



**Kauno technologijos universitetas**  
Statybos ir architektūros fakultetas

**Plieninių konstrukcijų dažymo ir džiovavimo technologijų  
tyrimai, naudojant epoksidinius gruntus**

Magistro baigiamasis projektas

---

**Benediktas Naidziničius**  
Projekto autorius

**Prof. dr. Mindaugas Daukšys**  
Vadovas

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**  
Statybos ir architektūros fakultetas

## **Plieninių konstrukcijų dažymo ir džiovinimo technologijų tyrimai, naudojant epoksidinius gruntus**

Magistro baigiamasis projektas  
Statybos valdymas (6211EX007)

---

**Benediktas Naidzinavičius**  
Projekto autorius

**Prof. dr. Mindaugas Daukšys**  
Vadovas

**Doc. dr. Marijonas Daunoravičius**  
Recenzentas

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Statybos ir architektūros fakultetas

Benediktas Naidzinavičius

## **Plieninių konstrukcijų dažymo ir džiovinimo technologijų tyrimai, naudojant epoksidinius gruntus**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Benedikto Naidzinavičiaus, baigiamasis projektas tema „Plieninių konstrukcijų dažymo ir džiovinimo technologijų tyrimai, naudojant epoksidinius gruntus“ 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.

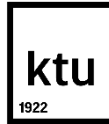
Aš suprantu, kad išaiškėjus nesažiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Studijų programa: STATYBOS VALDYMAS

Baigiamojo projekto tema (lietuvių k.):

PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ DAŽYMO IR DŽIOVINIMO TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI,  
NAUDOJANT EPOKSIDINIUS GRUNTUS

Baigiamojo projekto tema patvirtinta dekanı potvarkiu Nr.: \_\_\_\_\_

(lietuvių k.):

PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ DAŽYMO IR DŽIOVINIMO TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI,  
NAUDOJANT EPOKSIDINIUS GRUNTUS

(anglų k.):

RESEARCH INTO THE PAINTING AND CURING TECHNOLOGIES OF STEEL STRUCTURES  
USING EPOXY PRIMERS



**Pradiniai duomenys darbui (pagal poreikį):**

Tyrimo objektas – dažymo ir džiovinimo technologijos.

Tikslas – ištirti plieninių konstrukcijų dažymo bei džiovinimo technologijų įtaką epoksidinių gruntų dangos savybėms.

**Baigiamojo projekto dalys:**

	Atlikti
Įvadas	x
Literatūros apžvalga	x
Metodologija	x
Eksperimentiniai tyrimai	x
Analitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Skaitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Ekonominė dalis	<input type="checkbox"/>
Išvados	x

**Kita informacija (pagal poreikį):**

Konsultacinių užsiėmimų laikas: antradieniais nuo 15:00 iki 16:30 val.

**Vadovas:**

(indėlis 100 %)

Prof. Mindaugas Daukšys

pareigos, vardas, pavardė

parašas

**Konsultantas:**

(indėlis \_\_\_\_\_ %)

pareigos, vardas, pavardė

parašas

**Konsultantas:**

(indėlis \_\_\_\_\_ %)

pareigos, vardas, pavardė

parašas

**Studentas:**

Benediktas Naidzinavičius

vardas, pavardė

parašas

Benediktas Naidzinavičius. Plieninių konstrukcijų dažymo ir džiovinimo technologijų tyrimai, naudojant epoksidinius gruntus. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Mindaugas Daukšys; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų krypčių grupė: inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: korozija, plienas, dažymas, džiovinimas, rūdys.

Kaunas, 2021. 111 p.

### **Santrauka**

Baigiamajame magistrinio darbo projekte, aprašomos plieno apsauginės dangos t.y. – epoksidiniai gruntai. Tyrimo tikslas ir esmė ištirti plieninių konstrukcijų dažymo bei džiovinimo technologijų įtaką epoksidinių gruntų dangos savybėms. Tyrimui buvo pasirinktos trys skirtingos bandinių džiovinimo technologijos: džiovinant natūraliu būdu, esant  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  temperatūrai ir 6 val. džiovinimo trukmei, esant  $-10^{\circ}\text{C}$  temperatūrai ir 6 val. džiovinimo trukmei bei dirbtiniu būdu, esant  $\sim 90^{\circ}\text{C}$  temperatūrai ir 12 min. džiovinimo trukmei. Darbe taip pat buvo apžvelgti dažniausiai naudojami epoksidiniai gruntai, jų savybės bei aplinkos koroziskumo kategorijos, o kartu ir plieninių konstrukcijų dažymo ir džiovinimo technologijos bei pagrindiniai kriterijai, leimiantys konkrečios technologijos pasirinkimą.

Buvo atlikti įvairūs tyrimai: plieninių bandinių paviršiaus klasės įvertinimas, prieš ir po smėliavimo darbų, dulketumo nustatymas, šiurkštumo nustatymas, dangos storio tyrimas, adhezijos bandymas bei bene svarbiausi rūko kameros bandymas bei dangos atspalvio pokyčio tyrimas. Atlikus visus šiuos bandymus, buvo nustatytas, dangų stiprumo lygis, koroziskumo ir ilgaamžiškumo klasės, pūslėtumo bei pleišėjimo lygis. Kiekvienos iš šių savybių pokytis buvo stebimas epizodiškai – po 144val., 235val., 360 val. ir 500 val. Taip pat nustatyta, kokią įtaką, neigiamai veikiamų bandinių dangos spalvai, turėjo rūko kameros bandymas. Buvo išsiaiškinta kokios sudedamosios spalvų dalys pagal CMYK Colour rodiklį įeina į kiekvieną iš nustatytų spalvų kodų. Visam šiam tyrimui buvo naudojamos šiuolaikinės technologijos ir aukščiausio lygio įranga, tokios kaip rūko kamera „Q-LAB q-FOG model CCT600“, spalvos kodo matuoklis „Natural colour system“, adhezijos matuoklis „Dyna“ ir kiti.

Darbas susideda iš įvado, 5 skyrių, išvadų, literatūros sąrašo ir priedų. Darbo apimtis – 111 puslapių, 75 paveikslų, 22 lentelių, 25 literatūros šaltinių ir 4 priedų.

Benediktas Naidzinavičius. Research into the Painting and Curing Technologies of Steel Structures Using Epoxy Primers. Master's Final Degree / supervisor professor, Mindaugas Daukšys; Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field group: Engineering Sciences.

Keywords: corrosion, steel, painting, drying, rust .

Kaunas, 2021. 111.

### **Summary**

In the final master's thesis project, steel protective coatings - epoxy primers are described. The aim and essence of the research are to investigate the influence of painting and drying technologies of steel structures on the properties of epoxy primers. Three different sample drying technologies were selected for the study: natural drying at  $20 \pm 2$  ° C temperature and 6 h. drying time; at  $-10$  ° C temperature and 6 h. drying time and artificially at  $\sim 90$  ° C temperature and 12 min. drying time. The paper also reviews the most commonly used epoxy primers, their properties and environmental corrosivity categories, as well as painting and drying technologies for steel structures and the main criteria for choosing a specific technology.

Various studies were performed: surface class assessment of steel specimens, pre- and post-sandblasting, dust determination, roughness determination, coating thickness test, adhesion test and probably the most important salt fog chamber test and coating colour change test. After all these tests, the strength level of the coatings, the corrosivity and durability classes, the level of blistering and cracking were determined. The change in each of these characteristics was observed episodically at 144 h, 235 h, 360 h. and 500 hours. It was also found what effect the salt fog chamber test had on the coating colour of the negatively affected samples. It was found out which color components according to the CMYK Colour indicator are included in each of the identified color codes. All of this research used the latest technology and the best equipment such as the Q-LAB q-FOG model CCT600 salt fog camera, the Natural colour system colour coder, the Dyna adhesion meter and others.

The work consists of an introduction, 5 chapters, conclusions, bibliography and appendices. Thesis consists of 111 pages, 75 figures, 22 tables, 25 references and 4 appendices.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Paveikslų sąrašas.....</b>	<b>10</b>
<b>Santrumpų ir terminų sąrašas .....</b>	<b>13</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>14</b>
<b>1. Literatūros analizė.....</b>	<b>15</b>
1.1 Korozijos samprata.....	15
1.2 Korozijos atsiradimo priežastys .....	15
1.3 Paviršiaus paruošimas .....	16
<b>2. Epoksidinių gruntų savybės, tipai, keliami reikalavimai.....</b>	<b>22</b>
2.1 Epoksidinių gruntų tipai .....	22
2.2 Epoksidinių gruntų savybės.....	24
2.3 Epoksidiniams gruntams keliami reikalavimai .....	24
<b>3. Epoksidinių gruntų dengimo būdai, technologijos.....</b>	<b>26</b>
3.1 Pasiruošimas dengimui.....	26
3.2 Grunto dengimas .....	29
3.2.1 Reikalavimai dengimui:.....	29
3.2.2 Grunto dengimas teptuku .....	30
3.2.3 Grunto dengimas voleliu .....	31
3.2.4 Gruntavimas beoriu būdu (purškimas) .....	31
3.3 Padengtų paviršių džiovinimas.....	36
<b>4. Tyrimų metodologija.....</b>	<b>37</b>
4.1 Tyrime naudotos medžiagos ir įrenginiai .....	37
4.2 Tyrimų metodologija .....	38
4.2.1 Bandinių paruošimas .....	38
4.2.2 Bandinių paviršiaus valymas .....	38
4.2.3 Bandinių paviršiaus dulketumo nustatymas .....	39
4.2.4 Bandinių paviršiaus šiurkštumo nustatymas .....	40
4.2.5 Bandinių dažymas ir džiovinimas.....	41
4.2.6 Bandinių dažų dangos storio matavimas .....	46
4.2.7 Bandinių adhezijos matavimai.....	47
4.2.8 Bandinių spalvos palyginimas .....	49
4.2.9 Rūko kameros bandymas.....	50
<b>5. Tyrimų rezultatai.....</b>	<b>52</b>

5.1 Bandinių paviršiaus klasė prieš smėliavimą.....	52
5.2 Bandinių paviršiaus klasė po smėliavimo .....	52
5.3 Bandinių paviršiaus dulketumas.....	53
5.4 Bandinių paviršiaus šiurkštumo nustatymas .....	54
5.5 Bandinių dažymo ir džiovinimo rezultatai .....	56
5.6 Bandinių dažų dangos storio matavimų rezultatai.....	58
5.7 Bandinių adhezijos matavimo rezultatai.....	62
5.8 Rūko kameros bandymo rezultatai .....	68
5.9 Bandinių atspalvio palyginimo rezultatai .....	92
<b>Išvados .....</b>	<b>97</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>99</b>
<b>Priedai.....</b>	<b>101</b>



## Lentelių sąrašas

3.2.1 lentelė. Beorio purškimo įrangos dalių aprašymas.....	33
3.3.1 lentelė. Dangos džiūvimo laiko, prie tam tikros temperatūros lentelė.....	36
4.2.5.1 lentelė. Bandymo schema.....	41
4.2.5.2 lentelė. Aplinkos sąlygų registravimo lentelė.....	43
4.2.5.3 lentelė. Naudoto epoksidinio grunto išeigos lentelė.....	43
4.2.5.4 lentelė. Naudotos epoksidinio grunto dangos džiūvimo laikas.....	45
4.2.5.5 lentelė. Korozijos klasės pagal dangos storį.....	45
5.1.1 lentelė Surūdijimo laipsniai pagal ISO 8501-01 standartą.....	52
5.2.1 lentelė. Paviršiaus klasifikavimo lentelė po valymo darbų.....	53
5.4.1 lentelė. Šiurkštumo profilio vertės.....	55
5.7.1 lentelė Sukibimo stiprio atplėšimo nustatymo duomenų lentelė.....	63
5.7.2 lentelė Sukibimo stiprio atplėšimo nustatymo duomenų lentelė.....	64
5.8.1 lentelė Surūdijimo laipsnio palyginimo lentelė.....	70
5.8.2 lentelė Pūslėjimo laipsnio palyginimo lentelė.....	79
5.8.3 lentelė Pleišėjimo laipsnio palyginimo lentelė.....	88
5.8.4 lentelė Surūdijimo laipsnio ir ploto lentelė.....	90
5.8.5 lentelė Įtrūkimų klasės pagal įtrūkimų kiekį.....	91
5.8.6 lentelė Įtrūkimų klasės pagal įtrūkimų dydį.....	91
5.9.1 lentelė I serijos bandinių atspalvio palyginimas.....	92
5.9.2 lentelė II serijos bandinių atspalvio palyginimas.....	92
5.9.3 lentelė III serijos bandinių atspalvio palyginimas.....	94
5.9.4 lentelė Bandinių spalvos variavimas pagal NCS spalvų paletę.....	95

## Paveikslų sąrašas

1.2.1 pav. Korozijos rūšys [9].....	16
1.3.1 pav. Plieno paviršiaus surūdijimo laipsnis pagal ISO 8501-01 standartą [5].....	17
1.3.2 pav. Plieno paviršiaus surūdijimo pavyzdžiai pagal jų laipsnį [4].....	17
1.3.3 pav. Dengtų paviršių rūdžių laipsnis (procentinė išraiška nuo viso ploto). [4].....	18
1.3.4 pav. Plieno paviršiaus surūdijimo pavyzdžiai pagal jų laipsnį [5].....	18
1.3.5 pav. Plieno paviršiaus surūdijimo pavyzdžiai pagal jų laipsnį [5].....	18
1.3.6 pav. Srautinio paruošimo standartas ISO 8501-1 [24].....	19
1.3.7 pav. Mikroskopijos: a) nuriebalintos, b) šlifuotos, c) rūgštimi išgraviruotos, d) UHP hidropūstos e) šlapios abrazyvinės plieno plokštės. [6].....	19
1.3.8 pav. Paruoštų plieninių paviršių standartiniai švarumo lygiai. [4].....	20
2.1.1 pav. a) etaloninės dangos b) dangos, modifikuotos CaCO <sub>3</sub> kalcio karbonato dalelėmis, užpildytomis polieterimidu panardinant į natrio chloridą. [8].....	23
3.1.1 pav. Plieno paruošimas, kampai ir virinimo pūslai [25].....	26
3.1.2 pav. Plieno paruošimas, kampai ir virinimo pūslai [25].....	26
3.1.3 pav. Blogo suvirinimo ir nepašalintų pūslų pavyzdžiai [11].....	27
3.1.4 pav. Rankinio ir mechaninio paruošimo būdai [11].....	27
3.1.5 pav. Paviršiaus dulketumo įvertinimas [13].....	28
3.1.6 pav. Lipnios juostos klijavimas ant paruošto, nuvalyto metalinio paviršiaus [13].....	28
3.1.7 pav. Paviršiaus dulketumo laipsniai pagal standartą [13].....	29
3.2.1 pav. Grunto dangos dengimas teptuku [11].....	31
3.2.2 pav. Grunto dangos dengimas voleliu [11].....	31
3.2.3 pav. Beorio dažymo srovės kryptis ir pistoleto laikymas [11].....	32
3.2.4 pav. Beorio purškimo įranga [11].....	32
3.2.5 pav. Beorio purškimo įrangos detali schema [11].....	33
3.2.6 pav. Grunto dangos storio nustatymas [13].....	34
3.2.7 pav. Dangos storio matuoklis [13].....	35
3.2.8 pav. „Šukos“ dangos storio matavimui [13].....	35
3.2.9 pav. Magnetinis dangos storio nustatymo mechanizmas [13].....	35
4.2.1.1 pav. Plieno lakšas (10mm storio) bandiniams.....	38
4.2.2.1 pav. Šratavimo mašina.....	39
4.2.2.2 pav. Tarpinė šratuojamų bandinių fotofiksacija.....	39

4.2.2.3 pav. Baigti šratuoti bandiniai.....	39
4.2.3.1 pav. Dulketumo lygio nustatymas.....	40
4.2.4.2 pav. Paviršiaus šiurkštumo nustatymo procesas, matuojant matuokliu.....	41
4.2.5.1 pav. Sukabinti ir paruošti dažymui bandiniai.....	42
4.2.5.2 pav. Dažymo proceso eiga.....	42
4.2.5.3 pav. Nudažytos plokštelės.....	44
4.2.5.4 pav. Dažymo instrukcija.....	44
4.2.6.1 pav. Dangos storio matuoklis.....	46
4.2.6.2 pav. Dangos storio matavimas.....	46
4.2.7.1 pav. Paviršiaus sukibimo tikrinimas [13].....	47
4.2.7.2 pav. Adhezijos bandymas įrėžiant tinklelį [11].....	48
4.2.7.3 pav. Adhezijos matuoklis „Dyna“ .....	48
4.2.7.4 pav. Cilindro formos bandiniai.....	49
4.2.7.5 pav. Klėjai „Bison Epoxy“ .....	49
4.2.7.6 pav. Atplėšimo matavimas. 1 – bandinys; 2 – klėjai; 3 – grunto dangą; 4 – plokštelė [13]..	49
4.2.8.1 pav. Spalvos kodo matuoklis.....	50
4.2.8.2 pav. Spalvos kodo matavimo procesas.....	50
4.2.9.1 pav. Sudėti bandiniai į rūko kamerą.....	50
4.2.9.2 pav. Druskos rūko kamera.....	51
5.1.1 pav. ISO 8501-1 standartas, pagal kurį nustatėme B surūdijimo klasę.....	52
5.2.1 pav. Paviršiaus klasės nustatymo fotofiksacija.....	53
5.2.2 pav. Nuvalytas bandinys.....	53
5.3.1 pav. Lipnios juostos klėjavimas ant bandinio .....	54
5.4.1 pav. Šiurkštumo matavimai.....	55
5.4.2 pav. Paviršiaus šiurkštumo matavimų rezultatų diagrama, Ra vertės.....	56
5.5.1 pav. Pirma grupė išdžiūvusių bandinių.....	57
5.5.2 pav. Antra grupė išdžiūvusių bandinių.....	57
5.5.3 pav. Trečia grupė išdžiūvusių bandinių.....	57
5.5.4 pav. Ketvirta grupė išdžiūvusių bandinių.....	57
5.5.5 pav. Penkta grupė išdžiūvusių bandinių.....	57
5.5.6 pav. Šešta grupė išdžiūvusių bandinių.....	57
5.5.7 pav. Dangos storio matavimas.....	58

5.6.1 pav. Dangos storio matuoklis.....	59
5.6.2 pav. Dangos storio matavimas.....	59
5.6.3 pav. Dangos storio matavimų rezultatų lentelė.....	59
5.6.4 pav. Bandinių I-1-1 – I-1-6 dangos storio matavimų vidurkiai.....	60
5.6.5 pav. Bandinių I-2-1 – I-2-6 dangos storio matavimų vidurkiai.....	60
5.6.6 pav. Bandinių II-1-1 – II-1-6 dangos storio matavimų vidurkiai.....	60
5.6.7 pav. Bandinių II-2-1 – II-2-6 dangos storio matavimų vidurkiai.....	61
5.6.8 pav. Bandinių III-1-1 – III-1-6 dangos storio matavimų vidurkiai.....	61
5.6.9 pav. Bandinių III-2-1 – III-2-6 dangos storio matavimų vidurkiai.....	61
5.6.10 pav. Vidutinės bandinių serijos dangos storių reikšmės.....	62
5.7.1 pav. Atplėšimo matuoklis ir bandinys.....	62
5.7.2 pav. Bandinių atplėšimo bandymo rezultatų kreivės.....	68
5.8.1 pav. Bandinys džiovintas kameroje po 144 val. veikimo.....	69
5.8.2 pav. Bandinys džiovintas kameroje po 500 val. veikimo.....	69

## Santrumpų ir terminų sąrašas

### Santrumpos:

Pav. – paveikslas;

°C – celsijaus laipsniai;

t.y. – tai yra;

m – metrai;

cm – centimetrai;

mm – milimetrai;

val. – valanda;

min – minutės;

proc. – procentai;

kPa – kilo paskaliai;

temp. – temperatūra;

μm – mikronai;

bar – barai;

mg – miligramai;

m<sup>2</sup> – kvadratiniai metrai;

mm<sup>2</sup> – kvadratiniai milimetrai;

m<sup>3</sup> – kūbiniai metrai;

vnt. – vienetai;

h – valandos;

N/mm<sup>2</sup> – niutonai į kvadratinius milimetrus.

## **Įvadas**

Plieninių konstrukcijų dangų savybėms įtakos turi ne tik plieno paviršiaus paruošimo lygis, bet ir pasirinkta naudojamų gruntų dažymo bei džiovavimo technologija. Dėl šiuolaikinių technologijų, tobulėja ne tik gaminamų gruntų savybės, bet ir džiovavimo bei dažymo technologijos. Šiuo tiriamuoju projektu siekiama ištirti, kaip modifikuotos epoksidinės dangos dera su atitinkama plieninių konstrukcijų dažymo bei džiovavimo technologija.

Tyrimo objektas – dažymo ir džiovavimo technologijos.

Tyrimo tikslas – ištirti plieninių konstrukcijų dažymo bei džiovavimo technologijų įtaką epoksidinių gruntų dangos savybėms.

### **Uždaviniai:**

1. apžvelgti dažniausiai naudojamus epoksidinius gruntus, jų savybes bei aplinkos koroziškumo kategorijas.
2. apžvelgti plieninių konstrukcijų dažymo ir džiovavimo technologijas, pagrindinius kriterijus, lemiančius atitinkamos technologijos pasirinkimą.
3. nustatyti džiovavimo sąlygų (natūraliu būdu, esant  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  temperatūrai ir 6 val. džiūvimo trukmei bei esant  $-10^{\circ}\text{C}$  temperatūrai ir 6 val. džiūvimo trukmei; dirbtinu, esant  $\sim 90^{\circ}\text{C}$  temperatūrai ir 12 min. džiūvimo trukmei) įtaką epoksidinių gruntų dangos savybėms (adhezija, atspalvis, šiurkštumas, storis, ilgaamžiškumas).
4. gautų tyrimų pagrindu parengti rekomendacijas.

# 1. LITERATŪROS ANALIZĖ

## 1.1 Korozijos samprata

Vilhelmo Skomino straipsnyje [1] „Metalų korozija“, autorius aiškina, kas yra korozija. Jo teigimu – tai cheminis ir elektrocheminis irimas, kurį metalo paviršiams sukelia aplinkos poveikis, kai reaguodami su medžiagomis aplinkoje metalai tampa savo savybių nebeturinčiais junginiais (oksidais arba druskomis).

## 1.2 Korozijos atsiradimo priežastys

Korozijos ant metalinių paviršių atsiradimo pagrindinės priežastys autoriaus teigimu, yra oksidacijos – redukcijos reakcija, kai metalas oksiduojasi perduodamas elektronus medžiagoms, kurios yra aplink jį. Anot straipsnio autoriaus koroduoti geba tie metalai, kurių standartinis elektrodo potencialas mažesnis už aplink juos esančių medžiagų potencialą.

Pagal oksidacijos – redukcijos pobūdį korozija skirstoma:

- cheminė metalų korozija (vyksta sausose dujose ir nelaidžiuose skysčiuose), elektronai iš metalo atomų į metalo koroziją sukeliančios medžiagos atomus pereina tiesiogiai;
- elektrocheminė metalų korozija (visur kitur – atmosferoje, vandenyje, grunte t.t.), elektronai iš metalo į medžiagą pereina per laidžią terpę;

Metalo korozija pagal paviršiaus pežeidimo lygį yra skiriama į ištisinę (kai pažeistas visas metalo paviršius) ir vietinę (kai pažeistos tik tam tikros paviršiaus vietos).

Vietinė metalo koroziją skirstoma į:

- taškinė - sudaro nuo paviršiaus į metalą plintančias įdubas;
- plyšinė - vyksta tarp 2 metalų arba metalo ir nemetalo susidariusiame plyšyje;
- tarpkristalinė - metalo grūdelių sandūroje arba greta jų;
- atrankioji - kai lydinio komponentai koroduoja nevienodai;
- sluoksninė - deformuotų metalų vidinių sluoksnių metalų korozija;
- siūliškoji - vyksta suvirinimo siūlėje arba greta jos;
- įpjovinė - sudaro siaurą prorėžą skirtingų medžiagų sąlyčio riboje;
- bimetalinė - elektriškai neigiamesnio metalo korozija 2 metalų sąlyčio riboje;

Straipsnyje “Metalų korozija: priežastys ir apsaugos būdai” [2] kalbama apie apsaugos nuo korozijos būdus. Jame rašoma, kad pagrindiniai būdai apsaugoti konstrukcijas nuo korozijos yra tinkamai parinktos metalo dangos ir legiravimas. Pavyzdžiui norint tinkamai nuo korozijos veikimo apsaugoti požemines metalines konstrukcijas, yra itin svarbu atsižvelgti į vandens ir dirvos, su kuriais ta metalo konstrukcija turės sąlytį koroziškumą. Įprastai tokiais atvejais metalo konstrukcijos būna padengiamos izoliacinėmis medžiagomis.

Tuo tarpu mikrobinei (ar geležies bakterijų) korozijai mažinti ypatingų nurodymų nėra. Svarbu yra neleisti aplinkoje susidaryti anaerobinėms sąlygoms ir naudoti tinkamai parinktas konstrukcijų dangas.

Hongpeng Ženg, Javei Šao, Janik Vang, Gužė Meng, Bin Liu straipsnyje ”Epoksidinės dangos apsaugos nuo korozijos stiprinimas, naudojant grafeno oksido – poli (karbamido – formaldehido) kompozitai“ [3] aprašo, kokią didžiulę žalą pramonei ir ekonomikai daro korozija, net sukeldama įvairias grėsmes žmonėms. Deja, korozija negali būti visiškai sustabdoma. Tačiau sumažinti ją iki minimumo – galima.

Autoriai išskiria šiuos pagrindinius korozijos mažinimo būdus: korozijos inhibitorių naudojimas, elektrocheminė katodinė apsauga, paviršiaus apdorojimas įvairiomis apsauginėmis dangomis. Apsauginių dangų naudojimui yra skiriamas ypatingas dėmesys. Epoksidinės dervos dangos yra plačiai naudojamos dėl jų universalumo, išskirtinio sukibimo su įvairiais pagrindais, didelio atsparumo cheminiams tirpalams. Taip pat joms būdingas kietumas, puikus elektrinis atsparumas ir ilgaamžiškumas esant aukštai ir žemai temperatūroms.

Autoriai mini, kad gerai, technologiškai užteptos epoksidinės dervos apsaugą nuo korozijos riboja hidrolizinis skaidymasis, paveiktas ėsdinančių elektrolitų. Ėsdinančios terpės, tokios kaip deguonis, vanduo ir chlorido jonai, difuzijos būdu pasiekia dangos sąsają per difuzinius kanalus. Tada prarandamas sukibimas ir danga blogėja. Todėl tyrėjai taikė daugybę priemonių, kad sustiprintų epoksidines barjerines savybes ir dangos savybes, apsaugai nuo korozijos. Ypač plačiai tirtas pigmento pridėjimas. Dėl įprastų pigmentų ištyrė skirtingas šlifavimo temperatūras, kad padidėtų sklaida ir geležies oksido suderinamumas su epoksidine derva. Eksperimentais buvo siekiama sumažinti sąsajos defektus tarp geležies oksido dalelių ir epoksidinės dervos.

<b>KOROZIJOS RŪŠYS</b>	<b>APRAŠYMAS</b>
Lokalinė korozija	Masės nuostoliai yra praktiškai vienodi visame paviršiuje
Kontaktinė korozija	Masės nuostoliai yra skirtingi, nes susidaro vienas n uo kito atskirti anodiniai ir katodiniai paviršiai
Taškinė (“opinė”) korozija	Ši korozija atsiranda tuo atveju jeigu du elektrai laidžioje terpėje (elektrolite) esantys metalai, kurių elektrocheminiai potencialai yra skirtingi, susiliečia tarpusavyje ir sudaro bendrą elektrocheminę sistemą.
Plyšinė korozija	Tai veikiant agresyviai terpei ir tempimo įtempimams korozijos proceso metu atsirandantys įtrūkimai, kurie mažina atraminės konstrukcijos efektyvų skerspį
Vandenilinė korozija	Tai koroziniai įtrūkimai, kurie atsiranda metale ištirpus atominiam vandeniliui

**1.2.1 pav.** Korozijos rūšys [9]

### **1.3 Paviršiaus paruošimas**

Terminas paviršiaus paruošimas reiškia metalo paviršiaus apdorojimo prieš dengimą metodus. Paviršiaus paruošimas yra būtinas plieno pagrindo pirmojo etapo „gydymas“ prieš dengiant bet kokią dangą. Tai paprastai pripažįstama kaip svarbiausias visos korozijos stabdymo sistemos sėkmės veiksnys. Dangos savybėms didelę įtaką daro jos sugebėjimas tinkamai išlaikyti substrato medžiagą. Natūralus plieninių paviršių pagrindas yra netinkamas, kad jam būtų galima pritaikyti šiuolaikines, aukštos kokybės apsaugines dangas, todėl jį reikia nuvalyti šlifavimo būdu. Taip pat nepageidaujami yra kiti valcuotų plieninių paviršių teršalai, tokie kaip alyva ir riebalai, drėgmė, korozijos produktai ar kiti nešvarumai, kurie taip pat turi būti panaikinti prieš valymo procesą [4].

