



## HIDROIZOLIACINIŲ MEDŽIAGŲ KLIJAVIMO TECHNOLOGIJŲ ATSPARUMO ANALIZĖ

Darius BALČIŪNAS<sup>1</sup>, Evaldas MATUZEVIČIUS<sup>2</sup>, Darius MIGILINSKAS<sup>3</sup>,  
Arūnas BARVIDAS<sup>4</sup>

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>[darius.balciunas@statyba.lt](mailto:darius.balciunas@statyba.lt); <sup>2</sup>[evaldasm41@gmail.com](mailto:evaldasm41@gmail.com); <sup>3</sup>[darius.migilinskas@vgtu.lt](mailto:darius.migilinskas@vgtu.lt);  
<sup>4</sup>[arunas.barvidas@vgtu.lt](mailto:arunas.barvidas@vgtu.lt)

**Santrauka.** Vien pažangių stogo hidroizoliacinių medžiagų panaudojimas neužtikrina tinkamo rezultato, nes neteisingas klijavimo technologijų taikymas ir nepakankama atliekamo darbo kokybės kontrolė gali būti nesėkmės priežastis. Straipsnyje analizuojami hidroizoliacinių medžiagų klijavimo technologijų ir įrengimo darbų kokybės bandymai, kuriuose eksperimentiniais būdais buvo nustatytos įvairių stogo hidroizoliacinių dangų klijavimo atsparumo, siūlių stiprumo, prilydymo prie pagrindo stiprumo duomenys. Apibendrinus pateikiamos išvados, kurias galima taikyti stogų hidroizoliacinių medžiagų įrengimo kokybei užtikrinti.

**Reikšminiai žodžiai:** stogų hidroizoliacinės medžiagos, bituminė danga, siūlių sulydymas, sukibimo su paviršiais ir stiprumo patikimumas.

### Įvadas

Statybose dažnai pasitaiko sutapdintų stogų įrengimo klaidų dėl įvairių medžiagų taikymo, technologijų naudojimo ir darbų kokybės trūkumų, netinkamo paviršiaus paruošimo. Hidroizoliacijos patikimumui didelę įtaką turi darbų atlikimo, projekto parengimo kokybė, normų taikymas, tinkamas pagrindo paruošimas ir instrukcijų (taisyklių) bei įrengimo sąlygų laikymasis. Tinkamai atlikus visų etapų darbus, panaudojus medžiagas, kaip nurodo gamintojai, hidroizoliacinė danga turi sudaryti stiprų ir ilgalaikį ryšį su betono paviršiumi, tada stogą galima eksploatuoti 20–30 metų.

Dažniausiai pasitaikančios stogų įrengimo klaidos:

- hidroizoliacijos plyšiai prie sujungimo vietų;
- danga atšokusį, pūslėtą;
- nepatikimai sulydytos siūlės;
- nehermetiškai sujungtos įlajos dalys;
- ritininių medžiagų mikroplyšiai, atsiradę dėl išilginio ir skersinio susitraukimo.

Šiame straipsnyje yra nagrinėjamos įvairių hidroizoliacinių medžiagų klijavimo technologijos, tyrimo objektas – atsparumo bandymai. Tyrimai atliekami su 1 lentelėje pateiktomis medžiagomis.

1 lentelė. Tiriamųjų medžiagų atsparumo bandymai

Table 1. Resistibility analysis of tested materials

Hidroizoliacinė medžiaga	Bandymas
Prilydoma bituminė danga, modifikuota SBS, armuota poliesterio audiniu (kai klijuojamasis paviršius lygus)	Esant skirtingam kaitinimo režimui: – sandūros atsparumas lupimui; – sandūros atsparumas šlyčiai
Prilydoma bituminė danga, modifikuota SBS, armuota poliesterio audiniu (kai klijuojamasis paviršius profiliuotas)	Esant skirtingam kaitinimo režimui: – sandūros atsparumas lupimui; – sandūros atsparumas šlyčiai
Prilydoma bituminė danga, modifikuota SBS, armuota poliesterio audiniu	– sukibimas su pagrindu, priklausomai nuo paviršiaus drėgmės
Prilydoma bituminė ritininė danga (armuota neaustu poliesteriu)	– sukibimas su pagrindu, priklausomai nuo paviršiaus drėgmės
Teptinė polimerinė (vienkomponentė)	– sukibimas su pagrindu, priklausomai nuo paviršiaus drėgmės
Savaime limpanti ritininė bitumo ir gumos danga (sluoksniuota HDPE plėvelė)	– sukibimas su pagrindu, priklausomai nuo paviršiaus drėgmės
Modifikuota SBS mastika	– sukibimas su pagrindu, priklausomai nuo paviršiaus drėgmės

## Ritinių stogo dangų sukibimo su pagrindu stiprumo tyrimai

Mokslininkai J. Sheahanas ir J. Johnsonas (Sheahan, Johnson 1991) atliko stogo hidroizoliacinių dangų sušaldytų siūlių pralaidumo nustatymo tyrimą. Per paliktą ertmę hidroizoliacinėje dangoje buvo įpompuotas 35 kPa slėgis, imituojant siūlės atplėšimo (angl. *T-peel test*) modelį. Siūlės, kurios praleido dujas, buvo pažymėtos kreida, kad ateityje jas galima būtų sutvarkyti, prilydyti. J. Sheahano ir J. Johnsono tyrimas – naudingas stogo hidroizoliacijos kokybės patikrinimo metodas. Šiuo metu panašius bandymus atlieka Švedijos įmonė „Mataki“, tačiau šį kokybės patikrinimo metodą įmonė yra užpatentavusi ir diagnostiką įvykdo tik atlikusi savo darbus.

J. M. Hunnicut (1976) teigia, kad automobilių stovėjimo pastatų perdangos absorbuoja didelį kiekį temperatūros karštuoju vasaros metu, ypač kai važiuojamoji dalis yra tamsios spalvos. Be to, priklausomai nuo nuvažiuoto atstumo, automobilio padangos paviršius gali įkaisti iki 100 °C.

Karablikovas (2007) eksperimentais nustatė, kad maksimalus siūlių stiprumas neviršija 15–20 % ritininės dangos stiprumo. Be to, Karablikovas ir Vilutienė (2010) ištyrė, kad užlaidinės sandūros siūlėje esančios nesusiklijavusios zonos išnyksta dangą kaitinant ne trumpiau kaip 9 s, tačiau dėl to suplonėja ribinis dangos storis, todėl kaitinimas yra apribojamas iki 5 s. Dauguma autorių teigia, kad viena iš drėgmės sunkimosi per bituminę ritininę dangą priežasčių – klimatinių oro sąlygų neįvertinimas. Rudenį ir žiemą stogo pagrindas absorbuoja drėgmę. Užklojus hidroizoliacijos sluoksnį ant įdrėkusio pagrindo, vėliau – drėgmei garuojant, susidaro dangos iškilimų (pūslių), kurie mažina stogo dangos patikimumą. Norint suvaldyti pūslių atsiradimo riziką, reikia patikrinti pakloto drėgmę. Pagal gamintojų rekomendacijas cemento ir smėlio pakloto drėgmė neturi viršyti 4 % pagal masę, o pakloto iš asfaltbetonio – 2,5 %.

