

Annmarkar
steypustrendingaprófa við
alkalívirgni

Dr. Sóley Unnur Einarsdóttir



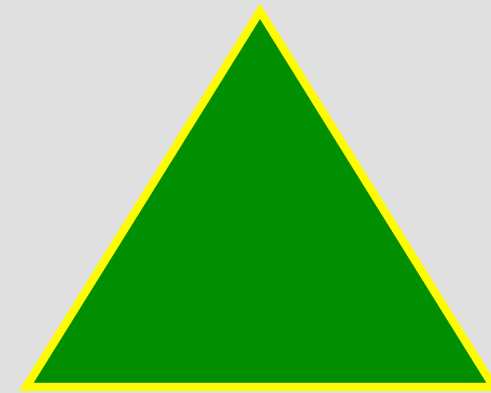
Hvað er alkalívirkni?

- Efnahvarf milli sements og fylliefna

- Nauðsynlegir þættir:

- Alkalívirkt fylliefni
- Nægilegt alkalímagn
- Nægilegan raka

Alkalívirkt fylliefni



Nægilegt
alkalímagn

Nægilegur
raki

- Með því að útiloka einn þátt er hægt er að koma í veg fyrir skaðlega alkalívirkni í steypu!

Prófunaraðferðir

- Hraðvirkt múrstrendingapróf (AMBT + MAMBT):
 - [ASTM C1260/C1567](#): Notað til að kanna mögulega alkalívirgni fylliefnis eða meta hversu mikið magn af possólum þarf til að koma í veg fyrir skaðleg áhrif í steypu.
- Steypustrendingapróf (CPT):
 - [ASTM C1293](#): Notast við staðlaða steypublöndu. Talið áreiðanlegra til að meta alkalívirgni fylliefna.

Bestu upplýsingarnar eru frá notkun í mannvirkjum

Steypustrendingapróf

- Fylliefni eru notuð eins og þau koma fyrir
- Stöðluð steypublanda
- Strendingar eru geymdir í lokuðum ílátum við 38°C
 - Vatn í botni ílátsins til að tryggja 100% raka
 - Strendingar eru ekki í beinni snertingu við vatnið
- Þenslan er mæld reglulega í 1 ár
- Mun áreiðanlegra en múrstrendingaprófið

Annmarkar steypustrendingaprófsins

- Ekki hægt að meta áhrif lágalkalísteypublöndu og þar af leiðandi ekki hægt að nota sem svokallað “performance test”
- Aðalástæðan: allt að 22-45% af alkaliinnihaldi steypunnar tapast á meðan á prófun stendur
- Þetta hefur verið leyst með því að:
 - Takmarka prófið við háalkalísement: $(0.9 \pm 0.1)\% \text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$
 - Hækka alkaliinnihaldið í 1.25% með því að leysa upp NaOH í blönduvatninu

Markmið verkefnisins

- Breyta núverandi prófunaraðferðum þannig að hægt væri að meta áhrif lágalkalí sements:
 - Geymslulausnin í múrstrendingaprófinu er of sterk til að meta lágalkalíblöndur
 - Núverandi aukning alkalíinnihalds steypublöndunnar í steypustrendingaprófinu gerir prófið ónothæft fyrir lágalkalíblöndur
- Markaðurinn kallar á áreiðanlegar prófunaraðferðir fyrir alkalívirkni þar sem hægt er að prófa allar sementsblöndur

Meginviðfangsefni

- Alkalíinnihald porulausnar
- Hraðvirka mýrstrendingaprófið (AMBT):
 - Aðlaga styrkleika geymslulausnarinnar að alkalíinnihaldi porulausnar strendinganna
 - Skoða áhrif mismunandi alkalílausna á niðurstöður: notkun KOH miðað við NaOH

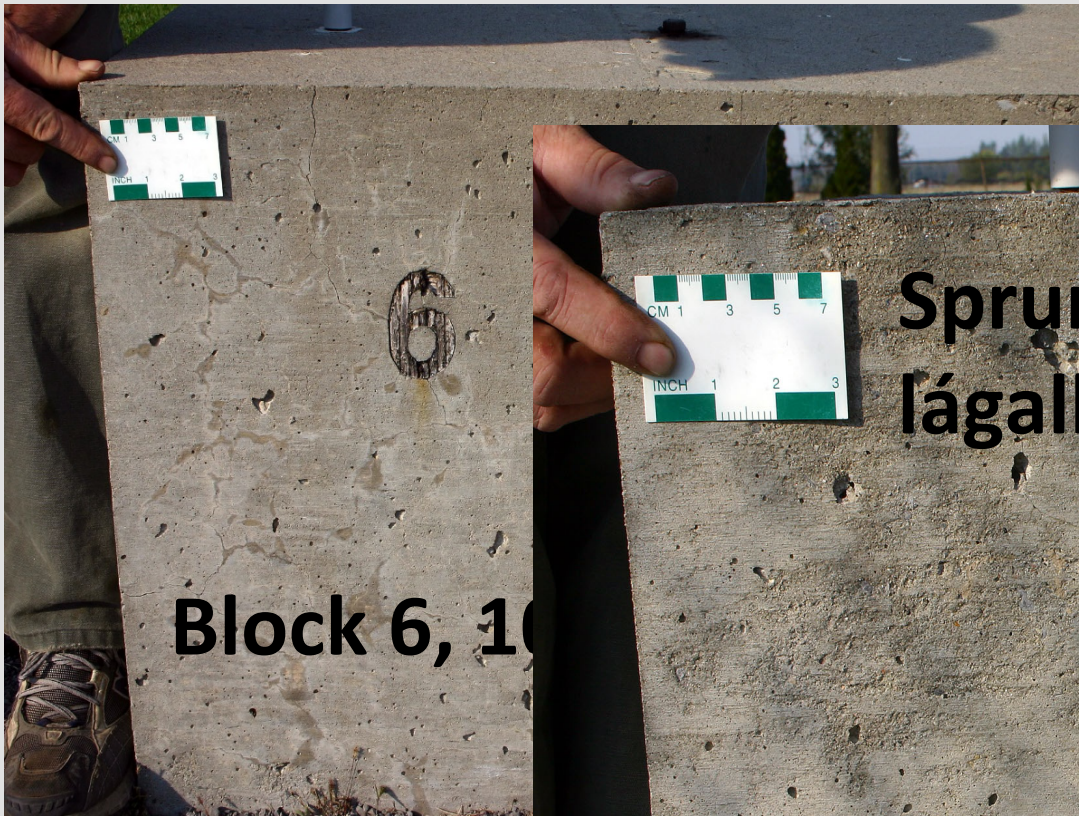
Meginviðfangsefni – frh.

- Steypustrendingaprófið:
 - Mæla magn alkalí sem tapast frá strendingunum á meðan á prófun stendur
 - Breyta alkalíaukningu steypublöndunnar
 - Meta áhrif sementa með mismunandi $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$
 - Minnka magn alkalílektar án þess að hafa áhrif á þenslu strendinganna
- Losun alkalí frá fylliefnum
- Tenging við veðrunarstöðvar eða mannvirki

Þekkt alkalívirkt fylliefni: Sudbury



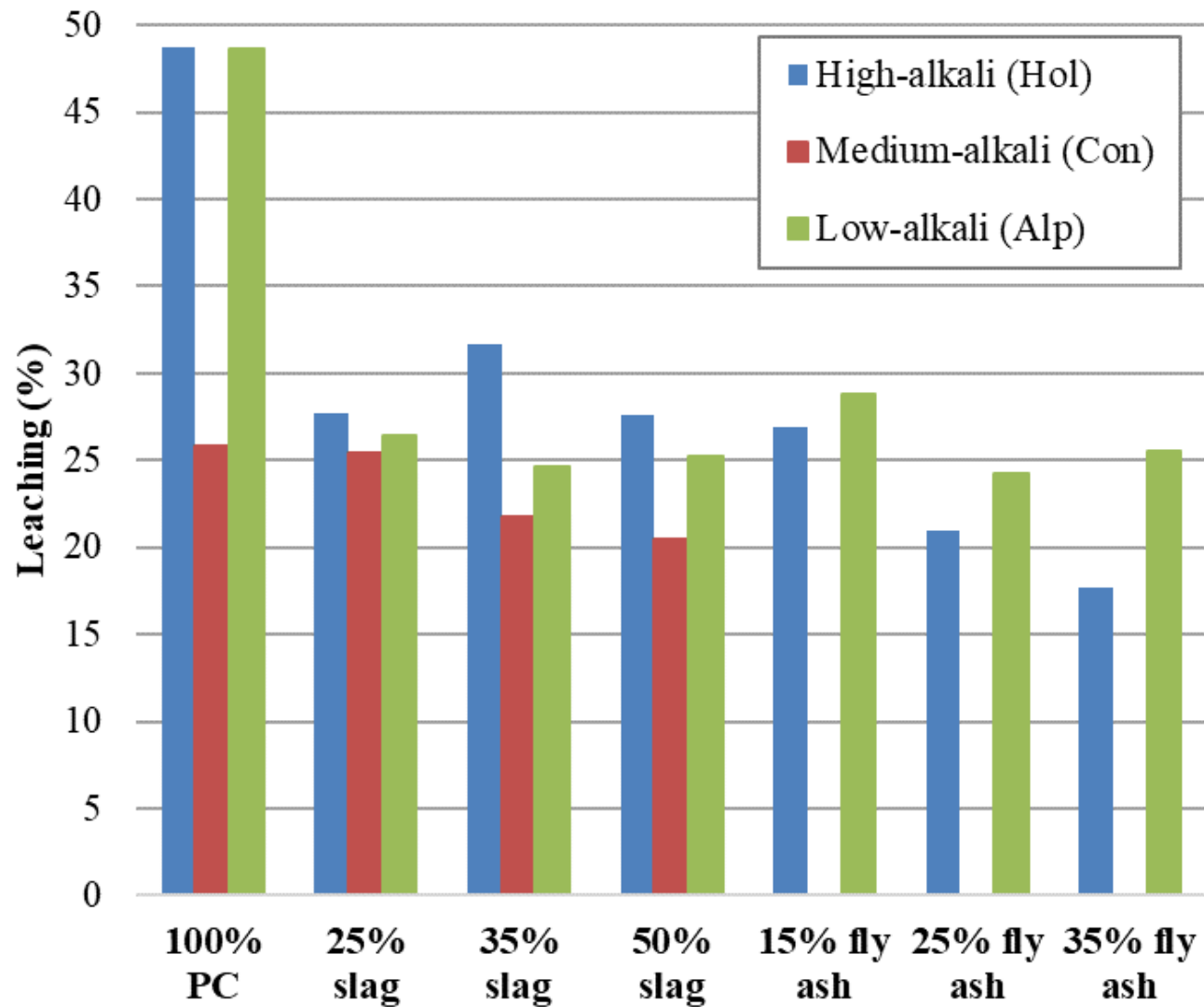
Þekkt alkalívirkt fylliefni: Spratt – 14 ár í Kingston, ON