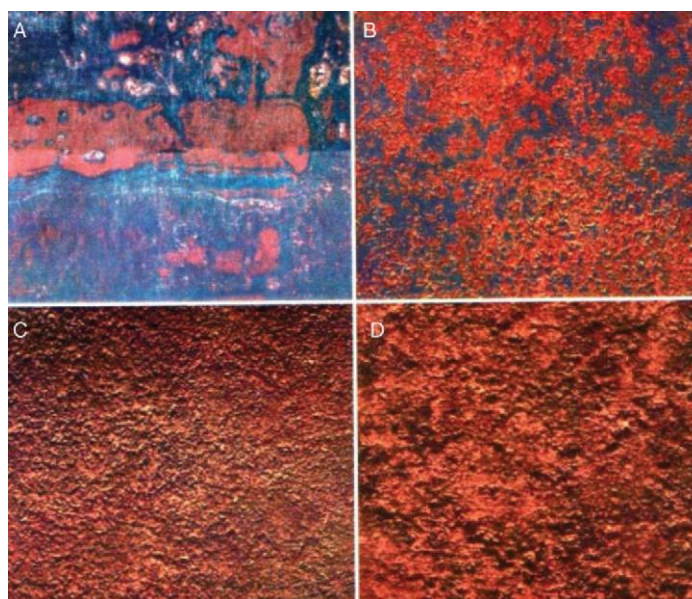


Prieš plieno valymą yra būtina nustatyti esamo paviršiaus klasę:

**Surūdijimo laipsnis pagal ISO 8501-01 standartą**

<b>A</b>	Plienas su antrinių nuosėdų sluoksniu nepalietas ir labai nedaug arba visiškai nėra rūdžių
<b>B</b>	Plienas su paviršiuje plintančiomis rūdimis, o antrinės nuosėdos pradėjo luptis
<b>C</b>	Surūdijęs plienas su nusilupusiu antrinių nuosėdų sluoksniu ir palaidas arba nebėra, tačiau ištrupėjimas nežymus
<b>D</b>	Labai surūdijęs plienas su visiškai surūdijusiu antrinių nuosėdų sluoksniu ir išplitusiu ištrupėjimu

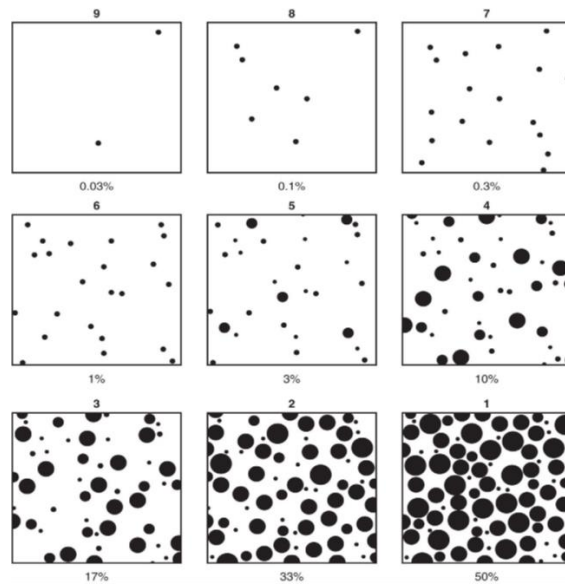
**1.3.1 pav.** Plieno paviršiaus surūdijimo laipsnis pagal ISO 8501-01 standartą [5]



**1.3.2 pav.** Plieno paviršiaus surūdijimo pavyzdžiai pagal jų laipsnį [4]

Plieninių paviršių valymui yra naudojami šie paviršių valymo būdai:

- valymas pūtimu (arba smėliavimas ambrazyvu);
- ėsdinimas rūgštimi;
- valymas deginant liepsna;
- rankinis valymas;



**1.3.3 pav.** Dengtų paviršių rūdžių laipsnis (procentinė išraiška nuo viso ploto). [4]

ISO - SA1	Pirminis lengvas apdirbimas. Ant paviršiaus nesimato atsilupusių dažų, rudžių sluoksnių, nesimato riebalų dėmių
ISO - SA2	Kruopštus valymas. Ant paviršiaus matomi gerai prigludę dažų, rudžių likučiai. 76% - švaraus paviršiaus.
ISO - SA2,5	Labai kruopštus valymas. Nesimato nešvarumų likučių. Matomos tik nešvarumų buvimo vietos-dėmės ir juostos. 96% - švaraus paviršiaus.
ISO - SA3	Paviršius nuvalytas nuo visų įmanomų nešvarumų. Matomas vienodo blizgesio lygus paviršius. 99% - švaraus paviršiaus.

**1.3.4 pav.** Plieno paviršiaus surūdijimo pavyzdžiai pagal jų laipsnį [5]

ISO - St	Pirminis grubus paviršiaus valymas nuo nešvarumų, pašalinant visus atsilupusius nešvarumus
ISO - St2	Pilnas paviršiaus kruopštus valymas rankiniu ir elektromechaniniu būdu, nematomos riebalų, dažų liekanos
ISO - St3	Pilnas paviršiaus kruopštus valymas rankiniu ir elektromechaniniu būdu iki metalo blizgesio atsiradimo

**1.3.5 pav.** Plieno paviršiaus surūdijimo pavyzdžiai pagal jų laipsnį [5]

Tačiau reikėtų nepamiršti, kad danga dengiama tinkamai paruoštu pūtimo arba smėliavimo būdu visada laikys ilgiau nei panaši danga, valoma liepsna arba rankiniu būdu.

Straipsnyje [6] „Plieninių paviršių paruošimas prieš dažymą ir jo poveikis apsauginėms organinėms dangos savybėms“ autoriai S. Jamali ir Douglas J. Mills, aprašo savo bandymą, kuriame buvo naudojami penki paviršiaus paruošimo metodai:

- gautos Q plokštės nuriebalinimas izopropanoliu;

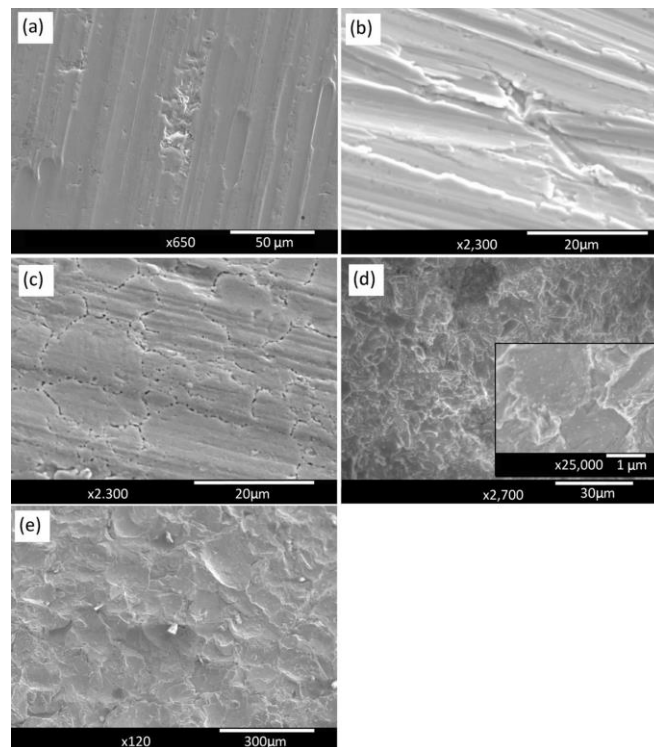
- švitrinimas su 180 smėlio švitrinium popieriumi;
- ėsdinimas 20% druskos rūgštimi 100 sekundžių (po to skalavimas distiliuotu vandeniu);
- UHP (ypač aukšto slėgio) vandens srovė esant 40 kPa slėgiui;
- šlapio abrazyvinio (granito) pūtimas 10 kPa slėgiu (granitas įmerktas į vandenį);

Pastarieji keturi paruošimo metodai pašalina esamą oksido sluoksnį ir (arba) įterpė paviršiaus šiurkštumą. Plieninėms Q plokštėms buvo atlikti riebalų šalinimo, šlifavimo ir rūgšties ėsdinimo metodai, o ant mažai anglies išskiriančių plieno plokščių, buvo atliktas šlapias abrazyvinis pūtimas ir hidropūtimas. Plieno plokščių matmenys buvo maždaug  $10 \times 5$  cm. Visi mėginiai buvo dedami į eksikatorių iš karto po paruošimo. Du sluoksniai buvo uždėti ant plieninių plokščių purškimo būdu, kad būtų gautas maždaug  $120 \mu\text{m}$  galutinis sausos plėvelės storis. Buvo atkreiptas ypatingas dėmesys į tai, kad  $120 \mu\text{m}$  storio dažai padengtų visas paviršiaus viršūnes ir nelygumus. Prieš dengiant NaCl tirpalu, dangos buvo džiovinamos 48 val. aplinkos temperatūroje.

#### Dry Blast Standards



**1.3.6 pav.** Srautinio paruošimo standartas ISO 8501-1 [24]



**1.3.7 pav.** Mikroskopijos: a) nuriebalintos, b) šlifuotos, c) rūgštimi išgraviruotos, d) UHP hidropūstos e) šlapio abrazyvinės plieno plokštės. [6]

Standard Level of Cleanliness	Rust Removal Method	Initial Condition of Steel Surface		Reference Sample Photographs	Essential Characteristics of The Prepared Steel Surface	Remarks
		Uncoated	Coated			
St 3		B C D		B St 3 C St 3 D St 3	Loose coatings and loose scale are removed; rust is removed to the extent that the steel surface after subsequent cleaning exhibits a distinct luster from the metal. In special cases removal of firmly adhesive coatings; eg., by grinding, scraping or by using pickling agents is possible if required, this should be additionally agreed	Normally requires machining
Fl	Flame cleaning according to section 9	A B C D		A Fl B Fl C Fl D Fl	Coatings, scale and rust are removed to the extent that residues on the steel surface remain merely as shades in various hues	Subsequent thorough mechanical brushing is always necessary
Be	Pickling according to section 6	A B C D			Coating residues, scale A and rust are completely removed	Coatings must be removed in a suitable manner before pickling

Standard Level of Cleanliness	Rust Removal Method	Initial Condition of Steel Surface		Reference Sample Photographs	Essential Characteristics of The Prepared Steel Surface	Remarks
		Uncoated	Coated			
St 3		B C D		B St 3 C St 3 D St 3	Loose coatings and loose scale are removed; rust is removed to the extent that the steel surface after subsequent cleaning exhibits a distinct luster from the metal. In special cases removal of firmly adhesive coatings; eg., by grinding, scraping or by using pickling agents is possible if required, this should be additionally agreed	Normally requires machining
Fl	Flame cleaning according to section 9	A B C D		A Fl B Fl C Fl D Fl	Coatings, scale and rust are removed to the extent that residues on the steel surface remain merely as shades in various hues	Subsequent thorough mechanical brushing is always necessary
Be	Pickling according to section 6	A B C D			Coating residues, scale A and rust are completely removed	Coatings must be removed in a suitable manner before pickling

1.3.8 pav. Paruoštų plieninių paviršių standartiniai švarumo lygiai. [4]

Neapsaugoto plieno laikymas pramoninėje ar jūrinėje atmosferoje, gali padaryti ypač daug žalos plieno paviršiui.. Plienas turėtų būti paruoštas ir saugomas kuo arčiau A arba A iki B klasės (žr. 1.3.6 lentelę). Negalima ruošti dangų lietaus ar kitų kritulių metu. Jei darbas turi būti atliekamas neoptimaliomis sąlygomis, tai turėtų būti pasiruošta specialioms priemonėms (pvz., uždengti palapinėje, šiltinti paviršius arba sausinti orą).

## 2. EPOKSIDINIŲ GRUNTŲ SAVYBĖS, TIPAI, KELIAMI REIKALAVIMAI

### 2.1 Epoksidinių gruntų tipai

Epoksidiniai gruntai yra dviejų rūšių medžiagos, kuriose naudojamos epoksidinės dervos

ir paprastai kietinami poliamidu arba polieterimidu agentai. Jie pigmentuojami su įvairiomis slopinančiomis ir neinhibicinėmis pigmentų rūšimis. Cinko fosfato arba kalcio karbonato epoksidiniai gruntai yra dažniausiai randami ir užtikrina geriausią patvarumą [7].

Straipsnyje „Epoksidinių gruntų tipai, jų savybės“ [10] aprašoma epoksidinių gruntų klasifikacija, kur jie suskirstomi taip:

- medžiaga, kuriai skirtas epoksidinis gruntas (betonas arba metalas);
- temperatūros sąlygos, kuriomis mišinys pradeda kietėti;
- komponentai, kurie yra kaip grunto kietikliai;
- galimybė epoksidinį gruntą naudoti su įvairiais dažais ir lakais;
- kompozicijoje išskiriamos vienos arba dviejų pagrindinių komponentų rūšys;
- pagal gamintoją;

Vienkomponenčiai epoksidiniai gruntai yra kur kas retesni nei dviejų komponentų. Išimtis yra tie mišiniai, kurie naudojami, kaip automobilių kėbulo pirmasis sluoksnis. Vieno komponento epoksidiniai gruntai yra aerozolių pavidalo. Vieno komponento gruntai yra prastesni nei dviejų komponentų mišiniai. Kaip toliau rašoma straipsnyje – vieno komponento gruntuose kietiklių, kurie mišinio džiovavimo laiką veikia neigiamai nėra. Dėl šios priežasties tokios medžiagos naudojamos retai.

Populiariausi mišiniai metalui ir betonui yra dvikomponenčiai. Metaliniams paviršiams epoksidinis gruntas yra naudojamas dėl jo aukšto lygio apsaugos ir savybių atstumti koroziją. Epoksidinės dervos pagrindu pagamintas metalo gruntas daugiausia gaminamas dviejų komponentų pavidalu. Į šį mišinį dedamos netik epoksidinės dervos, bet ir cinkas ar ortofosforo rūgštis, todėl korozija nesusidaro.

Epoksidiniai mišiniai cinko pagrindu, su epoksidinėmis dervomis, naudojami tolimesniam dažymui, epoksidiniais ir poliuretaniniais dažais. Tokia medžiaga gali būti naudojama ir kaip metalinių konstrukcijų apdailos danga, kurią veikia priešiški aplinkos veiksniai. Kadangi tokioje medžiagoje cinko yra tikrai daug, toks gruntas geba efektyviai saugoti plieno paviršius nuo korozijos.

Epoksidiniai mišiniai gali būti naudojami ir betonui. Epoksidiniai mišiniai, skirti betonui, turi atskirą klasifikaciją:

- universalus (puikiai tinka savaimė išsilyginančioms grindims);
- gruntas naudojamas žiemos metu (toks gruntas pritaikytas veikti esant nulinei arba neigiamai temperatūroms);
- greitas gruntavimo mišinys (gruntas, turintis didelį polimerizacijos greitį);
- koroziją slopinantis;

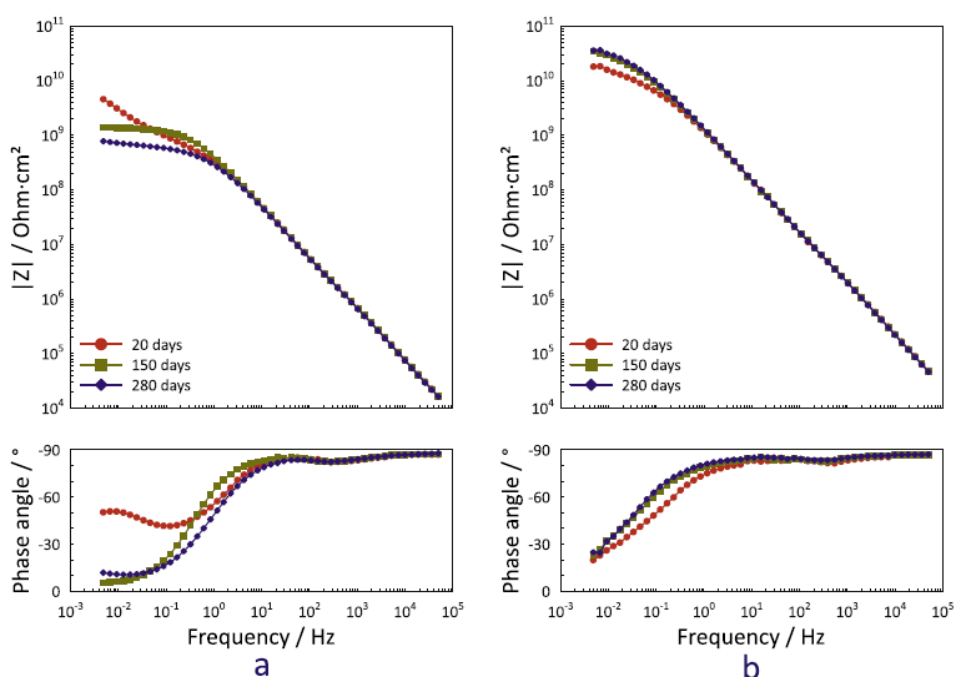
Straipsnyje [8] „Slopinamos kalcio karbonato apkrautos mikrodalelės plieno apsaugai nuo korozijos, padengtos epoksidine danga“ (Roma Raj, Y. Morozov, L.M. Calado, M.G. Taryba, R. Kahraman, A. Shakoor, M.F. Montemor) rašoma, kad epoksidinių gruntų bazės formulę autoriams pateikė amerikiečių įmonė „Sherwin-Williams“. Dėl nuosavybės teisių, detalios sudėties nebuvo galima atskleisti. Sumaišius dervą su kietikliu, į dangą buvo įpilta 5 masės procentai kalcio karbonato dalelių, intensyviai maišant 20 min. kambario temperatūroje. Paruošta epoksidinės dangos kompozicija buvo palikta kambario temperatūroje maždaug 16 val. prieš dengimą. Buvo paruošti trys epoksidinės dangos kompozicijų rinkiniai:

- standartinė danga (nepriedant dalelių);
- dengimas, pridedant tuščių CaCO<sub>3</sub> (kalcio karbonato) dalelių;
- dengimas pridedant PEI (polieterimidu) užpildytų CaCO<sub>3</sub> (kalcio karbonato) dalelių;

Išvalyti plieno pagrindai buvo panardinti į dangą formavimui. Kiekvienas plieno pavyzdys buvo panardintas į dangos tirpalą 5 sekundes, po du kartus iš eilės. Panardinimo ir ištraukimo greitis 18 cm min<sup>-1</sup>. Visi padengti mėginiai buvo kaitinami orkaitėje 48 °C temperatūroje.

Rezultatai:

Etaloninės dangos (nemodifikuotos), modifikuotos pridedant tuščių CaCO<sub>3</sub> dalelių ir PEI užpiltų CaCO<sub>3</sub> dalelių, uždėtų ant plieninių plokštelių bandiniai, buvo tiriami 280 dienų. 2.1.1 paveiksle pavaizduotas gautų reprezentacinės varžos spektrų rinkinys, standartinei dangai ir dangai, maišytai su kalcio karbonato ir polieterimido junginiu. Visos dangos parodė jog turi labai geras apsaugines savybes panardinimo bandymo metu. Ankstyvose panardinimo stadijose standartinė danga parodė varžos modulį esant žemiems dažniams, kurie pasiekė reikšmes, artimas 10<sup>10</sup> omų/cm<sup>2</sup> ir, kad bėgant laikui pamažu mažėjo iki 5 \* 10<sup>8</sup> omų/cm<sup>2</sup> bandymo laikotarpio pabaigoje.



**2.1.1 pav.** a) etaloninės dangos b) dangos, modifikuotos CaCO<sub>3</sub> kalcio karbonato dalelėmis, užpildytomis polieterimidu panardinant į natrio chloridą. [8]

## 2.2 Epoksidinių gruntų savybės

Kaip rašoma straipsnyje „Epoksidinių gruntų tipai, jų savybės“ [10] šių gruntų savybės priklauso nuo komponentų, kurie naudojami mišinyje ir nuo gamintojo.

Epoksidiniai gruntai metalui turi tokius privalumus:

- Itin aukštas atsparumas drėgmei. Mišinio džiūvimo proceso metu, ant paviršiaus susidaro ypač tanki ir vandeniui nepralaidi plėvelė, ko pasekoje ji saugo metalą nuo korozijos;
- Aukštas stiprumo veikimo laipsnis;
- Didelis atsparumas chemikalams, cheminėms medžiagoms, šarmams ir rūgštims;
- Atsparus oro ir aplinkos pokyčiams. Nebijo staigių temperatūros pokyčių, kritulių, saulės spinduliuotės ir kitų veiksnių;
- Puikus prisitaikymas prie paviršiaus;

Straipsnyje [11] išskiriami ir dar papildomi privalumai, tokie kaip:

- Cheminis kietėjimas;
- Geras sukibimas;
- Labai žemas pralaidumas;
- Atsparumas sausam karščiui iki 120 °C;

Tuo tarpu epoksidinių gruntų trūkumai yra tokie:

- Lėtokas džiovinimo greitis. Priklausomai nuo medžiagos ir gamintojo, vidutiniškai džiūna iki 12 val.;
- Džiovinimo proceso pagreitinimas nėra galimas. Tokie veiksmai gali sukelti nelygų kietėjimą ir pūslių susidarymą ant paviršiaus;
- Kalkėjimas;
- Reikalingas srautinis paruošimas;
- Perdažymo laikas ilgas;

## 2.3 Epoksidiniams gruntams keliami reikalavimai

Kaip ir kiekvienai medžiagai, taip ir epoksidiniams gruntams yra keliami aukšti reikalavimai, siekiant, kad produktas būtų kuo efektyvesnis ir atliktų savo paskirtį šimtu procentų. Straipsnyje [14] aprašomi pagrindiniai reikalavimai epoksidinių gruntų dangoms:

- Galimybė greitai arba lėtai kietėti esant dideliame temperatūros diapazonui. Galima ir kietinti, ir kepti.
- Mažas susitraukimas kietėjimo metu.
- Puikus sukibimas su daugeliu skirtingų pagrindų.
- Aukštas mechaninio stiprumo lygis, išlaikomas esant aukštesnei temperatūrai.
- Nuostabus tvirtumas ir geras lankstumas.
- Puikus atsparumas tirpikliams, rūgštims ir šarmams. Puikus atsparumas vandeniui ir alkoholiui, sūrus vanduo. (Nerekomenduojama panardinti)
- Neveikia aliejai ir riebalai, plovikliai.



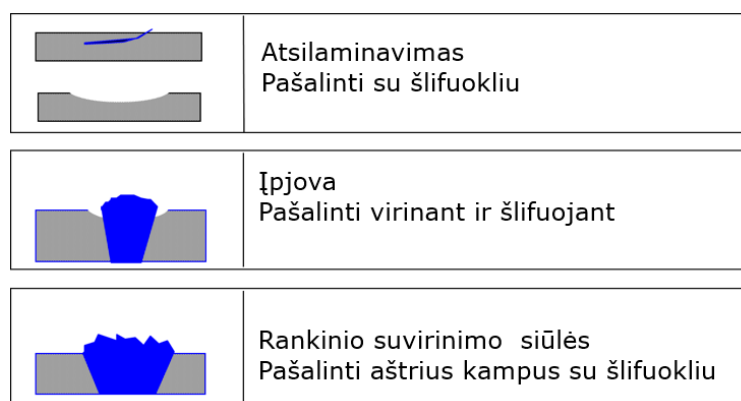
- Geros elektrinės savybės.
- Sistema turi būti tinkama „Food & Pharma“ pakavimo pramonei.

### 3. EPOKSIDINIŲ GRUNTŲ DENGIMO BŪDAI, TECHNOLOGIJOS

#### 3.1 Pasiruošimas dengimui

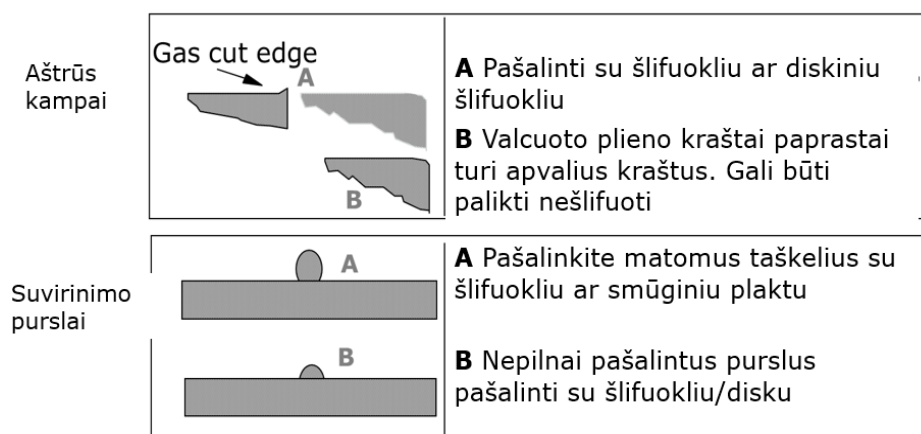
Yra keletas epoksidinio grunto dengimo technologijų. Patys populiariausi ir dažniausiai naudojami, tai dengimas teptuku, dengimas voleliu arba purškimas specialiais purškiamaisiais įrankiais. Tvarka ir švari darbo vieta prieš, po ir dažymo metu yra vienas iš svarbiausių faktorių, norint pasiekti geriausią rezultatą.

Kaip rašoma straipsnyje [12] reikiama paviršiaus paruošimo kokybė gali skirtis priklausomai nuo naudojimo srities, numatomo patvarumo ir nuo to, ar taikoma, projekto specifikacija. Ruošiant naujus paviršius, prižiūrint jau padengtas ar sendintas dangas, būtina nuo jų pašalinti užterštumus, kurie gali trukdyti dangos sukibimui ir tolimesniam patikimo pagrindo paruošimui dažymui su kitais produktais.



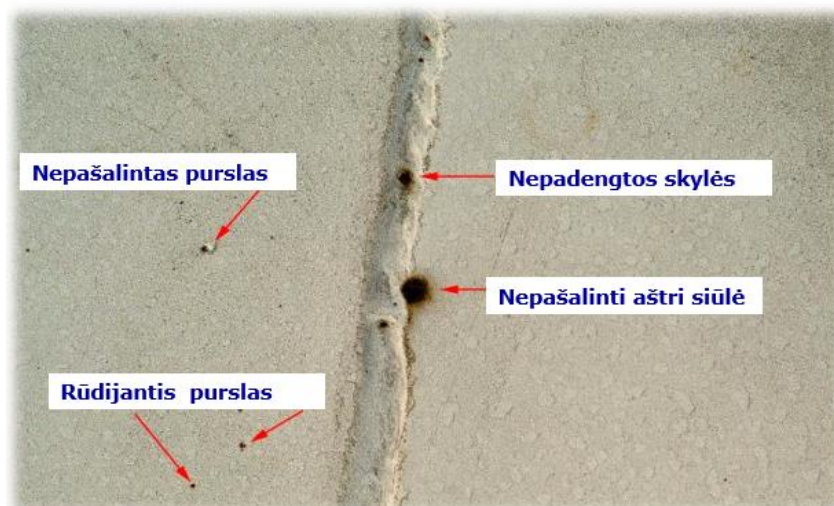
3.1.1 pav. Plieno paruošimas, kampai ir virinimo pūslai [25]

Straipsnio autorius pabrėžia, kad prieš dengiant epoksidinį gruntą yra labai svarbu patikrinti, ar paviršiuje nėra angliavandenilių ir kitų nešvarumų, jei jų yra, juos reiktų nuvalyti šarminiu plovikliu. Ploviklio dengimą atlikti sekančiai: jį reiktų gerai išmaišyti, kad suaktyvintumėme, o prieš džiūstant, nuplauti apdirbtą plotą grynu vandeniu. Dažų tirpikliai (skiedikliai) neturi būti naudojami bendram riebalų šalinimui ar paviršiaus paruošimui. Dažų skiediklius galima naudoti mažoms vietinėms užteršimo vietoms gydyti. Autorius rekomenduoja naudoti švarias, baltas, medvilnines skiautes. Griežtai draudžiama naudoti panaudotus, tirpikliais jau prisotintus audinius. Tokius audinius reiktų perskalauti karštame vandenyje ir gerai išplauti tirpiklius.



3.1.2 pav. Plieno paruošimas, kampai ir virinimo pūslai [25]

Paviršiaus paruošimas ir padengimas paprastai turėtų būti pradamas tik po to, kai viso konstrukcijos pilnai suvirinamos, nuriebalintos, apšveisti aštrūs kraštai ir suvirinimo siūlių apdorojimas baigtas. Svarbu, kad visi karšti darbai (virinimas ir panašiai) būtų baigti, prieš pradėdant dengti dangą.



**3.1.3 pav.** Blogo suvirinimo ir nepašalintų purslų pavyzdžiai [11]

Tirpių druskų pašalinimas:

Tirpios druskos daro neigiamą poveikį tinkamam ir efektyviam dangos veikimui ir eksploatacijai, ypač kai jos yra panardintos.

