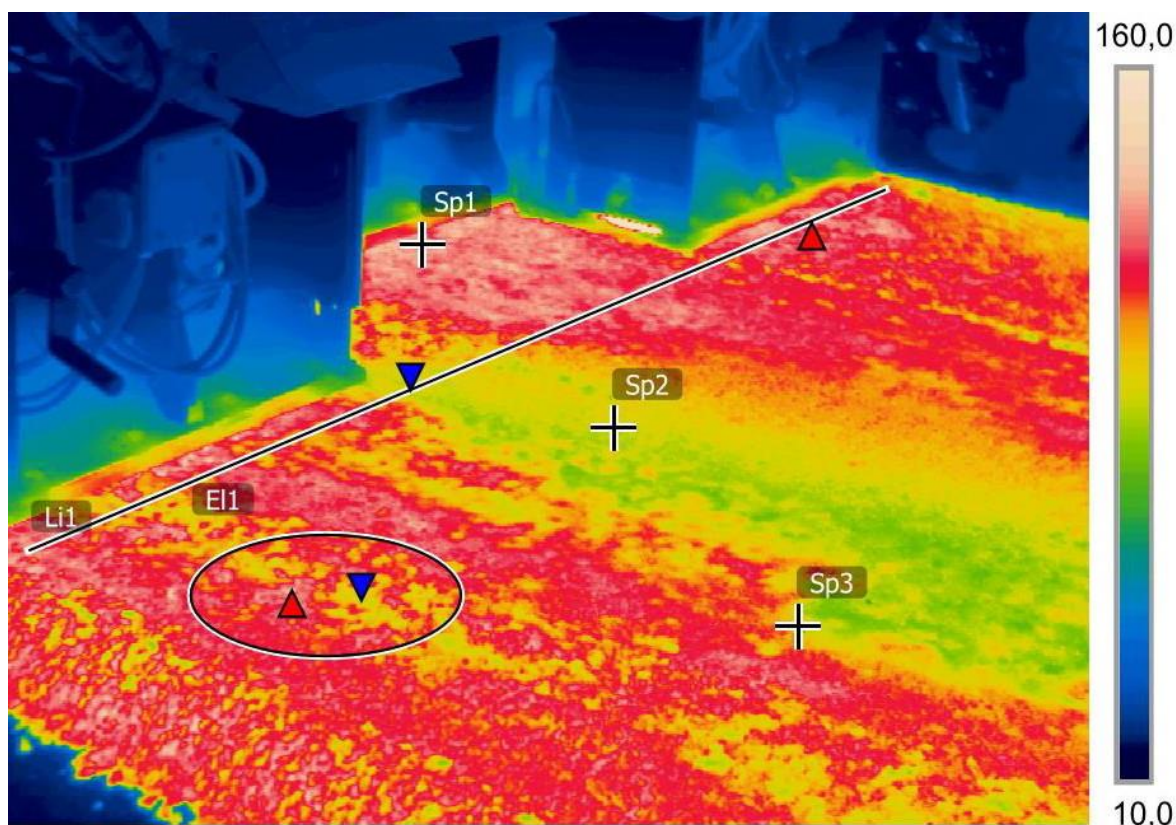




Malbiksrannsóknir 2015

Áfangaskýrsla VIII



Pétur Pétursson
apríl 2016

INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um niðurstöður malbiksprófana ársins 2015, svo og samanburður gerður við fyrri rannsóknir þegar það á við. Segja má að verkefni þessa áfanga hafi verið skipt upp í fimm hluta;

1. **Samanburðarprófanir á hjólfaramyndun í íslensku og norsku malbiki.** Tilgangur þessa verkliðar er að bera saman niðurstöður hjólfaraprófa á norsku og íslensku malbiki í sitt hvoru hjólfarataekinu. Komið hefur í ljós að íslenskt malbik virðist koma illa út í hjólfaraprófum miðað við sambærilegar malbiksblöndur, t.d. norskar blöndur, og ekki er hægt að útloka að tækjabúnaður spili að einhverju leyti inn í niðurstöður. Markmiðið er að sannreyna hvort íslenskt malbik sé raunverulega mun lakara hvað varðar skriðeiginleika en það sem notað er í nágrannalöndunum. Þessi verkþáttur fór af stað og voru þjöppuð malbikssýni á rannsóknastofu af tveimur gerðum af íslensku malbiki prófuð héraðs og í Noregi og eru niðurstöðurnar birtar í þessari skýrslu.
2. **Prófanir á slitþoli mismunandi malbiksgerða með Prall slitþolsprófi þar sem breytur verða steinefnagerðir og steinefnastærðir.** Mikið hefur verið í umræðunni undanfarin misseri að íslensk steinefni séu ekki samkeppnishæf við erlend steinefni varðandi slitþol í malbiki. Markmið verkþáttarins var að safna gögnum um slitþol algengustu malbiksgerða sem notaðar eru héraðs til samanburðar við það gagnasafn sem fyrir er um slitþol malbiks, bæði með íslensku steinefni og skandinavísku steinefni. Þessum verkþætti lauk með prófunum á 12 algengum malbiksgerðum með Prall slitþolsprófi og eru niðurstöðurnar birtar í þessari skýrslu.
3. **Úttektir á ótímabærum skemmdum í nýlegu malbiki í Reykjavík.** Tilgangur þessa verkþáttar var að kanna og kortleggja umfang ótímabærra skemmda í malbiki í Reykjavík. Markmiðið er að sporna við ótímabærum skemmdum og kanna hvort ákveðnar malbiksgerðir komi ver út en aðrar að þessu leyti. Framkvæmdadeild Vegagerðarinnar lét taka kjarnasýni úr völdum malbiksköflum sem voru nokkurra ára gamlir, þeir elstu frá árinu 2011. Gerðar voru mælingar á sýnunum, sem sagt bikinnihald og kornadreifing og eru niðurstöðurnar birtar í þessari skýrslu.
4. **Átak til að innleiða prófanir á filler-eiginleikum í malbiki.** Mikilvægt er að fá úr því skorið hvort um mikinn breytileika er að ræða í eiginleikum fillers sem orsaki óvissu um raunverulega eiginleika mismunandi malbiksblendna. Ef svo er má ætla að mikilvægt gæti verið að kanna á seinni stigum áhrif fillers á magn biks við hönnun, vinnanleika malbiks, stífni, vatnspól og fleiri þætti. Metið yrði hvort ástæða væri til að Vegagerðin gerði kröfu um að upplýsingar um eiginleika fillers liggi fyrir hverju sinni hjá malbiksframleiðendum. Tveir stærstu framleiðendur malbiks á höfuðborgarsvæðinu söfnuðu fillersýnum við framleiðslu malbiks á síðasta ári og var rúmþyngd og holrýmd þeirra sýna mæld og niðurstöður birtar í þessari skýrslu.
5. **Könnun á notkun hitamyndavéla við útlögn malbiks.** Tilgangur þessa verkhluta var að kanna með heimildakönnun hvort ástæða væri til að innleiða notkun hitamyndavéla við útlögn malbiks. Leigð var hitamyndavél í stuttan tíma til að gera tilraunir með mælingar á hitadreifingu í malbiki, í þeim tilgangi að auðvelda ákvarðanatöku um innleiðingu þessarar tækni. Niðurstöður þessara mælinga eru birtar í þessari skýrslu.

Efnisyfirlit

INNGANGUR.....	1
1 FYRRI ÁFANGAR.....	4
2 PRÓFUNARAÐFERÐIR.....	6
2.1 Hjólfarapróf.....	6
2.2 Prall slitþolspróf.....	7
2.3 Rigden holrýmd.....	8
2.4 Hitastigsmælingar á malbiki við útlögn.....	9
3 Samanburður á hjólfaramyndun í íslensku og norsku malbiki.....	10
3.1 Malbiksgerðir.....	10
3.2 Hjólfaraprófanir – niðurstöður.....	11
3.3 Mælingar á rúmþyngd og holrýmd.....	16
4 Prófanir á slitþoli mismunandi malbiksgerða með Prall slitþolsprófi.....	20
4.1 Gerð sýna.....	20
4.2 Prall slitþolspróf.....	21
4.2.1 Um rúmþyngdarmælingar.....	21
4.2.2 Niðurstöður Prall slitþolsprófa.....	24
5 Úttektir á ótímabærum skemmdum í nýlegu malbiki í Reykjavík.....	30
5.1 Prófanir á steinefnum sem notuð eru í malbik hérlendis.....	30
5.2 Prófanir á malbikskjörnum.....	33
5.2.1 Steinefni, kornakúrf.....	33
5.2.2 Bindiefni og holrýmd.....	39
5.3 Umræða.....	47
6 Átak til að innleiða prófanir á filler-eiginleikum í malbiki.....	49
7 Könnun á notkun hitamyndavéla við útlögn malbiks.....	53
8 ÁLYKTANIR.....	89
Heimildir, staðlar og ítarefni:.....	92
VIÐAUKI I Niðurstöður prófana.....	94

1 FYRRI ÁFANGAR

Á undanförunum árum hafa komið út skýrslur um rannsóknir á íslensku malbiki sem framkvæmdar voru með tækjabúnaði sem komið var upp á Nýsköpunarmiðstöð Íslands (NMI) og uppfyllir Evrópustaðla. Fyrsta skýrslan í þessum flokki hét *Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður* og kom út árið 2009. Í þessum fyrsta áfanga voru meðal annars gerðar mælingar á skriðeiginleikum sýna í hjólfaraprófi af SL malbiki (AC) sem tekin voru úr vegi með sögun, svo og samanburður á þeim sýnum og sams konar sýnum sem þjöppuð voru á rannsóknastofu með malbiksþjöppu (e: roller compactor). Í öðrum áfanga verkefnisins, sem áfangaskýrsla II frá 2010 fjallar um, var aftur tekið sýni úr vegi, að þessu sinni SMA malbik auk þess sem haldið var áfram að prófa hefðbundnar íslenskar malbiksgerðir. Á þessum tíma hafði Prall- slitþolstækið verið sett upp og voru sýni því bæði prófuð með tilliti til skrið- og sliteiginleika. Þriðja áfangaskýrslan í sama flokki kom út árið 2011 og má segja að í þeim áfanga hafi verið framhald á prófunum á hefðbundnum malbiksblöndum með tilliti til skrið- og sliteiginleika, aðallega á aðsendum sýnum, þjöppuðum á rannsóknastofu. Í mars 2012 kom svo út fjórða áfangaskýrsla þessa verkefnis, en í þeim áfanga var áhersla lögð á prófanir á áhrifum fínefnahluta og fínefnagerðar í malbiki á skriðeiginleika þess. Í fimmtu áfangaskýrslunni sem kom út í mars 2013 er fjallað um áhrif fínefnainnihalds og bikmagns á skriðeiginleika malbiks. Einnig er þar borin saman hönnuð holrýmd með Marshall aðferð og mæld holrýmd í sýnum sem prófuð höfðu verið með hjólfaraprófi. Þá er fjallað um slit- og skriðeiginleika malbiks sem tekið var úr tilraunaköflum á Bústaðavegi í áfangaskýslu V og einnig könnuð áhrif frost/þíðu í saltlausn á slitþol malbikssýna. Áfangaskýrsla VI kom út í febrúar 2014, en þar er fjallað sérstaklega um mun á niðurstöðum hjólfaraprófana eftir því hvort sýni eru þjöppuð á rannsóknastofu eða söguð plötusýni úr götu. Þá voru teknar saman allar prófanir sem gerðar höfðu verið í hjólfarataekinu, holrýmdarmælingar tengdum þeim, fínefna- og bikinnihald, svo og niðurstöður allra Prall slitþolsprófa. Í síðasta áfanga þessa verkefnis, sjá áfangaskýrslu VII frá apríl 2015 er gerð grein fyrir helstu niðurstöðum sem fengust í MSc verkefni við HÍ varðandi áhrif íblöndunarefna á eiginleika malbiks (Katrín Þuríður Pálsdóttir 2014). Einnig var í þeirri lýst sýnatöku að malbiki úr vegyfirborði með stórum kjarnabor, svo og hjólfaraprófunum á þeim sýnum. Borin voru saman mæligildi á sýnum sem tekin voru úr götu og sýnum þjöppuðum á rannsóknastofu, auk þess sem birtar voru niðurstöður norskra prófana í hjólfarataeki.

Auk þessara skýrslna um rannsóknir á íslensku malbiki kom út skýrsla um áhrif fjölliðubreyttra bikbindiefna á skrið- og sliteiginleika malbiks árið 2010 og var hún hluti af námsverkefni við Háskólann í Reykjavík (Ásgeir Rúnar Harðarson 2010). Þá kom út skýrsla um niðurstöður verkefnis sem fjallaði um áhrif bikgerðar (mælt með stungudýptarmælingu) á slit- og skriðeiginleika malbiks í mars 2011. Fleiri verkefni tengjast rannsóknum á malbiki með nýjum prófunaraðferðum á síðustu árum, m.a. hefur Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas lagt út tilraunakafla og hafa sýni úr götu og gerð á rannsóknastofu verið prófuð m.a. með hjólfarataeki og Prall-slitþolstæki og gefnar út skýrslur. Þá hafa gögn fengist úr rannsóknaverkefnum sem tengjast endurvinnslu malbiks.

Verkefnið í heild sinni snýr að áframhaldandi rannsóknum á íslensku malbiki í víðum skilningi. Með tilkomu nýrra evrópskra prófunarstaðla og tækjabúnaðar á NMÍ er unnt að mæla ýmsa eiginleika þeirra malbiksblanda sem nú eru í notkun hérlandis með tilliti til hinna nýju staðla. Einnig er unnt að hanna, þjappa og prófa ýmsar blöndur malbiks, svo sem malbiks sem blandað er með fjölliðum (SBS) eða hitalækkandi efnum (Sasobit vaxi og Evotherm).

Helsti styrktaraðili verkefnisins Malbiksraðsóknir 2015 er Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar, en einnig hafa malbikunarstöðin Höfði og Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas séð um sýnatöku af filler á eigin kostnað.

Í verkefnishópi sátu Sigurlaug María Hreinsdóttir og Hafsteinn Hilmarsson hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Gunnar Bjarnason hjá Vegagerðinni, Halldór Torfason hjá Malbikunarstöðinni Höfða, Sigbór Sigurðsson hjá Malbikunarstöðinni Hlaðbær-Colas, Theodór Guðfinnsson hjá Reykjavíkurborg og Pétur Pétursson verkefnisstjóri.

2 PRÓFUNARAÐFERÐIR

Í þessum kafla eru settar fram lýsingar á þeim prófunaraðferðum sem fjallað er um í skýrslunni, en sumar af þessum lýsingum á aðferðum hafa birst í fyrri áfangaskýrslum þessa verkefnis.

2.1 Hjólfarapróf

Skriðpróf í hjólfarataeki, eða hjólfarapróf, eru hér gerð samkvæmt staðli ÍST EN 12697-22 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt – Part 22: Wheel tracking, nánar tiltekið með litlu tæki (aðferð B) í lofti, en slíkt tæki er til staðar á NMÍ. Prófsýni geta verið heldur tekin úr götu eða þjöppuð á rannsóknastofu. Tæki til þjöppunar á heitum malbikssýnum sem passa í hjólfarataekið er einnig til staðar á NMÍ og er það í samræmi við staðal ÍST EN 12697-33 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt – Part 33: Specimen prepared by roller compactor. Þegar malbik er þjappað í þjöppunni er það hitað upp að því hitastigi sem hæfir bikgerðinni, vigtað og sett í mót, gjarnan 300 x 400 mm á kant. Þegar magn er ákvarðað er tekið mið af rúmþyngd malbiksins þannig að það nái ákveðinni þykkt, að teknu tilliti til holrýmdar að þjöppun lokinni. Þjöppunin felst í því að ávalur stálfótur leggst á sýnið og hnoðar það fram og aftur til að líkja eftir stáltromlu valta, sjá mynd 1 a). Farið er yfir sýnið alls tíu sinnum með 10 kN álagi á stálfótinn og tekur þjöppun hverrar plötu u.þ.b. 2 mínútur.

Hjólfaraprófið er gert í lokuðum, hitastýrðum skáp, sjá mynd 1 b). Malbiksplötu er komið fyrir í skápnum og hún látin standa í a.m.k. 4 klst. til að ná prófunarhitastiginu. Í prófinu er gúmmíhjól, sem er 200 mm í þvermál og 50 mm breitt, ekið fram og aftur eftir sýninu, alls 10.000 umferðir með 700 N álagi. Hjólið ekur samtals 230 mm í hvora átt á sýninu með hraðanum 26,5 umferðir á mínútu. Mælir skráir reglulega hjólfaradýpt á hverjum tíma. Hafður er stuðningur við hliðar og enda plötunnar meðan á prófun stendur. Samkvæmt prófunarstaðli skal í hverju prófi mæla tvö hlutasýni og gefa upp meðaltal þeirra.



Mynd 1 a) Malbiksþjappa



b) Hjólfarataeki

Hjólfarapróf voru gerð við 45°C, en það er lægsti leyfilegi prófhiti samanber töflu D.1 í viðauka D í staðli um gerðarprófanir á malbiki, ÍST EN 13108-20 Bituminous mixtures - Material specifications - Part 20: TypeTesting. Niðurstöður prófsins er hægt að setja fram með þrenns

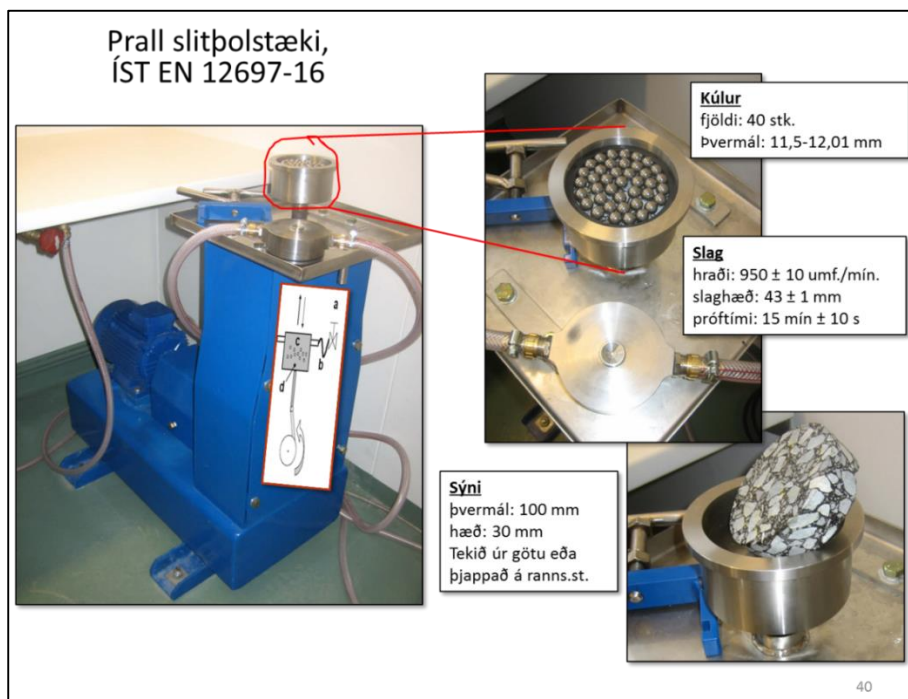
konar; heildarhjólfaradýpi í mm eftir 10.000 umferðir (Total Rut Depth, TRD), hjólfaradýpt sem hlutfall af sýnisþykkt (Proportional Rut Depth, PRD) og hjólfaramyndun á hverjar 1000 umferðir, síðustu 5.000 umferðirnar (Wheel Tracking Slope, WTS).

2.2 Prall slitpolspróf

Prall slitpolsprófið er ætlað til þess að meta slitpól malbiks gagnvart nagladekkjaáraun. Aðferðin er samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 12697-16. Prófið er gert þannig að í litlum stálhólki er komið fyrir sneið af malbiki sem er um 10 cm í þvermál og 3 cm þykk ásamt 40 stálkúlum sem eru 1,15 cm í þvermál. Á hólkinn er sett lok sem leyfir vatnsstreymi yfir sýnið, 2 l/mín af 5 +/- 1°C vatni. Tækið hristir síðan hólkinn upp og niður, 950 sveiflur/mínútu í 15 mínútur og er slaglengdin 4,3 cm. Þyngdartap sýna er mælt og síðan reiknað yfir í ml. Í hverju prófi eru prófuð fjögur hlutasýni og er Prall gildið meðaltal þeirra.

Í sneiðum sem gerðar eru úr borkjörnum er álagið sett á vegyfirborðið en í þeim sem sagaðar eru úr sívalningum þjöppuðum á rannsóknastofu, er áraunin sett á sagarfarið. Prallgildi eru því ekki allveg sambærileg milli sýna teknum úr götu og sýna útbúnum á rannsóknastofu.

Mynd 2 sýnir Prall-slitpólstæki og gefur auk þess upplýsingar um einstaka þætti sem viðkoma tækjabúnaði og prófi.



Mynd 2 Prall slitpólstæki sýnt með skýringartexta

2.3 Rigden holrýmd

Mæling á rigden holrýmd fillers felst í því að pakka ákveðnu magni af filler í lítið mót og er notaður til þess fallhamar, sjá mynd 3 af tækjabúnaði sem notaður var við mælingarnar á Nýsköpunarmiðstöð Íslands.



Mynd 3 a og b Búnaður til að mæla Rigden holrýmd fillers

Reiknuð er út eðlisþyngd fillers sem fer í Rigden holrýmdarpróf og samkvæmt eyðublaði frá NMÍ eru þeir útreikningar samkvæmt mynd 4.

Kornarúþyngd Fillers skv. ÍST EN 1097-7.						
Tegund vökva:	Eimað vatn					
Hitastig vökva:	25 ± 0,1		°C			
Rúmmál flösku:	50,0		ml			
Eðlismassi vökva, ρ_l :	0,997		g/cm ³			
Flaska nr.	Flaska, g (m_0)	Flaska + vökvi, g	Sýni + flaska, g (m_1)	Flaska+sýni+ vökvi, g (m_2)	Kornarúþyngd, g/cm ³	Meðaltal, Mg/m ³
4	43,09	124,65	52,768	130,879	2,80	2,81
1	44,90	124,96	54,148	130,981	2,85	
2	39,42	122,46	48,969	128,588	2,79	
3	41,88	124,13	51,52	130,39	2,84	
$\rho_f = (m_1 - m_0) / (V - ((m_2 - m_1) / \rho_l)) = \text{g/cm}^3 = \text{Mg/m}^3$						

Mynd 4 Dæmi um útreikninga á kornarúþyngd fillers

Við útreikninga á Rigden holrýmd er dæmi um mælieiningar sem notast er við sýnt á mynd 5.

Holrýmd Fillers skv. ÍST EN 1097-4.

Þvermál sívalings, α :	25	mm
Þyngd sívalings, g:	350	g
Fjöldi falla:	100	
Eðlismassi sýnis, ρ :	2,81	Mg/m ³

sýni,nr.	Tæki+sýni+filter, g.	Sýni, g (m ₂)	Hæð, mm (h)	Holrýmd fillers, %	Meðaltal, %
1	517,2	9,3	10,3	34,49	34,5
2	517,1	9,2	10,2	34,55	
3	517,3	9,4	10,4	34,42	

$$V=(1-((4*10^3*m_2)/(\alpha^2*\rho*\pi*h)))*100=\%$$

Mynd 5 Dæmi um útreikninga á Rigden holrýmd (V)

2.4 Hitastigsmælingar á malbiki við útlögn

Samið var við innflutningsfyrirtækið Stýring um leigu á fullkominni hitamyndavél og starfsmanni til að sjá um myndatökur. Hitamyndavélin var af gerðinni FLIR T640, en hún tekur innrauðar (IR) myndir með yfir 300.000 mælipunktum, hitastigsbil frá -40°C til 2000°C og er skynjari mælingar upp á 0,035°C. Nákvæmni er gefin upp +/- 2°C. Á sama tíma og hitamynd er tekin er jafnframt tekin hefðbundin svart/hvít ljósmynd með, þannig að unnt sé að átta sig á staðháttum til að auðvelda túlkun hitamyndavélar. Mynd 6 sýnir FLIR T hitamyndavél sams konar og notuð var í þessu verkefni.



Mynd 6 FLIR T hitamyndavél sams konar og notuð var í þessu verkefni

Hitamyndavélin velur sjálfkrafa það hitastigsbil sem fram kemur á viðkomandi mynd og því verður litaskalin ætíð frá dökkbláu (kaldast), yfir í grænt, gult, rautt og hvítt (heitast) óháð því hvert raunverulegt hitastig er á myndinni. Þannig getur tiltölulega köld mynd og tiltölulega heit mynd litið svipaðar út, en hitakvarðinn er þá mismunandi.

3 Samanburður á hjólfaramyndun í íslensku og norsku malbiki

3.1 Malbiksgerðir

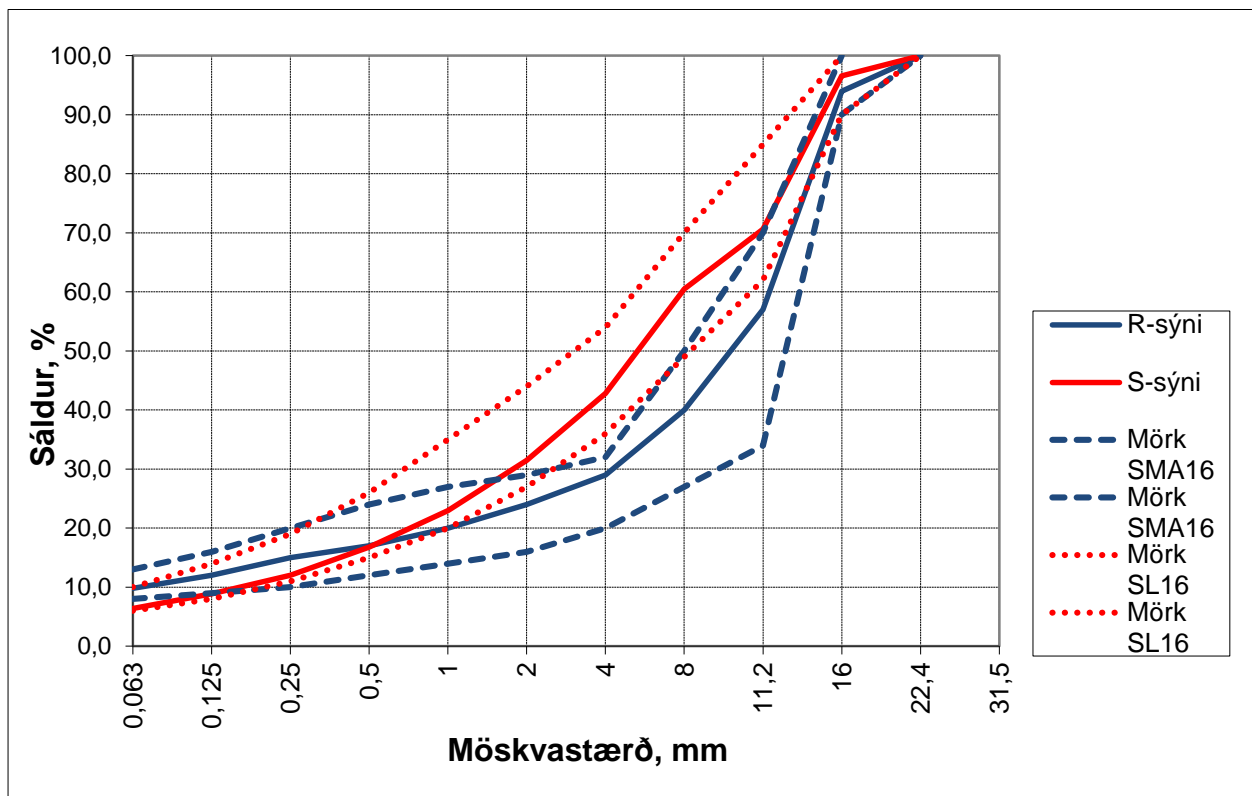
Ákveðið var að prófa tvær íslenskar malbiksgerðir í tveimur hjólfaratækjum. Sýni voru fengin hjá malbikunarstöðvunum MHC og Höfða og þau þjöppuð í malbiksþjöppu NMÍ, fjórar plötur af hvorri gerð. Tvær plötur af sömu gerð voru síðan sendar til Noregs og hinar tvær prófaðar hjá NMÍ. Samkvæmt upplýsingum frá framleiðendum þeirra tveggja malbiksgerða sem prófaðar voru með hjólfaraprófi á NMÍ annars vegar og hjá aðila sem mælir fyrir Vegagerðina í Þrándheimi hins vegar voru gerðirnar samkvæmt töflu 1 um kennistærðir og efni.

Tafla 1 Upplýsingar um malbiksgerðirnar sem settar voru í hjólfarapróf hjá NMÍ og í Noregi

Kennistærðir malbiks	R-sýni SMA16	S-sýni SL16
Viðloðunarefni	Evotherm	Wetfix BE
Íblendi	3 % Sasobit	-
Bik	PG 70/100	PG 70/100
Filler, %	9,8	6,4
Bik, %	6,1	5,1
Filler/bik	1,6	1,2
Mesta rúmpyngd, Mg/m ³	2,588	2,602
Rúmpyngd malbiks, Mg/m ³	2,543	2,663
Holrýmd malbiks, %	1,7	2,6
Festa, kN	10,3	10,24
Sig, mm	4,5	3,23
Festa/sig	2,29	3,26

Eins og sjá má í töflunni voru báðar malbiksgerðirnar með hörðu biki. Svokallað R sýni er SMA16 malbik, framleitt af MHC og S sýnið var SL16 malbik framleitt af Höfða. Bæði filler og bikmagn er hærra í SMA malbikinu en SL malbikinu og hlutfallið filler/bik í hærri kantinum, miðað við leiðbeinandi gildi í Efnisgæðariti Vegagerðarinnar. Sig er líka í hærri kantinum í SMA malbikinu miðað við Efnisgæðaritið, en þó innan leiðbeinindi marka.

Á mynd 7 eru dregnir upp sáldurferlar malbiksgerðanna tveggja með viðkomandi markalínum.



Mynd 7 Sáldurferlar malbiksgerðanna tveggja með viðkomandi markalínum

Eins og sést á myndinni eru sáldurferlar beggja malbiksgerðanna innan þeirra marka sem sett eru fram í Efnisgæðaritinu, en fínefnamagnið samt í báðum tilfellum nærri neðri markalínu. SMA kúrfan er frekar lokuð í sandstærðum og SL kúrfan er með hlykk, líklega of lítið sáldur á 11 mm sigti, en samt innan marka. Til stóð að taka einnig kjarnasýni af sömu malbiksgerðunum úr götu og prófa til samanburðar við sýnin sem voru þjöppuð á rannsóknastofu, bæði héraendis og í Noregi. Af því varð þó ekki, þar sem fjárveiting til verkefnisins í heild sinni var nokkuð skert og því nauðsynlegt að fresta eða skera niður ákveðna verkþætti.