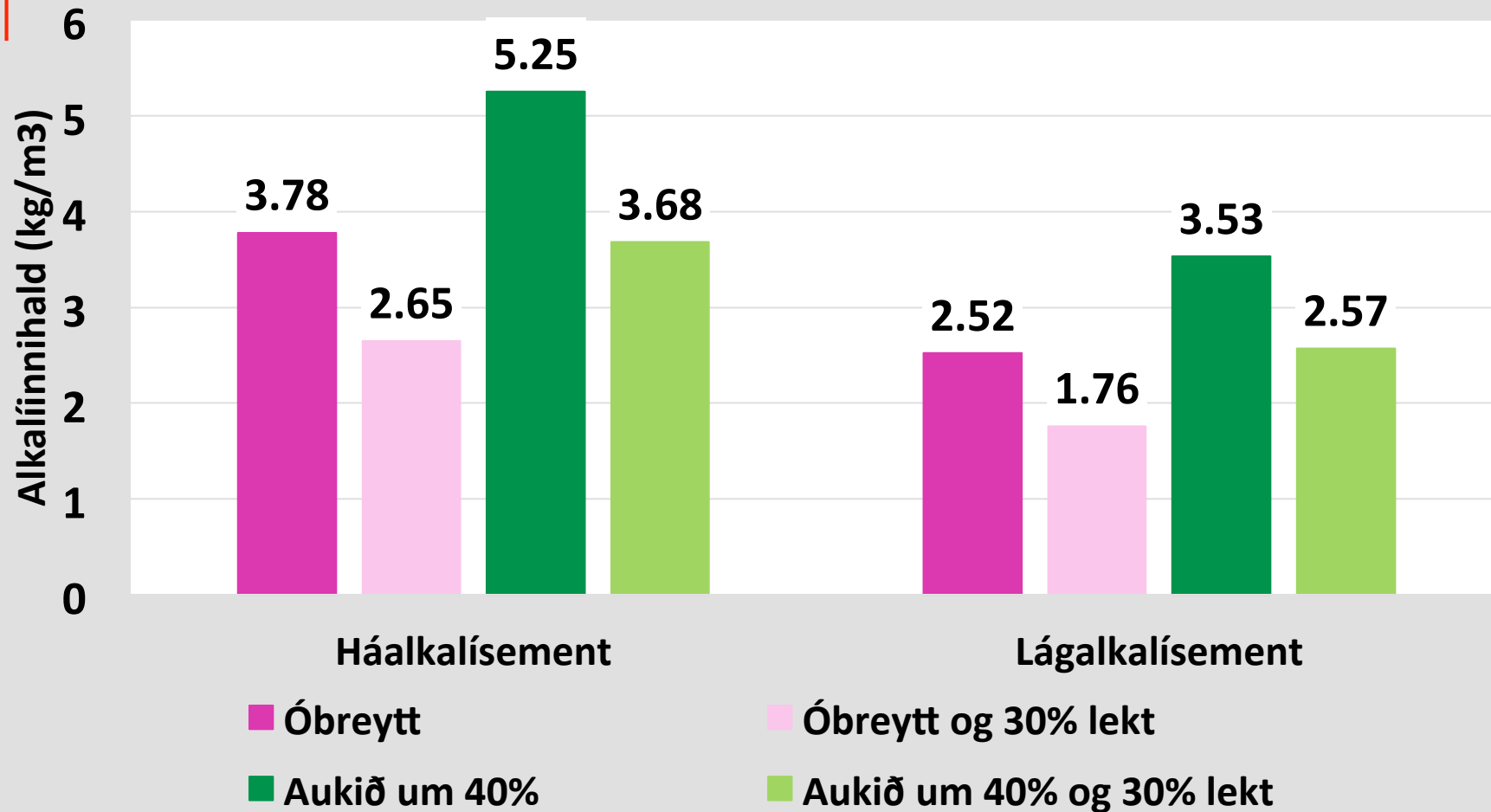
Geymsluaðstæður



Alkalílekt frá steypustrendingum



Árhif alkalíaaukningar á alkalíinnihald steypublöndunnar

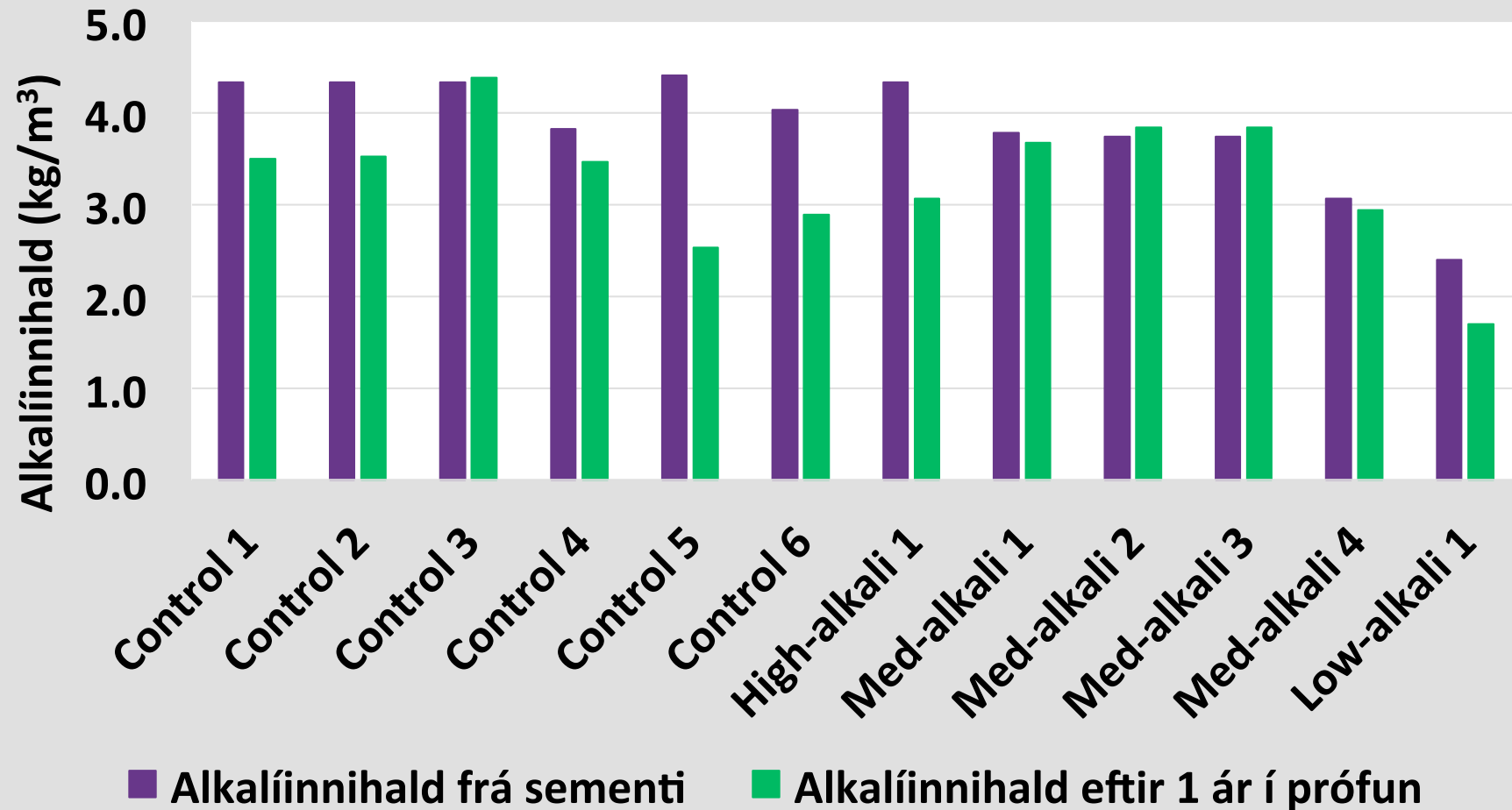


Alkalíinnihaldið er reiknað út frá 420 kg/m³ sementsinnihaldi

100% sement eftir 1 ár

- Sudbury fylliefnið

Sement með alkalíjafngildi 0,9-1,0%, en mismunandi hlutfall af K_2O/Na_2O voru notuð fyrir “control” sýnin.