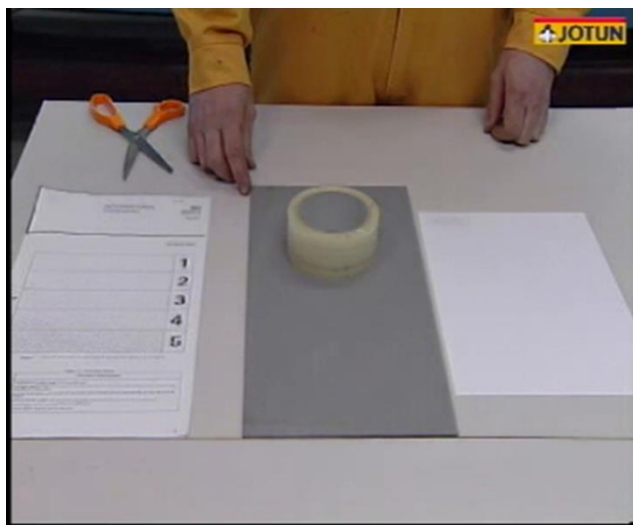
Jotun's bendrosios maksimaliai tirpių druskų rekomendacijos (imami ir matuojami pagal ISO 8502-6 ir -9):

- Srityse, veikiuose (ISO 12944-2);
- C1-C4: 200 mg / m<sup>2</sup>;
- C5M arba C5I: 100 mg / m<sup>2</sup>;
- Im1-Im3: 80 mg / m<sup>2</sup>.

- Rankų vielos šepetys
- Rotacinis vielinis šepetys
- Stūmoklinio poveikio priemonės (adatinis šlifluoklis)
- Šlifluokliai
- Rotacinio poveikio įrankiai

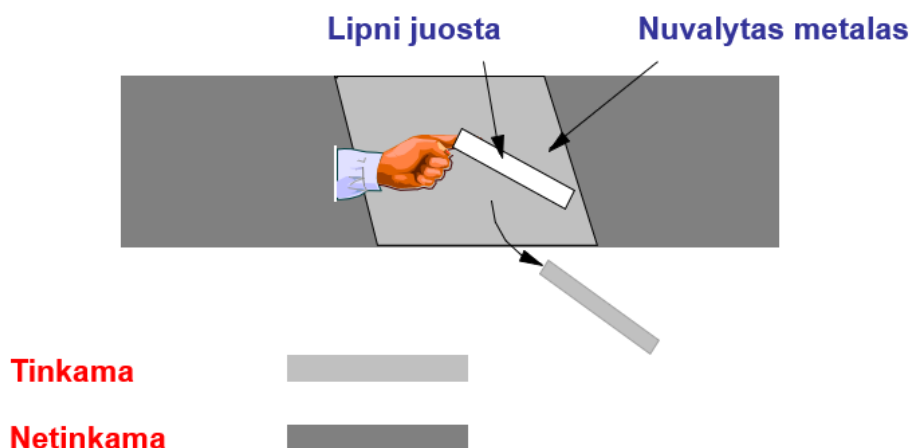
**3.1.4 pav.** Rankinio ir mechaninio paruošimo būdai [11]

Siekiant išgauti kuo geresnį grunto sukibimą su dengiamu paviršiumi ir ilgalaikį bei efektyviausią poveikį būtina įvertinti dengiamo paviršiaus dulkėtumo laipsnį prieš gruntavimo darbus. Žmonės tai dažnai atmeta, kai nereikalingą viso gruntavimo proceso dalį, tačiau tai yra klaidingas nusistatymas, kuris vėliau gali kainuoti papildomus nemalonumus ir darbus.

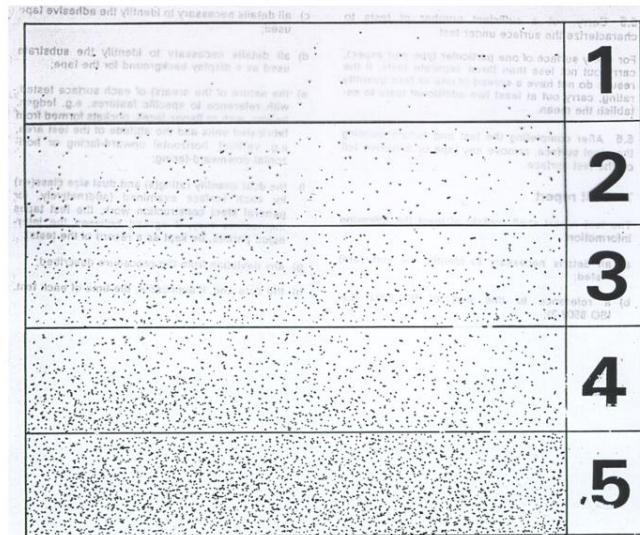


**3.1.5 pav.** Paviršiaus dulkėtumo įvertinimas [13]

Paviršiaus dulkėtumas įvertinamas paimant elementarią lipnią izoliacinę juostą. Prieš tai metalo (plieno) paviršių reikia gerai nuvalyti. Izoliacinę juostą klijuojame ant metalo paviršiaus taip, kad juosta gerai ir pilnai priglusto, nebūtų neprilipusių vietų, kraštų. Vėliau juostą nuplėšiamo nuo priklijuoto paviršiaus ir apsukę kita puse įvertiname koks dulkių kiekis yra prilipęs prie juostos. Dulkių kiekio nustatymą pagal reikalavimus atliekame palygindami su dulkėtumo standartu ISO 8502-3.



**3.1.6 pav.** Lipnios juostos klijavimas ant paruošto, nuvalyto metalinio paviršiaus [13]



3.1.7 pav. Paviršiaus dulkėtumo laipsniai pagal standartą [13]

Pagal standartą LST EN ISO 8502-3:2017, paviršių dulkėtumo lygiai yra skirstomi į 6 skirtingas kategorijas:

- 0 – dalelės nematomos didinant 10 kartų.
- 1 – dalelės matomos jas padidinus 10 kartų, tačiau ne normaliu ar pakoreguotu matymu (paprastai dalelės yra mažesnės nei 50 µm diametro).
- – dalelės matomos tik normaliu ar pakoreguotu regėjimu (dalelių dydis tarp 50 µm ir 100 µm diametro).
- – dalelės puikiai matomos normaliu ar pakoreguotu regėjimu (dalelių dydis iki 0,5mm skersmens).
- – dalelės tarp 0,5mm ir 2,5mm diametro.
- – dalelės didesnio kaip 2,5mm diametro.

## 3.2 Grunto dengimas

### 3.2.1 Reikalavimai dengimui:

Priimtinos aplinkos sąlygos - prieš dengimą ir jo metu:

- Oro temperatūra **-5 - 50 ° C;**
- Pagrindo temperatūra **-5 - 60 ° C;**
- Santykinis drėgnis (RH) **10–85 proc.**

Turi būti laikomasi šių apribojimų:

- Dangą dengti tik tada, kai pagrindo temperatūra yra bent 3 ° C (5 ° F) aukščiau rasos taško;
- Netepti dangos, jei pagrindas yra šlapias arba gali sušlapti;
- Netepti dangos, jei oro sąlygos aiškiai blogėja arba yra nepalankios dengimui ar kietėjimui;

- Netepti dangos esant stipriam vėjui;
- Prieš dengimą, būtina patikrinti atmosferos sąlygas, esančias šalia substrato, ar nėra rasos susidarymo pagal ISO 8502-4.

Dviejų komponentų dangos maišymo procesas:

- Komponentas B įpilamas į komponentą A (bazę);
- Komponentas B gali turėti labai didelę klampą;
- Įsitikinkite kad supylėte visą B komponentą;
- Laikykitės nurodyto santykio;
- Naudokite mechaninį maišytuvą.

Autorius pataria dangos maišymui visada naudoti mechaninį maišytuvą. Tokiu būdu maišant užtikrinamas tinkamas grunto išmaišymas. Su elementaria lazda tinkamai išmaišyti produktų niekada nepavyks. Su ja bus tik užteršiamas gruntas, o vėliau ir įranga.

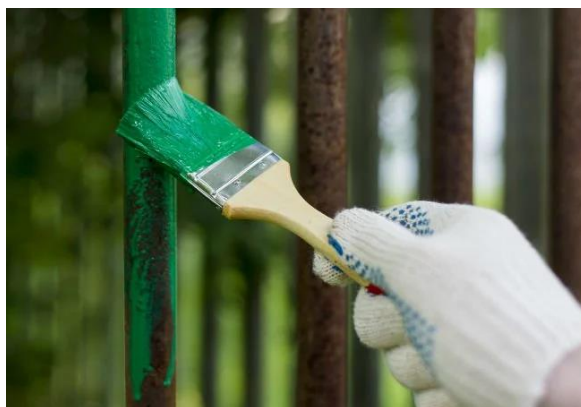
Įrankiai ir metodai pasirenkami atsižvelgiant į:

- Dažų specifikaciją;
- Plotą kurį reikia paruošti;
- Paviršiaus pažeidimo laipsnį;
- Egzistuojančią dažų sistemą arba rūdžių klasę;
- Turimus įrankius;
- Dažų sistemą kuri bus naudojama;
- Reikalingą ilgaamžiškumą.

### 3.2.2 Grunto dengimas teptuku

Straipsnyje [11] autorius teigia, kad viena galimybė aplikuoti gruntą ant plieno yra dengimas teptuku. Privalu naudoti aukštos kokybės, švarų, natūralių ar sintetinių šerelių šepetėlį, tinkamo dydžio. Norint tinkamai sudrėkinti pagrindą, rekomenduojama naudoti standų šepetėlį. Naudojant kaip apdailos sluoksnį, rekomenduojama naudoti ilgesnio plauko šepetį, kad būtų pagerinta tėkmė ir išvaizda. Norint pasiekti nurodytą storį, gali tekti tepti kelis sluoksnius.

Tepant gruntą teptuku, teptukas įstumia dangą į pagrindą padėdamas tinkamai padengti paviršių ir užtikrindamas tinkamą paviršiaus adheziją. Yra gaminamos tam tikros dangos, kurios yra pritaikytos tik darbui su teptukais. Taip pat dažant teptuku išgaunama tik apie 50 mikronų sausos plėvelės storio, o darbo našumas yra labai žemas.



**3.2.1 pav.** Grunto dangos dengimas teptuku [11]

### **3.2.3 Grunto dengimas voleliu**

Dengiant dangą voleliu reiktų naudoti tik tinkamo dydžio, aukštos kokybės, švarius volelius su natūraliu ar sintetiniu plauku. Pats volelio tipas turėtų būti parenkamas pagal tai, kas bus gruntuojama. Svarbu prieš pradėdant darbą volelį nuplauti tinkamu skiedikliu, kad pasišalintu palaidi pluošto plaukeliai. Naudojant didelio dydžio volelius darbas yra daug spartesnis ir ekonomiškesnis, tačiau jie gali būti netinkami specifinėms konstrukcijoms dengti. Labai svarbu sekti dažymo storį, nes yra rizika uždengti per ploną sluoksnio storį. Kuo dar patogus dažymas voleliu, tai ant jo maunamas koto prailgintojas, su kuriuo galima pasiekti didelį aukštį. Norint pasiekti norimą išdžiuvusios dangos storį, gali reikėti dengti kelis sluoksnius.



**3.2.2 pav.** Grunto dangos dengimas voleliu [11]

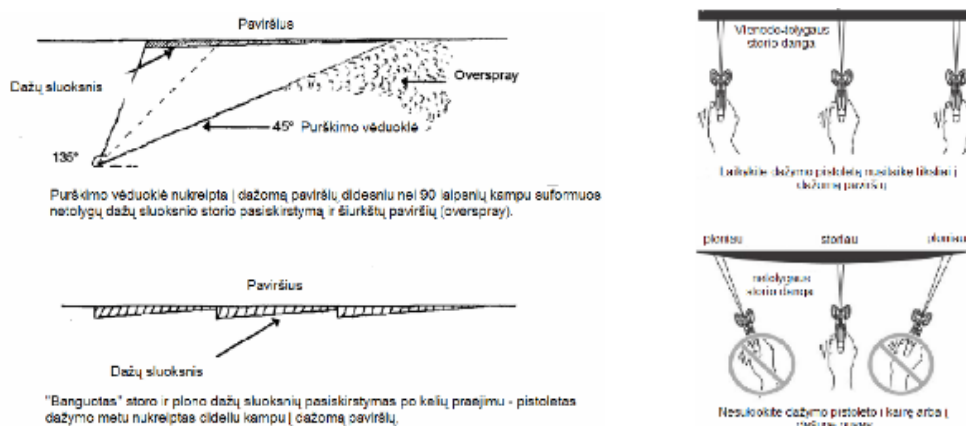
### **3.2.4 Gruntavimas beoriu būdu (purškimas)**

Beoris dengimo būdas ypač tinka antikoroziniam, efektyviam didelių, masyvių struktūrų, apdirbimui. Beoris purkštuvais yra bene populiariausias įrankis sunkiojoje pramonėje. Nors procesas vadinamas beoriu, įrenginiui dažniausiai reikalingas suspaustas oras (arba elektra). Skirtingai nuo orinio dažymo būdo, kai dažai maišosi su pernešančiu oru, greitai džiustantys dažai pasiekia dažomą paviršių nepradėję kietėti.

- Siurblio santykis (mažiausias): 42: 1;

- Siurblio našumas (litrai per minutę): 0,9-1;
- Slėgis purkštuke (mažiausias): 150 bar / 2100 psi;
- Purkštuko antgalis (colis / 1000): 17 – 23;
- Filtrai (tinklelis): 70.

Beorė dengimo įranga dažnu atveju gan tiksliai nepadengia, dalis dažų dulkių nusėda ant kitų paviršių. Dažant purkštuvu pistoletas nuo dažomo objekto laikomas apie 30- 35 cm. atstumu, būtinai statmenai dažymo kryptčiai. Purkštukas neturi linguoti į šalis, o pastoviai turi judėti statmenai sienai. Purkštukas purškia dideles kieki dulkių ir judėjimas turėtų būti pakankamai spartus, kad nesudarytų nutekėjimų. Purškiami juostomis viena šalia kitos arba su nedideliu persidengimu. Pastoviai stebima, kad paviršių pasiektų tolygus kiekis dažų, nebūtų nutekėjimų.



3.2.3 pav. Beorio dažymo srovės kryptis ir pistoleto laikymas[11]

Beorio purškimo įranga:

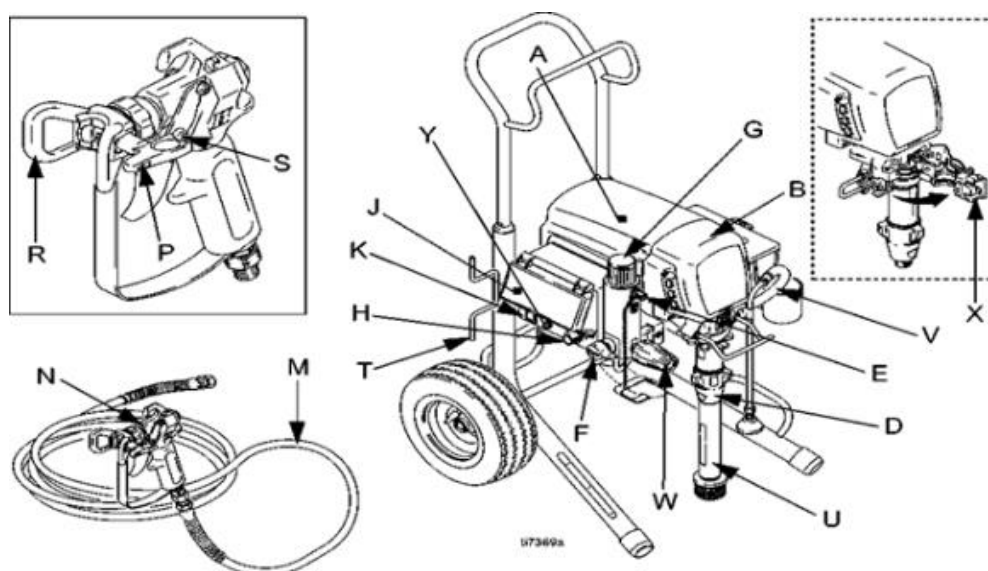
- Pompa – suslėgia dažus;
- Energija – energijos šaltinis reikalingas (suspaustas oras arba elektra);
- Žarna – Aukšto slėgio žarna;
- Tara – indas kuriame laikomi dažai;
- Pistoletas – išskaido dažus ir nukreipia į paviršių.



3.2.4 pav. Beorio purškimo įranga [11]



Laikykite pistoletą teisingu atstumu nuo paviršiaus Teisingas atstumas užtikrins tolygią ir vienodą dažų plėvelę Per didelis atstumas suformuos netolygią ir nelygią dangą Stengiantis uždažyti nutolusius plotus gausis nevienodo storio dažų plėvelė Šešėliai atsiranda už suvirinimo siūlių Mosikuojant su pistoletu suformuojamas neteisingas/nevienodas fakelas



3.2.5 pav. Beorio purškimo įrangos detali schema [11]

### 3.2.1 lentelė. Beorio purškimo įrangos dalių aprašymas

A	Variklis	Nuolatinės srovės variklis, be šepetėlių, aušinamas ventiliatoriumi
B	Pavaros blokas	Perduoda nuolatinės srovės variklio galią tūriniam siurbliui
D	Stūmoklinis siurblys	Siurbia skystį iš tiekimo šaltinio ir išpurškia jį per pistoletą
E	Skysčio išleidimo anga	Skysčio žarna prijungiama čia
F	Pagrindinis/purškimo vožtuvas	Atidarius šį vožtuvą purkštuvą galima pripildyti ir ištuštinti (skysčio slėgis išleidimo angoje sumažėja)
G	Filtras	Paskutinis į purškimo pistoletą tiekiamo skysčio filtras
H	Slėgio reguliatorius	Juo galima reguliuoti slėgį skysčio išleidimo angoje
J	Skaitmeninis ekranas	Kontroliuoja variklio greitį, palaikydamas nustatytą ištekancio skysčio slėgį ties tūrinio siurblio išleidimo anga. Veikia su slėgio reguliatoriumi
K	Įjungimo/išjungimo (ON/OFF) jungiklis	Elektros jungiklis, kuriuo galima įjungti ar išjungti elektros tiekimą
M	15 m pagrindinė žarna	1/4 colio vidinio skersmens įžeminta nailoninė žarna su spyruokline apsauga abiejuose galuose
N	Purškimo pistoletas	Aukšto slėgio pistoletas su gaiduko saugikliu
P	Purškimo antgalis	Aukštu slėgiu purškiant skystį, antgalį užkimšusios nuosėdos pašalinamos nenuėmus jo nuo purškimo pistoletą
R	Antgalio apsauginis įtaisas	Antgalio apsauginis įtaisas sumažina sužalojimo dėl įpurškimo pavojų
S	Pistoletas saugiklis	Pistoletas saugiklis apsaugo nuo atsitiktinio purškimo pistoletas gaiduko paspaudimo.
T	Žarnos laikiklis	Skirtas laikyti suvyniotą žarną
U	Siurbimo vamzdelis	Juo purškiamas skystis iš tiekimo šaltinio patenka į siurblį
V	Išleidimo vamzdelis	Skysčio išleidimo vamzdelis su anga, skirta pripildyti ir ištuštinti purkštuvą
W	Automatinis valymas	Atvirkštinio plovimo sistema
X	Guolio korpusas	Siurblio nuėmimo ir sumontavimo be įrankių sistema
Y	WatchDog™ perjungiklis	Siurblio apsauginė sistema

Dažymo purkštovo antgalis leidžia suvaldyti dažų srauto plotį ir išpurškiamų dažų kiekį. Teisingai pasirinkus dažymo antgalį galima sumažinti dažų nuostolius, kaštus, lengviau suvaldyti purškiamų dažų srautą, sparčiau atlikti darbus. Prieš parenkant dažymo antgalį būtina žinoti:

- koks yra priimtinausias dažų srauto plotis;
- koks reikalingas dangos storis;
- kokį maksimalų slėgį sukuria dažymo pompa;
- kokio tipo dažai naudojami;
- koks yra dažomų konstrukcijų paviršius.

Atlikus dažymo darbus ir išdžiuvus dangai galima atlikinėti dangos storio matavimus. Šie darbai aprašyti straipsnyje [13].



**3.2.6 pav.** Grunto dangos storio nustatymas [13]

Dažų matuokliai būna kelių tipų – mechaniniai, elektroniniai su LED lemputėmis, elektroniniai su LCD ekranu. Dažų storio matuokliai su LCD ekranu patys brangiausi, bet tuo pačiu tiksliausi. Tokie matuokliai dažniausiai atpažįsta metalo gabalėlių įmaišymas į špaklių” ar apipurškimas metalizuotais dažais. Mechaniniai matuokliai būna nelabai tikslūs, jais sudėtingiau naudotis, bet jie paprastesni ir pigesni. Matuokliai su LED lemputėmis – vidutinis variantas.

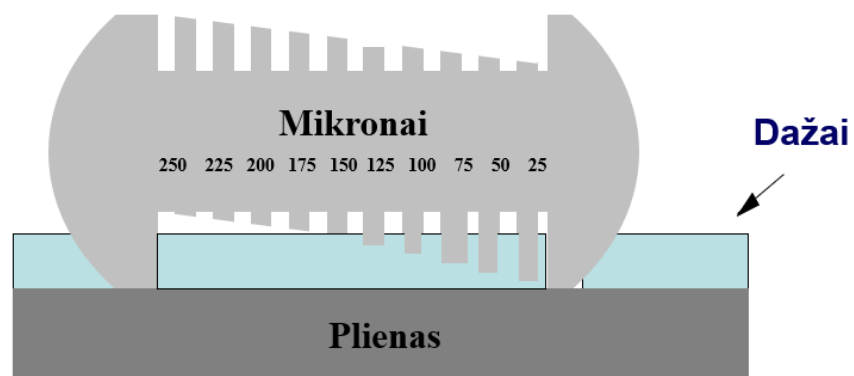
Keli metodai kaip nustatyti dangos storį po gruntavimo:

- Šlapios dažų plėvelės storio nustatymas;
- Sausos dažų plėvelės storio nustatymas skaičiuojant masę;
- Sausos dažų plėvelės storio nustatymas mechaniniu kontaktiniu būdu;
- Sausos dažų plėvelės storio nustatymas profilometriniu būdu;
- Sausos dažų plėvelės storio nustatymas mikroskopo pagalba;
- Magnetinis metodas;
- Sukūrinių srovių metodas;
- Bekontaktis metodas;

- Svorio nustatymo metodas;
- Sausos dažų plėvelės nustatymas ant šiurkštaus paviršiaus.



3.2.7 pav. Dangos storio matuoklis [13]



3.2.8 pav. „Šukos“ dangos storio matavimui [13]



3.2.9 pav. Magnetinis dangos storio nustatymo mechanizmas [13]

### 3.3 Padengtų paviršių džiovinimas

Straipsnyje "How Long Does Epoxy Take to Dry When Painted On?" [16] minimi epoksidinių gruntų džiovinimo ypatumai. Epoksidinių gruntų dangų dengimas neturi didelės įtakos kietėjimo laikui. Nepaisant to, kaip dengiami epoksidiniai gruntai, epoksidinė medžiaga džiūsta nuo 24 iki 72 valandų. Dažymas epoksidine danga paprastai reiškia, kad jis sukietėja greičiau nei per 24 valandas, nors tam įtakos gali turėti aplinkos veiksniai, tokie kaip drėgmė ir temperatūra.

Epoksidinių gruntų džiūvimo procesą nesunkiai galima paspartinti [17]. Jei darbai vyksta patalpose, galima įjunki šilumą. Šiltesnis klimatas gali sutrumpinti kietėjimo laiką. Taip pat gali būti naudingi sausintuvai, ypač jei gruntas buvo dengiamas didelio drėgnumo zonoje, dėl kurios kietėjimo laikas ilgesnis. Jei reikia dengti kelis sluoksnius, galima tai padaryti plonais sluoksniais, kad kitą sluoksnį būtų galima dažyti greičiau.

Jei darbai vyksta lauke, svarbu patikrinti orą. Reiktų stenktis dirbti, kai šilčiau. Be to, venkti darbo dienomis, kai tikėtina lietaus ar drėgmės, jei tai įmanoma. Epoksidinių ir uretano skiedinių kietėjimo laikas tam tikru laipsniu gali paspartėti, naudojant priedus, nors akrilo MMA ir polispartinės dangos išlieka sparčiai kietėjančios.

**3.3.1 lentelė.** Dangos džiūvimo laiko, prie tam tikros temperatūros lentelė

Paviršiaus stadija	-5 °C	0 °C	5 °C	10 °C	23°C	40 °C
Paviršius sausas	25h	15h	8h	5h	2,5h	45 min
Paviršius vidutiniškai sausas	48h	40h	20h	12h	6h	2h
Paviršius mažai sausas arba išvis nėra sausas	40h	30h	15h	8h	4h	1,5h

## **4. TYRIMŲ METODOLOGIJA**

### **4.1 Tyrime naudotos medžiagos ir įrenginiai**

Tyrimo tikslas: ištirti plieninių konstrukcijų dažymo bei džiovinimo technologijų įtaką epoksidinių gruntų dangos savybėms.

#### **Tyrimams naudotos medžiagos:**

- 36vnt. 150 x 150 x 10mm storio plieno plokštelės;
- 0-0,8 frakcijos kvarcinis smėlis;
- Lipni juosta;
- Šluotelė;
- Teptukas;
- Epoksidinis gruntas Temacoat GPL-S Primer;
- Klėjai „Bison Epoxy“ ;
- Markeris (žymeklis).

#### **Tyrimė naudoti įrenginiai:**

- Smėliavimo mašina;
- Paviršiaus šiurkštumo nustatymo prietaisas – profilometras;
- Kompresorius;
- Dažymo įrenginys – Pulverizatorius;
- Džiovinimo kamera;
- Rankinis dangos storio matuoklis;
- Dangos storio matuoklis „elcometer“;
- Atplėšimo (adhezijos) matuoklis „DYNA“;
- Rūko kameros mašina „Q-LAB q-FOG model CCT600“;
- Spalvos kodo matuoklis „Natural colour system“.

## 4.2 Tyrimų metodologija

### 4.2.1 Bandinių paruošimas

Tyrimui atlikti reikėjo pasirinkti tam tikrą bandinių rūšį. Šiam tyrimui buvo pasirinktas 10mm storio surūdijusio plieno lakštas (žr. 4.2.1.1 pav.). Iš šio lakšto buvo išpjautos 36vnt. 150 x 150 x 10mm storio plokštelės. Pagal standartą ISO 8501-1, buvo nustatytas išpjautų bandinių (plokštelių) surūdijimo laipsnis, kuris atitiko B klasę.



**4.2.1.1 pav.** Plieno lakšas (10mm storio) bandiniams

Plokštelės buvo padalintos į tris grupes po dvylika vienetų. Trys grupės – tai trys skirtingi padengto grunto džiovinimo tipo variantai:

- I variantas – džiovinama specialioje džiovinimo kameroje prie  $\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros ir 12 minučių džiuvimo trukmės.
- II variantas - džiovinama gamyklos patalpų temperatūroje  $\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 6 valandų džiovinimo trukmei.
- III variantas – džiovinama lauke, minusinėje oro temperatūroje  $\sim -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 6 valandų džiovinimo trukmei.
- Taip pat, kiekviena iš šių trijų grupių buvo padalintos į dvi dalis po šešias plokšteles, kurios buvo dengiamos dviem skirtingais dažų storiais -  $\sim 80\mu\text{m}$  ir  $\sim 240\mu\text{m}$ .

### 4.2.2 Bandinių paviršiaus valymas

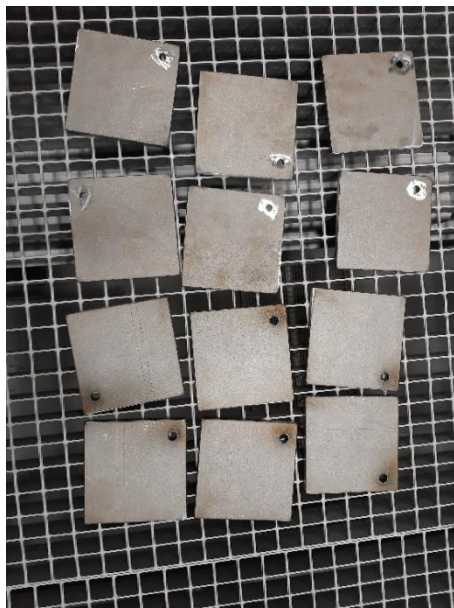
Po bandinių supjovimo ir surūšiavimo darbų, sekė bandinių paviršių valymas ambrazyvu - smėliavimas (šratavimas). Bandiniai buvo sudedami į specialią kamerą, kurioje šratavimo mašina (žr. 4.2.2.1 pav.) stipria srove pūtė ambrazyvą ir tokiu būdu valė bandinius (žr. 4.2.2.2 ir 4.2.2.3 pav.).

Paviršiaus valymas šratavimo būdų yra bene efektyviausia priemonė apdirbti ir išvalyti nešvarius metalo paviršius, taip pat paveiktus korozija. Šis valymo būdas padeda panaikinti net sudėtingiausius

pažeidimus bei sunkiausiai prieinamas vietas gali pasiekti ir išvalyti labai efektyviai. Šratavimo būdu paviršiai išvalomi žymiai greičiau nei valant rankiniu būdu, kuris taip pat reikalauja daugybės pastangų, tačiau galutinis efektas būna tikrai neįspudingas.