Hidroizoliacinių dangų įtrūkius gali nulemti medžiagos temperatūros neužtikrinimas ir oro temperatūros neįvertinimas. Ne visų tipų hidroizoliavimo darbai gali būti atliekami neigiamoje temperatūroje. Kai temperatūra žemesnė kaip –20 °C, atvirame ore rekomenduojama dirbti tik su metalinių, polimerinių, mechaniškai tvirtinamų tipų hidroizoliacijomis. Kitų tipų hidroizoliacines dangas galima įrengti tik taikant specialių priemonių kompleksą (šildant paviršius, medžiagas, naudojant priedus nuo šalčio ir kt.). Klojant stogo dangą, esant minusinei temperatūrai, bituminę polimerinę ritininę stogo dangą reikia pašildyti iki plusinės temperatūros per

visą dangos tūrį. Darbo vietos turi būti apsaugomos nuo atmosferos kritulių, apledėjimo, izoliuojamieji paviršiai turi būti išdžiovinami.

Defektų priežastimi gali tapti pagrindo deformacijos, didelės vertikalios apkrovos, trumpalaikės horizontalios jėgos (pvz., stabdant mašiną). Dangą gali pažeisti virš jos esančių sluoksnių deformacijos, kurias sukelia temperatūrų svyravimai arba drėgmės režimo pasikeitimai. Apželdintų stogų patikimumui didelį pavojų kelia peraugusios augalų šaknys.

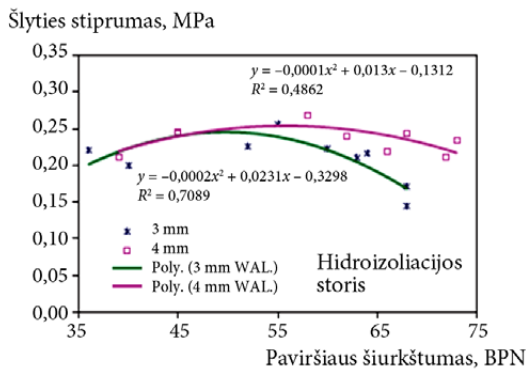
Netinkamai atlikti paviršiaus paruošiamieji darbai (hidroizoliacijai įrengti) gali tapti hidroizoliacijos nepatikimumo priežastimi.

## Ritinių hidroizoliacinių medžiagų prilydymo prie įvairių paviršių patikimumas

Mailvaganamo ir kt. (Mailvaganam *et al.* 1998) atlikti hidroizoliacijos sukibimo sąveikos su pagrindu bandymai rodo, kad dėl veikiančių apkrovų (automobilių stabdymo, pagreitėjimo ir kt.) ir atmosferos poveikio (sniego, ultravioletinių spindulių ir kt.) atsiranda šlyties, gniuždymo, tempimo įtempių, įvyksta konstrukcijų deformacijos. Mailvaganamas *et al.* atliko elastomerinę hidroizoliacinių dangų stabilumo su tipiniu mazgu tyrimą. Atsižvelgiant į eksperimento rezultatus nustatyta, kad daugelis hidroizoliacinių dangų turi negrįžtamus deformacinius pokyčius dėl cikliškų temperatūros pasikeitimų, be to, sumažėjusią savybę prisitaikyti prie deformacijų, esant žemai temperatūrai, dėl to galimi hidroizoliacijos mikroįtrūkliai, atplyšimas nuo pagrindo. Nepatikimai įrengta hidroizoliacinė sistema gali būti pralaidi drėgmei.

Mailvaganamas *et al.* įvardija, kad pagrindiniai faktoriai, kurie lemia hidroizoliacijos sukibimą su pagrindu, yra: betono šūrškštumas, porėtumas. Šie parametrai tiesiogiai priklauso nuo V/C (vandens/cemento) santykio, paviršiaus paruošimo, betoninio paviršiaus priežiūros kietėjimo periodu.

Granne, Bjork (2000) tyrė hidroizoliacinių dangų prilydymo prie įvairių paviršių ir tarpusiuo siūlių sulydymo kokybės problematiką. Tyrimo tikslas – nustatyti hidroizoliacijų prilydymo prie metalinių paviršių patikimumą. Tyrimo metu hidroizoliacinių membranų įtempiai buvo modeliuojami į dvi grupes: trumpalaikius (sukeltus vėjo gūsių ar transporto apkrovų) bei ilgalaikius įtempius (sukeltus konstrukcijų poslinkių, įlinkių, ilgalaikių deformacijų). Granne, Bjork (2000) pasiūlė stogo hidroizoliacijos įrengimo kokybei vertinti šiuos parametrus – hidroizoliacinės dangos siūlių sulydymo patikimumą ir sukibimą su metaliniais paviršiais, visišką šių zonų sandarumą.



1 pav. Šlyties stiprumo priklausomybė nuo paviršiaus šiurkštumo (Zhou, Xu 2009)

Fig. 1. Shear strength dependence on surface roughness (Zhou, Xu 2009)

Zhou, Xu nustatė, kad, didinant betoninio paviršiaus šiurkštumą BPN (angl. *Surface Roughness, BPN value*), atsparumas šlyčiai didėja iki „lūžio taško“ (1 pav.). Didėjant paviršiaus šiurkštumui, šlyties stiprumas padidėja dėl sukibimo efekto tarp hidroizoliacijos ir paviršiaus, tačiau šiurkštus paviršius, kurio struktūra per gili, sumažina kontaktą tarp dangos ir betono paviršiaus.

Atsižvelgdami į hidroizoliacijos atplėšimo bandymų rezultatus sukibimo stiprumui užtikrinti, Zhou, Xu teigia, kad optimali bituminės dangos prilydymo temperatūra yra 120–170 °C. Lietuvos statybos taisyklėse reikalaujama, kad klijuojamasis sluoksnis būtų išlydomas 140–160 °C temperatūroje.

Tan *et al.* (2013) pagal atliktus transporto veikiamos perdangos hidroizoliacijos tyrimus mechaniniams rodikliams nustatyti išskiria tokius parametrus, lemiančius hidroizoliacijos patikimumą: šlyties stiprumas, atplėšimo stiprumas (2 lentelė). Šie rodikliai nagrinėjami priklausomai nuo paviršiaus šiurkštumo ir temperatūros.

Tan *et al.* (2013) teigia, kad projektuojant ir įrengiant konstrukcijų hidroizoliaciją turi būti:

- atsižvelgta į veikiančias temperatūras;
- užtikrintas tinkamas pagrindo šiurkštumas;
- parenkant hidroizoliacijos tipą turi būti įvertintos galimos apkrovos;
- įvertinta konstrukcijų poslinkių, įlinkių įtaka hidroizoliacijai.

Vienas iš hidroizoliacinių sistemos patikimumo vertinimo būdų yra nagrinėti sistemos mechaninio atsparumo parametrus ir jų įtaką hidroizoliacijos kokybei.

Šiuo atveju analizuoti parinkti du kritiniai hidroizoliacinės sistemos patikimumo parametrai – dviejų gretutinių stogo dangų juostų suklijavimo stiprumas ir dangos priklijavimo prie pagrindo stiprumas.

