



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

Jurga Šeputytė

**PRIEDŲ ĮTAKOS STATYBINIO SKIEDINIO SAVYBĖMS TYRIMAS
INVESTIGATION OF INFLUENCE OF ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF
MORTAR**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos medžiagų ir dirbinių studijų programa, valstybinis kodas 621J82001

Statybų technologijos studijų kryptis

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

TVIRTINU

KATEDROS VEDĖJAS

(Parašas)

dr. doc. Gintautas Skripkiūnas

(Vardas, pavardė)

(Data)

Jurga Šeputytė

PRIEDŲ ĮTAKOS STATYBINIO SKIEDINIO SAVYBĖMS TYRIMAS
INVESTIGATION OF INFLUENCE OF ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF
MORTAR

Baigiamasis magistro darbas

Statybos medžiagų ir dirbinių studijų programa, valstybinis kodas 621J82001

Statybų technologijos studijų kryptis

Vadovas

dr. doc. Kičaitė Asta

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

Statybų technologijos studijų kryptis

Statybos medžiagų ir dirbinių studijų programa, valstybinis kodas

621J82001

TVIRTINU

KATEDROS VEDĖJAS

(Parašas)

dr. doc. Gintautas Skripkiūnas

(Vardas, pavardė)

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO

UŽDUOTIS

..... Nr.

Vilnius

Studentui (ei) Jurgai Šeputytei

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Priedų įakos statybinio skiedinio savybės tyrimas

patvirtinta 2011 m. lapkričio 4 d. dekanų potvarkiu Nr. 702 st.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2012 m. birželio 4 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Alikti literatūros šaltinių apžvalgą. Susipažinti su šiuolaikiniais statybinių skiedinių tyrimo metodais. Pasirinkti šiai temai reikalingus tyrimo metodus. Pasirinkti skiedinių priedus ir suprojektuoti skiedinių sudėtis. Atlikti skiedinio mišinio tyrimus ir suformuoti bandinius tolimesniems tyrimams. Nustatyti sukietėjusio skiedinio fizikines ir mechanines savybes. Aprašyti tyrimo rezultatus. Pateikti atlikto darbo išvadas. Pateikti literatūros sąrašą.

.....
.....

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

.....
.....

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas

(Paraša)

dr. doc. Asta Kičaitė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....

(Parašas)

.....Jurga Šeputytė.....

(Vardas, pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Statybos fakultetas

Statybos medžiagų katedra

ISBN

ISSN

Egz. sk.

Data 2012-06-08

Statybos inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas PRIEDŲ ĮTAKA STATYBINIO SKIEDINIO SAVYBĖMS TYRIMAS

Autorius Jurga Šeputytė

Vadovas doc. dr. Asta Kičaitė

Kalba

☐

lietuvių

☐

užsienio

Anotacija

Šiame baigiamajame magistro darbe nagrinėjama priedų įtaka statybinio skiedinio savybėms.

Teorinėje dalyje pateikta literatūros analizė, bendros žinios apie skiedinius, išnagrinėta priedų pasiūla Lietuvoje.

Eksperimentinėje dalyje tyrimams buvo naudojami dviejų rūšių portlandcemenčiai (klinties portlandcementis CEM II/A-LL 42,5 N ir portlandcementis be mineralinių priedų CEM I 42,5N (MA)), smulkusis užpildas smėlis, kalkės, vanduo ir priedai: orą įtraukiantis ir stabilizuojantis priedas ir rišimosi trukmę lėtinantis priedas. Buvo atlikti kūgio įsmigimo į skiedinio mišinį, skiedinio pasklidimo, skiedinio mišinio vandens išsiskyrimo, šviežio skiedinio tankio, bei lenkimo ir gniuždymo stiprumo tyrimai. Aprašomi rezultatai, atliekama jų analizė.

Darbą sudaro penkios dalys: įvadas, literatūros apžvalga, eksperimentiniai tyrimai, išvados, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 63 p. teksto be priedų, 19 iliustr., 22 lent., 43 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: skiedinys, portlandcementis, slankumas, sklidumas, gniuždymo stipris, lenkimo stipris.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of building materials

ISBN ISSN
Copies No.
Date-....-....

Work of Masters Degree Studies (Thesis).

Title: **INVESTIGATION OF INFLUENCE OF ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF MORTAR**

Author Jurga Šeputytė

Academic supervisor Asta Kičaitė

Thesis language

☐

Lithuanian

☐

Foreign (English)

Annotation

The present work of Master degree studies analyzes investigation of influence of additives on the properties of mortar.

Theoretical part of this work introduces analysis of literature, general information of mortars, about the partitionsexamined additives for Lithuania.

In experimental part were used two type of Portland cement (CEM II/A-LL 42,5 N and CEM I N (MA)) fine aggregate sand, lime, water and additives: air-entraining and stabilizing, retarder. To determine the effects of additives for mortar mix had been the cone penetration into the mix, mortar mobility, mortar release of water, the density, and flexural and compressive tests.

The results were describe, analysis is performed.

Structure: introduction, experimental part, conclusions and suggestions, references.

Thesis consist of: 63 p. text without appendixes, 19 pictures, 22 tables, 43 bibliographical entries.

Appendixes included.

Keywords: mortar, Portland cement, mobility, flow characteristics, compressive strength, flexural strength.

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Jurga Šeputytė, VGTU1026796

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Statybos fakultetas

(Fakultetas)

Statybos medžiagos ir dirbiniai, SMDfm-10

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

2012 m. Birželio 7 d.
(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema

Priedų įtakos statybinio skiedinio savybėms tyrimas

patvirtintas 2011 m. lapkričio 4 d. dekanų potvarkiu Nr. 702 st., yra
savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar
netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo
mokslininkai ir specialistai: doc. dr. Asta Kičaitė

Mano darbo (projekto) vadovas doc. dr. Asta Kičaitė

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų
piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	9
LENTELIŲ SĄRAŠAS	10
TERMINAI IR APIBRĖŽIMAI	11
IVADAS	12
1. ANALITINĖ DALIS	14
1.1. Skiedinio sudedamosios dalys	14
1.2. Skiedinių klasifikacija	19
1.3. Skiedinio gamyba ir pervežimas	20
1.4. Reikalavimai skiediniams	21
1.4.1. Reikalavimai skiedinio mišiniams	21
1.4.2. Reikalavimai sukietėjusiems skiediniams	23
1.5. Siedinio priedai	24
1.5.1. Priedų rūšys	24
1.5.2. Priedai, pateikiami Lietuvos rinkai	25
1.5.3. Priedai skiediniui ir jų įtaka skiedinio savybėms	28
2. METODINĖ DALIS	32
2.1. Užpildo tyrimo metodai pagal LST 1476.6:1997	32
2.1.1. Smėlio piltinio tankio nustatymas	32
2.1.2. Smėlio dalelių tankio nustatymas	33
2.1.3. Smėlio drėgnio nustatymas	34
2.1.4. Smėlio granulometrinės sudėties ir stambumo modulio nustatymas	34
2.2. Portlandcemenčio tyrimo metodai pagal LST EN 1990:2004	37
2.2.1. Portlandcemenčio piltinio tankio nustatymas	37
2.2.2. Portlandcemenčio savitojo tankio nustatymas	38
2.2.3. Portlandcemenčio normalaus tirštumo teslos nustatymas pagal LST EN 196-3:2005	38
2.3. Kalkių savybių tyrimas	39
2.3.1. Kalkių teslos išeigos nustatymas pagal LST EN 459-2:2010	39
2.4. Cemento skiedinio ir sudėtinio skiedinio sudėties apskaičiavimas, kai naudojamas CEM II/A - LL 42,5	40
2.4.1. Medžiagų charakteristikos	40
2.4.2. Skaičiavimai	40
2.5. Cemento skiedinio ir sudėtinio skiedinio sudėties apskaičiavimas, kai naudojamas CEM - I 42,5 N (MA	42

2.5.1. Medžiagų charakteristikos	42
2.5.2. Skaičiavimai	42
2.6. Skiedinio slankumo nustatymas pagal kūgio įsmigimo gylį pagal LST EN 1015-4:2004.....	46
2.7. Šviežio skiedinio konsistencijos (tinkamumo) nustatymas (Sklidumo metodas (kratymo stalas)) pagal LST EN 1015-3:2002/A1:2004.....	46
2.8. Skiedinio vandens išsiskyrimo nustatymas	47
2.9. Skiedinio tešlos tankio nustatymas pagal LST EN 1015-6:2002	47
2.10. Bandinių paruošimas ir laikymo sąlygos.....	48
2.11. Skiedinio bandinių lenkimo stiprio ir gniuždymo stiprio nustatymas pagal LST EN 1015-11:2004	49
2.12. Sukietėjusio skiedinio bandinių įmirkio nustatymas	49
2.13. Sukietėjusio skiedinio bandinių tankio nustatymas pagal LST EN 1015-10:2002/A1:2007	50
3. EKSPERIMENTINĖ – TIRIAMOJI DALIS	50
3.1. Skiedinio slankumo nustatymas pagal kūgio įsmigimo gylį	51
3.2. Šviežio skiedinio konsistencijos (tinkamumo) nustatymas sklidumo metodu naudojant kratymo stalą pagal LST EN 1015-9:2002/A1:2007	52
3.3. Skiedinio vandens išsiskyrimo nustatymas	53
3.4. Skiedinio mišinio tankio nustatymas	54
3.5. Skiedinio bandinių lenkimo stiprio ir gniuždymo stiprio nustatymas	55
3.6. Įmirkio nustatymas	57
3.7. Skiedinio bandinių tankio nustatymas	57
IŠVADOS.....	59
NAUDOTOS LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	61
PRIEDAI	64

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 pav. Smėlio piltinio tankio nustatymas	32
2.2 pav. Kaitinimo krosnis su bandinėliais viduje.....	33
2.3 pav. Aušinami piknometrai su smėliu ir vandeniu	34
2.4 pav. Smėlio granulimetrinės sudėties kreivė	36
2.5 pav. Mechaninis sijotuvus.....	36
2.6 pav. Portlandcemečio piltinio tankio nustatymas	37
2.7 pav. Viko prietaisas su cementais CEM II/A – LL 42,5 N ir CEM I 42,5 N (MA)	39
2.8 pav. Skirtingų skiedinių tipų makro- struktūros vaizdas	45
2.9 pav. Prietaisas skiedinio slankumui nustatyti	46
2.10 pav. Kratymo stalas su skiediniu	47
2.11 pav. Bandinio forma	48
2.12 pav. Mirkymo vonia su bandiniais	48
2.13 pav. Perlenktas sukietėjusio skiedinio bandinys 4x4x16 cm.....	49
3.1 pav. Skiediniui reikalingas vandens kiekis.....	51
3.2 pav. Iš skiedinių bandinių išsiskyrusio vandens kiekis	54
3.3 pav. Skirtingo tipo skiedinių tankiai.....	55
3.4 pav. Sukietėjusio skiedinio lenkimo stipris	56
3.5 pav. Sukietėjusio skiedinio gniuždymo stipris	56
3.6 pav. Sukietėjusio skiedinio bandinių tankiai	58

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Kalkių sudėties reikalavimai.....	16
1.2 lentelė. Hidraulinį kalkių (HL) sudėties reikalavimai ir gniuždymo stipris.....	16
1.3 lentelė. Įprastinių cementų atmainos ir sudėtis.....	17
1.4 lentelė. Pagindiniai cementų rodikliai	18
1.5 lentelė. Statybinių skiedinių skirstymas pagal rišamąsias medžiagas	19
1.6 lentelė. Skiedinio naudojimo paskirtis pagal konsistenciją.....	22
1.7 lentelė. Mišinio konsistencijos klasės, vertinamos sklidumo ir slankumo rodikliais.....	22
2.1 lentelė. Smėlio piltinio tankio tyrimo rezultatai	32
2.2 lentelė. Smėlio dalelių tankio tyrimo rezultatai.....	33
2.3 lentelė. Smėlio drėgnio nustatymo rezultatai	34
2.4 lentelė. Smėlio (frakcija 0/2) dalinių, suminių liekanų ir išbirų nustatymo rezultatai	35
2.5 lentelė. Portlandcemenčio piltinio tankio tyrimo rezultatai.....	37
2.6 lentelė. Portlandcemenčio savitojo tankio tyrimo rezultatai	38
2.7 lentelė. Normalaus tirštumo portlandcemenčio tešlos bandymo rezultatai	39
2.8 lentelė. Kalkių tešlos išeigos nustatymo rezultatai.....	40
2.9 lentelė. Sudėtinio cementinio skiedinio sudėtis (pradinė).....	41
2.10 lentelė. Cementinio skiedinio ir sudėtinio skiedinio sudėtis	42
2.11 lentelė. Sudėtinio cementinio skiedinio sudėtis (pradinė).....	43
2.12 lentelė. Sudėtinio cementinio skiedinio sudėtis.....	43
2.13 lentelė. Skiedinio mišinių sudėtys	44
3.1. lentelė. Šviežio skiedinio konsistencijos (tinkamumo) nustatymo rezultatai.....	52
3.2 lentelė. Skiedinio bandinių įmirkis.....	57

TERMINAI IR APIBRĖŽIMAI

Pagrindiniai terminai išdėstyti LST EN standartuose: „Statybinis skiedinys“, „Skiedinio užpildai“, „Išorės ir vidaus tinko skiedinys“, „Mūro skiedinys“, „Neorganinės rišamosios medžiagos“, „Terminai ir apibrėžimai“.

Standartuose vartojami tokie terminai ir apibrėžimai:

Statybinis skiedinys – sukietėjęs rišamosios medžiagos tešlos, smulkių tinkamos granulometrijos užpildų ir priedų (įmaišų) mišinys.

Skiedinio mišinys – sukietėjęs rišamosios medžiagos tešlos, smulkių tinkamos granulometrijos užpildų ir priedų (įmaišų) mišinys.

Mūro skiedinys – vienos arba keletą rišamųjų medžiagų, užpildų, vandens ir įmaišų mišinys.

Neorganinės rišamosios medžiagos – mineraliniai milteliai, kuriuos užmaišius vandeniu, gaunama plastiška, savaime kietėjanti tešla, ilgainiui virstanti kietu dirbtiniu akmeniu.

Tešla – mineralinės rišamosios medžiagos miltelių ir vandens klampus mišinys, įgaunantis plastiškos, slankios, rišlios tešlos pavidalą.

Priedai – medžiagos kurios kurios naudojamos mišinio savybėms reguliuoti, modifikuoti ir pagerinti.

Specialūs mišiniai/skiediniai – tikslinės paskirties mišiniai/skiediniai, kurie naudojami kaip hidroizoliaciniai, šilumos ir garso izoliavimui, karščiui ir ugniai atsparūs, dalinai sulaikantys rentgeno spindulius, greitai kietėjantys remontiniai ir kiti. Gaminami iš mineralinių rišamųjų medžiagų, specialios paskirties užpildų, įmaišų ir priedų.

Tinko skiedinys – vienos ar keleto rišamųjų medžiagų, užpildų, vandens ir įmaišų (modifikuojančių) mišinys, naudojamas išorės bei vidaus tinkavimui.

Šviežias tinko skiedinys – sumaišytas ir paruoštas naudojimui skiedinys (Naujokaitis 2010).

IVADAS

Statybiniai skiediniai yra nuo senų laikų naudojama statybinė medžiaga. Tai – daugiakomponentė medžiaga, kuri sukietėjusi gali sudaryti labai sudėtingos formos dirbinius. Pagrindiniai statybinių skiedinių komponentai tai – užpildas, rišamoji medžiaga, vanduo, bei priedai (Čechovas 1976).

Statybiniais skiediniais mūrijami akmenys ir plytos, užtaisomos sandūros, montuojant betono ir gelžbetonio konstrukcijas, daroma apdaila, pasluoksniai po grindimis ir ritinine danga, kiti specialūs darbai (injekcijos, karščiui atsparūs, hidroizoliaciniai ir antikoroziniai sluoksniai ir kt.) (Statybinis...2012).

Statybiniai skiediniai dažniausiai gaminami betono-skiedinio gamyklose. Kai statybos darbų apimtis nedidelė, arba kai statoma atokiose vietose, skiedinys gaminamas statybos aikštelėje arba kilnojamuose agregatuose. Skiedinių sudėtį parenka gamyklos laboratorija.

Pagrindiniai skiedinių kokybės rodikliai priklauso nuo skiedinio paskirties. Skiediniai šiuolaikinėje statyboje vieni iš labiausiai naudojamų medžiagų. Todėl labai svarbu yra gerinti jų kokybę ir efektyviai panaudoti statyboje. Tradicinė skiedinių sudėtis yra cementas, kalkės, smėlis ir vanduo. Tokie skiediniai turi ribotas savybes, o jų gamyba yra mažo tikslumo, pagaminti skiediniai turi siaurą naudojimo sritį. Todėl statybinio skiedinio efektyvumui gerinti yra naudojami įvairūs priedai: vandenį sulaikančios įmaišos, skystikliai, plastikliai, redisperguojamosios įmaišos, vandens įgertį mažinančios, tirštinančios, stabilizuojančios, orą įtraukiančios įmaišos ir t.t.

Priedai naudojami rišamųjų medžiagų ir statybinių skiedinių savybėms reguliuoti, modifikuoti ir pagerinti. Jie įmaišomi arba į rišamąją medžiagą (kartu sumalant arba tik sumaišant), arba įterpiami kartu su kitais skiedinio komponentais, ruošiant mišinius.

Naudojant priedus gerinamos fizinės ir mechaninės skiedinio mišinio savybės. Galima lėtinti arba greitinti skiedinio mišinio rišimą ir kietėjimą, taip pat pažeminti skiedinių užšalimo temperatūrą, sumažinti skiedinių išsisluoksniavimą, didinti skiedinių nelaidumą vandeniui, padidinti skiedinių sklidumą, skiedinių atsparumą šalčiui, taip pat tinkamumo naudoti laiką, sumažinti skiedinio mišinių tankį, didinti skiedinių stiprumą, atsparumą karščiui.

Šio baigiamojo magistro darbo tikslas – išnagrinėti priedų įtaką statybinio skiedinio savybėms. Nagrinėjami tokie priedai kaip orą įtraukiantis ir stabilizuojantis priedas Centripor TFM 411 ir specialus priedas skiedinio rišimosi laiko kontrolei Cenripor Retard 225.

Šiame darbe bus atlikti tokie tyrimai:

- Skiedinio žaliavų savybių tyrimas;
- Skiedinio mišinio slankumo tyrimas;
- Kūgio įsmigimo gylio į skiedinio mišinį tyrimas;

- Skiedinio mišinio sklidumo tyrimas;
- Skiedinio mišinio tankio nustatymas;
- Skiedinio mišinio vandens atsiskyrimo kiekio nustatymas;
- Sukietėjusių skiedinio bandinių tankio nustatymas;
- Sukietėjusių skiedinio bandinių gniuždymo ir lenkimo stiprumo tyrimas.

1. ANALITINĖ DALIS

1.1. Skiedinio sudedamosios dalys

- *užpildas* - tam tikra biri medžiaga (pvz..smėlis ir kt.),
- *rišamoji medžiaga* – kalkės, cementas ar gipsas,
- *vanduo*.

Užpildas – biri natūrali ar dirbtinė mineralinė medžiaga, iš vienodo ar skirtingo dydžių grūdelių. Pagrindinės skiedinio užpildo frakcijos (mm): nuo 0 iki 1 mm (0/1), nuo 0 iki 2 mm (0/2), nuo 0 iki 4 mm(0/4), nuo 0 iki 8 (0/8), nuo 2 iki 4 mm (2/4), nuo 4 iki 8 mm (4/8).

