



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Klojinių skydų paviršiaus įtaka betono paviršiaus kokybei

Magistro baigiamasis projektas

Giedrius Savukaitis

Projekto autorius

Prof. dr. Mindaugas Daukšys

Vadovas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Klojinių skydų paviršiaus įtaka betono paviršiaus kokybei

Magistro baigiamasis projektas

Statybos valdymas (6211EX007)

Giedrius Savukaitis

Projekto autorius

Prof. dr. Mindaugas Daukšys

Vadovas

Prof. dr. Žymantas Rudžionis

Recenzentas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Giedrius Savukaitis

Klojinių skydų paviršiaus įtaka betono paviršiaus kokybei

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Giedriaus Savukaičio, baigiamasis projektas tema „Klojinių skydų paviršiaus įtaka betono paviršiaus kokybei“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(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.):
KLOJINIŲ SKYDŲ PAVIRŠIAUS ĮTAKA BETONO PAVIRŠIAUS KOKYBEI

Baigiamojo projekto tema patvirtinta dekanų potvarkiu Nr.: _____

(lietuvių k.):
KLOJINIŲ SKYDŲ PAVIRŠIAUS ĮTAKA BETONO PAVIRŠIAUS KOKYBEI

(anglų k.):
INFLUENCE OF FORMWORK SURFACE PARAMETERS ON CONCRETE SURFACE QUALITY

Pradiniai duomenys darbui (pagal poreikį):

Tyrimo objektas – skirtingos medžiagos klojinio skydo paviršiaus savybės.
Tikslas – skirtingais būdais apdirbti panaudotų klojinių skydų paviršius ir nustatyti jų įtaką betono paviršiaus kokybei.

Baigiamojo projekto dalys:	Atlikti
Įvadas	x
Literatūros apžvalga	x
Metodologija	x
Eksperimentiniai tyrimai	x
Analitiniai tyrimai	.
Skaitiniai tyrimai	.
Ekonominė dalis	.
Išvados	x

Kita informacija (pagal poreikį):

Konsultacinių užsiėmimų laikas: antradieniais nuo 14:00 iki 15:30 val.

Vadovas:
(indėlis 100 %) Prof. Mindaugas Daukšys parašas
pareigos, vardas, pavardė

Konsultantas: UAB „PERI“, Technikos vadovas, parašas
Dalius Kriptavičius
pareigos, vardas, pavardė

Konsultantas:
(indėlis _____ %) parašas
pareigos, vardas, pavardė

Studentas: Giedrius Savukaitis parašas
vardas, pavardė

Savukaitis, Giedrius. „Klojinių skydų paviršiaus įtaka betono paviršiaus kokybei“. Magistro krypties studijų baigiamasis projektas / vadovas prof. Mindaugas Daušys; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): inžinerijos mokslai, Statybos inžinerija (E05)).

Reikšminiai žodžiai: klojinių skydų paviršius; plieno paviršius; derva impregnuotos faneros paviršius; klojinių tepalas; betono paviršiaus kokybė; kokybės vertinimo kriterijai.

Kaunas, 2021. 98 p.

Santrauka

Magistro baigiamojo projekto metu atliekamas eksperimentinis tyrimas, kurio metu siekta nustatyti klojinių skydų paviršiaus įtaką betono paviršiaus kokybei. Pagrindinis šio darbo tikslas – skirtingais būdais apdirbti nusidėvėjusius klojinių skydų paviršius ir nustatyti jų įtaką betono paviršiaus kokybei. Darbo metodika: literatūros ir kitų šalių betono vertinimo metodikos analizė bei eksperimentinio tyrimo atlikimas. Literatūros analizės skyriuje aprašomos pagrindinės klojinių sistemos, joms keliami reikalavimai transportavimo ar eksploatavimo metu, pagrindiniai klojinių rodikliai, kuriais remiantis vertinama jų paviršiaus kokybė bei galimos klojinių paviršiaus apsaugojimo priemonės. Siekiant nustatyti kriterijus, kuriais vertinama betono paviršiaus kokybė, atliekama kitų šalių vertinimo metodikų analizė. Eksperimentinio tyrimo metu naudojami trijų tipų klojiniai, nustatomos pagrindinės jų paviršiaus savybių charakteristikos, kurios gali turėti įtakos betono paviršiaus kokybei. Betonavimo procese naudojamas pastovios konsistencijos betonas, klojinių paviršiai padengiami skirtingais tepalais, kurie naudojami statybos sektoriuje ir kurie sukurti įvairių paviršių gerinimui, tada atliekamas betonavimas. Po bandinių išformavimo atliekama betono paviršiaus analizė, jos metu analizuojamas paviršiaus porų kiekis, spalva ir kokią įtaką šiems rodikliams turėjo klojiniai ir tepalai. Remiantis aptartomis metodikomis vertinami bandinių rezultatai. Iš viso darbo metu buvo sudaryta 50 lentelių, 47 paveikslų, 36 literatūros šaltiniai.

Savukaitis, Giedrius. „Influence of formwork surface parameters on concrete surface quality“. Master's Final Degree Project / supervisor prof., Mindaugas Daukšys; Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Engineering Sciences, Civil Engineering (E05).

Keywords: surface of formwork panels; steel surface; surface of resin impregnated plywood; formwork oil; quality of concrete surface; quality evaluation criteria.

Kaunas, 2021. 98 pages.

Summary

Master's Final Degree Project is based on experimental research, during which the influence of formwork surface parameters on the quality of concrete surface needs to be determined. The main purpose of this project is to treat the worn surfaces of formwork panels in different ways and to determine their influence on the quality of concrete. Methodology of work: analysis methodology of technical literature, experimental research. The section of literature analysis describes the main formwork systems, their requirements during transportation or operation, the main characteristics of the formwork surface, taking into account their vertical assessment, their possible laying and protection measures. In order to determine the criteria of formwork surface, the analysis of methodologies in other countries being determined. The experimental study requires three types of formwork panels to determine the main characteristics of their surface, which can affect the quality of concrete surface. During the concreting process concrete of constant consistency being used, formworks surface are covered with various formwork oils, which are diverse in the construction sector and which can be varied for surface improvement. After concreting process formworks are removed, the analysis of the color variation, pores size and other parameters being analyzed and what influence does formwork oils or formwork surfaces had. Based on the discussed methodologies of other countries, the results of the samples are evaluated. During Master's Final Degree Project there were made 50 tables, inserted 47 pictures and were used 36 literature sources.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	11
Santrumpų ir terminų sąrašas	13
Įvadas.....	15
1. Klojinių sistemų apžvalga.....	16
1.1. Klojinių tipai ir taikymo sritys	16
1.2. Klojinių skydai ir jiems keliami reikalavimai	18
1.2.1. Bendri reikalavimai klojinių skydams.....	18
1.2.2. Klojinių skydų tipai	23
1.3. Naudotų skydų paviršių atnaujinimo/apdirbimo būdai	28
2. Betono paviršiaus kokybė.....	35
2.1. Pagrindiniai betono paviršiaus defektai bei jų prevencija.....	35
2.2. Betono paviršiaus kokybės įvertinimo metodikos.....	38
2.2.1. Betono paviršiaus vertinimas pagal CIB metodiką.....	38
2.2.2. Betono paviršiaus vertinimas pagal Vokišką standartą.....	41
2.2.3. Betono paviršiaus vertinimas pagal Austrišką standartą.....	44
2.2.4. Betono paviršiaus vertinimas pagal Amerikos betono instituto rekomendacijas (ACI 347.3R-13 „Suformuotų betono paviršių vadovas“).....	49
2.2.5. Metodų lyginimas ir racionalaus metodo parinkimas	56
3. Tiriamoji dalis.....	57
3.1. Naudotos medžiagos.....	57
3.1.1. Užpildai	58
3.1.2. Klojinių tepalai	60
3.2. Tyrimų metodika	63
3.2.1. Paviršiaus įtempimo ir vilgymo kampo matavimai.....	63
3.2.2. Skysčių pH / EC / TDS / temperatūros matavimai.....	63
3.2.3. Betono paviršiaus porų analizė.....	64
3.2.4. Klojinių šiurkštumo matavimai	66
3.2.5. Betono kietėjimo temperatūros matavimai.....	67
3.2.6. Betono paviršiaus spalvos matavimai	68
3.2.7. Betono mišinio ruošimas	69
4. Tyrimų rezultatai.....	71
4.1. Klojinių skydų paviršiaus būklės įvertinimas.....	71
4.1.1. Šiurkštumo tyrimo rezultatai	71
4.1.2. Vilgymo kampo tyrimo rezultatai	73
4.2. Klojinių skydų paviršiaus įtaka sukietėjusio betono paviršiaus kokybei	75
4.2.1. Betono mišinio sudėtis ir technologinės savybės	75
4.2.2. Bandinių paviršiaus porų užimamo ploto analizė	77
4.2.3. Bandinių spalvos variavimo rezultatai	86
Išvados	93
Literatūros sąrašas	96
Priedai.....	99
1 priedas. Oro kiekio, tankio ir slankumo betono mišinyje grafikai	99

2	priedas. Šiurkštumo tyrimo rezultatai, šiurkštumo profiliai	100
3	priedas. Vilgymo kampo tyrimo rezultatai, vilgymo kampo grafikai	102
4	priedas. Porų užimamo ploto analizės rezultatai	106
5	priedas. Porų užimamo ploto su nagrinėjamo paviršiaus plotu santykis.....	109
6	priedas. Bandinių temperatūros pokyčio rezultatai	111

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Klojinių tipai ir jų panaudojimo sritys	17
2 lentelė. Šiurkštumo dydžiai matuojant skirtingus paviršius	19
3 lentelė. Skydų savybių įtaka betono paviršiaus kokybei	21
4 lentelė. Skydų vandens absorbcija ir panaudojimo ciklų skaičius	22
5 lentelė. Leistini medinių skydų įtempiai	23
6 lentelė. Leistini faneros skydų įtempiai	24
7 lentelė. Leistini plieninių klojinių įtempiai	26
8 lentelė. Hidrofobiniai klojinių tepalai ir jų sudėtys	30
9 lentelė. Panaudotų klojinių defektai	33
10 lentelė. Betoninių paviršių klasifikacija	35
11 lentelė. Betoninių paviršių defektai	37
12 lentelė. Gautų rezultatų porų vertinimo lentelė pagal CIB	39
13 lentelė. Gautų rezultatų spalvos vertinimo lentelė pagal CIB	41
14 lentelė. Betono paviršiaus vertinimas pagal Vokišką standartą	41
15 lentelė. Bendrieji matomų betono paviršių kokybės kriterijai pagal DVB	42
16 lentelė. Poringumo nustatymo kriterijai pagal DVB	43
17 lentelė. Klojinio skydo paviršiaus kokybės vertinimas pagal Vokišką standartą.....	43
18 lentelė. Reikalavimai betono paviršiaus klasėms GB, kurie matomi eksploatacijos metu.....	45
19 lentelė. Bendrieji matomų betono paviršių kokybės kriterijai.....	46
20 lentelė. Klojinių tepalo parinkimas skirtingų absorbcinių savybių klojiniams	47
21 lentelė. Specialiam betono paviršiui išgauti klojinių skydų paviršiui keliami kokybės kriterijai	47
22 lentelė. Klojinių klasės	48
23 lentelė. Suformuoto betono paviršiaus kategorijų aprašymas (CSC).....	50
24 lentelė. Statybos aikštelėje įrengto betono paviršiui matomų veiksnių įtaka.....	51
25 lentelė. Klojinių skydų paviršiaus kategorijos.....	53
26 lentelė. Porų su nagrinėjamu paviršiaus plotu santykis (SVR)	54
27 lentelė. Suvestinė lyginamoji lentelė.....	56
28 lentelė. Bandinio ir betono mišinio charakteristikos	57
29 lentelė. Tyrimo metu naudotos žaliavos.....	57
30 lentelė. CEM II/A-LL 42,5R fizikinės, mechaninės savybės bei cheminė sudėtis	58
31 lentelė. Įmaišos Sika ViscoCrete D-187 techniniai duomenys.....	60
32 lentelė. Klojinių tepalo FORMIL charakteristikos	61
33 lentelė. Tyrime naudotų tepalų charakteristikos.....	62
34 lentelė. Įrangos Combo pH/Conductivity/TDS tester (high range) – HI98130 charakteristikos	64
35 lentelė. Optimalūs fotografavimo įrangos parametrai	65
36 lentelė. HOBO 4-Channel Analog Data Logger - UX120-006M charakteristikos	67
37 lentelė. Betono maišyklės Zyklus Rotating Pan Mixer ZZ 75 HE techniniai duomenys.....	69
38 lentelė. Giluminio mišinio tankinimo vibratoriaus „ENAR“ techniniai duomenys	70
39 lentelė. Vilgymo kampo rezultatai 10 sekundėje.....	73
40 lentelė. Betono mišinio sudėtis 1 m ³ mišinio.....	75
41 lentelė. Betono klojumo markės ir slankumo grupės	76
42 lentelė. Betono mišinio technologinės savybės	76
43 lentelė. Bandinių betono paviršius ir jame susidariusios paviršinės oro poros	77
44 lentelė. Bandinių vertimas remiantis skirtingomis metodikomis (1).....	83

45 lentelė. Bandinių vertimas remiantis skirtingomis metodikomis (2).....	83
46 lentelė. Bandinių vertimas remiantis skirtingomis metodikomis (3).....	84
47 lentelė. Bandinių spalvos variavimas pagal NCS-CMYK spalvų paletes, naudojant vandens pagrindo emulsiją - Sika Separol W-220.....	86
48 lentelė. Bandinių spalvos variavimas pagal NCS-CMYK spalvų paletes, naudojant vaško tepalą ..	87
49 lentelė. Bandinių spalvos variavimas pagal NCS-CMYK spalvų paletes, naudojant purškiamą silikono alyvą.....	88
50 lentelė. Bandinių spalvos variavimas pagal NCS spalvų paletę, naudojant alyva Formil XS-10	90

Paveikslų sąrašas

1 pav. Klojinių klasifikavimo schema	16
2 pav. Klojinio skydo paviršiaus charakteristikos	18
3 pav. Naujo ir naudoto klojinių paviršių pavyzdžiai.....	19
4 pav. Klojinių paviršių šiurkštumo profiliai: naujo (a), naudoto (b) ir poliruoto (c).....	19
5 pav. Lašo forma ant naujo (a), naudoto (b) ir poliruoto (c) klojinių paviršių matuojant drėkinamumo kampą	20
6 pav. Eksperimentinis drėkinamumo kampo matavimo prietaisas	20
7 pav. Skysčio kontakto su paviršiumi kampo schema	21
8 pav. Klojinių tepalo įtaka.....	22
9 pav. Faneros skydų sijiniai klojiniai	24
10 pav. Leistini įtempiai	25
11 pav. Tipinis tinklo formos klojinys	27
12 pav. Tinklo formos klojinių betonavimas torkretavimo būdu	27
13 pav. Tinklo formos klojinių formos pavyzdys.....	27
14 pav. Klojiniams keliami reikalavimai.....	29
15 pav. Klojinio paviršiaus vaizdas prieš ir po padengimo sintetinė alyva.....	31
16 pav. Klojinio paviršiaus vaizdas prieš ir po padengimo tepalu augalinio aliejaus pagrindu.....	31
17 pav. Išbetonuoto ir klojinio paviršių analizė ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$)	32
18 pav. Įrengtų betono paviršių defektai	38
19 pav. Įrengtų betono paviršių vertinimas pagal CIB metodiką	39
20 pav. Betonuotų paviršių porų vertinimui naudojama skalė pagal CIB.....	39
21 pav. Betonuotų paviršių poringumo skalės vertinimas CIB	40
22 pav. Betonuotų paviršių spalvos vertinimui naudojama skalė pagal CIB.....	40
23 pav. Klojinių skydų pažeidimo klasių pavyzdžiai (atitinkamai SHK1 ir SHK3 klasėms).....	43
24 pav. Betono paviršiaus kategorijų CSC-1 / CSC-4 pagal ACI 347.3R-13 pavyzdžiai.....	55
25 pav. Porų vertinimo pavyzdys (46 mm atstumu)	55
26 pav. Porų vertinimo pavyzdys	56
27 pav. Smėlio fr. 0/2 granulimetrinės sudėties grafikas	58
28 pav. Smėlio fr. 0/4 granulimetrinės sudėties grafikas	59
29 pav. Žvirgždo fr. 4/16 granulimetrinės sudėties grafikas	59
30 pav. Žvirgždo skaldos fr. 4/16 granulimetrinės sudėties grafikas.....	60
31 pav. Aerosolis Carlson silicone oil.....	61
32 pav. Metalic Polish & Wax	62
33 pav. Prietaisas „Biolin Scientific Theta Light“	63
34 pav. Matuoklis HI98130	63
35 pav. Fotoaparato bei blykstės išdėstymas analizuojant betono paviršiaus oro poras	65
36 pav. Nuotraukos transformavimas naudojant ImageJ.....	66
37 pav. Klojinių paviršiaus šiurkštumo matavimas TESA Rugosurf 20 prietaisu	66
38 pav. Duomenų kaupiklis „HOBO 4-Channel Analog Data Logger - UX120-006M“	67
39 pav. Kompiuterinės programos „HOBOWare ®“ pagrindinio lango vaizdas.....	67
40 pav. Spalvų diagrama rodanti monitoriuje rodomos RGB gamos ir CMYK spalvų gamos palyginimą spausdintame žurnale	68
41 pav. Paviršiaus spalvos matavimo instrumentas NCS COLOUR SCAN 2.0	68
42 pav. Betono maišyklė Zyklos Rotating Pan Mixer ZZ 75 HE	69

43 pav. Surinkti PERI klojiniai prieš betonavimą	70
44 pav. Giluminis mišinio tankinimo vibratorius „ENAR“	70
45 pav. Paviršiaus šiurkštumo matavimo rezultatai	72
46 pav. Monometro metodas įtraukto oro betono mišinyje nustatymui	75
47 pav. Betono mišinio slankumo bandymas	75

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

ACI (American Concrete Institute) – 1905 m. įkurtas Amerikos betono institutas yra ne pelno siekianti technikos draugija ir standartus kurianti organizacija. Ši organizacija nustatė betono vertinimo procedūras bei kriterijus Amerikoje;

ÖNORM – nacionalinis Austrijos standartas, kurį paskelbė „Austrian Standards International“. Visi ÖNORM standartai rengiami tarptautiniuose komitetuose ir tvirtinami šalyje;

CIB – tam tikros srities ekspertų sudaryta komisija, kuri leidžia ataskaitas ir kitus dokumentus, kuriais remiantis vertinami statiniai arba gaminiai;

DBV Codes of Practice (German Society for Concrete and Construction Technology) – ne pelno siekianti Vokietijos betono ir statybų technologijos draugija (DBV), kurios tikslas - paremti betono ir statybų technologijos vystymąsi leidžiant standartus.

Terminai:

Nagrinėjamas plotas – eksploatacijos metu matomas betono konstrukcijos paviršius.

Lygumas – paviršiaus dalis, kuriai būdinga tam tikra nuokrypa nuo plokštumos.

Klojinio paviršius – klojinio skydo medžiaga, esanti sąlytyje su betono mišiniu.

Etaloninis plotas – įrengtas betono monolitinės konstrukcijos paviršiaus plotas (laikomas etaloniniu paviršium), su kuriuo lyginamas kitų konstrukcijų paviršius, vertinant betono paviršiaus kategorijas objekte.

Oro porų su bendru paviršiumi santykis – bendras paviršinių oro porų ploto su nagrinėjamu betono monolitinės konstrukcijos paviršiaus plotu santykis, kuomet išformavus klojinius yra nenaudojami remontiniai mišiniai defektų užtaisymui.

Paviršiaus tekstūra – iš didesnio atstumo matoma gaminio paviršiaus struktūra, kai iš arti stebėtas vaizdas susilieja ir išnyksta, sudarydamas tam tikrą spalvų variaciją.

Nereikšmingas paviršiaus defektas – betono monolitinės konstrukcijos paviršiaus defektas, neturintis įtakos jos laikomajai galiai ir ilgaamžiškumui.

Spalvų variavimas – betono atspalvių skirtumų buvimas toje pačioje betono monolitinėje konstrukcijoje ar skirtingu metu įrengtose monolitinėse konstrukcijose.

Pamatuojama paviršiaus charakteristika – paviršiaus charakteristika, kurią galima pamatuoti matavimo priemonėmis ir įvertinti nuokrypį nuo jos.

Nepamatuojama paviršiaus charakteristika – paviršiaus charakteristika, kurios negalima pamatuoti pagal standartuose paviršiaus kategorijai ar nuokrypiams keliamus reikalavimus, todėl paviršius apibūdinamas vizualiai vertinant struktūrą, tekstūrą, spalvų variaciją.

Paviršiaus kategorija – matomo betono monolitinės konstrukcijos paviršiaus pamatuojamų charakteristikų klasė.

Matomas paviršius – gaminio paviršius, kurį eksploatacijos metu galima matyti.

Su klojinio skydu besiliečiantis paviršius – betono monolitinės konstrukcijos paviršius, įrengimo metu besiliečiantis su formos horizontaliu ir vertikaliu paviršiais.

Briauna – dviejų klojinių skydų paviršių sankirtos linija.

Lygus paviršius – lygus betono monolitinės konstrukcijos paviršius, gaunamas esant sąlyčiui su lygiu klojinių skydų paviršiumi.

Oro pora – betono mišinio klojimo ir tankinimo metu dalis oro lieka neišstumta, todėl mišinio sąlytyje su klojinių skydų paviršiumi susiformuoja poros, kurios matomos įrengtos betono monolitinės konstrukcijos paviršiuje. Pora taip pat gali atsirasti dėl uždaryto vandens mišinio sąlytyje su klojinių skydų paviršiumi, pastarosios poros išsiskiria savo netaisyklinga forma.

Pakopinis nevientisumas – betono monolitinės konstrukcijos paviršiuje susidaręs pakopinis nevientisumas (laiptelis) dėl nesutampančių klojinių skydų sandūrų plokštumų.

Skydų sandūra – tai dviejų skydų sandūros vieta, besiliečianti su betonu, betono monolitinės konstrukcijos paviršiuje suformuodama sandūros žymę.

Etaloninis pavyzdys – etaloninių pavyzdžių gamybos tikslas yra suderinti kliento lūkesčius su rangovo, klojinių tiekėjo ir betono mišinio gamintojo galimybėmis. Etaloninių gaminių gamyba taikoma betono paviršiams su specialiais reikalavimais ir leidžia pasirinkti racionalų betono paviršiaus variantą, atsižvelgiant į projekto reikalavimus.

Įvadas

Architektūrinis arba eksploatacijos metu matomas betono monolitinės konstrukcijos paviršius yra įrengiamas be papildomos apdailos ir turi tenkinti paviršiui keliamus specialius reikalavimus. Estetiniu požiūriu tinkama betono paviršiaus išvaizda gali varijuoti nuo natūraliai sukurtos išvaizdos iki nuoseklesnės, aukštesnės kokybės ar net tekstūros. Pastaruoju metu statybos aikštelėse įrengiamoms betono konstrukcijoms yra keliami vis daugiau estetinių reikalavimų. Nepaisant to, kad betono technologijos pasiekė pažangą, daugiau nei 60% įrengtų betono monolitinių konstrukcijų paviršių susiduria su defektais, dėl ko atsiranda didelių pakartotinių darbo sąnaudų bei atliekų. Statybos aikštelėje įrengtų monolitinio betono konstrukcijų paviršiaus kokybė priklauso nuo daugelio veiksnių. Vienas iš tokių veiksnių - prasta klojinių skydų paviršiaus kokybė. Klojinio skydas, priklausomai nuo jo medžiagiškumo, turi tam tikrą panaudojimo ciklą skaičių. Didėjant skydų panaudojimo ciklą skaičiui, prastėja betono monolitinės konstrukcijos paviršiaus estetinė išvaizda. Panaudojus atitinkamus klojinių skydų apdirbimo būdus (pvz., poliravimas, padengimas vašku ir kita) būtų galima prailginti šių skydų tarnavimo laiką bei pagerinti betono paviršiaus kokybę.

Tyrimo objektas – skirtingos medžiagos, klojinio skydo paviršius.

Tikslas – skirtingais būdais apdirbti nusidėvėjusius klojinių skydų paviršius ir nustatyti jų įtaką betono paviršiaus kokybei.

Uždaviniai:

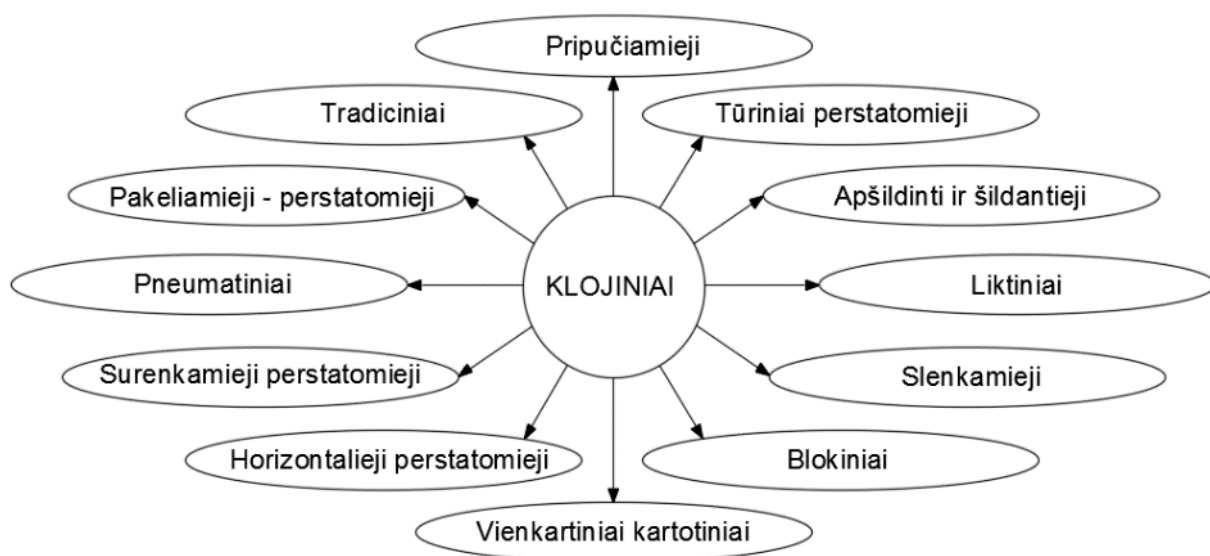
1. Apžvelgti praktikoje taikomus klojinių skydų paviršių apdirbimo būdus (išskiriant atskirų būdų privalumus ir trūkumus) bei betono paviršiaus kokybės vertinimo metodikas;
2. Pasirinktus plieno bei fenolio derva impregnuotus faneros skydų paviršius apdirbti pasirinktais būdais ir nustatyti jų paviršiaus savybes (pvz., paviršiaus defektų dydžius ir pobūdį, paviršiaus šiurkštumą bei drėkinamumo kampą);
3. Įvertinti betono paviršiaus kokybę pagal parinktus vertinimo kriterijus (paviršinių oro porų skaičius ir dydis pasirinktame plote, prilipusių dėmių skaičius, klojinio skydo dulkėtumas; spalvos variavimas);
4. Parinkti racionalų klojinių skydų paviršiaus apdirbimo būdą, priklausomai nuo skydo medžiagiškumo.

1. Klojinių sistemų apžvalga

Monolitinės statybos technologija yra paremta betono mišinio tiekimu į paruoštas erdvines formas. Šios formos yra sudaromos naudojant klojinius, kurie užtikrina tarpusavio sandarumą bei pastovumą. Naudojant monolitinės statybos technologiją, atsižvelgiant į užsakovo poreikius, reikalinga išgauti reikalaujamus betono paviršius, formas, siekiama sumažinti statybos trukmę ir kt. Šiame skyriuje aptarsime vyraujančius klojinių tipus, jų taikymo sritis, skydams keliamus reikalavimus bei jų atnaujinimo būdus eksploataciniu laikotarpiu.

1.1. Klojinių tipai ir taikymo sritys

Klojiniai - elementų ir detalių bendra konstrukcija, skirta suteikti atitinkamas formas monolitinėms ir gelžbetoninėms konstrukcijoms bei betonui pasiekti numatytą stiprį. Jie yra skirstomi pagal betonuojamų konstrukcijų padėtį erdvėje, funkcinę paskirtį, geometrinę formą [2]. Klojiniai turi būti pakankamai standūs, nekeisti padėties ir matmenų, neviršyti leistinų deformacijų perimant technologines apkrovas ar klojamo ir tankinamo mišinio slėgį. Klojiniai turi įtakos konstrukcijos betono paviršiaus kokybei, jo stiprumui ir ilgaamžiškumui [5]. Tam tikslui naudojami skirtingi klojiniai, kurie klasifikuojami pagal pateiktą 1 paveikslą.



1 pav. Klojinių klasifikavimo schema

Šie klojiniai pagal naudojamą medžiagą gali būti:

- mediniai;
- metaliniai;
- gelžbetoniniai;
- armuoto cemento;
- iš sintetinių arba guminių audinių;
- iš mišrių medžiagų [1].

1 lentelė. Klojinių tipai ir jų panaudojimo sritys [1]

Klojinių tipas	Klojinių konstrukciniai ypatumai, panaudojimo sritis
Tradiciniai	Klojiniai, kurie betonavimo vietoje paprastai įrengiami iš lentų. Pasirengimo betonavimui etape reikalingos didelės žmogaus darbo bei medžiagų sąnaudos, todėl šiuo būdu priimtina betonuoti tik pavienes sudėtingos konfigūracijos konstrukcijas.
Surenkamieji - perstatomieji	Skirstomi į dvi grupes: <i>mažųjų gabaritų skydų</i> (iki 70 kg), <i>didelių gabaritų skydų</i> ir <i>pakabinamieji</i> . <i>Mažųjų gabaritų skydų</i> klojinių įrengimui nereikalingi mechanizmai. Jie naudojami kartu su didelių matmenų skydais, o naudojami nedidelėms, bet sudėtingos konfigūracijos konstrukcijoms betonuoti. <i>Didelių gabaritų skydų</i> klojiniai yra surenkami iš ištisinių plokščių arba surinkti iš smulkių skydų. Naudojami didelių matmenų ir masyvioms konstrukcijoms betonuoti. <i>Pakabinamieji</i> klojiniai surenkami iš inventorinių skydų, kurie tvirtinami prie laikančiųjų armatūrų karkasų.
Pakeliamieji – perstatomieji	Šių klojinių sudėtis: skydai, laikantys elementai, jungiančiosios detalės. Jie patogūs naudoti, kadangi gali būti vienpusiai ir dvipusiai. Dažniausiai pasitaikanti naudojimo sritis yra aukštų nekintamo ir kintamo skerspjūvio statinių betonavime (rezervuarai, silosai, tiltų atramos ir kt.)
Horizontalieji	Šie klojiniai naudojami horizontalioms konstrukcijoms betonuoti (perdangos, nuožulnios plokštumos). Pvz., išskiriamos šių gamintojų klojinių sistemos: „Paschal Decken“, „Peri Multiflex“, „Peri Uniportal“, Doka Dokadek 30, Peri SKYDECK
Tūriniai perstatomieji	Šiuos klojinius sudaro didelių matmenų erdviniai klojinių blokai. Panaudojimo sritis: tunelių statyba, požeminių perėjų statyba, pastatų sienų ir perdangų betonavimas.
Blokiniai	Klojinių sistema susideda iš atskirų 40 m ² paviršiaus blokų. Naudojami liftų šachtoms, kolonomams, pamatams, pamatų sijoms betonuoti.
Slankieji	Skirstomi į šias grupes: <i>šliaužiantieji</i> ir <i>riedantieji</i> . <i>Šliaužiantieji</i> – susideda iš pritvirtintų ant rėmų skydų, kėliklių bei jų atraminių strypų, kurie kabinami ant pastolių. Naudojami aukštų ir per visą skerspjūvį pastovių pastatų betonavime. <i>Riedantieji</i> – susideda iš formavimo skydų, kurie tvirtinami prie platformos, riedančios ant ratų. Naudojami betonuojant ilgus, pastovaus skerspjūvio statinius.
Tuneliniai	Klojiniai susideda iš formavimo skydų. Šie skydai pritvirtinami prie riedančios platformos ant bėgių. Jie yra naudojami įvairių tunelių, kanalizacijos kolektorių betonavimui.
Liktiniai	Klojiniai susideda iš metalinių, gelžbetoninių, armuoto cemento plokščių, vielos tinklo. Po betonavimo konstrukcija eksploatuojama kaip vienalytis elementas, kuris atlieka ne tik betonavimo formas, bet ir išbetonuotų konstrukcijų paviršių apdailos bei šiltinamojo sluoksnio funkcijas.
Vienkartiniai kartotiniai	Klojiniai, skirti gembų neturinčioms kolonomams betonuoti. Kuomet betonas įgauna reikiamą stiprį, klojiniai nuimami nuo išbetonuotos konstrukcijos, nuplėšus lipnią jungiamąją juostą.
Pripučiamieji	Kaip ir pavadinimas nusako, šie klojiniai yra lankstūs, kevalui reikalingą formą galintys suteikti oro pripučiami klojiniai. Klojinių panaudojimo sritis: arkoms, skliautams, įvairios formos kevalams betonuoti.
Apšiltinti ir šildantieji	Klojinių privalumas – betonavimas žiemą. Betonavimo metu yra naudojami klojiniai, kurie užtikrina ir leidžia sekti betonuojamos konstrukcijos temperatūrą. Šie klojiniai betoną šildo indukcinio būdu elektromagnetiniame lauke, termoaktyviosiomis plokštėmis arba šildančiais kabeliais.

1.2. Klojinių skydai ir jiems keliami reikalavimai

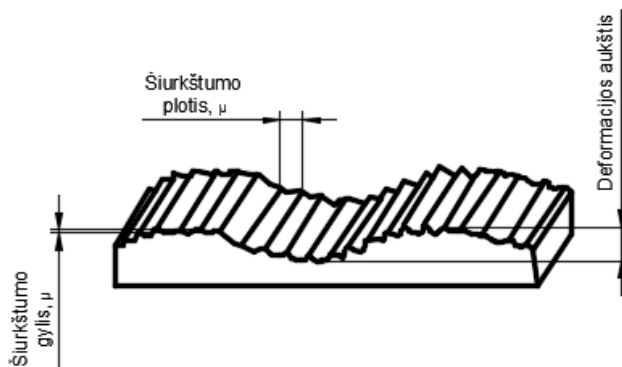
Visiems klojiniams, priklausomai nuo jų medžiagiškumo, keliami skirtingi reikalavimai. Priklausomai nuo betonuojamos konstrukcijos matmenų, jos ryšio su kitomis konstrukcijomis, padėties žemės paviršiaus atžvilgiu, klojiniai turi būti ne tik pakankamai stiprūs, bet ir standūs, negali deformuotis. Jų standumas priklauso nuo betono tankinimo būdo. Norint užtikrinti klojinių standumą, svarbu, kad būtų pakankamai standžios bei stiprios jų atraminės konstrukcijos. To neužtikrinus standūs klojiniai gali deformuotis, pakeisti betoninės konstrukcijos formą bei paviršiaus kokybę [5].

Dauguma klojinių tipų yra gaminami pagal septintą tikslumo klasę. Universalūs klojiniai, kurie numatomi naudoti ilgą laiką, turi būti gaminami pagal aukštesnę tikslumo klasę. Tačiau reikia įvertinti ir tai, kad didinant klojinių tikslumo klasę, didėja ir jų kaina. Todėl turi būti pasirinkta optimali priklausomybė tarp klojinių naudojimo laiko ir dažnio [5].

1.2.1. Bendri reikalavimai klojinių skydams

Viena iš charakteristikų, kuri apibūdina klojinio skydo paviršiaus savybes – **šiurkštumas**. Šiurkštumas yra techninė charakteristika besikartojančių mikronelygumų, sudarančių paviršiaus reljefą, visumai apibūdinti. Jis yra tiesiogiai susijęs su betono trintimi klojinyje. Daugkartinių klojinių naudojimo metu, tiekiamas betonas kontaktuoja su klojinio paviršiumi, o pastarasis praranda savo projektines savybes [6]. Klojinių paviršiaus būklė priklauso nuo pastarųjų paviršiaus nusidėvėjimo lygio arba jų panaudojimo ciklų skaičiaus. Klojinių paviršiaus šiurkštumo profilis apibūdinamas šiais pagrindiniais šiurkštumo parametrais:

1. Profilio šiurkščio vidutinis plotis (R_a). Susijęs su plyšių atsiradimu;
2. Profilio šiurkščio vidutinis gylis (R_z). Susijęs su keteros ir griovelių atsiradimu;
3. Atstumas tarp profilio iškilumų ir įdubų linijos tam tikrame matuojamame ilgyje (R_c). Nurodo formos defektus (tiesiškumo, apskritimo, kt.). Susijęs su pažeidimais, kuriems būdinga banguota linija [20].



2 pav. Klojinio skydo paviršiaus charakteristikos [6]

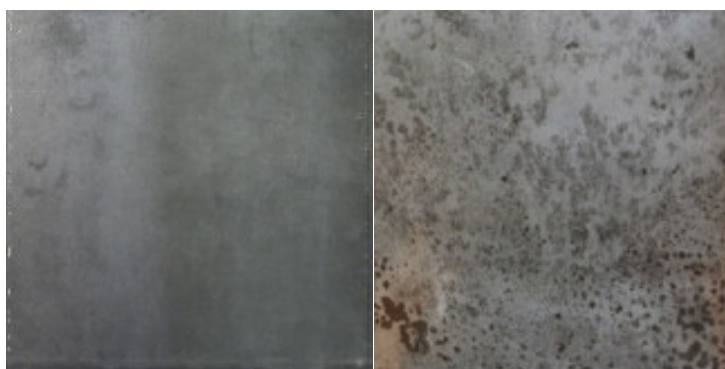
Šiurkštumą galima išmatuoti. Jis matuojamas padedant specialų prietaisą ant klojinio paviršiaus. Įrenginio adatėlė juda išilgai ašies, sąlygiškai mažame plote. Gauti rezultatai susumuojami ir gaunama atskirų klojinio vietų šiurkštumo ataskaita. Šiurkštumo matavimo rezultatai gaunami mikrometrais (μm). Esant šiurkščiam paviršiui atsiranda daugiau porų bei dėmių. Šiurkštus paviršius įtakoja porų, kurių dydis iki 1 mm, atsiradimą bei apsunkina klojinių išmontavimo darbus [6].

Šią klojinio paviršiaus charakteristiką galime sumažinti klojinio paviršių apdirbant tam tikromis medžiagomis. Pavyzdžiui, lyginant naujo, naudoto ir poliruoto klojinių skydų paviršiaus šiurkštumo vertes, yra matomas ryškus skirtumas. Pateiktoje 2 lentelėje gauti šiurkštumo matavimo rezultatai,

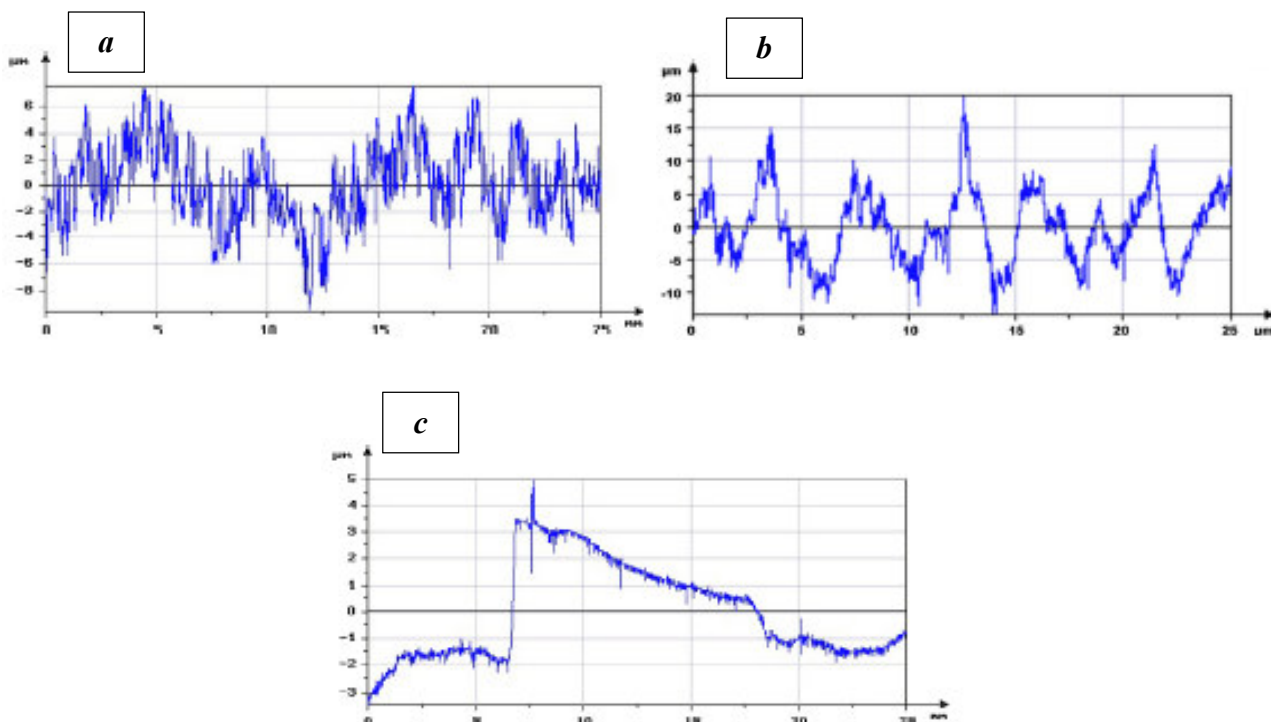
lyginant šiuos tris klojinių apdirbimo variantus. Matome, jog naudoto klojinio šiurkštumas yra didesnis nei naujo, o poliruoto – daug mažesnis nei naujo [6].