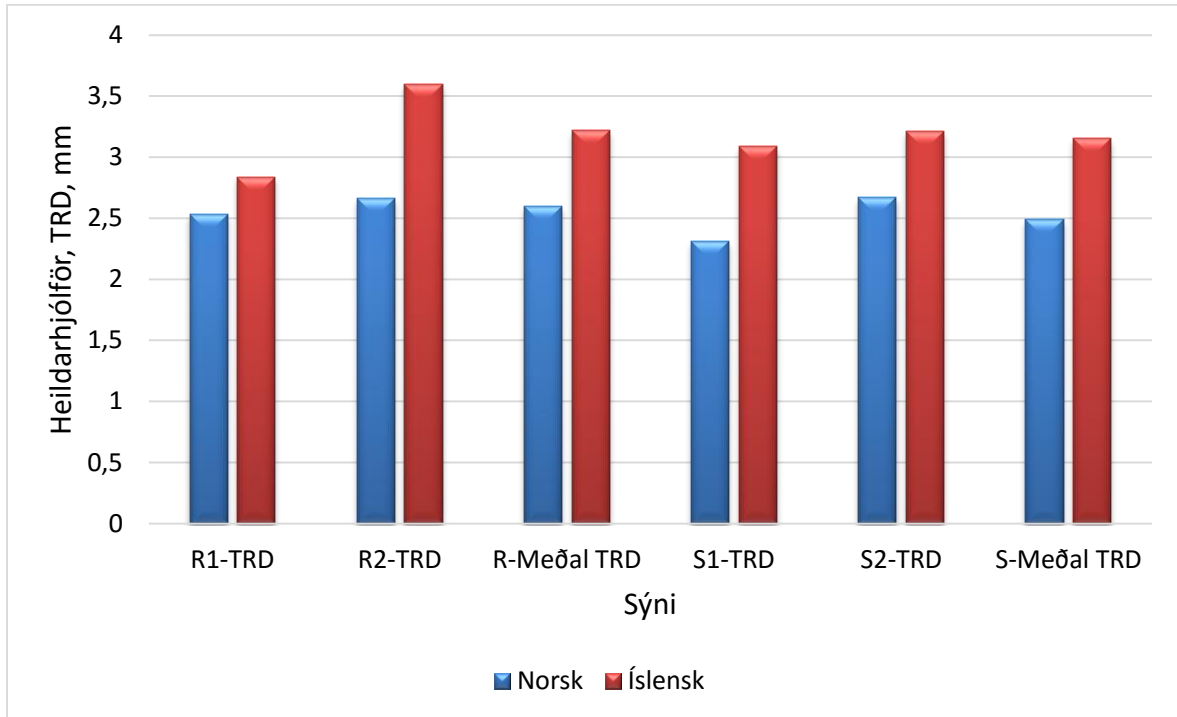
3.2 Hjólfaraprófanir – niðurstöður

Helstu niðurstöður samanburðarprófana á tveimur gerðum malbiks sem þjappaðar voru í malbiksþjöppu NMÍ og prófaðar þar og í Noregi koma fram í töflu 2. Það skal tekið fram að héraendis voru plöturnar prófaðar við 45°C en í Noregi við 50°C, en að öllu jöfnu veldur aukið hitastig meiri hjólfaramyndun, eins og fram hefur komið, m.a. í áfangaskýrslu I þessa verkefnis.

Tafla 2 Niðurstöður samanburðarprófana á tveimur gerðum malbiks R og S

	R1-TRD	R2-TRD	R-Meðal TRD	R1-WTS	R2-WTS	R-Meðal WTS	S1-TRD	S2-TRD	S-Meðal TRD	S1-WTS	S2 WTS	S-Meðal WTS
Norsk	2,53	2,66	2,595	0,04	0,03	0,035	2,31	2,67	2,49	0,04	0,04	0,04
Íslensk	2,84	3,60	3,22	0,056	0,068	0,062	3,09	3,21	3,15	0,084	0,09	0,087

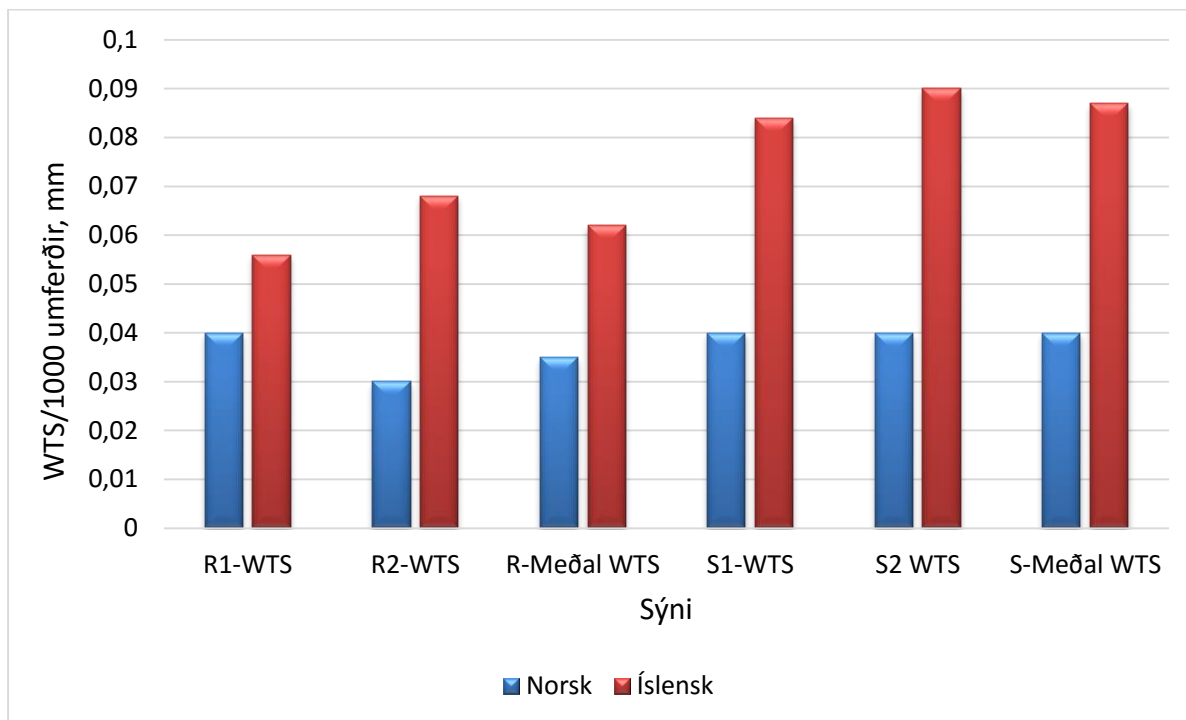
Taflan sýnir stök mæligildi fyrir hvort sýni, svo og meðaltalið. Um er að ræða annars vegar TRD (e: Total Rut Depth), eða heildarhjólfaradýpt eftir 10.000 umferðir og WTS (e: Wheel Tracking Slope) sem er hjólfaramyndun fyrir hverjar 1000 umferðir, síðustu 5000 umferðirnar. Mynd 8 sýnir stök TRD gildi fyrir hvora malbiksgerð, svo og meðaltölin úr sitt hvoru hjólfaratækinu.



Mynd 8 Stök TRD gildi fyrir hvora malbiksgerð og meðaltöl úr sitt hvoru hjólfaratækinu

Myndin sýnir að íslensku hjólfaragildin eru heldur hærrí en þau norsku, en samt ber að geta þess að öll gildin eru með því lágsta sem mælst hefur í íslensku malbiki, en þar munar mest um að bikið er tiltölulega hart, PG 70/100. Munurinn á heildarhjólförum milli tækja er 0,6 og 0,7 mm að meðaltali, sem ekki getur talist mikill munur, en þó að öllum líkindum marktækur, þar sem bæði hlutasýni beggja gerða mælast hærrí í íslenska tækinu.

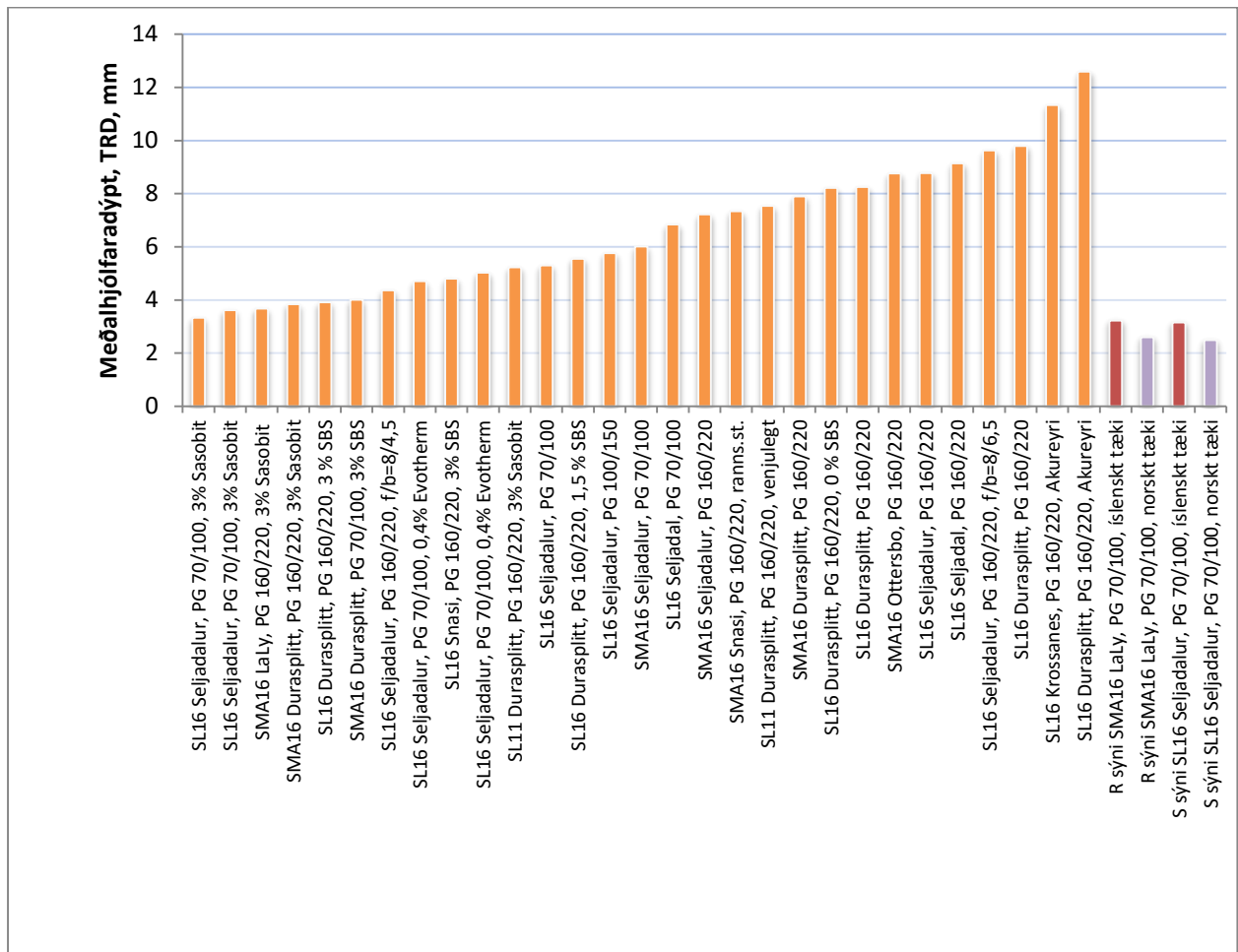
Hjólfaramyndun fyrir hverjar 1000 umferðir, síðustu 5000 umferðirnar, sem sagt WTS gildin eru á sömu leið og jafnvel enn meira áberandi hversu mikill munur er milli tækja, sjá mynd 9.



Mynd 9 Hjólfaramyndun fyrir hverjar 1000 umferðir, síðustu 5000 umferðirnar

Það er augljóslega umtalsverður munur á WTS gildunum milli tækja, þar sem mjög lítil hjólfaramyndun á sér stað í norska tækinu á hverjum 1000 umferðum, síðustu 5000 umferðirnar. Það virðist eiga við báðar gerðir malbiks í norska hjólfaratækinu, sem sagt SMA16 (R sýni) og SL16 (S sýni) og liggja gildin nálægt 0,04 mm í öllum tilfellum. Íslensku gildin liggja mun hærra, þ.e.a.s. hjólfaramyndun er mun meiri eftir 5000 umferðir í íslenska tækinu en því norska. Einnig virðist vera munur á malbiksgerðunum í íslenska tækinu, þar sem SMA16 malbikið er með gildi um 0,06 mm en SL16 malbikið nálægt 0,09 mm. Það verður þó að benda á að gildin eru afar lág miðað við það sem áður hefur mælst í íslensku malbiki eða undir 0,1 mm í öllum tilfellum.

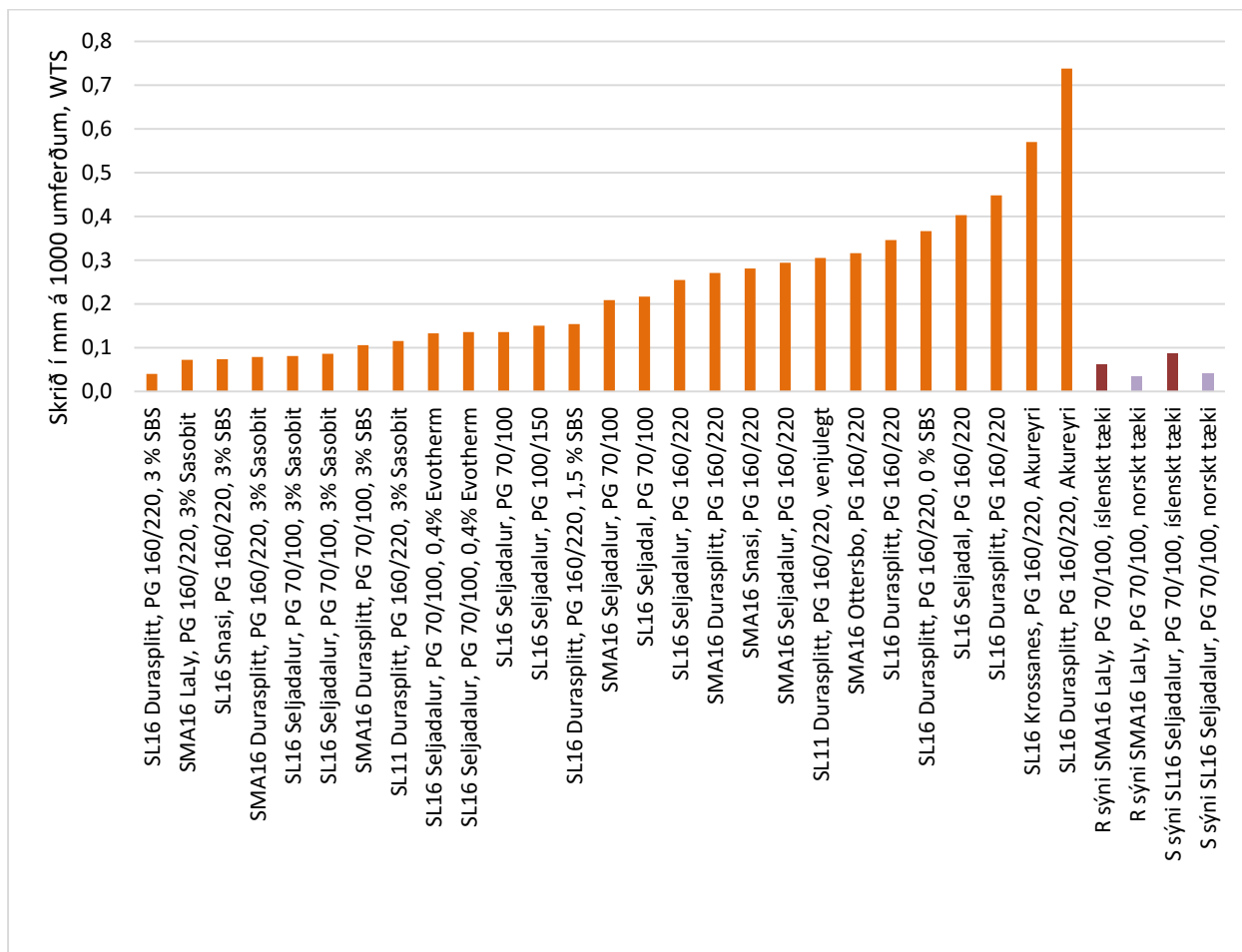
Til að fá samanburð við fyrri hjólfaraprófanir á íslensku malbiki hafa meðalgildin úr þessari rannsókn verið færð inn á súlurit með nokkrum fyrri prófunum á venjubundnum malbikssýnum sem útbúin hafa verið í malbikspjöppu á rannsóknastofu. Mynd 10 sýnir heildarhjólfaramyndun, þar sem nýjustu fjögur meðalgildin eru lengst til hægri.



Mynd 10 Samanburður á hjólfaradýpt í íslensku malbiki, nýju gildin lengst til hægri

Eins og sjá má á myndinni eru þær mælingar sem hér er fjallað um með því allra besta sem mælst hefur í íslensku malbiki, í öllum tilfellum undir 4 mm hjólfaradýpt, en það viðmið hefur verið talið algerlega viðunandi. Segja má að 5 til 6 mm hjólfaradýpt gæti talist vera í nokkuð góðu lagi hvað varðar viðnám gegn skriði. Það hafa þó ekki verið settar fram beinar kröfur í Efnisgæðaritinu, heldur einungis tekið fram að hjólfarapróf skuli liggja fyrir í gerðarprófunum malbiks sem nota á þar sem umferð er mikil.

Mynd 11 sýnir hjólfaramyndun við hverjar 1000 umferðir síðustu 5000 umferðirnar í hjólfaraprófinu, þar sem nýjustu fjögur meðalgildin eru lengst til hægri.



Mynd 11 Hjólfaramyndun við hverjar 1000 umferðir síðustu 5000 umferðirnar, nýju gildin lengst til hægri

Það er ljóst af mynd 11 að þessi mælikvarði setur sýnin sem prófuð voru í þessari rannsókn á meðal allra bestu gilda sem mælst hafa í íslensku malbiki, eins og heildarhjólfaramyndunin gerði.

Það er ljóst að malbikssýnin sem prófuð voru í þessari samanburðarrannsókn mælast með minni hjólfaramyndun í Noregi en hérlendis, jafnvel þótt sýnin hafi verið prófuð við 50°C í Noregi en 45°C hérlendis. Ekki er vitað á þessari stundu hvað veldur þessum mun, en hugsanlegt er að Norðmenn pakki betur með hliðum malbiksplötunnar, t.d. með gifsi eða á annan hátt. Ekki er þó vitað hvort áhrif af völdum hjólsins nær það langt frá snertifleti sínum við malbiksplötuna. Til stendur að gera frekari samanburðarrannsóknir á hjólfaramyndun í malbiki hérlendis og í Noregi. Þá kæmi til greina að vera með mýkra bik í sýnunum til að sjá hversu afdráttarlaus munurinn getur orðið milli hjólfaratakja, en í þessu tilfalli var notað hart bik og niðurstöðurnar voru í raun með því best sem mælst hefur, líka íslensku mælingarnar. Þá kemur til greina að taka kjarnasýni úr götu og mæla hjólfaramyndun í þeim í samanburði við sýni þjöppuð á rannsóknastofu. Að vísu stóð til að gera slíkar mælingar í þessum áfanga, en það hafðist ekki af ófyrirsjáanlegum orsökum.

3.3 Mælingar á rúmþyngd og holrýmd

Aðrar mælingar á malbiksplötum sem voru þjappaðar á NMÍ fólust í því að saga hverja plötu í tvennt, þversum, eftir keyrslu í hjólfaraprófinu. Síðan var annar hlutinn sagaður í þrennt langsum og mæld rúmþyngd og holrýmd í hverjum hluta, sem kallaðir eru C, D og E í gögnum NMÍ. Hluti D er sá hluti sem lá undir hjólinu í hjólfaraprófinu og mætti hugsá sér að sá hluti hefði hærri rúmþyngdargildi og lægri holrýmdargildi en hlutarnir sitt hvoru megin. Mynd 12 hér að neðan sýnir hluta malbiksplatnanna sem um ræðir.

A	B
A	E
	D
	C

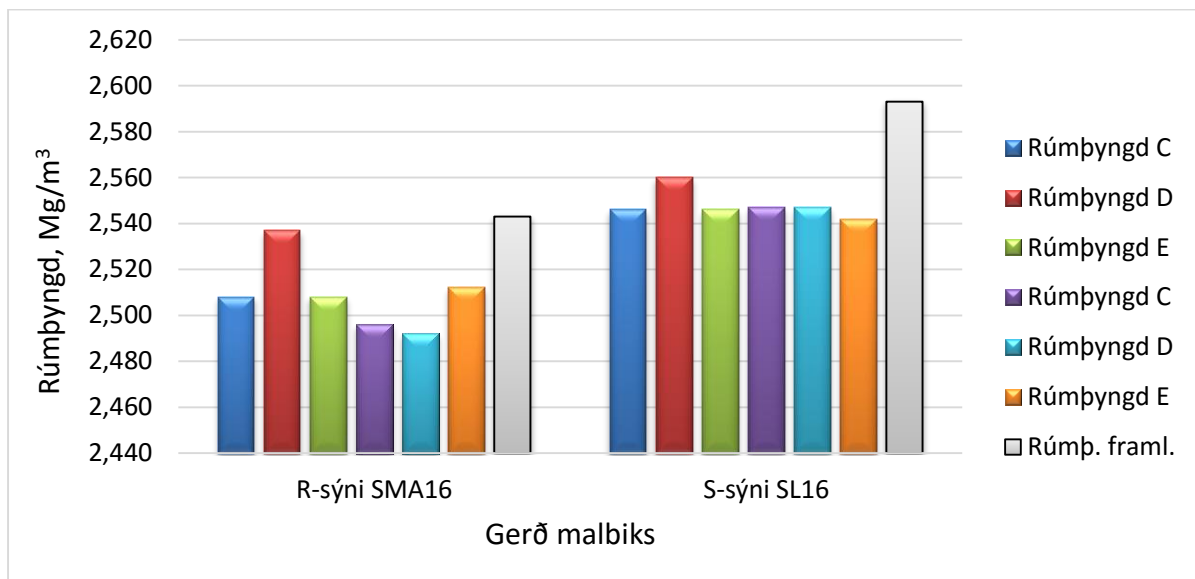
Mynd 12 Sýni sem söguð voru út til mælinga á rúmþyngd og holrýmd þjappaðs malbiks

Tafla 3 myndir 13 og 14 sýna niðurstöður mælinga á rúmþyngd og holrýmd þjappaðra malbikssýna á NMÍ, sem sagt þriggja hlutasýna úr hvorri plötu hvorrar malbiksgerðar og jafnframt eru gildi sem framleiðendur setja fram höfð með til samanburðar.

Tafla 3 Niðurstöður mælinga á rúmþyngd (Mg/m³) og holrýmd (%) þjappaðra malbikssýna

	Mæligildi	R-sýni SMA16	S-sýni SL16
Plata 1	Rúmþyngd C	2,508	2,546
	Rúmþyngd D	2,537	2,560
	Rúmþyngd E	2,508	2,546
	Holrýmd C	3,1	2,2
	Holrýmd D	2,0	1,6
	Holrýmd E	3,1	2,2
Plata 2	Rúmþyngd C	2,496	2,547
	Rúmþyngd D	2,492	2,547
	Rúmþyngd E	2,512	2,542
	Holrýmd C	3,6	2,1
	Holrýmd D	3,7	2,1
	Holrýmd E	3,0	2,3
	Rúmp. framl.	2,543	2,593
	Holr. framl.	1,7	2,6

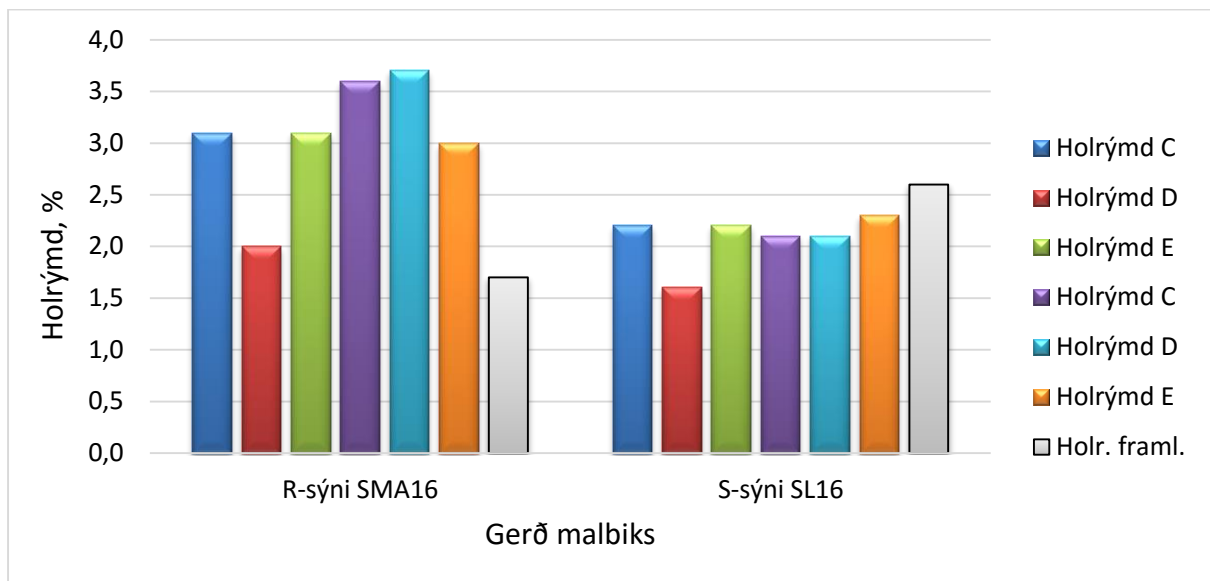
Mynd 13 sýnir niðurstöður mælinga á rúmþyngd þjappaðra malbikssýna á NMÍ, sem sagt þriggja hlutasýna úr hvorri plötu hvorrar malbiksgerðar og jafnframt eru gildi sem framleiðendur setja fram höfð með til samanburðar.



Mynd 13 Niðurstöður mælinga á rúmþyngd þjappaðra malbikssýna

Það sést á myndinni að rúmþyngdarmælingar á R-sýnum eru allar lægri en rúmþyngdarmælingar S-sýna. Það er líka talsverður munur á mælingum R-sýnanna og er ein þeirra á svipuðu róli og það sem framleiðsandi gefur upp, sem sagt annað D sýnið (rauð súla), sem er sagað úr plötunni undir hjólinu, sbr. mynd 12. Hitt D sýnið sem sagað var úr R-sýninu er á hinn bóginn með lægstu mældu rúmþyngdina, þannig að ekki er hægt að tengja rúmþyngd við eftirþjöppun eftir hjólið eins og hefði má ímynda sér. Rúmþyngdin sem framleiðandi mælir í R-sýninu er talsvert hærri en þær fimm af sex sem mældar eru úr hjólfaraplötu. Rúmþyngdarmælingar á S-sýninu eru allar mjög svipaðar (fyrra D sýnið þó ívið hærra en hin, sem sagt rauða súlan), en rúmþyngdin sem framleiðandi mælir er áberandi hærri en þær sem teknar eru úr hjólfaraplötu.

Myndir 14 sýnir niðurstöður mælinga á holrýmd þjappaðra malbikssýna á NMÍ, sem sagt þriggja hlutasýna úr hvorri plötu hvorrar malbiksgerðar og jafnframt eru gildi sem framleiðendur setja fram höfð með til samanburðar.

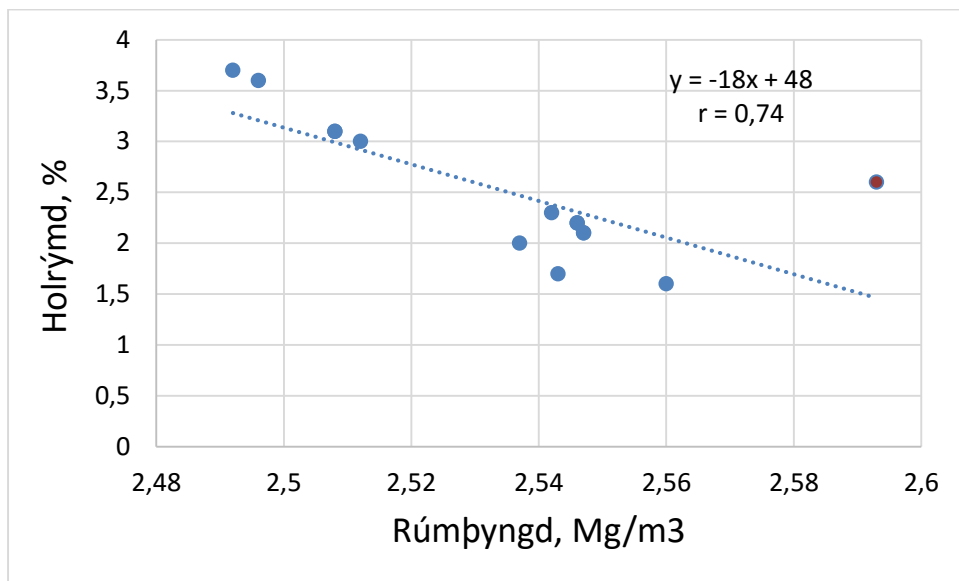


Mynd 14 Niðurstöður mælinga á holrýmd þjappaðra malbikssýna

Það má segja að hér snúist flest við (þó ekki allt) miðað við rúmþyngdarmælingarnar og sýni sem fengu hæst gildi í rúmþyngd fá lægst gildi í holrýmd og svo öfugt. Holrýmdin er áberandi lægst í fyrri D sýnunum (rauðar súlur) í báðum malbiksgerðum, sem bendir til að hjólið í hjólfaratækinu hafi haft áhrif til lækkunar í holrýmd, en ekki í seinni plötunni, einhverra hluta vegna. Loks má benda á að framleiðandi R-sýnisins mælir mun lægri holrýmd en fimm af sex mælingum á sýnum úr hjólfaraplötunni, en framleiðandi S-sýnisins mælir hins vegar meiri holrýmd en allar mælingar á hjólfaraplötunni. Það kemur nokkuð á óvart að bæði rúmþyngd og holrýmd sé sú hæsta hjá framleiðanda S-sýnisins, þar sem þessir tveir þættir eru að öllu jöfnu tengdir, þannig að ef annar þátturinn er hár er hinn tiltölulega lágur.

Á heildina litið er meðalrúmþyngd R-sýnis $2,509 \text{ Mg/m}^3$ og meðalholrýmdin $3,1 \%$ og meðalrúmþyngd S-sýnis $2,558 \text{ Mg/m}^3$ og meðalholrýmdin $2,1 \%$.

Mynd 15 sýnir sambandið milli holrýmdar í sýnunum og rúmþyngdar sömu sýna.



Mynd 15 Sambandið milli holrýmdar í sýnunum og rúmþyngdar sömu sýna

Það er greinilegt að rúmþyngd plötusýnanna skýrist að mestum hluta af því hversu vel tókst til með þjöppunina, sem sagt að ná holrýmdinni niður. Rauði punkturinn gildi framleiðanda S-sýnisins sem fær bæði hærra holrýmdar- og rúmþyngdargildi en öll plötusýni sömu gerðar. Á þann hátt skekkir sá punktur aðhvarfslínuna og lækkar fylgnistuðulinn umtalsvert. Að öðru leyti er sambandið skýrt og virðist til dæmis rúmþyngd steinefnis ekki hafa mikið að segja hér, enda að mestu um að ræða þétt basalt með svipaða rúmþyngd í malbikssýnunum.

