



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Betoninių grindų paviršiaus apdirbimo būdų analizė ir tyrimai

Baigiamasis magistro projektas

Emilija Želvytė

Projekto autorė

Prof. dr. Žymantas Rudžionis

Vadovas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas
Statybos ir architektūros fakultetas

Betoninių grindų paviršiaus apdirbimo būdų analizė ir tyrimai

Baigiamasis magistro projektas
Statybinių konstrukcijų ir gaminių inžinerija (6211EX008)

Emilija Želvytė

Projekto autorė

Prof. dr. Žymantas Rudžionis

Vadovas

Prof. dr. Mindaugas Daukšys

Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Emilija Želvytė

Betoninių grindų paviršiaus apdirbimo būdų analizė ir tyrimai

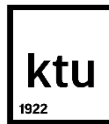
Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Emilija Želvytė

Patvirtinta elektroniniu būdu



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Studijų programa: STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ IR GAMINIŲ INŽINERIJA

Baigiamojo projekto tematika (lietuvių k.):
BETONINIŲ GRINDŲ PAVIRŠIAUS APDIRBIMO BŪDŲ ANALIZĖ IR TYRIMAI

Baigiamojo projekto tema patvirtinta dekanų potvarkiu Nr.: ST18-F-09-1

(lietuvių k.): BETONINIŲ GRINDŲ PAVIRŠIAUS APDIRBIMO BŪDŲ ANALIZĖ IR TYRIMAI

(anglų k.):
ANALYSIS AND RESEARCH OF CONCRETE FLOOR SURFACE TREATMENT METHODS

Pradiniai duomenys darbui:

**Tyrimo objektas – skirtingomis medžiagomis ir būdais apdirbtų betoninių grindų paviršiaus savybės.
Tikslas – skirtingomis medžiagomis ir būdais apdirbtų betoninių grindų paviršiaus tyrimai ir tyrimo rezultatų analizė bei įtakos betono paviršiaus kokybei vertinimas.**

Baigiamojo projekto dalys:	Atlikti
Įvadas	<input checked="" type="checkbox"/>
Literatūros apžvalga	<input checked="" type="checkbox"/>
Metodologija	<input checked="" type="checkbox"/>
Eksperimentiniai tyrimai	<input checked="" type="checkbox"/>
Analitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Skaitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Ekonominė dalis	<input type="checkbox"/>
Išvados	<input checked="" type="checkbox"/>

Kita informacija (pagal poreikį):

Vadovas:

(indėlis __100__ %)

prof. dr. Žymantas Rudžionis

pareigos, vardas, pavardė

Patvirtinta elektroniniu būdu

Studentas:

Emilija Želvytė

vardas, pavardė

Patvirtinta elektroniniu būdu

Želvytė, Emilija. Betoninių grindų paviršiaus apdirbimo būdų analizė ir tyrimai. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Žymantas Rudžionis; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Inžinerijos mokslai, Statybinių konstrukcijų ir gaminių inžinerija (E05).

Reikšminiai žodžiai: betono paviršius, kietiklis, medžiagos, tyrimai.

Kaunas, 2022. 58 p.

Santrauka

Magistro baigiamajame darbe aptariamas betoninių grindų klasifikavimas, įrengimas ir palyginami paviršiaus apdirbimo būdai ir apdirbtų paviršių galimybės bei privalumai. Aprašomi naujos kartos paviršiaus kietikliai, jų įtaka betono savybėms. Atlikti betono mišinio slankumo, sukietėjusio betono tankio nustatymo, betono stiprio gniuždant, atsparumo dilumui, vandens įgėrio ir kietiklio įsigėrimo lygio (gylio) nustatymo bandymai prieš bandinių padengimą kietikliais ir padengus bandinius naudojant „Crete Colors“ gamintojo ličio silikatų pagrindu pagamintus kietiklius. Taip pat atlikti impregnuotų kietikliais bandinių optinės ir skenuojančios mikroskopijos tyrimai. Nustatyta, kad padengus betono paviršių ličio silikatų pagrindu pagamintais kietikliais, padidėja betono atsparumas dilumui, sumažėja jo vandens įgėris, o estetinė betono išvaizda vizualiai nekinta.

Želvytė, Emilija. Analysis and Research of Concrete Floor Surface Treatment Methods. Master's Final Degree Project/supervisor prof. dr. Žymantas Rudžionis; Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Engineering Sciences, Structural and Building Products Engineering (E05).

Keywords: concrete surface, hardener, materials, tests.

Kaunas, 2022. 58 p.

Summary

In Master's degree project discussion is about concrete floor classification, floor installation, comparing surface treatment methods and treated surfaces possibilities and advantages. New type liquid surface hardeners are described and their impact for the surface. Sample density, compression, abrasion resistance, water penetration and hardener penetration level tests were done before and after covering concrete samples with hardeners which were lithium silicate based hardeners from „Crete Colors“. After doing the research, it was found that after sample was covered with hardeners, abrasion resistance increases and it penetrates less water, also estetical appearance of the concrete remains the same as before tests.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	11
Įvadas.....	12
1. Betoninių grindų ir galimų jų paviršių apžvalga.....	13
1.1. Betoninių grindų klasifikavimas.....	13
1.2. Betoninių grindų įrengimas	14
1.3. Betoninių grindų įrengimo trūkumai	15
1.4. Betoninių grindų paviršiaus apdirbimo būdai	15
1.5. Dėmių atsiradimo ant grindų paviršiaus priežastys ir jų pašalinimo būdai.....	18
1.6. Problemos aprašymas ir jos sprendimo būdai naudojant betono paviršiaus kietiklius	19
1.6.1. Naujos kartos paviršiaus kietiklių aprašymas.....	20
1.6.2. Paviršiaus kietiklių įtaka betono savybėms	23
2. Tiriamoji dalis.....	25
2.1. Naudotos medžiagos.....	25
2.2. Tyrimų metodika	26
2.2.1. Bandinių pagaminimas ir kietinimas	26
2.2.2. Betono mišinio slankumo nustatymas	27
2.2.3. Betono gniuždymas	28
2.2.4. Sukietėjusio betono tankio nustatymas	29
2.2.5. Atsparumas dėvėjimuisi	30
2.2.6. Vandens įgeriamumas	31
2.2.7. Kietiklio įsigėrimo lygio nustatymas.....	31
3. Tyrimų rezultatai.....	34
3.1. Betono stiprio gniuždant ir sukietėjusio betono tankio bandymų rezultatai	34
3.2. Atsparumo dilumui tyrimai	38
3.3. Vandens įgėrio tyrimai	40
3.4. Kietiklio įsigėrimo lygio (gylis) nustatymas.....	47
Išvados	55
Literatūros sąrašas	56

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Betono dėvėjimosi dėl mechaninių poveikių sukeltamų įtempių klasifikacija [2]	14
2 lentelė. Bandymus atitinkantys standartai.....	25
3 lentelė. Bandymo metu naudotos žaliavos	25
4 lentelė. Medžiagų kiekiai 1 m ³ betono mišinio	26
5 lentelė. Bandinių dydžio įtakos koeficientas β , skaičiuojant betono bandinių stiprį gniuždant	29
6 lentelė. C20/25 betono klasės bandinių stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai.....	34
7 lentelė. C30/37 betono klasės bandinių stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai.....	35
8 lentelė. C35/45 betono klasės trinkelio stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai	35
9 lentelė. C35/45 betono klasės bandinių stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai.....	36
10 lentelė. C50/60 betono klasės bandinių stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai.....	37
11 lentelė. C20/25 betono klasės bandinių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai.....	38
12 lentelė. C30/37 betono klasės bandinių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai.....	38
13 lentelė. C35/45 betono klasės trinkelio atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai	39
14 lentelė. C35/45 betono klasės bandinių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai.....	39
15 lentelė. C50/60 betono klasės bandinių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai.....	39
16 lentelė. C20/25 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio rezultatai.....	40
17 lentelė. C20/25 betono klasės bandinių poringumo rezultatai	41
18 lentelė. C30/37 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio rezultatai.....	42
19 lentelė. C30/37 betono klasės bandinių poringumo rezultatai	42
20 lentelė. C35/45 betono klasės trinkelio vandens įgėrio nustatymo rezultatai	43
21 lentelė. C35/45 betono klasės trinkelio poringumo rezultatai.....	44
22 lentelė. C35/45 betono klasės bandinių vandens įgėrio nustatymo rezultatai.....	44
23 lentelė. C35/45 betono klasės bandinių poringumo rezultatai	45
24 lentelė. C50/60 betono klasės bandinių vandens įgėrio nustatymo rezultatai.....	46
25 lentelė. C50/60 betono klasės bandinių poringumo rezultatai	46
26 lentelė. Cheminių elementų koncentracijos palyginimas.....	50

Paveikslų sąrašas

1 pav. Įtrūkimo užpildymo schema.....	16
2 pav. Magnio fluorsilikato duomenys [16].....	20
3 pav. Magnio fluorsilikato pavojaus simbolis	20
4 pav. Šarminio gelio išsiskyrimas į betono paviršių.....	21
5 pav. Kalio hidroksido tirpalo duomenys [16]	21
6 pav. Kalio hidroksido tirpalo pavojaus simbolis.....	21
7 pav. Natrio dioksido duomenys [16].....	22
8 pav. Natrio dioksido pavojaus simbolis	22
9 pav. Tenkinama stiprio gniuždant sąlyga.....	26
10 pav. Cemento tešla paruošta kietėjimui klojiniuose.....	27
11 pav. Betono mišinio slankumo nustatymui naudojama įranga	27
12 pav. Betono mišinio slankumo nustatymas.....	28
13 pav. Hidraulinis presas	28
14 pav. Ardamosios jėgos kitimas bandymo metu	29
15 pav. Supleišęjęs betono paviršius po bandymo atlikimo ir gauta didžiausia ardomoji jėga	29
16 pav. Atsparumo dėvėjimuisi nustatymo įrenginys	30
17 pav. Bandinys dilumo mašinoje	31
18 pav. Vandens įgeriamumo kinetikos nustatymo bandymas	31
19 pav. Mikroskopu tiriamas išpjautas bandinys	32
20 pav. Bandymui atlikti naudotas optinis mikroskopas	32
21 pav. Bandymų atlikimas su ultravioletine šviesa ir fluorescenciniais dažais.....	33
22 pav. Skanuojantis mikroskopas FEI Quanta 200 FEG.....	33
23 pav. C20/25 betono klasės bandinių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė	34
24 pav. C30/37 betono klasės bandinių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė	35
25 pav. C35/45 betono klasės trinkelų priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė	36
26 pav. C35/45 betono klasės bandinių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė	37
27 pav. C50/60 betono klasės bandinių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė	38
28 pav. Betono bandinių nusidėvėjimo palyginimas	39
29 pav. Betono bandinių masės nuostolių palyginimas	40
30 pav. C20/25 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui.....	41
31 pav. C20/25 betono klasės bandinių poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais	41
32 pav. C30/37 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui.....	42
33 pav. C30/37 betono klasės bandinių poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais	43
34 pav. C35/45 betono klasės trinkelų masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui	43
35 pav. C35/45 betono klasės trinkelų poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais	44
36 pav. C35/45 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui.....	45
37 pav. C35/45 betono klasės bandinių poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais	45
38 pav. C50/60 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui.....	46
39 pav. C50/60 betono klasės bandinių poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais	47

40 pav. Kietikliu padengtų bandinių nuotraukos, padarytos optiniu mikroskopu su 20 k. didinimu: a) C20/25 betono klasės bandinys, b) C30/37 betono klasės bandinys, c) C35/45 betono klasės trinkelė, d) C35/45 betono klasės bandinys, e) C50/60 betono klasės bandinys	48
41 pav. Fluorescenciniais dažais padengti, UV šviesa apšviesti, bandiniai a) C35/45 betono klasės trinkelė, b) C50/60 betono klasės bandinys	49
42 pav. Nuotraukos, padarytos skenuojančiu mikroskopu padidinus 100 k. kietikliu padengtus bandinius, a) C35/45 betono klasės trinkelė, b) C35/45 betono klasės bandinys, c) C50/60 betono klasės bandinys	49
43 pav. C35/45 betono klasės trinkelės, padengtos kietikliu, paviršiaus cheminė sudėtis	50
44 pav. C35/45 betono klasės bandinio, padengto kietikliu, paviršiaus cheminė sudėtis.....	51
45 pav. C50/60 betono klasės bandinio, padengto kietikliu, paviršiaus cheminė sudėtis.....	51
46 pav. C35/45 betono klasės trinkelė, skenuojančiu mikroskopu padidinta 32 k.	52
47 pav. C35/45 betono klasės bandinys, skenuojančiu mikroskopu padidintas 32 k.	52
48 pav. C50/60 betono klasės bandinys, skenuojančiu mikroskopu padidintas 32 k.	53
49 pav. C35/45 betono klasės trinkelės, elementinės cheminės analizės nuotrauka su seleno filtru	53

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

Prof. – profesorius

dr. – aukščiausias akademinis (mokslo) laipsnis Lietuvoje

Terminai:

Silanas – (lot. Silicium) – cheminis silicio junginys su vandeniliu;

Siloksanas – funkcinė grupė organinio silicio chemijoje, junginyje turinti deguonį;

Kvarcas – silicio dioksido mineralas, randamas daugiausia viršutinėje žemės plutoje;

Mikrostruktūra – kietųjų medžiagų struktūra, matoma tik daug kartų padidinus mikroskopu;

Korundas – oksidų klasės mineralas, aliuminio oksido kristalinė forma;

Abrazyvas – kietos kristalinės smulkiagrūdės medžiagos arba milteliai skirti medžiagoms šlifuoti ar poliruoti.

Įvadas

Betonas – tai antras plačiausiai naudojamas produktas visame pasaulyje, po vandens. Betonas sutinkamas visur, kur tik žmogus kelia koją – daugumoje pastatų, inžinerinių statinių, transporto statinių ir panašiai. Betonas yra svarbi statinių statybos įgyvendinimo dalis, be jo nebūtų gaminamos įvairios konstrukcijos, kurios sugeba atlaikyti įvairias apkrovas, tad nebūtų pastatyta tiek įvairių pastatų.

Dar viena svarbi pastatų dalis yra betoninės grindys. Betoninis pagrindas įrengiamas tiek individualiuose namuose, tiek komerciniuose, pramoniniuose pastatuose, daugiabučiuose ir t.t. Individualiuose namuose ar daugiabučiuose dažniausiai betono paviršius nėra paliekamas atviras, naudojamos įvairios grindų dangos, kaip laminatas, plytelės ar PVC danga, tačiau komerciniuose ar pramoniniuose pastatuose betono paviršius dažnai paliekamas atviras. Jis dažniausiai būna padengtas kokia nors apsaugine danga, kuri neleidžia vandeniui ar nešvarumams skverbtis į paviršių, yra įvedama spalva, kad betono paviršius taptų patrauklesnis.

Šiame darbe nagrinėjamos skirtingos betono paviršiaus dangos, aprašomi jų privalumai ir trūkumai bei atlikti tyrimai, kaip betono paviršiaus savybės būtų pagerintos jį padengus ličio silikatų pagrindu pagamintais kietikliais.

Tyrimo objektas – skirtingų stiprumo klasių betoninės grindys, impregnuojamos ličio silikatų pagrindu pagamintais kietikliais.

Darbo tikslas – Išanalizuoti ir ištirti naujos kartos betoninių grindų paviršiaus kietiklių įtaką betono paviršiaus savybėms, bei įvertinti jų panaudojimo efektyvumą.

Darbo uždaviniai:

1. Paruošti skirtingų savybių (tankio, stiprumo, vandens įgėrio, atsparumo dilumui ir kt.) betono, naudojamo įvairių tipų grindims ir lauko grindims įrengti, bandinius ir ištirti jų savybes;
2. Impregnuoti paruoštus betoninius bandinius skirtingų tipų kietikliais bei ištirti jų poveikį esminėms betono paviršiaus savybėms;
3. Nustatyti neimpregnuoto ir impregnuoto kietikliais betono paviršiaus atsparumą skysčių įsigėrimui ar dėmių atsiradimui;
4. Atlikti impregnuotų betono paviršių struktūrinės analizės tyrimus, naudojant optinį ir skenuojantį mikroskopus.

1. Betoninių grindų ir galimų jų paviršių apžvalga

1.1. Betoninių grindų klasifikavimas

Betoninės grindys, kaip ir visos kitos konstrukcijos, gali būti klasifikuojamos pagal paskirtį, įrengimo technologijas, laikančiąją gebą ir kitaip. Kadangi Lietuvoje galiojantis Statybos techninis reglamentas STR 2.05.13:2004 „Statinių konstrukcijos. Grindys“ neapima šiai dienai naudojamų šiuolaikinių grindų įrengimo būdų, klasifikavimui pagrįsti naudosisi amerikietiškas normas.

Amerikietiškosiose normose ACI 302.1R-96 pagal paskirtį yra išskiriamos devynios betoninių grindų klasės:

- Pirmoji klasė – mažas apkrovas laikančios grindys, kurios paliekamos atvertos, neapsaugotos, pavyzdžiui, individualių namų įrengtuose garažuose. Pagrindas vientisas, gali būti su neslystančia danga, su spalvotu mineraliniu užpildu ar spalvos pigmentu.
- Antroji klasė yra taip pat mažas apkrovas laikančios grindys individualiuose namuose, tačiau jų paviršius yra apsaugotas.
- Trečioji klasė yra visuomeniniuose pastatuose naudojamos betoninės grindys, kurios yra intensyviau eksploatuojamos nei pirmos ir antros klasės grindys. Jos turi turėti pagrindinį betono sluoksnį, kuris gali būti iš įprasto portlandcemenčio betono mišinio arba susitraukimus kompensuojančio betono mišinio. Šio sluoksnio paviršius turi būti pašiauštas, atvirų porų. Ant jo klojama polietileno plėvelė arba impregnuotas popierius ir tada betonuojamas mažiausiai 75 mm storio betono sluoksnis su armatūra, taip pat įrengiamas dar papildomas išlyginamasis betono sluoksnis su teisingai parinktu užpildu, iki 19 mm dydžio.
- Ketvirtoji klasė – komerciniuose pastatuose įrengiamos grindys, ant kurių gali važinėti lengvieji automobiliai. Gali būti įrengiamas tiek apsaugotas, tiek neapsaugotas paviršius.
- Penktoji klasė yra pramoniniuose pastatuose įrengiamos grindys, kuriuose apkrovos nėra labai didelės ir vyksta intensyvus transporto su pneumatinėmis padangomis judėjimas.
- Šeštoji klasė – labai didelės apkrovos atlaikančios grindys, naudojamos pramoniniuose statiniuose, gali atlaikyti sunkiasvorius sunkvežimius. Sudarytos iš vieno betono sluoksnio.
- Septintoji klasė yra labai didelės apkrovos atlaikančios grindys pramoniniuose pastatuose, galinčios atlaikyti sunkiasvores mašinas. Sudarytos iš pagrindinio armuoto betono sluoksnio, kuris gali būti iš įprasto portlandcemenčio betono mišinio arba traukumą kompensuojančio betono mišinio. Šio sluoksnio paviršius turi būti pašiauštas, atvirų porų. Ant pagrindinio sluoksnio klojama polietileno plėvelė arba impregnuotas popierius, o viršutinis betono sluoksnis turi būti su įkomponuotu mineraliniu užpildu iki 19 mm dydžio ar plieniniu pluoštu. Taip pat naudojamas specialus mineralinis paviršiaus kietiklis.
- Aštuntoji klasė – tai ketvirtoje, penktoje ir šeštoje klasėse aprašomos grindys, tačiau su papildomu išlyginamuoju sluoksniu ant senų ar naujų grindų. Minimalus pabetonavimo sluoksnio storis – 100 mm.

- Devintoji klasė yra ypač lygios grindys arba ypač plonas grindų sluoksnis, kurioms išgauti naudojama robotizuota įranga ir panašios priemonės. Gali būti naudojamos siauruose tarpuose, televizinėse studijose. Naudojama speciali technika paviršiui išgauti [1].

Taip pat grindims naudojamas betonas gali būti klasifikuojamas pagal aplinkos poveikio klasę – betono dėvėjimosi dėl mechaninių poveikių sukeltamų įtempių:

1 lentelė. Betono dėvėjimosi dėl mechaninių poveikių sukeltamų įtempių klasifikacija [2]

XM1	Vidutiniai įtempiai	Laikančios arba sustiprintos pramonės statinių grindys, kuriomis važinėja transporto priemonės su pneumatiniiais ratais
XM2	Dideli įtempiai	Laikančios arba sustiprintos pramonės statinių grindys, kuriomis važinėja automobiliniai krautuvai su pneumatiniiais arba guminiiais ratais
XM3	Labai dideli įtempiai	Laikančios arba sustiprintos pramonės statinių grindys, kuriomis važinėja automobiliniai krautuvai su plastikiniiais arba metaliniiais ratais. Paviršiai, kuriais dažnai važinėja vikšrinis transportas. Vandens telkinių siurblių hidrotechniniai įrenginiai, pvz.: užslenkstės šuliniai

1.2. Betoninių grindų įrengimas

Prieš pradėdant įrenginėti betonines grindis labai svarbu tinkamai atlikti paruošiamuosius darbus. Būtina nustatyti grunto pagrindo būklę – jei betoninės grindys turi būti įrengiamos ant grunto pagrindo, reikia iširti geologiją, nes ja remiantis būtų galima suprojektuoti tinkamus grindims įrengti sutankinto grunto pagrindus. Jeigu egzistuoja senas betoninis pagrindas, reikia atlikti detalų pagrindo tyrimą ir išsiaiškinti ar jis yra tinkamas toliau tęsti darbus. Kalbant apie naujai betonuojamas grindis, svarbus yra pagrindas – smėlio / žvyro / skaldos ar jų mišinių – sutankinimo laipsnis, tai ateityje lemia įtrūkimų atsiradimo sumažinimą. Betoninės grindys gali būti betonuojamos vienu ar keliais sluoksniais. Naujai betonuojant grindis svarbu ant pagrindo, šiuo atveju sutankinto smėlio / žvyro / skaldos ar jų mišinių, tiesti hidroizoliacinę dangą, kuri sulaukys galimą drėgmės skverbimąsi iš grunto į izoliacinę grindų sluoksnį, visas hidroizoliacinės dangos plotas turėtų būti didesnis nei grunto paviršiaus plotas, kad galėtume dangos sujungimus perdengti. Kitas etapas yra temperatūrinės deformacijas kompensuojančių siūlių įrengimas ir perimetrinių siūlių įrengimas ten, kur jų reikia. Po to yra įrengiamas armatūros karkasas. Dažniausiai grindys armuojamos armatūros strypais, kurie yra surišami 150x150 mm kvadratais, suformuodami tinklą. Didesnio storio betono sluoksnuose gali būti dedami net 2 ar 3 tokio tipo tinklai, kurių paskirtis yra perimti įvairius įtempius, atsirandančius sukietėjusiam betone. Armatūros strypų skersmuo priklauso nuo grindims tenkančios apkrovos. Kai grindims reikia atlaikyti ypač dideles apkrovas, armavimui gali būti naudojamas ir surištas erdvinis armatūros karkasas. Tolimesnis etapas yra betono paruošimas, betono mišinio sudėtis priklauso nuo reikiamos betono klasės bei aplinkos poveikio klasės. Betono mišinį galima pasigaminti statybos vietoje, tačiau tokiu būdu gaminant neužtikrinsime reikiamos mišinio kokybės, tad kitas variantas yra betono mišinį transportuoti iš specializuotų betono mišinio gamybos cechų. Kadangi betoną atvežti užtrunka nemažai laiko, reiktų pasvarstyti apie papildomų priedų įmaišymą į mišinį, kuris neleistų vežamam betonui pradėti kietėti. Dažniausiai grindų įrengimui patalpose yra naudojamas C20/25 ar C25/30 klasės betonas, lauke – C30/37. Kai pradėdamas betonavimo procesas, betono visada reikia pripilti aukščiau ribos, iki kurios norima turėti sukietėjusio betono paviršių. Supiltas betonas turi būti suvibruojamas, sutankinamas, išlyginamas ir jeigu nėra įrenginėjamas antras jo sluoksnis, tuomet paviršius turi būti užtrinamas su sparnuote keičiant jos posvyrio kampus. Betonui įgavus pradinį stiprumą, svarbu įrengti susitraukimo deformacijas kompensuojančias siūles. Įrengiant šias siūles yra

įpjaunamos $\frac{1}{4}$ grindų storio gylio įpjovos, pagal projekte numatytą siūlių supjaustymo planą. Vėliau šios siūlės užpildomos hermetiku, kad turėtume gerą grindų estetinį vaizdą ir nenutrūpėtų įpjovų kampai.