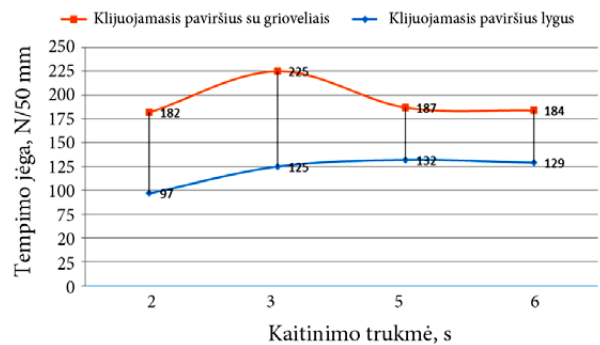
2 lentelė. Atsparumo šlyčiai ir lupimui priklausomybė nuo atmosferos temperatūros

Table 2. Shear resistance dependence on atmosphere temperature

Temperatūra (°C)	Atsparumas šlyčiai/lupimui, MPa			
	SBS modifikuotas bitumas	Bitumo ir gumos danga	Polimerais modifikuotas bitumas	SBS emulsuotas bitumas
3	3,78/1,82	3,82/1,92	1,90/1,75	0,65/1,68
27	0,68/0,85	0,72/0,88	0,41/0,81	0,14/0,62
40	0,35/0,26	0,37/0,32	0,11/0,23	0,08/0,20

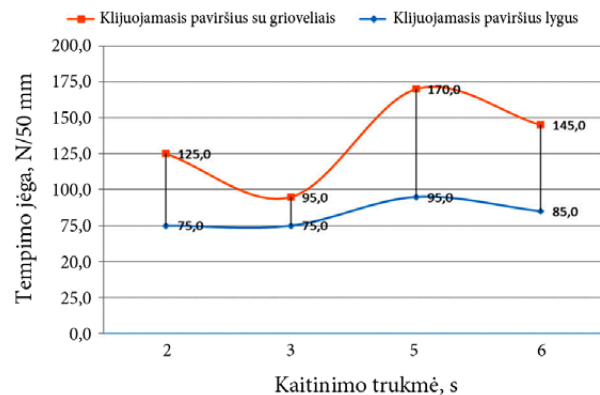
### Užlaidinės sandūros patikimumo vertinimas

Atlikus SBS polimerais modifikuotos bituminės stogo dangos sandūros, armuotos 200 g/m<sup>2</sup> poliesteriu, kurios kaitinamas paviršius lygus ar profiliuotas, atsparumo lupimui bandymus ir išanalizavus rezultatus, pateiktus 2 ir 3 pav., galima teigti, kad panaudojus dangą, kurios klijuojamasis paviršius su grioveliais, galima pasiekti optimalią didžiausio atsparumo vertę, kaitinant 2 s mažiau, lyginant su danga, turinčia lygų klijuojamąjį paviršių. Be to, pasiekiami absoliutinė didžiausio atsparumo lupimui vertė buvo pasiekta 70 % didesnė.



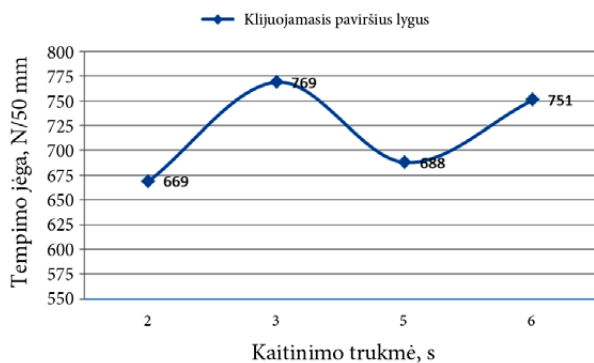
2 pav. Didžiausio atsparumo lupimui priklausomybės nuo kaitinimo režimo kreivė (Balčiūnas 2013)

Fig. 2. The curve of dependence of maximum peel resistance on heating regime (Balčiūnas 2013)



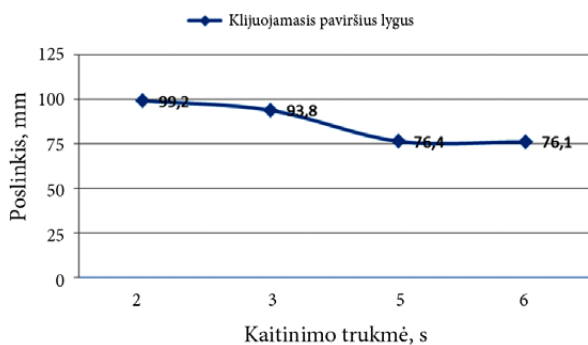
3 pav. Didžiausio vidutinio atsparumo lupimui priklausomybės nuo kaitinimo režimo kreivė (Balčiūnas 2013)

Fig. 3. The curve of dependence of average peel resistance on heating time (Balčiūnas 2013)



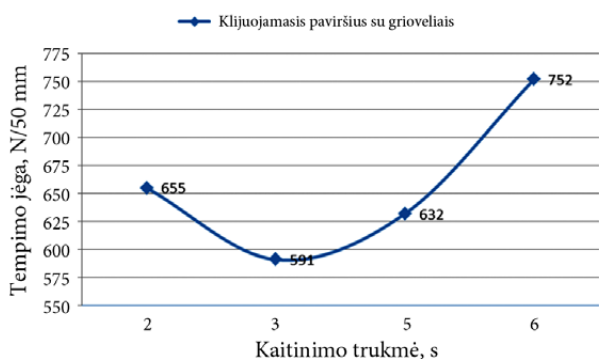
4 pav. Siūlės atsparumo šlyčiai pasiskirstymas pagal kaitinimo režimą, kai klijuojamasis paviršius lygus (Balčiūnas 2013)

Fig. 4. Distribution of shear resistance in beam according to the heating regime when bonding surface is flat (Balčiūnas 2013)



5 pav. Poslinkio ties didžiausiąja atsparumo šlyčiai verte pasiskirstymas pagal kaitinimo režimą, kai klijuojamasis paviršius lygus (Balčiūnas 2013)

Fig. 5. The distribution of displacement at the maximum shear resistance according to the heating regime when bonding surface is flat (Balčiūnas 2013)



6 pav. Siūlės atsparumo šlyčiai pasiskirstymas pagal kaitinimo režimą, kai klijuojamasis paviršius su grioveliais (Balčiūnas 2013)

Fig. 6. The distribution of beam shear resistance according to the heating regime when bonding surface is profiled (Balčiūnas 2013)

Nagrinėjant vidutinio atsparumo lupimui rezultatus, pateiktus 3 pav., pastebima, kad anksčiau minima atsparumo lupimui ir kaitinimo režimo priklausomybė nėra pastebima, tačiau galima teigti, kad, panaudojus dangą, kurios klijuojamasis paviršius su grioveliais, galima pasiekti geresnių atsparumo lupimui rezultatų. Kontroliniuose kaitinimo režimo 2, 3, 5 ir 6 s taškuose vertės buvo atitinkamai didesnės 66,7 %, 26,7 %, 79 % ir 71 %.

