



## NATRIO SILIKATO TIRPALO PRIEDO POVEIKIS SIURBLIAIS TRANSPORTUOJAMO BETONO MIŠINIO TEKAMUMUI VAMZDŽIAIS

Mindaugas Daukšys<sup>a</sup>, Gintautas Skripkiūnas<sup>b</sup>, Audrius Grinys<sup>c</sup>, Marija Vaičienė<sup>d</sup>

<sup>a, c</sup>*Kauno technologijos universitetas, Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lietuva*

<sup>b, d</sup>*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

Įteikta 2012 12 04; priimta 2013 01 21

**Santrauka.** Atliekant eksperimentinius tyrimus nustatytas natrio silikato tirpalo (NST) ir plastiklių poveikis betono mišinio tekėjimo vamzdžiu greičiui, našumui, transportuojant mišinius dviejų stūmoklių su S tipo vožtuvu betono siurbliu. Tyrimo metu matuotas 0,406 m<sup>3</sup> tūrio pamatų blokų formų užpildymo betono mišiniu laikas, esant skirtingam betono siurblio mišinio tiekimo slėgiui – 25,5 ir 68,0 bar. Nustatyta, kad įmaišius į mišinį NST priedą 0,5 % cemento masės kartu su superplastikliu polikarboksilo eterių pagrindu, pasiektas didesnis mišinio tekėjimo greitis vamzdynu ir gautas didesnis našumas esant mažesniai betono siurblio mišinio tiekimo slėgiui. Įmaišius į mišinį NST priedą 0,5 % cemento masės kartu su plastikliu ligno-sulfonatų pagrindu ir sumažinus cemento kiekį mišinyje, betono mišinys blogai teka vamzdynu, kai betono siurblio mišinio tiekimo slėgis yra mažas – 25,5 bar. Įmaišius į mišinį NST priedą 0,5 % cemento masės kartu su plastikliu lignosulfonatų pagrindu ir smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/4 frakcijos smėlį, betono mišinys iš viso neteka mišinio transportavimo vamzdynu, esant mažam betono siurblio mišinio tiekimo slėgiui (25,5 bar). Padidinus siurblio mišinio tiekimo slėgį iki 68 bar, mišinys vėl pradeda tekėti mišinio transportavimo vamzdynu. Tyrimai parodė, kad natrio silikato tirpalo priedo sąveika su skirtingos cheminės sudėties plastikliu turi įtakos mišinio tekamumui vamzdžiais.

**Reikšminiai žodžiai:** portlandcementis, natrio silikato tirpalas (NST), plastiklis, betono mišinys, betono mišinio siurblys, mišinio tekamumas vamzdžiais.

**Nuoroda** į šį straipsnį: Daukšys, M.; Skripkiūnas, G.; Grinys, A.; Vaičienė, M. 2013. Natrio silikato tirpalo priedo poveikis siurbliais transportuojamo betono mišinio tekamumui vamzdžiais, *Engineering Structures and Technologies* 5(1): 20–29.

### Įvadas

Tobulėjant betono mišinių transportavimo ir klojimo technologijoms ypač didelę reikšmę įgauna reologinės betono mišinių savybės. Betono siurbliai, naudojami mišiniams transportuoti statybos aikštelėje, padidina darbo našumą. Betono mišinius be kėlimo ir transportavimo įrenginių galima gabenti tiek horizontalia, tiek vertikalia kryptimis, nenutrūkstamai, į sunkiai prieinamas konstrukcijų betonavimo vietas. Transportuojamas betono mišinys apsaugomas nuo aplinkos poveikio. Naudojant betono siurblius, svarbu žinoti mišinių tekėjimo vamzdžiais principus, veiksnius, darančius

įtaką mišinių tekėjimo procesui, ir teisingai parinkti parametrus, kurie užtikrina gerą mišinių tekamumą. Tačiau šiuo metu nėra sukurtos betono mišinių tekėjimo vamzdžiais teorijos ir vadovaujama tik praktinėmis rekomendacijomis, kurias dažniausiai pateikia betono siurblių gamintojai. Todėl betono mišinių reologijos, nagrinėjančios mišinių tekėjimą, tyrimai yra labai svarbūs.

Sėkmingas betono siurblių naudojimas, atliekant betonavimo darbus, priklauso nuo betono mišinių reologinių savybių ir gero tekamumo. Geras tekamumas suprantamas kaip betono mišinio tekėjimas vamzdynu,

Corresponding address:

M. Daukšys E-mail: [mindaugas.dauksys@ktu.lt](mailto:mindaugas.dauksys@ktu.lt)

veikiant siurblio stūmokliui arba ritinių sukeliama slėgiui (stūmokliniais ir ritininiais betono siurbliais) arba suslėgto oro slėgiui (pneumatiniais tiektuvais), pasiekiant reikiamą betono mišinio judėjimo greitį vamzdynu ir išvengiant kamščio susidarymo vamzdyje.

Autoriai (Daukšys *et al.* 2009), rotaciniu viskoziometru ištyrę portlandcemenčio tešlą su natrio silikato tirpalo (NST) priedu ir superplastikliais polikarboksilinių polimerų pagrindu reologines savybes, pastebėjo, kad pridėjus NST 0,5 % cemento masės cemento tešlos sutirštėja. Sutirštėjimą gali lemti įvairūs fizikiniai ir cheminiai procesai. Vienas tokių procesų, anot kai kurių autorių (Sobolev *et al.* 2008), galėtų būti dispersinės sistemos perėjimas iš zolio į gelį. Gelis – tai savito, pusiau skysto, pusiau kieto pavidalo ištisinė, netaki, tiršta masė, susidariusi koloidinėms dalelėms sujungus į dispersinę terpę. Zolis – koloidinė dispersinė sistema arba koloidinis tirpalas, kurio disperguotosios fazės dalelės yra 1–100 nm dydžio skersmens. Natrio silikato tirpale yra neištirusių  $\text{SiO}_2$  nanodalelių, kurių dydis siekia 1–2 nm (Pundiene *et al.* 2005; Sandberg, Mosberg 1989; Kiricsi *et al.* 2006). Autoriai (Hommer, Wutz 2005; Li *et al.* 2004) savo tyrimuose teigia, kad naujos kartos superplastikliai turi nanodispersinio dydžio dalelių. Todėl šiuos tirpalus galima priskirti prie koloidinių tirpalų arba zolių. Tokiems koloidiniams tirpalams būdinga koaguliacija, arba virsmas į gelį, t. y. koloidinių tirpalo dalelių sulipimas į stambesnius agregatus. Susidarę stambesni telkiniai iškrinta į nuosėdas. Koaguliacija prasideda sumažėjus koloidinių dalelių krūviui ir ypač greitai ji vyksta visiškai neutralizavus krūvį. Kad koloidinės dalelės koaguluotų, į koloidinę tirpalą pridedama druskų tirpalų, priešingo krūvio zolio, keliama temperatūra, taikoma elektroforezė. Autoriaus (Efremov 1982) teigimu, dauguma hidrofiliinių koloidų, veikiami elektrolitų, koaguliuoja todėl, kad besihidratuojantys elektrolito jonai sujungia daug vandens, netgi ir tą vandenį, kuris susijęs su dispersinės fazės dalelėmis.

