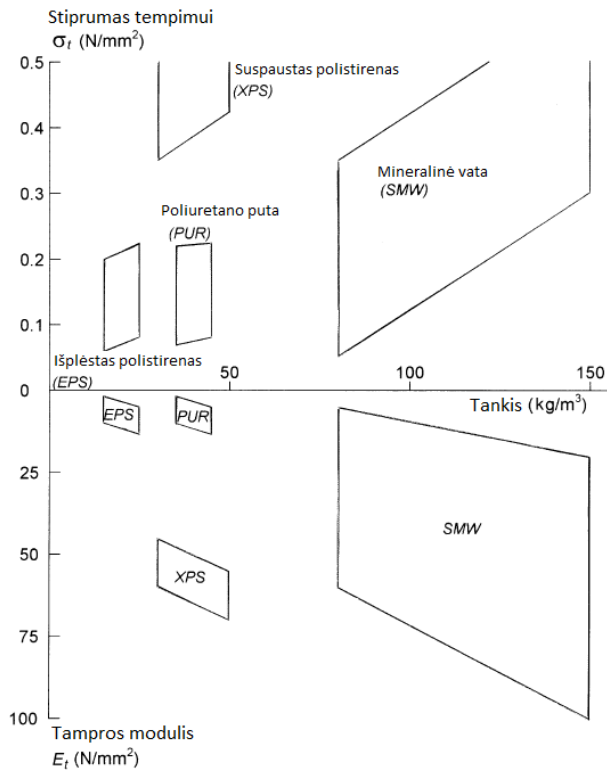
1.13 pav. ir 1.14 pav. pateikiamos skirtingų izoliacinių medžiagų mechaninių savybių priklausomybė nuo medžiagos tankio. Plokščių stiprumas ir standumas daugiausia priklauso nuo medžiagos tankio, taip pat negalima pamiršti, kad priklauso ir nuo temperatūros bei apkrovos trukmės. Mineralinėms vatoms tankis nėra pagrindinė charakteristika norint nustatyti mechanines savybes, nes gali būti naudojamos specialios vilnos, pagamintos naudojant konkrečią gamybos technologiją. 1.13 pav. ir 1.14 pav. nurodytos vertės gali būti laikomos tik orientacinėmis. Atitinkamos medžiagų vertės paprastai turėtų būti gautos iš bandymų arba iš gamintojų lentelių. [33 p. 3]

Svarbiausios pagrindinės savybės ir reikalavimai izoterminėms plokštėms [40 p. 3]:

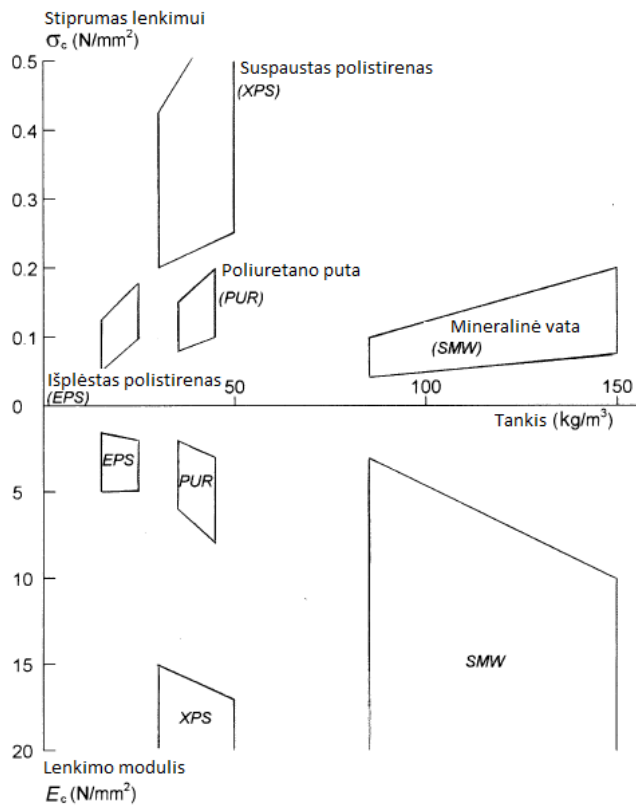
- aukšta šilumos izoliacija;
- atsparumas drėgmės sugėrimui;
- patvarumas ugniai;
- garso izoliacija.

Medžiagos, kurios suteikia aukščiausią šilumos izoliacijos vertę, yra standžios putos. Skirtingų tipų putų medžiagos savybės skiriasi nuo jų gamybai naudojamų žaliavų. Be to, galima ir atitinkamai keisti putų medžiagos struktūrą keičiant sudedamųjų medžiagų kiekį ar gamybos procesą. „Sandwich“ plokščių konstrukcijai reikalinga standi putų medžiaga, kuri turi uždara ląstelių struktūrą. Dažniausiai naudojamos medžiagos [34 p. 3]:

- poliuretanai / polizocianuratai (PUR / PIR);
- išplėstas ir suspaustas polistirenas (EPS ir XPS);
- fenolio derva (PF).



1.13 pav. Izoliacinių medžiagų stiprumo tempimui ir tampos modulio priklausomybė nuo medžiagos tankio [33 p. 3]



1.14 pav. Izoliacinių medžiagų stiprumo lenkimui ir lenkimo modulio priklausomybė nuo medžiagos tankio [34 p. 3]

Poliuretanas ir polizocianuratas yra termoreaktyvios medžiagos, o tai reiškia, kad iš šių medžiagų kūną galima formuoti tik vieną kartą, nes po liejimo poliuretano ir polizocianurato putos sustingsta ir kūno formos keisti nebegalima. Pagrindinės putų poliuretano sudedamosios medžiagos yra poliolis, izocianatas, plėtimosi elementas ir aktyvatoriai, kurie kontroliuoja vykstančią reakciją. [56 p. 4]

Sumaišius sudedamąsias chemines medžiagas, skystos putos pradeda greitai plėstis. Plokščių liejimo metu, besiplečiančios putos užpildo visą plokštės tūrį nuo vieno galo iki kito, tuo pačiu kildamos ir aukštyn. Laiko tarpas tarp komponentų sumaišymo ir putplasčio šerdies sukietėjimo yra nuo 3 iki 6 minučių, atsižvelgiant į šerdies storį. Kadangi vykstanti cheminė reakcija yra egzoterminė, storesnių nei 100 mm plokščių liejimo metu gali būti pasiekta net iki 150 °C temperatūra. Todėl būtina palaikyti tokias plokštes ramybės būsenoje bent 24 valandas, kad pasibaigtų stingimo procesas ir plokštės tinkamai atliktų savo funkciją. [56 p. 4]

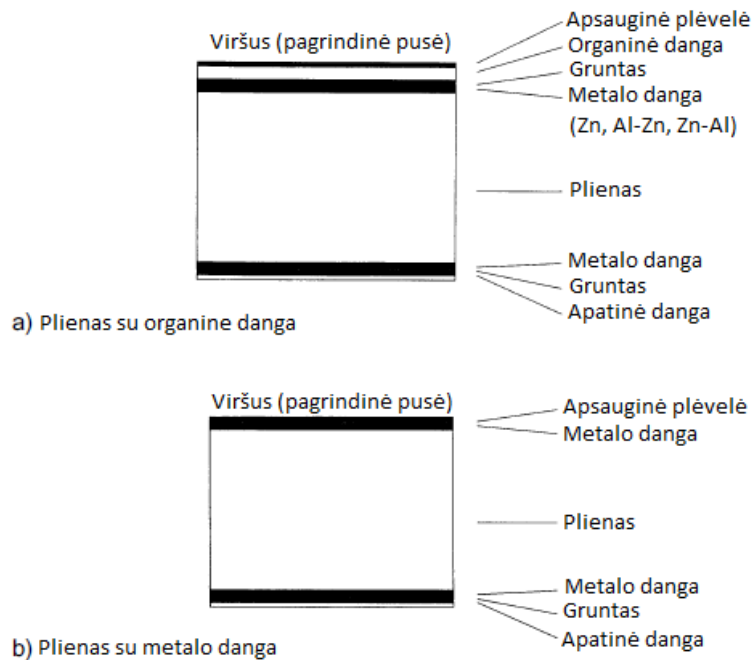
Tyrime analizuojama medžiaga – poliuretanai, sistema Elastopor H 1231/17OT. Poliuretano kietų putų sistema skirta didelių plotų „sandwich“ elementų gamybai su įvairiais dengiamaisiais sluoksniais horizontalaus užpylimo metu. Putų reakcijos laikai ir takumo savybės užtikrina patikimą netgi sudėtingų fasoninių detalių ir elementų užpildymą medžiagų klasę B3 pagal DIN 4102, 1 dalį. [5]

Sistemą sudaro:

- Poliolio komponentas – mišinys iš poliesterio poliolio, stabilizatoriaus, katalizatoriaus;
- B komponentas – polimerinis difenilmetandiizocianatas (IsoPMDI 92140);
- C komponentas – putokšlis ciklo/izopentanas.

1.4. „Sandwich“ plokščių dengiamosios medžiagos

Ploni plieniniai lakštai yra dažniausiai naudojamos medžiagos izoliacinių plokščių dengiamiems paviršiams. Apskritai, turėtų būti naudojamos metalinės ir organinės (plastikinės) dangos. Organiškai dengti lakštai be metalinio sluoksnio, apsaugančio nuo korozijos, neturėtų būti naudojami. 1.15 pav. pavaizduoti du galimi plieno lakštų padengimo variantai. [21 p. 6]



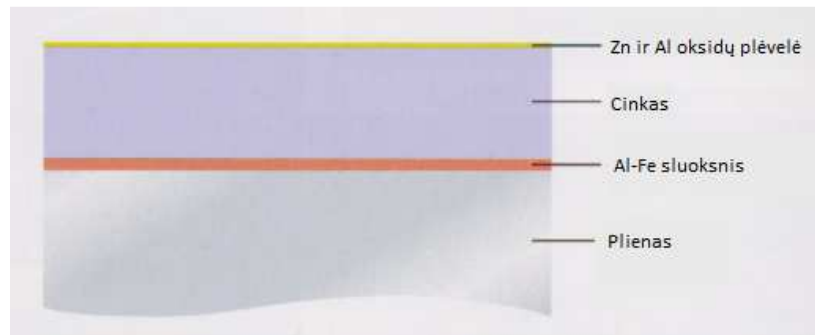
1.15 pav. Plieno lakštai su alternatyviais padengimo būdais [21 p. 6]

Plienas paprastai yra šaltai valcuojamas iš anksto padengus jį metaliniu sluoksniu, apsaugančiu nuo korozijos. Dažniausiai lakšto padengimui taikomas karštas cinkavimas, bet cinko-aliuminio arba aliuminio-cinko lydiniai taip pat naudojami. Vien tik cinko sluoksniai paprastai nėra pakankamai apsaugoti nuo korozijos ir jie estetiškai negražiai atrodo. Taip pat padengimas organinėmis medžiagomis yra naudojamas dar ir tam, kad būtų užtikrintas patikimas sukibimas su plokštės užpildo medžiagomis. Jos apsaugo metalinį sluoksnį nuo mechaninio ir cheminio nusidėvėjimo. Abi plieno lakštų pusės pirmiausia padengiamos gruntu (storis 5 ± 10 mm), kuris užtikrina gerą ryšį tarp metalo sluoksnių (žr. 1.15 pav. a)). Tada organinės dangos lengvai prilimpa prie šio grunto sluoksnio. [22 p. 6]

Paprastai organinės dangos storis ant lakšto pagrindinės pusės yra 7 ± 15 mm ir šiek tiek didesnis nei ant apatinės pusės. 1.15 pav. b) parodytas alternatyvus atvejis, kai lakštas yra padengtas tik metaliniu sluoksniu, saugančiu nuo korozijos. Grunto sluoksnis ir apsauginis metalo sluoksnis taip pat reikalingi ant apatinės lakšto pusės, norint užtikrinti patikimą ryšį tarp plokštės šerdies ir lakšto. Visos dangos gaminamos specialiomis sąlygomis plieno gamykloje arba specialioje dažymo linijoje. Vien tik aliuminio ir cinko sluoksnis gerai apsaugo nuo korozijos. Taip pat cinkuotas plienas be organinės dangos gali būti naudojamas patalpų viduje. [46 p. 7]

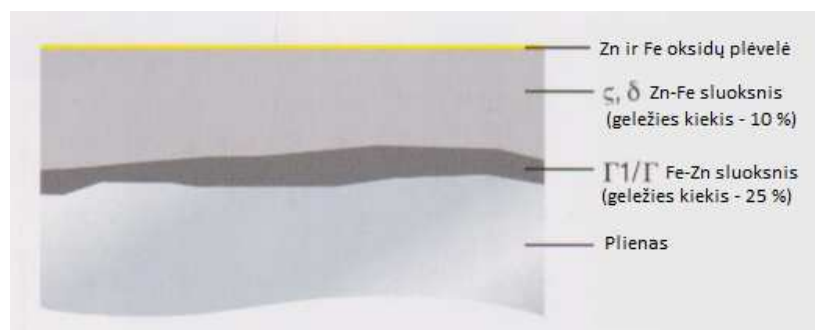
Priklausomai nuo gamybos sąlygų, dangos gali būti skirtingo grūdėtumo ir skirtingo blizgesio. Skarda, naudojama „sandwich“ plokščių gamybai, gali būti su tokiais padengimais [28 p. 8]:

1. Cinkuotas paviršius (žr. 1.16 pav.) gaunamas, kai cinko danga sukietėja. Atsižvelgiant į cinkavimo sąlygas, neatsiranda skirtingų dydžių ir ryškumo kristalų, sluoksnis yra vientisas. [28 p. 8]



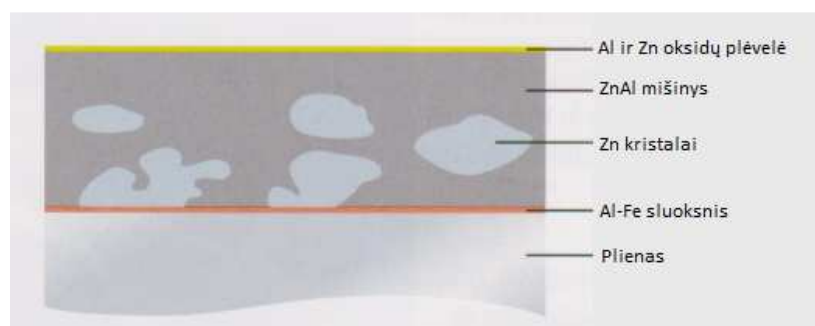
1.16 pav. Padengimas cinku [28 p. 8]

2. Cinko-geležies danga (žr. 1.17 pav.) gaunama termiškai apdorojant, kai proceso metu geležis susimaišo su cinku. Paviršius turi vienodą matinį pilką atspalvį. [28 p. 8]



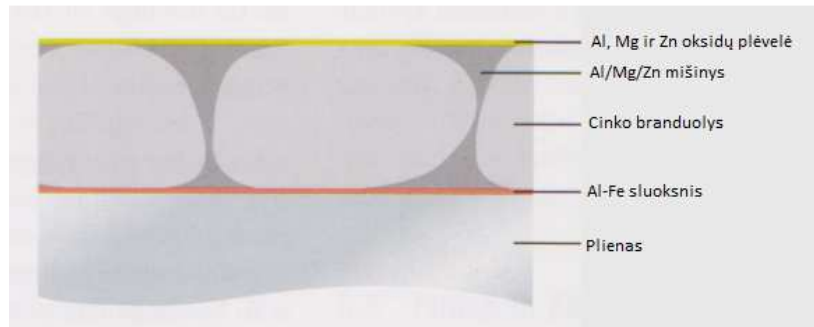
1.17 pav. Padengimas cinko-geležies lydinio [28 p. 8]

3. Cinko-aliuminio danga (žr. 1.18 pav.) turį metalinį blizgesį. Atsižvelgiant į gamybos sąlygas, atsiranda įvairaus ryškumo ir dydžių kristalai, kurie neįtakoja dangos kokybės. [28 p. 8]