Išanalizavus atsparumo šlyčiai rezultatus pastebėtina, kad nėra priklausomybės tarp sandūros siūlės atsparumo šlyčiai bei kaitinimo režimo (4 pav.). Tai galima paaiškinti, atsižvelgiant į sandūros formavimo technologiją ir suirimo pobūdį, atliekant atsparumo bandymus. Atliekant ardomuosius bandymus, tik 2 bandiniai (suklijuoti taikant 2 s kaitinimo režimą) iš 20 suiro sulydytos siūlės vietoje dėl nepakankamo sukibimo. Visi kiti bandiniai suiro nutrūkus dangai. Remiantis šiais duomenimis, galima teigti, kad šiuo metu taikomos bituminių dangų formavimo technologijos, prilydant dvi dangas tarpusavyje, visiškai pašalina siūlės atsparumo šlyčiai problemą, t. y. suformuota siūlė technologiškai yra stipresnė už pačią dangą. Tyrimo rezultatų chaotišką pasiskirstymą galima paaiškinti remiantis gamintojų teikiamais duomenimis, kuriuose nurodoma, kad dangos atsparumas tempimui yra galimas  $\pm 200$  N intervale, o šiuo atveju, kai suirimas įvyksta nutrūkus dangai, galima teoriškai sandūros atsparumą šlyčiai lyginti su atsparumu tempimui.

Nagrinėjant atsparumo šlyčiai bandymo rezultatus pastebėta, kad bituminės dangos, kurios klijuojamasis paviršius yra lygus, kuo ilgiau buvo kaitinti bandiniai prieš suklijavimą, tuo mažesnis buvo poslinkis ties didžiausia apkrova (5 pav.). Taikant 2 s kaitinimo režimą, tempimo įrangos gnybtų poslinkis buvo gautas 99,2 mm, o kaitinant paviršius 6 s, šis rodiklis sumažėjo daugiau kaip 30 %, iki 76,1 mm.

Analizuojant tokį deformacijų pasiskirstymą, reikia rezultatus susieti su kitų mokslininkų tyrimais. Remiantis K. Peleckio (2011) tyrimais įrodyta, kad užlaidinės sandūros siūlėje egzistuoja nesuklijavusių vietų, kurių kiekis yra susijęs su kaitinimo režimu. Nesuklijavusi vieta – tai tuštuma (ertmė), esanti sandūros siūlėje, kuri gali būti pripildyta dujų, kurias eksploatacijos metu gali pakeisti drėgmė. Kuo ilgiau kaitinama siūlė prieš suklijavimą, tuo mažiau lieka nesuklijavusių vietų. Pažymėtina, kad, remiantis standartizuotais bandinių matmenimis, net pusę bandinio ploto sudaro užlaidinės sandūros siūlė. Atsižvelgiant į šiuos teiginius, galima išvada, kad nesuklijavusio ploto kiekis yra proporcingas sandūros deformacinėms savybėms. Kuo daugiau siūlėje nesuklijavusių vietų, tuo daugiau bandinys gali tįsti.

Nagrinęjant sandūros atsparumo šlyčiai rezultatus, kai dangos klijuojamasis paviršius su grioveliais (6 pav.), pastebimas toks pat chaotiškas duomenų pasiskirstymas, kaitinimo režimo atžvilgiu 2 s kaitintų bandinių vidutinis atsparumas šlyčiai yra 655 N/50 mm, kuris padidinus kaitinimo režimą iki 3 s mažėja iki 591 N/50 mm.

Toliau didinant kaitinimo režimą, vidutinis atsparumas šlyčiai didėja ir didžiausioji vertė (752 N/50 mm) pasiekama ties 6 s kaitinimu. Pažymėtina, kad sandūros, įrengtos iš dangos, kurios klijuojamasis paviršius su grioveliais, visi bandiniai suiro nutrūkus dangai. Tai reiškia, kad visais atvejais prilydomuoju būdu suformuota siūlė buvo stipresnė už pačią dangą.

Sandūros, įrengtos iš dangos, kurios klijuojamasis paviršius su grioveliais, deformacijos ties didžiausiąja atsparumo šlyčiai verte pasiskirstė netolygiai (7 pav.). Ties 2 s kaitinimo režimu tempimo prietaiso gnybtų poslinkis buvo lygus 89,5 mm. Padidinus kaitinimą iki 3 s poslinkis sumažėjo iki 74,1 mm. Toliau atitinkant kaitinimo režimą, poslinkis padidėjo iki 84,7 mm bei toliau sumažėjo iki 78,1 mm. Toks netolygus duomenų pasiskirstymas galimas dėl neapibrėžto nesusiklijavusių vietų skaičiaus prilydomajai bituminei dangai. Tikėtina, kad klijuojamojo paviršiaus su grioveliais naudojimas gali būti taikomas kaip sprendimas nesusiklijavusiems plotams mažinti.

Nagrinęjant atsparumo lupimui bandymo metu gautus grafikus pastebėtina, kad priklausomybės kreivė (7 pav.) nėra tolygi ir jos kritimo ir kilimo taškai yra pasiskirstę nevienodai. Toks priklausomybės pasiskirstymas egzistuoja dėl netolygaus siūlės stiprumo per jos visą plotį. Atlikus bandymus ir išanalizavus teorinius duomenis, galima teigti, kad toks netolygus siūlės atsparumo lupimui pasiskirstymas per užlaidos plotį yra galimas dėl kelių priežasčių:

- Dėl netolygaus sandūros prispaudimo po kaitinimo (Granne *et al.* 2003).
- Dėl drėgmės ir (ar) kitų pašalinių medžiagų, patekusių į sandūrą ir taip mažinančių suklijavimo plotą.
- Dėl nesusiklijavusių, esančių siūlėje vietų, kurių kiekis priklauso nuo kaitinimo trukmės (Peleckis 2011).
- Dėl reklaminių logotipų klijuojamajame paviršiuje (8 pav.).

Lyginant vidutinio didžiausio atsparumo lupimui vertes, gautas naudojant dvi skirtingo tipo dangas, galima teigti, kad abiem atvejais galioja kaitinimo režimo ir didžiausiosios atsparumo lupimui vertės priklausomybės kreivė, aprašyta A. Karablikovo (2007). Tačiau dėl dangos klijuojamojo paviršiaus ypatumo priklausomybės pasiskirsto nevienodai (2 pav.). Tempimo jėgos ir kaitinimo režimo

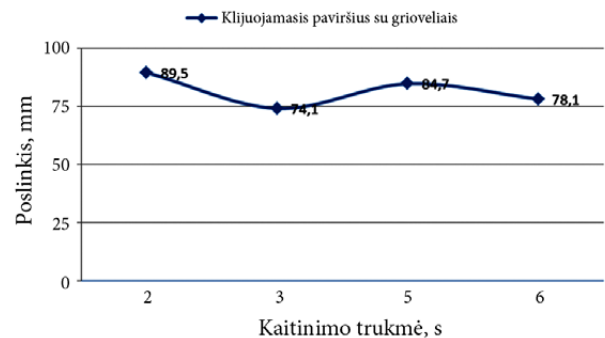
kreivės didžiausiųjų verčių, kartu ir lūžio taško vertė, yra pasiekiami greičiau naudojant dangą, kurios klijuojamasis paviršius yra su grioveliais. Šios kreivės didžiausioji vertė yra pasiekiami ties 3 s kaitinimo režimu, o esant lygiam klijuojamojo paviršiaus dangai – pakaitinus 5 s.