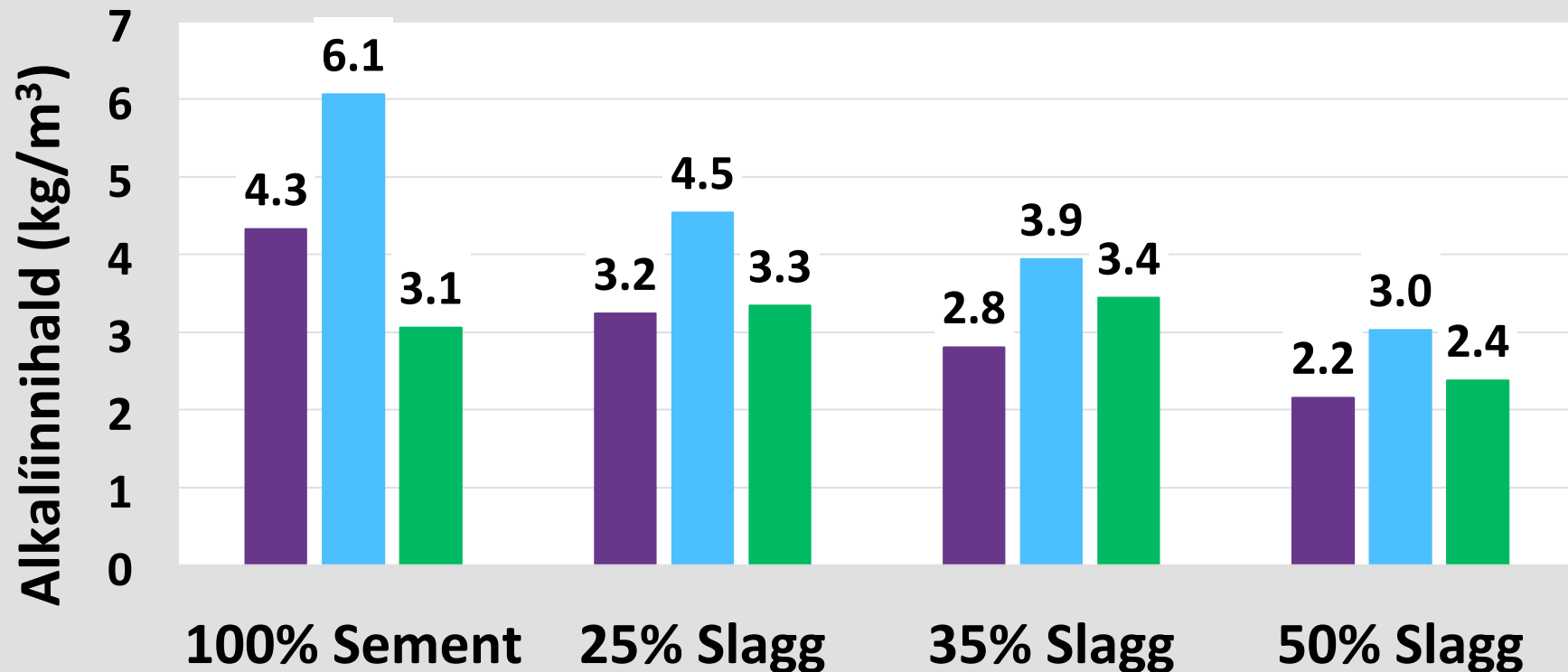


“Control” sýni: alkalíinnihald aukið í 5.25 kg/m³.

Öll önnur sýni: alkalíinnihald aukið um 40% umfram alkalíinnihald sementsins.

Háalkalísement með possólum

- Sudbury fylliefnið

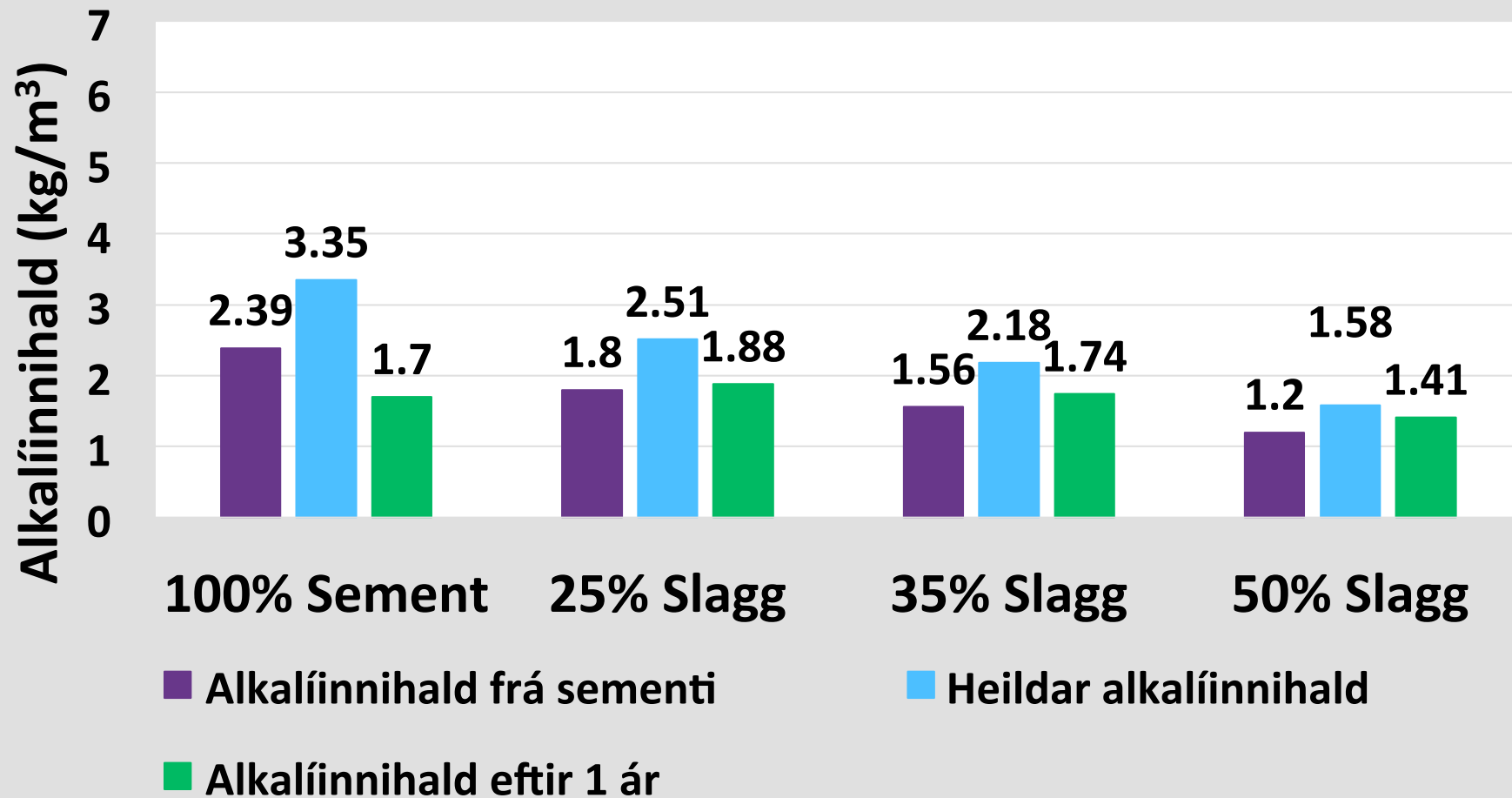


■ Alkalíinnihald frá sementi ■ Heildar alkalíinnihald ■ Alkalíinnihald eftir 1 ár