Betono mišinių kaip ir kitų struktūrinių skysčių pagrindinės reologinės savybės yra ribiniai šlyties įtempiai ir struktūrinė klampa. Tiriant betono mišinių reologines savybes pastebėta, kad jiems būdingas dilatantiškumo reiškinys, kuris turi neigiamą įtaką mišinių tekamumui vamzdžiais transportuojant mišinius betono siurbliais. Šiuolaikinių betono siurblių darbinis slėgis gali būti 10–70 bar (1–7 MPa). Tokių siurblių, sumontuotų ant automobilio šasi, strėlės ilgis dažniausiai siekia 30 m, o vidinis vamzdyno skers-

muo būna 125 mm. Tokiomis sąlygomis pumpuojant betono mišinį mišinyje susidaro 1000–7300 Pa šlyties įtempiai. Esant tokiems šlyties įtempiams, mišinio dilatantiškumas turi didelę įtaką mišinių transportavimui vamzdžiais, nes jam pasireiškus labai padidėja mišinio klampa. Dėl to betono siurblys turi transportuoti mišinį didesniu slėgiu, mažėja betonavimo darbų našumas, mišinys gali užkimšti vamzdyną.

Betono mišinys, kuris gali būti tiekiamas vamzdynu į betonavimo vietą siurbliais, vadinamas pumpuojamu betono mišiniu (Von Eckardstein 1983). Tai nėra koks nors specialus betonas. Norint užtikrinti gerą betono mišinio transportavimą siurbliais, betono mišinys turi atitikti šiuos reikalavimus: turi būti reikiamas tešlos kiekis, kad vidinės vamzdyno sienelės pasidengtų skystojo skiedinio plėvele ir sudarytų slydimo paviršių; skystojo skiedinio struktūra turi būti tam tikro plastiškumo, siekiant sudaryti pakankamą pasipriešinimą priverstiniam vandens atsiskyrimui iš cemento tešlos, taip pat vandens atsiskyrimui iš tešlos dėl siurblio sukeliama slėgio.

Pagal betono siurblių gamintojo „Schwing GmbH“ (Von Eckardstein 1983) rekomendacijas pumpuojamas betono mišinys turi atitikti šias sąlygas: minimalus smulkiųjų dalelių kiekis turi būti ne mažesnis kaip 450 kg kubiniam metrui mišinio, kai maksimalus užpildo dalelių dydis  $D_{\max}$  yra 16 mm; minimalus cemento kiekis turi būti ne mažesnis kaip 270 kg kubiniam metrui mišinio, kai užpildo  $D_{\max}$  – 16 mm; vandens ir cemento santykis turi kisti nuo 0,42 iki 0,65; konsistencija pagal sklidumą F2 – nuo 350 iki 410 mm (slankumas  $\approx 80$  mm) ir F3 – nuo 420 iki 480 mm (slankumas – nuo 80 iki 160 mm); granulometrinė užpildų kreivė turi atitikti specialius standarto DIN 1045 reikalavimus, kai maksimalus užpildo dalelių dydis – 16 mm.

Svarbu teisingai parinkti smėlio kiekį užpildų mišinyje. Eksperimentais įrodyta, kad smėlio kiekio padidėjimas betono mišinyje, esant jo pastoviam slankumui, sumažina pasipriešinimą judėjimui betontiekiu vamzdyne. Esant pastoviam V/C santykiui, smėlio dalies padidėjimas užpildų mišinyje nuo 0,33 iki 0,40 sumažina šlyties įtempius (Chajutin 1981). Daugelis firmų, kurios gamina betono siurblius, techniniuose dokumentuose nurodo optimalią betono mišinio užpildų granulometrinės sudėties kreivę. Pagal šią kreivę optimalus smėlio kiekis užpildų mišinyje (pagal masę) būtų nuo 0,4 iki 0,52. Mažesnės reikšmės būdingos mišiniams su žvirgždu, o didesnės – su skalda. Jei yra

didesnis cemento tešlos kiekis mišinyje ir norima užtikrinti pakankamą stambaus užpildo praskyrimo koeficientą, smėlio kiekį galima sumažinti iki 0,36–0,38.

Lengvai transportuojamuose betono mišiniuose smulkaus užpildo turėtų būti nuo 32 iki 45 % bendro užpildų kiekio (Korolev 1986). Jei kaip stambus užpildas naudojamas žvirgždas, jo turėtų būti iki 55 % bendro užpildų kiekio, o jei skalda – iki 60–65 %.

Pagal betono siurblių gamintojo „Schwing GmbH“ (Von Eckardstein 1983) rekomendacijas pumpuojamame betono mišinyje minimalus smulkiųjų dalelių kiekis priklauso nuo maksimalaus užpildų dalelių dydžio (1 lentelė).

1 lentelė. Smulkiųjų dalelių kiekis, priklausantis nuo maksimalaus užpildų dalelių dydžio

Table 1. Quantity of fine particles which is depended on the maximum size of aggregate

Maksimalus užpildo dalelių dydis mišinyje, mm	Smulkiųjų dalelių kiekis kg viename m <sup>3</sup> klojau betono mišinio
8	525
16	450
32	400
63	325

Reikiamas cemento kiekis betono mišinyje nustatomas įvertinus daugelį veiksnių. Cemento tešlos turi būti pakankamai, norint užtikrinti reikiamą praskyrimą tarp smėlio dalelių ir siurblio slėgis mišiniui būtų perduodamas per nesuspaudžiamą dispersinę terpę. Cemento tešlos kiekis negali būti padidintas, padidinus vandens kiekį. Silpnai surištas su nestipria skystos tešlos struktūra vanduo atsiskiria iš betono mišinio, dėl to slėgis neišvengiamai perduodamas betono mišinio užpildams. Dėl to didėja mišinio pasipriešinimas judėjimui betontiekio vamzdynu ir galiausiai vamzdynas užsikemša. Praktika parodė, kad minimalus cemento kiekis betone turi būti 250 kg kubiniam metrui mišinio. Kai smėliai yra normalios granulometrijos, nereikia gerinti transportavimo sąlygų padidinus cemento kiekį betono mišinyje. Esant didesniems cemento kiekiams nei 300 kg kubiniam metrui mišinio, pradeda didėti betono mišinio šlyties įtempiai. Tokiu būdu cemento sąnaudas, kurias sudaro 250–300 kg kubiniam metrui mišinio, reikia laikyti optimaliomis (Chajutin 1981; Korolev 1986).

