



Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum

- Áfangaskýrsla 3 -



Pétur Pétursson
mars 2014

ÁGRIP

Í þessum áfanga voru rannsóknabættirnir nokkrir eins og sjá má hér að neðan:

- i. **Virgni mismunandi viðloðunarefna með tíma, sýni útbúin á rannsóknastofu.** Steinefni frá Seljadal og Hólabrú voru geymd við 130°C og prófuð í hrærsluprófi með 7 % mýkingarefni og TPH og Impact 8000. Jafnframt voru endurtekin próf með Wetfix N og sama þjálbiki við 130°C. Niðurstöður benda til að fyrri prófanir með Wetfix N hafi verið í lagi, s.s. að það viðloðunarefni komi mun ver út úr raunblönduprófum með tíma heldur en TPH og Impact 8000.
- ii. **Virgni viðloðunarefna í stórum tanki með tíma.** Til stóð að asfaltkerra Vegagerðarinnar, með um 700 l af þjálbiki, yrði notuð til að geyma bik með mismunandi viðloðunarefnum og mæla viðloðun með tíma með hrærsluprófi. Bindiefninu átti að halda í 135°C og sýni tekin beint í hrærslupróf með tíma, strax, eftir 24 t, 48 t og lengur ef tilefni var til. Í ljós komu tæknilegir örðugleikar þegar farið var af stað með rannsóknabáttinn, m.a. vegna þess að ekki er hægt að tæma kerruna. Í fyrsta hrærsluprófi, þar sem viðloðunarefni hafði verið hrært í 1 klst. varð þakning aðeins 67 % (með Seljadalsefni) og eftir því var tekið að bikbindiefnið (með 6,5 % etylester úr lýsi) var mjög stíft. Ákveðið var að hætta við þennan verkþátt, þrátt fyrir talsverðan undirbúning og fyrirhöfn og verður ekki fjallað nánar um hann í þessari skýrslu.
- iii. **Prófanir með raunblönduprófi með mismiklu magni mýkingarefni.** Útbúnar voru bindiefnisblöndur með 4, 5, 6 og 7 % lífolíu (etylester úr lýsi) og þær prófaðar með raunblönduprófi með 0,9 % Wetfix N og Seljadalsefni. Ekki kom fram munur á þakningu fyrr en mýkingarefnið var komið niður í 4 %, en þá fór að strípast af hornum og brúnum. Engin vandamál komu heldur upp við verklega útfærslu. Þetta bendir þó til þess að ekki sé ráðlegt að fara niður fyrir 5 % mýkingarefni, þar sem undir því hlutfalli er blandan orðin nokkuð stíf og ómeðfærileg.
- iv. **Stungudýptarmælingar á biki eftir upphitun á rannsóknastofu.** Fjölver hefur gert mælingar eftir upphitun einu sinni, tvisvar og þrisvar. Bikið virðist harðna við fyrstu upphitun, en ekki marktækt meira við aðra og þriðju upphitun.
- v. **Seigjumælingar á þjálbiki með mismiklu mýkingarefni.** Niðurstöður seigjumælinga á sýnum með 4, 5, 6 og 7 % mýkingarefni (etylester úr lýsi) bárust frá Fjölver. Mælingarnar við 105, 120, 135 og 150°C eru í samræmi við fyrri mælingar á þjálbiki við sama hitastig, en við mælingar við 40 og 60°C er önnur aðferð notuð og sambandið við mælingar við 60°C og hærri hitastig virðist vera fyrir hendi.
- vi. **Samanburður á kornakúrfum hjá verktökum og á prófunarstofum.** Útbúin voru 10 hlutasýni af tveimur burðarlagsefnum og dreift á fimm aðila (tvö sýni á hvern) til kornagreiningar. Svo virðist að munur sem kemur fram á hlutasýnum innan rannsóknastofa endurspegli að mestum hluta raunverulegan munar á efnum eftir skiptingu (splittun). Niðurstöður benda einnig til þess að talsverður munur geti verið á kornakúrfum hjá mismunandi prófunarstofum. Einnig kom fram að annað burðarlagsefnið var innan markalína hjá verktakanum sem framleiddi það, en utan markalína að hluta hjá flestum prófunarstofunum. Hitt burðarlagsefnið var utan markalína í öllum tilfellum, en munur milli prófunarstofa var ekki eins mikill í því tilfalli.
- vii. **Hitamælingar við útlögn.** Eftirlitsmenn Vegagerðarinnar mældu hita bindiefnis með tíma frá útsprautun og þar til steinefni lagðist í það. Hitastig þjálbiks í tanki er að meðaltali um 140°C og útsprautað við greiðu um 125°C. Við malardreifara er hitastig bindiefnisins um 105°C.

Efnisyfirlit

ÁGRIP.....	2
INNGANGUR	6
1 VIRKNI VIÐLOÐUNAREFNA, SÝNI ÚTBÚIN Á RANNSÓKNASTOFU	8
1.1 Forsaga	8
1.2 Frekari prófanir á endingartíma viðloðunarefna.....	9
2 PRÓFANIR MEÐ RAUNBLÖNDUPRÓFI MEÐ MISMIKLU MAGNI MÝKINGAREFNIS.....	12
3 STUNGUDÝPT BIKS EFTIR UPPHITUN OG VIÐ GEYMSLU	12
3.1 Stungudýpt biks eftir upphitun á rannsóknastofu	12
3.1 Stungudýpt biks með tíma við geymslu í byrgðartanki	12
4 HREYFÐARSEIGJA ÞJÁLBIKS MEÐ MISMIKLU MÝKINGAREFNI.....	14
4.1 Hreyfðarseigjumælingar þessa áfanga	14
4.2 Samanburður við fyrri hreyfðarseigjumælingar	16
5 SAMANBURÐUR Á KORNAKÚRFUM.....	18
5.1 Almennt.....	18
5.2 Kornadreifing burðarlagsefnis úr Skeggjastaðanámu	19
5.3 Kornadreifing burðarlagsefnis úr Kárastaðanámu	21
5.4 Samantekt samanburðar á kornakúrfum	23
6 HITAMÆLINGAR VIÐ ÚTLÖGN	26
6.1 Lofthiti og veghiti.....	26
6.2 Hitastig bikbindiefnis með tíma.....	29
7 HELSTU NIÐURSTÖÐUR	34
HEIMILDASKRÁ	36
Viðauki I Hitamælingar við útlögn klæðinga – valin gögn	38

INNGANGUR

Á undanförnum árum hafa miklar breytingar átt sér stað hér á landi varðandi gerðir bindiefna í klæðingar með tilkomu nýrra mýkingarefna og viðloðunarefna. Um er að ræða umhverfisvænni efni sem koma í stað þynningarefnisins hvítspíra (e. white spirit), svo og fljótandi viðloðunarefni í stað fasts diamins. Í fyrstu voru gerðar tilraunir með að nota repjuolíu til mýkingar á biki í klæðingar í stað hvítspíra og síðar bættust við tilraunir með að nota etylester (lýsisafurð) í sama skyni. Auk þess hafa verið innleidd fljótandi viðloðunarefni og hafa viðloðunarefnin TPH, Wetfix N422 og Wetfix N verið notuð á undanförnum árum.

Í fyrsta áfanga þessa verkefnis var gerður fjöldinn allur af hrærsluprófum og í áfangaskýrslu 1 eru birtar niðurstöður raunblönduprófana, svo og hefðbundinna hrærsluprófa, sem gerð höfðu verið frá 2011 og fram á árið 2012¹. Þar var um að ræða ýmsar útfærslur og raunblöndur, fyrst með steinefni úr Seljadalsnámu sem ætíð hafði komið vel út úr viðloðunarprófum með 100 % þakningu. Síðan voru gerð raunblöndupróf með völdum steinefnum sem höfðu verið lögð út í klæðingar árið 2010 en höfðu brugðist þá um haustið eða veturinn. Einnig var birt verklýsing að raunblönduprófi í áfangaskýrslu 1, eftir nokkra þróunarvinnu á hrærsluprófinu á grundvelli þessa verkefnis.

Í öðrum áfanga þessa verkefnis var áfram haldið með hrærsluprófanir á raunblöndum². Gerð voru endurtekin hrærslupróf á þrenns konar steinefni, fimm sinnum og tveir rannsóknamenn mátu þakningu að loknu hverju prófi. Einnig voru könnuð áhrif frost/þíðu og salts á hreyfðarseigju bindiefnis. Þá var kannað hversu lengi virkni viðloðunarefna varði við mismunandi geymsluhitastig, svo og mæld stungudýpt biksýna. Margar af þessum rannsóknum má segja að hafi verið spilaðar af fingrum fram, m.a. þegar upp komu grunsemdir um að óvik bindiefni gætu hafa valdið viðloðunarleysi og að stungudýpt (PG) biks væri minni en upp er gefið við afhendingu.

Segja má að í þessum áfanga hafi ýmsir þræðir verið teknir upp og framvinda rannsókna ákveðin á verkefnisfundum. Til stóð að taka sýni úr tankbílum sem urðu fyrir töfum til að kanna virkni viðloðunarefna í stórum skala með tíma. Þessi verkliður þróaðist yfir í það að fylla asfaltkerru Vegagerðarinnar af þjálbiki með mismunandi viðloðunarefnum og að taka sýni úr hanni með tíma, strax, eftir 24 t, 48 t og lengur ef tilefni er til og setja í viðloðunarpróf. Einnig var könnuð virkni mismunandi viðloðunarefna með tíma á sýnum sem útbúin voru á rannsóknastofu. Þá voru gerðar prófanir með raunblönduprófi með mismiklu magni af mýkingarefni. Hjá Fjölveri voru gerðar stungudýptarmælingar á biki eftir upphitun á rannsóknastofu til að kanna hvernig bik harðnaði við endurteknar upphitanir. Einnig voru þar gerðar seigjumælingar á þjálbiki með mismiklu mýkingarefni. Niðurstöður seigjumælinga á sýnum með 4, 5, 6 og 7 % mýkingarefni (etylester úr lýsi) bárust frá Fjölver við nokkur hitastig. Annar verkþáttur þessa áfanga var samanburður á sigtum hjá verktökum, á

¹ Pétur Pétursson 2012: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 1. Vegagerðin 2012.

² Pétur Pétursson 2013: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 2. Vegagerðin 2013.

rannsóknastofum og hjá Vegagerðinni, þar sem útbúin voru 10 hlutasýni af tveimur burðarlagsefnum og dreift á fimm aðila (tvö sýni á hvern) til kornagreiningar. Loks ber að nefna hitamælingar við útlögn klæðinga, en eftirlitsmenn Vegagerðarinnar mældu hita bindiefnis með tíma frá útsprautun og þar til steinefni lagðist í það.

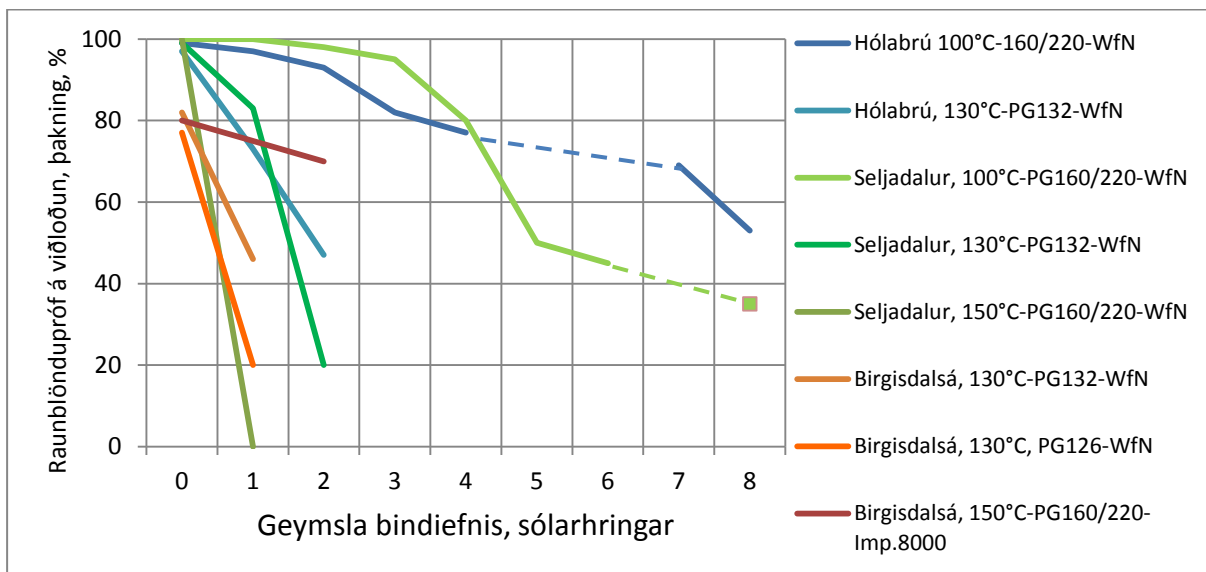
Í verkefnishópi þriðja áfanga sitja Einar Gíslason (verkefnisstjóri) og Gunnar Bjarnason hjá Vegagerðinni, Erla María Hauksdóttir hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands og Pétur Pétursson hjá PP ráðgjöf.

1 VIRKNI VIÐLOÐUNAREFNA, SÝNI ÚTBÚIN Á RANNSÓKNASTOFU

1.1 Forsaga

Í síðasta áfanga þessa verkefnis voru gerðar prófanir á virkni viðloðunarefna við mismunandi geymsluhitastig bindiefnisblöndu, mælt með hrærsluprófi með raunblöndu. Útbúin voru þjálbikssýni með PG 160/220 biki, 7,5 % lýsi (etylester) og 0,9 % Wetfix N. Þau voru síðan prófuð með Seljadalsefni og Hólalbrúarefni daglega þar til virkni viðloðunarefnis væri töpuð eftir geymslu bikbindiefnis við 100°C og auk þess Seljadalsefni eftir geymslu við 150°C. Í framhaldi af þeim prófum var ákveðið að bæta við einu steinefnasýni, Birgisdalsá, og prófa virkni viðloðunarefnisins með tíma með þessum þremur steinefnum við geymsluhitastigið 130°C þar til þakning væri komin niður fyrir 50%, sjá mynd 1.1.

Því skal haldið til haga að mýkingarefnið sem notað var í þessum rannsóknarþætti, sem átti að vera etylester úr lýsi var rauðleitt í stað þess að vera glært. Eftir nokkra eftirgrennslan þótti líklegast að mýkingarefnið værið að hluta blandað repju, sem hafi verið leifar í tanki, en ekki var venja að þrifa tanka þegar skipt var um mýkingarefni. Það gæti skýrt litarbreytinguna á mýkingarefninu, en ekki er talið líklegt að það hafi áhrif á endingartíma viðloðunarefnis við geymslu við mismunandi hitastig, sem þessi rannsóknarþáttur snerist um.



Mynd 1.1 Virkni viðloðunarefna með geymslutíma við mismunandi hitastig úr fyrri áfanga

Eins og sjá má á myndinni hefur hitastig mikil áhrif á virkni viðloðunarefnisins Wetfix N (0,9 %) þegar hún er mæld með raunblönduprófi. Við 100°C geymsluhitastig minnkar virknin hægt fyrstu tvo sólarhringana bæði með steinefni frá Hólalbrú og Seljadal, en eftir þrjá sólarhringa er þakningin orðin um 80 % með Hólalbrú og með Seljadalsefni er þakning svipuð á 4. degi. Ef þjálbikið er geymt við 150°C er virkni viðloðunarefnisins Wetfix N engin samkvæmt raunblönduprófi með Seljadalsefni eftir einn sólarhring og því var ekki talin ástæða til að prófa virkni viðloðunarefnisins með öðrum steinefnum við þau geymsluskilyrði.