2 lentelė. Šiurkštumo dydžiai matuojant skirtingus paviršius [6]

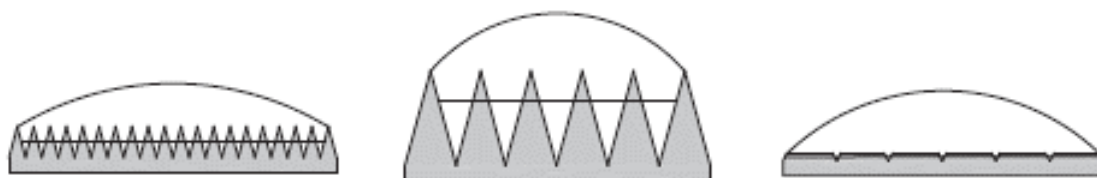
Matuojamas dydis	Klojinio tipas		
	Naujas	Naudotas	Poliruotas
Profilio šiurkščio vidutinis plotis (R_a)	0,7	1,4	0,1
Profilio šiurkščio vidutinis gylis (R_z)	3,3	5,7	0,03
Atstumas tarp profilio iškilumų ir įdubų linijos tam tikrame matuojamame ilgyje (R_c)	5,4	11,8	0,1



3 pav. Naujo ir naudoto klojinių paviršių pavyzdžiai [6]



4 pav. Klojinių paviršių šiurkštumo profiliai: naujo (a), naudoto (b) ir poliruoto (c) [6]

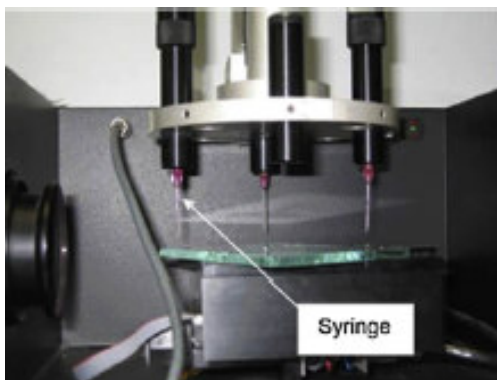


5 pav. Lašo forma ant naujo (a), naudoto (b) ir poliruto (c) klojinių paviršių matuojant drėkinamumo kampą [6]

Skydų paviršiaus šiurkštumas įtakoja porų bei dėmių atsiradimą suformuoto betono paviršiuje, todėl itin svarbu sumažinti šį rodiklį. Kaip buvo minėta, esant šiurkščiam klojinio skydo paviršiui atsiranda trintis tarp betono mišinio ir klojinio skydo paviršiaus, mišiniui judant skydo paviršiumi konstrukcijos betonavimo metu. Kadangi betono mišinys negali laisvai sklisti per visą paviršių, mišinio sąlytyje su skydo paviršiumi atsiranda uždaryto oro poros, kurių dydis siekia iki 1 mm. Siekiant gauti aukštesnę betono paviršiaus kokybę, patartina sumažinti šią klojinio paviršiaus charakteristiką, kuri turi tiesioginės įtakos oro porų skaičiaus betono paviršiuje padidėjimui.

Dar viena klojinių skydų paviršiaus charakteristika – **sukibimas (adhezija)**. Sukibimas – dviejų skirtingų kietųjų kūnų, kietojo kūno ir skysčio susiliečiančių paviršių sukibimas dėl kūnų dalelių sąveikos. Matuojama jėga arba darbu, kuris reikalingas susiliečiančių kūnų paviršiaus vienetiniam plotui perskirti. Ši charakteristika yra svarbi klojinių išmontavimo metu. Neįvertinus šio dydžio, klojinių išmontavimo procesas tampa sudėtingesnis, o išbetonuojami konstrukcijų paviršiai gali būti pažeisti. Adhezijos koeficientą galima sumažinti paviršių padengiant įvairios rūšies klojinių tepalais. Mineralinių aliejų pagrindu pagaminti tepalai padidina sukibimą, todėl šio tipo klojinių tepalus naudoti nerekomenduojama. Siekiant palengvinti klojinių išmontavimą ir sumažinti sukibimą, naudojami augalinių aliejų pagrindu pagaminti tepalai. Šio tipo tepalai palengvina klojinių išmontavimo procedūras. Galima teigti, jog yra tiesioginė priklausomybė tarp adhezijos ir tepalų rūšies, kuri įtakoja dėmių ir porų atsiradimą suformuoto betono paviršiuje [6].

Drėkinamumo/vilgymo kampas – tai parametras, kuris apibūdina skysčio kontakto su paviršiumi kampą. Dažniausiai naudojami drėkinamumo kampo matavimo metodai apima burbulo metodą, geometrinį metodą, tiesioginį matavimą ir kapiliarų skysčio augimą bandomosios medžiagos pavyzdyje. Labai populiarus kontaktinio kampo nustatymo metodas yra tiesioginis matavimas. [33] Jis matuojamas specialiu prietaisu, kurio sudedamosios dalys yra šios: kamera, šviesos šaltinis, ekranas, dėklas ir stūmoklis. Prieš matavimo pradžią reikalinga išpildyti vieną sąlygą, t. y. reikia žinoti matuojamo paviršiaus šiurkštumą [6].



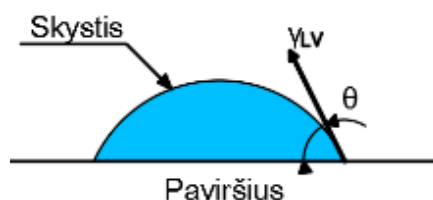
6 pav. Eksperimentinis drėkinamumo kampo matavimo prietaisas [6]

Drėkinamumo kampas yra apibūdinamas pagal Zisman'o lygtį (1):

$$\omega_{LS} = \gamma_{LV} * (1 + \cos\theta) \quad (1)$$

čia γ_{LV} – skysčio paviršinis įtempis;
 θ – vilgymo kampas.

Šioje lygtyje yra du nežinomieji: drėkinamumo arba vilgymo kampas (θ) ir skysčio paviršiaus įtempis (γ_{LV}), kuris nustatomas eksperimentiniais metodais. Vilgymo kampas parodo skysčio kontakto kampą su klojinio skydo paviršiumi, padengtu atitinkamu klojinio tepalu) [6].



7 pav. Skysčio kontakto su paviršiumi kampo schema [6]

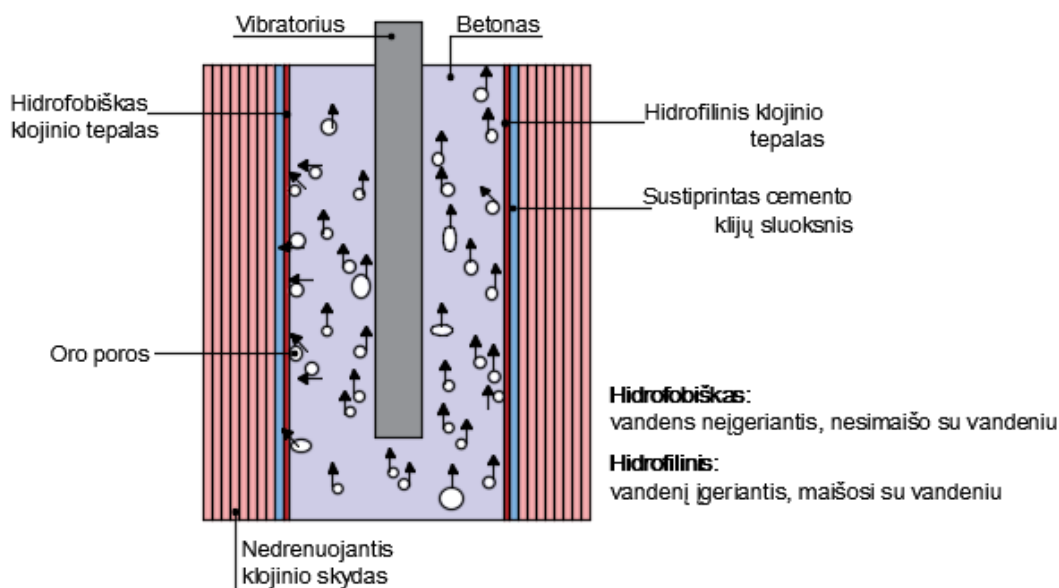
Aukštesnis drėkinamumo laipsnis ir paviršiniai įtempiai didina sukibimo energiją [6]. Vilgymo kampas parodo ar klojinio skydo paviršius pasižymi hidrofobinėmis ar hidrofiliškėmis savybėmis. **Hidrofobiškumas** – medžiagų savybė nesąveikauti su vandeniu, pvz., atstumti vandenį. **Hidrofiliškumas** – medžiagų savybė sąveikauti su vandeniu, pvz., brinkti vandenyje. Standartuose (ACI, DVB ir kt.) yra pateikiami atskiri betono paviršiams keliami reikalavimai priklausomai nuo naudojamų klojinių skydų paviršių savybių, tai yra jų absorbcinių savybių. Nuo šių minėtų savybių priklauso ir suformuoto betono paviršiaus kokybė: spalvų variavimas, oro porų kiekis ir kita. Klojinių skydų vandens absorbcijos įtaka betono paviršiaus kokybės parametrams pateikta lentelėse 3 ir 4 [21].

3 lentelė. Skydų savybių įtaka betono paviršiaus kokybei [21]

Sugeriantys drėgmę skydai	Nesugeriantys drėgmės skydai
Tamsesnis betonuojamos konstrukcijos paviršius.	Šviesesnis betonuojamos konstrukcijos paviršius.
Mažiau susidarančių porų betonuojamame paviršiuje.	Daugiau susidarančių porų betonuojamame paviršiuje.
Šiek tiek padidėja dulktumo polinkis ant išbetonuoto paviršiaus.	Šiek tiek mažesnis polinkis dulktumui ant išbetonuoto paviršiaus.
Spalvos netolygumas dėl drėgmės sugėrimo skirtumo skydų paviršiuje. Atsiranda pilko atspalvio dėmės.	Mažesnė tikimybė pilkų atspalvių atsiradimui, tačiau pastebima tendencija cemento ir smulkių dalelių kaupimuisi išbetonuotame paviršiuje.
Absorbuojantys skydai = greitesnis drėgmės sugėrimas ir išskyrimas. Dėl to išbetonuotos konstrukcijos paviršiuje atsiranda įtrūkimai arba paviršiaus nelygumai.	Mažesnė tikimybė išbetonuotos konstrukcijos įtrūkimų atsiradimui paviršiuje ar paviršių nelygumų susidarymui.

4 lentelė. Skydų vandens absorbcija ir panaudojimo ciklų skaičius [21]

Absorbcijos lygis	Skydų rūšys	Panaudojimo ciklų skaičius	
↑ didėja ↑ Absorbcija:	geras	Liner <i>(ribotas tinkamumas architektūriniam betonui, nelygumų susidarymo rizika išbetonuotame paviršiuje)</i>	nuo 1 iki 15, pagal gamintojo instrukcijas
	vidutiniškas	Mediniai skydai <i>(OSB plokštės, medžio drožlių plokštės)</i>	apytiksliai: nuo 3 iki 5
		Plokštės, nepadengtos plokštės, neapdorotos plokštės	apytiksliai: nuo 3 iki 5 (arba 7)
		Trisluoksnės plokštės, nepadengtos	apytiksliai: nuo 5 iki 8
		Faneros skydai, nepadengti	apytiksliai: nuo 5 iki 8
		Faneravimo lentos su absorbuojančia plėvele	apytiksliai: nuo 3 iki 6
	prastas	Į popierių apvyniota kolonų forma, įmirkyta <i>(kolonų klojiniai)</i>	1
		Plokštės, dengtos	apytiksliai: nuo 8 iki 12
		3 sluoksnių plokštės ir fanera su melamino dervos danga	apytiksliai: nuo 10 iki 15
	labai prastas	Plokštės <i>(fanera, plonos arba storos laminavimo plokštės, OSB medienos plokštės) padengtos plėvele (padidėjus plėvelės storiui sumažėja sugeriamumas)</i>	priklausomai nuo paviršiaus kokybės reikalavimų – iki 35 arba šiek tiek daugiau
		Ant popieriaus apvyniota kolonėlės forma su pritvirtinta plastikine folija	1
		Plastikinės plokštės <i>(kompozicinės konstrukcijos)</i>	priklausomai nuo paviršiaus kokybės reikalavimų – apytiksliai iki 50
		Plastikinės formos, folija, vamzdeliai	pagal gamintojo rekomendacijas
		Metaliniai skydai	priklauso nuo dizaino



8 pav. Klojinių tepalo įtaka [21]

1.2.2. Klojinių skydų tipai

Klojinių skydai klasifikuojami pagal medžiagiškumą, panaudojimo tipą, stiprumą, naudojimo trukmę bei reikalavimus betonuojamos konstrukcijos paviršiui.

Mediniai skydai. Medinių skydų (Timber formwork) rūšis yra bene dažniausiai naudojama statybų sektoriuje. Esant mažoms finansavimo galimybėms, mediniai klojiniai yra naudojami kaip alternatyva. Tam, kad ši klojinių sistema veiktų tinkamai, privaloma išpildyti šias sąlygas:

- skydai turi būti lengvi, o darbas su jais paprastas. Šios sąlygos užtikrina darbo optimalumą bei sumažina jų deformacijų tikimybes sukaland vinimis ar tvirtinant kitomis jungtimis;
- skydai privalo atlaikyti išorinių poveikių keliamas deformacijas betonavimo metu arba normaliomis sąlygomis;
- mediniai skydai privalo atlaikyti veikiančias kirpimo įrašas, kuomet tvirtinimo metu naudojamos vėnys;
- klojiniai privalo išlaikyti pusiausvyrą ir užtikrinti patikimumą betonavimo metu;
- skydai turi būti pakankamai drėgni, jog nesideformuotų ir „neišsipūstų“ konstrukcijos betonavimo metu [3].

Nepriklausomai nuo medienos rūšies, skydams yra nustatytos leistinos tempimo įrašos. Pagal IS:883-1994 reglamentą yra išskiriamos trys grupės, kurios priklauso nuo medienos stiprumo, tipo, tamprumo modulio (E) ir lenkimo įrašų (f_b) [3].

5 lentelė. Leistini medinių skydų įtempiai [3]

Grupė	E (tamprumo modulis)	f_b (leistinos lenkimo įrašos)
A grupė	virš $12,6 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$	virš $18,0 \text{ N/mm}^2$
B grupė	virš $9,8 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ iki $12,6 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$	virš $12,0 \text{ N/mm}^2$ iki $18,0 \text{ N/mm}^2$
C grupė	virš $5,6 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ iki $9,8 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$	virš $8,5 \text{ N/mm}^2$ iki $12,0 \text{ N/mm}^2$

Faneros skydai. Kita klojinių rūšis, kuri naudojama iš presuotos medienos drožlių, – faneros skydai (Plywood formwork). Šie skydai gali būti naudojami daugiau nei vieną kartą, tačiau po kiekvieno panaudojimo turi būti nuvalomi ir paruošiami. Faneros skydų klojiniai yra pigesni nei kiti, o darbas su jais – paprastesnis. Tai dažniausiai statybose naudojama medžiaga, kadangi skydai gali būti pjaustomi ir surinkti statybos aikštelėje [3].

Faneros skydai sudaryti iš kelių sluoksnių, kurie yra sulipinti vienas su kitu. Viršutinis sluoksnis padarytas standesnis tam, kad betonavimo metu neatsirastų deformacijų. Jų yra įvairių storių ir skirtingų paviršių. Vienas iš šių klojinių minusų: jie negali būti naudojami skirtingomis oro sąlygomis, kitaip nei plieniniai klojiniai [3].



9 pav. Faneros skydų sijiniai klojiniai [4]

Betonavimo metu reikalinga parinkti tokio storio skydus, kurie atlaikytų betono keliamas įrašas. Tam tikslui naudojama leistinių įtempimų lentelė, kurioje nurodomos įrašos perdangos plokščių ir sijų betonavimo metu [3].

6 lentelė. Leistini faneros skydų įtempiai [3]

Atstumas tarp skydų, mm	Didžiausia leistina apkrova (kg/m ²) skirta statmenai skydų ašiai		Didžiausia leistina apkrova (kg/m ²) skirta lygiagrečiai skydų ašiai	
	9-mm storio sk.	12-mm storio sk.	9-mm storio sk.	12-mm storio sk.
300	1270	1950	760	1220
400	540	850	320	540
450	320	640	195	390
600	170	360	110	170

Faneros skydų klojiniais keliami ir kiti reikalavimai. Šio tipo klojinių skydai privalo būti ilgaamžiai esant šlapioms ir sausoms oro sąlygoms. Siekiant išvengti nereikalingų deformacijų betonavimo metu, šios sąlygos turi būti užtikrinamos, nors kartais jos tik padaro skydus brangesniais. Pagal standarto IS: 4990-1993 keliamus reikalavimus, skydai privalo įgerti kiek įmanoma mažiau drėgmės, kitaip betonavimo metu bus sugerta drėgmė iš betono. Tokiu atveju, likusi nesugerta drėgmė liks prie betono ir trukdys cemento hidratacijos procesui, dėl kurio konstrukcija neturės pakankamai didelio stiprumo [3]. Kita problema, kylanti dėl drėgmės įgėrimo, atsiranda skydų numontavimo metu. Ji sukelia faneros plaušų prilipimą prie betono paviršiaus, o tai turi įtakos betono konstrukcijos paviršiaus kokybei. Rekomenduojama naudoti kietos medienos fanerą, kurios atskirų sluoksnių klijavimui naudojama derva yra netirpi, o tarpusavyje suklijuoti faneros sluoksniai neatsisluoksniuoja [3].

Tam tikra priežiūra turi būti atlikta sandėliuojant faneros skydus. Skydai privalo būti sandėliuojami tokioje vietoje, kuri nebūtų apšviesta tiesioginių saulės spindulių ar veikiami tiesioginio karšto vasaros vėjo. Tokiomis sąlygomis naudojamų klojinių medienos plaušai išdžiūsta ir praranda pradinį stiprumą. Siekiant išvengti šios problemos, skydus rekomenduojama padengti tam skirtais tepalais, kurie padeda apsaugoti klojinius nuo anksčiau išvardintų oro sąlygų [3].

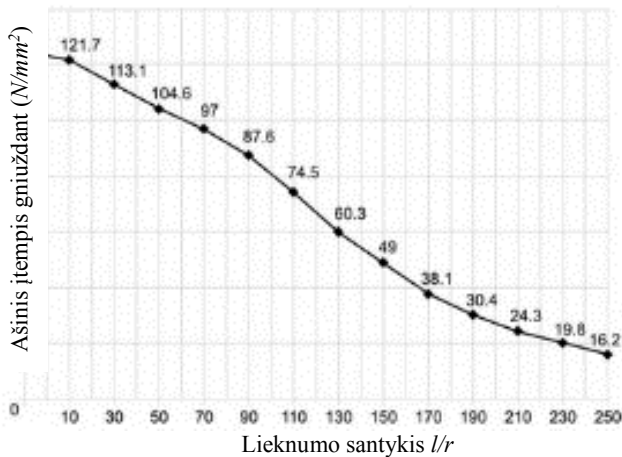
Fenolio derva ir polimerine plėvele dengti skydai – itin populiarėjantys šiuolaikinėse statybose. Šie skydai suteikia tokius privalumus, lyginant su standartiniais:

- skydai atsparūs drėgmei;

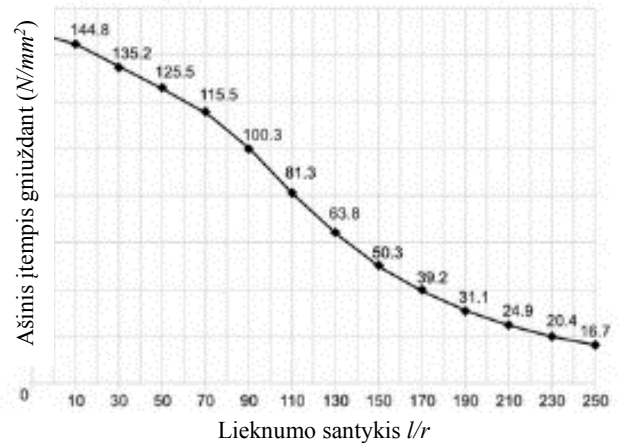
- atsparūs betonavimo metu atsirandantiems skydų paviršiaus pažeidimams;
- betono paviršius tampa lygus, turi mažiau porų;
- daugkartinis klojinių panaudojimas [3].

Plieniniai klojiniai. Lyginant su mediniais ar faneros skydų klojiniais, plieninių klojinių (Steel formwork) panaudojimo metu gaunamas lygesnis betonuojamos konstrukcijos paviršius, o jų panaudojimas – ekonomiškėsnis dėl daugkartinio panaudojimo. Jei klojiniai naudojami pavieniam betonavimui, tai kaina gali išaugti neadekvačiai, net jei ir nenaudojami jokie apsauginiai tepalai. Šie klojiniai išsiskiria iš kitų savo stiprumu ir tvirtumu. Jų tvirtinimas yra ganėtinai paprastas. Šiam tikslui naudojamos tam skirtos tvirtinimo detalės [3].

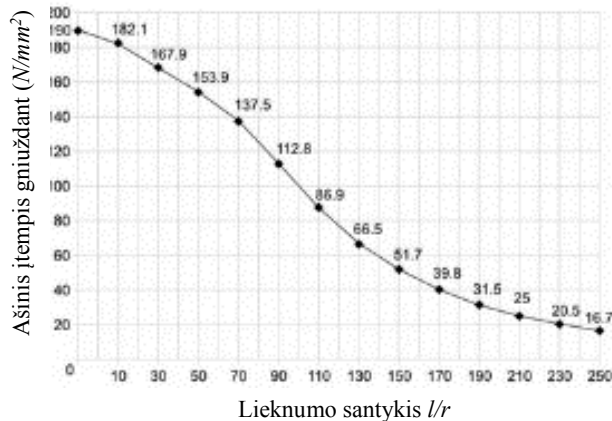
Plienas šiuo metu naudojamas tunelio formos statinių statybai. Plieno paviršius turi būti apdorotas atsargiai, nes bet kokie paviršiaus pažeidimai ir defektai atsispindės įrengto betono paviršiuje [8]. Plieniniams klojiniams skirtų lakštų yra įvairių storių. Priklausomai nuo klojiniai tenkamos apkrovos yra atliekami skaičiavimai, kurių pagrindu galima sumažinti plieno lakšto storį ir gauti ekonomiškėsnį variantą. Skaičiavimo metu remiamasi sudarytais grafikais ir kitomis įrašomis, kurios apibūdintos žemiau. Grafikuose matome, jog įtempiai klasifikuojami pagal Yst 22, 25 ir 35 įverčius. Šie įverčiai naudojami projektavimo etape, nusako leistiną apkrovą kirpimo, gniuždymo, tempimo ir šlyties skaičiavimo metu (7 lentelė). Vadovaujantis šiais įverčiais apskaičiuojame apkrovą į klojinio sienelę bei parenkame reikiamą plokštelės storį [3].



a) pagal Yst 22 įverčius



b) pagal Yst 25 įverčius



c) pagal Yst 32 įverčius

10 pav. Leistini įtempiai

Skaičiavimo eiga:

1. Gniuždymo įrašos - nustatomos pagal skirtingas lakšto ilgio ir storio santykio sąlygas. Paveikslai 10 parodo atitinkamai Yst 22, Yst 25 ir Yst 32 dydžių vertes;
2. Tempimo įrašos – tiesioginis skerspjuvio plote veikiantis tempimas F_t negali būti didesnis už lentelės 7, (2) stulpelio pateiktas vertes pagal anksčiau išvardintus įverčius;
3. Lenkimo įrašos – leistini įtempiai F_v negali būti didesni už lentelės 7, (3) stulpelio pateiktas vertes pagal anksčiau išvardintus įverčius;
4. Šlytis - leistini įtempiai F_s negali būti didesni už lentelės 7, (4) stulpelio pateiktas vertes pagal anksčiau išvardintus įverčius;
5. Atramos apkrova - leistini įtempiai F_q negali būti didesni už lentelės 7, (5) stulpelio pateiktas vertes, pagal anksčiau išvardintus įverčius [3].

7 lentelė. Leistini plieninių klojinių įtempiai [3]

Įvertis	Tempimo įtempis, F_t (N/mm^2)	Lenkimo įtempis, F_v (N/mm^2)	Šlyties įtempis, F_s (N/mm^2)	Atramos apkrova F_q (N/mm^2)
1	2	3	4	5
Yst 22	125	140	90	170
Yst 25	150	165,5	110	190
Yst 32	190	205	135	250

Aliuminiai klojiniai. Aliuminiai klojiniai panašūs į metalinius klojinius. Kai kuriais atvejais, jie yra geresnė alternatyva, nei pastarieji. Jų tankis mažesnis, o tai suteikia didesnę tempimo ar gniuždymo stiprį. Kitas šių klojinių privalumas yra tas, jog jų surinkimo ir išardymo laikas mažas, o priežiūra ir transportavimas nereikalauja daug lėšų bei išskirtinių sąlygų [3].

Aliuminių klojinių ypatybės:

- aliuminiai klojiniai yra panašūs į metalinius;
- dėl mažesnio tankio ir savojo svorio galima naudoti didelius skydus, kitaip nei lyginant su metaliniais;
- reikalauja mažiau darbo jėgos. Priežiūra paprasta;
- tam tikri aliuminio skydai yra atsparūs betono bei atmosferos keliamai korozijai;
- naudojamos lengvos tvirtinimo detalės [3].

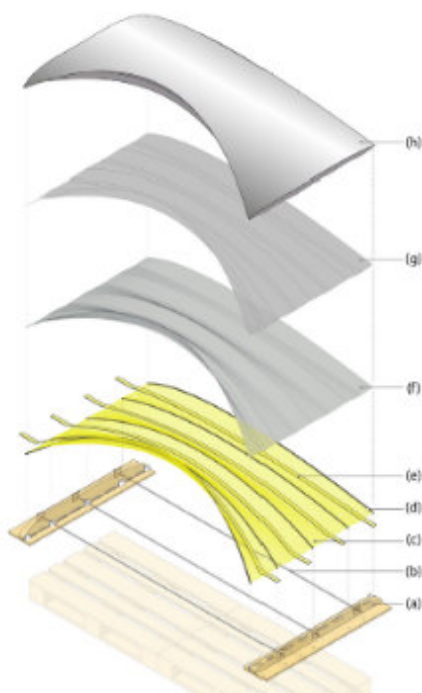
Plastikiniai klojiniai. Plastikiniai klojiniai naudojami kaip geresnė alternatyva mediniams klojiniams. Šie klojiniai ne tik draugiški aplinkai, bet ir suteikia geresnę betono paviršių. Sujungtos klojinių formos lengvos, atsparios korozijos poveikiams bei lengvai atnaujinamos, todėl tinkamos daugkartiniam panaudojimui. Statybos aikštelėje šie klojiniai lengvai surenkami ir išardomi, todėl sutaupoma laiko. Pramonėje šie klojiniai naudojami dėl to, jog leidžia išgauti išskirtines formas, o tai itin svarbu šiuolaikinėje architektūroje [3].

Plačiausiai žinomi plastikiniai klojiniai gaminami iš PVC, neopreno, ir polipropileno medžiagų, kurios sustiprintos stiklo plaušo atraižomis. Plastikinių klojinių pramonė yra pažengusi šiuolaikinėje visuomenėje, todėl kuriami nauji medžiagų deriniai injekciniais metodais [3]. Šios medžiagos buvo sukurtos kaip alternatyva, siekiant išvengti dėmių atsiradimo betono paviršiuje ir su vandeniu

susijusių problemų. Dažniausiai gamintojai reikalauja ilgo tarnavimo laiko ir aukštos kokybės apdailos, o šio tipo klojiniai tenkina tokius reikalavimus [8].

Kitų medžiagų skydai, liktiniai klojiniai. Kitų medžiagų skydai arba dar kitaip vadinami liktiniai klojiniai yra rečiau naudojami statybos sektoriuje. Dažniausiai šio tipo klojinius galime pamatyti išskirtinio architektūrinio dizaino betoninių skulptūrų betonavimo metu. Šio tipo klojiniai skirstomi:

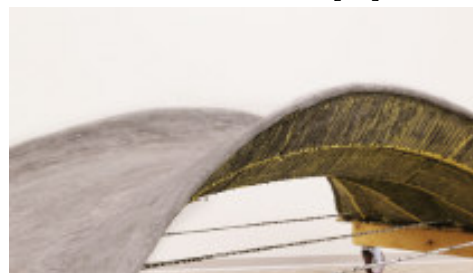
1. *Tinko formų klojiniai.* Šie klojiniai naudojami dekoratyviniais tikslais. Paruoštas dekoratyvinis tinkas, plonu sluoksniu supilamas ant kito tipo klojinių paviršiaus, tokių kaip: mediniai ar plieniniai, vėliau paliekama kietėjimo procesui. Kuomet konstrukcija įgauna reikiamą betono stiprį, klojiniai išmontuojami. Gaunamas lygus ir tinkuotas konstrukcijos paviršius [3].



11 pav. Tipinis tinko formų klojinytis. (a) medinės atramos; (b) srieginių strypų jungtis; (c) megztas audinys; (d) lenkiamas strypas; (e) įtempimo juosta; (f) cemento danga; (g) skiedinys; (h) struktūrinis betonas [19]



12 pav. Tinko formų klojinių betonavimas torkretavimo būdu [19]



13 pav. Tinko formų klojinių formos pavyzdys [19]

Šių klojinių naudojimo metu reikia atkreipti dėmesį į slėgio pasiskirstymą ant tinklo, kadangi audinys nėra priskirtas apkrovoms laikyti. Kad būtų sumažintas betono mišinio slėgis į tinklo akutes yra naudojamos medinės atramos, kurios perima dalį apkrovos. Betonavimo procesas gali būti vykdomas skirtingais metodais: torkretavimo būdu ar tiekiant betono mišinį siurbliais [19].

2. *Kietų lentų skydai.* Tai skydai, kurie gaminami iš presuotos medienos pluošto. Gaminimo metu jie impregnuojami ir išsiskiria savo stiprumu, mažu drėgmės įgėrimu ir dilumu. Dažniausiai šie skydai yra plonesni, lengvesni. Šios savybės leidžia išgauti lenktas formas [3].
3. *Nepastovių formų klojiniai.* Tai klojiniai, kurie lieka betonuojamoje konstrukcijoje po betonavimo ir visu jos eksploatavimo metu. Dažniausiai šio tipo klojiniai naudojami Vokietijoje ir Jungtinėse Amerikos Valstijose. Betonuojant įvairias konstrukcijas, tokias kaip gelžbetoninės perdangos plokštės, betonavimo metu panardinamos presuoto pluošto plokštės, kartoniniai vamzdžiai ir kiti liktinių formų klojiniai, taip suformuojamos ertmės [3].

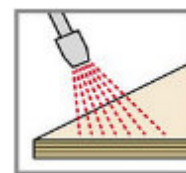
4. *Pluoštinių formų klojiniai*. Tai tokie klojiniai, kurie taip pat naudojami kaip liktiniai klojiniai. Jie skiriasi nuo anksčiau minėtų klojinių tuo, jog daugiausiai naudojami betonuojant sienas, stogus, ten kur reikalinga suformuoti ertmes komunikacijoms praversti. Betonavimo metu naudojami stiklo pluošto arba mediniai tarpikliai, kurie suformuoja tuštumą. Dažniausiai tarpikliai nėra dideli ir gali būti pašalinami, kai betonas įgauna reikiamą stiprumą [3].
5. *Gipso plokštės*. Šios plokštės naudojamos siekiant sukurti meninį dizainą ar dekoratyvinį raštą, betonuojamos konstrukcijos paviršiuje. Gipso mišinys yra sustiprinamas kokoso pluošto tinklu, kuris atlieka armavimo funkciją. Vis dėl to gipso trapumas priverčia susimąstyti ar verta naudoti šio tipo plokštes, nes jos yra neilgaamžės ir neatsparios išoriniams poveikiams [3].
6. *Audinių klojiniai*. Tai klojiniai, kurie yra lankstūs ir įrengiami vietoje standžių klojinių. Jie gali būti naudojami betonuojant sudėtingas, nevienodos formos konstrukcijas ar skulptūras. Vienas iš šio tipo klojinių privalumų – jie lengvi ir nereikalauja ypatingų sandėliavimo sąlygų, todėl sutaupoma tam tikra dalis lėšų. Tačiau, nepaisant šių privalumų, taip pat yra ir trūkumų. Vienas iš jų – klojiniai nėra stiprūs, o jų panaudojimo sritis siaura, nėra daug ekspertų. Dėl šių ir kitų priežasčių, klojiniai yra retai naudojami statybos pramonėje [3].

1.3. Naudotų skydų paviršių atnaujinimo/apdirbimo būdai

Klojinių ilgaamžiškumas, betonuojamų konstrukcijų paviršių kokybė, darbo imlumas nuimant klojinius, priklauso ne tik nuo jų konstrukcinių parametrų bei charakteristikų, bet ir nuo jų priežiūros, paviršiaus paruošimo prieš betonuojant. Viena tokių pagrindinių priemonių yra paviršių, kurie liečiasi su betonu, tepimas specialiais tepalais. Statybinių organizacijų patirtis rodo, kad gerai prižiūrimų klojinių naudojimo trukmė padidėja du ir daugiau kartų. Naudojant inventorinius klojinius, būtina gerai nuvalyti visus cemento skiedinio ir betono likučius nuo klojinio paviršiaus ir ištepti tepalu [5]. Teisingas apdorojimas ir valymas prailgins klojinių skydų gyvavimo ciklą. Žemiau pateikiamos PERI įmonės rekomendacijos, siekiant daugkartinio klojinių panaudojimo užtikrinimo.

Privalomų veiksmų sąrašas prieš klojinių panaudojimą:

- Briaunų ir skylių sandarinimas. Gamybos įmonėje padengta fanera yra apsaugota lako sluoksniu išilgai visų keturių kraštų. Po pjovimo ar gręžimo dar kartą reikėtų atkurti šią apsaugą, kuri atlieka apsaugos nuo drėgmės funkciją. Jei šie darbai neatliekami, tada į kampus ir išgręžtas skylės patenka drėgmės, kuri įtakoja klojinio deformacijas. Kraštai gali pakilti ar išsigaubti.
- Prieš naudojimą reikia sutepti. Klojinių plokštes reguliariai apdorokite tinkamu tepalu. Užtepkite ploną ir lygų sluoksnį. Perteklinis kiekis turi būti nuvalytas šluoste. Geriausių rezultatų galima pasiekti naudojant aukštos kokybės betono tirpinimo priemones;
- Kiti patarimai: naudoti tinkamas tvirtinimo detales, kad būtų išlaikytos tinkamos formos; vengti vaikščioti ant skydo paviršiaus. Purvas ant batų pado gali subraižyti klojinio paviršių, o tai turės įtakos betono paviršiaus kokybei; transportavimo metu turi būti užtikrinamas klojinių pastovumas [9].



Privalomų veiksmų sąrašas po klojinių panaudojimo:

- Nuvalymas po naudojimo. Klojinių plokštes privaloma nuvalyti iš karto po jų demontavimo. Valymo metu reikia naudoti tinkamus valymo įrankius ir vengti valymo su aukšto slėgio tiekimo prietaisais, nes klojinio paviršius gali būti pažeistas. Jei taip nutiko, privaloma iš karto sutvarkyti atsiradusius pažeidimus. Tam tikslui naudojami įvairūs tepalai, kurie užglaisto atsiradusias skylės. Kuomet atliekami visi paminėti darbai, užtikrinamas tinkamas klojinių sandėliavimas [9].



Taigi, didelę įtaką monolitinių betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų paviršiaus kokybei turi klojinių paviršius, betonavimo metu besiliečiantis su betonu. Todėl metaliniai paviršiai yra ištepami specialiais tepalais [5]. Jie taip pat naudojami siekiant užtikrinti klojinių ilgaamžiškumą, todėl privaloma naudoti specialius tepalus, kurie ne tik sumažina arba visiškai panaikina betono sukibimą su klojinio paviršiumi, bet ir apsaugo skydą nuo išorinių pažeidimų. Nepriklausomai nuo klojinių tepalo sudėties, tepalams keliami reikalavimai, pateikti žemiau 14 paveiksle.



14 pav. Klojiniams keliami reikalavimai

Pagal savo kokybę ir veiksmingumą visų rūšių klojinių tepalus galima suskirstyti į tokias sutartines grupes: plėvelę sudarantys; hidrofobiniai; tepalai, lėtinantys rišimąsi ir kompleksiniai. Plėvelę sudarantys tepalai bene efektyviausiai ištepa klojinių paviršių, besiliečiantį su betonu. Juos sudaro naftos produktai (0,3-0,5 masės dalys); degtosios kalkės (1 masės dalis), skystasis stiklas (0,4-0,45 dalys) ir vanduo (2-2,5 dalys). Hidrofobiniai tepalai - tai tokie tepalai, kurie ant klojinių skydo paviršiaus sudaro vandens atstumiamąją plėvelę. Šie tepalai yra plačiai paplitę ir gali būti įvairių sudėčių, kurių pagrindinės pateiktos 8 lentelėje [5].