4 Prófanir á slitþoli mismunandi malbiksgerða með Prall slitþolsprófi

4.1 Gerð sýna

Valið var að útbúa SL11 og SL16 malbik með öllum algengustu steinefnum og steinefnablöndum sem notuð eru í malbik á höfuðborgarsvæðinu. Stefnt var að því að hafa steinefnakúrfuna innan þeirra marka sem lögð eru til í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur (Vegagerðin 2016). Til þess að svo yrði voru settir saman þrír stærðarflokkar í ákveðnum hlutföllum við hönnun kúrfunnar. Tafla 4 sýnir helstu þætti varðandi hönnun kornakúrfunnar.

Tafla 4 Hlutföll stærðarflokka sem notaðir voru til að útbúa æskilega kornadreifingu kjarna

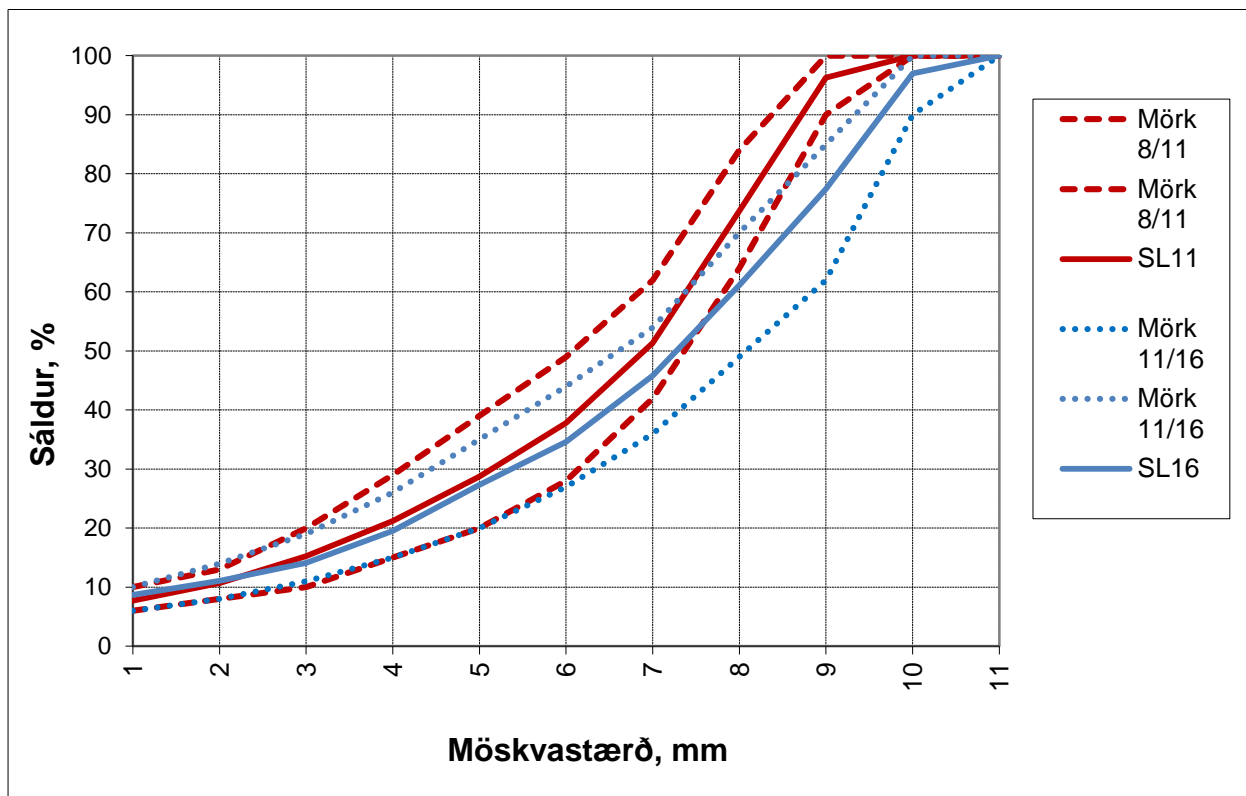
Steinefni, mm	Náma	SL11, %	SL16, %
Perla 11/16	Mismunandi	0	20
Perla 8/11	Mismunandi	25	20
Salli 0/8	Seljadalur	75	60

Í SL11 malbikið var notað 6,0 % PG 160/220 bik og í SL16 malbikið voru notuð 5,8 % af sama biki. Í öllum tilfellum voru notuð 0,3 % af Evotherm viðloðunarefni.

Malbiksgerðirnar sem voru útbúnaðar í Prall slitþolsprófi voru með eftirfarandi steinefni:

SL11 S:	Seljadalur
SL11 S+L:	Seljadalur með 25 % Lysitt
SL11 L:	Lambafell
SL11 L+L:	Lambafell með 25 % Lysitt
SL11 H:	Hólabrú
SL11 J:	Jelsa
SL16 S:	Seljadalur
SL16 S+L:	Seljadalur með 25 % Lysitt
SL16 L:	Lambafell
SL16 L+L:	Lambafell með 25 % Lysitt
SL16 H:	Hólabrú
SL16 J+D:	Jelsa 8/11 og Durasplitt 11/16

Mynd 16 sýnir útreiknaða kornadreifingu malbiksins sem útbúið var í Prall slitþolsprófi (heildregnar línur). Einnig eru settar fram markalínur fyrir hvorta malbiksgerð fyrir sig, þ.e.a.s. SL11 og SL16 til glöggvunar (punktalínur).



Mynd 16 Reiknaðir sáldurferlar malbiksins sem prófað var með Prall slitpolsprófi

Það sést á myndinni að sáldurferlarnir eru innan markalína í báðum tilfellum og auk þess um það bil mitt á milli viðkomandi markalína. Því má ætla að kjarnarnir sem voru útbúnir í Prall slitpolspróf hafi verið sambærilegir fyrir allar gerðir malbiks sem settar voru saman í þessu verkefni.

4.2 Prall slitpolspróf

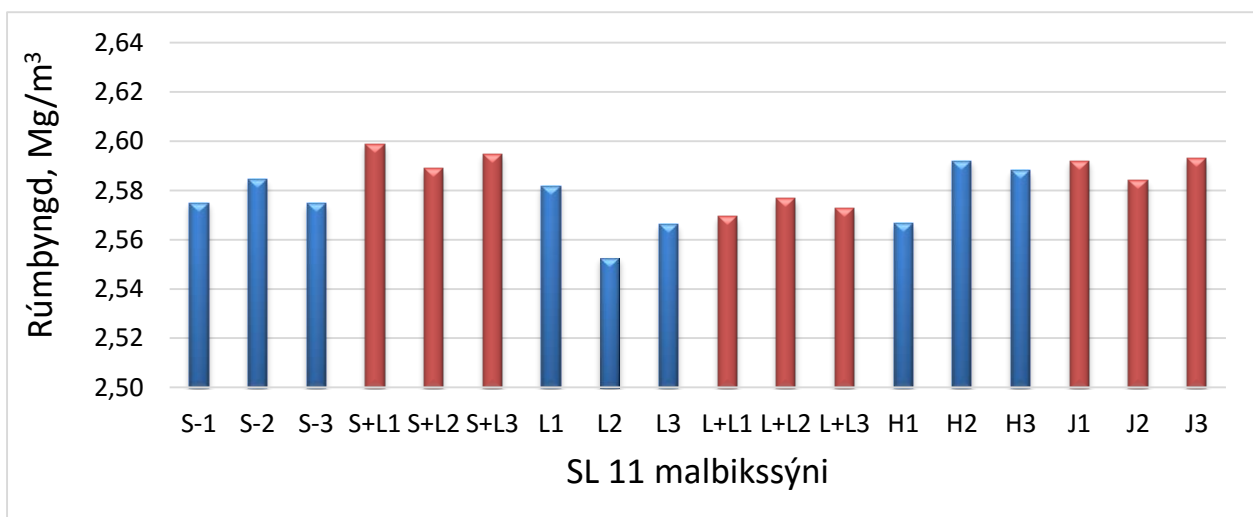
4.2.1 Um rúmþyngdarmælingar

Ákveðið var að fara í lítilsháttar úrvinnslu á rúmþyngdarmælingum sem gerðar voru á hverri malbiksgerð. Rúmþyngdir voru mældar á þjöppuðum malbikskjörnum áður en þeir voru sagaðir í tvennt og er meðalrúmþyngd þriggja kjarna notuð til að reikna út það rúmmál sem slitnar við Prall prófið. Tafla 5 sýnir stakar rúmþyngdarmælingar á kjörnum og meðaltal þriggja fyrir hverja malbiksgerð.

Tafla 5 Stakar rúmþyngdarmælingar á kjörnum og meðaltal þriggja

Gerð SL11	Rúmþyngd stakra kjarna, Mg/m ³	Meðal- rúmþyngd, Mg/m ³	Gerð SL16	Rúmþyngd stakra kjarna, Mg/m ³	Meðal- rúmþyngd, Mg/m ³
S-1	2,575		S-1	2,608	
S-2	2,585		S-2	2,608	
S-3	2,575	2,578	S-3	2,597	2,604
S+L1	2,599		S+L1	2,593	
S+L2	2,589		S+L2	2,6	
S+L3	2,595	2,594	S+L3	2,599	2,597
L1	2,582		L1	2,584	
L2	2,553		L2	2,587	
L3	2,566	2,567	L3	2,592	2,588
L+L1	2,569		L+L1	2,583	
L+L2	2,577		L+L2	2,585	
L+L3	2,573	2,573	L+L3	2,581	2,583
H1	2,567		H1	2,618	
H2	2,592		H2	2,599	
H3	2,588	2,582	H3	2,613	2,610
J1	2,592		J+D1	2,57	
J2	2,584		J+D2	2,582	
J3	2,593	2,590	J+D3	2,602	2,585

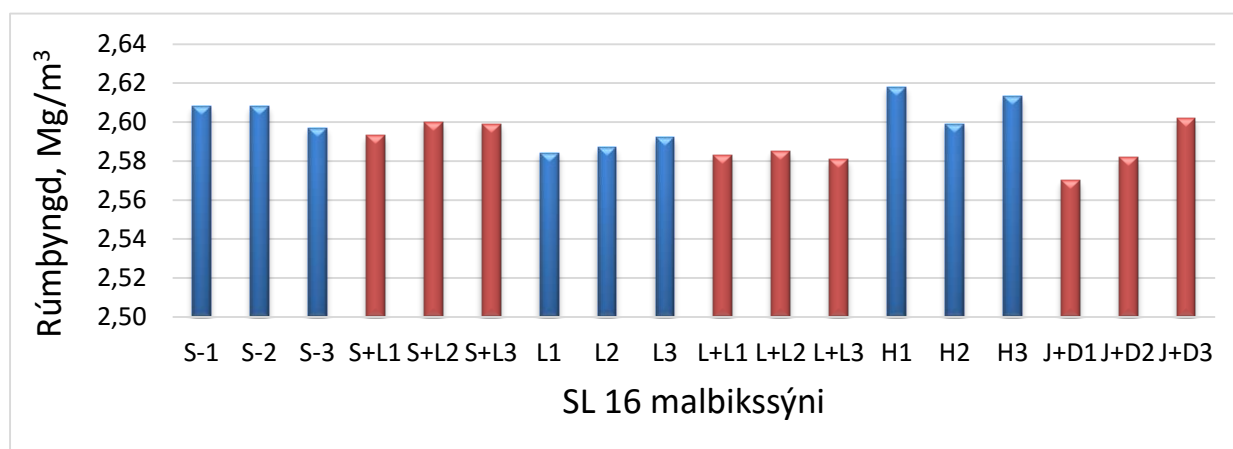
Mynd 17 sýnir niðurstöður rúmþyngdarmælinga þeirra sex gerða malbiks sem voru úr SL11 malbiki, sem sagt með Seljadal, Seljadal með 25 % Lysitt, Lambafelli, Lambafelli með 25 % Lysitt, Hólabrú og Jelsa. Á myndinni eru settar fram niðurstöður fyrir þrjú hlutasýni hverrar gerðar.



Mynd 17 Rúmþyngd þeirra sýna sem voru úr SL11 malbiki þrjú hlutasýni af hverri malbiksgerð

Það sést á myndinni að stakar rúmpýngdarmælingar hvernar malbiksgerðar geta verið nokkuð breytilegar, en í flestum tilfellum eru þær svipaðar. Sem dæmi um mælingar sem skera sig úr er L1, sem sagt með Lysitt perlu, sem er hærri en allir kjarnar með Seljadalsperlu og svo H1 með perlu úr Hólabrú sem fær næst lægsta mælda rúmpýngdargildið á eftir L2. Hugsanlega hefði mátt íhuga að taka ekki með gildi sem skera sig úr í meðaltalið sem notað er til útreikninga á sliti í Prall prófi. Líklega stæðist það þó ekki tölfræðilega skoðun að sleppa einu gildi af þremur og ekki er ljóst hvort raunverulegur munur er á sýnum eða hvort vikmörkin eru há á mæliaðferðinni.

Mynd 18 sýnir rúmpýngd þeirra sex gerða malbiks sem voru úr SL16 malbiki, sem sagt með Seljadal, Seljadal með 25 % Lysitt, Lambafelli, Lambafelli með 25 % Lysitt, Hólabrú og 8/11 Jelsa+11/16 Durasplitt.

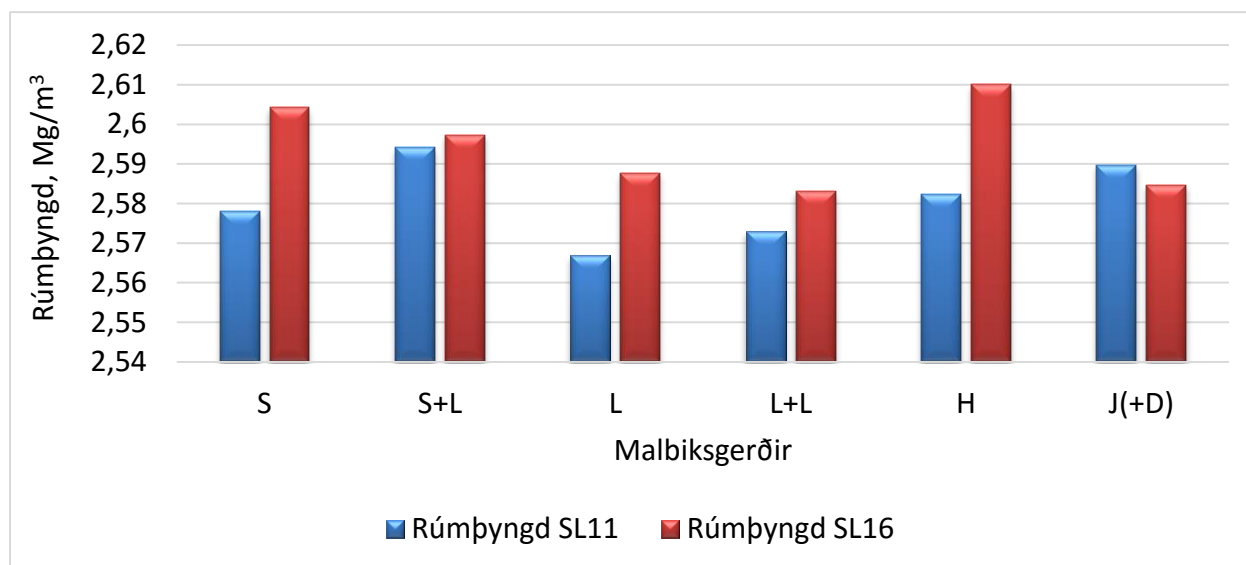


Mynd 18 Rúmpýngd þeirra sýna sem voru úr SL16 malbiki þrjú hlutasýni af hverri malbiksgerð

Myndin sýnir að í grófara malbikinu, þ.e.a.s. SL16, virðist vera minni munur milli hlutasýna hvernar malbiksgerðar, nema í tilfallinu J+D þar sem talsverður munur er á kjörnum. Það verður að segjast að einhverra hluta vegna virðast rúmpýngdarmælingarnar í þessu tilfalli endurspegla að einhverju leyti hornarúmpýngd þeirrar perlumalar sem notuð var í mismunandi malbiksgerðir. Þannig eru rúmpýngdir malbiksgerða með perlu úr basalti, sem hefur tiltölulega háa rúmpýngd, að öllu jöfnu með hærri rúmpýngd en malbiksgerðir með innfluttu steinefni í grófa hlutanum. Þó má benda á að Lambafell með Lysitt (L+L) er með lægri rúmpýngd en sýni með hreinu Lysitt og kemur það nokkuð spánskt fyrir sjónir.

Ekki liggja fyrir áreiðanlegar mælingar á holrýmd þeirra malbiksgerða sem útbúnar voru í þennan rannsóknarþátt, þar sem notast var við eldri mælingar á hæstu rúmpýngd við útreikninga á holrýmd. Þeir útreikningar gefa því ekki nægilega rétta mynd af holrýmd þeirra sýna sem voru útbúin í þessa rannsókn. Því er ekki hægt að bera saman rúmpýngd og holrýmd líkt og í sambærilegum mælingum í tengslum við hjólfaraprófin og sem fjallað er um í kaflanum hér að framan (kafla 3).

Mynd 19 sýnir meðalrúmpýngdir SL11 og SL16 bornar saman þar sem hvert súlupar er hverrar malbiksgerðar.



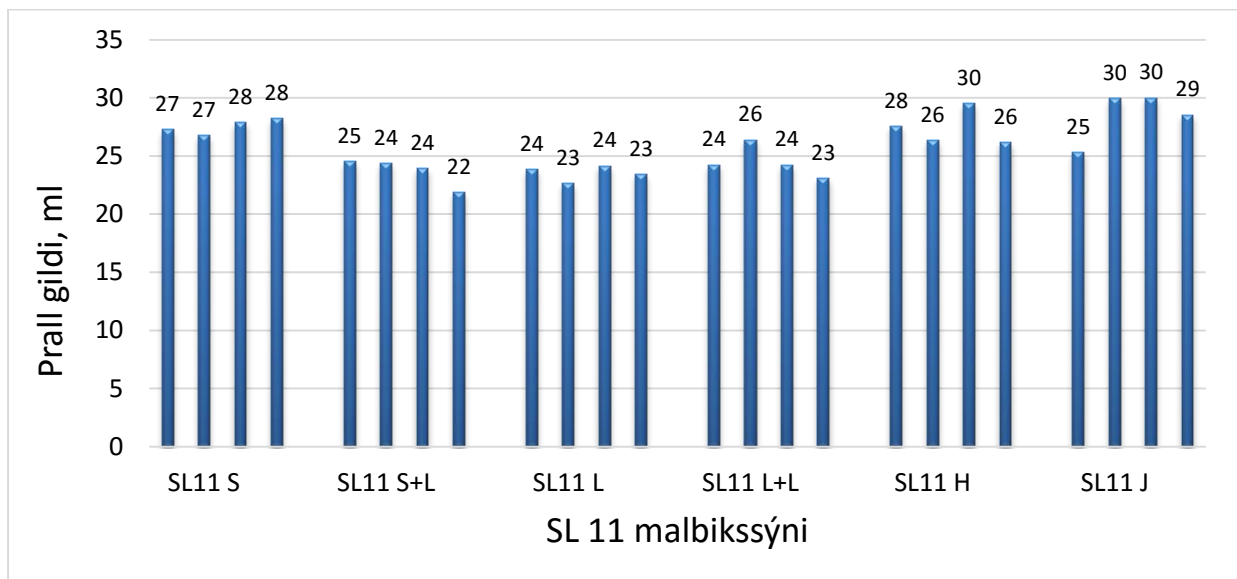
Mynd 19 Meðalrúmpýngd allra malbiksgerðanna í báðum stærðarflokkum

Myndin sýnir að í flestum tilfellum er rúmpýngd SL16 malbiks af hverri gerð hærri en rúmpýngd SL11 malbiksins. Rúmpýngd SL16 sýna er mismikið hærri en SL11 sömu gerðar og í einu tilfelli snýst það lítillega við, sem sagt Jelsa+Durasplitt hefur lítillega lægri rúmpýngd en hreint Jelsa. Skýringin á því gæti falist í því að kornarúmpýngd Durasplitt væri lægri en kornarúmpýng Jelsa, þótt ekki skuli fullyrt um það. Í öllu falli virðast rúmpýngdir SL16 malbiksins endurspegla í grófun dráttum kornarúmpýngd grófa hluta steinefnanna, þar sem kjarnar með Hólabrú og Seljadal eru með hæstu gildin og erlendu steinefnin með þau lægstu. Loks má ítreka að ekki liggja fyrir áreiðanlegar holrýmdarmælingar og því ekki hægt að kanna tengsl rúmpýngdar og holrýmdar. Það hefði á hinn bóginn getað verið fróðlegt, þótt reikna megji með að sýni með sambærilegar kornakúrfur, bikinnihald og fillerinnihald þjappist á svipaðan hátt mað Marshall hamri. Því má gera því skóna að allar malbiksgerðirnar hafi þá haft svipaða holrýmd, þótt bergsamsetningu grófasta hlutans, kornalögun hans og fleiri þættir getir haft áhrif á þjöppun og þar með holrýmd mismunandi malbiksgerða.

4.2.2 Niðurstöður Prall slitþolsprófa

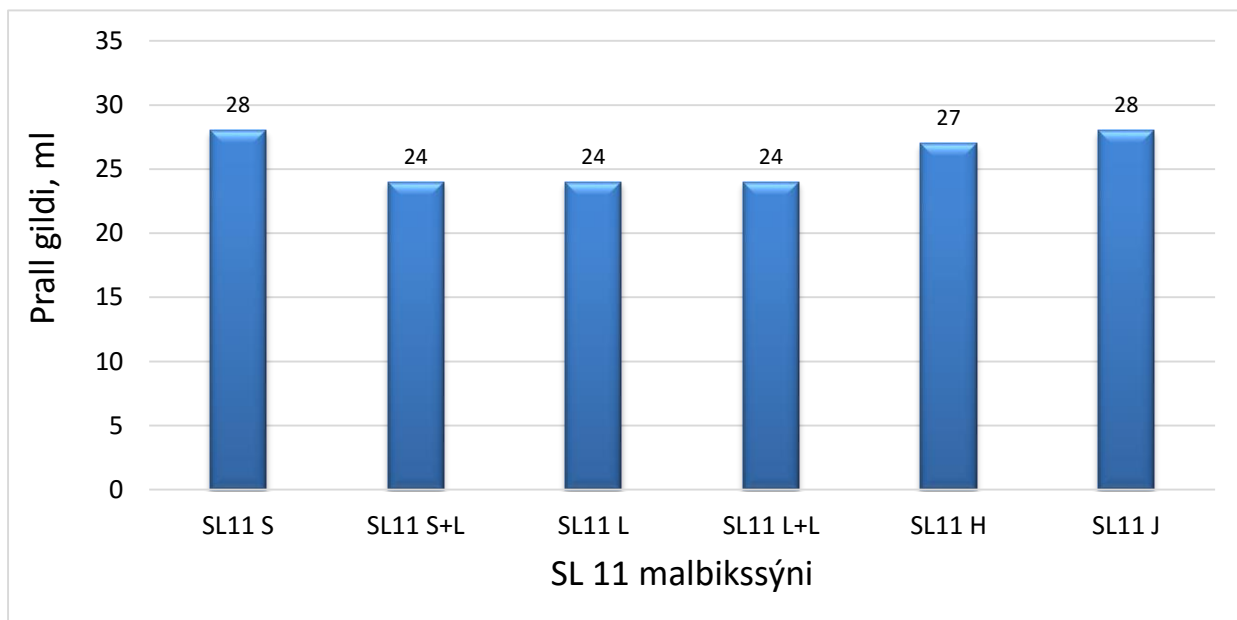
Hin eiginlegu Prall slitþolspróf voru gerð samkvæmt staðli, þar sem hver Marshall kjarni var sagaður í tvennt og prófaður í sárið. Þrír kjarnar voru útbúnir af hverri gerið og valin voru síðan þau fjögur sýni af sex sem litu best út og voru næst því að vera af rétttri þykkt, sbr. prófanaýsingu í kafla 2 hér að framan.

Mynd 20 sýnir niðurstöður Prall slitþolsprófana á SL11 malbiki, fjögur hlutasýni af hverri gerð.



Mynd 20 Niðurstöður Prall slitpolsprófana á SL11 malbiki, fjögur hlutasýni af hverri gerð

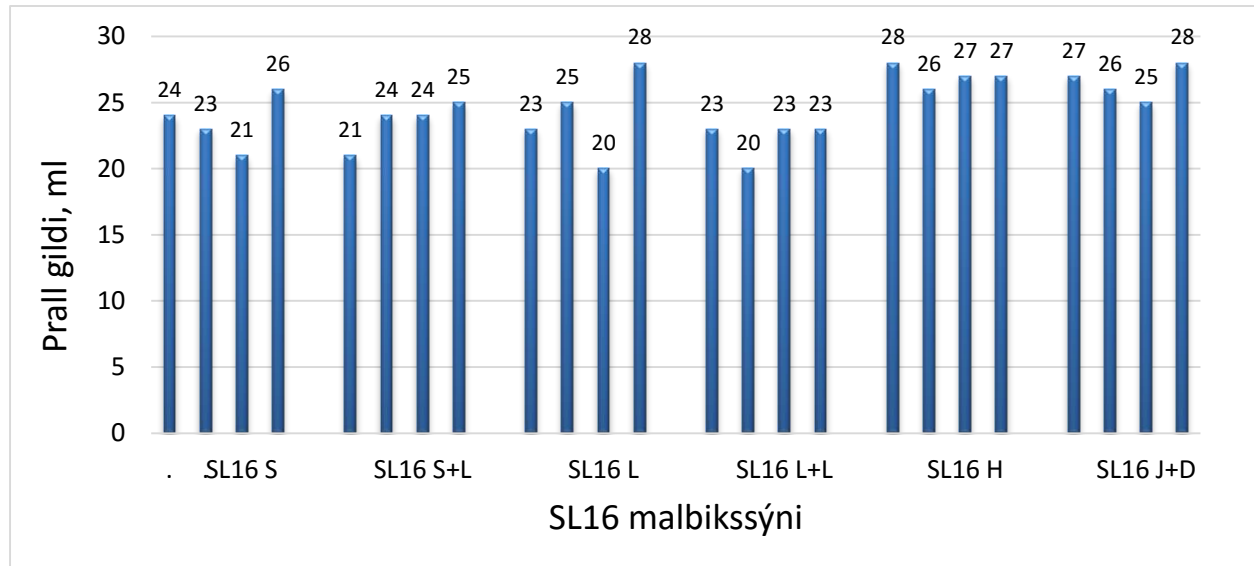
Sjá má að munur á hlutasýnum er umtalsverður í sumum tilfellum, þó ekki öllum. Mestur er munurinn á hæsta og lægsta slitgildi malbiksgerðar 5 einingar þar sem Jelsaperla var notuð. Oftast er þó einungis um 1 til 2 einingar að ræða. Í prófunarstaðli er ekki reiknað með að henda út gildum sem eru ákveðið hærri eða lægri en önnur gildi hlutasýna og því ekki ástæða til að sleppa gildum úr meðaltalinu, þ.e.a.s. Prall slitpolsgildinu. Mynd 21 sýnir meðaltals gildi Prall prófana á SL11 malbikssýnunum.



Mynd 21 Meðaltals gildi Prall prófana á SL11 malbikssýnunum.

Það má sjá að þrjár gerðir malbiks fá meðaltalsgildið 24 ml, en það er Seljadalur með Lysitt, hreint Lambafell og Lambafell með Lysitt. Það er athyglisvert að hreint Seljadalsefni er með tiltölulega hátt slitgildi og reyndar það hæsta ásamt Jelsa steinefninu, eða 28 ml, einni einingu hærra en Hólabrú. Benda má á að munur á hæsta og lægsta meðalgildinu er 4 einingar, sem er í raun ekki mikill munur þegar haft er í huga að munur milli hlutasýna sömu gerðar er mest 5 einingar.

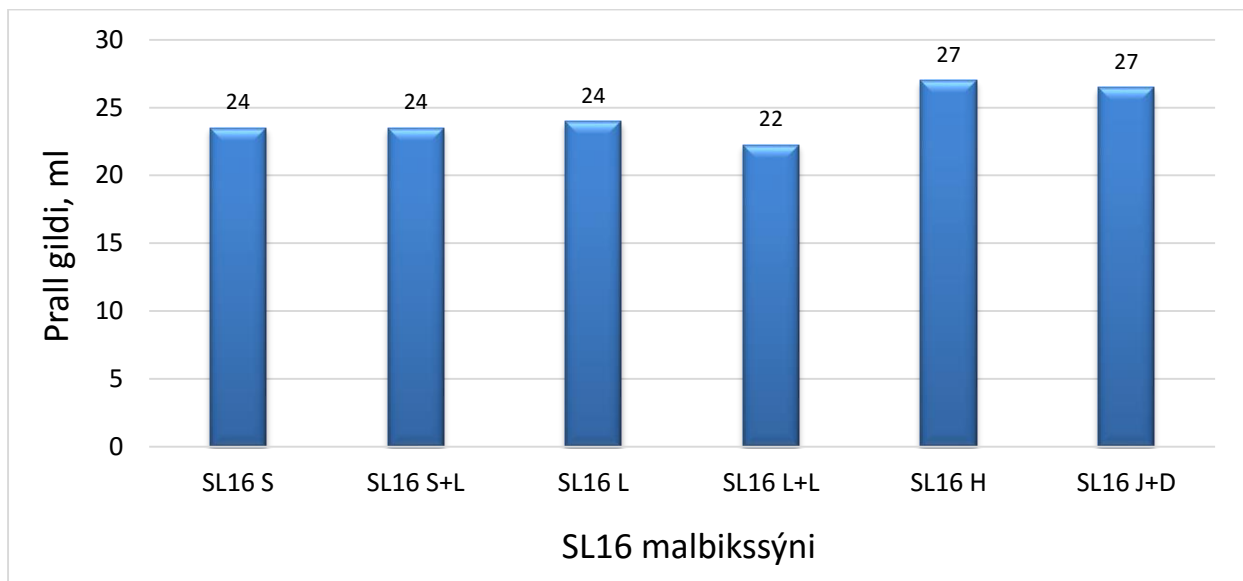
Mynd 22 sýnir niðurstöður Prall slitpolsprófana á SL16 malbiki, fjögur hlutasýni af hverri gerð.



Mynd 22 Niðurstöður Prall slitpolsprófana á SL16 malbiki, fjögur hlutasýni af hverri gerð

Það má sjá á myndinni að í sumum tilfellum er munur á hlutasýnum allmikill, mestur 8 einingar í tilfelli Lambafells, 5 einingar í Seljadal og 4 einingar í Seljadal með Lysitt. Ef til vill er ekki óeðlilegt að meiru muni á hlutasýnum í grófara malbiki (SL16) en fíngerðu (SL11) þar sem meiri tilviljun getur valdið hluta grófs efnis í yfirborði sýnisins. Segja má að gildin sem liggja á milli hæsta og lægsta gildis séu nokkurn veginn á milli hæsta og lægsta gildis og því hafi þau ekki afgerandi áhrif á meðaltalið.