### Dangos atplėšimo nuo pagrindo bandymas

Siekiant įvertinti hidroizoliacijos atsparumą plėšimui normaliomis (statybvietės) įrengimo sąlygomis, buvo atlikti šie hidroizoliacijos įrengimo etapai:

- paruoštas paviršius (pašalinti paviršiaus nelygumai, dulkės);
- patikrintas paviršiaus drėgnumas;
- betonas buvo padengtas gruntu.

Bandomoji medžiaga Nr. 1 – bituminė ritininė danga (armuota neaustu poliesteriu). Hidroizoliacinę dangą prilydė specialistai statybvietės sąlygomis. Ritininė danga



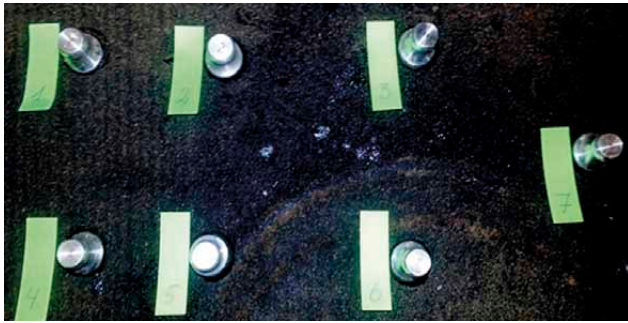
7 pav. Poslinkio ties didžiausiąja atsparumo šlyčiai verte pasiskirstymas pagal kaitinimo režimą, kai klijuojamasis paviršius su grioveliais (Balčiūnas 2013)

Fig. 7. The distribution of displacement at the maximum shear resistance according to the heating regime when bonding surface is profiled (Balčiūnas 2013)



8 pav. Nesusiklijavusi siūlė dėl reklamos logotipo klijuojamojoje dalyje

Fig. 8. Bonding failure due to logo in the bonding area



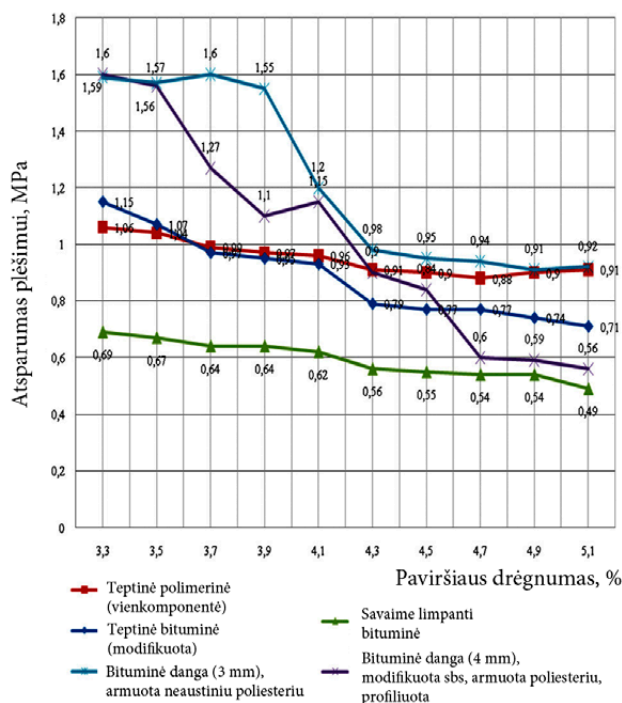
9 pav. Atlpėšimo formos, suklijuotos ant bituminės ritininės dangos

Fig. 9. Pull off form glued on asphalt roller covers



10 pav. Atlpėšti bituminės dangos bandiniai

Fig. 10. Pull off samples from asphalt roller covers



11 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo betono paviršiaus diagrama (paviršius gruntuotas)

Fig. 11. Diagram of waterproofing tearing resistance from the concrete surface (surface primed)

buvo kaitinama, kol sąlyčio su betono paviršiumi pasirodė nedidelis (3 mm) bitumo ištekėjimas.

Vėliau prie bituminės dangos paviršiaus epoksidiniais klijais buvo priklijuotos specialios formos, skirtos adhezijos bandymui atlikti (9 pav.).

Bandymas buvo atliktas naudojant mechaninį atplėšimo mechanizmą (angl. *DeFelsko PosiTest pull-off adhesion tester*). Tyrimo metu pastebėta, kad nuplėšto bandinio prilydymo reljefas kiekvienu atplėšimo atveju yra skirtingas (10 pav.).

Bandomoji medžiaga Nr. 2 – prilydoma bituminė danga, modifikuota SBS, armuota poliesterio audiniu (kaitinamas paviršius profiliuotas).

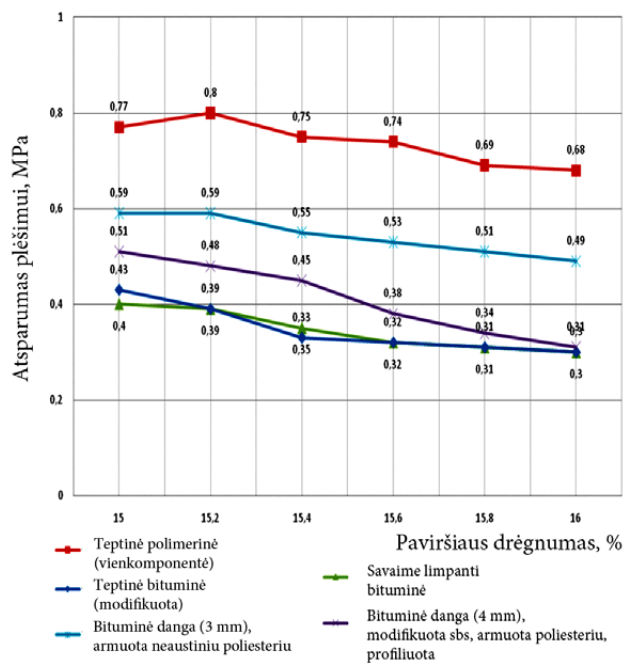
Bandymo medžiaga Nr. 3 ir Nr. 4 – teptinė polimerinė (vienkomponentė) ir modifikuota SBS mastika.

Bandymo medžiaga Nr. 5 – savaime limpanti bitumo ir gumos (kryžmiškai sluoksniuota HDPE plėvelė) ritininė danga.