Alkalíaukning: 40% af alkalímagni sements
v/s tala = 0.435

Lágalkalísement með possólum

- Sudbury fylliefnið



Alkalíaukning: 40% af alkalíinnihaldi sements
w/c=0.435

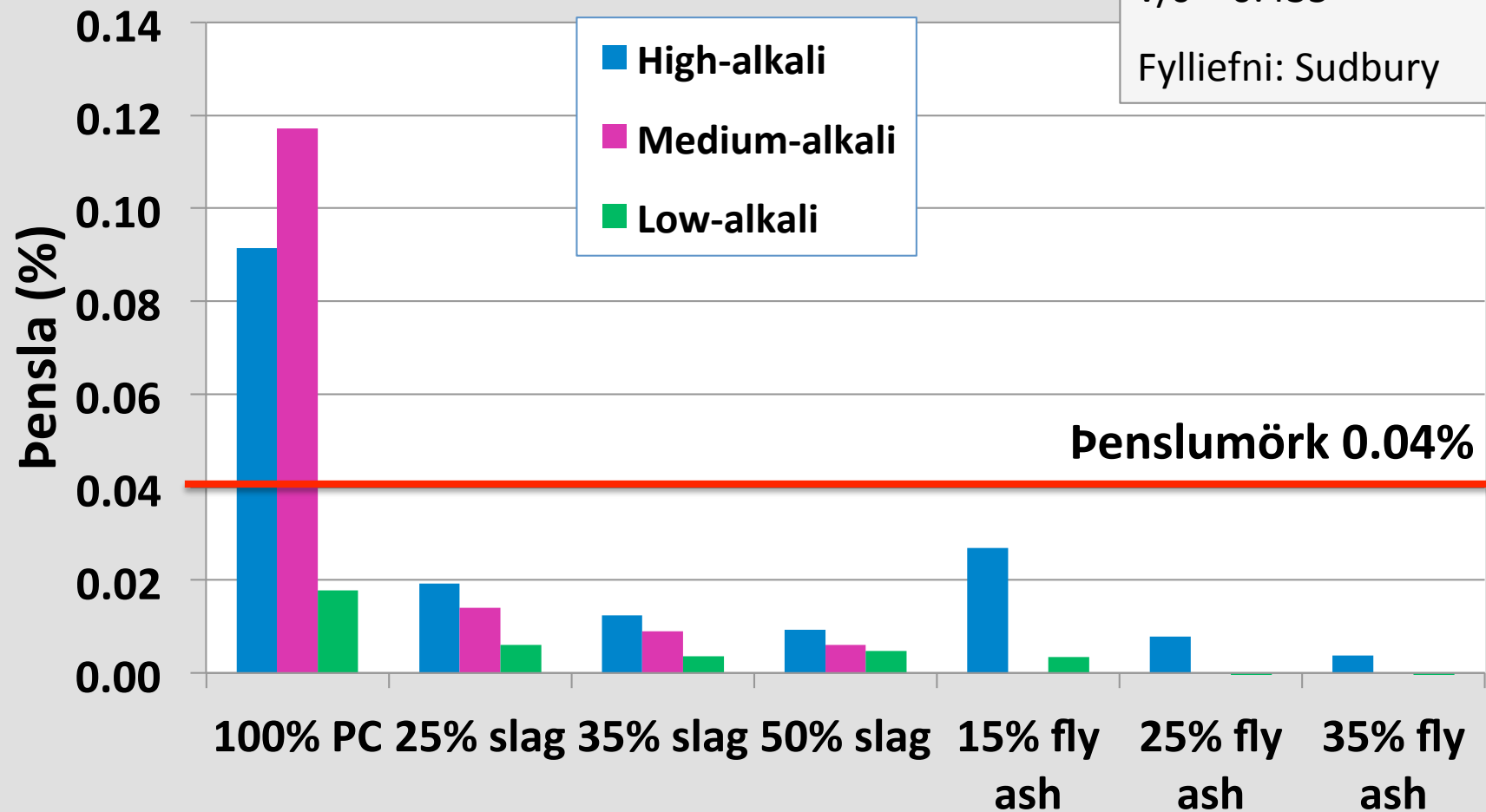
Pensla steypustrendinga eftir 2 ár

– Áhrif mismunandi sementsblöndu

Alkalíaukning: 40% af
alkalíinnihaldi sements

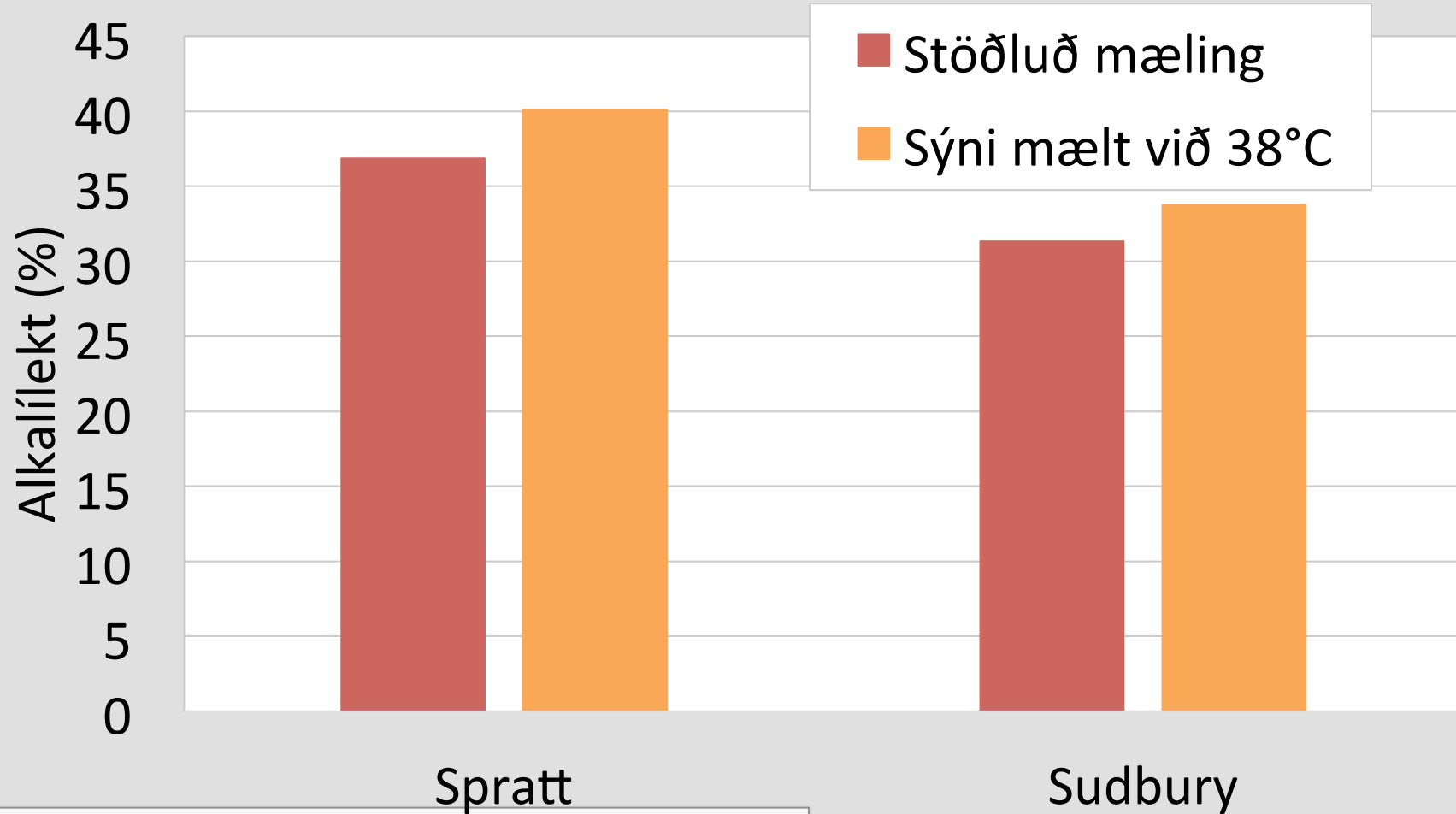
v/s = 0.435

Fylliefni: Sudbury



Alkalílekt

– áhrif kælingar (úr 38°C í 23°C) fyrir mælingar



Alkalíaaukning: 40% af alkalíinnihaldi sements

$v/s = 0.435$

Leiðir til að minnka alkalílekt



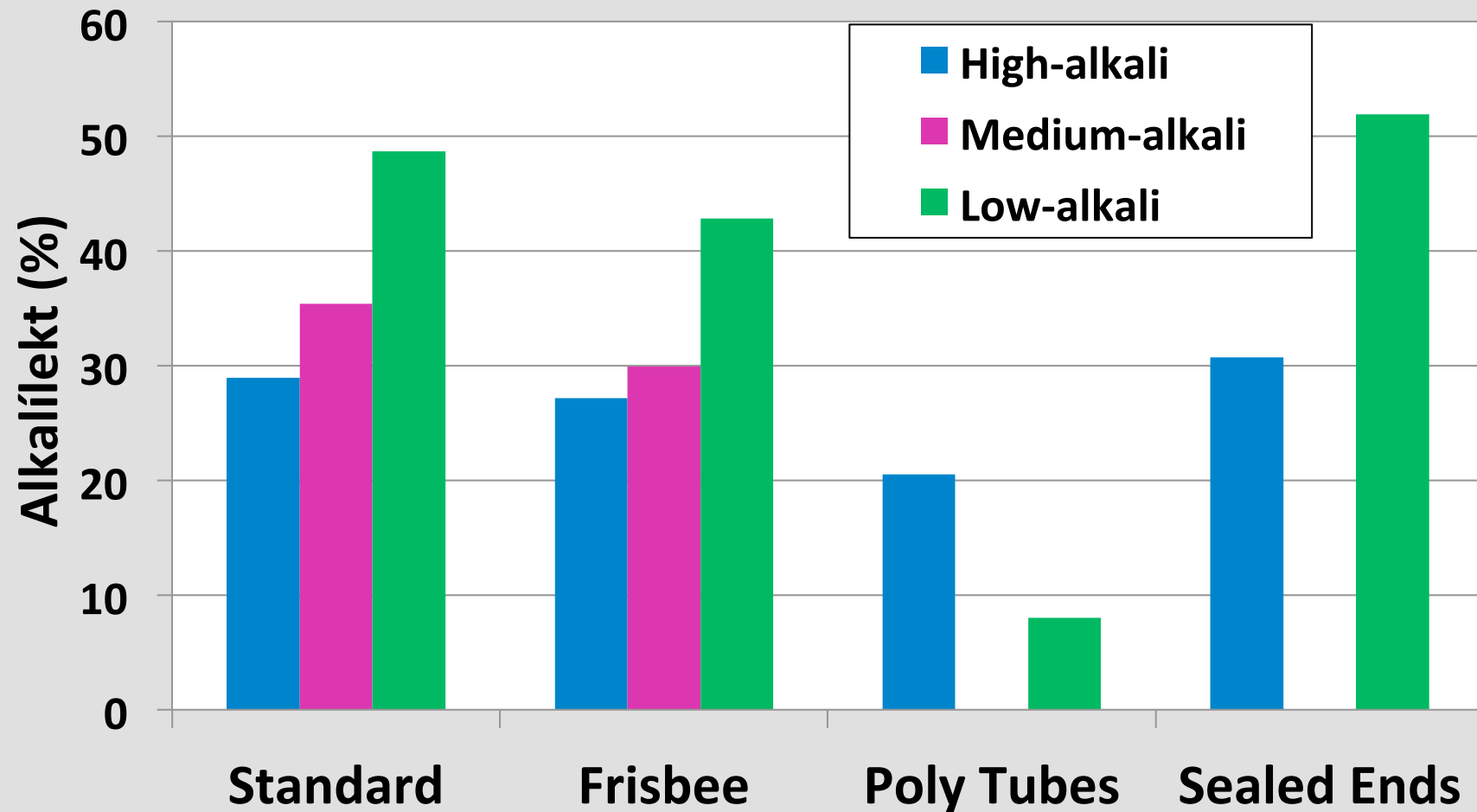
Alkalílekt eftir 2 ár

– áhrif breytinga á geymsluaðstæðum

Alkalíaukning: 40% af
alkalíinnihaldi sements

$v/s = 0.435$

Fylliefni: Sudbury

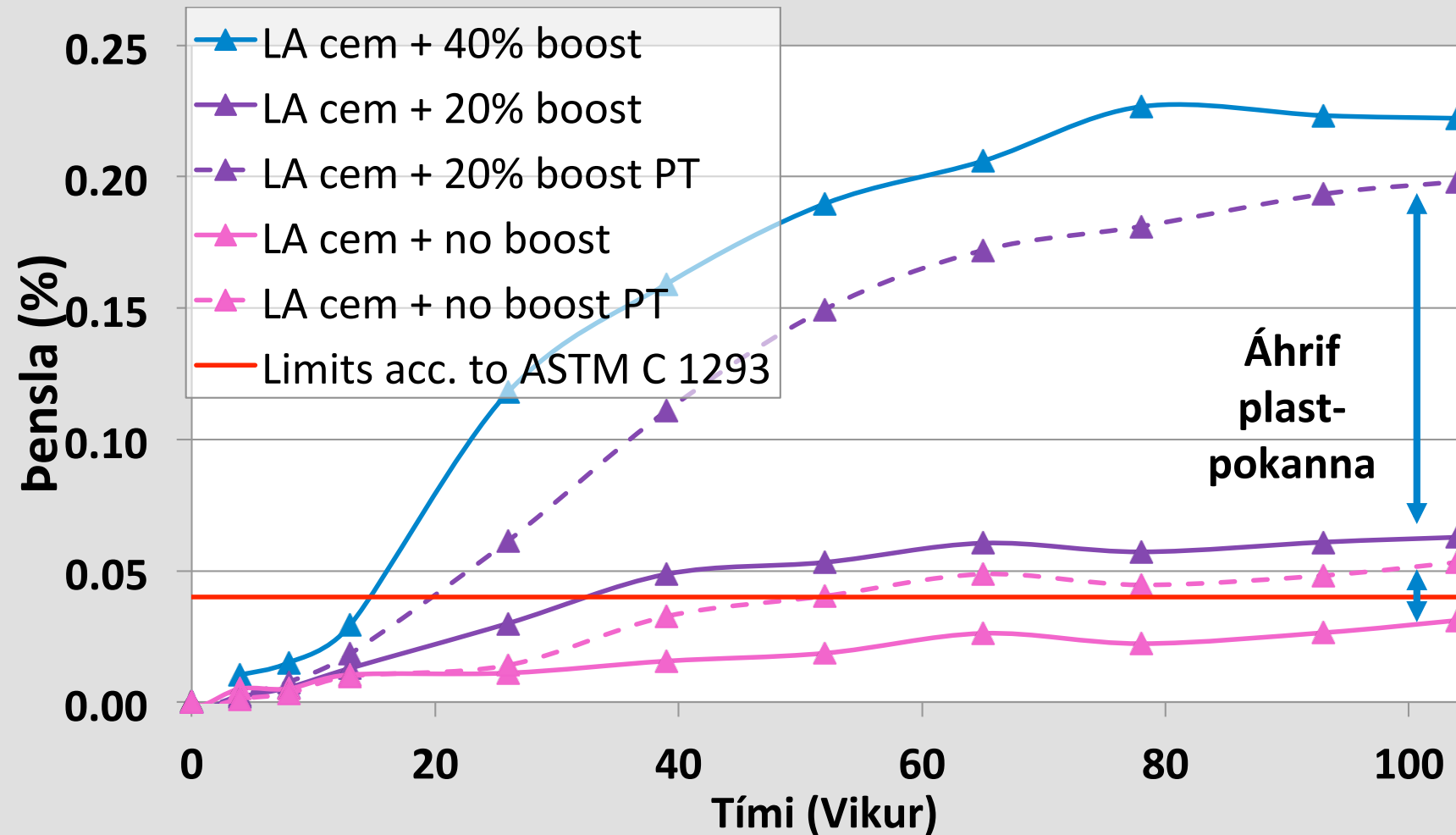


Pensla steypustrendinga - áhrif breytinganna

PT: plastpokar notaðir
yfir hvern strending

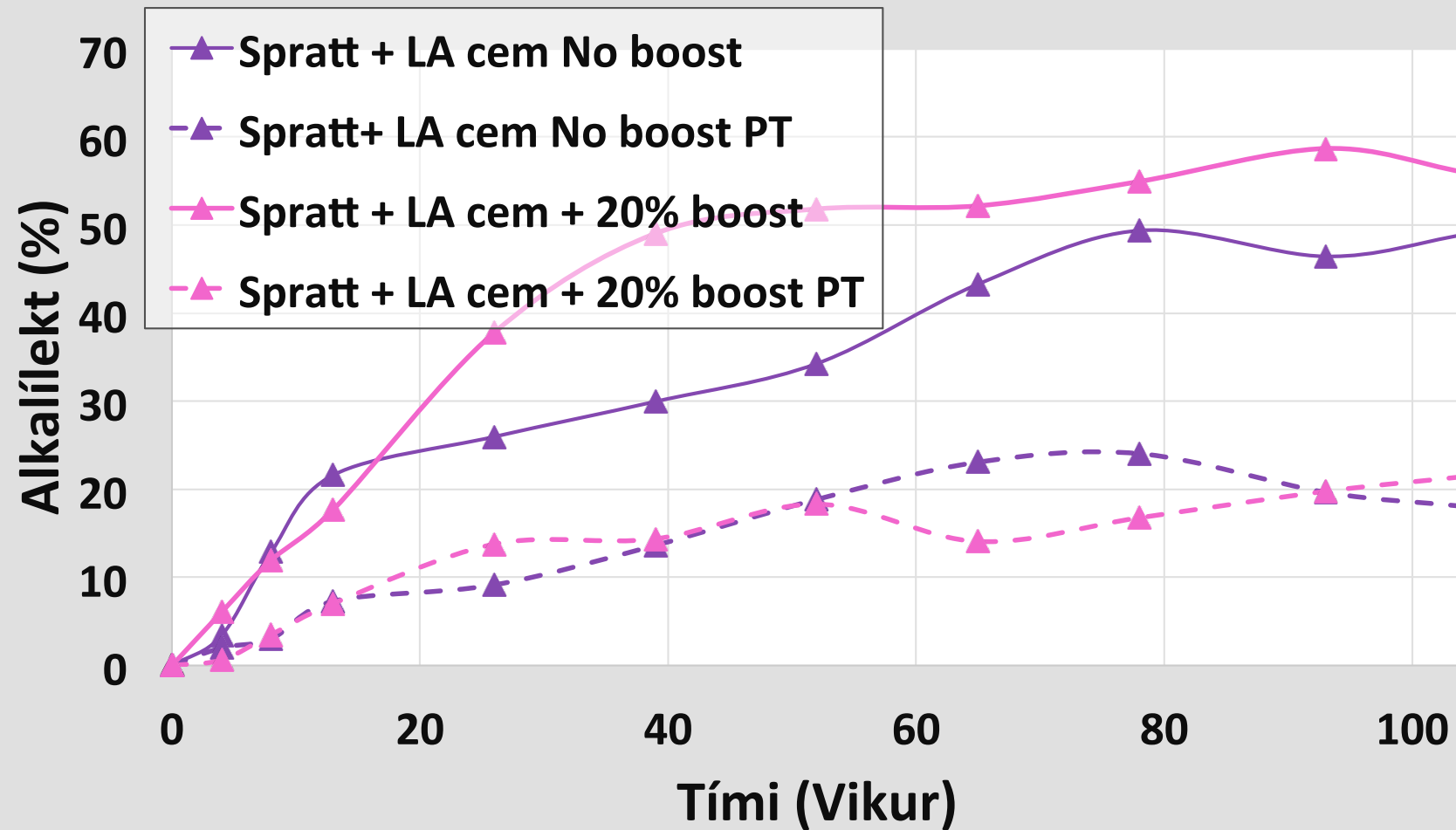
$v/s = 0.435$

Fylliefni: Spratt



Alkalílekt

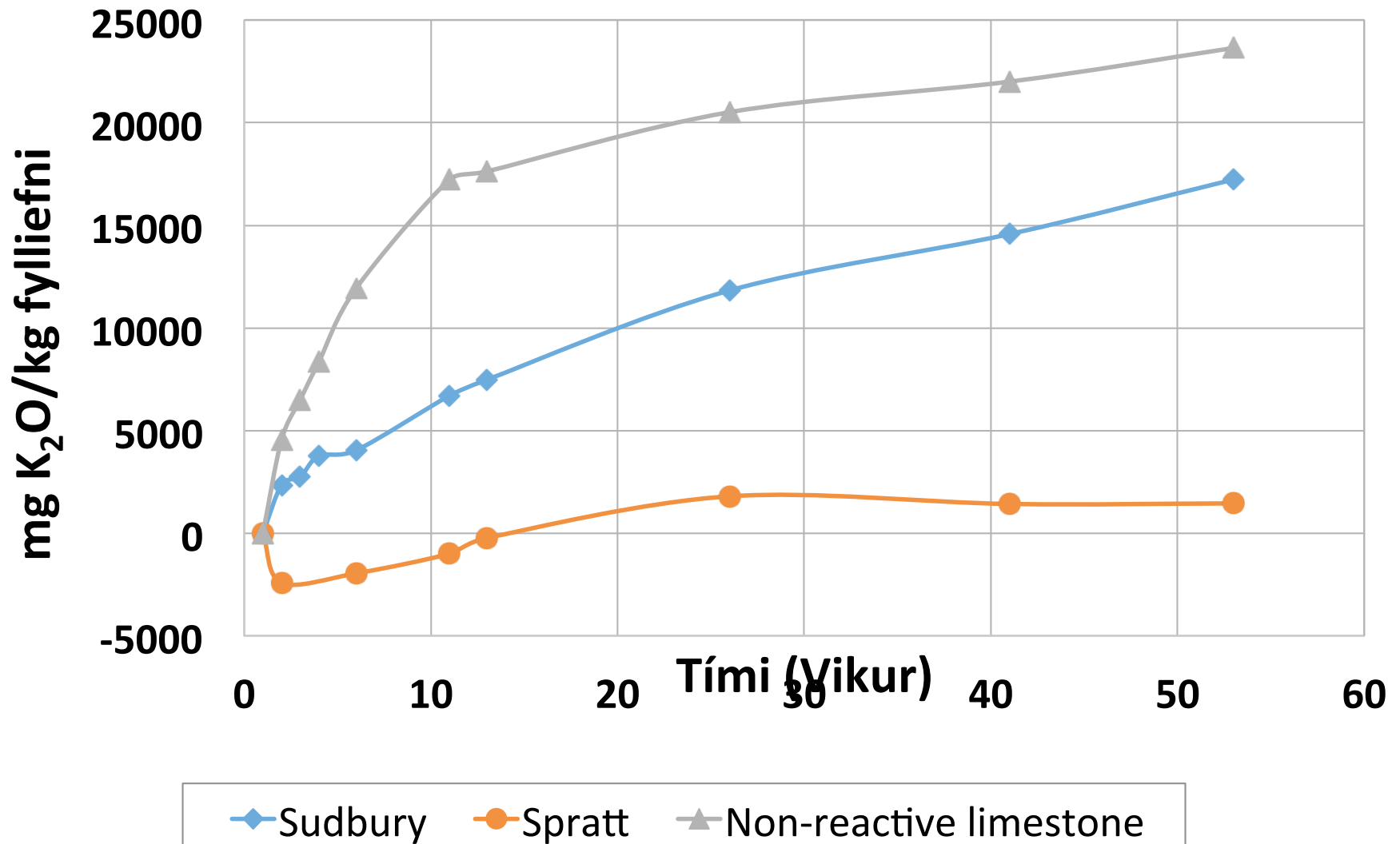
- Áhrif breytinganna



Hvað með losun alkalí frá fylliefni?