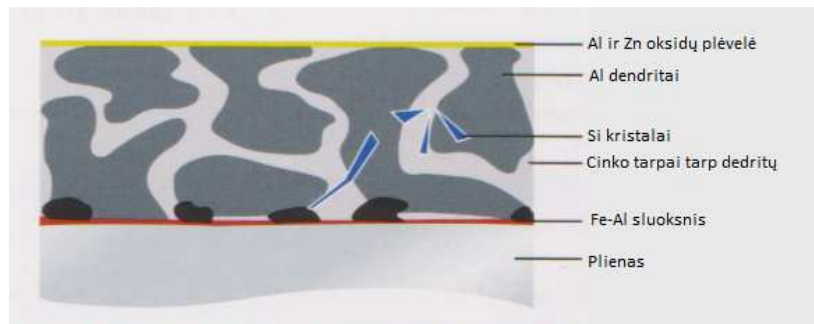
1.18 pav. Padengimas cinko-aliuminio mišiniu [28 p. 8]

4. Cinko-magnio padengimas (žr. 1.19 pav.) gaunamas, kai paviršius paliekamas tolygiai sustingti. Paviršius yra metalinio atspalvio ir gali būti tiek matinis, tiek labai šviesus arba tamsėjantis. [29 p. 8]



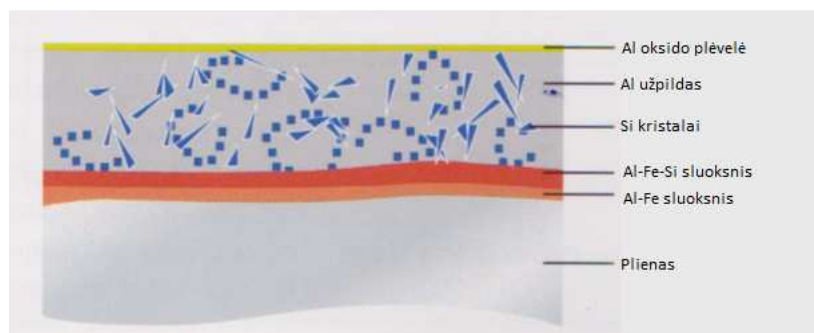
1.19 pav. Padengimas cinko-magnio mišiniu [29 p. 8]

5. Aliuminio padengimas su nedideliu cinko kiekiu (žr. 1.20 pav.) gaunamas blizgus. [29p. 8]



1.20 pav. Padengimas aliuminiu su minimaliu cinko kiekiu [29 p. 8]

6. Aliuminio, geležies ir silicio danga gaunama karšto panardinimo būdu (žr. 1.21 pav.). [29 p. 8]



1.21 pav. Padengimas aliuminiu su minimaliu silicio kiekiu [29 p. 8]

Tyrime analizuojama dengiamojo paviršiaus medžiaga –plienas S280GD+ZA (žr. 1.18 pav.). Izoterminių plokščių skardų tipai ir charakteristikos:

- 0,6 mm PVC dengta skarda – minimali takumo riba 300 N/mm², maksimali – 350 N/mm² pagal DIN 17162, 2 dalį su 200 g/m² cinko danga (apie 14 μm dangos kiekvienoje pusėje). 0,6 mm storis – tai metalinės šerdies storis (įskaitant cinką, alternatyviai 185 g/m² galfaną). Viršutinė pusė su PVC – lipnia folija su minimaliu storiu 100 μm tipo Roxan HML P 3050. Dengimas tinkamas maisto pramonei (tinkama naudoti tik vidinėje pusėje). Apatinė pusė – su apsauginiu dažų sluoksniu 5-9 μm, tinkama pilti putoms ir klijuoti PU pagrindu.
- 0,4 mm PVC dengta skarda – minimali takumo riba 300 N/mm², maksimali – 350 N/mm² pagal DIN 17162, 2 dalį su 200 g/m² cinko danga (apie 14 μm dangos kiekvienoje pusėje). 0,4 mm storis – tai metalinės šerdies storis (įskaitant cinką, alternatyviai 185 g/m² galfaną). Viršutinė pusė su PVC – lipnia folija su minimaliu storiu 100 μm tipo Roxan HML P 3050. Dengimas tinkamas maisto pramonei (tinkama naudoti tik vidinėje pusėje). Apatinė pusė – su apsauginiu dažų sluoksniu 5-9 μm, tinkama pilti putoms ir klijuoti PU pagrindu.
- 0,6 mm gruntuota skarda – minimali takumo riba 300 N/mm², maksimali – 350 N/mm² pagal DIN 17162, 2 dalį su 200 g/m² cinko danga (apie 14 μm dangos kiekvienoje pusėje). 0,6 mm storis – tai metalinės šerdies storis (įskaitant cinką, alternatyviai 185 g/m² galfaną). Viršutinė pusė su maždaug 12 μm EP gruntavimu. Galima pilti putomis ir klijuoti PU pagrindu. Apatinė pusė su maždaug 7 μm EP gruntavimu, tinkama pilti putoms ir klijuoti PU pagrindu.
- 0,4 mm gruntuota skarda – minimali takumo riba 300 N/mm², maksimali – 350 N/mm² pagal DIN 17162, 2 dalį su 200 g/m² cinko danga (apie 14 μm dangos kiekvienoje pusėje). 0,4 mm storis – tai metalinės šerdies storis (įskaitant cinką, alternatyviai 185 g/m² galfaną). Viršutinė pusė su maždaug 12 μm EP gruntavimu. Galima pilti putomis ir klijuoti PU pagrindu. Apatinė pusė su maždaug 7 μm EP gruntavimu, tinkama pilti putoms ir klijuoti PU pagrindu.

2. Tyrimų metodika ir rezultatai

2.1. „Sandwich“ plokščių izoliacinės medžiagos tyrimas šilumos perdavimo koeficientui nustatyti

2.1.1. Tyrimo metodika ir priemonės

1. Šilumos perdavimo koeficiento apskaičiavimas remiantis bandymo rezultatais

Transporto priemonės, kurių kėbulas susideda iš izoterminių sienelių, durelių, grindų ir stogo, kuriais gali būti apribojama šilumos kaita vidiniame ir išoriniame kėbulo paviršiuose taip, kad pagal bendrą šilumos perdavimo koeficientą (K koeficientą) būtų galima transporto priemones priskirti vienai ar kitai iš žemiau nurodytų dviejų kategorijų [8 p. 9]:

- IN = Normaliai izoliuota transporto priemonė charakterizuojama K koeficientu, kuris yra ne didesnis kaip $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$;
- IR = Labai izoliuota transporto priemonė charakterizuojama K koeficientu, kuris yra ne didesnis kaip $0,4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, sienelių pločiu, ne mažesniu kaip 45 mm, jeigu tai yra transporto priemonė, ir kurios plotis yra daugiau kaip 2,50 m.

Šio tyrimo metu buvo matuojami skirtingų išmatavimų kėbulai su 45 mm ir 65 mm storio sienomis.

Bendras šilumos perdavimo koeficientas (K koeficientas), charakterizuojantis transporto priemonių izotermines savybes, yra išreiškiamas toliau nurodyta formule [12 p. 9]:

$$K = \frac{W}{S \cdot \Delta\theta}, \quad (1)$$

čia W – šilumos srautas, sunaudojamas kėbulo, W;

S – vidutinis paviršiaus plotas, m^2 ;

$\Delta\theta$ – vidutinės vidaus ir išorės temperatūrų skirtumas pastovaus veikimo metu, kai vidutinė išorės temperatūra yra pastovi, $^\circ\text{C}$.

Kėbulo vidutinis paviršiaus plotas yra korpuso vidinio paviršiaus ploto S_i ir kėbulo išorinio paviršiaus ploto S_e geometrinis vidurkis [12 p. 9]:

$$S = \sqrt{S_i S_e}, \quad (2)$$

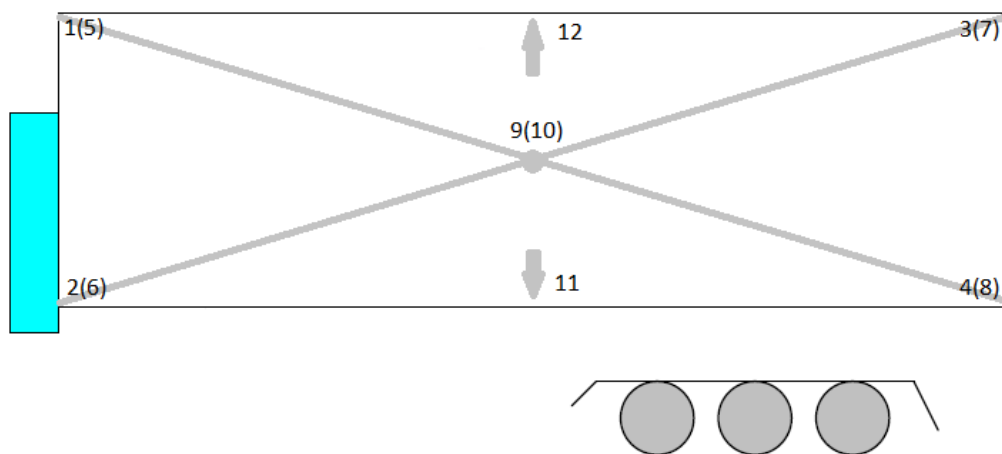
čia S_i – korpuso vidinio paviršiaus plotas, m^2 ;

S_e – vidutinis paviršiaus plotas, m^2 ;

Jeigu kėbulas yra gretasienio formos, kėbulo vidutinė vidaus temperatūra yra aritmetinis vidurkis temperatūrų, išmatuotų 10 cm atstumu nuo sienelių toliau nurodytuose 12 taškų (žr. 2.1 pav.) [12 p. 9]:

- aštuoniuose vidiniuose kėbulo kampuose ir
- keturių viena priešais kitą esančių vidinių kėbulo plokštumų, turinčių didžiausią plotą, centruose.

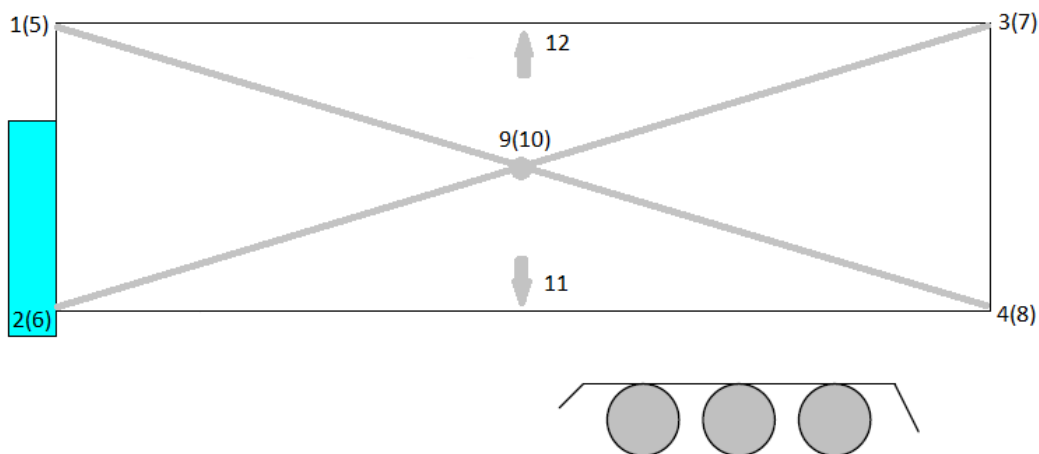
Jeigu kėbulas nėra gretasienio formos, 12 matavimo taškų turi būti paskirstomi kaip galima tinkamiau, atsižvelgiant į kėbulo formą. [12 p. 9]



2.1 pav. Vidutinė vidaus temperatūra 12 vidinių kėbulo taškų: 1-8 – vidaus kampiniai taškai; 9-10 – sienų centrų taškai; 11 – grindų centrinis taškas; 12 – stogo centrinis taškas

Jeigu kėbulas yra gretasienio formos, kėbulo vidutinė išorės temperatūra yra aritmetinis vidurkis temperatūrų, išmatuotų 10 cm atstumu nuo sienelių toliau nurodytuose 12 taškų (žr. 2.2 pav.) [12 p. 9]:

- aštuoniuose išoriniuose kėbulo kampuose ir
- keturių priešais vienas kitą esančių išorinių plokštumų, turinčių didžiausią plotą, centruose.



2.2 pav. Vidutinė išorės temperatūra 12 išorinių kėbulo taškų: 1-8 – išorės kampiniai taškai; 9-10 – sienų centrų taškai; 11 – grindų centrinis taškas; 12 – stogo centrinis taškas

Vidutinė kėbulo sienelių temperatūra yra vidutinės išorinės kėbulo temperatūros ir vidutinės vidinės kėbulo temperatūros aritmetinis vidurkis [12 p. 9]:

$$\theta = \frac{\theta_i + \theta_e}{2}, \quad (3)$$

čia θ_i – kėbulo vidutinė vidaus temperatūra, °C;

θ_e – kėbulo vidutinė išorės temperatūra, °C;

Kėbulo izoterminės savybės tikrinamos, esant pastoviam veikimui, vidinio vidinio šildymo būdu. Kiekvienu atveju tuščia transporto priemonė turi būti patalpinama į izoliuotą kamerą. Vidutinė temperatūra izoliuotoje kameroje viso bandymo metu turi būti pastovi su paklaida $\pm 0,5^\circ\text{C}$ tokio lygio, kad temperatūrų skirtumas transporto priemonės viduje ir izoliuotoje kameroje būtų ne mažesnis kaip 20°C , o vidutinė kėbulo sienelių temperatūra palaikoma apie $+20^\circ\text{C}$. [13 p. 9]

Taikant vidinio šildymo būdą, naudojami elektriniai šildymo prietaisai (varža ir pan.). Šilumos keitikliai arba elektriniai šildymo prietaisai įtaisomi prie oro ventiliatoriaus, kurio srautas yra pakankamas, kad didžiausias temperatūrų skirtumas bet kuriuose dviejuose iš 12 taškų, neviršytų 3°C , nusistovėjus pastoviam veikimui. Visi temperatūros matavimo prietaisai, t.y. varžiniai termometrai, apsaugoti nuo radiacijos, įtaisomi kėbulo vidaus ir išorės taškuose, minėtuose anksčiau. Po to jungiami įrengimai šilumai gaminti ir paskirstyti bei įrengimai, naudojami šilumos pasikeitimams bei oro ventiliatorių šiluminiam ekvivalentui išmatuoti. [13 p. 9]

Nusistovėjus pastoviam veikimui, šilčiausiame ir šalčiausiame taškuose kėbulo išorėje didžiausias temperatūrų skirtumas negali viršyti 2°C . Kėbulo vidutinė išorės temperatūra ir vidutinė

vidaus temperatūra turi būti matuojamos ne rečiau kaip keturis kartus per valandą. Bandymas tęsiasi tol, kol galima įsitikinti režimo pastovumu, o jis laikomas pastoviu, kai [12 p. 9]:

- kėbulo vidutinės išorės temperatūros ir kėbulo vidutinės vidaus temperatūros svyravimas neviršija $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ne trumpiau kaip 12 valandų, ir
- skirtumas tarp vidutinių šiluminių srautų, išmatuotų per ne trumpesnę kaip 3 valandų laikotarpį prieš ir po aukščiau minėto ne mažiau kaip 12 valandų laikotarpio, bus mažesnis negu 3 %. Jeigu ne visi išmatavimai užfiksuojami ir atliekami automatiškai, tikrinimas tęsiamas dar aštuonias valandas iš eilės, kad būtų užtikrintas pastovus veikimas ir galutiniai parodymai.

2. Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas esant skirtingų charakteristikų izoliacinėms medžiagoms

Atitvarų šiluminė varža skaičiuojama pagal šią formulę [10]:

$$R_t = R_{si} + R_{se} + R_s \quad (4)$$

čia R_t – atitvarų šiluminė varža, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$;

R_{si} – atitvaros vidaus paviršiaus šiluminė varža, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$;

R_{se} – atitvaros išorės paviršiaus šiluminė varža, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$;

R_s – atitvaros sluoksnių šiluminė varža, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$;

Šilumos srauto kryptys R_{si} ir R_{se} yra parenkamos pagal 1 lentelę. [10]

1 lentelė

Šilumos srauto kryptys [10]

Šilumos srauto kryptis	Horizontali	Aukštyn	Žemyn
R_{si}	0,13	0,10	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Atitvarų iš termiškai vienalyčių sluoksnių suminė varža R_s skaičiuojama pagal formulę [10]:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (5)$$

čia R_1, \dots, R_n – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

Termiškai vienalyčio sluoksnio šiluminė varža [10]:

$$R = \frac{d}{\lambda}; \quad (6)$$

čia R – vienalyčio sluoksnio šiluminė varža, $m^2 \cdot K/W$;

d – sluoksnio storis, m ;

λ – projektinis medžiagos sluoksnio šilumos perdavimo koeficientas, $W/m \cdot K$

Viso kėbulo šilumos perdavimo koeficientas [10]:

$$\alpha = \frac{1}{R_t}; \quad (7)$$

čia α – projektinis medžiagos sluoksnio šilumos perdavimo koeficientas, $W/m^2 \cdot K$;

R_t – atitvaros šiluminė varža, $m^2 \cdot K/W$;

2.1.2. Tyrimo rezultatai

1. Šilumos perdavimo koeficiento apskaičiavimas remiantis bandymo rezultatais

Šiam tyrimui buvo matuojami skirtingų išorinių bei vidinių gabaritinių matmenų kėbulai. Buvo atliekami kėbulų su 45 mm ir 65 mm storio sienomis bandymai, kada kitų kėbulo surinkimo elementų storio parametrai nesikeitė, t. y. stogas – 85 mm, priekinė siena – 50 mm, grindys – 126 mm, galinės durys – 80 mm.

Kėbulų pradiniai duomenys, t. y. išmatuota vidutinė temperatūra, sunaudota energija šildymui, nurodyti 2 lentelėje – su 45 mm siena, 3 lentelėje – su 65 mm siena. Geometriniai kėbulo išorinių bei vidinių plotų vidurkiai apskaičiuojami pagal 2 formulę ir surašomi 4 ir 5 lentelėse.

2 lentelė

Kėbulo su 45 mm siena šilumos bandymo duomenys

Testas	Išoriniai kėbulo sienelių matmenys, m			Vidiniai kėbulo sienelių matmenys, m			Kėbulo vidutinė išorės temperatūra, °C	Kėbulo vidutinė vidaus temperatūra, °C	Pastovaus veikimo trukmė, val	Šilumos keitiklių sunaudota energija, W	Ventiliatorių absorbuota energija, W	Iš viso sunaudotas energijos kiekis kėbului šildyti, W
	Ilgis	Plotis	Aukštis	Ilgis	Plotis	Aukštis						
1	7,82	2,6	3,108	7,63	2,49	2,9	8,3	32,84	12	886,67	68,92	955,59
2	7,843	2,6	2,72	7,71	2,5	2,5	8,38	33,01	12	820	56	876,00
3	8,693	2,6	2,82	8,56	2,5	2,6	7,75	32,92	12	1158,2	66	1224,2
4	7,493	2,6	2,72	7,36	2,5	2,5	7,99	32,91	12	972	54	1026,0
5	7,493	2,6	2,76	7,36	2,5	2,5	7,6	32,65	12	939,5	56	995,50
6	8,64	2,6	3,211	8,5	2,5	3	8,15	33,05	12	1255,8	48,17	1303,97
7	8,645	2,6	3,16	8,51	2,5	2,9	7,95	33	12	1056	52	1108,0
8	8,64	2,6	3,16	8,5	2,49	2,9	8	32,73	12	1085	67	1152,0
9	6,24	2,6	2,36	6,05	2,49	2,15	7,95	33,17	12	793,42	58	851,42

Kėbulo su 65 mm siena šilumos bandymo duomenys

Testas	Išoriniai kėbulo sienelių matmenys, m			Vidiniai kėbulo sienelių matmenys, m			Kėbulo vidutinė išorės temperatūra, °C	Kėbulo vidutinė vidaus temperatūra, °C	Pastovaus veikimo trukmė, val	Šilumos keitiklių sunaudota energija, W	Ventiliatorių absorbuota energija, W	Iš viso sunaudotas energijos kiekis kėbului šildyti, W
	Ilgis	Plotis	Aukštis	Ilgis	Plotis	Aukštis						
1	5,94	2,6	2,46	5,8	2,46	2,25	7,74	33,49	12	679	30,17	709,17
2	7,97	2,6	2,655	7,81	2,46	2,4	8,14	33,11	12	844	74	918
3	6,043	2,6	2,315	5,91	2,4	2,1	7,79	33,21	12	642	43	685
4	8,193	2,6	2,655	8,06	2,46	2,4	8,07	33,24	12	823	72	895
5	7,493	2,6	2,72	7,36	2,46	2,5	7,99	32,96	12	855	56	911
6	7,493	2,6	2,72	7,36	2,46	2,5	7,95	33,09	12	840	54	894
7	7,493	2,6	2,72	7,36	2,46	2,5	7,85	32,81	12	824	57	881
8	7,44	2,6	2,611	7,3	2,46	2,3	8,06	32,84	12	797	50,1	847,1
9	7,97	2,6	2,655	7,81	2,46	2,4	7,93	33,02	12	838	72,5	910,5

Kėbulo su 45 mm siena išorinių ir vidinių plotų duomenys

Testas	Išorinis plotas, m ²					Suma	Vidinis plotas, m ²					Suma	Paviršiaus ploto vidurkis, m ²
	Sienų plotas, m ²	Priekinės sienos plotas, m ²	Galinių durų plotas, m ²	Stogo plotas, m ²	Grindų plotas, m ²		Sienų plotas, m ²	Priekinės sienos plotas, m ²	Galinių durų plotas, m ²	Stogo plotas, m ²	Grindų plotas, m ²		
1	48,61	8,08	8,08	20,33	20,33	105,43	44,25	7,22	7,22	19,00	19,00	96,69	100,97
2	42,67	7,07	7,07	20,39	20,39	97,59	38,55	6,25	6,25	19,28	19,28	89,60	93,51
3	49,03	7,33	7,33	22,60	22,60	108,90	44,51	6,50	6,50	21,40	21,40	100,31	104,52
4	40,76	7,07	7,07	19,48	19,48	93,87	36,80	6,25	6,25	18,40	18,40	86,10	89,90
5	41,36	7,18	7,18	19,48	19,48	94,68	36,80	6,25	6,25	18,40	18,40	86,10	90,29
6	55,49	8,35	8,35	22,46	22,46	117,11	51,00	7,50	7,50	21,25	21,25	108,50	112,72
7	54,64	8,22	8,22	22,48	22,48	116,02	49,36	7,25	7,25	21,28	21,28	106,41	111,11
8	54,60	8,22	8,22	22,46	22,46	115,96	49,30	7,22	7,22	21,17	21,17	106,07	110,91
9	29,45	6,14	6,14	16,22	16,22	74,17	26,02	5,35	5,35	15,06	15,06	66,85	70,42

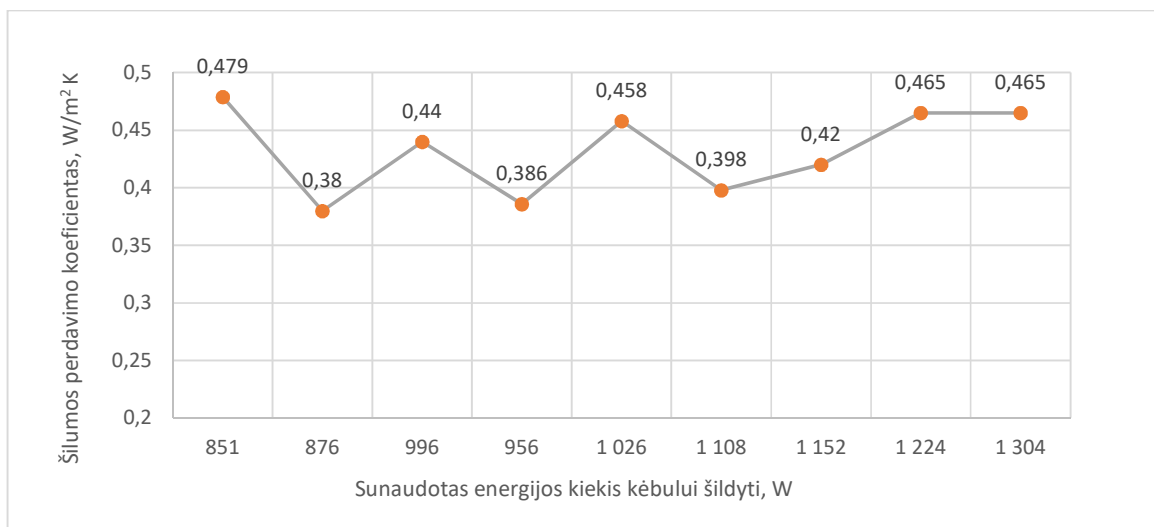
Kėbulo su 65 mm siena išorinių ir vidinių plotų duomenys

Testas	Išorinis kėbulo plotas					Suma	Vidinis kėbulo plotas					Suma	Paviršiaus ploto vidurkis, m ²
	Sienų plotas, m ²	Priekinės sienos plotas, m ²	Galinių durų plotas, m ²	Stogo plotas, m ²	Grindų plotas, m ²		Sienų plotas, m ²	Priekinės sienos plotas, m ²	Galinių durų plotas, m ²	Stogo plotas, m ²	Grindų plotas, m ²		
1	29,22	6,40	6,40	15,44	15,44	72,90	26,10	5,54	5,54	14,27	14,27	65,71	69,21
2	42,32	6,90	6,90	20,72	20,72	97,57	37,49	5,90	5,90	19,21	19,21	87,72	92,51
3	27,98	6,02	6,02	15,71	15,71	71,44	24,82	5,04	5,04	14,18	14,18	63,27	67,23
4	43,50	6,90	6,90	21,30	21,30	99,91	38,69	5,90	5,90	19,83	19,83	90,15	94,91
5	40,76	7,07	7,07	19,48	19,48	93,87	36,80	6,15	6,15	18,11	18,11	85,31	89,49
6	40,76	7,07	7,07	19,48	19,48	93,87	36,80	6,15	6,15	18,11	18,11	85,31	89,49
7	40,76	7,07	7,07	19,48	19,48	93,87	36,80	6,15	6,15	18,11	18,11	85,31	89,49
8	38,85	6,79	6,79	19,34	19,34	91,12	33,58	5,66	5,66	17,96	17,96	80,81	85,81
9	42,32	6,90	6,90	20,72	20,72	97,57	37,49	5,90	5,90	19,21	19,21	87,72	92,51

Išmatavus kėbulo vidaus bei išorės temperatūras, apskaičiuojama kėbulo sienelių vidutinė temperatūra pagal 3 formulę, rezultatai pateikti 6 ir 7 lentelėse. Galiausiai visi duomenys yra gauti, todėl apskaičiuojamas bendras kėbulo šilumos perdavimo koeficientas, kurio rezultatai pateikti 6 (kėbulas su 45 mm sienomis) ir 7 (kėbulas su 65 mm sienomis) lentelėse.

Kėbulo su 45 mm siena apskaičiuotos šilumos perdavimo koeficientų vertės

Testas	Kėbulo sienelių vidutinė temperatūra, °C	Vidutinis temperatūrų skirtumas, °C	Bendras šilumos perdavimo koeficientas, W/m ² K
1	20,57	24,54	0,386
2	20,70	24,63	0,380
3	20,34	25,17	0,465
4	20,45	24,92	0,458
5	20,13	25,05	0,440
6	20,60	24,90	0,465
7	20,48	25,05	0,398
8	20,37	24,73	0,420
9	20,56	25,22	0,479

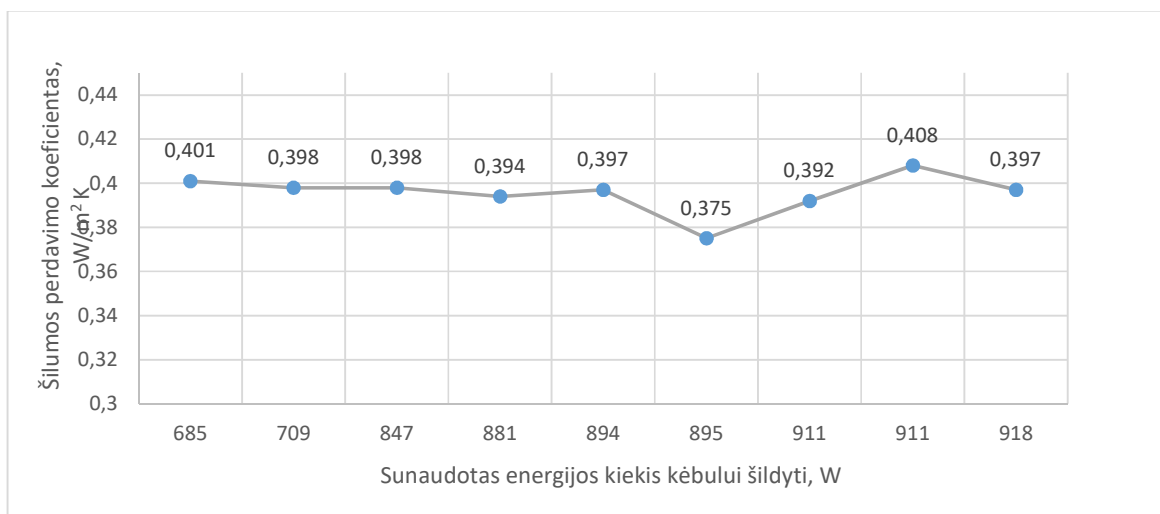


2.3 pav. Kėbulo su 45 mm storio siena šilumos perdavimo koeficientas

7 lentelė

Kėbulo su 65 mm apskaičiuotos siena šilumos perdavimo koeficientų vertės

Testas	Kėbulo sienelių vidutinė temperatūra, °C	Vidutinis temperatūrų skirtumas, °C	Bendras šilumos perdavimo koeficientas, W/m ² K
1	20,62	25,75	0,398
2	20,63	24,97	0,397
3	20,50	25,42	0,401
4	20,66	25,17	0,375
5	20,48	24,97	0,408
6	20,52	25,14	0,397
7	20,33	24,96	0,394
8	20,45	24,78	0,398
9	20,48	25,09	0,392



2.4 pav. Kėbulo su 65 mm storio siena šilumos perdavimo koeficientas

2. Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas esant skirtingų charakteristikų izoliacinėms medžiagoms

Siekiant pagerinti izoterminio kėbulo izoliacines savybes, gaminami ne tik skirtingų matmenų surinkimo elementai, bet taip pat gerinamos plokščių gamybai naudojamų medžiagų charakteristikos. Ne visada palanku gaminti masyvesnes sienas ar stogus, nes dėl to didėja ir paties kėbulo svoris, sunaudojama daugiau medžiagų gamyboje ir resursų surenkant kėbulą, mažėja vidinis pakrovimo plotis, todėl tam išvengti naudojamos geresnių charakteristikų medžiagos, su kuriomis būtų pasiekta aukštesnė plonesnių nei 65 mm plokščių kokybė.

Šio tyrimo dalyje bus nagrinėjamas „sandwich“ plokščių putų poliuretanas su skirtingomis izoliacinėmis charakteristikomis, t.y. šilumos laidumo koeficientu, kurio vertės nurodytos 8 lentelėje.

8 lentelė

Medžiagų šilumos laidumo koeficientai

Medžiaga	Šilumos laidumo koeficientas, W/mK
Elastopor H 1231/17OT	0,023
Elastopor H 1231/23/OT	0,0207
Skarda S280GD+ZA	50

Kadangi kėbulo priekinė siena, grindys bei galinės durys nesikeičia, todėl skaičiuojant šie komponentai nevertinami.