Pumpuojamame betono mišinyje smulkaus skiedinio konsistencija turėtų būti labai plastiška. Prastos

tepimo medžiagos neturi tepimo savybių, todėl gaunamas didelis trinties koeficientas. Per plonas slydimo medžiagos sluoksnius gali būti išstumtas iš tarpų tarp užpildo dalelių betono mišinyje. Dėl to gali pasireikšti segregacija ir užsikimšti vamzdynas (Von Eckardstein 1983; PMW 2002; Guptil 1995; ACI 304.2R-96). Transportuojami mažo stiprumo (cemento kiekis – 150 kg kubiniam metrui mišinio) betono mišiniai paprastai turi mažai smulkiųjų dalelių ir transportavimo metu atsiranda sunkumų dėl segregacijos, kai skystasis skiedinys greitai prateka per užpildų sudarytus tuštumų kanalus. Šiuo atveju tikslinga naudoti mikroužpildus, kurie padidina tešlos klampą. Tai leidžia pagaminti gero rišlumo tešlą, kurioje vandens atsiskiria mažai. Slėgis, kurį sukelia betono siurbliai, paskui perduodamas visoms mišinio sudedamosioms dalims.

Betono mišinys, iš kurio atsiskiria mišiniui užmaišyti naudojamas vanduo, gali būti tik sąlygiškai pumpuojamas, nes cemento tešla (smulkusis skiedinys) segreguoja ir praranda tepimo savybes. Be to, toks mišinys atlaiko tik žemą pumpavimo slėgį. Von Eckardstein (1983) teigimu, galima išskirti keletą priežasčių, dėl kurių iš betono mišinio atsiskiria vanduo: a) per didelis vandens kiekis, esant tam tikram smulkiųjų dalelių kiekiui (vandens perteklius negali būti surištas); b) per trumpa maišymo trukmė (maišant vanduo mišinyje turi pasiskirstyti taip, kad cemento ir smulkiosios medžiagos dalelės kontaktuotų su vandeniu); c) jei naudojamas karštas cementas, pašildyti užpildai arba karštas vanduo žiemą, labai svarbus yra maišymo laikas (atvėsus betonui atsiskiria daugiau vandens); d) naudojant šlakinius cementus taip pat iš betono mišinio atsiskiria vandens (čia labai svarbu parinkti minimalią maišymo trukmę).

Siurbliais pumpuojamų betono mišinių savybėms pagerinti gaminami specialūs cheminiai ir dispersiniai priedai. Vienas iš tokių cheminių priedų – stabilizatorius, naudojamas mišiniuose su mažesniu cemento arba smulkiųjų medžiagų kiekiais, siekiant išvengti mišinio segregacijos ir vandens atsiskyrimo (<http://www.mapei.co.uk>). Tuo pat tikslu naudojami ir peleinai (<http://www.flyash.com>). Siekiant pagerinti mišinio tekamumą vamzdžiais, t. y. sumažinti betono mišinio trintį į betontiekio vamzdyno sienelės, sumažinti pumpavimo slėgį ir mišinio išsiskuosiavimą, naudojama SiO<sub>2</sub> mikrodulkių suspensija (<http://www.sika.co.nz>).

Natrio silikato tirpalo priedas – Na<sub>2</sub>O·nSiO<sub>2</sub>, kaip ir plastiklis, turi nanostruktūrų, o natrio silikato tirpale yra neištirpusių SiO<sub>2</sub> nanodalelių (Pundiene

et al. 2005; Sandberg et al. 1989; Kiricsi et al. 2006). Būtent nanodalelės skatina papildomą tarpatominių ryšių atsiradimą, didina skystosios fazės klampą, o tai padeda sujungti cemento ir užpildo grūdelius, didina pasipriešinimą segregacijai ir pagerina mišinio klojumą (Li et al. 2004). Autoriai (Hommer, Wutz 2005; Li et al. 2004) teigia, kad naujos kartos superplastikliai ne vien disperguoja medžiagą, aktyviai veikia cemento hidratacijos procesą, bet ir turėdami nanodispersinio dydžio dalelių gerina cementinių medžiagų nanostruktūrą.

Tyrimo tikslas – ištirti polikarboksilo eterių ir lignosulfonatų pagrindu pagamintų plastiklių ir natrio silikato tirpalo kaip nanomodifikatoriaus kompleksinį poveikį betono mišinių tekamumui vamzdžiais, transportuojant juos betono siurbliais.

### 1. Tyrimams naudotos medžiagos

Tyrimams buvo naudotas AB „Akmenės cementas“ portlandcementis CEM II/A-S 42,5 N (MA). Naudoto cemento savitasis paviršius – 350 m<sup>2</sup>/kg, normalaus tirštumo tešlos vandens sąnaudos – 26,6 %, rišimosi pradžia – 180 min., gniuždymo stipris (aktyvumas) po 2 parų – 27,3 MPa, po 28 parų – 50,6 MPa.

Tyrimams smulkiuoju užpildu naudotas Zatyšių karjero 0/1 frakcijos smėlis, kurio piltinis tankis  $\rho = 1554 \text{ kg/m}^3$ , ir 0/4 frakcijos smėlis, kurio piltinis tankis  $\rho = 1639 \text{ kg/m}^3$ . Tyrimams stambiuoju užpildu naudotas 4/16 frakcijos žvirgždas, kurios piltinis tankis  $\rho = 1607 \text{ kg/m}^3$ . Granulimetrinė užpildų sudėtis pateikta 2 lentelėje.

2 lentelė. Granulimetrinė užpildų sudėtis  
Table 2. Granulometry composition of aggregates

Sieto akelių dydis, mm	Išbira, %		
	0/1 fr. smėlis	0/4 fr. smėlis	4/16 fr. žvirgždas
31,5	–	–	100,0
16,0	–	–	98,6
8,0	–	100,0	32,8
4,0	100,0	94,1	3,5
2,0	99,7	80,7	1,6
1,0	98,1	66,6	1,2
0,500	74,0	23,8	–
0,25	36,7	7,9	–
0,125	6,7	1,4	–
0,063	1,6	0,4	–

Cheminiu priedu tyrimams naudotas polikarboksilo eterių pagrindu pagamintas superplastiklis „Mura-plast FK 63.30“ (MC-Bauchemie Miuler GmbH&Co, Vokietija). Superplastiklis – nuo šviesiai geltonos iki raudonai rudos spalvos skystis, sausųjų medžiagų kiekis – 30 %, tirpalo tankis – 1,06 kg/l. Taip pat tyrimams naudotas lignosulfonatų pagrindu pagamintas plastiklis „Centrament N3“ (MC-Bauchemie Miuler GmbH&Co, Vokietija). Plastiklis yra rudos spalvos skystis, tirpalo tankis – 1,17 kg/l.