Užpildas, rišamajai medžiagai sustingus, išlaiko skiedinio tūrį nepakitusį, nes kalkės, cementas ir gipsas kietėdami traukiasi (Statybinai...2012).

Skiedinių mišiniams dažniausiai užpildu naudojami smėlis. Smėlis – tai nuosėdinė uoliena. Susideda iš 0,05 – 4 mm skersmens įvairios formos (kampuotų, apzulinėtų) mineralų grūdelių, daugiausia kvarco, feldšpatų, žėručio. Smėlis būna balkšvos spalvos (tai priklauso nuo kvarco kiekio), o kitas spalvas lemia priemaišos. Pagal vyraujančius mineralus būna: kvarciniai, karbonatiniai, geležingieji, molingieji, žvirgždingieji, gipsiniai ir kiti smėliai. Pagal vyraujančių dalelių dydį smėlis būna labai smulkus, smulkus, vidutinis, stambus, labai stambus (suskirstymas priklauso nuo pasirinktos klasifikacijos). Smėliai būna aliuvinės, eolinės, jūrinės, ežerinės, ledyninės, aleuritinės ir kitokios kilmės.

Kad užpildų kokybė atitiktų standartų reikalavimus, tikrinamos pagrindinės užpildų savybės:

- Granuliometrinė sudėtis;
- Stambiojo užpildo dalelių forma;
- Smulkiųjų dalelių (smulkelių) kiekis;
- Dalelių forma;
- Stambumo (smulkumo) modulis;
- Stiprumas.
- Taip pat gali būti nustatomas užpildų atsparumas trupinimui, dėvėjimuisi, gludinimui ir dilimui, dalelių tankis ir vandens įmirkis, piltinis tankis, ilgaamžiškumo rodikliai: tūrio pastovumas – susitraukimas džiūvant, šarminis reaktyvumas, chloridų, sieros junginių ir kitų priemaišų kiekis (Naujokaitis 2006).

Skiedinio **rišamosios medžiagos** gali būti cementai, kalkės, gipsai, vietinės (kalkių šlako, kalkių pelenų, kalkinės - pucoloninės ir kt.) medžiagos. Rišamųjų medžiagų rūšis ir klasė parenkama, atsižvelgiant į skiedinio paskirtį, kietėjimo ir eksploatavimo sąlygas.

Vienos iš plačiausiai naudojamų medžiagų skiediniams ir mišiniams yra ***gipsinės rišamosios medžiagos***. Jos pagal apdirbimo temperatūrą skirstomos į dvi grupes: degtos žemoje temperatūroje (110 – 180 °C) ir degtos aukštoje temperatūroje (600 – 800°C).

Žemoje temperatūroje gaunami α ir β - pushidračiai gipsai. Aukštoje temperatūroje gaminamos anhidritinės rišamosios medžiagos. Pushidratinis gipsas žymimas G-2, G-3,, G-25. Skaičius rodo stiprį gniuždant N/mm² (MPa) po 2 val. kietėjimo. Pagal kietėjimą pushidratinis gipsas skirstomas į atmainas:

- A (greitai kietėjantis) atmainos gipsas pradeda rištis po 2 minučių ir baigia iki 15 minučių;
- B (normaliai kietėjantis) atmainos gipsas pradeda rištis po 6 minučių ir baigia susirišti iki 30 minučių;
- C (lėtai kietėjantis) pradeda rištis po 20 minučių ir tokio gipso rišimosi pabaiga neribojama.

Anhidritinės rišamosios medžiagos žymimos A-5 ir A-20, skaičius rodo stiprį gniuždant po 28 parų N/mm².

Gipsas greitai rišasi, todėl į gipsinius skiedinius dedama kietėjimą lėtinančių medžiagų (gesintos, kalkės, boraksas ir t.t.). Kad greičiau susirištų gipso skiedinys dedama kalcio arba natrio sulfato, natrio chlorido ir kt. priedų. Kietėjimą lėtinančių medžiagų dedama ne daugiau kaip 1 – 1,5 % nuo gipso svorio. Kietėjimą greitinančių medžiagų reikia naudoti ribotus kiekius (Žurauskienė *et al.* 2008).

Kalkinės rišamosios medžiagos gaunamos, išdegus (neleidžiant sukepti) karbonatines kalcio – magnio uolienos, pavyzdžiui klintis, dolomitą, klintinį tufą. Šiuolaikinėje statyboje kalcitinės kalkės naudojamos kaip cementinių skiedinių plastiklis.

Populiariausia kalkių gamybos medžiaga klintis. Klintis yra nuosėdinės kilmės uoliena. Klintyse vyrauja mineralas kalcitas, kurio cheminė formulė CaCO₃. Lietuvoje klintis randama Akmenės rajono Karpėnų, Menčių ir kituose telkiniuose. Klintis naudojama ne tik kalkių gamybai, bet ir portlandcemenčio (Vektaris 2007).

Pagal gamybos būdą kalkės skirstomos į negesintas gabalines orines kalkes, negesintas maltas orines kalkes, dalinai gesintas orines kalkes (dolomitines), gesintas orines kalkes, orinių kalkių tešlą, orinių kalkių pieną. Priklausomai nuo sunaudoto vandens kiekio yra gaunamos įvairaus pavidalo kalkės. Jeigu naudojamas ribotas vandens kiekis (60-80 %) yra pagaminami milteliai. Gesinant gabalines kalkes vandens pertekliumi (200-250 %) gaunama kalkių tešla. Jeigu yra gesinama dar didesniu vandens kiekiu, tai gaunamas kalkių pienas.

Pagal gesinimosi greitį skirstomos į greitagėsius, kai pasigesina per 8 min., vidutiniškai besigesinančius iki 25 min., lėtai besigesinančius, kai gesinasi ilgiau negu 25 min.

Kalkių aktyvumą charakterizuoja CaO ir MgO kiekis juose. Jeigu $\text{CaO} \leq 5\%$ priskiriamos kalcitinėms, jeigu $\text{CaO} > 5\%$ priskiriamos dolomitinėms. Pagal CaO ir MgO oksido kiekį juose kalkės skirstomos į atmainas (1.1 lentelė).

1.1 lentelė. Kalkių sudėties reikalavimai (LST EN 459 – 1)

Kalkių tipas ir žymuo	CaO + MgO	MgO	CO ₂	SO ₃
Kalcitinės CL 90	>90	< 5	< 4	< 2
Kalcitinės CL 80	>80	<5	< 7	< 2
Kalcitinės CL 70	>70	<5	<12	< 2
Dolomitinės DL 85	>85	>30	< 7	< 2
Dolomitinės DL 80	>80	> 5	< 7	< 2

Skiediniams naudojamos ir hidraulinės kalkės. Jos pasižymi hidraulinėmis rišamosiomis savybėmis, gaunama sumalus žemesnėje negu sukepimo temperatūroje (<1250°C) degtas mergelingas kalcio karbonato uolienas. Tokios medžiagos sudėtyje junginiai (kalcio silikatai, aliuminatai, feritai), kurie kietėja vandenyje. Tešlos pavidalo gesintas hidraulinės kalkės reikia tuoj pat sunaudoti, nes po vienos paros jos pradeda rištis. Hidraulinių kalkių sudėties reikalavimai pateikti 1.2 lentelėje (LST EN 459 – 1).

1.2 lentelė. Hidraulinių kalkių (HL) sudėties reikalavimai ir gniuždymo stipris (LST EN 459 – 1)

Kalkių žymuo	Laisvojo CaO kiekis, %	SO ₃ , %	Stipris gniuždant, MPa	
			Po 7 parų	Po 28 parų
HL 2	8	3	-	2 - 7
HL 3,5	6	3	1,5	3,5 – 10
HL 5	3	3	2,0	5 – 15

Cementas tai hidraulinė rišamoji medžiaga, kuri sumaišyta su vandeniu, rišasi ir kietėja, o sukietėjusi medžiaga nepraranda stiprumo bei tūrio pastovumo ore ir vandenyje. Cementas gaminamas iš klinčių, molio, gipso ir kitų komponentų ir yra statiškai vienalytė medžiaga. Lietuvoje cementą gamina Akmenės cementas. Cementas naudojamas betonavimui, tinkavimui ar kaip rišamoji medžiaga surišti plytoms mūrijant sienas. Cemento gamyba susideda iš tokių pagrindinių technologinių operacijų: žaliavų gavimo karjerose, žaliavų įkrovos paruošimo, įkrovos degimo ir klinkerio gavimo, klinkerio malimo su kalcio sulfato priedu ir kitais priedais, cemento pakavimo ir sandėliavimo. Klinkeris gaunamas degant gerai susmulkintą, sumaišytą žaliavų mišinį aukštoje

temperatūroje. Klinkerio gamybai dažniausiai naudojamos tokios žaliavos: klintis, kreida, mergelis, molis. Pagrindinės žaliavų mišinio sudėtinės dalys išreiškiamos oksidais CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

Pagal cheminę sudėtį arba klinkerį pakeičiančių priedų rūšį išskiriamos 5 pagrindinės įprastinių cementų atmainos (1.3 lentelė):

- 1) portlandcementis – CEM I;
- 2) sudėtinis portlandcementis - CEM II;
- 3) šlakinis cementas - CEM III;
- 4) pucolaninis cementas - CEM IV;
- 5) mišrusis cementas - CEM V.

Portlandcementis CEM I gaunamas sumalus portlandcemenčio klinkerį su gipso priedu. Sudėtinis portlandcementis CEM II gaunamas sumalus portlandcemenčio klinkerį su vienu priedu arba priedų mišiniais (aukštakrosnių šlaku, hidrauliniiais priedais, pelenais, degtu skalūnu). Šlakinis portlandcementis CEM III gaunamas sumalus aukštakrosnių šlaką ir portlandcemenčio klinkerį. Pucolaninis portlandcementis CEM IV gaunamas sumalus portlandcemenčio klinkerį ir hidraulinius priedus arba rūgščių pelenų. Mišrusis cementas CEM V gaunamas sumalus portlandcemenčio klinkerį, aukštakrosnių šlaką, pridėjus hidraulinių priedų arba rūgščių pelenų.

Pagal stiprį gniuždant cementai skirstomi į klases. Gaminamas trijų pagrindinių klasių cementas: 32,5; 42,5; 52,5. Cemento klasės - standartinių cementinio skiedinio bandinių, kietėjusių 28 paras, su 95 % tikimybe garantuotas stipris gniuždant, išreikštas N/mm^2 (MPa).

Pagal kietėjimo greitį cementai būna: įprastinio ankstyvojo stiprio - N, greitai kietėjantys - R ir lėtai kietėjantys - L.

Jei cemente šarminių oksidų Na_2O , K_2O kiekis neviršija 0,8 %, pažymima raidėmis MA.

1.3 lentelė. Įprastinių cementų atmainos ir sudėtis (LST EN 197-1)

Cemento tipai	Įprastiniai cementai	Cementų žymėjimas	Pagrindiniai komponentai %	
			Klinkeris	Priedai
CEM I	Portlandcementis	CEM I	95-100	
CEM II	Šlakinis portlandcementis	CEM II/A-S	80-94	S, 6-20
		CEM II/B-S	65-79	S, 21-35
	Mikrodulkių portlandcementis	CEM II/A-D	90-94	D, 6-10
	Pucolaninis portlandcementis	CEM II/A-P	80-94	P, 6-20
		CEM II/B-P	65-79	P, 21-35
		CEM II/A-Q	0-94	Q, 6-20
		CEM II/B-Q	65-79	Q, 21-35
	Pelenų portlandcementis	CEM II/A-V	80-94	V, 6-20
		CEM II/B-V	65-79	V, 21-35
		CEM II/A-W	80-94	W, 6-20
		CEM II/B-W	65-79	W, 21-35

	Skalūnų portlandcementis	CEM II/A-T CEM II/B-T	80-94 65-79	T, 6-20 T, 21-35
	Klinčių portlandcementis	CEM II/A-L CEM II/B-L CEM II/A-LL CEM II/B-LL	80-94 65-79 80-94 65-79	L, 6-20 L, 21-35 LL, 6-20 LL, 21-35
	Mišrus portlandcementis	CEM II/A-M CEM II/B-M	80-94 65-79	Visų 6-20 Visų 21-35
CEM III	Šlakinis cementas	CEM III/A CEM III/B CEM III/C	35-64 20-34 5-19	S, 35-65 S, 66-80 S, 81,95
CEM IV	Pucolaninis cementas	CEM IV/A CEM IV/B	65-94 5-64	D, P,Q,V,W, 11-35 D, P,Q,V,W, 36-55
CEM V	Sudėtinis cementas	CEM V/A CEM V/B	40-64 20-38	P, Q, V, 18-30 P, Q, V, 31-50

Konkretūs cementai, naudojami tiriamajame darbe:

CEM I 42,5 N (MA) – tai portlandcementis, priskiriamas įprastinių cementų grupei. Portlandcementis CEM I gaunamas dedant 5 % reguliuojančių priedų. Šios medžiagos milteliai yra labiau dispersiški nei paprastojo portlandcemenčio milteliai. Greitai kietėjantis portlandcementis plačiai naudojamas statybinių mišinių gamyboje (LST 197-1:2000).

CEM II/A – LL 42,5 N – tai klinties portlandcementis, kuriame yra nuo 6 % iki 20 % maltos klinties priedų, 0 – 5 % papildomų priedų, įprastinio ankstyvojo stiprio, dvi paras kietėjęs, palankiomis sąlygomis pasiekia daugiau kaip 10 MPa gniuždymo stiprį. Šis cementas labiausiai paplitęs Lietuvos statybinių medžiagų prekybos vietose (Žurauskienė *et al.* 2008).

Pagrindiniai cementų rodikliai pateikti 1. 4 entelėje.

1.4 lentelė. Pagindiniai cementų rodikliai (AB Akmenės ... 2012)

Cemento tipas	Šarmai, sk. Na ₂ O ekv.	Gniuždymo stipris po 2 parų	Gniuždymo stipris po 28 parų
CEM I 42,5 N (MA) LST EN 197-1 : 2011	≤ 0,8	22 ± 3 MPa	50 ± 3 MPa
CEM II/A-LL 42,5 N LST EN 197-1 : 2011	≤ 0,8	21 ± 3 MPa	47 ± 3 MPa

Vanduo. Vanduo skiedinio mišiniui ruošti turi būti be kenksmingų priemaišų: sulfatų, mineralinių ir organinių priemaišų, riebalų, aliejų, naftos produktų, cukraus ir kitų, kurios trukdo skiediniui normaliai kietėti. Organinių priemaišų pvz., fenolo neturi viršyti 10 mg/l. Vandens

rūgštingumas neturi viršyti 15 mg/l. Rūgščių šarmų pusiausvyra neturi būti mažesnė kaip 4 ir ne aukštesnė kaip 12,5. Geriausiai tinka geriamasis bei švarus upių ir ežerų vanduo (Gurskis 2008).

1.2. Skiedinių klasifikacija

Statybinių skiedinių rūšys pagal rišamąją medžiagą:

- cementinis skiedinys;
- gipsinis skiedinys;
- kalkinis skiedinys;
- mišrieji (kalkiniai – cementiniai, polimercementiniai ir kt.).

Atsižvelgiant į mišinių gamybai panaudotas rišamąsias medžiagas, kompozicijos standarte nurodytos skiedinių mišinių grupės. Šios grupės pateiktos 1.5 lentelėje.

1.5 lentelė. Statybinių skiedinių skirstymas pagal rišamąsias medžiagas (Vektaris 2007).

Skiedinio grupė		Panaudotos rišamosios medžiagos
S I	a	Orinių gesintų kalkių tešla arba milteliai
	b	Orinės ar silpnai hidraulinės negesintos ar iš dalies gesintos maltos kalkės
	c	Maltos hidraulinės kalkės
	d	Kalkės ir organinės rišamosios medžiagos
S II	a	Kalkės ir cementas
	b	Cementas, kalkės ir/ar kitos rišamosios medžiagos
S III	a	Portlandcementis
	b	Cementas (įvairus)
S IV	a	Gipsinės rišamosios medžiagos
	b	Gipsinės ir kitos rišamosios medžiagos
	a	Anhidritinės rišamosios medžiagos
	b	Anhidritinės ir kitos rišamosios medžiagos

Statybinių skiedinių rūšys pagal paskirtį:

- mūrijimo skiedinys;
- tinkavimo skiedinys;
- grindų išlyginimo;

- plytelių klijavimo;
- remontiniai;
- specialios paskirties (hidroizoliaciniai, atsparūs karščiui, akustiniai, tamponažiniai, nenaudojamiems grežiniams hermetizuoti, injekciniai – plyšiams užpildyti, gruntui sustiprinti ir kt.) (Čechovas 1976, Gurskas 2008).

Pagal savo tankį skiediniai skirstomi į:

- sunkiuosius;
- lengvuosius.

Sunkieji skiediniai yra tie, kurių tankis yra didesnis kaip 1300 kg/m^3 , lengvieji – kai jų tankis neviršija 1300 kg/m^3 . Sunkieji skiediniai gaminami naudojant tankios struktūros užpildus. Lengvieji gaunami, kai naudojami poringieji užpildai arba sunkiųjų ir lengvųjų užpildų mišiniai (Žurauskienė *et al.* 2009)

1.3. Skiedinio gamyba ir pervežimas

Statybiniai skiediniai gaminami centralizuotose prekinio betono – skiedinio gamyklose. Kai statybos darbų apimtis nedidelė, arba kai statoma atokiose vietose, skiedinys gaminamas statybos aikštelėje arba kilnojamuose agregatuose. Gaminamas gatavas, tai yra reikiamo slankumo skiedinys arba sausas mišinys, kuris, prieš panaudojant, sumaišomas su vandeniu. Pastaruoju metu pradedami gaminti sausi mišiniai su hidrofobiniais priedais. Tokius skiedinius galima ilgiau laikyti be taros, o per ilgesnį laiką nesumažėja jų aktyvumas ir jie nesupuola į gumulus.

Skiedinių sudėtį parenka gamyklos laboratorija, nesukietėjęs skiedinys turi būti reikiamo slankumo, o sukietėjęs – reikiamo stiprumo ir atsparumo šalčiui.

Skiedinio gamybą sudaro medžiagų dozavimas ir jų sumaišymas. Rišamosios medžiagos dozuojamos masės vienetais, o užpildai – dažniausiai tūrio vienetais. Skiedinio gamybos metu medžiagos sumaišomos periodinio arba nepertraukiamo veikimo 150, 375 ir 750 l talpos skiedinio maišytuvais. Paprastieji skiediniai maišomi 1,5 – 2,5 min., lengvieji – 2,5 – 3 – 5 min., o skiediniai su hidrauliniiais ir kitokiais priedais iki 5 min. Naujausios konstrukcijos maišytuvuose medžiagos sumaišomos per 30 – 40 s. Gaminant mišrius skiedinius su neorganiniais plastikliais (kalkėmis, moliu ir kt.), taip pat cementinius, kalkinius ir molio skiedinius, į skiedinio maišytuvą supilamas vanduo, po to užpildas, rišamoji medžiaga ir plastiklis. Sunkiuosius skiedinius reikia maišyti ne mažiau kaip 1 min. nuo medžiagų supylimo momento, o lengvuosius ne mažiau kaip 2 min. Gaminant skiedinius su organinių plastikliu, pradžioje vanduo sumaišomas su plastikliu (per 30 –

45 s), po to pakraunamos kitos medžiagos ir maišoma tol, kol gaunama vienalytė masė, tačiau ne trumpiau kaip 1 min.