9 lentelė

Medžiagų šilumos laidumo koeficientai sistemai Elastopor H 1231/17OT

Plokštė	Šilumos perdavimo koeficientas, W/m ² K
Siena 45 mm	0,482
Siena 65 mm	0,34
Stogas 85 mm	0,263
Stogas 125 mm	0,181
Stogas 145 mm	0,156

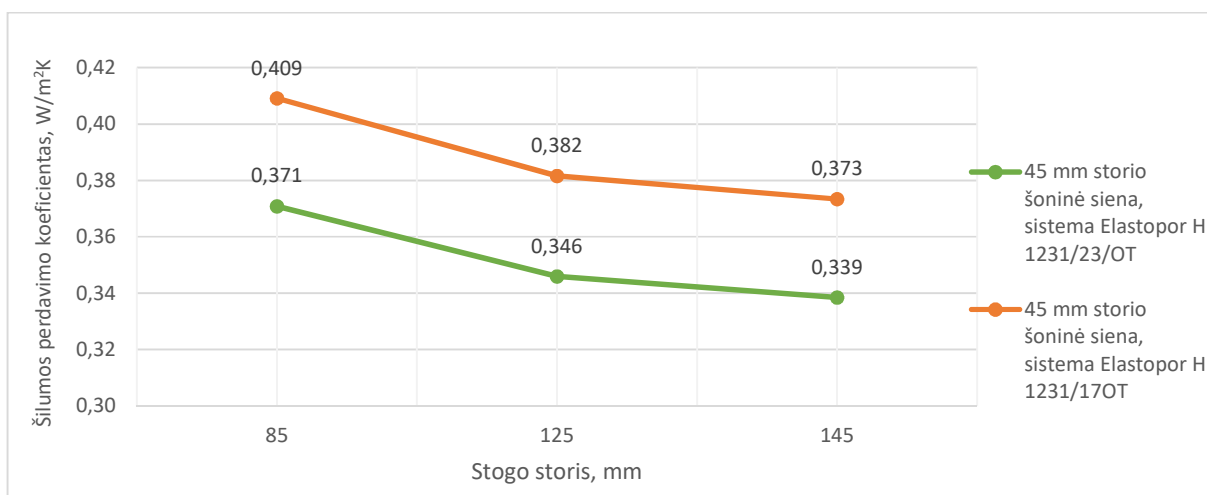
10 lentelė

Medžiagų šilumos laidumo koeficientai Elastopor H 1231/23/OT

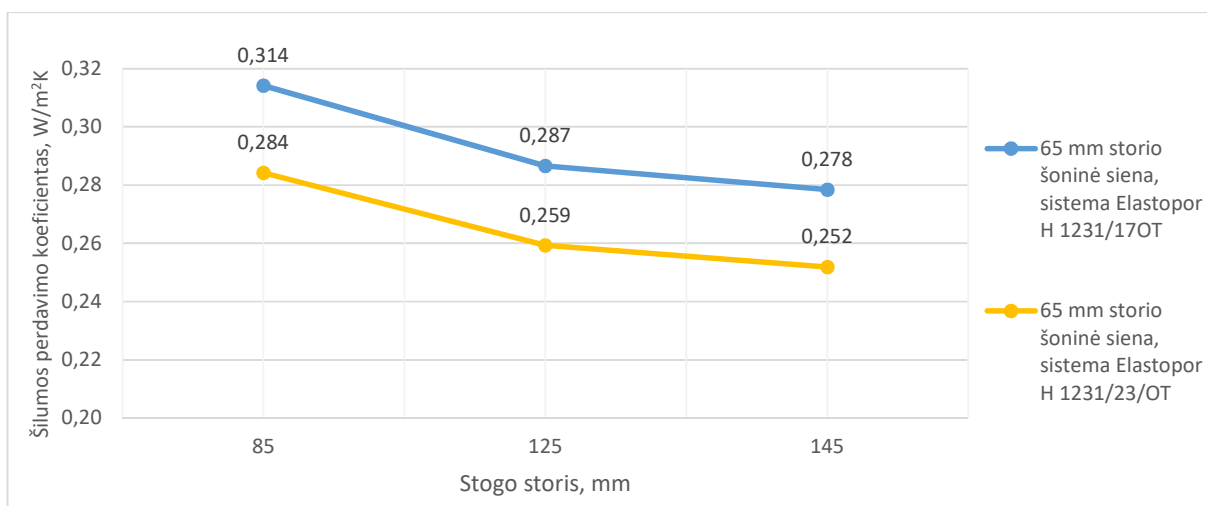
Plokštė	Šilumos perdavimo koeficientas, W/m ² K
Siena 45 mm	0,437
Siena 65 mm	0,307
Stogas 85 mm	0,238
Stogas 125 mm	0,163
Stogas 145 mm	0,141

Medžiagų šilumos laidumo koeficientai

	Stogo storis, mm	Bendras šilumos perdavimo koeficientas, W/m ² K		Pagerėjimas, %
		Elastopor H 1231/17OT	Elastopor H 1231/23/OT	
45 mm storio siena	85	0,409	0,371	9,34
	125	0,382	0,346	9,34
	145	0,373	0,339	9,33
65 mm storio siena	85	0,314	0,284	9,53
	125	0,287	0,259	9,54
	145	0,278	0,252	9,54



2.5 pav. Kėbulo su 65 mm storio siena šilumos perdavimo koeficientas



2.6 pav. Kėbulo su 65 mm storio siena šilumos perdavimo koeficientas

2.1.3. Rezultatų apžvalga

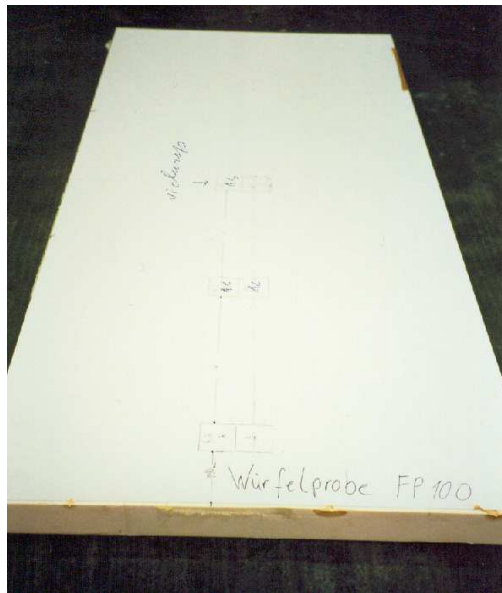
Tam, kad sunkvežimio, priekabos ar puspriekabės kėbulas gautų atitinkamą dokumentą, t. y. ATP (Susitarimas dėl greitai gendančių maisto produktų tarptautinio gabenimo ir tokiam gabenimui naudojamų specialių transporto priemonių) sertifikatą, kuris nurodo transporto priemonės tinkamumą tokio tipo kroviniams vežti, pirmiausia kėbulas turi atitikti tam tikrus reikalavimus. Šilumos perdavimo koeficientas negali būti didesnis nei $0,4 \text{ W/m}^2\text{C}$ labai izoliuotai transporto priemonei. Iš grafikų, kurie pavaizduoti 2.3 pav. ir 2.4 pav., matyti, kad sienos storio pokytis turi įtakos kėbulo izoliacinei charakteristikai, t. y. šilumos perdavimo koeficientui. Dėl įvairių kėbulo konstrukcijos opcijų – sienų ar stogo iššampavimų, įlietinių detalių, kaip vamzdeliai, sustiprinimo profiliai, skardos, taip pat dėl sandarinimo broko ir oro tarpų šilumos perdavimo koeficiento reikšmės nėra pastovios. Kėbulams su 45 mm siena šis koeficientas yra didesnis nei $0,4 \text{ W/m}^2\text{C}$, todėl priskiriami prie normaliai izoliuotų transporto priemonių, o kėbulams su 65 mm siena – mažesnis ir priskiriami prie labai izoliuotų transporto priemonių. Todėl, remiantis šiuo tyrimu, galima daryti išvadą, kad kėbulai, atitinkantys ATP sertifikato reikalavimus, yra su 65 mm storio siena.

Palyginus gautus grafikus, kurie pavaizduoti 2.5 pav. ir 2.6 pav., galima sakyti, kad su naujomis poliuretano putomis plokščių izoliacinės savybės pagerėja apie 9,5 %. Todėl pradėjus naudoti būtent šias poliuretano putas, padidėtų plokščių kokybė ir kėbulai su 45 mm sienomis taip pat būtų tinkami gauti ATP sertifikatą.

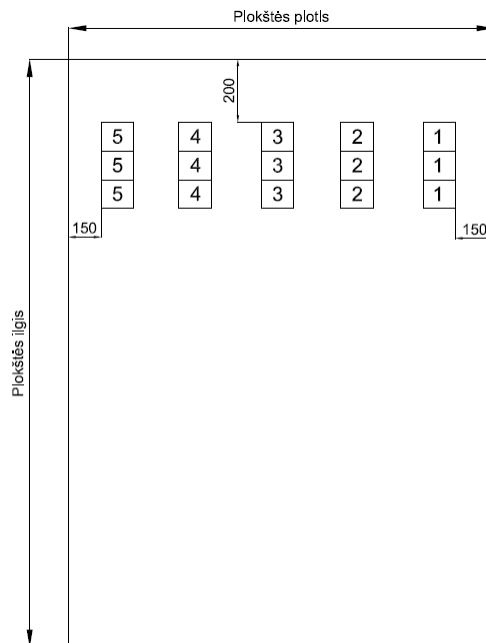
2.2. „Sandwich“ plokščių izoliacinės medžiagos tyrimas: tankio nustatymas ir skersinio tempimo bandymas

2.2.1. Tyrimo metodika ir priemonės

Atlikti tankio ir skersinio tempimo tyrimą, buvo reikalingi izoterminės plokštės bandiniai, kurie yra išpjunami iš tam tikrų plokštės (žr. 2.7 pav.) vietų, kurios pavaizduotos schemoje 2.8 pav. Išpjauti bandiniai (žr. 2.9 pav.) yra paliekami mažiausiai 24 valandas ramybės būsenoje, kad poliuretano puta būtų visiškai sustingusi, nes kitu atveju tai gali įtakoti bandymo rezultatus. [11]



2.7 pav. Izoterminė poliuretano plokštė



2.8 pav. Bandinių pjaustymo schema

Bandiniai yra sužymimi 80x80 mm kubeliais. Bandinių žymėjimo schema parodyta 2.9 pav.



2.9 pav. Bandinių žymėjimas

80x80 mm kvadrato formos plokštės bandiniai supjaustomi juostiniu pjūkle. Būtina pažymėti numeriais ant putos, iš kurios vietos paimtas bandinys, nes skarda yra nupjaustoma arba užklijuojama. Pasirinktinai imama po vieną kaladėlę tempimo bandymui. Likusiom kaladėlėm tankio nustatymui nupjaunama skarda, stengiantis kuo mažiau putos palikti ant skardos. [11]

Plokštės tankio nustatymui kiekviena kaladėlė pasverama, o jos svoris užfiksuojamas (žr. 2.10 pav. a). Imamas indas su vandeniu ir pastatomas ant svarstyklių lėkštelės. Svarstyklių rodyklė yra sulyginama su nuline padėtimi. Bandinys yra panardinamas į vandenį (žr. 2.10 pav. b), kad visiškai apsemtų jį, bet nesiliestų nei prie sienelių, nei prie dugno, kad būtų gauti tikslesni rezultatai. Išstumto vandens svorį parodo svarstyklės. [11]



a)



b)

2.10 pav. Tankio nustatymas: a) bandinio svėrimas; b) bandinio nardinimas į vandenį

Kiekvieno išmatuoto bandinio poliuretano tankis yra apskaičiuojamas pagal formulę [12]:

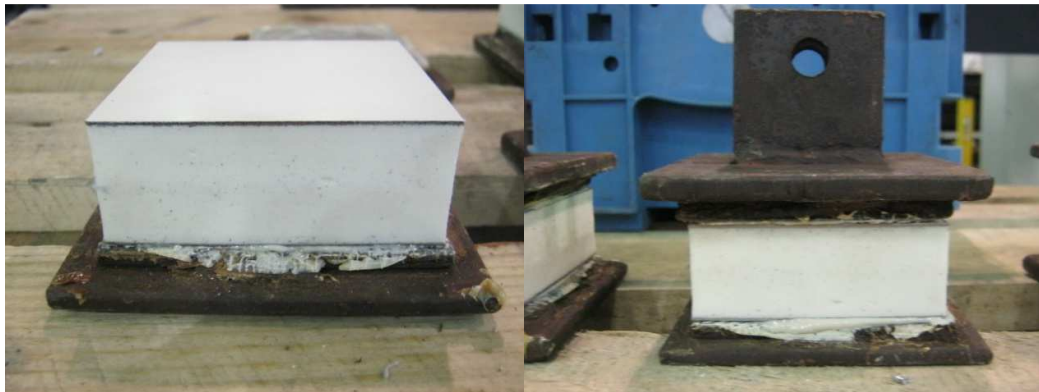
$$\delta = \frac{m_b}{m_v} \cdot 1000 \quad (8)$$

čia δ – bandinio poliuretano tankis;

m_b – bandinio svoris, g;

m_v – išstumto vandens svoris, g.

Skersinio tempimo bandymui kaladėlės skarda yra nuvaloma ir nuriebalinama, dilde nuimamos užvartos. Abi bandinio pusės yra klijuojamos prie metalinių įtvirtinimų (žr. 2.11 pav.). Reikia stengtis, kad įtvirtinimo centras sutaptų su kaladėlės centru. Klijuojant reikia stebėti, kad įtvirtinimo kojos vienoje ir kitoje pusėje būtų vienoje tiesėje, kad būtų lengviau įdėti į tempimo stakles. [11]



2.11 pav. Bandinio klijavimas prie įtvirtinimų

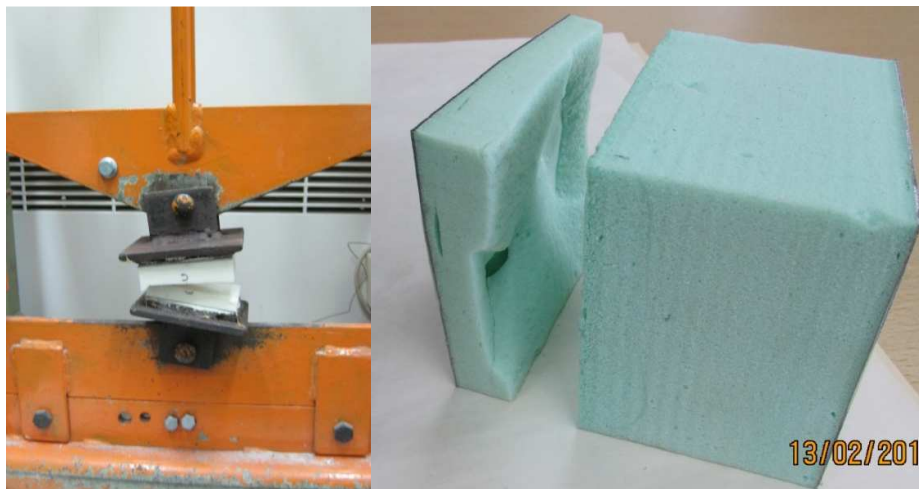
Sudžiuvus klijam detalės yra įtvirtinamos varžtais tempimo staklėse (žr. 2.12 pav.). Raudonoji skalės rodyklė (žr. 2.13 pav.) yra sulyginama su nuline padėtimi ir iš lėto sukama, kol bandinys plyšta (žr. 2.14 pav.).



2.12 pav. Bandinio tvirtinimas tempimo staklėse



2.13 pav. Skalė tempimo jėgai matuoti



2.14 pav. Bandinio trūkimas

Kiekvieno bandinio poliuretano skersinio tempimo stiprumas apskaičiuojamas pagal formulę [13]:

$$\sigma = \frac{F_b}{A_b}, \quad (9)$$

čia σ – bandinio skersinio tempimo stiprumas, N/mm²;

F_b – bandinio tempimo jėga, N;

A_b – bandinio paviršiaus plotas, mm².