Eins og fyrr greinir var virkni Wetfix N með tíma prófuð með steinefnum frá Hólabrú, Seljadal og Birgisdalsá við 130°C geymsluhitastig. Það sést á mynd 4 að á öðrum sólarhring er þakning allra efnanna komin niður fyrir 50 % og með Birgisdalsá reyndar eftir einn sólarhring.

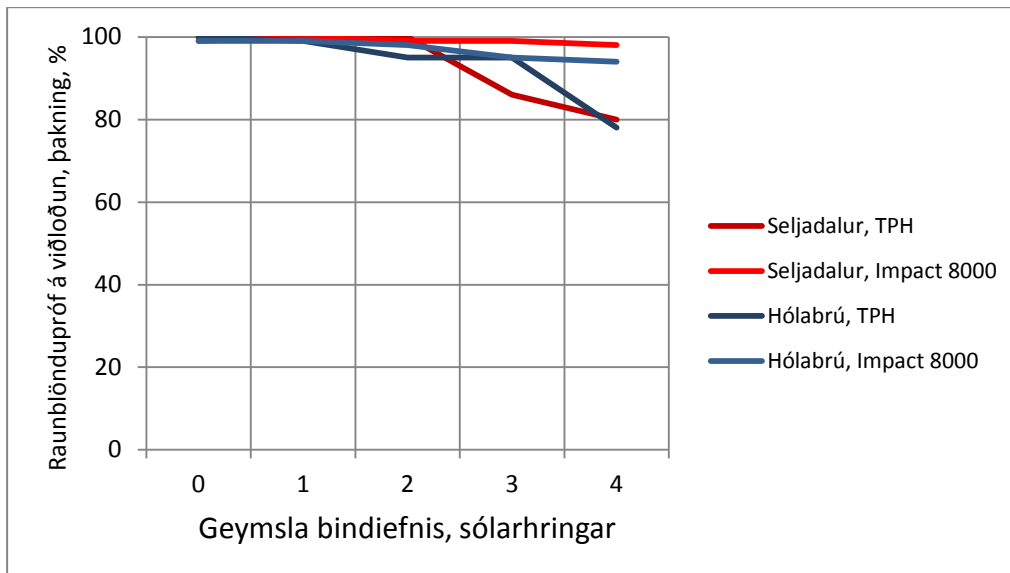
Mynd 1 sýnir í raun fleira en fjallað hefur verið um hér að ofan. Þar má nefna athyglisverða prófun sem gerð var fyrir Arnardal með sams konar þjálbiki og notað var í þessu verkefni, en með öðru viðloðunarefni, sem sagt 0,9 % af Impact 8000. Prófað var steinefni frá Birgisdalsá sem hafði í fyrri prófunum fengið um 80 % þakningu með fersku viðloðunarefni, en fallið hratt á fyrsta og öðrum degi geymslu. Með þessu viðloðunarefni hélst þakningin hins vegar mun betur með geymslutíma við 150°C en var raunin með Wetfix N við 130°C, við það umfang sem verkþættinum voru sett.

Það má einnig sjá á mynd 4 að stungudýpt biksins sem var notað er gefin upp á mismunandi hátt, annars vegar á hefðbundinn hátt, s.s. PG160/220 og hins vegar sem ein tala (PG126 og 132), en það á sér allsérstaka skýringu. Á ákveðnum tímamarki í prófanaferlinu, þ.e.a.s. eftir prófun á 100°C geymsluhitastigi og áður en 130°C geymsluhitastig var prófað, tók rannsóknamaður eftir því að bikblandan virtist vera seigari en áður og það tók lengri tíma að hita hana upp. Það fékkst svo staðfest hjá Fjölveri að stungudýpt biksins sem notað var í seinni áfanganum var um PG130, sem er talsvert harðara bik en nota átti og reyndar utan marka biks með PG160/220 stungudýpt.

1.2 Frekari prófanir á endingartíma viðloðunarefna

Þar sem einungis viðloðunarefnið Wetfix N var prófað í fyrri áfanga þessa verkefni, en ekki TPH sem notað þó hefur verið til jafns við fyrrnefnda efnið sem viðloðunarefni í klæðingar, var ákveðið að gera viðbótarprófanir á endingu TPH. Jafnframt var ákveðið að prófa viðloðunarefnið Impact 8000, en hliðarrannsókn fyrri áfanga benti til þess að það hefði góða endingu við erfiðar aðstæður.

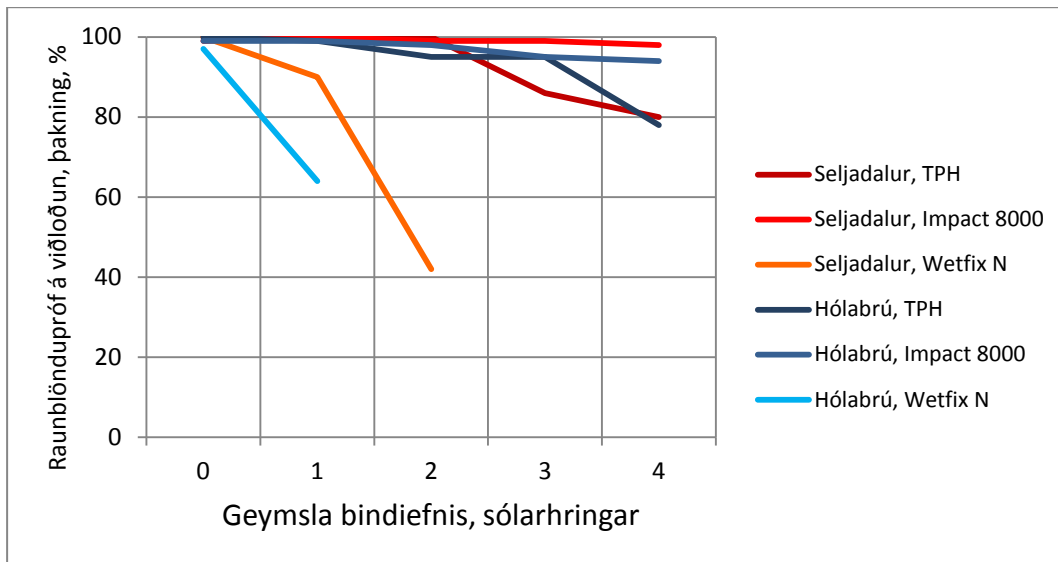
Í fyrstu atrennu voru viðloðunarefnin TPH og Impact 8000 prófuð með Seljadal og Hólabrú við 130°C geymsluhita til samanburðar við það sem prófað hafði verið með Wetfix N árið áður. Niðurstöður þeirra prófana eru sýndar á mynd 1.2.



Mynd 1.2 Geymsluþol TPH og Impact 8000 við 130°C

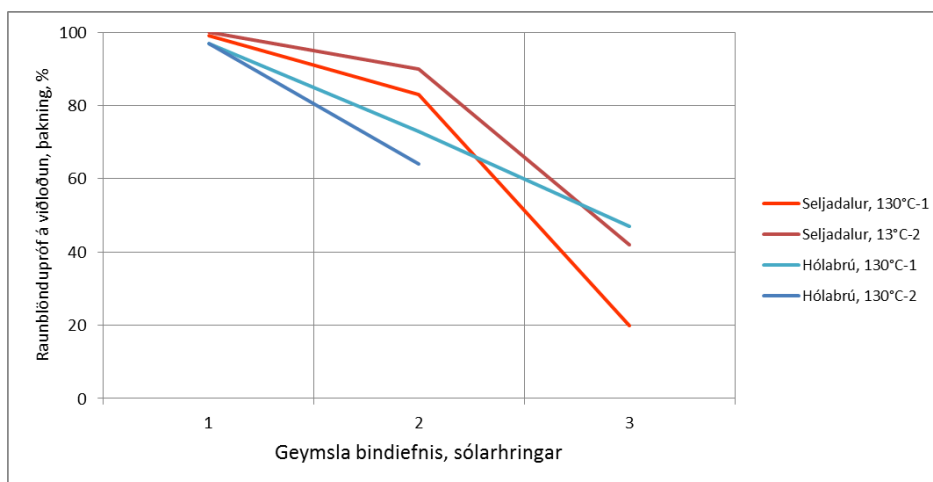
Eins og mynd 2 sýnir er geymsluþol metið með raunblönduþrófi mun lengra nú en mældist með sömu steinefnum og við sama hitastig í fyrri áfanga. Segja má að viðloðunareiginleikar þjálbiks með Impact 8000 séu lítið farnir að dala eftir fjögurra sólarhringa geymslu og þjálbik með TPH er nokkuð stöðugt fyrstu þrjú sólarhringana. Vert er að hafa í huga að í fyrri áfanga missti steinefnið þakningu strax eftir eins sólarhrings geymslu við 130°C, en þá var notað Wetfix N eins og áður sagði.

Eins og fram kemur í kafla 4.1 hér að framan var mýkingarefnið sem notað var í fyrri rannsóknarþætti rauðleitt í stað þess að vera glært. Eftir nokkra eftirgrennslan þá þótti líklegast að mýkingarefnið værið að hluta blandað repju, sem gæti skýrt litarbreytinguna á mýkingarefninu, en ekki var talið líklegt að það hefði áhrif á endingartíma viðloðunarefnisins. Þegar niðurstöðurnar á geymsluþoli þjálbiks með TPH og Impact 8000 lágu fyrir vöknuðu þó grunsemdir um að prófanir fyrra árs væru e.t.v. ekki samanburðarhæfar við prófanir nú þar sem mýkingarefnið var óhreint og bikið hafði auk þess mælst of hart. Því var ákveðið að endurtaka prófanir með Wetfix N og sama þjálbiki og TPH og Impact 8000 voru prófuð með til að taka af allan vafa. Mynd 1.3 sýnir þakningu sem fall af tíma og nú með Wetfix N einnig.



Mynd 1.3 Geymsluþol þjálbiks með TPH, Impact 8000 og Wetfix N við 130°C

Þessar niðurstöður staðfesta að þjálbik með Wetfix N virðast hafa mun styttri geymslutíma við 130°C en þjálbik með TPH og Impact 8000. Mynd 1.4 sýnir niðurstöður hræsluþrófa síðasta árs með „óhreina“ þjálbikinu og nú með Wetfix N.



Mynd 1.4 Geymsluþol Wetfix N við 130°C í fyrri áfanga og nú

Myndin gefur til kynna að í grófum dráttum verði niðurstöður áþekkar, sem sagt að virkni viðloðunarefnisins Wetfix N hafi minnkað umtalsvert strax eftir einn sólarhring, bæði í fyrri áfanga og endurtekningunni nú.

Ekki hefur verið gerð tilraun til að tengja þennan rannsóknarátt við það hvernig bikbindiefni eru geymd í raun á tankbílum, sem fall af tíma og hitastigi. Hvort geymslutíminn er mun lengri en vísbindingar þessa verkefnis gefa til kynna skal ósagt látið að svo stöddu, en ljóst er að eftir því sem skemmri tími líður frá því viðloðunarefni er blandað saman við bikbindiefnið, þeim mun minni líkur eru á skemmdum á klæðingum vegna skorts á viðloðun.

2 PRÓFANIR MEÐ RAUNBLÖNDUPRÓFI MEÐ MISMIKLU MAGNI MÝKINGAREFNIS

Útbúnar voru bindiefnisblöndur með 4, 5, 6 og 7 % lífolíu (etylester úr lýsi) og þær prófaðar með raunblönduprófi með 0,9 % Wetfix N og Seljadalsefni. Ekki kom fram munur á þakningu fyrir en mýkingarefnið var komið niður í 4 %, en þá fór að strípast af hornum og brúnum. Engin vandamál komu heldur upp við verklega útfærslu og þakningin var metin 100 % með 5, 6 og 7 % lífolíu og 97 % þakning með 4 % lífolíu. Þetta bendir þó til þess að ekki sé ráðlegt að fara niður fyrir 5 % mýkingarefni, þar sem undir því hlutfalli er blandan orðin nokkuð stíf og ómeðfærileg.

3 STUNGUDÝPT BIKS EFTIR UPPHITUN OG VIÐ GEYMSLU

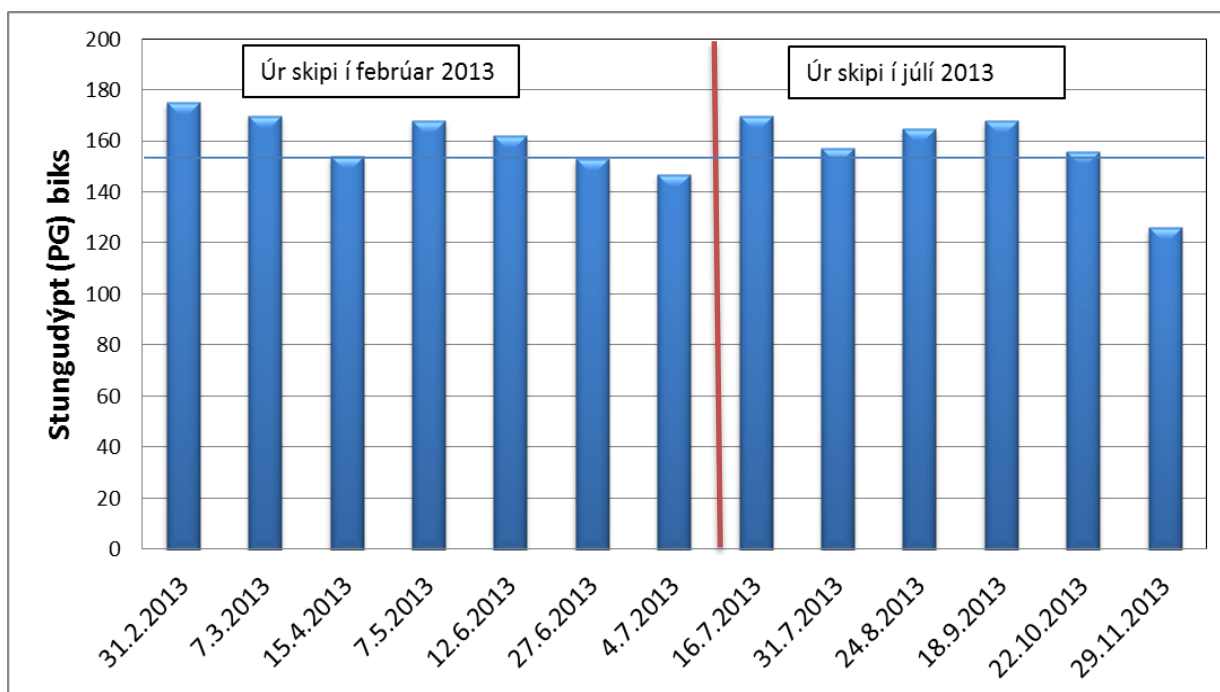
3.1 Stungudýpt biks eftir upphitun á rannsóknastofu

Fjölver hefur gert mælingar á stungudýpt biks eftir upphitun einu sinni, tvisvar og þrisvar. Upphafsbikið sem mældist með PG 160 virðist harðna við fyrstu upphitun og mældist þá með PG um 140, en mæld stungudýpt eftir aðra og þriðju upphitun breyttist ekki marktækt. Þessi rannsóknáttur var tiltölulega smár í sniðum, en ástæða gæti verið til að skoða nánar þessa tilhneigingu að bik harðni (stungudýpt minnkar) við upphitun, en ekki síður með geymslutíma. Ekki verður farið nánar út í túlkanir eða umfjöllun um þessar vísbendingar að bik harðni við upphitun á rannsóknastofu, þar sem gögn og mælingar eru af mjög skornum skammti. Þó er ljóst að prófunarstofur þurfa að fylgjast með stungudýpt þess biks sem notað er til rannsókna hverju sinni.