**4.2.2.1 pav.** Šratavimo mašina.



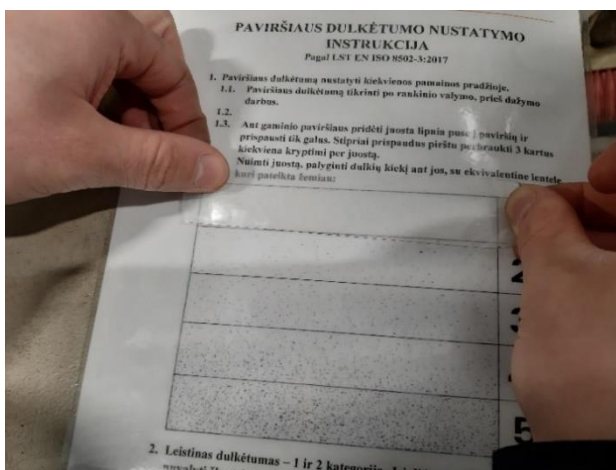
**4.2.2.2 pav.** Tarpinė šratuojamų bandinių fotofiksacija.



**4.2.2.3 pav.** Baigti šratuoti bandiniai.

### **4.2.3 Bandinių paviršiaus dulkėtumo nustatymas**

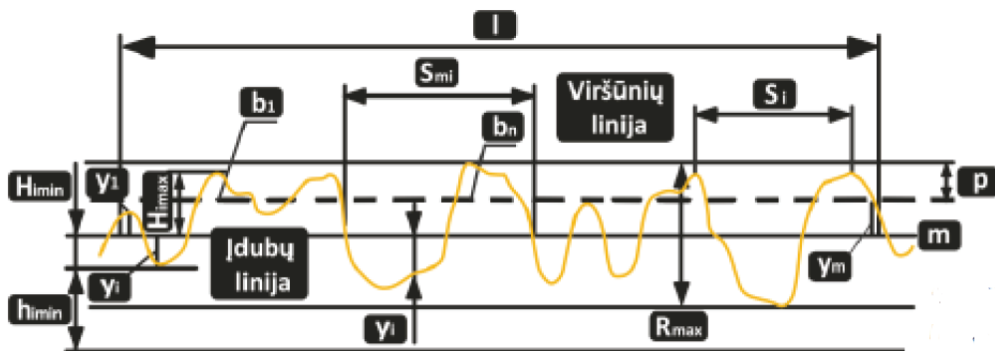
Atlikus bandinių paviršiaus valymo darbus ir įvertinus jų paviršiaus klasę sekė dulkėtumo nustatymo etapas. Paviršiaus dulkėtumas įvertinamas paimant elementarią lipnią izoliacinę juostą. Prieš tai metalo (plieno) paviršių reikia gerai nuvalyti. Izoliacinę juostą klijavome ant bandinių paviršiaus taip, kad juosta gerai ir pilnai priglusto, nebūtų neprilipusių vietų, kraštų. Vėliau juostą nuplėšėme nuo priklijuoto paviršiaus ir apsukę kita puse įvertiname koks dulkių kiekis yra prilipęs prie juostos, lygindami ją su ekvivalentine lentele (žr. 4.2.3.1 pav.).



4.2.3.1 pav. Dulkėtumo lygio nustatymas

#### 4.2.4 Bandinių paviršiaus šiurkštumo nustatymas

Sekantis darbas po bandinių paviršių dulkėtumo įvertinimo sekė paviršiaus šiurkštumo nustatymas. Paviršiaus šiurkštumas – tai galybė mikronelygumų visuma, ant tam tikrų paviršių. Paviršiaus šiurkštumą lemia metalo kristalo gardelės struktūra, grūdėtumas, tekstūra, fizikinis, cheminis poveikis. Mikronelygumai paviršiuje atsiranda nupjauvant nuo apdirbamos detalės metalo sluoksnį (sluoksnis plastiškai ar tampriai deformuojamas), be to, gali atsirasti dėl trinties, virpesių pjovimo zonoje, įrankio pjovimo briaunos nelygumų, drožlės susidarymo būdo.



4.2.4.1 pav. Šiurkštumo profilio pavyzdys [11]

Paviršiaus šiurkštumas nustatomas pagal 6 standartinius paviršiaus šiurkštumo rodiklius:

- $R_a$  – profilio šiurkščio vidutinė vertė.
- $R_z$  – profilio nelygumų vidutinis aukštis.
- $R_t$  – profilio šiurkštumo vertė, mikronais.
- $R_{max}$  - atstumas tarp profilio iškilumų ir įdubų linijos tam tikrame matuojamame ilgyje.
- $S_m$  - vidutinis nelygumų žingsnis.
- $S_i$  - vidutinis nelygumų viršūnių žingsnis.
- $t_p$  - santykinis profilio atskaitos ilgis.

Dažniausiai paviršiaus šiurkštumas nustatomas naudojantis  $R_a$  ir  $R_z$  rodikliais, pagal kuriuos yra 14 mechaniškai apdirbto paviršiaus šiurkštumo klasių (nuo 1 iki 14 klasės šiurkštis  $R_a = 2,5-0,025 \mu\text{m}$ , o  $R_z = 320-0,025 \mu\text{m}$ , matuojamas ilgis 8–0,08 mm).





**4.2.4.2 pav.** Paviršiaus šiurkštumo nustatymo procesas, matuojant matuojkliu.

#### 4.2.5 Bandinių dažymas ir džiovinimas

Atlikus visus būtinuosius paruošiamuosius darbus buvo pradėtas bandinių dažymas. Šis darbas buvo vykdomas beoriu būdų (pulverizatoriumi) purškiant epoksidinį gruntą. Visos 36 plokštelės buvo dalinamos į tris dalis po 12 vienetų, o vėliau visos trys grupės dar kart dalinamos į dvi grupes (po 6 plokšteles) bei dažomos 80  $\mu\text{m}$  ir 240  $\mu\text{m}$  storiais.

##### 4.2.5.1 lentelė. Bandymo schema

	Džiovinimas + 90 °C	Džiovinimas + 20 °C	Džiovinimas - 10 °C
80 $\mu\text{m}$ storis	6 vnt. bandinių, 150x150x10 mm, plienas	6 vnt. bandinių, 150x150x10 mm, plienas	6 vnt. bandinių, 150x150x10 mm, plienas
240 $\mu\text{m}$ storis	6 vnt. bandinių, 150x150x10 mm, plienas	6 vnt. bandinių, 150x150x10 mm, plienas	6 vnt. bandinių, 150x150x10 mm, plienas

Visi bandiniai buvo išskirstyti į 6 skirtingas grupes (žr. 4.2.5.1 lentelę.). Tolygiam ir kokybiškam dangos sluoksnio užpurškimui užtikrinti, bandinių kampuose buvo išgręžtos skylės. Prieš pradėdant dažyti, bandiniai buvo kabinami ant specialių kablių ir dažomi kabantys (žr. 4.2.5.1 pav.).



**4.2.5.1 pav.** Sukabinti ir paruošti dažymui bandiniai

Dažymo procesas buvo vykdomas viduje, tam skirtoje vietoje. Buvo naudojamos profesionalios dažymo priemonės, įrankiai, taip pat apsauginės priemonės (žr. 4.2.5.2 pav.). Gruntas buvo dengiamas prie +14,6 °C oro temperatūros sąlygų ir 28,8 % santykinio oro drėgnumo. Dažomo metalo temperatūra siekė 15,7 °C. Rasos taško temperatūra 17,1 °C. Visos šios sąlygos atitiko dažymo technologinius reikalavimus.



**4.2.5.2 pav.** Dažymo proceso eiga

**4.2.5.2 lentelė.** Aplinkos sąlygų registravimo lentelė

Eil. Nr.	Data	Oro temp °C	Santikinis drėgnis %	Dažomo metalo temperatūra °C	Rasos taško temperatūra °C
1	2019.11.27	16,3	37,2	16	14,6
2	2019.11.28	15,3	43,9	15,3	12,1
3	2019.11.29	17,2	52	14,9	7,6
4	2019.12.02	14,1	54,8	13,2	6,1
5	2019.12.03	13,8	35	14,1	15
6	2019.12.04	16	39,7	15	14,6
7	2019.12.05	15,4	44,8	15,1	12,2
8	2019.12.06	14,6	28,8	15,7	17,1

Šiam tyrimui buvo naudojamas dvikomponentis storasluoksnis epoksidinis gruntas su poliamidiniu kietikliu ir cinko fosfatu Temacoat GPL-S Primer. Šis gruntas paprastai naudojamas trinties ir (arba) chemikalų veikiamiems epoksidiniais ir poliuretaniniais dažais dengiamiems paviršiams gruntuoti ir kaip tarpinis sluoksnis. Taip pat naudojamas kaip tarpinis cinko prisotintų ir cinko turinčių epoksidinių ir silikatinų dažų sluoksnis. Gruntas labai gerai prilimpa prie plieninių, cinkuotų ir aliumininių paviršių bei greitai galima dengti kitą sluoksnį.

**4.2.5.3 lentelė.** Naudoto epoksidinio grunto išeigos lentelė

Rekomenduojamas dangos storis		Teorinė išeiga
sausos	šlapios	
60 µm	110 µm	9 m <sup>2</sup> /l
100 µm	185 µm	5.5 m <sup>2</sup> /l

Grunto dengimo sąlygos:

- Temperatūra dengiant ir dangai džiūstant turi būti ne mažesnė kaip 0 °C.
- Santykinis oro drėgnis turi neviršyti 80 proc.
- Plieninio paviršiaus temperatūra turi būti bent 3 °C didesnė už rasos tašką.
- Esant mažesnei nei 0 °C temperatūrai dengti negalima, nes ant dengiamo paviršiaus gali susidaryti ledas.
- Dangos temperatūra ją maišant ir dengiant turi būti ne mažesnė kaip +15 °C.

Paviršiaus paruošimas šiai dangai:

- Plieninis paviršius nuvalomas srautinio valymo būdu iki Sa 21/2 (ISO 8501-1).
- Jei srautinis valymas negalimas, šaltai valcuotą plieną rekomenduojama fosfatuoti, kad pagerėtų sukibimas.

Dengiant beoriu purkštuvu gruntas skiedžiamas (skiediklio naudojama iki 15 proc. tūrio). Antgalio skersmuo 0,011–0,017", medžiagos slėgis 120–160 bar. Purškimo kampas parenkamas pagal dažomo objekto formą. Pirmiausia atskirai gerai išmaišoma bazė ir kietiklis naudojant elektrinę maišyklę.



**4.2.5.3 pav.** Nudažytos plokštelės



**4.2.5.4 pav.** Dažymo instrukcija

**4.2.5.4 lentelė.** Naudotos epoksidinio grunto dangos džiuvimo laikas

<b>Džiuvimo temp.</b>					
<b>Džiuvimo kategorija</b>	<b>-5 °C</b>	<b>0 °C</b>	<b>+5 °C</b>	<b>+10 °C</b>	<b>+23 °C</b>
Kol bus galima paliesti	20h	14h	8h	5h	2,5h
Kol bus galima naudoti	48h	30h	16h	10h	5h
Kol bus galima dengti papildomą sluoksnį:					
Tokio pat tipo gruntu	24h	18h	10h	7h	1,5h
Poliuretanine danga	-	20h	12h	9h	2,5h
Normadur Aqua 90 TC	-	-	-	-	3h
Pilnai išdžiuvę	-	21d	14d	10d	7d

**4.2.5.5 lentelė.** Korozijos klasės pagal dangos storį

<b>Korozijos kategorijos pagal ISO 12944 plieno paviršiams</b>	<b>Tikkurila kodas</b>	<b>Padengimas</b>
C2.05, C3.05, C4.04 (12944-5:2018); Korozijos kategorijos C2-H, C3-M, C4-L; Plieno konstrukcijos, veikiamos lengvo kondensato šaltose patalpose ir lauke švarioje aplinkoje	TE 65 TEMACOAT 50	EP120/1-FeSa2 ½ 120µm
C2.06, C3.06, C4.05, C5.01 (12944-5:2018); Korozijos kategorijos C2-VH, C3-H, C4-M, C5-L; Plieno konstrukcijos, veikiamos lengvo kondensato šaltose patalpose ir lauke švarioje aplinkoje	TE 65 TEMACOAT 50	EP180/2-FeSa2 ½ 180µm
C3.07, C4.06, C5.02 (12944-5:2018); Korozijos kategorijos C3-VH, C4-H, C5-M;	TE 65 TEMACOAT 50	EP240/2-FeSa2 ½ 240µm

Plieno konstrukcijos drėgnoje aplinkoje		
I.03 (12944-5:2018); Korozijos kategorijos Im1-H, Im2-H, Im3-H; Plieno konstrukcijos gėlame vandenyje, jūros vandenyje ir dirvožemyje	TE 65 TEMACOAT 50	EP380/3-FeSa2 ½ 380µm

#### 4.2.6 Bandinių dažų dangos storio matavimas

Atlikus bandinių dažymo ir džiovinimo darbus, atėjo laikas išmatuoti padengtos dangos storius. Pagal planą, pusę bandinių turėjo būti nudažyta 80 µm storiu ir kita pusė 240 µm storiu. Buvo matuojamas sausos dangos storis.

Matavimo procesas labai paprastas. Matuoklio antgalis pridedamas prie norimos pamatuoti vietos ir ultragarso pagalba pamatuojamas storis, kuris parodomas matuoklio ekrane. Duomenys buvo nurašomi į duomenų pildymo lapus ir išsaugoti specialioje programoje „Elcometer“ (žr. 3 priedą). Kiekvienas bandinys buvo pamatuotas po šešis kartus skirtingose vietose: visuose keturiuose kampuose po vieną kartą ir du kartus bandinio centre.



4.2.6.1 pav. Dangos storio matuoklis



4.2.6.2 pav. Dangos storio matavimas

#### 4.2.7 Bandinių adhezijos matavimai

Nustačius bandinių dangos storius sekė adhezijos bandymas. Adhezija – tai dviejų skirtingų kietųjų kūnų, kietojo kūno ir skysčio arba nesimaišančių skysčių susiliečiančių paviršių sukibimas dėl kūnų dalelių sąveikos. Adhezija yra matuojama jėga arba darbu, kuris reikalingas susiliečiančių kūnų paviršiaus vienetiniam plotui perskirti. Adhezija pagrįstas klijavimas, dažymas, elektrocheminis dengimas. Adhezijos stiprumą lemia susiliečiančių medžiagų fizikinė ir cheminė prigimtis, paviršių švarumas, lietimosi plotas, vidiniai įtempiai [18].



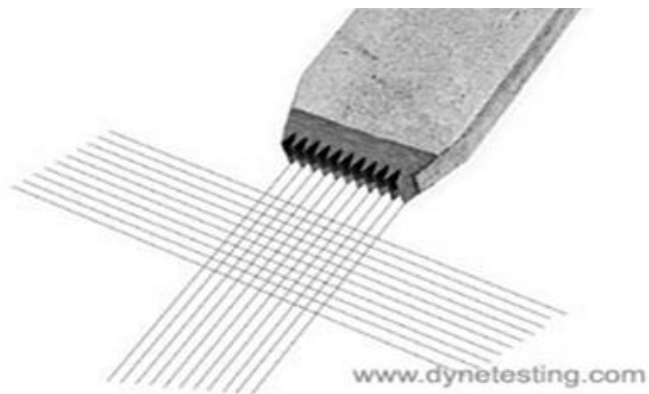
4.2.7.1 pav. Paviršiaus sukibimo tikrinimas [13]

Adhezijos bandymas yra ypatingai svarbus dėl dangos tarnavimo termino ir kokybės užtikrinimo efektyvumo, todėl jis būtina atliekamas darbų eigoje, kad tuo atveju jei bandymo rezultatai yra netinkami, problema būtų pašalinta ir užtikrintas kokybiškas paviršiaus padengimas apsaugine priemone.

Yra pora būdų kaip nustatoma dažų sukibimas su paviršiumi. Vienas iš šių būdų – kryžminių įpjovų testas. Šis testas atliekamas specialiu įrankiu (rėžtuku) iki bandinio paviršiaus, per dažų sluoksnį įrėžiant statmenų įpjovų tinklėlį (žr. 4.2.7.2 pav.). Ant šios vietos vėliau yra užklijuojama speciali prispaudimui jautri lipni juosta, kuri iš kart po to staigiu judesiu nuplėšiama. Nuplėšus juostą plotelis apžiūrinamas, ar yra nuo pagrindo atitrūkusių dangos fragmentų.

Nuo gautų rezultatų paviršiaus sukibimas skirstomas į klases:

- 5B klasė - jokių pažeidimų nesimato.
- 4B klasė - pažeista mažiau kaip 5% langelių.
- 3B klasė - pažeista nuo 5% iki 15 % langelių.
- 2B klasė - pažeista nuo 15% iki 35% langelių.
- 1B klasė - pažeista nuo 35% iki 65% langelių.
- 0B klasė - pažeista daugiau nei 65% langelių.



**4.2.7.2 pav.** Adhezijos bandymas įrėžiant tinklėlį [11]

Kitas ir bene populiariausias bei tiksliausias adhezijos testas tai dangos atplėšimo bandymas. Tam yra naudojamas specialus įrankis – adhezijos matuoklis (žr. 4.2.7.3 pav.). Šis matuoklis išmatuoja jėgą, reikalingą atskirti tam tikro skersmens testuojamą dangą nuo testuojamo paviršiaus naudojant hidraulinį slėgį.



**4.2.7.3 pav.** Adhezijos matuoklis „Dyna“

Nuo testuojamo bandinio paviršiaus labai kruopščiai ir atidžiai turi būti nuvalomi riebalai ir nešvarumai. Vėliau tepami specialūs klėjai prie kurių klėjuojami bandiniai (specialūs metalo cilindrai) (žr. 4.2.7.4 pav.). Atliekant dažų adhezijos testą yra labai svarbu pasirinkti tinkamus klėjus. Šiuo atveju buvo pasirinkti „Bison Epoxy“ klėjai (žr. 4.2.7.5 pav.). Pagrindinė ir reikalingiausia klijų dalis yra rišiklis. Klijų sudėtyje gali būti tirpiklio, skiediklio, kietiklio, minkštiklio, užpildo. Pagal savo cheminę sudėtį klėjai skaidomi į neorganinius ir organinius, gamtinius ir sintetinius.



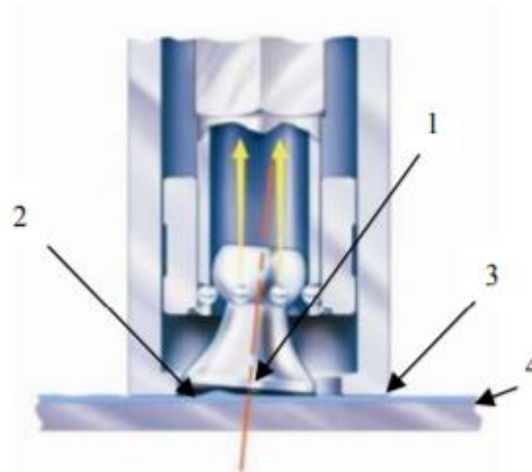


4.2.7.4 pav. Cilindro formos bandiniai



4.2.7.5 pav. Klijai „Bison Epoxy“

Priklijavus metalinius cilindrus, reikėjo laukti tam tikrą laiką, kurį pagal dažų rūšį nurodo gamintojas kol jie sudžius ir galės tinkamai atlikti savo funkciją. Išlaukus šį laiką aplink metalinius cilindrus peilio pagalba buvo apibrėžiamas (įrėžiamas) dažų sluoksnis, kad priklijuoti bandiniai tinkamai atkibtų nuo dažų. Po to sekė atplėšimo įrankio montavimas prie cilindrų ir atplėšimo proceso pradžia. Įrenginio svirtis sukama išlėto, negreičiau nei 1 MPa per sekundę. Svirtis taip sukama tol, kol bandinys (metalinis cilindras) atplėšiamas nuo dažų paviršiaus.



4.2.7.6 pav. Atplėšimo matavimas. 1 – bandinys; 2 – klijai; 3 – grunto danga; 4 – plokštelė. [13]

#### 4.2.8 Bandinių spalvos palyginimas

Po atlikto paviršiaus dangos atplėšimo bandymo, sekė spalvos palyginimo bandymas. Šis bandymas pakankamai paprastas ir greitas. Bandymo tikslas – tai palyginti kiek originali spalva pagal spalvos

kodą yra pakitusi ir skiriasi nuo realios, padengtos ant bandinio bei koks procentas skirtingų spalvų susideda į tam tikrą atspalvį.

Šiam bandymui buvo naudojamas specialus spalvos kodo matuoklis „Natural colour system“ (žr. 4.2.8.1 pav.). Vėliau kiekvieno bandinio kodas buvo pildomas į duomenų lapą, o vėliau palyginta skirtingų spalvos kodų sklaida bei spalvų sudedamosios dalys.



4.2.8.1 pav. Spalvos kodo matuoklis



4.2.8.2 pav. Spalvos kodo matavimo procesas

#### 4.2.9 Rūko kameros bandymas

Paskutinis, bet bene svarbiausias bandymas, kuris buvo atliktas – tai druskos rūko kameros bandymas. Šis bandymas skirtas parodyti, kiek danga ar konkretus gaminytis yra atsparus korozijai, koks jo veikimo efektyvumas. Taip pat šio bandymo pagalba mes pamatome koks yra druskos nuosėdų poveikis gaminio ar dangos paviršiui ir savybėms.

Bandymas atkurti blogomis oro sąlygomis veikiančių bandinių yra vienas pagrindinių druskos purškimo ir rūko kameros bandymų tikslų. Atlikdami šį bandymą galime tiksliai išmatuoti šių sąlygų poveikį bandomoms medžiagoms. Po šio bandymo galima labai aiškiai išskirti problemines bandinio sritis ir galvoti apie efektyvius sprendimus, kaip išspręsti atsiradusias problemas.



4.2.9.1 pav. Sudėti bandiniai į rūko kamerą.

Bandymai druskos rūke ypač tinkami tam tikrų metalinių, organinių bei anodinių oksidų ir konversinių dangų trūkiams, pvz., porų atsiradimui ir kitiems defektams, nustatyti.

Druskos rūko kameros bandyme naudojama druska, tai natrio chlorido tirpalas, kai 5 % tirpalo yra purškiama kontroliuojamoje aplinkoje. Bandinio veikimo laikos ir pačio tirpalo stiprumas yra parenkamas atsižvelgiant į specifinius projekto reikalavimus.

Natrio chlorido paruošimas: pradžioje ištirpinamas pakankamas kiekis natrio chlorido distiliuotame vandenyje su savituoju laidumu ne didesniu kaip  $20 \mu\text{S}/\text{cm}$  prie  $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , kad gautųsi  $50 \text{ g/l} \pm 5 \text{ g/l}$  koncentracija [19].

Tyrimui atlikti buvo naudojama druskos rūko kamera „Q-LAB q-FOG model CCT600“ (žr. 4.2.9.2 pav.). Talpa  $0,6 \text{ m}^3$ ; Temperatūros reguliatorius ( $35 \pm 2$ )  $^\circ\text{C}$ ; Suspausto oro, paduodamo į purkštuvą, slėgis (70-170) kPa.



**4.2.9.2 pav.** Druskos rūko kamera

Siekiant gauti tikslesnius tyrimo rezultatus ir paspartinti rūdijimo procesą, visi plieno bandiniai, padengti apsauginėmis dažų sistemomis, buvo laikomi druskos rūko kameroje 500 valandų.

Plieno bandiniai buvo veikiami tik iš vienos pusės. Bandiniai sustatomi taip, kad netrugdytu vienas kitam ir būtų efektyviai veikiami druskų. Iš visų šešių grupių skirtingų bandinių buvo paimta po du bandinius.

Tyrimas buvo suskirstytas į keturis tarpinius etapus:

- Tarpinis rezultatų fiksavimas po 144 val.
- Tarpinis rezultatų fiksavimas po 235 val.
- Tarpinis rezultatų fiksavimas po 360 val.
- Tarpinis rezultatų fiksavimas po 500 val.

## 5. TYRIMŲ REZULTATAI

### 5.1 Bandinių paviršiaus klasė prieš smėliavimą

Pagal standartą ISO 8501-1, buvo nustatytas išpjautų bandinių (plokštelių) surūdijimo laipsnis, kuris atitiko B klasę (žr. 5.1.1 pav.).



5.1.1 pav. ISO 8501-1 standartas, pagal kurį nustatėme B surūdijimo klasę.

#### 5.1.1 lentelė Surūdijimo laipsniai pagal ISO 8501-01 standartą

##### *Surūdijimo laipsnis pagal ISO 8501-01 standartą*

<b>A</b>	Plienas su antrinių nuosėdų sluoksniu nepalietas ir labai nedaug arba visiškai nėra rūdžių
<b>B</b>	Plienas su paviršiuje plintančiomis rūdimis, o antrinės nuosėdos pradėjo luptis
<b>C</b>	Surūdijęs plienas su nusilupusiu antrinių nuosėdų sluoksniu ir palaidas arba nebėra, tačiau ištrupėjimas nežymus
<b>D</b>	Labai surūdijęs plienas su visiškai surūdijusiu antrinių nuosėdų sluoksniu ir išplitusiu ištrupėjimu

### 5.2 Bandinių paviršiaus klasė po smėliavimo

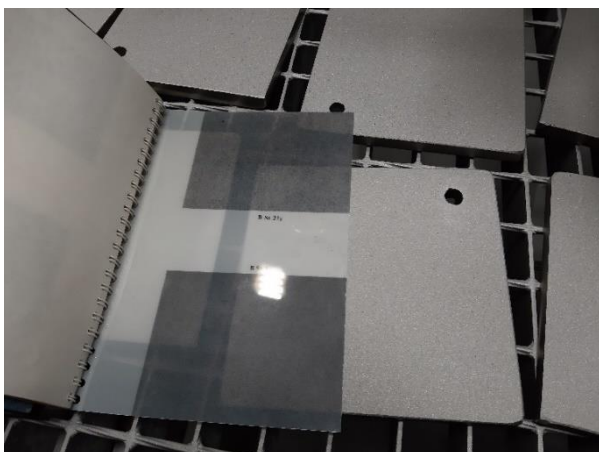
Atlikus bandinių paviršiaus valymo darbus sekė paviršiaus klasės nustatymas po šratavimo darbų. Šiam darbui buvo panaudotas standartas ISO 8503-1. Paviršiaus klasės nustatymo procedūra yra gan paprasta:

Prie jau nuvalyto bandinio yra dedamas standarto šablonas ir taip, vizualiu būdu palyginamas bandinio paviršius su šablonu. Šis procesas vėliau kartojamas su visais kitais bandiniais.

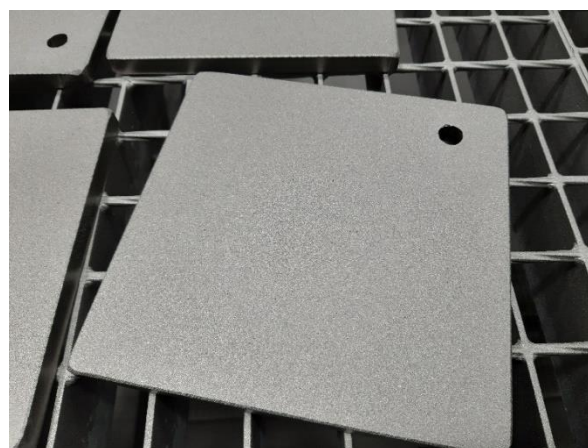
Atlikus bandinių paviršiaus klasės nustatymą po smėliavimo nustatyta, kad visų bandinių paviršiaus klasė po smėliavimo darbų atitinka B Sa3 (žr. 5.2.1 pav.).

### 5.2.1 lentelė. Paviršiaus klasifikavimo lentelė po valymo darbų.

ISO - SA1	Pirminis lengvas apdirbimas. Ant paviršiaus nesimato atsilupusių dažų, rudžių sluoksnio, nesimato riebalų dėmių
ISO - SA2	Kruopštus valymas. Ant paviršiaus matomi gerai prigludę dažų, rūdžių likučiai. 76% - švaraus paviršiaus.
ISO - SA2,5	Labai kruopštus valymas. Nesimato nešvarumų likučių. Matomos tik nešvarumų buvimo vietos-dėmės ir juostos. 96% - švaraus paviršiaus.
ISO - SA3	Paviršius nuvalytas nuo visų įmanomų nešvarumų. Matomas vienodo blizgesio lygus paviršius. 99% - švaraus paviršiaus.