8 lentelė. Hidrofobiniai klojinių tepalai ir jų sudėtys [5]

Tepalas	Komponentai ir sudėtys (masės dalys arba procentais)	Naudojimo sritys
Solidolinis	Solidolas – 2; benzinas – 0,5-3; parafinas – 0,5-1,6 m.d.	Metalinų ir medinių klojinių skydams ištepti, taip pat ir žiemos sąlygomis
Petrolatumo žibalo	Petrolatumas – 1; žibalas – 3 m.d.	Metalinų ir medinių klojinių skydams ištepti, taip pat žiemos sąlygomis
Mašininis tepalas	Mašininio tepalo – 2,5-3; kulininis garvežių tepalas – 1-1,5 m.d.	Metalinų ir medinių klojinių skydams ištepti, taip pat termiškai aktyvių
Įvairūs tepalai	Silicio organinis skystis – 98,6-99,2; grafito milteliai – 0,8-1,2%	Metalinų ir medinių klojinių skydams ištepti, taip pat termiškai aktyvių
	Mašininio tepalo – 35-70%; polietilhidrosiloksanas – 5-10; talkas – 10-15%	Metalinų ir medinių klojinių skydams ištepti, taip pat termiškai aktyvių
	Mašininio tepalo – 90-96; mažamolekulis polietilenas (vaškas) – 4-10%	Metalinų ir medinių klojinių skydams, naudojamiems vasarą ir žiemą, ištepti. Galima naudoti ir termoaktyviems klojinams
Pieri® Decobio C-13	Maišoma santykiu 1:4 (vanduo:koncentratas)	Augalinių maistinių aliejų pagrindu pagamintas tepalas naudojamas horizontaliems ir vertikaliems plieniniams, sluoksniniams mediniams ir plastikiniams klojinams.
Sika® Separol® W-320	Tepalo tankis: 0,97 g/cm ³ (+20° temperatūroje). Sąnaudos: ~140 m ² /kg	Vandens emulsijos pagrindu pagamintas klojinių tepalas, kuris naudojamas tiek ant absorbuojančių, tiek ant ne absorbuojančių paviršių.
Sikagard® 740W	Tankis: 0,95 kg/l (+25° temperatūroje). Lakiųjų organinių junginių kiekis < 350 g/l Cheminė bazė: Alkoksilanas	Hidrofobiškas silano (SiH ₄) emulsijos pagrindu pagamintas klojinių tepalas. Jis naudojamas kaip vandeniui atsparus impregnavimo sluoksnis absorbuojantiems klojinams.
Ortolan Basic 761	Tankis: ~ 0,84 g/cm ³ ; Sąnaudos: ~ 10-15 ml/m ² (neabsorbuojantiems) ~ 15-30 ml/m ² (absorbuojantiems) Bazė: mineralinė alyva su priemaišomis	Mineralinių alyvų pagrindu pagamintas tepalas, kuris naudojamas absorbuojantiems ir ne absorbuojantiems mediniams, metaliniams ar plastikiniams klojinių paviršiams.
Ortolan Bio 771	Tankis: ~ 1,00 g/cm ³ ; Sąnaudos: ~ 20-35 ml/m ² . Cheminė bazė: stiprus alkoholis / vandens emulsijos pagrindas	Vandens emulsijos pagrindo, ekologiškas klojinių tepalas. Tinkamas mediniams, metaliniams, plastikiniams klojinių paviršiams.
Rheofinish 215	Baltos spalvos skystis; tirpalo tankis – 0,96 g/cm ³ ; klampa – 30 MPa•s; pH – 8,5; naudojimo temperatūra – nuo 0°C (pageidautina +20°C±5°C).	vandens emulsijos klojinių tepalas turintis antikorozinį poveikį. Jis taip pat yra atsparus aukštomis temperatūroms, pagamintas iš riebiųjų rūgščių esterių alyvos.

Atsižvelgiant į reikalavimus, atlikta klojinių tepalo įtakos analizė metaliniams klojiniams ir betono paviršiams. Dažniausiai tik po klojinių išmontavimo darbų galime patikrinti betono paviršiaus kokybę, pamatyti išbetonuotos konstrukcijos bei demontuoto klojinio paviršius. Tarp šių dviejų paviršių yra tam tikras ryšys, kuris priklauso nuo betono klojimo laiko ir kitų sąlygų. Kai nėra skiriamojo sluoksnio, klojinius demontuoti tampa sudėtinga, ypač nepažeidžiant betonuojamos konstrukcijos paviršiaus. Dėl šios priežasties tepalai turi būti pasirinkti priklausomai nuo klojinių rūšies bei paviršiaus. Tokios medžiagos turi būti tolygiai paskirstytos visame klojinio plote, ant švaraus paviršiaus ir plonais, vienodo storio sluoksniais. Tikėtina, jog mineraliniai aliejai daro neigiamą poveikį aplinkai, o naftos pagrindu išskiriančios medžiagos sukelia žmonių profesines ligas (odos dirginimą, kvėpavimo takų ligas ir kt.). Norėdami pašalinti šiuos trūkumus, naudojami aliejai su augaliniu pagrindu ir sintetiniai aliejai. Abu laikomi mažiau kenksmingais [10].

Lyginant kelis klojinių tepalų variantus, nustatyta jų įtaka betono bei klojinio paviršiams. Lyginamieji tepalai: sintetinė alyva ir augalinio aliejaus pagrindu paruoštas tepalas. Padengus šiuos tepalus ant plieninių klojinių, matome, kokią įtaką jie turi klojinių paviršiui (15 paveikslas) [10].



15 pav. Klojinio paviršiaus vaizdas prieš ir po padengimo sintetinė alyva [10]



16 pav. Klojinio paviršiaus vaizdas prieš ir po padengimo tepalu augalinio aliejaus pagrindu [10]

Šis daugiakriterinis tyrimas buvo atliktas siekiant išsiaiškinti tepalo rūšies pasirinkimą ir jo naudojimo sąlygas tiek klojinių nuėmimui, tiek jų kokybei, atliekant betonavimo darbus prie skirtingų temperatūrų. Klampos matavimai temperatūros intervale nuo 0° C iki 40° C parodė, kad alyvos klampumas iš esmės skiriasi nuo 20° C, o tai gali apsunkinti aliejų purškimą ant klojinių skydų. Remiantis atliktais eksperimentais nustatyta, kad užpurkštos ant skydo paviršiaus alyvos plėvelės storis priklausė nuo purškiamos alyvos klampumo: kuo skystesnis aliejus, tuo storesnė plėvelė. Vadinas, storis kinta priklausomai nuo temperatūros. Esant klojinio skydo paviršiaus pažeidimams, ypač patogu naudoti augalinių aliejų pagrindu pagamintus tepalus, nes jie sumažina klojinio paviršiuje padarytų pažeidimų įtaką suformuotos betono konstrukcijos paviršiuje. Pagal įvairius

bandymų rezultatus nustatyta, kad augalinio aliejus pagrindu pagamintas tepalas suteikia geriausią estetinį rezultatą, kalbant apie paviršiuje esantį porų kiekį, spalvų variavimą ir išvaizdą [10].

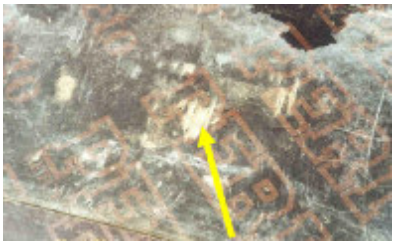


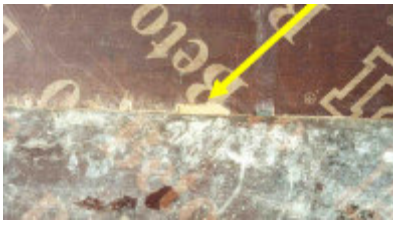



Vis dėlto, nuo tepalo plėvelės storio priklauso ir kiti rodikliai: prilipusios dėmės ant numontuotų klojinių skydų paviršiaus ir skydų dulketumas. Pastarasis gali atsirasti ir dėl per sauso tiekiamo betono mišinio. Dėmės ant klojinio paviršiaus gali atsirasti jei padengtas storesnis tarpinis sluoksnis, pvz., naudojant mineraliniu pagrindu pagamintus tepalus. Kaip ir buvo minėta anksčiau, siekiant užtikrinti minimalų tarpinio sluoksnio storį, tinkamiausia naudoti augalinių aliejų pagrindu pagamintus tepalus.

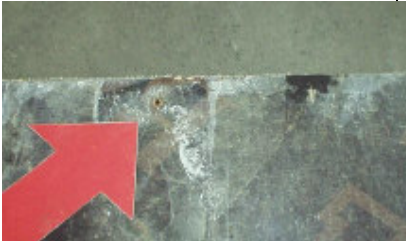



17 pav. Išbetonuoto ir klojinio paviršių analizė ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) [10]

Priklausomai nuo klojinių sugadinimo lygio, privaloma įvertinti ar galimas skydo remontas. Įmonės PERI nuomojamos įrangos kriterijuose, nustatytos rekomendacijos klojinių skydų remontui. Jos pateiktos žemiau esančioje 9 lentelėje.

9 lentelė. Panaudotų klojinių defektai [7]

Sugadinimas	Savybė	Remonto instrukcijos	Pavyzdys
Smulkūs pažeidimai. Pažeistas viršutinis faneros sluoksnis.	pažeidimo gylis < 1 mm.	Neremontuojama jei pažeidimo dydis iki 40 cm ² (pvz.: 10x4 cm arba 8x5 cm);	
	pažeidimo gylis ≥ 1 mm.	Neremontuojama	
Nuskeltas kampas	< 5 mm, pažeisti keli sluoksniai	Neremontuojama	
	≥ 5 mm	Neremontuojama	
Briaunos pažeidimai	plotis < 5 mm, negilus pažeidimas vienoje faneros pusėje, kita – nepažeista	Neremontuojama	 
	plotis ≥ 5 mm	Neremontuojama. Nebetinkama naudoti.	
Supjauta fanera	-	Neremontuojama. Nebetinkama naudoti.	
Įpjauta fanera	-	Neremontuojama. Nebetinkama naudoti.	

Vinies skylė	<ul style="list-style-type: none"> - įkalta vinis, neišplėšta fanera priešingoje pusėje - įkalta vinis, išplėšta fanera priešingoje pusėje 	<p>Neremontuojama.</p> <p>Neremontuojama.</p>	
Išgręžtos skylės	<p>> Ø3 – 35 mm</p>	<p>Neremontuojama.</p>	
Nevalyta fanera	<ul style="list-style-type: none"> – Sutepta betonu – Sutepta taip, kad nebensivalo – Išbrinkusi, išpūsta fanera > 1 mm 	<p>Mechaninis valymas</p> <p>Neremontuojama.</p> <p>Neremontuojama.</p>	<p>-</p>




2. Betono paviršiaus kokybė


Betono monolitinių konstrukcijų betonavimo metu atsiranda įvairių pažeidimų, kurie įtakoja jos vaizdą ir savybes. Siekiant užtikrinti betonuojamos konstrukcijos paviršiaus kokybę, projektavimo metu yra nustatomi tam tikri reikalavimai, kurie privalo būti užtikrinti. Šiame skyriuje aprašomi betono paviršiaus defektai, jų prevencija ir kokiais metodais pažeidimai yra nustatomi.


2.1. Pagrindiniai betono paviršiaus defektai bei jų prevencija

Betonavimo proceso metu visada siekiama išgauti reikalaujamą betono paviršiaus kokybę. Šiam tikslui naudojami papildomi klojinių paviršiaus apdirbimo būdai, tepalai ir kt. Siekiant apibrėžti betoninių paviršių kokybę yra nustatytos tam tikros paviršių atitikimo klasės, atsižvelgiant į defektų prigimtį ar atsiradimo pobūdį. Žemiau pateiktoje lentelėje parodytas paviršiaus pažeidimų, kurie atsiranda per tam tikrą laikotarpį, klasifikavimas.

10 lentelė. Betoninių paviršių klasifikacija [11]

Skaidymo lygis	Nukrypimas nuo normų	Apibūdinimas	Architektūrinio betono (AC) defekto plotas, %	Pavyzdys
A sąlyga $Sw < 1\%$	-	Jokių pastebimų defektų	-	
B sąlyga $1\% < Sw \leq 10\%$	Estetiniai	Nešvarumų dėmės Drėgmės dėmės Korozijos dėmės Susidėvėjimas / erozija Poringumas	< 15% < 10%	
	Konstruktiniai	Plokščių defektai	< 20%	
C sąlyga $10\% < Sw \leq 20\%$	Estetiniai	Purvo dėmės Drėgmės dėmės Korozijos dėmės Susidėvėjimas / erozija	40% 30%	
	Mechaniniai	Augalų sukelti pažeidimai	< 10%	

		Išsiskaidymas Šiurkštumas Orientuotas įtrūkimas ($\leq 0,5 \text{ mm}$)	< 20%	
	Konstrukciniai	Plokštumo defektai Tvirtinimo žymės Koriai Plutos Klojinių žymės	50% $\leq 5\%$ < 10%	
D sąlyga $20\% < S_w \leq 50\%$	Estetiniai Mechaniniai Konstrukciniai	Nešvarumų dėmės Drėgmės dėmės Korozijos dėmės Susidėvėjimas / erozija Poringumas Biologinis augimas Augalų sukelti pažeidimai Išsiskaidymas Šiurkštumas Plyšio žemėlapis Orientuotas įtrūkimas ($> 0,5 \text{ mm}$ e $< 3 \text{ mm}$) Orientuotas įtrūkimas ($\geq 3 \text{ mm}$) Plokščių defektai Tvirtinimo žymės Koriai Plutos Klojinių įspaudai	> 40% 30% < 50% $\geq 5\%$ < 5% > 50% > 5% $\geq 10\%$	

E sąlyga Sw > 50%	Mechaniniai	Išskaidymas Šiurkštumas Įtrūkimai Orientuotas įtrūkimas (≥ 3 mm)	> 30% ≥ 50% ≥ 5	
----------------------	-------------	--	---------------------------	---

Pagrindiniai betono paviršiaus defektai, kurie analizuojami vertinant išbetonuotos konstrukcijos paviršių, apibūdinti žemiau esančioje 11 lentelėje.

11 lentelė. Betoninių paviršių defektai

Kriterijus	Apibūdinimas
Tekstūra	Apibūdina paviršiaus vientisumą. Klojinio paviršiuje atsirandantys klojinių įspaudai, nelygumai ir kt. įtakoja tekstūros klasę betono monolitinės konstrukcijos paviršiaus vertinimo metu.
Poringumas	Ne dideli pažeidimai betono paviršiuje, kai betonavimo metu susidaro ne didelės „akutės“. Vadinamos oro poros dydis dažniausiai siekia iki 1 mm, o tokie defektai taisomi remontiniu mišiniu. Siekiant išvengti atvirų porų atsiradimo betono paviršiuje, reikia naudoti klojinius (pasižymintčius absorbcinėmis savybėmis), kurie sugertų drėgmę.
Spalvos variavimas	Dėl klojinių atskirų elementų nevienodų vandens sugėrimo savybių betono paviršius yra nevienodo atspalvio. Dažniau naudojant tuos pačius klojinius, keičiasi ir jų sugėrimo savybės ir kartu betono paviršiaus atspalvis. Praktika ir tyrimai rodo, kad gražiausi ir kokybiškiausi betono paviršiai gaunami naudojant klojinių skydus iš kieto medžio plaušo plokščių ar vandeniui atsparios faneros, kurie padengti tepalais. Apskritai betono paviršiaus atspalvis priklauso ir nuo cemento rūšies, betono mišinio sudėties, klojimo technologijos, tankinimo būdo, betonavimo temperatūros ir daugelio kitų veiksnių. Didelę reikšmę turi klojinių paviršiaus dengiamieji tepalai, jų konsistencija, užtepto sluoksnio storis. Jeigu klojinių sugėrimo savybės blogesnės, reikia daugiau tepalų emulsijos pagrindu [5].
Betono paviršiaus nelygumas (plokštumas)	Išbetonuotos konstrukcijos savybė, kuri atsiranda netinkamai įvertinus betono mišinio slėgį į klojinio sienutes. Betonuojama konstrukcija gali išlinkti ir prarasti savo estetinį vaizdą, taip pat prarasti savo projektines savybes. Siekiant eliminuoti šį kriterijų, būtina parinkti tinkamus klojinius, kurie atlaikytų betono mišinio slėgio, temperatūros ir išorinių veiksnių keliamas deformacijas.
Konstruktinės jungtys ir skydų sandūros (įspaudai)	Kai kuriais betono paviršiaus vertinimo metodais, šis kriterijus įvertinamas kaip tekstūrą įtakojantis veiksnys. Šį veiksnių eliminuoti beveik neįmanoma, tačiau galima sumažinti silikono pagalba sandarinant klojinių jungtis. Įspaudai remontuojami tepant remontinius mišinius.
Korėjimas	Šis betono paviršiaus defektas atsiranda dėl nepastovaus užpildo dalelių pasiskirstymo. Taip pat gali atsirasti ir dėl oro tuštumų formavimosi prie klojinio paviršiaus betonavimo metu. Pastaroji sąlyga atsiranda dėl per mažo mišinio pasklidimo ar per didelės mišinio platinės klampos.
Šaltos siūlės	Betonuojant, betono mišinio klodai neturėtų būti aukštesni nei 60 cm. Kiekvienas vėlesnis betono mišinio sluoksnis turėtų būti klojamas, kai apatinis jau yra pradėjęs risti. Dažniausiai tai yra 45 – 60 minučių laiko tarpas, priklausomai nuo aplinkos oro temperatūros. Per didelis laukimo laikas tarp betonuojamų klodų dažniausiai suformuoja šaltąsias siūles, kurios žymiai susilpnina betono sluoksnių sukibimą tarpusavyje. Šaltosios siūlės išryškina matomas linijas tarp skirtingu metu suklotų mišinio klodų (skirtinga spalva žemiau ir aukščiau esančios siūlės). Linijų atsiradimą gali iššaukti nedideli pakitimai cemento tešlos V/C santykiuje klojant skirtingų partijų mišinio klodus, pvz., viename klode užpildų smulkiosios dalelės

	kartu su mišiniui paruošti naudojamu vandeniu išplaukia į paviršių prie klojinio sienelės, o kitame ne. Tai sąlygoja spalvų skirtumus tarp atskirų klotų [17].
Rūdys paviršiui	Rūdys išbetonuotos betono monolitinės konstrukcijos paviršiuje gali atsirasti naudojant netinkamus, susidėvėjusius (surūdijusius) plieno skydus. Rūdys paviršiuje taip pat gali atsirasti ir nuo plieninės armatūros karkaso, kuomet betonavimui paruošta konstrukcija kurį laiką stovi surinkta. Lietui lyjant vanduo su rūdimis gali patekti ant tepalu ištepto klojinio skydo. Po betonavimo išformavus klojinius betono paviršiuje matyti rūdys. Kitas atvejis, kuomet po betonavimo dažnai yra atlaisvinamos klojinių sistemų templės. Susiformavusi drėgmė ant templės paviršiaus dažniausiai nuplauna rūdis ant išbetonuoto paviršiaus.



18 pav. Įrengtų betono paviršių defektai [35]

2.2. Betono paviršiaus kokybės įvertinimo metodikos

Atskirų šalių sukurtos betono paviršiaus vertinimo metodikos turi savo panašumų ir skirtumų. Šiame skyriuje aptarsime ir palyginsime dažniausiai naudojamas paviršiaus vertinimo metodikas, kurios naudojamos Europos šalyse bei JAV.

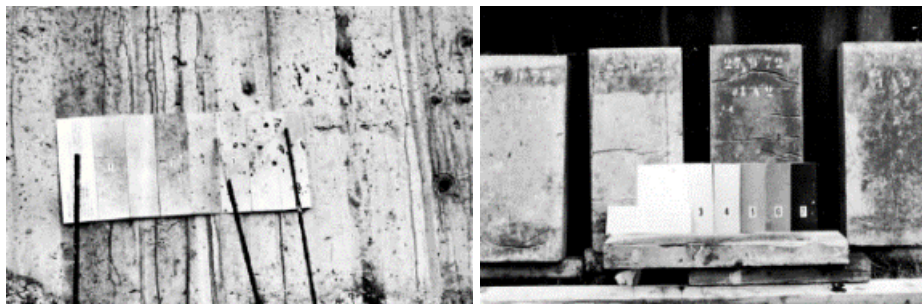
2.2.1. Betono paviršiaus vertinimas pagal CIB metodiką

Betono vertinimo metodikų yra įvairių. Viena iš tokių yra pasaulinės betono asociacijos CIB išleistos rekomendacijos. Šis metodas plačiai naudojamas statybos sektoriuje šiandien [36]. Rekomendacijose vadovaujamosi sudarytomis skalėmis, kurios yra tikrinamos vizualiai. Pagal sudarytą kontrolinę paletę lyginamas išgautas betono paviršius. Vadovavimasis šiomis rekomendacijomis yra lengvas, tačiau rezultatų nustatymas problematiškas, dėl subjektyvių priežasčių [36]. Naudojimo metu vienas paviršius gali atitikti dvi skales Leistinų nuokrypių lentelė padalija paviršių į keturias klases:

1. Nelygi / Grublėta – taikoma tiems paviršiams, kuriems nekeliami specialūs reikalavimai;
2. Įprasta – taikoma tiems paviršiams, kur keliami minimalūs reikalavimai;
3. Detali – dekoratyvinis betonas. Klasė taikoma tiems paviršiams, kuriems yra nustatyti vizualios išvaizdos reikalavimai;

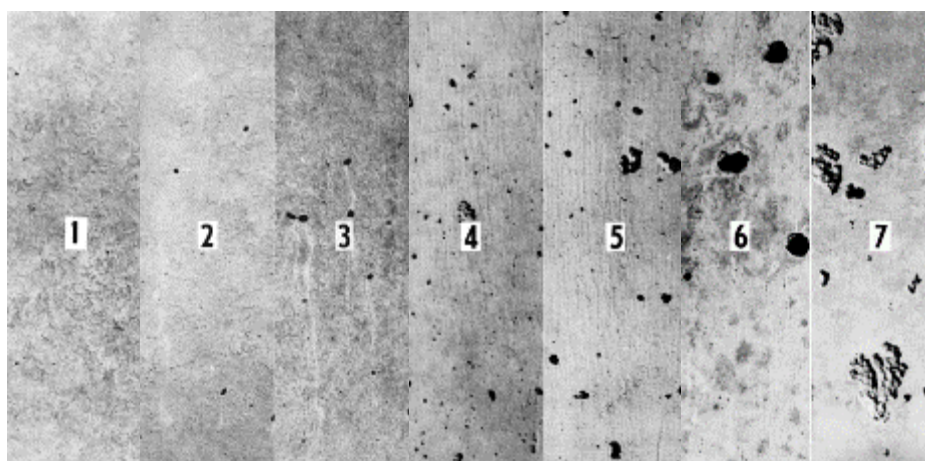
4. Speciali – architektūrinis betonas. Klasė taikoma tiems paviršiams, kuriems keliami aukščiausi reikalavimai.

Vertintojas duomenis turėtų traktuoti atsargiai, nes negalima nustatyti absoliučių ribų. Tai yra bene didžiausias šio metodo minusas, nes pagrindiniai sprendimai priimami remiantis subjektyvia vertintojo nuomone [12].



19 pav. Įrengtų betono paviršių vertinimas pagal CIB metodiką [14]

Etalonišės nuotraukos iliustruoja oro porų dažnį vertinamuose paviršiuose. Ši skalė lyginama su betonuojamu paviršiumi ir nustatoma koks oro porų kiekis susidaręs paviršiuje. Paviršius vertinamas lyginant betono monolitiniėje konstrukcijoje esančias poras su CIB parengta etalonine skale – šablonu. Neretai vienas paviršius gali atspindėti kelis šablono variantus, todėl standartą naudoti sunku ir subjektyvu. Geresnis ir objektyvesnis įvertinimas gaunamas naudojant vaizdų analizę. Paveikslai, naudojami analizuoti paviršiaus porų susidarymą, turi būti pakankamai arti, kad būtų galima atskirti. Analizuojamame paviršiuje pastatyta liniuotė gali suteikti pikselių/cm² santykį ir tokiu būdu padėti identifikuoti oro porų dydžius [13].

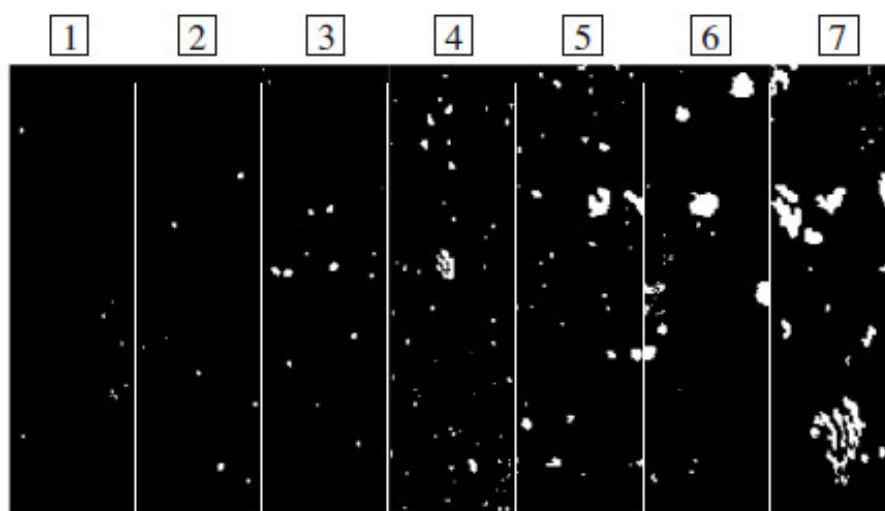
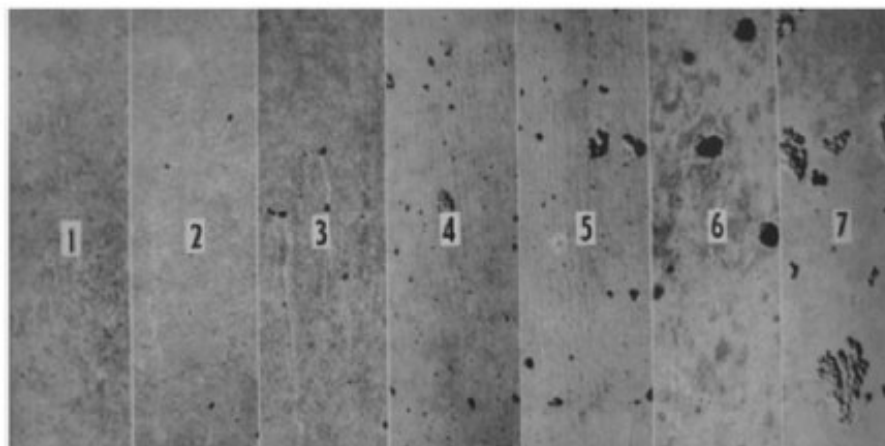


20 pav. Betonuotų paviršių porų vertinimui naudojama skalė pagal CIB [14]

12 lentelė. Gautų rezultatų porų vertinimo lentelė pagal CIB [12,14]

Svarstomos problemos	Klasės		
	Speciali	Detali	Įprasta
Porų susidarymas *pasiskirsčiusios poros: maksimalus leistinas skirtingų zonų svyravimas skalėje, kurią parodo pridedami šablonai	0-2	2-4	4-6

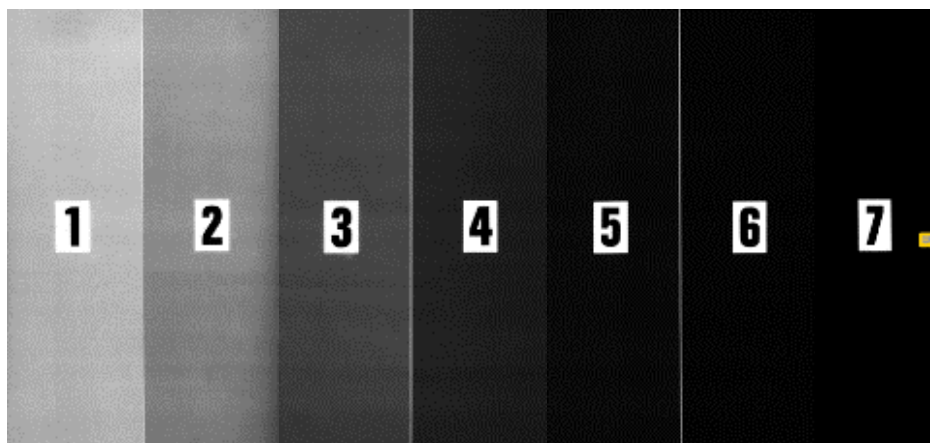
Siekiant supaprastinti šios metodikos naudojimą dėl anksčiau išvardintų subjektyvių priežasčių, naudojantis programa ImageJ, skalės išanalizuotos nustatant jų poringumą. Kaip tyrimas parodė, kiekviena iš skalių turi skirtingą poringumo laipsnį, kuris pateiktas žemiau esančiame paveiksle.



$A_s =$ 0,05% 0,19% 0,40% 1,17% 2,23% 2,76% 6,07%

21 pav. Betonuočių paviršių poringumo skalės vertinimas CIB [36]

Pilkos spalvos skalė, naudojama vertinant betono paviršių spalvos variavimą.



22 pav. Betonuočių paviršių spalvos vertinimui naudojama skalė pagal CIB [14]

Pagal gautus rezultatus nustatome, kuriai iš anksčiau išvardintų klasių priklauso betonuotas paviršius.

13 lentelė. Gautų rezultatų spalvos vertinimo lentelė pagal CIB [12,14]

Svarstomos problemos	Klasės			Grubus paviršius
	Speciali	Detali	Įprasta	
Spalvos pasiskirstymas *maksimalus leistinas skirtumas naudojant pridėdamą „pilką skalę“ (naudojama kai betonas yra sausas ir matuojama kas 3 metrai atstumu)	0-2	2-3	3-4	

2.2.2. Betono paviršiaus vertinimas pagal Vokišką standartą

Neapdoroto betono specialiosios klasės gamyba yra pati reikliausia ir labai brangi. Norint išgauti vienodą bei gerą betono kokybę, reikia kelių sezonų ir statybos etapų, nes oro sąlygos nepastovios - saulė, lietus, vėjas, šaltis ir t.t. Visi šie veiksniai turi didelę įtaką neapsaugoto betono paviršiaus kokybei. Betoniniai paviršiai, įrengti šaltu ir drėgnu sezonu, paprastai būna tamsesni nei betono paviršiai, įrengti šiltoje, sausoje aplinkoje [15].

Norint atskirti skirtingus betono paviršius, nustatomos betono klasės, kurios numatomos projektavimo etape. Pagal Vokiečių nustatytus pagrindinius reikalavimus yra tikrinama išbetonuoto paviršiaus tekstūra, poringumas, spalvos variavimas, paviršiaus plokštumas ir klojinių sandūrų atsispindėjimas betonuojamos konstrukcijos paviršiuje. Taip pat išskiriami ir kiti reikalavimai, kuriuos apima klojinio paviršiaus klasė, kuomet tikrinamas klojinio paviršius ir jo įtaka betonuojamajam paviršiui [15].

14 lentelė. Betono paviršiaus vertinimas pagal Vokišką standartą [15]

Architektūrinio betono klasė			Pavyzdys	Reikalavimai išbaigtam betono paviršiui pagal klases					Papildomi reikalavimai		
				Tekstūra	Poringumas		Spalvos variavimas	Plokštumas	Klojinių skydų sandūros jungtys	Bandomieji pavyzdžiai	Klojinio paviršiaus klasė
					s ¹⁾	ns ²⁾					
Pateikiami konkretūs reikalavimai	Žema	SB1	Betono paviršiai, kuriems nėra keliami aukšti reikalavimai, pvz.: rūšio sienos, komercinės paskirties patalpų sienos	T1	P1		FT1	FT1	AF1	Nereikalaujama	SHK1
	Standartiniai	SB2	Betono paviršiai, kuriems keliami standartiniai reikalavimai, pvz.: laiptinės, atraminės sienos	T2	P2	P1	FT2	FT2	AF2	Rekomenduojama	SHK2
	Specialūs	SB3	Betono paviršiai, kuriems keliami aukšti reikalavimai, pvz.: fasadai	T2	P3	P2	FT2	FT2	AF3	Rekomenduojama	SHK2

		SB4	Betono paviršiai, kuriems keliami specialūs reikalavimai	T3	P4	P3	FT3	FT2	AF4	Privaloma	SHK3
¹⁾ absorbuojantis skydo paviršius; ²⁾ neabsorbuojantis skydo paviršius											

15 lentelė. Bendrieji matomų betono paviršių kokybės kriterijai pagal DVB

Kriterijus	Santrumpa	Reikalavimai/savybė
Tekstūra	T1	- uždaras, didžiąja dalimi vienodas betono paviršius; - klojinio elemento jungtyje leistinas smulkaus skiedinio pratekėjimas iki 20,0 mm pločio ir 10,0 mm gylio. - leistinas klojinio elemento rėmo atspaudas betono paviršiuje.
	T2	- lygus, uždaras ir didžiąja dalimi vienodas betono paviršius; - klojinio elemento jungtyje leistinas smulkaus skiedinio pratekėjimas iki 10,0 mm pločio ir 5,0 mm gylio; - leistinas klojinio elemento sandūrų nuokrypis ≤ 5 mm; - leistinas klojinio elemento rėmo atspaudas betono paviršiuje.
	T3	- lygus, uždaras ir didžiąja dalimi vienodas betono paviršius; - klojinio elemento jungtyje leistinas smulkaus skiedinio pratekėjimas iki 3,0 mm pločio; - leistinas klojinio elemento sandūrų nuokrypis < 3 mm; - leistinas klojinio elemento rėmo atspaudas betono paviršiuje.
Spalvos variavimas	FT1	- leidžiami šviesūs / tamsūs spalvos pokyčiai; - neleidžiami nešvarumai.
	FT2	- leidžiami vienodi, dideli, šviesūs ir tamsūs paviršiaus spalvos pokyčiai; - neleidžiami nešvarumai; - neleidžiama naudoti įvairių formų ir paruošiamųjų formų, taip pat įvairių rūšių ir kilmės betoninių žaliavų.
	FT3	- absorbuojantys klojinių paviršiai įtakoja spalvas, skiriasi spalvos; - leidžiami nedideli šviesūs / tamsūs spalvos pokyčiai (pvz., nedidelis plėmų susidarymas, nedideli spalvų nukrypimai);
Plokštumas	E1	pagal ON DIN 18202:2013-04 3 lentelę.
	E2	pagal ON DIN 18202:2013-04 3 lentelę.
	E3	- pagal ON DIN 18202:2013-04 3 lentelę; - dėl aukštesnių lygumo reikalavimų reikia susitarti su užsakovu. Už reikalingas išlaidas ir priemones atsako pats klientas;
Betono paviršius	AF1	leistinas paviršių nuokrypis tarp dviejų betonavimo ruožų ≤ 10 mm.
	AF2	- leistinas paviršių nuokrypis tarp dviejų betonavimo ruožų ≤ 10 mm - ankstesniame betono ruože pasireiškęs smulkaus skiedinio pratekėjimas per sandūras turi būti laiku sutvarkytas. - rekomenduojama naudoti trikampę juostą.
	AF3	- leistinas paviršių nuokrypis tarp dviejų betonavimo ruožų ≤ 5 mm - ankstesniame betono ruože pasireiškęs smulkaus skiedinio pratekėjimas per sandūras turi būti laiku sutvarkytas. - rekomenduojama naudoti trikampę juostą.
	AF4	- leistinas paviršių nuokrypis tarp dviejų betonavimo ruožų ≤ 3 mm - ankstesniame betono ruože pasireiškęs smulkaus skiedinio pratekėjimas per sandūras turi būti laiku sutvarkytas. - leistina/neleistina naudoti trikampę juostą ar kitokias priemones.

16 lentelė. Poringumo nustatymo kriterijai pagal DVB

Poringumo klasė	P1	P2	P3	P4
didžiausia porų dalis mm ²	≤ maždaug 3000 (apytiksliai 1,2% bandymo ploto)	≤ maždaug 2250 (apytiksliai 0,9% bandymo ploto)	≤ maždaug 1500 (apytiksliai 0,6% bandymo ploto)	≤ maždaug 750 ² (apytiksliai 0,3% bandymo ploto)

Pastaba: ¹ porų, kurių skersmuo d, mm², ir storis 2 mm < d < 15 mm (bandymo plotui 500 mm x 500 mm), mm²;

² 50 mm² atitinka 0,30% bandymo ploto (500 mm x 500 mm).

Stebint klojinių skydų paviršiaus įtaką betonuojamam paviršiui, nustatoma klojinių paviršiaus pažeidimo klasė. Ji įvertinama pagal sudarytą rekomendacinę lentelę, kuri pateikta žemiau.

17 lentelė. Klojinio skydo paviršiaus kokybės vertinimas pagal Vokišką standartą [15]

Kriterijus	Pirma klojinio pažeidimo klasė (SHK1)	Antra klojinio pažeidimo klasė (SHK2)	Trečia klojinio pažeidimo klasė (SHK3)
Išgręžtos skylės	uždaryti plastikiniais arba mediniais kaišciais, arba naudojant kitą būdą	leidžiama naudoti, esant remontuotoms vietoms ¹	neleistina
Vinių ir medšraigčių skylės	leistinos	leidžiama nesant atplaišų	leidžiama tik suderinus su klientu
Skydo paviršiaus pažeidimas giluminiu vibratoriumi	leistinas	neleistinas ²	neleistinas
Įdrėskimai/subbraižymai	leistini	remontuojant ¹ leidžiami	remontuojant ¹ leidžiami suderinus su klientu
Betono ir skiedinio likučiai	įdubose leistini	neleistini	neleistini
Cemento tešlos liekanos	leistinos	leistinos	leidžiama tik suderinus su klientu
Skydo išbrinkimai išgręžtose bei vinių skylių vietose arba skydo briaunų išbrinkimas	leistini	neleistini	neleistini

¹ Skydų paviršių remontas turi būti atliktas tinkamai ir profesionaliai, kvalifikuotas personalas.
² Leidžiama tik pasitarus su klientu.



23 pav. Klojinių skydų pažeidimo klasių pavyzdžiai (atitinkamai SHK1 ir SHK3 klasėms) [15]

2.2.3. Betono paviršiaus vertinimas pagal Austrišką standartą

Be bendrųjų reikalavimų betono monolitinės konstrukcijos paviršiui, kurie galioja kiekvienam betono paviršiui, gali būti keliami ir papildomi reikalavimai:

- klojinio skydo paviršiui, kad atitiktų tam tikrą architektūrinį vaizdą;
- konstrukcijai (pvz., lygus lubų paviršius, atsižvelgiant į jų dažymą);
- betono technologijai (pvz., atsižvelgiant į aplinkos poveikio klasę, kurioje konstrukcija bus eksploatuojama, cikliško šaldymo ir atšildymo poveikis be ledą tirpinančios medžiagos arba su ja; cheminis poveikis) [16].

Reikalavimai suformuotiems betono paviršiams (GB) aprašyti pagal penkias reikalavimų klases (žr. 18 lentelę). Kiti reikalavimai turi būti nurodyti pasiūlyme pagal penkias reikalavimų klases. Jei viešajame konkurse betono paviršiaus kokybė nėra apibrėžta, taikoma GB 0. Be to, konkurse gali būti taikomi specialūs reikalavimai, tokie kaip betono dažymas, klojinio paviršiaus dizainas, paviršiaus struktūra ir kt. Reikalaujama specifikacija turi būti nurodyta atskirai 18 lentelė). Tokiu atveju ypač reikia atkreipti dėmesį, ar tai įmanoma įgyvendinti atitinkamame objekte. Tai ypač taikytina betono poringumui P, kai suformuotų betonų paviršių nuolydis yra mažesnis nei 1:20 [16].

Nustatant reikalavimų klases, vadovujamasi standarto ON B 2211 kriterijais: struktūra - S, poringumu - P, spalvų variavimų – F bei standarto ON DIN 18202 leistiniais nuokrypiais. Kai kurių labai aukštų šių normų reikalavimų reikia laikytis tik ypatingais atvejais [16]. Tam tikri reikalavimai, kurių įrengimo technologijos požiūriu išpildyti neįmanoma, tokie kaip:

- visiškai vienodi visų matomų paviršių atspalviai;
- visiškai tolygi porų struktūra;
- nelinkę į karbonatines apnašas ir/arba porų neturintys paviršiai - neleistini.

18 lentelė. Reikalavimai betono paviršiaus klasėms GB, kurie matomi eksploatacijos metu [16]

Architektūrinio betono paviršiaus klasės	Reikalavimai betono paviršiams ¹⁾						Reikalavimai klojiniams	Reikalavimai betono paviršiui, pagal ON B 4710-1 arba betono standartą BS-GB		Klojinio tepalas, pagal 20 lentelę	Panaudojimo sritys
	Tekstūra	Poringumas	Spalvos variavimas	Sandūros	Plokštumas	Bandomieji bandiniai	Klojinių skydų paviršiaus klasė (SchK)	Vertikalūs/nuožulnūs paviršiai	Horizontalūs paviršiai		
GB 0	S0	-	-	A0	-	-	SchK 01	-	-	+	Betono paviršiai, kuriems nėra keliami specialūs reikalavimai architektūros, dizaino arba technologiniu požiūriu.
GB 1	S1	4P	F1	A0	E0	-	SchK 01	SB	-	+ ar ++	Betono paviršiai, kuriems keliami standartiniai reikalavimai, pvz.: garažo sienos, rūšio sienos, atraminės sienelės.
GB 2	S1	3P	F1	A1	E1	Rekomenduojama	SchK 02	SB	SB	++	Betono paviršiai, kuriems keliami aukšti reikalavimai, pvz.: transporto statinių konstrukcijos, eksploatuojamos aplinkos poveikio klasėse XF2, XF3 ir XF4.
GB 3	S2	2P	F1	A2	E1	Rekomenduojama	SchK 02	SB BS-GB rekomenduojama pagal 21 lentelę	SB	++	Betono paviršiai, kuriems keliami ypač aukšti reikalavimai, pvz.: atvirai eksploatuojami betono paviršiai, pastatų statyba, konstrukcijos cheminio poveikio aplinkoje, nuotekų valymo įrenginiai ir kita.
GB S <i>speciali klasė</i>	S2	P	F2	A2S	E1	Privaloma	SchK 02	SB/BL BS-GB privaloma pagal 21 lentelę	S B	++	Architektūrinis betono paviršius su specialiais reikalavimais, pvz.: reprezentaciniai betono paviršiai, elementai.