Sausuosius mišinius iš hidratinių kalkių (be cemento ir aktyvių mineralinių priedų) galima gaminti iš natūralaus drėgnumo smėlio, jeigu skiedinio sudėtyje yra cemento, maltų negesintų kalkių arba aktyvių mineralinių priedų, tuomet skiedinys gaminamas tik iš sauso smėlio (drėgnumas ne didesnis kaip 1 %) ir išdžiovintų priedų.

Tuo atveju, kai vidutinė temperatūra žemesnė kaip +5 °C, skiedinys gaminamas apšildomoje patalpoje. Smėlyje neturi būti sušalusių stambesnių, kaip 1 cm dydžio gabalų. Smėlį galima pašildyti iki 60 °C, o vandenį iki 80 °C. Kalkių ir molio tešla turi būti nesusalusias. Jų temperatūra turi būti ne žemesnė kaip +5 °C. Skiedinio temperatūra mūrijant turi būti tokia: +10 °C, kai aplinkos temperatūra iki 10 °C, +15 °C, kai aplinkos temperatūra nuo 11 iki 20 °C, ir +20 °C, kai aplinkos temperatūra žemesnė kaip 20 °C. Stambiaplokščių pastatų siūlėms vartojamo skiedinio temperatūra turi būti 10 °C aukštesnė, negu mūriui. Gaminant skiedinį su potašo priedu, vandenį ir smėlį galima nekaitinti, o skiedinio temperatūra mūrijimo metu gali būti nuo 0 iki +5 °C (Skiedinių...2010).

Pagaminti skiediniai iš gamyklos į statybą gabenami specialiai įrengtomis autosisternomis su automatiniu iškrovimu arba sunkvežimiais. Statybos aikštelėje skiedinys iškraunamas į specialius agregatus – bunkerius, su juose esančiais įrengimais, kuriais skiedinys periodiškai permaišomas. Automobilių kėbulai ir bunkeriai turi būti hermetiški. Žiemą tara apšildoma, o karštomis dienomis apdengiama drėgnais dembliais.

Kad gaminiai būtų kokybiški, reikia tikrinti skiedinių sudėtinės medžiagos, jų dozavimą ir sumaišymą, skiedinio plastiškumą ir jo stiprumą nustatytu laiku (Vektaris 1998).

1.4. Reikalavimai skiediniams

1.4.1. Reikalavimai skiedinio mišiniams

Gaminant mišinius, jų sudedamosios dalys gali būti dozuojamos pagal masę arba pagal tūrį. Dozavimo įranga turi atitikti gamybos technologinio reglamento reikalavimus.

Maišymui gali būti naudojami periodinio arba nuolatinio veikimo įrengimai.

Jei rišamoji medžiaga yra cementas, gipsinės rišamosios medžiagos arba negesintos kalkės, tai sausųjų mišinių drėgnis neturi būti didesnis negu 0,6 %, išskyrus tuos atvejus, kai užsakovas arba vartotojas reikalauja kitaip.

Gali būti gaminami prekiniai ir ne visiškai paruošti mišiniai tokiu kalkių ir smėlio tūrių santykiu: 1:1, 1:2 ir 1:3. Jų drėgnis neturi būti didesnis kaip 10 % masės.

Prekiniai šlapieji mišiniai pateikiami tokios konsistencijos, kokios pageidauja užsakovas. Jeigu tokio reikalavimo nėra, pateikiamo mišinio konsistencijos gamintojas nenurodo.

Pagrindiniai paruošto naudojimui mišinio kokybės rodikliai yra šie: konsistencija, vandens laikomumas ir tankis. Užsakovas gali nurodyti ir kitus rodiklius su jų skaitmeninėmis reikšmėmis, pavyzdžiui, sluoksniavimasi, įtraukto oro kiekį ir pan.

Mišinių konsistencija ženklinama taip, kaip nurodyta 1.6 lentelėje, naudojant sklidumo arba slankumo rodiklius.

1.6 lentelė. Skiedinio naudojimo paskirtis pagal konsistenciją (Vektaris 1998).

Skiedinio paskirtis	Kūgio įsmigimo gylis cm
Stambios surenkamosios konstrukcijos (perdangų plokštėms ir t.t.) montuoti, siūlėms užtaisyti	5 – 7
Skiediniai naudojami mūro darbams:	
Mūrai iš pilnavidurių plytų ir betoninių blokelių	9 – 13
Mūrai iš skylėtų plytų ir blokų	7 – 8
Skiediniai tiekiami skiedinio siurbliais	14

Didesnis kūgio įsmigimo gylis pasirenkamas sausoms ir poringoms betoninėms medžiagoms, darbus atliekant karštu oru, mažesnis – tankioms ir drėgnoms medžiagoms, esant drėgnam orui ar darbus atliekant žiemos metu. Mišinio konsistencijos klasės vertinamos sklidumo ir slankumo rodikliais nurodytos 1.7 lentelėje.

1.7 lentelė. Mišinio konsistencijos klasės, vertinamos sklidumo ir slankumo rodikliais

Mišinys	Konsistencijos rodiklis		
	Sklidumas	Klasė	Kūgio įsmigimo gylis, cm
Standusis mišinys	Iki 14	Sk1	Iki 5
Plastiškasis mišinys	Daugiau kaip 14 iki 20	Sk2	Daugiau kaip 5 iki 10
Slankusis mišinys	Daugiau kaip 20	Sk3	Daugiau kaip 10

Naudojimui paruošto mišinio susisluoksniavimas neturi būti didesnis kaip 10 %, o vandens laikomumas turi būti ne mažesnis kaip 70 %.

Jeigu naudojamas mišinys pradėjo rištis, tai, norint padaryti jį plastiškesnį, papildomai pilti vandens neleidžiama.

Sutankinto skiedinio mišinio tankis negali nukrypti nuo nurodyto projektavimo dokumente arba užsakovo pateiktame užsakyme daugiau kaip ± 10 %. Jeigu naudojami orą įtraukiantys priedai, tai mišinio tankis negali dėl to pasikeisti daugiau negu nurodyta projekte arba užsakyme.

Žiemą naudojamų mišinių temperatūra (jeigu nenaudojami specialūs prieššaltiniai priedai) turi būti ne mažesnė kaip 5 °C. Gaminant SI, SII, SIII grupių mišinius, galima naudoti vandenį ne karštesnį kaip 80 °C, o gaminant SIV ir SV - ne karštesnį kaip 50 °C (Vektaris 1998).

1.4.2. Reikalavimai sukiestėjusiems skiediniams

Pagrindiniai skiedinių kokybės rodikliai yra: gniuždymo stipris, tankis, atsparumas šalčiui ir kt.

Skiediniai pagal gniuždymo stiprį skirstomi į klases M. Skiedinio gniuždymo stiprio klasės – M5; M7,5; M10; M15; M20. Raidė M reiškia žodį „skiedinys“, (anglų k. – „mortar“), o skaičius - gniuždymo stiprį (Jonaitis 2003).

Gniuždymo stipris nustatomas naudojant (4x4x16) cm prizmes, kurios bandomos po 28 dienų. Gamintojas ir užsakovas gali susitarti dėl kitokio bandinių dydžio. Bandinių dydis turi būti nurodytas bandymo žurnale, o užsakovui reikalaujant, ir skiedinio mišinio kokybės dokumente.

Atsparumo šalčiui klasės yra šios: F10; F15; F25; F35; F50; F75 ir F100. Šalims susitarus, gali būti nustatomos ir aukštesnės negu F100 klasės. Raidė F reiškia atsparumą šalčiui, o skaičius – šaldymo - šildymo ciklų skaičių, kurį nesuire išlaikė šaldomi ir šildomi skiedinio bandiniai.

Atsparumas šalčiui nustatomas tik tokiais atvejais, kai skiedinys naudojamas drėgnoje aplinkoje, pastoviai kintant teigiamai ir neigiamai temperatūroms.

Specialiųjų skiedinių pagrindiniai kokybės rodikliai, be anksčiau paminėtų, turi atitikti jų normatyvinių dokumentų reikalavimus arba gamintojo nurodomus šiems skiediniams būdingus rodiklius.

Kontroliuojamas rodiklis gali būti:

- Plytelių klijavimo mišinio - priklijavimo stipris, kuris po 3 parų turi būti ne mažesnis kaip 0,3 MPa, o po 28 parų ne mažesnis kaip 0,5 MPa;
- šilumą izoliuojančio mišinio - tinko tankis ir šilumos laidumo koeficientas;
- hidroizoliacinio skiedinio - vandens pralaidumo rodiklis;
- grindų liejimo mišinio - gniuždymo stipris ir sklidumo rodiklis;
- kaitrai atsparaus skiedinio - naudojimo temperatūra;
- akustinio tinko - garso absorbcijos koeficientas;
- antitradicinio tinko - 2 kartus gama spindulių intensyvumą silpninančio ekranizuojančio sluoksnio storis (Žurauskienė *et al.* 2009).

1.5. Siedinio priedai

1.5.1. Priedų rūšys

Priedai naudojami rišamųjų medžiagų ir statybinių skiedinių savybėms reguliuoti, modifikuoti ir pagerinti. Jie įmaišomi arba į rišamąją medžiagą (kartu sumalant arba tik sumaišant), arba įterpiami kartu su kitais betono ar skiedinio komponentais, ruošiant mišinius. Priedai maišomi kaip sausi milteliai arba vandeniniai tirpalai ir suspensijos.

Priedai pagal paskirtį gali būti:

- Aktyvūs mineraliniai;
- Papildomieji;
- Didinantys skiedinių atsparumą rūgštims, šarmams ir karščiui;
- Paviršių aktyvinantys;
- Reguluojantys rišimosi ir kietėjimo trukmę;
- Didinantys skiedinių nelaidumą vandeniui;
- Didinantys skiedinių atsparumą šalčiui;
- Pažeminantys skiedinių užšalimo temperatūrą.

Aktyvūs mineraliniai – jų yra gamtinių ir dirbtinių. Gamtiniai priedai gali būti nuosėdinės kilmės (dialomitas, trepalas, opoka, gliežas) ir vulkaninės (pelenai, tufas, trasas, pemza, vulkaninis stiklas). Prie dirbtinių priedų priskiriami granuliuoti aukštakrosnių šlakai (belitinis (nefelininis) šlamas, pelenų dulkės ir kt. Įmaišius aktyviųjų mineralinių priedų, statybiniai skiediniai būna tankesni, atsparesni vandeniui ir druskoms, mažiau sunaudojama klinkerinio cemento. Priedų maišoma 10 – 50 %, atsižvelgiant į rišamąją medžiagą ir norimą gauti skiedinio klasę.

Papildomieji – tai smulkios sumaltos mineralinės medžiagos, kurių maišoma į cementą ir kitas rišamąsias medžiagas, kada reikia pastaruosius sutankinti. Papildomieji priedai sumalami arba skiedžiami vandeniui. Tai kalkakmeniai, išsiliejusios uolienos, smėlis, molis, pramonės atliekos (aukštakrosnių ir kūryklų šlakas, pelenai).

Didinantys skiedinių atsparumą rūgštims, šarmams ir karščiui – tai milteliai, gauti sumalus atitinkamų savybių gamtinius mineralus arba dirbtines medžiagas. Rūgštims atsparūs priedai yra smulkiai sumaltas andezitas, diabazas, bazaltas, kvarcinis smėlis, granitas, gamtinio kvarco dulkės, porcelanio ir lietojo akmens atliekos.

Paviršių aktyvinantys – tai organinės medžiagos, kurių nedidelis kiekis iš esmės pagerina tiek technologines skiedinio mišinių tiek ir sukietėjusio skiedinio savybes. Įmaišius paviršių aktyvinančių medžiagų, mažiau reikia cemento, vandens, lengviau krėsti, ir transportuoti skiedinio mišinius, jie būna tankesni, nelaidūs vandeniui, atsparūs karščiui, o kai kada ir stipresni.

Reguliuojantys rišimosi ir kietėjimo trukmę – priedai greitinantys rišimą ir kietėjimą yra kalcio chloridas, natrio chloridas, druskos rūgštis, geležies chloridas, aliuminio sulfatas, kalcio nitratas, kalcio aliuminio chloridas. Šių cheminių priedų dedama tam, kad padidėtų stiprumas kietėjimo pradžioje, mažiau reikėtų cemento, trumpiau būtų galima laikyti gaminius šiluminėse kameruose.

Didinantys skiedinių nelaidumą vandeniui – kai skiediniai būtų nelaidūs vandeniui, dažniausiai naudojami šie priedai:

- a) Paviršių aktyvinančios medžiagos: peptizatoriai, mikroputokšliai.
- b) Kai kurių druskų (kalcio, nitrato, natrio aluminato, aliuminio sulfato, geležies hidroksido, geležies chlorido, kalcio aliuminio chlorido) tirpalai ir kompleksiniai priedai.

Didinantys skeidinių atsparumą šalčiui – priedai didinantys statybinių skiedinių atsparumą šalčiui yra hidrofobinės ir hidrofilinės paviršių aktyvinančios medžiagos. Skiediniai su hidrofiliniais plastifikatoriais atsparesni šalčiui dėl to, kad būna slankesni mišiniai ir mažiau reikia pilti vandens. Hidrofobiniai priedai padidina atsparumą šalčiui dėl to, kad pagerėja medžiagų hidrofobinės savybės, nelaidumas vandeniui.

Pažeminantys skiedinių užšalimo temperatūrą – druskų, rūgščių ir šarmų tirpalai pažemina statybinių skiedinių fazės užšalimo temperatūrą ir paspartina jų stiprėjimą neigiamoje temperatūroje. Dažniausiai naudojami kalcio chloridas, natrio chloridas, natrio nitratas ir potašas (Čechovas *et al.* 1976).

1.5.2. Priedai, pateikiami Lietuvos rinkai

RENDAMIX – skysčio pavidalo pastovios koncentracijos skystis. Sukietėjus mišiniui įmaiša neleidžia vandeniui skverbtis į paviršių, stabdo druskų skverbimąsi. Lėtina cemento rišimąsi, mišinys tampa sklidesnis. Naudojamas tik su smulkiais užpildais (Waterproof...2012).

FEBOND SBR – šviesios spalvos pastovios koncentracijos skystis iš butadiono sopolimero ir stireno latekso. Specialiai skirtas tik cementiniams betonams ir skiediniams, tinka naudoti su visų rūšių cementais. Padidina sukietėjusių mišinių gniuždymo ir lenkimo stiprį, žymiai sumažina vandens pralaidumą (15 mm storio sukietėjusio mišinio sluoksnis nepraleidžia vandens, esant 30 m vandens stulpo slėgiui), neleidžia prasiskverbti ištirpusioms druskoms į paviršių, padidina atsparumą rūgščių, šarmų, sulfatų, chloridų poveikiui, padidina atsparumą korozijai (A Bonding...2011).

FEBROOF PLUS – hidrofobinė medžiaga, kuri sumažina vandens absorbciją, padidina statybinio skiedinio ir nekonstrukcinio betono atsparumą vandeniui. Priedas naudojamas

apdailiniam tinkui, akmenis ir nekonstrukcinio betono elementų (konstrukcijų) atkūrimui. FEBPROOF PLUS keičia kalkes.

STATOFIX - hidroizoliacinis priedas statybiniam skiediniui ir betonui. Statybiniai skiediniai ir betonas su priedu STATOFIX pasižymi dideliu atsparumu agresyviai aplinkai bei atšiaurioms atmosferos sąlygoms (neleidžia prasiskverbti agresyvioms medžiagoms ir vandeniui). Priedą STATOFIX rekomenduojama naudoti pramoniniuose ir pajūrio rajonuose bei srityse, kur keičiasi temperatūriniai ciklai, o taip pat skiediniui ir betonui, kuris bus tiesioginiame kontakte su vandeniu – saugyklose, baseinuose, kanaluose ir kitur (Hidroizoliaciniai...2011).

Zincum 5 – hidrofobinė įmaiša – cinko stearato balti apie $0,25 \text{ g/cm}^3$ piltinio tankio dispersiški milteliai. Sukietėjusiam mišinyje hidrofobizatorius (*Zincum 5*) veikia kaip algicidas (neleidžia veistis organizmams) dirbinio paviršiuje. Įmaiša apie mišinio daleles sudaro pastovias hidrofobines plėveles, neleidžiančias skverbti drėgmei. Įmaišos dedama $0,1 - 1,0 \%$ mišinio masės. Didesnis hidrofobizacijos efektas sumaišius *Zincum 5* su natrio oleatu santykiu 1:1.

Ceasit 1 – hidrofobinė įmaiša – balti kalcio stearato milteliai, apie $0,26 \text{ g/cm}^3$ piltinio tankio, labai dispersiški, juose iki 1% riebiųjų rūgščių. Dedama $0,2 - 1,0 \%$ mišinio masės (Naujokaitis 2010).

HIDROFIX – baltas skystas vandens įgeriamumą mažinantis stearatas, naudojamas betonams ir skiediniams, kurių rišamoji medžiaga cementas. Aktyvioji medžiaga – stearatai. Tankis – $1,04 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$, pH – $12,0 \pm 1,0$, $\text{Na}_2\text{O} < 0,10 \%$, chloridų $< 0,10 \%$. Mažina kalkių išsiskyrimą į gaminio paviršių. Įmaiša padengia cemento ir užpildų daleles plona plėvele, apsaugančia nuo papildomo vandens įgėrio. *HIDROFIX* ypač tinka spalvotiesiems betonui ir skiedinio mišiniams. Naudojant šią įmaišą intensyvėja spalva ir išvengiama florescencijos (kalcio karbonatų susidarymo ant gaminio paviršiaus) efekto. Naudojant *HIDROFIX* pailgėja maišymo trukmė, rišimosi ir kietėjimo greitis nekinta, esant minimalioms ir vidutinėms dozėms nėra pašalinio poveikio. Perdozavus sumažėja sukietėjusio skiedinio stiprumas. Įmaiša pilama į dalį maišymui skirtą vandenį, nes negalima pilti į sausą mišinį. Minimalus įmaišos kiekis – $0,2 \%$, maksimalus – $4,0 \%$ rišamųjų medžiagų masės (Fixcer...2011).

Castament FS 20 – karščiui atsparių mišinių plastiklis. Įmaišoje yra polikarbonatinių rūgščių eteriai. Pagrindinis šio plastiklio veikimas pasireiškia elektrostatine stabilizacija. Castament įmaiša, turinti neigiamąjį elektrinį krūvį, pritraukiama cemento dalelės, turinčios teigiamąjį krūvį. Tokiu būdu dalelių paviršius tampa neigiamojo krūvio, ir dėl to tarpusavyje jos atstumia viena kitą. Vanduo, naudojamas skiediniui paruošti, suvilgo cemento daleles ir padaro skiedinį slankų, tačiau cemento dalelių paviršius greitai pasidengia naujais hidratacijos junginiais, paviršius praranda neigiamąjį krūvį ir slankumas sumažėja. Polikarboksilatinė Castament FS 20 yra elektrinį krūvį stabilizuojanti įmaiša. Tai specifinė jos savybė, nes turi anionines grindis, didinančios absorbciją

ant cemento dalelių. Dėl šios savybės gerai vyksta portlandcemenčio arba aluminatinio cemento dispergavimo ir deflokuliacijos procesai, ir mišinys dėl hidratacijos nepraranda slankumo tam tikrą laiką (Characteristics..2012).