Kaip betono mišinio reologinių savybių nanomodifikatorius tyrimuose naudotas skystasis stiklas – Na<sub>2</sub>O · nSiO<sub>2</sub> (NST) (UAB „Remesta“). Gelsvos ar šviesiai rusvos spalvos tirpalas, kurio silikatinis modulis lygus 3,3, sauso Na<sub>2</sub>O · nSiO<sub>2</sub> ir vandens santykis sudaro 60:40, tirpiojo stiklo tirpalo vidutinė tankio vertė – 1,38 kg/l, tirpalo pH – 11,28, tirpalo elektrinis laidumas – 30 mS/cm.

### 2. Tyrimų metodika

Siurbliais transportuojamas betono mišinys buvo ruošiamas UAB „Betono centras“ betono mišinio paruošimo ceche. Betono mišiniai buvo maišomi planetarinėje betono maišyklėje apie 3 min. Cementas, smulkusis ir stambusis užpildai, vanduo ir cheminiai priedai buvo dozuojami pagal masę. Cheminiai priedai ir skystasis stiklas tirpalo pavidalu buvo įmaišomi į mišinius kartu su vandeniu, naudojamu mišiniui paruošti. Į betono mišinį superplastiklio dėta 0,3 % cemento masės, plastiklio – 0,5 %, natrio silikato tirpalo – 0,5 %. Tyrimė naudotų betono mišinių sudėtys pateiktos 3 lentelėje.

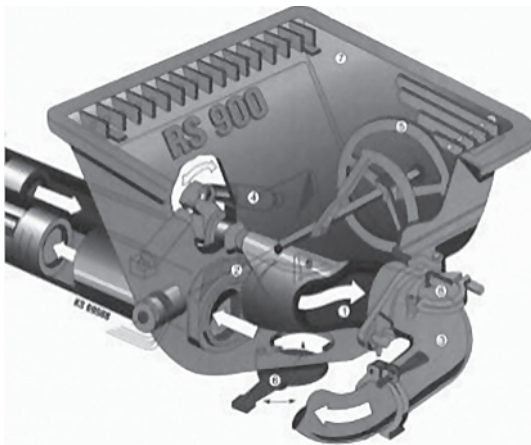
Tirpalų dinaminės klampos tyrimai atlikti naudojant firmos „Malvern Instruments“ vibroviskozimetrą SV-10, kurio veikimo principas pagrįstas elektromagnetinių jėgų veikiamų dviejų auksinių plokštelių vibracija 13 ml tūrio talpos konteineryje. Klampos matavimo intervalas – 0,3–10000 mPa · s.

Tirpalų pH ir elektrinis laidumas buvo nustatytas naudojant firmos „Mettler-Toledo“ pagamintą prietaisą MPC 227 (pH elektrodas InLab 410, matavimo tikslumas – 0,01 pH; El elektrodas InLab 730, matavimo intervalas – 0–1000 μS/cm). Matavimai atlikti 21±0,5 °C aplinkos oro temperatūroje.

Betono mišinio konsistencija nustatyta matuojant betono mišinio slankumą pagal standarto LST EN 12350-2 keliamus reikalavimus, betono mišinio tankis – pagal LST EN 12350-6, oro kiekis betono mišinyje – slėgio metodu pagal LST EN 12350-7, mišinio temperatūra – pagal LST EN 12350-1.

Mišinio pumpuojamumo bandymai buvo atliekami firmos „Putzmeister“ (Vokietija) BSF 38-4.16H (1 pav.) betono siurbliu su paskirstymo strėle, sumontuotu ant automobilio šasi „MAN“. BSF 38-4.16H betono siurblio su paskirstymo strėle techniniai duomenys pateikti 3 lentelėje.

Siekiant betontiekio vamzdžio sienelės padengti tepimo medžiagos sluoksniu (vandens, cemento ir 0,25 mm dydžio smėlio dalelių mišiniu), iš pradžių dalis paruošto betono mišinio betono siurbliu transportuojama į betono mišinio bunkerį. Paskui betono siurblio paskirstymo strėlė nukreipiama į pamatų blo-



1 pav. Firmos „Putzmeister“ stūmoklinis betono siurblys su S tipo vožtuvu

Fig. 1. Piston concrete mixture pump with S type valve produced by “Putzmeister”

3 lentelė. BSF 38-4.16H betono siurblio su paskirstymo strėle techniniai duomenys

Table 3. The technical information of concrete mixture pump BSF 38-4.16H with distribution arm

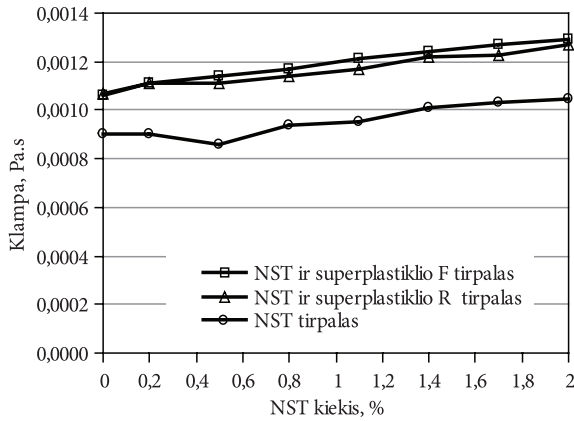
Nr.	Charakteristika	Vertė
1	Stūmoklių skaičius	2
2	Vožtuvo tipas	S
3	Pavara	Hidraulinė
4	Didžiausias hidraulinės alyvos slėgis	350 bar
5	Didžiausias betono mišinio tiekimo slėgis	85 bar
6	Techninis našumas	160 m <sup>3</sup> /h
7	Paskirstymo strėlės modelis	M38
8	Betontiekio vamzdžio skersmuo ir sienelės storis	133×4,0 mm
9	Didžiausias pasiekiamas atstumas	34 m
10	Didžiausias pasiekiamas aukštis	38 m
11	Galinės žarnos ilgis	3 m

kų formas. Pradedant pildyti betono mišiniu pamatų bloko formą, chronometru fiksuojamas laikas, per kurį forma bus užpildyta mišiniu. Vienam pamatų blokui suformuoti tenka 0,406 m<sup>3</sup> betono mišinio. Buvo formuojami keturi pamatų blokai. Betono mišinio pumpavimo bandymas atliktas skirtingais mišinio tiekimo greičiais betono siurbliu į pamatų blokų formas. Buvo suformuota po keturis pamatų blokus ir fiksuojamas mišinio suklojimo į formas laikas, kai slėgis 25,5 bar ir 68 bar. Nuotolinio valdymo pulte esančia rankenėle padidinamas ir sumažinamas tiekiamo betono mišinio kiekis. Maksimalus betono mišinio tiekimo slėgis betono siurbliu yra 85 bar. Jei 85 bar atitiktų betono mišinio tiekimo kiekio padidinimo ir sumažinimo rankenėlės padėtį „10“, tai rankenėlės padėtis „3“ atitiktų 30 % maksimalaus slėgio ir būtų 25,5 bar, o rankenėlės padėtis „8“ atitiktų 80 % maksimalaus slėgio ir būtų 68 bar. Formų užpildymo laikas vienu metu buvo fiksuojamas keliais chronometrais.