Ekspluatuojant pastatus, kuriuose įrengtos betoninės grindys, galima pastebėti, jog atsiranda daug dulkių. Tai įvyksta todėl, kad paviršius yra minkštas ir lengvai braižosi dėl nepakankamo betono hidratacijos lygio. Betono hidratacijos procesą galima paspartinti įvairiais būdais: drėkinant betono paviršių, palaikant tinkamą aplinkos temperatūrą, spartinant kalcio hidrosilikatų susidarymo procesą cemento kietėjimo metu ir kt. Cemento karbonizacija taip pat gali sukelti papildomą betoninių grindų dulketumą, dėl silpnos kalcio karbonatų padermės. Karbonizaciją sukelia prie betono paviršiaus esančių dujų CO_2 susikongravimas, kuris patalpoje gali atsirasti dėl nevedinamo – nejudančio oro. Kai anglies dioksidas atsiranda patalpoje, jis staigiai sureaguoja su betono paviršiuje esančiu vandeniu, taip suformuodamas anglies rūgštį H_2CO_3 . Ši rūgštis toliau reaguoja su hidratuotomis kalkėmis $\text{Ca}(\text{OH})_2$, taip suformuodama kalcio karbonatą CaCO_3 . Karbonizacijos paveiktas betono sluoksnis dažniausiai būna mažiau nei 2,5 cm paviršiaus gylio, giliau betonas nebūna paveiktas. Apytikslis karbonizacijos gylis gali būti patikrintas su fenolftaleino tirpalu, užlašinus jo ant paveikto paviršiaus tirpalo spalva nesikeičia, tačiau jei paviršius nėra paveiktas karbonizacijos, betonas savyje turi laisvų kalcio hidroksido molekulių, kurios reaguodamos su tirpalu nusidažo rožine spalva. Norint išvengti anglies rūgšties susidarymo betono paviršiuje yra du būdai – padengti betono paviršių vandeniu nepralaidžia danga arba vėdinti ir šildyti patalpas, kuriose įrengtos grindys. [3].

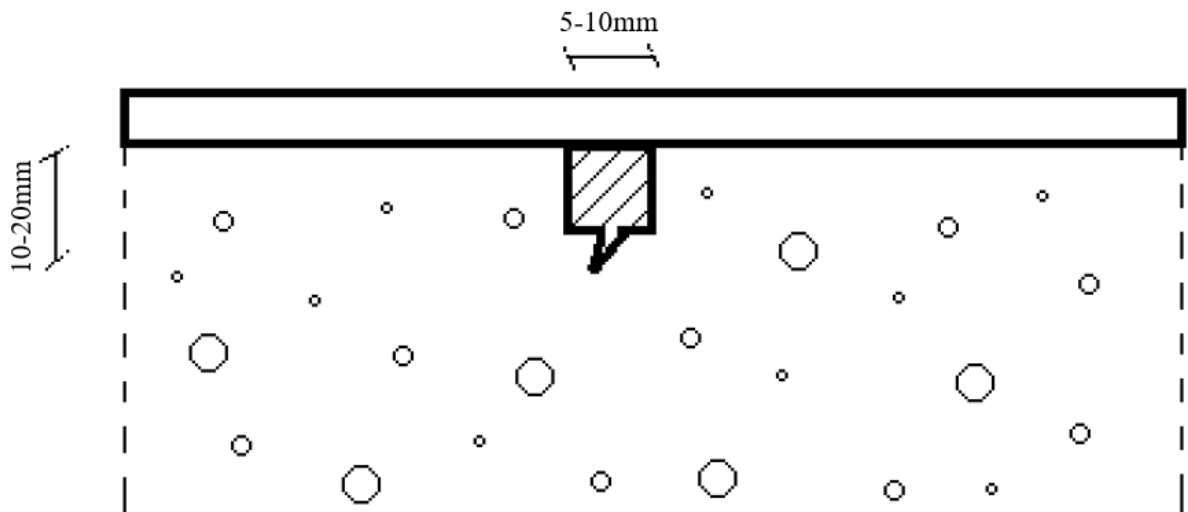
Betoninėms grindims sukietėjus galima įrenginėti grindų dangą – jei tai individualus namas, tuomet klijuoti plyteles, kloti parketlentes, jei tai pramoninis pastatas, galima tiesiog apdirbti esamą betoninį paviršių įvairiais impregnantais ar kietikliais.

1.3. Betoninių grindų įrengimo trūkumai

Kad ir kaip stengtumėmės, ne visada įmanoma įrengti tobulai lygias betonines grindis. Betonas visgi nėra paprastai naudojamas statybinis produktas. Net remiantis ir išnagrinėjus visas grindų įrengimo taisykles, vis tiek lieka 5 procentų tikimybė, jog atsivers plyšių. Ir nors statybininkas – betonuotojas, liejantis grindis, darbą padaro tinkamai pagal projektinius sprendinius, yra veiksnių, kurių nė vienas negalime kontroliuoti. Turime suprasti, kad visiems betoniniams gaminiams yra tikėtini įtrūkimai ar paviršiaus nelygumai, taip pat galima teigti, jog netobulumų tikrai bus, jei grindys nėra įrengiamos pagal taisykles. Dar vienas faktorius, dėl kurio gali atsirasti defektai, yra nepakankamas betoninių grindų prižiūrėjimas kietėjimo metu, todėl svarbu betono paviršių tuo metu išlaikyti drėgną. Įtrūkimai betono paviršiuje yra dažnas reiškinys, kuris atsiranda betonui traukiantis kietėjimo metu, esant temperatūrų skirtumui, grunto slūgimui ir atsiradus neleistinoms apkrovoms, tačiau jei betoninis paviršius bus teisingai supjaustytas iš anksto, įtrūkimų susidaryti neturėtų.

1.4. Betoninių grindų paviršiaus apdirbimo būdai

Prieš pradėdant galvoti apie betoninių grindų paviršiaus apdirbimą, reikia, kad būtų praėjusios bent jau 28 dienos nuo grindų įrengimo, betoninės grindys būtų sukietėjusios, pasiekusios savo stiprumą ir paviršius išdžiūvęs. Maksimali grindų drėgmė gali būti iki 4 %. Seniau įrengtos betoninės grindys dažnai gali turėti įvairių trūkumų, tokių kaip įtrūkimų, skylių, kurie turi būti sutvarkyti prieš padengiant paviršių. Platūs trūkumai, kurie tęsiasi visose grindyse, visada turi būti dar nuplatinami ir pagilunami iki 1 – 2 cm, o tada iš naujo užpilami cemento mišiniu. [4].



1 pav. Įtrūkimo užpildymo schema

Sutvarkius betoninių grindų paviršių galima rinktis iš daugelio skirtingų paviršiaus apdirbimo būdų. Vienas iš jų – impregnavimas. Statiniuose, su neapsaugotomis betoninėmis grindimis, gali važinėti drėgni automobiliai iš lauko, sunkvežimiai ir paprasčiausiai eiti žmonės su šlapiais batais, tai kenkia betoninių grindų ilgaamžiškumui ir jei tai vyksta pastoviai, situacija tik blogėja, tad būtina grindis padengti impregnantu. Impregnantu gali būti vadinamas polimerų, silano ar siloksano pagrindu pagamintas vandens neįgeriantis skystis, kuris užpildo betone esančius kapiliarus, taip neleisdamas prasiskverbti vandeniui į tolesnius sluoksnius, o dėl paviršiuje susidariusių įtempimų vanduo nuo paviršiaus nuteka. Impregnantu padengtos grindys turi sodresnę spalvą, paviršius tampa blizgus, lengviau pasišalina nešvarumai, į betoną neįsiskverbia chloridai ar šarmai.

Kitas betoninių grindų paviršiaus apdirbimo būdas yra dangų įrengimas. Danga gali būti pagaminta epoksidinės dervos pagrindu, be tirpiklių, gali būti įmaišomos spalvos. Ji atspari dideliame sausame karščiui mirkstant, net iki $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, tačiau neatspari netikėtiems temperatūros šuoliams, atspari trinčiams, vandeniui, alyvoms, cheminėms medžiagoms, tad gali būti naudojama pramoniniuose pastatuose, jos storis gali svyruoti nuo $80\ \mu\text{m}$ iki 3 mm. Epoksidinei dangai padengti dažniausiai užtenka paviršiaus nušlifavimo, dengti galima net šiek tiek drėgną paviršių. Paviršius tampa blizgus, gali būti naudojamas jau po 24 valandų. [4] Dar viena danga vadinama uretano danga, kuri dažniausiai dengiama ant epoksidinių grindų, nes ji prastai reaguoja su betono paviršiumi ir gali būti tik 2 – 3 mm storio. Tačiau nevertinant, jog tiesiai ant betono danga negali būti įrenginama, tai yra puikus viršutinis grindų paviršius, tinkamas komerciniuose pastatuose, nebijantis drėgmės ar karščio. Taip pat tinkamas laboratorijose, nes yra atsparus cheminiams veiksniams. [5] Akrilinės dangos gali būti įrengiamos ant įprastų, turinčių tekstūrą ar dekoruotų grindų, jei pageidaujama, gali būti sukuriami neslidūs dangos. Didžiausias jų privalumas, jog jos apsaugo betoną nuo ultravioletinių spindulių, tai reiškia, kad gali būti įrengiamos atvirose vietose kur daug saulės, ir yra idealios grindims su dideliu sunkvežimių judėjimu. [6] Iš esmės akrilinėmis dangomis gali būti dengiamos ne tik grindys, bet ir baseinų priėjimai, sienos, takeliai, laiptai. Dar viena iš dangų, vadinama poliuretano danga (angl. polyurea) yra atspari vandeniui, cheminiams poveikiams, gali būti naudojama ir viduje, ir lauke, nes gali atlaikyti didelius temperatūrų šuolius ir temperatūrą iki $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poliuretano danga yra labai elastinga, turi gerą prevenciją plyšiams, yra atspari dilimui, mechaniniam poveikiui ir turinti atsparumą korozijai. [7].

Be visų išvardintų apdirbimo būdų yra dar viena kategorija – paviršiaus kietikliai. Jie ypatingi tuo, jog paviršius ne tik tampa atsparus įvairiems veiksniams, bet jis tampa kietesnis, tvirtesnis, padidėja stiprumas. Pradedant nuo pradžių, yra kelių rūšių kietikliai – mineraliniai betono paviršiaus kietikliai (pabarstai), kietų užpildų liejami skiediniai ir skysti betono paviršiaus kietikliai.

Mineraliniai betono paviršiaus pabarstai – tai medžiagos, turinčios savyje cementinį rišiklį, užpildų, priemaišų ir kitų priedų. Jie gali būti su neorganiniais pigmentais arba natūraliu spalvos pigmentu. [8]. Mineralinių pabarstų gebėjimas sukietinti betoninių grindų paviršių ir jį padaryti atsparų dilimui priklauso nuo ant šviežiai išpilto betono, esančio vandens kiekio paviršiuje. Mineraliniai pabarstai reaguoja su laisvomis vandens molekulėmis, betono paviršiuje pašalindami ir betono paviršiuje sudarydami reikiamą vandens ir cemento kiekį. Visos komerciniams pastatams, pramoniniams pastatams liejamos betoninės grindys turi atitikti reikalaujamas ilgaamžiškumo, patvarumo, atsparumo dilimui, dulkėms ir saugumo savybes. Pagrindiniai mineralinių pabarstų privalumai – greitas padengimas, padidintas paviršiaus patvarumas, saugumas, estetiškumas ir ekonomiškas. Mineraliniai pabarstai dar yra skirstomi į tris tipus pagal tai kas juos sudaro: natūralaus kvarco užpildai, sintetiniai mineraliniai užpildai, metalo ar metalo lydinių užpildai. Pabarstus gali sudaryti tik vienas kažkuris iš užpildų arba gali būti pamašomos net visos trys grupės. Pagrindinio užpildo pasirinkimas priklauso nuo kelių faktorių – ilgaamžiškumo, paviršiaus būklės, estetiškumo ir kainos. [9] Mineralinių pabarstų trūkumai – labai plonas sluoksnis iki 1-2mm, tad pagrindines smūgines apkrovas sugeria betono pagrindas, gali būti netolygus pabarstų pasiskirstymas, lemiantis netolygų atsparumą dilimui visame plote, jei bus naudojamas spalvos pigmentas, gali būti spalvų kontrastai dėl netolygaus pasiskirstymo [10], taip pat mineraliniais pabarstais nerekomenduojama dengti grindų, kurios turi būti itin lygios ir plokščios, nes mineraliniai pabarstai neužtikrina leistinų paklaidų, kurios yra reikalaujamos itin lygioms grindims, [9] nestandartizuotas ir neapibrėžtas atsparumas dilimui. [11].

Kietų užpildų liejami skiediniai – tai didelio atsparumo cementinės dangos, daugiausiai naudojamos itin didelės apkrovas turinčioms atlaikyti grindims. Betoninį pagrindą padengus kietų užpildų skiediniu gaunamos kietos, tankios ir atsparios įvairiems veiksniams grindys kaip benziniui, alyvai, įvairiems tirpikliams, šilumos ir šalčio pokyčiams, grindys tampa nelaidžios vandeniui, neslysta. Skiediniai labai greitai džiūsta, po 1 valandos jau galima vaikščioti, po 4 valandų gali būti klojamos dangos, tačiau skiedinys gali būti eksploatuojamas ir tiesiogiai. Sluoksnio storis nuo 3 iki 15 mm vieno liejimo metu, prieš dengiant skiediniu būtina grindis padengti gruntais ir rišikliais. [12] Kietų užpildų skiedinio privalumai – sukuriama naujas sluoksnis, kuris perima smūgius per visą dangos storį, yra atsparus dilimui, aplinkos veiksniams, galimi spalvų pigmentų įmaišymai, standartizuotas atsparumas dilimui. Pagrindiniai trūkumai – reikalingi apmokėti darbininkai ir speciali įranga, didesnė medžiagos išėiga. [10]

Skysti betono paviršiaus kietikliai yra išskiriama kaip naujovė betoninių grindų apdirbimo būdų srityje. Jie iš esmės atlieka tą pačią funkciją kaip ir mineraliniai pabarstai ir kietų užpildų skiediniai, tačiau vienas pagrindinis skirtumas yra, kad jie dengiami ant jau pilnai sukietėjusio betono, kai sausius kietiklius galima dengti betonui pilnai nesukietėjus. Skysti betono kietikliai turi savybę įsigerdami sureaguoti su sukietėjusio betono paviršiuje susidariusiais cemento hidratacijos produktais, taip paviršių sukietindami, sutankindami, užpildydami atviras betono poras, tad paviršius tampa atsparesnis smūgiams, įvairių medžiagų įgeriamumui, dilimui, padidėja jo stiprumas. Skystų betono paviršiaus kietiklių privalumai – grindų paviršių pakanka išpurkšti keletu sluoksnių, ir tai gali padaryti kiekvienas su įprastu sodo purkštuvu, nereikia jokių specialių apmokymų, tad tai rodo labai

paprastą padengimą, užtenka mažo kiekio didesniam plotui, visiškai sustabdomas paviršiaus dulketumas iš vidaus. Pagrindiniai trūkumai – nėra sukuriamas papildomas apsauginis sluoksnis, kadangi danga padengiama labai plonu sluoksniu.

1.5. Dėmių atsiradimo ant grindų paviršiaus priežastys ir jų pašalinimo būdai

Kiekvieną dieną galime pastebėti ne vieną dėmę savo aplinkoje – ant šaligatvių plytelių, savo darbo vietoje ant įvairių dangų ir panašiai, tačiau visos dėmės yra labai skirtingos, o jų išvalymo būdas taip pat priklauso nuo dėmės atsiradimo priežasties, dėmės sudėties, laiko, kurį ji įsigėrusi ir į kokią pagrindą yra įsigėrusi. Ant betoninių grindų esančias dėmes reikia išvalyti dėl dviejų priežasčių – norint pagerinti paviršiaus išvaizdą arba norint paruošti paviršių papildomai betono dangai įrengti. Dažniausiai dėmės iš betoninio paviršiaus gali būti pašalinamos neįdedant daug pastangų, tačiau labiau įsisenėjusias dėmes tenka valyti ir kelis kartus, kol pasiekiamas norimas rezultatas. Nebūtinai visada galime žinoti dėmės atsiradimo priežastį bei kokia tos dėmės sudėtis, tad kartais reikia eksperimentuoti ir žiūrėti kaip dėmė reaguoja į skirtingas valymo priemones, taip pat kartais dėmė betono paviršiuje ją išvalius gali palikti neryškų pilką pigmentą, kadangi dėmės dalelės jau yra prasiskverbusios į gilesnes betono poras. Dėmės iš betono paviršiaus gali būti išvalomos sausuoju, drėgnuoju arba kombinuotu būdu. Sausam valymui geriausia naudoti nailoninius šepečius, nes metaliniai šepečiai gali palikti savo dalelių ant paviršiaus, drėgnuoju valymu reikalingas tam tikras tirpalas, kuris leidžia dėmei „atkibti“ nuo paviršiaus arba jis ją išbalina, pakeičia dėmės spalvą. Prieš naudojant drėgnąjį valymo būdą būtina tirpalą ištestuoti nematomoje vietoje ir sužinoti kaip grindų paviršius į jį reaguoja, svarbu atsiminti, jeigu dėmei valyti yra naudojama rūgštis ir ji skiedžiama su vandeniu, svarbu į vandenį įpilti rūgštį, o ne į rūgštį vandens. Jeigu nežinoma dėmės kilmė, reikia suprasti, jog naudojant netinkamas priemones dėmė gali išplisti arba dėmė gali tapti dar sunkiau išvaloma.

Panagrinėsiu kelis dėmių tipus priklausomai nuo pastato.

Komerciniai, administraciniai pastatai. Tokiuose pastatuose ant betoninių grindų gali susidaryti maisto, gėrimų dėmės, gali atsirasti purvo, nes žmonės iš lauko vaikšto su ta pačia avalyne viduje, dažų dėmės, nes atitvaros gali būti perdažomos.

Maisto dėmės. Dauguma atsiradusių maistinių dėmių gali būti išvalomos su paprasčiausia vandens ir muilo kombinacija arba skalbimo milteliais. Stipriau įsigėrusias dėmes galima išvalyti su anglies disulfidu, tačiau jo reikėtų vengti, nes jis yra nedraugiška aplinkai ir greitai užsiplieskianti medžiaga. **Gėrimų dėmės.** Jeigu vanduo su muilu dėmės neišvalo, kavos, arbatos, alkoholinių gėrimų ir vaisvandenių dėmėms išimti naudojamas glicerinas praskiestas su vandeniu 1:4 santykiu. Į tokį tirpalą dar gali būti įpilamos dvi dalys izopropilo alkoholio, kad pagreitintų dėmės šalinimą.

Purvo dėmės. Iš lauko atnešamas purvas dažnai suformuoja tamsią, kartais tepaluotą dėmę. Tam tikras purvas gali būti valomas šveičiant su skalbikliu ir vandeniu arba vandenilio chlorido rūgšties tirpalu skiestu su vandeniu, santykiu 1:20. Šviesios ir vidutinės spalvos purvo dėmės gali būti pašalintos su fosforo rūgštimi skiesta vandeniu santykiu 1:3, tamsesnės dėmės gali išsivalyti gariniu valymu. Kai paviršius jau išvalytas ir švarus, būtų gerai grindis padengti danga atsparia purvui – akriline ar siloksanine.

Dažų dėmės. Jeigu dažai vis dar neišdžiūvę, juos galima sugerti į popierines servetėles ar į dulkių valymo skudurėlį. Dėmės svarbiausia netrinti, kad dažai dar labiau nepasiskirstytų po paviršių. Sugėrus dažus, paviršių valyti su šveičiamaisiais milteliais ir vandeniu, trinti tol, kol pasimatys blankesnė dėmė, jai neišsivalius palaukti 3 dienas, kad dažai išdžiūtų ir bandyti valymą išdžiūvusiems dažams. Išdžiūvusius dažus reiktų nugremžti kiek įmanoma nuo betono paviršiaus ir uždėti ant dėmės

dažų valiklio prisigėrusią skiautę, palaukti 20 – 30 minučių, švelniai patrinti dėmės vietą, kad dažų plėvelė atkibtų nuo paviršiaus ir tuomet nuplauti dėmės vietą vandeniu. Jeigu dažai yra įsigėrę į betoną, jie gali būti išplauti su vandenilio chlorido ar fosforo rūgštimi.

Pramoniniai pastatai. Tokio tipo pastatuose galimos įvairios alyvų, tepalų, epoksidų, rašalo, rūdžių dėmės ar padangų žymės.

Alyvos dėmės. Alyva lengvai įsigeria į betono paviršių, jei ji yra iškart sugerama, dėmės atsiradimas yra mažai tikėtinas, tačiau vis tiek tą vietą reiktų pabarstyti sausais, skysčius sugeriančiais milteliais ir palikti juos dienai, tokią procedūrą reiktų kartoti tol, kol milteliai sugers visą alyvą. Jeigu dėmė vis dar matosi, reiktų naudoti specialius alyvos valiklius.