Į karščiui atsparius mišinius dedama palyginti nedidelis kiekis cemento, tačiau Casament FS 20 plastifikuoja ir kitus mišinio komponentus. Vandens kiekį, ruošiant skiedinį, galima sumažinti iki 17 %. Vandens kiekio sumažėjimas skiedinyje padidina temperatūrinį sukietėjusio mišinio patvarumą.

JAAKARHU – baltos spalvos milteliai, naudojami mišiniams, kai darbų aplinkoje yra neigiama temperatūra. Vanduo mišinyje neigiamoje (-15 °C) temperatūroje dar yra skystis. Naudojant betone CEM I 32,5 R klasės cementą, - 15 °C temperatūroje betonas pasiekia pradinį gniuždymo stiprį per 7 paras, CEM I 42,5 R – per 2 paras. Dozuojami 4 % nuo cemento masės, kai aplinkos temperatūra iki -5 °C, ir 8 %, kai temperatūra žemesnė nei - 8 °C. Sukietėjusio tinko skiediniui nepalieka dėmių ir išsiskyrusių druskų dirbinių paviršiuje.

Natrio formiatas – baltos spalvos smulkūs kristalai, kuriuose veikliosios medžiagos yra ne mažiau kaip 97,5 %. Naudojamas kaip įmaiša nuo šalčio ir kaip plastiklis. Naudojama skiedinių gamybai, kai aplinkos temperatūra yra nuo 0 °C iki - 15 °C. Nenaudojamas konstrukcijoms sustiprintoms metaline armatūra ir nuolatinėje drėgnoje aplinkoje esantiems dirbiniams. Didina sukietėjusių skiedinių stiprumą neigiamoje aplinkos temperatūroje. Įmaišos kiekis mišinyje priklauso nuo aplinkos temperatūros.

Bermodoll AEA 2800 – hidrofiliniai, baltos spalvos dispersiniai milteliai. Dalelių, mažesnių už 400 μm, yra iki 98 %. Tirpumas vandenyje – iki 14 %, pH = 5,0 – 7,0. Naudojami cementinių ir gipsinių tinko mišinių gamybai. Įtraukia, maišant su vandeniu, smulkius oro burbulėlius, kurie sudaro uždarytą akučių tūrį. Padidėja sukietėjusio mišinio uždarys akytumas ir klojumas. Dedama 0,05 – 0,15 % mišinio masės.

Plastiklis BMP – cheminis priedas, plastifikuojantis statybinius skiedinius ir betono mišinius. Padidina statybinių mišinių atsparumą šalčiui.

Plastiklis Winmix – cheminis priedas, plastifikuojantis statybinius skiedinius ir betono mišinius. Padidina statybinių mišinių atsparumą šalčiui. Reikia iki 10 % mažiau vandens.

Plastiklis Wintermix – veiksmingas cheminis priedas, betonavimui, mūrijimui, tinkavimui žiemos sąlygomis. Padidina statybinių mišinių atsparumą šalčiui, galima dirbti esant temperatūrai iki - 12 °C (Naujokaitis 2010).

Orą įtraukiantys priedai:

Natrio etilsilikonatas ir natrio metilsilikonatas - nuo gelsvos iki rudos spalvos skystis, kurio tankis 1,19-1,21 g/cm³ ir 30-35 % koncentracija. Jie gerai maišosi su vandeniu, todėl ir betono mišinys maišomas su vandeniu. Dedama 0,1 - 0,2 % cemento masės.

Polietilhidrosiloksanas tai orą įtraukiantis priedas, kuris kietėjančiame betono mišinyje reaguoja su cemento hidrolizės produktais. Dėlto išsiskiria dujos, susidaro uždarnos poros. Dedama 0,02 - 0,2 % cemento masės.

Polietilhidrosiloksanas specialiai ruošiamas iki naudojimo. (60 - 70) °C temperatūros vandenyje paruošiamas 1 % želatinos tirpalas, kuris ataušinamas ir pilamas į 800 - 3000 aps./min. maišyklę. Maišyklė paleidžiama veikti, ir į ją pilama polietilhidrosiloksano šimtaprocentinė pasta, kol ji bus praskiesta iki 50 % (santykiu 1:1).

Pastos konsistencijos kanifolijos muilas, gaminamas kanifoliją apdorojant natrio šarmu arba soda.

Natrio šarmo tirpalu apdorota medžio derva arba apmuilintas medžio dervos pikis, gautas iš medžių dervų. Naudojamas 5 - 7 % vandens tirpalas.

Adipininis šarminis plastiklis - rudos spalvos skystis, degus, šiek tiek toksiškas. Tankis 1,15 g/cm³, 25 % koncentracijos.

Entrainit – miltelių pavidalo priedas, gerai tirpsta vandenyje. Maišomas su užpildais įtraukia smulkių oro burbulėlių. Dedama 14 g/50 kg cemento kiekiui. Kad oro mišinyje būtų daugiau, galima miltelių kiekį padidinti dvigubai (24 g/50 kg cemento). Entrainit naudojamas su visais skiediniams naudojamais užpildais. Toks skiedinys geriau kimba prie paviršių, sumažina vandens pralaidumą, siūlės tampa nelaidžios vandeniui. Padidėja atsparumas šalčiui (Naujokaitis 2010).

1.5.3. Priedai skiediniui ir jų įtaka skiedinio savybėms

Didinti statybos efektyvumą yra vienas iš svarbiausių technikos ir ekonomikos uždavinių. Efektyvias medžiagas ir konstrukcijas, atitinkančias šiuolaikinius eksploatacinius reikalavimus, galima sukurti tik optimaliai parenkant ir išdėstant jas sudarančius komponentus.

Naudoti įvairius priedus siekiant pagerinti norimas skiedinio savybes yra toks pat senas metodas kaip ir pats skiedinys. Pirmieji priedus pradėjo naudoti egiptiečiai, graikai, romėnai. Jie naudojo natūralius priedus tokius kaip kraujas, gyvūnų riebalai, pienas. Dvidešimto amžiaus antroje pusėje natūralius naudojamus priedus visiškai pakeitė cheminiai priedai, tačiau pastaraisiais metais dėl ekologinių tendencijų pradėta vėl naudoti ekologiškus priedus (Al-Rim *et al.* 1995, Chandra *et al.* 2002).

Įdėjus baltymus į cementinį skiedinį, vyksta intensyvus oro įtraukimas, ir tokiu atveju daromas poveikis šviežio skiedinio pagrindinėms fizikinėms savybėms. Baltymai įtakoja ir sukietėjusio cementinio skiedinio mechanines savybes.

Pridėjus miltelių pavidalo – raudonųjų kraujo kūnelių, cemento kiekyje mažiau negu 5 % jo kiekio, bei sumaišant sudedamąsias dalis nustatomas jų poveikis.

Orą įtraukiančios medžiagos atveju priedai turi putojančias savybes, gerina cemento grūdų išsklaidymą ir sudaro oro burbulus 20–250 μm , kurie yra gerai paskirstę visame cementiniame skiedinyje. Cemento kietėjimo metu, burbulai dalinai mineralizuojasi ir tampa stabiliu cementinio skiedinio komponentu. Oro įtraukimas, padidina cementinio skiedinio plastiškumą, vandens pralaidumą ir atsparumą šalčiui, taip pat kaip atsparumą korozijai.

Naudojant cementus – CEM I 32,5 R ir CEM II / BV 32,5 R ir pridėjus miltelių pavidalo - raudonųjų kraujo kūnelių cemento kiekyje mažiau negu 5 % jo kiekio, gaunami rezultatai *paruošto naudoti cementinio skiedinio atveju*:

- Pailgėja cemento rišimosi pabaigos laikas;
- Sumažėja skiedinio konsistencija naudojant portlandcementą CEM I 32,5 R be priedo, pradžioje konsistencija buvo lygi 7,0 cm, panaudojus priedą konsistencija sumažėjo iki 5,90 cm, o naudojant CEM II / BV 32,5 R – konsistencija padidėjo nuo 5,50 cm iki 8,50;
- Sumažėja tankis. Skiedinio tankis su portlandcemenčiu CEM I 32,5 R be priedo yra 2,18 kg/dm^3 , o su portlandcemenčiu CEM II/ BV 32,5 R be priedo – 2,17 kg/dm^3 . Naudojant šį priedą skiedinio tankis su portlandcemenčiu CEM I 32,5 R yra 1,75 kg/dm^3 ir su portlandcemenčiu CEM II / BV 32,5 R – 1,71 kg/dm^3 .

Sukietėjusio cementinio skiedinio atveju:

- Po 28 parų proporcingai sumažėja skiedinio tankis su CEM I 32,5 R be priedo – 2,18 kg/dm^3 ir su portlandcemenčiu CEM II/ BV 32,5 R be priedo – 2,176 kg/dm^3 . Naudojant šį priedą skiedinio tankis CEM I 32,5 R – 1,822 kg/dm^3 ir CEM II/ BV 32,5 R – 1,746 kg/dm^3 ;
- Skiedinių su CEM I 32,5 R įgeriamumas padidėja nuo 7,4 % iki 8,8 %, su CEM II/ BV 32,5 R nuo 8,4 % iki 9,0 %;
- Skiedinių lenkimo stipris po 28 parų sumažėja, kai skiedinys be priedo su CEM I 32,5 R – 7,1 N/mm^2 ir su CEM II/ BV 32,5 R – 4,9 N/mm^2 , kai su priedu CEM I 32,5 R – 2,1 N/mm^2 , o CEM II/ BV 32,5 R 2,2 N/mm^2 ;
- Gniuždymo stiprio po 28 parų sumažėja, skiedinys su CEM I 32,5 R – 40,3 N/mm^2 be priedo ir 11,5 N/mm^2 su priedu, o skiedinio su CEM II/ BV 32,5 R – 4,9 N/mm^2 be priedo ir 2,2 N/mm^2 su priedu;
- Gerokai padidėjo skiedinio susitraukimas, nenaudojant priedo susitraukimas CEM I ir CEM II – 0,25 mm/m, naudojant priedą su CEM I – 0,775 mm/m, o su CEM II 0,9375 mm/m;
- Padidėjo cementinio skiedinio atsparumas šalčiui (Jasiczak *et al.* 2006).

Gerai žinoma, kad skiedinio stiprumas priklauso nuo poringumo, tai yra nuo porų pasiskirstymo pagal dydį ir nuo angos formos (Odler *et al.* 1985).

Portlandcemenčio skiediniai gaminami su tokiais mineraliniais priedais: lakiaisiais pelenais granuliuotu aukštakrosnių šlaku, fosforo aukštakrosnių šlaku, kalkakmeniu, ir kalkių nuosėdomis. Bandinių poringumas ir vidutinis porų skersmuo, padidėja tais atvejais, kai priedais naudojami lakieji pelenai ir šlakai, nors bendrasis porų tūris beveik išlika toks pat. Stiprio mažėjimas vyksta naudojant šlaką ir lakiuosius pelenus. Įprastinio portlandcemenčio skiedinio stiprumo didėjimas susietas su klinties ir kalkių atliekų pridėjimu.

Pridedant lakiųjų pelenų ir kitų priedų padidinamas cementinio skiedinio poringumas. Didesnis poringumas gaunamas bandinių su lakiaisiais pelenais ir šlakais, negu bandinių su klinties ir kalkių atliekomis. Skiedinio stiprumas mažėja didėjant poringumui (Pandey *et al.* 1999).

Kaip priedas skiedinio mišiniui yra naudojamas stiklas. Priklausomai nuo stiklo dalelių dydžio, panaudotų skiedinyje, gali būti nustatyti du efektai: šarminė reakcija, kuri lemia neigiamus efektus, ir pucolano reakciją, kuri gerina skiedinio savybes. Naudojant cemento skiedinyje susmulkintas stiklo dalelės ir stiklo užpildus sumažėja cemento skiedinio išsiplėtimas dėl stambių dalelių, be to, padidėja cemento gniuždymo stipris (Idir *et al.* 2010).

Naudojant mineralinius priedus ir chemines priemaišas, pastebimas jų efektyvumas, gaminant savaime susitankinantį cementinį skiedinį. Šiuo tikslu, su keturiais mineraliniais priedais, treis superplastikliais ir dviem klampumo pakeitimo priemaišomis, buvo atliktas tyrimas. Atliekant tyrimą buvo naudojamas portlandcementis CEM I/42,5 R, mineraliniai priedai: kalkės, plytų milteliai, klintis ir koalinitas, cheminės priemaišos: polikarboksilato eteris, modifikuotas polikarboksilatas, melamino formaldehidas, silicio vandeninė dispersija, didelės molekulinės masės hidroksilintas polimeras, bei upės smėlis, kurio savitais tankis ir drėgnis $2,54 \text{ g/cm}^3$ ir 0,68 %.

Paruoštas vienas kontrolinis ir 42 bandiniai su mineraliniais priedais ir cheminėmis priemaišomis. Pirmasis bandinys su polikarboksilato eteriu ir 30 % kalkių, kiti bandiniai: melamino formaldehidas – kalkės – klintis, atitinkamai su melamino formaldehidu, 15 % kalkių ir 15 % klinties. Dar vienas bandinys su modifikuotu polikarboksilatu be kitokių mineralinių priedų. Vandens ir rišamosios medžiagos santykis (V/RM) buvo pasirinktas 0,40. Kontrolinis bandinys sudarytas iš portlandcemenčio, smėlio ir vandens be jokios cheminės priemaišos ir mineralinių priedų.

- Savaime susitankinančio skiedinio klijumas daugiausia priklauso nuo panaudotos cheminės priemaišos tipo. Naujos kartos superplastikliai, ypač modifikuotas polikarboksilatas, naudotas atliekant tyrimą, parodė geriausius rezultatus nustatinėjant skiedinio tinkamumą.

- Tarp mineralinių priedų, kalkės ir klintys pagerino skiedinio tinkamumo savybes. O mineraliniai priedai plytų milteliai ir koalinitas, negalėjo būti panaudoti vieni, kadangi jie neigiamai veikia skiedinio tinkamumą.

- Kai mineralinių priedų dalelių dydžiai buvo palyginti, pamatyta, kad klintis yra smulkiausias, o kalkės yra stambiausias priedas. Tačiau, abu šie priedai padidina skiedinio tinkamumą. Todėl, galima daryti išvada, kad smulkumas nėra vienintelis mineralinio priedo parametras gerinantis skiedinio tinkamumą. Lygus paviršius ir sferinė kalkių forma yra svarbios savybės, kurios taip pat pagerina skiedinio tinkamumą.

- Kalkės labiausiai padidino cemento skiedinio tinkamumo laiką, dėl sferinės geometrijos ir stambių dalelių dydžio, sukeldamos paviršiaus ploto sumažėjimą adsorbuoti laisvą vandenį.

- Kad sutrukdytų vieno mineralinio priedo nenaudingam poveikiui, kitas mineralinis priedas taip pat gali būti pridėtas. Šiame tyrime, sumaišytos kalkės su klintimi padidino cementinio skiedinio tinkamumą, žymiai nepaveikdamos skiedinio rišimosi laiko.

- Mineralinių priedų žala yra stiprio sumažėjimas, atsirandantis tada kai dalis cemento yra pakeista mineraliniais priedais (Sahmaran *et al.* 2006).

Gaminant kalkinį – cementinį skiedinį su modifikuojančiomis priemonėmis, atsparumas senėjimui ir mechaniniam poveikiui pagerėja, nes priedai sumažina pralaidumą vandeniui ir padidino įtraukto oro kiekį. Natrio oleatas yra efektyviausias priedas, norint atlaikyti šalčio poveikį.

Buvo atliekamas tyrimas ir išbandyti šeši skirtingi priedai, ruošiami atskiri mišiniai, kad patikrintų įtaką, kurią kiekvienas iš jų darė cementinio skiedinio stiprumui. Pasirinkti priedai buvo tokie:

- 1) du skirtingi vandenį atstumiantys priedai: natrio oleatas ir kalcio stearatas;
- 2) dvi skirtingos vandenį laikančios medžiagos: hidroksipropilmetilceliuliozė ir guaro gumos darinys, polipropileno pluoštas ir krakmolo polimeras.

Nustatyta, kad didelėmis dozėmis naudotas natrio oleatas buvo geriausias priedas kalkinio – cementinio skiedinio ilgaamžiškumui gerinti. Po atliktos sendinimo programos, cementinis skiedinys su natrio oleatu pasižymėjo didžiausiais gniuždymo rezultatais.

Tarp vandenį sulaikančių medžiagų, guaro dervos darinys pagerino ilgaamžiškumą lyginant su kontroliniu cementiniu skiediniu, be priedų. O hidroksipropilmetilceliuliozė skiedinio ilgaamžiškumui poveikio neturėjo. Krakmolas, taip pat padidino skiedinio ilgaamžiškumą. Kuo mažesnis įgerto vandens kiekis, tuo geresnis mechaninis atsparumas (Izaguirre *et al.* 2010).

2. METODINĖ DALIS

2.1. Užpildo tyrimo metodai pagal LST 1476.6:1997

2.1.1. Smėlio piltinio tankio nustatymas

Smėlio piltinis tankis buvo nustatomas, sveriant sausą smėlį.

Indas ant horizontalaus paviršiaus buvo pastatomas po kūgiu. Kūgio apatinė sklendė atidaroma ir smėlis pilamas tol, kol pradeda byrėti per matavimo indo kraštus. Smėlio perteklius metaline liniuote nubraukiamas, nesutankinant smėlio viršutinio sluoksnio. Smėlis su indu pasveriamas, gauti rezultatai įrašomi į 2.1 lentelę ir apskaičiuojamas smėlio piltinis tankis.

2.1 lentelė. Smėlio piltinio tankio tyrimo rezultatai (Žurauskienė et al. 2009)

Rodiklis	Smėlio bandiniai		
	Frakcija 0/2		
	1	2	3
Tuščio indo masė (m) g	201,8	201,8	201,8
Indo su smėlio bandiniu masė (m ₁) g	1733,4	1728,9	1730,5
Indo tūris (V), cm ³	1000	1000	1000

Smėlio piltinis tankis buvo apskaičiuojamas pagal piltinio tankio formulę:

$$\rho_{s.pl} = \frac{m_1 - m}{V}, \text{ g/cm}^3; \quad (2.1)$$

čia m – tuščio indo masė, m₁ – indo su smėlio masė, V – indo tūris

Pagal formulę apskaičiuotas vidutinis smėlio piltinio tankis yra:

$$\rho_{s.pl.vid.} = 1,529 \text{ g/cm}^3.$$



2.1 pav. Smėlio piltinio tankio nustatymas

2.1.2. Smėlio dalelių tankio nustatymas

Užpildo dalelių tankis – tai sauso užpildo masės ir jo dalelių užimamo tūrio, įskaitant dalelėse esančias uždaras ir atviras poras, santykis.

Į piknometrą supilama 15 g smėlio, paskui į jį pripilama distiliuoto vandens. Šis mišinys užėmė trečdalį piknometro tūrio. Piknometro turinys buvo kaitinamas 15 min (2.2 pav.). Tada piknometras buvo ataušinamas iki kambario temperatūros (2.3 pav.) ir iki žymės pripilama distiliuoto vandens. Piknometras su smėliu ir vandeniu pasveriamas.

Tada į piknometrą iki žymės pripilama distiliuoto vandens ir vėl sveriamas. Gauti tyrimo rezultatai įrašomi 2.2 lentelę.