### 3. Tyrimų rezultatai

Sumaišius santykiu 1:1 rūgštinį komponentą superplastiklį polikarboksilo eterių pagrindu (tirpalo pH – 4,4, elektrinis laidumas – 1,48 mS/cm) ir šarminį komponentą natrio silikato priedą (tirpalo pH – 11,28, elektrinis laidumas 30 mS/cm), tokia koloidinė dispersinė sistema koaguliuoja arba virsta geliu – iškrinta gelsvai rusvos spalvos nuosėdos. Susidariusios koaguliacinės sistemos tirpalo pH yra 10,5, o elektrinis laidumas – 14,5 mS/cm, kai aplinkos oro temperatūra 21±0,5 °C. NST priedo su polikarboksilo eterių pagrindu superplastikliu vandeninės dispersijos (vanduo – 270 ml; superplastiklis – 5 ml; NST – 0–20 ml), NST priedo su superplastikliu polikarboksilinių polimerų pagrindu vandeninės dispersijos (vanduo – 270 ml; superplastiklis – 7,5 ml; NST – 0–20 ml) ir NST priedo vandeninės dispersijos (vanduo – 270 ml; NST – 0–20 ml) klampos priklausomybės nuo NST kiekio % dispersijoje pateiktos 2 pav. Iš šio paveikslo matyti, kad, didėjant NST kiekiui nuo 0,2 iki 2,0 % vandeninėje dispersijoje, NST dispersijos klampa didėja, tačiau tokios dispersijos klampa yra mažesnė nei dispersijos su NST ir superplastikliu. Į NST vandeninę dispersiją pridėjus vieno iš superplastiklio priedo, klampos padidėjimas gali rodyti koaguliacinių ryšių atsiradimą tokioje sistemoje arba zolio virtimą geliu.

Didinant NST kiekį %, cemento masės portlandcemenčio tešlos klampa didėja didėjant laiko trukmei. Tačiau portlandcemenčio tešlos su super-



2 pav. Vandenių dispersijų klamos priklausomybė nuo NST kiekio % dispersijoje

Fig. 2. Dependence of water dispersion viscosity on NSS % content in the dispersion

plastikliu polikarboksilo eterių pagrindu klampa, dedant NST priedo iki 2,0 % cemento masės, labai didėja. Portlandcemenčio tešlos (V/C = 0,27) su superplastikliu polikarboksilo eterių pagrindu 0,5 % cemento masės klamos padidėjimą, didinant NST priedo kiekį, būtų galima paaiškinti koaguliacijos pasireiškimu tarp dispersinės terpės koloidinių dalelių. Portlandcemenčio tešla tirštėja, tai technologiniu požiūriu gali turėti teigiamą įtaką mišinio stabilumui palaikyti, sumažinti segregacijos pasireiškimą mišinyje ir vandens atsiskyrimą iš tokios sistemos. Tai ypač aktualu siekiant užtikrinti gerą mišinio tekamumą vamzdžiais, transportuojant mišinius betono siurbliais.

Norint įvertinti plastiklių ir natrio silikato tirpalo kaip nanomodifikatoriaus kompleksinį poveikį betono mišinių tekamumui vamzdžiais, UAB „Betono centras“ mišinio paruošimo ceche buvo sumaišytos kelios betono mišinio sudėtys (4 lentelė) ir šių mišinių pumpuojamumas išbandytas transportuojant juos dviejų stūmoklių su S tipo vožtuvu betono siurbliu, sumontuotu ant automobilio šasi.

Tyrimo metu betono mišinio vandens cemento santykis buvo pastovus ir lygus 0,79. Paruoštuose siurbliais transportuojamuose B1 ir B2 sudėties betono mišiniuose smulkiųjų dalelių kiekis sudarė 375 kg viename m<sup>3</sup> betono mišinio. Smulkios dalelės susideda iš cemento (rišamosios medžiagos) ir užpildų dalelių, kurios yra nuo 0 iki 0,25 mm (smulkiausio smėlio) frakcijos. B3 betono mišinyje smulkiųjų dalelių kiekis buvo sumažintas nuo 375 kg iki 368 kg viename m<sup>3</sup> betono mišinio, t. y. cemento kiekis buvo sumažintas nuo 225 kg iki 215 kg ir 0/1 frakcijos smėlio kiekis

padidintas nuo 250 kg iki 260 kg viename m<sup>3</sup> mišinio. B4 betono mišinyje smulkiuoju užpildu buvo naudojamas tik 0/4 frakcijos smėlis, o 0/1 frakcijos smėlis išvis nenaudotas.

Betono mišinio paruošimo ceche sumaišytų betono mišinių technologinės savybės pateiktos 5 lentelėje.

4 lentelė. Betono mišinių sudėtys

Table 4. The compositions of concrete mixtures

Medžiagos	Medžiagų kiekis 1 m <sup>3</sup> betono mišinio, kg			
	B1	B2	B3	B4
CEM II/A-S 42,5 N (MA)	225	225	215	225
Vanduo	178	178	170	178
V/C	0,79	0,79	0,79	0,79
0/1 fr. smėlis	250	250	260	0
0/4 fr. smėlis	730	730	730	980
4/16 fr. žvirgždas	980	980	980	980
Murplast FK 63.30	0,72	0,72	0	0
Centrament N3	0	0	1,26	1,32
Na <sub>2</sub> O · nSiO <sub>2</sub>	0	1,55	1,48	1,55
Smulkiųjų dalelių kiekis, kg	375	375	368	365

5 lentelė. Technologinės betono mišinių savybės

Table 5. Technological properties of concrete mixtures

Matuojamoji mišinio savybė	Betono mišinio sudėtis			
	B1	B2	B3	B4
Tankis, kg/m <sup>3</sup>	2323	2342	2328	2325
Oro kiekis, %	3,4	3,2	4,4	3,7
Slankumas, mm	170	160	70	90
Temperatūra, °C	25,8	26,0	12,8	13,7

Siurbliais transportuojamu betono mišiniu (B1–B4 sudėtys) 0,406 m<sup>3</sup> tūrio formos užpildymo laikas pateiktas 6 lentelėje, kai slėgis – 25,5 bar ir 68 bar. Iš 6 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad B1 sudėties betono mišiniu 0,406 m<sup>3</sup> tūrio forma, esant 30% maksimalaus slėgio (25,5 bar), užpildoma maždaug per 1 min. 55,3 sek. B1 sudėties betono mišinio pumpavimo našumas yra 1 m<sup>3</sup> per 4 min. 44,0 sek., arba 12,7 m<sup>3</sup>/h. Kai slėgis 68 bar, B1 sudėties betono mišiniu 0,406 m<sup>3</sup> tūrio forma užpildoma maždaug per 21,7 sek., betono mišinio pumpavimo našumas yra 1 m<sup>3</sup> per 53,4 sek., arba 67,4 m<sup>3</sup>/h (3 pav.).