Tepalų dėmės. Tepalų dėmės įprastai neįsigeria į betono paviršių, tad gremžimo ir trynimo turėtų pakakti. Sugėrus visus tepalus dėmę reiktų išplauti muilu, trinatrio fosfatu ar plovikliu. Jei dėmė išlieka, naudoti priemones sudėtyje turinčias tirpiklius. Dideliuose plotuose, kaip pavyzdžiui visam grindų plote, galima naudoti butilo celiuliozę (tik gerai vėdinamose patalpose), kad sugertų visus tepalus, įprastai reikalingas įtrynimasis šepetiu. Nespėjus priemonei išdžiūti reikia nuplauti visą grindų plotą vandeniu.

Epoksidų dėmės. Dauguma sukietėjusių epoksidų nuo paviršiaus gali būti pašalinami nudeginant ugnies pūtikliu. Turi būti pasirūpinta adekvačia vėdinimo sistema, nes išsiskirs juodi aštrūs dūmai.

Rašalo dėmės. Juodas rašalas dažniausiai savyje turi anglies, tad įtemptas šveitimas su kietu muilu ar šveičiamaisiais milteliais turėtų anglies daleles pašalinti. Mėlynas rašalas yra ypatingai stipriai įsigeriantis, tad tokią dėmę geriausia naikinti padengiant amoniako hidroksidu. Sintetiniai rašalai yra labai ryškių spalvų ir jie šalinami natrio parborato ir karšto vandens mišiniu, kuris paliekamas ant dėmės iki kol išdžiūsta, o tada tos dėmės šveičiamos.

Rūdžių dėmės. Rūdžių (geležies oksido) dėmės yra lengvai atpažįstamos dėl savo „geležiškos“ spalvos, kartais dideli plotai gali būti paveikti vandens, kuriame daug geležies. Rūdis galima panaikinti naudojant oksalo rūgšties miltelius, kitaip vadinamus etano dirūgštimi, juos reikia įtrinti į dėmės vietą. Jei dėmė labiau įsisenėjusi galima valyti natrio citratą sumaišius su glicerinu arba valyti su amoniako citratu.

Padangų žymės. Padangų žymės gali būti pašalinamos su liepsnomis valančia įranga.

Individualūs namai. Labiausiai pasitaikančios dėmės gali būti maisto, gėrimų, dažų, kraujo, purvo, kurių daugumos dėmių valymas jau aprašytas aukščiau.

Kraujo dėmės. Kraujo dėmę reiktų sušlapinti švariu vandeniu ir padengti natrio peroksido milteliais, svarbu miltelių kvėpuojant neįtraukti į plaučius ir neliesti jų su plikomis rankomis, nes jie labai pavojingi. Užbarstytus miltelius galima patrinti ir nuplauti vandeniu. Kita dalis – dėmę ištrinti 5 proc. actu, kad neutralizuoti šarminius pėdsakus, likusius po natrio peroksido ir viską gerai nuplauti.

Kai dėmės yra pašalintos, o geriausia dar prieš joms atsirandant, betoninių grindų paviršių padengti danga, kuri neleistų dėmėms įsigerti ir jos pasinaikintų žymiai lengviau. Galima naudoti anksčiau mano išvardintas dangas, kaip uretano, akrilines, epoksidines ar poliuretano, tačiau efektyviausia naudoti skystus paviršiaus kietiklius, kadangi jie ne tik apsaugo betoninį paviršių nuo dėmių, tačiau jį ir sustiprina bei padaro atsparesnį įvairiems išoriniams veiksniams. [13]

1.6. Problemos aprašymas ir jos sprendimo būdai naudojant betono paviršiaus kietiklius

Anksčiau aprašytos dangos yra tinkamos grindų galutiniam sluoksniui, tačiau pagrinde jos sugeba apsaugoti tik nuo vandens ar cheminių medžiagų įsiskverbimo, dulkių ir panašiai, tad yra ir pranašesnių medžiagų grindims dengti – betono paviršiaus kietikliai, kurie ne tik apsaugo nuo

anksčiau minėtų dalykų, bet sugeba ir sukietinti betono paviršių bei jį padaryti atsparesniu mechaniniams poveikiams. [14].

1.6.1. Naujos kartos paviršiaus kietiklių aprašymas

Silikatai – didžiausia mineralų klasė, dažniausiai susidedanti iš ortosilikato rūgšties. Cheminiai elementai silikatų molekulėje yra susijungę joniniu, kovalentiniu, koordinaciniu, vandeniliniu ar kitu cheminiu ryšiu. Silikatai yra atsparūs atmosferos poveikiui, netirpsta vandenyje (išskyrus šarminių metalų silikatus), rūgštyse ir šarminiuose – vandeniniuose tirpaluose. Daugumos silikatų tankis yra vidutinis (2000 – 3000 kg/m³), sunkiųjų metalų didelis (daugiau nei 5000 kg/m³). [15].

Magnio silikatų pagrindu pagamintas kietiklis

Pagrindinė sudedamoji tokio kietiklio dalis yra magnio fluorsilikatas, kuris, pagal Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos pateiktas jungtinių tautų organizacijos ekspertų komiteto sudarytą pavojingų medžiagų sąrašą, yra išskiriamas kaip 6 pavojingumo klasės medžiaga (2 pav.).

Medžiagos identifikacinis numeris (JTO Nr.)	Medžiagos pavadinimas identifikacinis numeris	Pavojaus rūšies ženklai	Pavojaus pozicija	Klasė ir
2853	Magnio fluorsilikatas	60	6.1	6.1,64°C)

2 pav. Magnio fluorsilikato duomenys [16]

Klasė 6.1 iš esmės reiškia, jog ši medžiaga nuodinga (įvardinta kaip nuodai) ir žymima simboliu:



3 pav. Magnio fluorsilikato pavojaus simbolis

Magnio silikatų pagrindu pagamintas kietiklis sustiprina betoninių grindų paviršių, lengvai įsigerdamas ir užpildydamas paviršines poras, vidutinio stiprumo betoną padaro stipresniu. Puikiai tinkamas pastovėjusioms, seniau išbetonuotoms pramoninių pastatų, angarų, sandėlių, mokyklų grindims bei gali būti įrengiamas tiek lauke, tiek viduje. Ši danga taip pat turi atsparumą įvairiems aplinkos poveikiams kaip dilimui, dulkėms, cheminėms medžiagoms – natrio sulfatui, alyvai, parafinui, cukrui ir kitiems, sukuria kvėpuojantį ir tankų paviršių. Tačiau kai kuriuose šaltiniuose teigiama, jog visgi magnio silikato kietiklis nėra atsparus vandeniui, lengvai išsipurvina, susikuria sunkiai valomos dėmės, o įsigėrimas labai minimalus. Taip pat šis kietiklis gali iššaukti šarminę užpildų koroziją (ASR) betone, dėl betono porose esančio vandens, neatparių šarmams užpildų ir portlandito Ca(OH)₂ mineralo. Vyksta skirtingos reakcijos, per kurias susidaro OH anijonai ir šarminis gelis, kuris bando sunktis į betono paviršių ir sukuria suaižėjusio paviršiaus vaizdą (4 pav.).



4 pav. Šarminio gelio išsiskyrimas į betono paviršių

Norint įrengti magnio silikato kietiklį ant betoninių grindų, svarbu gerai paruošti paviršių. Jei tai naujai betonuotos grindys, reikia, kad jos būtų kietėjusios bent 10 dienų (idealu, jei 28 dienas) ir paviršius būtų sausas, švarus, nebūtų matomų alyvos, tepalų ar kitų dėmių. Svarbu naudoti nuriebalintoją alyvos dėmėms ir apskritai visam paviršiui nuplauti. Kietiklį galima dengti vienu, dviem ar net trimis sluoksniais, priklauso nuo paviršiaus poringumo bei kokio tipo grindys, padengimas gali būti vykdomas teptuku, voleliu ar danga purškiamą, padengiama tolygiai ir perteklius yra pašalinamas, po padengimo leisti paviršiui išdžiūti. [17].

Kalio silikatų pagrindu pagamintas kietiklis

Šio kietiklio viena iš sudedamųjų dalių yra kalio hidroksidas, kuris, pagal Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos pateiktas Jungtinių tautų organizacijos ekspertų komiteto sudarytą pavojingų medžiagų sąrašą, yra išskiriamas kaip 8 pavojingumo klasės medžiaga (5 pav.).

Medžiagos identifikacinis numeris (JTO Nr.)	Medžiagos pavadinimas identifikacinis numeris	Pavojaus rūšies ženklai	Pavojaus pozicija	Klasė ir
1814	Kalio hidroksido tirpalas	80	8	8,42 ^b ,c)

5 pav. Kalio hidroksido tirpalo duomenys [16]

8 klasė nurodo, jog tai yra koroziją galinti sukelti medžiaga, kuri ėsdina metalą, odą bei galimas stiprus akių pažeidimas ir jos simbolis yra:



6 pav. Kalio hidroksido tirpalo pavojaus simbolis

Kalio silikatų pagrindu pagamintas kietiklis yra pagamintas vandens pagrindu, chemiškai sureagavęs su betonu suformuoja kalcio silikato hidratą (C-S-H), užpildo betono poras ir kapiliarus taip suformuodamas tankų, stiprų, nedulkantį paviršių. Tokia danga gali būti dengiamos sukietėjusios betoninės grindys, pramoninių, komercinių pastatų perdangų plokštės, mokyklų, ligoninių grindys. Dangos privalumai: paviršius sutankėja ir tampa patvaresnis, nedulka, tampa nepralaidus vandeniui, nesibraižo, galima išgauti blizgesį, laikui bėgant atsiranda atsparumas dilumui. Visgi yra ir minusų – medžiagos įgeriamumas nėra didelis, paviršius lengvai išsitempa. Padengus betoną šia medžiaga yra didelė tikimybė šarminės užpildų korozijos (ASR) susidarymui, šarminiai hidroksidai KOH susidaro dėka pirolizės proceso, ištirpstant kalio oksidui K₂O. Dėl šio šarminio poveikio susidaro šarminis gelis, kuris sunkiasi į betono paviršių, sudarydamas suaižėjusio betono įspūdį, kaip nurodyta 4 pav. aukščiau.

Norint padengti paviršių kalio silikatu, betonas turi būti visiškai sukietėjęs, t. y. praėjusios 28 dienos nuo liejimo, prieš padengiant paviršius nuvalomas, panaikinamos bet kokios dėmės. Kietiklis dengiamas labai paprastai, nereikia įtrinti, pakanka ištepti paviršių teptuku ar šepėčiu. [18].

Natrio silikatų pagrindu pagamintas kietiklis

Kietiklio pagrindinė sudedamoji dalis yra natrio dioksidas, kuris, pagal Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos pateiktas jungtinių tautų organizacijos ekspertų komiteto sudarytą pavojingų medžiagų sąrašą, yra išskiriamas kaip 5 pavojingumo klasės medžiaga (7 pav.).

Medžiagos identifikacinis numeris (JTO Nr.)	Medžiagos pavadinimas identifikacinis numeris	Pavojaus rūšies ženklai	Pavojaus pozicija	Klasė ir
1504	Natrio dioksidas (2-)	50	5.1	5.1,25°a)

7 pav. Natrio dioksido duomenys [16]

5 klasė yra oksiduojančios medžiagos, jos sąveikaudamos su kitomis medžiagomis, ypač degiomis, gali sukelti egzoterminę reakciją, žymimos simboliu:



8 pav. Natrio dioksido pavojaus simbolis

Natrio silikatas yra smulkių, baltų miltelių pavidalu, kurie puikiai tirpsta vandenyje, o antrasis natrio silikato pavadinimas yra skystas stiklas. Tai taip pat vandens pagrindu pagamintas kietiklis, kuris įsigeria į betono poras, kuriose chemiškai reaguoja su laisvomis kalkėmis taip kietindamas paviršių, sudaromas ne blizgus, bet satininis paviršius. Tačiau padengtas paviršius nepatampa atsparus dėmėms bei turi limituotą atsparumą vandeniui. Padengiant betono paviršių šiuo kietikliu gali susidaryti šarminė užpildų korozija (ASR) betone – natrio silikatas reaguodamas su betono porose esančiu

vandeniui hidrolizuojasi – susidaro koloidinis tirpalas, kuris virsta geliu. Taip pat natrio hidroksidai gali susidaryti taip pat kaip kalio, tik ištirpstant natrio oksidui Na_2O . Gelis kaip ir magnio bei kalio kietikliuose sunkiasi pro betono paviršių, taip jį suaižėdamas (4 pav.).

Danga dengiama purškimo ir įtrynimo būdu, kad skystis įsigertų, tačiau neišsigėręs skystis turi būti nuvalomas, kitu atveju gali susidaryti spalvos kitimai. Galimas dengimas ir naujai lietai betonui, kuris būna sukietėjęs ir išlauktos 28 dienos, ir senoms naudojamoms grindims.

Ličio silikatų pagrindu pagamintas kietiklis

Ličio silikatas susideda iš pagrindinių ličio oksido Li_2O ir silicio oksido SiO_2 elementų, šiuo atveju medžiagos nėra įtrauktos į pavojingų medžiagų sąrašą, tad jokio pavojaus gyvybei ar kitoms medžiagoms nėra.

Ličio silikatų klampumas ir šarmingumas yra mažesnis nei kitų silikatų, o tai leidžia pasiekti gilesnius betono sluoksnius ir įsiskverbimas tampa efektyvesnis. Ši danga sukuria tankesnę, kietesnę ir stipresnę paviršių, nes lieka mažiau nesureagavusių, betono paviršiuje esančių, kalcio hidroksido molekulių. Mažos ličio molekulės užtikrina tolygesnę padengtos dangos reakciją, lyginant su didesnėmis natrio ar kalio molekulėmis, kurios pasiskirsto netolygiai, palikdamos kalcio elementų grupes. Ličio kietikliai reaguodami su kalcio elementais betone suformuoja ypatingai stiprų, tankų ir stabilų paviršių, jie taip pat reaguoja su kalcio hidroksidu, apgaubdami paviršių plėvele ir suformuodami kompleksinius trikalčio silikato junginius, kurie neleidžia drėgmei įsiskverbti. Ličio silikato kietiklis neprisidės prie įtrūkimų atsiradimo ir nebus suformuojamas silicio gelis tiems įtrūkimams užpildyti, kaip tai vyksta panaudojus natrio, kalio ir magnio silikatus.

Yra daugybė ličio silikatų privalumų prieš kitų medžiagų pagrindu pagamintus kietiklius:

- Jie turi mažiausias molekules iš visų kietiklių išvardintų aukščiau;
- Paviršių sukietina daugiau kaip 45 %;
- Puikus paviršiaus atsparumas vandeniui;
- Tarp dangos ir betono cheminė reakcija įvyksta per 7 – 12 dienų, kai kitų kietiklių reakcija trunka 6 – 12 mėnesių;
- Nebus sukeliama šarminė reakcija (ASR);
- Padengto paviršiaus nereikia nuplauti, tad taupomas vanduo;
- Bet kokie likę dangos kiekiai paviršiuje nepavirs baltais kristalais ar druska, kas nutinka su kitais kietikliais;
- Iškart gaunama blizgi danga.

1.6.2. Paviršiaus kietiklių įtaka betono savybėms

Svarbiausias aspektas, kodėl kietikliai yra naudojami ant betono paviršiaus, yra tam, kad paviršius taptų atsparesnis dulkelėms ir įvairiems paviršiaus dilinimo procesams, kaip vaikščiojimui, krovinių stumdymui, padangoms. Kuo paviršius intensyviau naudojamas, tuo greičiau jo danga tampa slidi, sumažėja trintis esant ant jos [19]. Mokslininkas Sadegzadeh [20] nagrinėjo kaip paviršiaus

mikrostruktūra yra susijusi su betono paviršiaus atsparumu dilumui. Buvo patvirtinta, kad betono atsparumas dilumui priklauso nuo tokių veiksnių kaip betono stiprumas, betono mišinio savybės, paviršiaus apdirbimas ir papildomų dangų ar kietiklių įrengimas. Kai kurie mokslininkai anksčiau yra tvirtinę, kad atsparumas dilumui didėja didėjant betono stiprumui ir, kad tai pagrindinis faktorius, darantis įtaką, norint gauti didesnę atsparumą dilumui [21]. Naik [22] tvirtino, kad priklausomybė tarp betono stiprio gniuždant ir atsparumo dilumui yra tiesioginė, tačiau Atis [23] paprieštaravo ir patvirtino, kad ši priklausomybė visgi yra hiperbolė. Kadangi paviršiaus atsparumas dilumui nepriklauso tik nuo betono stiprumo, o kietikliai irgi prisideda prie viso bendro paviršiaus atsparumo, nagrinėjami būtent mineralinių pabarstų kietikliai, kurie dažniausiai turi vieną pagrindinę sudedamąją dalį tokią kaip kvarcas, geležis, korundas ar portlandcementis. Mineraliniai pabarstai su geležies dalelėmis gali būti naudojami pramoninių pastatų, tokių kaip sandėliai, katilinės, parduotuvės, paviršiams įrengti, kur reikalaujama gan didelio atsparumo dilumui.[24]. Mineraliniai pabarstai su korundu turi mažesnes charakteristikas atsparumui, nei mineraliniai pabarstai su geležies dalelėmis. Šie paviršiai gali būti įrengiami prekybos centruose, kadangi jiems pakanka vidutinio atsparumo dilumui. Pagrindinis šio kietiklio minusas yra, jog jis pakankamai brangus žiūrint į kainos ir kokybės santykį. Mineraliniai pabarstai su kvarcu, kaip betono viršutinis sluoksnis, gali būti naudojami vietose, kur reikia itin gero atsparumo dilumui, kaip keliuose, pastatuose, kur važinėja sunkiasvorės mašinos, oro uostuose ir panašiai. Šių mineralinių pabarstų privalumas yra tas, kad yra geras kainos ir kokybės santykis, pagal tai, kokias savybes jie turi, yra pakankamai pigūs. Na ir portlandcemenčio mineraliniai pabarstai gali būti naudojami vietose, kaip minėta anksčiau, tačiau turi būti atliktas geras paviršiaus padengimas [25], jei tai įvyksta, paviršiaus atsparumas dilumui tampa toks pat geras, kaip ir mineralinių pabarstų su kvarcu ar geležies dalelėmis [26].

2. Tiriamoji dalis

Šioje dalyje apibūdinamos tyrimams naudotos medžiagos, jų savybės, naudota įranga.

2.1. Naudotos medžiagos

Tyrimai buvo atlikti laboratorinėmis sąlygomis, naudojant Kauno technologijos universiteto laboratorijų patalpose esančią įrangą. Visi bandymai atlikti pagal galiojančius standartus, kurie pateikiami lentelėje.

2 lentelė. Bandymus atitinkantys standartai

Bandymas	Standartas atitinkantis bandymą
Bandinių pagaminimas ir kietinimas	LST EN 12390-2:2019 „Sukietėjusio betono bandymai. 2 dalis. Bandinių pagaminimas ir kietinimas stipriui nustatyti“
Betono mišinio slankumas	LST EN 12350-2:2019 „Betono mišinio bandymai. 2 dalis. Slankumo bandymas“
Betono gniuždymo stipris	LST EN 12390-3:2019 „Sukietėjusio betono bandymai. 3 dalis. Bandinių gniuždymo stipris“
Sukietėjusio betono tankis	LST EN 12390-7:2019 „Sukietėjusio betono bandymai. 7 dalis. Sukietėjusio betono tankis“
Atsparumas dėvėjimuisi	LST EN 13892-3:2015 „Grindų išlyginamųjų medžiagų bandymo metodai. Atsparumo dėvėjimuisi nustatymas Bohme metodu“
Vandens įgeriamumas	LST EN 13369:2004 „Betonas. Bandymo metodai. Vandens įgeriamumas“

Tyrimo metu naudotos žaliavos ir joms priskiriami standartai pateikti lentelėje žemiau.

3 lentelė. Bandymo metu naudotos žaliavos

Žaliavos	Standartas atitinkantis žaliavą
Cementas	LST EN 197-1:2011 „Cementas. 1 dalis. Įprastinių cementų sudėtis, techniniai reikalavimai ir atitikties kriterijai“
Užpildai	LST EN 12620:2003+A1:2008 „Betono užpildai“
Vanduo	LST EN 1008:2013 „Vanduo betonui. Techniniai vandens ėminių ėmimo, bandymo ir tinkamumo reikalavimai, įskaitant grąžinamą iš gamybos betono pramonėje vandenį, pakartotinai naudojamą betono mišiniui ruošti“

Bandinių padengimui buvo naudojami trys skirtingi „Crete Colors“ gamintojo ličio silikatų pagrindu pagaminti kietikliai: C² „Hard Blend“, C² „Super Hard“ ir C² „Salt Hard+“. C² „Hard Blend“ yra koncentruotas skystis, kurį reikia skiesti 1:1 santykiu su švariu vandeniu, tai ekonomiškasis kietiklio variantas, kuris gerdamas suformuoja stipresnį ir kietesnį paviršių, kuris kvėpuoja ir išlieka stabilus veikiant ultravioletinei šviesai, negeltonuoja, nekeičia paviršiaus spalvos, nesilupa. Grindys gali būti naudojamos vos išdžiūvus kietikliui, tačiau jis neapsaugos nuo vandens įsigėrimo tose vietose, kur yra trūkių ar defektų. [36]. C² „Super Hard“ – tai geresnės klasės kietiklis, kuris yra atsparesnis vandeniui ir dilumui. Padidėjęs paviršiaus kietumas sumažina dulkelimo galimybę, taip erdvę pavirsdamas švaresne ir sveikesne. Kietiklis pasižymi itin lengvu padengimu, yra saugus naudoti net mokyklose, paviršius tampa blizgus, tačiau jis vis tiek išlieka atsparus trinčiams. [37]. C² „Salt Hard+“ yra vandens pagrindu pagamintas skystis, suformuojantis atsparumą chloridams, pagamintas kaip priedas maišymui su C² „Hard“ arba C² „Super Hard“ kietikliais. Paruoštas ir padengtas sukietina betono paviršių, apsaugo nuo dulkių ir paviršius tampa atsparus dilumui, taip pat chlorido druskoms ir druskų prisotintam orui, padengti paviršiai kvėpuoja, drėgmė nėra išlaikoma viduje. [38].

C² „Hard Blend“ kietikliu buvo padengta po vieną kiekvienos klasės bandinį, išskyrus C20/25 betono klasės bandinius, kur iš šešių buvo padengti 3 vnt. C² „Super Hard“ maišant su C² „Salt Hard+“ buvo padengta po du kiekvienos klasės bandinius, išskyrus C20/25 betono klasę, kur iš šešių buvo padengti 3 vnt.

2.2. Tyrimų metodika

Šiame skyriuje aptariama tyrimams atlikti naudojama įranga, jos pagrindinis veikimo principas bei eiga, kaip tyrimai atliekami.