2.2.2. Tyrimo rezultatai

Apskaičiuojame 45 mm sienos vieno bandinio tankį:

$$m_b = 10,89 \text{ g};$$

$$m_v = 150 \text{ g};$$

$$\delta = \frac{10,89}{150} \cdot 1\,000 = 72,6 \text{ kg/m}^3$$

Kadangi plokščių gamyba yra masinė, todėl tankio nustatymo bei skersinio tempimo bandymai atliekami kiekvieną dieną, nes tikrinama poliuretano kokybė, tikrinama, ar tankis atitinka nustatytus reikalavimus ir yra tinkamas naudoti. Poliuretano tankio nustatymo tyrimui atsitiktinai pasirinktos penkios dienos. Kiekvienos dienos tyrimo rezultatai pateikti 13, 14 ir 15 lentelėse. Rezultatai patikrinami pagal 12 lentelę, kurioje nurodyti plokščių storiai bei leistinasis teorinis poliuretano tankis ir jo tolerancijos.

12 lentelė

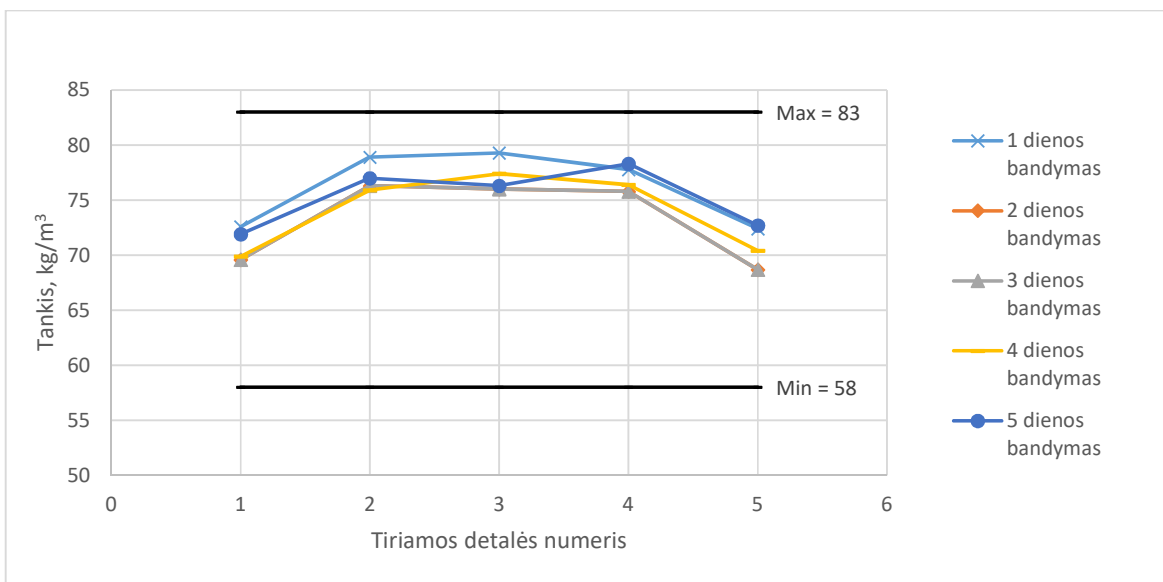
Izoterminių plokščių poliuretano leistinasis tankis

Plokštės storis, mm	Teorinis tankis, kg/m ³ Leistnos tolerancijos -15/+10
25; 30	94; 90; 87
38	75
45; 48,5; 60; 68,5	73
48,5; 68,5 GFK	90
50	80; 73
65	74
80–85	67
100–125	65
140–145	63

13 lentelė

45 mm sienos poliuretano tankio nustatymo rezultatai

Detalė (sekcija)	Tankis, kg/m ³				
	1 dienos tyrimas	2 dienos tyrimas	3 dienos tyrimas	4 dienos tyrimas	5 dienos tyrimas
1	72,6	69,6	69,6	69,9	71,9
2	78,9	76,3	76,3	75,9	77
3	79,3	76	76	77,4	76,3
4	77,8	75,8	75,8	76,4	78,3
5	72,4	68,7	68,7	70,4	72,7

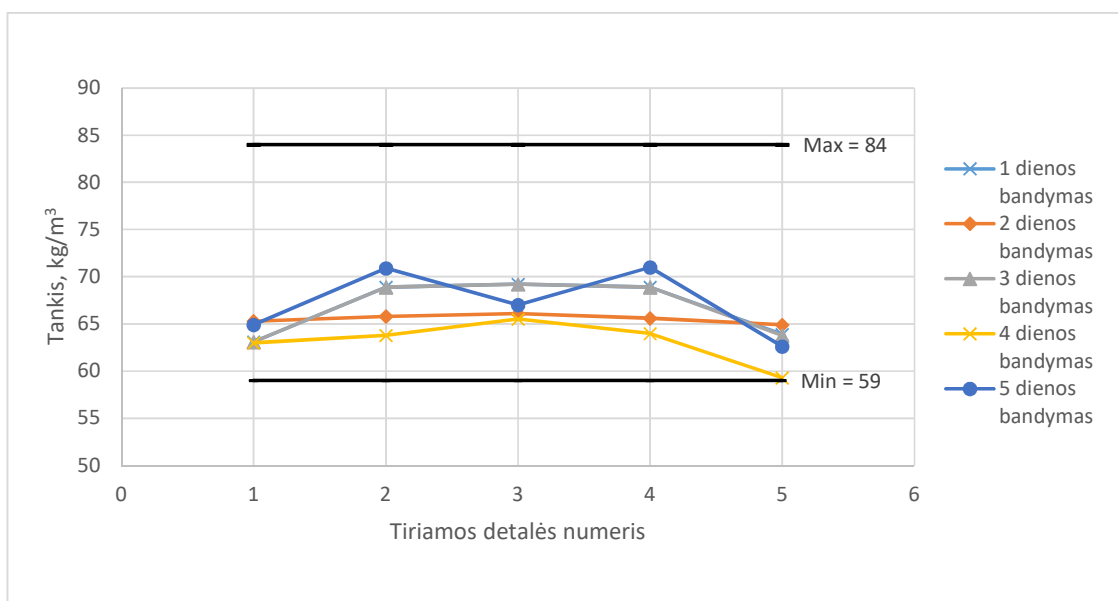


2.15 pav. 45 mm sienos poliuretano tankis

14 lentelė

65 mm sienos poliuretano tankio nustatymo rezultatai

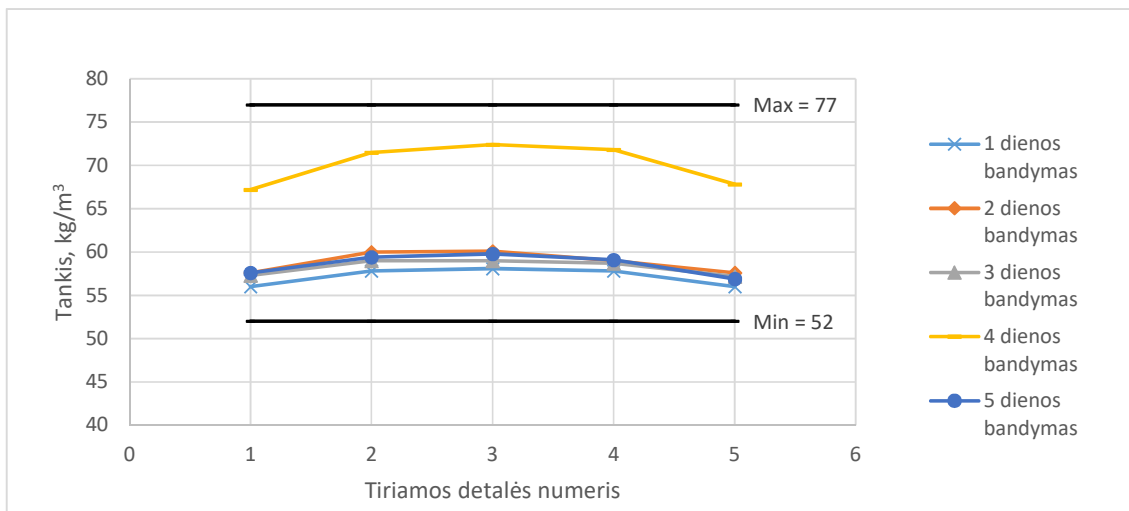
Detalė (sekcija)	Tankis, kg/m ³				
	1 dienos tyrimas	2 dienos tyrimas	3 dienos tyrimas	4 dienos tyrimas	5 dienos tyrimas
1	63,1	65,3	63,1	63	64,9
2	68,9	65,8	68,9	63,8	70,9
3	69,2	66,1	69,2	65,5	67
4	68,9	65,6	68,9	64	71
5	63,8	64,9	63,8	59,3	62,6



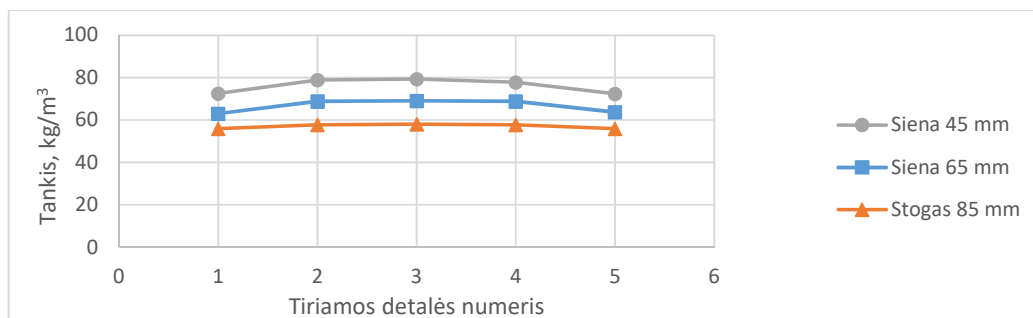
2.16 pav. 65 mm sienos poliuretano tankis

85 mm stogo poliuretano tankio nustatymo rezultatai

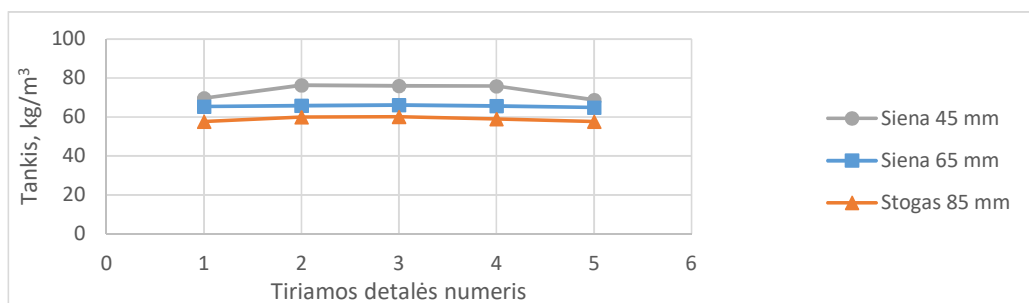
Detailė (sekcija)	Tankis, kg/m ³				
	1 dienos tyrimas	2 dienos tyrimas	3 dienos tyrimas	4 dienos tyrimas	5 dienos tyrimas
1	56	57,6	57,3	67,2	57,6
2	57,8	60	59	71,5	59,4
3	58,1	60,1	59	72,4	59,8
4	57,8	59	58,7	71,8	59,1
5	56	57,6	57,2	67,8	56,9



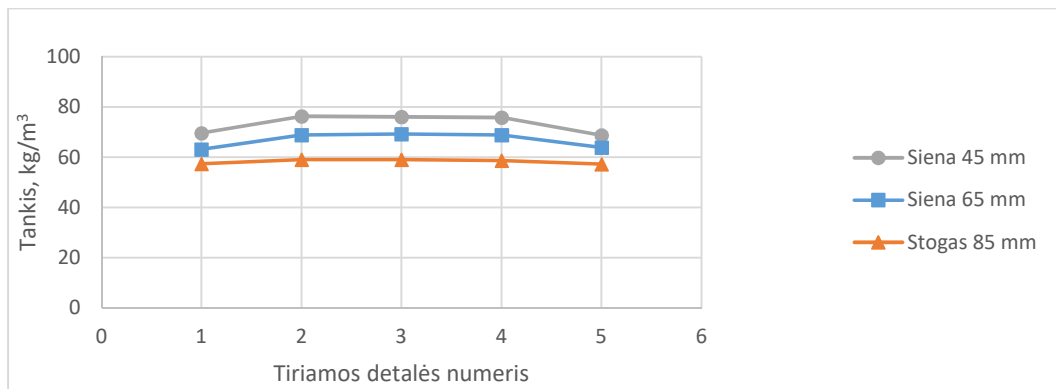
2.17 pav. 85 mm stogo poliuretano tankis



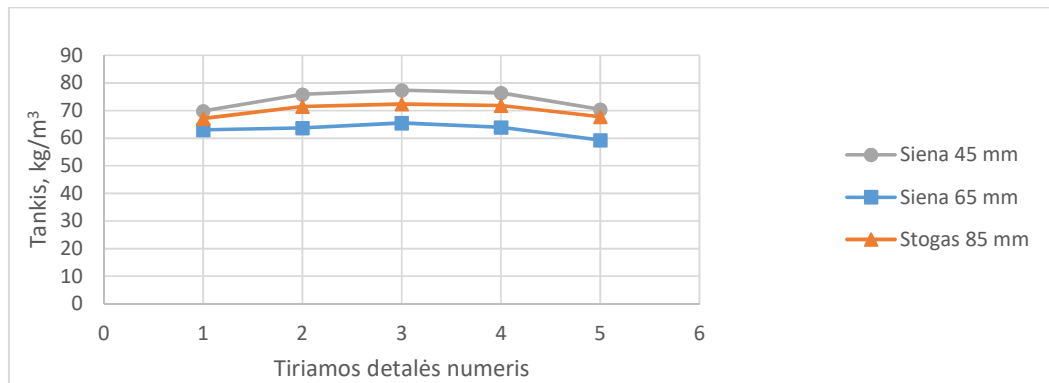
2.18 pav. 1 dienos plokščių poliuretano tankis



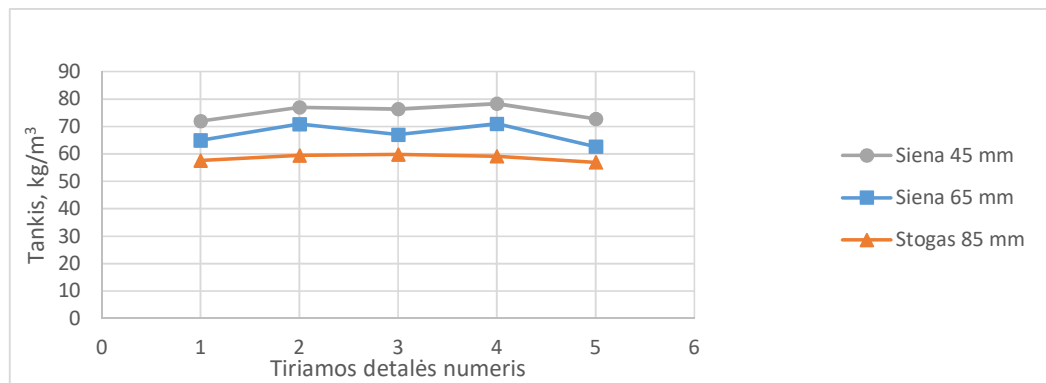
2.19 pav. 2 dienos plokščių poliuretano tankis



2.20 pav. 3 dienos plokščių poliuretano tankis



2.21 pav. 4 dienos plokščių poliuretano tankis



2.22 pav. 5 dienos plokščių poliuretano tankis

Apskaičiuojame 45 mm sienos vieno bandinio poliuretano tamprumą:

$$F_b = 10,89 \text{ N};$$

$$A_b = 6,4 \text{ mm}^2;$$

$$\sigma = \frac{3,9}{6,4} = 0,61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Izoterminių plokščių poliuretano tamprumo nustatymo rezultatai

Detalė (sekcija)	Dengiamasis sluoksnis (PLATAL 0,6 mm išorinė skarda)			Apatinis sluoksnis (PVC 0,6 mm vidinė skarda)			Poliuretano puta		
	Siena 45 mm	Siena 65 mm	Sogas 85 mm	Siena 45 mm	Siena 65 mm	Sogas 85 mm	Siena 45 mm	Siena 65 mm	Sogas 85 mm
1 dienos tyrimas									
1	0,61	0,35	0,3						
2							0,56	0,43	0,34
3				0,44				0,38	0,36
4							0,41	0,36	0,33
5		0,36					0,53		0,33
2 dienos tyrimas									
1	0,47		0,31		0,38				0,31
2	0,39							0,45	0,34
3							0,56	0,38	0,33
4	0,3							0,41	0,33
5	0,47		0,3		0,36				
3 dienos tyrimas									
1	0,47	0,35							0,33
2	0,39							0,37	0,36
3						0,34	0,56	0,38	0,34
4	0,35							0,38	0,36
5	0,47	0,35				0,33			0,33
4 dienos tyrimas									
1				0,44	0,38				0,36
2						0,59	0,52	0,35	
3						0,45	0,55	0,42	0,45
4							0,39	0,36	0,59
5	0,59				0,36				0,36
5 dienos tyrimas									
1			0,31	0,45	0,09				
2				0,48	0,19			0,19	0,3
3		0,44					0,48	0,44	0,36
4				0,48	0,33				0,34
5		0,16	0,3	0,48					

Izoterminių plokščių poliuretano tamprumo ribinės vertės

Plokštės storis, mm	Apatinė ribinė vertė, N/mm ²
25 – 30	0,5
38 – 68,5	0,35
80 – 85	0,3
100-125	0,25
140-145	0,25

2.2.3. Rezultatų apžvalga

Tempimo bandymai atliekami norint patikrinti plokščių funkcijas eksploataavimo metu. Sienos privalo atlaikyti įvairias tiek išorines apkrovas, tiek vidines apkrovas, gabenant krovinius, tvirtinant krovinio fiksavimo balkius ant sienų. Stogas taip pat atlieka nemažai laikomųjų funkcijų, kaip išgarintuvų montažas, mėsos pakabinimo sistemos, krovinio tvirtinimo juostos.