2.2 lentelė. Smėlio dalelių tankio tyrimo rezultatai (Žurauskienė *et al.* 2009)

Rodiklis	Smėlio bandiniai	
	Frakcija 0/2	
	1	2
Smėlio masė (m), g	15,0	
Piknometro su vandeniu masė (m_1), g	144,15	144,93
Piknometro su smėliu ir vandeniu masė (m_2), g	153,32	154,0

Smėlio dalelių tankis buvo apskaičiuojamas pagal smėlio dalelių tankio formulę:

$$\rho_{s.t.} = \frac{m \cdot \rho_v}{m + m_1 - m_2}, g/cm^3 ; \quad (2.2)$$

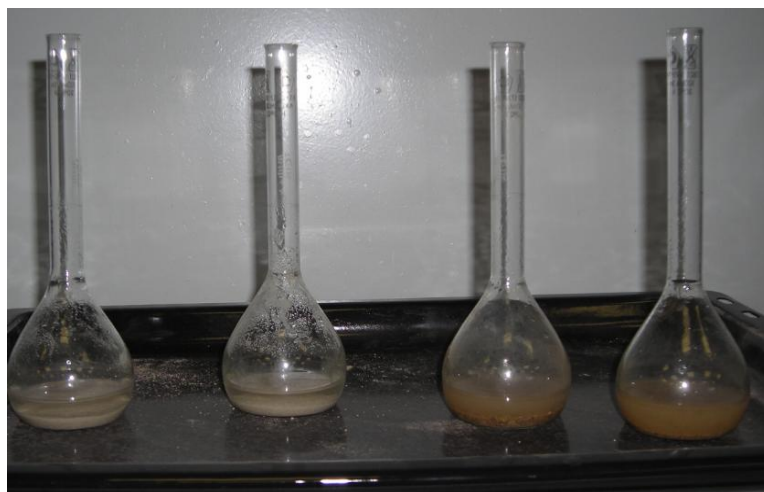
čia m – smėlio masė, m_1 – piknometro su vandeniu masė, m_2 – piknometro su smėliu ir vandeniu masė.

Pagal formulę apskaičiuotas vidutinis smėlio dalelių tankis yra:

$$\rho_{s.t.vid.} = 2,55 g/cm^3.$$



2.2 pav. Kaitinimo krosnis su bandinėliais viduje



2.3 pav. Aušinami piknometrai su smėliu ir vandeniu

2.1.3. Smėlio drėgnio nustatymas

Užpildo drėgnis – tai užpilde esančio vandens masės ir sauso užpildo masės santykis.

Smėlio bandinys 1000 g buvo pasveriamas 2 % tikslumu ir supilamas į metalinį indą, kurio masė žinoma. Paskui išdžiovinamas 110 ± 5 °C temperatūroje iki pastovios masės. Išdžiovintas bandinys pasveriamas su indu 2 % tikslumu, indo masė atimama. Gauti tyrimo rezultatai įrašomi į 2.3 lentelę.

2.3 lentelė. Smėlio drėgnio nustatymo rezultatai

Rodiklis	Bandinys frakcijos 0/2
Smėlio bandinio masė (m), g	2995,9
Išdžiovinto smėlio masė (m_1), g	2983,03

Smėlio drėgnis buvo apskaičiuojamas pagal formulę:

$$W_s = \frac{m - m_1}{m_1} \cdot 100, \% ; \quad (2.3)$$

čia m – smėlio bandinio masė, m_1 – išdžiovinto smėlio masė.

Pagal formulę apskaičiuotas smėlio drėgnis yra:

$$W_s = 0,431 \, \%.$$

2.1.4. Smėlio granulimetrinės sudėties ir stambumo modulio nustatymas

Granulimetrinė sudėtis – tai užpildo dalelių pasiskirstymas pagal stambumą, išreikštas išbirų per nustatytą sietų skaičių masės procentais. Smėlio granulimetrinė sudėtis buvo nustatoma sijojant smėlį pro standartinių sietų rinkinį.

Atsvertas smėlis mechaniniu sijotuvu parodytame 2.5 pav. sijojamas pro standartinių sietų

kolonėlę. Sietai su didesnėmis akutėmis dedami viršuje, o smulkesnėmis - apačioje. Gauti tyrimo rezultatai įrašomi į 2.4 lentelę ir braižomas smėlio granulimetrinės sudėties grafikas, pateiktas 2.4 paveikle.

2.4 lentelė. Smėlio (frakcija 0/2) dalinių, suminių liekanų ir išbirų nustatymo rezultatai (Navickas *et al.* 2007)

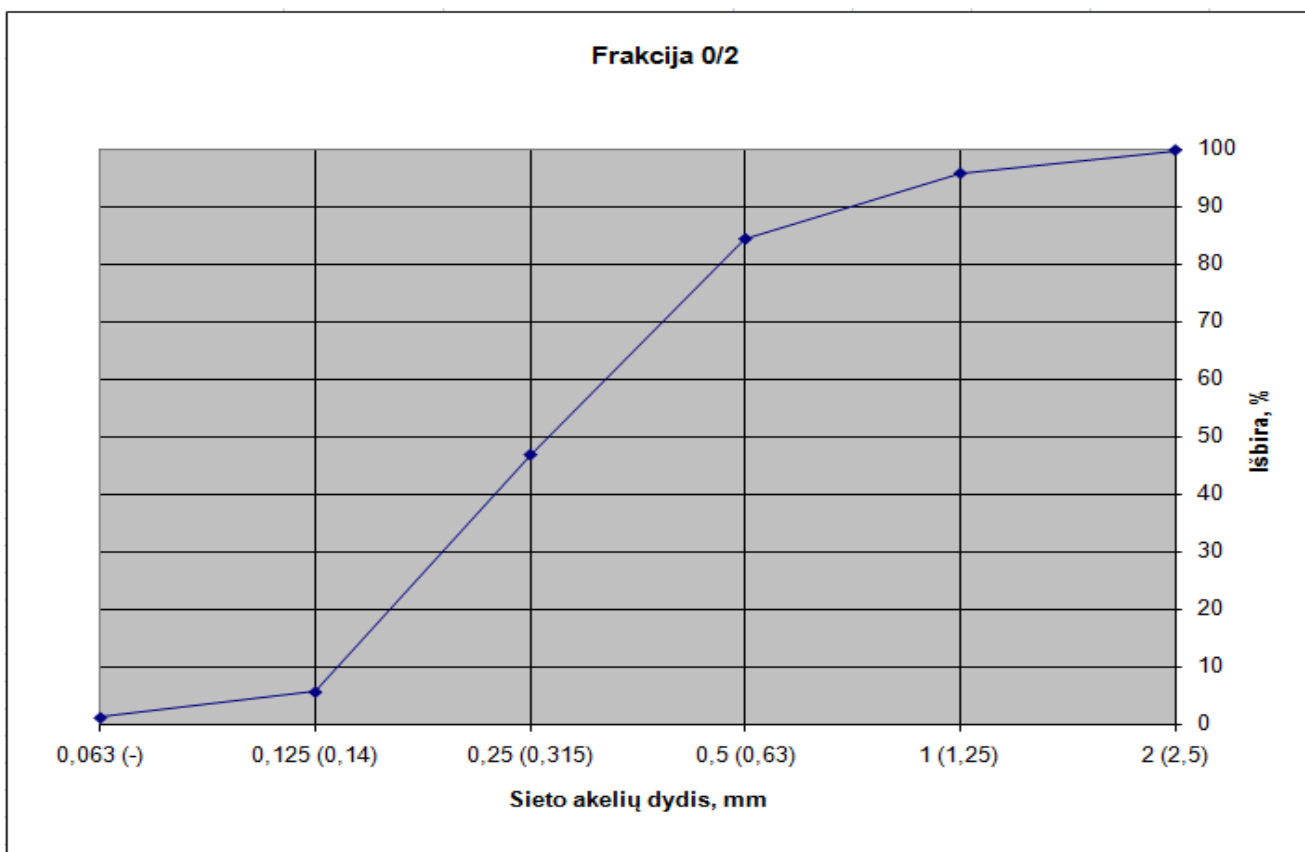
Sieto akelių dydis, mm	Smėlio liekana ant sieto m_i , g	Dalinė liekana a_i , %	Suminė liekana A_i , %	Išbira B_i , %
4 (5)	-			
2 (2,5)	3,01	0,301	0,301	99,699
1 (1,25)	40,22	4,022	4,323	95,677
0,5 (0,63)	113,68	11,368	15,691	84,309
0,25 (0,315)	374,49	37,449	53,140	46,860
0,125 (0,14)	411,98	41,198	94,338	5,662
0,063 (-)	44,61	4,461	98,799	1,201
Masė P ant dugno, g		11,89		
$\sum m_i + P$, g		999,88		
$100[m - (\sum m_i + P)]/m < 1$, %		0.012		

Žinant liekanas ant kiekvieno sieto apskaičiuojamas smėlio stambumo modulis pagal formulę:

$$M_s = \frac{A_1 + A_{0,5} + A_{0,25} + A_{0,125}}{100}; \quad (2.4)$$

čia M_s – smėlio stambumo modulis, A_n – suminės liekanos ant sietų.

Tokiu atveju $M_s = \frac{4,323 + 15,691 + 53,140 + 94,338}{100} = 1,675$. Pagal stambumo modulį tirtas smėlis yra vidutinio stambumo.



2.4 pav. Smėlio granulimetrinės sudėties kreivė



2.5 pav. Mechaninis sijotuvas

2.2. Portlandcemenčio tyrimo metodai pagal LST EN 1990:2004

2.2.1. Portlandcemenčio piltinio tankio nustatymas

Pasveriamas standartinis indas ir pastatomas ant horizontalaus paviršiaus po bandymo kūgiu 2.6 pav. Portlandcementis pilamas tolygiai į visą indą tol, kol jis pradeda byrėti per indo kraštus, tada kaupas nubraukiamas metaline liniuote. Indas su portlandcemenčiu pasveriamas ir apskaičiuojamas portlandcemenčio piltinis tankis. Gautieji rezultatai įrašyti į 2.5 lentelę.

2.5 lentelė. Portlandcemenčio piltinio tankio tyrimo rezultatai (Žurauskienė *et al.* 2009)

Rodiklis	Bandymai					
	CEM II/A – LL 42,5 N			CEM I 42,5 N (MA)		
	1	2	3	1	2	3
Indo masė, g	202,0			202,0		
Indo su cementu masė, g	1232	1214	1214	1319	1321	1307
Indo tūris, cm ³	1000			1000		

Portlandcemenčio piltinis tankis buvo apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\rho_{c.pl} = \frac{m_1 - m}{V}, g / cm^3 ; \quad (2.5)$$

čia m – indo masė, m_1 – indo su cementu masė, V – indo tūris.

Gauti portlandcemenčio piltinio tankio rezultatai naudojant cementą CEM II – LL 42,5 N:

$$\rho_{c.pl} = 1,017 g/cm^3.$$

Kai CEM I 42,5 N (MA):

$$\rho_{c.pl} = 1,114 g/cm^3.$$



2.6 pav. Portlandcemenčio piltinio tankio nustatymas

2.2.2. Portlandcemenčio savitojo tankio nustatymas

Savitasis sauso portlandcemenčio tankis tai jo dalelių masės ir jų užimamo tūrio santykis.

Į piknometrą supilamas pasirinktas kiekis žibalo (apie 5-7 ml). Paskui pasveriamas 3 g portlandcemenčio miltelių ir supilama į piknometrą. Piknometras atsargiai pavartomas, kad pasišalintų oras, ir 10 min. leidžiama mišiniui nusistovėti. Tada nustatomas žibalo tūrio padidėjimas, jis atitinka portlandcemenčio miltelių tūrį. Gauti rezultatai įrašomi į 2.6 lentelę ir pagal formulę (2.6) apskaičiuojamas portlandcemenčio savitasis tankis.

2.6 lentelė. Portlandcemenčio savitojo tankio tyrimo rezultatai

Rodiklis	Bandymai	
	CEM II/A-LL 42,5 N	CEM I 42,5 N (MA)
	1	2
Portlandcemenčio miltelių masė, g	3	3

Portlandcemenčio savitasis tankis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\rho_{c.t} = \frac{m}{V}, g / cm^3; \quad (2.6)$$

čia m – portlandcemenčio miltelių masė, V – tūris.

Gauti portlandcemenčio savitojo tankio rezultatai naudojant cementą CEM II/A – LL 42,5 N:

$$\rho_{c.t.vid} = 3,0 \text{ g/cm}^3.$$

Kai CEM I 42,5 N (MA): $\rho_{c.t.vid} = 3,0 \text{ g/cm}^3$.

2.2.3. Portlandcemenčio normalaus tirštumo tešlos nustatymas pagal LST EN 196-3:2005+A1:2009

Bandymui bus naudojami dviejų tipų portlandcemenčiai:

1. CEM II/A -LL 42,5 N;
2. CEM I 42,5N (MA) .

Metalinė plokštelė su žiedu, pripildytu portlandcemenčio tešlos, padedama po Viko prietaiso strypeliu (2.7 pav.) ir šis nuleidžiamas taip, kad liestų žiede esančios portlandcemenčio tešlos paviršių. Praėjus 4 min. nuo bandymo pradžios, strypelis paleidžiamas smigti į tešlą. Po 30 sek. strypelis fiksuojamas. Nustatomas atstumas nuo metalinės plokštelės iki strypelio. Šis atstumas turi būti lygus 6 ± 1 mm. Bandymas baigiamas, kai gaunama normalaus tirštumo tešla. Gauti rezultatai pateikiami 2.7 lentelėje

2.7 lentelė. Normalaus tirštumo portlandcemenčio tešlos bandymo rezultatai (Žurauskienė *et al.* 2009)

Rodiklis	Žymuo ir matavimo vienetai	Bandymai							
		CEM II/A – LL 42,5 N				CEM I 42,5 N (MA)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Bandymui paimtas portlandcemenčio kiekis	m, g	500	500	500	500	500	510	510	510
Vandens kiekis	v, ml	130	135	140	141	130	130	131	131,5
Vandens kiekis	v_1 , %	26,0	27,0	28,0	28,2	26,0	25,5	25,7	25,8
Kiek mm strypelis nepasiekė dugno	mm	31	26	14	5	0	12	10	5



2.7 pav. Viko prietaisai su cementais CEM II/A – LL 42,5 N ir CEM I 42,5 N (MA)

2.3. Kalkių savybių tyrimas

2.3.1. Kalkių tešlos išeigos nustatymas pagal LST EN 459-2:2010

Pirmiausia buvo atsverta 200 g ir 150 g negesintų kalkių ir užpilta 3 kartus didesniu vandens kiekiu. Po 24 valandų vanduo nuo tešlos paviršiaus atsargiai nupiltas. Kalkių tešla pasverta ir apskaičiuota kalkių tešlos masė. Tada išmatuotas kalkių tešlos tūris, bei apskaičiuota tūrinė ir masinė kalkių tešlos išeiga. Gauti rezultatai surašyti į 2.8 lentelę.

2.8 lentelė. Kalkių tešlos išeigos nustatymo rezultatai

Rodiklis	Žymuo ir matavimo vienetas	Bandiniai	
		1	2
Negesintas kalkių kiekis	m, g	200	150
Indo su kalkių tešla masė	m_2, g	891,60	716,08
Indo masė	m_3, g	222,3	211,27
Kalkių tešlos masė	$m_1 = m_2 - m_3, g$	669,3	504,81
Kalkių tešlos tūris	V, cm^3	542,0	405
Tūrinė kalkių tešlos išeiga	$I_v = \frac{V}{m}, l$	2,71	2,70
Masinė kalkių tešlos išeiga	$I_m = \frac{m_1}{m}, kg$	3,35	3,37

2.4. Cemento skiedinio ir sudėtinio skiedinio sudėties apskaičiavimas, kai naudojamas CEM – II/A – LL 42,5

2.4.1. Medžiagų charakteristikos

Cementinis skiedinys; Sudėtinis skiedinys

Cemento klasė – 42,5; cemento piltinis tankis – $1,017 \text{ kg/m}^3$; smėlio piltinis tankis – $1,529 \text{ kg/m}^3$.

2.4.2. Skaičiavimai

Cementiniam ir sudėtiniam skiediniui cemento ir smėlio kiekis apskaičiuojamas pagal žemiau pateiktas formules.

Sudėtinio skiedinio dar skaičiuojamas kalkių kiekis.

Cemento kiekis C 1 m^3 smėlio apskaičiuojamas pagal formules:

$$f_{sk} = K \cdot f_c \cdot (C - 0,05) + 4 ; \quad (2.7)$$

$$C = \frac{(f_{sk} - 4)}{K \cdot f_c} + 0,05 ; \quad (2.8)$$

čia f_{sk} – skiedinio gniuždymo stipris, MPa;

f_c – cemento gniuždymo stipris, MPa;

K – koeficientas, lygus 0,8.

Smėlio kiekis S_m tūriais, atitinkantis vienetinį cemento tūrį:

$$S_m = \frac{\rho_{pc}}{C} ; \quad (2.9)$$

Čia: ρ_{pc} – cemento piltinis tankis.

Kalkių tešlos kiekis K tūriais, atitinkantis vienetinį cemento tūrį:

$$K = (0,25 \cdot S_m) - 0,3. \quad (2.10)$$

Cemento skiedinio ir sudėtinio skiedinio tūrinė sudėtis išreiškiama santykiu $1 : S_m$ (cementinio) arba $1 : K : S_m$ (sudėtinio). Rezultatai surašomi į 2.9 lentelę.

2.9 lentelė. Sudėtinio cementinio skiedinio sudėtis (pradinė)

Parametro pavadinimas	Žymuo	Cementinis skiedinys	Sudėtinis skiedinys
Cemento kiekis	C	1	1
Smėlio kiekis	S_m	3,619	3,619
Kalkių tešlos kiekis	K	-	0,605
Cementinio skiedinio sudėtis	$1 : S_m$	$1 : 3,619$	-
Sudėtinio skiedinio sudėtis	$1 : K : S_m$	-	$1 : 0,605 : 3,619$

Cementiniam skiediniui ir sudėtiniam skiediniui paruošti apskaičiuojami smėlio S_{m1} ir cemento C_1 kiekiai. O sudėtiniam skiediniui – dar ir kalkių tešlos K_1 kiekis.

Skiediniui paruošti smėlio imama $2\,000\text{ cm}^3$ arba

$$S_{m1} = 2000 \cdot \rho_{smp}; \quad (2.11)$$

čia ρ_{smp} - smėlio piltnis tankis.

Cemento kiekis:

$$C_1 = \left(\frac{2000}{S_m} \right) \cdot \rho_{cp}; \quad (2.12)$$

čia S_m – smėlio kiekis, ρ_{cp} – cemento piltnis tankis.

Kalkių tešlos kiekis:

$$K_1 = \left(\frac{2000}{S_m} \right) \cdot K \cdot \rho_k; \quad (2.13)$$

čia S_m – smėlio kiekis tūriu, atitinkantis 1 cemento tūrį vieneto dalimis, K – kalkių tešlos kiekis tūriu, ρ_k – kalkių tešlos tankis, atitinkantis 1 cemento tūrį vieneto dalimis.

Sausųjų medžiagų kiekis lygus $S_{m1} + C_1$, arba $S_{m1} + C_1 + K_1$.

Vandens kiekis V_1 , ml (g), pradžioje sudaro 10 % sausų medžiagų kiekio. Apskaičiuotų medžiagų kiekiai surašomi į 2.10 lentelę (Navickas *et al.* 2007).