- Sum fylliefni geta losað alkalí frá sér þegar þau eru notuð í steinsteypu.
- Sumar bergerðir og steindir verða óstöðugar í þessu basíska umhverfi sem steinsteypa er.
- Prófunaraðferðir eru í þróun til að meta hverus mikið alkalí fylliefni geta losað.
- Líklegt að þetta gerist mjög hægt og því ekki mælanlegt í steypustrendingaprófinu.

Alkalí frá fylliefni



Veðrunarstöð fyrir alkalívirkni



Niðurstöður

- Um það bil 20-50% af alkalíinnihaldi steypunnar mun tapast á meðan á prófun stendur.
- Hægt er að meta áhrif lágalkalísementsblandna þegar alkalíaukning er ákveðin prósentuaukning (til að jafna út tapið).
- Breytingar á alkalíaukningu og geymsluaðstæðum í steypustrendingaprófinu, ásamt breytingu á geymslulausninni í múrstrendingaprófinu getur stórbætt samanburð prófanna.

Niðurstöður – frh.

- Ekki endilega besta lausnin að auka sýnastærðina. Aðrar aðferðir eru mögulega áhrifameiri þegar kemur að því að minnka alkalítap.
- Magn alkalílektar þarf að vera mælt reglulega þar sem kristöllun og “carbonation” getur átt sér stað á meðan á prófinu stendur.