2.2.1. Bandinių pagaminimas ir kietinimas

C20/25 klasės bandiniams buvo suprojektuota betono sudėtis, kuri turėjo tenkinti atsparumo gniuždant sąlygą:

Atitinkamos klasės stipris gniuždant f_b turi tenkinti sąlygą:			
$f_b \geq f_{bk} + \lambda \cdot S_n;$			
čia: f_{bk} - reikiamas betono kubinis stipris gniuždant, MPa,			
S_n - betono stiprio gniuždant standartinis nuokrypis;			
λ - koeficientas priklausantis nuo imčių skaičiaus n. Reikšmės pateiktos 1.1. lentelėje;			
Duomenys:			
$S_p =$	3	Mpa;	
$f_{bk} =$	25	Mpa;	$f_b = 29,44$ Mpa;
$\lambda =$	1,48	;	

9 pav. Tenkinama stiprio gniuždant sąlyga

4 lentelė. Medžiagų kiekiai 1 m³ betono mišinio

Medžiagos	Žymėjimas ir matavimo vienetai	Kiekis 1m ³ betono mišinio
Cemento kiekis	C, kg	314,36
Vandens kiekis	V, l	190,00
Stambaus užpildo kiekis	S _t , kg	940,32
Smėlio kiekis	S _m , kg	937,45
Vandens ir cemento santykis	V/C	0,60
Betono mišinio tankis	kg/m ³	2382,13

Perskaičiavus medžiagų kiekius į reikiamą betono tūrį dvylikai kubelių (0,0045 m³) gauta, kad reikalingas cemento kiekis – 1,41 kg, vandens kiekis 855 ml, stambaus užpildo kiekis – 4,23 kg, smėlio kiekis – 4,22 kg. [39].

Pagaminus betono mišinį, buvo atliktas mišinio slankumo bandymas ir mišinys supiltas į formuojančius klojinius – standartines formas. Formų paviršius prieš supilant betono mišinį, padengiamas specialiu tepalu, naudojamu klojinių ir formų tepimui.



10 pav. Cemento tešla paruošta kietėjimui klojiniuose

Formos pirmąją parą paliekamos kietėjimui uždengus jas plėvele, kad neišgaruotų betono mišinyje esanti drėgmė. Po to formos buvo išardytos ir bandiniai buvo kietinami 20 °C temperatūros vandenyje 27 paras.

2.2.2. Betono mišinio slankumo nustatymas

Betono mišinio slankumui nustatyti naudojama įranga: tuščiavidurio nupjauto kūgio forma bandiniui suformuoti, formos viršuje dvi rankenos; plieninis, tiesus, apvalaus skerspjūvio tankinimo strypas; piltuvas; liniuotė; pagrindo plokštė/paviršius; drėgnas audinys. [40]. Drėgnu audiniu prieš bandymą turi būti suvilgomas strypas, pagrindinis lakštas ir kūgio vidinės sienelės.



11 pav. Betono mišinio slankumo nustatymui naudojama įranga

Kūgis yra prispaudžiamas prie pagrindinio lakšto, į jį trimis etapais yra supilamas betono mišinys kiekvieną kartą sutankinant 25 strypo dūriais per visą plotą, supylus visą betono mišinį paviršius nubraukiamas, kad pasidarytų lygus. Po to forma yra iš lėto nukeliama vertikalia kryptimi į viršų – taip gaunamas suslūgęs betono mišinys ir matuojama, kiek jis suslūgo. Vertė turėtų būti tarp 10 mm ir 200 mm.



12 pav. Betono mišinio slankumo nustatymas

2.2.3. Betono gniuždymas

Betono stipriui gniuždant nustatyti naudojamas hidraulinis presas.

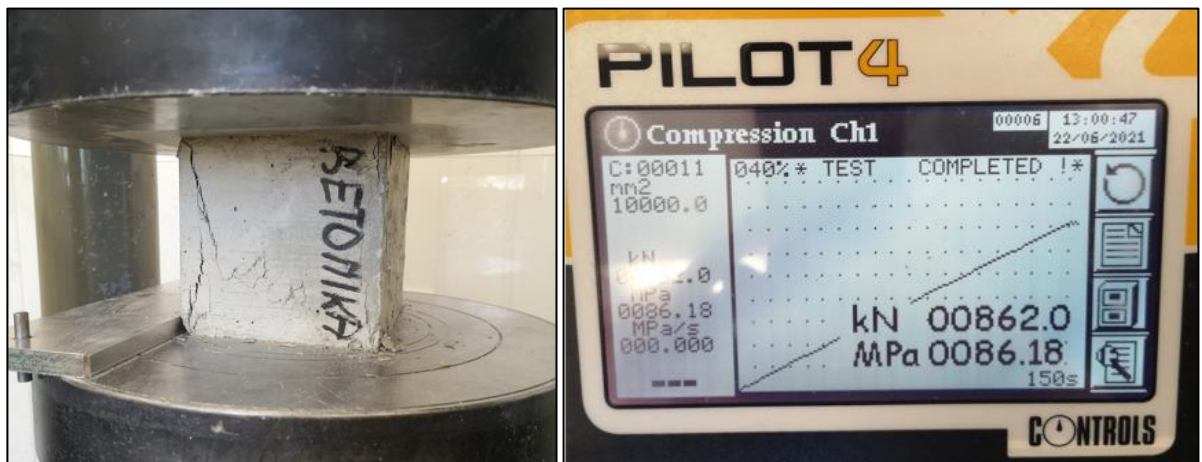


13 pav. Hidraulinis presas

Bandymo eiga: Nuvalomi presų plokščių ir bandinių paviršiai, į įrenginį dedamas kubo formos bandinys ant apatinės plokštės ta plokštuma, kuria lietsi su klojinio sienele. Ant bandinio nuleidžiama ir priglaudžiama viršutinė plokštė. Įjungus presą, gniuždymo jėga didinama taip, kad betono bandinyje atsirandantys gniuždymo įtempiai didėtų. Išmatuotos didžiausios gniuždomosios jėgos vertės pateikiamos kN ir MPa vienetais.



14 pav. Ardamosios jėgos kitimas bandymo metu



15 pav. Supleišęšęs betono paviršius po bandymo atlikimo ir gauta didžiausia ardomoji jėga

Gavus didžiausią ardomąją jėgą kubeliui, galima apskaičiuoti bandinio stiprį gniuždamt naudojant (1) formulę [41]:

$$f_c = \beta \frac{F}{A} \quad (1)$$

čia: F – ardančioji gniuždymo jėga (N);

A – bandinio gniuždymo plotas (mm^2);

β – koeficientas, įvertinantis bandinių dydį.

5 lentelė. Bandinių dydžio įtakos koeficientas β , skaičiuojant betono bandinių stiprį gniuždamt

Kubo kraštinė mm	100	150	200	300	70
β	0,95	1	1,05	1,1	0,85

2.2.4. Sukietėjusio betono tankio nustatymas

Sukietėjusio betono tankiui nustatyti naudojamos svarstyklės ir slankmatis. Šiuo atveju, betoniniai kubeliai yra išdžiovinami, išmatuojami slankmačiu ir pasveriami. Tuomet su turimais bandinio matmenimis ir mase gali būti paskaičiuojamas bandinio tankis naudojant (2) formulę:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{a_1 \cdot a_2 \cdot a_3} \quad (2)$$

čia: m – bandinio masė (kg);

a_1, a_2, a_3 – bandinio kraštinių ilgių (mm).

2.2.5. Atsparumas dėvėjimuisi

Atsparumas dėvėjimuisi nustatomas atliekant bandymus Bohme metodu. Tyrimui naudota dilumo mašina su metaline plokšte, kuri įjungus sukasi prieš laikrodžio rodyklę, tuo pačiu periodiškai barstomas abrazyvas (standartinio dydžio kvarco grūdėliai) betono kubelio dilinimui. Naudojamos įrangos ratas turi apsisukti 22 kartus 4 kartus vis pasukant bandinį 90 laipsnių kampu.



16 pav. Atsparumo dėvėjimuisi nustatymo įrenginys

Bandymas pradedamas bandinį įstačius ir suspaudus gnybtuose, kurie prispaudžia kubelio apačią prie dilinamos dalies ir neleidžia kubeliui išstrūkti įrenginiui įsijungus. Įstačius kubelį papildomas šaukštelis abrazyvo, kad kubelis dilintųsi. Tai kartojama keturis kartus vis ratu pasukant kubelį, nudilinus iš visų keturių pusių tą pačią plokštumą, kubelis pasveriamas. Ši procedūra kartojama keturis kartus ir po kiekvienos kubelis pasveriamas. Atlikus šį bandymą randama kiek kubelis nusidėvėjo, gaunamas bandinio aukščio skirtumas. Taip pat apskaičiuojami masės nuostoliai pagal (3) formulę [42]:

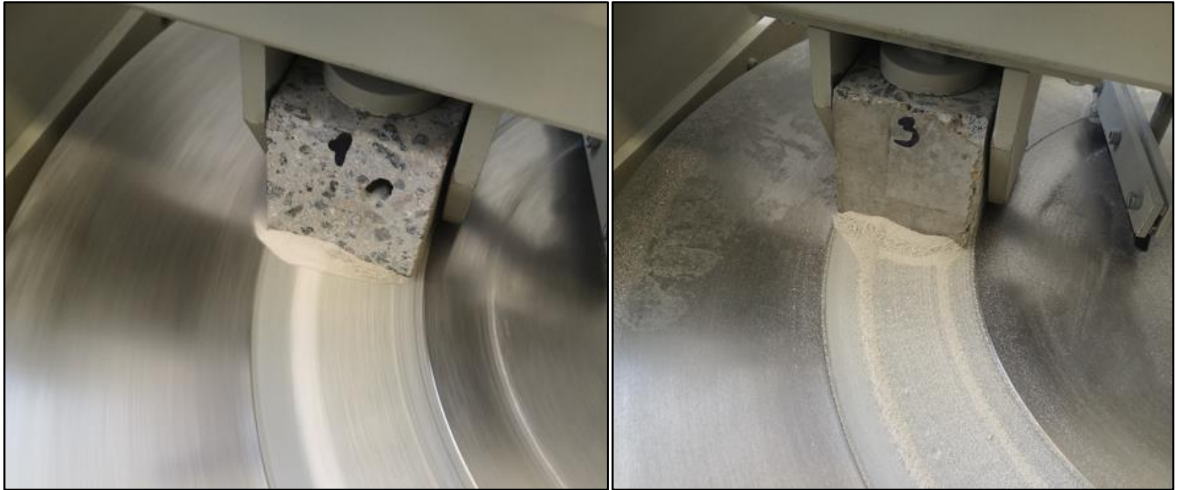
$$D_i = \frac{m_1 - m_2}{A} \quad (3)$$

čia: D_i – bandinio dilumas (masės nuostoliai), g/cm^2 ;

m_1 – bandinio masė prieš bandymą, g;

m_2 – bandinio masė po bandymo (atlikus 22 sukisus), g;

A – dilinamos plokštumos plotas, cm^2 .



17 pav. Bandinys dilumo mašinoje

2.2.6. Vandens įgeriamumas

Vandens įgeriamumo kinetikos bandymui naudojamas vanduo ir indas bandiniams sudėti. Bandiniai sudedami į indą, tarp jų paliekami tarpai vandeniui skverbtis, tuomet visas indas užpilamas vandeniu taip, kad bandiniai būtų apsemti viso bandymo metu, nuimamas laikas. Svarbu bandinius pasverti po įvairių laiko intervalų – 15 minučių, 1 valandos, 24 valandų ir 48 valandų. Po 48 valandų bandiniai taip pat yra pasveriami vandenyje.



18 pav. Vandens įgeriamumo kinetikos nustatymo bandymas

2.2.7. Kietiklio įsigėrimo lygio nustatymas

Kietiklio įsigėrimo nustatymui buvo naudotas optinis mikroskopas, didinantis iki 200 kartų. Buvo tirta, kiek giliai kietiklis sugebėjo įsigerti, kai betono paviršius buvo juo padengtas. Specialiai šiam bandymui iš betono kubelių buvo nupjautas kubelis taip, kad du bandinio paviršiai būtų padengti

kietikliu ir kiti du – ne, bandinio ilgis išlieka tas pats, tačiau jo aukštis ir plotis yra 1x1 cm kraštinėmis, tokio dydžio jį galima stebėti per mikroskopą.

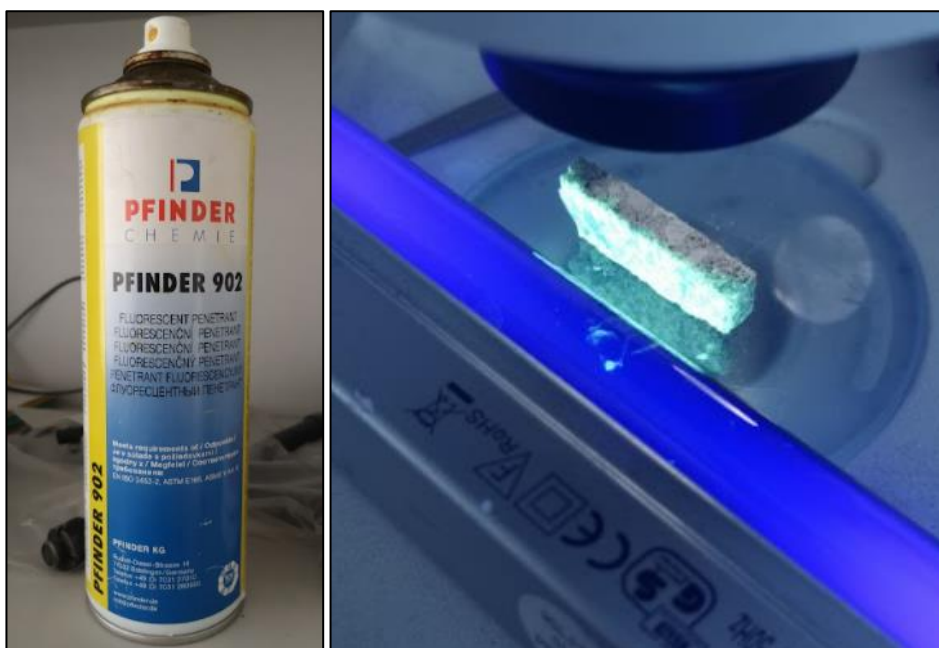


19 pav. Mikroskopu tiriamas išpjautas bandinys



20 pav. Bandymui atlikti naudotas optinis mikroskopas

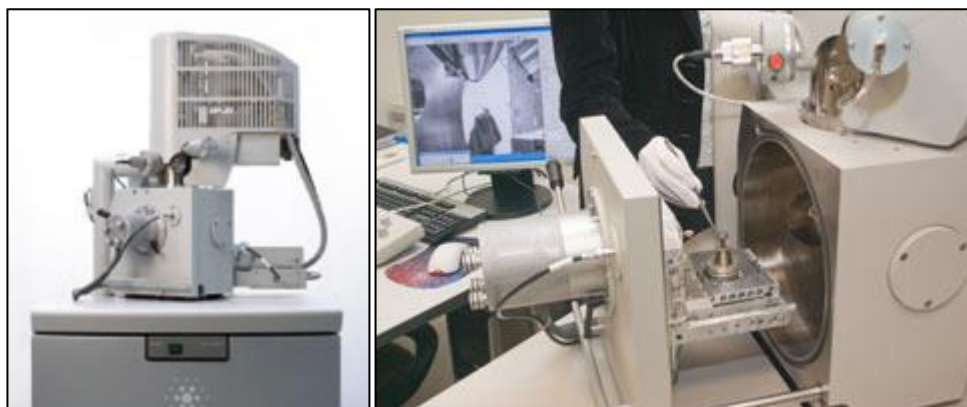
Taip pat buvo pabandyta nustatyti kietiklio įsigėrimą naudojant ultravioletinę šviesą ir fluorescencinius dažus. Fluorescenciniai dažai buvo padengti ant kietikliu padengto bandinio paviršiaus, jie pažymi tik tas vietas, kur randamos tos pačios struktūros medžiagos, pavyzdžiui, fluorescenciniais dažais padengiamas kietikliu padengtas paviršius, dažai skverbiasi į betono poras, kur yra įsiskverbęs kietiklis, nekietinta betono struktūra nėra pažymima.



21 pav. Bandymų atlikimas su ultravioletine šviesa ir fluorescenciniais dažais

Kietiklio įsigėrimo lygiui išmatuoti taip pat buvo naudojamas skenuojantis mikroskopas FEI Quanta 200 FEG, kuris yra aukštos skiriamosios gebos, su Šotki tipo elektronų patranka. Didžiausia mikroskopu pasiekiamoji skiriamoji geba – 1,2 nm aukštame vakuume. [43].

Skenuojantis mikroskopas atlieka dvi pagrindines funkcijas – geba padaryti aukštos kokybės skaitmenines bandinių nuotraukas (SEM) ir atlikti elementinę cheminę analizę (EDS). Darytuose bandymuose buvo naudotos abi šio mikroskopo funkcijos.



22 pav. Skenuojantis mikroskopas FEI Quanta 200 FEG

3. Tyrimų rezultatai

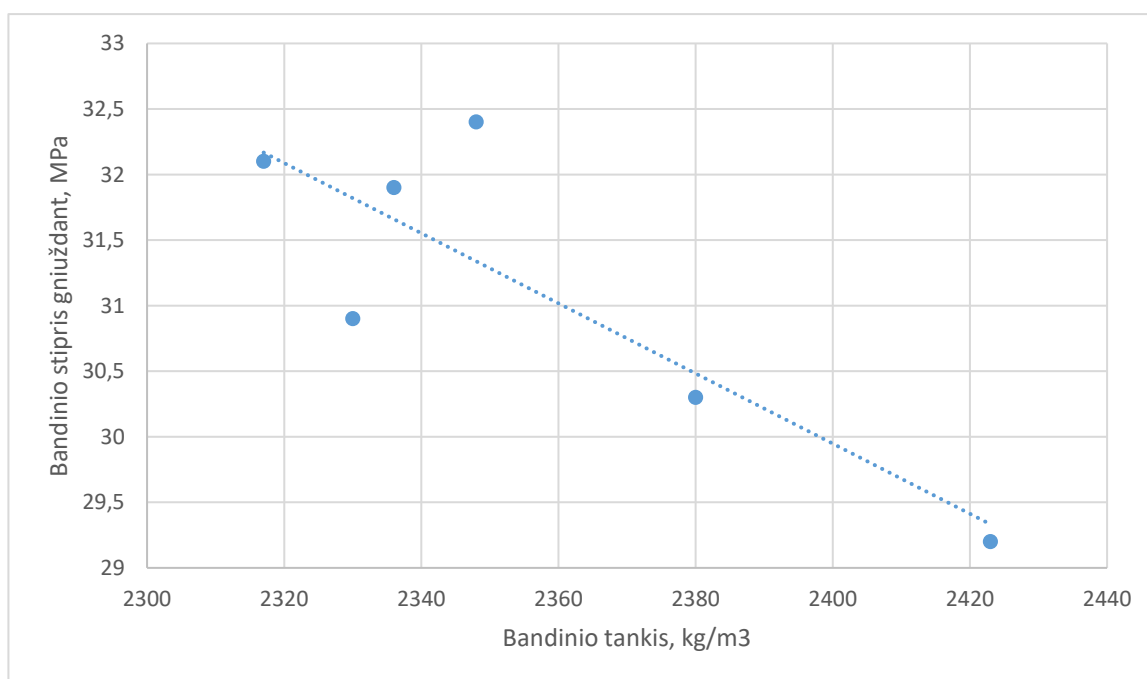
Tyrimų rezultatų skyriuje aprašyti ir pateikti bandymų rezultatai. Buvo nagrinėjami keturių skirtingų betono klasių, penkių skirtingų konstrukcijų tipų betono bandiniai. Nagrinėti tipai: C20/25 klasės betono kubeliai, kurie buvo gaminti laboratorijos patalpose, suskaičiuojant reikiamą smėlio/skaldos mišinio kiekį, cemento ir vandens santykį, C30/37 klasės laiptų maršų betono kubeliai, C35/45 klasės grindinio trinkelės, C35/45 klasės perono perdangos plokščių betono kubeliai ir C50/60 klasės bandiniai su granito skalda.

3.1. Betono stiprio gniuždant ir sukietėjusio betono tankio bandymų rezultatai

Betono stiprio gniuždant nustatymui buvo tirta po 6 vnt kiekvienos betono klasės bandinių. Supleišėjus betoniniam kubeliui hidrauliniam prese, gauta didžiausia ardomoji jėga, iš kurios išskaičiuotas bandinio stipris gniuždant. Tankio apskaičiavimas atliktas naudojant bandinio masę ir išmatavimus.