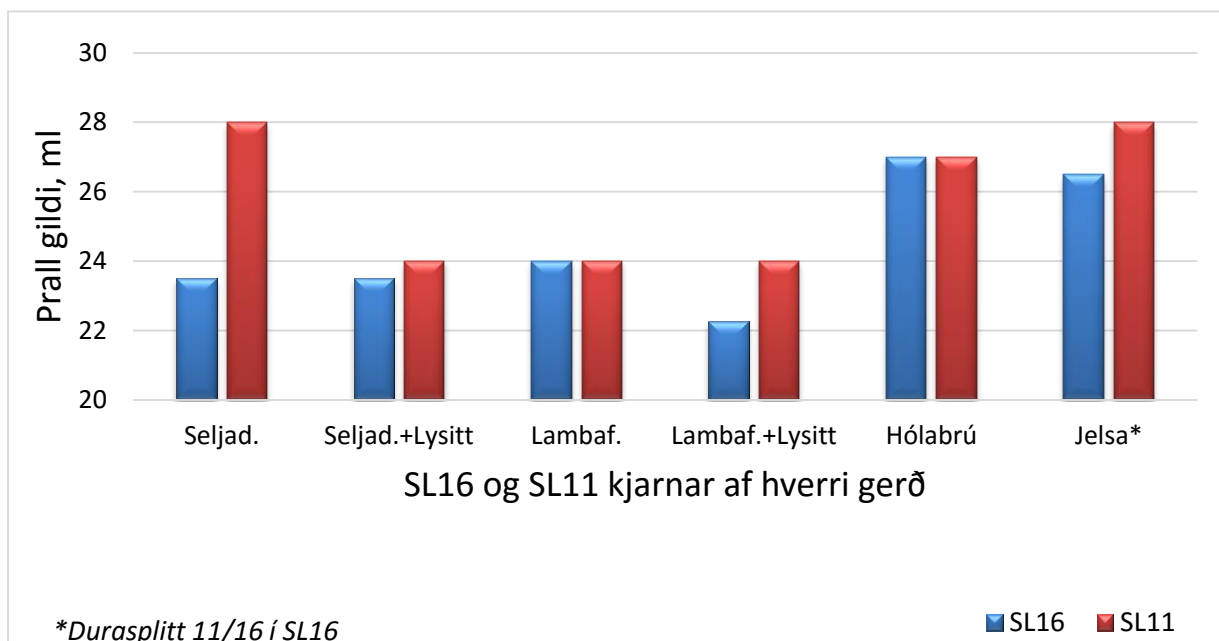
Mynd 23 sýnir meðaltals gildi Prall prófana á SL16 malbikssýnunum.



Mynd 23 Meðaltals gildi Prall prófana á SL16 malbikssýnunum

Sjá má á myndinni að Prall slitþolsgildi eru frá 22 ml upp í 27 ml, þar sem Lambafell með Lysitt kemur best út. Þrjár gerðir fá Prall gildið 24 ml, sem sagt Seljadalur, Seljadalur með Lysitt og Lambafell og tvær gerðir fá gildið 27 ml, eða Hólabrú og Jelsa með Durasplitt. Hér er munurinn á milli malbiksgerða í raun tiltölulega lítill miðað við þann mun sem fram kemur á milli hlutasýna mismunandi malbiksgerða.

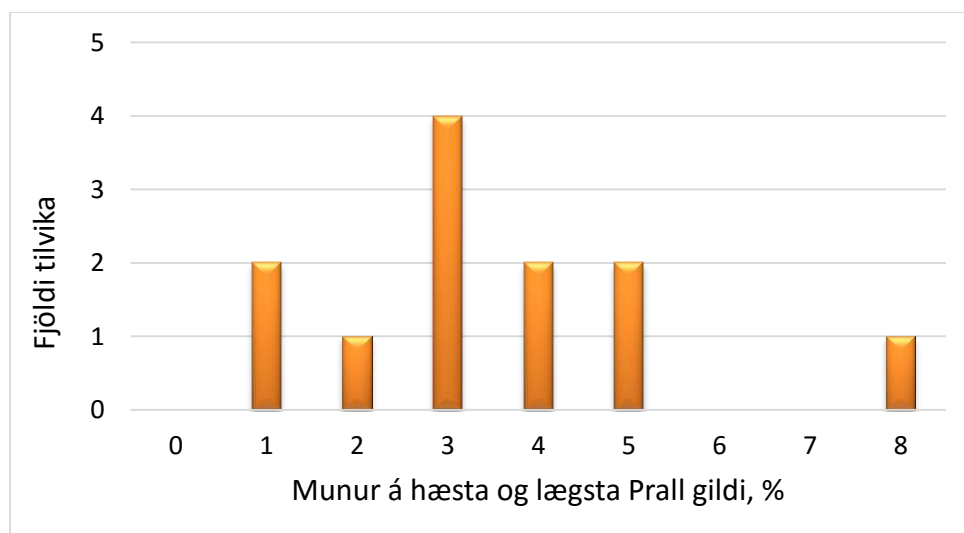
Mynd 24 sýnir samanburð á Prall meðalgildum SL16 og SL11 sýna af hverri malbiksgerð.



Mynd 24 Samanburður á Prall meðalgildum SL16 og SL11 sýna af hverri malbiksgerð

Myndin sýnir að öll SL16 sýnin slitna jafnmikið eða minna en SL11 sýnin, en það er í samræmi við fyrri reynslu að grófara steinefni slitnar að öllu jöfnu minna en fíngerðara steinefni. Mæld meðalgildi liggja á bilinu 22 til 28 ml þegar litið er til allra malbiksgerðanna. Það er athyglisvert hversu sýni með Seljadalsperlu slitnar mun minna í SL16 malbiki en SL11 malbiki og færast úr því að slitna mest í SL11 yfir í að slitna næstmínst í SL16 malbikinu. Það munar þó ekki nema rúmlega 4 einingum á milli sýnanna, en það er umtalsvert meiri munur en fæst í hinum malbiksgerðunum í SL11 og SL16 sýnum. Malbiksgerðin með Lambafelli með Lysitt er með lægstu slittöluna, eða 22 ml, sem er tæpum tveimur einingum lægra en hreint Lambafell. Ekki verður farið út í frekari túlkunir hér þar sem munur á SL16 og SL11 sýnum sömu gerðar er í raun frekar lítill og miðað við mun á hlutasýnum innan malbiksgerða. Því er varla hægt að segja að munurinn milli malbiksgerða eða milli mismunandi grófleika sé nægilega mikill til að vera afdráttarlaus.

Ef litið er til munar á hlutasýnum, sem sagt mun á hæstu og lægstu Prall gildum á hlutasýnunum fjórum kemur í ljós að algengast er að það muni 3 ml á hæsta og lægsta gildi, eða í fjórum tilfellum. Mynd 25 sýnir niðurstöðurnar.



Mynd 25 Hæstu og lægstu Prall gildi einstakra hlutasýna

Í öðrum fjórum tilfellum af tólf er munurinn 4-5 ml, en einungis í þremur tilfellum er munurinn 2 ml eða minna. Í áfangaskýrslu VI þessa verkefnis sem gefin var út 2014 er sams konar munur skoðaður í 35 tilfellum og er munur á hæsta og lægsta gildi 2 ml í 19 tilfellum, 1 ml í 8 tilfellum og 0 ml í einu tilfelli. Munurinn var sem sagt 2 ml eða minna í 80 % tilvika í þeirri úttekt á gögnum. Þess má geta að Prall prófanir á fjórum íslenskum SL11 malbiksgerðum sem útbúnar voru á rannsóknastofu og prófaðar í Svíþjóð gáfu afar lítinn mun á milli hlutasýna eða frá 0 ml upp í 2 ml. Meðal slitþölgildin voru þó frekar há í þeim prófunum miðað við þau sem fengist höfðu í íslenska Prall tækinu og því ekki ráðlegt að bera þau beint saman við íslensku Prall gildin sem sýnd eru á mynd 26. Myndin sýnir mælingar á algengum gerðum íslensks malbiks á síðustu árum (bláar súlur) og samanburð við þær gerðir sem prófaðar voru í þessu verkefni (rauðar súlur). Það sést

5 Úttektir á ótímabærum skemmdum í nýlegu malbiki í Reykjavík

Nokkuð hefur borið á flögnun og holumyndun í malbiksslitlögum sem eru ekki nema 4 – 6 ára gömul. Til þess að reyna að komast að því hvað veldur var ákveðið að taka kjarnasýni úr völdum köflum og rannsaka á NMÍ, sem sagt að mæla bindiefnisinnihald, kornakúrfu og holrýmd.

Valdir voru nokkrir kaflar sem framleiddir voru í sitt hvorri stöðinni og auk þess mismunandi malbiksgerðir. Reyndar voru sýnin sem tekin voru úr köflum sem Malbikunarstöðin Höfði framleiddi frá árinu 2011, en úr köflum frá 2012 og 2013 sem MHC framleiddi. Kaflarnir eru því ekki samanburðarhæfir að öllu leyti þar sem þeir eru ekki jafngamlir.

Auk þessa verkþáttar var ákveðið að taka sýni af þeim steinefnum sem notuð eru í malbik héraendis með það fyrir augum að kanna hvaða umferðarflokka steinefnin stæðust, miðað við leiðbeiningar Vegagerðarinnar þar að lútandi. Í þessum kafla eru dregnar saman helstu niðurstöður sem fengust úr þessum tveimur verkþáttum.

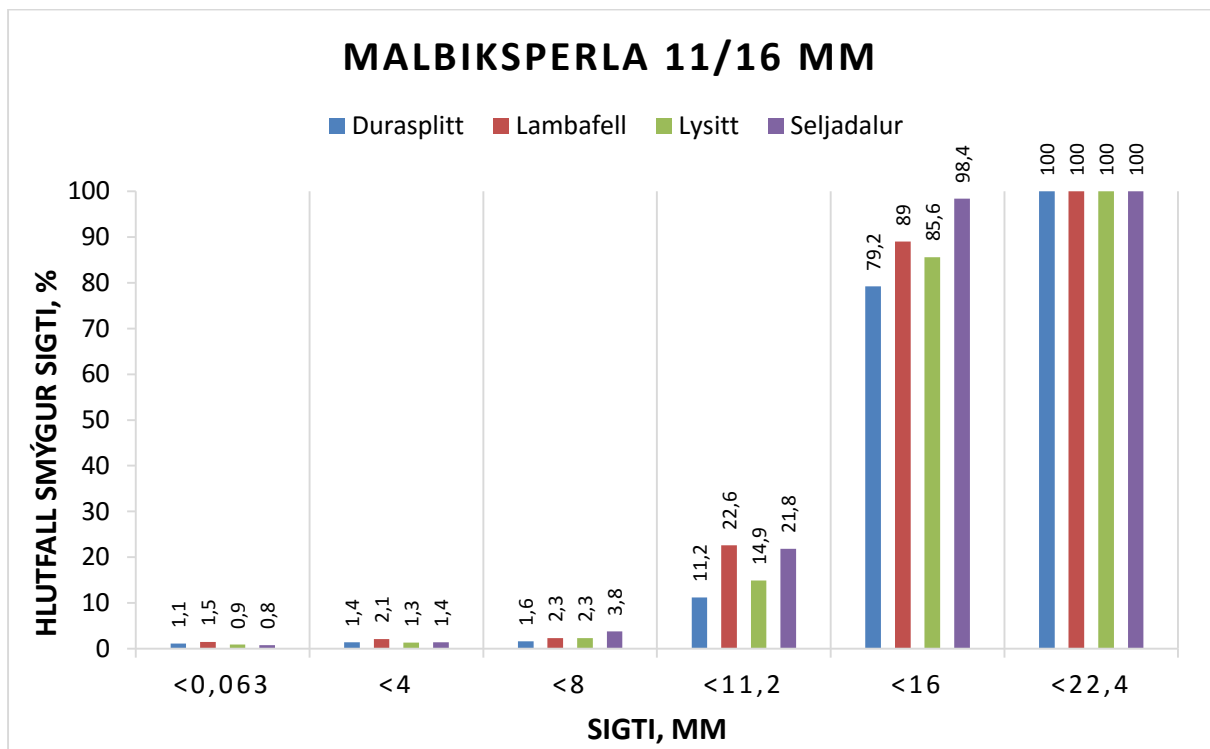
5.1 Prófanir á steinefnum sem notuð eru í malbik héraendis

Annar hluti þessa rannsóknaverkefnis var að kanna hvaða kröfur þau steinefni sem helst eru notuð í malbik á höfðuborgarsvæðinu uppfylli með tilliti til umferðarálags. Steinefnin sem rannsökuð voru eru öll 11/16 mm perla af Seljadal, Lambafelli, Durasplitt og Lysitt. Þessi stærðarflokkur var valinn til að unnt væri að prófa styrkleika (LA), slitþol (Kvarnargildi) og frostþol, en þau próf eru gerð á tiltölulegar grófu, flokkuðu efni. Tafla 6 sýnir magn efnis sem smýgur valin sigti, þar með talin fínefni.

Tafla 6 Magn steinefnis sem smýgur valin sigti, þar með talin fínefni

Steinefni/ sigti mm	Kornakúrfa - smýgur sigti, %					
	<0,063	<4	<8	<11,2	<16	<22,4
Durasplitt	1,1	1,4	1,6	11,2	79,2	100
Lambafell	1,5	2,1	2,3	22,6	89	100
Lysitt	0,9	1,3	2,3	14,9	85,6	100
Seljadalur	0,8	1,4	3,8	21,8	98,4	100

Mynd 27 sýnir þessar niðurstöður hlutfallslega sem súlur sem smjúga hvert valið sigti.



Mynd 27 Niðurstöður kornagreiningar sett fram sem súlur sem smjúga hvert valið sigti

Tafla 6 og mynd 27 sýna að ekki er mikill munur á milli kornastærða þessara flokkuðu 11/16 mm efna. Þó má benda á að íslensku steinefnin eru með minna af yfirstærðum og meira af undirstærðum en innfluttu efnin, en það ræðst vafalaust af framleiðsluaðferðum. Þessi munur á undir- og yfirstærðum skiptir þó væntanlega ekki máli þar sem kornadreifing malbiks er stjórnað með skömmtun mismunandi kornastærða í réttum hlutföllum.

Þegar litið er til annarra niðurstæðna prófana má segja á heildina litið að þessi grófasti hluti steinefna í malbik sem prófaður var uppfylli að mestu ítrustu kröfur, þó með nokkrum undantekningum. Tafla 7 sýnir niðurstöður prófana á þeim fjórum steinefnum sem prófuð voru.

Tafla 7 Niðurstöður prófana á grófasta hluta steinefna í malbik

Steinefni/ niðurstöður	Viðloðun þakn., %	Styrkur LA, %	Frostþ. F _{EC} %	Lögun FI, %	Slitþol A _N , %	Rúmp. Mg/m ³	Mettiv. %	Berggreining
Durasplitt	98	11,6	0,1	2,9	6,5	2,765	0,2	Kvarsdíorít, 92 % mest millidökkt
Lambafell	100	11,9	0,1	1,7	5,3	2,864	1,5	Ferskt bas., 85 % þétt, 14 % blöðr., 1 % mjög blöðr.
Lysitt	90	11,7	0,2	6,2	8,3	2,741	0,6	Anortósít, 42 % hvítt, 37 % gráleitt og 21 % ljósgrátt
Seljadalur	100	12,7	0,2	1,2	9,1	2,871	1,4	Ferskt basalt, 99 % þétt og 1 % blöðrótt

Ef litið er fyrst til viðloðunar má sjá að bæði íslensku efnin fá 100 % þakningu úr hrærsluprófi á viðloðun, en þau erlendu ná því ekki að vera fullþakin (raunblönduprófi með 6,5 % etylester úr lýsi og 0,9 % TPH viðloðunarefni). Það skal tekið fram að hrærslupróf á viðloðun (raunblöndupróf) er ætlað til að meta viðloðun steinefna við bindiefni í þjálbiksklæðingum. Ákveðið var engu að síður að notast við þá prófunaraðferð hér, þar sem um samanburðarprófanir er að ræða og aðferðin er tiltölulega einföld. Það kemur sem sagt á daginn, eins og reikna hefði mátt með, að erlendu steinefnin, sem eru hærri í kísilsýru, léttari (lægri rúmþyngd) og auk þess þéttari (læggra mettvatn) en íslensku steinefnin hafa ekki eins góða viðloðun í hrærsluprófi. Þess ber að geta að viðloðun steinefna í malbik er, skv. leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur, mælt með rúlluflöskuprófi (ÍST EN 12697-11) og skal þakning vera meiri en 25 % eftir 48 klst. próf. Eins og áður sagði var ákveðið að gera frekar hrærslupróf á viðloðun, en ætla má að svipuð röðun hefði komið fram í rúlluflöskuprófinu.

Styrkleiki steinefnanna var mældur með Los Angeles próf skv. ÍST EN 1097-2. Niðurstöður eru svipaðar fyrir öll steinefnin og liggur niðurbrot á bilinu 12 til 13 % ef rúnnað er í næstu heilu tölu. Ítrustu kröfur Vegagerðarinnar um styrk steinefna í malbik eru < 15 % niðurbrot og því standast öll steinefnin þá kröfu.

Frostþol steinefnanna var mælt samkvæmt staðli ÍST EN 1367-6, þ.e.a.s. í 1 % saltlausn, en ítrasta krafa Vegagerðarinnar er < 4 % niðurbrot í þessu prófi. Það er skemmst frá því að segja að öll steinefnin standast vel þetta próf og er niðurbrot hverfandi eða 0,1 til 0,2 %.

Lögun steinefnanna, mæld með lögunarstuðli (Flakiness Index, ÍST EN 933-3) er í öllum tilfellum vel innan ítrustu marka Vegagerðarinnar, en þær eru að flögótt steinefni megi vera allt að 15 %. Öll efnin eru mjög kúbísk, þótt Lysitt nái ekki alveg sömu teningslögun og hin steinefnin þrjú.

Slitþol steinefnanna var mælt með hinni Norrænu aðferð kúlnakvörn samkvæmt staðli ÍST EN 1097-9. Ítrustu kröfur Vegagerðarinnar eru að niðurbrot skuli vera < 7 % ef umferð er meiri en 8.000 ÁDU og umferðarhraði meiri en 70 km/klst, en ef umferðarhraði er minni stenst steinefnið umferð meiri en 15.000 ÁDU. Steinefnin Lambafell og Durasplitt standast þessar kröfur, en Seljadalur og Lysitt ná næstbesta flokknum sem er niðurbrot < 10 %. Strangt til tekið standast tvö síðasttöldu steinefnin því ekki ítrustu kröfur Vegagerðarinnar samkvæmt þessum prófunum. Tekið skal fram að Malbikunarstöðin Höfði sem framleiðir Seljadalsefni setur fram í CE merki sínu að efnið falli í kröfuflokk A_N10, sem er í samræmi við þessar niðurstöður.

Bent hefur verið á að erlendu efnin eru kísilsýrurík og flokkast Durasplitt sem hreint kvarsdíorít og Lysitt sem hreint anortósít með rúmþyngd um 2,75 Mg/m³ og mettvatn um og undir 0,5 %. Íslensku efnin eru með hærri rúmþyngd, en jafnframt hærra mettvatn, eða um 1,5 %. Þegar kemur að berggreiningu er það helst sem stingur í stúf að Lambafellsefnið greinist með um 15 % blöðrótt basalt (2. Gæðaflokkur), en Seljadalsefnið einungis með 1 % blöðrótt, en annars alveg þétt. Berggreiningin bendir sem sagt til að Lambafellsefnið ætti að vera með minni styrk og slitþol en Seljadalsefnið, en því er alveg öfugt farið.

5.2 Prófanir á malbikskjörnum

Annar hluti þessa rannsóknaverkefnis fólst í því að taka sýni af tiltölulega nýlegu malbiki sem hafði orðið fyrir nokkrum skemmdum í formi þess að losna upp, aðallega í köntum. Teknir voru fjórir malbikskjarnar í fimm gerðum malbiks sem lagt hafði verið á árunum 2011 til 2013 og sýnt hafði veikleika sem þessa. Malbikskafarnir voru ekki kortlagðir beinlínis, heldur voru þeir sérveldir þar sem sýnt þótti að eitthvað hafi valdið því að ótímabærar skemmdir höfðu komið fram í köflunum frá 2011. Hins vegar voru kaflar frá 2012 og 2013 óskemmdir, en hafðir með til samanburðar. Kaflarnir sem um ræðir eru eftirfarandi, sjá töflu 8.

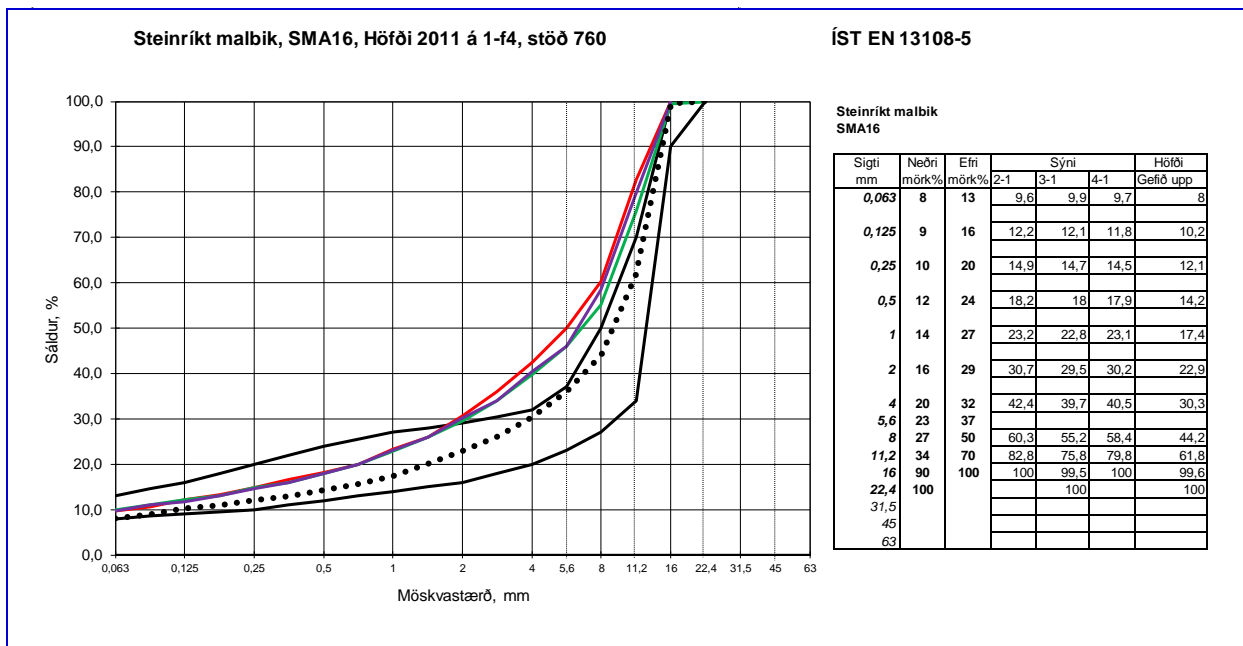
Tafla 8 Staðsetning sérveldra kafla sem tekin voru kjarnasýni úr

Staður nr.	Merking sýnis	Vegheiti	Vegnúmer	Stöð	Akrein	Gerð malbiks	Framleiðandi/ár
1	1-f4-760	Vesturlandsvegur	1-f4	760	hægri akrein, H2	SMA 16, PG 160/220	Höfði/2011
2	43-01-12240	Grindav.vegur	43-01	12240	vinstri akrein, V1	SL 11, PG 160/220	MHC/2013
3	43-01-10035	Grindav.vegur	43-01	10035	vinstri akrein, V1	SL 11, PG 160/220	Höfði/2011
4	41-16-9163	Reykjanesbraut	41-16	9163	vinstri akrein, V1	SMA 16, PG 160/220	MHC/2012
5	41-15-10565	Reykjanesbraut	41-15	10565	vinstri akrein, V2	SMA 16, PG 160/220	Höfði/2011

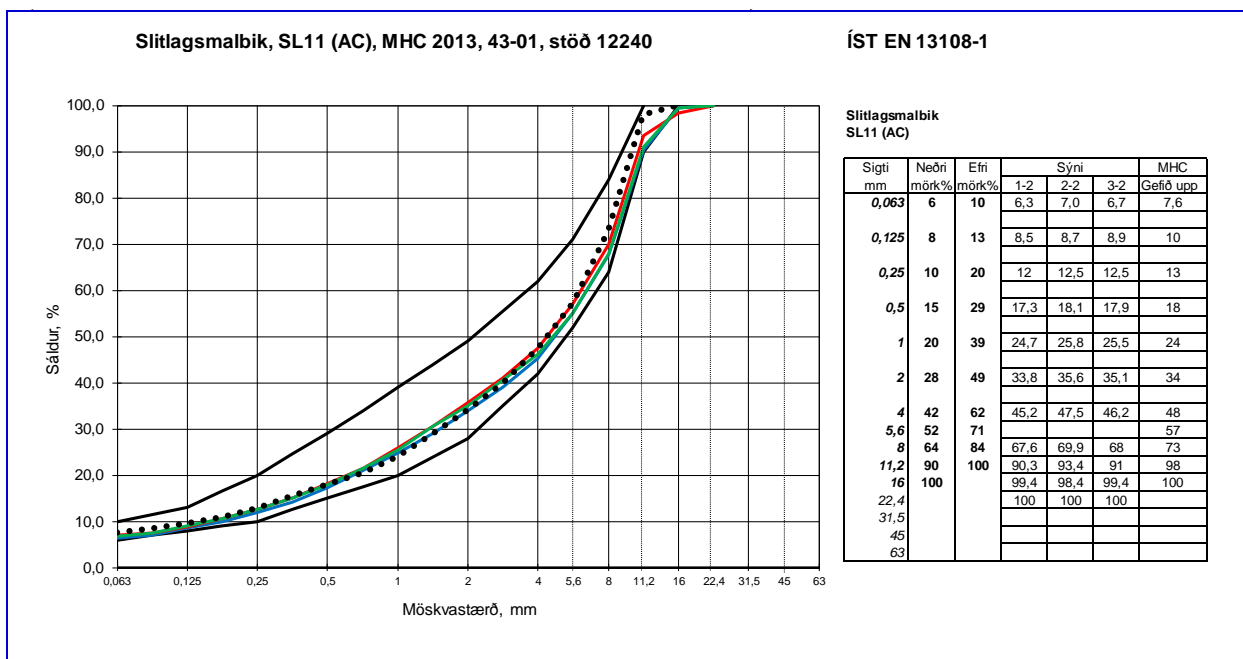
Á hverjum stað voru teknir fjórir kjarnar, 10 cm í þvermál, en einungis þrjár voru teknir til rannsókna. Það sem rúmaðist innan þessa verkefnis var að ákvarða stakar kornakúrfur, bindiefnisinnihald og svo mælingar á rúmþyngd og holrýmnd á þremur hlutasýnum. Hér á eftir er fjallað um niðurstöður þeirra mælinga sem framkvæmdar voru.

5.2.1 Steinefni, kornakúrfa

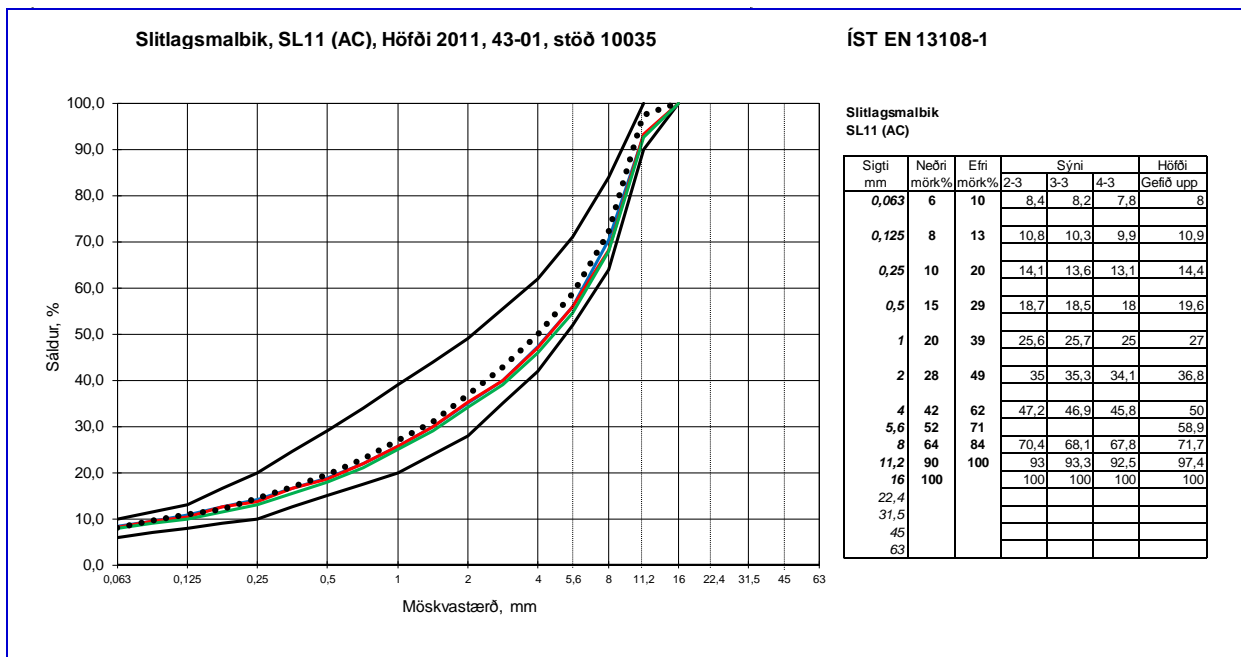
Myndir 28-32 sýna niðurstöður kornagreininga á malbikskjörnum (þrjár kúrfur í lit), en auk þess eru markalínur fyrir viðkomandi malbiksgerð sett inn (svartar heilar línur). Þar að auki er sett inn kornakúrfa sem framleiðandi tók af framleiddu efni í stöð sem fór í viðkomandi kafla til samanburðar (svört punktalína). Ekki verður fjallað sérstaklega um hverja mynd hér að neðan, heldur er samantekt um kornakúrfur í lok þessa kafla.