Framtíðarverkefni

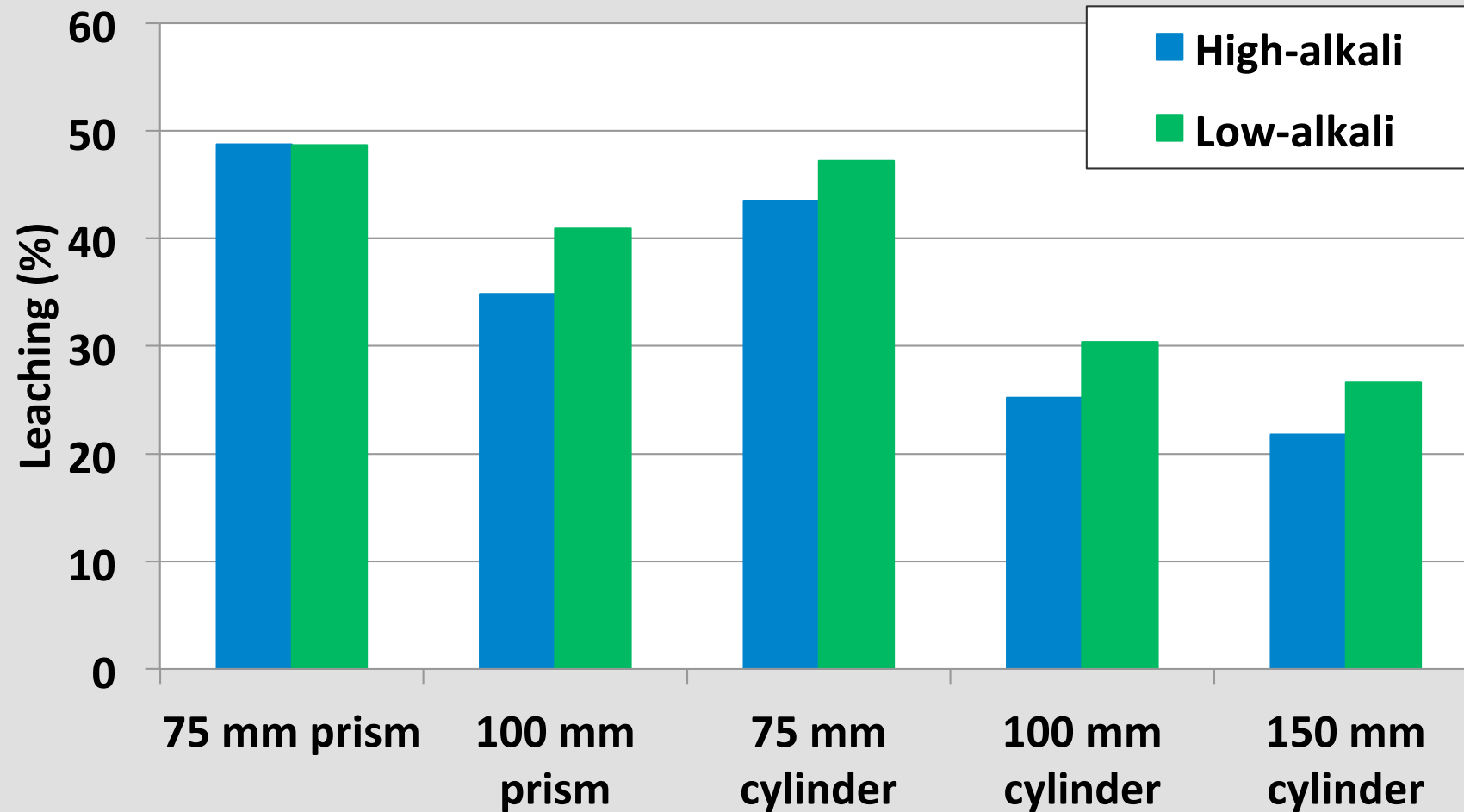
- Bera niðurstöður verkefnins saman við mælingar úr veðrunarstöð.
- Hvernig er hægt að taka mismunandi umhverfisaðstæður með í reikninginn þegar notast er við prófunaraðferðir?
- Stöðlun prófunaraðferðar til að meta magn alkaíaukningar frá fylliefni, ásamt tenginu við mannvirki og/eða veðrunarstöðvar.



THANK YOU

CPT leaching at 2 years

– effect of sample size and geometry



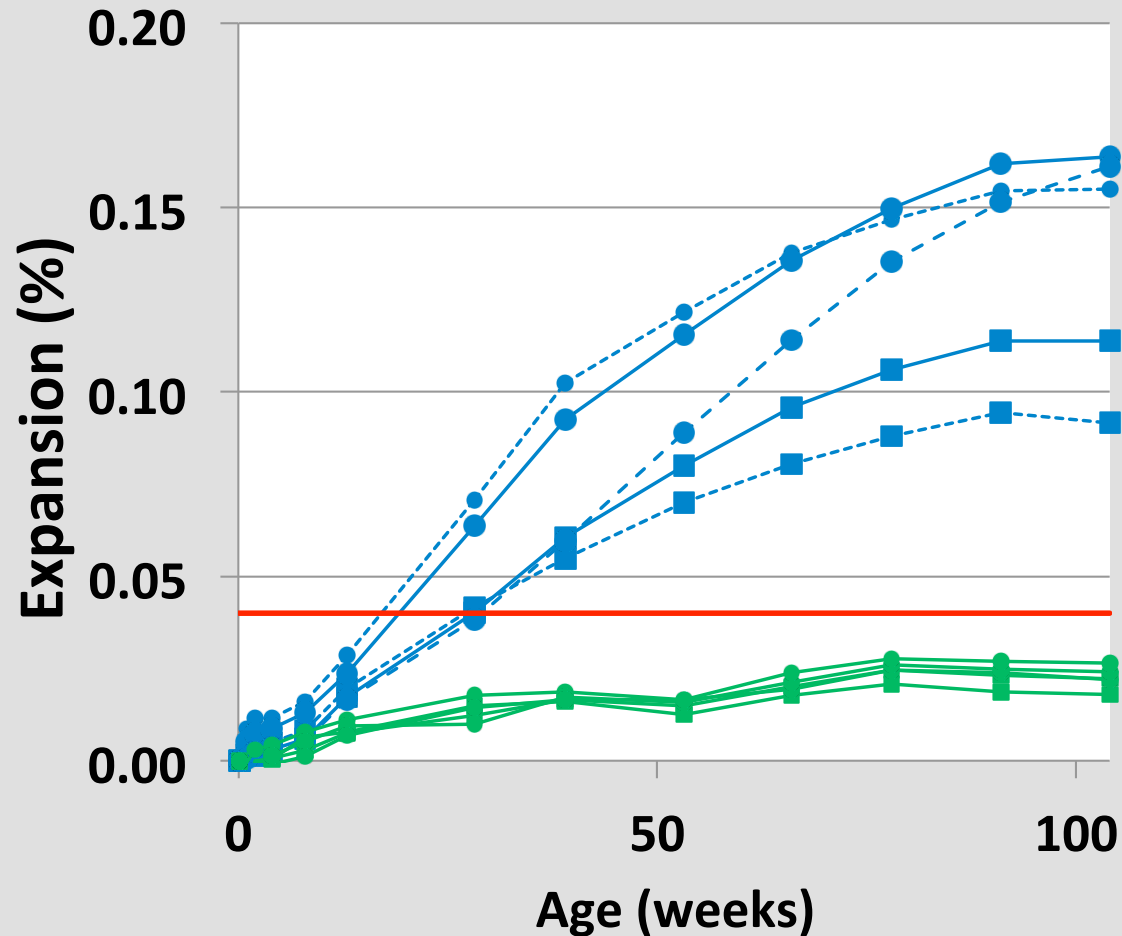
CPT expansion

– effect of sample size and geometry

Alkali boosting: 40% of cement alkalis

w/c=0.435

Coarse agg.: Sudbury



- HA - 75 mm prisms
- HA - 100 mm prisms
- HA - 75 mm cyl.
- HA - 100 mm cyl.
- HA - 150 mm cyl.
- LA - 75 mm prisms
- LA - 100 mm prisms
- LA - 75 mm cyl.
- LA - 100 mm cyl.
- LA - 150 mm cyl.