3.1 Stungudýpt biks með tíma við geymslu í byrgðartanki

Samkvæmt ÍST EN 13108-21 um framleiðslueftirlit við framleiðslu malbiks skal meðal annars mæla stungudýpt biks einu sinni á 300 t fresti (sbr. töflu 5 í staðlinum). Bik er gjarnan flokkað eftir stungudýpt, eða PG (e: Paving Grade) og eru tveir flokkar notaðir héraendis til malbiksframleiðslu, sem sagt PG 70/100 og PG 160/220. Fyrirnefnda gerðin er oft notuð í malbik á umferðarmikla vegi, en sú síðarnefnda í malbik þar sem umferð er minni, svo og í þjálbik og bikpeytur til klæðinga. Fleiri stungudýptarflokkar eru í boði, bæði harðara og mýkra bik, auk stungudýptarinnar 100/150, sem er þá á milli þeirra gerða sem notaðar eru héraendis. Mæling á stungudýpt er tiltölulega einföld og felst í því að mæla hversu djúpt 100 g nál sekkur (mm) í bikið við 25°C á 5 sek. Stungudýptin er svo gefin upp sem mm sem nálin sekkur, margfaldað með 10.

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hefur látið gera stungudýptarmælingar á sínu biki með reglulegu millibili og virðist það harðna marktækt smátt og smátt, sbr. mynd 3.1 sem birt er með góðfúslegu leyfi MHC.



Mynd 3.1 Stungudýpt biks PG 160/220 með tíma úr tanki MHC

Neðri mörk stungudýptar PG 160/220 biks er skilgreind í gæðakerfi MHC sem $160 - 6 = 154$ og eru því tvær mælingar á stungudýpt skráðar sem frábrigði, samanber töflu 3.1.

Tafla 3.1 Stungudýptarmælingar á PG 160/220 biki með tíma úr tanki MHC

Skipasending 13. febrúar 2013			Skipasending 13. júlí 2013		
Dagsetning mælingar	Stungudýpt	OCL*	Dagsetning mælingar	Stungudýpt	OCL*
31.2.2013	175	ok	16.7.2013	170	ok
7.3.2013	170	ok	31.7.2013	157	ok
15.4.2013	154	ok	24.8.2013	165	ok
7.5.2013	168	ok	18.9.2013	168	ok
12.6.2013	162	ok	22.10.2013	156	ok
27.6.2013	153	ok	29.11.2013	126	frábrigði
4.7.2013	147	frábrigði	Meðaltal	157	
Meðaltal	161				

* OCL: Operating Compliance Level, sbr. ÍST EN 13108-21 um framleiðslueftirlit

Hæstu mældu gildi á stungudýpt eru í báðum skipsförmunum þau sem fyrst eru mæld, í fyrra skiptið 175 og í því seinna 170, hvoru tveggja vel innan marka biks sem flokkast sem PG 160/220. Einnig eru bæði frábrigðin í biki sem mælt var eftir lengstan geymslutíma, fjóra til fimm mánuði í tanki.

Þessar niðurstöður benda til þess að full ástæða sé fyrir malbiksframleiðendur að fylgjast vel með breytingum sem kunna að verða á biki í birgðatönkum.

4 HREYFÐARSEIGJA ÞJÁLBIKS MEÐ MISMIKLU MÝKINGAREFNI

4.1 Hreyfðarseigjumælingar þessa áfanga

Ákveðið var í verkefnishópi að kanna og bera saman hreyfðarseigju þjálbiks með mismiklu magni af mýkingarefni. Útbúnar voru blöndur til seigjumælinga með 4, 5, 6 og 7 % mýkingarefni (etylester úr lýsi) og var seigjan mæld á hefðbundinn hátt við 105, 120, 135 og 150°C á sama hátt og áður hafði verið gert við sambærileg hitastig, en við mælingar við 40 og 60°C var notast við aðra aðferð af tæknilegum ástæðum og sambandið við mælingar við hærra hitastig er ekki augljóst. Tafla 4.1 sýnir niðurstöður hreyfðarseigjumælinga sem fram fóru í þessum áfanga. Það skal tekið fram að mælingar við 105 til 150°C er gerðar samkvæmt ÍST EN 12595 og er mælikvarði mm^2/s , en við 40 og 60°C samkvæmt ÍST EN 12596, þar sem mælikvarði er Pa's. Samkvæmt heimildum, (t.d. <http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType254/Production/TLT21202.pdf>) virðist samband milli þessara tveggja mælieininga vera nálægt því að mm^2/s fáið með því að margfalda Pa's með um það bil 1000 (þó háð eðlisþyngd vökvans). Engar heimildir fundust í fljótu bragði um seigjumælingar við 40°C og er ekki fjallað nánar um þær hér.

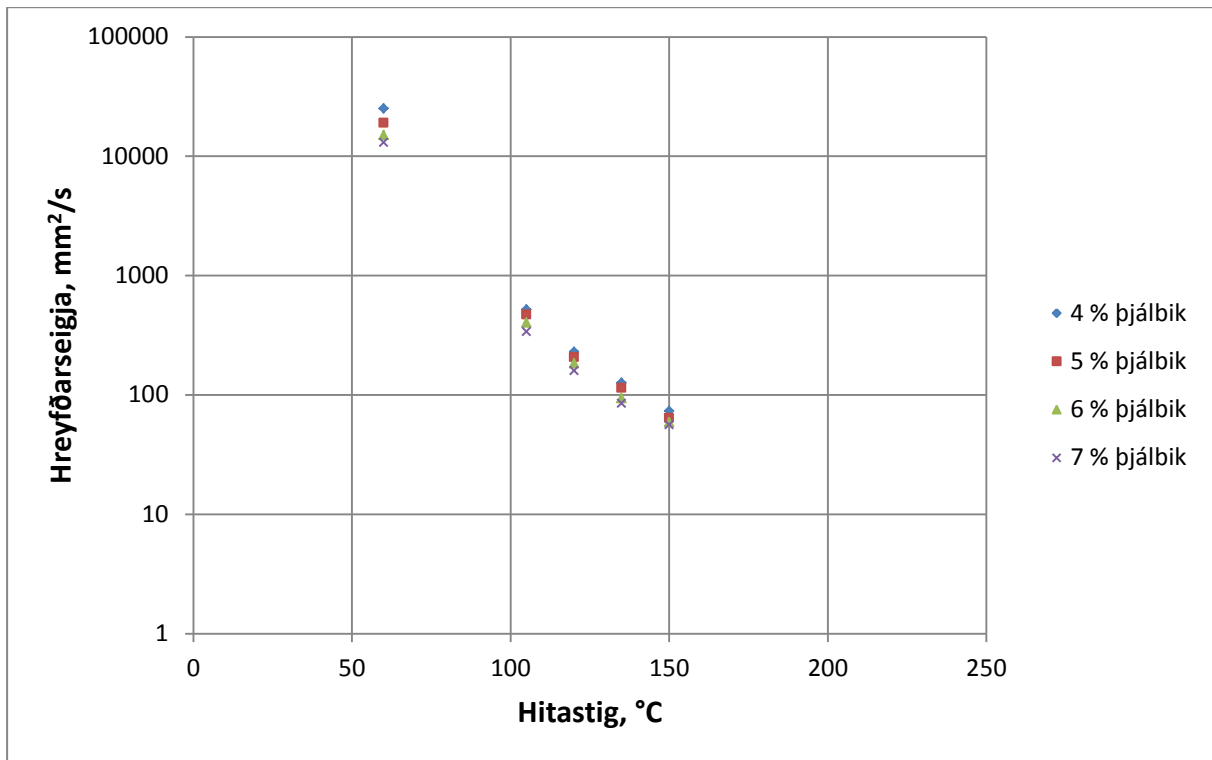
Tafla 4.1 Niðurstöður hreyfðarseigjumælinga sem fram fóru í þessum áfanga

Hitastig, °C	Magn mýkingarefnis (etylester úr lýsi), %			
	4	5	6	7
150, mm^2/s	73	64	59	56
135, mm^2/s	126	114	94	85
120, mm^2/s	230	206	184	159
105, mm^2/s	520	470	402	338
60*, mm^2/s	25000	19000	15000	13000
40**, Pa's	294	180	142	94

*Umreiknað með því að margfalda með 1000

** Ekki umreiknað

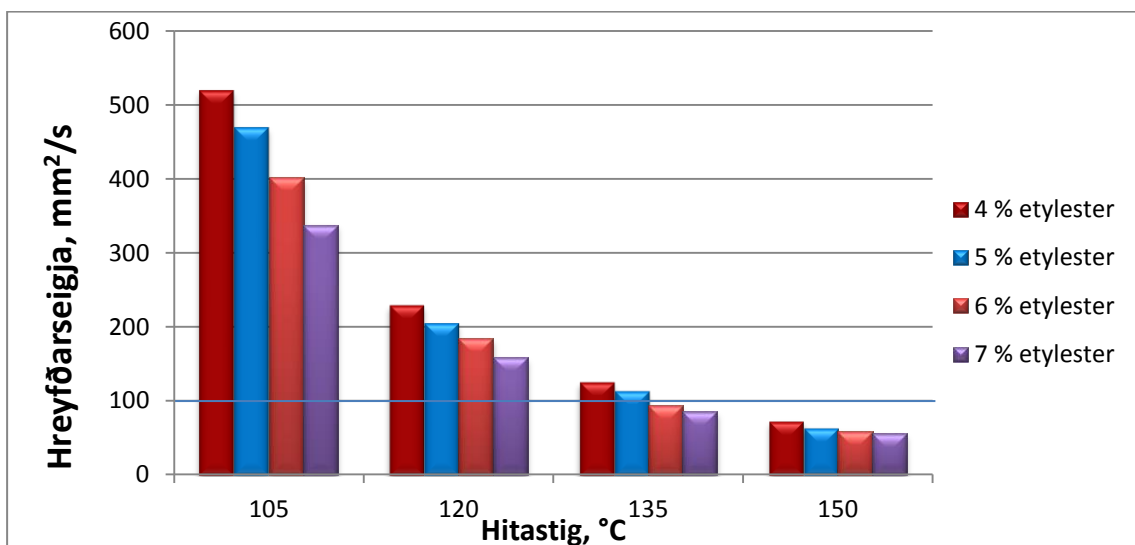
Ef þessum niðurstöðum (að niðurstöðum við 40°C undanskildum) er varpað á línurit, þar sem hitastig við mælingu er á X-ásnum og hreyfðarseigja mm^2/s er á Y-ásnum (umreiknað við 60°C) eru niðurstöðurnar eins og sést á mynd 4.1. Hreyfðarseigjan er sett fram á log skala eins og venja er og virðist umreiknaða seigjan við 60°C vera með nokkuð eðlileg gildi.



Mynd 4.1 Samband hitastigs og hreyfðarseigju þjálbiks með mismiklu mýkingarefni

Það vekur athygli að þegar niðurstöður mælinga eru dregnar upp á log skala er munur milli biks með mismiklu mýkingarefni ekki mikill við ákveðið hitastig, en hitastigið hefur hins vegar mikil áhrif á hreyfðarseigjuna. Mestur virðist munurinn á seigju biks með mismiklu mýkingarefni vera við lægsta (umreiknaða) hitastigið, sem sagt 60°C, eða frá 13.000 upp í 25.000 mm²/s.

Mynd 4.2 hér að neðan sýnir mælingar sem gerðar voru í þessum áfanga á seigju þjálbiks með 4, 5, 6 og 7 % etylester úr lýsi við hitastig frá 105 til 150°C.



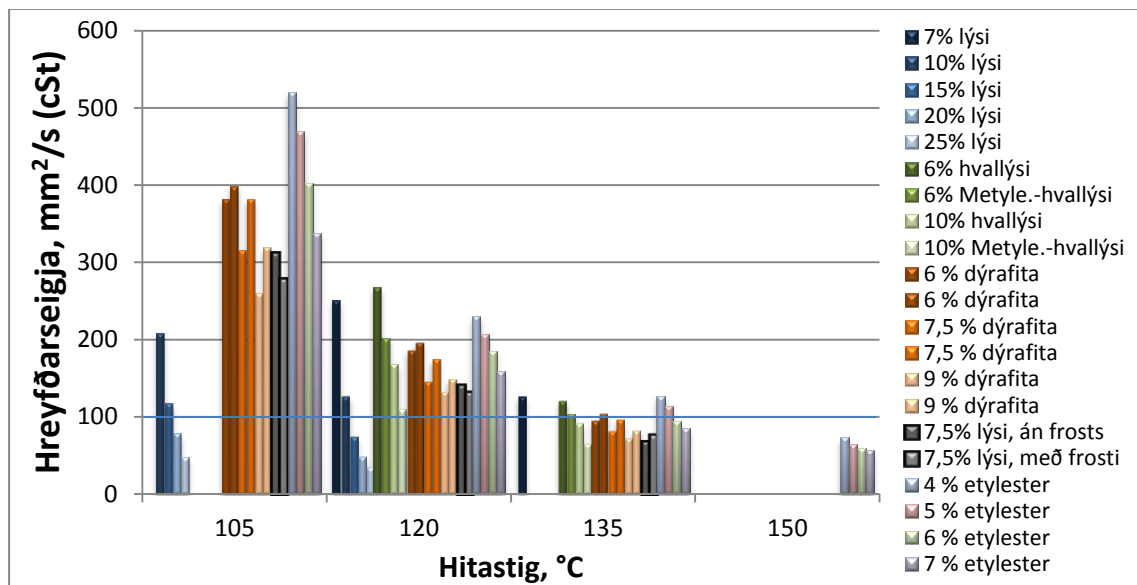
MYND 4.2 Mælingar á seigju þjálbiks með etylester úr lýsi við mismunandi hitastig

Niðurstöður mælinganna eru í öllum tilfellum háðar magni mýkingarefnis og hitastigi eins og við var að búast. Munurinn er mestur milli þjálbiksgerða við 105°C en minnkar með hækkandi hitastigi og er minnstur við 150°C. Þetta er í sjálfu sér eðlilegt þar sem grunnbikið sjálft mýkist með auknu hitastigi og á þar með meiri þátt í mýkingunni ef bikblandan er heit.

Þess má geta að hérlandis hefur gjarnan verið miðað við að hreyfðarseigja bikbindiefnis við útsprautun í klæðingar væri nálægt 100 mm²/s og hefur hitastigi bindiefnisins verið stjórnað með það fyrir augum að ná þeirri seigju. Reyndar segjir í kafla 62 Klæðing í Alverk '95³ að seigja bindiefnis við útsprautun skuli vera 40-100 centistoke (mm²/s), þótt yfirleitt sé miðað við hærri töluna (seigari). Það lætur nærri að 135°C ætti að vera hæfilegt hitastig miðað við gefnar forsendur til að vinna með þjálbik með á bilinu 6 til 7 % etylester, skv. mynd 4.2, jafnvel lægra ef um 7 % mýkingu er að ræða. Þjálbik með 4-5 % etylester ætti að leggja við heldur meiri hita, eða um 140°C miðað við aflestur af mynd 4.2.

4.2 Samanburður við fyrri hreyfðarseigjumælingar

Ef niðurstöður prófana við 105, 120, 135 og 150°C eru bornar saman við nokkurt gagnasafn mælinga á hreyfðarseigju mismunandi þjálbiksgerða kemur í ljós að báðar þessar mælingar eru frekar í lægri kantinum miðað við hitastig (gráar súlur), sjá mynd 4.3. Seigjumælingar eru fengnar úr ýmsum verkefnum sem Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar hefur styrkt á undanförunum árum, m.a. úr verkefnum um breytt bindiefni í klæðingar og íslenskar olíur til vegagerðar⁴⁵⁶.



Mynd 4.3 Samanburður á hreyfðarseigju nokkurra mismunandi þjálbiksgerða

³ Alverk '95 1995: Almenn verklýsing fyrir vega- og brúargerð. Vegagerðin

⁴ Pétur Pétursson 2013: Breytt bindiefni í klæðingar – heimildakönnun og prófanir. Vegagerðin og PP ráðgjöf.