2.10 lentelė. Cementinio skiedinio ir sudėtinio skiedinio sudėtis

Parametro pavadinimas	Žymuo ir matavimo vienetai	Cementinis skiedinys	Sudėtinis skiedinys
Smėlio kiekis	S_{m1} , kg	3,058	3,058
Cemento kiekis	C_1 , kg	0,56203	0,56203
Kalkių tešlos kiekis	K_1 , kg	-	0,4146
Sausų medžiagų kiekis	$S_{m1} + C_1$, kg	3,620	-
Sausų medžiagų kiekis	$S_{m1} + C_1 + K_1$, kg	-	4,03463
Vandens kiekis(pradinis)	V_1 , l (10 %)	0,3620	0,403463

2.5. Cemento skiedinio ir sudėtinio skiedinio sudėties apskaičiavimas, kai naudojamas CEM - I 42,5 N (MA)

2.5.1. Medžiagų charakteristikos

Cementinis skiedinys

Cemento klasė - 42,5; cemento piltinis tankis - $1,114 \text{ kg/m}^3$; smėlio piltinis tankis - $1,529 \text{ kg/m}^3$.

Sudėtinis skiedinys

Cemento klasė - 42,5; cemento piltinis tankis - $1,114 \text{ kg/m}^3$; smėlio piltinis tankis - $1,529 \text{ kg/m}^3$; kalkių tešlos tankis - $1,24 \text{ kg/m}^3$.

2.5.2. Skaičiavimai

Cementiniam skiediniui ir sudėtiniam skiediniui cemento ir smėlio kiekis apskaičiuojamas pagal žemiau pateiktas formules.

Sudėtiniam skiediniui dar skaičiuojamas kalkių kiekis.

Smėlio kiekis S_m tūriais, atitinkantis vienetinį cemento tūrį pagal formulę (2.9) ir gaunamas:

Kalkių tešlos kiekis K tūriais, atitinkantis vienetinį cemento tūrį apskaičiuojamas pagal (2.10) formulę ir gaunamas:

Cemento skiedinio ir sudėtinio skiedinio tūrinė sudėtis išreiškiama santykiu $1 : S_m$ (cementinio) arba $1 : K : S_m$ (sudėtinio). Rezultatai surašomi į 2.11 lentelę.

2.11 lentelė. Sudėtinio cementinio skiedinio sudėtis (pradinė)

Parametro pavadinimas	Žymuo	Cementinis skiedinys	Sudėtinis skiedinys
Cemento kiekis	C	1	1
Smėlio kiekis	S_m	3,964	3,964
Kalkių tešlos kiekis	K	-	0,691
Cementinio skiedinio sudėtis	1 : S_m	1 : 3,964	-
Sudėtinio skiedinio sudėtis	1 : K : S_m	-	1 : 0,691 : 3,964

Cementiniam skiediniui ir sudėtiniam skiediniui paruošti apskaičiuojami smėlio S_{m1} ir cemento C_1 kiekiai. O sudėtiniam skiediniui – dar ir kalkių tešlos K_1 kiekis.

Skiediniui paruošti smėlio imama $2\,000\text{ cm}^3$ arba pagal (2.11) formulę apskaičiuojame.

Cemento kiekis pagal (2.12) formulę.

Kalkių tešlos kiekis pagal (2.13) formulę.

Sausųjų medžiagų kiekis lygus $S_{m1} + C_1$, arba $S_{m1} + C_1 + K_1$.

Vandens kiekis V_1 , ml (g), pradžioje sudaro 10 % sausų medžiagų kiekio. Apskaičiuotų medžiagų kiekiai surašomi į 2.12 lentelę (Navickas *et al.* 2007).

2.12 lentelė. Sudėtinio cementinio skiedinio sudėtis

Parametro pavadinimas	Žymuos ir matavimo vienetai	Cementinis skiedinys	Sudėtinis skiedinys
Smėlio kiekis	S_{m1} , kg	3,058	3,058
Cemento kiekis	C_1 , kg	0,56206	0,56206
Kalkių tešlos kiekis	K_1 , kg	-	0,43231
Sausų medžiagų kiekis	$S_{m1} + C_1$, kg		-
Sausų medžiagų kiekis	$S_{m1} + C_1 + K_1$, kg	3,620	4,05237
Vandens kiekis (pradinis)	V_1 , l (10 %)	0,362	0,405237

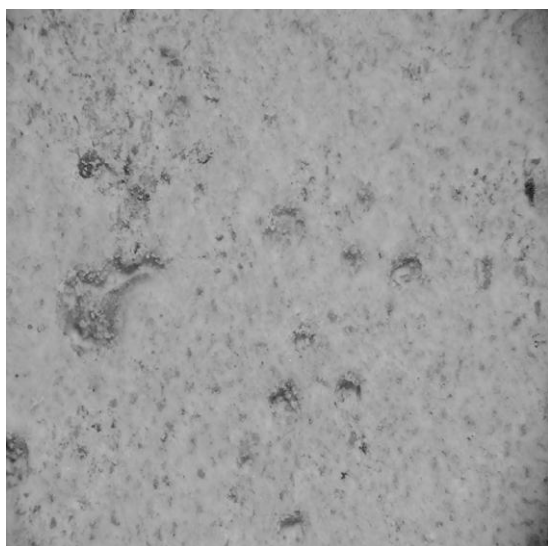
Pagal skaičiuotas skiedinių sudėtis buvo paruošti aštuoni skiedinių tipai. Vienuose buvo naudojama mišri rišamoji medžiaga portlandcementis ir kalkių tešla, kituose vien tik portlandcementis ir trečiasis variantas kuriuose buvo dedami portlandcementis su priedais. Skiedinio mišinių sudėtys pateiktos 2.13 lentelėje

2.13 lentelė. Skiedinio mišinių sudėtys

Medžiagos	Skiedinio medžiagų kiekiai							
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
Smėlis, g	3058							
Cementas, g	562							
Vanduo, g	711	446	711	385	313	253	295	253
Kalkės, g		432		415				
Orą įtraukiantis priedas, g					2,8	2,8	2,8	2,8
Lėtiklis, g						3,4		3,4

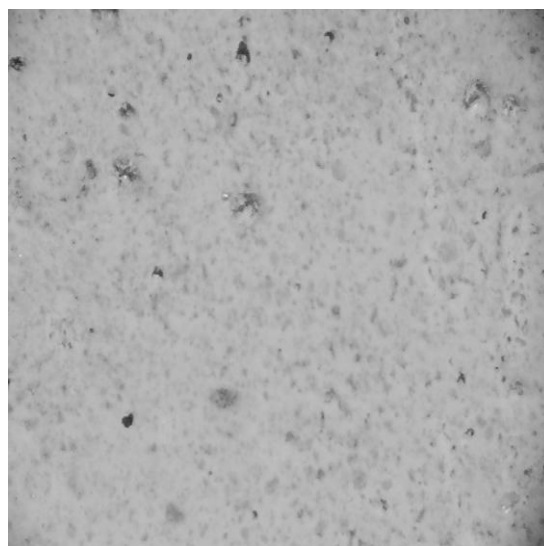
2.13 Lentelėje įvardyti skiediniai: **S1** - kai skiedinys sudarytas iš portlandcemenčio CEM I 42,5N (MA) ir smėlio; **S2** - iš portlandcemenčio CEM I – 42,5 N (MA), smėlio, kalkių; **S3** - kai skiedinys sudarytas iš klinties portlandcemenčio CEM II – LL 42,5N ir smėlio, **S4** – iš klinties portlandcemenčio CEM II– LL 42,5N, smėlio, kalkių; **S5** - iš portlandcemenčio CEM I 42,5N, smėlio ir orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo; **S6** - iš portlandcemenčio CEM I 42,5N, smėlio, orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo ir lėtiklio 225; **S7**- iš klinties portlandcemenčio CEM II – LL 42,5N, smėlio, ir orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo; **S8** – klinties portlandcemenčio CEM II – LL 42,5N, smėlio, orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo ir lėtiklio.

Optiniu mikroskopu buvo žiūrėta, kiekvieno skiedinio tipo makro- struktūra, nuotraukos pateiktos – 12 x masteliu 2. 8 pav.



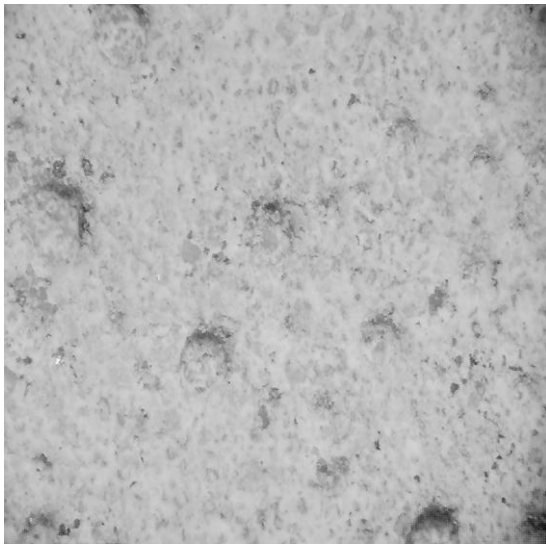
a)

(S1)



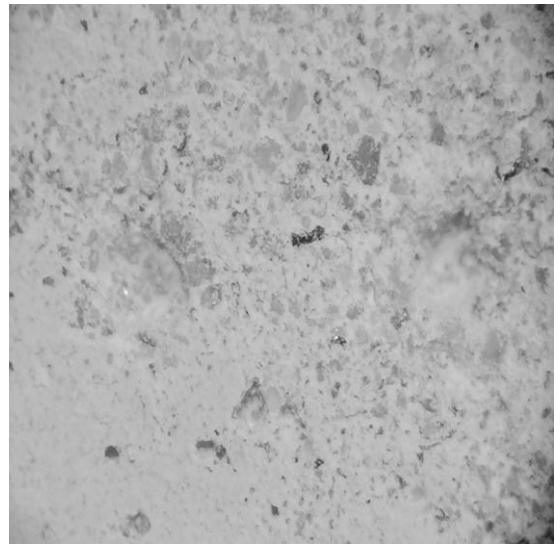
b)

(S3)



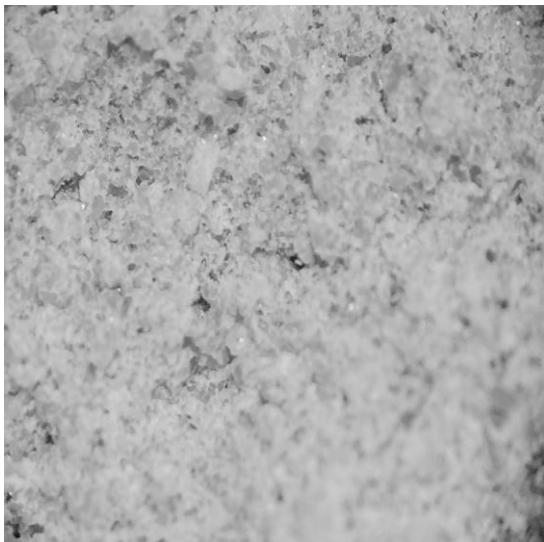
c)

S2



d)

S4



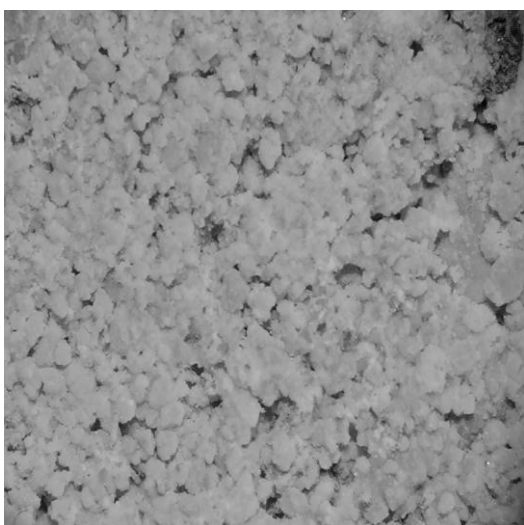
e)

S5



f)

S7



g)

S6



h)

S8

2.8 pav. Skirtingų skiedinių tipų makro- struktūros vaizdas

Įvedus į skiedinį priedą, keičiasi skiedinio struktūra, tai akivaizdžiai matosi iš 2.8 pav. pateiktų nuotraukų. Šiuo atveju formuojasi kitokia paviršiaus ir vidinė struktūra. Galima manyti, kad bandinio viduje susidaro daug įvairių porų, tame tarpe ir uždarų porų.

2.6. Skiedinio slankumo nustatymas pagal kūgio įsmigimo gylį pagal LST EN 1015-4:2004

Skiedinys buvo paruoštas pagal apskaičiuotą sudėtį pateiktą viršuje. Skiedinio slankumas buvo nustatomas į indą pripildant 2 mišinio sluoksnius, 1 cm nesiekiančiais viršaus, kiekvienas sluoksnis sutankintas plūktuvu paspaudžiant jį 10 kartų. Paskui indas su mišiniu 5 kartus dugnu patuksentas į kietą pagrindą, bet taip, kad mišinys nesisluoksniuotų.

Indas su mišiniu statomas po kūgiu (2.9 pav.). Kūgis nuleidžiamas tiek, kad smaigalys liestų skiedinio mišinio paviršių. Fiksuokis staigiai atleidžiamas, kad kūgis galėtų laisvai smigti į mišinį. Nustatytas kūgio įsmigimas centimetrais. Bandymas kartojamas tol, kol kūgis įsminga 6 ± 1 cm.



2.9 pav. Prietaisas skiedinio slankumui nustatyti

2.7. Šviežio skiedinio konsistencijos (tinkamumo) nustatymas (Sklidumo metodas (kratymo stalas)) pagal LST EN 1015-3:2002/A1:2004

Forma buvo padedama kratymo stalelio (2.10 pav.) disko centre ir dviem sluoksniais užpildoma skiediniu, kiekvieną sluoksnį sutankinant mažiausiai kas 10 kartų, paspaudžiant plūktuvu ir

užtikrinant, kad formos būtų užpildytos vienodai. Užpildymo metų forma viena ranka tvirtai prispaudžiama prie disko. Skiedinio perteklius nubraukiamas išlyginimo peiliu, laisvoji disko zona švariai nuvaloma ir nusausinama, ypač atidžiai nušluostant vandenį aplink formos pagrindą. Po apytikriai 15 s forma lėtai pakeliama vertikalia kryptimi, kratymo stalelis 15 karų pastoviu dažnumu sukrečiamas apytikriai vieną kartą per sekundę ir leidžiama skiediniui pasklisti ant disko.

Skiedinio pasklidimo skersmuo buvo išmatuojamas dviem viena kitai statmenomis kryptimis, naudojant liniuotę. Rezultatai apvalinami milimetro tikslumu. Bandymas kartojamas kas 15 min. tol, kol pradinės ir galinės vertės skirtumas 3 cm.



2.10 pav. Kratymo stalas su skiediniu

2.8. Skiedinio vandens išsiskyrimo nustatymas

Skiedinio mišinys buvo dedamas į atitinkamą indą ir pasveriamas, po 1 ir 2 valandų skiedinio stovėjimo, vanduo išsiskyręs paviršiuje nusiurbtas švirkštu ir pasvertas. Apskaičiuota išsiskyrusi vandens masė, %.

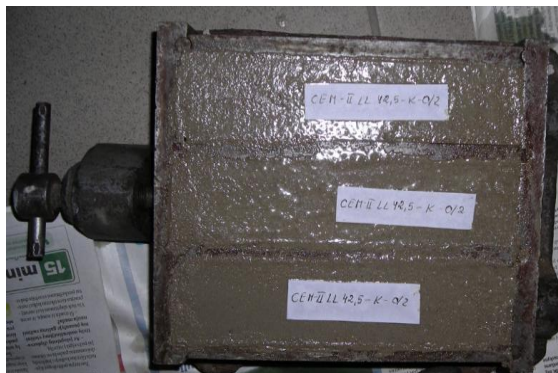
2.9. Skiedinio tešlos tankio nustatymas pagal LST EN 1015-6:2002

Pirmiausia indas buvo išvalomas drėgnu audeklu, tada indas pripildomas dviem mišinio sluoksniais, kiekvieną sluoksnį sutankinant mažiausiai 25 metalinio strypo dūriais. Išlyginamuoju

peiliu nulyginamas paviršius ir indas su skiedinio tešla pasveriamas, bei apskaičiuojamas tešlos tankis.

2.10. Bandinių paruošimas ir laikymo sąlygos

Atlikus šviežio skiedinio bandymus, skiedinys buvo sudedamas į metalines formas, išteptas alyva. Skiedinys formose sutankinamas 25 smeigimais metaliniu strypu. Perteklius nubraukiamas. Pirmas 2 paras bandiniai laikomi formose (2.11 pav).



2.11 pav. Bandinio forma

Kitas 5 paras bandiniai mirkomi vandenyje (2.12 pav), po 5 parų išimti drėgni bandiniai kitas 25 paras laikomi polietileno maiše.



2.12 pav. Mirkymo vonia su bandiniais

2.11. Skiedinio bandinių lenkimo ir gniuždymo stiprio nustatymas pagal LST EN 1015-11:2004

Suformuoti skiedinio bandinėliai pirmiausiai bandomi lenkiant. Skiedinio lenkimo stipris nustatomas skiedinio prizmę apkraunant trijuose taškuose iki lūžimo. Bandiniai bandomi po 28 parų kietėjimo. Bandinys buvo padėtas ant atraminių ritinių. Apkrova pridėta be smūgių, pastoviu nuo 10 N/s iki 50 N/s greičiu taip, kad bandinys sulūžtų per 30 – 90 sek. laiko tarpą. Gauti rezultatai pateikti 7.1 – 7.3 lentelėse.

Gniuždymo stiprio (ardančiosios jėgos) nustatymas vyksta po lenkimo stiprio bandymo (2.13 pav.). Nuo bandinio šonų pašalinamos visos atskilusios birios ar kitokios dalelės, nutrinant jas. Bandinys padedamas į mašiną taip, kad apkrova būtų perduodama visam bandinio paviršiaus plotui. Apkrova pridėdama be smūgio ir didinama pastoviu nuo 50 N/s iki 500 N/s greičiu taip, kad bandinys suirtų per 90 – 30 sek.



2.13 pav. Perlenktas sukietėjusio skiedinio bandinys 4x4x16 cm

2.12. Sukietėjusio skiedinio bandinių įmirkio nustatymas

Prieš bandymą bandiniai pasveriami svarstyklėmis ir nustatoma bandinio masė (m_0). Paskui bandiniai pamerkiami į vandenį bandinių sotinimo vonioje. Vandens temperatūra – $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$, vandens lygis virš bandinių ne mažesnis nei 2 cm. Bandiniai vandenyje išlaikomi $72 \pm 1\text{h}$. Paskui jie išimami iš vonios, apšluostomi drėgnu audeklu ir pasveriami techninėmis svarstyklėmis (m_1). Tada pagal formulę (2.14) apskaičiuojamas bandinių įmirkis normaliosiomis sąlygomis:

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100, \%; \quad (2.14)$$

čia m_0 – visiškai sauso bandinio masė, g;

m_1 – normaliosiomis sąlygomis įmirkusio bandinio masė, g.