¹⁾ Visi reikalavimai, kurie nėra priskirtini atskiroms klasėms, konkurse turi būti nurodyti atskirai.

19 lentelė. Bendrieji matomų betono paviršių kokybės kriterijai [16]

Kriterijus	Santrumpa	Reikalavimai/savybė
Tekstūra	S0	- uždaras, didžiąja dalimi vienodas betono paviršius; - nėra stambiųjų užpildų sangrūdų paviršiuje; - klojinio elemento jungtyje leistinas smulkaus skiedinio pratekėjimas iki 20,0 mm pločio ir 10,0 mm gylio. - leistinas klojinio elemento rėmo atspaudas betono paviršiuje.
	S1	- lygus, uždaras ir didžiąja dalimi vienodas betono paviršius; - nėra stambiųjų užpildų sangrūdų paviršiuje; - klojinio elemento jungtyje leistinas smulkaus skiedinio pratekėjimas iki 10,0 mm pločio ir 5,0 mm gylio; - leistinas klojinio elemento sandūrų nuokrypis ≤ 5 mm; - leistini išsikišimai ≤ 5 mm; - leistinas klojinio elemento rėmo atspaudas betono paviršiuje.
	S2	- lygus, uždaras ir didžiąja dalimi vienodas betono paviršius; - nėra stambiųjų užpildų sangrūdų paviršiuje. - klojinio elemento jungtyje leistinas smulkaus skiedinio pratekėjimas iki 3,0 mm pločio; - leistinas klojinio elemento sandūrų nuokrypis < 3 mm; - leistini smulkūs, techniniu požiūriu neišvengiami išsikišimai < 2 mm; - leistinas klojinio elemento rėmo atspaudas betono paviršiuje.
Poringumas	P	- atvirų porų dalis (P), kurių skersmuo 1 - 15 mm (arba plotas ≤ 180 mm ²), sudaro $< 0,3\%$ tiriamojo paviršiaus ploto.
	2P-4P	- porų dalis P (0,3% tiriamojo paviršiaus ploto), pvz.: $2P \leq 0,6\%$ tiriamojo paviršiaus ploto.
Spalvos variavimas	F1	- paviršiaus spalvos variavimas, pasireiškęs dėl rūdžių, skirtingo ir netinkamo klojinio skydo paviršiaus paruošimo, netinkamo betono kietinimo sąlygų, įvairios rūšies stambių užpildų bei armatūros atvaizdo matomumo betono paviršiuje (armatūros ženklėjimas) yra neleistinas. - kitų reikalavimų spalvos variavimui nėra keliami.
	F2	- paviršiaus spalvos variavimas, pasireiškęs dėl rūdžių arba cemento, betono priedų, įvairios rūšies užpildų, pristatymo iš skirtingų betono mišinio ruošimo cechų, skirtingo ir netinkamo klojinio skydo paviršiaus paruošimo, netinkamo betono kietinimo sąlygų yra neleistinas. - armatūros atvaizdo matomumas betono paviršiuje yra neleistinas. - atsirandantys spalvų skirtumai, nepaisant nuostatų laikymosi ir sąžiningo įrengimo yra neišvengiami.
Plokštumas	E0	pagal ON DIN 18202 3 lentelę.
	E1	pagal ON DIN 18202 3 lentelę.
Betono paviršius	A0	leistinas paviršių nuokrypis tarp dviejų betonavimo ruožų ≤ 10 mm.
	A1	- leistinas paviršių nuokrypis tarp dviejų betonavimo ruožų ≤ 10 mm - ankstesniame betono ruože pasireiškęs smulkaus skiedinio pratekėjimas per sandūras turi būti laiku sutvarkytas. - rekomenduojama naudoti trikampę juostą.
	A2	- leistinas paviršių nuokrypis tarp dviejų betonavimo ruožų ≤ 5 mm - ankstesniame betono ruože pasireiškęs smulkaus skiedinio pratekėjimas per sandūras turi būti laiku sutvarkytas. - rekomenduojama naudoti trikampę juostą.
	A2S	- leistinas paviršių nuokrypis tarp dviejų betonavimo ruožų ≤ 3 mm

		<ul style="list-style-type: none"> - ankstesniame betono ruože pasireiškęs smulkaus skiedinio pratekėjimas per sandūras turi būti laiku sutvarkytas. - leistina/neleistina naudoti trikampę juostą ar kitokias priemones.
--	--	---

Naudojami klojinių tepalų atvejai

Klojinių tepalo pasirinkimas pirmiausia priklauso nuo naudojamų klojinių rūšies, gamybos sąlygų ir specialių reikalavimų betono paviršiams. Skiriami tepalai (be tirpiklių ir tirpiklių pagrindu), kurie sudaro ploną plėvelę ir turi papildomą cheminį priedų atskyrimo efektą. Rekomenduojami tepalai skirtingiems klojinams pateikti žemiau esančioje lentelėje [16].

20 lentelė. Klojinių tepalo parinkimas skirtingų absorbcinių savybių klojinams [16]

Klojiniai	Tepalai		Aliejiniai tepalai	Kiti tepalai	
	Mineralinės alyvos pagrindu (be tirpiklių)	Augalinės alyvos pagrindu		Emulsijos (Mineralinis alyvos ir augalinis alyvos pagrindu)	Alyvos, kurių sudėtyje yra vaško
Grubiai obliuotos lentos	++	+	+	0	0
3-sluoksnių plokštės iš spygliuočių medienos, nušlifotos, tausojančios paviršių, pagal DIN 18215	++	+	+	0	0
Fanera pagal DIN 68792, dengta fenolio derva	++	+	-	0	0
Plieno klojiniai	++	0	-	0	0

*Paiškinimas: ++ ypač tinka; + tinka; 0 reikia išankstiniai bandymai; - netinka.

21 lentelė. Specialiam betono paviršiui išgauti klojinių skydų paviršiui keliami kokybės kriterijai [16]

Klojinių klasė SchK 03	<ul style="list-style-type: none"> - Skydo paviršiaus tekstūra; - Skydų išdėstymas ruože pagal skydo plotą; - klojinio elemento rėmo atspaudas betono paviršiuje leistinas/neleistinas; - Inkaravimo vietų išdėstymas; - Inkaro skylių formavimas ir uždarymas; - Kraštų formavimas;
E2	<ul style="list-style-type: none"> - Paviršiaus lygumas (leistini nuokrypiai) - pagal ON DIN 18202 3 lentelę;
Betono dažymas	<ul style="list-style-type: none"> - Naudojamos dažymo procedūros aprašymas.

Kokybės kriterijų, bendru sutarimu pagal 19 ir 20 lenteles galima palyginti išbetonuotos konstrukcijos paviršiaus ir klojinio struktūras, bet tik tada, kai prieš tai įvertinama paviršiaus kokybė lyginant su bandomaisiais bandiniais (pavyzdžiais). Klojinio paviršiaus struktūra yra lyginama

tikrinant tas pačias įspaudimo vietas, įvertinant gamybos sąlygas, betonavimo sąlygas ir atitinkamus komponentus. Privaloma atkreipti dėmesį į žiūrėjimo atstumą, kampą bei vertinimo laiką [16].

22 lentelė. Klojinių klasės [16]

Kriterijus	Klojinių klasė		
	SchK 01	SchK 02	SchK 03
Aprašymas	Laisvas klojinių pasirinkimas. Pvz.: klojiniai, kuriems keliami mažesni reikalavimai nei SchK 02	Klojiniai, kuriems priskiriami karkasiniai, sijiniai klojiniai ir kiti klojiniai, kuriems keliami aukštesni reikalavimai	Klojiniai, kuriems keliami aukštesni reikalavimai, lyginant su SchK 02
Klojinio paviršius	Laisvai pasirinktinai arba pateiktas klojinių sistemoje	Laisvai pasirinktinai arba pateiktas klojinių sistemoje	apibrėžta pagal pasiūlymą
Klojinių būklė sąlytyje su betonu	leistina: <ul style="list-style-type: none"> - daugkartinis panaudojimas; - įdrėskimai iki 3 mm gylio ir 5 mm pločio; - skydų plokščių išsikišimas virš rėmo iki 2 mm ilgio; - atskiros išgręžtos skylės < 20 mm /Elementui; - vinies padarytos skylės - remontuotinos vietos. (kaiščiai arba glaistas) 	leistina: <ul style="list-style-type: none"> - daugkartinis panaudojimas; - keletas įdrėskimų iki 2 mm gylio ir 2 mm pločio; - skydų plokščių išsikišimas virš rėmo ≤ 1 mm - Vinies padarytos skylės; - Remontuotinos vietos; (kaiščiai arba glaistas) siūlė tarp rėmo ir plokštės turi būti užpildyta 	<ul style="list-style-type: none"> - galimas daugkartinis panaudojimas arba pagal nurodymą; - skydo plokštė negali būti išsikišusi virš rėmo; - Vinimis padarytų skylių skaičius pagal nurodymą; - Remontuotinių vietų skaičius pagal nurodymą; - siūlė tarp rėmo ir plokštės turi būti užpildyta ir užsandarinta (pvz. silikonu).
Elementų sandūra	nėra reikalavimų	lygumo reikalavimai su betonu besiliečiantiems kraštams ir paviršiams pagal ON DIN 18202, 3 lentelę	Lygumo reikalavimai su betonu besiliečiantiems kraštams ir paviršiams pagal ON DIN 18202ON DIN 18202, 3 lentelę, ypatingos sandarinimo priemonės pagal nurodymą (pvz. akytoji guma)
Skydo paviršiaus būklė (paviršių nuvalymas)	- plonos plėvelės pavidalu betono likučiai;	- be betono likučių; - leidžiami „cementinio pieno“ likučiai.	- be betono likučių; - leidžiamas „cementinio pieno“ likučiai.
Inkaravimo sistema	laisvai pasirenkama	Inkaravimo sistema, naudojant bent 15 mm inkarinį sutvirtinimą, 15 mm arba atitinkamą	Inkaravimo sistema pagal nurodymą

2.2.4. Betono paviršiaus vertinimas pagal Amerikos betono instituto rekomendacijas (ACI 347.3R-13 „Suformuotų betono paviršių vadovas“)

Šio vadovo tikslas yra išspręsti betono paviršių išvaizdos kriterijų vienodumo trūkumą, pateikti įvairių formuojamų betono paviršių klasių/kategorijų apibrėžimus ir objektyviai juos įvertinti. Nors yra įvairių šaltinių, kuriais remiantis galima įvertinti betono paviršiaus kokybę, tačiau nėra jokių nuorodų, kurios pateiktų išsamias gaires ir supratimą apie vertinimo principus. Tačiau keletas ACI ir ASCC dokumentų pateikia dalinius nurodymus:

1. ACI 347-04 pateikiami formuojamų betoninių paviršių klasių terminai, aptariami formuojamų paviršių nelygumai ir pateikiamos bendros klojinių naudojimo betonui rekomendacijos;
2. ACI 309R-05 pateikiami terminai apie matomą kietėjimo sąlygų poveikį susidariusiems betoniniams paviršiams, kodėl jie atsiranda ir kaip jų išvengti;
3. ACI 303R-12 aptariamas architektūrinis betonas, jo pritaikymas ir detalės, susijusios su gamyba, įskaitant klojinius, tepalus, remontą ir ekonomiką;
4. ACI 301-10 nurodo bendruosius konstrukcinius reikalavimus statybos aikštelėje įrengtoms betono konstrukcijoms ir ant grunto įrengtoms plokštėms.
5. ASCC Švietimo ir mokymo komiteto (1999) vadove naudojami betono paviršių pavyzdžiai, iliustruojant siekiamos betono paviršiaus išvaizdos [17].

ACI 347.3R-13, „Suformuotų betono paviršių vadovas“, buvo išleistas 2014 m. pradžioje. Vadovas apibrėžia keturias suformuoto betono paviršiaus klases/kategorijas (CSC). Žemiausia klasė yra CSC1 (vadovas pateikia pavyzdžių rūšio sienas), o aukščiausia klasė yra CSC4 (vadovas pateikia pavyzdinius bandinius). Betono paviršiaus priskyrimą atitinkami klasei lemia šie kriterijai:

1. Tekstūra plokščių jungtyse (keturi lygiai), susijusi su briaunomis, poslinkiais, modulinė plokščių atspaudais ir kitokiu klojinių komponentų, įskaitant apdailos medžiagas, poveikiu;
2. Paviršinių porų santykis (keturi lygiai), apibrėžtas bendru porų užimamu plotu nagrinėjamame 61×61 cm plote, išreikštas procentine dalimi;
3. Subjektyviai apibūdinamas spalvų variavimas (trys lygiai);
4. Paviršiaus nelygumai (keturių lygių), paremti A – D klasės paviršiais, kaip aprašyta ACI 117-10;
5. Konstrukcinės jungtys (keturi lygiai), pagrįstos priimtinomis nuokrypomis tarp gretimų betonuojamų ruožų ir naudojant papildomą klijuojamą juostą ant skydo paviršiaus, kad paslėptų sandūras;
6. Skydų paviršiaus kategorijos (trys lygiai), apibūdinantys klojinių paruošimą prieš betonavimą [18].

23 lentelė. Suformuoto betono paviršiaus kategorijų aprašymas (CSC) [17]

Suformuoto betono paviršiaus kategorija *			Apibūdinimas	CSC reikalavimai † ‡				Papildomi reikalavimai				Santykinė kaina	
				Tekstūra	Poringumas §		Spalvų variavimas		Paviršiaus nelygumai	Konstrukcinės jungtys ir sandūros #	Bandomieji bandiniai		Skydų paviršiaus kategorija
					a	na	a	na					
Betono paviršiaus apdaila su	Iprasti reikalavimai	CSC1	Betono paviršiai mažo matomumo vietose arba ribotos reikšmės, atsižvelgiant į suformuoto betono paviršiaus reikalavimus, eksploatuojami arba vėliau dengiami apdailos medžiagomis.	T1	SVR1	SVR1	CU1	CU1	SI1	CJ1	Nebūtinai	FC1	Žema
	Standartiniai reikalavimai	CSC2	Betono paviršiai, kurių vizualinė išvaizda yra vidutinės svarbos.	T2	SVR2	SVR1	CU1	CU1	SI2	CJ2	Nebūtinai	FC1	Vidutinė
	Specialūs reikalavimai	CSC3	Betono paviršiai, matomi viešose erdvėse arba kurių išvaizda yra svarbi, pvz., išoriniai ar vidiniai pastatų elementai.	T3	SVR3	SVR2	CU2	CU2	SI3	CJ3	Ypač rekomenduojama	FC2	Aukšta
		CSC4	Betono paviršiai, kuriems keliami ypač aukšti reikalavimai.	T4	SVR4	SVR3	CU2	CU3	SI4	CJ4	Privaloma	FC3	Ypač aukšta

Paaškinimai: * – norėdami suderinti suformuoto betono paviršiaus kategorijų reikalavimus, žiūrėkite šias pastabas ir lenteles;

† – dėl suformuoto betoninio paviršiaus išvaizdos reikia vertinti jį visą, o ne tik atsižvelgiant į atskirus kriterijus;

|| – susidaryti bendrą vaizdą apie esamus ar neegzistuojančius spalvos pokyčius paprastai galima pamatyti tik po ilgesnio eksploatacinio laikotarpio (mažiausiai 8 savaitės). Spalvos variavimas turėtų būti vertinamas atsižvelgiant į bendrą žiūrėjimo atstumą;

– jei reikia, paruošti bandomuosius bandinius (pavyzdžius).

Kaip nurodyta 23 lentelėje, aprašomi keturi paviršiaus lygiai, priskirti keturioms skirtingoms betono paviršiaus apdailos kategorijoms (CSC). Didesnis CSC skaičius rodo aukštesnę paviršiaus kokybę. Aprašytos šios kategorijos:

- CSC1. Įprasta rekomendacija, pvz., rūšio sienoms arba pramoninėms konstrukcijoms;
- CSC2. Standartinė rekomendacija, pvz., elektrinėms ir mechaninėms patalpoms, kuriose vizualinė išvaizda yra vidutiniškai svarbi;
- CSC3. Speciali rekomendacija, pvz., komercinių pastatų išorei, kur vizualinė išvaizda yra svarbi;
- CSC4. Taip pat speciali rekomendacija, pvz., reprezentacinėms betono konstrukcijoms, kai eksponuojamas betono paviršius yra išskirtinis konstrukcijos bruožas [18].

24 lentelė. Statybos aikštelėje įrengto betono paviršiui matomų veiksnių įtaka [17]

Kriterijus	Klasifikacija	Apibūdinimas
Tekstūra	T1	<ul style="list-style-type: none"> - leistini tarpai tarp gretimų klojinių skydų ≤ 19 mm; - leistinas klojinio elemento jungtyje smulkaus skiedinio pratekėjimas ≤ 13 mm gylio; - leistini plokštės jungčių paviršiaus nuokrypiai iki 25 mm (pagal ACI 117-10, 4.8.3 skyrius, D klasė); - leistini nuokrypiai iki 25 mm nuo gretimo paviršiaus (pagal ACI 301-10, 5.3.3.3.a skyrius); - klojinių medžiagų pavyzdžiai: grubiai pjauta mediena, CDX fanera ir medžio drožlių plokštės; - leistini elementinių skydų rėmų atspaudai betono paviršiuje.
	T2	<ul style="list-style-type: none"> - leistini tarpai tarp gretimų klojinių skydų ≤ 13 mm; - leistinas klojinio elemento jungtyje smulkaus skiedinio pratekėjimas ≤ 10 mm gylio; - leistini plokštės jungčių paviršiaus nuokrypiai iki 13 mm (pagal ACI 117-10, 4.8.3 skyrius, C klasė); - leistini nuokrypiai iki 13 mm nuo gretimo paviršiaus; - klojinių medžiagų pavyzdžiai: BBOES klasės fanera, MDO fanera; - leistini elementinių skydų rėmų atspaudai betono paviršiuje.
	T3	<ul style="list-style-type: none"> - leistini tarpai tarp gretimų klojinių skydų ≤ 6 mm; - leistinas klojinio elemento jungtyje smulkaus skiedinio pratekėjimas ≤ 6 mm gylio; - leistini plokštės jungčių paviršiaus nuokrypiai iki 6 mm (pagal ACI 117-10, 4.8.3 skyrius, B klasė); - leistini nuokrypiai iki 6 mm nuo gretimo paviršiaus (pagal ACI 301-10, 5.3.3.3.b skirsnis); - klojinių medžiagų pavyzdžiai: HDO fanera, fenolio dervos paviršiaus plėvelė, plastikas arba plienas;

		- leistini elementinių skydų rėmų atspaudai betono paviršiuje.
	T4	- klojiniai turi būti sandarūs. Vengti smulkaus skiedinio pratekėjimo, užsandarinti klojinio elementų jungtis. - leistini plokščių jungčių paviršiaus nuokrypiai iki 3 mm (pagal ACI 117-10, 4.8.3 skirsnis, A klasė). - klojinių medžiagų pavyzdžiai: HDO fanera, PSF fanera, vien plastikas, plienas ir stiklo pluoštas; - elementinių skydų rėmų atspaudai betono paviršiuje yra neleistini, išskyrus atvejus, kai tai yra suderinta stebint bandomuosius bandinius.
Poringumas (SVR)	SVR1 - SVR4	Lentelės 26 tęsinys
Spalvos variavimas †	CU1	- leistini šviesūs ir tamsūs spalvų variavimai; - spalvos variavimas tarp gretimų betonavimo ruožų ir klodų - leistini; - rūdžių ir purvo dėmės leistinos.
	CU2	- leistini daliniai šviesių ir tamsių spalvų variavimai; - spalvos variavimas tarp gretimų betonavimo ruožų ir klodų turėtų būti santykinai vienodas. ‡; - siekiant išvengti išvaizdos nukrypimų, skydai, esantys sąlytyje su betonu, turi būti to pačio tipo, rūšies ir to pačio gamintojo; - rūdžių ir purvo dėmės yra neleistinos.
	CU3	- spalvos variavimas dėl pakitusios betono mišinio sudedamųjų dalių rūšies, skydų paviršiumi naudojamų skirtingų tepalų ir netinkamai paruoštų skydų paviršių yra neleistini; § - rūdžių ir purvo dėmės bei matomos „šaltųjų siūlių“ linijos yra neleistinos.
Paviršiaus nuokrypiai nuo leistinų ribų	SI1	- ACI 117-10, 4.8.3 skirsnis, D klasės paviršius; - maksimalus tolygiai kintantis nuokrypis per 152 cm arba staigus nuokrypis yra 25 mm; - klojinių konstrukcijos įlinkis turi būti ribotas iki L / 240; - ACI 117-10, 4.8.2 skirsnis netaikomas.
	SI2	- ACI 117-10, 4.8.3 skirsnis, C klasės paviršius. - didžiausias tolygiai kintantis nuokrypis per 152 cm arba staigus nuokrypis yra 13 mm; - klojinių konstrukcijos įlinkį reikia apriboti iki L / 360; - ACI 117-10, 4.8.2 skirsnis netaikomas.
	SI3	- ACI 117-10, 4.8.3 skirsnis, B klasės paviršius; - didžiausias tolygiai kintantis nuokrypis per 152 cm atstumą arba staigus nuokrypis yra 6 mm; - klojinių konstrukcijos įlinkį reikia apriboti iki L / 360; - ACI 117-10, 4.8.2 skirsnis netaikomas.
	SI4	- ACI 117-10, 4.8.3 skirsnis, A klasės paviršius. - maksimalus tolygiai kintantis nuokrypis 152 cm atstumu arba staigus nuokrypis yra 3 mm. - klojinių konstrukcijos įlinkis turi būti ribotas iki L / 400. - Taikomas ACI 117-10, 4.8.2 skirsnis.
Konstrukcinės jungtys ir skydų sandūros #	CJ1	- paviršių, esančių tarp dviejų gretimų vietų, poslinkis ≤ 25 mm leistinas;
	CJ2	- paviršių, esančių tarp dviejų gretimų vietų, poslinkis ≤ 13 mm leistinas; - konstrukcinėse jungtyse rekomenduojama naudoti įdėtines nuožulas formuojančias juosteles.
	CJ3	- paviršių, esančių tarp dviejų gretimų vietų, poslinkis ≤ 6 mm leistinas;

		<ul style="list-style-type: none"> - konstrukcinėse jungtyse rekomenduojama naudoti įdėtines nuožulas formuojančias juosteles; - konstrukcinių jungčių lokacija/vieta turėtų būti suderinta su architektūriniu projektu.
	CJ4	<ul style="list-style-type: none"> - paviršių, esančių tarp dviejų gretimų vietų, poslinkis ≤ 3 mm leistinas. Mažesni kaip 3 mm poslinkiai turėtų būti nurodyti projektavimo dokumentuose; - konstrukcinėse jungtyse rekomenduojama naudoti įdėtines nuožulas formuojančias juosteles; - konstrukcinių jungčių lokacija/vieta turėtų būti suderinta su architektūriniu projektu ir patvirtinta architekto ar inžinieriaus; - bandomasis bandinys (maketas) turėtų vizualiai perteikti visus jam keliamus architektūrinius sumanymus.

- čia † – spalvų variavimas yra subjektyvus, todėl prieš konstrukcijos įrengimą reikėtų atsižvelgti į siekiamus lūkesčius;
- ‡ – konkrečių spalvų nuokrypių ir spalvos pokyčių negalima visiškai pašalinti, net naudojant geriausią praktiką. Jei tai kelia susirūpinimą, naudoti ne tik maketą, bet panašaus mastelio ir apdailos betono konstrukcijos etaloną;
- § – turi būti patvirtintas maketas; net ir geriausia praktika bei kokybės kontrolė gali sukelti nedidelius spalvų variavimus ir spalvos pokyčius;
- # – konstrukcinės jungtys, kurios bus matomos.

25 lentelė. Klojinių skydų paviršiaus kategorijos [17]

Kriterijus	Paviršiaus kategorija		
	FC1	FC2	FC3
Skylės, didesnės kaip 5 mm	leistini kamščio ar disko tipo kaiščiai	leistina, jei užtaisytos skylės nušlifautos ir suremontuotos taip, kad atitiktų gretimą skydo paviršių	matomos remontuotinos vietos yra neleistinos
Skylės, mažesnės arba lygios 5 mm	leistina	leistina nenaudojant užtaisymo, jei skydo paviršius nėra pažeistas ar išdraskytas aplink skylę (-es)	leistina, jei užtaisyta, nušlifauta ir užklijuota ar įgilinta, kad atitiktų gretimą skydo paviršių
Vibroelemento pažeistas skydo paviršius	leistina	neleistina	neleistina
Įbrėžimai/įdrėskimai	leistina	leistina, jei užtaisyta, nušlifauta ir užklijuota ar įgilinta, kad atitiktų gretimą skydo paviršių	neleistina, jei nėra suderinta
Betono mišinio likučiai *	leistina	neleistina	neleistina
Cemento tešlos likučiai †	leistina	leistina	neturėtų turėti įtakos betono paviršiaus išvaizdai
Skydo plokštės išbrinkimas templių vietose	leistina	neleistina	neleistina
Remontuotinos vietos ‡	leistina	leistina	Neturėtų turėti įtakos betono paviršiaus išvaizdai

- čia * – betono likučiai, tai sukietėjęs betonas skydo paviršiuje;
† – sukietėjusios cemento tešlos likučiai yra plona plėvelė, likusi ant skydo paviršiaus;
‡ – atlikti ir patikrinti, ar skydo paviršius yra tinkamas numatytam išgauti betono paviršiui.

26 lentelė. Porų su nagrinėjamu paviršiaus plotu santykis (SVR) [17]

Paviršiaus porų santykis	SVR1	SVR2	SVR3	SVR4
Paviršiaus porų plotas, tiriamajame 610 × 610 mm plote * ir didžiausias poros matmuo	4452 mm ² ; $D_{max} = 19\text{ mm}$	3742 mm ² ; $D_{max} = 16\text{ mm}$	2258 mm ² ; $D_{max} = 9,5\text{ mm}$	1095 mm ² ; $D_{max} = 6\text{ mm}$
Siūloma konkreti praktika norint pasiekti užsiduotus reikalavimus	- Porų plotas neturi viršyti 1,2% tiriamojo ploto.	- Porų plotas neturi viršyti 1% tiriamojo ploto.	- Porų plotas neturi viršyti 0,6% tiriamojo ploto.	- Porų plotas neturi viršyti 0,3% tiriamojo ploto.
	- Įprasta klojinių montavimo praktika turėtų leisti pasiekti šiuos rezultatus be ypatingų pastangų; - Šis paviršiaus porų santykio kategorijos apribojimas neturėtų būti taikomas paslėptiems arba nematomiems betono paviršiams.	- Klojinio tepalas turi būti suderintas su naudojamu skydo paviršiaus medžiaga; - Klojinių paviršius reikia nuvalyti prieš padengiant juos purškiamais klojinių tepalais; - Plonu ir tolygiu tepalo sluoksniu padengti skydų paviršius; - Galima naudoti bandomuosius bandinius arba maketus.	Be jau aprašytų SVR2 kategorijai taikomų reikalavimų: - Turi būti užtikrintas tinkamas tankinimo būdas, ypač elementų angose; - Norint pasiekti rezultatų atkartojamumą, svarbu užtikrinti tą pačią betono mišinio konsistenciją; - Viršutiniuose sluoksniuose patartina naudoti pakartotinį tankinimą; - Rekomenduojami maketai.	Be jau aprašytų SVR2 ir SVR3 kategorijoms taikomų reikalavimų: - Betono mišinio sudėtis ir klojinių konstrukcija turėtų padėti įtrauktam orui pasišalinti iš mišinio kylant aukštyn; - Mišinio klojimo metu reikia atsižvelgti į įtraukto oro vertikalųjį pasišalinimo greitį; - Mišinio klojimo metu naudoti pagalbines priemones, kurios sumažina mišinio kritimo aukštį ir uždaryto oro kiekį mišinyje; - Maketai yra privalomi.

Pastaba: jei šie kriterijai bus taikomi projektui, maketas turėtų parodyti rangovo sugebėjimą išgauti reikiamą betono paviršių, tenkinantį nurodytą porų santykį. Galutinė suformuoto betono paviršiaus išvaizda turėtų būti palyginta su bandomojo bandinio arba maketo vizualine išvaizda.

- čia * – porų bendras plotas yra visų porų, esančių tiriamajame 610 × 610 mm plote, plotų suma. Poros, kurių vidutinis skersmuo yra 2,4 mm, yra neįtraukiamos į bendrą porų ploto skaičiavimą.

Paviršiaus kokybės vizualinis vertinimas pagal ACI 347.3R-13

24 paveiksluose pateikti betono paviršių vaizdai, kad būtų lengviau suprasti betono paviršiaus porų santykį, nustatytą pagal 23,26 lenteles. Paviršiaus porų santykį reikia nustatyti tik tuo atveju, jei bendras paviršiaus vaizdas neatitinka sutartyje nurodytų reikalavimų. Taip pat vaizduose pateikiami tik paviršiai, kurie atitinka SVR1 – SVR4. Jie nėra skirti apibūdinti visų CSC kategorijų aspektus [18].

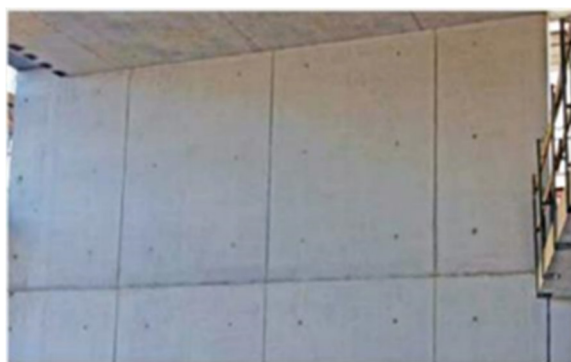
Įrėmintas plotas, kuriame porų kaičius sudaro 215, iš kurių didžiausias poros matmuo $D = 6,3$ mm [18].



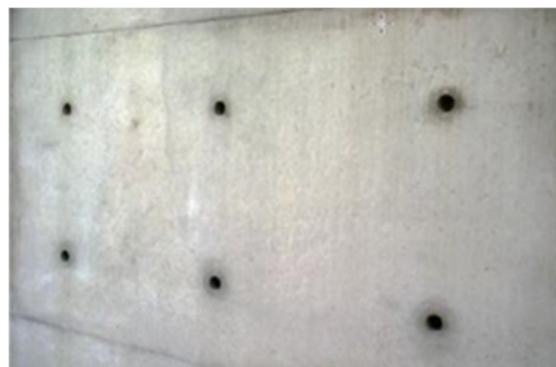
CSC-1



CSC-2

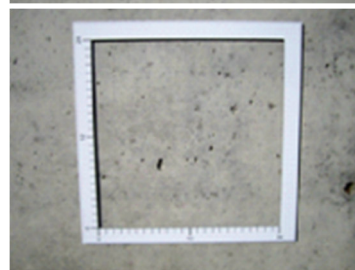
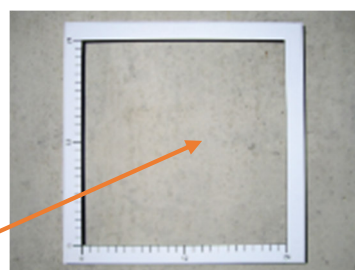
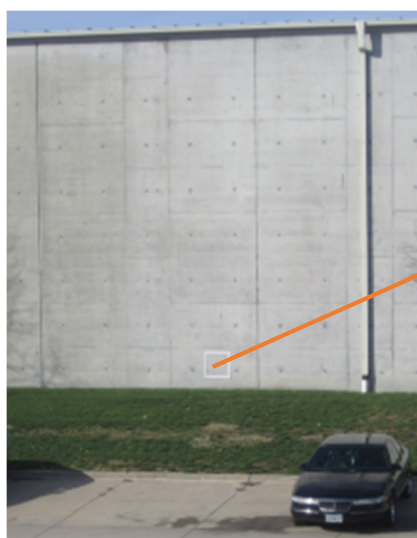


CSC-3

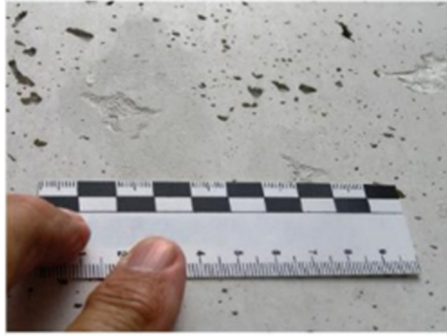


CSC-4

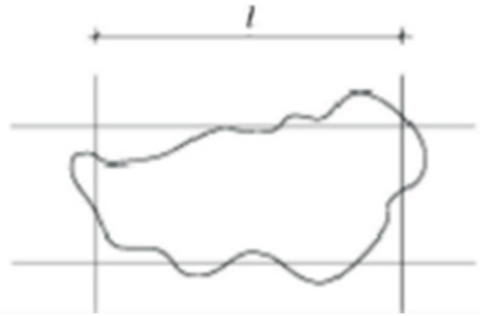
24 pav. Betono paviršiaus kategorijų CSC-1 / CSC-4 pagal ACI 347.3R-13 pavyzdžiai



25 pav. Porų vertinimo pavyzdys (46 mm atstumu) [17]



Naudojant šabloną



Didžiausio skersmens matavimas

26 pav. Porų vertinimo pavyzdys [17]

2.2.5. Metodų lyginimas ir racionalaus metodo parinkimas

Ankstesniuose skyreliuose apibrėžti skirtingi betono paviršių vertinimo metodai. Skirtingų vertinimo metodų palyginimas pateiktas 27 lentelėje.

27 lentelė. Suvestinė lyginamoji lentelė

Kriterijus	Metodika			
	CIB	Vokiškas	Austriškas	ACI
Tekstūra	-	klasė	klasė	klasė
Poringumas	skalė	klasė	klasė	klasė
Spalvos variavimas	skalė	klasė	klasė	klasė
Paviršiaus nuokrypiai nuo leistinų ribų	-	-	klasė	klasė
Bandomieji bandiniai	-	-	rekomenduojama/ nerekomenduojama	rekomenduojama/ nerekomenduojama
Plokštumas	-	klasė	klasė	-
Klojinių skydų paviršiaus klasė (SchK) arba kokybė	-	klasė	klasė	klasė
Klojinių tepalo įtaka	-	-	klasė	-
Konstruktinės jungtys ir skydų sandūros	-	klasė	-	klasė
Poligonas	-	klasė	-	-

Remiantis šiais duomenimis, matome, jog mažiausiai kriterijų įvertinama pagal CIB skalės vertinimo metodiką. Pastaroji vertinama pagal subjektyvią nuomonę, ne retai vienas betono paviršius gali būti priskiriamas dvejoms skalėms, todėl numatyti konkretų variantą yra sudėtinga. Vokiečių, Amerikiečių ir Austrų institucijų išleistos metodikos yra tiksliausios, jos apima daugiausiai kriterijų, kurie padeda betono paviršių priskirti tam tikrai kategorijai. Kriterijų rodikliai metodikose turi skirtingas ribas, todėl vertinant paviršių pagal šias metodikas tikimasi gauti skirtingų rezultatų.

Tolimesnioji tyrimo dalis bus vertinama pagal visas keturias metodikas.

3. Tiriamoji dalis

Šioje dalyje aptariamos tyrime naudotos medžiagos, jų savybės, įranga ir standartai, kuriais remiantis atliktas tyrimas.

3.1. Naudotos medžiagos

Tyrimas atliktas laboratorinėmis sąlygomis. Betono mišinio komponentai turi didelę įtaką jo mechaninėms ir fizikinėms savybėms, todėl tyrimo metu siekta užtikrinti pastovias aplinkos oro sąlygas. Visi bandymai atlikti pagal galiojančius standartus, kurie pateikti žemiau esančioje lentelėje.

28 lentelė. Bandinio ir betono mišinio charakteristikos

Charakteristika	Žymuo ir pavadinimas
Betono gniuždymo stipris	LST EN 12390-3:2019 „Sukietėjusio betono bandymai. 3 dalis. Bandinių gniuždymo stipris“
Betono mišinio sklidumas	LST EN 12350-5:2019 „Betono mišinio bandymai. 5 dalis. Sklidumo bandymas“
Sukietėjusio betono tankis	LST EN 12390-7:2019 „Sukietėjusio betono bandymai. 7 dalis. Sukietėjusio betono tankis“
Oro kiekis mišinyje	LST EN 12350-7:2019 „Betono mišinio bandymai. 7 dalis. Oro kiekis. Slėginiai metodai“
Betono mišinio slankumas	LST EN 12350-2:2019 „Betono mišinio bandymai. 2 dalis. Slankumo bandymas“
Šviežio betono mišinio tankis	LST EN 12350-6:2019 „Betono mišinio bandymai. 6 dalis. Tankis“

Tyrimo metu panaudotos žaliavos išvardintos žemiau esančioje 29 lentelėje. Jos atitinka standartų numatytus reikalavimus.

29 lentelė. Tyrimo metu naudotos žaliavos

Žaliava	Žymuo ir pavadinimas
Cementas	LST EN 197-1:2011 „Cementas. 1 dalis. Įprastinių cementų sudėtis, techniniai reikalavimai ir atitikties kriterijai“
Cheminiai priedai	LST EN 934-2:2009+A1:2012 „Betono, statybinio ir injekcinio skiedinio įmaišiniai priedai. 2 dalis. Betono įmaišiniai priedai. Apibrėžtys, reikalavimai, atitiktis, ženklinimas ir etiketavimas“
Užpildai	LST EN 12620:2003+A1:2008 „Betono užpildai“
Vanduo	LST EN 1008:2003 „Vanduo betonui. Techniniai vandens ėminių ėmimo, bandymo ir tinkamumo reikalavimai, įskaitant grąžinamą iš gamybos betono pramonėje vandenį, pakartotinai naudojamą betono mišiniui ruošti“

3.1.1. Užpildai

Tyrimo metu panaudotos medžiagos betono mišiniui gaminti:

- AB „Akmenės cementas“ portlandcementis CEM II/A-LL 42,5 R;
- 0/2 frakcijos smėlis;
- 0/4 frakcijos smėlis;
- 4/16 frakcijos žvirgždas;
- 4/16 fr. žvirgždo skalda;
- Vanduo.

Cementas

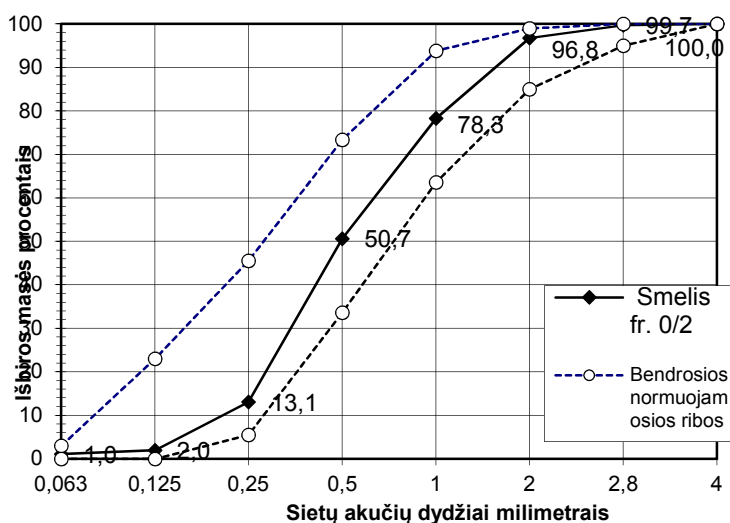
Tyrimams buvo naudotas AB „Akmenės cementas“ portlandcementis CEM II/A-LL 42,5R (žr. 30 lent.) [28].