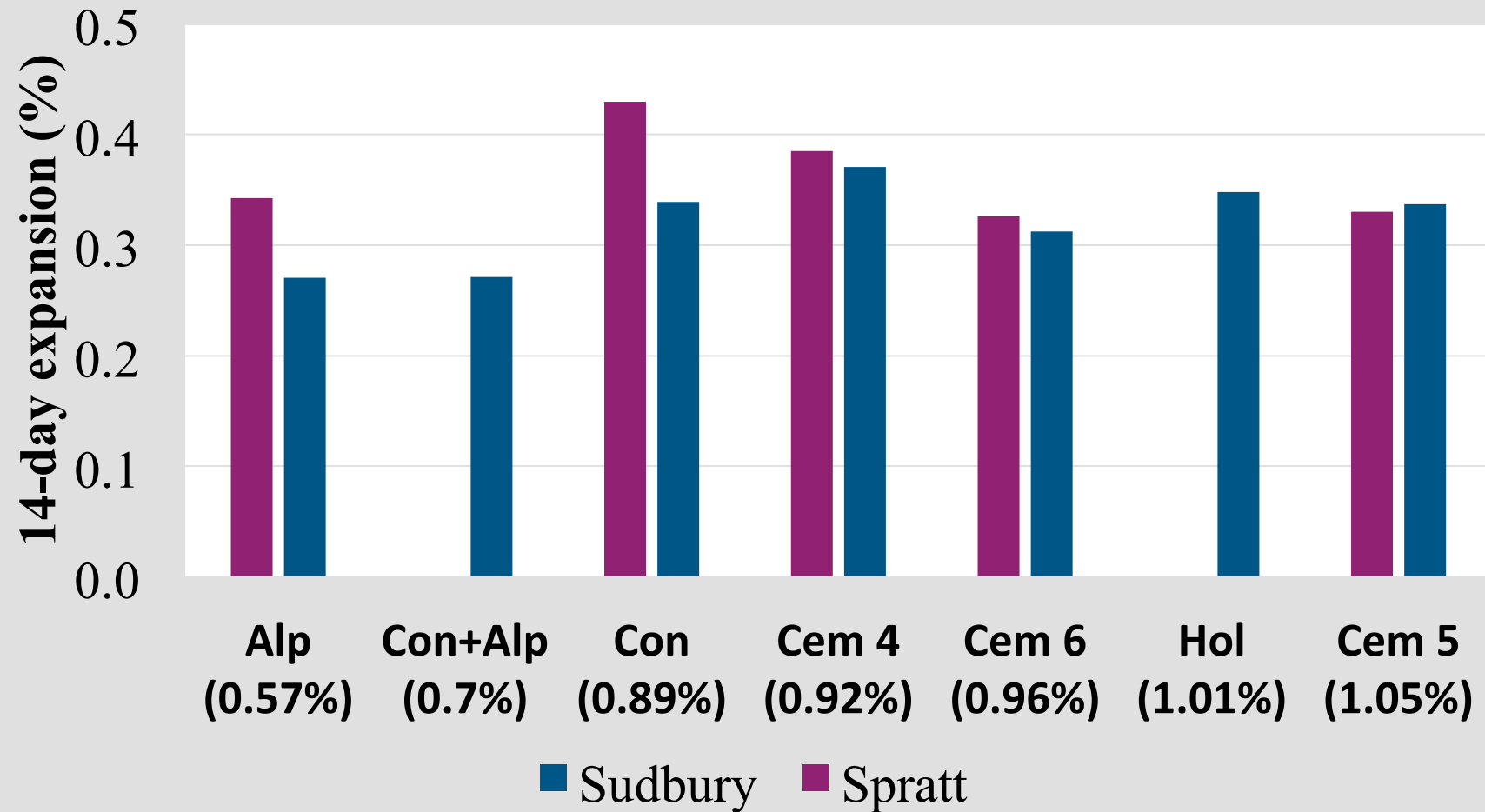
Hraðvirkt múrstrendingapróf

- Gróft fylliefni er malað fyrir notkun
- Stöðluð kornakúrfa
- Stöðluð múrblanda
- Múrstrendingarnir eru settir í 1M NaOH lausn 2 dögum eftir að þeir eru steiptir og geymdir við 80°C
- Reglulegar þenslumælingar eru gerðar í 14 daga
- Hraðvirkt og stundum áreiðanlegt (fer eftir berggerð) til að meta alkalívirgni fylliefnis eða magn possólana

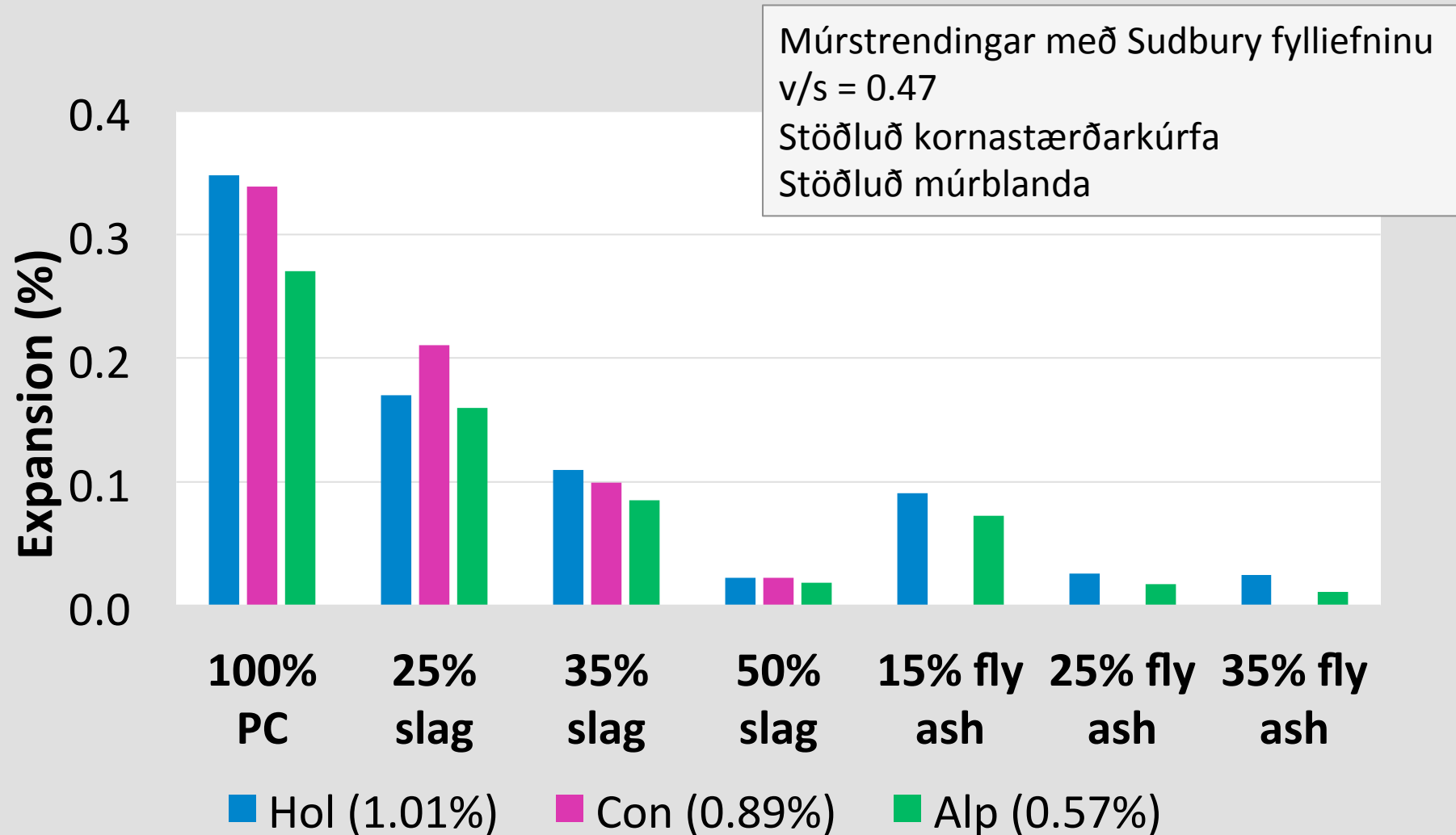
Annmarkar múrstrendingaprófsins

- Strendingarnir eru geymdir í mjög sterkri alkalílausn sem veitir nægilegt alkalímagn til að drífa efnahvarfið
- Áhrif alkalíinnihalds sementsins koma því ekki fram þar sem alkalímagn lausnarinnar er svipað og ef notað er sement með 1.4% $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$

Alkalíinnihald sementsins hefur engin áhrif á þenslu múrstrendinga



Hversu mikið af flugösku eða slaggi þarf til að hefta þensluna?

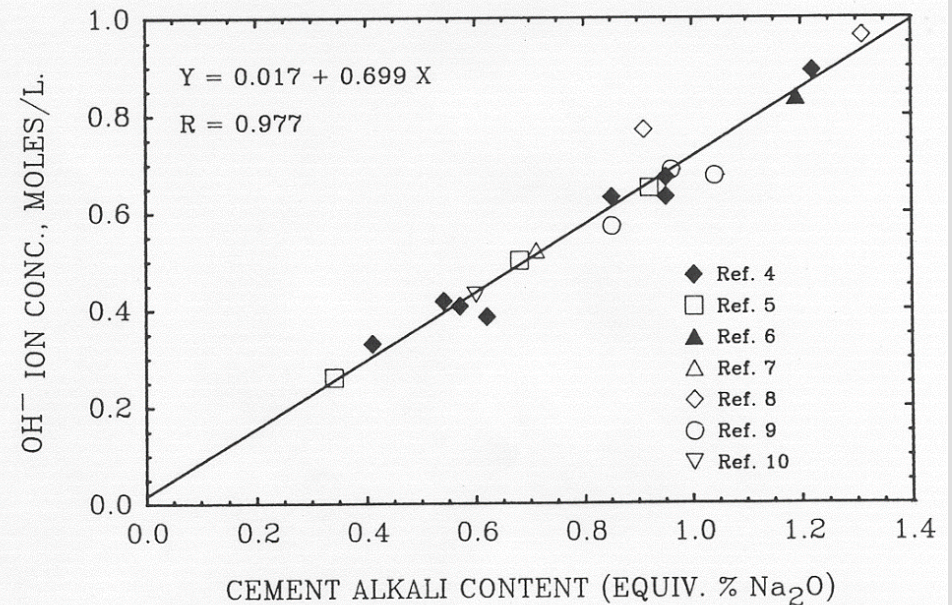


Alkalíinnihald porulausnarinnar vs. alkalíinnihald sementsins

Two equations have been derived:
(both are the same at w/c = 0.5)