⁵ Gunnar H. Guðmundsson og Sigursteinn Hjartarson 2012: Íslenskar olíur til Vegagerðar. Vegagerðin og SHj ehf.

⁶ Gunnar H. Guðmundsson og Sigursteinn Hjartarson 2013: Íslenskar olíur til vegagerðar II. Vegagerðin, SHj ehf, Mannvit, Orkey

Bent skal á að hreyfðarseigjan er ekki alltaf prófuð við sömu hitastig og því erfitt að bera niðurstöður saman í öllum tilfellum. Þó má sjá að hreyfðarseigja þjálbiks með 7 % etylester úr lýsi (bleik súla) er heldur meiri (hærra gildi) en þess þjálbiks með 7,5 % etylester úr lýsi sem prófuð voru í 2. áfanga þessa verkefins, með og án frostáraunar (gráar súlur) og á það við bæði við 120 og 135°C. Það gæti skýrst af 0,5 % meira af mýkingarefni nú. Einnig er áberandi að magn mýkingarefnis hefur mikil áhrif á hreyfðarseigjuna, sbr. bláu súlurnar með etylester úr lýsi, þar sem mýkingin var allt að 25 %. Þjálbik með 6 til 9 % dýrafitu er á svipuðu róli og það sem prófað var nú, sem sagt um og undir 100 mm²/s við 135°C. Sama má segja um hvallýsi og blöndu hvallýsis og metylesters, nema 6 % óblandað hvallýsi mælist heldur seigara og yfir 100 mm²/s mörkunum, en blandað hvallýsi er undir þeim mörkum.

5 SAMANBURÐUR Á KORNAKÚRFUM

5.1 Almennt

Einn verkþáttur þessa áfanga var að bera saman kornakúrfur á sýnum af 0/22 mm burðarlagsefnum sem unnin höfðu verið í tveimur námum af sitt hvorum verktakanum. Fram hefur komið að sigti og sigtiaðferðir geta verið mismunandi, bæði í vinnuflokkum og á prófunarstofum. Því þótti áhugavert að kanna mismun á kornakúrfum á sambærilegum hlutasýnum, bæði innan rannsóknastofu og á milli rannsóknastofa. Í þessum verkþætti þurfti verkefnishópur að sníða sér stakk eftir vexti og var ákveðið að leita til fimm prófunarstofa um að sigta tvö hlutasýni hver, sem sagt allst tíu kornakúrfur af hvoru steinefnasýninu. Það skal tekið fram að verktakinn sem framleiddi viðkomandi efni var einn þeirra aðila sem fékk sýni til sigtunar, en auk hans tóku þátt rannsóknastofur Vegagerðarinnar (Veg), Eflu, NMÍ og Mannvits (Mann).

Áður en samanburðarsigtanir fóru fram voru u.þ.b. 300 kg af hvoru steinefni fyrir sig skipt niður í 20 l plastfötur, um 30 kg í hverja. Notast var við rifflubox og að lokinni skiptingu var fötunum „ruglað“ og miðar sem fóru í fötur auk þess stokkaðir eins og spil og settir óséðir, einn í hverja fötu. Þannig var reynt að minnka líkur á kerfisbundinni skekkju, en ef vel ætti að vera þurfti tölfræðilega rétt samanburðarrannsókn að vera mun umfangsmeiri.

Þess má geta að ÍST EN 933-1 „Tests for geometrical properties of aggregates Part 1: Determination of particle size distribution - sieving method“ lýsir því hvernig staðið skuli að sigtun steinefna. Þar er gengið út frá því að við sigtun sé steinefni fyrst þvegið, síðan þurrkað í ofni og loks þurrsigtað í sigtasúlu. Reyndar er opnað á þann möguleika að sleppa þvotti ef steinefnið er „hreint“ eða fínefnasnautt. Þessi aðferð, s.s. þvottur, þurrkun og sigtun, er í langflestum tilfellum notuð héraendis, en hefur gjarnan verið kölluð votsigtun. Það er ekki allskostar rétt með farið, þar sem votsigtun felur í sér að vatn sé leitt inn á lok sigtasúlunnar og út úr pönnu á meðan sigtað er. Slíkur búnaður er ekki notaður héraendis. Í staðlinum eru gefnar upplýsingar um þyngd aðsends sýnis miðað við stærstu kornastærð, svo og leyfilega þyngd á hverju sigti miðað við möskvastærð sigtis og flatarmál þess. Einnig má nefna að í ofangreindum staðli um aðferð við sigtun er vísað í staðla um ÍST EN 933-2 um möskvastærðir sigta, ISO 3310-1 og ISO 3310-2 um tæknilegar kröfur (frávik) til möskvastærða vírsigta með möskvum < 4 mm annars vegar og plötusigta með möskvum ≥ 4 mm hins vegar.

ÍST EN 932-5 „Tests for general properties of aggregates – Part 5: Common equipment and calibration“ tekur á því hvernig beri að fylgjast með því að tækjabúnaður á rannsóknastofu, þar á meðal sigti og hristarar, séu í lagi og að möskvastærðir séu innan skekkjumarka. Algengast er að mæla möskvastærðir plötusigta með skífumáli og bera saman við vikmörk í ISO 3310-2. Fyrir vírsigti er mælt með því að sigta stöðluð sýni sem hleypa u.þ.b. 50 % í gegn á viðkomandi sigti, annast vegar með vinnusigtunum og hins vegar kvörðunarsigtum sem ekki eru notuð í annað en kvarðanir. Ekki verður farið nánar út í útlistanir á stöðlum hér, enda allir staðlar auðfengnir hjá Staðlaráði Íslands.

5.2 Kornadreifing burðarlagsefnis úr Skeggjastaðanámu

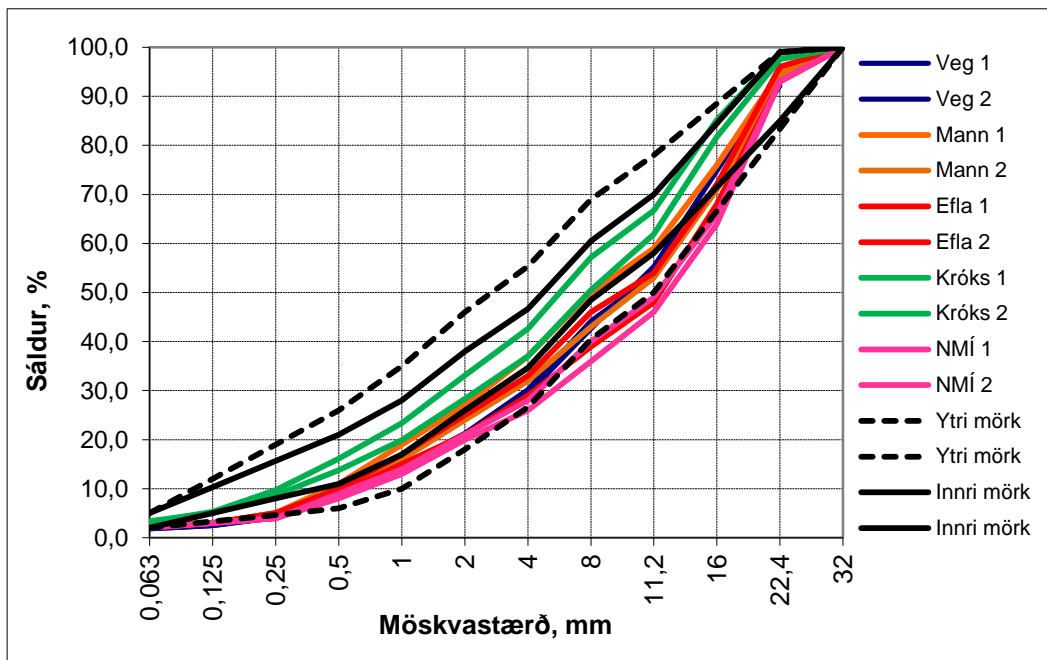
Tafla 5.1 sýnir niðurstöður allra sigtana á burðarlagsefni úr Skeggjastaðanámu sem unnið var af verktakanum Króksverki.

Tafla 5.1 Niðurstöður allra sigtana á burðarlagsefni úr Skeggjastaðanámu (% sáldurs)

Sigti, mm	Veg 1	Veg 2	Meðal Veg	Mann 1	Mann 2	Meðal Mann	Efla 1	Efla 2	Meðal Efla	Króks 1	Króks 2	Meðal Króks	NMÍ 1	NMÍ 2	Meðal NMÍ
0,063	1,8	1,8	1,8	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	3,4	3,2	3,3	2,0	2,1	2,1
0,125	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,3	5,2	3,0	3,0	3,0
0,25	4,2	4,1	4,2	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	4,5	8,7	9,7	9,2	4,0	4,0	4,0
0,5	8,4	8,2	8,3	11,0	10,0	10,5	9,0	10,0	9,5	13,8	16,1	15,0	8,0	9,0	8,5
1	14,4	14,3	14,4	19,0	16,0	17,5	15,0	17,0	16,0	19,9	23,4	21,7	13,0	14,0	13,5
2	21,3	21,0	21,2	27,0	24,0	25,5	21,0	25,0	23,0	28,3	33,1	30,7	20,0	21,0	20,5
4	30,2	29,4	29,8	37,0	32,0	34,5	29,0	33,0	31,0	37,0	42,6	39,8	26,0	28,0	27,0
8	44,2	42,6	43,4	50,0	43,0	46,5	39,0	46,0	42,5	50,5	57,2	53,9	36,0	40,0	38,0
11,2	53,5	55,3	54,4	59,0	53,0	56,0	48,0	54,0	51,0	61,9	66,7	64,3	46,0	49,0	47,5
16	72,1	74,8	73,5	76,0	71,0	73,5	68,0	72,0	70,0	81,7	85,2	83,5	64,0	66,0	65,0
22,4	92,2	94,5	93,4	95,0	94,0	94,5	93,0	96,0	94,5	97,6	98,8	98,2	93,0	93,0	93,0
32	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Veg: Vegagerðin, Mann: Mannvit, Króks: Króksverk, NMÍ: Nýsköpunarmiðstöð Íslands

Á mynd 5.1 eru allir kornakúrfuferlar teiknaðir upp, þar sem hver prófunarstofa hefur sinn lit, en einnig eru gefnar upp markalínur fyrir 0/22 mm sprengt og malað berg, skv. leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur.

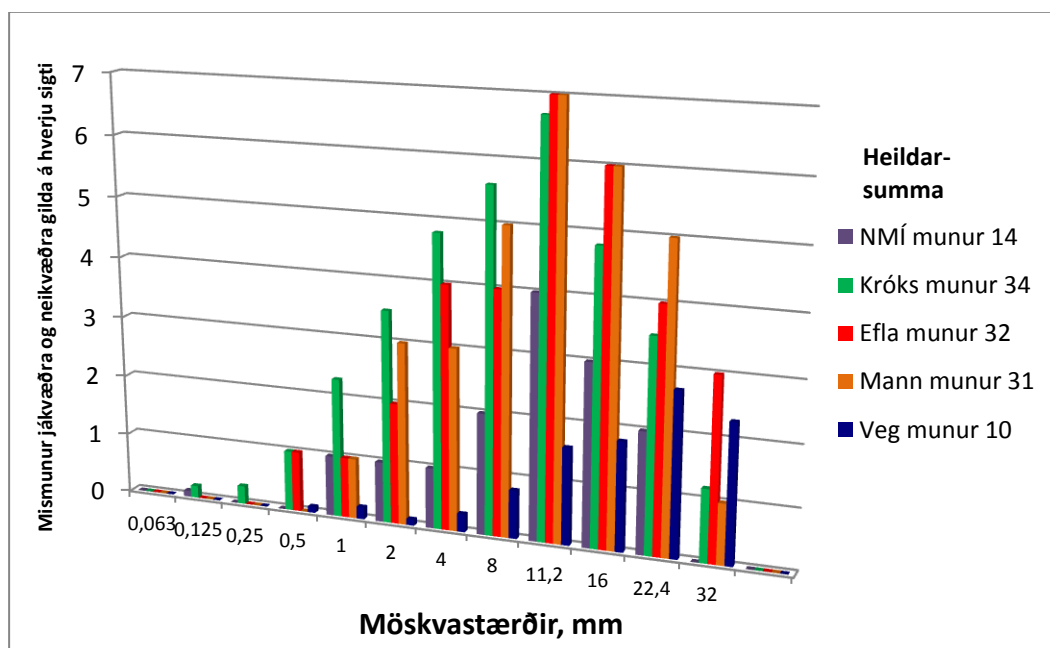


Mynd 5.1 Allar kornakúrfur á Skeggjastaðanámu (tvær frá hverri rannsóknastofu)

Minnsti munur á kúrfum hlutasýna innan rannsóknastofa er hjá Vegagerðinni (Veg 1 og 2) og NMÍ, en það eru jafnframt grófustu kúrfurnar. Athyglisvert er að meðalkúrfur Veg og NMÍ eru líkastar og grófastar, þá kemur Efla, svo Mannvit og loks Króksverk með fingerðustu kúrfurna og mesta fínefnið. Reyndar veur einnig athygli að kúrfur Króksverks eru þær einu sem eru innan innri markalína. Nú er ekki gott að segja hvað veldur þessum mun milli stofa,

en hugsanleg skýring gæti verið að í sumum tilfellum eru sigti gömul og slitin, en þá eru líkur á að þau hleypi heldur grófara efni í gegn en ný og óslitin sigti og kúrfan verður þá fingerðari. Einnig kemur til greina að hristarar séu miskröftugir og að sýni séu höfð mislengi í hristara. Hvort sem um verklag eða tæki er að ræða verður að segjast að umtalsverður munur er á kúrfum milli rannsóknastofa, sérstaklega í millistærðum. Einnig er athyglisvert að framleiðslan virðist of gróf og ekki innan marka sem Vegagerðin hefur sett um 0/22 mm burðarlagefni úr möluðubergi, nema hjá verktakanum sjálfum.

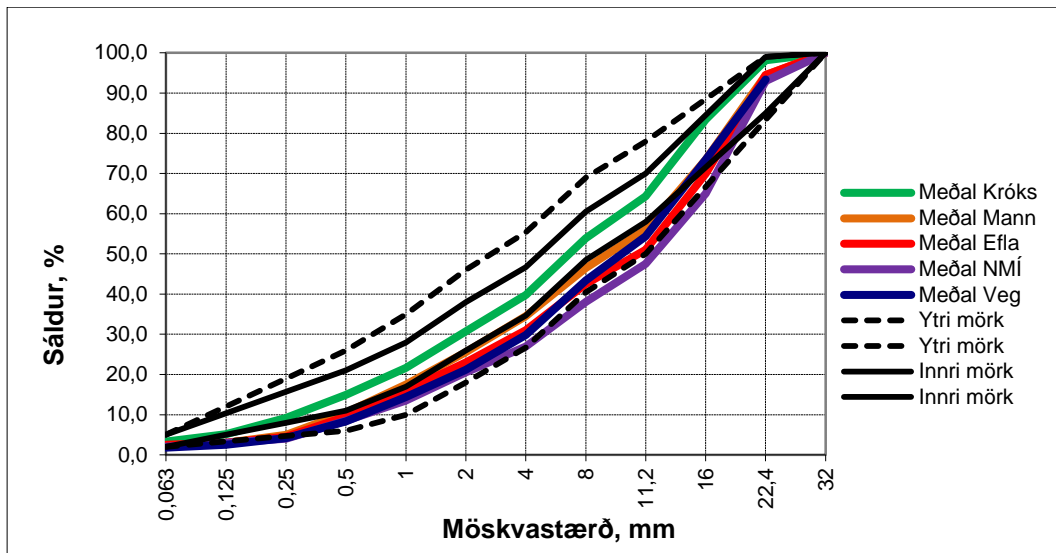
Svo virðist að munur sem kemur fram á hlutasýnum innan rannsóknastofa endurspeglir líklega að mestum hluta raunverulegan munar á efnunum eftir skiptingu (splittun). Þessi munur er allt að 7 % á meðalgrófum sigtum, s.s. 8 mm sigti, en minnkar mikið, sérstaklega í átt að fínna efni, sjá mynd 5.2.