5.2.1 pav. Paviršiaus klasės nustatymo fotofiksacija



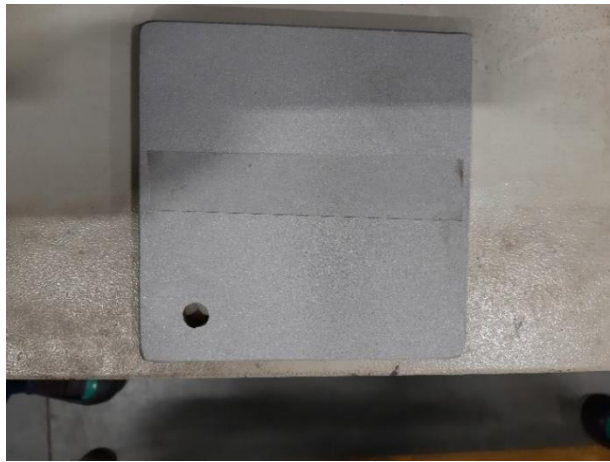
5.2.2 pav. Nuvalytas bandinys

### 5.3 Bandinių paviršiaus dulkėtumas

Kadangi dulkėtumo lygio nustatymas yra labai svarbus faktorius, siekiant kuo kokybiškiau padengti dangą, buvo atliktas šis bandymas. Pagal standartą LST EN ISO 8502-3:2017, paviršių dulkėtumo lygiai yra skirstomi į 6 skirtingas kategorijas:

- 0 – dalelės nematomos didinant 10 kartų.
- 1 – dalelės matomos jas padidinus 10 kartų, tačiau ne normaliu ar pakoreguotu matymu (paprastai dalelės yra mažesnės nei 50  $\mu\text{m}$  diametro).
- – dalelės matomos tik normaliu ar pakoreguotu regėjimu (dalelių dydis tarp 50  $\mu\text{m}$  ir 100  $\mu\text{m}$  diametro).
- – dalelės puikiai matomos normaliu ar pakoreguotu regėjimu (dalelių dydis iki 0,5mm skersmens).
- – dalelės tarp 0,5mm ir 2,5mm diametro.
- – dalelės didesnio kaip 2,5mm diametro.

Leistinas dulkėtumo lygis yra 0, 1 ir 2 kategorijos. Jei dulkėtumas yra didesnis, privaloma paviršių nuvalyti šluotele ir bandymą pakartoti dar kartą.



**5.3.1 pav.** Lipnios juostos klijavimas ant bandinio

Atlikus visų bandinių paviršiaus dulkėtumo patikrinimą buvo nustatyta, kad visų bandinių paviršiaus dulkėtumo lygis atitinka pirmą kategoriją, kas drąsiai leidžia tęsti bandymus su pasirinktais bandiniais, užtikrinant efektyvų bandinių padengimą norima medžiaga.

#### **5.4 Bandinių paviršiaus šiurkštumo nustatymas**

Paviršiaus šiurkštumui išmatuoti buvo atsitiktine tvarka parinkti 12 bandinių plokštelių. Šiurkštumo matavimui buvo naudojamas specialus elektroninis šiurkščio matavimo prietaisas (profilometras, profilografas) (žr. 5.4.1 pav.). Taip pat šiurkštumą matuoti galima ir bekontakčiu optiniu būdu (mikrointerferometrais, mikroskopais). Atlikus šiurkštumo matavimo procedūrą, duomenys buvo iškelti į specialią programą „Measurement studio“ (žr. 2 priedą).

Šiurkščio matavimo procedūros eiga pagal LST EN ISO 8503-4:2012:

- Matuojamas paviršius buvo nuvalytas nuo dulkių ir kitų nešvarumų.
- Matavimas atliekamas ne arčiau kaip 5mm nuo bandinio briaunos.
- Atliekami ne mažiau kaip 5 matavimai skirtingose bandinio ploto vietose.
- Gauti rezultatai buvo surašyti į rezultatų lentelę.

Pagal skirtingas šiurkštumo kategorijas, paviršiai gali būti skirstomi į dvi kategorijas:

- Vidutiniškai šiurkštus paviršius – matavimo reikšmė 50 – 70  $\mu\text{m}$ .
- Šiurkštus paviršius – matavimo reikšmė 71  $\leq$   $\mu\text{m}$ .

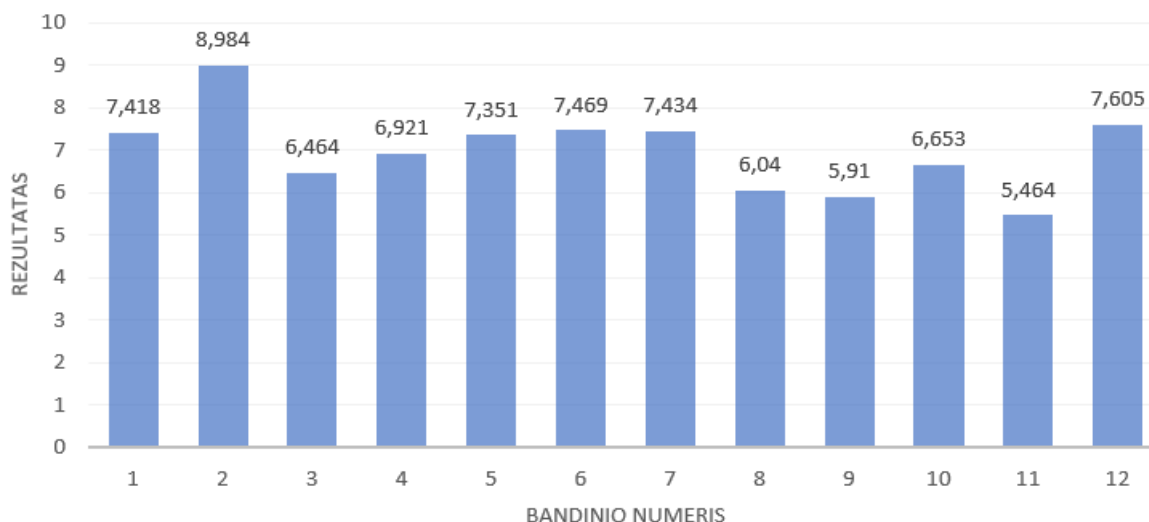
5.4.1 lentelė. Šiurkštumo profilio vertės

Reikšmė	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>R<sub>a</sub></b>	6,65	5,46	8,98	6,92	7,35	7,43	7,60	7,41	5,91	6,04	6,46	7,47
<b>R<sub>c</sub></b>	20,08	14,91	25,506	20,40	22,09	19,99	20,08	21,90	14,04	15,77	19,68	20,99
<b>R<sub>max</sub></b>	48,93	35,86	58,69	41,94	43,51	63,23	51,80	58,77	32,21	37,41	45,87	43,26
<b>R<sub>mr</sub></b>	99,90	99,65	99,90	99,95	99,90	99,90	99,95	99,90	99,75	99,95	99,8	99,9
<b>R<sub>pc</sub></b>	47	42	32	40	37	40	42	42	50	52	45	40
<b>R<sub>q</sub></b>	8,15	6,57	11,01	8,52	8,62	9,06	9,43	9,41	7,34	7,21	7,92	9,15
<b>R<sub>Sm</sub></b>	199,08	220,29	286,69	235,03	277,25	240,84	256,27	229,94	195,89	197,79	242,07	241,56
<b>R<sub>t</sub></b>	48,93	35,86	59,57	41,94	44,42	69,96	51,80	61,93	36,48	43,54	46,38	43,26
<b>R<sub>z</sub></b>	33,89	25,79	44,33	36,17	33,12	37,63	38,01	39,40	27,81	29,55	32,71	36,21



5.4.1 pav. Šiurkštumo matavimai

### Šiurkštumo matavimų rezultatai



5.4.2 pav. Paviršiaus šiurkštumo matavimų rezultatų diagrama, Ra vertės

### 5.5 Bandinių dažymo ir džiovavimo rezultatai

Po dažymo proceso atskiomis grupėmis suskirstyti bandiniai buvo išnešti ir padėti jiems skirtose vietose, pradėti džiovimo procesą. 12 bandinių (šeši 80 $\mu$ m storio ir šeši 240 $\mu$ m storio) buvo talpinami specialioje džiovimo kameroje, kur džiuvo prie +90 °C temperatūros. Tada dar 12 bandinių (vėl šeši 80 $\mu$ m storio ir šeši 240 $\mu$ m storio) buvo palikti džiūti tiesiog gamyklos patalpose prie ~ 20 +-2 °C temperatūros. Likę 12 bandinių buvo išnešti į lauką, kur buvo palikti džiūti prie -10 °C temperatūros. Visas procesas vyko sklandžiai ir buvo atidžiai tikrinamas, kad vyktų pagal planą.



**Rezultatas:**



**5.5.1 pav.** Pirmą grupę išdžiūvusių bandinių



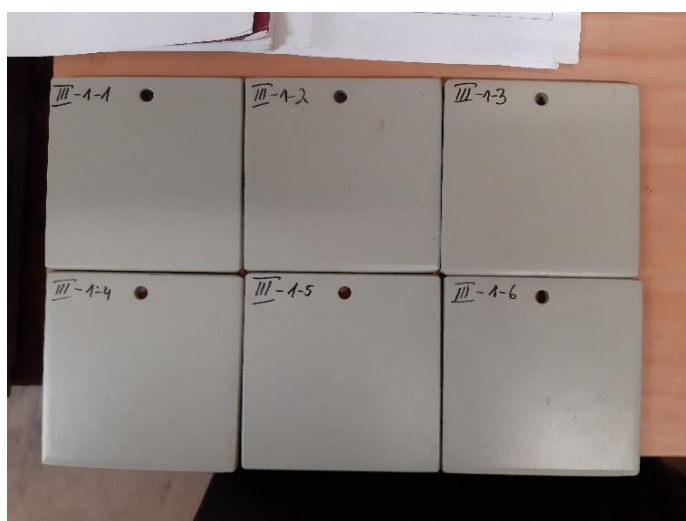
**5.5.2 pav.** Antrą grupę išdžiūvusių bandinių



**5.5.3 pav.** Trečią grupę išdžiūvusių bandinių



**5.5.4 pav.** Ketvirtą grupę išdžiūvusių bandinių

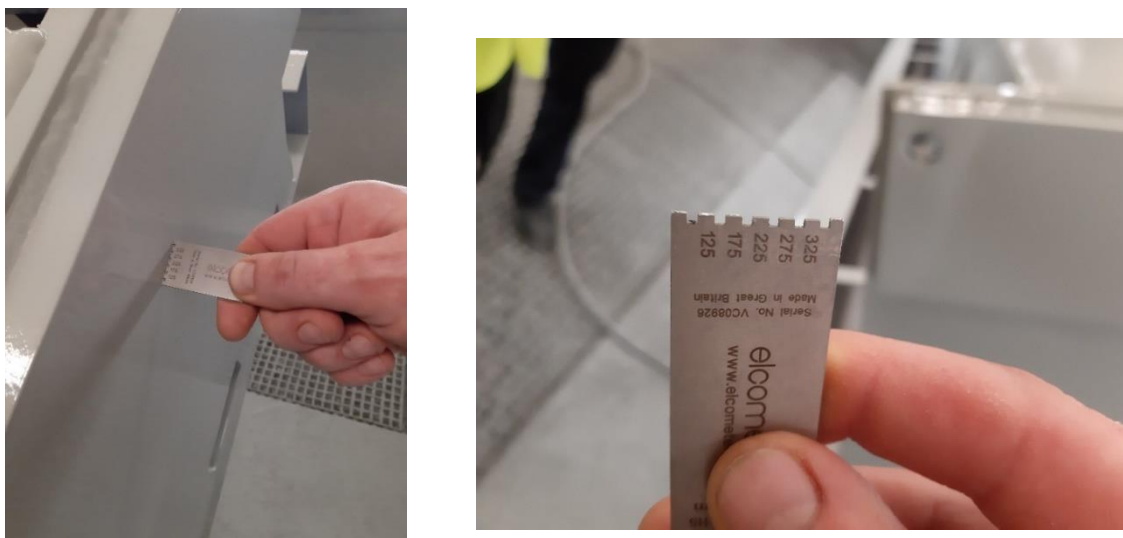


**5.5.5 pav.** Penktą grupę išdžiūvusių bandinių



**5.5.6 pav.** Šeštą grupę išdžiūvusių bandinių

Po bandinių dažymo ir džiovinimo, buvo pamatuotas dažų sluoksnio storis rankiniu matuokliu.



5.5.7 pav. Dangos storio matavimas

## 5.6 Bandinių dažų dangos storio matavimų rezultatai

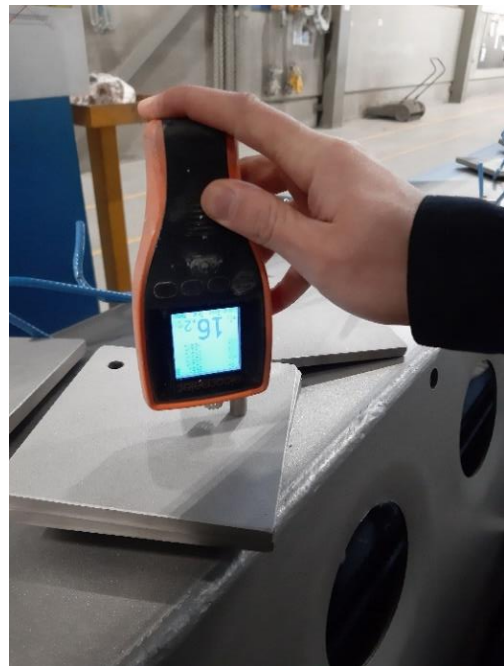
Po dažymo ir džiovinimo darbų bandiniai buvo sužymėti atitinkama numeracija:

- I-1-1; I-1-2; I-1-3; I-1-4; I-1-5; I-1-6 – reiškia, kad bandiniai dažyti 80 $\mu$ m storiu ir džiovinti prie + 90 °C temperatūros specialioje džiovinimo kameroje.
- I-2-1; I-2-2; I-2-3; I-2-4; I-2-5; I-2-6 – reiškia, kad bandiniai dažyti 240 $\mu$ m storiu ir džiovinti prie + 90 °C temperatūros specialioje džiovinimo kameroje.
- II-1-1; II-1-2; II-1-3; II-1-4; II-1-5; II-1-6 – reiškia, kad bandiniai dažyti 80 $\mu$ m storiu ir džiovinti prie  $\pm 2$  20 °C patalpos temperatūroje.
- II-2-1; II-2-2; II-2-3; II-2-4; II-2-5; II-2-6 – reiškia, kad bandiniai dažyti 240 $\mu$ m storiu ir džiovinti prie  $\pm 2$  20 °C patalpos temperatūroje.
- III-1-1; III-1-2; III-1-3; III-1-4; III-1-5; III-1-6 – reiškia, kad bandiniai dažyti 80 $\mu$ m storiu ir džiovinti prie -10 °C temperatūros lauko sąlygomis.
- III-2-1; III-2-2; III-2-3; III-2-4; III-2-5; III-2-6 – reiškia, kad bandiniai dažyti 80 $\mu$ m storiu ir džiovinti prie -10 °C temperatūros lauko sąlygomis.

Dangos storis buvo matuojamas specialiu, ultragarsiniu dangos storio matuokliu „elcometer“ (žr. 4.2.6.1 pav.). Kiekvienas bandinys buvo pamatuotas po šešis kartus skirtingose vietose: visuose keturiuose kampuose po vieną kartą ir du kartus bandinio centre.



5.6.1 pav. Dangos storio matuoklis

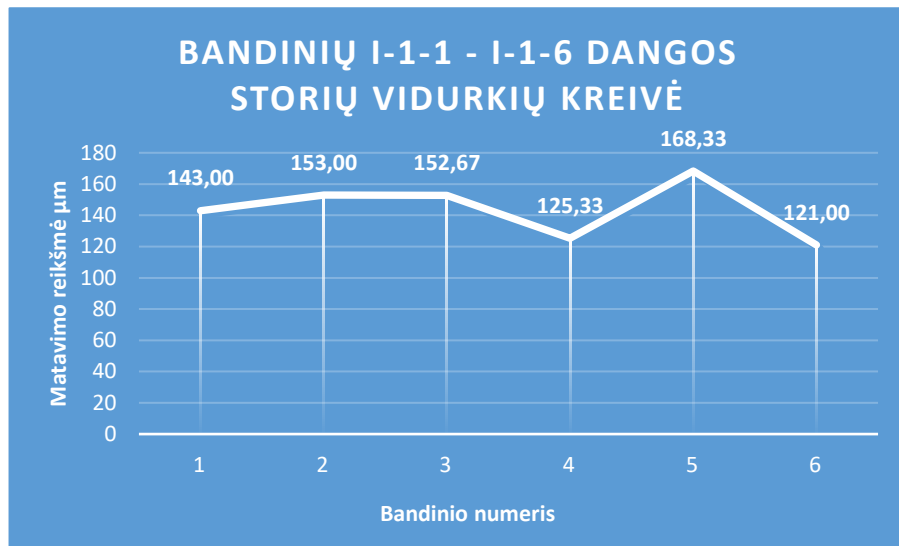


5.6.2 pav. Dangos storio matavimas

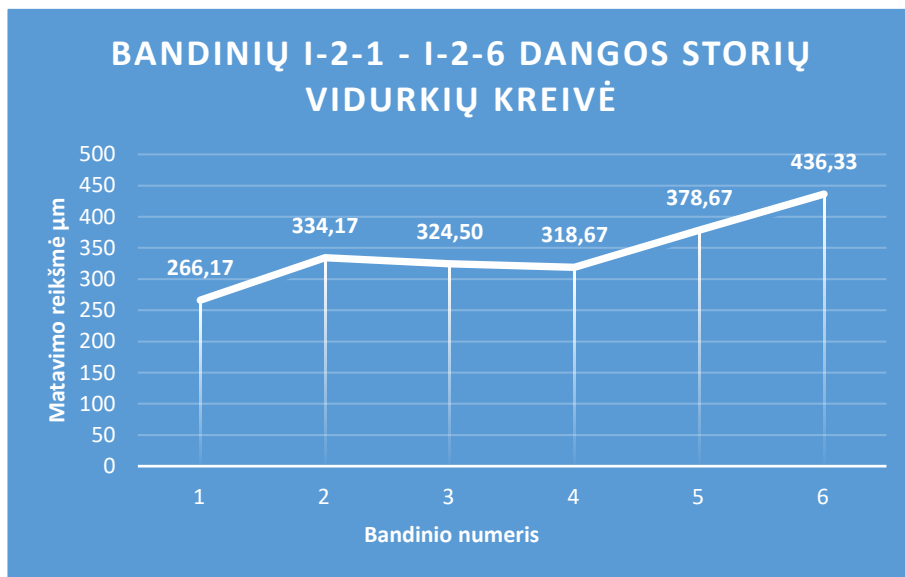
Bandinio numeris	Matavimo rezultatas						Vidurkis	Vidurkio vidurkis	Pastabos
1-1-1	158	133	127	130	159	151	143,00	143,89	Bandiniai džiovinți +90 °C laipsnių temperatūroje, specialioje džiovinimo kameroje, o bandomi dažyti 80 μm storiu.
1-1-2	125	181	162	165	139	146	153,00		
1-1-3	144	154	157	148	162	151	152,67		
1-1-4	145	93	120	132	146	116	125,33		
1-1-5	166	156	193	166	169	160	168,33		
1-1-6	130	117	118	111	132	118	121,00		
1-2-1	263	267	264	266	287	250	266,17	343,08	Bandiniai džiovinți +90 °C laipsnių temperatūroje, specialioje džiovinimo kameroje, o bandomi dažyti 240 μm storiu.
1-2-2	328	344	336	318	317	362	334,17		
1-2-3	305	319	341	326	324	332	324,50		
1-2-4	289	326	325	336	306	330	318,67		
1-2-5	388	369	390	372	363	390	378,67		
1-2-6	430	390	464	475	439	420	436,33		
2-1-1	89,4	90,1	72	86,3	74,1	82,7	82,43	102,57	Bandiniai džiovinți ±20 °C laipsnių temperatūroje, specialioje džiovinimo kameroje, o bandomi dažyti 80 μm storiu.
2-1-2	126	131	115	104	101	117	115,67		
2-1-3	89,7	93,8	96,1	130	108	97,7	102,55		
2-1-4	110	109	115	120	127	107	114,67		
2-1-5	77	69,8	79,8	75,1	80,1	74,7	76,08		
2-1-6	122	121	123	123	123	132	124,00		
2-2-1	300	296	298	296	307	288	297,50	279,39	Bandiniai džiovinți ±20 °C laipsnių temperatūroje, specialioje džiovinimo kameroje, o bandomi dažyti 240 μm storiu.
2-2-2	260	247	281	269	250	273	263,33		
2-2-3	253	296	305	311	300	300	294,17		
2-2-4	192	226	214	212	217	222	213,83		
2-2-5	301	295	310	300	268	292	294,33		
2-2-6	315	323	307	312	318	304	313,17		
3-1-1	217	240	239	195	281	210	230,33	218,31	Bandiniai džiovinți -10 °C laipsnių temperatūroje, lauke, o bandomi dažyti 80 μm storiu.
3-1-2	254	265	238	226	238	199	236,67		
3-1-3	158	202	249	215	169	204	199,50		
3-1-4	192	204	209	236	213	210	210,67		
3-1-5	192	247	233	258	222	269	236,83		
3-1-6	210	197	169	219	149	231	195,83		
3-2-1	259	306	291	287	274	316	288,83	272,03	Bandiniai džiovinți -10 °C laipsnių temperatūroje, lauke, o bandomi dažyti 240 μm storiu.
3-2-2	248	236	211	175	272	222	227,33		
3-2-3	314	253	245	289	303	340	290,67		
3-2-4	233	225	245	200	223	258	230,67		
3-2-5	367	262	321	274	344	339	317,83		
3-2-6	258	300	255	263	278	307	276,83		

5.6.3 pav. Dangos storio matavimų rezultatų lentelė

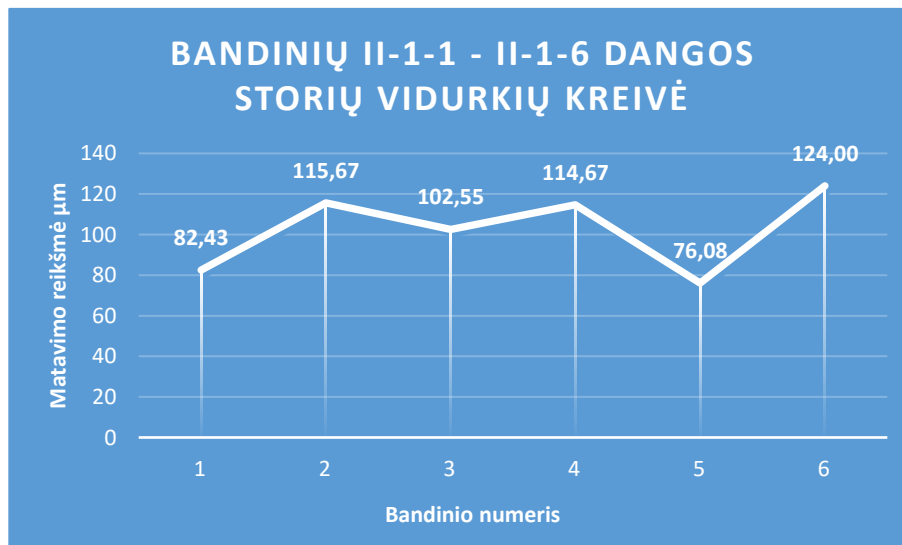
Kaip matosi iš gautų rezultatų, dangos storis skirtingose bandinio vietos uždengtas skirtingu storiu. Didesnį dangos storį lėmė ir pakankamai didelis plokštelių paviršius šiurkštumas.



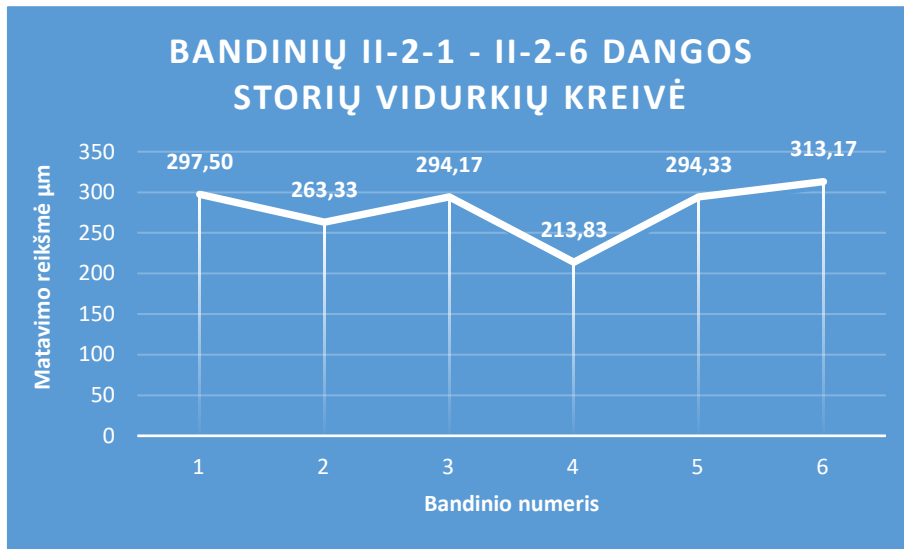
**5.6.4 pav.** Bandinių I-1-1 – I-1-6 dangos storio matavimų vidurkiai



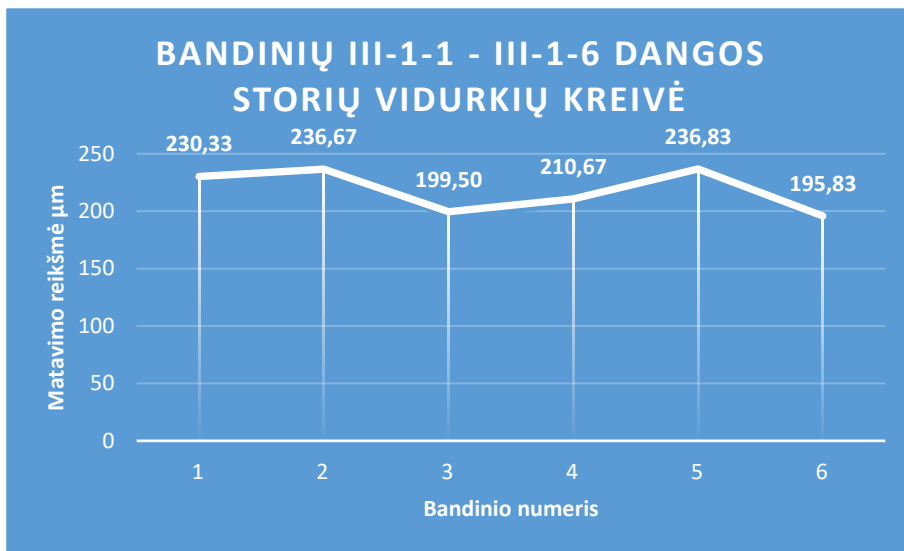
**5.6.5 pav.** Bandinių I-2-1 – I-2-6 dangos storio matavimų vidurkiai



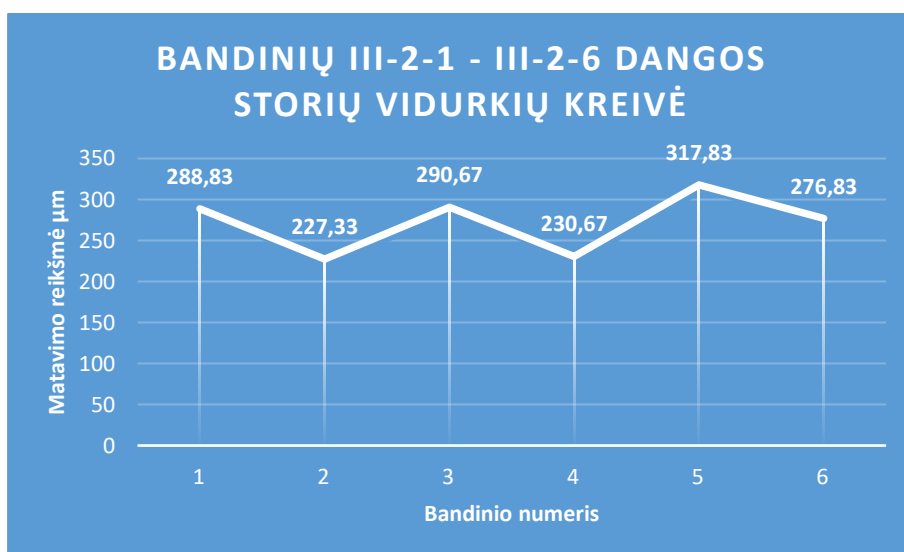
**5.6.6 pav.** Bandinių II-1-1 – II-1-6 dangos storio matavimų vidurkiai



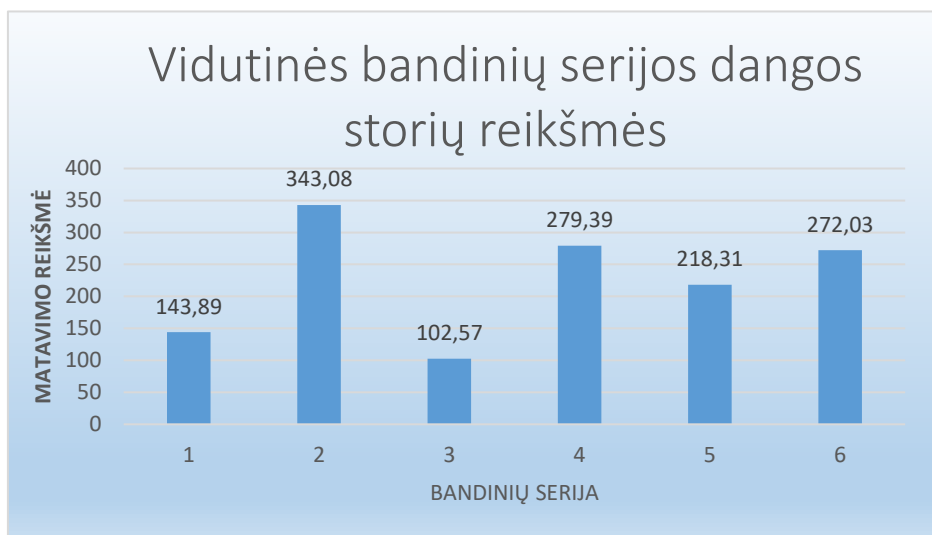
**5.6.7 pav.** Bandinių II-2-1 – II-2-6 dangos storio matavimų vidurkiai



**5.6.8 pav.** Bandinių III-1-1 – III-1-6 dangos storio matavimų vidurkiai



**5.6.9 pav.** Bandinių III-2-1 – III-2-6 dangos storio matavimų vidurkiai



**5.6.10 pav.** Vidutinės bandinių serijos dangos storių reikšmės

Pagal bandinių storio vidutines reikšmes, galime aiškiai matyti, kad mažiausias vidutinis dangos storis buvo II-1-1 – II-1-6 grupės bandinių (vidutiniškai 102,57  $\mu\text{m}$ ), tai yra bandiniai, kurie dažyti 80 $\mu\text{m}$  storiu ir džiovinti prie  $\pm 2$  20  $^{\circ}\text{C}$  patalpos temperatūroje. Toliau sekė I-1-1 – I-1-6 grupė, III-1-1 – III-1-6 grupė, III-2-1 – III-2-6 grupė, II-2-1 – II-2-6 grupė ir galiausiai storiusias vidutinis dangos storis po dengimo ir džiovinimo etapo buvo I-2-1 – I-2-6 grupės bandinių (vidutiniškai 343,08  $\mu\text{m}$ ).