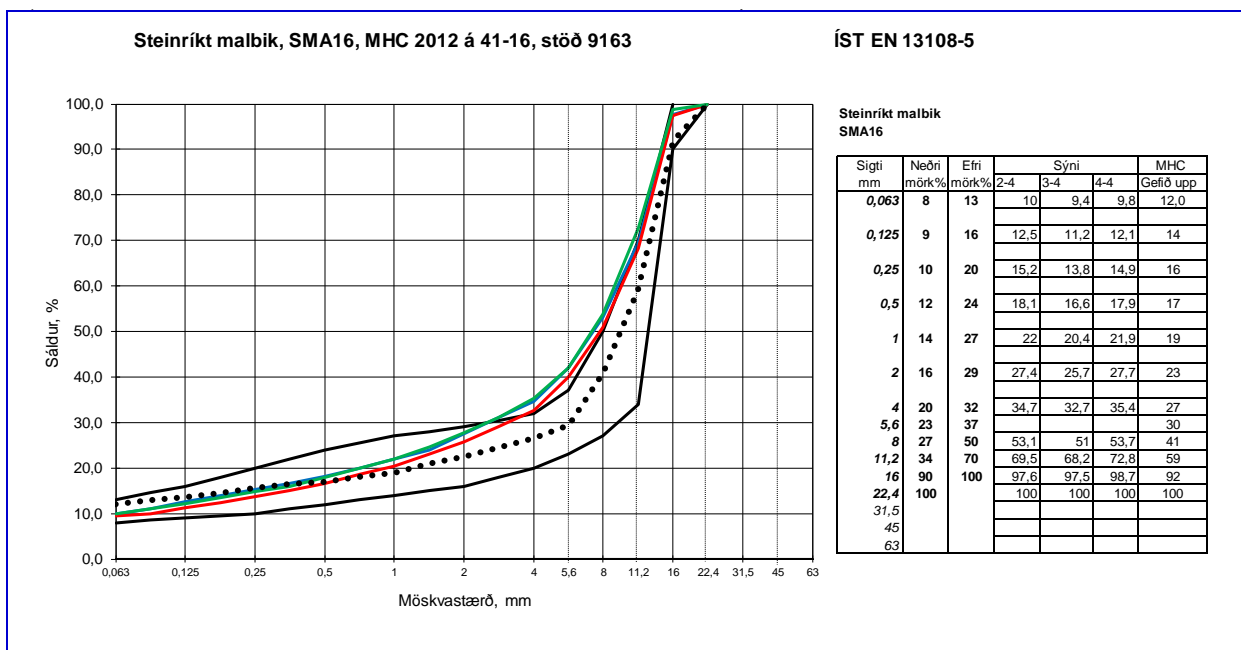
Mynd 28 Steinríkt malbik á Vesturlandsveg, SMA16, Höfði 2011



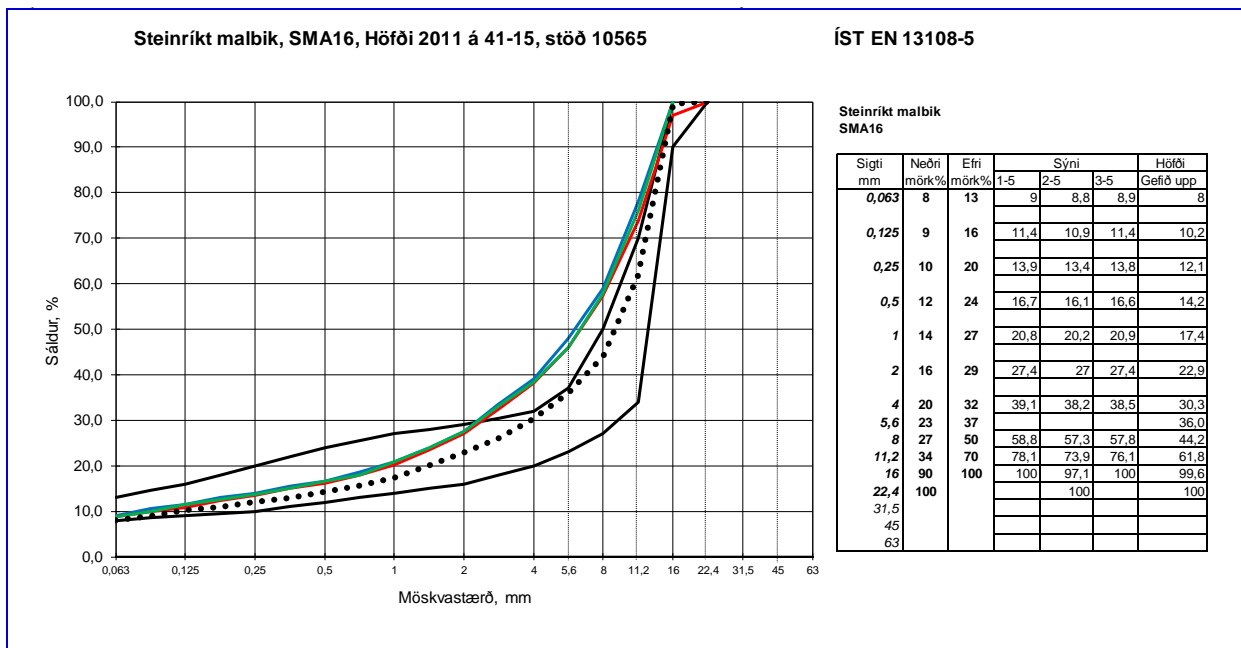
Mynd 29 Slitlagsmalbik á Grindavíkurveg, SL11, MHC 2013



Mynd 30 Slitlagsmalbik á Grindavíkurveg, SL11, Höfði 2011



Mynd 31 Steinríkt malbik á Reykjanesbraut, SMA16, MHC 2012



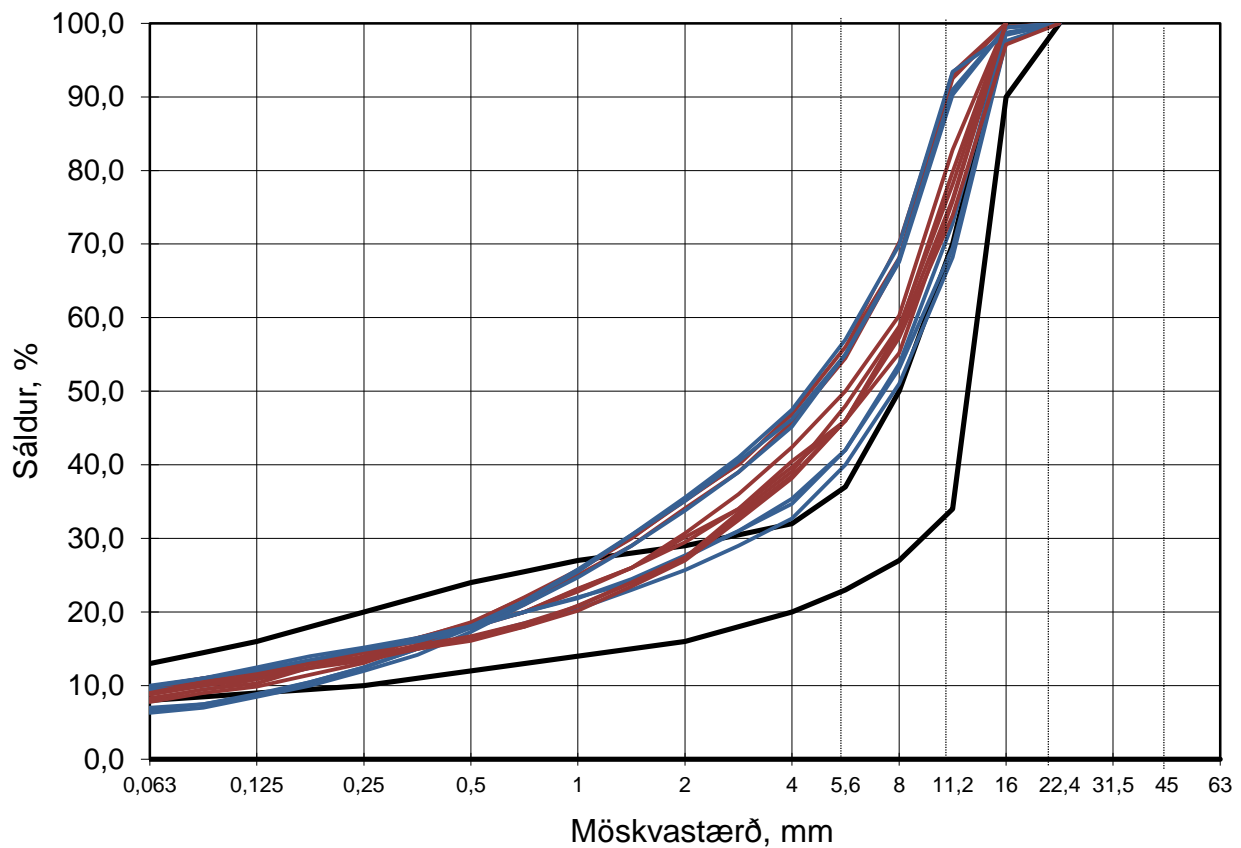
Mynd 32 Steinríkt malbik á Reykjanesbraut, SMA16, Höfði 2011

Tafla 9 gefur yfirlit yfir allar kúrfur allra hlutasýna á stöðunum fimm sem um ræðir.

Tafla 9 Samantekt á kornakúrfum allra kjarnasýna

Sigti mm	Sýni SMA16, Höfði, 2011			Sýni SL11, MHC, 2013			Sýni SL11, Höfði, 2011			Sýni SMA16, MHC, 2012			Sýni SMA16, Höfði, 2011		
	2-1	3-1	4-1	1-2	2-2	3-2	2-3	3-3	4-3	2-4	3-4	4-4	1-5	2-5	3-5
0,063	9,6	9,9	9,7	6,3	7	6,7	8,4	8,2	7,8	10	9,4	9,8	9	8,8	8,9
0,125	12,2	12,1	11,8	8,5	8,7	8,9	10,8	10,3	9,9	12,5	11,2	12,1	11,4	10,9	11,4
0,25	14,9	14,7	14,5	12	12,5	12,5	14,1	13,6	13,1	15,2	13,8	14,9	13,9	13,4	13,8
0,5	18,2	18	17,9	17,3	18,1	17,9	18,7	18,5	18	18,1	16,6	17,9	16,7	16,1	16,6
1	23,2	22,8	23,1	24,7	25,8	25,5	25,6	25,7	25	22	20,4	21,9	20,8	20,2	20,9
2	30,7	29,5	30,2	33,8	35,6	35,1	35	35,3	34,1	27,4	25,7	27,7	27,4	27	27,4
4	42,4	39,7	40,5	45,2	47,5	46,2	47,2	46,9	45,8	34,7	32,7	35,4	39,1	38,2	38,5
5,6															
8	60,3	55,2	58,4	67,6	69,9	68	70,4	68,1	67,8	53,1	51	53,7	58,8	57,3	57,8
11,2	82,8	75,8	79,8	90,3	93,4	91	93	93,3	92,5	69,5	68,2	72,8	78,1	73,9	76,1
16	100	99,5	100	99,4	98,4	99,4	100	100	100	97,6	97,5	98,7	100	97,1	100
22,4		100		100	100	100				100	100	100		100	

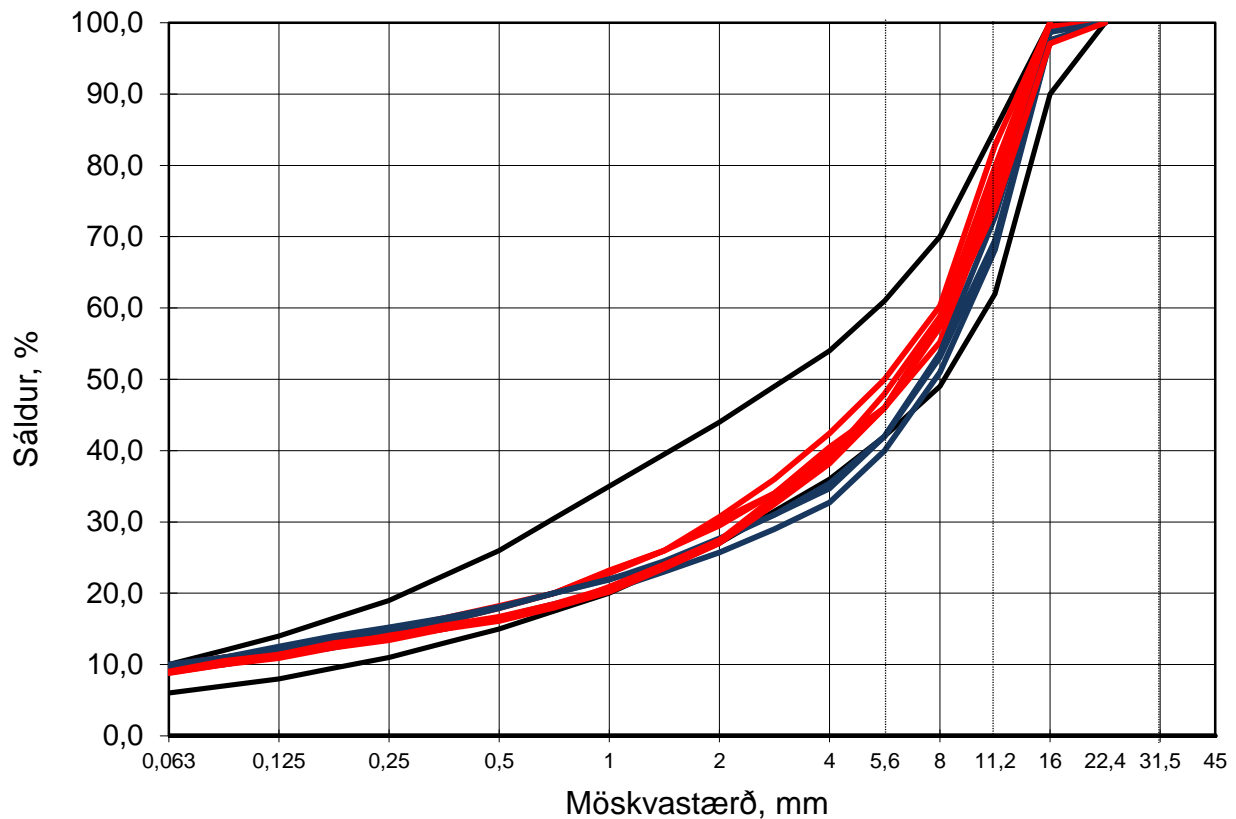
Mynd 33 sýnir kornakúrfur allra kjarnanna sem mældir voru í þessari rannsókn, með markalínunum fyrir SMA16 malbik. Athugið að kornakúrfur Höfða eru rauðar og kornakúrfur MHC eru bláar.



Mynd 33 Kornakúrfur allra kjarnanna sem mældir voru í þessari rannsókn

Sjá má á myndinni að fíngræstu kornakúrfurnar (lengst til vinstri) eru SL11 kúrfur og falla eðlilega utan SMA16 markalína. Benda má á að SL11 kornakúrfurnar eru hins vegar nánast alveg eins hjá Höfða og MHC og í báðum tilfellum innan markalína fyrir SL11 malbik, sbr. myndir 3 og 4 hér að ofan. SMA16 kornakúrfurnar falla líka allar utan markalína (en ættu að liggja innan þeirra) og kúrfur malbiksins frá Höfða heldur meira en kúrfur MHC, sbr. myndir 2, 5 og 6 hér að ofan. Þá má einnig benda á að fínefnamagn SMA malbiksins er í lægri kantinum, eða undir 10 % í SMA malbiki frá Höfða, en 12 % í SMA16 maliki MHC, en markalínurnar gera ráð fyrir að fínefnamagn liggja á bilinu 8 til 13 %. Þó skal tekið fram að fínefnamagnið fer í engum tilfellum undir 8 % mörkin.

Reyndar er það svo að ef SMA16 kúrfurnar eru settar fram með SL16 markalínum, sjá mynd 34, falla þær að mestu leyti innan þeirra markalína (ath. Höfðakúrfur rauðar og MHC kúrfur bláar).



Mynd 34 Kornakúrfur allra SMA16 kjarnanna með markalínunum fyrir SL16 malbik

Af framangreindu er ljóst að kornadreifing steinefnis í malbikssýnunum er innan marka hvað varðar SL11 malbik hjá báðum framleiðendum. Einnig eru kornakúrfur sem framleiðendur taka sjálfir við framleiðslu SL11 malbiksins mjög svipaðar þeim kúrfum sem mælast í kjörnum úr vegi. Einnig er ljóst að SMA16 malbikið sem tekið er úr vegi fer út fyrir markalínur fyrir þá malbiksgerð hjá báðum framleiðendum, þó minna hjá MHC en Höfða. Í þessu tilfalli má hins vegar benda á að í öllum tilfellum eru kornakúrfur sem framleiðendur taka sjálfir við framleiðslu þess malbiks sem sýni voru tekin af innan markalína. Ekki skal fullyrt hvað veldur þessum mun á kornakúrfum framleiðenda og þeim kúrfum sem fást úr kjörnum SMA malbiks, en munurinn liggur í þá átt að kúrfur úr kjörnum eru fíngerðari og lokaðri en kúrfur framleiðenda. Hugsanlegt er að kornadreifing breytist við kjarnatöku (stærri korn söguð í tvennt), eða þá að álag úti í vegi valdi einhvers konar niðurbroti. Hvorugt af þessu á þó við um SL malbikið og því hæpið að fullyrða nokkuð um þetta misræmi. Frekari rannsókna væri þörf til að fá staðfestar niðurstöður til að varpa ljósi á þetta misræmi. Fróðlegt gæti einnig verið að kanna mun á kornakúrfum framleiðendanna sjálfra, annars vegar á framleiddu malbiki og hins vegar malbikssýnum sem þeir bora úr götum. Frekari rannsóknir og gagnaöflun rúmast þó ekki innan ramma þessa verkefnis.

5.2.2 Bindiefni og holrýmd

Auk kornagreiningar á þremur kjörnum af fimm sýnatökstöðum var ákvarðað bikinnihald, rúmpýngd og holrýmd kjarnanna. Tafla 10 sýnir stakar niðurstöður og meðaltöl þessara mælinga, auk mælds fínefnamagns í kjörnunum.

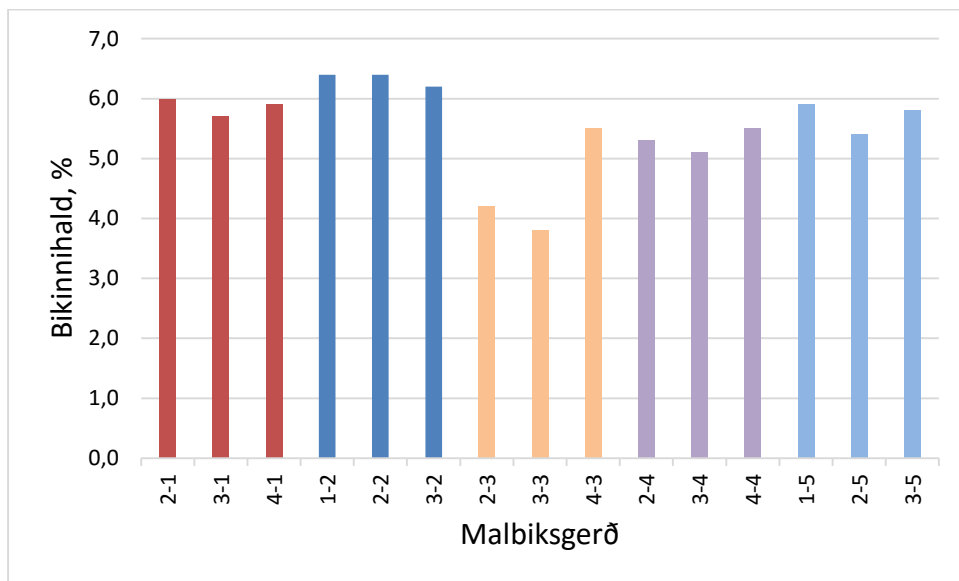
Tafla 10 Niðurstöður stakra mælinga á borkjörnum og meðaltölum

Staður	Sýni, nr.	Framl. og gerð	Bikinnihald, %	Meðal bikinnihald	Rúmpýngd, kg/m ³	Holrýmd, %	Meðal holrýmd	<0,063 mm, %	Meðal fínefni
1	2-1	Höfði 2011, SMA16	6,0	5,9	2520,6	3,26	3,17	9,6	9,7
	3-1		5,7		2528,6	2,90		9,9	
	4-1		5,9		2514,4	3,35		9,7	
2	1-2	MHC 2013, SL11	6,4	6,3	2434,2	4,91	4,87	6,3	6,7
	2-2		6,4		2417,2	5,49		7,0	
	3-2		6,2		2432,7	4,22		6,7	
3	2-3	Höfði 2011, SL11	4,2	4,5	2465,8	3,17	4,59	8,4	8,1
	3-3		3,8		2440,8	5,08		8,2	
	4-3		5,5		2442,7	5,51		7,8	
4	2-4	MHC 2012, SMA16	5,3	5,3	2516,8	2,92	3,43	10,0	9,7
	3-4		5,1		2506,7	4,16		9,4	
	4-4		5,5		2517,0	3,21		9,8	
5	1-5	Höfði 2011, SMA16	5,9	5,7	2546,2	2,97	3,40	9,0	8,9
	2-5		5,4		2538,9	3,78		8,8	
	3-5		5,8		2537,8	3,45		8,9	

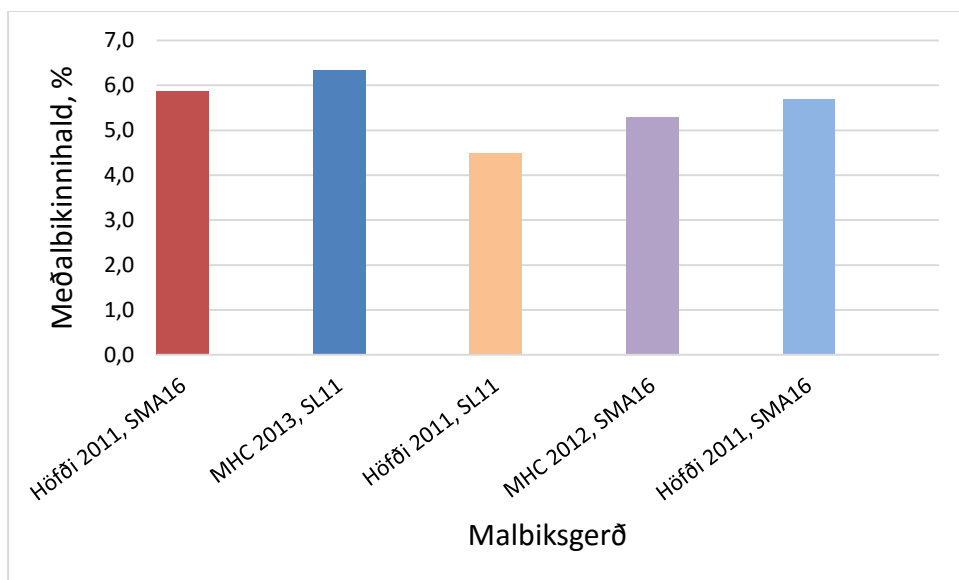
Hér á eftir verður fjallað um þessar niðurstöður í máli og myndum, bæði stakar mælingar og meðaltöl. Einnig er litið til mælinga sem framleiðendur gerðu sjálfir við framleiðslu viðkomandi malbiks í vegi. Þá verður fjallað um valdar leiðbeiningar Vegagerðarinnar um æskilegt bikinnihald, svo og hlutfallið fínefni/bikinnihald, sem settar eru fram í leiðbeiningariti Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur.

5.2.2.1 Bikinnihald

Varðandi bikinnihald stakra kjarna úr sama malbikinu má segja að ekki er afgerandi mikill munur og meðaltöl bikinnihalds því væntanlega nokkuð lýsandi fyrir malbikið í heild, samkvæmt mælingum á kjörnum úr vegi, sbr. myndir 35 og 36.



Mynd 35 Bikinnihald stakra kjarna úr malbiksgerðunum fimm



Mynd 36 Meðaltal mælinga á bikinnihaldi kjarna úr malbiksgerðunum fimm

Til þess að meta hvort hér er um hæfilegt bikinnihald er að ræða er vert að líta til leiðbeininga Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur. Þar er birt tafla til leiðbeiningar um æskilegt magn bindiefnis (án leiðréttingar vegna gropu og hugsanlega annarra þátta), sjá töflu 11.

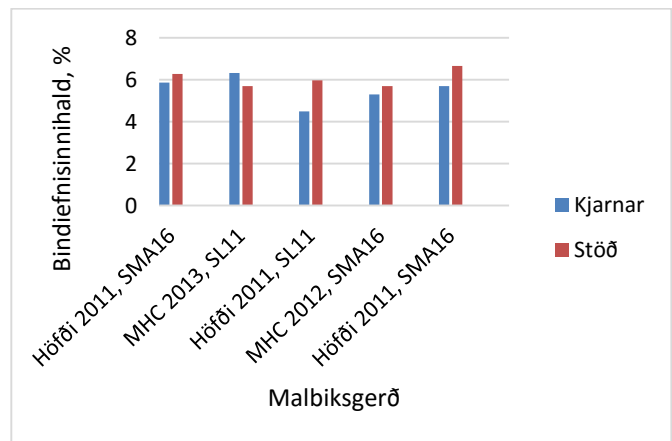
Tafla 11 Leiðbeinandi gildi fyrir bindiefnisinnihald í nokkrum malbiksgerðum

Slitlagsgerð	Tillaga, %	Mörk, %
SL 8	6,4	6,1-6,7
SL 11	6,0	5,7-6,3
SL 16	5,8	5,5-6,1
SMA 8	6,8	6,1-7,7
SMA 11	6,4	5,9-7,4
SMA 16	6,3	5,7-7,2
BNL 11	5,3	4,8-5,8
BNL 16	5,1	4,6-5,6
BRL 16	4,9	4,6-5,6
BRL 22	4,6	4,2-5,3
BRL 32	4,0	3,7-4,7

Eins og sjá má í töflunni er lagt til í leiðbeiningarritinu að þær malbiksgerðir sem hér er fjallað um hafi bindiefnisinnihald 6,0 % (SL11) og 6,3 % (SMA16). Samkvæmt mælingum á kjörnum er meðalbindiefnisinnihald í SL11 frá Höfða 4,5 % og SL11 frá MHC 6,3 %, sem sagt talsvert undir leiðbeinandi gildum hjá Höfða, en í efri kanntinum hjá MHC. Varðandi SMA16 malbikið er skemmst frá því að segja að það er í öllum tilfellum undir tillögu Vegagerðarinnar, en þó um og yfir neðri mörkunum hjá Höfða. SMA16 frá MHC er að meðaltali heilu prósentustigi undir tillögu Vegagerðarinnar, en á móti gæti komið að þar var notað 3 % Sasobit, en ekki er tekið mið af notkun á vaxi eða öðrum hitalækkandi efnum í leiðbeiningum Vegagerðarinnar.

Fróðlegt er að bera saman bikinnihald sem mælist í kjörnum og það sem framleiðandi mælir í sýni við framleiðslu malbiksins, sjá töflu 12 og mynd 37.

Sýni, nr.	Framl. og gerð	Bikinnihald, %	Kjarnar	Stöð
2-1	Höfði 2011, SMA16	6,0	5,9	6,3
3-1		5,7		
4-1		5,9		
1-2	MHC 2013, SL11	6,4	6,3	5,7
2-2		6,4		
3-2		6,2		
2-3	Höfði 2011, SL11	4,2	4,5	6,0
3-3		3,8		
4-3		5,5		
2-4	MHC 2012, SMA16	5,3	5,3	5,7
3-4		5,1		
4-4		5,5		
1-5	Höfði 2011, SMA16	5,9	5,7	6,7
2-5		5,4		
3-5		5,8		

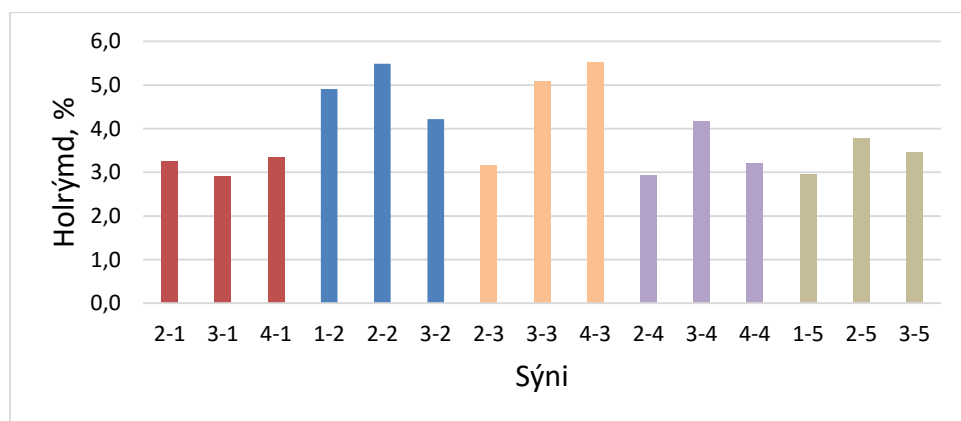


Tafla 12 og mynd 37 Niðurstöður mælinga á bikinnihaldi kjarna og framleiðenda

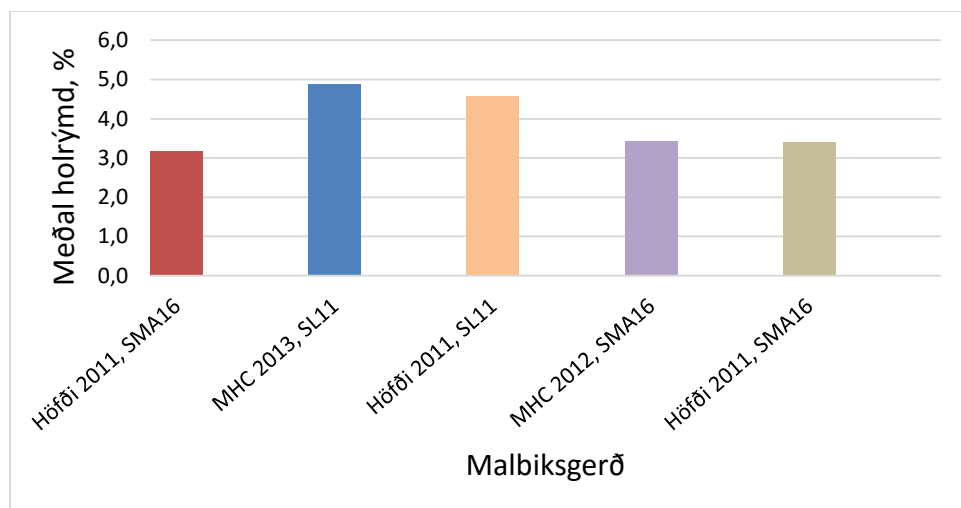
Í flestum tilfellum er ekki ýkja mikill munur á mældu bikinnihaldi, en þó er hann afgerandi í tilfallinu SL11 frá Höfða, þar sem framleiðandi mælir 6 % bikinnihald, en mælingar á kjörnum 4,5 %. Það skal ósagt látið hvort óvenju lítið bikinnihald hafi verið einmitt þar sem kjarnarnir voru teknir og þá vegna einhvers aðskilnaðar í malbikinu, en ljóst er að 4,5 % er allt of lítið magn og gæti auðveldlega kallað á steinlos. Á heildina lítið nota báðar malbikunarstöðvarnar minna bikmagn en lagt er til í leiðbeiningum Vegagerðarinnar, en vera má að þau gildi séu óþarflega há (tekin saman af Ásbirni Jóhannessyni á sínum tíma) og mætti hugsa sér að endurskoða þau að undangenginni gagnaöflun.

5.2.2.2 Holrýmd

Holrýmd stakra kjarna úr sama malbikinu er í sumum tilfellum nokkuð mismikil, en í raun er ekki verjandi að kasta út gildum sem skera sig á einhvern hátt úr, þar sem fleiri sýni þyrfti til að réttlæta það. Meðaltöl holrýmdar eru því nokkuð óviss fyrir malbikið í heild, sbr. myndir 38 og 39.