6 lentelė. C20/25 betono klasės bandinių stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai

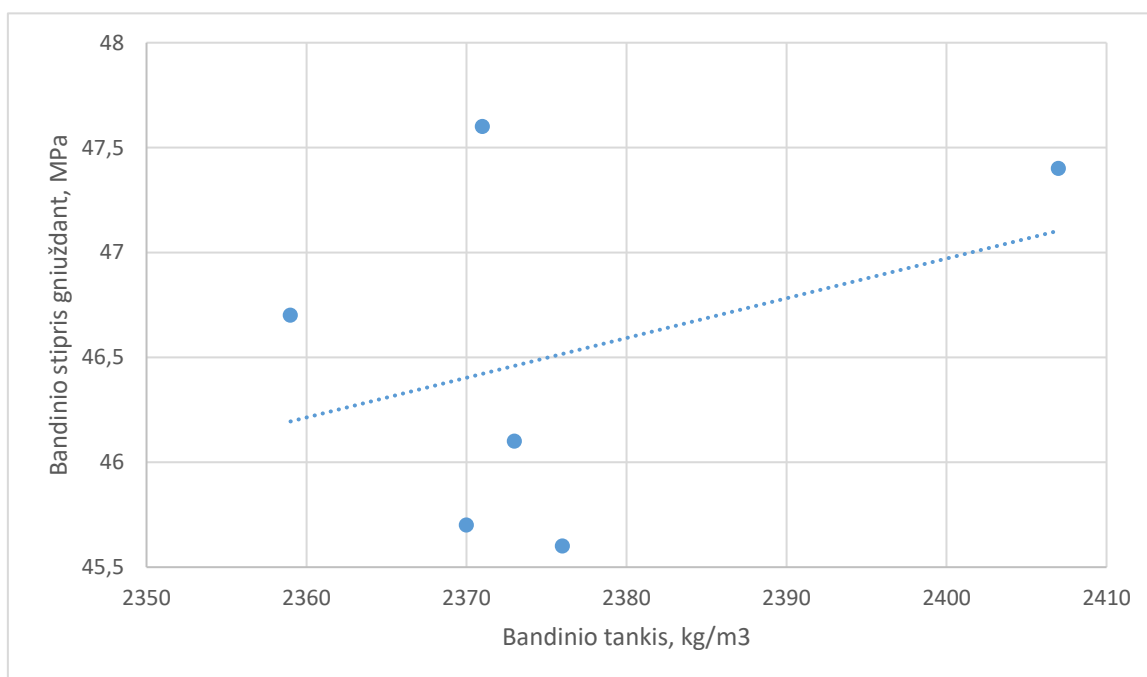
Band. Nr.	Tankis, kg/m ³	Vidutinis tankis, kg/m ³	Didžiausia ardomoji jėga, kN	Bandinio stipris gniuždant, MPa	Vidutinis stipris gniuždant, MPa
1.	2380	2356	180,4	30,3	31,1
2.	2330		183,8	30,9	
3.	2423		168,5	29,2	
4.	2348		195,0	32,4	
5.	2336		191,9	31,9	
6.	2317		194,5	32,1	



23 pav. C20/25 betono klasės bandinių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė

7 lentelė. C30/37 betono klasės bandinių stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai

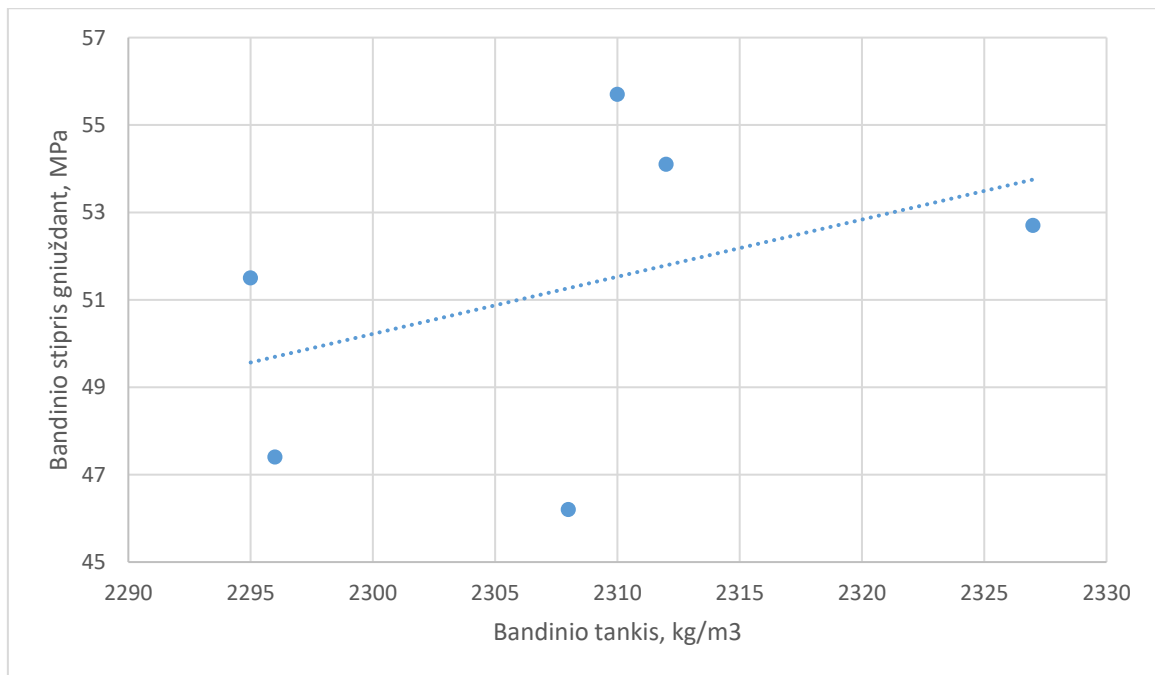
Band. Nr.	Tankis, kg/m ³	Vidutinis tankis, kg/m ³	Didžiausia ardomoji jėga, kN	Bandinio stipris gniuždant, MPa	Vidutinis stipris gniuždant, MPa
1.	2376	2376	1025,8	45,6	46,5
2.	2371		1071,8	47,6	
3.	2373		1036,9	46,1	
4.	2407		1051,4	47,4	
5.	2359		1043,6	46,7	
6.	2370		1029,1	45,7	



24 pav. C30/37 betono klasės bandinių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė

8 lentelė. C35/45 betono klasės trinkelėjų stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai

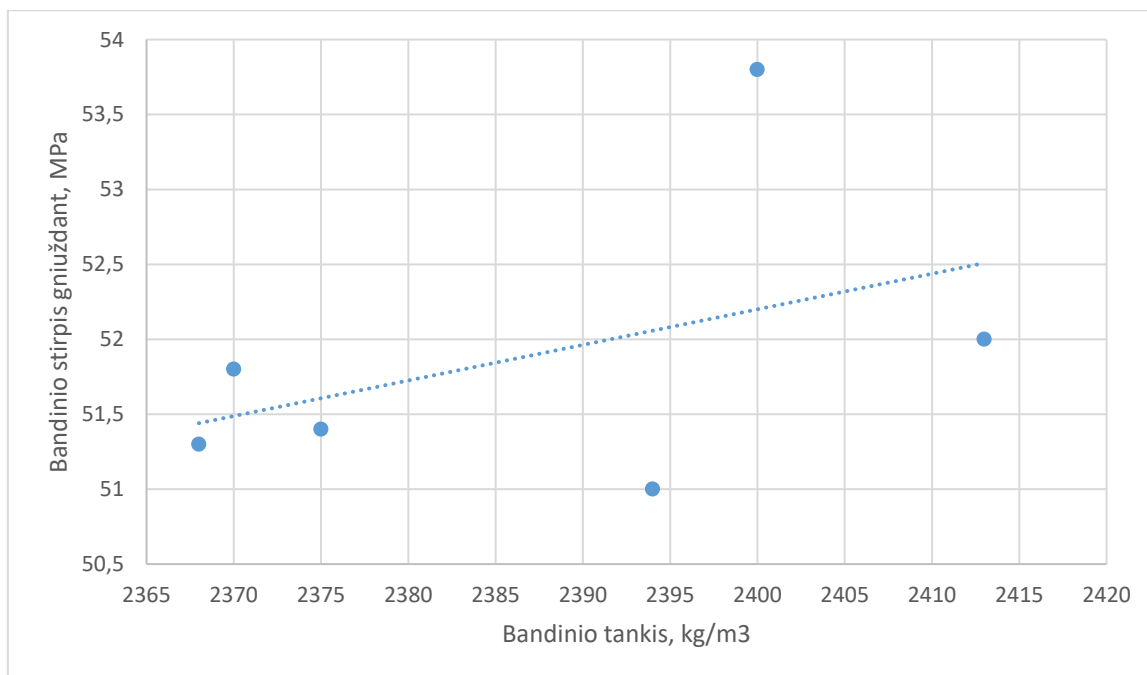
Band. Nr.	Tankis, kg/m ³	Vidutinis tankis, kg/m ³	Didžiausia ardomoji jėga, kN	Bandinio stipris gniuždant, MPa	Vidutinis stipris gniuždant, MPa
1.	2327	2308	310,6	52,7	51,3
2.	2295		316,1	51,5	
3.	2296		289,1	47,4	
4.	2312		336,4	54,1	
5.	2310		331,2	55,7	
6.	2308		273,7	46,2	



25 pav. C35/45 betono klasės trinkelių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė

9 lentelė. C35/45 betono klasės bandinių stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai

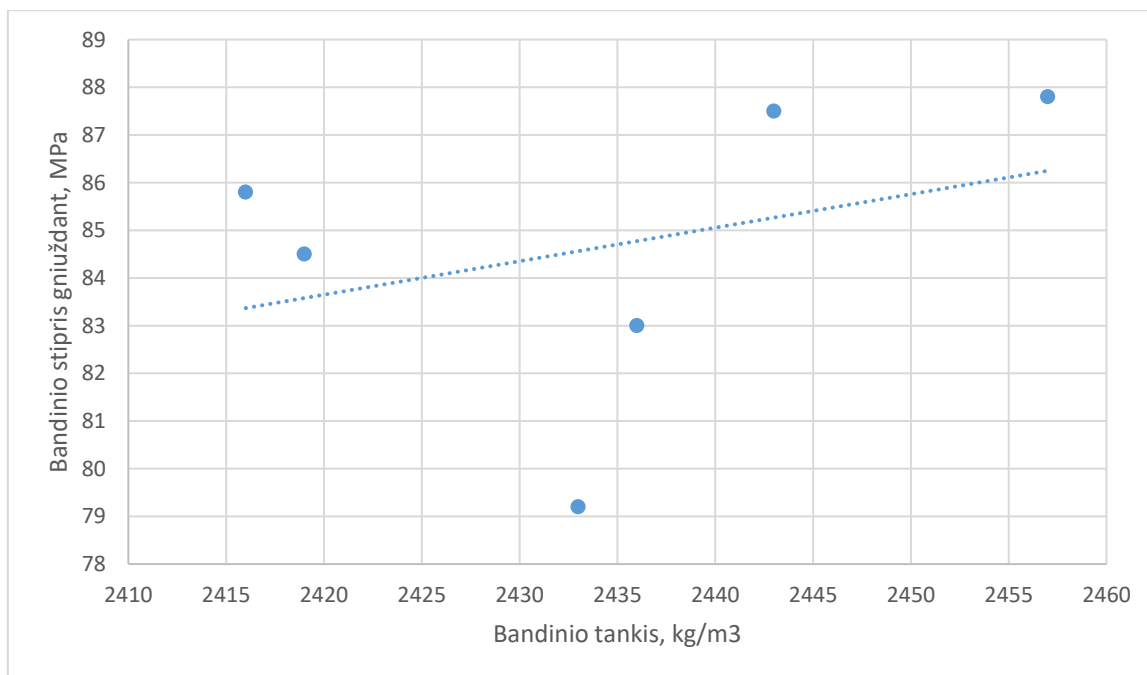
Band. Nr.	Tankis, kg/m ³	Vidutinis tankis, kg/m ³	Didžiausia ardomoji jėga, kN	Bandinio stipris gniuždant, MPa	Vidutinis stipris gniuždant, MPa
1.	2400	2387	1210,1	53,8	51,9
2.	2413		1169,7	52,0	
3.	2370		1166,5	51,8	
4.	2375		1141,6	51,4	
5.	2394		1132,5	51,0	
6.	2368		1153,2	51,3	



26 pav. C35/45 betono klasės bandinių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė

10 lentelė. C50/60 betono klasės bandinių stiprio gniuždant ir tankio nustatymo rezultatai

Band. Nr.	Tankis, kg/m ³	Vidutinis tankis, kg/m ³	Didžiausia ardomoji jėga, kN	Bandinio stipris gniuždant, MPa	Vidutinis stipris gniuždant, MPa
1.	2416	2434	1017,7	85,8	84,6
2.	2457		1046,3	87,8	
3.	2433		940,6	79,2	
4.	2436		990,4	83,0	
5.	2419		1012,9	84,5	
6.	2443		1049,3	87,5	



27 pav. C50/60 betono klasės bandinių priklausomybės tarp tankio ir stiprio gniuždant kitimo kreivė

Kiekvienai betono klasei nubrėžti grafikai, nurodantys, kaip nuo betono tankio priklauso bandinio stipris gniuždant. Iš grafikų nr 23, 24, 25, 26 ir 27 matome, kad kuo didesnis tankis, tuo didesnis gaunamas betono stipris gniuždant, tai įrodant, visų klasių diagramų linija kyla į viršų, išskyrus C20/25 betono klasės bandyme, linija leidžiasi žemyn. Manome, kad tai įvyko dėl didelio bandymo rezultatų išsibarstymo.

3.2. Atsparumo dilumui tyrimai

Dilumo atsparumui nustatyti buvo naudojama po 3 vnt kiekvienos klasės bandinių, kurių matmenys 70x70x70 mm. Nustatyta nusidėvėjimo vertė ir masės nuostoliai po dilumo bandymo.

11 lentelė. C20/25 betono klasės bandinių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai

	Nusidėvėjimo vertė $\Delta h_{vid.}$, mm	Masės nuostoliai $D_{vid.}$, g/cm ²
Bandinys prieš padengimą	2,90	0,58
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	2,70	0,58
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	2,30	0,52

12 lentelė. C30/37 betono klasės bandinių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai

	Nusidėvėjimo vertė $\Delta h_{vid.}$, mm	Masės nuostoliai $D_{vid.}$, g/cm ²
Bandinys prieš padengimą	1,60	0,32
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	1,20	0,27
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	1,10	0,24

13 lentelė. C35/45 betono klasės trinkelių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai

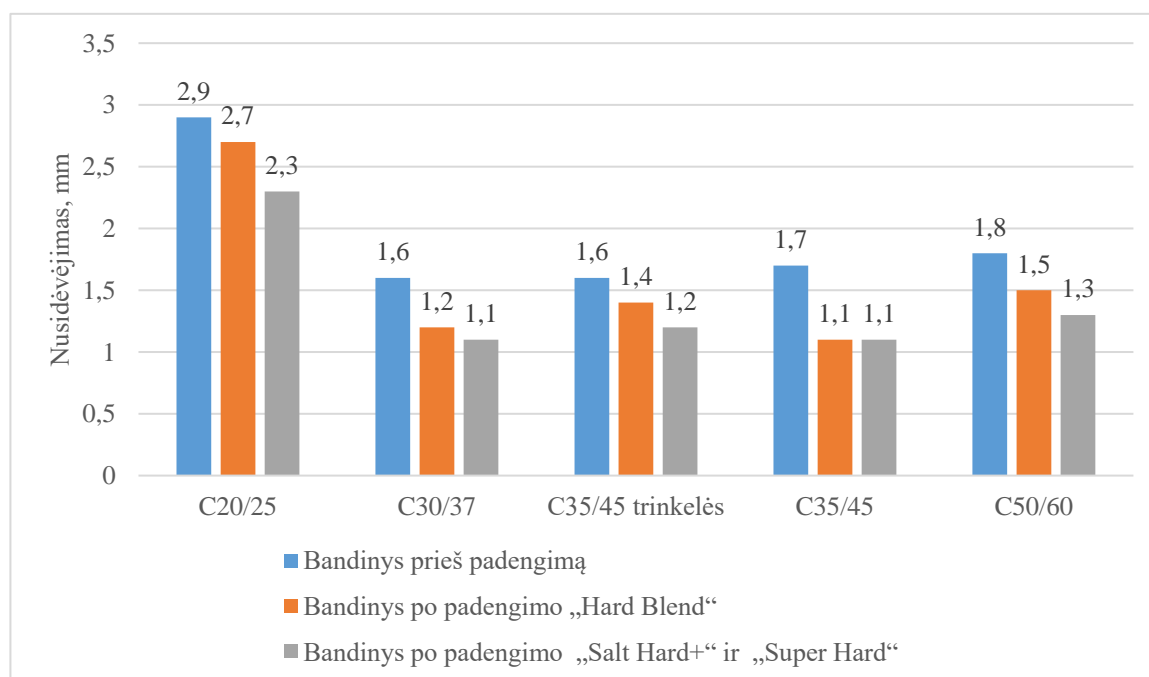
	Nusidėvėjimo vertė $\Delta h_{vid.}$, mm	Masės nuostoliai $D_{vid.}$, g/cm ²
Bandinys prieš padengimą	1,60	0,32
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	1,40	0,31
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	1,20	0,26

14 lentelė. C35/45 betono klasės bandinių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai

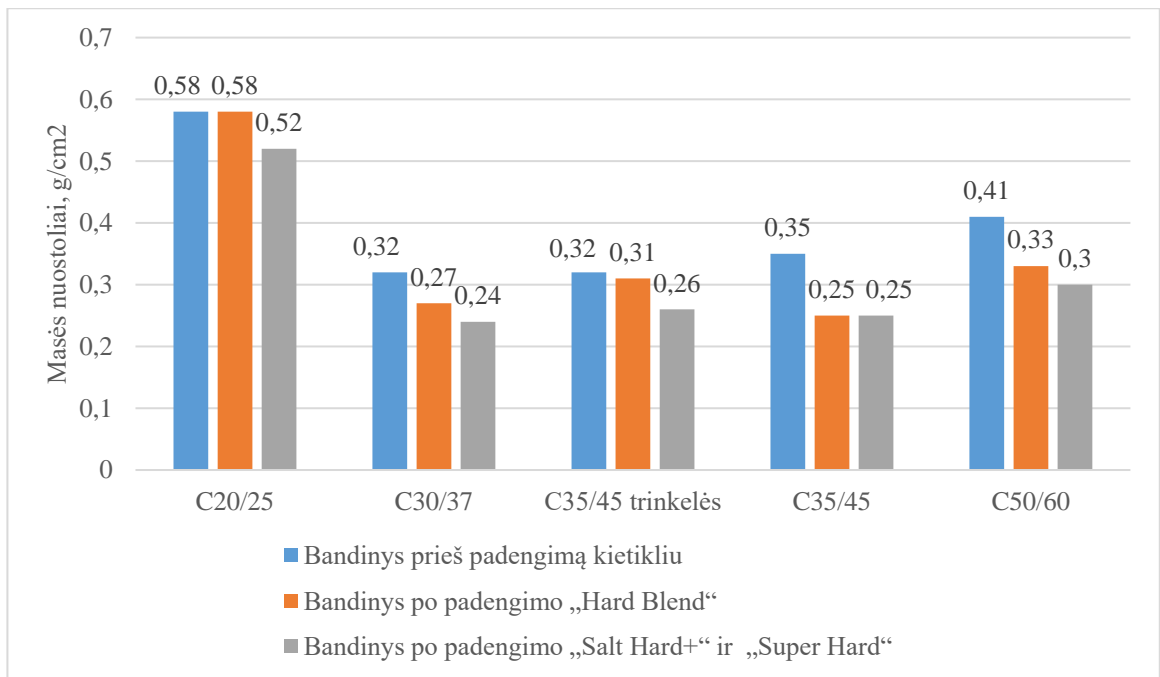
	Nusidėvėjimo vertė $\Delta h_{vid.}$, mm	Masės nuostoliai $D_{vid.}$, g/cm ²
Bandinys prieš padengimą	1,70	0,35
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	1,10	0,25
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	1,10	0,25

15 lentelė. C50/60 betono klasės bandinių atsparumo dėvėjimuisi bandymo rezultatai

	Nusidėvėjimo vertė $\Delta h_{vid.}$, mm	Masės nuostoliai $D_{vid.}$, g/cm ²
Bandinys prieš padengimą	1,80	0,41
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	1,50	0,33
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	1,30	0,30



28 pav. Betono bandinių nusidėvėjimo palyginimas



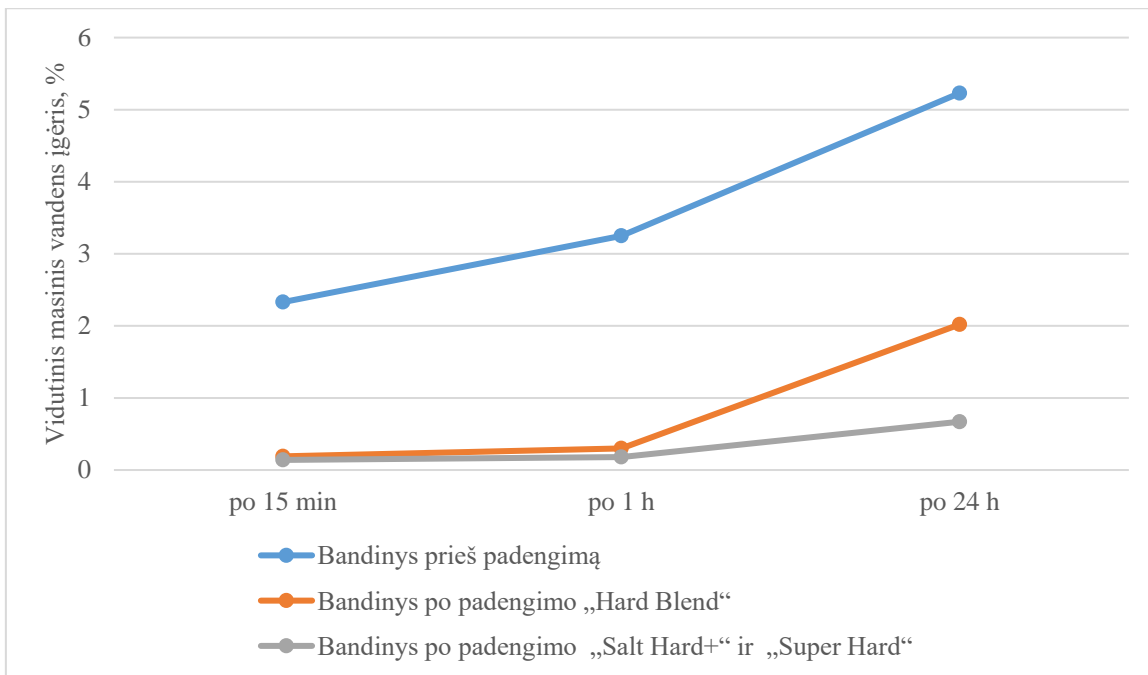
29 pav. Betono bandinių masės nuostolių palyginimas

Atsparumo dilumui bandymo nustatymas buvo atliktas vienodomis sąlygomis visų klasių bandiniams. Betono nusidėvėjimas, bandant bandinius prieš padengimą kietikliais, buvo didesnis, nei bandinius padengus jais. Kai bandiniai buvo padengti „Hard Blend“ kietikliu, nusidėvėjimas šiek tiek sumažėjo, o atliekant bandymus su „Salt Hard+“ ir „Super Hard“ padengtais bandiniais, matoma, kad nusidėvėjimas sumažėjo net iki 0,6 mm C35/45 betono klasės betonui. Žiūrint į masės nuostolių palyginimą, masės nuostoliai iš esmės mažėja ta pačia tvarka, kaip ir mažėja nusidėvėjimo vertė, t.y. prieš padengimą kietikliais bandinių masės nuostoliai didžiausi, padengus jie mažėja, didžiausias masės nuostolių kitimas matomas C50/60 betono klasėje.