16 lentelėje pateikti rezultatai rodo, kad ne visada bandinys gali plyšti vienodai toje pačioje vietoje. Esant tai pačiai tempimo jėgai, bandinys trūko ne tik vienoje vietoje, pavyzdžiui, 5 dienos bandymų rezultatuose, 65 mm sienos bandinys trūko ir per putą, esant 0,44 N/mm² skersiniam tempimui, ir plyšo nuo skardos. Esant tokiam atvejui, tarp putos ir skardos atsiradę oro tarpai mažina plokščių izoliacines savybes, jos nebegali tinkamai atlikti savo funkcijos.

Palyginus gautus rezultatus su 17 lentelėje pateiktomis ribinėmis vertėmis, matoma, kad beveik visi bandymų rezultatai atitinka reikalavimus. Nevienodas poliuretano putų išsidėstymas liejimo metu, įvairūs tarpai bei poros, yra priežastis dėl tam tikrų rezultatų netinkamumo, t. y. neatitikimas duotoms ribinėms reikšmėms. Taip pat atlikus keletą bandymų, galima matyti tendenciją, kad kiekvienos plokštės kraštuose poliuretano putų tankis yra mažesnis. Tai atsitinka dėl to, kad plokščių liejimo procesas yra horizontalus, t. y. poliuretano putos plečiasi į šonus, taip užpildydamos tuščias erdves, o atsiradę oro tarpai, chemijos garai ne visada visiškai pasišalina.

2.3. „Sandwich“ plokščių dengiamųjų paviršių kietumo tyrimas

2.3.1. Tyrimo metodika ir priemonės

Plokščių dengiamųjų skardų kietumui nustatyti, imami 3 matavimo taškai. Medžiagos kietumas nustatomas paviršių veikiant nustatyta jėga tam tikros formos ir dydžio antgaliu – indentoriumi, pagamintu iš kietesnės medžiagos, nei matuojamoji, ir išmatuojant to poveikio parametrus. Indentorius gaminamas iš grūdintojo plieno, deimanto, safyro, kietlydinio ir turi rutuliuko, kūgio, piramidės ar adatos formą.

Šiuo atveju kietumas matuojamas dinaminio kietmačiu TH 140 (žr. 2.23 pav.), šiais metodais:

- Brinelio būdas (HB, HRB),
- Vickerso būdas (HV),
- Rokvelo būdas (HRC).



2.23 pav. Dinaminis kietmatis TH140 [14]

2.3.2. Tyrimo rezultatai

Brinelio būdu HRB vienetais išmatuoto kietumo rezultatai pateikti 18 lentelėje. Brinelio būdu HB vienetais ir Vikerso būdu HV vienetais išmatuoto kietumo rezultatai pateikti 19 ir 20 lentelėse.

18 lentelė

Izoterminių plokščių dengiamųjų skardų kietumo matavimo rezultatai HRB vienetais

Plokštė	Medžiaga	Matavimų skaičius	Smūginio įrankio matavimo kryptis	Kietumas HRB vienetais			Vidutinė kietumo reikšmė HRB vienetais
				1	2	3	
Siena 65 mm	Išorinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dažyta	3	Statmenai į plokštumą	93,4	93,1	93,3	93,3
Siena 65 mm	Vidinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dengta PVC	3	Statmenai į plokštumą	93,5	92,6	94,4	93,5

Izoterminių plokščių dengiamųjų skardų kietumo matavimo rezultatai HB vienetais

Plokštė	Medžiaga	Matavimų skaičius	Smūginio įrankio matavimo kryptis	Kietumas HB vienetais			Vidutinė kietumo reikšmė HB vienetais
				1	2	3	
Siena 65 mm	Išorinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dažyta	3	Statmenai į plokštumą	213	211	216	213,3
Siena 65 mm	Vidinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dengta PVC	3	Statmenai į plokštumą	211	216	215	214,0
Stogas 85 mm	Išorinė 0,4 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dažyta	3	Statmenai į plokštumą	344	351	355	350,0
Stogas 85 mm	Vidinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dengta PVC	3	Statmenai į plokštumą	336	338	340	338,0

Izoterminių plokščių dengiamųjų skardų kietumo matavimo rezultatai HV vienetais

Eil. Nr.	Medžiaga	Matavimų skaičius	Smūginio įrankio matavimo kryptis	Kietumas HV vienetais			Vidutinė kietumo reikšmė HV vienetais
				1	2	3	
Siena 65 mm	Išorinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dažyta	3	Statmenai į plokštumą	214	220	222	218,7
Siena 65 mm	Vidinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dengta PVC	3	Statmenai į plokštumą	228	232	231	230,3
Stogas 85 mm	Išorinė 0,4 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dažyta	3	Statmenai į plokštumą	337	335	330	334,0
Stogas 85 mm	Vidinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dengta PVC	3	Statmenai į plokštumą	355	360	365	360,0

Rokvelo būdu HRC vienetais išmatuoto kietumo rezultatai pateikti 21 lentelėje.

Izoterminių plokščių dengiamųjų skardų kietumo matavimo rezultatai HRC vienetais

Plokštė	Medžiaga	Matavimų skaičius	Smūginio įrankio matavimo kryptis	Kietumas HRC vienetais			Vidutinė kietumo reikšmė HRC vienetais
				1	2	3	
Stogas 85 mm	Išorinė 0,4 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dažyta	3	Statmenai į plokštumą	33	32	31	32,0
Stogas 85 mm	Vidinė 0,6 mm cinkuota skarda (plienas S280 GD), dengta PVC	3	Statmenai į plokštumą	39	40	35	38,0

2.3.3. Rezultatų apžvalga

Brinelio būdu HRB vienetais nepavyko išmatuoti stogo dengiamųjų skardų kietumo, nes šiam metodui šių skardų metalas per kietas. Rokvelo būdu nepavyko išmatuoti sienos dengiamųjų skardų kietumo, nes šiam metodui šių skardų metalas per minkštas.

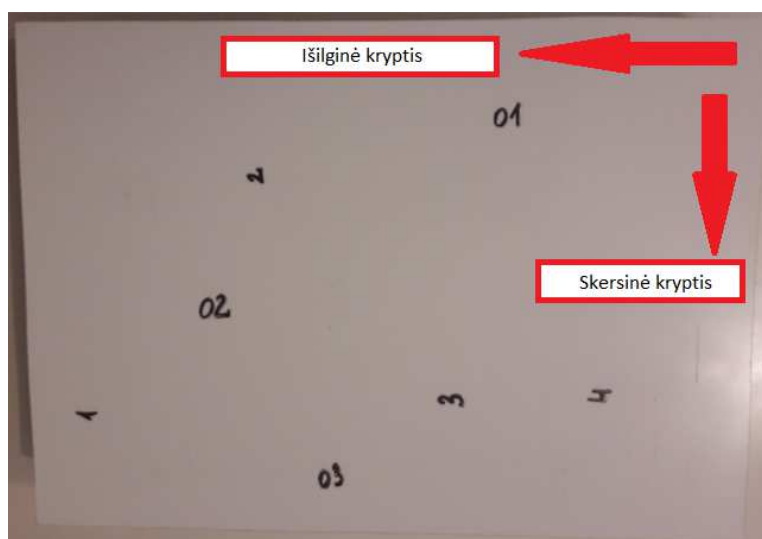
Remiantis bandymo rezultatais, galima sakyti, kad dengiamoji plokščių skarda, naudojama sienų ir stogų gamybai, yra skirtinga. Stogo dengiamosios skardos žymiai kietesnės, nes stogas išorinėje kėbulo pusėje veikiamas įvairių oro sąlygų, kaip lietus, sniegas, ypač kruša, kurios turi įtakos kėbulo estetikai. Vidinėje stogo dalyje, t. y. kėbulo viduje, dėl primontuojamų šaldymo įrangos agregatų ant stogo, štampuojamų komunikacijų kanalų, skarda taip pat žymiai kietesnė, kad atlaikytų minėtų komponentų svorį.

Sienų dengiamosios skardos yra minkštesnės, tačiau visada sienos gaminamos su storesne skarda (0,6 mm), kuomet stogo skarda yra 0,4 mm storio.

2.4. „Sandwich“ plokščių dengiamųjų paviršių šiurkštumo tyrimas

2.4.1. Tyrimo metodika ir priemonės

Izoterminės plokštės dengiamųjų skardų šiurkštumo tyrimui atlikti buvo išpjauti 65 mm sienos ir 85 mm stogo bandiniai matmenimis 200x300 mm. Ant išorinės ir vidinės bandinio pusės sužymėti matavimo taškai skersine ir išilgine kryptimis (žr. 2.24 pav.).



2.24 pav. Paviršiaus matavimo taškai išilgine ir skersine kryptimis

Šiurkštumo matavimas buvo atliekamas „Garant ST1“ šiurkštamačiu (žr. 2.25 pav.).







2.25 pav. „Garant ST1“ šiurkštamatis [15]

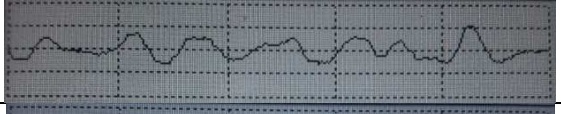


2.4.2. Tyrimo rezultatai

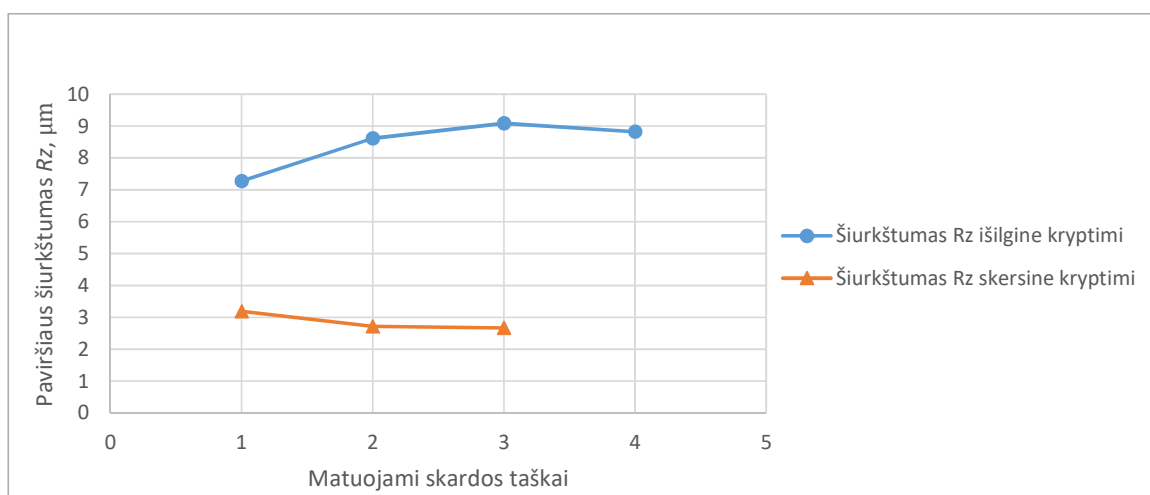
Tyrimo metu gauti išorinės ir vidinės skardos išilginio šiurkštumo rezultatai pateikti 22, 24, 26 ir 28 lentelėse, o skersinio šiurkštumo rezultatai pateikti 23, 25, 27 ir 29 lentelėse. Šiurkštumo rodikliai buvo nustatyti 5,6 mm baziniame ilgyje kiekviename matavimo taške.

85 mm stogo vidinės 0,6 mm skardos paviršiaus išilginio šiurkštumo rezultatai

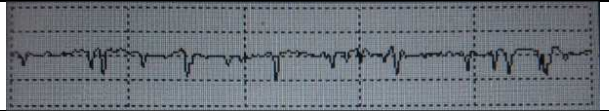
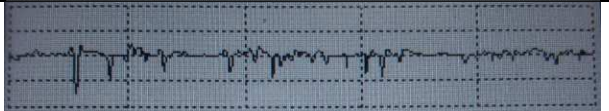

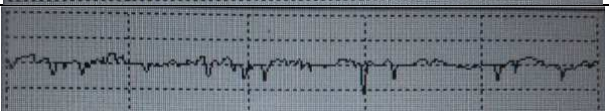
Taškas	Šiurkštumas, μm				Matavimo diagrama
	Ra	Rq	Rz	Rmax	
1	1,669	2,081	7,272	9,04	
2	2,049	2,743	8,615	13,93	
3	2,075	2,515	9,087	10,34	
4	2,03	2,473	8,826	11,57	

85 mm stogo vidinės 0,6 mm skardos paviršiaus skersinio šiurkštumo rezultatai




Taškas	Šiurkštumas, μm				Matavimo diagrama
	Ra	Rq	Rz	Rmax	
01	3,523	4,086	13,38	17,41	
02	2,852	3,523	12,89	15,56	
03	2,841	3,31	11,41	13,57	

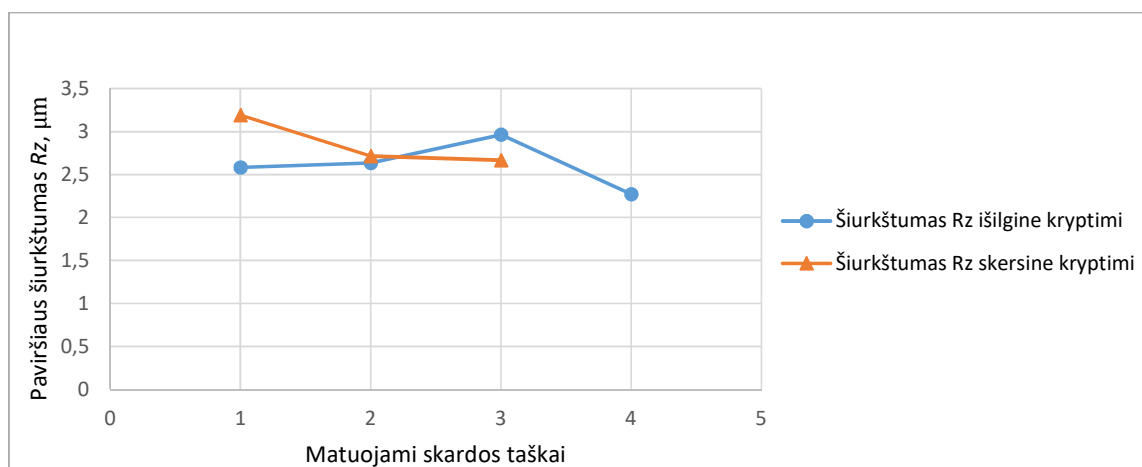
**2.26 pav. 85 mm stogo vidinės 0,6 mm skardos šiurkštumas R_z**