30 lentelė. CEM II/A-LL 42,5R fizikinės, mechaninės savybės bei cheminė sudėtis [28]

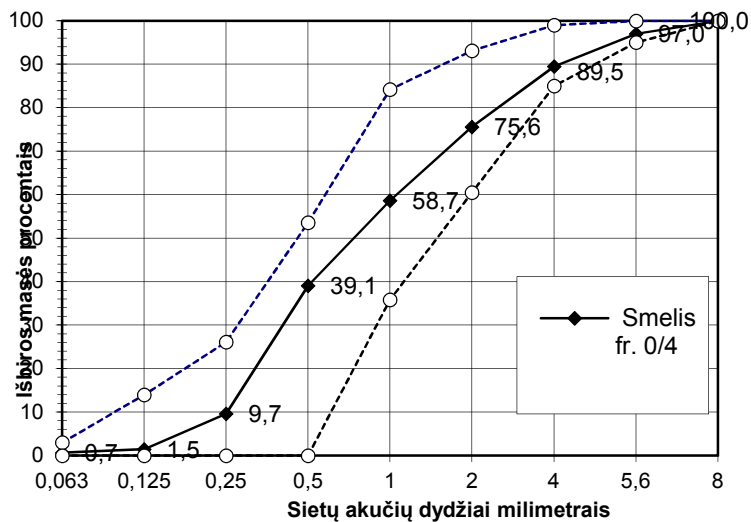
Savitasis paviršius, m ² /kg	410
Cemento dalelių tankis kg /m ³	3050
Normalaus tirštumo tešla, %	26,5
Tūrio kitimo tolygumas, mm	0,8
Rišimosi terminai: pradžia, min.	195
Stipris gniuždant po 2 / po 28 parų, MPa	27,1/54,0

Smulkusis užpildas

Kaip smulkusis užpildas tyrimams naudoti 0/2 bei 0/4 frakcijos smėliai, kurių piltniai tankiai atitinkamai: $\rho_{0/2} = 1635 \text{ kg/m}^3$ ir $\rho_{0/4} = 1723 \text{ kg/m}^3$. Sausų dalelių tankiai atitinkamai $\rho_{0/2s} = 2660 \text{ kg/m}^3$ ir $\rho_{0/4s} = 2664 \text{ kg/m}^3$. Granulimetrinė užpildų sudėtis, nustatyta pagal standarto LST EN 933- 1:2012 „Bandymai užpildų geometrinėms savybėms nustatyti. 3 dalis. Dalelių formos nustatymas. Plokštumo rodiklis“ reikalavimus [28].



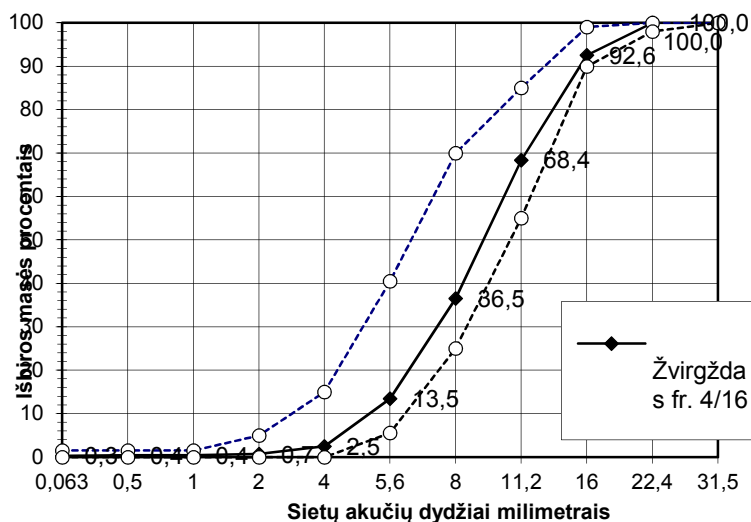
27 pav. Smėlio fr. 0/2 granulimetrinės sudėties grafikas



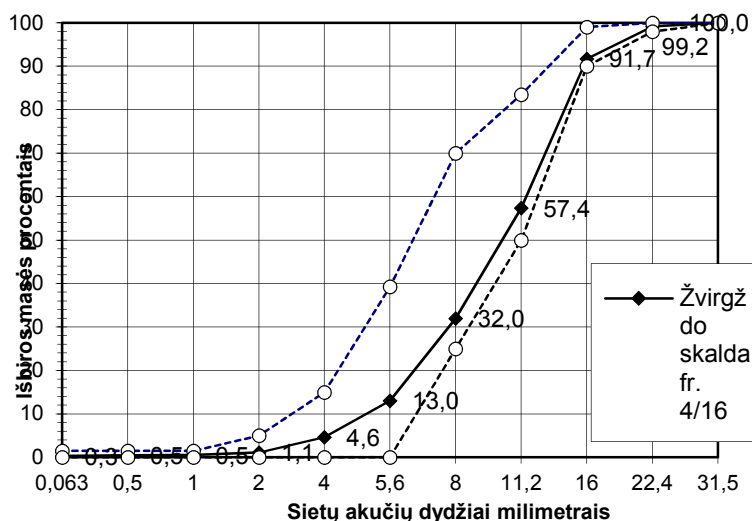
28 pav. Smėlio fr. 0/4 granulometrinės sudėties grafikas

Stambusis užpildas

Kaip stambusis užpildas tyrimams naudotas 4/16 fr. žvirgždas ir 4/16 fr. žvirgždo skalda, kurių piltnis tankis $\rho_{4/16} = 1582 \text{ kg/m}^3$ ir $\rho_{4/16'} = 1460 \text{ kg/m}^3$. Sausų dalelių tankis atitinkamai $\rho_{4/16} = 2670 \text{ kg/m}^3$ ir $\rho_{4/16's} = 2675 \text{ kg/m}^3$. Granulometrinė užpildų sudėtis nustatyta pagal standarto LST EN 933-1:2012 „Bandymai užpildų geometrinėms savybėms nustatyti. 1 dalis. Granulometrinės sudėties nustatymas. Sijojimo metodas“ reikalavimus [28].



29 pav. Žvirgždo fr. 4/16 granulometrinės sudėties grafikas



30 pav. Žvirgždo skaldos fr. 4/16 granulimetrinės sudėties grafikas

Betono mišinio įmaišos

„Sika® ViscoCrete® D187“ (18) – tai trečios kartos didelio efektyvumo betono priedas, suteikiantis betonui didesnę stiprumą ir kitas savybes. Šis priedas yra naudojamas betono gamyboje, bet ypač:

- savaimė susitankinančio betono gamybai;
- betono, kuriam reikia sumažinti vandens kiekį, gamybai (net iki 40%);
- didelio stiprumo betono gamybai [22].

31 lentelė. Įmaišos Sika ViscoCrete D-187 techniniai duomenys [22]

Cheminis pagrindas	Modifikuotų polimerų vandeninis tirpalas
Spalva	Bespalvis, nepermatomas skystis
Tankis	1,04 kg/l
pH vertė	4,5 ± 0,5
Vandenyje tirpių chloridų kiekis	< 0,10 %
Šarmų kiekis	< 0,10 %
Sausos medžiagos kiekis	18 %

Ruošiant betono masę pridedama „Sika® ViscoCrete® D187“ (18) plastiklio. Jis gali būti pridedamas prieš įpilant vandenį ar po to [22].

3.1.2. Klojinių tepalai

Tyrimo metu analizuojami keturi bandiniai, kurių klojiniai prieš betonavimą padengi skirtingais klojinių tepalais: Sika emulsija, Formil alyva, silikono alyva ir automobilinis vaškas.

1. Sika® Separol® W-220 – tai yra itin efektyvus be tirpiklių formų tepalas, kuris bandomas pagal specialias Sika bandymų technikas. Šio tepalo pagrindinis komponentas yra specialiomis technologijomis susintetinta alyva, kuri suteikia šias savybes: mažas klampumas, geras prikibimas prie vertikalių formų paviršių, savaimė išsilyginantis po purškimo, itin sumažina

poringumą, nesukuria degių garų, naudojant nesusidaro dervų, mažiau dulkių prilimpa prie formos, saugus naudoti ir laikyti [23].

Tirpalo tankis esant +20° temperatūrai – 0,97 g/cm³. Siekiant taisyklingai padengti klojinių paviršių šiuo tepalu, privaloma vadovautis jo taikymo instrukcijomis, kurios apibrėžtos gamintojo: prieš naudojimą klojiniai ar formos turi būti švarūs ir sausi. Turi būti pašalinami betono ir rudžių likučiai, o tepalas padengiamas plonu sluoksniu. Purkšti tiek, kad ant formos paviršiaus susidarytų balti taškai (gali būti reikalinga papildoma įranga, jeigu klojiniai yra labai įgeriantys). Taip pat rekomenduojama naudoti specialius purkštukus su plokščiu purškimo antgaliu, kurie palaiko 3-6 bar slėgį. Tepalo perteklius turi būti nuvalomas skuduru, kempine ar voleliu. Tinkamai užtepus po 20 min. esant +20°C balti tepalo taškai turi išgaruoti ir tepalo vizualiai turi nesimatyti [23].

Kitos klojinių tepalo vertės pateiktos 59 puslapyje esančioje 33 lentelėje.

2. *FORMIL XS 10* – tai aliejai, gaminami naudojant mineralinius aliejus, kurių sudėtyje yra veikliųjų ingredientų. Ši alyva turi savybę mažinti adhezijos jėgą (sukibimą) klojinio paviršiuje, taip pat, susitarus su užsakovu, gali būti naudojama betono mišinio gamybai arba kitiems tikslams. Aliejai gaminami pagal keletą klampumo klasių, kurių pasirinkimas priklauso nuo padengimo metodo ant metalinių, medinių ar kitokių klojinių [24].

32 lentelė. Klojinių tepalo FORMIL charakteristikos [24]

Nr.	Reikalavimai	Bandymo metodai	Mat. vnt.	Žymuo						
				XS	XS-10	S	M	L	XL	XXL
1	Klumpumas (+40° temperatūroje)	ASTM D-445	mm ² /s	3 - 4	9 - 11	22 - 25	37 - 42	80-105	125 - 140	145 - 165
2	Aukščiausia temp., °C	PN-EN ISO 2592	°C	70-90	70 - 90	190 - 214	200 - 230	220 - 260	240 - 265	210 - 265

Kitos klojinių tepalo vertės pateiktos 59 puslapyje esančioje 33 lentelėje.

3. *Aerolis Carlson silicone oil* – tai purškiamą silikoninę alyvą, skirtą tepti judančias dalis, valyti bei blizginti paviršius. Dažniausiai šis produktas naudojamas automobilių ir inžinerijos pramonėje, namų ūkyje. Apsaugo, išsaugo, padidina guminių apmušalų, tarpiklių ir plastikinių medžiagų lankstumą, tarnavimo laiką ir blizgesį. Jis sumažina sukibimą ir yra atsparus drėgmei, todėl turi plačią panaudojimo sritį.

Nepaisant jo teigiamo poveikio valomiems paviršiams, jis yra itin degus, gali sukelti odos dirginimą ir kitas su žmogaus sveikata susijusias problemas. Sudėtyje yra: angliavandenių, C11-C14, n-alkanų, izolkanų, cyclinų, < 2 % aromatinių medžiagų (ES 926-141-6). Gamintojas rekomenduoja produktą laikyti 5 – 25 °C temperatūroje.



31 pav. Aerolis *Carlson silicone oil*

Kitos klojinių tepalo vertės pateiktos 59 puslapyje esančioje 33 lentelėje.

4. *Metalic Polish & Wax* – polirolis/vaškas naujų ir naudotų metalų bei dažų priežiūrai. Valo, konservuoja, suteikia šviežumą ir blizgesį daugeliui mėnesių. Jis palaiko, pagerina naujų ir naudotų paviršių išvaizdą. Greitai bei lengvai pašalina dėmes ir lengvą oksidaciją. Polimerų pagrindu pagamintas vaškas apsaugo dažų paviršių nuo būsimų aplinkos teršalų, panaikina nedidelius subraižymus ir suteikia blizgesį [25].



32 pav. *Metalic Polish & Wax* [25]

Naudojimas: prieš naudojimą suplakti. Vatos arba poliravimo vilnos pagalba, sukamaisiais judesiais užtepti ant švarių ir sausų dažų. Jei paviršius šiek tiek nešvarus – poliruoti švelniai spaudžiant. Brilliantinis gilusis spindesys atsiras nuvalant su

vata, poliravimo vilna ar medvilnės gabalėliu.

Sudėtyje yra: nafta, hidrinta sunkioji 30 - 40 %, Triethanolamin 1%, distiliuotas vanduo 30 - 50 %, 1.2 - Benzisothrazol - 3 (2H) – onas 0,02 %, abrazyvinės medžiagos 5-15 % [25].

Siekiant nustatyti naudojamų tepalų charakteristikas, kurios nebuvo deklaruotos gamintojų, atliktas jų charakteristikų vertinimas. Įrangos aprašymas, kuria buvo atliktas bandymas, pateiktas „Tyrimo metodikos“ skyriuje, o gauti rezultatai pateikiami žemiau esančioje lentelėje.

33 lentelė. Tyrime naudotų tepalų charakteristikos

Rodiklis	Tepalo pavadinimas			
	<i>Sika® Separol® W-220</i>	<i>Metalic Polish & Wax</i>	<i>Aerozolis Carlson silicone oil</i>	<i>FORMIL XS 10</i>
pH vertė	8,07	8,33	3,21	6,30
t, °C	19,40	19,10	19,20	20
EC, ms/cm	2,35	1,35	0,00	0,00
TDS, ppt	1,18	0,68	0,00	0,00

čia pH (vandenilio potencialas) – vandenilio jonų (H⁺) koncentracijos tirpale matas, parodantis tirpalo rūgštingumą ar šarmingumą. Žymėjime raidė p kilusi iš vokiško žodžio Potenz, reiškiančio koncentracijos dydį, o raidė H reiškia vandenilio jonus;

t – tirpalo temperatūra, °C;

EC – elektrinis laidumas, elektrinis laidis – medžiagos savybė praleisti elektros srovę. Įvairioms medžiagoms yra būdingas skirtingas elektrinis laidumas. Jis priklauso nuo medžiagos savybių, kadangi tai dydis, atvirkščias savitajai elektrinei varžai, ms/cm;

TDS – bendrų ištirpusių medžiagų kiekis, ppt.

Pagal rezultatų lentelę matome, jog didžiausią vandenilio potencialo vertę vyrauja „Metalic Polish Wax“ ir „Sika Separol W-220“ tepaluose. Mažiausią vandenilio potencialo vertę pastebima silikono pagrindo alyvos tepale. Atsižvelgiant į šiuos duomenis, tikimasi, jog geriausi rezultatai bus pasiekti naudojant didesnio vandenilio potencialo tirpalus.

3.2. Tyrimų metodika

Šiame skyriuje aptariama tyrimui atlikti naudojama įranga, jos pagrindiniai parametrai ir veikimo principas.

3.2.1. Paviršiaus įtempimo ir vilgymo kampo matavimai

Paviršiaus įtempimo ir vilgymo kampo matavimui atlikti naudojamas prietaisas - *Biolin Scientific Theta Light*. Šiuo prietaisu taip pat galimas paviršių drėkimo, skysčių absorbcijos, paviršiaus laisvosios energijos, skysčio sklidimo ant paviršiaus vertinimo procedūrų atlikimas. Prietaiso matavimo ribos: 0,01 – 1000 mN/m [26].



33 pav. Prietaisas „Biolin Scientific Theta Light“ [26]

3.2.2. Skysčių pH / EC / TDS / temperatūros matavimai

Combo pH/Conductivity/TDS tester (high range) HI98130 – tai atsparus vandeniui, pH / EC / TDS / temperatūros matuoklis. Jo korpusas visiškai sandarus. Visi pH ir EC / TDS rodmenys automatiškai nustatomi pagal temperatūrą, temperatūros vertės gali būti rodomos ° C arba ° F vienetais. EC / TDS rodmenims - EC / TDS perskaičiavimo koeficientas (CONV) gali pasirinkti vartotojas. Prietaisas gali būti kalibruojamas viename ar dviejuose taškuose.



34 pav. Matuoklis HI98130

Prietaiso tikslumo duomenys ir charakteristikos pateiktos žemiau.

34 lentelė. Įrangos Combo pH/Conductivity/TDS tester (high range) – HI98130 charakteristikos [28]

Rodiklis	Prietaiso charakteristika	Rodmuo
pH	ribos	0,00 – 14,00 pH
	tikslumas	± 0,05 pH
	skyra	0,01
EC	ribos	0,00 – 20,00 mS/cm
	tikslumas	± 2 % F.S.
	skyra	0,01 mS/cm
TDS	ribos	0,00 – 10,00 ppt
	tikslumas	± 2 % F.S.
	skyra	0,01 ppt
Temperatūra	ribos	0,0 – 60,0 °C
	tikslumas	± 0,5 °C
	skyra	0,1 °C
Kalibravimas	-	automatinis
Baterijos tipas	-	4 × 1,5 V su BEPS/apytiksl. 100 val.
Svoris	-	100 g

3.2.3. Betono paviršiaus porų analizė

Betono paviršinių oro porų analizei, jų kiekiui bei dydžiui nustatyti naudota įranga:

- Fotoaparatas: „Nikon D3200“;
- Fotoaparato objektyvas: „Nikon DX AF-S NIKKOR 18-55“;
- Blykstė: „Quantum“;
- Blykstės šviesos difuzorius: „PhotoFlex LiteDome Q39 soft box medium“ [28].

Matricos jautrumas (ISO) – keičiant fotoaparate šią (ISO) reikšmę, keičiame matricos jautrumą. Kuo didesnė ši reikšmė, tuo jautriau matrica reaguoja į šviesą, o tai reiškia, kad su didele reikšme fotoaparatas užfiksuos net kelis spindulėlius, tuo tarpu esant mažiausiai reikšmei, tik didesnis šviesos srautas paveiks matricą. Naudojant didelius ISO atsiranda triukšmai nuotraukose. Taigi, didelės ISO reikšmės patartina naudoti tik esant mažam apšvietumui - patalpose, naktiniuose portretuose, tada, kai apšvietimas mažas ir negalima naudoti blykstės (Peterson 2008). Tyrimuose ISO reikšmė buvo pastovi ir nustatyta ties minimalia ISO 100 riba [28].

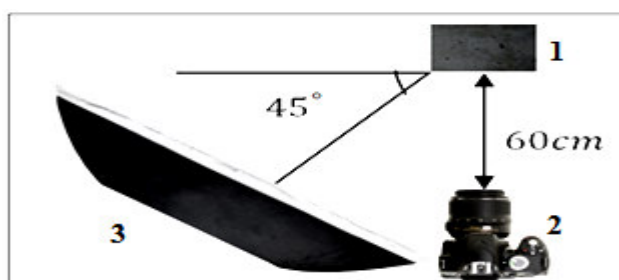
Pagrindinis uždavinys, nustatant optimalius fotografavimo parametrus, buvo atitaikyti juos taip, kad šviesa pasiskirstytų tolygiai po visą bandinio paviršių (tai turi įtakos galutiniams rezultatams). Šiuo atveju blykstės paskirtis yra eliminuoti aplinkos apšvietimą. 35 lentelėje pateikti optimalūs fotografavimo įrangos parametrai, kurie buvo naudoti tolimesniuose bandymuose [28].

35 lentelė. Optimalūs fotografavimo įrangos parametrai [28]

Fotografavimo įrangos parametrai, reikšmė			
Diafragmos plyšio plotis, F	Ekspozicijos laikas, s	Matricos jautrumas, ISO	Blykstės intensyvumas, GN
8	1/160	100	15

Matuojant oro porų kiekį betono paviršiuje, blykstė buvo pastatoma apytiksliai 45° kampu į fotografuojamą objektą 0,5 m atstumu nuo objekto. Fotografuojant atstumas nuo objekto (bandinio) iki fotoaparato buvo pastovus ir nekito – 0,6 m [28].

Fotoaparato bei blykstės išdėstymas analizuojant paviršines oro poras pateiktas 35 pav.

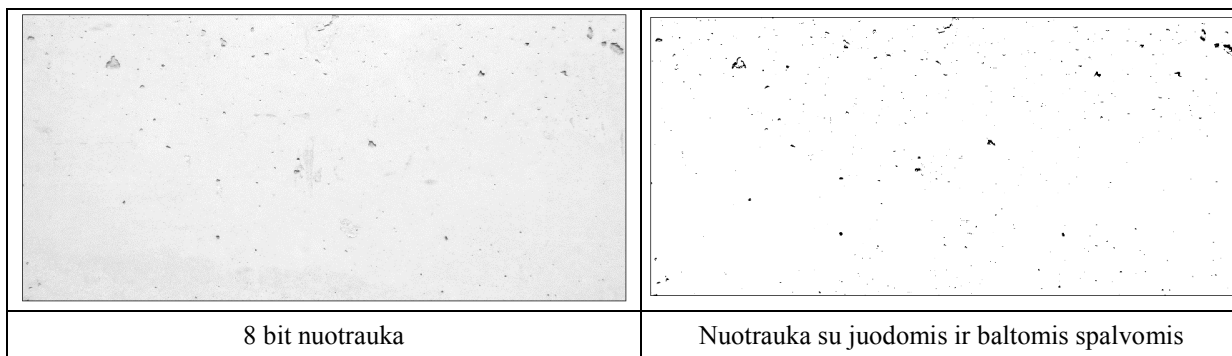


35 pav. Fotoaparato bei blykstės išdėstymas analizuojant betono paviršiaus oro poras: 1 – fotografuojamas paviršius; 2 – fotoaparatas; 3 – blykstė bei šviesos srauto išskleidėjas. Atstumas tarp fotoaparato bei nagrinėjamo paviršiaus 60-70 cm [28]

Betono paviršiaus kokybės (oro porų skaičius) nustatymui buvo naudota ImageJ programa. Ši programa yra nemokama, todėl jos naudojimas – neribojamas. Programos tikslumas priklauso nuo nuotraukos kokybės ir fotografavimo vienodumo laipsnio (lyginant duomenis tarpusavyje). Kiekvienam bandiniui reikalinga skalė, pagal kurią nustatomas oro porų dydis. Siekiant užtikrinti rezultatų tikslumą, atliekamas paviršinių oro porų vizualinis skaičiavimas. Čia reikalinga skaičiavimo vienodumas, kurio metu pasirenkamas porų dydžio išskyrimo laipsnis 0-250 [34]. Šiame tyrime buvo naudojamos apytikslės ribos: 0-170 (jos buvo koreguojamos priklausomai nuo nuotraukos kokybės).

ImageJ programos metodologija:

1. Betono paviršiaus nuotrauka įkeliama į ImageJ programą. Tyrimo metu analizuojamų plotų reikšmės nedaug varijavo, skirtumas nebuvo didesnis nei 500 mm^2 ;
2. Nuotraukos kokybė pakeičiama į 8bit. Šis procesas atliekamas siekiant išryškinti poras, skaičiavimo rezultatai tikslesni (36 pav.);
3. Nustatoma skalė. Reikalinga realių dydžių atkūrimui ir porų išfiltravimui;
4. Nuotraukos spalvos pakeičiamos į juodą ir baltą, išryškinamos paviršiuje susidariusios poros (36 pav.);
5. Analizavimo metu išryškinamos 0–2 mm, 2–5 mm, 5–10 mm ir 10–15 mm poros;
6. Apskaičiuojamas porų ir paviršiaus santykis, nustatomas realus jų kiekis [12].

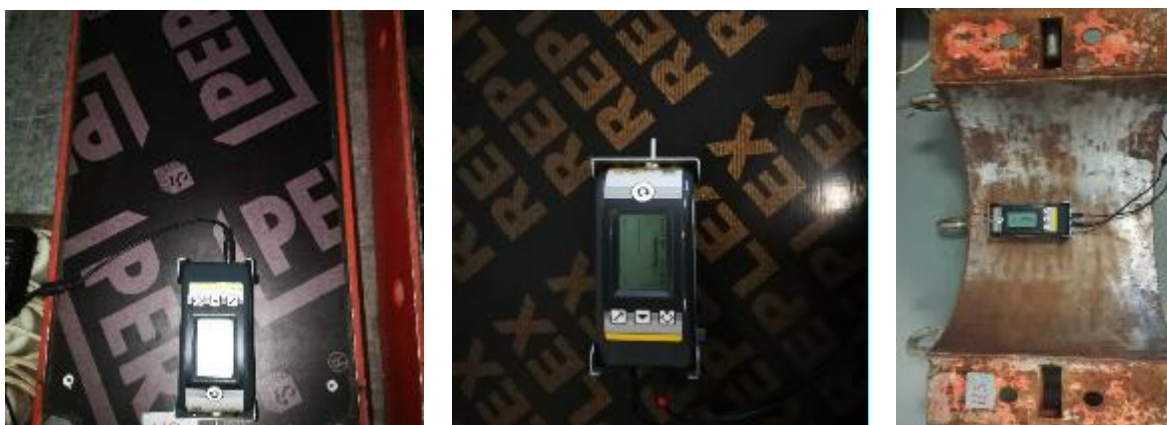


36 pav. Nuotraukos transformavimas naudojant ImageJ

3.2.4. Klojinių šiurkštumo matavimai

Paviršiaus šiurkštumas – mikrogeometrinių paviršiaus nelygumų visuma, kai paviršiaus profilį (reljefą) sudarantys mikronelygumai kartojasi palyginti mažu žingsniu. Jis matuojamas pagal tarptautinio standarto EN ISO 4287:1998 „Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters“ reikalavimus. Paviršiaus šiurkštumas apibrėžiamas šiais pagrindiniais paviršiaus šiurkštumo parametrais: R_a , R_z , R_t , R_c . Šiurkštumui apibūdinti plačiausiai naudojamas R_a parametras, juo bus remiamasi ir šiame tyrimo etape.

Tyrimo įranga: bandinių paviršiaus šiurkštumo parametrai nustatomi *TESA Rugosurf 20* paviršiaus šiurkštumo matuokliu. Pagrindinis prietaiso elementas yra matavimo antgalis, kuriame sumontuota deimantinė adatėlė (smaigalio spindulys $5\ \mu\text{m}$). Ši adatėlė matavimo metu traukiama tiese, viena kryptimi ir liesdama bandinio paviršių atkartoja jo nelygumus judėdama vertikalia kryptimi (maksimalus judėjimo vertikalia kryptimi ilgis – $400\ \mu\text{m}$; nelygumų registravimo skyra – $0,001\ \mu\text{m}$). Bandinio paviršiaus profilis išsaugomas prietaiso atmintyje ir iš jo automatiškai apskaičiuojamas paviršiaus šiurkštumo parametras R_a .



37 pav. Klojinių paviršiaus šiurkštumo matavimas *TESA Rugosurf 20* prietaisu

3.2.5. Betono kietėjimo temperatūros matavimai

Betono kietėjimo temperatūros sekimui naudojama įranga - HOBO 4-Channel Analog Data Logger - UX120-006M.

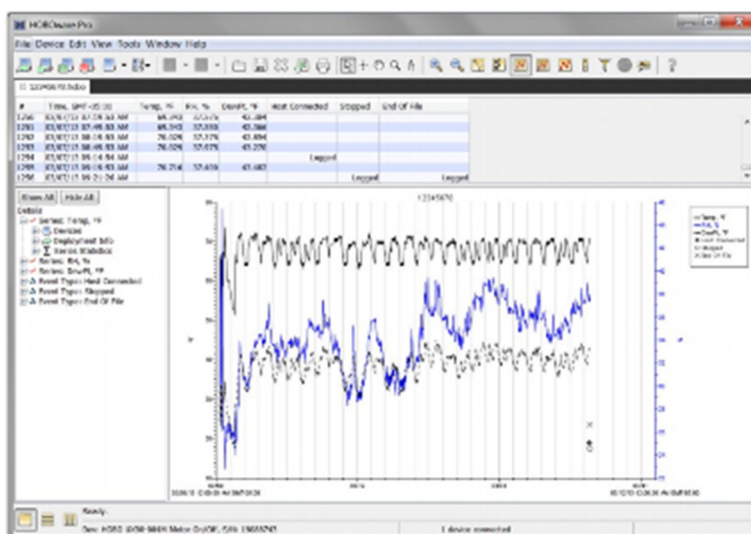
36 lentelė. HOBO 4-Channel Analog Data Logger - UX120-006M charakteristikos

Matavimo ribos	-20 – 70 °C; 0 – 95 % RH
Darbo laikas	1 sec – 18 val.
Laiko paklaida	± 1 min per mėnesį
Svoris	107,5 g

Prietaiso veikimo principas: į betono mišiniu pripildytą formą įterpta termopora sujungiama su termoporiniu duomenų kaupikliu „HOBO 4-Channel Analog Data Logger - UX120-006M“ (38 pav.). Bandymo metu pirmąsias 48 val. temperatūra užrašoma kas 15 min., o likusį laiką temperatūra užrašoma kas 1 val. Gauti tyrimų duomenys apdorojami kompiuterine programa „HOBOWare®“. Minėta programa naudojama, kad būtų galima pradėti užrašyti temperatūrų fiksavimo istoriją, skaityti duomenis ir keisti nustatymus bei atvaizduoti gautus tyrimų duomenis grafiškai (39 pav.).



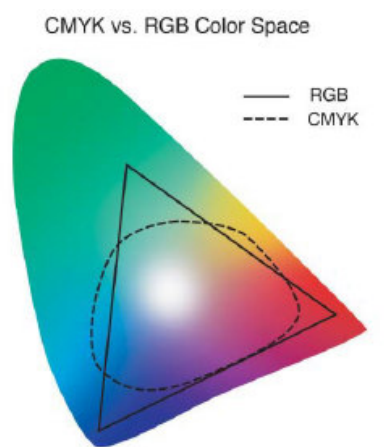
38 pav. Duomenų kaupiklis „HOBO 4-Channel Analog Data Logger - UX120-006M“



39 pav. Kompiuterinės programos „HOBOWare®“ pagrindinio lango vaizdas

3.2.6. Betono paviršiaus spalvos matavimai

Betono paviršiaus spalvos matavimai reikalauja didelio prietaiso tikslumo ir mažos paklaidos. Kompiuterių monitoriai perteikia didelės raiškos nuotraukas, kurias sudaro raudona, žalia ir mėlyna spalvos (RGB). Nuotraukų spausdinimo metu, siekiant gauti geresnę nuotraukos kokybę, jos turi būti derinamos naudojant kitą spalvų gamą: žydrą, rausvai raudona, geltoną ir juodą (CMYK). Šių skirtingų spalvų, rodomų ekrane, efektas nėra atkuriamas naudojant spausdintuvo dažus, todėl spausdinant vaizdus prarandama vaizdo spalva ir dažnai detalės. Todėl spausdinama vadovaujantis CMYK formato spalvomis, gaunami aiškesni vaizdo rezultatai. [32]



40 pav. Spalvų diagrama rodanti monitoriuje rodomos RGB gamos ir CMYK spalvų gamos palyginimą spausdintame žurnale. *kai kurios RGB spalvų gamos sritys nepatenka į CMYK gamą, būtent šias spalvas pervers konversija iš RGB į CMYK [32]



41 pav. Paviršiaus spalvos matavimo instrumentas *NCS COLOUR SCAN 2.0* [29]

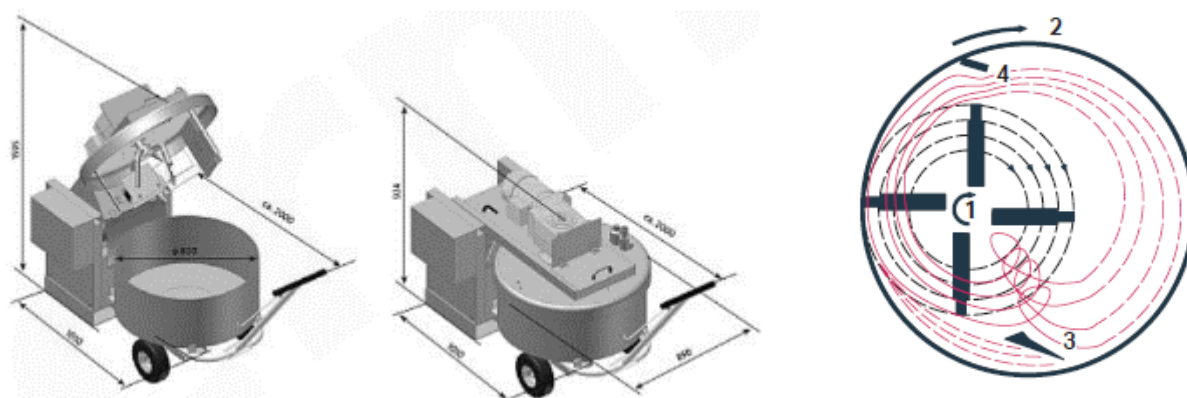
NCS COLOUR SCAN 2.0 – tai produktas, kuris turi labai plačią spalvų paletę ir yra skirtas paviršiaus spalvos kodo nustatymui. Šio instrumento veikimo laikas yra sąlygiškai mažas, todėl matavimai atliekami greitai ir tiksliai. Matavimo metu svarbu tiksliai prispausti prietaisą prie matuojamo paviršiaus, tai galima atlikti kelis kartus. Rezultatas pateikiamas instrumento ekrane ir privalo būti lyginamas su turima spalvų palete. To neatlikus, rezultatus patartina laikyti tik orientaciniais, nes paviršiaus spalvos kodas gali neatitikti realybės [29].

Rezultatą įtakojantys veiksniai:

- Trikdantys aplinkiniai veiksniai (saulės šviesa, šešėliai ir t.t.);
- Šaltas oras, kuris gali sutrikdyti prietaiso veikimą;
- Netinkamas prietaiso naudojimas: jis nebuvo priglundęs prie paviršiaus; paviršius nelygus; paviršius nešvarus [29].

3.2.7. Betono mišinio ruošimas

Betono mišiniams paruošti buvo naudojami sausi užpildai. Cementas ir užpildai buvo dozuojami pagal masę, o vanduo ir cheminiai priedai – pagal tūrį. Įmaišos betonui tirpalų pavidalu buvo įmaišomi į mišinius kartu su vandeniu, naudojamu mišiniams paruošti. Įmaišos į betono mišinį dėta 0,5 % cemento masės. Betono mišiniai buvo ruošiami laboratorinėje priverstinio maišymo maišyklėje Zyklos Rotating Pan Mixer ZZ 75 HE apie 3 minutes dviem etapais. Pirmojo etapo metu į sudrėkintą maišyklę supiltas cementas, užpildai ir 2/3 vandens maišomi apie 2 minutes, o antrojo etapo metu – supilamas likęs vandens kiekis su betono įmaiša ir betono mišinys maišomas apie 1 minutę.



42 pav. Betono maišyklė Zyklos Rotating Pan Mixer ZZ 75 HE (a) ir maišymo procesas (b): maišymo įrenginys (1) sukasi sinchroniškai su maišymo indu (2), sieninis grandiklis (3-4) nuo indo sienos nepertraukiamai pašalina susikaupusius likučius. Tokiu būdu gaunamas aukštas kirpimo efektas, o mišinys greitai pasidaro vienalytis [30]

37 lentelė. Betono maišyklės Zyklos Rotating Pan Mixer ZZ 75 HE techniniai duomenys [30]

Duomenys	Mat. vnt.	Dydis
Maišyklės talpa	l	50
Sauso užpildo kiekis (maks.)	l/kg	108/120
Maišymo indo plotis	mm	700
Maišyklės galia	kW	2,2
Dažnis	Hz	50
Votažas	V	400
Svoris	kg	460
Sūkurio sukimo greitis	apsisukimų per min.	1500
Maišyklės tipas	-	mobili

Bandiniams formuoti buvo naudojami PERI klojiniai.



43 pav. Surinkti PERI klojiniai prieš betonavimą

Betono mišiniu užpildytos klojinių formos (dviem etapais) tankinamos giluminiu vibratoriumi „Enardingo“. Betono mišinys buvo tankinamas apie 6 sekundes.



44 pav. Giluminis mišinio tankinimo vibratorius „ENAR“ [31]

38 lentelė. Giluminio mišinio tankinimo vibratoriaus „ENAR“ techniniai duomenys [31]

Duomenys	Mat. vnt.	Dydis
Svoris	kg	58
Galia	W	1,6
Voltažas	V	220
Dažnis	Hz	50/60
Vibracijos (neapkrauto)	apsisukimai per minutę	18 000
Vibracijos (apkrauto)	apsisukimai per minutę	12 000
Dydis	mm	150 × 342 × 216

Suformuoti bandiniai 7 paras buvo kietinami klojinio formose ir laikomi patalpoje, kurios aplinkos temperatūra apie 20 ± 2 °C. Po 7 parų kietėjimo išformuoti betono bandiniai buvo fotografuojami ir nustatomas spalvos variavimas.

4. Tyrimų rezultatai

Tyrimų rezultatų skyriuje aprašyti gauti klojinių skydų paviršiaus būklės tyrimo rezultatai, kurie buvo išmatuoti specialiomis įrangomis ir priemonėmis.

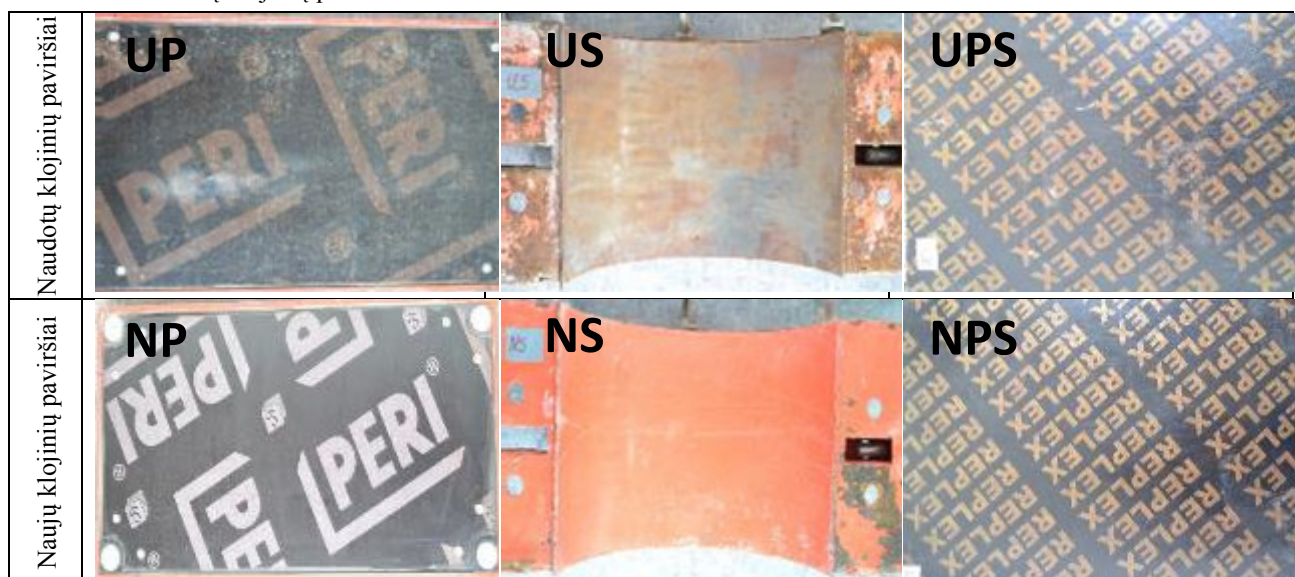
4.1. Klojinių skydų paviršiaus būklės įvertinimas

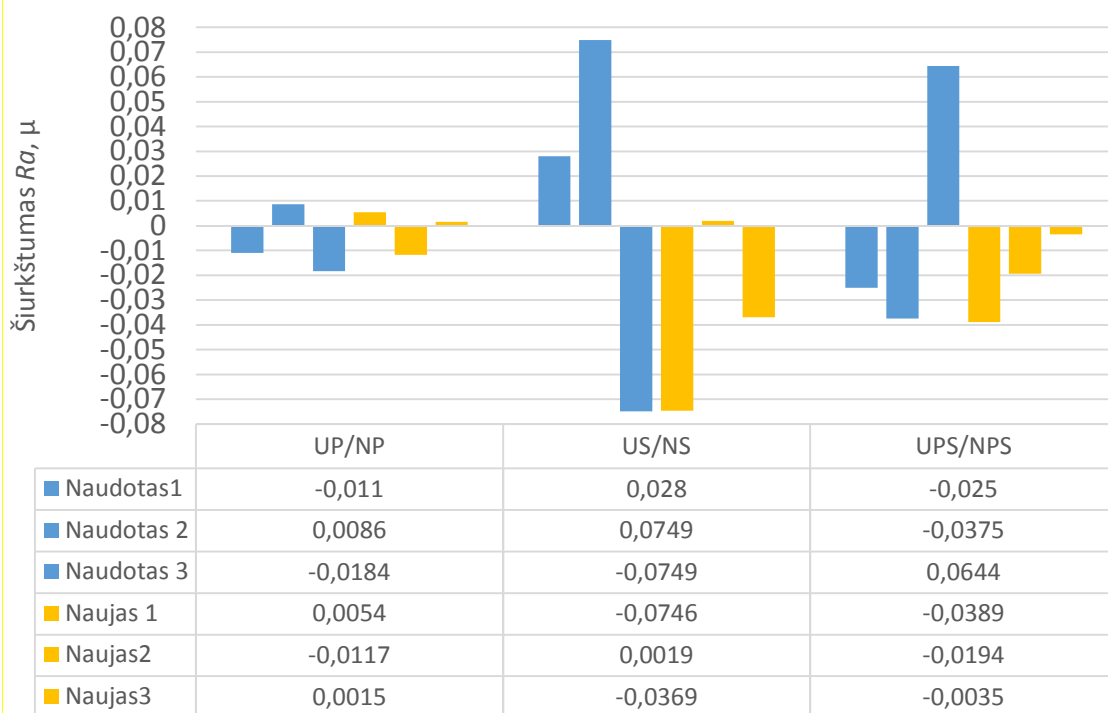
Šiame skyriuje aprašomi gauti šiurkštumo, vilgymo kampo ir kiti tyrimo rezultatai bei įvertinama kokią reikšmę jie galėjo turėti galutiniams rezultatams.