Mynd 5.2 Munur á tveimur kornakúrfum Skeggjastaða á hverri rannsóknastofu

Þessi aðferð til að meta tölulegan munar á einstökum kornakúrfum innan rannsóknastofu er ekki ólík útreikningi á Bg-stuðli, sem sagt allur tölulegur munur á kúrfunum (neikvæður eða jákvæður) er lagður saman á hverju sigti og svo summan af öllum sigtum. Minnstur er munurinn milli kúrfa hjá Vegagerðinni, eða 10 samanlagðar einingar, en mestur hjá Króksverki 34 einingar, þótt Efla og Mannvit séu þar á svipuðum slóðum. Samanlagður munur á hlutasýnum allra prófunarstofa er í þessu tilfalli 121 eining.

Munurinn er mun meiri milli rannsóknastofa, t.d. þegar borin eru saman meðalgildi þessara fimm rannsóknastofa, en þá er munurinn allt að 19 % á sigti, s.s. á 16 mm sigti milli NMÍ og Króksverks, sjá mynd 5.3.



Mynd 5.3 Meðaltöl tveggja kornakúrfa á hverri rannsóknastofu á Skeggjastaðanámu

Myndin sýnir að allar meðalkúrfurnar, fyrir utan meðalkúrfu verktakans sjálfs, falla utan innri markalína á einhverju kornastærðarbili í þá átt að efnið sem er framleitt er grófara en markalínur fyrir malarefni segja til um.

5.3 Kornadreifing burðarlagsefnis úr Kárastaðanámu

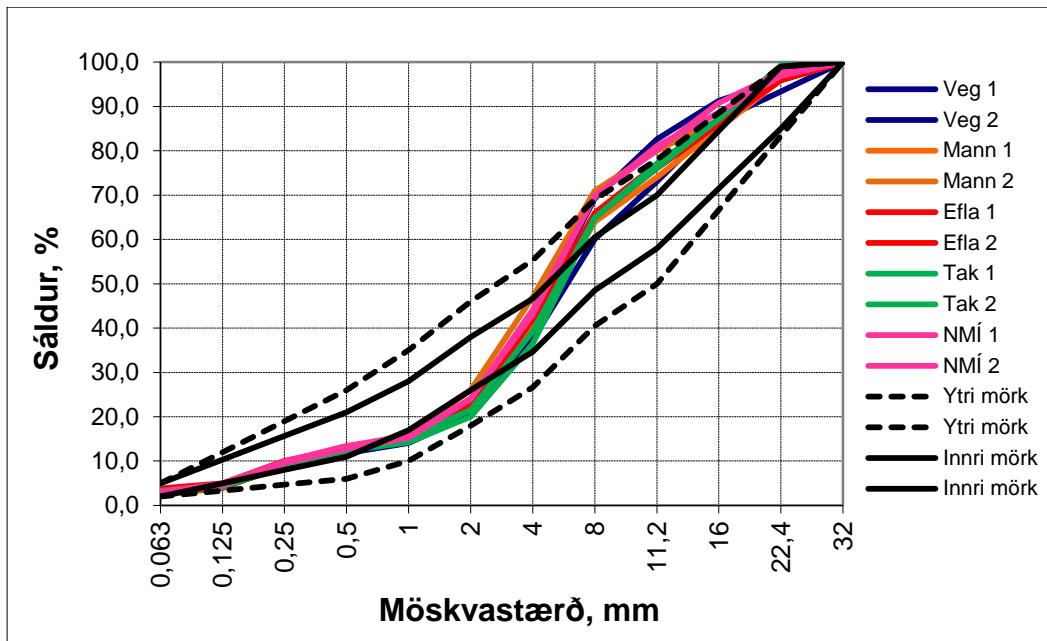
Hitt burðarlagsefnið sem notað var í samanburð á kornakúrfum er úr Kárastaðanámu og unnið af verktakanum Tak. Tafla 5.2 sýnir niðurstöður allra sigtana á burðarlagsefni úr Kárastaðanámu.

Tafla 5.2 Niðurstöður allra sigtana á burðarlagsefni úr Kárastaðanámu (% sáldurs)

Sigti, mm	Veg 1	Veg 2	Meðal Veg	Mann 1	Mann 2	Meðal Mann	Efla 1	Efla 2	Meðal Efla	Tak 1	Tak 2	Meðal Tak	NMÍ 1	NMÍ 2	Meðal NMÍ
0,063	2,5	2,6	2,6	2,6	2,3	2,5	3,8	2,8	3,3	3,1	3,3	3,2	3,1	2,8	3,0
0,125	4,1	4,3	4,2	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	4,5	4,1	4,3	4,2	4,9	4,5	4,7
0,25	8,7	9,4	9,1	9,0	9,0	9,0	10,0	9,0	9,5	8,9	8,7	8,8	9,9	9,5	9,7
0,5	11,8	12,8	12,3	13,0	13,0	13,0	13,0	12,0	12,5	12,3	12,8	12,6	13,4	12,8	13,1
1	14,1	15,1	14,6	15,0	16,0	15,5	15,0	15,0	15,0	14,2	15,4	14,8	15,7	15,2	15,5
2	20,5	22,6	21,6	23,0	26,0	24,5	23,0	22,0	22,5	20,0	21,5	20,8	24,1	24,0	24,1
4	37,5	42,3	39,9	40,0	47,0	43,5	42,0	42,0	42,0	36,5	39,3	37,9	43,1	44,1	43,6
8	60,1	69,3	64,7	64,0	71,0	67,5	65,0	66,0	65,5	64,8	64,9	64,9	69,8	69,7	69,8
11,2	73,1	82,6	77,9	74,0	80,0	77,0	76,0	77,0	76,5	77,1	76,1	76,6	80,2	81,1	80,7
16	86,8	91,3	89,1	85,0	87,0	86,0	86,0	86,0	86,0	87,1	87,2	87,2	90,8	88,6	89,7
22,4	93,4	95,9	94,7	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	99,0	99,2	99,1	97,7	96,9	97,3
32	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Veg: Vegagerðin, Mann: Mannvit, NMÍ: Nýsköpunarmiðstöð Íslands

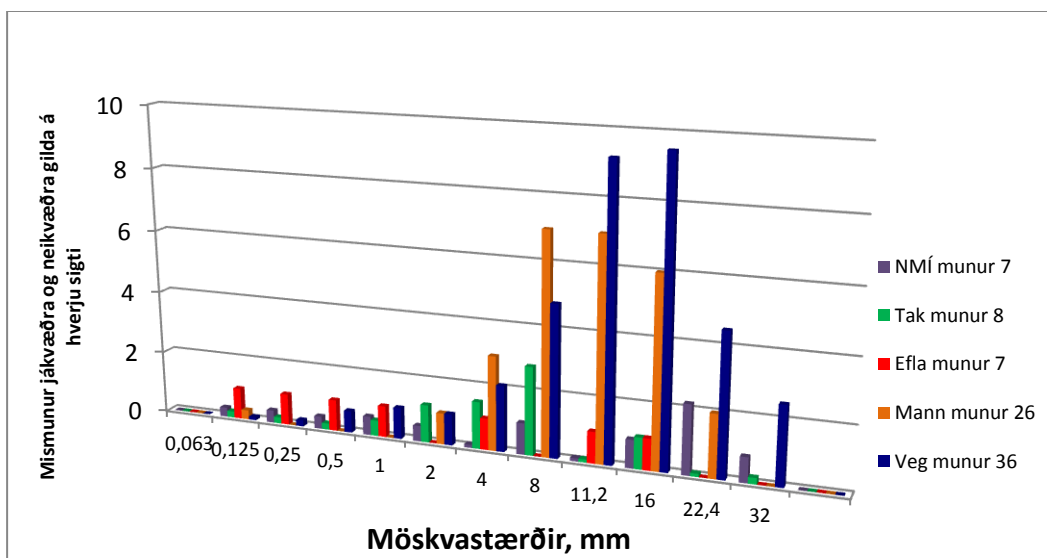
Mynd 5.4 sýnir niðurstöðurnar, þar sem hver prófunarstofa hefur sinn lit, en einnig eru teiknaðar upp markalínur fyrir 0/22 mm sprengt og malað berg, skv. leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur.



Mynd 5.4 Allar kornakúrfur á Kárastaðanámu (tvær frá hverri rannsóknastofu)

Það er greinilegt að framleitt efni er utan markalína og ber öllum prófunarstofum saman um það auk verktakans sjálfs. Munur á kornakúrfum er í þessu tilfalli mun minni milli prófunarstofa en var í tilfalli Skeggjastaðanámu.

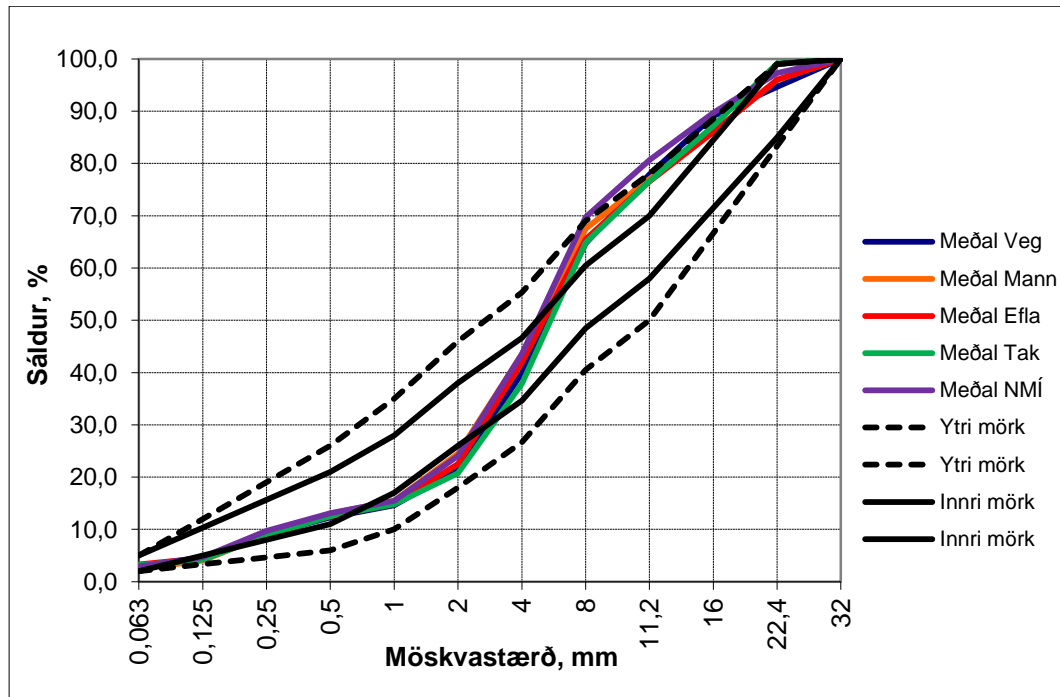
Munur sem kemur fram á hlutasýnum innan rannsóknastofa og endurspeglar að mestum hluta raunverulegan mun á kornastærðum eftir skiptingu (splittun) er einnig minni en í tilfalli Skeggjastaðanámu þegar heilt er á litið. Þó er þessi munur allt að 9 einingum á 11,2 og 16 mm sigti (hjá Vegagerðinni). Hins vegar er munurinn minni á öðrum sigtum en í tilfalli Skeggjastaðanámu, sérstaklega í átt að finna efni, sjá mynd 5.6.



Mynd 5.6 Munur á tveimur kornakúrfum Kárastaða á hverri rannsóknastofu

Minnstur er munurinn milli kúrfa hjá Eflu og NMÍ, eða 7 samanlagðar einingar og Tak er með 8 einingar, en mestur er munurinn hjá Vegagerðinni, eða 36 einingar og Mannvit með 26 einingar. Samanlagður munur á hlutasýnum allra prófunarstofa er í þessu tilfelli 84 einingar en var í tilfelli Skeggjastaðanámu 121 eining.

Mynd 5.7 sýnir meðaltöl tveggja kornakúrfa á hverri rannsóknastofu á Kárastaðanámu.



Mynd 5.7 Meðaltöl tveggja kornakúrfa á hverri rannsóknastofu á Kárastaðanámu

Það sést á myndinni að í þessu tilfelli er sáralíttill munur á meðaltölum tveggja sigtana á milli prófunarstofa. Mestur er munurinn á 4 mm sigtinu, eða 5,7 einingar þar sem Tak er með minnst sáldur og NMÍ mest.

5.4 Samantekt samanburðar á kornakúrfum

- Munur sem kemur fram á hlutasýnum innan rannsóknastofa endurspeglar að mestum hluta raunverulegan mun á efnum eftir skiptingu (splittun). Þessi ályktun er sett fram að því gefnu að sömu sigti hafi verið notuð fyrir bæði hlutasýnin og að sami rannsóknamaður hafi sigtað bæði hlutasýnin á sama hátt. Þar með eru líkur á að munur á hlutasýnum sé raunverulegur, en ekki vegna skekkju í mælingum nema að mjög litlu leyti.
- Niðurstöður benda til þess að talsverður munur geti verið á kornakúrfum hjá mismunandi prófunarstofum, mun meiri en munur á hlutasýnum sömu prófunarstofu. Þessi ályktun leiðir af sér að munur á sigtum og/eða aðferðum við sigtun er raunverulegur milli rannsóknastofa og í raun það mikill í tilfelli sýnis úr Skeggjastaðanámu að telja má utan allra skekkjumarka. Full ástæða væri til að fara nánar út í rannsóknir og kannanir á því hvort mismunandi prófunarstofur og verktakar eiga og fara eftir Evrópustöðlum og ISO stöðlum um sigtanir og kvarðanir á sigtum. Í

raun væri áhugavert að innleiða að fullu kröfur sem settar eru fram í stöðlum varðandi þennan mikilvæga grunneiginleika steinefna til mannvirkjagerðar, þ.e.a.s. kornadreifingu.