85 mm stogo išorinės 0,4 mm skardos paviršiaus išilginio šiurkštumo rezultatai

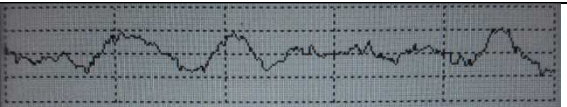



Taškas	Šiurkštumas, μm				Matavimo diagrama
	Ra	Rq	Rz	Rmax	
1	0,334	0,471	2,583	2,802	
2	0,28	0,424	2,636	4,041	
3	0,316	0,479	2,963	4,004	
4	0,308	0,423	2,272	3,088	

85 mm stogo išorinės 0,4 mm skardos paviršiaus skersinio šiurkštumo rezultatai

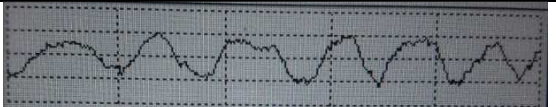


Taškas	Šiurkštumas, μm				Matavimo diagrama
	Ra	Rq	Rz	Rmax	
01	0,415	0,616	3,192	5,512	
02	0,383	0,538	2,715	3,955	
03	0,32	0,463	2,667	3,406	

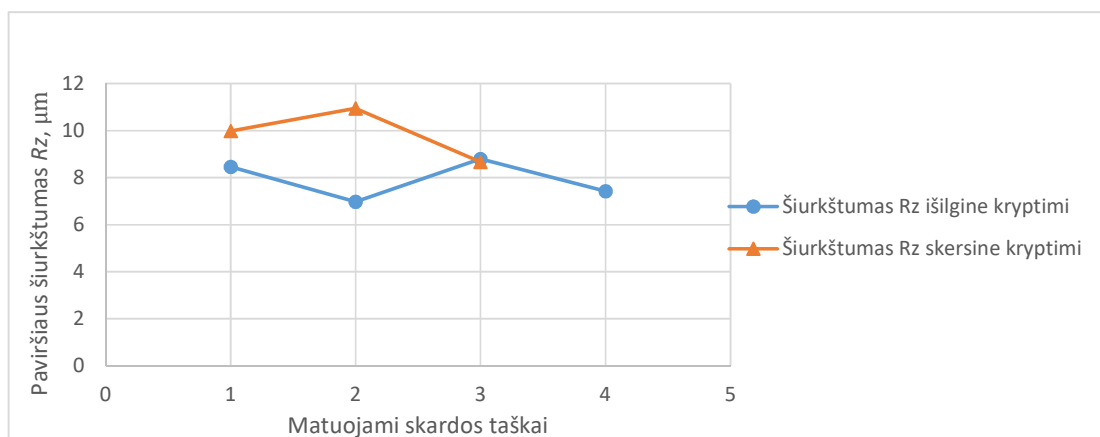
**2.27 pav.** 85 mm stogo išorinės 0,4 mm skardos šiurkštumas R_z

65 mm sienos vidinės 0,6 mm skardos paviršiaus išilginio šiurkštumo rezultatai



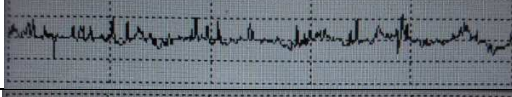

Taškas	Šiurkštumas, μm				Matavimo diagrama
	Ra	Rq	Rz	Rmax	
1	1,884	2,31	8,461	10,82	
2	1,358	1,686	6,98	8,448	
3	1,875	2,363	8,792	12,05	
4	1,611	1,99	7,427	8,679	

65 mm sienos vidinės 0,6 mm skardos paviršiaus skersinio šiurkštumo rezultatai


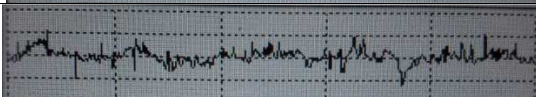

Taškas	Šiurkštumas, μm				Matavimo diagrama
	Ra	Rq	Rz	Rmax	
01	2,82	3,156	9,983	11,49	
02	2,921	3,439	10,94	14,52	
03	2,212	2,64	8,67	12,11	

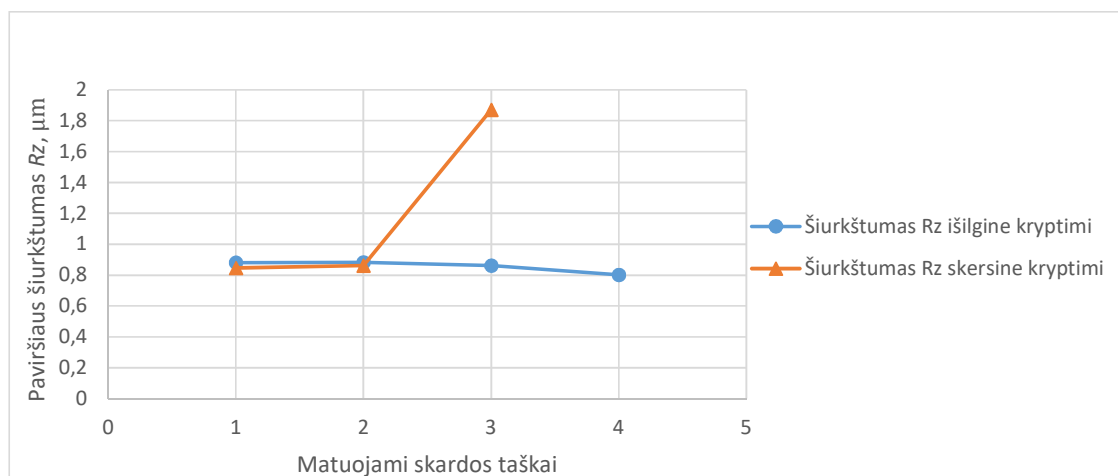
2.28 pav. 65 mm sienos vidinės 0,6 mm skardos šiurkštumas R_z

65 mm sienos išorinės 0,6 mm skardos paviršiaus išilginio šiurkštumo rezultatai

Taškas	Šiurkštumas, μm				Matavimo diagrama
	Ra	Rq	Rz	Rmax	
1	0,111	0,142	0,881	1,141	
2	0,107	0,14	0,883	1,361	
3	0,109	0,143	0,862	0,983	
4	0,095	0,126	0,802	0,897	

65 mm sienos išorinės 0,6 mm skardos paviršiaus skersinio šiurkštumo rezultatai

Taškas	Šiurkštumas, μm				Matavimo diagrama
	Ra	Rq	Rz	Rmax	
01	0,112	0,143	0,846	1,05	
02	0,117	0,15	0,861	0,861	
03	0,236	0,347	1,87	4,633	

**2.29 pav. 65 mm sienos išorinės 0,6 mm skardos šiurkštumas R_z**

2.4.3. Rezultatų apžvalga

Atlikus paviršiaus šiurkštumo matavimus, galima sakyti, kad šiurkštumas žymiai skiriasi tiek vidinėje, tiek išorinėje pusėje. Tiek sienos, tiek stogo išorinės skardos yra lygesnės, paviršiaus šiurkštumas mažesnis, o vidinių skardų paviršių grublėtumas yra didesnis. 2.29 pav. matome, kad vieno taško šiurkštumas yra žymiai didesnis, todėl šis rezultatas priimamas, kaip skardos brokas, nekokybiška skarda. Tokie paviršiaus pažeidimai gadina kėbulo estetinę išvaizdą, o gilesni pažeidimai gali būti priežastis dėl korozijos atsiradimo. Išorinė skarda turi įtakos aerodinaminiam pasipriešinimui, taip pat ant jos yra klijuojami įvairūs lipdukai, refleksinės kontūro juostos, dėl to reikalingas geresnis sulipimas.

2.5. „Sandwich“ plokščių stiprumo lenkimui tyrimas

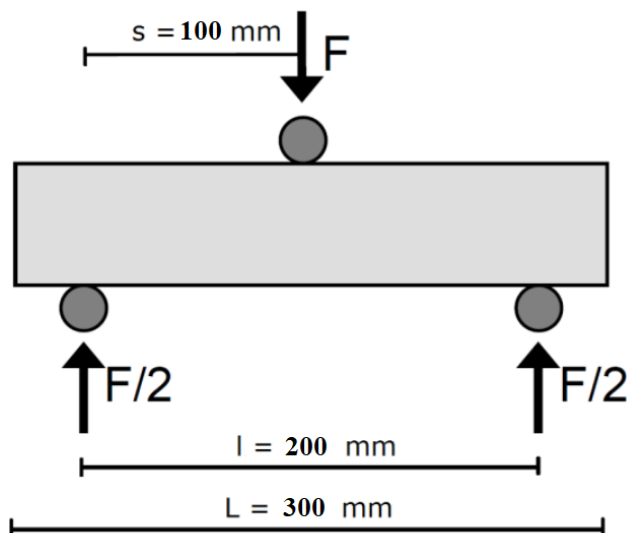
2.5.1. Tyrimo metodika ir priemonės

Plokščių lenkimo bandymui atlikti buvo naudojama hidraulinė stotis „Walter bai“ NS-PAS su Proteus 7.1.1 programine įranga, presas, kurio maksimali galia 200 kN (~ 20 tonų) ir poslinkio daviklis BRÜTSCH/RÜEGGER. (žr. 2.30 pav.).



2.30 pav. Hidraulinė stotis „Walter bai“ NS-PAS su presu ir poslinkio daviklis BRÜTSCH/RÜEGGER

Nustatyti lenkimo jėgai, kuriai esant bandinys deformuojasi negrižtamai, buvo naudojama trijų taškų lenkimo schema (žr. 2.31 pav.). Jėga F nukreipta žemyn ir pridėta bandinio viduryje vertikaliai, atstumas tarp atramų 200 mm.



2.31 pav. Trijų taškų lenkimo schema

Lenkimo bandymas buvo atliekamas 16 bandinių, kurių parametrai skirtingi:

- 4 vnt. – 45 mm storio, išorinės skardos storis – 0,6 mm, vidinės skardos storis – 0,6 mm.
- 4 vnt. – 65 mm storio, išorinės skardos storis – 0,6 mm, vidinės skardos storis – 0,6 mm.
- 4 vnt. – 85 mm storio, išorinės skardos storis – 0,4 mm, vidinės skardos storis – 0,6 mm.
- 4 vnt. – 85 mm storio, išorinės skardos storis – 0,4 mm, vidinės skardos storis – 0,4 mm.

Kiekvieno bandymo metu detalė yra pastatoma ant atramų (žr. 2.32 pav.) ir presu užfiksuojama jos padėtis. Hidraulinės stoties programoje suvedami pradiniai parametrai, t. y. bandinio gabaritiniai matmenys (85x100x300, 65x100x300 ir 45x100x300), kiek bandymų bus atliekama (4 bandymai), koku greičiu judės presas (šiuo atveju 0,1 mm/s), poslinkio vertė – 200 mm ir kokius rezultatus norima gauti. Poslinkiui matuoti prie presu primontuojamas poslinkio daviklis (žr. 2.33 pav.), kuris fiksuoja pasirinktą poslinkio vertę.



2.32 pav. Bandinio atramos lenkimui atlikti



2.33 pav. Poslinkio daviklio padėtis ir bandinio užfiksavimas bei spaudimas

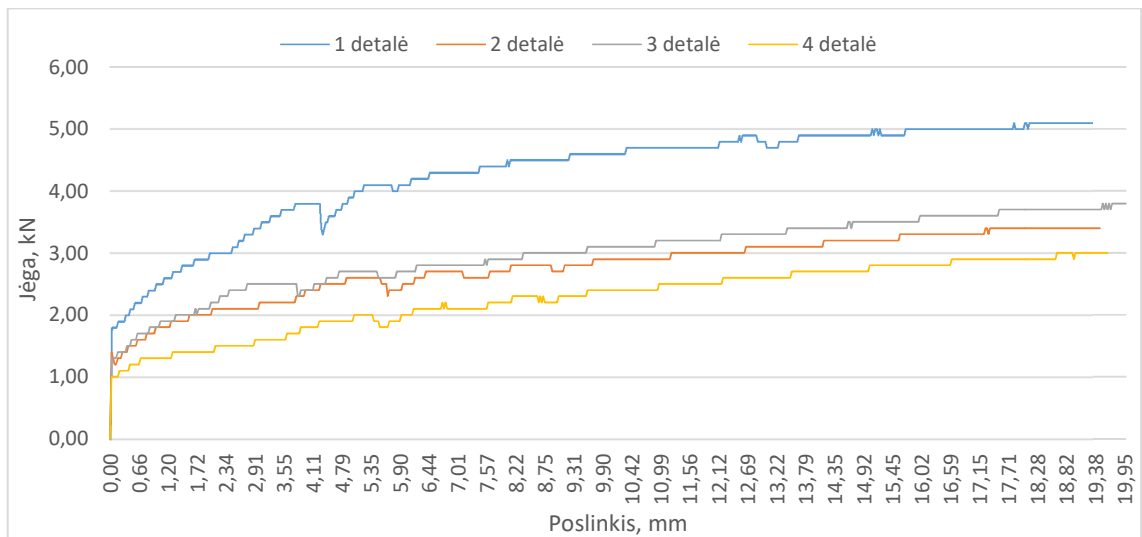
2.5.2. Tyrimo rezultatai

Atliekant bandymus, kiekvienas testas buvo stebimas ir vizualiai fiksuojamas deformacijos pobūdis. 85 mm plokštės bandinys buvo testuojamas su skardos jungimu, plokštė po lenkimo pavaizduota 2.34 pav.

Iš 2.34 pav. ir 2.35 pav. matyti, kad plokštės skardos jungimo vietoje deformacija yra nedidelė, o lenkimo jėga išsvystoma žymiai didesnė.



2.34 pav. 85 mm plokštės su jungimu (skarda 0,4/0,6 mm) liekamoji deformacija

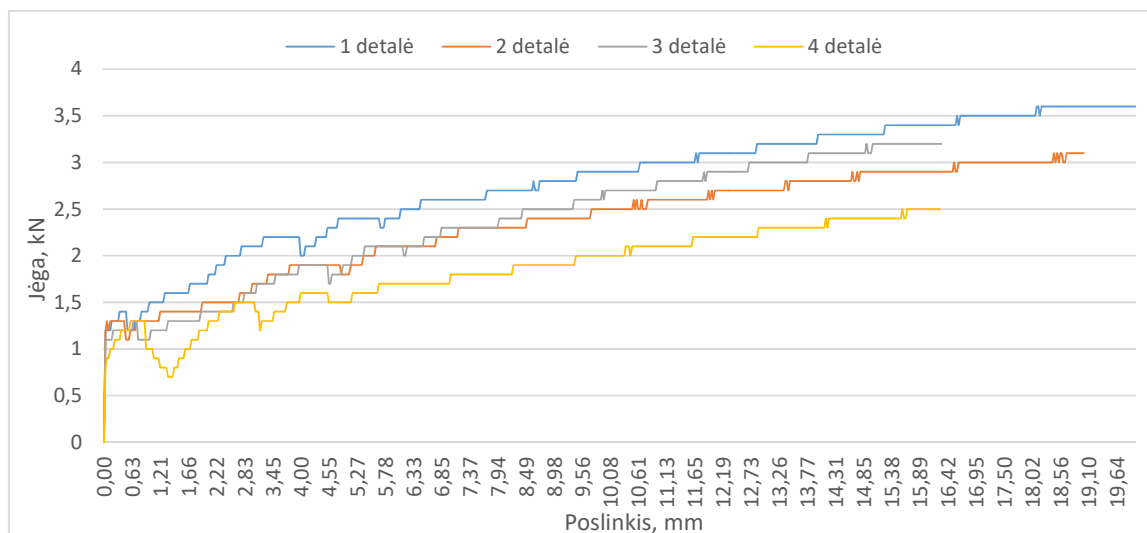


2.35 pav. Jėgos kitimas lenkiant 85 mm plokštę, skardos storiai 0,4/0,6 mm

85 mm plokštės lenkimas be skardos sujungimų pavaizduotas 2.36 pav.