6 lentelė. Betono mišinių transportuojamumas siurbliais

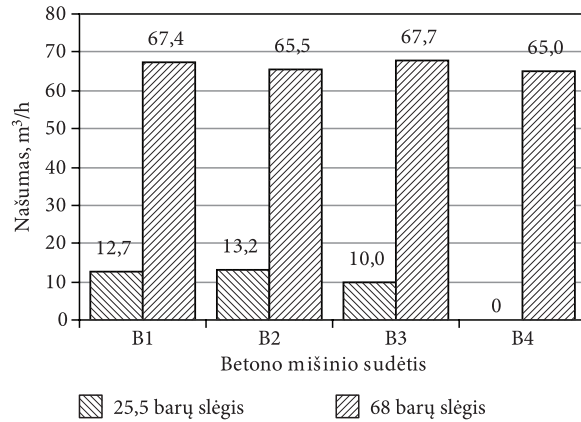
Table 6. Concrete mixtures transported by pumps

Nr.	Slėgis 25,5 bar		Slėgis 68 bar	
	Chronometro rodmenys, s		Chronometro rodmenys, s	
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2
Nr.	Betono mišinio sudėtis B1			
1	01:55.60	01:55.90	00:21.90	00:21.93
2	01:55.30	01:49.89	00:21.10	00:21.10
3	01:57.80	01:54.65	00:22.70	00:22.03
4	01:54.80	01:58.30	00:21.20	00:21.50
Nr.	Betono mišinio sudėtis B2			
1	01:54.60	01:56.59	00:22.80	00:22.88
2	01:50.10	01:50.21	00:21.80	00:22.06
3	01:47.20	01:47.03	00:22.20	00:22.05
4	01:50.90	01:51.99	00:22.10	00:22.17
Nr.	Betono mišinio sudėtis B3			
1	02:21.40	02:20.80	00:20.50	00:21.20
2	02:30.80	02:31.30	00:22.30	00:22.50
3	01:35.50*	01:36.10*	–	–
Nr.	Betono mišinio sudėtis B4			
1	–**	–**	00:22.80	00:22.60
2	–**	–**	00:23.60	00:23.10
3	–**	–**	00:21.30	00:21.50

**Pastaba:** \* Betono mišinys nustojo tekėti betono mišinio transportavimo vamzdynu, esant 30 % maksimalaus 25,5 bar slėgio; \*\* Betono mišinys išvis neteka betono mišinio transportavimo vamzdynu, esant 30 % maksimalaus 25,5 bar slėgio.

B2 sudėties betono mišiniu 0,406 m<sup>3</sup> tūrio forma, esant 25,5 bar slėgiui, užpildoma maždaug per 1 min. 51,1 sek. B2 sudėties betono mišinio pumpavimo našumas yra 1 m<sup>3</sup> per 4 min. 33,6 sek., arba 13,2 m<sup>3</sup>/h. Kai slėgis 68 bar, B2 sudėties betono mišiniu 0,406 m<sup>3</sup> tūrio forma užpildoma maždaug per 22,3 sek., mišinio pumpavimo našumas yra 1 m<sup>3</sup> per 54,9 sek., arba 65,5 m<sup>3</sup>/h (3 pav.).

B3 sudėties betono mišiniu, kai slėgis 25,5 bar, pirmoji 0,406 m<sup>3</sup> tūrio forma užpildoma maždaug per 2 min. 21,1 sek., antroji 0,406 m<sup>3</sup> tūrio forma – maždaug per 2 min. 31,1 sek., pildant trečiąją 0,406 m<sup>3</sup> tūrio formą betono mišinys nustojo tekėti transportavimo vamzdynu praėjus maždaug 1 min. 35,8 sek. nuo formos pildymo pradžios. Iki to momento, kol nustojo tekėti betono mišinys vamzdynu, gautas B3 sudėties betono mišinio pumpavimo našumas – 1 m<sup>3</sup> per 5 min. 59,8 sek., arba 10,0 m<sup>3</sup>/h. Padidinus betono



3 pav. Betono mišinio pumpavimo našumo priklausomybė nuo betono mišinio sudėties, kai betono siurblio sukiamas slėgis 25,5 ir 68 bar

Fig. 3. The dependence between concrete mixtures pump efficiency and concrete mixture's composition. Concrete mixture pump's pressure 25.5–68 bar

siurblio sukiamą slėgį nuo 25,5 bar iki 68 bar, betono mišinys vėl pradeda tekėti betontiekio vamzdynu į pamatų blokų formas ir betono mišiniu 0,406 m<sup>3</sup> tūrio forma užpildoma maždaug per 21,6 sek. B3 sudėties betono mišinio pumpavimo našumas – 1 m<sup>3</sup> per 53,2 sek., arba 67,7 m<sup>3</sup>/h (3 pav.).

B4 sudėties betono mišinys, esant 25,5 bar slėgiui, neteka betono mišinio transportavimo vamzdynu. Padidinus betono siurblio sukiamą slėgį nuo 25,5 bar iki 68 bar, betono mišinys vėl pradeda tekėti betontiekio vamzdynu į pamatų blokų formas ir betono mišiniu 0,406 m<sup>3</sup> tūrio forma užpildoma maždaug per 22,49 sek., betono mišinio pumpavimo našumas – 1 m<sup>3</sup> per 55,4 sek., arba 65,0 m<sup>3</sup>/h (3 pav.).

Betono mišinio pumpavimo našumo priklausomybė nuo betono mišinio sudėties, esant betono siurblyje 25,5 ir 68 bar slėgiui, pavaizduota 3 pav.