Mynd 38 Holrýmd stakra kjarna úr malbiksgerðunum fimm

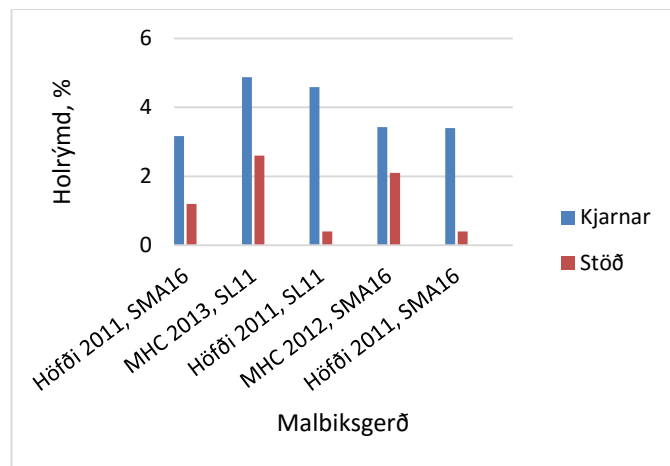


Mynd 39 Meðaltal mælinga á holrýmd kjarna úr malbiksgerðunum fimm

Það vekur athygli að holrýmd beggja SL11 gerðanna sem eru til umfjöllunar er tiltölulega hátt, eða á milli 4,5 og 4,9 %, sem sagt hærra en allra SMA kaflanna. Meðalholrýmd SMA malbiksgerðanna þriggja liggur hins vegar á bilinu 3,2 til 3,5 %. Þess má geta að í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur eru leiðbeinandi gildi fyrir hannaða holrýmd SL11 malbiks á milli 1 og 3 % og fyrir SMA16 eru gildin á milli 1,5 og 3,5 %. Holrýmdin í SL11 kjarnasýnunum er því talsvert meiri en leiðbeiningarnar leggja til, en í SMA16 sýnunum er meðalholrýmdin innan marka.

Þegar borin er saman holrýmd kjarna sem teknir voru úr götu og holrýmd Marshall kjarna sem útbúnir voru þegar framleiðsla fór fram á sínum tíma, kemur fram mikið misræmi í mældum gildum í öllum tilfellum sjá töflu 13 og mynd 40.

Sýni, nr.	Framl. og gerð	Holrýmd, %	Kjarnar	Stöð
2-1	Höfði 2011, SMA16	3,26	3,17	1,2
3-1		2,90		
4-1		3,35		
1-2	MHC 2013, SL11	4,91	4,87	2,6
2-2		5,49		
3-2		4,22		
2-3	Höfði 2011, SL11	3,17	4,59	0,4
3-3		5,08		
4-3		5,51		
2-4	MHC 2012, SMA16	2,92	3,43	2,1
3-4		4,16		
4-4		3,21		
1-5	Höfði 2011, SMA16	2,97	3,40	0,4
2-5		3,78		
3-5		3,45		



Tafla 13 og mynd 40 Niðurstöður mælinga á holrýmd kjarna og framleiðenda

Í öllum tilfellum er holrýmd kjarnasýna hærri en þeirra sem útbúin voru á rannsóknastofu, sem segja má að sé eðlilegt, en munurinn er samt langt frá því að vera skýrður á annan hátt en að þjöppun úti í götu er mun lakari en þjöppun með Marshall hamri. Það vekur athygli að mæld holrýmd við framleiðslu er í einu tilviki 0,4 % í SL11 malbiki og í öðru tilviki einnig 0,4 % í SMA16 malbiki. Eins og komið hefur fram er ráðlagt í leiðbeiningum Vegagerðarinnar að hönnuð holrýmd sé á milli 1 og 3 % í SL11 malbiki og 1,5 og 3,5 í SMA16 malbiki.

Í tilfalli SL11 malbiksins mældist bikinnihald 6 % við framleiðslu, en í kjörnum 4,5 %. Líklega hefði ekki verið mögulegt að ná 0,4 % holrýmd í sýni með 4,5 % bikinnihaldi, en sú ályktun gæti bent til þess að kjarnarnir hafi verið teknir á óvenju mögru svæði í veginum, þótt ekki sé hægt að fullyrða það. Til þess þyrfti að taka sýni á fleiri stöðum.

Varðandi SMA16 malbikið sem mældist með 0,4 % holrýmd við framleiðslu var bikinnihaldið nokkuð hátt samkvæmt eftirlitsprófinu, eða 6,7 %, en að öllu jöfnu ætti að vera illmögulegt að ná holrýmd niður í 0,4 % í SMA malbiki yfirleitt, þar sem kornakúrfan á að vera tiltölulega opin. Hér má benda á að SMA kúrfurnar voru ekki eins opnar og gert er ráð fyrir í þeirri malbiksgerð og voru

reyndar utan markalína, sem sagt lokaðri en ætti að vera. Það gæti skýrt þá litlu holrýmd sem framleiðandi mældi á sínum tíma.

Hvað sem öðru líður virðast niðurstöður borkjarna almennt benda til að þjöppun hafi ekki verið nægileg til að ná hannaðri holrýmd, allra síst í SL11 malbikinu. Þó má ekki útiloka að holrýmd í SL11 malbikinu hafi aukist með tíma í vegi og að hún hafi verið minni strax eftir útlögn en hún mælist nú. Hér er átt við að umferðaralag í samspili við aldur malbiks getur hugsanlega valdið því að malbikið „opnist“ eða losni um það, en það gæti valdið hærri mældum gildum holrýmdar. Þetta er ekki hægt að heimfæra á SMA16 malbikið þar sem holrýmd þess er innan marka, þótt hún sé hærri en holrýmd Marshallsýnanna. Þetta væri hægt að kanna nánar með reglulegri sýnatöku úr malbiki með tíma og mæla holrýmd, en einnig fengjust upplýsingar um hvort t.d. kornadreifing, bikinnihald eða rúmþyngd breytist með tíma.

5.2.2.3 Rúmþyngd

Í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur er sett fram eftirfarandi krafa: *Ef þjöppunarkröfu er beitt, eða þjöppunarmælar (geislaælitæki, rafsegulbylgjur, georadar) notaðir til að fylgjast með þjöppun, skal mæld rúmþyngd vera ≥ 99 % af rúmþyngd fenginni í Marshallprófi.* Því þótti áhugavert að kanna hvort rúmþyngdir kjarna væru frábrugðin rúmþyngdum Marshall kjarna sem greindir voru við framleiðslu malbiksins á sínum tíma. Tafla 14 sýnir samanburð á mældum gildum, svo og hlutfallið sem ætti að vera ≥ 99 % af rúmþyngd fenginni í Marshallprófi.

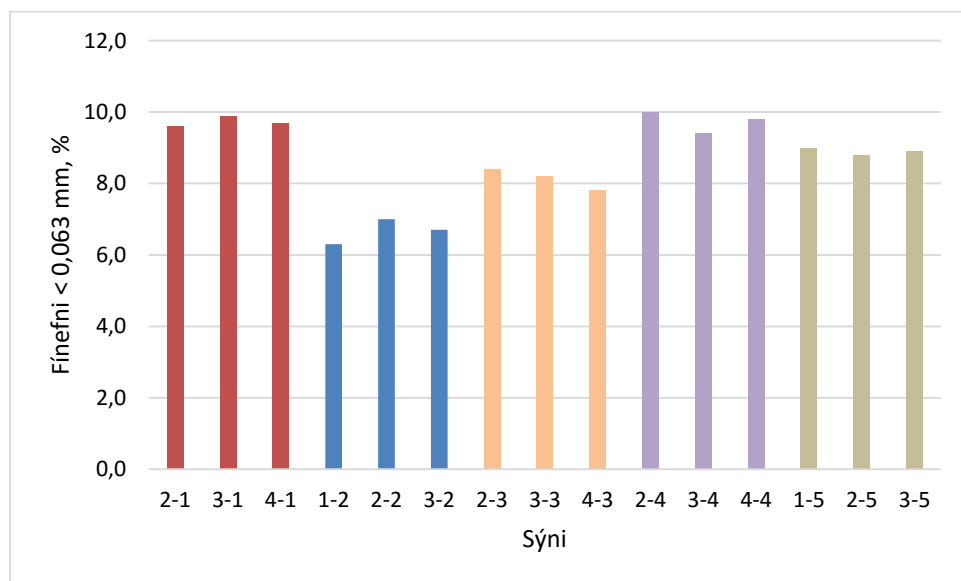
Tafla 14 Rúmþyngd mæld á kjörnum úr vegi og Marshall kjörnum við framleiðslu

Sýni, nr.	Framl. og gerð	Rúmþyngd, kg/m ³	Kjarnar	Stöð	Hlutfall
2-1	Höfði 2011, SMA16	2520,6	2521	2549	99
3-1		2528,6			
4-1		2514,4			
1-2	MHC 2013, SL11	2434,2	2428	2550	95
2-2		2417,2			
3-2		2432,7			
2-3	Höfði 2011, SL11	2465,8	2450	2545	96
3-3		2440,8			
4-3		2442,7			
2-4	MHC 2012, SMA16	2516,8	2514	2484	101
3-4		2506,7			
4-4		2517,0			
1-5	Höfði 2011, SMA16	2546,2	2541	2561	99
2-5		2538,9			
3-5		2537,8			

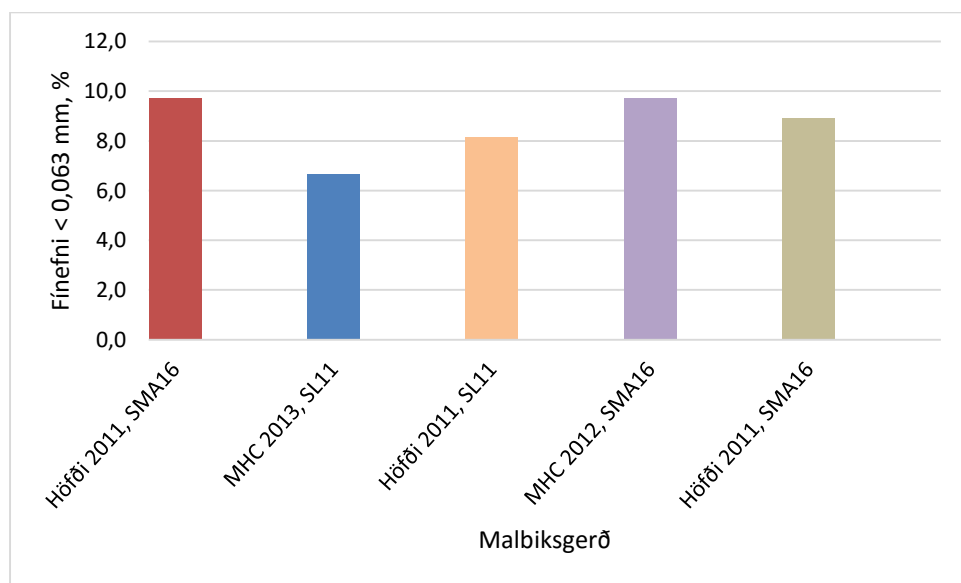
Það sést á töflunni að SL11 malbikið nær ekki því viðmiði að vera ≥ 99 % af rúmþyngd fenginni í Marshallprófi, en SMA16 malbiksgerðirnar ná því marki. Þetta ýtir undir þá tilgátu að SL11 malbikið hafi ekki náð tilskilinni þjöppun (enda holrýmd kjarnasýna langt yfir mörkum), en að SMA16 malbikið hafi fengið tilhlýðilega þjöppun (holrýmd innan marka, þótt mælist hærri en í Marshall sýnum).

5.2.2.4 Fínefnamagn

Varðandi fínefnamagn stakra kjarna úr sama malbikinu má segja að ekki er afgerandi mikill munur og meðaltöl fínefnamagns því væntanlega nokkuð lýsandi fyrir malbikið í heild, samkvæmt mælingum á kjörnum úr vegi, sbr. myndir 41 og 42.



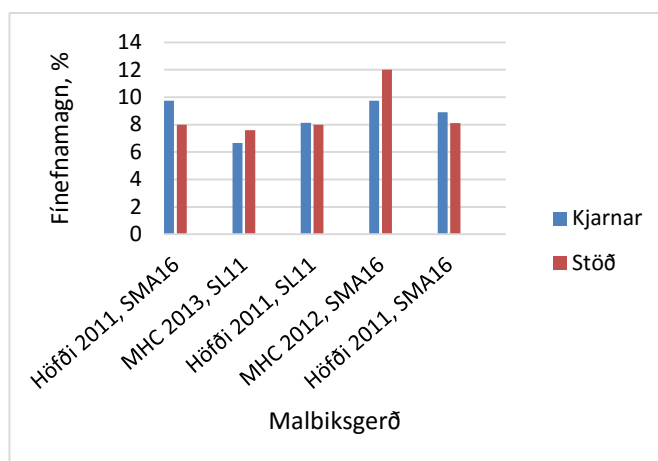
Mynd 41 Fínefnamagn stakra kjarna úr malbiksköflunum fimm



Mynd 42 Meðalfínefnamagn þriggja kjarna úr malbiksköflunum fimm

Í stuttu máli má segja að fínefnamagn í kjörnunum liggur innan markalína, þótt þær séu í lægri kantinum í flestum tilfellum, en markalínurnar liggja á milli 6 og 10 % fyrir SL11 malbik og 8 og 13 % fyrir SMA16 malbik. Tafla 15 og mynd 43 sýna samanburð á fínefnainnihaldi kjarnasýna úr vegi og sýna sem tekin voru við framleiðslu á sínum tíma.

Sýni, nr.	Framl. og gerð	<0,063 mm, %	Kjarnar	Stöð
2-1	Höfði 2011, SMA16	9,6	9,7	8
3-1		9,9		
4-1		9,7		
1-2	MHC 2013, SL11	6,3	6,7	7,6
2-2		7,0		
3-2		6,7		
2-3	Höfði 2011, SL11	8,4	8,1	8
3-3		8,2		
4-3		7,8		
2-4	MHC 2012, SMA16	10,0	9,7	12
3-4		9,4		
4-4		9,8		
1-5	Höfði 2011, SMA16	9,0	8,9	8,1
2-5		8,8		
3-5		8,9		



Tafla 15 og mynd 43 Samanburður á fínefnainnihaldi kjarnasýna úr vegi og sýna við framleiðslu

Líklega er munur á fínefni milli kjarna úr vegi og mælt við framleiðslu ekki það mikill að marktækt geti talist, þó munað geti um 2 prósentustigum í sumum tilfellum.

5.2.2.5 Hlutfallið fínefni/bikinnihald

Í leiðbeiningum Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur kemur fram að æskilegt hlutfall fínefnamagns/bikinnihalds sé á bilinu frá 1,15 til 1,5 fyrir SL og SMA malbik. Tafla 16 sýnir þetta hlutfall fyrir staka kjarna, svo og meðaltal hvers malbiksgerðar.

Tafla 16 Hlutfallið fínefni/bikinnihald stakra kjarna og meðaltal hvers malbiksgerðar

Framl. og gerð	Bikinnihald, %	Meðal bikinnihald	<0,063 mm, %	Meðal fínefni	Filler/bik hlutfall	Meðal hlutfall
Höfði 2011, SMA16	6,0	5,9	9,6	9,7	1,6	1,7
	5,7		9,9		1,7	
	5,9		9,7		1,6	
MHC 2013, SL11	6,4	6,3	6,3	6,7	1,0	1,1
	6,4		7,0		1,1	
	6,2		6,7		1,1	
Höfði 2011, SL11	4,2	4,5	8,4	8,1	2,0	1,8
	3,8		8,2		2,2	
	5,5		7,8		1,4	
MHC 2012, SMA16	5,3	5,3	10,0	9,7	1,9	1,8
	5,1		9,4		1,8	
	5,5		9,8		1,8	
Höfði 2011, SMA16	5,9	5,7	9,0	8,9	1,5	1,6
	5,4		8,8		1,6	
	5,8		8,9		1,5	

Það sést á töflunni að í fjórum af fimm tilfellum er hlutfallið fínefni/bikmagn yfir leiðbeinandi mörkum Vegagerðarinnar, þ.e.a.s. tiltölulega lágt bikinnihald miðað við fínefnamagn. Í þessum tilfellum er fínefnamagnið samt síður en svo óeðlilega hátt miðað við markalínur fyrir SL11 og SMA16 malbik. Þetta bendir til þess, á sama hátt og leiðbeinandi gildi um bikinnihald, að bikmagn

sé í lægri kantinum í þessum fjórum tilfellum. Í einu tilfelli, þ.e.a.s. SL11 malbik frá MHC snýst þetta við og hlutfallið er undir mörkum, en það skýrist af tiltölulega háu bikinnihaldi og lágu fínefnamagni.

Niðurstöður framleiðenda á fínefni/bik hlutfalli við framleiðslu í stöð eru talsvert ólíkar því sem mælist í kjörnum úr vegi og eru innan leiðbeinandi marka í öllum tilfellum nema einu, sjá töflu 17.

Tafla 17 Meðal fínefni/bik hlutfall samkvæmt mælingu framleiðanda

Framleiðandi og gerð	Bikinnihald, %	Fínefni, %	Fínefni/bik hlutfall
Höfði SL11	6	8	1,3
Höfði SMA16	6,5	8,1	1,2
MHC SL11	5,7	7,6	1,3
MHC SMA16	5,7	12	2,1

Taflan sýnir að hér sker sig úr SMA16 malbik frá MHC með mjög hátt fínefni/bik hlutfall, enda er fínefnamagnið hér nálægt hámarki markalína, en bikinnihald nálægt lágmarki samkvæmt leiðbeiningunum. Hér er sem sagt enn og aftur ákveðið misræmi milli kjarna sem teknir voru úr götu og greininga malbikunarstöðvanna við framleiðslu malbiksins á sínum tíma.

5.3 Umræða

Fyrst ber að geta þess að kaflarnir sem báru merki um ótímabærar skemmdir í vetrarlok 2015 voru allir lagðir árið 2011 og því orðnir fjögurra vetra gamlir. Samanburðarkaflarnir voru yngri, lagðir annars vegar 2012 og hins vegar 2013. Ekki er hægt að fullyrða að þeir haldist alveg óskemmdir þegar þeir verða jafn gamlir köflunum sem urðu fyrir steintapi á þessu stigi.

Óútskýrður er munur á kornadreifingu SMA16 sýna sem tekin voru úr vegi og sýna sem greind voru í stöð við framleiðslu. Ekki virðist vera marktækur munur á SL11 sýnum úr kjörnum og úr stöð og er kornadreifing þeirra innan markalína hjá báðum stöðvum.

Fram kemur munur á mældu bikinnihaldi sýna og sem tekin voru úr vegi og sýna sem greind voru í stöð við framleiðslu. Frekari rannsóknir á eftirlitssýnum stöðva og sýnum sem tekin eru úr sama malibki með kjarnatöku úr vegi væru æskilegar til að leita svara við þessum mun. Einnig væri æskilegt að útbúa malbikssýni úr einni eða fleiri gerðum malbiks og gera samanburðarprófanir milli rannsóknastofa sem á annað borð geta gert Marshall prófanir á malbiki, sem sagt kúrfu, bikinnihald, rúmþyngd og holrýmd.

Holrýmd er mun hærrí í kjörnum sem teknir eru úr götu en Marshall kjörnum sem þjappaðir voru við framleiðslu. Það eitt og sér bendir til þess að nægileg þjöppun hafi ekki náðst við útlögn og það geti valdið steinlosi á síðari stigum. Sérstaklega á þetta við um SL11 malbikið frá báðum

malbikunarstöðvunum. Steinlos er í SL11 kafla Höfða frá 2011, en ekki í SL11 kafla MHC frá 2013, en á þessu stigi er ekkert hægt að fullyrða um hvort steinlos verði komið í kaflann þegar hann nær sama aldri og kaflinn frá 2011. Hafa ber í huga að hugsanlegt er að holrýmd í malbiki aukist með tíma í vegi og að hún hafi verið minni strax eftir útlögn en nú mælist. Hér er átt við að umferðarálag í samspili við aldur getur hugsanlega valdið því að malbikið „opnist“ eða losni um það, en það gæti valdið hærri mældum gildum holrýmdar.

Ekki er hægt að útiloka að aðskilnaður í hitastigi malbiks við útlögn og/eða kornadreifingu gæti hafa ýtt undir steinlos á afmörkuðum svæðum í þeim köflum sem höfðu skemmst að einhverju marki.

6 Átak til að innleiða prófanir á filler-eiginleikum í malbiki

Eins og fram hefur komið í inngangi var leitað til tveggja stærstu framleiðenda malbiks á höfuðborgarsvæðinu um að safna fillersýnum við framleiðslu malbiks á síðasta ári og var rúmþyngd og holrýmd þeirra sýna mæld hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Dæmi um fillersýni eru sýnd á mynd 44.



Mynd 44 Áferð og litur mismunandi fillersýna sýnir að þau eru af mismunandi gerðum

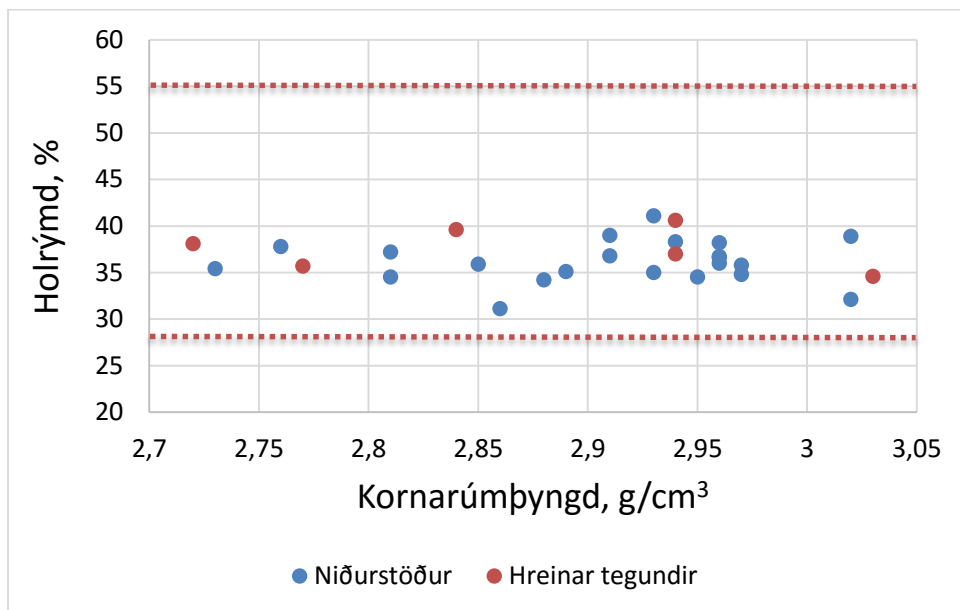
Sýnin sem tekin voru á mismunandi tímum eru allt frá því að vera svört yfir í að vera mjög ljós á litinn og það er ljóst af ásýnd fillersýnanna að þau eru af mismunandi uppruna. Sýnin á myndinni eru frá MHC og má t.d. benda á að sýni merkt nr. 5 er frá Jökulsá og sýni 13 er frá Kleifaheiði, önnur eru tekin úr stöðinni í Hafnarfirði.

Notast var við prófunaraðferðina ÍST EN 1097-4, sem sagt Rigden aðferð, en bæði holrýmd og rúmþyngd er mæld með þeirri aðferð. Tafla 18 sýnir helstu mæliniðurstöður og upplýsingar um fillersýnin sem tekin voru. Ath. að tegund steinefnis á við um það malbik sem verið var að framleiða hverju sinni, en ekki endilega fillergerðina sem notuð var á hverjum tíma.

Tafla 18 Helstu mæliniðurstöður og upplýsingar um fillersýnin sem tekin voru

Malbikunar- stöð	Dagseting sýnatöku	Númer sýnis	Tegund steinefnis	Kornarúm- þyngd, Mg/m ³	Holrýmd, %
Höfði	29.05.2015	nr. 1	Seljad.	2,89	35,1
Höfði	05.06.2015	nr. 2	Lambaf.	3,02	38,9
Höfði	12.06.2015	nr. 3	Seljad.	2,97	34,8
Höfði	19.06.2015	nr. 4	Seljad.	2,93	35
Höfði	29.06.2015	nr. 5	Seljad.	2,95	34,5
Höfði	16.07.2015	nr. 6	Seljad.?	3,02	32,1
MHC	13.05.2015	Nr. 1	Duraspl.	2,73	35,4
MHC	29.05.2015	Nr. 2	Duraspl.	2,81	37,2
MHC	6.07.2015	Nr. 3	Lambaf.	2,96	38,2
MHC	25.06.2015	Nr. 4	Duraspl.	2,76	37,8
MHC	25.06.2015	Nr. 5	Jökulsá	2,86	31,1
MHC	6.07.2015	Nr. 6	Duraspl.	2,94	38,3
MHC	13.07.2015	Nr. 7	Hólabrú-Dur.	2,97	35,8
MHC	23.07.2015	Nr. 8	La/Ly	2,93	41,1
MHC	11.08.2015	Nr. 9	La/Ly	2,96	36,6
MHC	23.07.2015	Nr. 10	Fjara Óshl.	2,96	36
MHC	25.8.2015	Nr. 11	Hólabrú	2,91	39
MHC	16.09.2015	Nr. 12	La/Ly og La	2,96	36,7
MHC	17.09.2015	Nr. 13	Kleifah.	2,81	34,5
MHC	1.10.2015	Nr. 14	Hólabrú	2,91	36,8
MHC	27.10.2015	Nr. 15	Duraspl.	2,85	35,9
MHC	25.11.2015	Nr. 16	D/Jelsa og H	2,88	34,2
Hrein steinefnasýni			Duraspl.	2,77	35,7
			Lysitt	2,72	38,1
			Jelsa	2,84	39,6
			Seljad.	2,94	37
			Lambaf.	3,03	34,6
			Hólabrú	2,94	40,6

Mynd 45 sýnir mæld gildi á kornarúmþyngd og holrýmd fínefna sem algenzt er að notuð séu í malbik hér á landi, mestmegnis á höfuðborgarsvæðinu. Það vekur athygli að holrýmdin mælist á nokkuð þröngu bili í öllum sýnunum, en kornarúmþyngdin er talsvert breytileg.



Mynd 45 Kornarúþyngd og holrýmd fínefna sem algengt er að nota í malbik hér á landi

Eins og sjá má á myndinni gefa holrýmdarmælingarnar gildi sem liggja að mestu á bilinu 30 til 40 % holrýmd. Norðmenn hafa gefið upp að holrýmd fínefnis í malbik skuli liggja á bilinu 28 til 55 %, en það er reyndar það bil sem kröfuflokkar framleiðslustaðals fyrir steinefni í malbik spannar, sbr. mynd 46 sem tekin er úr staðlinum.

prEN 13043:2014 (E)

9.3.3 Stiffening properties

9.3.3.1 Voids of dry compacted filler (Rigden)

When required, the voids of dry compacted filler shall be determined in accordance with EN 1097-4 and the results declared in accordance with the relevant category specified in Table 30 according to the particular application or end use.

Table 30 — Categories for voids of dry compacted filler

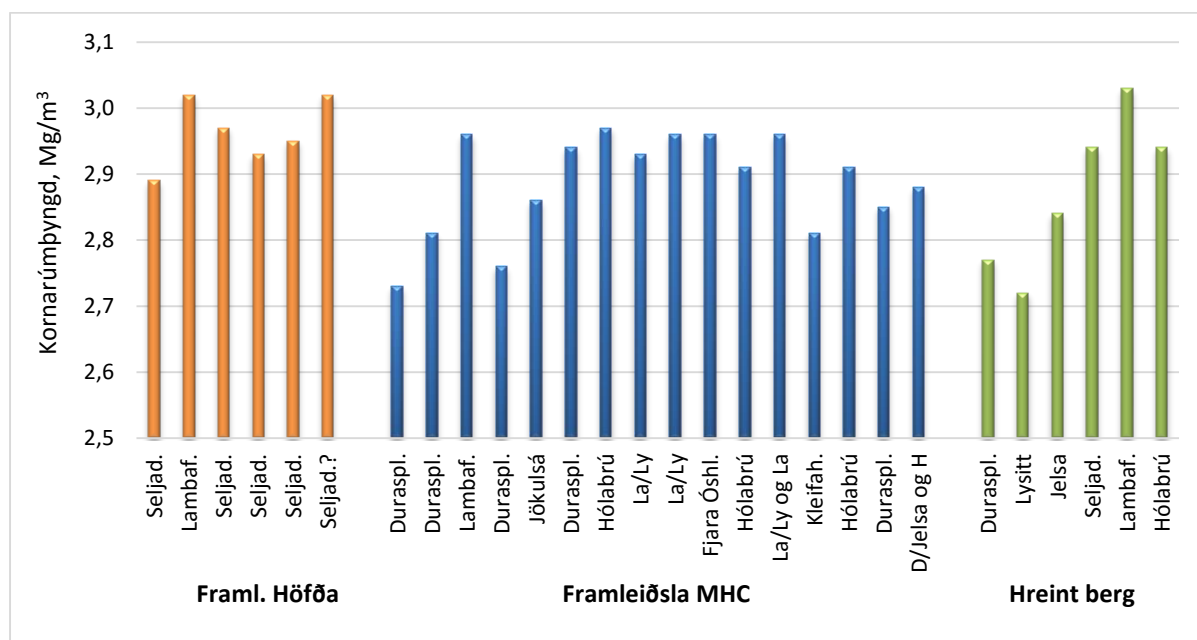
Percentage by volume		Category √
Overall range for individual results	Manufacturer's maximum declared grading range ^a	
28 to 38	4	√ 28/38
38 to 45	4	√ 38/45
28 to 45	4	√ 28/45
44 to 55	4	√ 44/55
> 55	4	√ _{Declared}
No requirement	No requirement	√ NR

^a Declared range of voids of dry compacted filler on the basis of the last 20 values (see prEN 16236).

Mynd 46 Kröfuflokkar holrýmdar fillers í framleiðslustaðli um steinefni í malbik

Svo virðist að Norðmenn hafi ákveðið að setja fram undir einum hatti allt sviðið sem kröfuflokkarnir spanna. Niðurstöður mælinganna sem gerðar voru á fínefnum sem notuð eru hérlendis benda til að heldur þrengra bil eða kröfuflokk mætti velja úr framleiðslustaðlinum, sem sagt V28/45 eins og gefið er upp í töflunni á mynd X. Reyndar er dálkur í töflunni sem virðist sýna hversu mikill munurinn má vera á mælingum á holrýmd í sama fillernum sem framleiðandi hans lýsir yfir. Hérlendis hefur ekki verið fylgst með holrýmd fillers og í raun er hann oftast ekki af hreinum berggerðum heldur að hluta blandaður öðrum gerðum sem til verða við framleiðslu á malbiki með mismunandi steinefni. Því er þessi krafa um að skilgreindur filler mælist ávalt á mjög þröngu holrýmdarbili ekki raunhæf hérlendis enn sem komið er að minnsta kosti.

Í tengslum við mælingu á Rigden holrýmd er mæld kornarúmpýngd, eða eðlisþýngd, þess fínefnis sem mælt er hverju sinni. Á mynd 47 eru settar fram mældar kornarúmpýngdir fínefnasýna sem tekin voru við framleiðslu malbiks annars vegar og hins vegar á hreinum sýnum þeirra berggerða sem koma við sögu.



Mynd 47 Kornarúmpýngd sýna sem tekin voru við framleiðslu malbiks og malaðs hreins bergs

Sjá má á myndinni að breytileiki í kornarúmpýngd er allnokkur og virðist megin reglan vera sú að lægst er rúmpýngdin þegar verið er að framleiða malbik með erlendum, súrum berggerðum, en hæst þegar framleitt er malbik með íslensku basalti. Þetta er þó ekki einhlýtt, en eins og áður sagði er fillerinn sjaldnast úr hreinum berggerðum við framleiðslu, heldur að hluta blandaður öðrum berggerðum. Það virðist afdráttarlaust að hreinu berggerðirnar endurspegla eðlisþýngd þeirra berggerða sem þær eru fengnar úr, sem sagt súra bergið er með gildi milli 2,7 og 2,8 Mg/m³ og basíska bergið er frá 2,9 og upp fyrir 3 Mg/m³.