$$[OH^-] = 0.7 * Na_2O_{eq}$$

$$[OH^-] = 0.339 \frac{(Na_2O_{eq})}{w/c} + 0.022 \pm 0.006 \text{ moles/L}$$

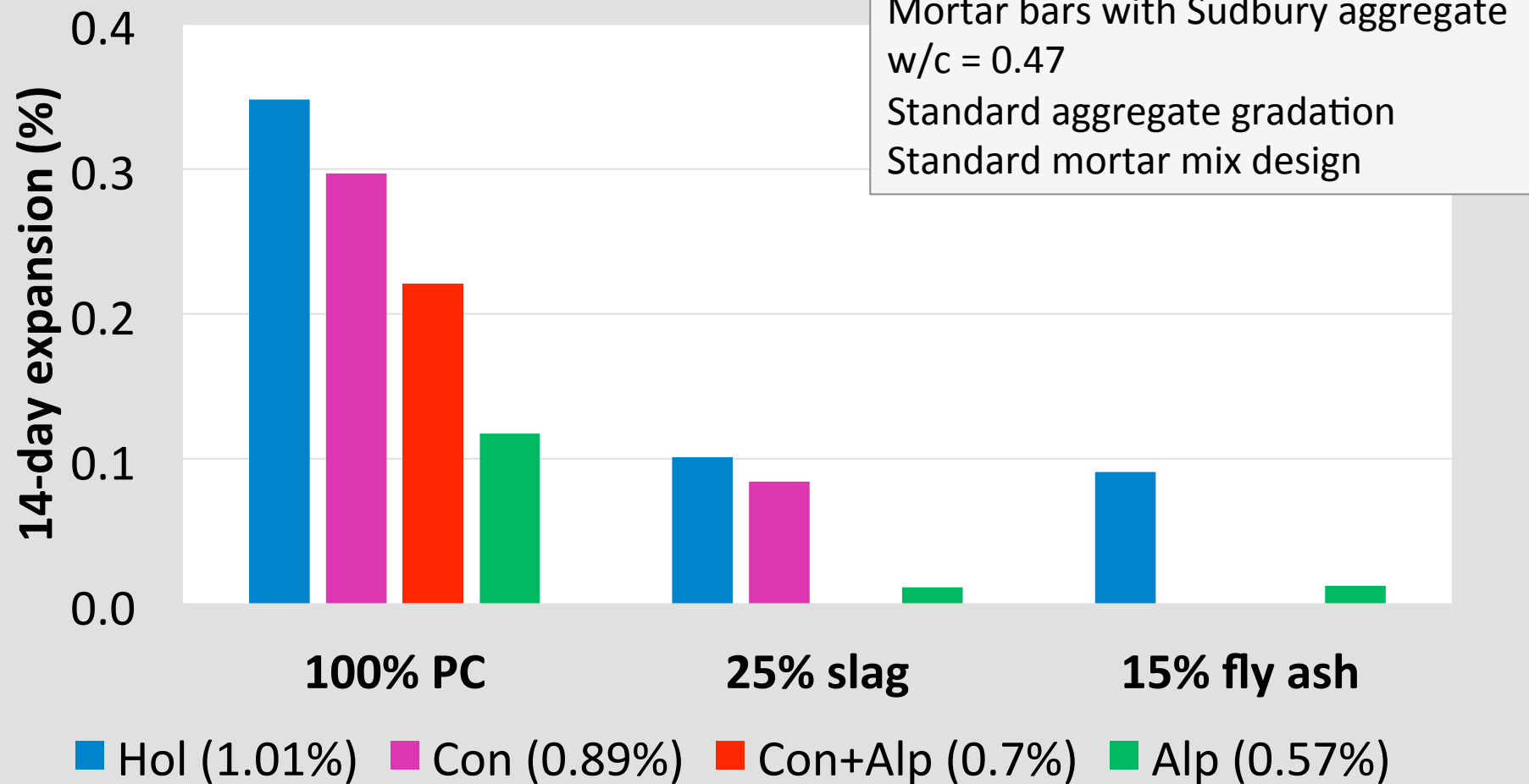


- These do not take into account SCM replacements

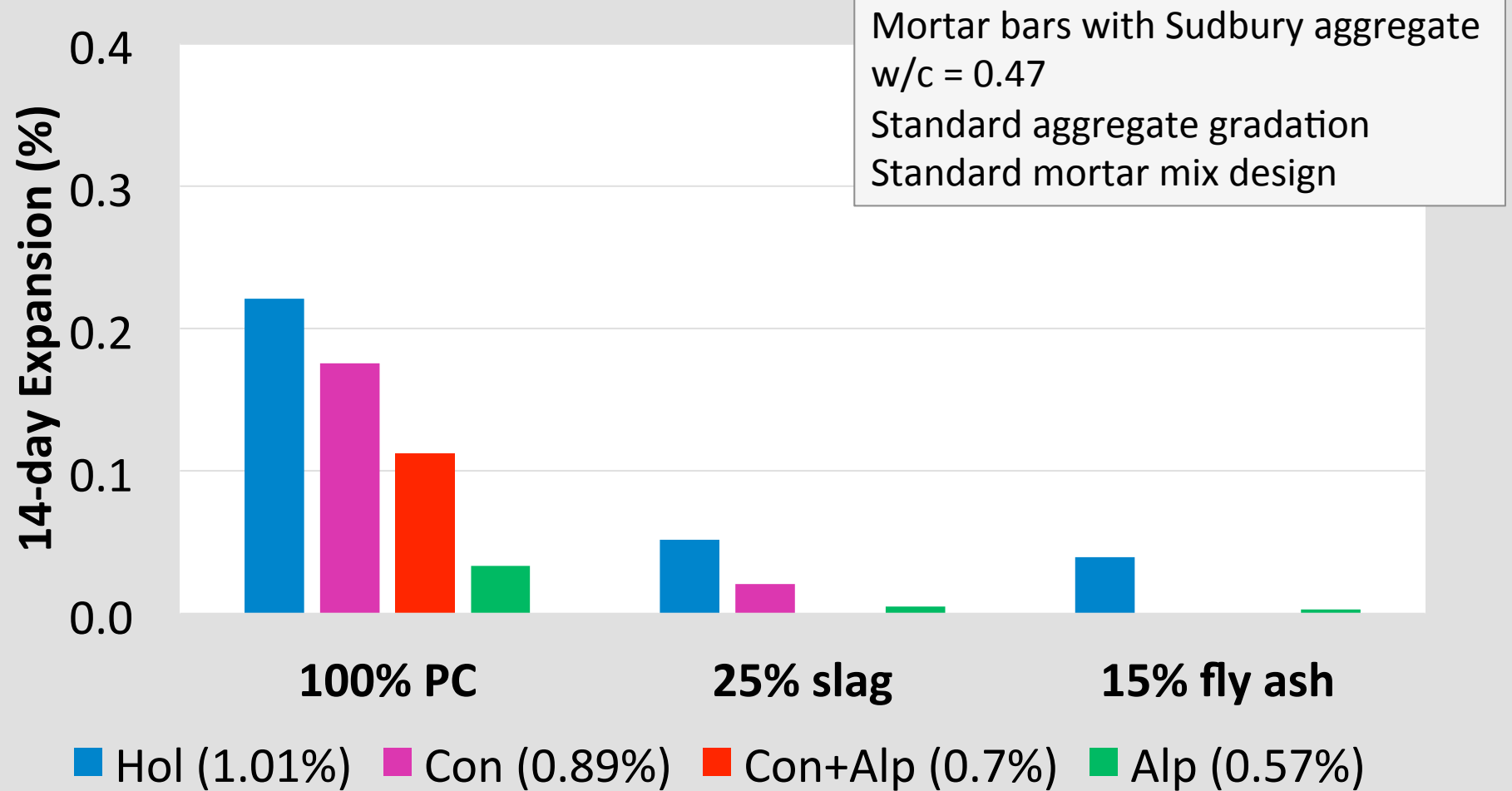
*Eqn. 1 & 2 from R. Helmuth 1993 (SHRP C-342)

Graph from [Diamond and Penko, 1992 (ACI SP-131)]

Lower storage solution concentration: $1.0xNa_2O_{eq}$ of cement used

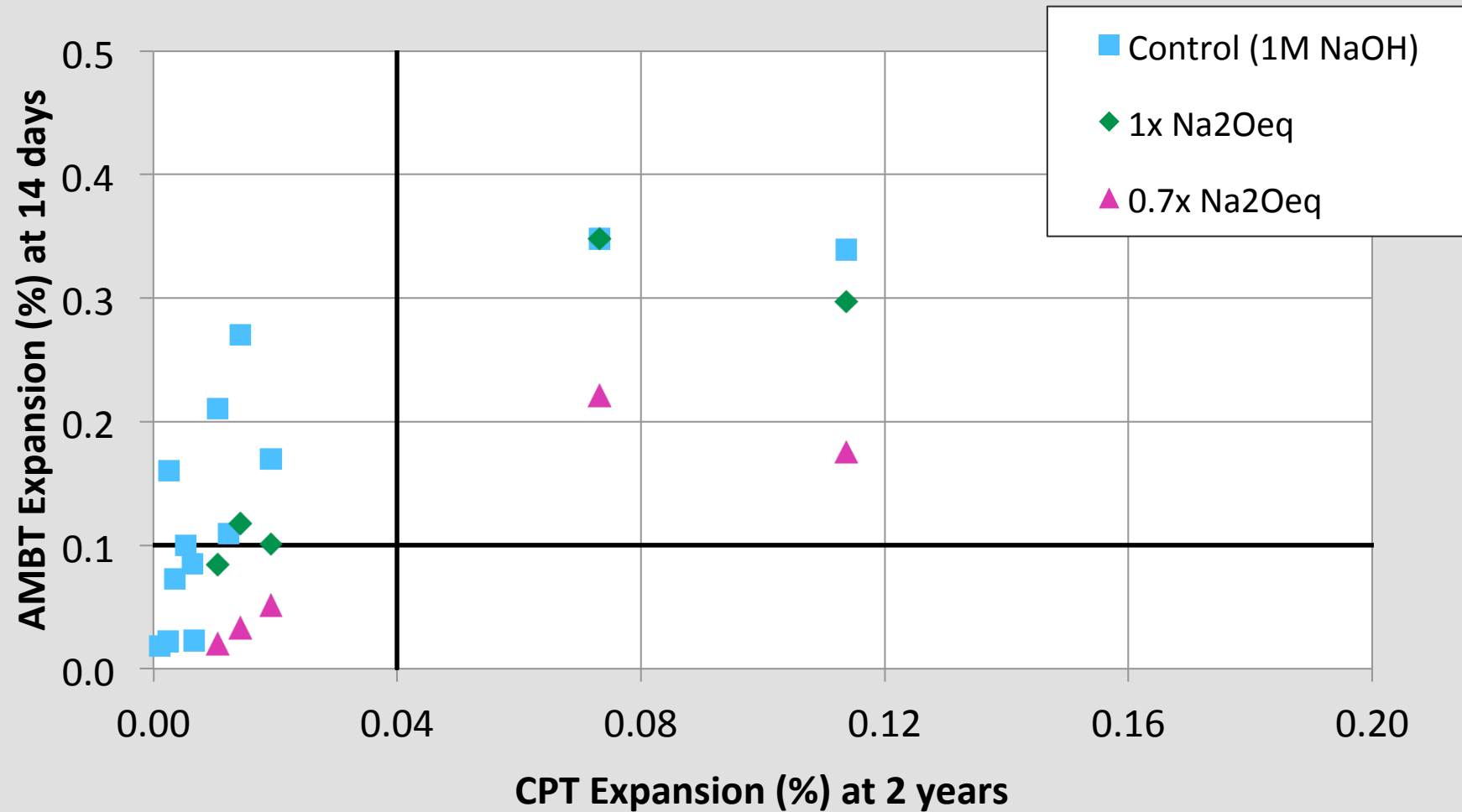


Lower storage solution concentration: $0.7xNa_2O_{eq}$ of cement used



AMBT vs. CPT

- effect of lower storage solution concentration



Agreement between expansion in CPT and different modifications of AMBT storage solution

	CPT (2 years)	AMBT (14 days)	1x solution (14 days)	0.7x solution (14 days)
100% PC (high-alkali)	0.09	0.35		0.22
25% slag (w/high-alkali)	0.02	0.17	0.10	0.05
15% fly ash (w/high-alkali)	0.03	0.09	0.09	0.04
100% PC (medium-alkali)	0.07	0.27	0.22	0.11
100% PC (low-alkali)	0.02	0.27	0.11	0.03

Good agreement between CPT and AMBT stored in 0.7 x cement alkali solution