4.1.1. Šiurkštumo tyrimo rezultatai

Klojinių skydų paviršiaus šiurkštumo tyrimo metu buvo atliekamas klojinių paviršiaus būklės vertinimas. Klojinių eksploatavimo metu klojinių sienelės susidėvi, o tai padidina tiekiamo betono ir sienelės trintį. Dėl šios priežasties padaugėja oro porų betonuojamos konstrukcijos paviršiuje, atsiranda dėmių, o klojinius sunkiau išmontuoti. Klojinių skydų šiurkštumo tyrimui įtakos turėjo gilūs suraižymai naudotuose klojinių skydų paviršiuje, kurie galimai įtakojo duomenų sklaidą. Darbo metu šie rezultatai eliminuoti nebuvo. Klojinių šiurkštumo grafikai pateikiami prieduose (žr. 2 priedą).

39 lentelė. Naudotų klojinių paviršiai





45 pav. Paviršiaus šiurkštumo matavimo rezultatai

Po atliktų klojinių skydų paviršiaus šiurkštumo bandymų trijose skirtingose klojinio vietose nustatyta, jog vokiškos „PERI“ faneros naudoti skydai yra labiau susidėvėję nei nauji. Naudotuose skyduose šiurkštumas yra didesnis, paviršius yra labiau susidėvėjęs, daugiau gilių suraižymų. Naujų klojinių paviršiaus šiurkštumas gerokai mažesnis, todėl tikimasi, jog naudojant šiuos klojinius susidarys mažiau paviršinių oro porų, o spalvos vienodumas bus tolygesnis.

Plieninių klojinių paviršiaus šiurkštumo analizės metu nustatyta panaši tendencija kaip ir vokiškų „PERI“ klojinių analizės metu. Čia naujų klojinių būklė taip pat yra geresnė, t.y. paviršiaus šiurkštumas mažesnis. Naujo klojinio paviršiaus šiurkštumo matavimo metu buvo pastebėtas gilus subraižymas, šiurkštumo vertė $-0,0746 \mu\text{m}$, kuris galėjo atsirasti transportavimo metu, todėl tos matavimo vietos rezultatai yra prastesni lyginant su tos pačios matavimo vietos rezultatu matuotu naudotame klojinio paviršiuje, $0,0280 \mu\text{m}$.

Kiniškos „PERI“ faneros skydų paviršiaus šiurkštumo analizės metu nustatyta, jog paviršiaus šiurkštumas dviejose matavimo vietose yra sąlygiškai panašus. Toks rezultatas galėjo atsirasti dėl jau anksčiau minėtų gilių suraižymų, kurie įtakojo rezultatų sklaidą. Trečiojo matavimo metu gauti rezultatai yra labiau priimtini, gautas naudoto klojinio skydo paviršiaus šiurkštumas – $0,0644 \mu\text{m}$, o naujo - $-0,0035 \mu\text{m}$.


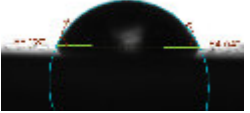









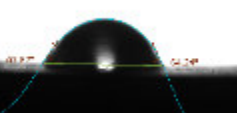


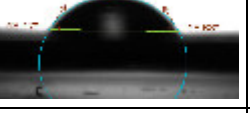
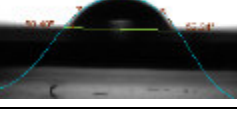

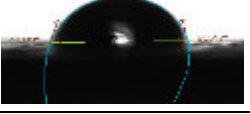
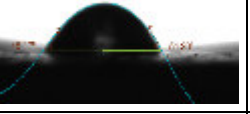





Paviršiaus šiurkštumo analizės metu nustatyta, jog nauji klojinių skydų paviršiai yra kokybiškesni, o gauti betonuojamos konstrukcijos rezultatai susidarančių oro porų bei spalvos variavimo atžvilgiu bus geresni

4.1.2. Vilgymo kampo tyrimo rezultatai

Vilgymo arba drėkinamumo kampo įtaka aptarta ankstesniuose skyriuose. Didesnis klojinio paviršiaus drėgnumas būna esant žemam kontakto kampui (CA) $<90^\circ$, o vandens neįgeriamumas, esant dideliame kontakto kampui $>90^\circ$. Vilgymo kampo nustatymui įtaką daro daug veiksnių: matuojamo skysčio tipas, lašelių dydis, paviršiaus homogeniškumas, užterštumas, šiurkštumas, medžiagos išilginis elastingumo koeficientas, aplinkos temperatūra ar drėgmė. [33]

Žemiau pateiktose lentelėse pateikiami vilgymo kampo rezultatai ant klojinių paviršiaus naudojant skirtingus tepalus. Vilgymo kampo kitimo laike grafikai pateikti prieduose (žr. 3 priedą).

39 lentelė. Vilgymo kampo rezultatai 10 sekundėje

Klojinio tipas		Tepalas			
		SIKA separol emulsija	Vaškas	Silikono emulsija	FORMIL XS 10
		Vilgymo kampas 10s, °			
PERI fanera	Naudotas	51,71	68,53	24,43	63,16
					
	Naujas	28,93	70,97	31,65	41,79
					
Plieminis	Naudotas	64,57	81,26	70,85	62,56
					
	Naujas	65,30	67,42	56,33	52,40
					
Kiniška fanera	Naudotas	38,45	79,43	51,54	42,67
					
	Naujas	63,18	32,33	35,96	45,96
					

Vilgymo kampo rezultatai:

- Vokiški „PERI“ klojiniai: nauji skydai bandymo metu padengti visais skirtingais tepalais. Naudojant vandens pagrindo tepalą SIKA, naujo klojinio skydo paviršiuje gautas mažiausias drėkinamumo kampas $\alpha=28,93^\circ$, naudojant šį tepalą turėtume gauti mažiausiai oro porų paveiktą paviršių, nes skydas yra įgerianti drėgmę. Tuo tarpu didžiausias drėkinamumo kampas gautas naudojant vaško pagrindo tepalą, jo drėkinamumo kampas $\alpha=70,97^\circ$, tai turėtų įtakoti didesnę porų susidarymą, nes skydas neįgeriantis drėgmės. Po šio bandymo toks pats tyrimas buvo atliktas naudotiems klojiniais. Rezultatai, lyginant su naujų klojinių paviršiaus drėkinamumo kampu, yra panašūs. Gauta, jog mažiausias drėkinamumo kampas ant padengto klojinio su silikono emulsija $\alpha=24,43^\circ$, o didžiausias naudojant vašką - $\alpha=68,53^\circ$. Lyginant abu klojinius, nustatyta, jog didžiausias drėkinamumo kampas gautas naudojant vaško pagrindo tepalą, tie klojiniai vandens neįgeriantys ir yra hidrofobiniai, o mažiausias – naudojant vandens pagrindo tepalą SIKA ir silikono alyvos pagrindo tepalą „Casrol“, šiuo tepalu padengti klojiniai yra hidrofiliniai.
- Plieniniai klojiniai: anksčiau aptartomis dangomis padengus plieninius klojinius gauta, jog didžiausias drėkinamumo kampas gautas naudojant vaško pagrindo tepalą $\alpha=81,26^\circ$, o mažiausias kampas naudojant alyvos pagrindo alyvą „Formil“ - $\alpha=62,56^\circ$ ir vandens pagrindo emulsija „Sika“ - $\alpha=64,57^\circ$. Tais pačiais tepalais padengus naujus klojinius pastebėta, jog rezultatai nepasikeitę, didžiausias kampas gautas naudojant vaško pagrindo tepalą $\alpha=67,42^\circ$, o mažiausias naudojant „Formil“ - $\alpha=52,40^\circ$. Taigi, daroma prielaida, jog vaško pagrindu padengti plieniniai klojiniai yra hidrofobiški ir jų paviršiuje susidarys daugiau porų, o alyvų pagrindu padengti klojiniai yra hidrofiliniai.
- Kiniška „PERI“ fanera: padengus naudotus daugiasluoksnius faneros lakštus tepalais gauta, jog didžiausias drėkinamumo kampas gautas naudojant vaško pagrindo tepalą - $\alpha=79,43^\circ$, o mažiausias naudojant „Sika“ ir „Formil“ tepalus, atitinkamai $\alpha=38,45^\circ$ ir $\alpha=42,67^\circ$. Padengus naujus faneros lakštus tais pačiais tepalais gauta, jog didžiausias drėkinamumo kampas pasiektas naudojant „Sika“ vandens pagrindo tepalą - $\alpha=63,18^\circ$, o mažiausias kampas gautas naudojant vaško pagrindo ir silikono emulsijos pagrindu pagamintus tepalus. Jų vilgymo kampai atitinkamai - $\alpha=32,33^\circ$ ir $\alpha=35,96^\circ$. Taigi, įvertinus drėkinamumo kampo rezultatus matome, jog kiniškos faneros plokštės eksploataavimo laikotarpis turi daug įtakos tepalams ir drėkinamumo kampui. Naudoti skydai, kurie padengti „Sika“ tepalu yra hidrofiliniai, o vaško pagrindo tepalu padengti klojiniai – hidrofobiniai. Nauji klojiniai – atvirkščiai, „Sika“ klojinių tepalu padengti klojiniai yra hidrofobiški, o vaško pagrindu padengti klojiniai – hidrofiliniai. Tokią nesutaptį galėjo nulėmti matavimo paklaidos, kurios atsiranda dėl išorinių aplinkos ar kitų veiksnių.

4.2. Klojinių skydų paviršiaus įtaka sukietėjusio betono paviršiaus kokybei

Kaip ir buvo minėta anksčiau, siekiant gauti kokybišką betono paviršių, privaloma užtikrinti įvairius technologinius parametrus. Šiame skyriuje aprašytos technologinės mišinio savybės, apibendrinami gauti rezultatai.

4.2.1. Betono mišinio sudėtis ir technologinės savybės

Betono mišinio sudėtis buvo pasirinkta pagal vieną Kauno betono mišinio gamintoją. Šiuos parametrus buvo siekta išlaikyti viso tyrimo metu. Būtent šią sudėtį naudoja architektūriniams paviršiams išgauti. Darbai buvo atliekami laboratorinėmis sąlygomis, naudojant sertifikuotą ir tinkamai kalibruotą įrangą.

40 lentelė. Betono mišinio sudėtis 1 m³ mišinio

Betono mišinio	Cemento kiekis, kg	Vanduo	4/16 fr. žvirgždo kiekis, kg	4/16 fr. Žvirgždo skaldos kiekis, kg	0/4 fr. smėlio kiekis, kg	0/2 fr. smėlio kiekis, kg	Plast. įmaišos kiekis, l (Sika D187)	V/C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
B	320	176	420	470	649	310	2,56	0,55

Prieš kiekvieną betonavimą nustatomos betono mišinio technologinės savybės. Tikrinamas įtraukto oro kiekis mišinyje, mišinio slankumas, aplinkos temperatūra ir santykinis drėgnis.

Įtraukto oro kiekis mišinyje tikrinamas naudojant monometro metodą. Bandymo metu paruoštas betono mišinys sudedamas į specialią talpą kuri yra sandari bei nepraleidžianti vandens esant 0,2 MPa darbiniam slėgiui. Talpa su betonu padedama ant vibravimo stalo ir atliekamas tankinimo procesas. Ant sutankinto betono pilamas vanduo, uždaromi oro ventiliai, ir sukeliamas slėgis, kol rodyklė pasiekia reikiamą rodmenį. Abiems ventiliams esant uždarytiems, atidaromas pagrindinis ventilis, o ekrane rodomas oro kiekis mišinyje. Bandymas atliekamas pagal LST EN 12350-7:2019 „Betono mišinio bandymai. 7 dalis. Oro kiekis. Slėginiai metodai“ rekomendacijas.



46 pav. Monometro metodas įtraukto oro betono mišinyje nustatymui



47 pav. Betono mišinio slankumo bandymas

Betono mišinio slankumo bandymas atliekamas naudojant kūgio bandymą. Metalinė kūgio forma užpildoma betono mišinio trimis eilėmis, kurios sutankinamos. Kai užpildoma forma ir pašalinamas perteklius, forma vertikaliai nukeliama. Nuslūgęs betono mišinys yra matuojamas iš karto ir klasifikuojamas pagal LST ISO 4103. Praktikoje yra klasifikuojami: standieji - <10mm; mažai slankieji - <40mm; slankieji - <150 mm; liejamieji - >160mm [5].

41 lentelė. Betono klojumo markės ir slankumo grupės [5]

Klojumo markė	Kūgio nuoslūgis	Slankumo grupė
S1	10-40	mažai slankus
S2	50-90	slankus
S3	100-150	slankus
S4	>160	liejamas

42 lentelė. Betono mišinio technologinės savybės





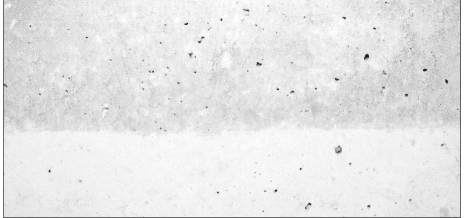
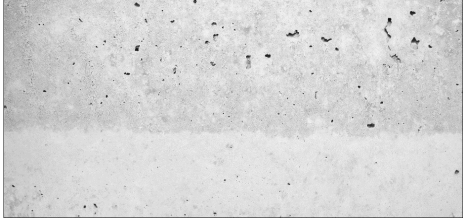


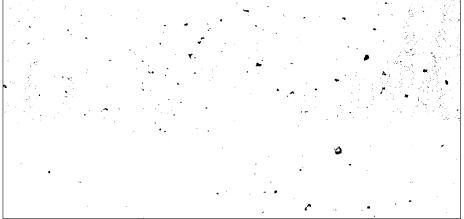
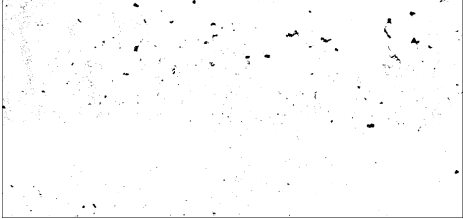
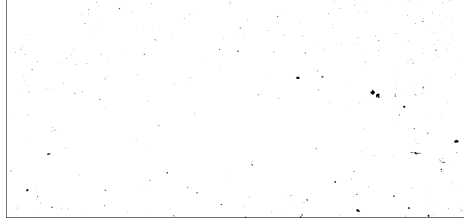

Betonav. kodas	Įtraukto oro kiekis mišinyje, %	Mišinio tankis, kg/m ³	Mišinio slankumas, mm	Bandymo data	Aplinkos temp., °C	Aplinkos santykinis drėgnis, %	Klojinio padengimas	Pastaba
1	2	3	4	5	6	7	8	9
B-1	1,6	2386	240	2019.11.20	19,6	54,1	tepalas vandens pagrindu	pirmas sluoksnis
B-2	2,9	2372	230	2019.11.27	21,3	40,1	vaškas	pirmas sluoksnis
B-3	2,7	2379	190	2019.12.04	20,6	41,6	silikono alyva	pirmas sluoksnis
B-4	2,2	2382	240	2019.12.11	20,20	37,3	tepalas alyvų pagrindu	pirmas sluoksnis





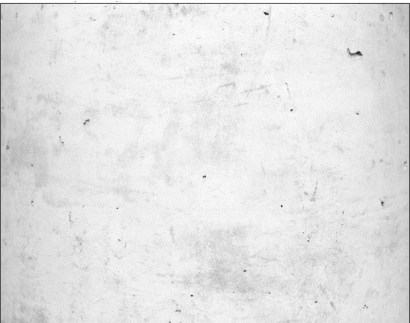

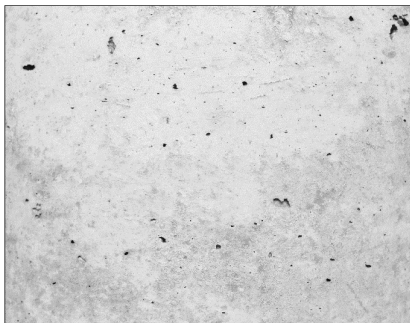
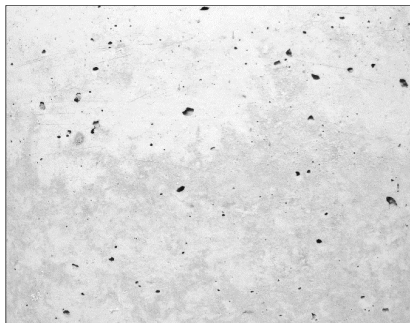
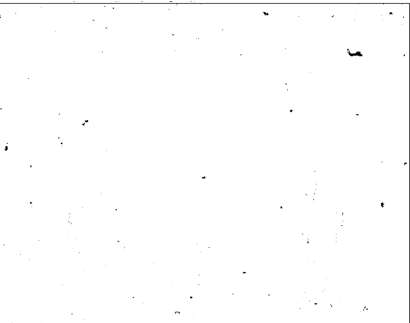
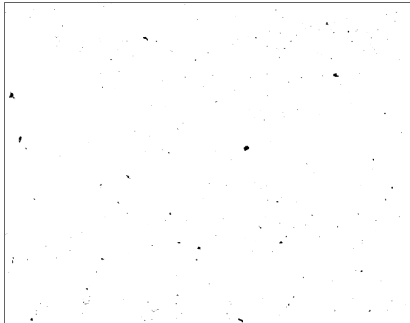
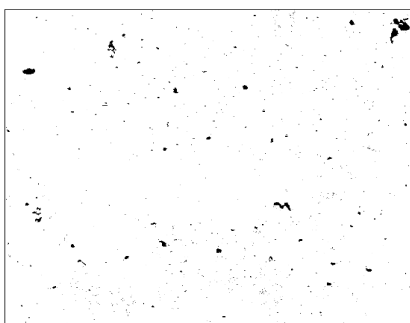
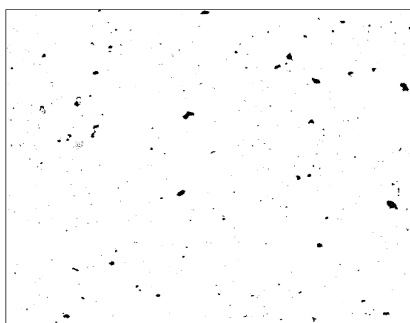
4.2.2. Bandinių paviršiaus porų užimamo ploto analizė




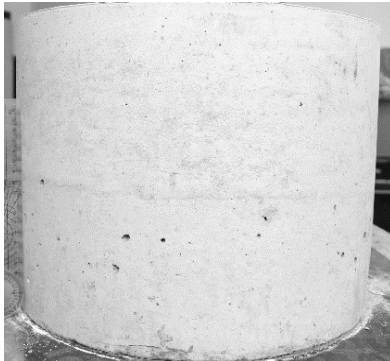
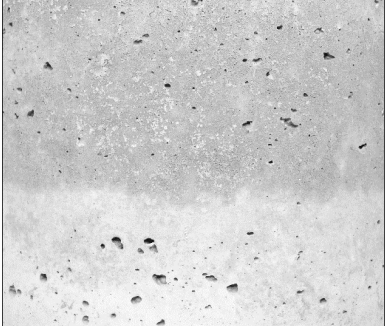




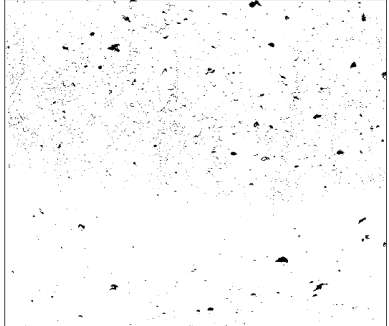

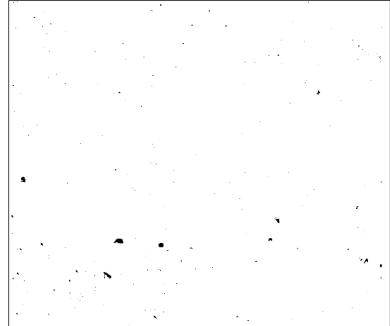
Norint įvertinti klojinių paviršiaus ir skirtingų tepalų įtaką betono paviršiaus kokybei, atlikta porų analizė programa „ImageJ“. Žemiau galite pamatyti bandinių paviršiaus nuotraukas ir programos aptiktas poras. Šios buvo išfiltruotos pagal dydį, t.y.: 0-2 mm; 2-5 mm; 5-10 mm; 10-15 mm. Gauti rezultatai pateikiami 44, 45, 46, lentelėse (žr. 4 priedą).







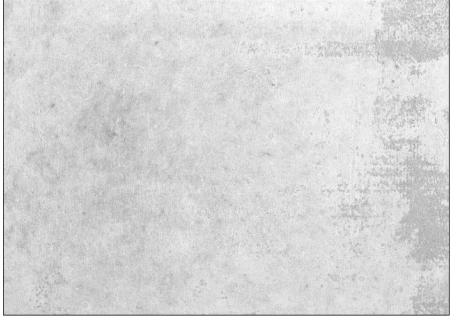

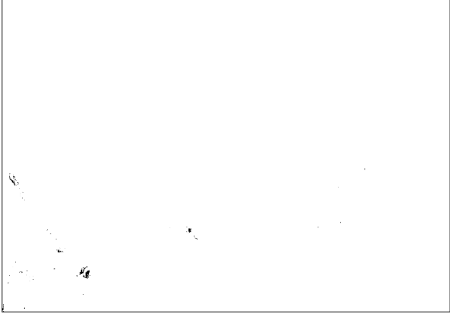
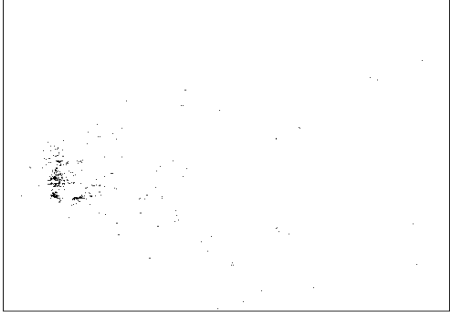
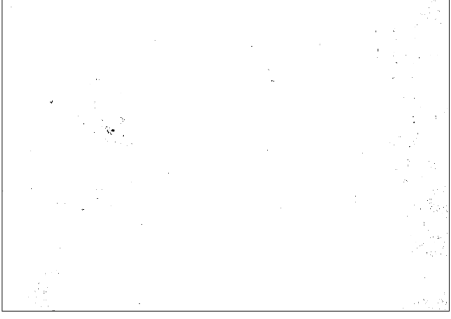

43 lentelė. Bandinių betono paviršius ir jame susidariusios paviršinės oro poros











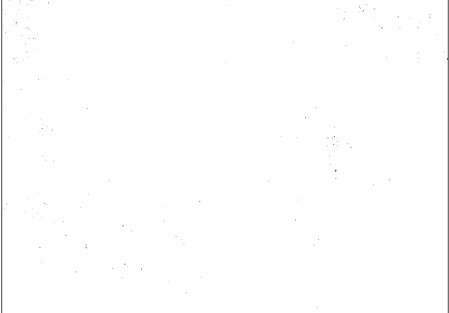

Naudotas PERI	Naujas PERI	Naudotas PERI	Naujas PERI
„SIKA Separol“ emulsija (vandens pagrindu)		Vaškas „Metalic Polish & Wax“	

Naudotas PERI	Naujas PERI	Naudotas PERI	Naujas PERI
Aerozolis „Carlson silicone oil“		FORMIL XS 10 emulsija	
			
			
			

Naudotas Plieninis kl. pav.	Naujas Plieninis kl. pav.	Naudotas Plieninis kl. pav.	Naujas Plieninis kl. pav.
„SIKA Separol“ emulsija (vandens pagrindu)		Vaškas „Metalic Polish & Wax“	
			
			
			

Naudotas Plieninis kl. pav.	Naujas Plieninis kl. pav.	Naudotas Plieninis kl. pav.	Naujas Plieninis kl. pav.
Aerozolis „Carlson silicone oil“		FORMIL XS 10 emulsija	
			
			
			

Naudotas kiniškos faneros pav.	Naujas kiniškos faneros pav.	Naudotas kiniškos faneros pav.	Naujas kiniškos faneros pav.
„SIKA Separol“ emulsija (vandens pagrindu)		Vaškas „Metalic Polish & Wax“	
			
			
			

Naudotas kiniškos faneros pav.	Naujas kiniškos faneros pav.	Naudotas kiniškos faneros pav.	Naujas kiniškos faneros pav.
Aerozolis „Carlson silicone oil“		FORMIL XS 10 emulsija	
			
			
			

44 lentelė. Bandinių vertimas remiantis skirtingomis metodikomis (1)

Klojinio tipas	Porų užimamas plotas bandinyje		Vertinimo metodika							
			CIB (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) ≤0,16%; ≤0,32%; ≤0,95%; ≤1,71%; ≤3,08%; ≤4,5%; ≤5,68%		ACI (SVR4; SVR3; SVR2; SVR1) ≤0,3%; ≤0,6%; ≤1%; ≤1,2%.		DVB (P4, P3, P2, P1) ≤ 0,3%; ≤ 0,6%; ≤ 0,9%; ≤ 1,2%		ONORM (P, 2P, 3P, 4P) <0,3%; ≤ 0,6%; ≤ 0,9%; ≤ 1,2%	
	DĖVĖTAS	NAUJAS	DĖVĖTAS	NAUJAS	DĖVĖTAS	NAUJAS	DĖVĖTAS	NAUJAS	DĖVĖTAS	NAUJAS
Vokiški PERI klojiniai	<i>Emulsija vandens pagrindu - Sika Separol W-220 (B-1)</i>									
	0,37%	0,34%	2-3	2-3	SVR3	SVR3	P3	P3	2P	2P
	<i>Vaškas „Metalic Polish & Wax“ (B-2)</i>									
	0,56%	0,36%	3	2-3	SVR3	SVR3	P3	P3	2P	2P
	<i>Purškama silikono alyva „Carlson silicone oil“ (B-3)</i>									
	0,48%	0,66%	3	3	SVR3	SVR2	P3	P2	2P	3P
<i>Alyva Formil XS-10 (B-4)</i>										
	0,13%	0,10%	1	1	SVR4	SVR4	P4	P4	P	P

45 lentelė. Bandinių vertimas remiantis skirtingomis metodikomis (2)

Klojinio tipas	Porų užimamas plotas bandinyje		Vertinimo metodika							
			CIB (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) ≤0,16%; ≤0,32%; ≤0,95%; ≤1,71%; ≤3,08%; ≤4,5%; ≤5,68%		ACI (SVR4; SVR3; SVR2; SVR1) ≤0,3%; ≤0,6%; ≤1%; ≤1,2%.		DVB (P4, P3, P2, P1) ≤ 0,3%; ≤ 0,6%; ≤ 0,9%; ≤ 1,2%		ONORM (P, 2P, 3P, 4P) <0,3%; ≤ 0,6%; ≤ 0,9%; ≤ 1,2%	
	DĖVĖTAS	NAUJAS	DĖVĖTAS	NAUJAS	DĖVĖTAS	NAUJAS	DĖVĖTAS	NAUJAS	DĖVĖTAS	NAUJAS
Plieniniai klojiniai	<i>Emulsija vandens pagrindu - Sika Separol W-220 (B-1)</i>									
	0,15%	0,17%	1	1-2	SVR4	SVR4	P4	P4	P	P
	<i>Vaškas „Metalic Polish & Wax“ (B-2)</i>									
	0,75%	0,71%	3	3	SVR2	SVR2	P2	P2	3P	3P
<i>Purškama silikono alyva „Carlson silicone oil“ (B-3)</i>										

	1,71%	1,41%	4	4	netenkina	netenkina	netenkina	netenkina	netenkina	netenkina
	<i>Alyva Formil XS-10 (B-4)</i>									
	0,19%	0,18%	1-2	1-2	SVR4	SVR4	P4	P4	P	P

46 lentelė. Bandinių vertimas remiantis skirtingomis metodikomis (3)

Klojinio tipas	Porų užimamas plotas bandinyje		Vertinimo metodika							
			CIB (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) ≤0,16%; ≤0,32%; ≤0,95%; ≤1,71%; ≤3,08%; ≤4,5%; ≤5,68%		ACI (SVR4; SVR3; SVR2; SVR1) ≤0,3%; ≤0,6%; ≤1%; ≤1,2%		DVB (P4, P3, P2, P1) ≤0,3%; ≤0,6%; ≤0,9%; ≤1,2%		ONORM (P, 2P, 3P, 4P) <0,3%; ≤0,6%; ≤0,9%; ≤1,2%	
			<i>DĒVĒTAS</i>	NAUJAS	<i>DĒVĒTAS</i>	NAUJAS	<i>DĒVĒTAS</i>	NAUJAS	<i>DĒVĒTAS</i>	NAUJAS
Kiniška PERI fanera	<i>Emulsija vandens pagrindu - Sika Separol W-220 (B-1)</i>									
	0,07%	0,23%	1	1	SVR4	SVR4	P4	P4	P	P
	<i>Vaškas „Metalic Polish & Wax“ (B-2)</i>									
	0,07%	0,00%	1	1	SVR4	SVR4	P4	P4	P	P
	<i>Purškiama silikono alyva „Carlson silicone oil“ (B-3)</i>									
	0,12%	0,02%	1	1	SVR4	SVR4	P4	P4	P	P
<i>Alyva Formil XS-10 (B-4)</i>										
	0,03%	0,01%	1	1	SVR4	SVR4	P4	P4	P	P

Apibendrinimas:


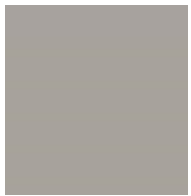





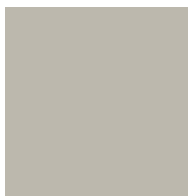
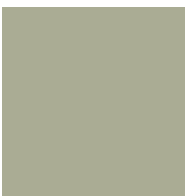




1. Vokiški „PERI“ klojiniai. Atlikus susidariusių oro porų analizę nustatyta, jog daugiausiai jų susidarė naudojant vaško pagrindo ir silikono alyvos tepalais padengtus klojinius. Naudoto klojinio, kuris padengtas silikono pagrindo alyvos tepalu „Casrol“, betono paviršiuje oro porų užimamas plotas siekia 0,48%, iš jų daugiausiai susidarė 0-5 mm ir 5-10 mm poros, o naujo – 0,66%, iš kurių pastebima daugiau 5-10 mm skersmens „akučių“. Tokį rezultatą įtakojo bandymo metu netinkamai paruoštas betono mišinys: pirmojo klodo betonavimo metu V/C santykis parinktas pagal anksčiau aprašytą betono mišinio technologiją, antrojo klodo betonavimo metu nustatytas betono mišinio tešlos sklidumas gautas gerokai mažesnis. Dėl per mažo vandens kiekio betono mišinyje susidarė daugiau paviršinių oro porų, atsirado ryškus spalvos skirtumas, o tai įtakojo galutinį rezultatą. Tuo tarpu, naudojant vaško pagrindo tepalą, susidarė palyginus panašus kiekis paviršinių oro porų kaip ir naudojant anksčiau minėtą tepalą: naudoto klojinio betono paviršiuje – 0,56%, iš kurių pastebėta 0,09% 10-15 mm oro porų, o naujo – 0,36%, iš kurių daugiausiai dominavo mažesnio skersmens „akutės“. Šį rezultatą galėjo įtakoti anksčiau nustatytas drėkinamumo kampo tyrimas, kurio metu nustatytas vilgymo kampas vašku padengto klojinio paviršiuje parodė, jog jis yra hidrofobinis. Tokio tipo paviršiai neįgeria vandens, jų betono paviršiuje pastebima daugiau susidarančių paviršinių oro porų ir šviesesnis betono paviršius. Visos šios charakteristikos pastebimos bandinio paviršiuje.
Mažiausiai paviršinių oro porų susidarė naudojant tepalą „Formil“. Šiuo klojinių tepalu padengti klojiniai suteikė geriausios kokybės betono paviršių. Naudoto klojinio betono paviršiuje susidarė 0,13% paviršinių oro porų, iš jų daugiausiai 0-5 mm „akučių“, o naujo – 0,10%. Pastarajame paviršiuje atsirado daugiau 5-10 mm skersmens „akučių“, jos sudarė 0,05%, likusią dalį, apie 0,05%, sudarė 2-5mm skersmens oro poros.
2. Plieniniai klojiniai. Lyginant rezultatus su anksčiau aptartais klojinių paviršiais, plieninių klojinių betono paviršius gautas prastesnis, susidarė daugiau paviršinių oro porų. Tokį rezultatą galima įtakojo didesnis nei kitų klojinių paviršiaus šiurkštumas, kuris buvo beveik pusiau didesnis. Atlikus susidariusių oro porų analizę nustatyta, jog daugiausiai jų susidarė naudojant silikono alyvos tepalu padengtus klojinius. Naudoto klojinio paviršiuje susidarė 1,71% paviršinių oro porų. Šią dalį daugiausiai sudarė 0-2 mm skersmens poros, pastebėta ne mažai 5-10 mm skersmens „akučių“. Tuo tarpu mažiausiai paviršinių oro porų susidarė naudojant vandens pagrindu ir alyvų pagrindu pagamintus tepalus. Naudoto klojinio, kuris padengtas „Sika“ gamintojų tepalu, betono paviršiuje susidarė 0,15% paviršinių oro porų, iš kurių daugiausiai pastebėta 0-2 mm skersmens. Naujo klojinio betono paviršiuje susidarė daugiau paviršinių oro porų – 0,17%. Daugiausiai pastebėta 0-2 mm skersmens „akučių“.
3. Kiniška „PERI“ fanera. Šių klojinių suteikiamas betono paviršius gautas geriausias, lyginant su anksčiau aptartais klojinių paviršiais. Pagal Amerikos, Austrijos, CIB ir Vokietijos betono paviršiaus vertinimo metodikas, visi paviršiai priskiriami aukščiausios kokybės reikalavimams ir gali būti naudojami architektūriniam betonui gauti. Tyrimo metu pastebėta, jog visuose bandiniuose atsiranda įspaudai, kuriuos sukelia pažeistas skydo paviršius. Kadangi defektas atsikartojo visuose bandiniuose, todėl jis pašalintas nebuvo, o duomenys apskaičiuoti neįvertinant broko. Atlikus susidariusių oro porų analizę nustatyta, jog daugiausiai jų susidarė naudojant vandens pagrindo tepalą, kuris pagamintas gamintojo „Sika“. Naudoto klojinio betono paviršiuje susidarė 0,07% paviršinių oro porų, iš kurių po vienodai pasiskirstė 0-10 mm. Naujo klojinio paviršiuje susidarė 0,23% paviršinių oro porų, iš kurių daugiausiai susidarė 0-2 mm ir 5-10 mm skersmens „akučių“.

4.2.3. Bandinių spalvos variavimo rezultatai




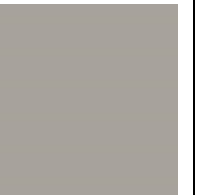

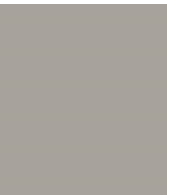






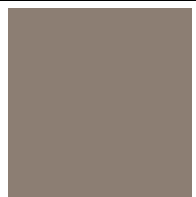
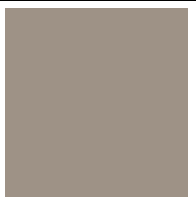
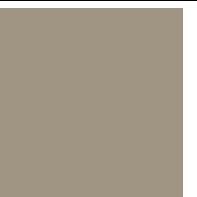
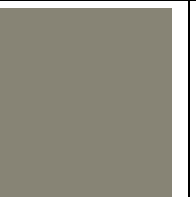


Šiame skyriuje pateikiame bandinių spalvos variavimo rezultatus. Bandinių spalva matuota skirtingose bandinio vietose, įvertinant rūdžių susidarymą bandinio paviršiuje bei kitus defektus, kurie susiję su mišinio slankumu, vandens kiekiu mišinyje ir kt.

Bandinių spalvos variacijos pateiktos žemiau esančiose 48, 49, 50, 51 lentelėse.






















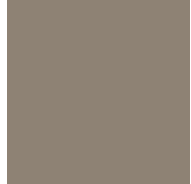
47 lentelė. Bandinių spalvos variavimas pagal NCS-CMYK spalvų paletes, naudojant vandens pagrindo emulsiją - Sika Separol W-220


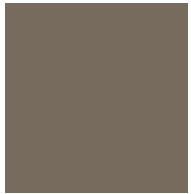
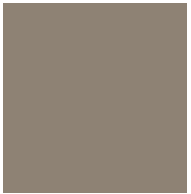

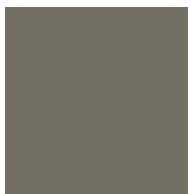
Spalvos variavimas					
1	2	3	4	5	6
„SIKA Separol“ emulsija (vandens pagrindu)					
Naudotas plienas	Naujas plienas	Naudota PERI fanera	Nauja PERI fanera	Naudota kiniška fanera	Nauja kiniška fanera
S 3005-Y20R	S 3502-Y	S 3005-Y20R	S 3502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y
					
0% mėlynos, 3% rausvai raudonos, 9% geltonos ir 26% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	0% mėlynos, 3% rausvai raudonos, 9% geltonos ir 26% juodos spalvos	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.
S 3005-Y50R	S 2502-Y	S 3010-G60Y		S 4502-Y	S 4502-Y
					
0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 26% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 21% juodos spalvos.	2% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 15% geltonos ir 26% juodos spalvos.		0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 0% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 0% geltonos ir 42% juodos spalvos.
S3010-Y20R		S 3502-Y			
					
0% mėlynos, 5% rausvai raudonos, 17% geltonos ir 26% juodos spalvos.		0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.			

48 lentelė. Bandinių spalvos variavimas pagal NCS-CMYK spalvų paletes, naudojant vaško tepalą




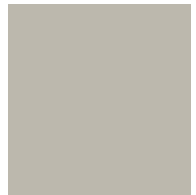
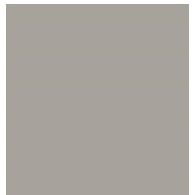


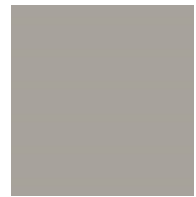
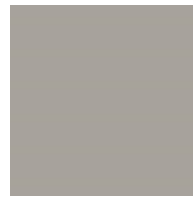
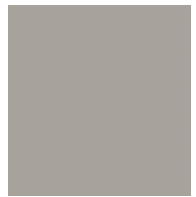
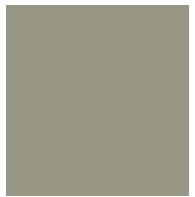
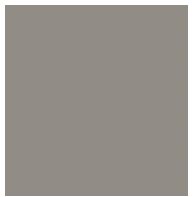

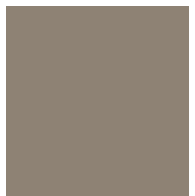
Spalvos variavimas					
1	2	3	4	5	6
Vaškas „Metalic Polish & Wax“					
Naudotas plienas	Naujas plienas	Naudota PERI fanera	Nauja PERI fanera	Naudota kiniška fanera	Nauja kiniška fanera
S 4502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y	S 4502-Y	S 3502-Y
					
0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos
S 4502-Y20R	S 4502-Y	S 4502-Y	S 4502-Y	S 5005-Y50R	S 4502-Y
					
0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 47% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.
S 5005-Y50R	S 4005-Y50R	S 4502-Y20R		S 5005-G80R	S 5502-Y
					
0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 47% juodos spalvos.	0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 37% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.		0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 47% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 53% juodos spalvos.
				S 6005-G80Y	
					0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 58% juodos spalvos.