3.3. Vandens įgėrio tyrimai

16 lentelė. C20/25 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio rezultatai

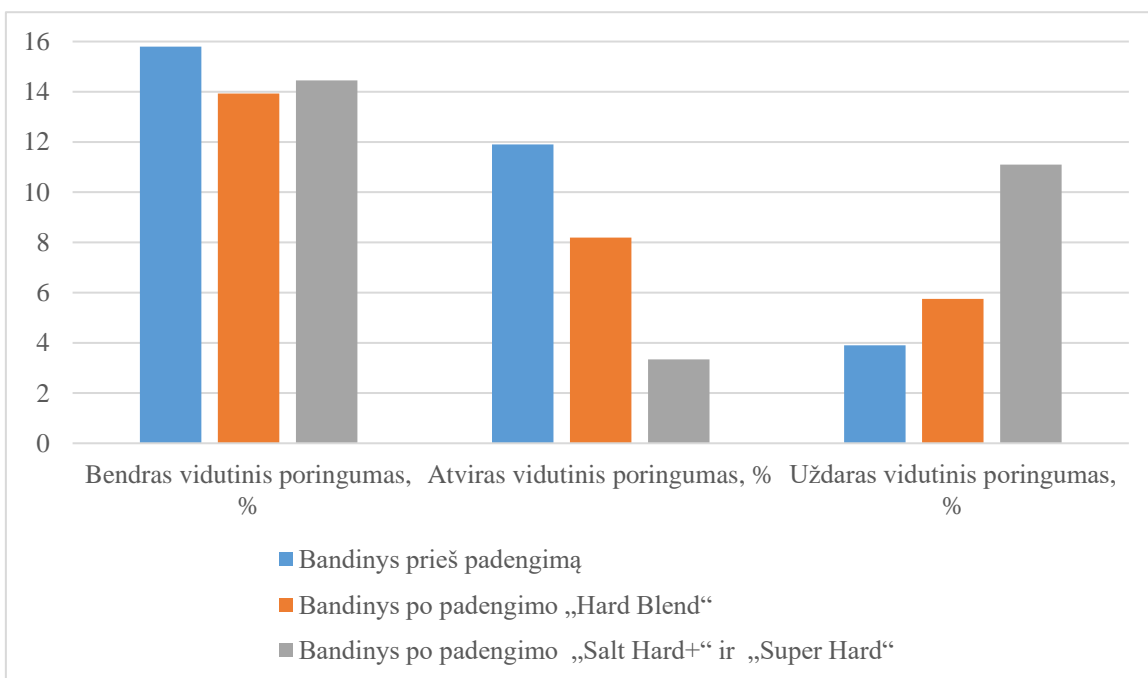
	W_{t1} , % po 15min	W_{t2} , % po 1h	W_{t3} , % po 24h
Bandinys prieš padengimą	2,33	3,25	5,23
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	0,19	0,30	2,02
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	0,14	0,18	0,67



30 pav. C20/25 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui

17 lentelė. C20/25 betono klasės bandinių poringumo rezultatai

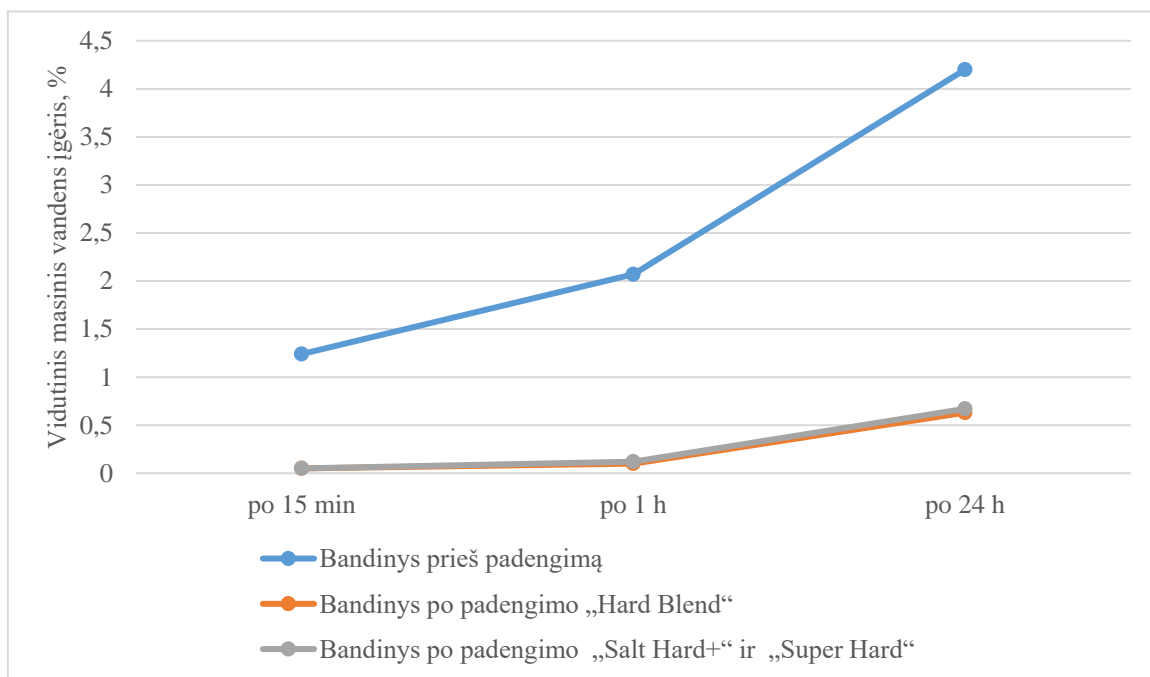
	Bendras vidutinis poringumas P, %	Atviras vidutinis poringumas P _a , %	Uždaras vidutinis poringumas P _u , %
Bandinys prieš padengimą	15,80	11,90	3,90
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	13,93	8,19	5,75
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	14,45	3,34	11,10



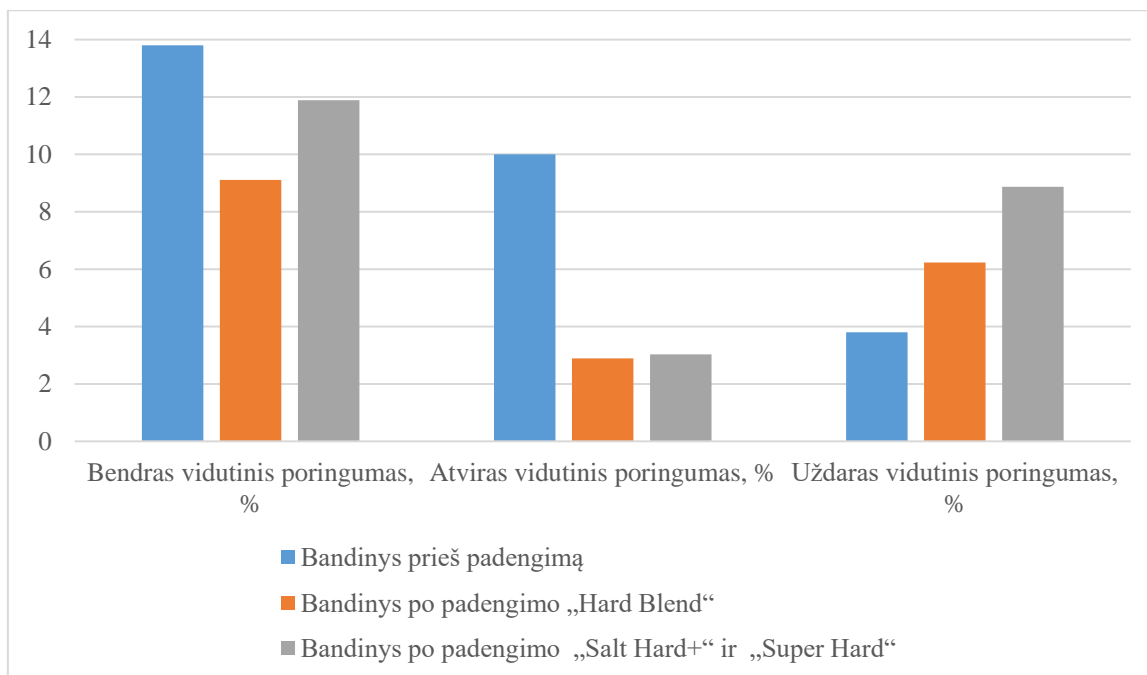
31 pav. C20/25 betono klasės bandinių poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais

18 lentelė. C30/37 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio rezultatai

	W _{t1} , % po 15min	W _{t2} , % po 1h	W _{t3} , % po 24h
Bandinys prieš padengimą	1,24	2,07	4,20
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	0,05	0,10	0,63
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	0,05	0,12	0,67

**32 pav.** C30/37 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui**19 lentelė.** C30/37 betono klasės bandinių poringumo rezultatai

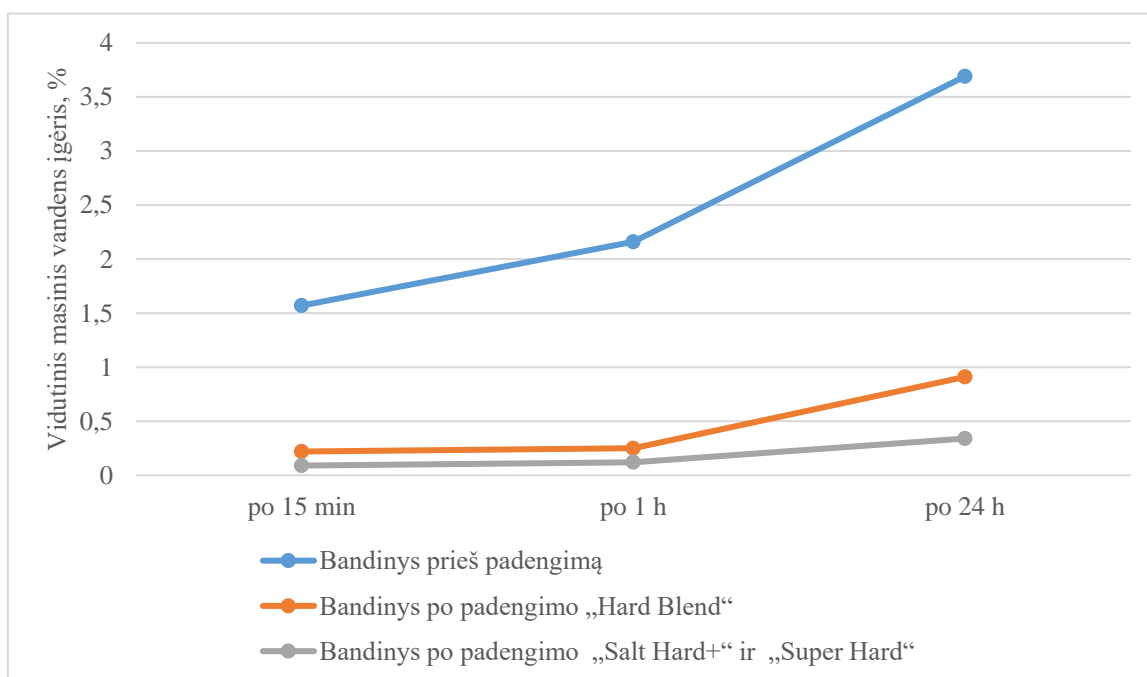
	Bendras vidutinis poringumas P, %	Atviras vidutinis poringumas P _a , %	Uždaras vidutinis poringumas P _u , %
Bandinys prieš padengimą	13,80	10,00	3,80
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	9,11	2,89	6,23
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	11,89	3,03	8,87



33 pav. C30/37 betono klasės bandinių poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais

20 lentelė. C35/45 betono klasės trinkelė vandens įgėrio nustatymo rezultatai

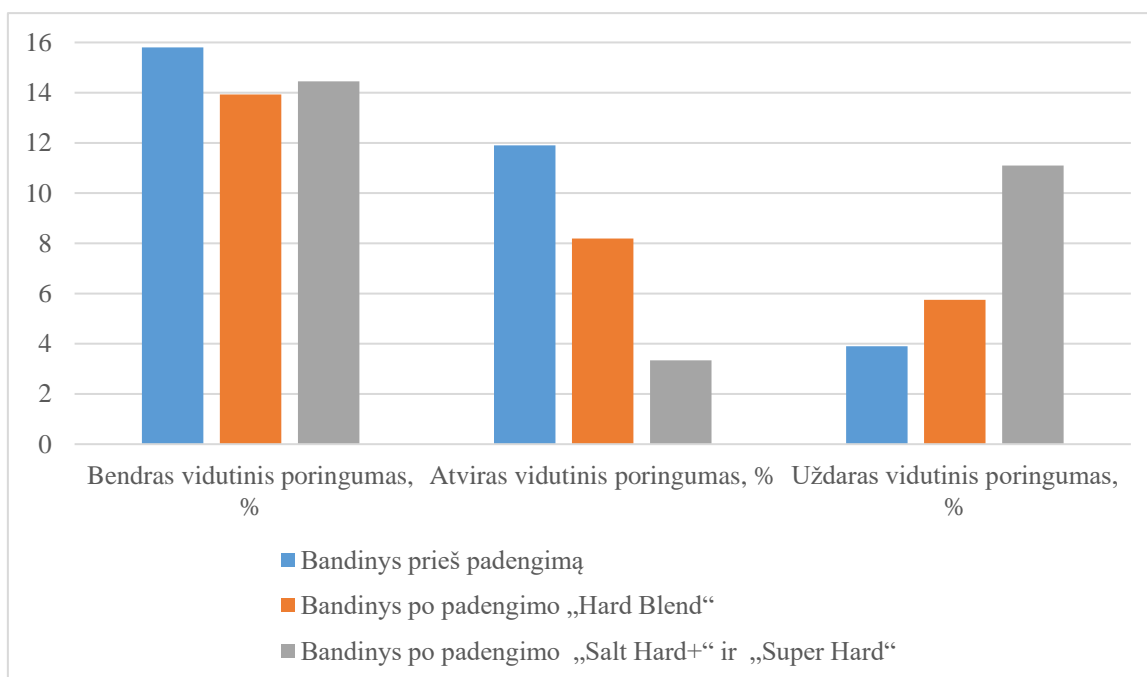
	W_{t1} , % po 15min	W_{t2} , % po 1h	W_{t3} , % po 24h
Bandinys prieš padengimą	1,57	2,16	3,69
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	0,22	0,25	0,91
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	0,09	0,12	0,34



34 pav. C35/45 betono klasės trinkelė masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui

21 lentelė. C35/45 betono klasės trinkelėjų poringumo rezultatai

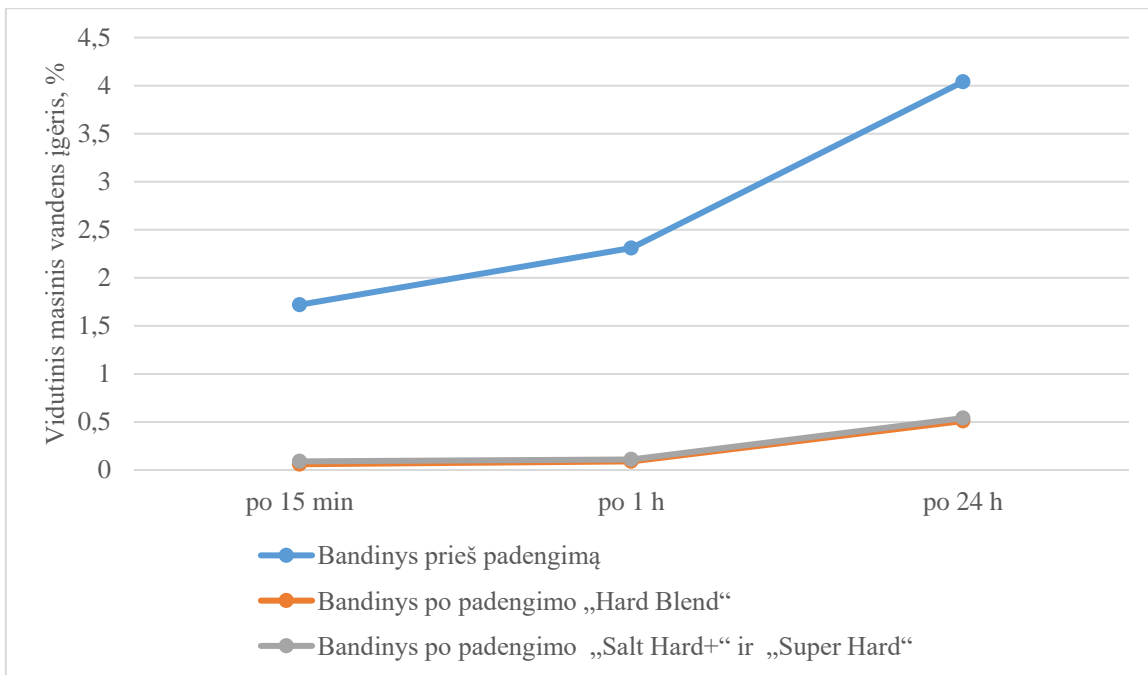
	Bendras vidutinis poringumas P, %	Atviras vidutinis poringumas P _a , %	Uždaras vidutinis poringumas P _u , %
Bandinys prieš padengimą	13,30	8,70	4,60
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	12,01	3,28	8,73
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	10,96	1,21	9,74



35 pav. C35/45 betono klasės trinkelėjų poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais

22 lentelė. C35/45 betono klasės bandinių vandens įgėrio nustatymo rezultatai

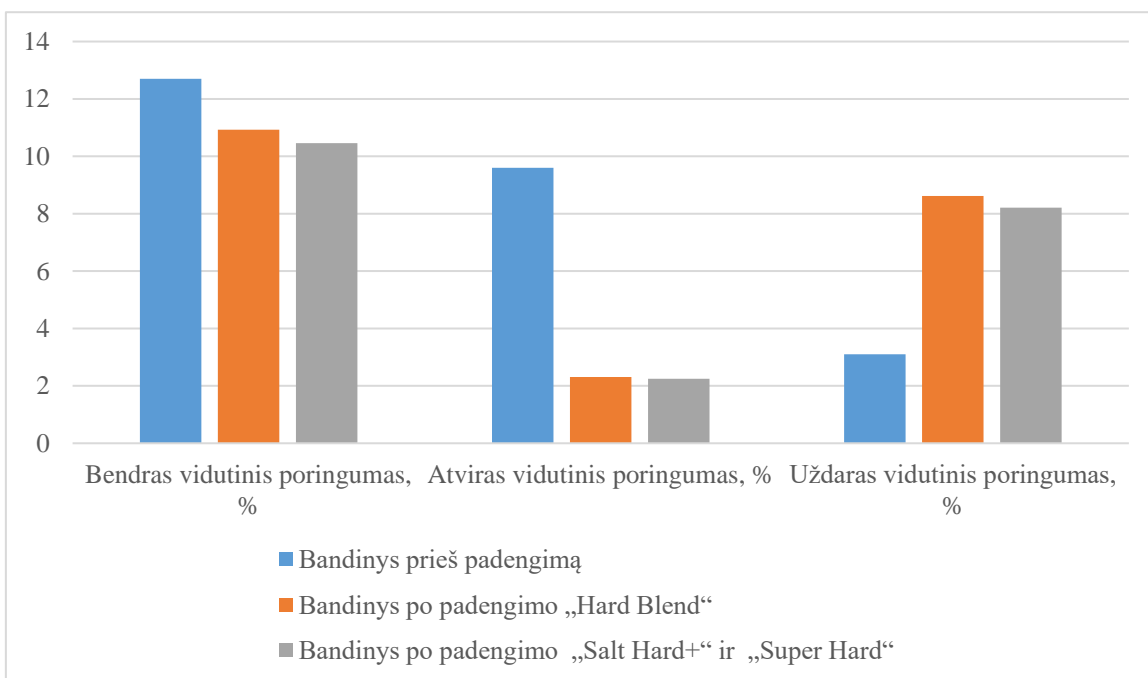
	W _{t1} , % po 15min	W _{t2} , % po 1h	W _{t3} , % po 24h
Bandinys prieš padengimą	1,72	2,31	4,04
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	0,06	0,09	0,51
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	0,09	0,11	0,54



36 pav. C35/45 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui

23 lentelė. C35/45 betono klasės bandinių poringumo rezultatai

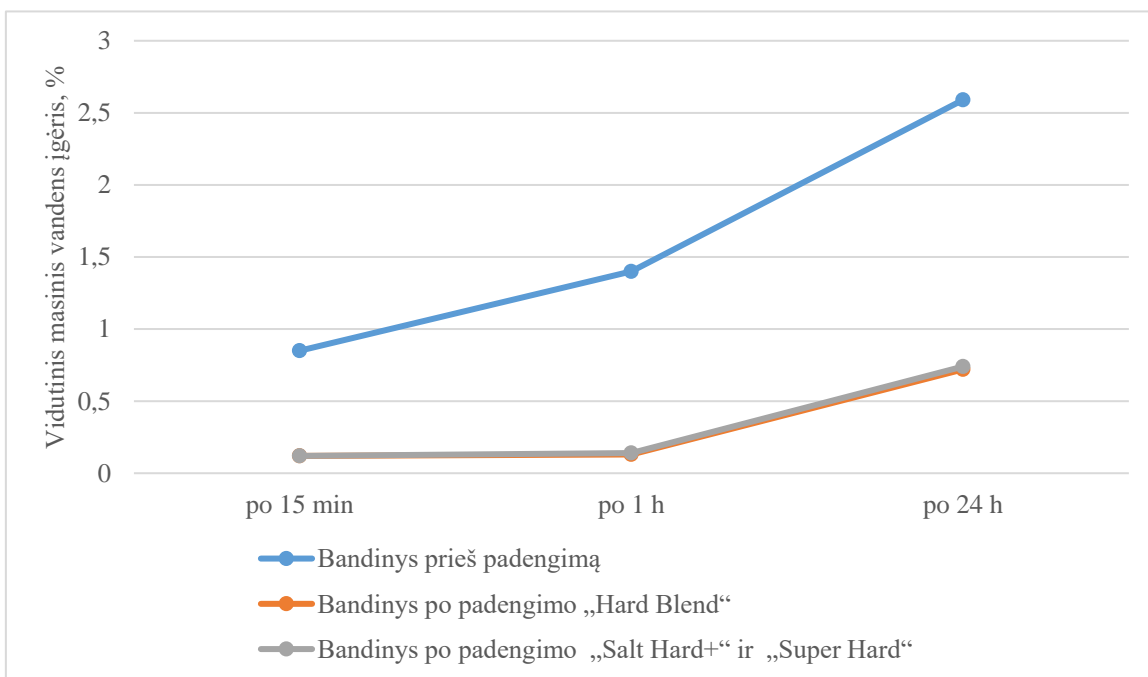
	Bendras vidutinis poringumas P, %	Atviras vidutinis poringumas P _a , %	Uždaras vidutinis poringumas P _u , %
Bandinys prieš padengimą	12,70	9,60	3,10
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	10,93	2,31	8,62
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	10,46	2,25	8,21



37 pav. C35/45 betono klasės bandinių poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais

24 lentelė. C50/60 betono klasės bandinių vandens įgėrio nustatymo rezultatai

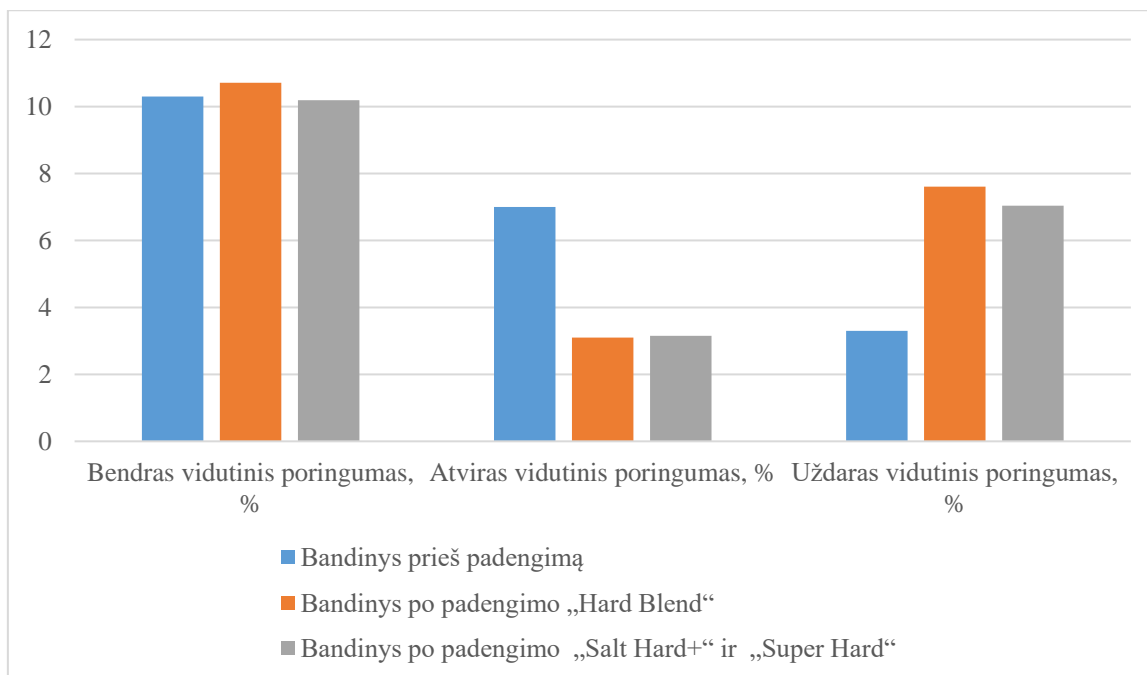
	W _{t1} , % po 15min	W _{t2} , % po 1h	W _{t3} , % po 24h
Bandinys prieš padengimą	0,85	1,40	2,59
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	0,12	0,13	0,72
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	0,12	0,14	0,74



38 pav. C50/60 betono klasės bandinių masinio vandens įgėrio kitimas bėgant laikui

25 lentelė. C50/60 betono klasės bandinių poringumo rezultatai

	Bendras vidutinis poringumas P, %	Atviras vidutinis poringumas P _a , %	Uždaras vidutinis poringumas P _u , %
Bandinys prieš padengimą	10,30	7,00	3,30
Bandinys po padengimo „Hard Blend“	10,71	3,10	7,61
Bandinys po padengimo „Salt Hard+“ ir „Super Hard“	10,19	3,15	7,04

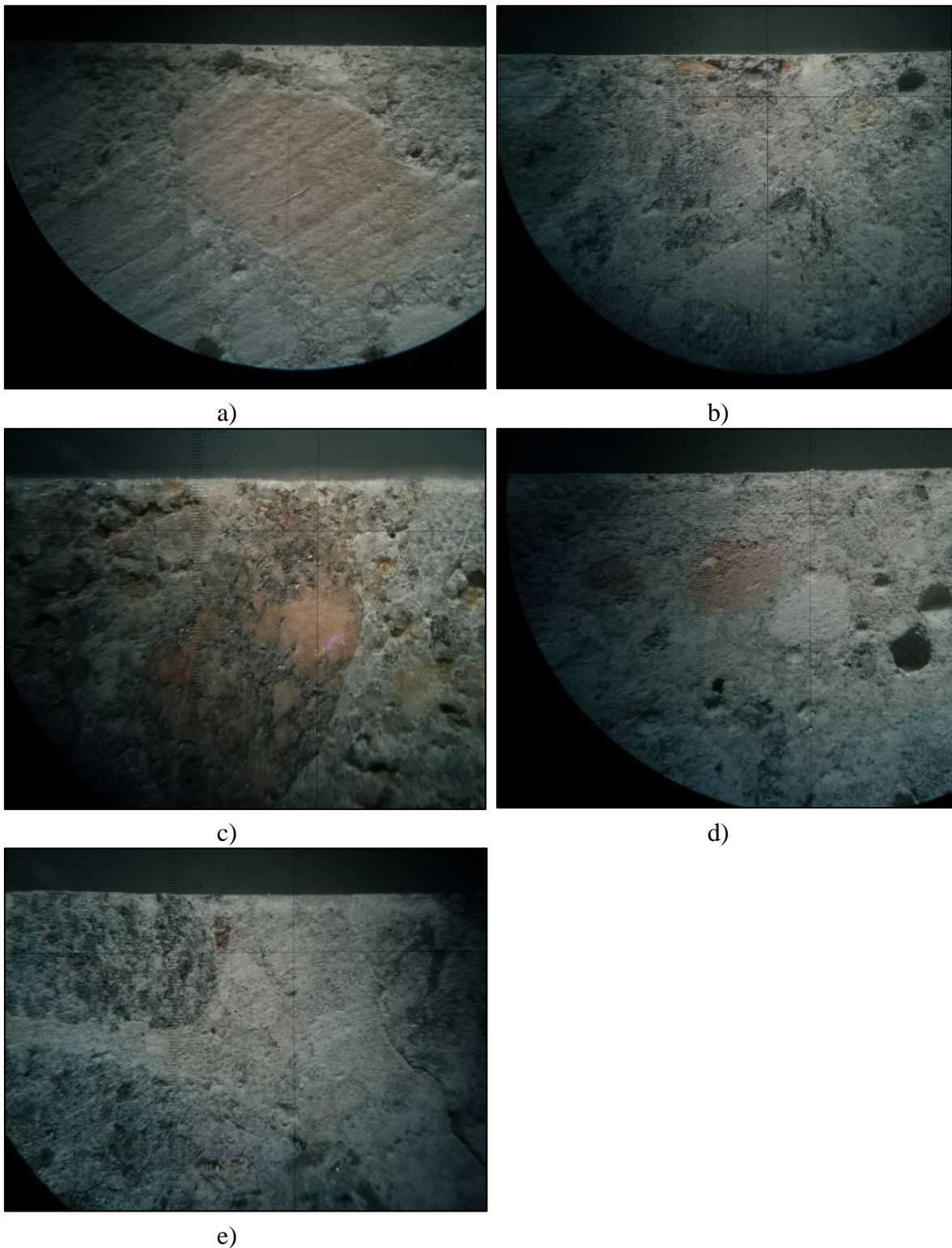


39 pav. C50/60 betono klasės bandinių poringumo kitimas bandinius dengiant kietikliais

Atlikus vandens įgėrio bandymą, galima matyti, jog vandens įsigėrimo vertės, nepriklausomai nuo vandens įgėties kinetikos, ženkliai sumažėjo, kai bandiniai buvo padengti kietikliais. Kai bandinys buvo padengtas „Salt Hard+“ ir „Super Hard“ kietikliais vidutinis masinis vandens įgėris tapo dar mažesniu, nei bandinį padengus tik „Hard Blend“ kietikliu. Nagrinėta C35/45 betono klasės trinkelė yra atviraporės struktūros, tai reiškia, jog ji dėl savo susisluoksniavimo, sugeba įgerti daugiau skysčių, tad rezultatuose matoma, jog masinis vandens įgėris per tą patį laiką greičiau pasiekia galutines vertes, linija kyla stačiau, lyginant su įprastu betonu. Taip pat net jau ir įgėrusi „Hard Blend“ kietiklį, trinkelė sugeba įgerti dar nemažai vandens. Tačiau pagal poringumo rezultatus, nors ir trinkelė laikoma kaip atviras poras turintis gaminy, nėra aiškiai matomo skirtumo, jog būtų galima sakyti, kad tik trinkelėje dominuoja atviros poros. Atvirų porų procentais ten yra nemažai, tačiau netgi didesnę vertę galima pamatyti C20/25 betono klasės bandinyje, tad skaičiuojant poringumą atviraporė struktūra nenustatyta. Nors išskirtinai trinkelės rezultatų nesimato, tačiau galima teigti, jog kietikliai sugebėjo įsigerti į betono paviršių, nes turime sumažėjusį bandinių poringumą ir vandens įgėrį.

3.4. Kietiklio įsigėrimo lygio (gylis) nustatymas

Kietiklio įsigėrimo lygis (gylis) buvo nustatomas naudojant dviejų rūšių mikroskopiją – optinę ir skenuojančią. Su optiniu mikroskopu vaizdą buvo galima išdidinti 20 kartų, kad būtų matoma kaip pjūvyje išliko ar pasikeitė betonas ir jo paviršius, buvo galima įžvelgti sluoksnį padengto kietiklio. Skenuojančiu mikroskopu daryti trys didinimo atvejai – didinta 32, 100 ir 1000 kartų. Matavimų metu buvo matoma betono struktūra, bei taip atlikta betono paviršiuje esančių cheminių elementų sudėtis (EDS).

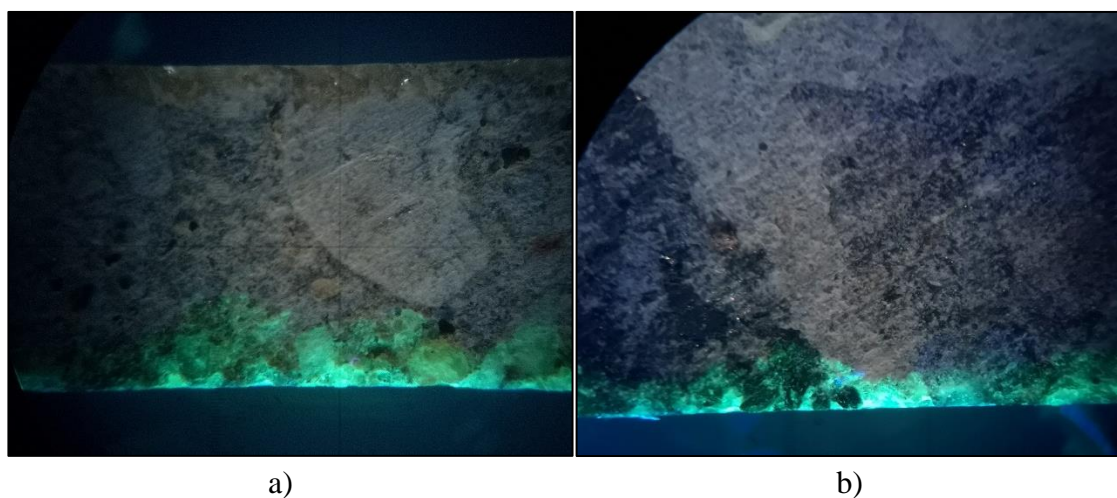


40 pav. Kietikliu padengtų bandinių nuotraukos, padarytos optiniu mikroskopu su 20 k. didinimu: a) C20/25 betono klasės bandinys, b) C30/37 betono klasės bandinys, c) C35/45 betono klasės trinkelė, d) C35/45 betono klasės bandinys, e) C50/60 betono klasės bandinys

Optiniu mikroskopu stebint bandinius buvo galima matyti betono paviršių, betono sudedamųjų dalių išsidėstymą, įvairius netolygumus, poras. Deja, 20 kartų didinimas ir šio mikroskopo skiriamoji geba neleidžia aptikti tikslaus kietiklio įsigėrimo gylio, dėl kietiklio skaidrumo. Labiausiai matoma kietiklio įsigėrimo linija yra c), d) ir e) paveikslėliuose, tad būtent C35/45 betono klasės trinkelės,

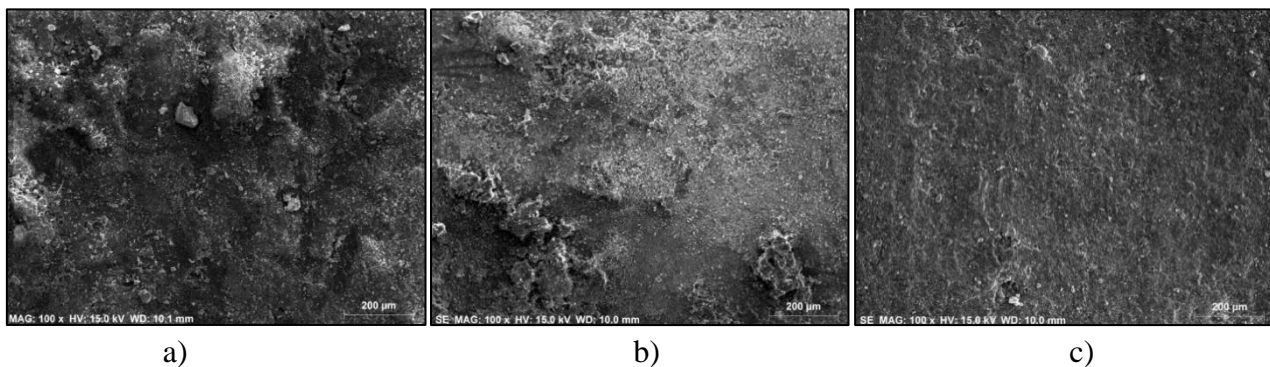
C35/45 betono klasės bandiniai ir C50/60 betono klasės bandiniai buvo tirti toliau su skenuojančia mikroskopija.

Taip pat optiniu mikroskopu buvo bandyta tirti bandinius, padengus fluorescenciniais dažais ir apšvietus UV šviesa. Fluorescencinis dažas apsišviečia tose vietose, kur randamas kietiklis.



41 pav. Fluorescenciniais dažais padengti, UV šviesa apšviesti, bandiniai a) C35/45 betono klasė trinkelė, b) C50/60 betono klasės bandinys

Ultravioletine šviesa apšvietus bandinius, matomas labai panašus rezultatas, lyginant optiniu mikroskopu žiūrėtus neapšvietus bandinius. Skirtumas būtų nebent toks, kad tam tikros bandinio paviršiaus vietos yra įgėrusios daugiau kietiklio ir matoma ne tokia vienoda tiesi linija.

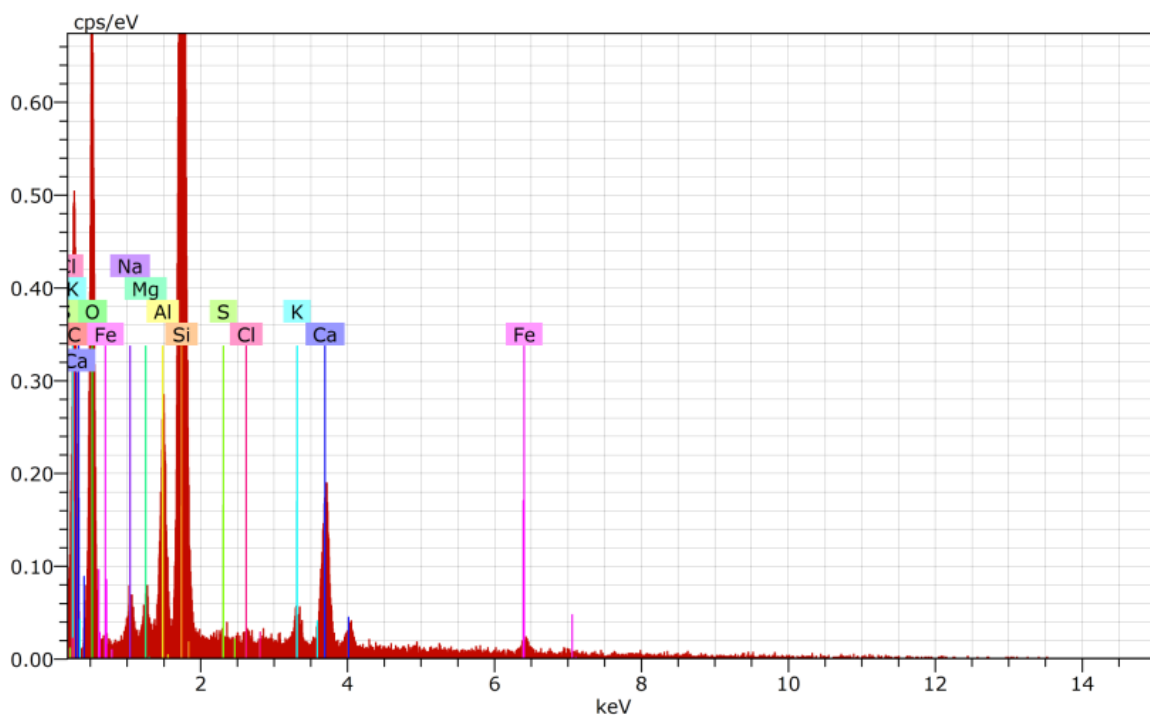


42 pav. Nuotraukos, padarytos skenuojančiu mikroskopu padidinus 100 k. kietikliu padengtus bandinius, a) C35/45 betono klasės trinkelė, b) C35/45 betono klasės bandinys, c) C50/60 betono klasės bandinys

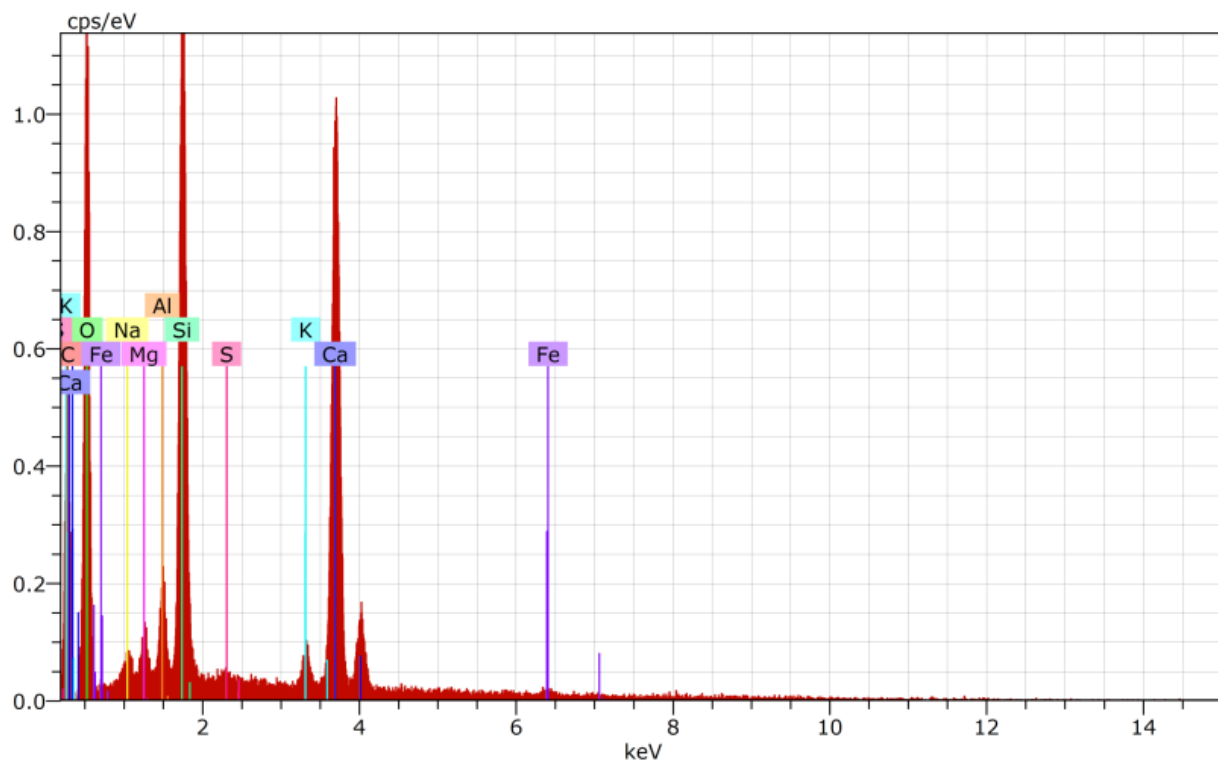
Naudojant šias nuotraukas, kurios buvo padarytos padidinus 100 kartų, buvo išsiaiškinta paviršiaus cheminių elementų koncentracija procentais.

26 lentelė. Cheminių elementų koncentracijos palyginimas

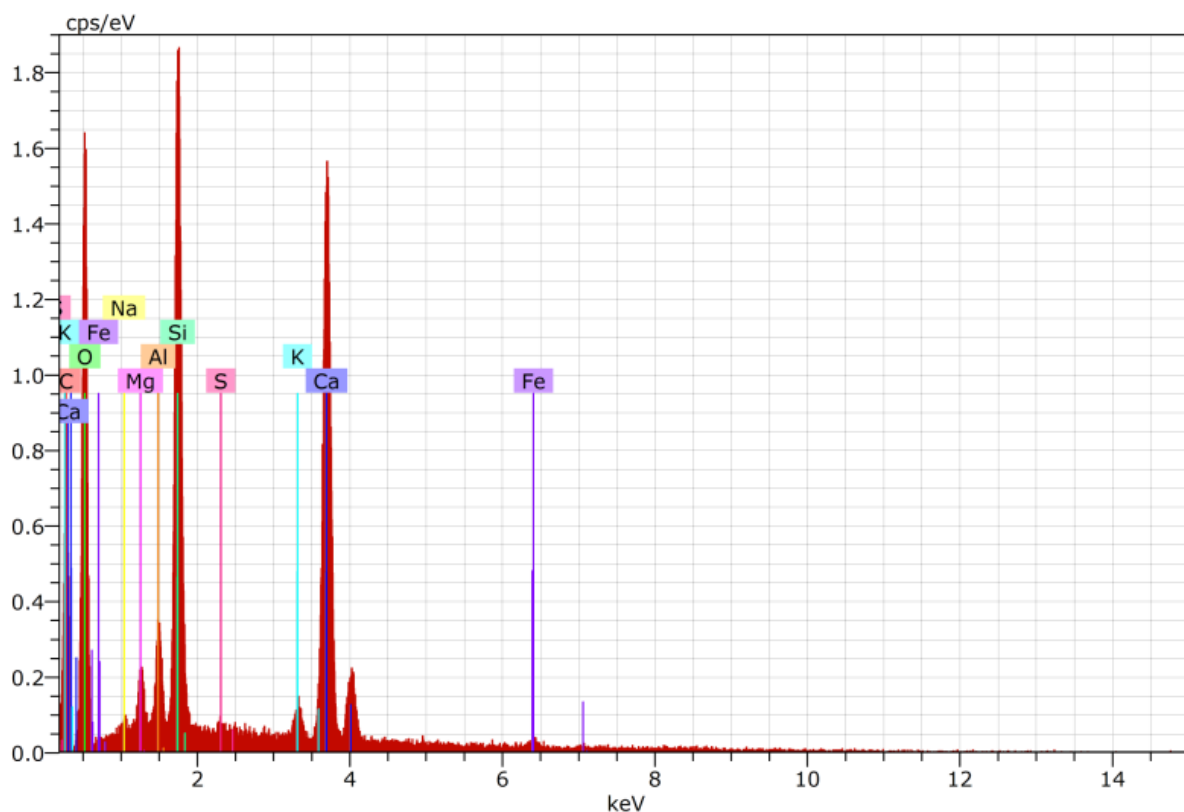
Tiriamas bandinys		C35/45 trinkelė		C35/45 bandinys		C50/60 bandinys	
Cheminis elementas jo kiekis, %	Bandinys padengtas kietikliu	Taip	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne
Anglis		16,11	0,53	8,23	4,44	8,35	5,09
Deguonis		44,55	47,36	45,44	44,27	43,41	44,15
Kalcis		7,32	2,04	27,26	39,58	27,16	31,88
Kalis		1,16	3,96	1,46	1,08	1,28	0,88
Magnis		0,46	0	0,83	0,42	1,19	0,42
Natris		0,73	3,50	0,69	0	0,31	0,30
Aliuminis		3,36	9,02	1,59	1,29	1,96	0,62
Silicis		23,74	30,72	12,99	6,15	13,72	14,01
Geležis		2,21	2,88	1,26	2,77	2,19	1,69
Siera		0,36	0	0,25	0	0,42	0,96