Tyrimo metu siekiant įvertinti sukibimo stiprumą su betonu kritinėmis hidroizoliacijos įrengimo sąlygomis, buvo atlikti bandymai, kurių hidroizoliacinis paviršius paruoštas skirtingomis sąlygomis:

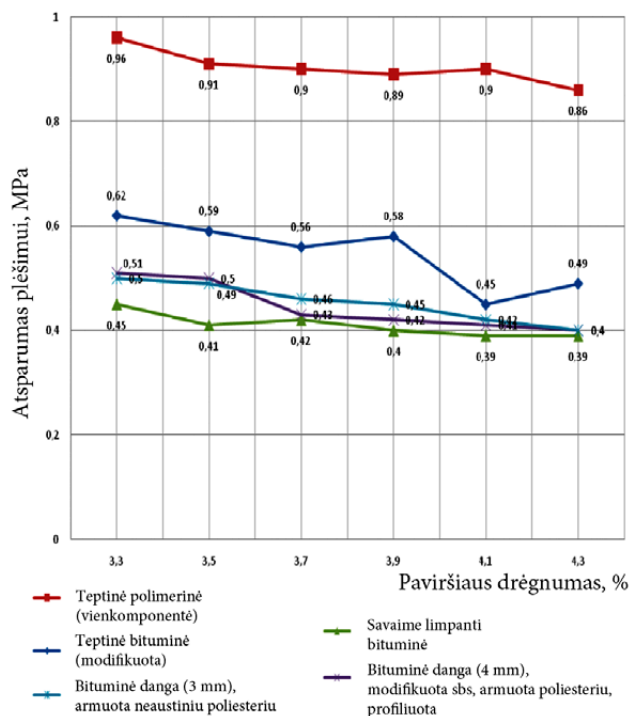
- negruntuotas;
- drėgnas, negruntuotas;
- drėgnas, gruntuotas.

Atlikto tyrimo rezultatai pateikiami atsparumo plėšimui priklausomybės nuo paviršiaus drėgnumo grafikuose (11–14 pav.).



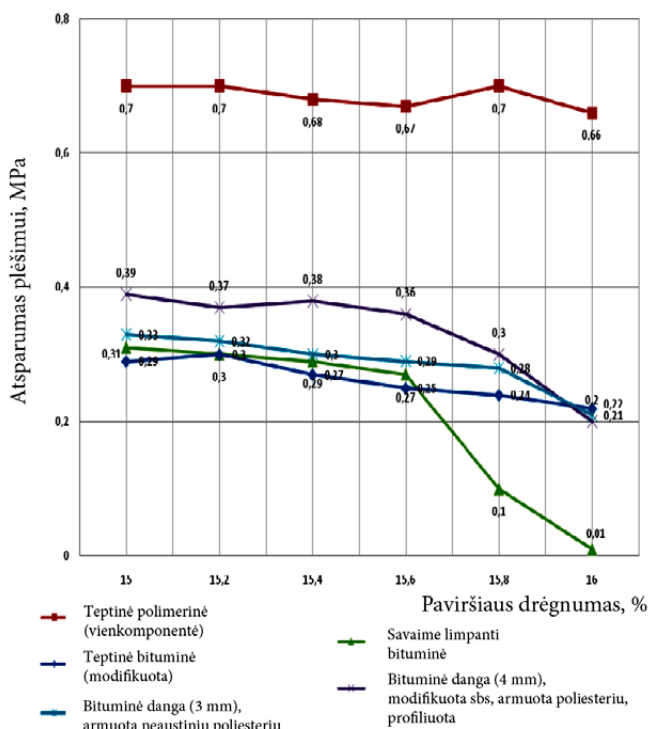
12 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo gruntuoto ir drėgno betono paviršiaus diagrama

Fig. 12. Diagram of waterproofing tearing resistance from the primed and wet concrete surface



13 pav. Hidroiziacijos atsparumo plėšimui nuo betono paviršiaus diagrama (paviršius negruntuotas)

Fig. 13. Diagram of waterproofing tearing resistance from the concrete surface (unprimed surface)



14 pav. Hidroiziacijos atsparumo plėšimui nuo betono paviršiaus diagrama (paviršius negruntuotas, drėgnas)

Fig. 14. Diagram of waterproofing tearing resistance from the concrete surface (surface primed, wet)

Kitas bandymas buvo atliktas naudojant medžiagas Nr. 1–5, kad būtų nustatytas sukibimo su metalo skarda stiprumas, kai paviršius yra paruoštas ne vienodomis sąlygomis.

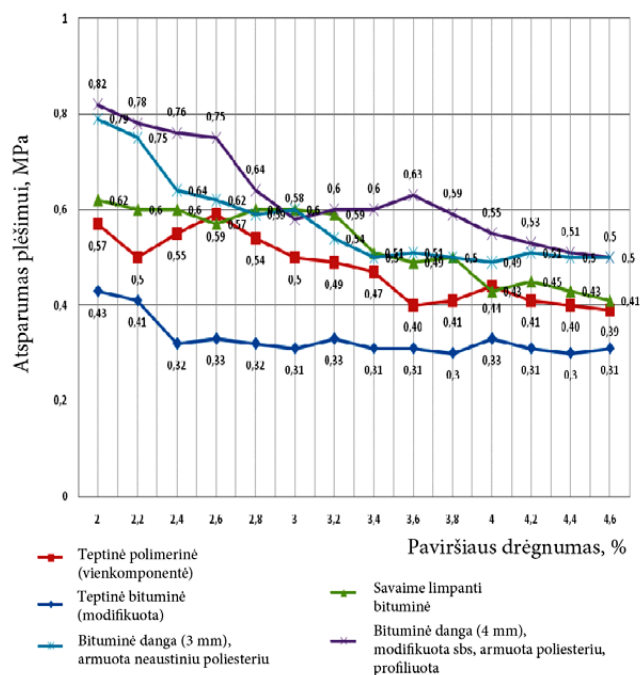
Atlikti hidroiziacijos atsparumo plėšimui priklausomybės nuo paviršiaus drėgnumo tyrimo rezultatai pateikiami grafikuose (15–18 pav.).

Bandymo metu pastebėta, kad tepama bituminė danga ant drėgno (gruntuoto ar negruntuoto) paviršiaus tepasi netolygiai, vietomis susidaro neužpildytų ermių, o tai neigiamai veikia galutinį dangos patikimumą.

Vienkomponentė danga, tepama ant drėgno paviršiaus, padengiama plonesniu sluoksniu, tai daro neigiamą įtaką rekomenduojamam hidroiziacijos sluoksnio storiui. SBS modifikuotos dangos rievėtas paviršius turi neigiamos įtakos prilydimo prie skardos stiprumui, nes, priešingai nei su betonu, dangos nelygumai sumažina prilydomo paviršiaus plotą.

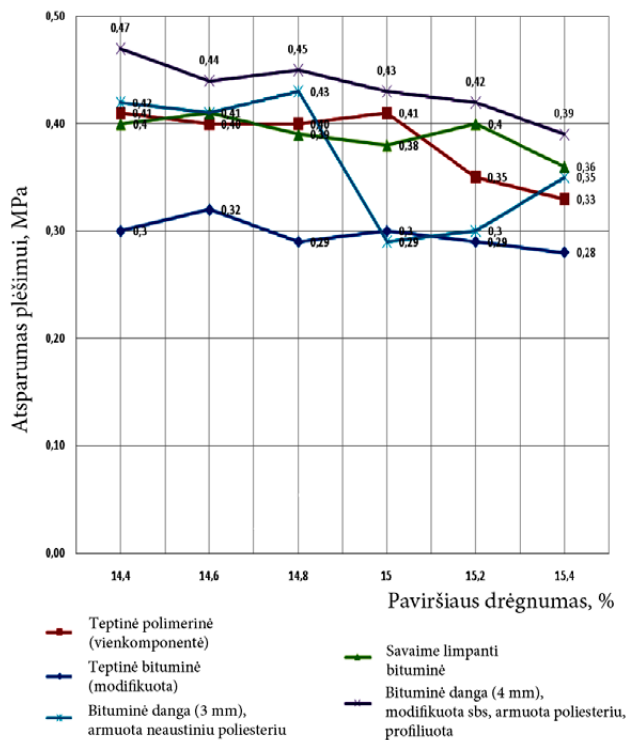
### Dangos atplėšimo nuo pagrindo bandymo rezultatai