### 5.7 Bandinių adhezijos matavimo rezultatai

Adhezijos bandymui atsitiktine tvarka buvo pasirinkta po tris skirtingus bandinius (plokšteles) iš šešių ir bandymai atlikinėjami būtent su jomis. Bandiniu atplyšus nuo paviršiaus matuoklio užfiksuoti duomenys nurašomi į pildymo lentelę ir tas pats procesas jau kartojamas su sekančiais bandiniais.

Šio bandinio rezultatai yra skirstomi į tris grupes:





- Adhezija - nuo paviršiaus atšoko danga arba kitos dangos.
- Kohezija - bandinys atplyšo dangoje.
- Klįjai - bandinys atplyšo nuo paviršiaus, bet danga liko nepažeista.






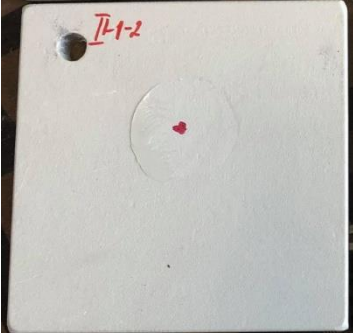

**5.7.1 pav.** Atplėšimo matuoklis ir bandiniai




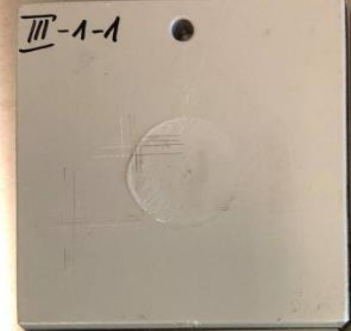
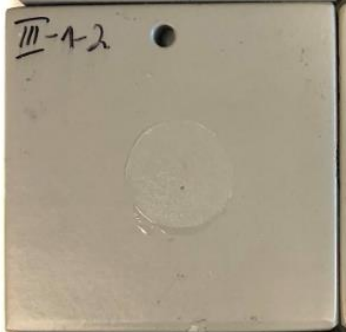
5.7.1 lentelė Sukibimo stiprio atplėšimo nustatymo duomenų lentelė





Charakteristika	I-1-1	I-1-2	I-1-3	I-2-1	I-2-2	I-2-3	II-1-1	II-1-2	II-1-3	II-2-1	II-2-2	II-2-3	III-1-1	III-1-2	III-1-3	III-2-1	III-2-2	III-2-3
Ėminio ėmimo laikas	12:10	12:10	12:10	12:10	12:10	12:10	12:10	12:10	12:10	12:10	12:10	12:10	9:30	9:30	9:30	9:30	9:30	9:30
Ėminio ėmimo vieta	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.	KTU statyb. Fak.
Kietėjimo trukmė (paros)	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Disko plotas, mm <sup>2</sup>	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5	1963,5
Sukibimo stipris, N/mm <sup>2</sup>	2,57	1,64	0,97	3,10	1,98	4,59	3,57	1,77	3,94	2,16	3,76	3,41	7,33	11,02	9,42	9,85	4,74	11,25

Bandinio Nr.	Fotofiksacija po atplėšimo bandymo	Pastabos
I-1-1		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris - 2,57 N/mm<sup>2</sup>.</p>
I-1-2		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 1,64 N/mm<sup>2</sup>.</p>
I-1-3		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 0,97 N/mm<sup>2</sup>.</p>
I-2-1		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 3,10 N/mm<sup>2</sup>.</p>



I-2-2		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klizai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 1,98 N/mm<sup>2</sup>.</p>
I-2-3		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klizai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 4,59 N/mm<sup>2</sup>.</p>
II-1-1		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klizai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 3,57 N/mm<sup>2</sup>.</p>
II-1-2		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klizai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 1,77 N/mm<sup>2</sup>.</p>
II-1-3		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klizai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 3,94 N/mm<sup>2</sup>.</p>

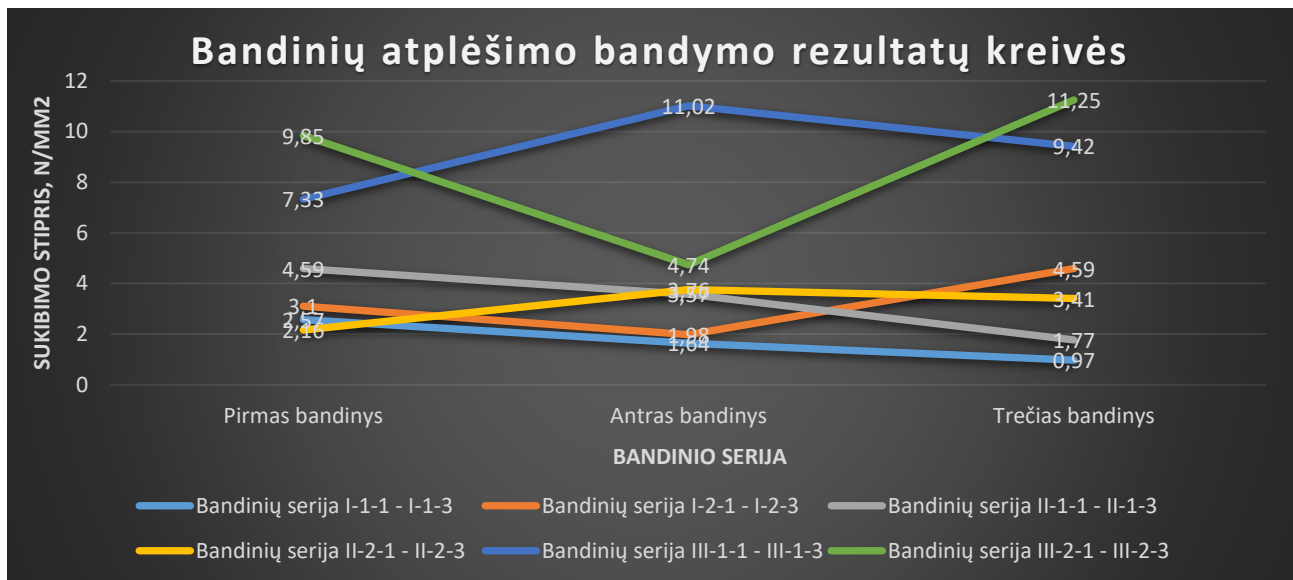
II-2-1		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas (grunto likučiai matomi ir ant antdėklo).</p> <p>Sukibimo stipris – 2,16 N/mm<sup>2</sup>.</p>
II-2-2		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 3,76 N/mm<sup>2</sup>.</p>
II-2-3		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 3,41 N/mm<sup>2</sup>.</p>
III-1-1		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris - 7,33 N/mm<sup>2</sup>.</p>
III-1-2		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 11,02 N/mm<sup>2</sup>.</p>

III-1-3		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 9,42 N/mm<sup>2</sup>.</p>
III-2-1		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 9,85 N/mm<sup>2</sup>.</p>
III-2-2		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 4,74 N/mm<sup>2</sup>.</p>
III-2-3		<p>Bandymo rezultatai:</p> <p>Pagal atliktą atplėšimo bandymą galime matyti, kad atplėšimo tipas – klijai/gruntas.</p> <p>Sukibimo stipris – 11,25 N/mm<sup>2</sup>.</p>

**5.7.2 lentelė** Sukibimo stiprio atplėšimo nustatymo duomenų lentelė

Siekiant vienodų bandymo sąlygų ir kuo tikslesnių bei sąžiningų rezultatų, buvo pasirinkta visus dangos atplėšimo bandymui atrinktus bandinius kietinti lygiai 99 paras.

Pirmosios bandinių serijos (I-1-1 – I-1-3; I-2-1 – I-2-3; II-1-1 – II-1-3 ir II-2-1 – II-2-3) atplėšimo bandymas buvo vykdomas 2020-03-13d. Trečiosios bandinių serijos (III-1-1 – III-1-3 ir III-2-1 – III-2-3) atplėšimo bandymas vyko 2020-05-15 d.



**5.7.2 pav.** Bandinių atplėšimo bandymo rezultatų kreivės

Iš gautų rezultatų galime aiškiai matyti, kad didžiausias antdėklo sukibimas su bandiniu, buvo paskutiniųjų dviejų serijų (II-1-1 – III-1-3 ir III-2-1 – III-2-3). Tuo tarpu mažiausias sukibimas – pirmosios serijos (I-1-1 – I-1-3).

## 5.8 Rūko kameros bandymo rezultatai

Rūko kameros bandymas buvo vienas iš svarbiausių ir daugiausiai rezultatų parodžiūšų bandymų.

Šiuo bandymu buvo stebimi ir vertinami šie dangos pokyčiai:

- Rūdžių atsiradimas;
- Pūslių atsiradimas;
- Paviršiaus įtrūkimų (pleišėjimo) atsiradimas;
- Spalvos pokytis.

Rūko kameros bandymas vykdintas keturiais etapais, kai rezultatai buvo fiksuojami po 144 valandų, 235 valandų, 360 valandų ir 500 valandų.

Po 144 val. buvo stebimi pirmieji bandymo rezultatai. Vizualinės apžiūros metu pastebėta, kad dalis bandinių išliko puikios būklės, o kitai ant kitos dalies bandinių paviršių pradeda formotis rūdžių židiniai prastai apdirbtose vietose – nepakankamai suapvalintuose arba nesuapvalintuose kampuose, kitose aštriose vietose.

Toliau buvo stebimi bandymo rezultatai po 235 val. Tendencija išlieka tokia pat. Dalis bandinių vis dar geros būklės, o kita dalis bandinių rūdija aštriuose plieno kampuose ar prastai apdirbtose vietose vis stipriau. Taip pat pradeda ryškėti mažos puslytės.

Po 360 val. bandymo druskos rūko kameroje dalis bandinių išlieka geros būklės, o kita dalis vis didina atsiradusius defektus.

Po 500 val. bandymo plieno bandiniai ištraukiami iš druskos rūko kameros. Vizualinės apžiūros metu pastebėta, kad defektai jau atsirado ir ant prieš tai sveikai atrodančių plokštelių. Gerai neapdirbti bandinių kampai ir šonai pradėjo skleisti rūdis. Kitai daliai bandinių tiek rūdžių, tiek puslių dydis ir kiekis dar labiau padidėjo.




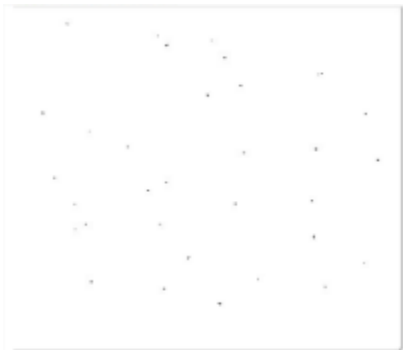
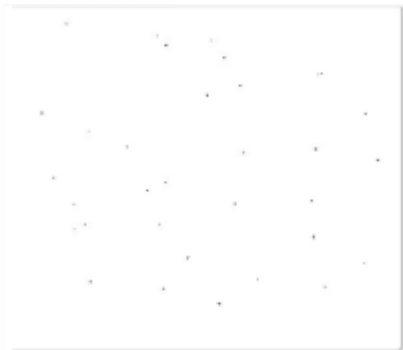
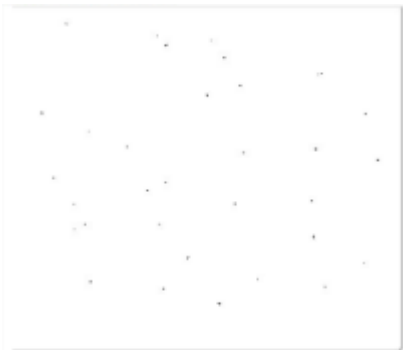
Druskos rūko kameroje veikiančių bandinių spalvos kokybė ir sudėtis taip pat kito nuo originalios, druskos rūko kameroje neveikiančių bandinių spalvos.





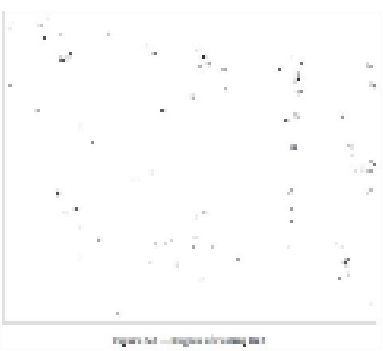
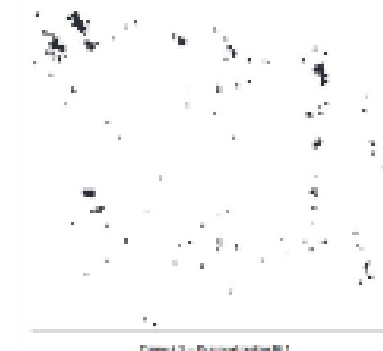
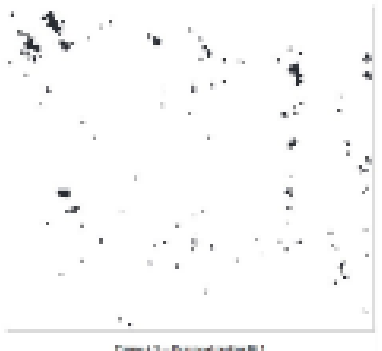
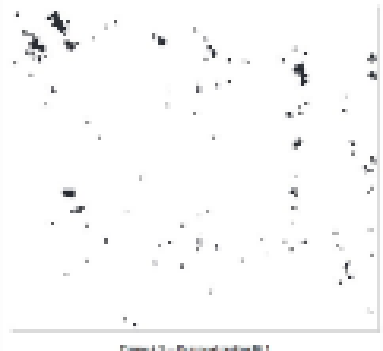


**5.8.1 pav.** Bandinys džiovintas kameroje po 144 val. veikimo. **5.8.2 pav.** Bandinys džiovintas kameroje po 500 val. veikimo.

Po kiekvienos tarpinės peržiūros bandiniai buvo fotografuojami. Taip pat buvo stebimas ir lyginamas jų korozijos, puslėtumo bei pleišėjimo lygio kitimas. Pakitimai buvo lyginami su standartais LST EN ISO 4628-2 2016 „Dažai ir lakai. Dangų blogėjimo vertinimas. Defektų skaičiaus bei dydžio ir išorinio vaizdo tolygiųjų pokyčių intensyvumo žymėjimas. 2 dalis. Pūslėjimo laipsnio įvertinimas“ [21], LST EN ISO 4628-3 2016 „Dažai ir lakai. Dangų blogėjimo vertinimas. Defektų skaičiaus bei dydžio ir išorinio vaizdo tolygiųjų pokyčių intensyvumo žymėjimas. 3 dalis. Aprūdijimo laipsnio įvertinimas“ [20] bei LST EN ISO 4628-4 2016 „Dažai ir lakai. Dangų blogėjimo vertinimas. Defektų skaičiaus bei dydžio ir išorinio vaizdo tolygiųjų pokyčių intensyvumo žymėjimas. 4 dalis. Supleišėjimo laipsnio įvertinimas“ [22]. Vertinimas vyko vizualiniu būdu. Duomenys pildomi duomenų fiksavimo lape.






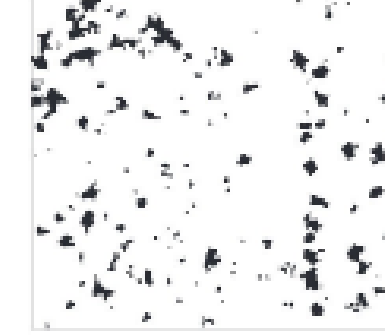
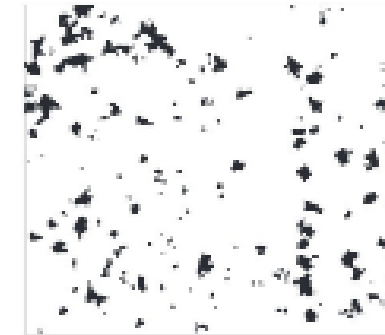

5.8.1 lentelė Surūdijimo laipsnio palyginimo lentelė





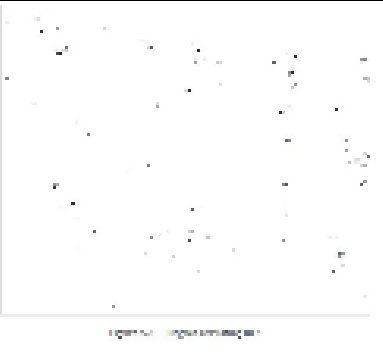

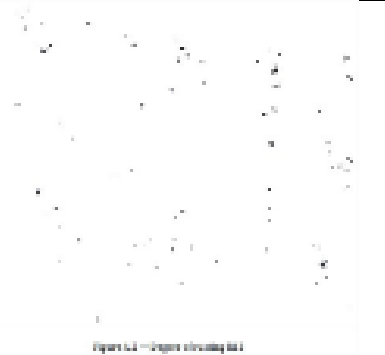
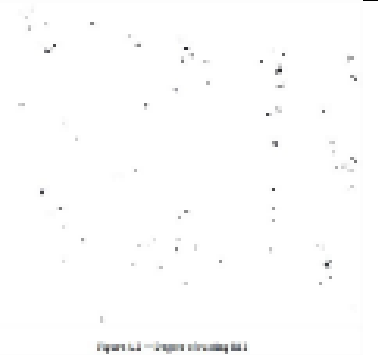
Bdinio kodas	I-1-5			
	Po 144 val.	Po 235 val.	Po 360 val.	Po 499 val.
Korozijos fotofiksacija	Rūdžių nenustatyta			
Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016	-	 <small>Figure A.1 — Degree of coating R<sub>i</sub> 1</small>	 <small>Figure A.1 — Degree of coating R<sub>i</sub> 1</small>	 <small>Figure A.1 — Degree of coating R<sub>i</sub> 1</small>
Surūdijimo laipsnis	Ri 0	Ri 1	Ri 1	Ri 1

I-1-6				
<b>Korozijos fotofiksacija</b>				
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b>	 <small>Figura 4.3 – Referencinis Ri 2</small>	 <small>Figura 4.3 – Referencinis Ri 3</small>	 <small>Figura 4.3 – Referencinis Ri 3</small>	 <small>Figura 4.3 – Referencinis Ri 3</small>
<b>Surūdijimo laipsnis</b>	Ri 2	Ri 3	Ri 3	Ri 3
I-2-5				





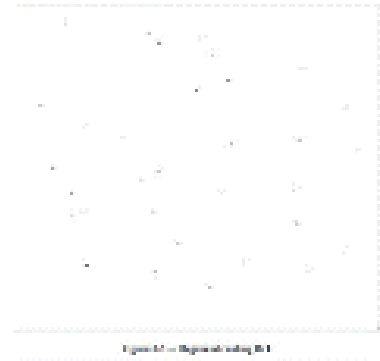


<b>Korozijos fotofiksacija</b>	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b>	-	-	-	-
<b>Surūdijimo laipsnis</b>	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
<b>I-2-6</b>				
<b>Korozijos fotofiksacija</b>	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b>	-	-	-	-
<b>Surūdijimo laipsnis</b>	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
<b>II-1-5</b>				





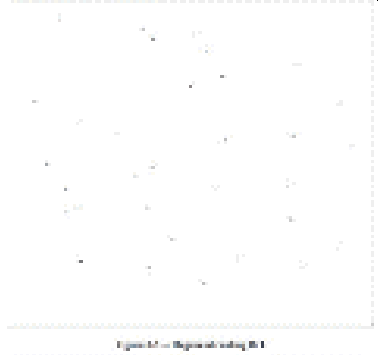

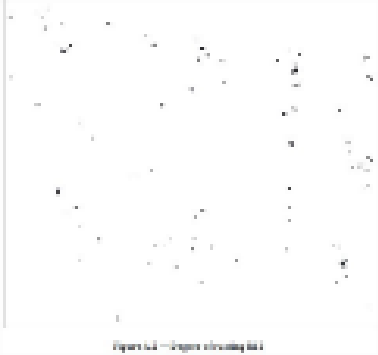
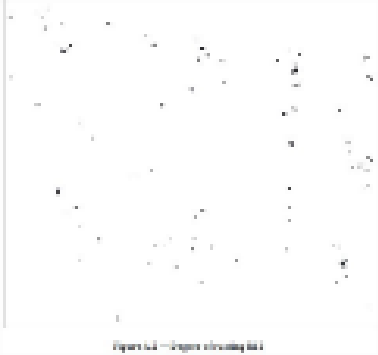


<p><b>Korozijos fotofiksacija</b></p>				
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b></p>	 <p><small>Figure 4.21 — Degree of corrosion Ri3</small></p>	 <p><small>Figure 4.22 — Degree of corrosion Ri4</small></p>	 <p><small>Figure 4.23 — Degree of corrosion Ri4</small></p>	 <p><small>Figure 4.24 — Degree of corrosion Ri4</small></p>
<p><b>Surūdinimo laipsnis</b></p>	<p>Ri 3</p>	<p>Ri 4</p>	<p>Ri 4</p>	<p>Ri 4</p>
<p><b>II-1-6</b></p>				

<p><b>Korozijos fotofiksacija</b></p>				
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b></p>				
<p><b>Surūdijimo laipsnis</b></p>	<p>Ri 2</p>	<p>Ri 2</p>	<p>Ri 2</p>	<p>Ri 2</p>
<p><b>II-2-5</b></p>				
<p><b>Korozijos fotofiksacija</b></p>	<p>Rūdžių nenustatyta</p>	<p>Rūdžių nenustatyta</p>	<p>Rūdžių nenustatyta</p>	<p>Rūdžių nenustatyta</p>





<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b>	-	-	-	-
<b>Surūdijimo laipsnis</b>	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
<b>II-2-6</b>				
<b>Korozijos fotofiksacija</b>	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b>	-	-	-	-
<b>Surūdijimo laipsnis</b>	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
<b>III-1-5</b>				





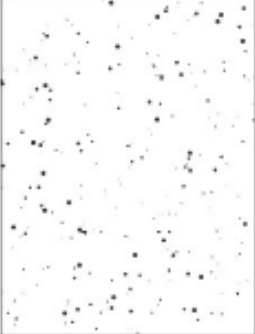

<p><b>Korozijos fotofiksacija</b></p>				
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b></p>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Fig. 12 – Diagramas pagal Ri 1</p>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Fig. 12 – Diagramas pagal Ri 1</p>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Fig. 12 – Diagramas pagal Ri 1</p>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Fig. 12 – Diagramas pagal Ri 1</p>
<p><b>Surūdijimo laipsnis</b></p>	<p style="text-align: center;">Ri 1</p>	<p style="text-align: center;">Ri 1</p>	<p style="text-align: center;">Ri 1</p>	<p style="text-align: center;">Ri 1</p>
<p><b>III-1-6</b></p>				

<p><b>Korozijos fotofiksacija</b></p>				
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b></p>				
<p><b>Surūdijimo laipsnis</b></p>	<p>Ri 1</p>	<p>Ri 2</p>	<p>Ri 2</p>	<p>Ri 2</p>
<p><b>III-2-5</b></p>				
<p><b>Korozijos fotofiksacija</b></p>	<p>Rūdžių nenustatyta</p>	<p>Rūdžių nenustatyta</p>	<p>Rūdžių nenustatyta</p>	<p>Rūdžių nenustatyta</p>

<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b>	-	-	-	-
<b>Surūdijimo laipsnis</b>	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0
<b>III-2-6</b>				
<b>Korozijos fotofiksacija</b>	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta	Rūdžių nenustatyta
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-3 2016</b>	-	-	-	-
<b>Surūdijimo laipsnis</b>	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0



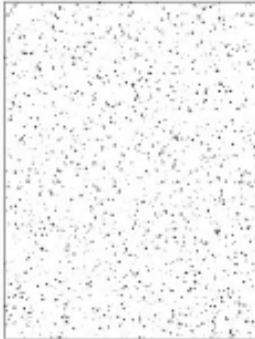
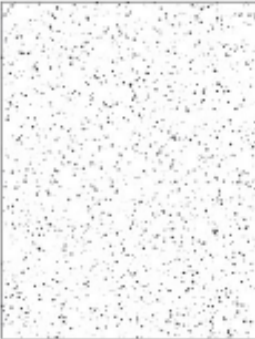


5.8.2 lentelē Pūslējimo laipsnio palyginimo lentelē



Bndinio kods	I-1-5			
	Po 144 val.	Po 235 val.	Po 360 val.	Po 499 val.
Pūslējimo fotofiksacija	Pūslīų ant paviršiaus nenustatyta	Pūslīų ant paviršiaus nenustatyta		
Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-2 2016	-	-	 a) Quantity (density) 2 – 2[S3]	 a) Quantity (density) 2 – 2[S3]
Pūslējimo laipsnis	-	-	2(S3)	2(S3)
I-1-6				






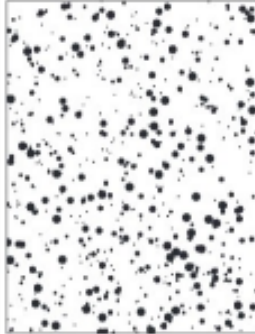
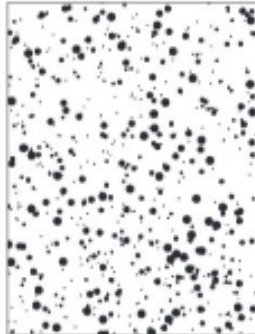
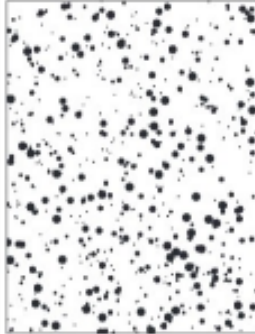
<p><b>Pūslējimo fotofiksācija</b></p>	<p>Pūslīu ant paviršāius nenustatyta</p>			
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartā LST EN ISO 4628-2 2016</b></p>	<p>-</p>	 <p>b) Quantity (density) 3 – 3(S2)</p>	 <p>b) Quantity (density) 3 – 3(S3)</p>	 <p>b) Quantity (density) 3 – 3(S3)</p>
<p><b>Pūslējimo laipsnis</b></p>	<p>-</p>	<p>3(S2)</p>	<p>3(S3)</p>	<p>3(S3)</p>
<p><b>I-2-5</b></p>				
<p><b>Pūslējimo fotofiksācija</b></p>	<p>Pūslīu ant paviršāius nenustatyta</p>	<p>Pūslīu ant paviršāius nenustatyta</p>	<p>Pūslīu ant paviršāius nenustatyta</p>	<p>Pūslīu ant paviršāius nenustatyta</p>
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal</b></p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>





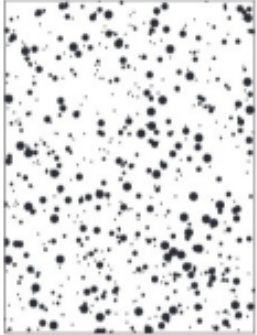
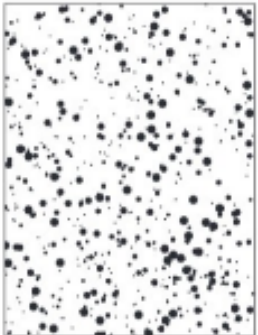
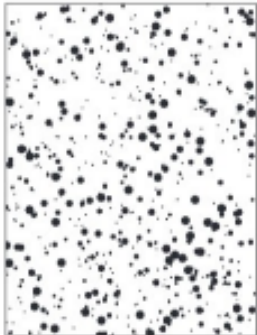
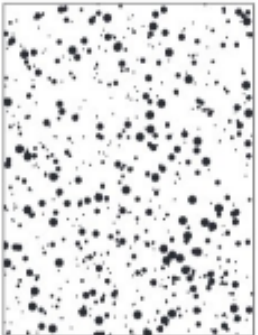