49 lentelė. Bandinių spalvos variavimas pagal NCS-CMYK spalvų paletes, naudojant purškiamą silikono alyvą

Spalvos variavimas					
1	2	3	4	5	6
Aerozolis „Carlson silicone oil“					
Naudotas plienas	Naujas plienas	Naudota PERI fanera	Nauja PERI fanera	Naudota kiniška fanera	Nauja kiniška fanera
S 3502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y
					
0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.
S 4005-G80Y	S 4502-Y20R	S 3005-Y50R	S 3005-Y50R	S 4502-Y	S 4502-Y
					
0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 37% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 26% juodos spalvos.	0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 26% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.
S 4005-Y50R	S 5005-Y50R	S 4005-G80Y	S 4502-Y	S 4502-Y20R	
					
0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 37% juodos spalvos.	0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 47% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 37% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.	
S 5005-G80Y	S 5005-G80Y	S 5005-G80Y	S 6005-Y20R	S 5005-Y20R	
					

0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 47% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 47% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 47% juodos spalvos.	0% mėlynos, 3% rausvai raudonos, 8% geltonos ir 58% juodos spalvos.	0% mėlynos, 3% rausvai raudonos, 9% geltonos ir 47% juodos spalvos.	
S 5005-Y50R	S 6005-Y20R	S 5005-Y20R			
					
0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 47% juodos spalvos.	0% mėlynos, 3% rausvai raudonos, 8% geltonos ir 58% juodos spalvos.	0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 47% juodos spalvos.			
S 6005-G80Y	S 6005-G80Y				
					
0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 58% juodos spalvos.	0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 58% juodos spalvos.				

50 lentelė. Bandinių spalvos variavimas pagal NCS spalvų paletę, naudojant alyva Formil XS-10

Spalvos variavimas					
1	2	3	4	5	6
FORMIL XS 10 emulsija					
Naudotas plienas	Naujas plienas	Naudota PERI fanera	Nauja PERI fanera	Naudota kiniška fanera	Nauja kiniška fanera
S 3005-Y50R	S 2502-Y	S 3005-G80Y	S 2502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y
					
Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 26% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 21% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 26% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 21% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 32% juodos spalvos.
S 3502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y	S 3502-Y	S 4005-G80Y	S 4502-Y
					
Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 26% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 21% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 26% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 21% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 1% rausvai raudonos, 7% geltonos ir 37% juodos spalvos.	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 0% rausvai raudonos, 3% geltonos ir 42% juodos spalvos.
	S 3005-Y50R			S 5005-Y20R	
					
	Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 6% rausvai raudonos, 10% geltonos ir 26% juodos spalvos.			Pagal CMYK rodiklį spalvoje yra: 0% mėlynos, 3% rausvai raudonos, 9% geltonos ir 47% juodos spalvos.	

Apibendrinimas

Bandinių spalvos analizės metu nustatyti įvairūs spalvų kodai. Analizuojant pirmąjį bandinį, kurio klojinio paviršiai buvo padengti Sika Separol W220 klojinių tepalu, pastebėta, jog paviršiuje susidarė nežymių rūdžių įspaudų ir figūravo skirtingi spalvų kodai. Naudoto plieninio klojinio betono paviršiuje susidarė ryškūs rūdžių defektai, kurie atsirado dėl ant klojinio likusių rūdžių. Spalvos analizės metu nustatyta, jog ant šio paviršiaus vyrauja trys skirtingi spalvų kodai: S 3005-Y20R, S 3005-Y50R, S3010-Y20R. Visuose šiuose atspalviuose yra apie 10% rausvai raudonos spalvos atspalvių. Plieninio klojinio, padengto Sika tepalu, drėkinamumo kampas 68°, todėl paviršius yra hidrofobiškas ir betono paviršius šviesesnis. Pagal anksčiau aptartas Vokiečių, Austrijos ir Amerikiečių metodikas šio betono spalvos variavimo klasė atitinkamai yra: FT1, F1, CU1. Lyginant naudoto ir naujo plieninių klojinių betono paviršius pastebėta, jog naujo klojinio betono paviršiuje susidarė tik du skirtingi spalvų kodai: S 3502-Y, S 2502-Y. Betono paviršius dėl aukšto drėkinamumo kampo šviesesnis, nesusidarė rūdžių. Pagal betono paviršiaus vertinimo metodikas, bandinio paviršius priskiriamas aukščiausioms klasėms ir atitinka specialios klasės betono reikalavimus: FT3, F2, CU3. Naudotos ir naujos vokiškos Peri faneros betono paviršiai, spalvos atžvilgiu, gauti skirtingi. Nors ant abiejų paviršių nepastebėta dėmių, rūdžių ar kt., tačiau spalvų kodai – skirtingi. Ant naujo klojinio betono paviršiaus atspalvis gautas tik vienas - S 3502-Y. Šis yra tamsesnis, nes klojinio paviršiaus vilgymo kampas gautas mažas, paviršius absorbuojantis. Tuo tarpu ant naudoto klojinio betono paviršiaus pastebėti spalvų kodai: S 3005-Y20R, S 3010-G60Y, S 3502-Y. Pagal betono paviršiaus vertinimo metodikas, paviršiai priskiriami šioms klasėms: naujas – specialioji klasė, naudotas – FT2, F1, CU2.

Naudotos ir naujos kiniškos faneros betono paviršiai, spalvos atžvilgiu, vienodi. Dviejų paviršių drėkinamumo kampai tyrimo metu gauti skirtingi ir skyrėsi 30°, bet spalvų kodai gauti identiški: S 3502-Y, S 4502-Y. Tokį rezultatą galėjo nulemti netikslus drėkinamumo kampo matavimas, kurio metu panaudotas per didelis lašas. Neatmetamos ir kitos prielaidos, dėl kurių drėkinamumo kampo rezultatas galėjo būti išmatuotas netiksliai. Naudoto klojinio betono paviršiuje pastebėtos kelios dėmės, kurios galėjo atsirasti dėl klojinio sienelės. Pagal betono vertinimo metodikas, naujo klojinio betono paviršiui priskiriama specialius reikalavimus tenkinanti klasė, tuo tarpu naudoto klojinio betono paviršiuje matyti defektų, todėl klasės yra: FT2, F1, CU2.

Antrojo bandinio analizės metu klojiniai padengiami vaško pagrindo tepalu. Šiuo tepalu padengti metaliniai klojiniai betono paviršiui suteikė skirtingus atspalvius. Naudoto klojinio betono paviršiuje susidarė S 4502-Y, S 4502-Y20R, S 5005-Y50R betono atspalviai, o naujo - S 3502-Y, S 4502-Y, S 4005-Y50R. Abiejų bandinių drėkinamumo kampas yra aukštas, todėl paviršius turėtų būti šviesesnis, kas ir yra pastebima. Tačiau abiejuose bandiniuose matyti tamsios dėmės, kurios galėjo atsirasti dėl netolygaus vaško padengimo ant klojinio sienutės. Ten kur tepalas buvo įtrintas silpniau atsirado tamsios dėmės. Rūdžių susidarymo nepastebėta. Pagal betono paviršiaus vertinimo metodikas, abu paviršiai priskiriami šioms klasėms: FT2, F1, CU2.

Naudotos ir naujos vokiškos Peri faneros paviršiai, spalvų atžvilgiu, vienodi. Paviršiuje susidarė spalvų kodai: S 3502-Y, S 4502-Y. Kaip ir anksčiau aprašytame variante, taip ir šiame, pastebima susidariusių tamsių dėmių. Naujo klojinio betono paviršiuje šių dėmių yra mažiau ir tik kraštuose, tokį rezultatą galėjo nulemti netolygus vaško tepalo padengimas prie klojinio kraštų. Naudoto klojinio betono paviršiaus spalvos rodo, jog tepalas buvo padengtas visiškai netolygiai. Betono paviršiai dėl didesnio drėkinamumo kampo yra šviesesni, rūdžių ar kitokių defektų nepastebėta. Betono paviršiaus spalvos klasės priskiriamos tokios pačios kaip ir anksčiau aprašytame variante.

Naudotos ir naujos kiniškos faneros betono paviršiai, spalvos atžvilgiu, skirtingi. Šį rezultatą įtakojo skirtingi vilgymo kampai, kurie yra: naujo klojinio paviršiuje – 32,33°, naudoto klojinio paviršiuje – 79,43°. Naujo klojinio paviršius gautas tamsesnis, daugiau susidarančių dulkių, spalvos kodai: S 3502-Y, S 4502-Y, S 5502-Y. Tuo tarpu naudoto klojinio paviršius šviesesnis, spalvos kodai: S 4502-Y, S 5005-Y50R, S 5005-G80R, S 6005-G80Y. Vis dėlto, kaip ir anksčiau aptartais atvejais, taip ir šiame, didelę įtaką turėjo netolygus vaško padengimas. Vietose, kuriose vaškas padengtas netolygiai, atsirado tamsios dėmės, tai rodo spalvų kodai. Pagal spalvos klases šie paviršiai atitinka FT2, F1, CU2 klases.

Trečiojo bandinio analizės metu klojiniai padengiami silikono pagrindo tepalu, aerozoliu „Casrol silicone oil“. Visuose betono paviršiuose, nepriklausomai nuo klojinio tipo, atsirado šaltosios siūlės. Pastarosios atsirado dėl to, nes antrojo klodo betonavimo metu nebuvo išlaikytas V/C santykis betono mišinyje. Tai parodė ir mišinio slankumo tyrimo rezultatai: ankstesniuose mišiniuose jis buvo 220 mm, šiame – 190 mm. Šio bandinio betonavimo metu buvo nustatyta daugiausiai skirtingų spalvos kodų, lyginant su kitais bandiniais. Naudoto ir naujo metalinių klojinių betono paviršiuje nustatyti šeši skirtingi spalvų kodai. Susidariusių rūdžių paviršiuje nepastebėta. Pirmųjų klodų betono spalva – S3502-Y. Pagal betono paviršiaus vertinimo metodikas, nustatomos spalvos klasės yra prasčiausios kokybės: FT1, F1, CU1.

Naudoto ir naujo vokiško Peri klojinio betono paviršiuje pastebėta ta pati tendencija, kaip ir metalinio klojinio betono paviršiuje. Dėl skirtingo V/C santykio klodų betonavimo metu matomas ryškus atspalvių skirtumas. Antrojo klodo paviršiaus srityje pastebima neryškių baltų dėmių. Naudoto klojinio betono paviršiuje rasti penki skirtingi spalvų kodai, naujo – keturi. Pagal drėkinamumo kampus abiejų klojinių paviršiai priskiriami absorbuojantiems paviršiams, todėl paviršius gaunamas šviesesnis. Pagal betono paviršiaus vertinimo metodikas nustatomos spalvos klasės yra prasčiausios kokybės: FT1, F1, CU1.

Naudotos ir naujos kiniškos faneros betono paviršiuose pastebėtas šviesesnis betono paviršius. Tokį rezultatą įtakojo didesnis drėkinamumo kampas, kuris siekė 45°. Naudoto klojinio betono paviršiuje rasti keturi skirtingi spalvos kodai, naujo – du. Naudoto klojinio betono paviršiuje matoma tamsių dėmių ties bandinio kraštais. Pagal betono paviršiaus vertinimo metodikas nustatomos spalvos klasės yra: naudoto klojinio betono paviršiuje: FT2, F1, CU2; naujo – FT3, F2, CU3, t.y. tenkinanti specialiosios klasės reikalavimus.

Ketvirtojo bandinio analizės metu klojiniai padengiami alyvos pagrindo tepalu „Formil XC-10“. Metalinių klojinių betono paviršiuje matomi geriausi rezultatai, lyginant su kitais klojinių tipais. Naudoto klojinio betono paviršiuje pastebimi du skirtingi spalvų kodai: S 3005-Y50R, S 3502-Y, o naujo - S 2502-Y, S 3502-Y ir S 3005-Y50R. Betono atspalvis yra šviesus abiejuose variantuose, tai įtakojo aukštas drėkinamumo kampas, kuris buvo 65,56° ir 52,40°. Rūdžių, dėmių ar kitokių nepageidaujamų defektų paviršiuje nerasta, pagal metodikas paviršius tenkina specialios klasės keliamus reikalavimus.

Naudoto ir naujo vokiško Peri klojinio betono paviršiaus kokybė taip pat tenkina specialios klasės reikalavimus. Kaip ir metalinio klojinio betono paviršiuje, taip ir šiame, pastebimas aukštas drėkinamumo kampas, dėl kurio gaunamas šviesus betono atspalvis. Naudoto ir naujo klojinių betono paviršiaus spalvos kodai - S 3005-G80Y, S 3502-Y. Nepastebima rūdžių ar kitokių defektų.

Naudotos ir naujos kiniškos faneros betono paviršiuje, kaip ir ankščiau minėtuose klojinių betono paviršiuose, nepastebima spalvos pakitimo, dėmių ar kt. Betono paviršius tenkina specialiuosius reikalavimus. Betono atspalvis šviesus, dėl aukšto drėkinamumo kampo, kuris naudotam klojiniui nustatytas – 42,67°, o naujam – 45,96°.

Išvados

1. Klojinių skydų paviršiaus apdirbimas ne tik pagerina betonuojamos konstrukcijos paviršiaus kokybę, bet ir prailgina klojinių naudojimo laiką. Prieš klojinių naudojimą patartina juos sutepti pasirinktu klojinių tepalu, užsandarinti siūles, naudoti tinkamus sukabinimo įtaisus, o po betonavimo tinkamai nuvalyti skydo paviršių bei užtikrinti tinkamas sandėliavimo sąlygas. Atlikus šiuos veiksmus galime tikėtis kokybiško betonuojamo elemento paviršiaus, net ir po daugkartinio klojinių panaudojimo. Betono paviršiaus kokybė vertinama pagal standartus, kurie yra skirtingi kiekvienoje šalyje. Kiekvienas iš jų skiriasi keliamais reikalavimais, todėl betono paviršius vertinamas skirtingai. Šiame tyrime betono paviršiaus kokybė vertinama pagal CIB, ACI (Amerikos betono instituto), ÖNORM (Austrijos) ir Vokiškus standartus.
2. Lietuvoje dar nėra konkretaus standarto, kuriuo būtų remiamasi vertinant betono paviršių. Atsižvelgiant į darbe analizuotas metodikas, galima teigti, jog Lietuvoje tikslinga vadovautis gerąja užsienio šalių praktika ir naudoti Austrijos „Formed Concrete Areas“ pateiktą metodiką. Jos metu analizuojamas 0,50 x 0,50 m plotas nustatytuose vertikaliuose paviršiuose, nagrinėjamos tik 1-15 mm paviršinės poros. Metodika apibrėžia konkrečias ribas bei apima įvairius kriterijus: poringumas, tekstūra, spalvos variavimas, betono paviršiaus lygumas, sandūros. Lyginant su kitomis metodikomis, šios vertinimo metodikos ribos užimamo oro porų santykio atžvilgiu yra tokios pačios kaip ir Vokietijos ar Amerikos. Vienintelė CIB metodika betono paviršiaus vertinimo metu vadovaujasi subjektyvia vertintojo nuomone, todėl šios metodikos naudojimo Lietuvoje patartina vengti.
3. Klojinių paviršiaus savybių tyrimo metu nustatyta, jog klojinių šiurkštumo rodikliai nevienodi. Šiurkštumo tyrimo rezultatams įtakos turėjo gilūs suraižymai, kurie padidino gautų rezultatų sklaidą. Matavimai buvo atliekami trijose klojinio paviršiaus vietose, pvz.: naujo plieninio klojinio paviršiuje nustatytos vertės -0,0389 μm , -0,0194 μm , -0,0035 μm rodo, kad dviejose matavimo vietose vyrauja gilūs suraižymai, kurie galėjo atsirasti transportavimo ar sandėliavimo metu, ir duomenys ne tikslūs, o vienoje matavimo vietoje paviršiaus šiurkštumas yra mažas, todėl tikėtina, jog jis yra teisingas. Naudoto plieninio klojinio paviršiaus šiurkštumo rezultatai 0,0280 μm , 0,0749 μm , -0,0766 μm rodo, kad paviršiaus šiurkštumas yra didesnis, todėl betonuojamos konstrukcijos paviršiuje turėtų susidaryti daugiau paviršinių oro porų.
Vilgymo kampo nustatymo metu pastebėta, jog didžiausias jis vyrauja ant vaško pagrindo tepalu padengtų paviršių, kampas $\geq 60^\circ$. Šis rezultatas parodo, kad skydai yra neįgeriantys drėgmės. Tuo tarpu mažiausias drėkinamumo kampas vyrauja ant alyvų pagrindu pagaminto tepalo „Formil XC -10“ ($\alpha \sim 40^\circ$) ir silikono pagrindu pagaminto purškalo „Casrol Silicone Oil“ ($\alpha \sim 30^\circ$).
4. Naudotų klojinių paviršių vertinimas:
 - Vokiška „PERI“ fanera. Dėvintis fenolio derva impregnuotam faneros paviršiui matyti, kad betono paviršiuje didėja paviršinių oro porų skaičius nuo 9 iki 28% ($0,03 \div 0,20\%$) ir jų dydis: 0-2mm – 4 \div 49% ($0,02 \div 0,09\%$), 2-5mm – 11 \div 63% ($0,02 \div 0,07\%$); 5-10mm – <18% ($0,03 \div 0,05\%$), 10-15mm – <9% (<0,02%), lyginat su nauja fanera. Didžiausi spalvos pokyčiai betono paviršiuje nustatyti naudojant aerozolį „Carlson silicone oil“. Spalvos kodai varijuoja: S 3502-Y, S 3005-Y50R, S 4005-G80Y, S 5005-G80Y, S 5005-Y20R;

- Plieniniai klojiniai. Atsirandant įvairiems pažeidimams plieninio klojinio paviršiuje ir jam besidėvint, betono paviršiuje didėja paviršinių oro porų skaičius nuo 6 iki 21% (0,01÷0,20%), lyginat su nauju klojiniu. Taip pat matyti, kad porų užimamo ploto, su nagrinėjamo paviršiaus plotu, santykis yra didesnis naudojant aerozolį „Carlson silicone oil“, porų plotas užima 1,71%. Didžiausiais spalvos pokytis betono paviršiuje nustatytas naudojant „Carlson silicone oil“ tepalą, iš viso nustatyti 6 skirtingi spalvų kodai;
- Kiniška „PERI“ fanera. Dėvintis faneros paviršiui matyti, kad betono paviršiuje didėja paviršinių oro porų skaičius nuo 10 iki 37% (0,02÷0,16%) lyginat su nauja fanera. Taip pat matyti, kad porų užimamo ploto su nagrinėjamo paviršiaus plotu santykis yra didesnis naudojant emulsija vandens pagrindu - Sika Separol W-220, užima 0,23% ploto bandinyje. Didžiausiais spalvos variavimas betono paviršiuje nustatytas naudojant „Carlson silicone oil“ tepalą, iš viso nustatyti 5 skirtingi spalvų kodai.

Tyrimo metu nustatyta, jog porų susidarymui įtakos turi drėkinamumo kampas bei klojinių paviršiaus šiurkštumas. Visais drėkinamumo kampo tyrimo atvejais, kai naudotas vaško pagrindo tepalas „Metalic Polish & Wax“, drėkinamumo kampas gautas $\geq 60^\circ$. Bandinių paviršinių oro porų analizės metu nustatyta, jog šiuo tepalu padengtų klojinių betono paviršiuose užimamų oro porų santykis yra didžiausias: naujo vokiško „PERI“ skydo betono paviršiuje porų užimamas plotas – 0,36 % yra didesnis už tepalų „Sika Separol W-220“, „Formil XC-10“ rodiklius, kurie yra atitinkamai 0,32% ir 0,10%. Naujo plieninio klojinio betono paviršiuje susidarė 0,71% porų, kitais tepalais padengtų klojinių betono paviršiuje užimamas porų plotas yra 0,17% ir 0,19%. Naujos kiniškos faneros betono paviršiuje užimamas oro porų plotas – 0,07%, kitais tepalais padengtų klojinių betono paviršiuje 0,01% ir 0,02%.

5. Tyrimo metu nustatyta, kad vyraujant didesniai tirpalo vandenilio potencialui (pH), spalvos variavimas – mažesnis. Mažiausias spalvos variavimas gautas naudojant „Formil XS-10“ ir „Sika Separol W-220“ tepalus (2-3 skirtingi spalvų kodai nepriklausomai nuo klojinio tipo), jų vandenilio potencialas atitinkamai 6,30 ir 8,07. Tuo tarpu didžiausias spalvos variavimas gautas naudojant „Carlson silicone oil“ aerozolį, kurio pH = 3,21.

Spalvos variavimui įtakos turi klojinių paviršiaus šiurkštumas. Mažiausias rodiklis buvo gautas matuojant Vokiškos „Peri“ klojinio skydo paviršių – 0,0054 μm . Skydo paviršiuje vyravo nuo 2 iki 3 skirtingų spalvos kodų visais betonavimo variantais, kai tuo tarpu kitų klojinių betono paviršiuje skirtingų spalvos kodų skaičius siekė 4 ir 5 kodus. Kita spalvos variavimo atsiradimo priežastis yra vilgymo kampas. Skirtingų paviršiaus tepalų naudojimas lemia skirtingas betono drėkinimo ir sukibimo savybes. Esant mažam drėkinamumo kampo dydžiui, klojinys laikomas hidrofiliu, todėl betonuojamos konstrukcijos paviršius gaunamas tamsesnis, atsiranda spalvos netolygumas dėl drėgmės sugėrimo skirtumo skydų paviršiuje. Atsiranda pilko atspalvio dėmės. Tyrimo metu nustatyta, kad mažo drėkinamumo kampo paviršiuose, tokiuose kaip naujo fenolio derva impregnuoto skydo ir kiniškos faneros, kurie buvo padengti „Sika Separol W-220“, gauti drėkinamumo kampai siekė atitinkamai $28,93^\circ$ ir $38,45^\circ$. Šiuose bandiniuose po išformavimo nuskaityti tamsesni spalvos kodai S 4502-Y, S 3502-Y, S 5502-Y, kuriuos sudaro atitinkamai 32%, 42% ir 53% juodos spalvos atspalvių pagal CMYK spalvų paletes.

6. Priklausomai nuo skydų medžiagiškumo parenkamas racionalus apdirbimo variantas:

- Vokiškų „Peri“ impregnuotų faneros skydų apdirbimui racionaliausias apdirbimo būdas alyvų pagrindu pagamintas klojinių tepalas „Formil XC-10“. Naudojant šį tepalą gautas mažiausias paviršinių oro porų santykis, kuris neviršijo 0,13%. Gautas betono paviršius priskiriamas

architektūrinio betono kategorijai pagal visas metodikas. Po betonavimo susidarančių rūdžių paviršiuje nepastebėta, spalvos pokytis lyginant su kitais klojinių tepalais – mažiausias. Pastebėti du skirtingi spalvų kodai: S 3005-G80Y ir S 2502-Y.

- Plieninių klojinių apdirbimui racionaliausias apdirbimo būdas vandens pagrindu pagamintas tepalas „Sika Separol W220“. Naudojant šį tepalą susidarė mažiausiai paviršinių oro porų, t.y. 0,17%, iš kurių nepastebėta didesnio skersmens nei 2 mm. Pagal visas betono paviršiaus vertinimo metodikas, bandinio paviršius atitinka architektūrinio betono reikalavimus. Pastebėti du skirtingi spalvų kodai - S 3502-Y, S 2502-Y. Klojinio paviršius gautas hidrofobiškas, todėl betono paviršius šviesesnis, klojinių tepalas suteikė švelniai pilką atspalvį, neatsirado tamsių dėmių.
- Kiniškos impregnuotos „Peri“ faneros skydų apdirbimui racionaliausias apdirbimo būdas yra alyvų pagrindu pagamintas klojinių tepalas „Formil XC-10“. Paviršinių oro porų analizės metu betono paviršiuje beveik nepastebėta paviršinių oro porų, jų kiekis siekė tik 0,01%, o paviršius atitinka architektūrinio betono reikalavimus. Pastebėti du skirtingi spalvų kodai - S 2502-Y ir S 3502-Y. Betono paviršiuje nepastebėta tamsių dėmių, paviršiuje sumažėjęs dulkėtumas

Literatūros sąrašas

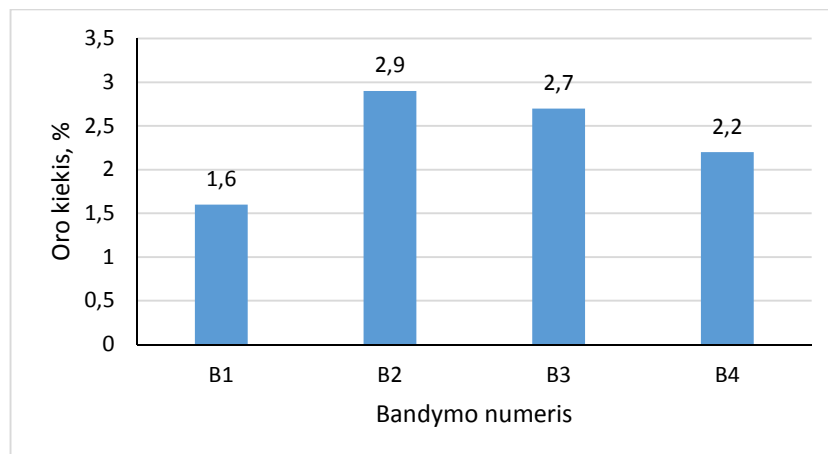
1. DAUNORAVIČIUS, M. ir R. MINIOTAITĖ. Statybos technologijos variantinio projektavimo pagrindai. Kaunas: Technologija, 2017. 188 p. ISBN 978-609-02-1328-5.
2. BISTRICKAITĖ, R., G. MARČIUKAITIS ir R. ŽILINSKAS. Surenkamosios monolitinės gelžbetonio perdangos su liktiniais klojiniais : teorija, tyrimai, skaičiavimas ir projektavimas. Kaunas: Technologija, 2004. 229 p. ISBN 9955-09-762-0
3. NEERAJ JHA, K. Formwork for concrete structures [interaktyvus]. New York city: McGraw-Hill Education, 2012, 575 p. [žiūrėta 2020-02-17]. Prieiga per: https://books.google.lt/books?id=dDdmAgAAQBAJ&pg=PA17&lpg=PA17&dq=peri+slipform&source=bl&ots=mnPFpyR5PI&sig=ACfU3U2FkGTNfq1GXyqqMvRjGz_0b1FndQ&hl=lt&sa=X&ved=2ahUKEwj7jZ-m953IAhXNblAKHdRXAEgQ6AEwIHoECAgQBA#v=onepage&q=peri%20slipform&f=true
4. JACQUET, Philippe, DAVY Jean, etc. Formwork and falsework for heavy construction [interaktyvus]. Lousanne: federation internationale du beton, 2009 [žiūrėta 2020-02-17]. Prieiga per: <https://books.google.lt/books?id=GU-4HFoSLk4C&pg=PR3&lpg=PR3&dq=care+of+formwork&source=bl&ots=-dQpHngreO&sig=ACfU3U24XsasNJ1F2z03UYP2A3IdGP8jZw&hl=lt&sa=X&ved=2ahUKEwi7jNjayLfnAhUEkMMKHcBaAUUQ6AEwDXoECAgQAQ#v=onepage&q=care%20of%20formwork&f=true>
5. MARČIUKAITIS, Gediminas. Monolitinių betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų statyba. Medžiagos, technologija, kokybė: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 1999, 203 p. ISBN 9986-05-389-7.
6. LIBESSART, L., P. DE CARLO, C. DJELAL ir I. DUBOIS. Correlation between adhesion energy of release agents on the formwork and demoulding performances. *Construction and Building Materials* [interaktyvus]. 2015, 76, 130-139 [žiūrėta 2020-03-19]. ISSN 0950-0618. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.061>
7. PERI. *Nuomojamos įrangos kriterijai*. Vilnius [Lietuva]: 2018.
8. MPA: Issue 270 Winter 2019 [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-03-25]. Prieiga per: <https://www.concretecentre.com/cqarchive>
9. PERI: Tips for the cleaning and maintenance of formwork panels [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-02-10]. Prieiga per: <https://www.peri.com/en/plywood-and-engineered-wood/cleaning-and-maintenance-instructions-for-formwork-panels.html>
10. LIBESSART, L., C. DJELAL ir PASCALE DE CARO. Evaluation of the effect of concrete compositional changes and the use of ethyl-alcohol and biodegradable-oil-based release agents on the final surface appearance of self-compacting concrete precast elements. *Construction and Building Materials* [interaktyvus]. 2014, 52, 202-208 [žiūrėta 2020-03-19]. ISSN 0950-0618. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.102>
11. PEREIRA, C., E. HAMADYK ir A. SILVA. Probabilistic analysis of the durability of architectural concrete surfaces. *Construction and Building Materials* [interaktyvus]. 2020, 77, 199-215 [žiūrėta 2020-03-19]. ISSN 0307-904X. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.079>
12. KLOVAS A. ir M. DAUKŠYS. The evaluation methods of decorative concrete horizontal surfaces quality. *Construction and Building Materials* [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2020-03-19]. ISSN 0950-0618. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ms.19.3.2006>

13. LEMAIRE, G., G. ESCADEILLAS ir E. RINGOT. Evaluating concrete surfaces using an image analysis process. *Construction and Building Materials* [interaktyvus]. 2005, 19, 604-611 [žiūrėta 2020-03-19]. ISSN 1392-1320. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.01.025>
14. SCHJODT, R. Tolerances on blemishes. Of concrete.. *CIB Report no. 24* [interaktyvus]. 2013. Prieiga per: <https://www.scribd.com/document/407290822/CIB-24-Tolerances-on-blemishes-of-concrete-pdf>
15. HOLCIM. *Leitfaden für Sichtbeton*. Dotternhausen [Germany]: Holcim (Süddeutschland) GmbH, 2011
16. RICHTLINIE. *Geschalte betonflächen („Sichtbeton“)*. Wien [Austria]: PERI GmbH, 2010
17. MEVA Formwork Systems. *Guide to formed concrete surfaces*. America: 2014
18. MALISCH R. ir J. BROWN. Examination and Evaluation of ACI 347.3R-13 “Guide to Formed Concrete Surfaces”. St. Louis [America]: ACI Foundation, 2017.
19. POPECU, M., I. REITER, A. LIEW, T. Van MELE, R. J. FLATT ir P. BLOCK. Building in Concrete with an Ultra-lightweight Knitted Stay-in-place Formwork: Prototype of a Concrete Shell Bridge. *Construction and Building Materials* [interaktyvus]. 2018, 14, 322-332 [žiūrėta 2020-03-19]. ISSN 2352-0124. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.03.001>
20. PALIONIS, A. ir G. VISELGIENĖ. Paviršiaus šiurkštumas. *Visuomeninė Lietuvių enciklopedija* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2020-03-19]. Prieiga per: <https://www.vle.lt/Straipsnis/pavirsiaus-siurkstumas-3018>
21. PERI. *Best Practice for Architectural Concrete*. Weissenhorn [Germany]: PERI GmbH, 2018.
22. SIKA: *Sika ViscoCrete D-187(18)* [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2020-03-30]. Prieiga per: https://lva.sika.com/lv/solutions_products/02/02a004/02a004sa98/01a004sa98ssa02/01a004sa98ssa02100/02a004sa98ssa02106.html
23. SIKA: *Sika Separol W-220* [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2020-03-26]. Prieiga per: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjnk7iO3rfoAhXvo4sKHarkALkQFjAAegQIBBAB&url=https%3A%2F%2Ffra.sika.com%2Fdms%2Fgetdocument.get%2Fdbf58503-9f67-36fc-b404-691b5a2b4327%2Ffr_export_pds_separol_w220.pdf&usg=AOvVaw2vl_aYm9VoDzJgWUsTfr7C
24. FORMIL: *Moulding oils FORMIL - LOTOS Oil* [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2020-03-26]. Prieiga per: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=2ahUKEwj5YqY87foAhX5wcQBHbqaCakQFjAEegQIBxAB&url=http%3A%2F%2Fwww.lotosoil.pl%2Fresource%2Fshow%2F14772.pdf&usg=AOvVaw32puE0vIIRAGarHOQIfhrT>
25. AUTOGEEK: *1Z Einzett Polish Wax* [interaktyvus]. 2008 [žiūrėta 2020-03-26]. Prieiga per: <https://www.autogeek.net/1z-einzett-polish-wax.html>
26. KTU: *Drėkinimo kampo matavimo prietaisas Biolin Scientific Theta Light* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-26]. Prieiga per: <https://apcis.ktu.edu/lt/site/search?keys=paviršius%2C%20vilgymo%20kampus%2C%20paviršiaus%20įtempimas>
27. HANNAINST: *Combo pH/Conductivity/TDS Tester (High Range) - HI98130* [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2020-03-26]. Prieiga per: <https://hannainst.in/hi98130-ph-ec-tds-tester.html>
28. DELTUVA, J. ir V. VAITKEVIČIUS. Statybinių nerūdinių medžiagų gavyba, perdirbimas ir naudojimas. Kaunas: Technologija, 2006. 276p ISBN 9955-09-988-7
29. NSC: NSC Colour Scan 2.0 [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-03-30]. Prieiga per: <https://ncscolour.com/product/ncs-colour-scan-2-0/>

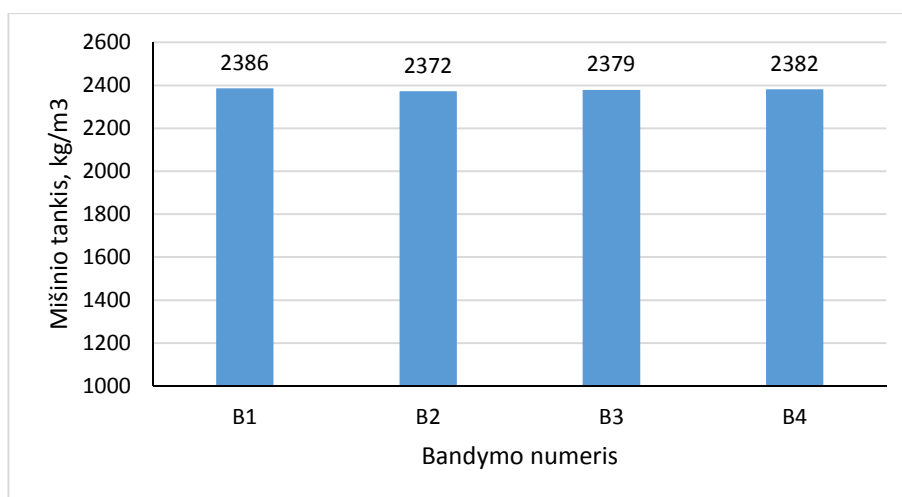
30. PEMAT: Zyklus Rotating Pan Mixer from Pemat [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2020-03-31]. Prieiga per: https://www.pemat.de/en/zyklus_e/
31. ENAR: *Electric concrete vibrator motor FOX* [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2020-03-31]. Prieiga per: <https://www.enar.es/en-gb/products/vib-fo-9780/electric-concrete-vibrator-motor-fox>
32. D. McGAVIN. Color Figures in BJ: RGB versus CMYK. *Biophysical [interaktyvus]*. 2005, 88, 761-762 [žiūrėta 2020-12-01]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1529/biophysj.105.059600>
33. SZAFRANIEC, M. ir D. BARNAT-HUNEK. Evaluation of contact angle and wettability hydrophobised lightweight concrete with sawdust. *Budownictwo i Architektura [interaktyvus]*. 2020, 19(2), 019-032 [žiūrėta 2020-12-01]. Prieiga per: <https://doi.org/10.35784/bud-arch.1644>
34. PETERSON, K., J. CARLSON, L. SUTTER, T. VAN DAM. Methods for threshold optimization for images collected from contrast enhanced concrete surfaces for air-void system characterization. *Construction and Building Materials [interaktyvus]*. 2009, 710-715 [žiūrėta 2020-12-01]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2008.10.005>
35. HUTHWOLH, P., ir I. BRILAKIS. Detecting healthy concrete surfaces. *Construction and Building Materials [interaktyvus]*. 2018, 37, 150-162 [žiūrėta 2020-12-01]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.05.004>
36. W. DA SILVA ir P. ŠTERMBERK. Expert system applied for classifying self-compacting concrete surface finish. *Construction and Building Materials [interaktyvus]*. 2013, 64, 47-61 [žiūrėta 2020-12-01]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.04.005>

Priedai

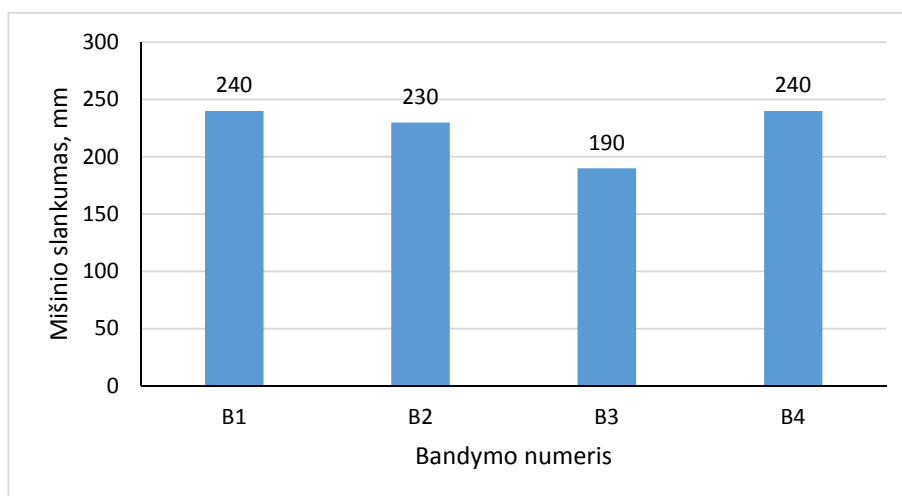
1 priedas. Oro kiekio, tankio ir slankumo betono mišinyje grafikai