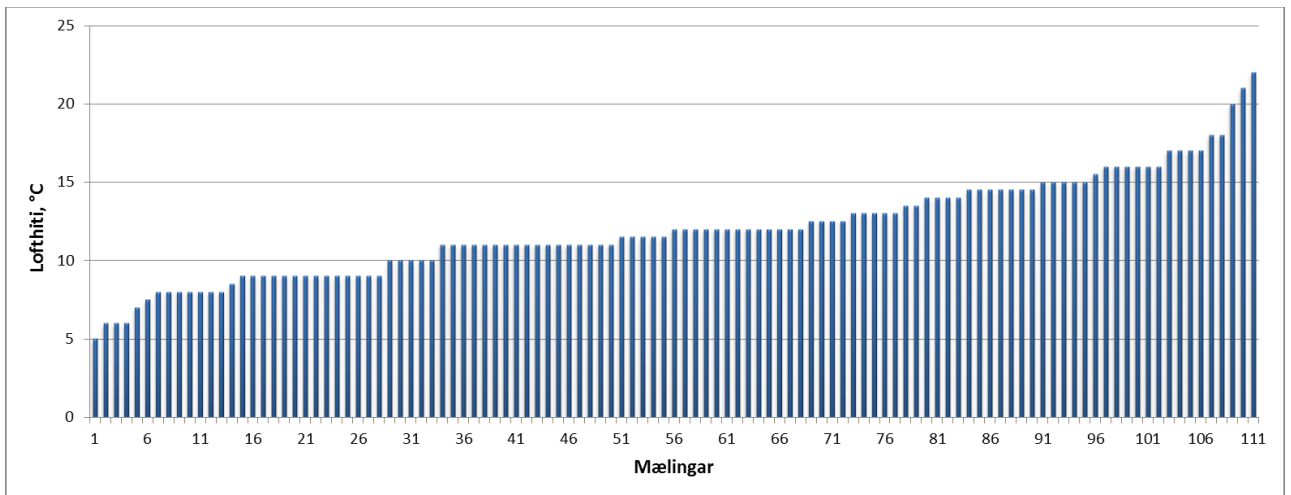
- Burðarlagsefnið úr Skeggjastaðanámu var innan markalína hjá verktakanum sem framleiddi það, en utan markalína að hluta hjá flestum prófunarstofunum og er munur milli prófunarstofa umtalsverður. Ekki er hægt á þessu stigi að fullyrða um hvaða kornakúrfa í þessu tilfelli er sú „rétt“, til þess þarf könnun á sigtum og verklagi við sigtun (þ.m.t. hristurum) hjá hverri prófunarstofu fyrir sig.
- Burðarlagsefnið úr Kárastaðanámu var utan markalína í öllum tilfellum, en munur milli prófunarstofa var ekki eins mikill í því tilfelli og í tilfelli Skeggjastaðanámu.
- Munur á tveimur hlutasýnum efnis úr Skeggjastaðanámu var umtalsvert meiri en munur á tveimur hlutasýnum úr Kárastaðanámu. Ekki er á þessu stigi ljóst hvað veldur því að minni munur er, bæði á hlutasýnum og á milli prófunarstofa, í tilfelli Kárastaðanámu og óvarlegt að fara nánar í túlkanir á því að svo komnu máli.
- Ekki er einhlýtt skýring á því hvað orsakar þann mikla mun á kornagreiningu mismunandi prófunarstofa, sérstaklega í tilfelli Skeggjastaðanámu. Til greina kemur að tækjabúnaður, sem sagt sigti og hristarar, sé í misgóðu ástandi milli prófunarstofa og verktaka, en einnig kemur til greina að verklag við framkvæmd kornagreiningar sé mismunandi (t.d. hversu lengi sýni er í hristara). Æskilegt væri að gera frekari úttektir á þessum þáttum hjá prófunarstofum og verktökum.

6 HITAMÆLINGAR VIÐ ÚTLÖGN

Eftirlitsmenn Vegagerðarinnar mældu hita bindiefnis með tíma (með hitamælibyssu) við lagnir klæðinga árið 2013, allt frá aflestri á tanki, við greiðu eftir útsprautun, rétt áður en steinefni lagðist í það og loks við völtun. Um er að ræða fjölda mælinga við útlagnir klæðinga, aðallega á landinu norðan- og vestanverðu sem Jón Helgi Helgason og Kristján S. Þorkelsson framkvæmdu. Auk mælinga á hitastigi bindiefnis með tíma var skráður lofthiti (lesinn af hitamæli í eftirlitsbíl) og veghiti (með byssu) við útlögn auk fjölda annarra þátta eins og gengur við eftirlit með útlögn klæðinga. Í viðauka I eru birt valin gögn úr eftirlitsskýrslum, aðallega hitastigsskráningar og dagsetningar, auk kaflanúmera.

6.1 Lofthiti og veghiti

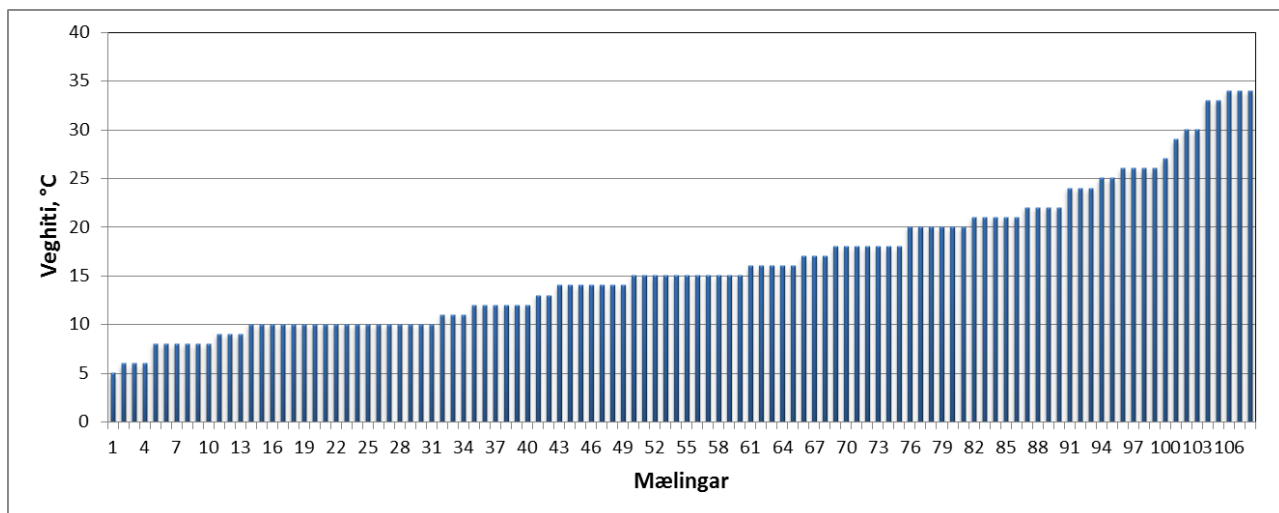
Áhugavert er að skoða dreifingu lofthita og veghita og kanna tengsl þessara hitastiga annars vegar og skoða dreifingu þeirra með tíma. Mynd 6.1 sýnir niðurstöður mælinga á lofthita þá daga sem mælt var hitastig bindiefnis með tíma.



Mynd 6.1 Niðurstöður mælinga á lofthita sumarið 2013

Það sést á myndinni að lofthiti við útlagnir síðasta sumars var í flestum tilfellum á milli 10 og 20°C eða í um 80 mælingum. Í sex tilfellum var lofthiti þó undir 8°C og í 28 tilfellum undir 10°C. Lofthiti var yfir 20°C í einungis tveimur tilfellum. Hafa ber í huga að í sumum tilfellum eru margar mælingar á lofthita á sama degi, allt að fimm mælingar, þar sem lofthitamæling fór fram á sama tíma og mælingar á hitasigi bindiefnis með tíma. Þetta á einnig við um mælingar á veghita. Meðaltal allra mælinga á lofthita var um 12°C.

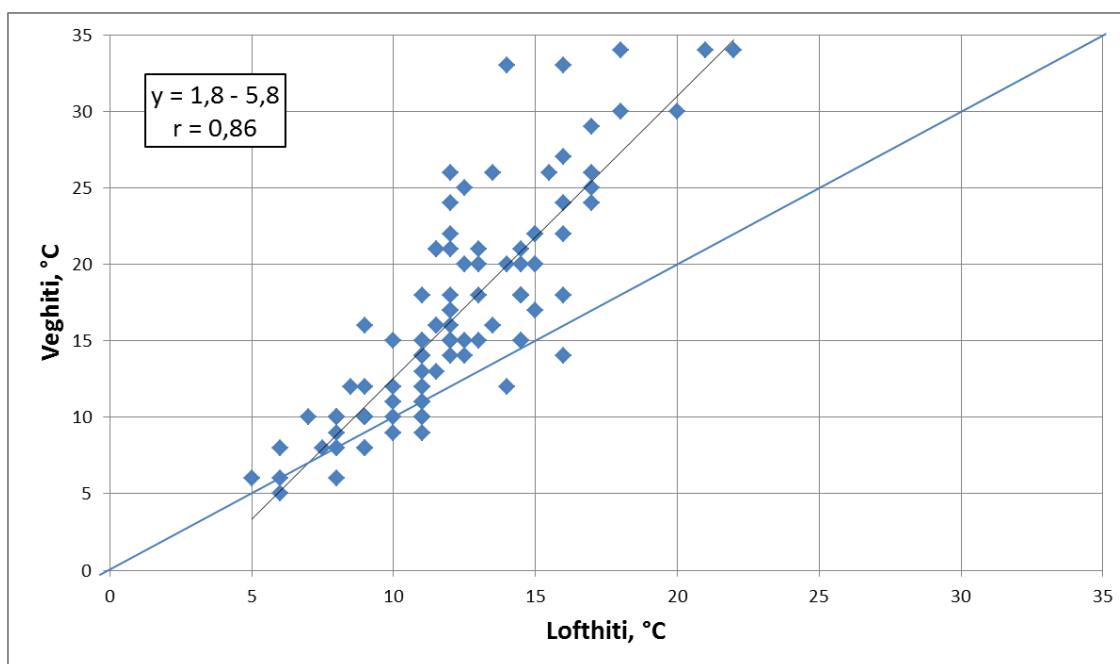
Mynd 6.2 sýnir niðurstöður mælinga á veghita þá daga sem mælt var hitastig bindiefnis með tíma.



Mynd 6.2 Niðurstöður mælinga á veghita sumarið 2013

Myndin sýnir að veghiti getur í sumum tilfellum orðið mun hærra en lofthitinn, sérstaklega ef lofthitastig er hátt. Í þessu tilfalli eru yfir 30 mælingar á veghita með hitastig yfir 20°C, en aðeins tvær mælingar á lofthita voru yfir því hitastigi. Meðaltal allra mælinga á veghita var liðlega 16°C, en dreifingin nokkuð mikil, eða frá um 5°C upp í tæpar 35°C.

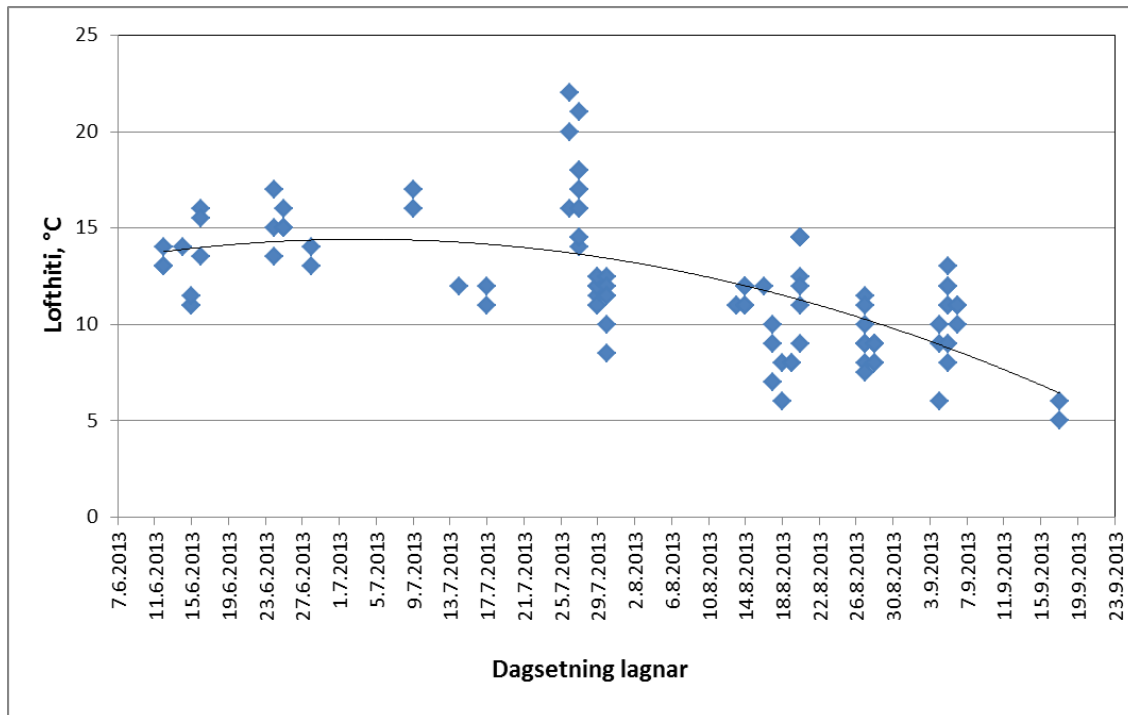
Mynd 6.3 sýnir tengsl milli mælinga á lofthita og veghita.



Mynd 6.3 Tengsl milli mælinga á lofthita og veghita sumarið 2013

Það sést á myndinni að tengslin eru nokkuð sannfærandi og er fylgnistuðullinn $r = 0,86$. Þegar lofthiti er tiltöluleg lágur er veghiti svipaður, en eftir því sem lofthiti hækkar hækkar veghiti enn meir. Þessi munur orsakast væntanlega af sólfari, þ.e.a.s. að sólgeislun veldur því að dökkt yfirborð vegar (eldri klæðingar) hitnar upp.

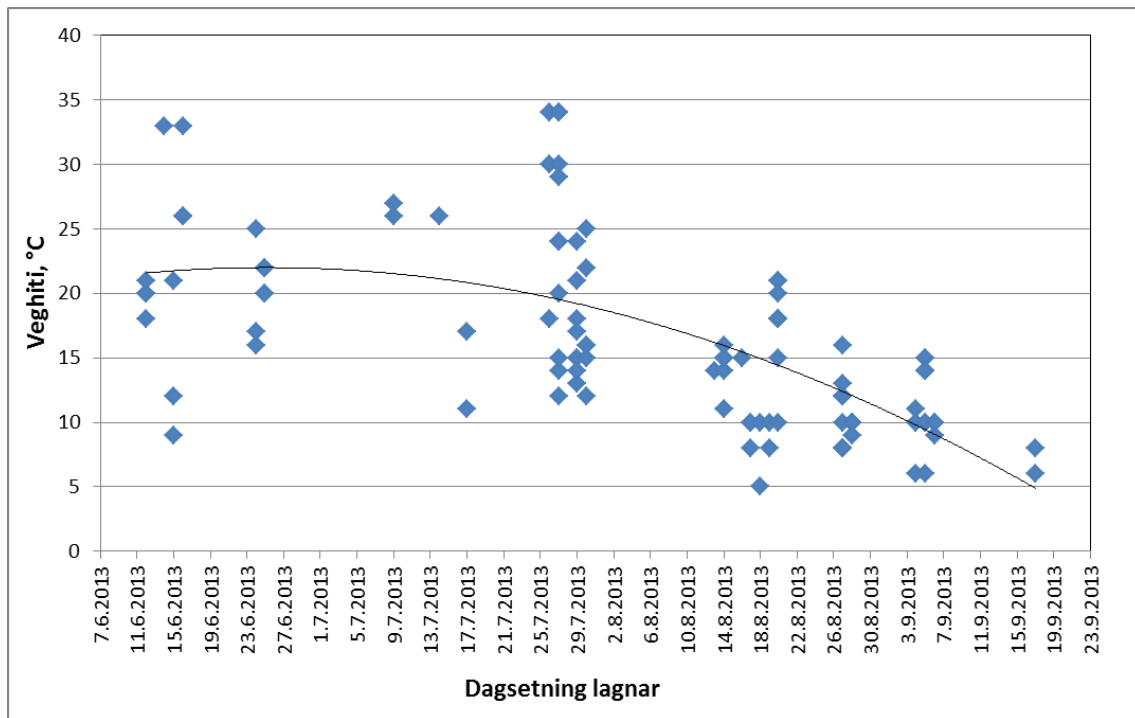
Á mynd 6.4 er gerð tilraun til að skoða hitastigsdreifingu lofthita með tíma, sem sagt hvenær sumars mælt var.



Mynd 6.4 Hitastigsdreifingu lofthita með tíma sumarið 2013

Línan sem dregin er inn á línuritið er svokölluð „Polynomial“ fylgni, sem á líklega ekki við stærðfræðilega, en reikna má með út frá mælingum að ákveðið hámark í hita sé í júlí og því á línulegt samband ekki við heldur. Í öllu falli er ljóst að lægstu mældu lofthitastig sem mæld voru við lagnir klæðinga síðasta sumars eru frá miðjum ágúst og fram í september, þar sem lofthiti undir 10°C mælist oft og jafnvel niður undir 5°C á því tímabili. Lofthiti að vori er hins vegar yfir 10°C í öllum tilfellum.