Hidroiziacijos atplėšimo nuo pagrindo bandymo rezultatai įrodo, kad danga silpniau sukimba drėgnesnio paviršiaus



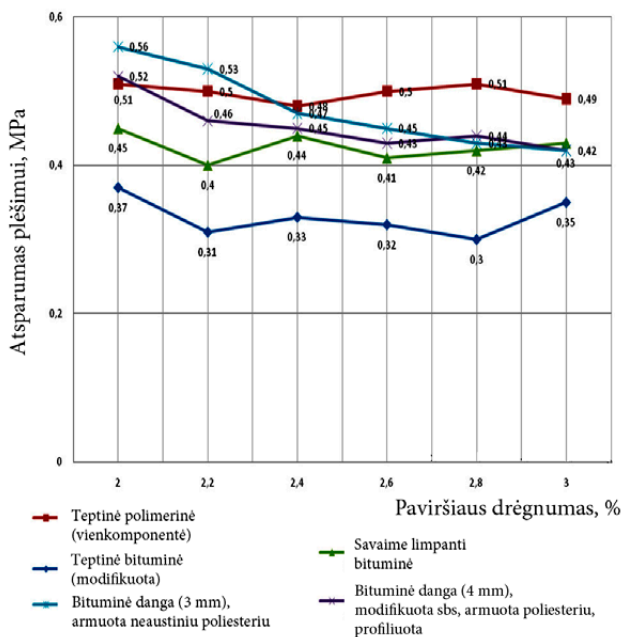
15 pav. Hidroiziacijos atsparumo plėšimui nuo skardos paviršiaus diagrama (paviršius gruntuotas)

Fig. 15. Diagram of waterproofing sheet resistance to tearing from the metal sheet surface (surface primed)



16 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo skardos paviršiaus diagrama (paviršius gruntuotas, drėgnas)

Fig. 16. Diagram of waterproofing sheet resistance to tearing from metal sheet surface (surface primed, wet)



17 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo skardos paviršiaus diagrama (paviršius negruntuotas)

Fig. 17. Diagram of waterproofing sheet resistance to tearing from metal sheet surface (unprimed surface)

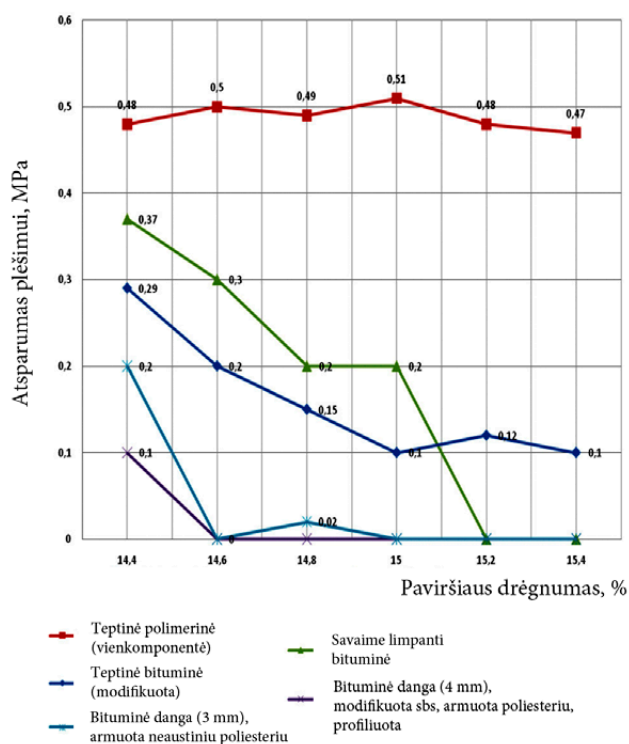
zonose. Bandyto duomenimis, mažiausias sukibimo su paviršiais stiprumas artimas leistinam ribiniam, kai dangos įrengimo darbų sąlygos normalios. Esant drėgnam paviršiumi (15–16 %) hidroizoliacijos atsparumas plėšimui tampa ribinis ir mažesnis.

Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo gruntuoto paviršiaus verčių pokytis ir nuo betono paviršiaus vidutinių verčių pokytis (kai paviršius negruntuotas) pateikti 19 ir 20 pav. Atsparumas plėšimui mažiausiai kinta vienkomponentės, drėgmei atsparios hidroizoliacinės dangos zonoje (19 pav.), tačiau pastebėta, kad dėl didesnio drėgnumo sumažėja šios dangos padengimo storis.

Kai paviršius negruntuotas, mažiausiai kinta vienkomponentės ir bituminės ritininės modifikuotos sbs dangos atsparumas plėšimui (20 pav.).

Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo skardos paviršiaus vidutinių verčių pokytis, kai paviršius gruntuotas ir negruntuotas, pateikti 21 ir 22 pav. Atsparumas plėšimui nuo skardos paviršiaus, kai paviršius gruntuotas (drėgnumo intervale 2–15,4 %), mažiausiai kito teptinės bituminės dangos, modifikuotos SBS (21 pav.).

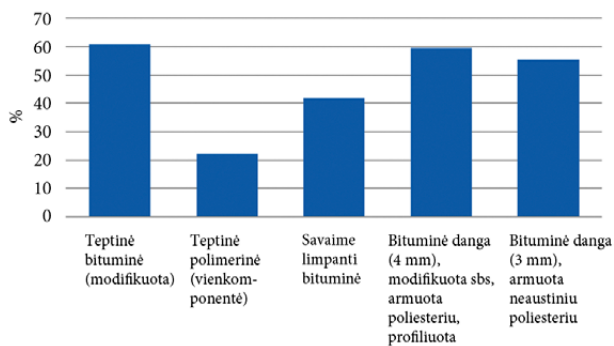
Nustatyta, kad mažiausią stiprumo pokytį turėjo vienkomponentė, drėgmei atspari danga, tačiau drėgnesnio paviršiaus zonoje suplonėjo dengiamasis storis.