2.36 pav. 85 mm plokštės (skarda 0,4/0,4 mm) liekamoji deformacija

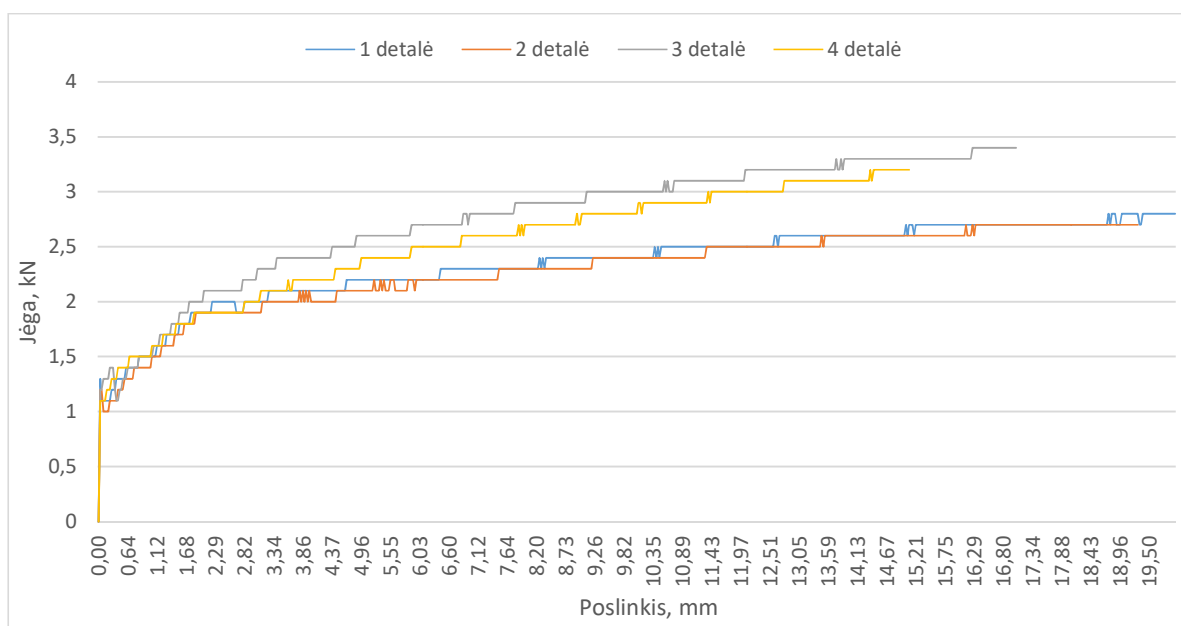


2.37 pav. Jėgos kitimas lenkiant 85 mm plokštę, skardos storiai 0,4/0,4 mm

65 mm plokštės lenkimas pavaizduotas 2.38 pav., o 45 mm plokštės – 2.39 pav.



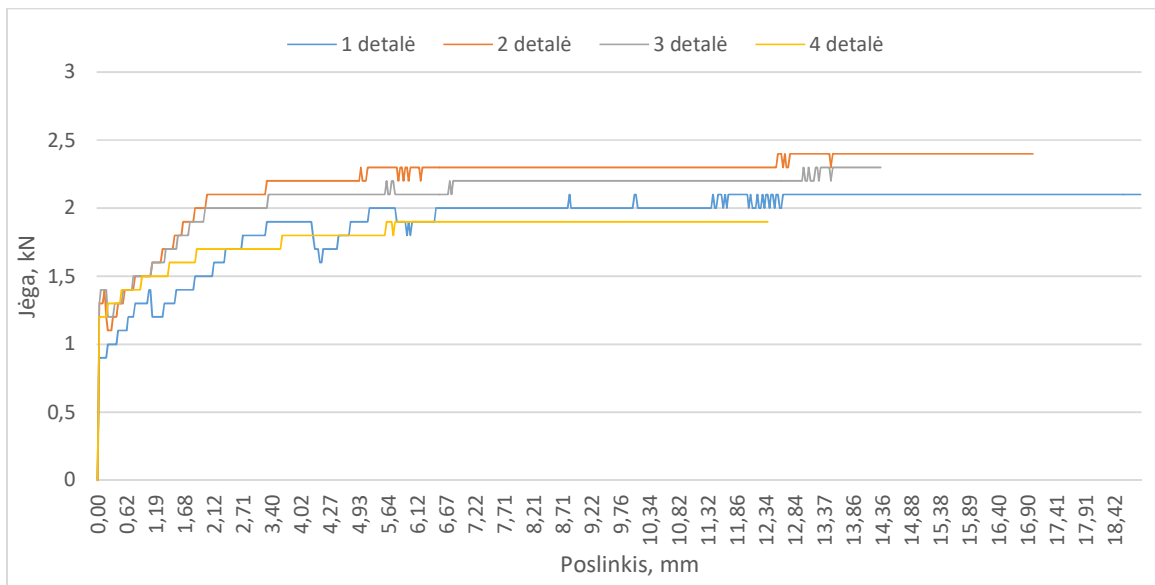
2.38 pav. 65 mm plokštės (skarda 0,6/0,6 mm) liekamoji deformacija



2.39 pav. Jėgos kitimas lenkiant 65 mm plokštę, skardos storiai 0,6/0,6 mm



2.40 pav. 45 mm plokštės (skarda 0,6/0,6 mm) liekamoji deformacija



2.41 pav. Jėgos kitimas lenkiant 45 mm plokštę, skardos storiai 0,6/0,6 mm

2.5.3. Rezultatų apžvalga

Atlikus lenkimo bandymą visiems plokščių bandiniams, iš grafikų matyti, kad kiekvieno testavimo metu apkrovos pasiskirstymas skiriasi. Didžiausia jėga – 3,8 kN išvystoma lenkiant 85 mm plokštę su skardos jungimu, o lenkiant 85 mm plokštę be jungimų ir su skirtingomis vidinėmis skardomis, išvystoma jėga siekia iki 3,2 kN. 65 mm plokštės lenkimo jėga yra mažesnė – iki 3 kN, o 45 mm – iki 2,5 kN. Po kiekvieno bandymo, dalis sukeltų deformacijų atsistatė, todėl galima sakyti, kad plokštė gali būti plastiškai deformuojama, nepaliekant liekamųjų deformacijų. Tačiau šiuo atveju, remiantis bandymo rezultatais ir pateiktais grafikais, plokštės priimamos tinkamomis eksploatuoti neikeičiant jų ir neremontuojant, kai lenkimo pradžioje pasiekiamas staigus jėgų šuolis ir plokštė labiausiai priešinasi lenkimui.

Išvados ir rekomendacijos

1. Atlikus šiluminį bandymą skirtingų parametrų kėbulams ir apskaičiavus šilumos perdavimo koeficientą, ATP (Susitarimas dėl greitai gendančių maisto produktų tarptautinio gabenimo ir tokiam gabenimui naudojamų specialių transporto priemonių) sertifikatą gali gauti tik kėbulai su 65 mm sienomis, nes šilumos perdavimo koeficientas nesiekia $0,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Kėbulų su 45 mm ir 65 mm sienomis šilumos perdavimo koeficientas skiriasi apie 1,2 karto. Įvairūs iššampavimai, įlietinės detalės bei durų sandarinimas taip pat turi įtakos šilumos izoliacijai.
2. Palyginus dvi poliuretano medžiagos sistemas, t. y. Elastopor H 1231/17OT ir Elastopor H 1231/23/OT, ir apskaičiavus šilumos perdavimo koeficientus, gaunama, kad plokščių izoliacinės savybės pagerėja apie 9,5 %. Todėl pritaikius sistemą Elastopor H 1231/23/OT, kėbulai su 45 mm sienomis atitiktų labai izoliuotos transporto priemonės reikalavimus ir gautų ATP sertifikatą.
3. Išmatavus plokščių tankį ir palyginus gautus rezultatus su 12 lentelėje pateiktomis ribinėmis vertėmis, matoma, kad visi bandymų rezultatai atitinka reikalavimus. Nevienodas poliuretano putų išsidėstymas liejimo metu, įvairūs tarpai bei poros, yra priežastis dėl tam tikrų rezultatų skirtumo ir nevienodumo. Atlikus eilę bandymų, galima matyti tendenciją, kad kiekvienos plokštės kraštuose poliuretano putų tankis yra mažesnis. Tai atsitinka dėl to, kad plokščių liejimo procesas yra horizontalus, t.y. poliuretano putos plečiasi į šonus, taip užpildydamos tuščias erdves, o atsiradę oro tarpai, chemijos garai ne visada pilnai pasišalina. 45 mm sienos plokštės poliuretano tankio maksimali ir minimali vertė skiriasi 8,82 %, 65 mm sienos – 8,70 %, o 85 mm stogo plokštės – tik 3,61 %. Kuo plokštė yra storesnė, tuo poliuretano putos liejimo metu pasiskirsto tolygiau.
4. Atlikus skersinio tempimo bandymus buvo gauta, kad bandiniai plyšta ne tik izoliacinės medžiagos vietoje, bet ir atitrūksta nuo išorinių bei vidinių skardų. Plyšimo vietą įtakoja technologinio proceso brokas, t. y. susidariusios poros, kurios silpnina plokštės stiprumą. Eksploatavimo metu plokštės plyšimas gali įtakoti kėbulo izoliacines savybes dėl atsiradusių oro tarpų. Palyginus gautus rezultatus su duotomis ribinėmis vertėmis galima sakyti, kad nustatytos tempimo reikšmės tenkina reikalavimus.
5. Atlikus paviršiaus šiurkštumo matavimus ir gautus rezultatus palyginę, matome, kad tiek išorinės skardos, tiek vidinės skardos paviršiaus šiurkštumas žymiai skiriasi. Tiek sienos, tiek stogo išorinės skardos yra lygesnės, paviršiaus šiurkštumas mažesnis, o vidinių skardų paviršių grublėtumas yra didesnis, nes skarda padengta specialia danga, kuri skirta maisto pramonei. Išorinė skarda turi įtakos aerodinaminiam pasipriešinimui, taip pat ant jos yra klijuojami įvairūs lipdukai, refleksinės kontūro juostos, dėl to reikalingas geresnis sulipimas.

6. Išmatavus plokščių skardų kietumus, pastebėta, kad tiek sienoms, tiek stogams gaminti yra naudojamos skirtingo kietumo išorinės ir vidinės skardos. Stogo liejime naudojamos apie 1,5 karto kietesnės skardos tiek išorėje, tiek viduje, nes stogą išorėje veikia įvairios oro sąlygos, o viduje ant stogo montuojamos šaldymo įrangos, liejami komunikacijų kanalai, montuojamos mėsos pakabinimo sistemos, kurios sukelia didesnes apkrovas stogo plokštei.
7. Atliekant skirtingų storių plokščių trijų taškų lenkimo bandymą, buvo matuojamas jėgos kitimas laike ir stebimos plokščių deformacijos. Pagal gautus lenkimo įlinkius galima sakyti, kad plokštė yra plastiška, dalis deformacijos atsistatė, tačiau liekamoji deformacija liko. Staigus jėgos kitimas pastebimas lenkiant iki 3 kN 85 mm plokštę ir iki 2 kN lenkiant 45 mm ir 65 mm plokštes. Taip pat iš 2.35 pav. matyti, kad pirmo bandinio lenkimo jėga yra kur kas didesnė, nes bandinys su skardos jungimo juosta. Dėl to galima sakyti, kad ties skardos jungimo vieta plokštė yra stipresnė.
8. Šilumos perdavimo koeficiento bandymui atlikti tiriami įvairių išmatavimų, su skirtingomis opcijomis kėbulai, kurių koeficiento reikšmės labai skirtingos. Šis bandymas galėtų būti taikomas vienai serijai vienodų kėbulų, kaip skiriasi matavimo rezultatai esant tiems patiems parametrams ir sąlygoms. Taip galima būtų stebėti, ar šilumos perdavimo koeficiento vertės išlieka vienodos visai serijai, ir iš to spręsti, kokie dar faktoriai turi įtakos izoliacinėms savybėms, t.y. kėbulo sandarinimas surinkimo metu, galinių durų nesandarumas, įvairios kiaurymės (grindų kraneliams, šaldytuvo montažui).
9. Tam, kad būtų gautas tolygesnis, be oro tarpų chemijos pasiskirstymas liejimo metu, turi būti naudojami specialūs lipdukai chemijos garams išleisti. Priklausomai nuo plokštės matmenų, užklijuojami tam tikrais atstumais plokštės kraštuose ir taip užtikrina mažesnę tikimybę atsirasti poroms.
10. Skersinio tempimo bandymui naudojami bandiniai su vientisomis skardomis, tačiau galima eksperimentuoti ir su skardos jungimą turinčiais bandiniais. Skardos jungimo vieta yra neišvengiama beveik kiekvienos plokštės sudedamoji dalis, kurią veikia apkrovos. Todėl padarius analizę, galima būtų spręsti, ar plokštė toje vietoje yra stipresnė, kaip matyti lenkimo tyrime, ar atvirkščiai – silpnesnė.

Literatūros sąrašas

1. Prieiga per internetą [žiūrėta 2018-04-12]. https://www.cargobull.com/lt/FERROPLAST-ThermoTechnology_116_320.html
2. Dietrich, W., Zollner, R. Relationship between production methods and properties. Polyurethane Handbook. New York, 1985.
3. Zollner, R. Properties of PU rigid foam. In Polyurethane Handbook. New York, 1985.
4. Tajbakhsh, S. Developments in sandwich construction. University of Salford, 1992.
5. UAB „Schmitz Cargobull Baltic“ technologinis reglamentas. Gamyboje naudojamos pagrindinės medžiagos.
6. Burgan, B.A. Concise Guide to the Structural Design of Stainless Steel. SCI Publication 123. The Steel Construction Institute. Berkshire, 1992. ISBN-10: 1870004841.
7. Badoo, N. Design of Stainless Steel Fixings and Ancillary Components. SCI Publication 119. The Steel Construction Institute. Berkshire, 1993.
8. Schmelztauchveredeltes Bund und Blech. Stahl Informations Zentrum.Dusseldorf.
9. ATP sertifikatas. Susitarimas dėl greitai gendančių maisto produktų tarptautinio gabenimo ir tokiam gabenimui naudojamų specialių transporto priemonių.
10. Prieiga per internetą [žiūrėta 2018-01-12]. <http://www.digiwork.ca/product.html?title=TIME%20TH140%20Portable%20Hardness%20Tester&list=products/data145>
11. UAB „Schmitz Cargobull Baltic“ darbo vietos instrukcija. PU kokybės kontrolės protokolas.
12. Vikipedija. Laisvoji enciklopedija. Prieiga per internetą [žiūrėta 2018-03-15] <https://lt.wikipedia.org/wiki/Tankis>
13. Vikipedija. Laisvoji enciklopedija. Prieiga per internetą [žiūrėta 2018-03-15] <https://lt.wikipedia.org/wiki/%C4%AEtempis>
14. Prieiga per internetą [žiūrėta 2018-01-12]. <http://www.digiwork.ca/product.html?title=TIME%20TH140%20Portable%20Hardness%20Tester&list=products/data145>
15. Prieiga per internetą [žiūrėta 2018-01-12]. <https://www.hoffmann-group.com/LT/lt/metmatus/Matavimo-prietaisai/Mikroskopai%2C-%C5%A1iurk%C5%A1%20C4%8Dio-matuokliai/%C5%A0iurk%C5%A1%C4%8Diamatis/p/499030>
16. Prieiga per internetą [žiūrėta 2018-05-18] <https://apcis.ktu.edu/lt/site/katalogas?more=6802>