1 pav. Oro kiekio mišinyje grafikas

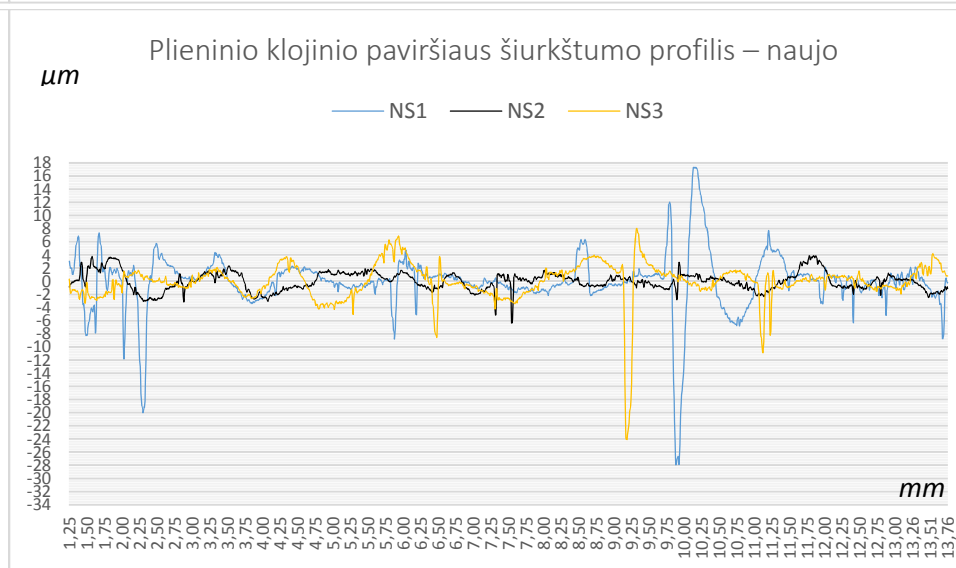
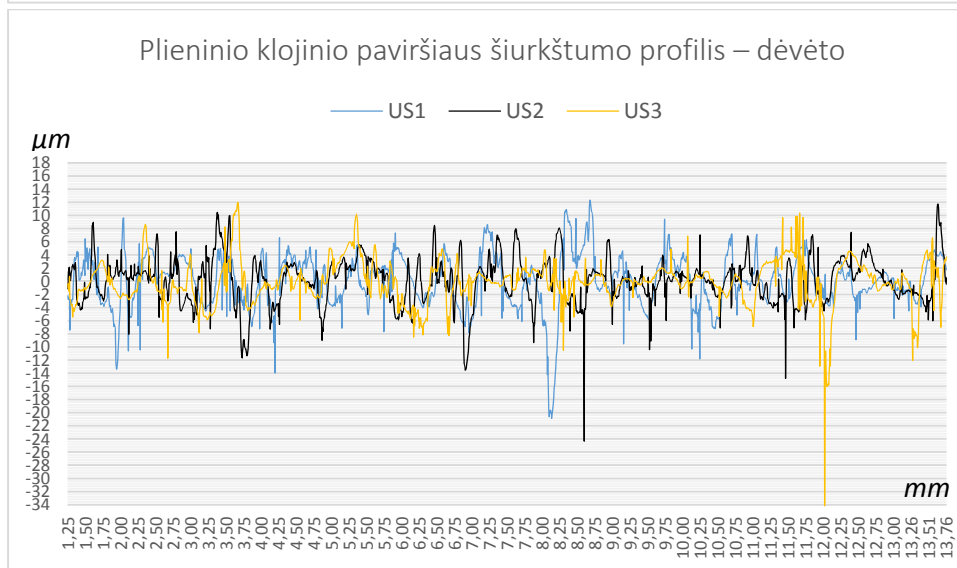
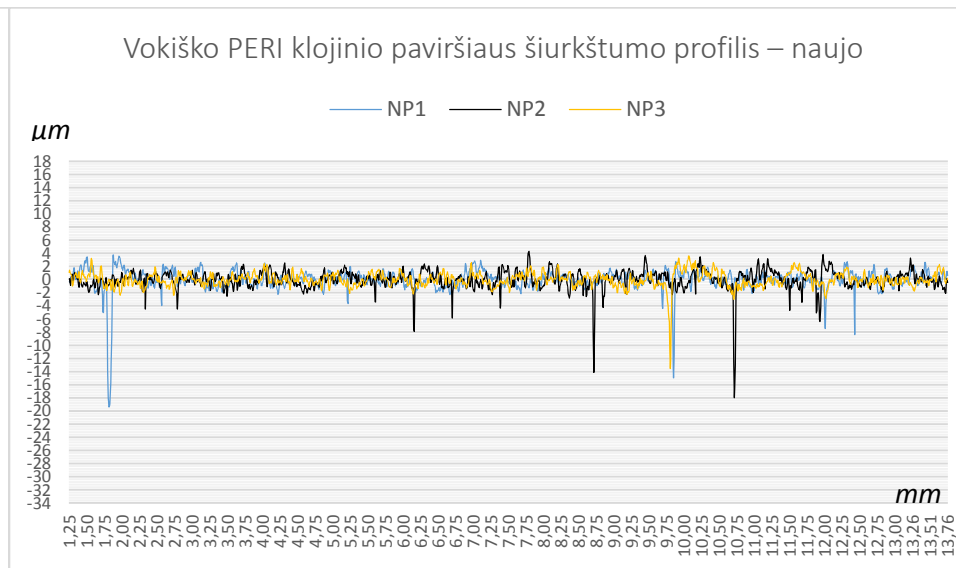
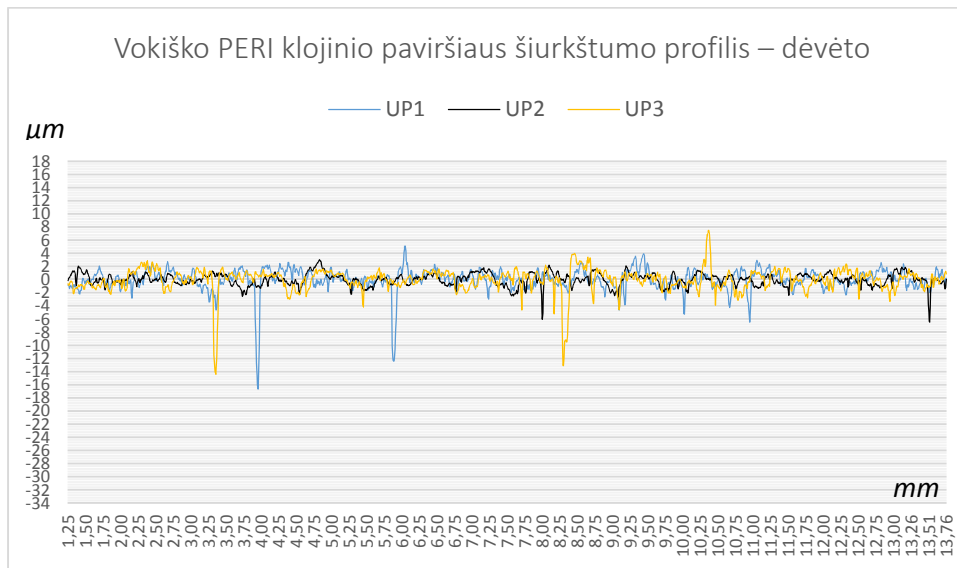


2 pav. Mišinių tankio grafikas



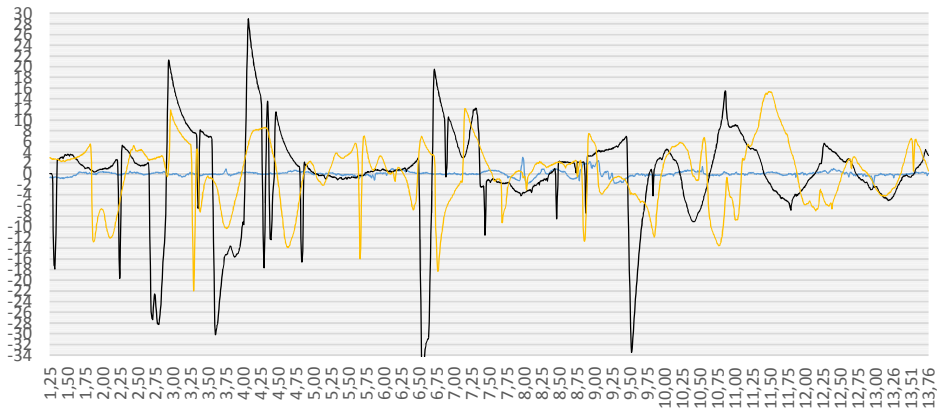
3 pav. Mišinių slankumo grafikas

2 priedas. Šiurkštumo tyrimo rezultatai, šiurkštumo profiliai



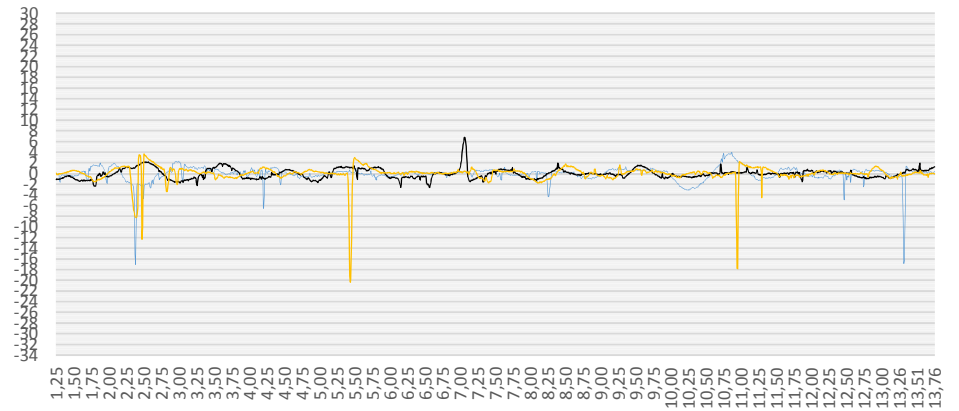
Fenolio formaldehido impregnuota fanera – dėvėta

— UPS1 — UPS2 — UPS3



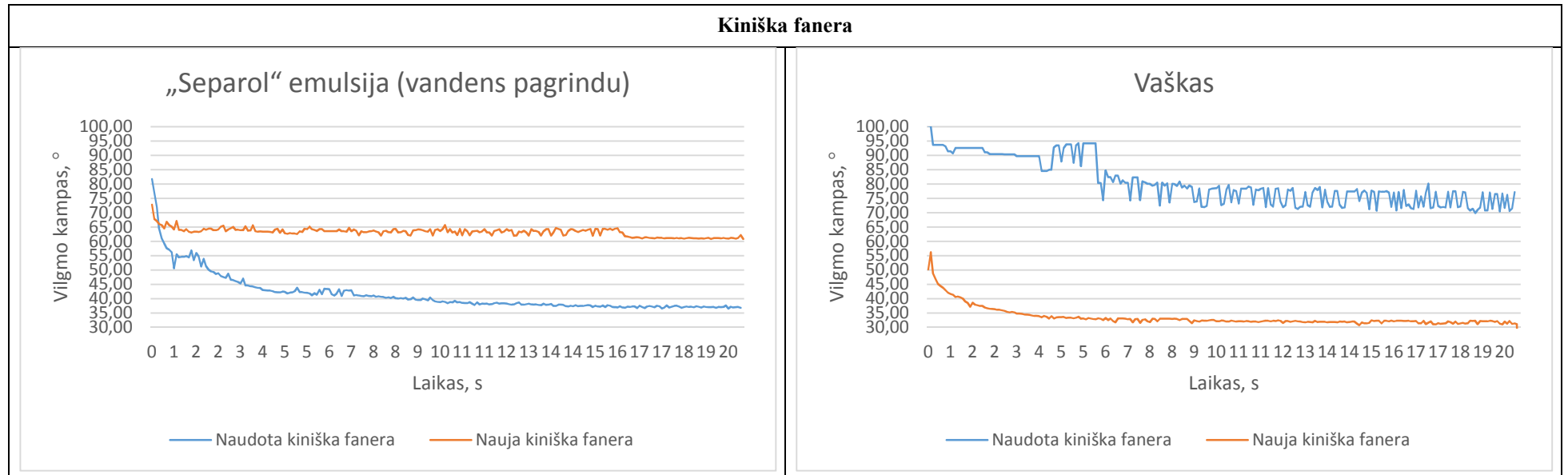
Fenolio formaldehido impregnuota fanera – nauja

— NPS 1 — NPS2 — NPS3

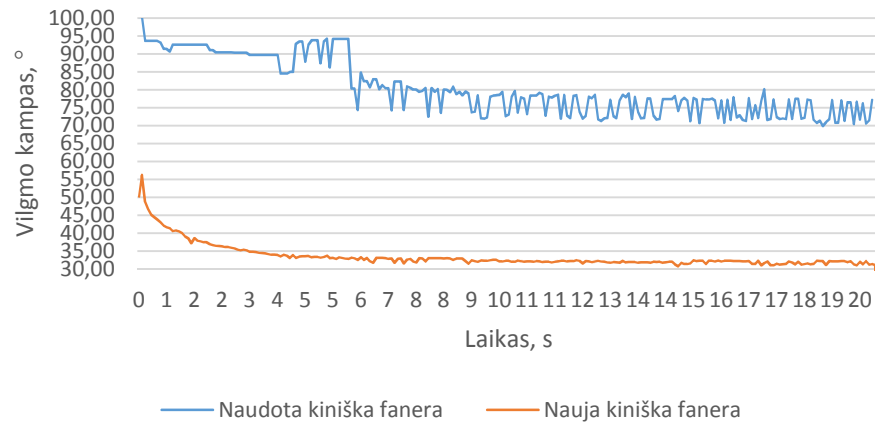


3 priedas. Vilgymo kampo tyrimo rezultatai, vilgymo kampo grafikai

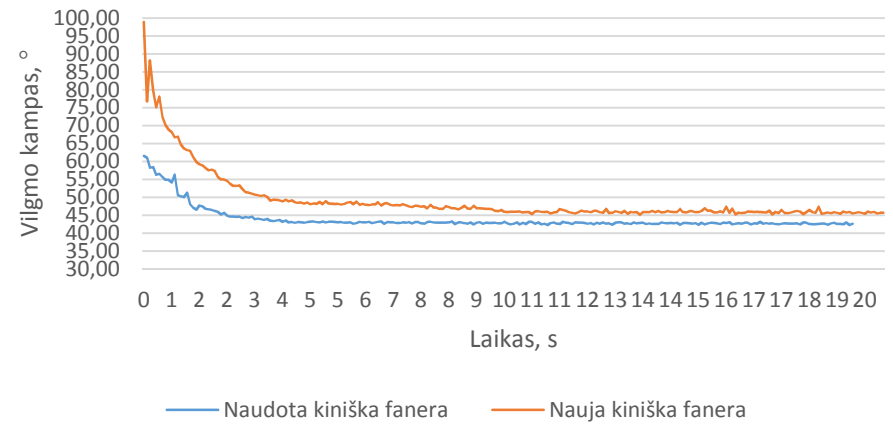
1 lentelė. Vilgymo kampo kitimas laike



Silikono pagrindo emulsija

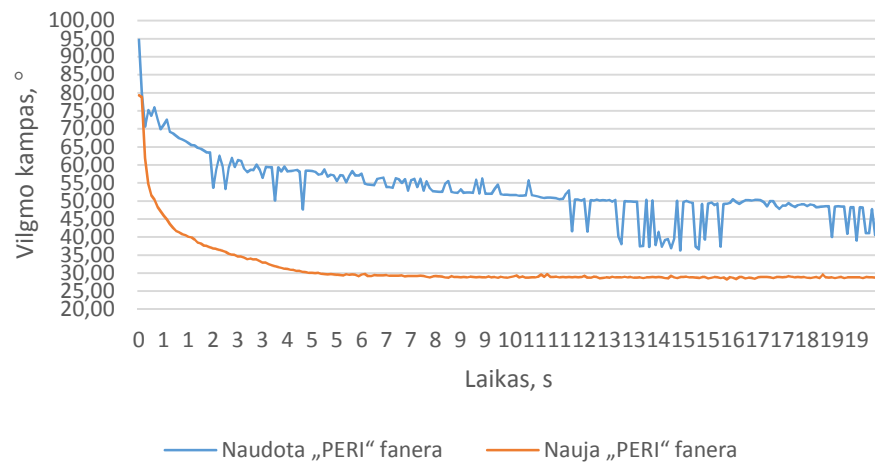


„FORMIL XS-10“

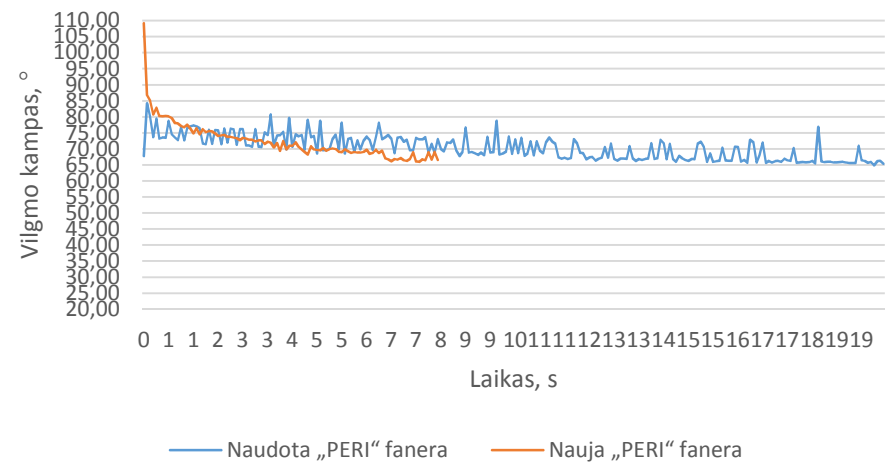


Vokiška „PERI“ fanera

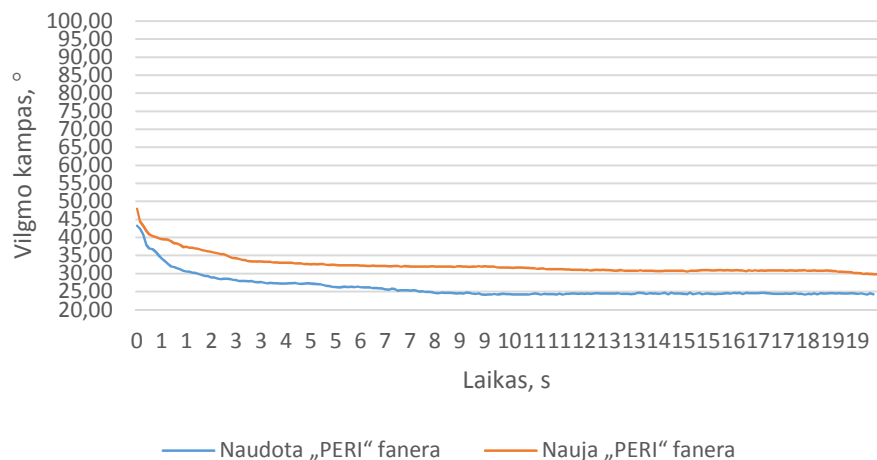
„Separol“ emulsija (vandens pagrindu)



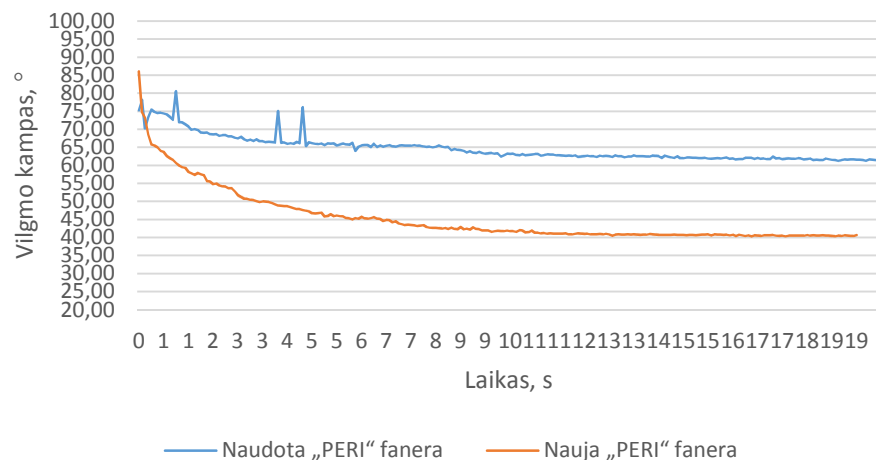
Vaškas



Silikono pagrindo alyva

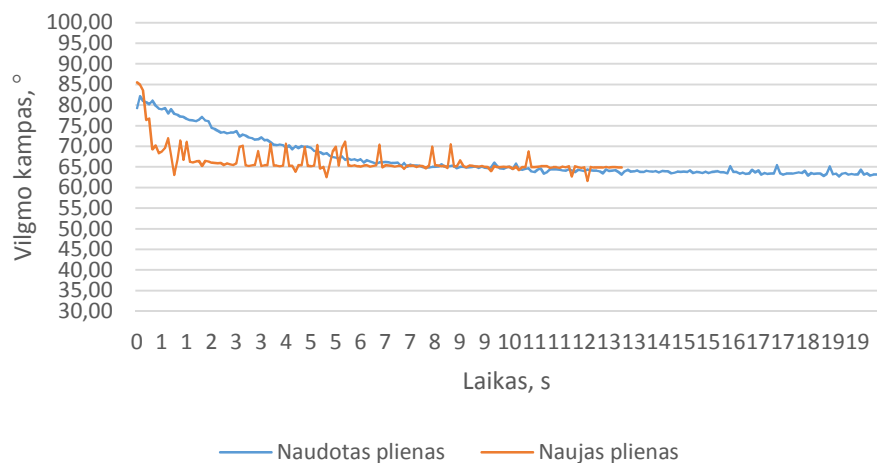


„FORMIL“ alyva

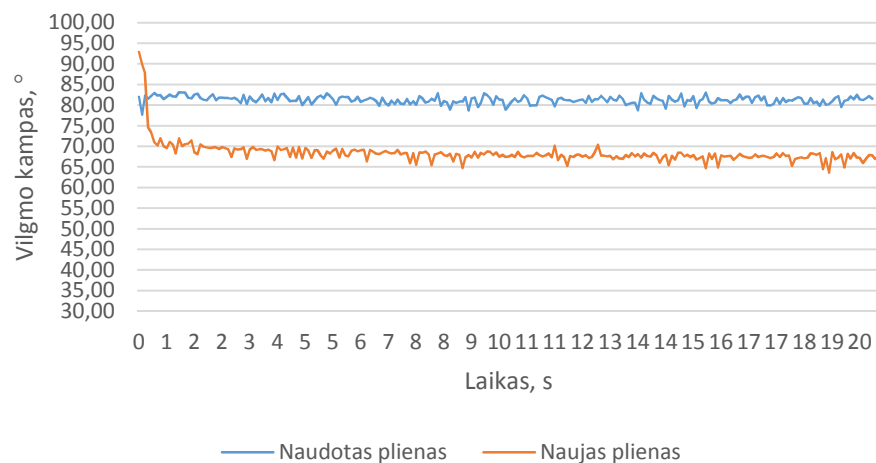


Plieniniai klotiniai

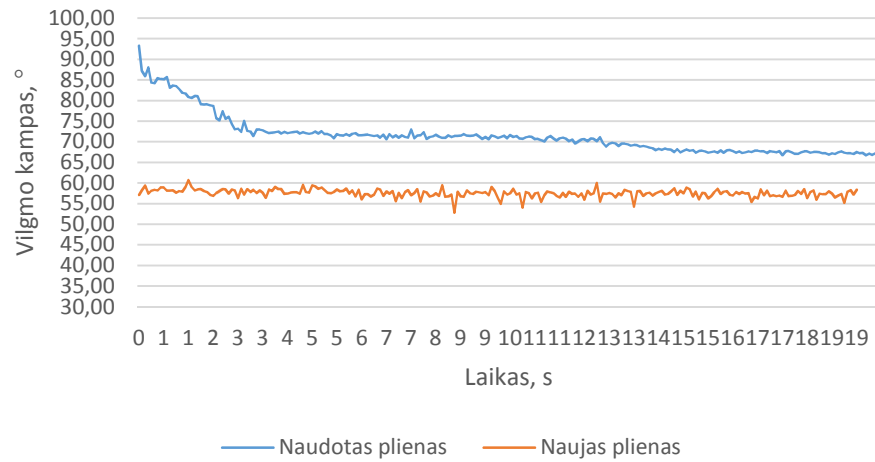
„Separol“ emulsija vandens pagrindu



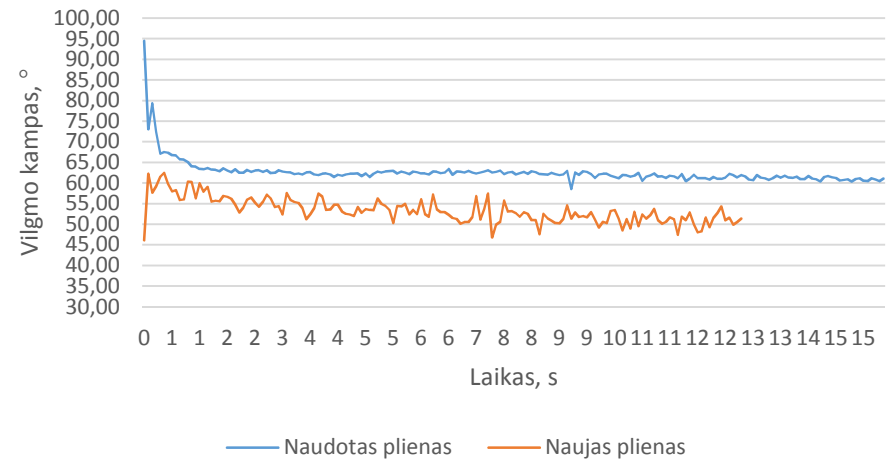
Vaškas



Silikono pagrindo alyva



„FORMIL“ alyva



4 priedas. Porų užimamo ploto analizės rezultatai

2 lentelė. Bandinių paviršinių oro porų analizės rezultatai (1)

Vokiški „PERI“ klojiniai	1 BETONAVIMAS		2 BETONAVIMAS		3 BETONAVIMAS		4 BETONAVIMAS	
	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS
	0-2 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	110223,00	110148,77	110063,45	110315,89	110315,89	110408,98	110065,32	110256,00
Porų plotas, mm ²	204,50	104,86	158,38	230,40	266,28	258,54	80,16	37,02
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,19	0,10	0,14	0,21	0,24	0,23	0,07	0,03
	2-5 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	110223,00	110148,77	110063,45	110315,89	110315,89	110408,98	110065,32	110256,00
Porų plotas, mm ²	178,00	217,31	210,81	131,55	212,95	291,07	67,00	21,92
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,16	0,20	0,19	0,12	0,19	0,26	0,06	0,02
	5-10 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	110223,00	110148,77	110063,45	110315,89	110315,89	110408,98	110065,32	110256,00
Porų plotas, mm ²	26,73	53,86	147,33	37,30	55,68	182,93	0,00	54,87
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,02	0,05	0,13	0,03	0,05	0,17	0	0,05
	10-15 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	110223,00	110148,77	110063,45	110315,89	110315,89	110408,98	110065,32	110256,00
Porų plotas, mm ²	0,00	0,00	95,95	0	0	0	0	0
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0	0	0,09	0	0	0	0	0
Iš viso porų paviršiuje, %	0,37	0,34	0,56	0,36	0,48	0,66	0,13	0,10
Geriausią paviršių turintis bandinys	II		III		IV		I	

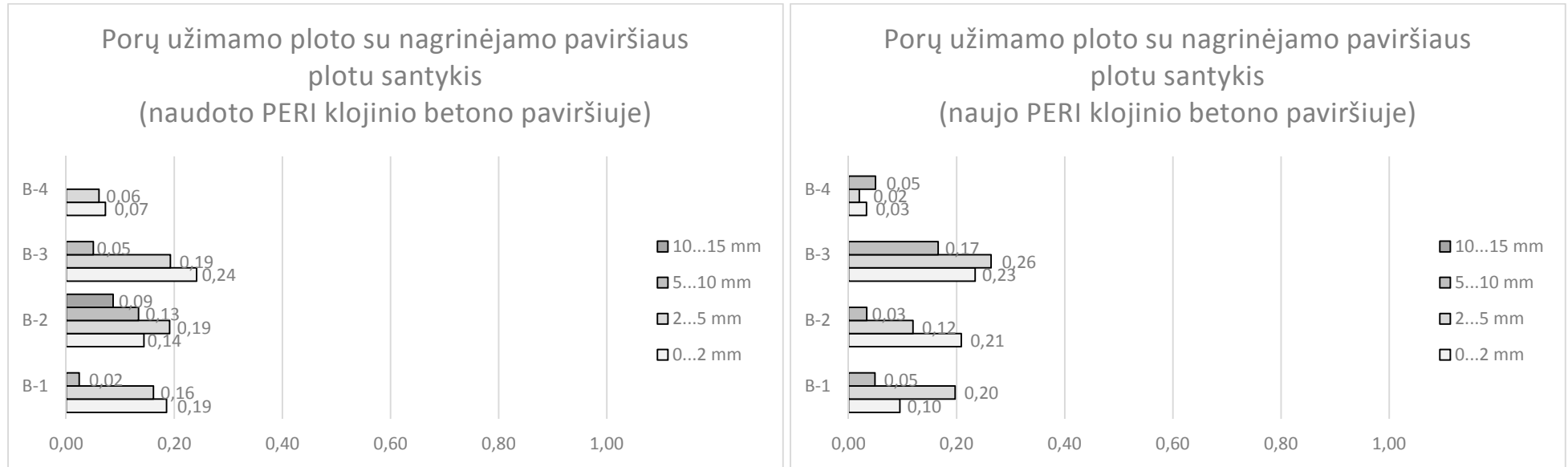
3 lentelė. Bandinių paviršinių oro porų analizės rezultatai (2)

Plieniniai klojiniai	1 BETONAVIMAS		2 BETONAVIMAS		3 BETONAVIMAS		4 BETONAVIMAS	
	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS
	0-2 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	70139,52	70390,91	70160,33	70411,84	70154,25	69796,45	70033,8668	69794,103
Porų plotas, mm ²	64,81	74,41	210,48	182,31	593,32	599,54	34,60	60,30
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,09	0,11	0,30	0,26	0,85	0,86	0,05	0,09
	2-5 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	70139,52	70390,91	70160,33	70411,84	70154,25	69796,45	70033,8668	69794,103
Porų plotas, mm ²	18,94	41,96	147,48	237,65	409,82	304,67	98,74	67,09
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,03	0,06	0,21	0,34	0,58	0,44	0,14	0,10
	5-10 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	70139,52	70390,91	70160,33	70411,84	70154,25	69796,45	70033,8668	69794,103
Porų plotas, mm ²	24,13	0,00	166,15	80,21	193,99	81,41	0,00	0,00
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,03	0,00	0,24	0,11	0,28	0,12	0	0
	10-15 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	70139,52	70390,91	70160,33	70411,84	70154,25	69796,45	70033,8668	69794,103
Porų plotas, mm ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0	0	0	0	0	0	0	0
Iš viso porų paviršiuje, %	0,15	0,17	0,75	0,71	1,71	1,41	0,19	0,18
Geriausią paviršių turintis bandinys	I		III		IV		II	

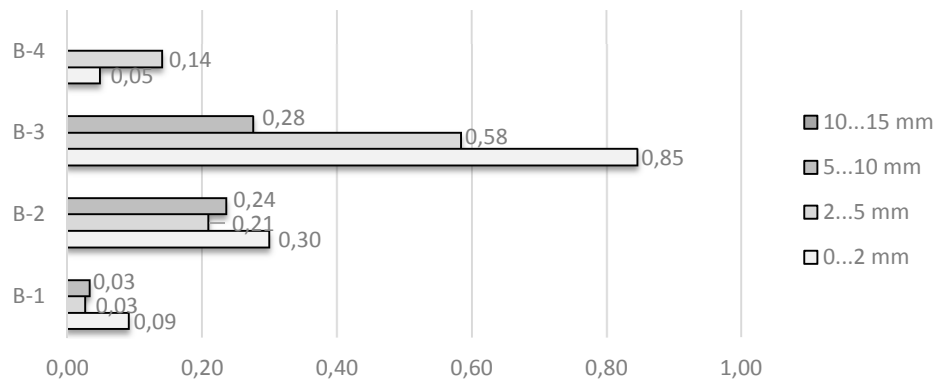
3 lentelė. Bandinių paviršinių oro porų analizės rezultatai (3)

Kiniška „PERI“ fanera	1 BETONAVIMAS		2 BETONAVIMAS		3 BETONAVIMAS		4 BETONAVIMAS	
	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS	SENAS	NAUJAS
	0-2 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	119911,51	119902,38	120465,88	120690	120248,04	119576,96	120596	120456
Porų plotas, mm ²	26,24	153,94	72,90	0,70	136,32	22,49	40,89	8,00
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,02	0,128	0,06	0,001	0,11	0,02	0,03	0,01
	2-5 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	119911,51	119902,38	120465,88	120690	120248,04	119576,96	120596	120456
Porų plotas, mm ²	33,65	49,33	8,58	3,31	11,72	0,00	0,0	3,28
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,03	0,041	0,01	0,003	0,01	0	0	0
	5-10 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	119911,51	119902,38	120465,88	120690	120248,04	119576,96	120596	120456
Porų plotas, mm ²	21,25	75,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0,02	0,06	0	0	0	0	0	0
	10-15 mm							
Analizuojamas bandinio plotas, mm ²	119911,51	119902,38	120465,88	120690	120248,04	119576,96	120596	120456
Porų plotas, mm ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Užimamas porų plotas bandinyje, %	0	0	0	0	0	0	0	0
Iš viso porų paviršiuje, %	0,07	0,23	0,07	0,00	0,12	0,02	0,03	0,01
Geriausią paviršių turintis bandinys	III		II		IV		I	

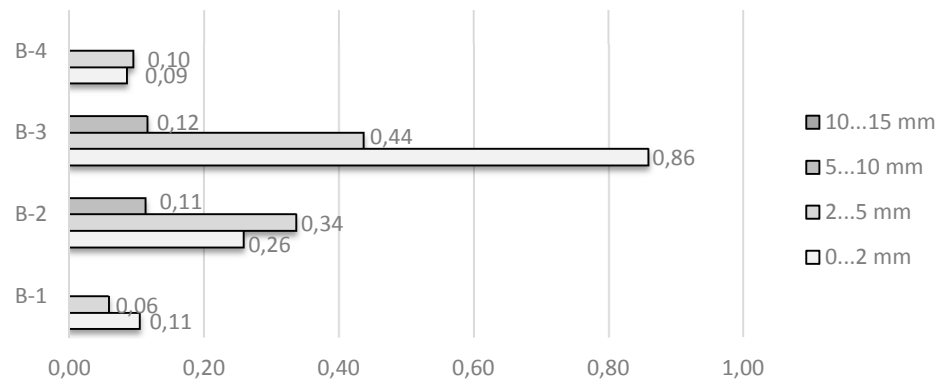
5 priedas. Porų užimamo ploto su nagrinėjamo paviršiaus plotu santykis



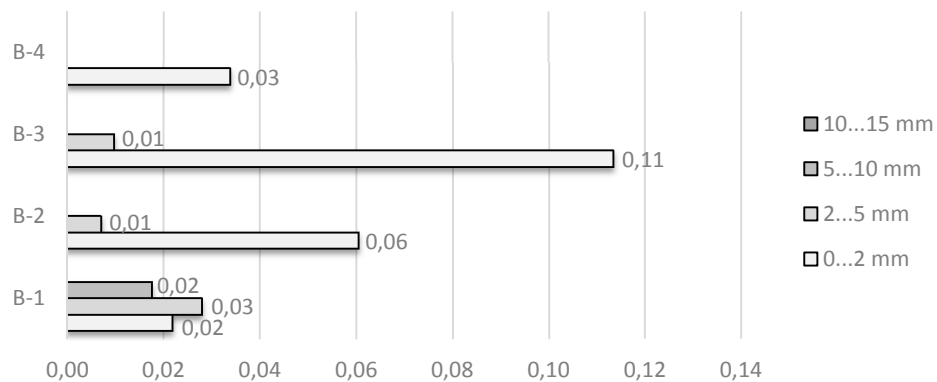
Porų užimamo ploto su nagrinėjamo paviršiaus plotu santykis
(naudotos plieninio klojinio betono paviršiuje)



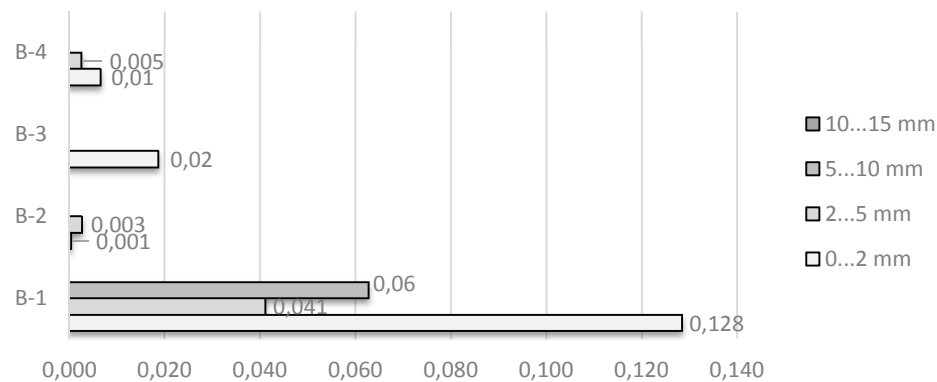
Porų užimamo ploto su nagrinėjamo paviršiaus plotu santykis
(naujo plieninio klojinio betono paviršiuje)



Porų užimamo ploto su nagrinėjamo paviršiaus plotu santykis
(naudotos kiniškos faneros betono paviršiuje)



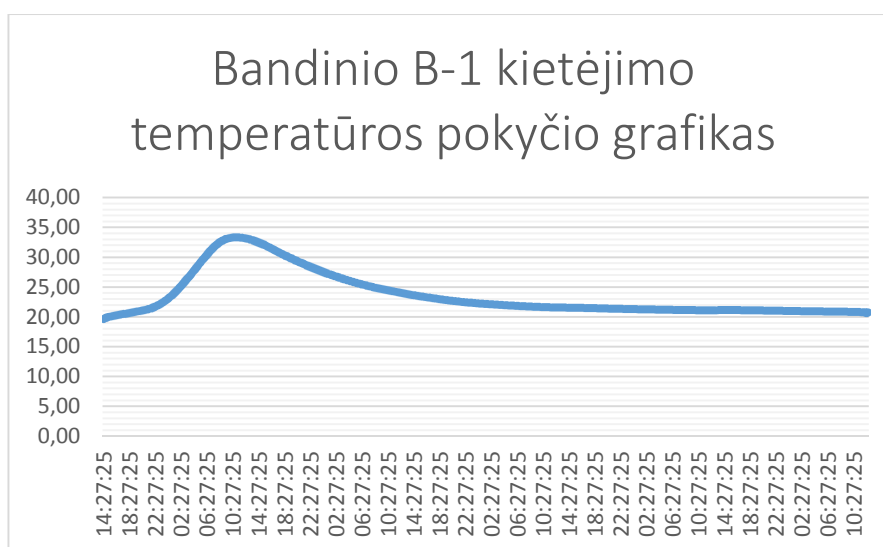
Porų užimamo ploto su nagrinėjamo paviršiaus plotu santykis
(naujos kiniškos faneros betono paviršiuje)



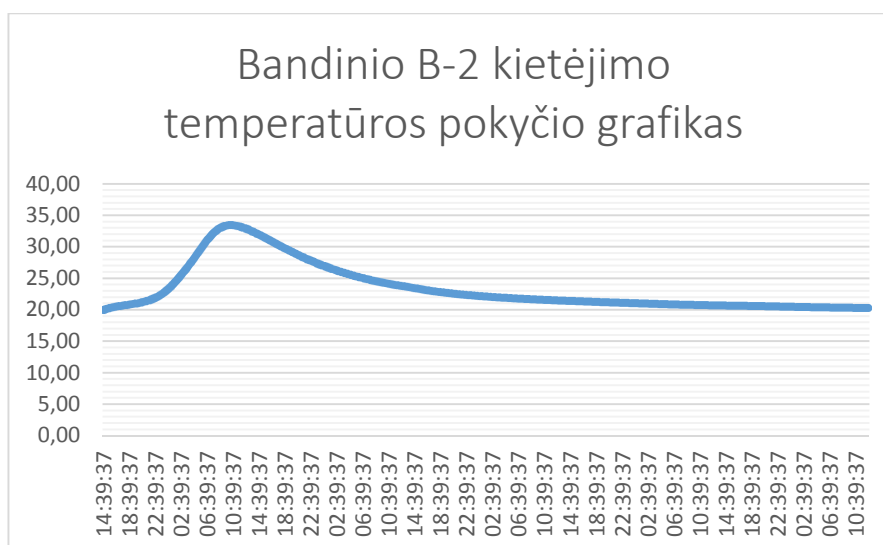
6 priedas. Bandinių temperatūros pokyčio rezultatai

4 lentelė. Bandinio B-1 kietėjimo temperatūros suvestinė

Temperatūros apibūdinimas		B-1 temperatūros pokyčiai	B-2 temperatūros pokyčiai
Betono temperatūra	°C _{MAX}	33,34	33,45
	°C _{MIN}	19,66	19,99
Aplinkos temperatūra	°C	~ 20	~ 20



4 pav. Bandinio B-1 kietėjimo temperatūros pokyčio grafikas (data: 11 27 – 12 02)



5 pav. Bandinio B-2 kietėjimo temperatūros pokyčio grafikas (data: 12 04 – 12 09)