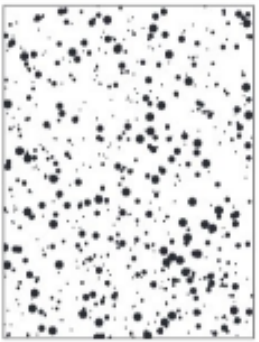
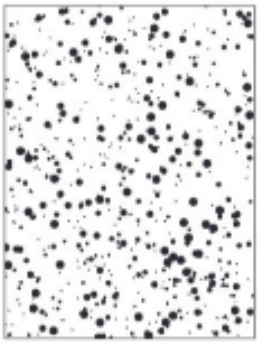
standartā LST EN ISO 4628-2 2016				
Pūslējimo laipsnis	-	-	-	-
<b>I-2-6</b>				
<b>Pūslējimo fotofiksācija</b>	Pūslīu ant paviršāius nenustatyta	Pūslīu ant paviršāius nenustatyta	Pūslīu ant paviršāius nenustatyta	Pūslīu ant paviršāius nenustatyta
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartā LST EN ISO 4628-2 2016</b>	-	-	-	-
Pūslējimo laipsnis	-	-	-	-
<b>II-1-5</b>				
<b>Pūslējimo fotofiksācija</b>				




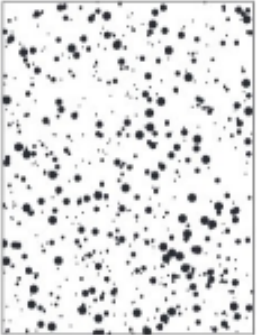
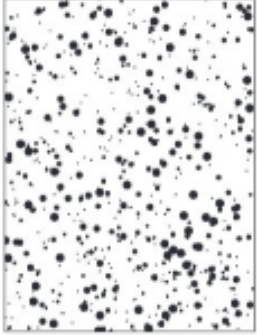
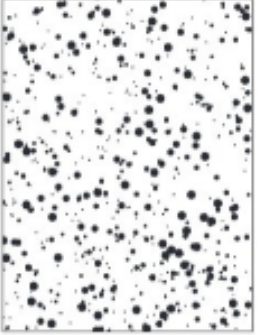
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-2 2016</b></p>	 <p>b) Quantity (density) 1 - 1(S1)</p>	 <p>b) Quantity (density) 2 - 2(S2)</p>	 <p>c) Quantity (density) 4 - 4(S2)</p>	 <p>c) Quantity (density) 4 - 4(S2)</p>
<p><b>Pūslėjimo laipsnis</b></p>	<p>3(S2)</p>	<p>3(S2)</p>	<p>4(S2)</p>	<p>4(S2)</p>
<p><b>II-1-6</b></p>				
<p><b>Pūslėjimo fotofiksacija</b></p>	<p>Pūšlių ant paviršiaus nenustatyta</p>	<p>Pūšlių ant paviršiaus nenustatyta</p>		

<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-2 2016</b>	-	-		
<b>Pūslėjimo laipsnis</b>	-	-	2(S2)	2(S2)
<b>II-2-5</b>				
<b>Pūslėjimo fotofiksacija</b>	Pūslių ant paviršiaus nenustatyta	Pūslių ant paviršiaus nenustatyta	Pūslių ant paviršiaus nenustatyta	Pūslių ant paviršiaus nenustatyta
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-2 2016</b>	-	-	-	-
<b>Pūslėjimo laipsnis</b>	-	-	-	-
<b>II-2-6</b>				
<b>Pūslėjimo fotofiksacija</b>	Pūslių ant paviršiaus nenustatyta	Pūslių ant paviršiaus nenustatyta	Pūslių ant paviršiaus nenustatyta	Pūslių ant paviršiaus nenustatyta




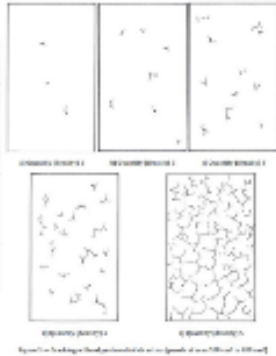
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-2 2016</b></p>	-	-	-	-
<p><b>Pūslėjimo laipsnis</b></p>	-	-	-	-
<p><b>III-1-5</b></p>				
<p><b>Pūslėjimo fotofiksacija</b></p>				
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-2 2016</b></p>	 <p>b) Quantity (density) 3 – 3(S4)</p>	 <p>c) Quantity (density) 4 – 4(S4)</p>	 <p>c) Quantity (density) 4 – 4(S4)</p>	 <p>c) Quantity (density) 4 – 4(S4)</p>

Pūslējimo laipsnis	3(S4)	4(S4)	4(S4)	4(S4)
<b>III-1-6</b>				
Pūslējimo fotofiksācija				
Palyginimas su šablonu pagal standartā LST EN ISO 4628-2 2016	 c) Quantity (density) 4 - 4(S4)	 c) Quantity (density) 4 - 4(S4)	 c) Quantity (density) 4 - 4(S4)	 c) Quantity (density) 4 - 4(S4)
Pūslējimo laipsnis	4(S4)	4(S4)	4(S4)	4(S4)


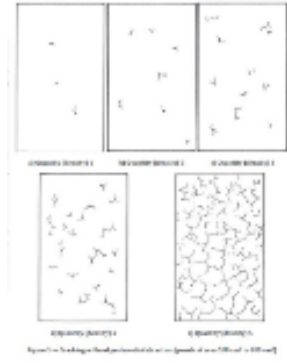
III-2-5				
<b>Pūslējimo fotofiksācija</b>	Pūslu ant paviršāus nenustatyta			
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartā LST EN ISO 4628-2 2016</b>	-	 b) Quantity (density) 3 – 2(S4)	 c) Quantity (density) 4 – 4(S4)	 c) Quantity (density) 4 – 4(S4)
<b>Pūslējimo laipsnis</b>	-	3(S4)	4(S4)	4(S4)
III-2-6				

<p><b>Pūslējimo fotofiksācija</b></p>	<p>Pūslīu ant paviršāiaus nenustatyta</p>			
<p><b>Palyginimas su šablonu pagal standartā LST EN ISO 4628-2 2016</b></p>	<p>-</p>	 <p>c) Quantity (density) 4 - 4(S4)</p>	 <p>c) Quantity (density) 4 - 4(S4)</p>	 <p>c) Quantity (density) 4 - 4(S4)</p>
<p><b>Pūslējimo laipsnis</b></p>	<p>-</p>	<p>4(S4)</p>	<p>4(S4)</p>	<p>4(S4)</p>

5.8.3 lentelė Pleišėjimo laipsnio palyginimo lentelė

Bdinio kodas	I-1-5			
	Po 144 val.	Po 235 val.	Po 360 val.	Po 499 val.
<b>Pleišėjimo fotofiksacija</b>	Supleišėjimų ant paviršiaus nenustatyta	Supleišėjimų ant paviršiaus nenustatyta		
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-4 2016</b>	-	-		
<b>Pleišėjimo laipsnis</b>	-	-	Tankumas – 2 klasė;	Tankumas – 3 klasė;



			Dydis – 1 klasė	Dydis – 1 klasė
<b>II-1-6</b>				
<b>Pleišėjimo fotofiksacija</b>	Supleišėjimų ant paviršiaus nenustatyta	Supleišėjimų ant paviršiaus nenustatyta	Supleišėjimų ant paviršiaus nenustatyta	
<b>Palyginimas su šablonu pagal standartą LST EN ISO 4628-4 2016</b>	-	-	-	
<b>Pleišėjimo laipsnis</b>	-	-	-	Tankumas – 1 klasė; Dydis – 1 klasė

Lyginant bandinius su standartais buvo gauti skirtingi surūdijimo laipsniai. Surūdijimo laipsnis ir jo suliginimas su surūdijusiu plotu ant bandinio, pateiktas 5.8.4 lentelėje.

**5.8.4 lentelė** Surūdijimo laipsnio ir ploto lentelė

Surūdijimo laipsnis	Rūdžių užimamas plotas, %
Ri 0	0
Ri 1	0,05
Ri 2	0,5
Ri 3	1
Ri 4	8
Ri 5	Nuo 40 iki 50

Baigus rūko kameros bandymą po 500 valandų ir atlikus analizę, aiškiai matome, kad geriausiai išsilaikę bandiniai džiovinti džiovinimo kameroje prie +90 °C temperatūros ir buvo dažyti 240 µm storiu Ri 0 klasė (I-2-5 ir I-2-6) bei džiovinti vidaus patalpų temperatūroje ir dažyti 240 µm storiu Ri 0 klasė (II-2-5 ir II-2-6).

Blogiausiai išsilaikę bandiniai džiovinti vidaus patalpų temperatūroje ir dažyti 80 µm storiu (Ri 4 klasė, II-1-5) bei džiovinimo kameroje +90 °C temperatūroje (Ri 3 klasė, I-1-6).

Atlikus surūdijimo laipsnio vertinimą, sekantis vertinimas buvo – pūslės, jos pateiktos lentelėje 5.8.2. Pūslėjimo laipsnio nustatymas susideda iš dviejų dalių. Pirma dalis yra pūslių dydis, kuris yra išskirstytas į 4 lygius – S2, S3, S4 ir S5 (nuo mažiausio iki didžiausio). Kita dalis yra pūslių intensyvumas (tankumas), kai yra skirstoma taip pat į 4 lygius – 2, 3, 4 ir 5 (nuo mažiausio intensyvumo iki didžiausio).

Po 500 valandų pūslėjimo bandymo geriausiai nuo pūslių išsilaikę bandiniai džiovinti džiovinimo kameroje prie +90 °C temperatūros ir buvo dažyti 240 µm storiu (I-2-5 ir I-2-6) bei džiovinti vidaus patalpų temperatūroje ir dažyti 240 µm storiu (II-2-5 ir II-2-6). Labiausiai paveikti pūslių – buvo visi bandiniai džiovinti lauke tiek 80 µm, tiek 240 µm 4(S4) klasė (III-1-5 ir III-1-6 bei III-2-5 ir III-2-6).

Pabaigus vertinti pūslėjimo laipsnį, buvo įvertintas bandinių supleišėjimo lygis. Supleišėjimo lygio vertinimas susideda iš dviejų etapų. Pirma yra vertinamas įtrūkimų kiekis, kuris klasifikuojamas pagal

5.8.5 lentelę. Vėliau tikrinamas įtrūkimų dydis, kuris vertinams vizualiai. Įtrūkimų dydžiai klasifikuojami pagal lentelę 5.8.6.

**5.8.5 lentelė** Įtrūkimų klasės pagal įtrūkimų kiekį

Klasė	Įtrūkimų kiekis
0	nė vieno, t. y. nėra pastebimų įtrūkimų
1	labai nedaug, t. y. mažas, vos įžiūrimas įtrūkimų skaičius
2	Nedaug t.y. nedidelis, įtrūkimų skaičius
3	vidutinis įtrūkimų skaičius
4	nemažas įtrūkimų skaičius
5	tankus įtrūkimų kiekis

**5.8.6 lentelė** Įtrūkimų klasės pagal įtrūkimų dydį

Klasė	Įtrūkimų dydis
0	nematomi didinant 10 kartų
1	matomi tik padidinus iki 10 kartų
2	matomas žiūrint plika akimi (iki 0,2 mm pločio)
3	matomas žiūrint plika akimi (didesnis nei 0,2 mm iki 0,5 mm pločio)
4	dideli įtrūkimai, didesni nei 0,5 mm iki 1 mm pločio
5	labai dideli plyšiai, didesni nei 1 mm pločio


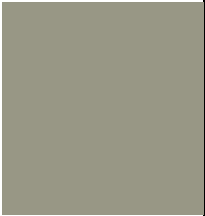
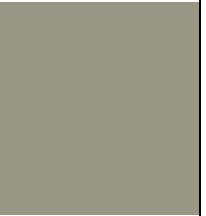
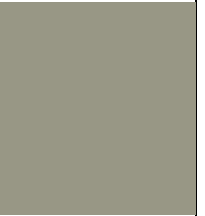
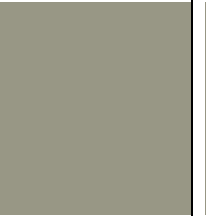
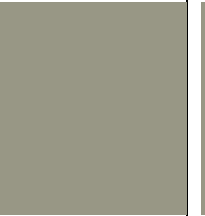
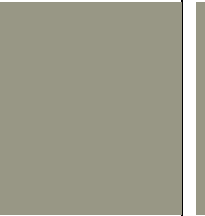
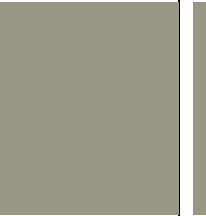

Atlikus analizę, matome, kad supleišėjimas labiausiai paveikė bandinius džiovintus džiovavimo kameroje +90 °C temperatūroje ir dažytus 80 µm storiu (I-1-5 bandinys) ir vidaus patalpose, dažytus 80 µm storiu (II-1-6 bandinys).

## 5.9 Bandinių atspalvio palyginimo rezultatai










Atlikus bandymus rūko kameroje ir nustčius bandinių rūdijimo, pūslėtum ir pleišėjimo laipsnius, beliko panagrinėti atspalvio pokytį.



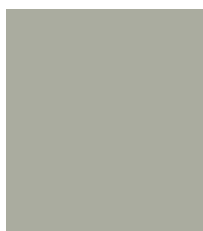
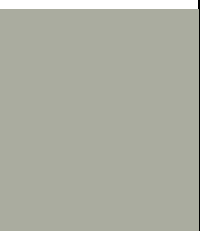




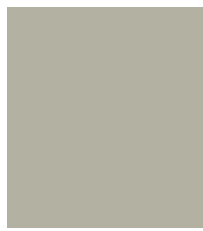


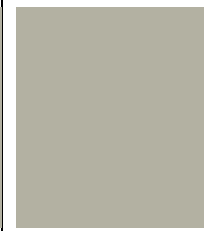
Žemiau pateiktose lentelėse, nurodomas kiekvienos serijos bandinių spalvos pokytis po 144 val., 235 val., 360 val. Ir 500 val.:

5.9.1 lentelė I serijos bandinių atspalvio palyginimas








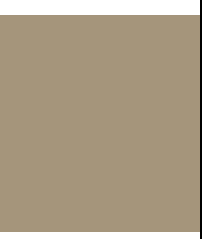


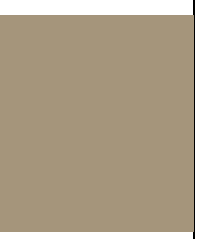



Kontrolinė spalva	I-1 serija	I-2 serija	I-1 serija	I-2 serija	I-1 serija	I-2 serija	I-1 serija	I-2 serija
	Spalvos pokytis po 144 val.		Spalvos pokytis po 235 val.		Spalvos pokytis po 360 val.		Spalvos pokytis po 499 val.	
								
S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y

5.9.2 lentelė II serijos bandinių atspalvio palyginimas

Kontrolinė spalva	II-1 serija	II-2 serija	II-1 serija	II-2 serija	II-1 serija	II-2 serija	II-1 serija	II-2 serija
	Spalvos pokytis po 144 val.		Spalvos pokytis po 235 val.		Spalvos pokytis po 360 val.		Spalvos pokytis po 499 val.	
								
S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y	S 4005-G80Y





 S 2502-Y				 S 2502-Y				
 S 3005-G50Y	 S 3005-G50Y	 S 3005-G50Y						
 S 3005-G80Y			 S 3005-G80Y	 S 3005-G80Y	 S 3005-G80Y	 S 3005-G80Y	 S 3005-G80Y	 S 3005-G80Y




5.9.3 lentelė III serijos bandinių atspalvio palyginimas

Kontrolinė spalva	III-1 serija	III-2 serija	III-1 serija	III-2 serija	III-1 serija	III-2 serija	III-1 serija	III-2 serija
	Spalvos pokytis po 144 val.		Spalvos pokytis po 235 val.		Spalvos pokytis po 360 val.		Spalvos pokytis po 499 val.	
 S 3010 G90Y	 S 3010 G90Y	 S 3010 G90Y					 S 3010 G90Y	
 S 4010 Y10R	 S 4010 Y10R		 S 4010 Y10R	 S 4010 Y10R	 S 4010 Y10R	 S 4010 Y10R	 S 4010 Y10R	 S 4010 Y10R
 S 4010 G90Y	 S 4010 G90Y							

Iš gautų rezultatų matome, kad geriausiai savo spalvą išlaikė pirmos serijos bandiniai, kurie buvo džiovinti +90 °C temperatūroje, specialioje džiovinimo kameroje. Taip pat buvo išnagrinėtos ir nustatytos kiekvienos spalvos sudedamosios dalys pagal CMYK Colour rodiklį.

**5.9.4 lentelė** Bandinių spalvos variavimas pagal NCS spalvų paletę

Spalvos kodas pagal Natural Colour spalvų paletę	Spalvos atvaizdas	Spalvos sudedamosios dalys pagal CMYK Colour rodiklį
S 4005-G80Y		Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% žydros, 1% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 37% juodos spalvos.
S 2502-Y		Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% žydros, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 21% juodos spalvos.
S 3005-G50Y		Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 2% žydros, 0% rausvai raudonos, 9% geltonos ir 26% juodos spalvos.
S 3005-G80Y		Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% žydros, 1% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 26% juodos spalvos.

S 3010 G90Y		Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% žydros, 5% rausvai raudonos, 20% geltonos ir 31% juodos spalvos.
S 4010 Y10R		Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% žydros, 8% rausvai raudonos, 24% geltonos ir 35% juodos spalvos.
S 4010 G90Y		Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% žydros, 4% rausvai raudonos, 21% geltonos ir 40% juodos spalvos.

Atliktas spalvos sudėties tyrimas parodė, jog dažniausiai pasikartojanti spalva, pagal CMYK Colour rodiklį buvo juoda spalva, kuri vidutiniškai sudarė 30,86 % dalį visų bandinių nustatytos spalvos. Toliau sekė geltona spalva, kuri sudarė 13%, rausvai raudona – 2,71 %, o mažiausią dalį spalvos sudarė žydra spalva- tik 0,29 % dalį.



## Išvados

1. Iš lakštinio plieno su paviršiuje plintančiomis rūdimis, tai yra atitinkančio B klasę pagal surūdijimo laipsnį, išpjautų 36 vnt. 150×150×100 mm matmenų bandinių paviršius po smėliavimo atitiko B Sa3 klasę, tai yra paviršius buvo nuvalytas nuo visų įmanomų nešvarumų ir buvo matomas vienodo blizgumo paviršius. Bandinių paviršiaus dulketumo lygis atitiko I kategoriją, tai yra dalelės matomos jas padidinus 10 kartų, o tai užtikrino efektyvų bandinių padengimą gruntu. Bandinių paviršiaus šiurkštumo  $Ra$  vertės, tai yra vidutinė šiurkštumo profilio absoliutinių atstumų iki jo vidurinės linijos reikšmė, varijavo ribose nuo 5,464 iki 8,984  $\mu\text{m}$ .
2. Dažymui paruošti 36 vnt. 150×150×100 mm matmenų bandinių pulverizatoriaus pagalba dviem sluoksniais buvo padengti epoksidinių gruntų danga, iš kurių:
  - 12 bandinių (šešių bandinių dangos storis turėjo atitikti 80  $\mu\text{m}$  (I-1 serija), o likusių šešių 240  $\mu\text{m}$  (I-2 serija)) buvo patalpinti džiovavimo kameroje, kur danga džiūvo esant 90 °C temperatūroje;
  - 12 bandinių (šešių bandinių dangos storis turėjo atitikti 80  $\mu\text{m}$  (II-1 serija), o likusių šešių 240  $\mu\text{m}$  (II-2 serija)) buvo palikti gamyklos patalpose, kur danga džiūvo esant 20±2 °C temperatūroje;
  - 12 bandinių (šešių bandinių dangos storis turėjo atitikti 80  $\mu\text{m}$  (III-1 serija), o likusių šešių 240  $\mu\text{m}$  (III-2 serija)) buvo palikti lauke, kur danga džiūvo esant apie -10 °C temperatūroje.

Atlikus dangos storio matavimus, nustatyta, kad I-1 serijos bandinių vidutinis dangos storis siekė 143,89  $\mu\text{m}$  vietoje planuotų 80  $\mu\text{m}$ , o I-2 serijos – 343,08  $\mu\text{m}$  vietoje planuotų 240  $\mu\text{m}$ ; II-1 serijos bandinių – 102,57  $\mu\text{m}$  vietoje planuotų 80  $\mu\text{m}$ , o II-2 serijos – 279,39  $\mu\text{m}$  vietoje planuotų 240  $\mu\text{m}$ ; III-1 serijos bandinių – 218,31  $\mu\text{m}$  vietoje planuotų 80  $\mu\text{m}$ , o III-2 serijos – 272,03  $\mu\text{m}$  vietoje planuotų 240  $\mu\text{m}$ . Kadangi patys bandiniai buvo sąlyginai nedidelių matmenų gruntuojant jų paviršių pulverizatoriaus pagalba buvo sudėtinga užnešti norimą dangos storį. Dangų adhezijos bandymu nustatyta, kad didžiausia sukibimo jėga pasižymi dangos, džiovintos lauke, o mažiausiu sukibimu – džiovintos kameroje.

3. Dangų ilgaamžiškumo nustatymas, taikant rūko kameros bandymą parodė, kad jau po 144 valandų I-1, II-1, II-2, III-1 bei III-2 serijos bandiniuose buvo aiškiai matomas aprūdijimo laipsnis, kuris kito ribose nuo  $R_{i1}$  iki  $R_{i3}$ . Rūdys nepasirodė I-1 serijos bandiniuose, pasižymintiuose dažiausiu dangos storium, o labiausiai išryškėjo II serijos bandiniuose. Sulig kiekvienu tarpiniu rezultatų fiksavimu defektai palaipsniui didėjo, o po 500 val. buvo aišku, kad rūdys labiausiai paveikė bandinius, kurių dangos buvo džiovintos gamyklos vidaus patalpose. Vertinant dangų pūslėjimo laipsnį daugiausia jų buvo nustatyta bandiniuose dangas džiovinant lauke, prie -10 °C temperatūros. Supleišėjimo laipsnis (1(S3)) nustatytas tik I-1 ir II-1 serijos bandiniuose. Dangos savybes geriausiai išlaikė I-2 serijos bandiniai (džiovinti +90 °C temperatūroje). Tai parodo, kad aukštesnė džiovavimo temperatūra ir storesnis dangos storis turi įtakos dangų ilgaamžiškumui.

4. Spalvos pokyčių analizė parodė, kad mažiausias spalvų variavimas po rūko kameros bandymo buvo užfiksuotas I-1 ir I-2 serijos bandinių dangoms, o didžiausias II-1 ir II-2 serijos bandinių dangoms. Tikėtina, kad konkrečios spalvos varijuoja, nuo bandinių dangų džiovinimo temperatūros.
5. Pagal epoksidinių gruntų gamintojų rekomendacijas, plieno konstrukcijas padengus storesniu epoksidinio grunto dangos storium, minėtų paviršių nėra būtina papildomai dažyti dažais, jeigu to nereikalauja užsakovas. Epoksidinio grunto dangos storis užtikrina ilgesnį dangų ilgaamžiškumą, o pačias konstrukcijas galima eksploatuoti aukštesnėje korozijos kategorijoje (pagal LST EN ISO 12944-5:2018).

## Literatūros sąrašas

1. „Metalų korozija“, Vilhelmas Skominas, (publikuota 2008-12-22, redaguota 2019-04-11), prieiga: <https://www.vle.lt/Straipsnis/metalu-korozija-14413>
2. „Metalų korozija: priežastys ir apsaugos būdai“ (publikuota 2014-05-02), prieiga: <https://sa.lt/metalu-korozija-priežastys-ir-apsaugos-budai/>
3. “Reinforcing the corrosion protection property of epoxy coating by using graphene oxide–poly (urea–formaldehyde) composites” Hongpeng Zheng, Yawei Shao, Yanqiu Wang, Guozhe Meng, Bin Liu, (2017), (žiūrėta 2020-03-22)
4. „Surface preparation for coating, painting, and lining“, šaltinis – <https://www.sciencedirect.com/>
5. „Metalų korozijos lygis, metalų paviršiaus švarumo klasės“, prieiga: <https://www.de2.lt/naudinga-informacija/lentel%C4%97s/1801-metalo-korozijos-lygis,-metal%C5%B3-pavir%C5%A1iaus-%C5%A1varumo-klas%C4%97s>
6. „Steel surface preparation prior to painting and its impact on protective performance of organic coating“ Sina S. Jamali, Douglas J. Mills, (2014), (žiūrėta 2020-04-03)
7. „Paint coatings“, prieiga: [https://www.steelconstruction.info/Paint\\_coatings#Epoxy\\_primers](https://www.steelconstruction.info/Paint_coatings#Epoxy_primers)
8. “Inhibitor loaded calcium carbonate microparticles for corrosion protection of epoxy-coated carbon steel” Roma Raj, Y. Morozov, L.M. Calado, M.G. Taryba, R. Kahraman, A. Shakoora, M.F. Montemor, (2019), (žiūrėta 2020-04-03)
9. “Metalinių surenkamųjų konstrukcijų montavimo darbai” STATYBOS TAISYKLĖS ST 121895674.205.01.03:2012, Lietuvos statybininkų asociacija, (2012), (žiūrėta 2020-04-04)
10. “Epoksidinių gruntų tipai, jų savybės”, prieiga: <https://lt.toolboxprodhouse.com/37819->
11. „Jotun paint school“ Seminaro medžiaga. Kaunas, 2017.
12. „Jotafix Epoxy Primer Application guide“ Jotun epoksidinio grunto dangos dengimo instrukcija, 2017. Prieiga: [https://www.jotun.com/Datasheets/Download?url=%2FAG%2FAG\\_35982\\_Jotafix+Epoxy+Primer\\_Euk\\_GB.pdf](https://www.jotun.com/Datasheets/Download?url=%2FAG%2FAG_35982_Jotafix+Epoxy+Primer_Euk_GB.pdf)
13. Jotun seminaro medžiaga „Standartai, specifikacijos, procedūros“
14. „Tuff coat polymers – Epoxy coatings“ Prieiga: <https://tuffcoats.com/primer-for-steel.html>
15. „Dažymas beorio dažymo aparatu“, Asa.lt 2015 metai. Prieiga: <https://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/513/1/5/1/article/17531/dazymas-beorio-dazymo-aparatu>

16. „How Long Does Epoxy Take to Dry When Painted On?“, 2019 October 31. Prieiga: <https://epoxynetwork.com/how-long-does-epoxy-take-to-dry-when-painted-on/>
17. „Curing Times for Epoxy and Resinous Floor Coatings“, 2014 December 10. Prieiga: <https://www.florock.net/2014/12/curing-times-epoxy-resinous-floor-coatings/>
18. LST EN ISO 4624. Dažai ir lakai. Atplėšimo bandymas adhezijai nustatyti (ISO 4624:20016) = Paints and varnishes – Pull-off test for adhesion (ISO 4624:20016): Lietuvos standartas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2016.
19. LST EN ISO 9227. Korozijos bandymai dirbtinėse atmosferose. Bandymai druskos rūke (ISO 9227:2017) = Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests (ISO 9227:2017): Lietuvos standartas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2017.
20. LST EN ISO 4628-3 2016 „Dažai ir lakai. Dangų blogėjimo vertinimas. Defektų skaičiaus bei dydžio ir išorinio vaizdo tolygiųjų pokyčių intensyvumo žymėjimas. 3 dalis. Aprūdijimo laipsnio įvertinimas“ (2016).
21. LST EN ISO 4628-2 2016 „Dažai ir lakai. Dangų blogėjimo vertinimas. Defektų skaičiaus bei dydžio ir išorinio vaizdo tolygiųjų pokyčių intensyvumo žymėjimas. 2 dalis. Pūslėjimo laipsnio įvertinimas“ (2016).
22. LST EN ISO 4628-4 2016 „Dažai ir lakai. Dangų blogėjimo vertinimas. Defektų skaičiaus bei dydžio ir išorinio vaizdo tolygiųjų pokyčių intensyvumo žymėjimas. 4 dalis. Supleišėjimo laipsnio įvertinimas“ (2016).
23. LST EN ISO 12944-5:2018 Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Part 5: Protective paint systems (ISO 12944-5:2018).
24. LST EN ISO 8501-1. Plieninio pagrindo paruošimas prieš padengiant dažais ir su jais susijusiais produktais. Regimasis paviršiaus švarumo įvertinimas. 1-oji dalis. Nepadengto plieninio pagrindo, nuo kurio visiškai pašalinta ankstesnioji danga, surūdijimo ir paruošimo laipsniai (ISO 8501-1:2007). Lietuvos standartas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2007.
25. LST EN ISO 8501-3. Plieninio pagrindo paruošimas prieš padengiant dažais ir su jais susijusiais produktais. Regimasis paviršiaus švarumo įvertinimas. Siūlių, briaunų ir kitų zonų su paviršiniais defektais paruošimo laipsniai (ISO 8501-3:2006). Lietuvos standartas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2007.