18 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo skardos paviršiaus diagrama (paviršius negruntuotas, drėgnas)

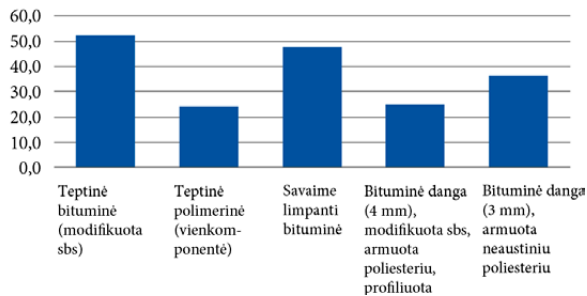
Fig. 18. Diagram of waterproofing sheet resistance to tearing from metal sheet surface (surface primed, wet)





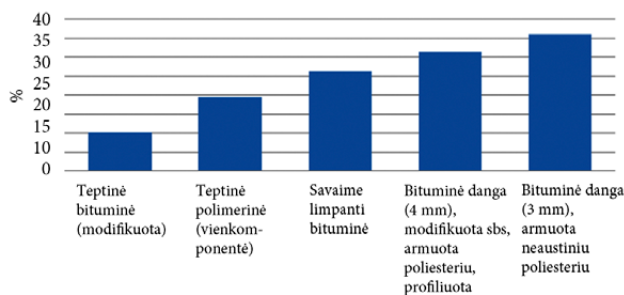
19 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo gruntuoto betono paviršiaus (drėgnumo intervale 3,3–16%) vidutinių verčių pokytis

Fig. 19. Diagram of average value changes of waterproofing resistance to tearing from primed concrete surface (the moisture content in the range of 3.3 to 16%)



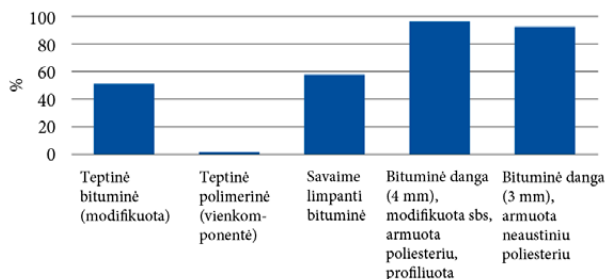
20 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo betono paviršiaus (drėgnumo intervale 3,3–16 %) vidutinių verčių pokytis (paviršius negruntuotas)

Fig. 20. Diagram of average value changes of waterproofing resistance to tearing from the concrete surface (the moisture content in the range of 3.3 to 16%) (unprimed surface)



21 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo skardos paviršiaus (drėgnumo intervale 2–15,4 %) vidutinių reikšmių pokytis (paviršius gruntuotas)

Fig. 21. Diagram of average value changes of waterproofing resistance to tearing from metal sheet surface (the moisture content in the range of 2 to 15.4%) (surface primed)



22 pav. Hidroizoliacijos atsparumo plėšimui nuo skardos paviršiaus (drėgnumo intervale 2–15,4 %) vidutinių reikšmių pokytis (paviršius negruntuotas)

Fig. 22. Diagram of average value changes of waterproofing resistance to tearing from metal sheet surface (the moisture content in the range of 2 to 15.4%) (surface unprimed)

## Išvados

Eksperimentiniu būdu nustatyta, kad naudojant prilydomąją stogo dangą, kurios klijuojamasis paviršius yra profiliuotas, galima pasiekti 70 % didesnę sandūros siūlės atsparumą lupimui kaitinant medžiagas 2 s prieš suklijavimą.

Atlikus bituminės dangos sandūros atsparumo kirpimui bandymus nustatyta, kad, padidinus kaitinimo režimą nuo 2 iki 6 s, dangos, kurios klijuojamasis paviršius lygus, ribinės deformacijos sumažėja daugiau kaip 30 %. Nustatyta, kad technologinis sandūros perdengimas 8–10 cm pakankamas užtikrinti sandūros atsparumą kirpimui.

Pastabėta, kad daugumos hidroizoliacijų sukibimo su betonu stiprumas sumažėja 22–60 %, kur hidroizoliacinio paviršiaus drėgnumas nustatytas 5,1–15 %.

Negruntuoto, betoninio paviršiaus bandinių, kurių drėgnumas 5–15 %, hidroizoliacinių dangų atsparumas plėšimui vidutiniškai sumažėjo 24–52 %, o kai kur bandiniai visiškai nesukibo su paviršiumi.

Hidroizoliacinių dangų adhezijos su skarda tyrime nustatyta, kad gruntuoto paviršiaus zonoje atsparumas plėšimui vidutiniškai sumažėjo 10–36 %, o negruntuoto vidutiniškai 70 %.

## Literatūra

- Balčiūnas, D. 2013. *Dangos iš prilydomųjų polimerinių bituminių medžiagų siūlių patikimumo tyrimai, remiantis CEN/TC 254 reikalavimais*: baigiamasis magistro darbas. VGTU. Vilnius: Technika. 78 p.
- Granne F.; Bjork, F. 2000. Joints between roofing felt and sheet metal flashings short and long-term tests, *Construction and Building Materials* 14: 375–383. [http://dx.doi.org/10.1016/S0950-0618\(00\)00051-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0950-0618(00)00051-9)
- Granne, F.; Björk, F.; Noreng, N. 2003. Wind load resistance tests of heat-welded joints between roofing felt and sheet metal flashings, *Construction and Building Materials* 17: 319–324. [http://dx.doi.org/10.1016/S0950-0618\(03\)00003-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0950-0618(03)00003-5)
- Hunnicut, J. M. 1976. *Parking deck deterioration – the reasons why*. The Aberdeen Group, 444–448.
- Karablikovas, A. 2007. Research on seams formation between the layers of glued bituminous roofing membranes and

analysis of their parameters, *Technological and Economic Development of Economy* 13(2): 134–138.

- Karablikovas, A.; Vilitienė, T. 2010. The research on gluing reliability of glued roller cover membranes, in *10th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques: selected papers*, 19–21 May 2010, Vilnius, Lithuania, vol. 1, 425–430.
- Mailvaganam, N. P.; Collins, P. G.; Lacasse, M. A.; Paroli, R. M. 1998. The performance of elastomeric parking garage membrane systems, *Construction and Building Materials* 12: 393–402. [http://dx.doi.org/10.1016/S0950-0618\(98\)00003-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0950-0618(98)00003-8)
- Peleckis, K. 2011. Prilydomųjų medžiagų suklijavimo siūlių problemos, *Science – Future of Lithuania* 3(2): 45–50.
- Sheahan, J. P.; Johnson, J. E. 1991. Nondestructive methods for determining the waterproof integrity of roof membranes and seams, in *Third International Symposium on Roofing Technology, 17–19 April 1991, Gaithersburg, Md., NRCA*. 55–62.
- Tan, Y. X.; Mei, R. B.; Wang, W. J.; Liu, Y. Q.; Liu, Z.; Huo, L. F.; Li, C. S. 2013. Influence of temperature difference on front end bending in hot slab rolling, *Advanced Materials Research* 652–654: 1952–1955. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.652-654.1952>
- Zhou, Q.; Xu, Q. 2009. Experimental study of waterproof membranes on concrete deck: interface adhesion under influences of critical factors, *Materials and Design* 30: 1161–1168. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2008.06.023>

## ANALYSIS OF THE BONDING TECHNOLOGIES FOR ROOF COVERING MATERIALS

**D. Balčiūnas, E. Matuzevičius, D. Migilinskas, A. Barvidas**

### Abstract

Only the use of progressive roof covering materials does not ensure the proper result because an incorrect usage of welding techniques and lack of supervision for better quality may be the reason of failure. The bonding technology and installation quality of roof covering materials are analyzed in this paper in experimental ways where the bonding strength, seam strength and the adhesion to the base were tested. The conclusions are given to ensure better quality of roof covering materials.

**Keywords:** roof covering materials, bituminous coverings, welding seams, adhesion and strength reliability.