Á mynd 6.5 er gerð sýnd hitastigsdreifingu veghita með tíma, sem sagt hvenær sumars mælt var. Hér er á sama hátt og á mynd 6.4 dreginn inn lína með „polynomial“ fylgni sem á líklega ekki við stærðfræðilega.

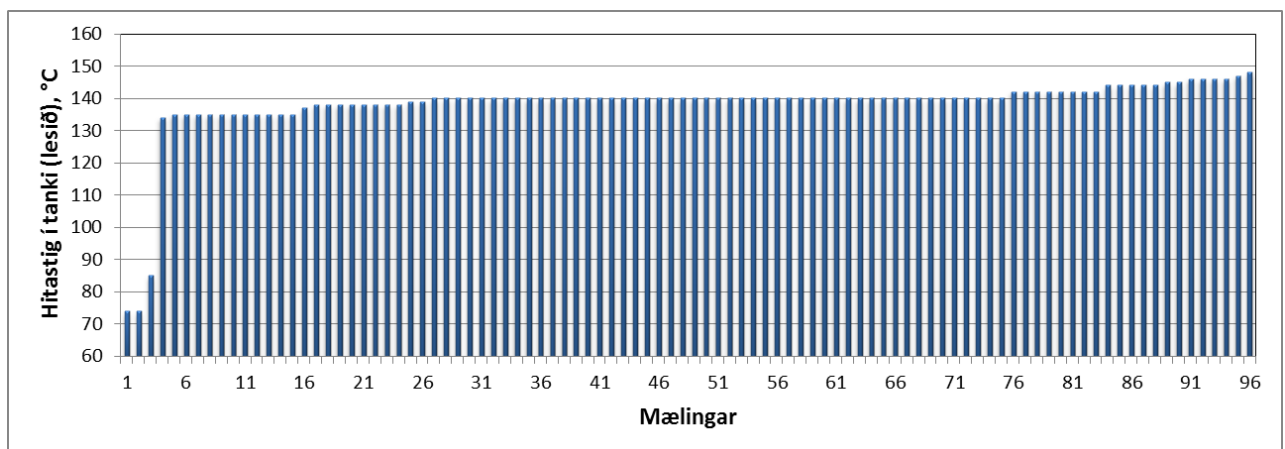


Mynd 6.5 Hitastigsdreifing veghita með tíma sumarið 2013

Myndin sýnir sömu tilhneigingu og mynd 6.4 að veghiti er að meðaltali hæstur í júlí. Þó er talsvert mikill munur á hæsta og lágsta hitastigi, t.d. í júní, en það skýrist vafalaust af sólgeislun í þeim tilfellum sem hitastig er hæst. Það er nokkuð ljóst að veghiti er einna lægstur síðsumars í ágúst og september og er þá svipaður og lofthitinn. Rétt er að taka fram að hér er einungis um að ræða mælingar á lofthita og veghita yfir eitt sumar sem ekki er einkennandi varðandi hitastig fyrir önnur sumar.

6.2 Hitastig bikbindiefnis með tíma

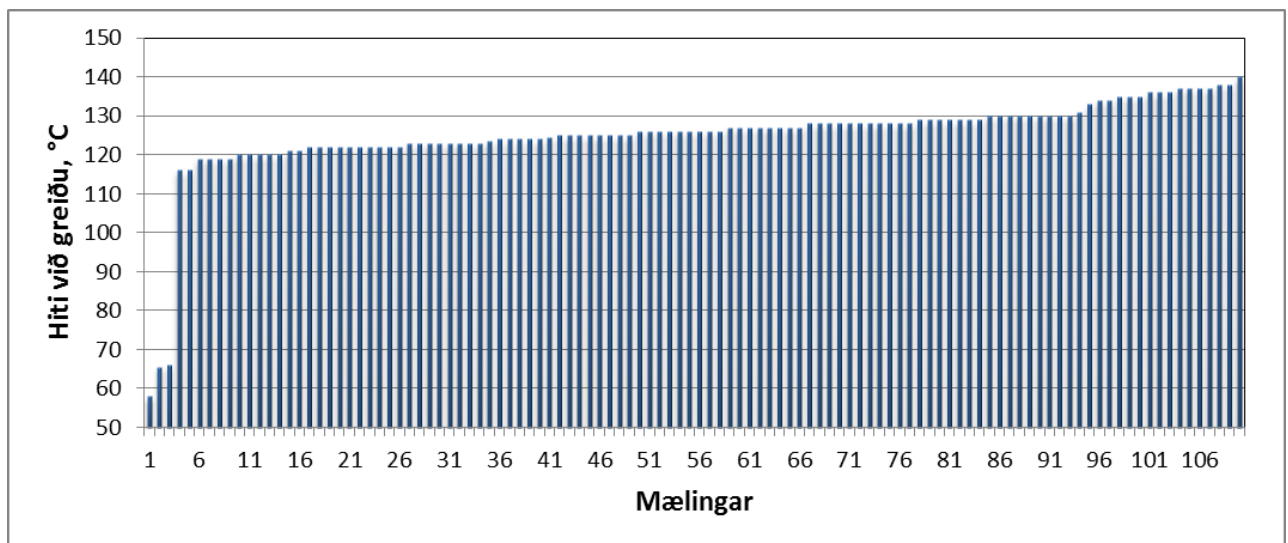
Eins og fram hefur komið var hitastig bikbindiefnisins mælt með tíma, fyrst í tanki fyrir útsprautun, síðan við greiðu rétt eftir útsprautun, þá við malardreifara rétt áður en steinefni var dreift í bindiefnið og loks við völtun. Mynd 6.6 sýnir hitastig bindiefnis, lesið af á tankbíl.



Mynd 6.6 Hitastig bikbindiefnis í tanki (lesið) áður en því er sprautað út sumarið 2013

Það má sjá á myndinni að í langflestum tilfellum er hitastig bikbindiefnis lesið af mæli á tankbíl nálægt 140°C. Í þremur tilfellum er það mun lægra, enda er í þeim tilfellum um bikþeytuklæðingar að ræða. Um 23 aflestrar eru á bilinu 135 til <140°C (fyrir utan bikþeyturnar), um 50 aflestrar eru 140°C, en samkvæmt seigjumælingum sem fjallað var um í kafla 4 hér að ofan ætti hitastig á bilinu 135 til 140°C að vera hæfilegt til útsprautunar á bindiefni með 6,5 % etylester úr lýsi, sem var raunin í flestum tilfellum sumarið 2013. Um 20 aflestrar eru yfir 140°C, sá hæsti 148°C, sem e.t.v. má ætlað að sé óþarflega hátt miðað við seigjumælingar (t.d. við 150°C á mynd 4.2).

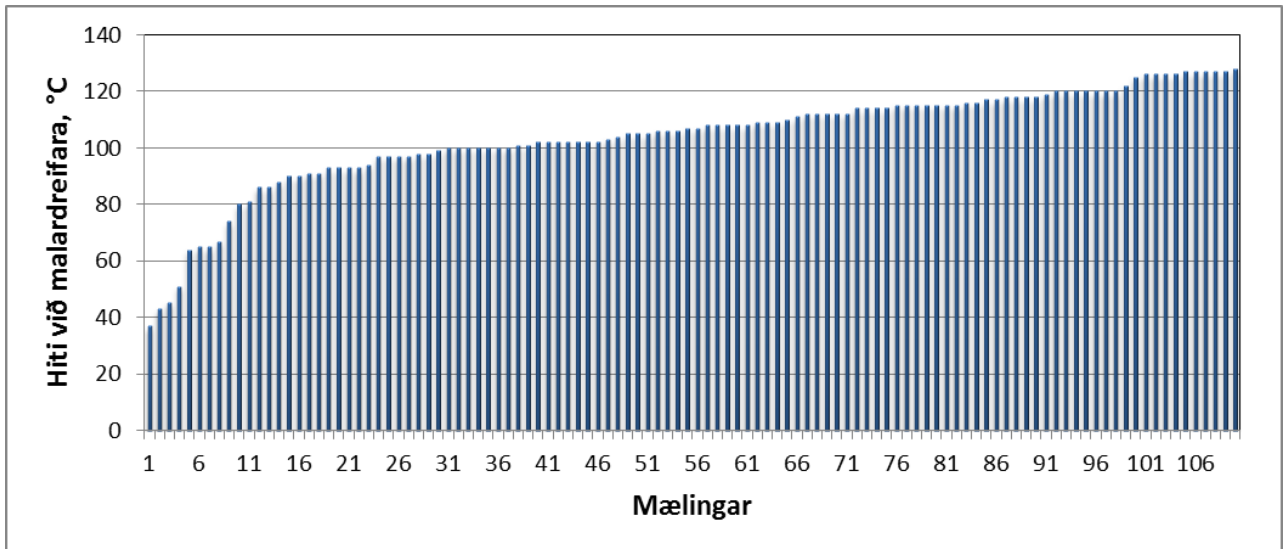
Mynd 6.7 sýnir hitastig bikbindiefnis við greiðu, rétt eftir að það fellur á vegfirborðið.



Mynd 6.7 Hitastig bikbindiefnis við greiðu rétt eftir að því er sprautað út sumarið 2013

Ef bikþeytuklæðingarnar eru undanskildar má sjá að hiti bikbindiefnis við greiðu liggur á bilinu frá 116°C til 140°C. Um það bil 10 mælingar liggja á bilinu 116 til 120°C og 10 mælingar eru yfir 135°C og í öllum þeim tilfellum er hitastig lesið af tanki 138 til 148°C. Langflestar mælingar liggja á bilinu frá 121°C til 135°C, eða um 85 mælingar. Ekki hafa verið settar fram beinar kröfur um hvert hitastig bindiefnis skuli vera við greiðu, en það lætur nærri að hiti bindiefnis lækki að meðaltali um u.þ.b. 15°C við það að snerta undirlag, þótt það fari eftir ytri þáttum, svo sem veghita og vindi.

Mynd 6.8 sýnir hitastig bikbindiefnis við malardreifara, rétt áður en steinefni er dreift yfir.

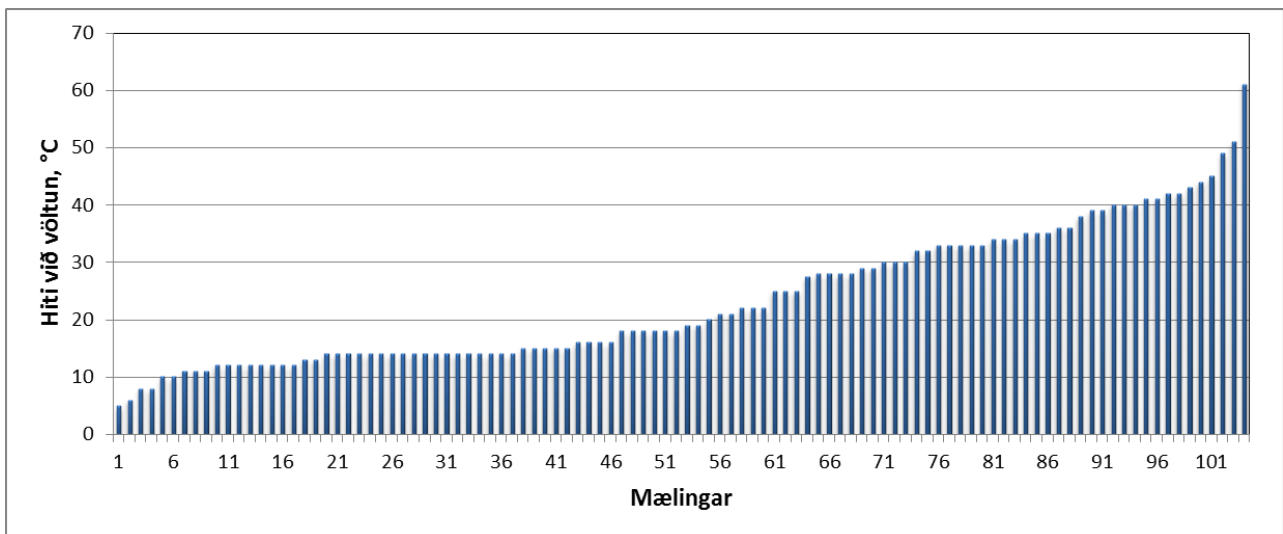


Mynd 6.8 Hitastig bikbindiefnis við malardreifara áður en steinefni leggst í það sumarið 2013

Myndin sýnir að allnokkur dreifing er í hitastigi á þeim tímapunkti þegar steinefni er við það að leggjast í bindiefnið, jafnvel þótt þremur lágstu hitastigunum sé sleppt, enda í þeim tilfellum um bikþeytu að ræða. Hitastig bikbindiefnis mælist við malardreifara á bilinu 51°C til 128°C. Um 27 mælingar eru undir 100°C og 12 mælingar yfir 120°C. Það eru því 68 mælingar frá 100°C til og með 120°C.

Ekki hafa verið settar fram beinar kröfur um hvert hitastig bindiefnis skuli vera við malardreifara, en það lætur nærri að hiti bindiefnis lækki að meðaltali um 20°C, eða í um 105°C, frá því að það snertir undirlag og þar til steinefni leggst í það, þótt það fari eftir ytri þáttum, svo sem veghita og vindi og tíma frá útsprautun.

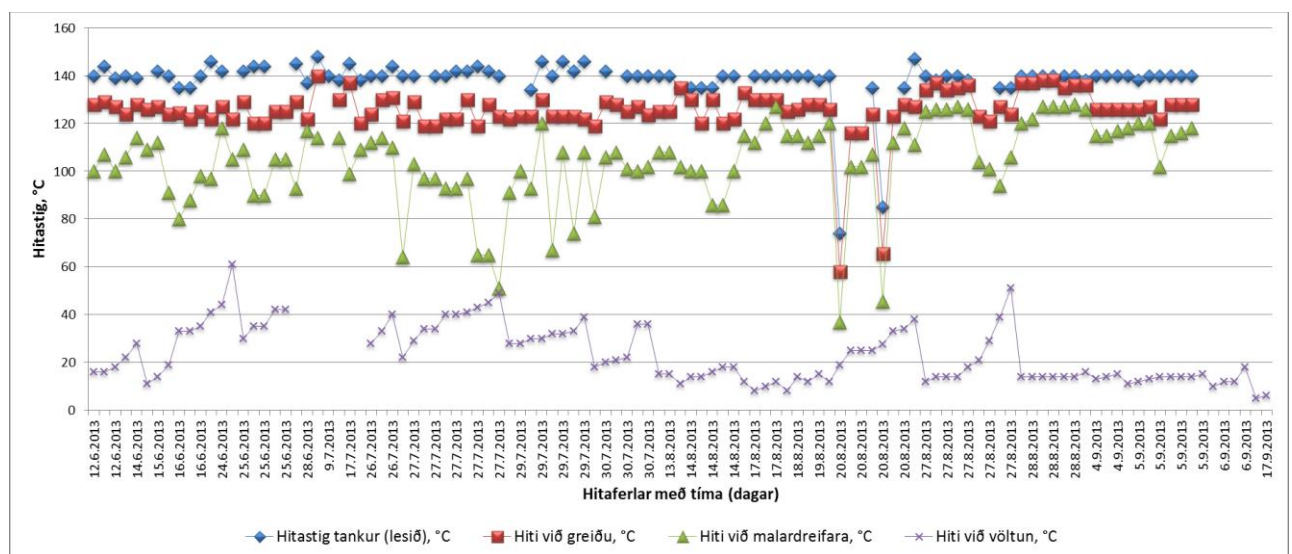
Mynd 6.9 sýnir hitastig bikbindiefnis við völtun þegar steinefni hefur verið dreift yfir.