Betono mišinių kaip ir kitų struktūrinių skysčių pagrindinės reologinės savybės yra ribiniai šlyties įtempiai ir struktūrinė klampa. Tiriant reologines betono mišinių savybes pastebėta, kad pasireiškia dilatancija, kuri turi neigiamą įtaką mišinių tekamumui vamzdžiais transportuojant mišinius betono siurbliais.

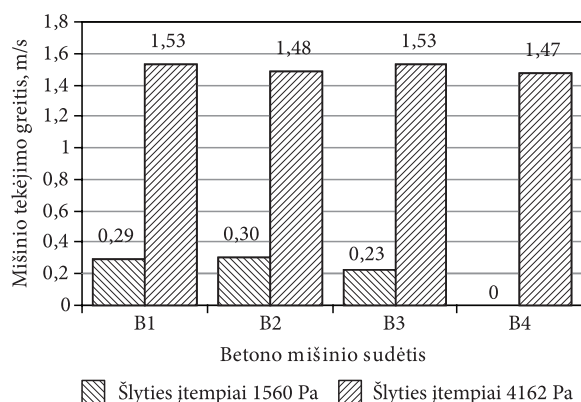
Betono siurblio, sumontuoto ant automobilio šasi, paskirstomosios strėlės ilgis – 38 m, galinės žarnos ilgis – 3 m, vamzdyno ilgis nuo mišinio priėmimo bunkerio iki paskirstomosios strėlės – 10 m, vidinis vamzdyno skersmuo – 125 mm. Iš viso betono mišinys betono siurbliu vamzdynu transportuojamas 51 m. Tokiomis sąlygomis pumpuojamame betono mišinyje susidaro 1560 Pa šlyties įtempiai, kai slėgis – 25,5 bar,

ir 4162 Pa šlyties įtempiai, kai slėgis – 68 bar. Esant tokiems šlyties įtempiams mišinio dilatantiškumas turi didelę įtaką mišinių transportavimui vamzdžiais, nes jam pasireiškus labai padidėja mišinio klampa. Dėl to betono siurblys turi transportuoti mišinį didesniu slėgiu, mažėja betonavimo darbų našumas arba mišinys gali užkimšti vamzdyną.

Betono mišinio tekėjimo greičio priklausomybė nuo betono mišinio sudėties, esant 1560 Pa ir 4162 Pa šlyties įtempiams, veikiančioms tarp atskirų mišinio sluoksnių tekėjimo metu mišinyje, pavaizduota 4 pav.

B1 sudėties betono mišinio pumpavimo našumas – 12,7 m<sup>3</sup>/h, kai slėgis 25,5 bar (šlyties įtempiai yra 1560 Pa), ir 67,4 m<sup>3</sup>/h, kai slėgis – 68 bar (šlyties įtempiai yra 4162 Pa). B1 sudėties betono mišinio tekėjimo greitis vamzdynu yra 0,29 m/s, kai slėgis sudaro 25,5 bar, ir 1,53 m/s, kai slėgis sudaro 68 bar.

B2 sudėties betono mišinio pumpavimo našumas – 13,2 m<sup>3</sup>/h, esant 25,5 bar slėgiui (šlyties įtempiai yra 1560 Pa), ir 65,5 m<sup>3</sup>/h, kai slėgis – 68 bar (šlyties įtempiai yra 4162 Pa). B1 sudėties betono mišinio tekėjimo vamzdynu greitis – 0,30 m/s, kai slėgis sudaro 25,5 bar, ir 1,48 m/s, kai slėgis sudaro 68 bar. B3 sudėties betono mišinio pumpavimo našumas yra 10,0 m<sup>3</sup>/h, kai slėgis – 25,5 bar (šlyties įtempiai yra 1560 Pa), ir 67,7 m<sup>3</sup>/h, kai slėgis – 68 bar (šlyties įtempiai yra 4162 Pa). B3 sudėties betono mišinio tekėjimo greitis vamzdynu yra 0,23 m/s, kai slėgis sudaro 25,5 bar, ir 1,53 m/s, kai slėgis sudaro 68 bar. B4 sudėties betono mišinio pumpavimo našumas yra 0 m<sup>3</sup>/h, esant slėgiui 25,5 bar (šlyties įtempiai yra 1560 Pa), ir 65,0 m<sup>3</sup>/h, esant slėgiui 68 bar (šlyties įtempiai yra



4 pav. Betono mišinio tekėjimo greičio priklausomybė nuo betono mišinio sudėties, kai šlyties įtempiai yra 1560 Pa ir 4162 Pa

Fig. 4. The dependence between concrete mixture flow characteristics and concrete mixture's composition. Shear stress – 1560–4162 Pa

4162 Pa). B4 sudėties betono mišinio tekėjimo greitis vamzdynu yra 0 m/s, kai slėgis sudaro 25,5 bar, ir 1,47 m/s, kai slėgis sudaro 68 bar.

Sėkmingas betono siurblių naudojimas, atliekant betonavimo darbus, priklauso nuo reologinių betono mišinių savybių ir gero tekamumo. Geras tekamumas suprantamas kaip betono mišinio tekėjimas vamzdynu, veikiant siurblio stūmokliui, pasiekiant reikiamą betono mišinio judėjimo greitį vamzdynu ir išvengiant kamščio susidarymo vamzdyje.

## Išvados

1. Natrio silikato tirpalo priedo (NST) sąveika su skirtingos cheminės sudėties plastikliu turi įtakos mišinio tekėjimo vamzdžiu greičiui, našumui, transportuojant mišinius betono siurbliu.
2. Įmaišius į mišinį natrio silikato tirpalo priedo 0,5 % cemento masės kartu su superplastikliu polikarboksilo eterių pagrindu pasiektas didesnis mišinio tekėjimo greitis vamzdynu ir gautas didesnis našumas esant mažesniai betono siurblio mišinio tiekimo slėgiui (25,5 bar), lyginant su betono mišiniu be natrio silikato tirpalo priedo.
3. Betono mišinio su natrio silikato tirpalo priedu (0,5% cemento masės) ir plastikliu lignosulfonatu pagrindu, sumažinus cemento kiekį mišinyje, pumpavimo tyrimai parodė, kad mišinys blogai teka vamzdynu, kai betono siurblio mišinio tiekimo slėgis yra mažas – 25,5 bar. Praėjus maždaug 1 min. 35,8 sek. nuo formos pildymo pradžios betono mišinys nustojo tekėti transportavimo vamzdynu. Padidinus siurblio mišinio tiekimo slėgį iki 68 bar, mišinys vėl pradeda tekėti betontiekio vamzdynu.
4. Įmaišius į mišinį natrio silikato tirpalo priedo 0,5 % cemento masės kartu su plastikliu lignosulfonatu pagrindu, smulkiuoju užpildu naudojant tik 0/4 frakcijos smėlį, matyti, kad betono mišinys neteka mišinio transportavimo vamzdynu, esant mažam betono siurblio mišinio tiekimo slėgiui, tačiau, padidinus betono siurblio mišinio tiekimo slėgį iki 68 bar, mišinys vėl pradeda tekėti mišinio transportavimo vamzdynu.