7 Könnun á notkun hitamyndavéla við útlögn malbiks

Hluti verkefnis um Malbiksrannsóknir 2015-2016, sem Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar styrkir, var samkvæmt skilgreiningu að kanna hitadreifingu í tengslum við útlögn malbiks. Eftir talsverða eftirgrennslan var ákveðið að fá fyrirtækið Stýring (www.styring.is) til að annast hitamyndatöku, en þeir hafa yfir að ráða mjög fullkominni hitamyndavél, FLIR T640 (www.flir.com).

Eiríkur Sigurðsson hjá Stýringu sá um allar myndatökur, en undirritaður fékk aðgang að vinnsluforriti og sá um alla myndvinnslu þessarar greinargerðar. Ekki eru birtar allar myndir sem teknar voru á verkstað, heldur voru valdar alls 35 myndir af um það bil 300 myndum sem teknar voru. Hugmyndin að þessu skjali er fyrst og fremst að kynna notkunarmöguleika hitamyndavéla á verkstað, auk þess að fá beinar mælingar á hitadreifingu í malbiki við útlögn og túlka þær í stuttum texta við hverja mynd.

Myndavélin tekur tvær myndir í hvert sinn sem hleypt er af, önnur er hitamyndin sjálf, en hin er venjuleg ljósmynd sem nær yfir stærra svið. Myndvinnsluforritið býður upp á ýmsa möguleika við myndvinnslu. Hægt er að setja inn mælipunkta (Sp1, Sp2 o.s.frv.) hvar sem er á hitamyndina, en alls eru yfir 300.000 mælipunktar í hverri hitamynd. Einnig er hægt að setja in línu, til dæmis þversnið (Li1, Li2 o.s.frv.), en gefinn er upp heitasti (rauður Δ) og kaldasti (blár ∇) punktur á línunni, svo og meðalhitastig hennar í heild. Á sama hátt er hægt að teikna inn fleti af völdum svæðum (E1, E2 o.s.frv.), þar sem heitasti og kaldasti punktur er merktur inn ásamt meðalhitastigi alls svæðisins sem valið er.

Ákveðið var að leigja mann með myndavél í einn dag og taka hitamyndir við útlögn malbiks, bæði hjá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas (MHC) á Álftanesvegi og hjá Malbikunarstöðinni Höfða á Miklubraut. Nánast tilviljun réði hvar var verið að leggja malbik þann 11. ágúst síðastliðinn, en skilyrðið var þó að útlagnir væru á höfuðborgarsvæðinu til að sleppa við óþarfa ferðakostnað vegna myndatöku. Byrjað var að taka myndir fyrir hádegi þar sem MHC var að byrja að leggja út frá hringtorgi á nýja Álftanesveginum. Fyrst voru lagðar ræmur með lítilli útlagnarvél, þar sem töluvert þurfti að handmoka malbikinu, en svo skipt yfir í stærri útlagnarvél. Eftir hádegið var farið á Miklubrautina fyrir neðan Ártúnsbrekku, en þar var Höfði að byrja að leggja ofan á fræsta og límdu akbraut. Sú akbraut var lengst til hægri á leiðinni vestur að afrein upp á Skeiðarvog.

Hitamyndirnar sem birtar eru hér á eftir (ásamt venjulegri ljósmynd) eru settar fram í réttri tímaröð yfir daginn. Texti með túlkun á því sem sést á hverri hitamynd er settur fram vinstra megin við myndaparið. Fyrir ofan textann eru mæligildin læsileg, hvort sem um er að ræða hitastig í punkti (Sp), línu (Li), eða fleti (E), svo og hæsta og lægsta hitastig línu eða flatar og meðalhita. Bent skal á að litir hitamyndanna eru ekki alltaf sambærilegir hvað hitastig varðar, enda stillir hitamyndavélin upp því hitastigsbili sem hún skynjar frá bláu (kaldast) yfir í grænt, gult, rautt og hvítt (heitast). Kvarðinn hægra megin við hverja hitamynd sýnir á hvaða bili hitastigið liggur fyrir viðkomandi mynd. Fyrstu 19 hitamyndirnar eru frá útlögn á Álftanesveginum en næstu 16 myndir eru frá útlögninni á Miklubrautinni. Myndirnar eru ekki númeraðar sérstaklega, enda

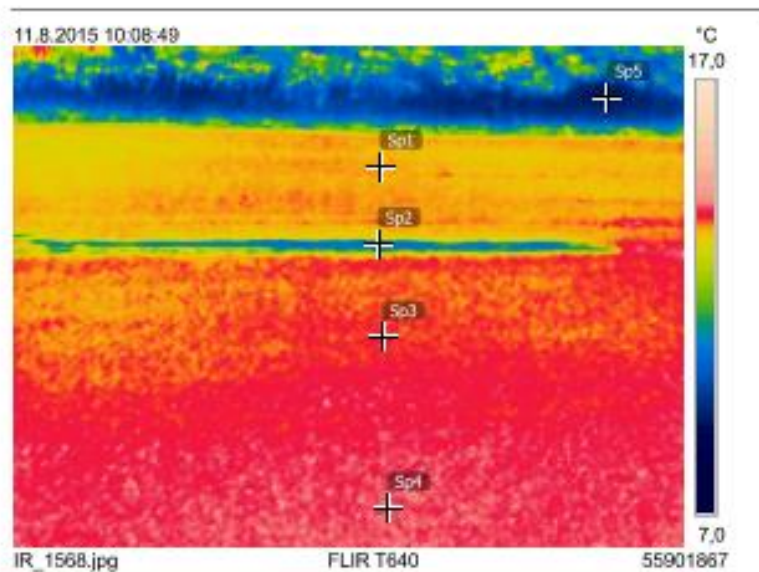
eru þær ekki endilega í rökréttu samhengi, heldur settar fram í tímaröð. Tekið skal fram að í tilviki MHC var verið að tengja út frá hringtorgi og því mikið um handmokstur og stuttar, mjóar lagnir og beygjur. Við slíkar aðstæður geta gjarnan orðið tafir og þar með kólnun á malbiki.

Á næsta tímabili stendur til að gera fleiri og ítarlegri mælingar á hitastigi malbiks við útlögn til þess að fá skarpari mynd af því hve mikill og algengur hitamunur er í malbiki við framkvæmdir.

Veghiti, þversnið

Measurements		°C
Sp1	13,6	
Sp2	10,8	
Sp3	13,9	
Sp4	14,2	
Sp5	9,2	
Parameters		
Emissivity	0.82	
Refl. temp.	20 °C	

Utan vegar mælist hiti um 9°C í gróðri, Sp5, og tæp 11°C á hvítri vegmerkingu, Sp2. Annars er hitastig yfirborðs 13,6 til 14,2°C, Sp 1, 3 og 4.



Varmatap malbiks í bíl

Measurements		°C
Sp1	20,6	
Sp2	32,8	
Sp3	90,8	

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C

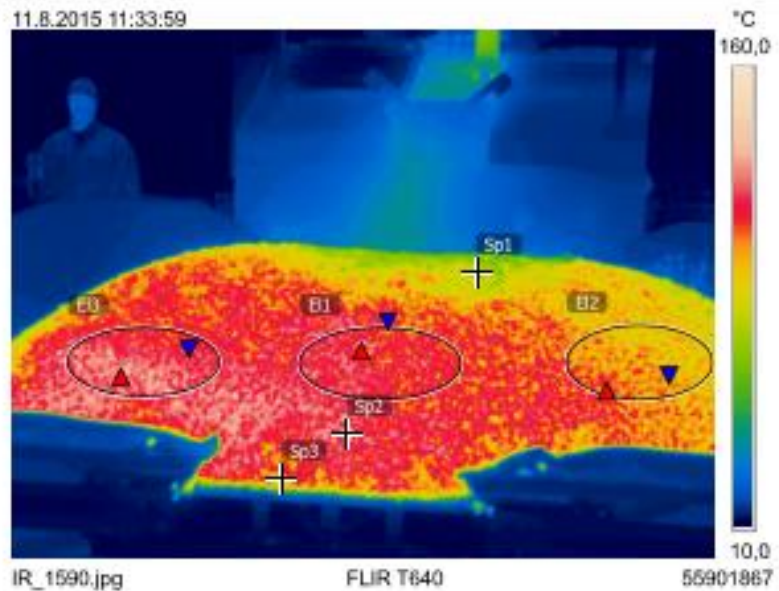
Bíllinn DH V47 hafði staðið og beðið um nokkra hríð og mældist hiti um 90°C þar sem hann var mestur.



DC_1575.jpg

Hitadreifing í skúffu útlagnarvélar

Measurements		°C
E1	Max	141,0
	Min	105,4
	Average	125,4
E2	Max	129,7
	Min	93,1
	Average	112,2
E3	Max	145,2
	Min	111,5
	Average	130,1
Sp1		101,2
Sp2		138,9
Sp3		106,4
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		20 °C



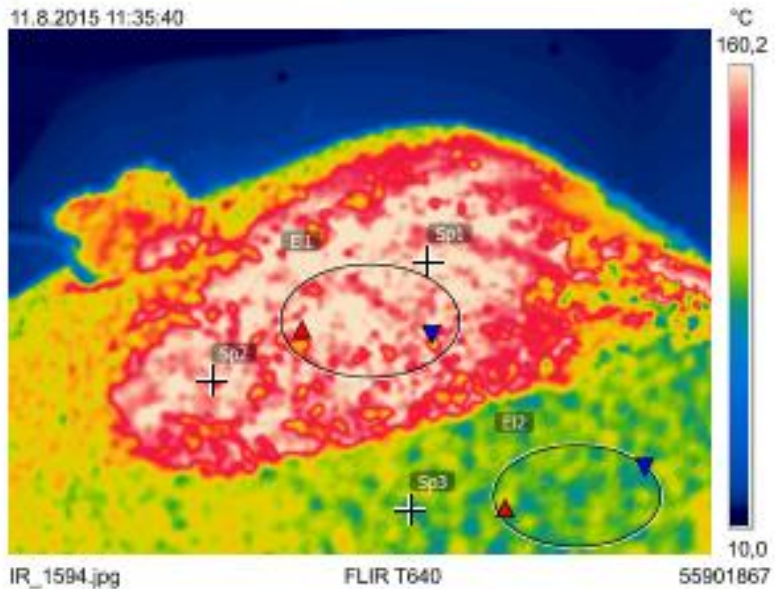
Talsverður hitamunur er í yfirborði malbiksins stuttu eftir að því hafði verið sturtað í skúffuna. Kaldast (innst og við snertifleti) mælist það um 100°C, en um 140°C þar sem það er heitast, nýkomið í skúffuna



Hitadreifing í skúffu við útlögn

Measurements		°C
E1	Max	160,2
	Min	113,2
	Average	154,2
E2	Max	115,2
	Min	91,1
	Average	104,0
Sp1		160,2
Sp2		142,3
Sp3		97,4
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		20 °C

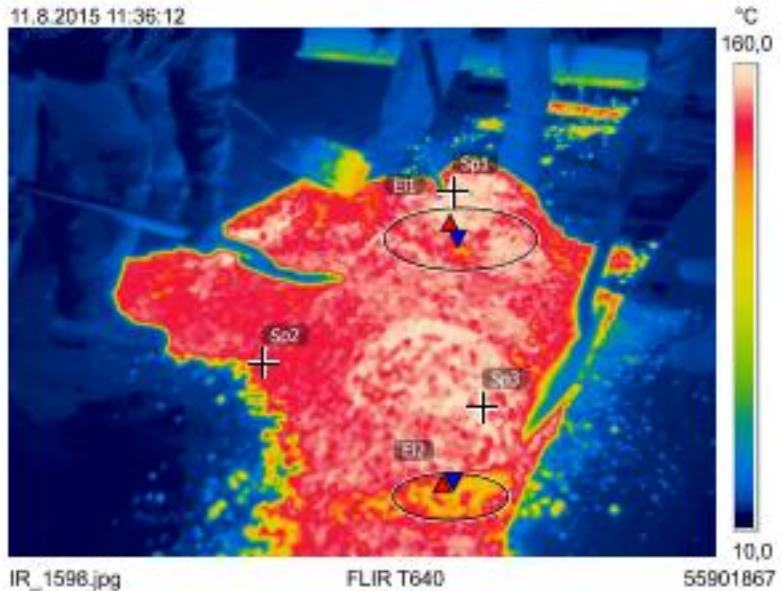
Pegar skánin brotnar við útlögn sést að kjarnhitinn er hærrí en 160°C (myndavélin var því miður ekki stillt á meiri hita). Skánin utan við var um 90°C. Skv. staðli ÍST EN 13108-21 (FPC) má PG 70/100 malbiksblanda ekki vera heitari en 170°C



Hitadreifing í handlögðu malbiki

Measurements		°C
EI1	Max	159,3 ▲
	Min	124,4
	Average	151,2 ▲
EI2	Max	154,7 ▲
	Min	110,4
	Average	134,1 ▲
Sp1		156,8 ▲
Sp2		139,3
Sp3		159,9 ▲

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C



Hitastig
malbiksins virðist
að mestu liggja á
bilinu 140 til 160°
C, þótt kaldari
blettir mælist, t.d.
EI2 svæðið niður
undir 110°C



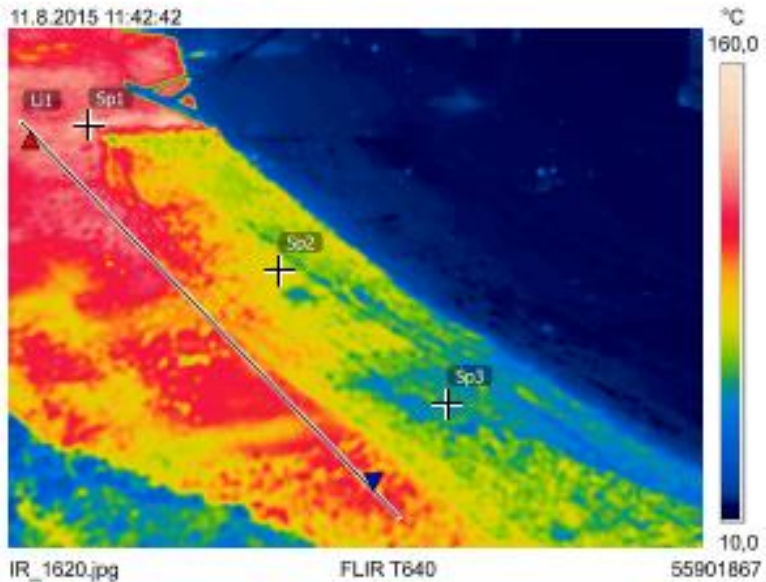
DC_1599.jpg

Malbik valtað að hluta

Measurements		°C
Sp1		143,5
Sp2		91,4
Sp3		66,0
Li1	Max	133,8
	Mn	102,7
	Average	117,9

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C

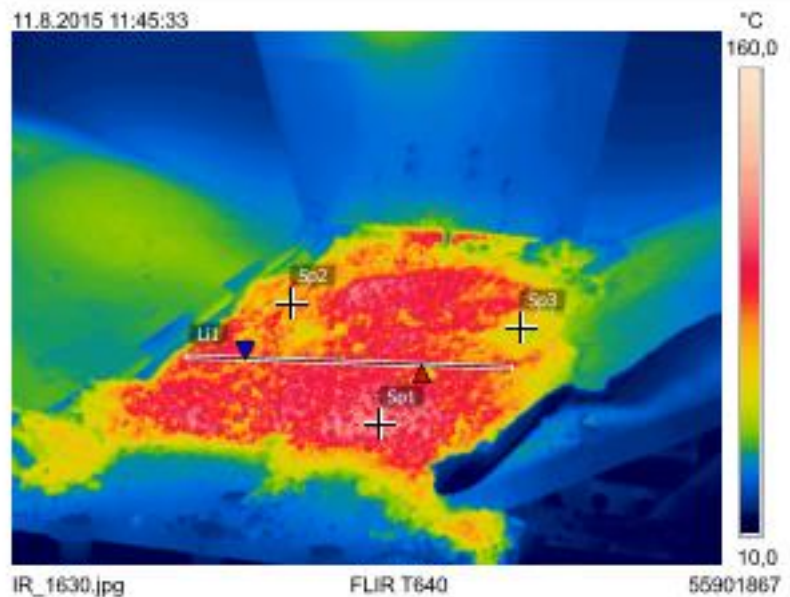
Hitastig yfirborðs óþjappaða hluta malbiksins liggur á bilinu 100 til 140°C, kaldast fjærst útlagnarvélinni. Það sem hefur verið valtað er að hluta blautt og þar er yfirborðshiti um 65°C.



Malbikshiti í tómri skúffu

Measurements		°C
Sp1		122,4
Sp2		98,6
Sp3		85,7
Li1	Max	119,0
	Min	82,5
	Average	102,5
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		20 °C

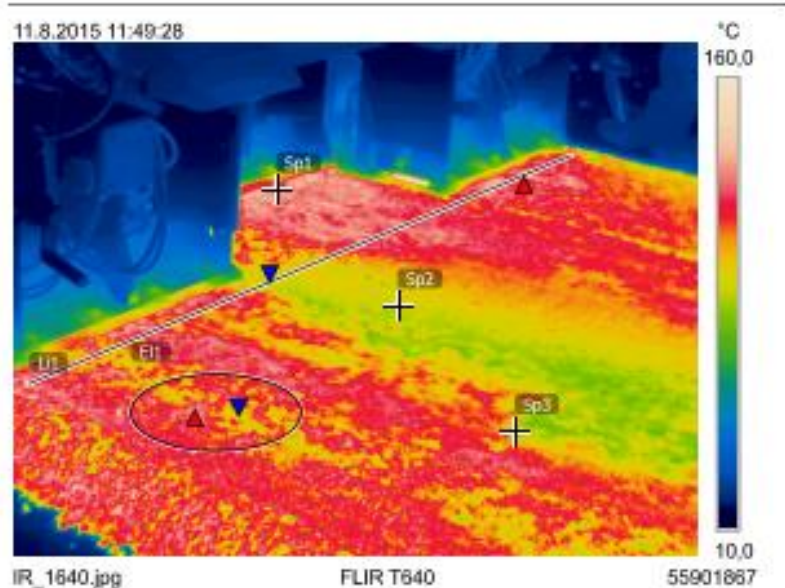
Yfirborðshiti malbiksins sem situr eftir í tómri skúffu er á bilinu 65 til 120°C. Spurning hvort nýr farmur nái að hita þetta yfirborð í það hitastig sem þarf til að þjöppun heppnist.



Hitadreifing undan útlagnarvél

Measurements		°C
E1	Max	144,1
	Min	104,1
	Average	124,1
Sp1		138,7
Sp2		102,8
Sp3		84,7
Li1	Max	140,9
	Min	103,1
	Average	124,8
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		20 °C

Hér sést hitadreifing beint undan útlagnarvél (lítill vél). Svo virðist sem kaldara malbik komi undan á mjóu belti vinstra megin við miðja vél. Þar er hitinn rétt um 100°C, en annars er hiti milli 130 og 140°C. Reyndar sýnir flatarmæling E1 hæsta hita 144°C og lágsta hita 104°C.



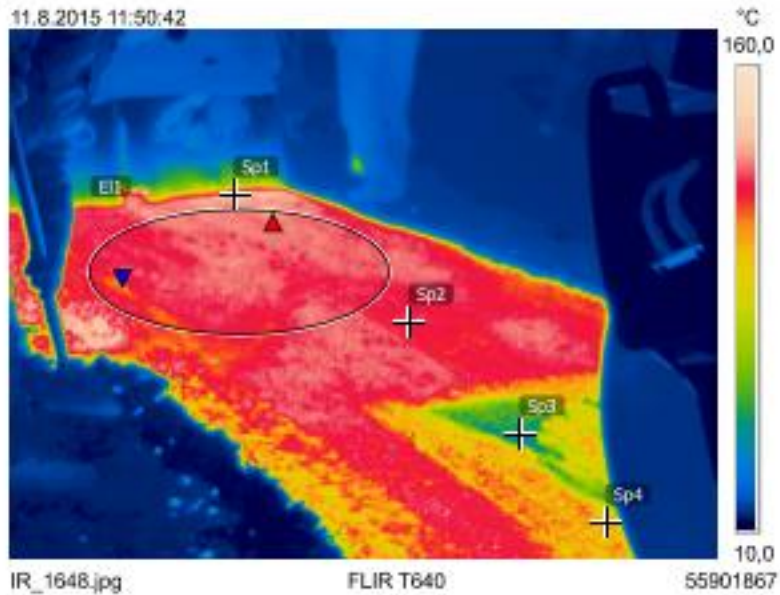
DC_1641.jpg

Hitastig undan útlagnarvél (saman dregin)

Measurements		°C
El1	Max	140,5
	Min	118,8
	Average	133,7
Sp1		143,3
Sp2		131,9
Sp3		57,9
Sp4		115,5

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C

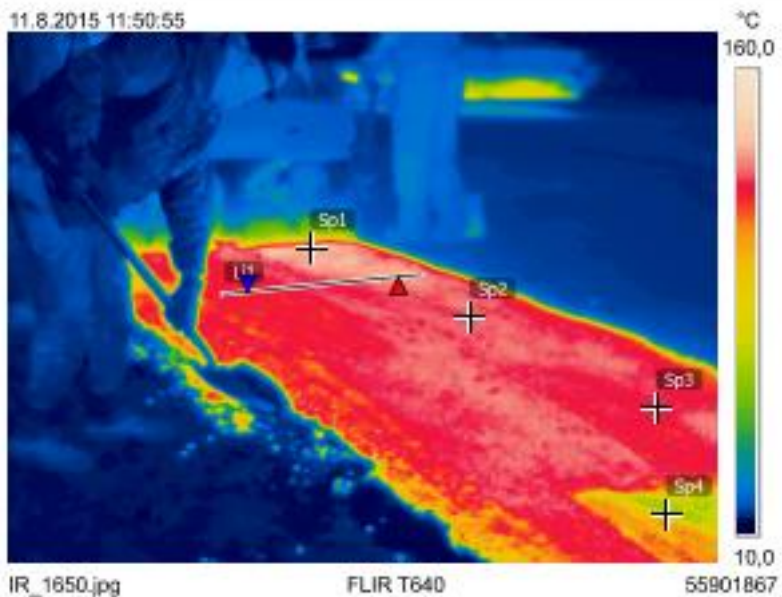
Hér virðist hitastig vera jafnara undan litlu útlagnarvélinni, en hún er að mestu dreginn saman. Hitastigið liggur að mestu á milli 135 og 145°C óþjappað en fellur hratt eftir fyrstu ferð valta, eða niður í 115°C, sbr. Sp4. SP3 gefur ranga mynd af yfirborðshitunum þar sem vatn liggur yfir honum.



Hitastig undan útlagnarvél (dregin saman)

Measurements		°C
Sp1		142,2
Sp2		135,0
Sp3		131,8
Sp4		82,3
Li1	Max	141,4
	Min	128,0
	Average	133,8
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		20 °C

Hér virðist hitadreifing malbiksins undan vélinni nokkuð jöfn á bilinu 130 til 140°C, óvaltað. Hægri hluti vélarinnar virðist þó heitari en sá vinstri af einhverjum ástæðum.



11.8.2015 11:50:55



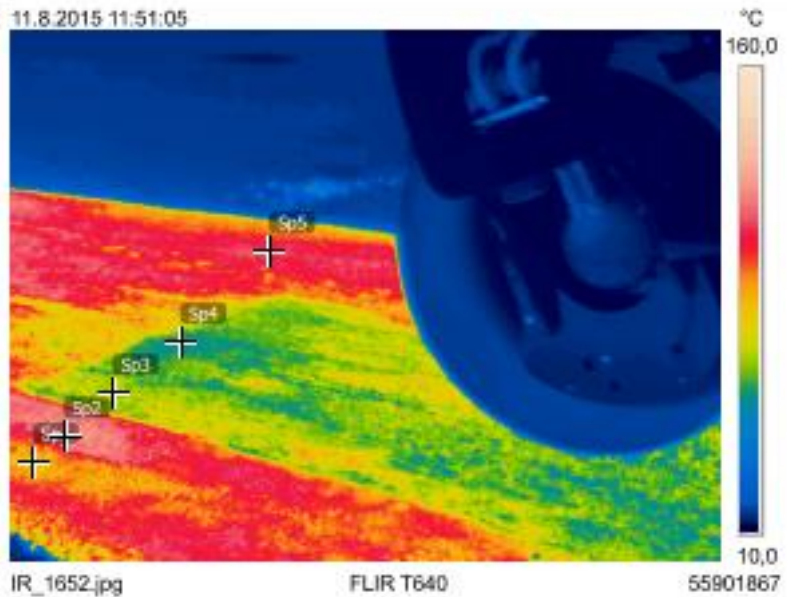
DC_1651.jpg

Hitastig malbiks fyrir og eftir völtun

Measurements		°C
Sp1	95,4	
Sp2	131,4	
Sp3	83,5	
Sp4	68,3	
Sp5	123,5	

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C

Myndin sýnir hitastig malbiks rétt fyrir völtun og rétt eftir völtun. Yfirborðshiti óvaltaðs malbiks er á bilinu 95 til 130°C, en eftir völtun er það mun lægra, enda vatn frá valta til staðar.



DC_1653.jpg

Hitastig á palli flutningabíls

Measurements		°C
Sp1	70,3	
Sp2	58,8	
Sp3	39,8	
Sp4	27,9	
Sp5	20,9	

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C

Eins og sjá má er hitastig á ytra birði pallsins nokkuð mismunandi, eða frá 70°C og niður í 20°C. Malbikið sem liggur næst svæðum með mesta varmatapið er því væntanlega eitthvað kaldara en þar sem varmatap er lítið sem ekkert.



11.8.2015 11:55:39



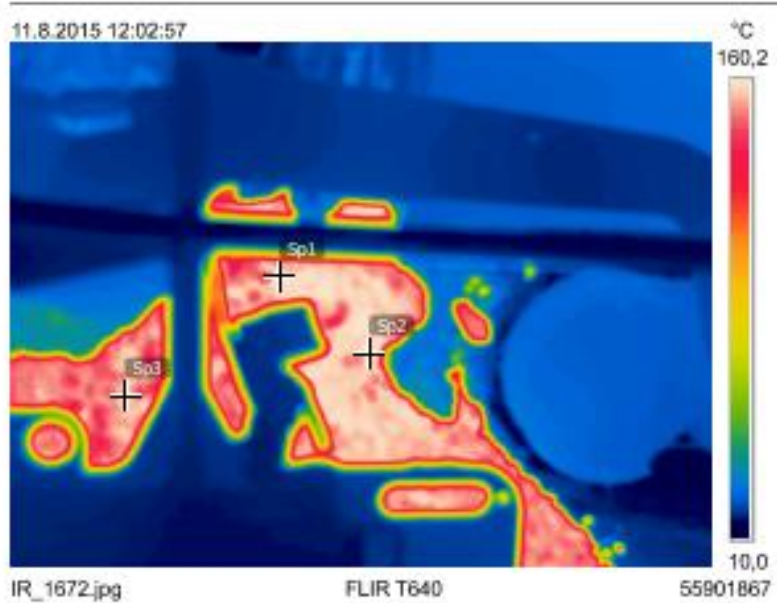
DC_1665.jpg

Hitastig malbiks undan útlagnarvél

Measurements		°C
Sp1	160,2	🚫
Sp2	160,1	⚠️
Sp3	158,0	⚠️

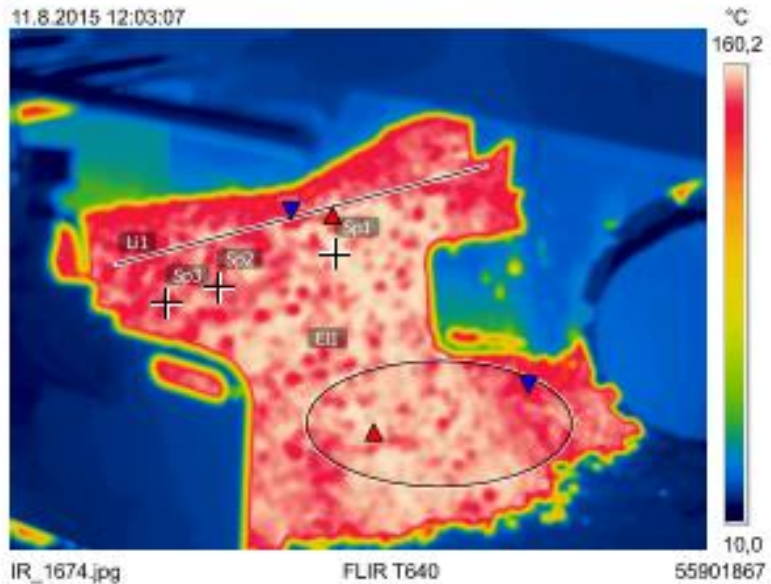
Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C

Hér sést að hitastig malbiksins þar sem það kemur undan útlagnarvél er hátt, eða yfir 160° C þar sem það er heitast.



Hitastig undan útlagnarvél

Measurements			°C
EI1	Max	160,2	🚫
	Min	142,5	
	Average	155,8	⚠️
Sp1		160,2	🚫
Sp2		148,0	
Sp3		144,2	
LI1	Max	160,0	⚠️
	Min	141,0	
	Average	152,2	⚠️
Parameters			
Emissivity		0.93	
Refl. temp.		20 °C	



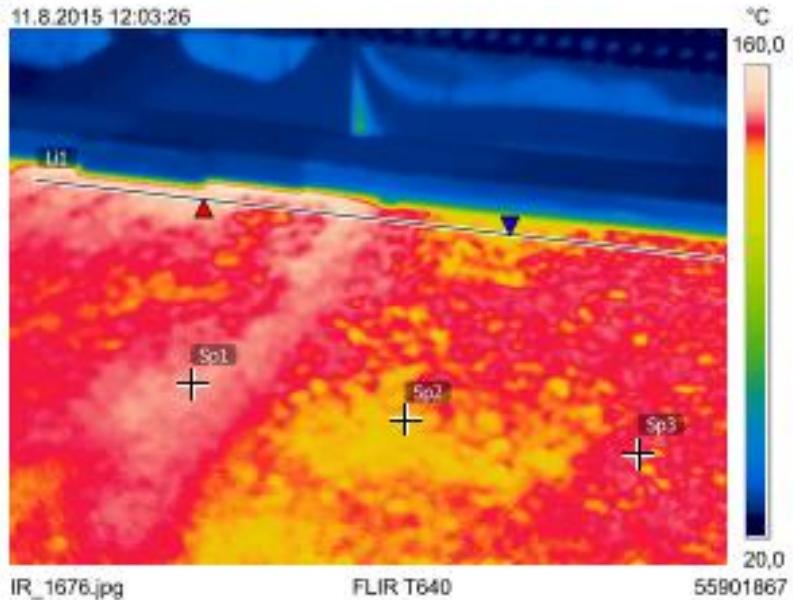
Hitastig undan vél liggur hér á bilinu 140 til 160°C, sbr. EI1, en gæti verið enn heitara þar sem það er heitast, en hitamyndavélin var still á max 160°C.