43 pav. C35/45 betono klasės trinkelės, padengtos kietikliu, paviršiaus cheminė sudėtis



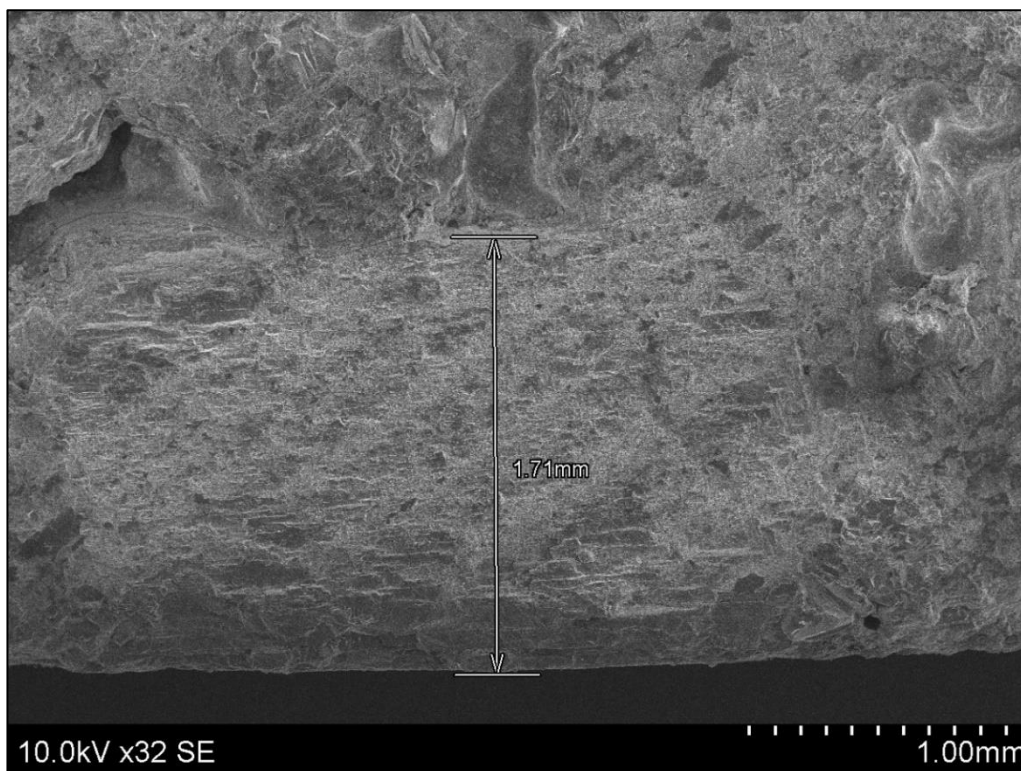
44 pav. C35/45 betono klasės bandinio, padengto kietikliu, paviršiaus cheminė sudėtis



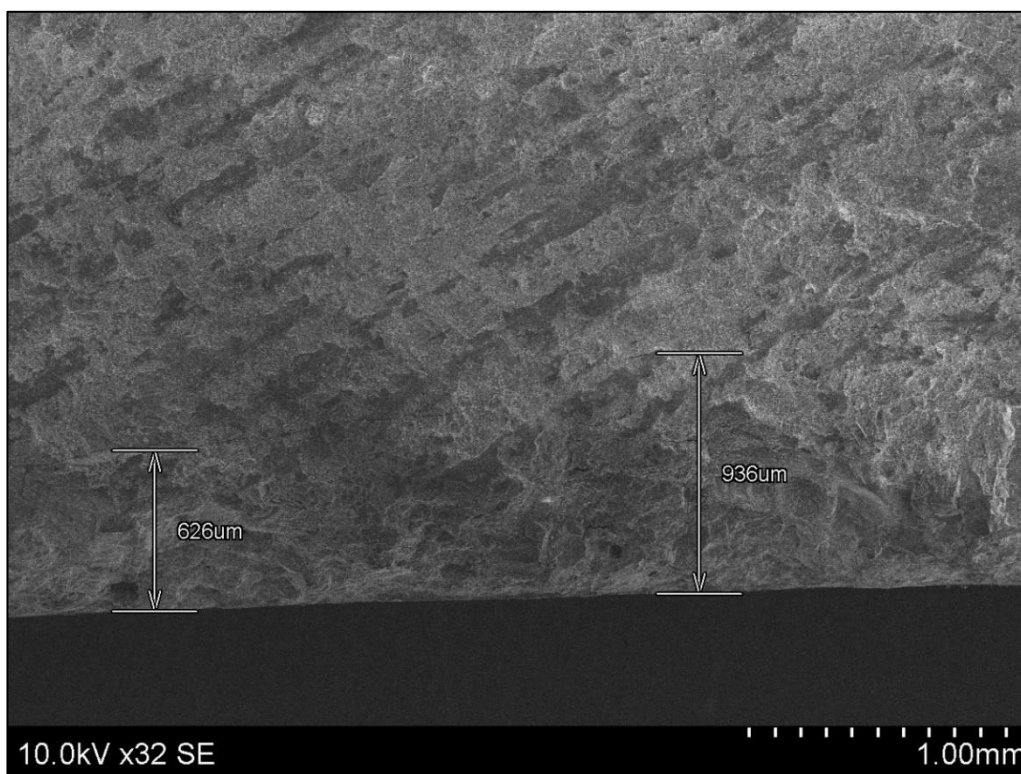
45 pav. C50/60 betono klasės bandinio, padengto kietikliu, paviršiaus cheminė sudėtis

Skenuojančio mikroskopo „FEI Quanta 200 FEG“ skiriamoji geba neleidžia aptikti ličio, kaip atskiro cheminio elemento, iš kurio pagrinde ir susideda naudojamas paviršiaus kietiklis. Tačiau iš cheminių elementų koncentracijos palyginimo lentelės (26 lentelė) galima pastebėti, jog daugumos elementų kiekis, padengus kietikliu, padidėjo. Šiuo atveju kadangi ličio kiekio išskirti negalima, galima

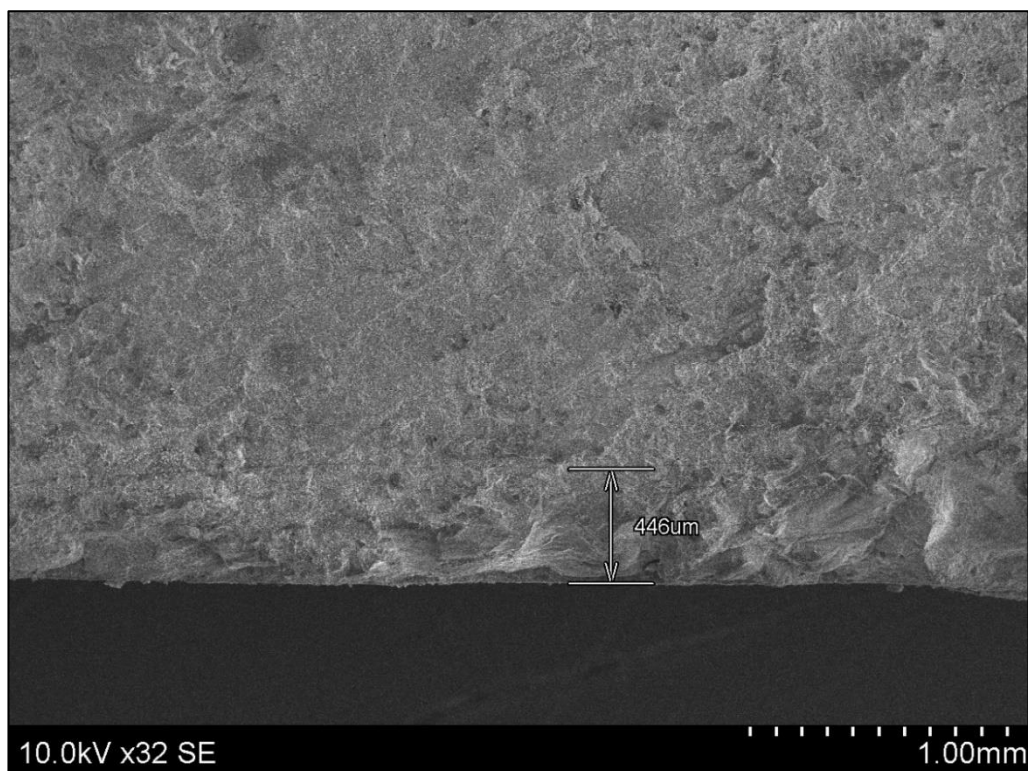
pamatyti pasikeitimus bendroje betono paviršiaus cheminių elementų sudėtyje. Anglies kiekio padidėjimas atsiranda, nes ličio silikatų pagrindo kietiklis sureaguoja su paviršiuje esančiais portlandito mineralais ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), kurių dalis pavirsta į kalcio karbonatą (CaCO_3) (kita dalis į kalcio hidrosilikatus), tokiu būdu paviršius karbonizuoja, padidėja karbonizacijos gylis bandinyje.



46 pav. C35/45 betono klasės trinkelė, skenuojančiu mikroskopu padidinta 32 k.

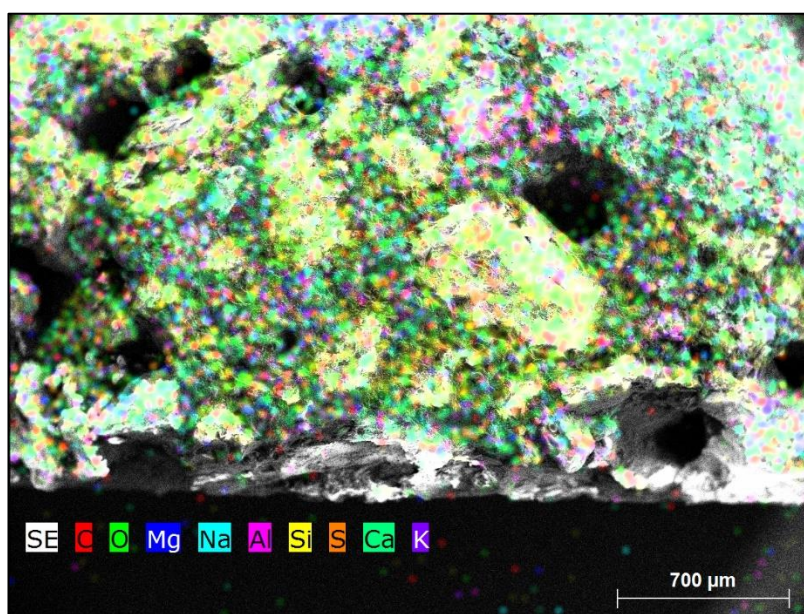


47 pav. C35/45 betono klasės bandinys, skenuojančiu mikroskopu padidintas 32 k.



48 pav. C50/60 betono klasės bandinys, skanuojančiu mikroskopu padidintas 32 k.

Skanuojančiu mikroskopu peržiūrėjus bandinius naudojant 32 kartų didinimą, buvo galima išvelgti tam tikras tendencijas ir aiškias vietas, kiek paviršius yra paveiktas naudoto, ličio silikatų pagrindu pagaminto, kietiklio. C35/45 betono klasės trinkelės yra atviraporės struktūros, kaip ir buvo manyta, į jas kietiklio įsigėrė daugiausia iš visų bandinių. 46 pav. nurodytoje vietoje net 1,71 mm, vadinasi, ličio mažos molekulės sugebėjo prasiskverbti į tokį gylį ir paveikti betono struktūrą. Palyginimui, į C35/45 betono klasės bandinio paviršių kietiklis įsiskverbė 0,94 mm (47 pav.), o į C50/60 betono klasės bandinį vos 0,45 mm (48 pav.). Didesnio tankio ir stiprumo betonas pasižymi mažesniu poringumu, dėl tos priežasties sumažėja galimybė skysčiui įsigerti į betono paviršių.



49 pav. C35/45 betono klasės trinkelės, elementinės cheminės analizės nuotrauka su seleno filtru

Elementinės cheminės analizės nuotraukoje matomas cheminių elementų išsidėstymas trinkelės pjūvyje, visur dalelės yra pakankamai tankiai išsidėsčiusios, tačiau ties bandinio kraštu, kur matomas baltas ruožas – seleno filtro elementas – ten ryškios spalvos dalelių yra žymiai mažiau. Iš tokių duomenų galima spręsti, kad ties baltu ruožu yra pasklidusios ličio pagrindu pagaminto kietiklio dalelės.

Išvados

1. Atliekant naujos kartos betoninių grindų paviršiaus kietiklių įtakos betono paviršiaus savybėms tyrimus, buvo panaudoti standartinių betono stiprio gniuždymui klasių betonai C20/25, C30/37, C35/45 ir C40/50 naudojami įvairių tipų grindims ir lauko grindiniams įrengti. Nustačius šių betonų stiprį gniuždant ir tankį, pastebėta, kad didėjant tankiui betono stipris gniuždant didėja.
2. Ištyrus betono atsparumą dilumui Bohme metodu, nustatyta, kad impregnavus paviršių „Hard Blend“ kietikliu atsparumas dilumui padidėjo nuo 7 % iki 25 %, o impregnavus paviršių „Salt Hard+“ ir „Super Hard“ dilumui padidėjo nuo 22 % iki 35 %.
3. Vertinant betono paviršiaus gebėjimą neįgerti dėmių ir išlaikyti estetinį vaizdą ilgalaikio eksploatavimo laikotarpiu buvo atlikti vandens įgeriamumo kinetikos tyrimai. Šių tyrimų metu nustatyta, kad impregnavus paviršių „Hard Blend“ kietikliu vandens įgėris po 24 val mirkymo sumažėjo nuo 61,4 % iki 87,4 %, o impregnavus paviršių „Salt Hard+“ ir „Super Hard“ vandens įgėris sumažėjo nuo 71,4 % iki 90,8 %. Taip pat nustatyta, kad naudojant ličio silikatų pagrindu pagamintus kietiklius, keičiasi betono poringumo pobūdis – atviras poringumas paviršiuje sumažėja vidutiniškai 4 kartus, uždaras paviršiaus poringumas padidėja vidutiniškai 2,5 karto. Tai parodo, kad šio tipo paviršiaus kietikliai gali būti efektyvūs ir eksploatuojant betonines grindis ar grindinius lauko sąlygomis, nes dėl padidėjusio uždaro poringumo turėtų padidėti ir betono atsparumas šalčiui.
4. Vertinant optinės ir skenuojančios elektroninės mikroskopijos rezultatus, galima teigti, kad ličio silikatų pagrindu pagaminti kietikliai nekeičia betono estetinio vaizdo, nes yra skaidrūs ir sunkiai pastebimi net naudojant optinės mikroskopijos tyrimus. Skenuojančios elektroninės mikroskopijos metu (SEM), nustatyta, kad šie kietikliai į vidutinio stiprumo betonus įsigėrė nuo 1,71 mm iki 0,45 mm gylį. SEM analizės metu buvo atlikta ir paviršiuje esančių cheminių elementų (EDS) analizė, iš kurios rezultatų galima teigti, kad ličio silikatai aktyviai dalyvauja cheminėse reakcijose su portlandito mineralais suformuodami stabilesnius ir tvirtesnius C-S-H naujadarus.
5. Galima teigti, kad ličio silikatų pagrindu pagaminti betono kietikliai efektyviai impregnuoja ir sukietina betono paviršių ir apsaugo jį nuo galimo nešvarumų įsigėrimo, padidina paviršiaus atsparumą dilumui, sumažina galimybę vykti betono korozijai, tikėtinai padidina atsparumą šalčiui ypač naudojant „Salt Hard+“ ir „Super Hard“ tipo kietiklį.

Literatūros sąrašas

1. ACI 302.1R-96 *Guide for concrete floor and slab construction*.
2. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 206-1:2012], *Taikymo taisyklės ir papildomi nacionaliniai reikalavimai*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2012.
3. RANDALL, Frank A., Jr. Senior structural engineer building construction section portland cement association. *The basic facts about carbonation of fresh concrete of floor surfaces* [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.concreteconstruction.net>
4. TEKNOS: *Handbook for the surface treatment of concrete* [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.teknos.com>
5. LIQUID FLOORS ASSOCIATION: *Epoxy vs. Urethane Concrete Floor Coatings* [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.liquidfloors.com>
6. HARD ROCK CONCRETE COATINGS: *What is an acrylic concrete coating?* Hard Rock Concrete Coatings 2019 [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.hardrockconcretecoatings.com>
7. TEKNOS: *Polyurea* [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.teknos.com>
8. TIKKANEN, Johanna, Vesa PENTTALA, Andrzej CWIRZEN. ICE Institution of civil engineers. Mineral powder concrete – effects of powder content on concrete properties. *Magazine of concrete research* [interaktyvus]. 2011, **63**(12), 893-903 [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1680/mac.10.00048>
9. SIKA: *Dry shake hardeners for concrete floors* [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.sika.com>
10. BETONO ZONA: *Betono paviršiaus kietinimas* [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.betonzona.lt>
11. BETONO ZONA: *Korodur industrinės grindys. Palyginamasis pristatymas, standartizuotų kietų užpildų skiedinių ir sausų kietų užpildų pabarstų („topingų“)*. 2012 [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.betonzona.lt>
12. BOSTIK Smart adhesives: *XPS Aukštos kokybės, greitai džiūstantis, savaimė išsilyginantis mišinys itin didelių apkrovų zonoms viduje ir lauke* [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.bonderus.lt>
13. Portland cement association: *Concrete information. Effects of substances on concrete and guide to protective treatments*. ©2007 Portland Cement Association [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.cement.org>
14. PINHEIRO-ALVES, M.T., A.R. SEQUEIRA, M.J. MARQUES, A. BETTENCOURT RIBEIRO. Compatibility between base concrete made with different chemical admixtures and surface hardener. 2012 [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com>
15. Visuotinė lietuvių enciklopedija: *Silikatai* [žiūrėta 2021-12-05]. Prieiga per: <https://www.vle.lt/straipsnis/silikatai>
16. LIETUVOS RESPUBLIKOS SUSISIEKIMO MINISTERIJA. *Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos pateiktas jungtinių tautų organizacijos ekspertų komiteto sudarytas pavoju medžiagų sąrašas*.
17. BASF The chemical company: *Lapidolith concrete hardener and dustproofers* ©2007 BASF [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.bestmaterials.com>

18. ChemMasters: *StarSeal PS Clear Potassium silicate hardener, densifier and dustproof*er [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.chemmasters.net>
19. HOSKING, Roger. Road aggregates and skidding. 1992 [žiūrėta 2021-08-22]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com>
20. SADEYZADEH, M., C. PAGE, R. KETTLE. Surface microstructure and abrasion resistance of concrete. *Cement and concrete research* [interaktyvus]. 1987, 581-590 [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com>
21. LAPLANTE, P., P. AITCIN, D. VEZINA. Abrasion resistance of concrete. 1991 [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(1991\)3:1\(19\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(1991)3:1(19))
22. NAIK, T., S. SINGH, M. HOSSAIN. Abrasion resistance of concrete as influenced by inclusion of fly ash. *Cement and concrete research* [interaktyvus]. 1994, 303-312 [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com>
23. ATIS, C. High volume fly ash abrasion resistant concrete. 2002 [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2002\)14:3\(274\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2002)14:3(274))
24. GOPALAKRISHNAN, R., K. CHINNARAJU. Durability characteristics of slag/fly ash based alumina silicate concrete at ambient temperature. 2020 [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00889-1>
25. FERNANDEZ-JIMENEZ, A., I. GARCIA-LODEIRO, A. PALAMO. Durability of Alkali-activated fly ash Cementitious Materials. *Journal of Materials Science* [interaktyvus]. 2007, 42, 3055-3065 [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com>
26. GARCIA, Alvaro, Daniel Castro FRESNO, Juan Antonio POLANCO. Effect of dry – shaking treatment on concrete pavement properties. *Construction and Building Materials* [interaktyvus]. 2008, 2202-2211 [žiūrėta 2021-10-05]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com>
27. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 12390-2:2019], *Sukietėjusio betono bandymai. 2 dalis. Bandinių pagaminimas ir kietinimas stipriui nustatyti*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2019.
28. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 12350-2:2019], *Betono mišinio bandymai. 2 dalis. Slankumo bandymas*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2019.
29. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 12390-3:2019], *Sukietėjusio betono bandymai. 3 dalis. Bandinių gniuždymo stipris*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2019.
30. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 12390-7:2019], *Sukietėjusio betono bandymai. 7 dalis. Sukietėjusio betono tankis*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2019.
31. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 13892-3:2015], *Grindų išlyginamųjų medžiagų bandymo metodai. Atsparumo dėvėjimuisi nustatymas Bohme metodu*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2015.
32. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 13369:2004], *Betonas. Bandymo metodai. Vandens įgeriamumas*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2004.

33. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 197-1:2011], Cementas. 1 dalis. Įprastinių cementų sudėtis, techniniai reikalavimai ir atitikties kriterijai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2011.
34. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 12620:2003+A1:2008], Betono užpildai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2003.
35. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 1008:2013], Vanduo betonui. Techniniai vandens ėminių ėmimo, bandymo ir tinkamumo reikalavimai, įskaitant gražinamą iš gamybos betono pramonėje vandenį, pakartotinai naudojamą betono mišiniui ruošti. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2013.
36. CRETE COLORS: International Technical Data Sheet C2 Hard Blend [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.cretecolors.com>
37. CRETE COLORS: International Technical Data Sheet C2 Super Hard [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.cretecolors.com>
38. CRETE COLORS: International Technical Data Sheet C2 Salt Hard+ [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.cretecolors.com>
39. GUMULIAUSKAS, Algirdas ir Gedrimas ABROMAVIČIUS. Betono mišinio sudėties projektavimas. The 7th International Conference [interaktyvus]. 2001 gegužės 16-18 [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.irbnet.de>
40. Betonotyros laboratoriniai darbai. Kaunas: 2010.
41. GURSKIS, Vincas. Statybinių medžiagų laboratoriniai darbai. Metodiniai patarimai [interaktyvus]. Kaunas, Ardiva, 2008 [žiūrėta 2021-12-28]. ISBN 9789955896142. Prieiga per: <https://www.vdu.lt>
42. IVANAUSKAS, Ernestas, Algirdas AUGONIS, Ramūnas GEČYS ir Vitoldas VAITKEVIČIUS. Statybinių medžiagų laboratoriniai darbai. Mokomoji knyga [interaktyvus]. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2011 [žiūrėta 2021-12-28]. ISBN 9789955207078. Prieiga per: <https://www.ebooks.ktu.lt>
43. FEI COMPANY: FEI Quanta 200 FEG. 2006 [žiūrėta 2021-12-28]. Prieiga per: <https://www.personalas.ktu.lt>