2. 13. Sukietėjusio skiedinio bandinių tankio nustatymas pagal LST EN 1015-10:2002/A1:2007

Sukietėję skiedinio bandiniai buvo sveriami standartinėmis svarstyklėmis ir užfiksuojamas svoris, taip pat bandiniai buvo sveriami vandenyje ir pagal gautus duomenis buvo apskaičiuojamas bandinių tankis pagal formules:

$$V = \frac{m_{dr\grave{e}g.ore} - m_{vand.}}{\rho_{vand.}}; \quad (2.15)$$

čia $m_{dr\grave{e}g.ore}$ – bandinio masė ore, $m_{vand.}$ – bandinio masė vandenyje, $\rho_{vand.}$ – vandens tankis.

$$\rho = \frac{m_{sauso}}{V}; \quad (2.16)$$

čia m_{sauso} – bandinio masė, V – bandinio turis apskaičiuotas pagal formulę 2.14.

Rezultatai pateikti eksperimentinėje – tiriamojoje dalyje.

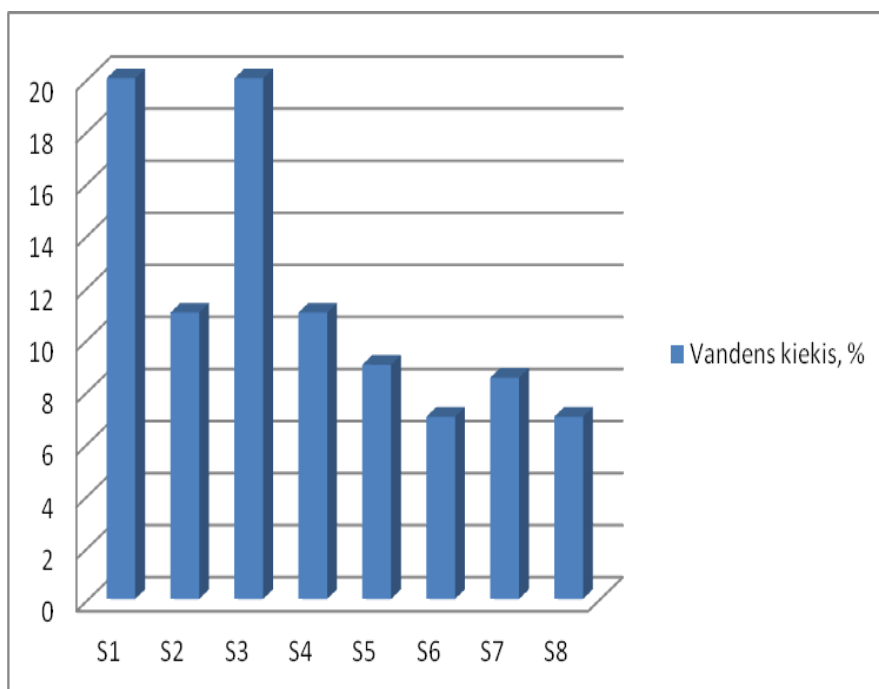
3. EKSPERIMENTINĖ – TIRIAMOJI DALIS

3.1. Skiedinio slankumo nustatymas pagal kūgio įsmigimo gylį

Plastiškumas – tai šviežiai pagaminto nesukietėjusio skiedinio savybė lengvai skleistis ant pagrindo plonu sluoksniu. Ši savybė turi žymią įtaką mūro stiprumui. Kai skiedinys standus mūrijant sunku paskleisti jį vienodo sluoksnio storiu, plytos negrimsta į skiedinį ir lieka tuštumų, dėl šios priežasties mūro stiprumas tampa žymiai mažesnis, nei panaudojus slankų skiedinį. Skiedinio plastiškumas turi žymią įtaką ir darbo našumui: naudojant plastišką skiedinį, mūrijant reikia eikvoti mažiau jėgos.

Atsižvelgiant į šias ypatybes, tyrimo metu buvo pasirinkta pagaminti plastišką mišinį, kurio plastiškumas 6 ± 1 cm.

Iš gautų rezultatų matyti, kad daugiausia 20 % vandens sunaudojama skiedinių mišiniams, kurių rišamosios medžiagos yra CEM I 42,5N (MA)) (S1) ir CEM II/A-LL 42,5 N (S2), be jokių papildomų priedų. Kitų skiedinių tipams reikia mažiau vandens. Skiediniams naudojant kaip rišamąsias medžiagas portlandcementį ir kalkių tešlą, reikia mažiau vandens, atitinkamai S2 – 10,20 % ir S4 – 10,4 %, nes tam tikras vandens kiekis patenka su jomis. Naudojant portlandcementį su orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu Centripor TFM 411 (S5, S6, S7, S8) taip pat sumažinamas vandens poreikis. Rezultatai pateikti 3.1 pav.



3.1 pav. Skiediniui reikalingas vandens kiekis

3.2. Šviežio skiedinio konsistencijos (tinkamumo) nustatymas sklidumo metodu naudojant kratymo stalą pagal LST EN 1015-9:2002/A1:2007

Skiedinys yra slankus ir gerai išlaiko vandenį tada, kai panaudoto užpildo tuštymėtumas yra minimalus, kai visos užpildo tuštumos užpildytos rišamosios medžiagos tešla, o užpildo grūdėliai padengti vienodo storio tešlos sluoksniu.

Tikslinga pagaminti skiedinį, kurio tinkamumo panaudojimui bei patikslinimui trukmė yra ilgesnė, nes dažniausiai skiedinio mišinio naudojimo vieta būna toli nuo jo pagaminimo vietos. Įvertinus laiką skiedinio pakrovimui – iškrovimui, transportavimo trukmę bei panaudojimo statybos vietoje laiką, aktualu pagaminti ilgesnio panaudojimo trukmę turintį skiedinį.

Didžiausias pasklidimas gaunamas, kai skiedinio rišamąja medžiaga yra naudojami portlandcemenčiai su kalkių tešla 3.1 lentelė.. Naudojant rišamąja medžiaga portlandcementį CEM I 42,5N (MA) su kalkėmis pasklidimas siekia 17 cm, o naudojant klinties portlandcementį (S3) CEM II/A – LL 42,5N su kalkėmis pasklidimas yra 17,2 cm. Kalkių tešla suteikia skiediniui plastiškumo. Mažiausias pasklidimas yra skiedinių, kai yra naudojamas orą įtraukiantis ir stabilizuojantis priedas. Kai rišamąja medžiaga naudojamas portlandcementis (S5) CEM I 42,5N (MA) su orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu pasklidimas siekia 13,2 cm. Analogiškas rezultatas yra gaunamas naudojant ir klinties portlandcementį (S7) CEM II/A – LL 42,5N.

Nustačius skiedinio pasklidimo skersmenį, buvo atliekami tolimesni tyrimai. Tokiu atveju buvo nustatomas laiko periodas, per kurį skiedinio pasklidimas sumažėja 3 cm. Naudojant abu portlandcemenčius pastebėti panašumai. Skiediniai, kuriuose mišri rišamoji medžiaga yra portlandcemenčiai su kalkėmis, skiedinio pasklidimo sumažėjimas pasiekiamas per 85 min. Kitų skiedinių pasklidimo sumažėjimas įvyksta per 115 min. Panaudojus portlandcemenčius su dviem priedais, sumažėjimo praėjus 160 min. nebuvo sulaukta. Tai buvo panaudoto lėtiklio poveikis, kuris sulėtino skiedinių rišimąsi.

3.1 lentelė. Šviežio skiedinio konsistencijos (tinkamumo) nustatymo rezultatai

Parametras		Skiedinio tipas							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
užmaišymo praėjus:	10 min.	16,0	17,0	17,2	15,5	13,2	15,8	13,3	15,6
		16,6	17,5	17,3	15,0	13,0	15,0	13,2	15,4
	25 min.	15,6	18,0	17,2	14,8	11,8	15,2	11,8	15,6
		15,4	17,5	17,3	14,9	11,3	15,2	11,3	15,4
	40 min.	16,0	17,0	17,8	14,8	11,4	15,0	11,4	15,5
		16,4	17,2	18,4	14,7	11,1	15,0	11,4	15,4
	55 min.	16,0	15,5	17,8	14,0	11,2	15,0	11,2	15,4
		15,8	16,0	17,8	13,8	11,1	15,0	11,0	15,3

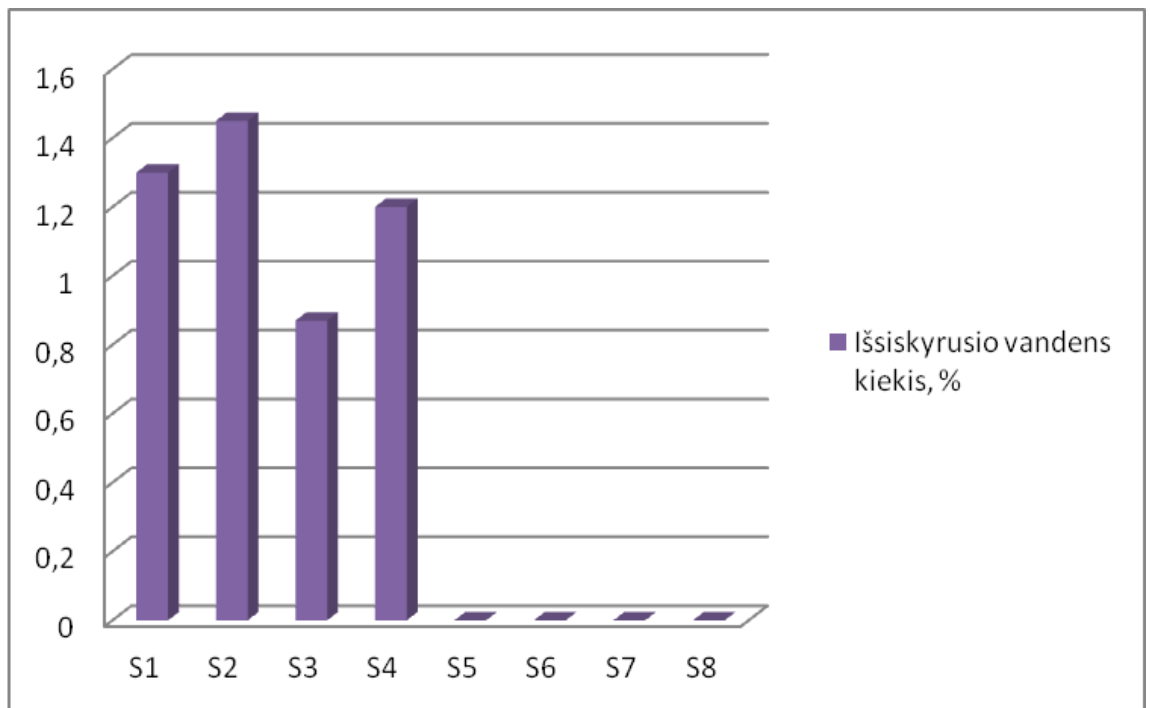
3.1 lentelės tęsinys

70 min.	16,0 15,7	16,0 15,0	14,9 15,1	13,6 13,2	10,7 11,0	15,0 15,0	10,5 11,0	15,4 15,2
85 min.	13,9 13,4	13,5 13,0	14,5 15,0	13,1 12,8	10,9 10,8	15,0 15,0	10,5 10,8	15,2 15,0
100 min.	13,8 13,4	-	14,4 14,5	12,4 12,0	10,1 10,0	14,6 14,8	10,4 10,0	14,9 15,0
115 min.	13,0 13,1	-	13,9 14,2	-	9,7 9,5	14,6 14,8	9,6 9,4	14,6 14,8
130 min.	12,5 12,3	-	-	-	-	14,0 14,0	-	14,5 14,3
145 min.	-	-	-	-	-	14,0 14,0	-	14,5 14,0
160 min.	-	-	-	-	-	14,0 14,1	-	14,4 14,0

3.3. Skiedinio vandens išsiskyrimo nustatymas

Kuo didesnis vandens atsiskyrimas, tuo didesnė tikimybė, kad skiedinio mišinys išsisluoksniuos arba per greitai neteks vandens. Skiedinio savybė sulaikyti vandenį – tai skiedinio ypatybė nesisluoksniuoti transportuojant ir neatiduoti per daug vandens akylam pagrindui. Jeigu akylto pagrindo paklotas – skiedinys – greitai netenka vandens, tuomet jis tampa neslankiu. Skiedinys gali netekti tiek vandens, kad nebevyksta ir cementinio skiedinio kietėjimas. Kai skiedinys sulaiko vandenį pakankamai gerai, tai akyltas pagrindas palaipsniui išsiurbia vandenį ir skiedinys tankėja bei kietėja.

Buvo atliekamas vandens išsiskyrimas iš statybinio skiedinio mišinio palikus jį stovėti 2 valandas. Iš 3.2 pav. matyti, kad naudojant rišamąją medžiagą portlandcementį (S1) CEM I 42,5N (MA) be priedų iš skiedinio išsiskyrė 1,30 % vandens, o naudojant rišamąją medžiagą klinties portlandcementį (S3) CEM II/A – LL 42,5N – 0,87 % vandens. Kai skiedinys susideda iš portlandcemenčio CEM I 42,5N (MA) ir kalkių bei smėlio (S2) išsiskiria – 1,45 %, ir kai skiedinys iš portlandcemenčio CEM II/A – LL 42,5N ir kalkių bei smėlio (S4) – 1,2 %. Skiediniuose naudojant portlandcemenčius su orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu Centripor TFM 411 per dvi valandas visiškai neišsiskiria vandens. Tos pačios tendencijos stebimos ir panaudojus iš karto abu priedus t.y. priedą Centripor TFM 411 ir Centripor Ritard 225. Naudojant priedus susidaro stabilesnė skiedinio struktūra, labai gerai sulaiko mišinyje vandenį ir neleidžia vandeniui išsiskirti paviršiuje.

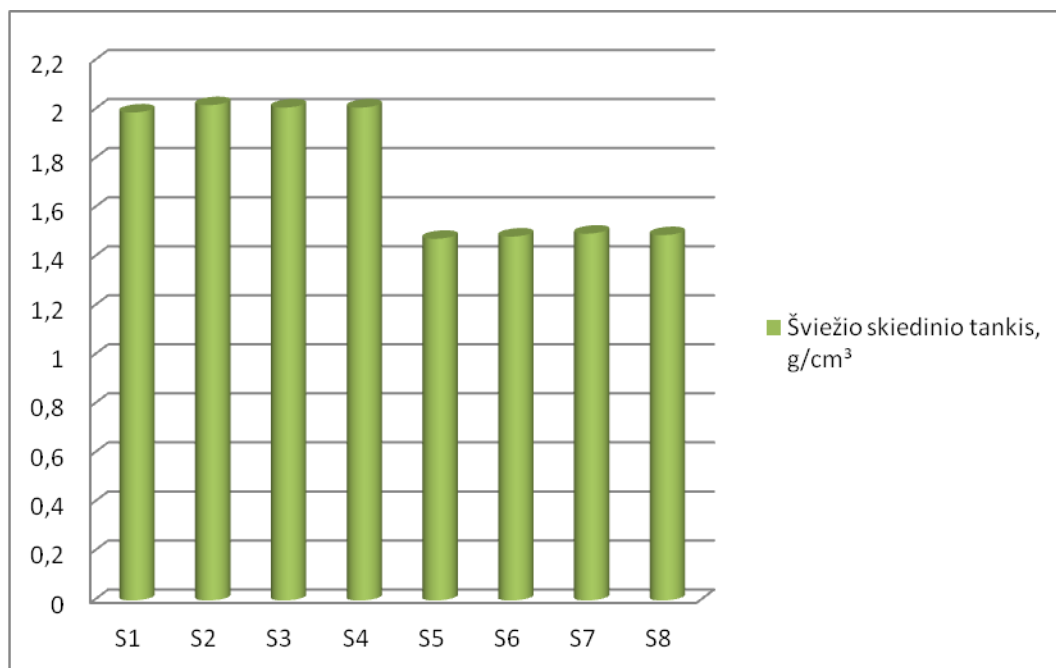


3.2 pav. Iš skiedinių bandinių išsiskyrusio vandens kiekis

3.4. Skiedinio mišinio tankio nustatymas

3.3 pav. stebima bendra tendencija, kad įdėjus priedą skiedinio mišinio tankis yra mažesnis negu be priedo. Įdėjus orą įtraukiantį ir stabilizuojantį priedą į skiedinį, mišinyje susidaro tam tikras kiekis smulkių vienodai pasiskirsčiusių uždarytų porų, dėl kurių užimamo tūrio skiedinio mišinio bandinys tampa lengvesnis, o tankis mažesnis.

3.3 pav. matyti, kad mažiausiu tankiu $1,475 \text{ g/cm}^3$ pasižymi skiedinys S5, kurio rišamoji medžiaga yra portlandcementis CEM I – 42,5 N (MA) su orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu Centripor TFM 411. Taip pat mažas tankis yra skiedinių, kurių rišamoji medžiaga yra portlandcementis CEM I – 42,5 N (MA) ir CEM II/A – LL 42,5 N su orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu ir rišimosi trukmės lėtikliu, jų vertė siekia S6 – $1,484 \text{ g/cm}^3$, S8 – $1,49 \text{ g/cm}^3$. Didžiausios vertės gaunamos skiedinių S1 (skiedinio rišamoji medžiaga portlandcementis CEM I – 42,5 N (MA)) ir S3 (skiedinio rišamoji medžiaga portlandcementis CEM II/A – LL 42,5 N) atitinkamai $1,99 \text{ g/cm}^3$ ir $2,01 \text{ g/cm}^3$.

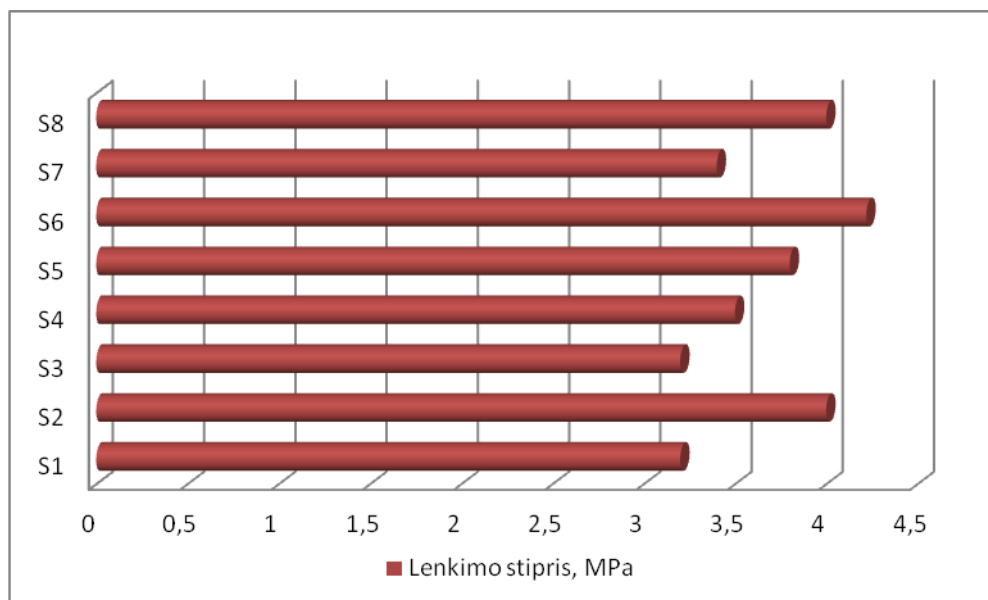


3.3 pav. Skirtingo tipo skiedinių tankiai

3.5. Skiedinio bandinių lenkimo stiprio ir gniuždymo stiprio nustatymas

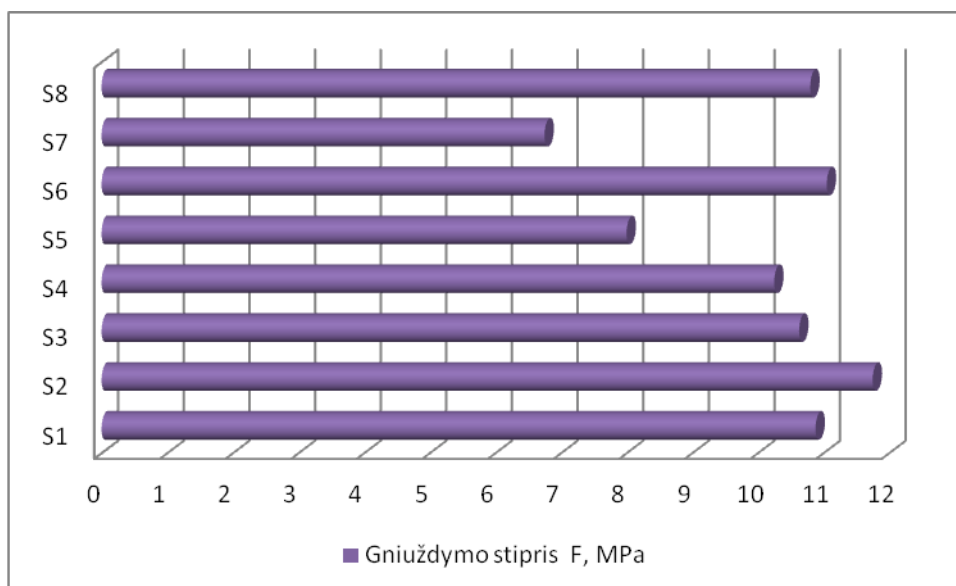
Po 28 parų kietėjimo buvo nustatomas skiedinio bandinių 4x4x16 cm lenkimo ir gniuždymo stipriai.