## Priedai

### 1 priedas. Sutrumpintų terminų ir aprašymų lentelė (pagal LST EN ISO 12944-5:2018 Paints and varnishes [23]).

Table A.1 Abbreviated terms and descriptions

	Abbreviated term	Description			
Type of primer	Zn (R)	Zinc-rich primer, see 7.1.2 for further details. The usual nominal dry film thickness varies from 40 µm up to 80 µm.			
	Misc.	All other categories of primers			
Binder base for primers and subsequent coats		<b>Main binder</b>	<b>Type</b>	<b>Water-borne possible</b>	<b>Additional remarks</b>
	AK	Alkyd	single pack	X	
	AY	Acrylic	single pack	X	Usually water-borne
	EP	Epoxy	two pack	X	Poor UV-resistance
	PUR	Polyurethane	single or two pack	X	Only aliphatic types for topcoats
	ESI	Ethyl silicate	single or two pack		It is recommended to use a tie coat compatible with the next subsequent coat
	C2 to C5	Corrosivity categories, see ISO 12944-2.			
	Im1 to Im3	Immersion categories, see ISO 12944-2.			
	NDFT	Nominal dry film thickness. See 7.3 for further details.			
	MNOC	Minimum number of coats. Depending on the coating material, the application method and the design of the parts, it may be necessary to apply a higher number of coats.			

### Mažiausio dengimo sluoksnių skaičiaus ir mažiausio dažų sistemos dengimo storio lentelė, atsižvelgiant į ilgaamžiškumą ir korozijos kategoriją plieno gaminiams (pagal LST EN ISO 12944-5:2018 Paints and varnishes [23])

Table B.2 Summary of the minimum number of coats (MNOC) and minimum NDFT of the paint system depending on durability and corrosivity category on abrasive blasted steel substrates

Durability	Low (l)			Medium (m)			High (h)			Very high (vh)			
	Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		
Type of primer	Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		
Binder base of primer	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	
Binder base of subsequent coats	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	
C2	MNOC	a			—	—	1	1	1	1	2	2	2
	NDFT	a			—	—	100	60	120	160	160	180	200
C3	MNOC	—	—	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	NDFT	—	—	100	60	120	160	160	180	200	200	240	260
C4	MNOC	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	—
	NDFT	60	120	160	160	180	200	200	240	260	260	300	—
C5	MNOC	2	2	—	2	2	—	3	2	—	3	3	—
	NDFT	160	180	—	200	240	—	260	300	—	320	360	—

NOTE 1 The abbreviations are described in Table A.1. For single coats, the binder base of the primer is recommended.

NOTE 2 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].

<sup>a</sup> If a coating is desired, use a system from a higher corrosivity category or durability, e.g. C2 high or C3 medium.

**Dažymo sistema plieniniams paviršiams C1 ir C2 kategorijoms (pagal LST EN ISO 12944-5:2018 Paints and varnishes [23])**

**Table C.1 Paint systems for carbon steel for corrosivity category C1**

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder	Type of primer	No. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	Binder type	Total no. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	l	m	h	vh
For C1 any system used for a higher corrosivity category, preferably for C2, may be used.											

**Table C.2 Paint systems for carbon steel for corrosivity category C2**

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder	Type of primer	No. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	Binder type	Total no. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	l	m	h	vh
C2.01	AK, AY	Misc.	1	40 to 80	AK, AY	1-2	80	X			
C2.02	AK, AY	Misc.	1	40 to 100	AK, AY	1-2	100	X	X		
C2.03	AK, AY	Misc.	1	60 to 160	AK, AY	1-2	160	X	X	X	
C2.04	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-3	200	X	X	X	X
C2.05	EP, PUR, ESI	Misc.	1	60 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120	X	X	X	
C2.06	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 100	EP, PUR, AY	2	180	X	X	X	X
C2.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60	X	X	X	
C2.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160	X	X	X	X
NOTE 1 For abbreviations see Table A.1.											
NOTE 2 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].											

**Dažymo sistema plieniniams paviršiams C3 kategorijai (pagal LST EN ISO 12944-5:2018 Paints and varnishes [23])**

**Table C.3 Paint systems for carbon steel for corrosivity category C3**

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	Binder type	Total no. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	l	m	h	vh
C3.01	AK, AY	Misc.	1	80 to 100	AK, AY	1-2	100	X			
C3.02	AK, AY	Misc.	1	60 to 160	AK, AY	1-2	160	X	X		
C3.03	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-3	200	X	X	X	
C3.04	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-4	260	X	X	X	X
C3.05	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120	X	X		
C3.06	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180	X	X	X	
C3.07	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2-3	240	X	X	X	X
C3.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60	X	X		
C3.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160	X	X	X	
C3.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2-3	200	X	X	X	X
NOTE 1 For abbreviations see Table A.1.											
NOTE 2 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].											

**Dažymo sistema plieniniams paviršiams C4 kategorijai (pagal LST EN ISO 12944-5:2018  
Paints and varnishes [23])**

**Table C.4 Paint systems for carbon steel for corrosivity category C4**

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	Binder type	Total no. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	l	m	h	vh
C4.01	AK, AY	Misc.	1	60 to 160	AK, AY	1-2	160	X			
C4.02	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-3	200	X	X		
C4.03	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2-4	260	X	X	X	
C4.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1-2	120	X			
C4.05	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180	X	X		
C4.06	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2-3	240	X	X	X	
C4.07	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 240	EP, PUR, AY	2-4	300	X	X	X	X
C4.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60	X			
C4.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160	X	X		
C4.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2-3	200	X	X	X	
C4.11	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	260	X	X	X	X

NOTE 1 For abbreviations see Table A.1.

NOTE 2 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].

**Dažymo sistema plieniniams paviršiams C5 kategorijai (pagal LST EN ISO 12944-5:2018  
Paints and varnishes [23])**

**Table C.5 Paint systems for carbon steel for corrosivity category C5**

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	Binder type	Total no. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	l	m	h	vh
C5.01	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180	X			
C5.02	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2-3	240	X	X		
C5.03	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 240	EP, PUR, AY	2-4	300	X	X	X	
C5.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 200	EP, PUR, AY	3-4	360	X	X	X	X
C5.05	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160	X			
C5.06	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2-3	200	X	X		
C5.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	260	X	X	X	
C5.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	320	X	X	X	X

NOTE 1 For abbreviations see Table A.1.

NOTE 2 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].

**Dažymo sistema plieniniams paviršiams mirkomiems gaminiais Im1, Im2 ir Im3 (pagal LST EN ISO 12944-5:2018 Paints and varnishes [23])**

**Table C.6 Paint systems for carbon steel for immersion categories Im1, Im2 and Im3**

System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	Binder type	Total no. of coats	NDFT in $\mu\text{m}$	l	m	h	vh
I.01	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR	2-4	360	X	X	X	
I.02	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR	2-5	500	X	X	X	X
I.03	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80	EP, PUR	2-4	380	X	X	X	
I.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80	EP, PUR	2-4	540	X	X	X	X
I.05			—	—	EP, PUR	1-3	400	X	X	X	
I.06			—	—	EP, PUR	1-3	600	X	X	X	X

NOTE 1 Water-borne products are not yet suitable for immersion.

NOTE 2 Depending on mechanical and abrasive loads, it can be necessary to increase the NDFT of the systems to ensure the durability. For abrasive loads, NDFT of up to 1 000  $\mu\text{m}$  are recommended, and for extreme abrasive loads even up to 2 000  $\mu\text{m}$ .

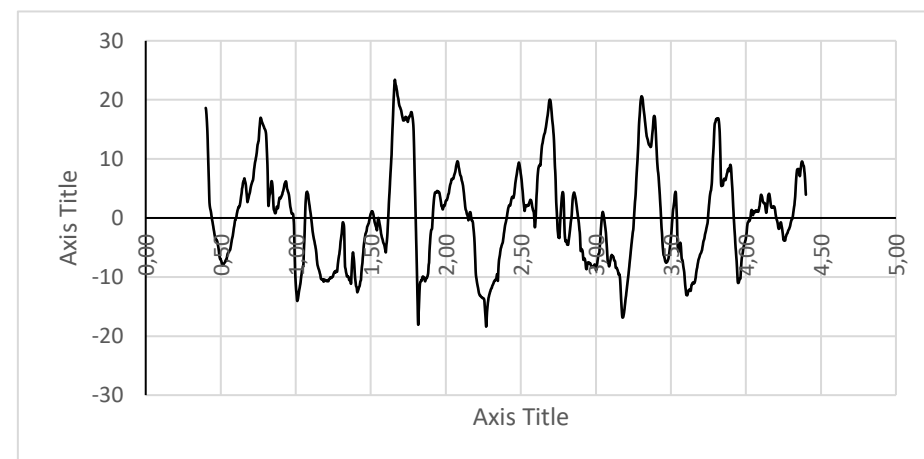
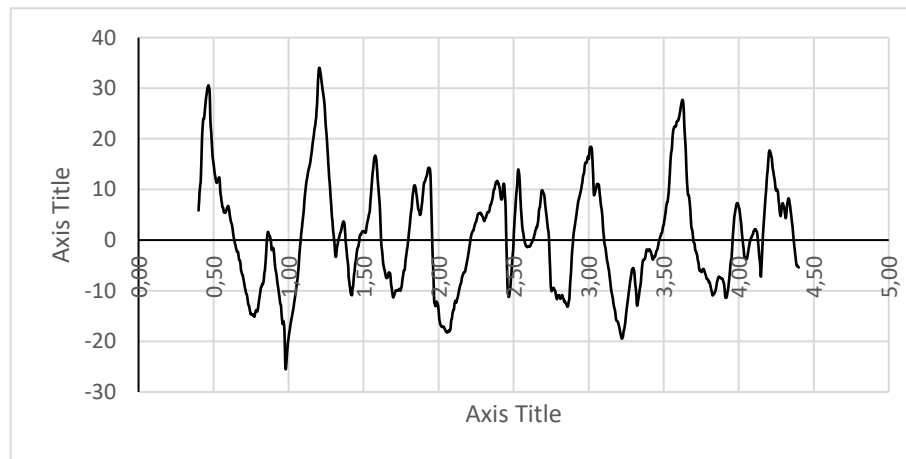
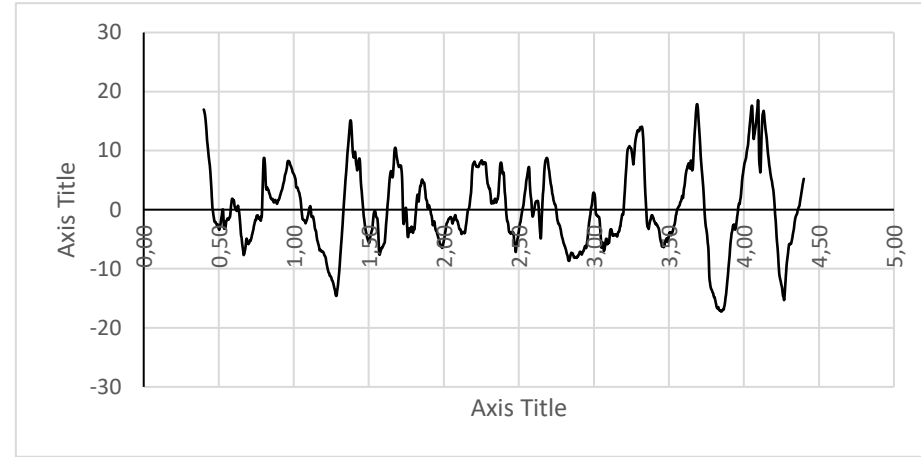
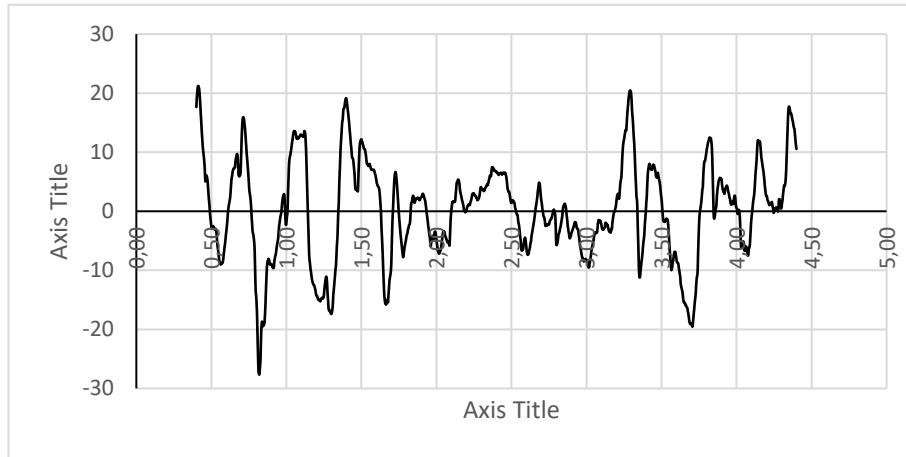
NOTE 3 The immersion categories deal with external exposure only. Confined spaces and tank internals are outside the scope of this document (see ISO 12944-2).

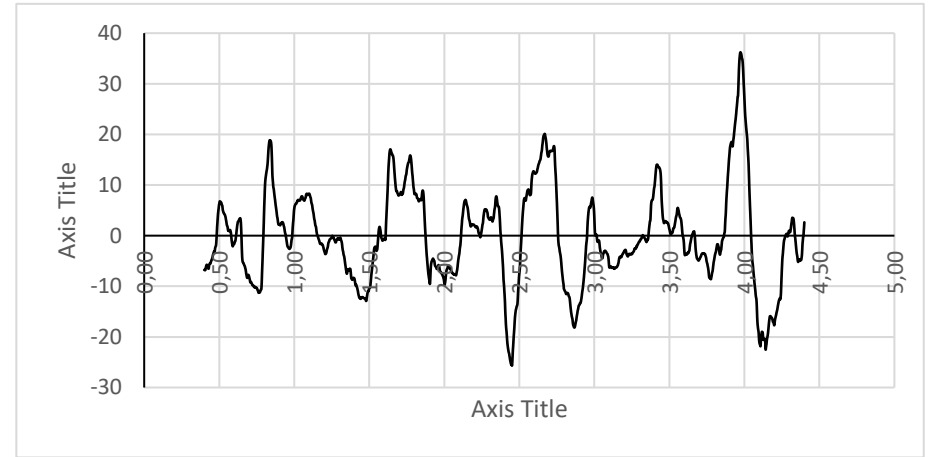
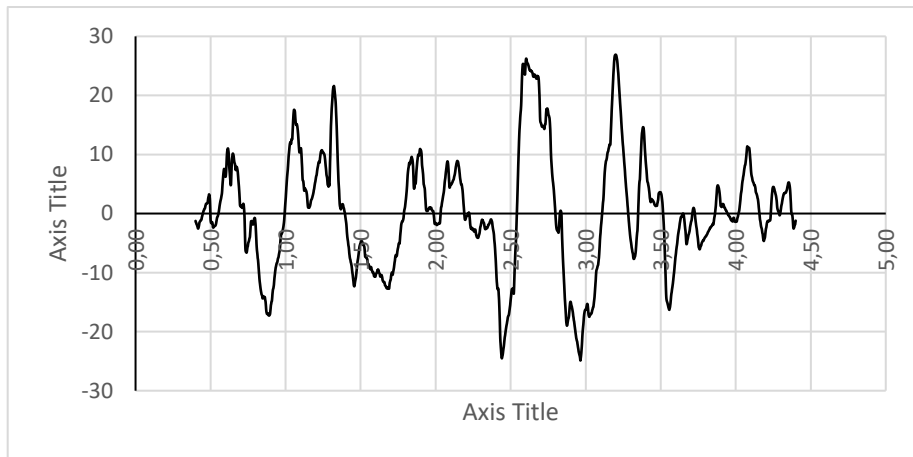
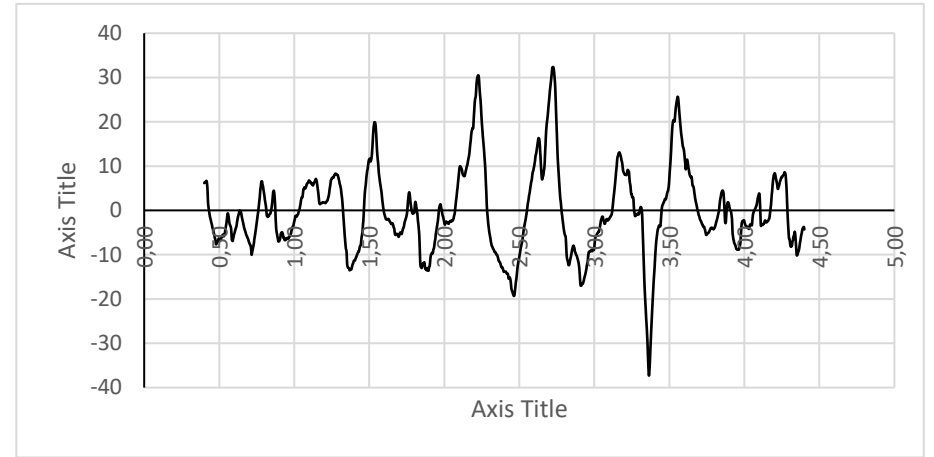
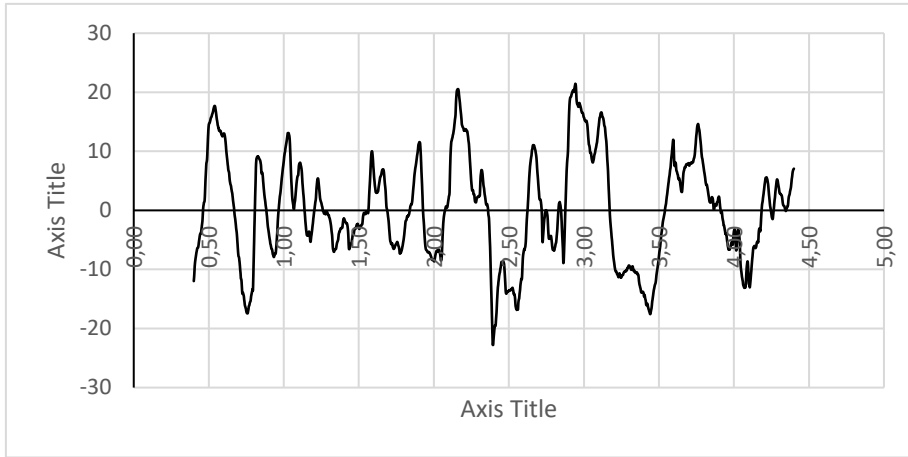
NOTE 4 For abbreviations see Table A.1.

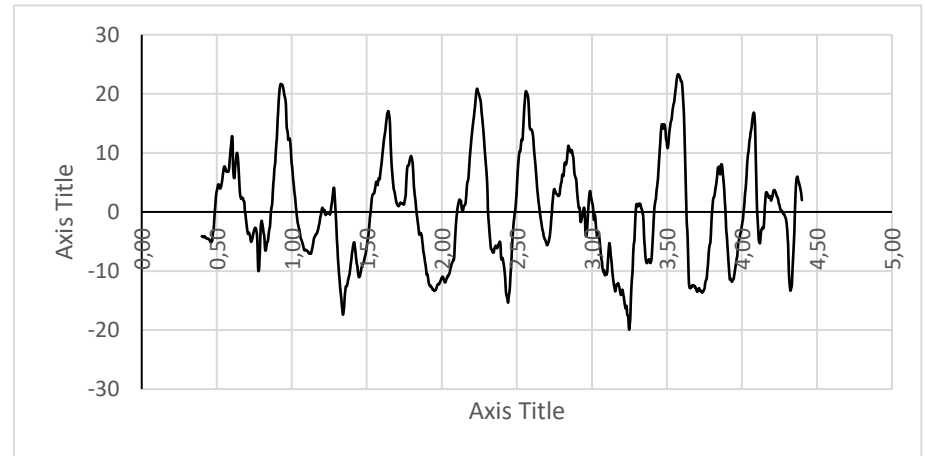
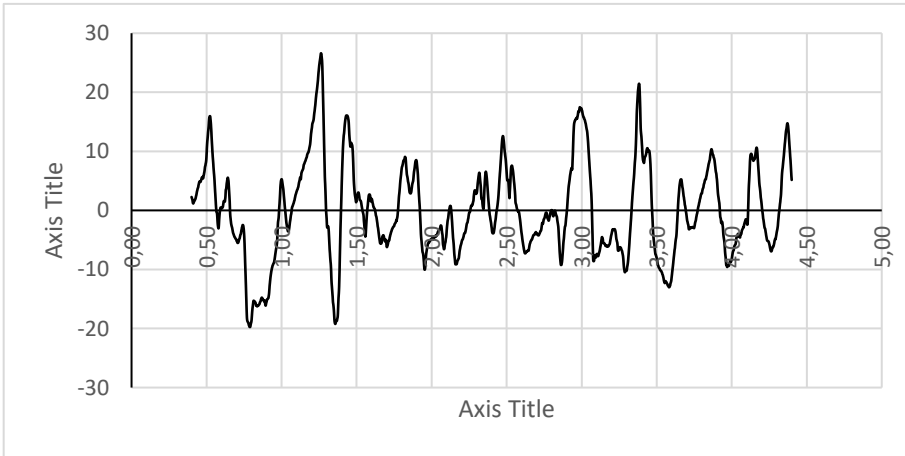
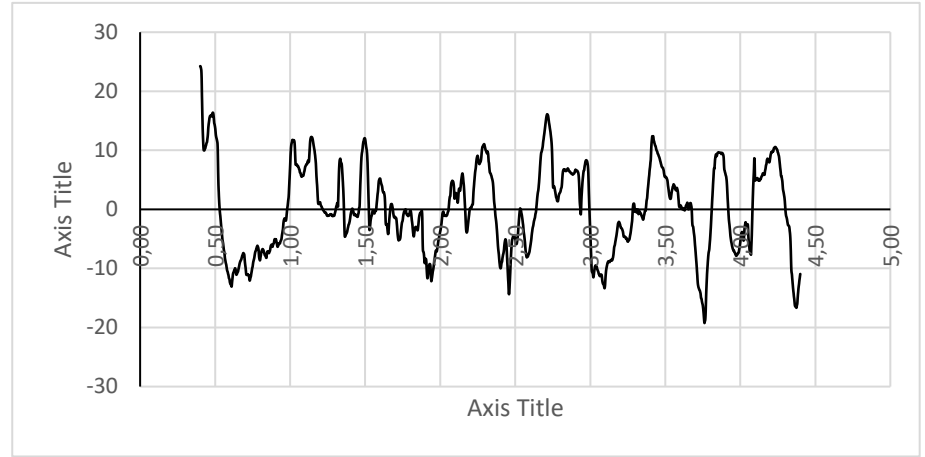
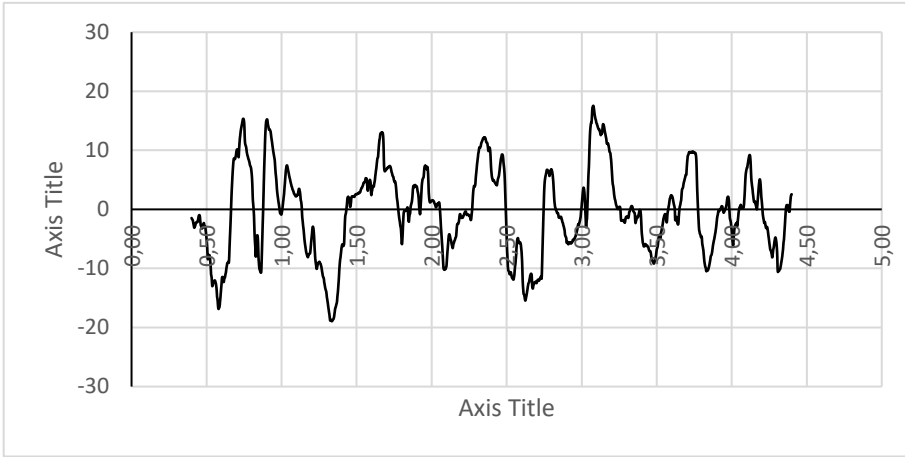
NOTE 5 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].



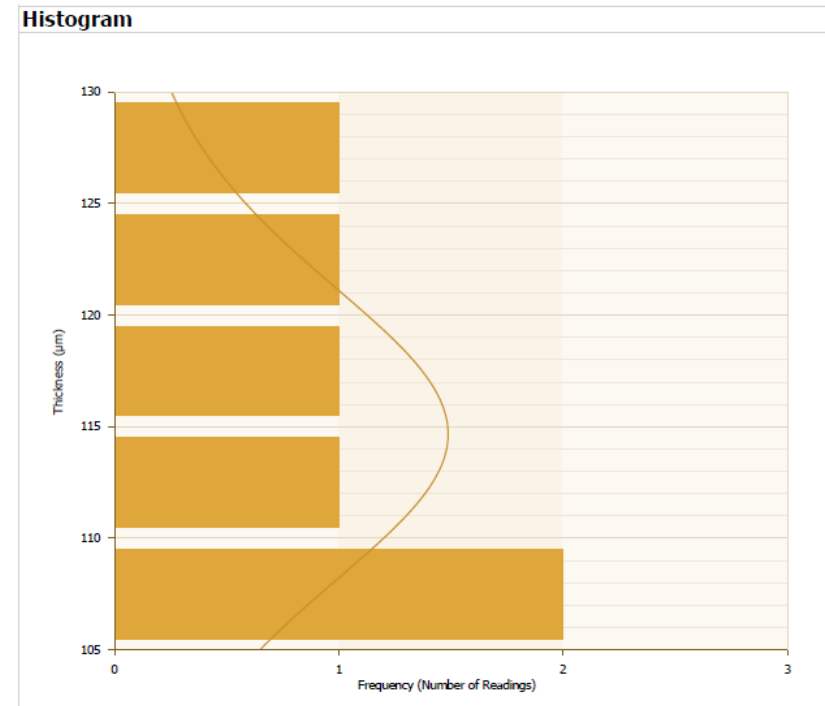
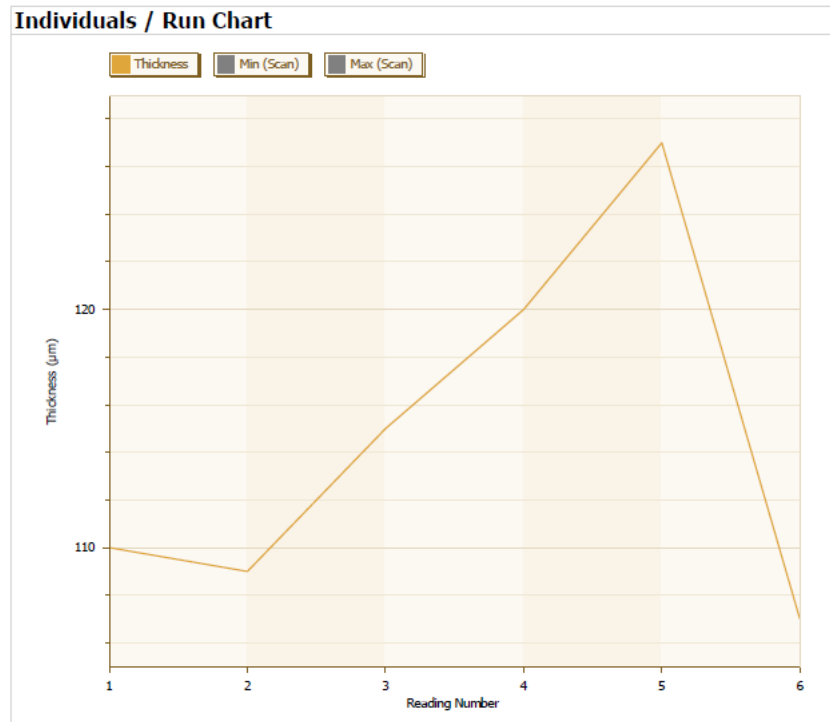
**2 priedas. Paviršiaus šiurkštumo matavimo rezultatų „profiliai“. Bandymas atliktas su atsitiktine tvarka pasirinktomis 12 vienetų plokštelėmis.**







**3 priedas. Dangos storio matavimo rezultatai, atvaizduojami „Elcometer“ programoje.**



Date & Time	#	Thickness	Type
2019-12-16 12:53:16	1	110,0	F1
2019-12-16 12:53:17	2	109,0	F1
2019-12-16 12:53:19	3	115,0	F1
2019-12-16 12:53:21	4	120,0	F1
2019-12-16 12:53:22	5	127,0	F1
2019-12-16 12:53:24	6	107,0	F1

<b>Project</b>	
Name	New Project

<b>Gauge</b>	
Type	Elcometer 456/4
Serial #	TH23803

<b>Probe</b>	
Type	F1
Serial #	TH04648

<b>Calibration</b>	
Calibration Method	Zero
Type	F1
Date	2019-08-23 09:06
Thick Foil	N/A
Thin Foil	0,0

<b>Batch</b>	
Name in Gauge	214
User ID	214
Created Date	2019-12-16 12:53:13
Updated Date	2019-12-16 12:53:13
First Reading Date	2019-12-16 12:53:16
Last Reading Date	2019-12-16 12:53:24

<b>Statistics</b>	
# Readings	6
Mean	114,67 $\mu\text{m}$
Maximum	127,0 $\mu\text{m}$
Minimum	107,0 $\mu\text{m}$
Standard Deviation ( $\sigma$ )	7,66 $\mu\text{m}$
Mean + $3\sigma$	137,64 $\mu\text{m}$
Mean - $3\sigma$	91,69 $\mu\text{m}$
Coefficient of Variation	6,7%

4 priedas. Bandinių dangos pakitimai, po 500 val. veikimo druskos rūko kameroje.