## Padėka

Šį darbą rėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas pagal mokslinį tiriamąjį projektą „Nanostruktūrų formavimosi ypatumai cementinėse statybinėse medžiagose“ (Reg. Nr. B-08009).



## Literatūra

- ACI 304.2R-96. 1996. Placing concrete by pumping methods. Reported by ACI committee 304, p. 304.2R-1–304.2R-25.
- Chajutin, J. G. 1981. *Monolitnyj beton* [Monolitinis betonas]. Moskva: Strojizdat, 189–233.
- Daukšys, M.; Skripiūnas, G.; Janavičius, E. 2009. Complex influence of plasticizing admixtures and sodium silicate solution on rheological properties of Portland cement paste, *Materials Science (Medžiagotyra)* 15(4): 349–355 (in Lithuanian).
- Efremov, I. F. 1982. *Uspekhi khimii* [Chemijos laimėjimai] 51(2): 285.
- Fly ash for pumped concrete* [interaktyvus], [žiūrėta 2010-12-07]. Prieiga per internetą: <http://www.flyash.com/data/upimages/press/TB.11%20Fly%20Ash%20for%20Pumped%20Concrete.pdf>
- Guptil, N. R. 1995. Proposed report: placing concrete by pumping methods, *ACI Material Journal* 92(4): 441–464.
- Hommer, H.; Wutz, K. 2005. Recent developments in defloculants for castables, in *9th Biennial Worldwide Congress on Refractories*, 2–6.
- Kiricsi, I.; Fudala, I.; Mehn, A. D. 2006. Tubular inorganic nanostructures, *Current Applied Physics* 6: 212–215. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cap.2005.07.042>
- Korolev, K. M. 1986. *Mekhanizacija prigotovleniia i ukladki betonnoj smesi* [Betono mišinio gamybos ir klojimo mechanizavimas]. Moskva: Strojizdat, 95–134.
- Li, H.; Xiao, G. H.; Ou, J. P. 2004. A study on mechanical and pressure-sensitive properties of cement mortar with nano-phase materials, *Cement and Concrete Research* 34(3): 435–438. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.08.025>
- Mapeplast MPX. Admixture for enhancing the pumpability of concrete* [interaktyvus], [žiūrėta 2010-12-07]. Prieiga per internetą: <http://www.mapei.co.uk/>
- PMW central service*. 2002. Concrete technology for pumps. Published by: Putzmeister AG.
- Pundiene, I.; Goberis, S.; Stonys, R.; Antonovich, V. 2005. The influence of various plastizing elements on hydration and physical-mechanical properties of refractory concrete with porous fillers, in *Proceedings of Conference on Refractory Castables Prague*, 86–95.
- Sandberg, B.; Mosberg, T. 1989. Use of micro silica in binder systems for ultra low cement castables and basic, 'cement-free' castables, in *Advances in Refractories Technology Ceramic Transactions, American Ceramic Society Westerville Ohio* 4: 245–258.
- Sika Pump. Pumping aid for concrete* [interaktyvus], [žiūrėta 2010-12-07]. Prieiga per internetą: [http://www.sika.co.nz/nz\\_con\\_contds\\_sikapumps\\_pdf.pdf](http://www.sika.co.nz/nz_con_contds_sikapumps_pdf.pdf)
- Sobolev, K.; Flores, I.; Hermosillo, R.; Torres-Martínez, L. M. 2008. Nanomaterials and Nanotechnology for High-Performance Cement Composites, *ACI Symposium Publications* 254(7): 93–120.
- Von Eckardstein, K. E. 1983. *Pumping concrete and concrete pumps*. Published by Schwing GmbH.

## THE INFLUENCE OF THE SODIUM SILICATE ADMIXTURE ON THE PUMPED CONCRETE FLOWABILITY IN PIPELINES

M. Daukšys, G. Skripkiūnas, A. Grinys, M. Vaičiienė

**Abstract.** In the research experimental studies of the effect sodium silicate solution (NST) and plasticizer admixtures have on concrete mixture pipe flow velocity and capacity during of the transportation of mixtures with the “S”-type valve concrete pump with two pistons where carried out. The filling time of 0.406 m<sup>3</sup> volume foundation blocks forms of concrete mixture at different concrete mix pump supply pressures (25.5 and 68.0 bar) was measured. It was found that the addition to the mixture of NST 0.5% by weight of cement with superplasticizer based on polycarboxylic ethers, increases the flow rate of the mixture in the pipeline, and performance with a lower concrete mix pump supply pressure. With 0.5% NST of the cement mass with lignosulphonate plasticizer and reduced amount of cement in concrete mix, the flowability in pipeline with a low concrete mix pump delivery pressure (25.5 bar) is worse. With 0.5% NST of the cement mass with lignosulphonate plasticizer, using only 0/4 fraction sand, concrete mix transportation in mixture pipeline at low concrete mix pump delivery pressure (25.5 bar) is stopped. When the pump mix feed pressure is increased up to 68 bar, the mixture flows through the pipeline again. The investigation has shown that sodium silicate solution admixture interaction together with different chemical compositions plasticizers affects the mixture flowability in pipes.

**Keywords:** Portland cement, sodium silicate solution (NSS), plasticizing admixture, concrete mixture, concrete pumps, concrete pumpability by pipe.

**Mindaugas DAUKŠYS.** Assoc. Prof., Dr, Head of the Department of Civil Engineering Technologies at Kaunas University of Technology (KTU), Lithuania. He received his PhD at KTU. Research interests: concrete mixtures rheology, new concrete placing technologies, research of concrete aggregates and admixtures, concrete’s surface quality parameters.

**Gintautas SKRIPKIŪNAS.** Assoc. Prof., Dr, Head of the Department of Building Materials at Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Lithuania. He received his PhD at VGTU. Research interests: building materials science, concrete technology (rheological properties of the concrete mixtures, structure and properties of the concrete, durability of concrete, concrete modifications).

**Audrius GRINYS.** Dr of Technological Sciences, Lecturer at the Department of Building Materials at Kaunas University of Technology (KTU), Lithuania. He received his PhD at KTU. BU Concrete manager at SIKA. Research interests: ready mix and precast concrete technology, chemical additive of concrete, concrete deformability, concrete strength and utilization of waste materials.

**Marija VAIČIENĖ.** Dr of Technological Sciences, Assoc. Prof. at the Department of Building Materials at Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Lithuania. He received his PhD at VGTU. Research interests: influence of the active additives on the structure and properties of expanded-clay lightweight concrete.