Pradžioje buvo nustatomi skiedinio bandinių lenkimo stipriai (3.4 pav.). Gana dideliu lenkimo stipriu pasižymėjo skiediniai S6 ir S8, kurių rišamoji medžiaga buvo portlandcementis CEM I – 42,5N (MA) su orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu Centripor TFM 411 ir skiedinio rišimosi trukmės lėtikliu Centripor Ritard 22, bei CEM II/A – LL 42,5N su abiem priedais. Lenkimo stipris buvo S6 – 4,22 MPa ir S8 – 4,00 MPa. Taip pat dideliu lenkimo stipriu pasižymi ir skiediniai S2 ir S4, tai skiediniai su mišria rišamąja medžiaga portlandcemenčiu ir kalkėmis, ir siekia S2 – 3,90 MPa ir S4 – 3,4 MPa.



3.4 pav. Sukietėjusio skiedinio lenkimo stipris

Po to buvo nustatomi bandinių gniuždymo stipriai. Iš 3.5 pav. matyti, jog didžiausiu gniuždymo stipriu pasižymi skiediniai S6 ir S8, S6 – tai skiedinys su portlandcemenčiu CEM I – 42,5 N (MA) ir su priedais Centripor TFM 411 ir Centripor Ritard 225, S8 – skiedinys su portlandcemenčiu CEM II/A – LL 42,5 N ir abiem priedais, jų gniuždymo stipris atitinkamai 11,05 MPa ir 10,80 MPa. Taip pat dideliu stipriu pasižymi skiedinys S2, S4 tai skiedinys su mišria rišamąja medžiaga – portlandcemenčiu ir kalkėmis.



3.5 pav. Sukietėjusio skiedinio gniuždymo stipris

3.6. Įmirkio nustatymas

Didžiausiu įmirkiu pasižymėjo skiedinio bandiniai S2 ir S4, tai skiedinio bandiniai su mišria rišamąja medžiaga – portlandcemenčiu ir kalkių tešla, jis siekia atitinkamai 13,02 % ir 13,57 %. Didžiausias įmirkis atsiranda dėl kalkių tešloje esančių kapiliarų, į kuriuose, mirkant bandinius, patenka vanduo.

Iš lentelės 3.2 matyti, jog skiedinių S5 ir S7 vandens įgeriamumas mažiausias, jis siekia S5 – 11,76 % ir S7 – 11,61 %, taip yra dėl naudojamo orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo Centripor TFM 411. Dėl priedo poveikio skiedinio struktūroje susidaro uždaros poros, į kurias mirkant bandinius nepatenka vanduo.

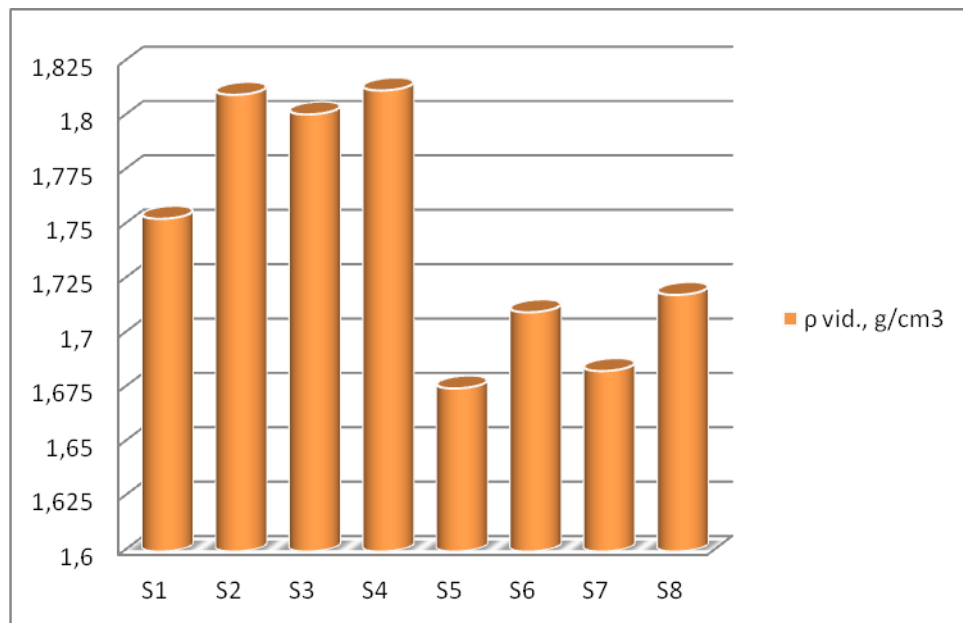
3.2 lentelė. Skiedinių bandinių įmirkis

Bandinių tipas	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Paros įmirkis, %	12,56	12,76	13,06	13,37	10,40	12,02	10,86	11,01
Po 2 parų įmirkis, %	12,51	12,80	13,04	13,33	10,20	12,01	10,88	11,12
Po 3 parų įmirkis, %	12,53	12,91	13,07	13,38	10,59	12,20	11,09	10,76
Po 4 parų įmirkis, %	12,67	12,92	13,11	13,47	11,09	12,39	11,21	11,54
Po 7 parų įmirkis, %	12,77	13,02	13,21	13,57	11,76	12,66	11,61	11,84

3.7. Skiedinio bandinių tankio nustatymas

Pagal metodikos dalyje pateiktas formules, buvo apskaičiuotas bandinių vidutinis tūris ir tankis, jų rezultatai pateikti 3.6 pav.

Iš diagramos galime pastebėti, kad skiedinių S2 ir S4 (skiediniai su mišria rišamąja medžiaga: portlandcemenčiu ir kalkėmis) tankis didžiausias jis siekia S2 – 1,81 g/cm³, S4 – 1,812 g/cm³. Skiedinio bandinių S5 ir S7 (skiediniai iš portlandcemenčio ir orą įtraukiančio ir stabilizuojančio priedo Centripor TFM 411) tankis mažiausias, nes šie skiedinių bandiniai pagaminti naudojant orą įtraukiantį ir stabilizuojantį priedą Centripor TFM 411. Skiedinio bandinių stiprumas siekia S5 – 1,675 g/cm³ ir S7 – 1,683 g/cm³.



3.6 pav. Sukietėjusio skiedinio bandinių tankiai

IŠVADOS

1. Siekiant pagerinti statybinio skiedinio savybes ir gauti reikiamą efektą yra naudojami priedai. Jie padeda reguliuoti, modifikuoti ir pagerinti statybinių skiedinių savybes. Tokiu atveju galima lėtinti arba greitinti skiedinio mišinio rišimą ir kietėjimą, taip pat pažeminti skiedinių užšalimo temperatūrą, sumažinti skiedinių išsisluoksniavimą, didinti skiedinių nelaidumą vandeniui, padidinti skiedinių sklidumą, didinanti atsparumą šalčiui, padidinti tinkamumo naudoti laiką, sumažinti skiedinio mišinių tankį, didinti skiedinių stiprumą, atsparumą karščiui.
2. Iš literatūros analizės duomenų galime daryti išvadą, kad naudojant įvairius priedus (baltymus, mineralinius priedus, stiklą ir kt.) gerinamos šviežio skiedinio savybės: didinamas cemento rišimosi pabaigos laikas, padidinama šviežio skiedinio konsistencija, sumažinamas tankis. Sukietėjusiam skiediniui sumažinamas įgeriamumas, padidinimas gniuždymo ir lenkimo stipris, padidinamas atsparumas šalčiui, ilgaamžiškumas ir t.t.
3. Baigiamajam darbe buvo naudojami du priedai: skiedinio lėtiklis Centripor retard 225, dozuojamas apie 0,6% nuo cemento kiekio ir Centripor TFM 411, orą įtraukiantis ir stabilizuojantis priedas, dozuojamas apie 0,5 – 0,6 % nuo cemento kiekio.
4. Daugiausia vandens reikia sunaudoti ruošiant skiedinius su portlandcemenčiais be priedų. Vandens sunaudojama 20 %. Panaudojus portlandcemenčius ir abu priedus vandens poreikis skiediniams yra mažiausias t.y 6 %. Tokiu atveju orą įtraukiančiojo ir stabilizuojančio priedo panaudojimas lemia struktūros pokyčius.
5. Skiedinių su mišria rišamąja medžiaga (portlandcementis su kalkių tešla) sklidumas yra didžiausias. Pasklidimas siekia nuo 17 iki 17,2 cm. Mažiausias pasklidimas nustatytas skiediniams, kurie buvo su portlandcemenčiais ir dviem priedais. Tokiu atveju pasklidimas yra nuo 6 iki 6,1 cm.
6. Trumpiausias tinkamumo naudoti laikas yra skiedinių su mišria rišamąja medžiaga. Tokiu atveju statybvietėje juos greičiausiai reikia sunaudoti. Kitų rūšių skiedinių tinkamumo laikas yra ilgesnis.
7. Panaudojus abu priedus skiedinių gaminimui nebuvo pastebėta vandens išsiskyrimo net ir po dviejų valandų. Įvedus orą įtraukiantį ir stabilizuojantį priedą susidaro stabilesnė skiedinio struktūra ir neleidžia išsiskirti vandeniui, skiedinys nesisluoksniuoja.
8. Įdėjus priedo į skiedinio mišinį susidaro tam tikras kiekis smulkių vienodai pasiskirsčiusių uždarų porų, dėl kurių užimamo tūrio skiedinys tampa lengvesnis, o tankis mažesnis. Mažiausia šviežio skiedinio su portlandcemenčiu CEM I 42,5N ir abiem priedais tankio vertė yra $1,475 \text{ g/cm}^3$.

9. Dideliu lenkimo ir gniuždymo stipriu pasižymėjo skiediniai S6 ir S8, kurių rišamosios medžiagos buvo portlandcemenčiai - CEM I 42,5 N (MA) ir CEM II/A – LL 42,5 N su dviem priedais: tai orą įtraukiančiu ir stabilizuojančiu priedu Centripor TFM 411, bei skiedinio rišimosi trukmės lėtikliu Centripor Ritard 225.

NAUDOTOS LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Čechovas A., Sergejovas A. *Betonai ir skiediniai*. Vilnius, „Mokslas“, 1976 m. 181 p.
- Skiedinys. [žiūrėta 2010 -11-10]. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/Skiedinys>.
- Naujokaitis A. 2006. *Statybinės medžiagos. Užpildai*. Vilnius: Technika, 2006. 247 p.
- AB „Akmenės cementas“. [Žiūrėt. 2012 -04-16]. Prieiga per internetą: <http://www.cementas.lt/>.
- UAB „Simpras“. [Žiūrėt. 2012 -04-16]. Prieiga per internetą: <http://simpras.lt/>.
- Žurauskienė R., Nagrockienė D. 2008. Statybinių medžiagų ir dirbinių technologija. Vilnius: Technika, 2008. 185 p.
- Nagrockienė, D., Žurauskienė, R. *Statybinės medžiagos ir jų gaminiai*. Vilnius: Technika, 2007. 182 p.
- Gurskis V. *Statybinės medžiagos*. Kaunas, „Ardiva“, 2008 m. 135 p.
- Vektaris, B. *Smulkiagrūdžiai statybiniai mišiniai ir skiediniai*. Kaunas: Technologija, 1998 m. 230 p.
- Vektaris, B. 2007. *Kalkinių skiedinių ir akytojo betono rišamosios medžiagos*. Kaunas: Technologija. 135 p.
- Nagrockienė, D., Žurauskienė, R.; Mačiulaitis, R.; Kičaitė, A.; Červokienė, A.; Žurauskas R. 2009. *Statybinės medžiagos*. Vilnius: Technika. 166 p.
- Jonaitis, D. 2003. *Mūrinių konstrukcijų skaičiavimas pagal euronormas*. Vilnius: Technika. 70 p. ISBN 9986056039.
- LST 197-1:2000. *Cementas. 1 dalis. Iprastinių cementų sudėtis, techniniai reikalavimai ir atitikties kriterijai*. Vilnius, 2000. 26 p.
- Priedus teikiančios įmonės internetinė svetainė. 2011 [žiūrėta 2011-11-15]. Prieiga per internetą: <http://www.basfcc.co.uk/en/Datasheets/S/Documents/statofix%20msds.pdf>.
- Priedus teikiančios įmonės internetinė svetainė. 2011 [žiūrėta 2011-11-10]. Prieiga per internetą: <http://www.febnz.co.nz/assets/data/Febond-SBR-Data.pdf>.
- Priedus teikiančios įmonės internetinė svetainė. 2011 [žiūrėta 2011-11-10]. Prieiga per internetą: <http://www.ibcltd.net/datasheets/SBR%20TDS.pdf>.
- Priedus teikiančios įmonės internetinė svetainė. 2011 [žiūrėta 2012-03-09]. Prieiga per internetą: <http://www.rufax.lt/main.php?tid=1&stid=10&stid2=12&stid3=15&lvl=3&lid=15&lang=3>
- Naujokaitis, A. 2010. *Statybinės medžiagos. Sausieji statybiniai mišiniai*. Vilnius: Technika. 363 p.
- Priedus teikiančios įmonės internetinė svetainė. 2011 [žiūrėta 2011-09-10]. Prieiga per internetą: <http://www.fixcer.com/en/Products/Paints-for-Waterproofing/Fix-Terrats.axd>
- Priedus teikiančios įmonės internetinė svetainė. 2012 [žiūrėta 2011-09-10]. Prieiga per internetą: <http://www.feb.uk.com/products/admixtures/febmix-admix-the-original>
- Priedus teikiančios įmonės internetinė svetainė. 2012 [žiūrėta 2012-05-10]. Prieiga per internetą: <http://www.construction-polymers.basf.com/portal/streamer?fid=348398>

- Al – Rim, K.; Ruzicka M.; Queneudec M. *The effect of a biological air entraining agent on clay – cement mixtre. In: Proc III international ConChem conference, Bruxelles 1995, p. 361 – 9.*
- Chandra S.; *How, was it with admixtures. Structures, technologies, architecture, Polish Cement Edition, vol.4, 2002. p. 54-6.*
- Jasiczak, J.; Zielinski K. 2006. *Effect of protein additive on properties of mortar. Cement&Concrete Composites. 28(2006), 451-457.*
- Odler, I.; Robler M.; *Investigation on the relationship between porosity, structure and strength of hydrated Portland cement paste. (II) Effect of pore structure and of degree of hydration, Cem Concr Res 15 (1985) 401 – 410.*
- Pandey, S. P.; Sharma, R. L. 2000. *The influence of mineral additives on the strength and porosity of OPC mortar. Cement and Consrete Research. 30 (2000), 19-23.*
- Idir, R.; Cyr, M.; Tagnit – Hamou A. 2010. *Use of fine glass as ASR inhibitor in glass aggregate mortars. Construction and Building Materials. 24 (7), 2010, 1309-1312.*
- Sahmaran, M.; Christiano, H. A.; Yaman, I. O. 2005. *The effect of chemical admixtures and mineral additives on the properties of self-compacting mortars. Cement&Concrete Composites. 28 (2006), 432-440.*
- Izaguirre, A.; Lanás, J.; Alvarez, J. I. 2010. *Ageing of lime mortars with admixtures: Durability and strength assessment. Cement and Consrete Research. 40 (2010), 1081-1095.*
- Navickas, A. A., Skripkiūnas, G. Gečys, R. 2007. *Medžiagotyros ir statybinių medžiagų laboratoriniai darbai: mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2007. 109 p.*
- Statybos inžinieriaus žinynas 2004. Lietuvos statybos inžinierių sąjunga. Technika. Vilnius. 650 p.*
- LST 1476.6:1997 *Betono ir skiedinio užpildai. Bandymo metodai. Atsparumo šalčiui nustatymas*
- LST EN 1990:2004 *Cemento bandymų metodai. 7 dalis. Cemento ėminių ėmimo ir paruošimo metodai*
- LST EN 196-3:2005+A1:2009 *Cemento bandymų metodai. 3 dalis. Rišimosi traukinių ir tūrio pastovumo nustatymas*
- LST EN 459-2:2010 *Statybinės kalkės. 2 dalis. Bandymo metodai*
- LST 1413.10:1997 *Statybinis skiedinys. Bandymo metodai. Drėgnumo ir vandens įgeriamumo nustatymas*
- LST 1413.4:1995 *Statybinis skiedinys. Bandymo metodai. Skiedinio mišinio stabilumo nustatymas*
- LST EN 1015-4:2004 *Mūro skiedinio bandymo metodai. 4 dalis. Šviežio skiedinio konsistencijos nustatymas (strypo įsmigimo metodu)*
- LST EN 1015-3:2002 *Mūro skiedinio bandymo metodai. 3 dalis. Šviežio skiedinio konsistencijos nustatymas (sklidumo metodu), Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002.*
- LST EN 1015-6:2002/A1:2007 *Mūro skiedinio bandymo metodai. 6 dalis. Šviežio skiedinio tūrinio tankio nustatymas, Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002*
- LST EN 1015-9:2002/A1:2007 *Mūro skiedinio bandymo metodai. 9 dalis. Šviežio skiedinio tinkamumo ir jo tikslinimo trukmės nustatymas*

LST EN 1015-11:2002 (LST EN 1015-11:2004) *Mūro skiedinio bandymo metodai. 11 dalis. Sukietėjusio skiedinio stiprio lenkiant ir gniuždant nustatymas*, Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002 .

LST EN 1015-10:2002/A1:2007 *Mūro skiedinio bandymo metodai. 10 dalis. Sukietėjusio sauso skiedinio tūrinio tankio nustatymas*

PRIEDAI