Mynd 6.9 Hitastig bikbindiefnis við völtun þegar steinefni hefur verið dreift yfir sumarið 2013

Það sést á myndinni að hér bregður svo við að hitastig getur verið allt frá 5 og upp í 61°C og dreifing hitastiga nokkuð samfelld. Þetta ætti ekki að koma á óvart, þar sem hitastig við völtun ræðst væntanlega að stórum hluta af ástandi steinefnis og tíma frá útlögn til völtunar. Ekki lágu fyrir upplýsingar um hitastig steinefnis né ástand þess (þurrt, blautt, kalt o.s.frv.) og því verður ekki farið sérstaklega í nánari túlkanir á þessum þætti, sem sagt hitastigi bindiefnis við völtun.

Á mynd 6.10 hefur hitastig bikbindiefnis við mismunandi aðstæður, sem sagt í tanki, við greiðu, við malardreifara og við völtun verið dregið upp sem fall af dagsetningu. Eins og áður sagði geta verið fleiri en ein mæling samdægurs (allt að fimm), þannig að tímamælikvarðinn (dagsetning) getur verið skrikkjóttur. Engu að síður má segja að mælingar á hitasigi við mismunandi aðstæður séu nokkuð sannfærandi samkvæmt mynd 6.10.



Mynd 6.10 Mælingar á hitasigi við mismunandi aðstæður sumarið 2013

Mynd 6.10 sýnir að hitastig bikbindiefnisins lækkar eðlilega með tíma eftir að því er sprautað úr tanki. Meðalhiti bikbindiefnis í tanki var 140,0°C, við greiðu 126,7°C og við malardreifara 105,7°C (að bikþeytuklæðingunum undanskildum). Við völtun var meðalhitastig einungis 23,4°C, enda hafði þá kalt og jafnvel blautt steinefnið valdið snöggkólnun á bindiefninu. Segja má að hitastig bikbindiefnis lækki að meðaltali um tæpar 15°C úr tanki og þar til það leggst á veginn og aftur um 20°C áður en steinefni leggst í bindiefnið. Hitastig við völtun ræðst væntanlega að stórum hluta af ástandi steinefnis og tíma frá útlögn til völtunar. Benda má á að hitastig bikþeytuklæðinganna (tveir ferlar 20. ágúst) skera sig úr, nema hvað varðar hitastig við völtun.

7 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

- **Virgni mismunandi viðloðunarefna með tíma, sýni útbúin á rannsóknastofu.** Steinefni frá Seljadal og Hólabrú voru geymd við 130°C og prófuð í hrærsluprófi með 7 % mýkingarefni og TPH og Impact 8000. Jafnframt voru endurtekin próf með Wetfix N og sama þjálbiki við 130°C. Niðurstöður benda til að fyrri prófanir með Wetfix N hafi verið í lagi, s.s. að það viðloðunarefni komi mun ver út úr raunblönduprófum með tíma heldur en TPH og Impact 8000.
- **Virgni viðloðunarefna í stórum tanki með tíma.** Til stóð að asfaltkerra Vegagerðarinnar, með um 700 l af þjálbiki, yrði notuð til að geyma bik með mismunandi viðloðunarefnum og mæla viðloðun með tíma með hrærsluprófi. Bindiefninu átti að halda í 135°C og sýni tekin beint í hrærslupróf með tíma, strax, eftir 24 t, 48 t og lengur ef tilefni var til. Í ljós komu tæknilegir örðugleikar þegar farið var af stað með rannsóknáttinn, m.a. vegna þess að ekki er hægt að tæma kerruna. Í fyrsta hrærsluprófi, þar sem viðloðunarefni hafði verið hrært í 1 klst. varð þakning aðeins 67 % (með Seljadalsefni) og eftir því var tekið að bikbindiefnið (með 6,5 % etylester úr lýsi) var mjög stíft. Ákveðið var að hætta við þennan verkþátt, þrátt fyrir talsverðan undirbúning og fyrirhöfn.
- **Prófanir með raunblönduprófi með mismiklu magni mýkingarefni.** Útbúnaðar voru bindiefnisblöndur með 4, 5, 6 og 7 % lífólíu (etylester úr lýsi) og þær prófaðar með raunblönduprófi með 0,9 % Wetfix N og Seljadalsefni. Ekki kom fram munur á þakningu fyrr en mýkingarefnið var komið niður í 4 %, en þá fór að strípast af hornum og brúnum. Engin vandamál komu heldur upp við verklega útfærslu. Þetta bendir þó til þess að ekki sé ráðlegt að fara niður fyrir 5 % mýkingarefni, þar sem undir því hlutfalli er blandan orðin nokkuð stíf og ómeðfærileg.
- **Stungudýptarmælingar á biki eftir upphitun á rannsóknastofu.** Fjölver hefur gert mælingar eftir upphitun einu sinni, tvisvar og þrisvar. Bikið virðist harðna við fyrstu upphitun, en ekki marktækt meira við aðra og þriðju upphitun.
- **Seigjumælingar á þjálbiki með mismiklu mýkingarefni.** Niðurstöður seigjumælinga á sýnum með 4, 5, 6 og 7 % mýkingarefni (etylester úr lýsi) bárust frá Fjölver. Mælingarnar við 105, 120, 135 og 150°C eru í samræmi við fyrri mælingar á þjálbiki við sama hitastig, en við mælingar við 40 og 60°C er önnur aðferð notuð og sambandið við mælingar við 60°C og hærri hitastig virðist vera fyrir hendi.
- **Samanburður á kornakúrfum hjá verktökum og á prófunarstofum.** Útbúin voru 10 hlutasýni af tveimur burðarlagsefnum og dreift á fimm aðila (tvö sýni á hvern) til kornagreiningar. Svo virðist að munur sem kemur fram á hlutasýnum innan rannsóknastofa endurspeglar að mestum hluta raunverulegan munar á efnum eftir skiptingu (splittun). Niðurstöður benda einnig til þess að talsverður munur geti verið á kornakúrfum hjá mismunandi prófunarstofum. Einnig kom fram að annað burðarlagsefnið var innan markalína hjá verktakanum sem framleiddi það, en utan markalína að hluta hjá flestum prófunarstofunum. Hitt burðarlagsefnið var utan

markalína í öllum tilfellum, en munur milli prófunarstofa var ekki eins mikill í því tilfalli.

- **Hitamælingar við útlögn.** Eftirlitsmenn Vegagerðarinnar mældu hita bindiefnis með tíma frá útsprautun og þar til steinefni lagðist í það. Hitastig þjálbiks í tanki er að meðaltali um 140°C og útsprautað við greiðu um 125°C. Við malardreifara er hitastig bindiefnisins um 105°C.

HEIMILDASKRÁ

Alverk '95 1995: Almenn verklýsing fyrir vega- og brúargerð. Vegagerðin

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Kafli 6: Slitlag. – Vegagerðin, janúar 2014.

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Viðauki 4: Gerðarprófanir, framleiðslueftirlit og frávíkskröfur. – Vegagerðin, janúar 2014.

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Viðauki 1 – Lýsing á prófunaraðferðum. Vegagerðin, janúar 2013.

Gunnar H. Guðmundsson og Sigursteinn Hjartarson 2013: Íslenskar olíur til vegagerðar II. Vegagerðin, SHj ehf, Mannvit, Orkey.

Gunnar H. Guðmundsson og Sigursteinn Hjartarson 2012: Íslenskar olíur til Vegagerðar. Vegagerðin og SHj ehf.

Mæligögn frá Jóni Helga Helgasyni og Kristjáni S. Þorkelssyni send höfundum með tölvupósti 27. febrúar 2014.

Pétur Pétursson 2013: Breytt bindiefni í klæðingar – heimildakönnun og prófanir. Vegagerðin 2013.

Pétur Pétursson 2012: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 1. Vegagerðin 2012.

Pétur Pétursson 2013: Klæðingar, rannsóknir og þróun á prófunaraðferðum – áfangaskýrsla 2. Vegagerðin 2013.

Viðauki I Hitamælingar við útlögn klæðinga – valin gögn

Dagsetning	Vegnúmer	Lofthiti, °C	Veghiti, °C	Hiti við greiðu, °C	Hiti við Malar-dreifara, °C	Hiti við völtun, °C	Hitastig tölvu, °C	Hitastig tankur (lesið), °C
12.6.2013	56-01	14	20	129	107	16	139	144
12.6.2013	56-01	13	21	127	100	18	135	139
12.6.2013	56-01	13	20	128	100	16	142	140
12.6.2013	56-01	13	18	124	106	22	142	140
14.6.2013	60-02	14	33	128	114	28	150	139
15.6.2013	60-24	11,5	21	124	91	19	145	140
15.6.2013	60-24	11	12	127	112	14	145	142
15.6.2013	60-23	11	9	126	109	11	141	
16.6.2013	60-23	13,5	26	124,5	80	33	144	135
16.6.2013	60-09	16	33	122	88	33	140	135
16.6.2013	60-09	15,5	26	125	98	35	135	140
24.6.2013	744-02	17	25	122	97	41	138	146
24.6.2013	744-02	15	17	127	118	44	142	142
24.6.2013	744-03	13,5	16	122	105	61	135	
25.6.2013	744-02/03	16	22	129	109	30	145	142
25.6.2013	744-02	15	22	125	105	42	136	
25.6.2013	744-01	15	22	125	105	42	132	
25.6.2013	744-01	15	20	120	90	35	141	144
25.6.2013	744-01	15	20	120	90	35	141	144
28.6.2013	1-m2	14		122	117			137
28.6.2013	1-m2	13		129	93			145
9.7.2013	1-p3 SBS	16	27	140	114			148
9.7.2013	1-p3 SBS	17	26					140
14.7.2013	1-q3	12	26	130	114			138
17.7.2013	1-q0	12	17	137	99			145
17.7.2013	1-p9	11	11	120	109			138
26.7.2013	744-03	22	34	130	114	33	145	140
26.7.2013	744-03	20	30	124	112	28	147	140
26.7.2013	744-03	16	18	131	110	40	145	144
27.7.2013	744-03	14	12	122	93	40	145	140
27.7.2013	744-03	16	14	122	93	40	147	142
27.7.2013	744-02	17	24	119	97	34	138	

Dagsetning	Vegnúmer	Lofthiti, °C	Veghiti, °C	Hiti við greiðu, °C	Hiti við Malar-dreifara, °C	Hiti við völtun, °C	Hitastig tölvu, °C	Hitastig tankur (lesið), °C
27.7.2013	744-02	18	30	121	64	22		140
27.7.2013	744-02	18	34	130	97	41	146	142
27.7.2013	744-02	21	34	119	97	34	142	140
27.7.2013	744-02	17	29	129	103	29	139	140
27.7.2013	744-02	16	24	119	65	43	150	144
27.7.2013	744-02	14,5	20	123	51	49	146	140
27.7.2013	744-02	14,5	15	128	65	45	143	142
29.7.2013	744-02	12	24	123	74	33	145	142
29.7.2013	744-02	11,5	21	123	67	32	17	140
29.7.2013	744-01	12	17	123	93	30	145	134
29.7.2013	744-01	12	18	123	100	28	145	
29.7.2013	744-01	12,5	15	130	120	30	157	146
29.7.2013	744-01	11	15	122	91	28	135	
29.7.2013	744-01	12,5	14	122	108	39	157	146
29.7.2013	744-01	11	13	123	108	32	145	146
30.7.2013	744-01	8,5	12	125	101	22	144	140
30.7.2013	744-01	10	15	129	106	20	145	142
30.7.2013	744-01	11,5	16	119	81	18	139	
30.7.2013	744-01	12,5	25	128	108	21	145	
30.7.2013	744-01	12	22	127	100	36	141	140
30.7.2013	744-01	11,5	16	123,5	102	36	141	140
13.8.2013	61-25	11		125	108	15	145	140
13.8.2013	61-25	11	14	125	108	15	145	140
14.8.2013	61-31	11	11	122	100	18	145	140
14.8.2013	61-31	11	14	120	86	18	145	140
14.8.2013	61-31	12	16	130	86	16	145	135
14.8.2013	61-31	12	15	135	102	11	145	135
14.8.2013	61-31	11	15	130	100	14	145	135
14.8.2013	61-31	12	15	120	100	14	145	135
16.8.2013	61-34	12	15	133	115	12		
17.8.2013	61-39	7	10	130	127	12	145	140
17.8.2013	61-38	10	10	130	120	10	145	140
17.8.2013	61-38	9	8	130	112	8	145	140
18.8.2013	61-38	6	5	125	115	8	145	140

Dagsetning	Vegnúmer	Lofthiti, °C	Veghiti, °C	Hiti við greiðu, °C	Hiti við Malar-dreifara, °C	Hiti við völtun, °C	Hitastig tölvu, °C	Hitastig tankur (lesið), °C
18.8.2013	61-38	8	10	126	115	14	145	140
19.8.2013	61-38	8	10	128	115	15	145	138
19.8.2013	61-38	8	8	128	112	12	145	140
20.8.2013	1-g8	11	18	65,5	45,5	27,5		85
20.8.2013	1-g8	12	21	128	118	34	145	135
20.8.2013	1-g8	12,5	20	58	37	19		74
20.8.2013	1-g8	14,5	21	124	107	25	143	135
20.8.2013	1-g8	14,5	18	116	102	25		
20.8.2013	1-g8	14,5	18	116	102	25		
20.8.2013	1-g8	14,5	15	127	111	38	141	147
20.8.2013	1-g8	14,5	18	123	112	33	140	
20.8.2013	61-38	9	10	126	120	12	145	140
27.8.2013	1-j1	7,5	8	121	101	29		
27.8.2013	1-j1	9	16	127	94	39	140	135
27.8.2013	1-k5	11,5	13	123	104	21		
27.8.2013	1-k5	11	12	124	106	51	140	135
27.8.2013	60-41	9	10	137	126	14	145	138
27.8.2013	60-41	9	12	136	126	18	145	138
27.8.2013	60-41	10	12	135	127	14	145	140
27.8.2013	60-41	9	8	134	126	14	145	140
27.8.2013	60-43	8	8	134	125	12	145	140
28.8.2013	60-43	8	9	138	127	14	145	140
28.8.2013	60-43	8	10	138	127	14	145	140
28.8.2013	60-43	9	10	136	128	14	147	140
28.8.2013	60-43	9	10	135	127	14	147	140
28.8.2013	60-03	9	10	137	120	14	145	140
28.8.2013	60-03	9	10	137	122	14	145	140
28.8.2013	60-43	9	10	136	126	16	145	138
4.9.2013	60-44	10	11	126	117	15	145	140
4.9.2013	60-44	9	10	126	115	14	145	140
4.9.2013	60-44	6	6	126	115	13	145	140
5.9.2013	60-45	11	14	128	116	15	145	140
5.9.2013	60-45	12	15	122	102	14	145	140
5.9.2013	60-45	13	15	128	115	14	145	140

Dagsetning	Vegnúmer	Lofthiti, °C	Veghiti, °C	Hiti við greiðu, °C	Hiti við Malar-dreifara, °C	Hiti við völtun, °C	Hitastig tölvu, °C	Hitastig tankur (lesið), °C
5.9.2013	60-45	12	14	128	116	14	145	140
5.9.2013	60-46	11	14	128	118	14	145	140
5.9.2013	60-46	9	10	127	120	13	145	140
5.9.2013	60-46	9	10	126	120	12	145	138
5.9.2013	61-39	8	6	126	118	11	145	140
6.9.2013	54-08	11	10	66	43	18	86	74
6.9.2013	61-38	11	10	127	120	12	145	140
6.9.2013	61-38	11	10	125	119	12	140	135
6.9.2013	61-38	10	9	126	102	10	145	140
17.9.2013	61-38	5	6	129	98	5	156	140
17.9.2013	61-38	6	8	129	102	6	150	138