Hitadreifing í malbiki undan útlagnarvél

Measurements		°C
Sp1		150,3 ▲
Sp2		138,2
Sp3		148,0
Li1	Max	154,6 ▲
	Min	128,5
	Average	146,6 ▲
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		20 °C

Myndin sýnir að nokkur hitadreifing er þarna beint undan útlagnarvélinni, þar sem mesti hiti mælist 155°C og minnsti hiti tæpar 130°C. Bent skal á að mælingin er nálægt upphafi útlagnar á þessum stað og hugsanlegt að dreifingin verði jafnari þegar á liður.



11.8.2015 12:03:26



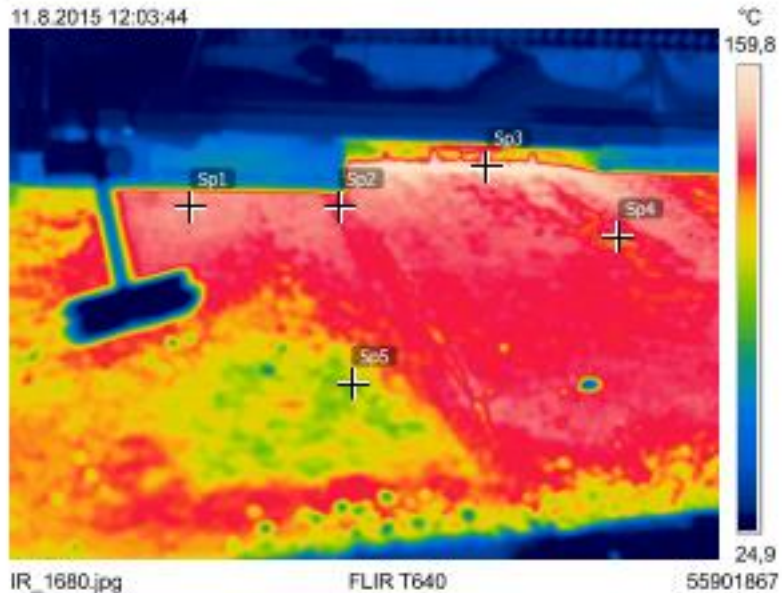
DC_1677.jpg

Hitadreifing undan útlagnarvél

Measurements	°C
Sp1	145,4
Sp2	139,9
Sp3	160,2
Sp4	131,6
Sp5	106,0

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C

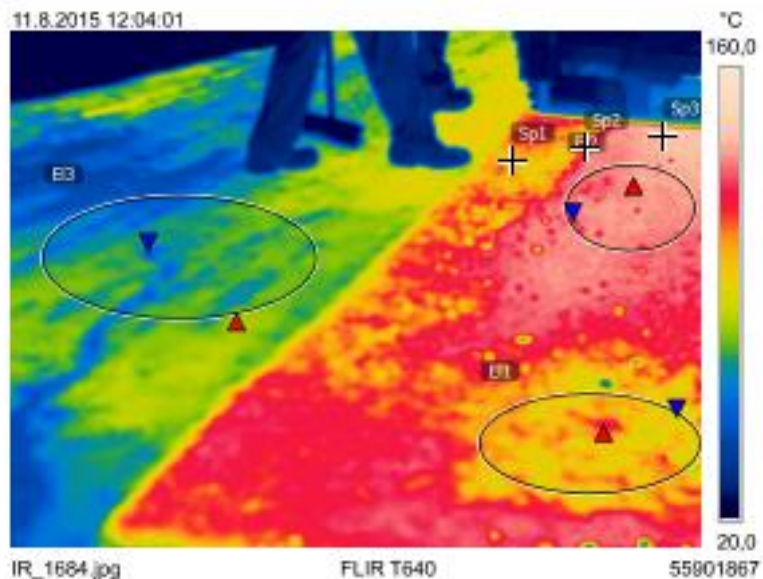
Myndin sýnir að hitadreifing rétt aftan við vél er á bilinu 130 til 160°C. Þar sem verið er að sópa til malbikinu til að jafna fyrir valta er malbikið mun kaldara í yfirborði, eða 106°C.



DC_1681.jpg

Hitadreifing í völtuðu og óvöltuðu malbiki

Measurements		°C
EI1	Max	130,6
	Min	98,6
	Average	112,6
EI2	Max	143,3
	Min	125,6
	Average	138,6
EI3	Max	93,4
	Min	57,1
	Average	82,4
Sp1		112,6
Sp2		127,8
Sp3		143,6
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		20 °C



Myndin sýnir hitadreifingu, bæði í völtuðu og óvöltuðu malbiki við upphaf lagnar. Sjá má að kaldur blettur er þar sem malbiki hafði verið sópað til, EI1, að meðaltali 112°C. EI2 sýnir meðalhitastig um 140°C nær vélinni, en Sp1 sýnir hitamælingu um 112°C undan vinstri kannti vélarinnar.

Valtaða malbikið er enn um 80°C að meðaltali, sbr. EI3 (þar sem mennirnir standa).



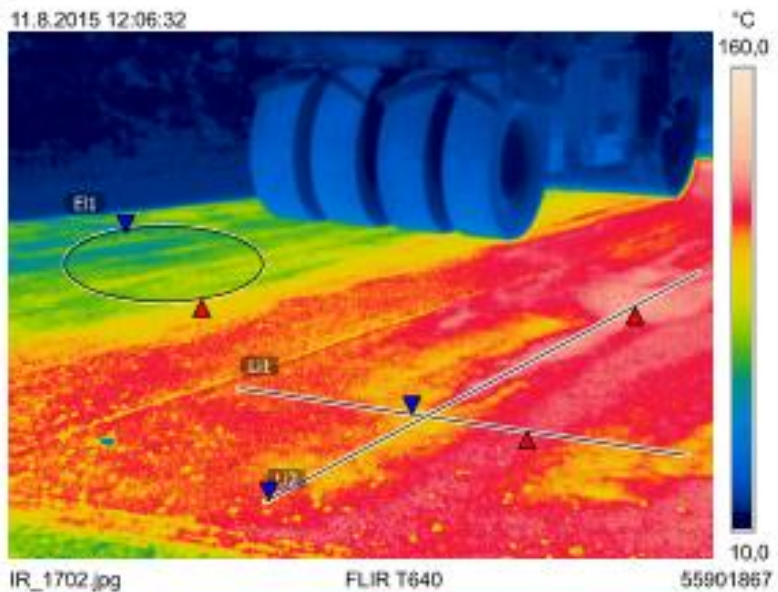
Malbik valtað að hluta

Measurements		°C
E11	Max	107,3
	Min	66,2
	Average	86,3
Li1	Max	131,4
	Min	109,8
	Average	120,4
Li2	Max	136,9
	Min	107,8
	Average	125,3

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	20 °C

Hér er völtun hafin vinstra megin á myndinni og þar fellur hitinn niður í 60 til 100°C, sbr. E11.

Nokkur hitadreifing er í óþjappaða malbikinu. Í þversniði, Li1, er hitadreifingin frá um 110 til 130°C. Í langsniðinu, Li2, er hitastigið á svipuðu bili, þó nokkuð hærra nær útlagnarvélinni, eða 137°C.

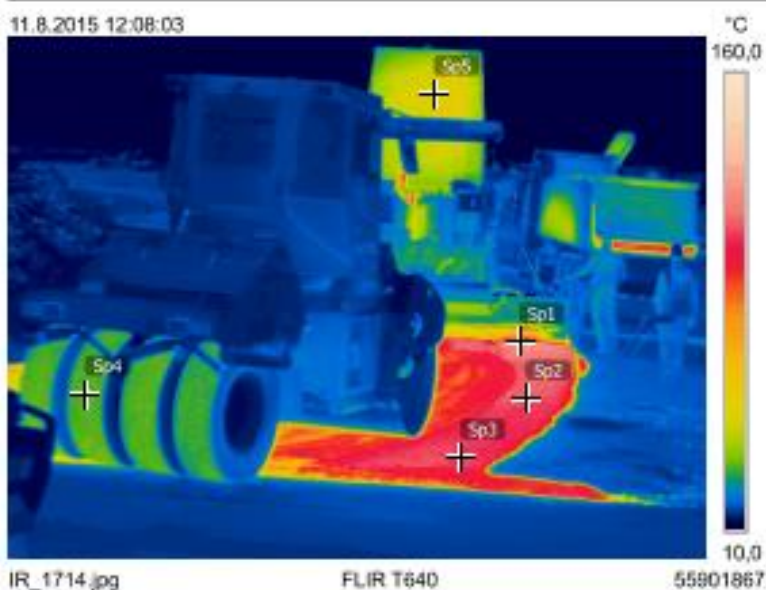


Völtun í gangi

Measurements	°C
Sp1	138,1
Sp2	121,2
Sp3	118,7
Sp4	43,0
Sp5	68,1

Parameters	
Emissivity	0.93
Refl. temp.	20 °C

Hér á eftir að valta síðustu ræmuna og er yfirborðshiti hennar frá 120 til 140°C, heitast næst vélinni. Til gamans má sjá að gúmmídekk valtans eru 43°C heit, Sp4, og yfirbreiðslan á pallbílnum er um 70°C heit, Sp5.

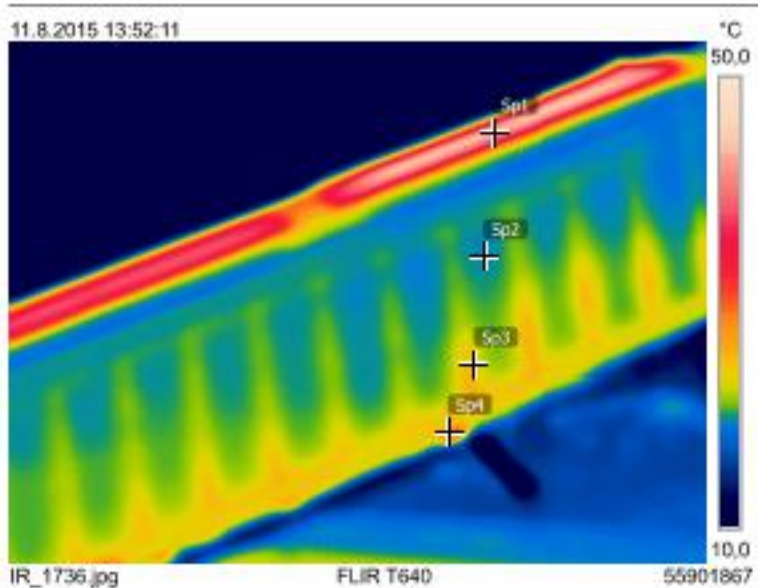


Varmatap í flutningabíl

Measurements		°C
Sp1	44,4	
Sp2	20,9	
Sp3	25,2	
Sp4	31,3	

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	2 °C

Myndin sýnir að mestur hiti er við yfirbreiðsluna um 45°C, en þar fyrir utan má sjá einangrunar-mynstur í bílskúfunni sjálfri með varmatapi frá um 30°C yfir í nánast ekkert varmatap, eða um 20°C. Þetta telst varla mikið tap, enda stutt í malbikunarstöðina.



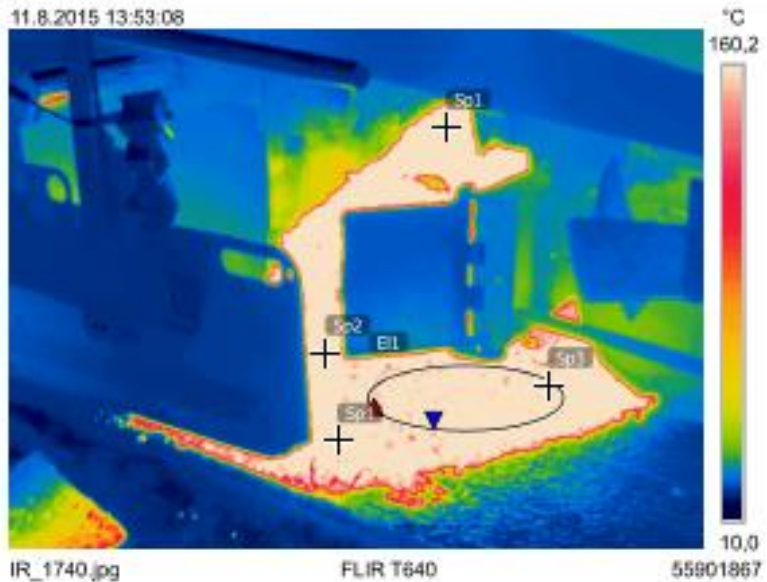
DC_1737.jpg

Hiti úr útlagnarvél

Measurements		°C
EH1	Max	160,2
	Min	150,1
	Average	159,9
Sp1		160,2
Sp2		160,2
Sp3		160,2
Sp4		160,2

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	2 °C

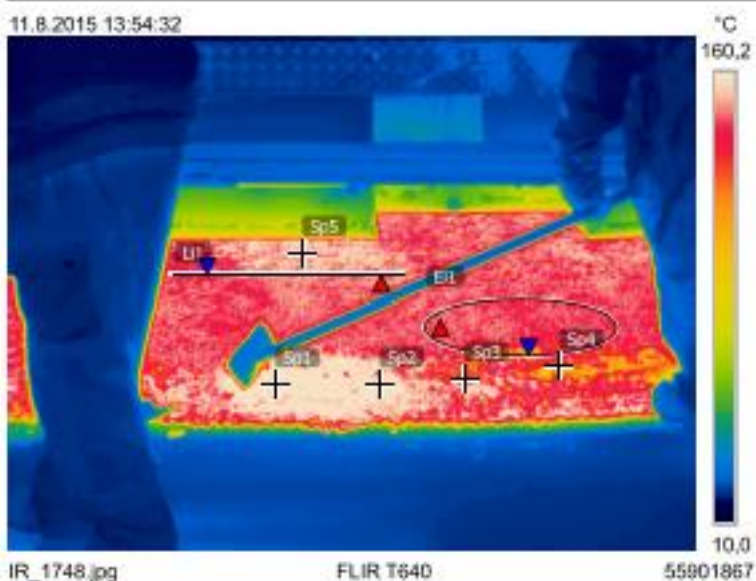
Hitamyndin sýnir að malbikið er mjög heitt þegar það kemur undan útlagnarvélinni, eða yfir 160°C, en hitamyndavélin var ekki stillt fyrir meiri hita á þessum tímapunkti.



Hitastig undir yfirborði

Measurements			°C
E1	Max	157,1	▲
	Min	94,4	
	Average	145,8	▲
Sp1		160,2	⊗
Sp2		160,2	⊗
Sp3		140,4	
Sp4		113,6	
Sp5		152,9	▲
Li1	Max	158,1	▲
	Min	140,6	
	Average	150,7	▲
Parameters			
Emissivity	0.93		
Ref. temp.	2 °C		

Myndin sýnir að malbikið er vel heitt undir yfirborðinu þar sem skán er rakað af, eða yfir 160°C, sbr. Sp1 og Sp2. Í þversniði Li1 má sjá að hitastig rétt undan útlagnarvél er á bilinu 140 til 150°C. E1 sýnir að rétt við upphaf útlagnar er hitastig komið niður fyrir 100°C sums staðar í yfirborðinu, en er heitara undir.



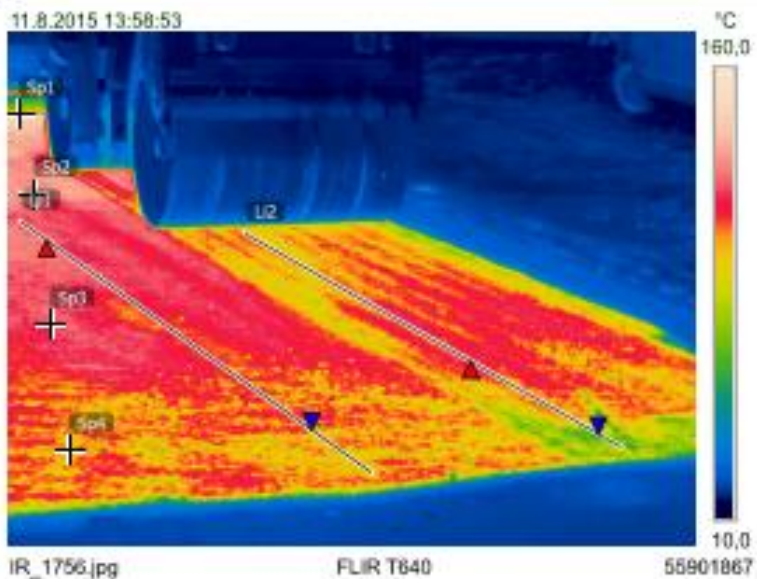
Hitadreifing í völtuðu og óvöltuðu malbiki

Measurements		°C
Sp1		149,1
Sp2		136,9
Sp3		127,1
Sp4		107,9
Li1	Max	134,2
	Min	103,1
	Average	123,1
Li2	Max	127,7
	Min	66,1
	Average	114,5

Parameters	
Emissivity	0.93
Refl. temp.	2 °C

Myndin sýnir að yfirborðshitinn í óþjöppuðu malbiki lækkar frá útlagnarvél, sbr. Sp1 til Sp4, eða úr um 150°C í um 108°C. Línan Li1 í óþjappaða malbikinu hefur meðalhita í yfirborði 123°C og lægsta hita um 100°C.

Þjappaða malbikið er kaldara og er lægsta hitastig í því tilfelli 66° C, þótt það sé á köflum talsvert heitt eftir eina færslu valta, eða um 130°C, sbr. Li2.



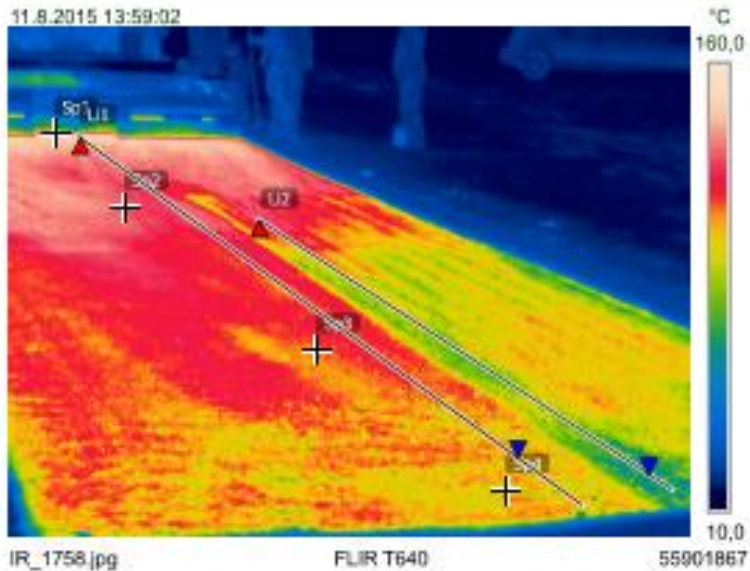
Hitadreifing í yfirborði, þjappað og óþjappað malbik

Measurements		°C
Sp1		148,1
Sp2		137,2
Sp3		123,1
Sp4		109,0
Li1	Max	150,5 ▲
	Min	105,4
	Average	126,3 ▲
Li2	Max	137,5
	Min	70,7
	Average	101,3

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	2 °C

Sp1 til Sp4, svo og Li1 sýna að hitadreifingin í yfirborði óþjappaða malbiksins er frá um 150°C rétt við útlagnarvélina og um 105°C nærri upphafskannti.

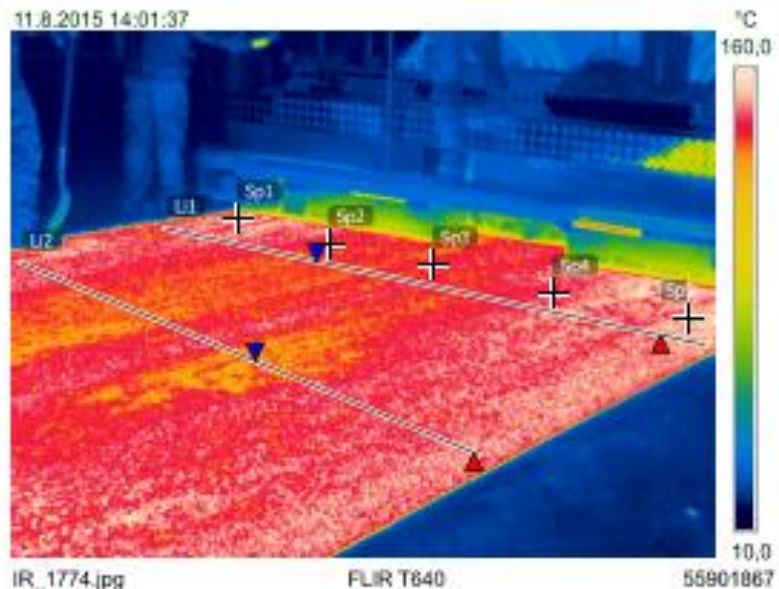
Hitadreifing í þjappaða hlutanum eftir eina ferð valta fram og til baka er frá 137°C þar sem valti fór til baka og niður í 70°C nærri upphafskannti, en þar er trúlega vatn í yfirborði, sbr. Li2.



Þversnið í óþjappað malbik

Measurements		°C
Sp1		155,0
Sp2		138,4
Sp3		146,8
Sp4		147,5
Sp5		154,3
Li1	Max	158,0
	Min	137,9
	Average	147,4
Li2	Max	156,4
	Min	134,6
	Average	145,9
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		2 °C

Þversniðin L1 og L2 eru með u.þ.b. eins meters millibili og gefa svipuð yfirborðsgildi, en þó er það sem er nær vélinni ívið heitara, Li1. Upp við vél er munur á hæsta og lægsta hita um 20°C, eða frá 138°C upp í 158°C.



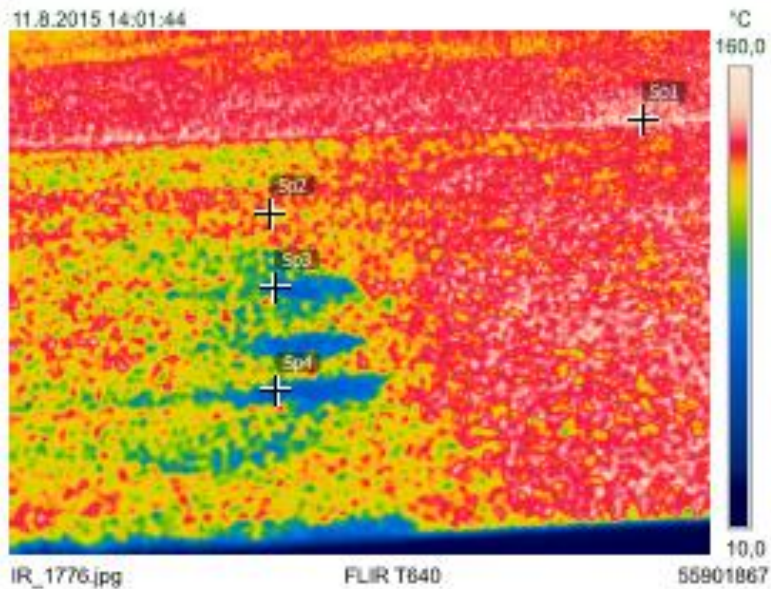
Text annotations

Kaldir fletir þar sem vatn sýður

Measurements		°C
Sp1	151,2	
Sp2	128,0	
Sp3	93,0	▲
Sp4	86,8	▲

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	2 °C

Það vakti athygli að þar sem stálfromluvalti hafði farið yfir kom fyrir að sjóðandi vatnspollar væru í þjöppuðu malbikinu. Þetta kemur glögg fram á hitamynd þar sem pollarnir eru um 90°C heitir. Hvort þetta fyrirbæri er óhollt malbikinu skal ósagt látið.

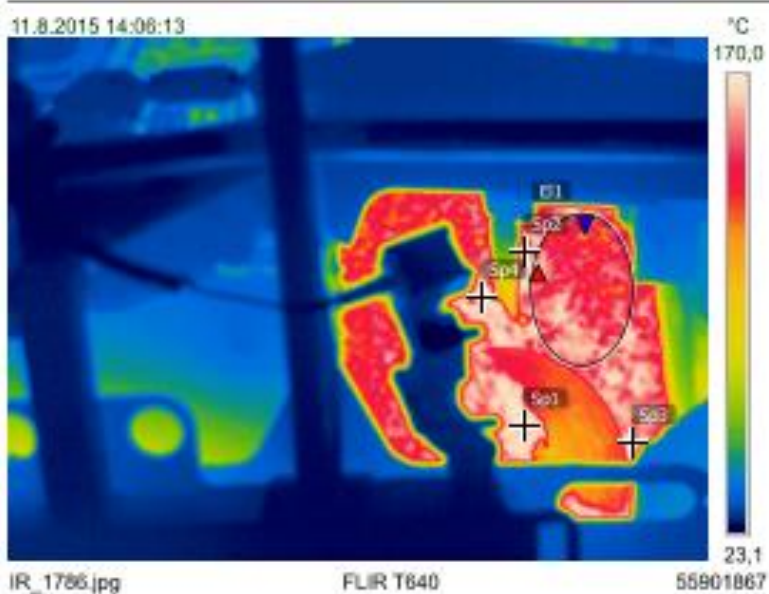


DC_1777.jpg

Hitasig við snigil, malbik á hreyfingu

Measurements		°C
Ei1	Max	168,5
	Min	118,9
	Average	152,1
Sp1		168,7
Sp2		168,2
Sp3		167,0
Sp4		171,6
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		2 °C

Hér hafði myndavél verið stillt til að taka hitamyndir allt að 170°C, en hámark hafði áður verið sett við 160°C. Eins og áður mælist malbikið mjög heitt þar sem það kemur undan útlagnarvél og fær hér raungildi alveg upp undir 170° C. Það verður að teljast alveg í hærrí kanntinum miðað við framleiðslustaðla ÍST EN, en það er þó háð bikgerð (PG) hversu mikinn hita bikið þolir.

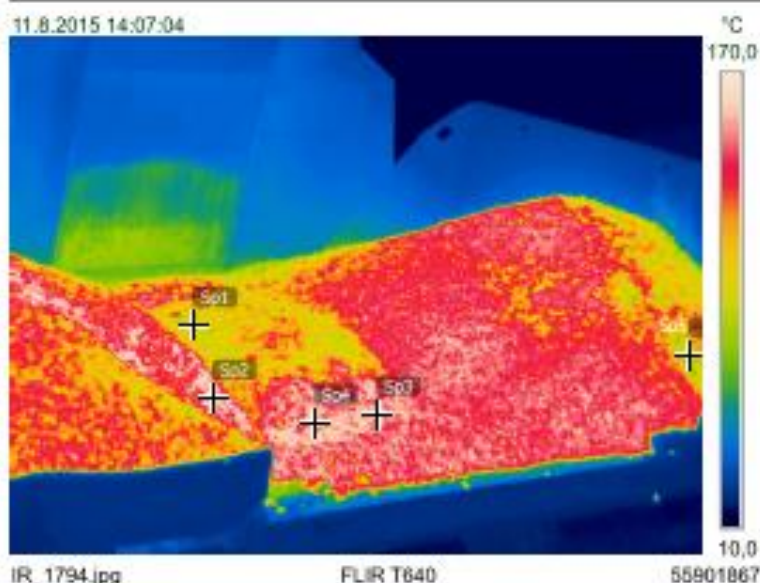


Hitastig í skúffu-malbik á hreyfingu

Measurements	°C
Sp1	107,8
Sp2	156,1
Sp3	161,0
Sp4	166,1
Sp5	89,9 ▲

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	2 °C

Hér er tekin hitamynd ofan í skúffu útlagnarvélar þegar á útlögn stendur og malbikið togast inn í vélina. Það sést að ákveðin skel virðist fljóta ofan á miðri færinni, Sp1, með yfirborðshita um 110°C og í kannti, Sp5, um 90°C. Þar sem sér í kvikuna undir er hiti um og yfir 165°C þar sem hann er mestur. Velta má fyrir sér hvort skelin hitni alveg aftur upp þegar hún fer um vélina eða hvort hér sé efni í kalda polla í malbikinu.

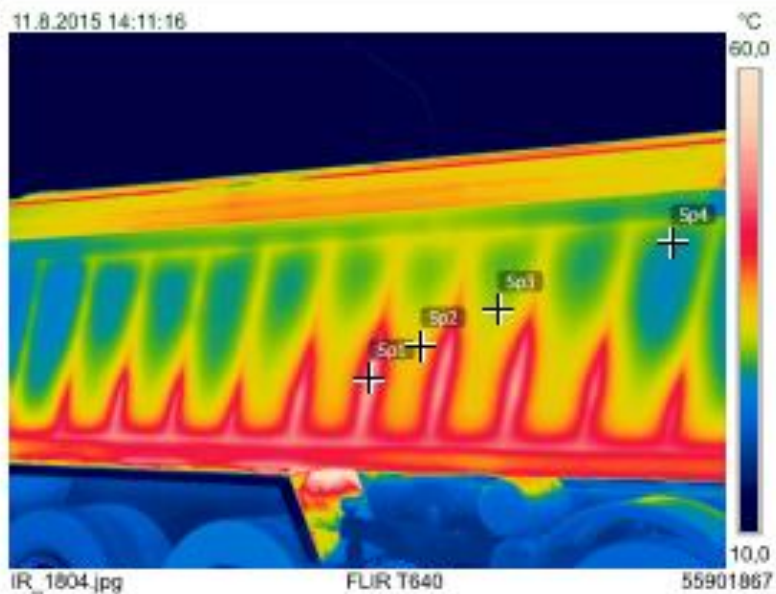


Varmatap um flutningsbil

Measurements		°C
Sp1	52,6	
Sp2	37,0	
Sp3	33,5	
Sp4	29,5	

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	2 °C

Þessi mynd er af varmatapi í bíl PKD51, en það virðist vera heldur meira varmatap í þessum bíl en þeim sem myndaður var áður og er mestur yfir 50°C (nema hann hafi staðið lengur).



11.8.2015 14:11:16

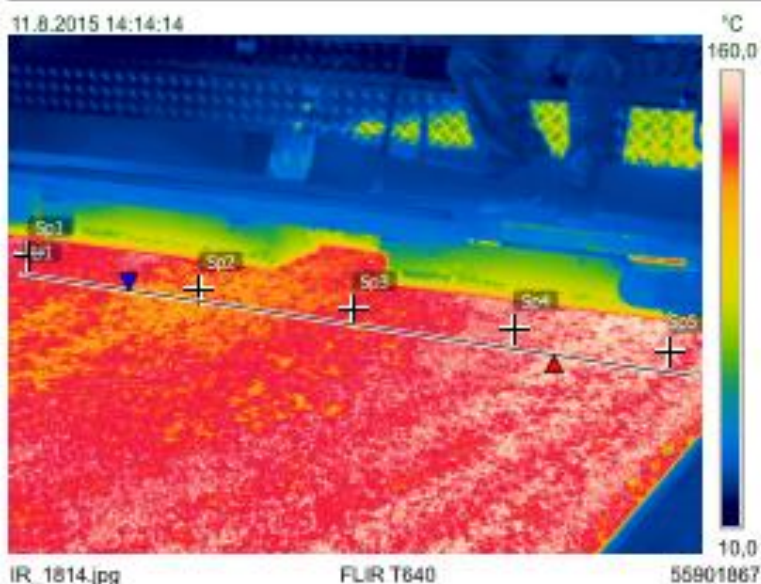


DC_1805.jpg

Þversnið undan útlagnarvél

Measurements		°C
Sp1		143,9
Sp2		131,8
Sp3		138,8
Sp4		143,0
Sp5		151,7
Li1	Max	158,1
	Min	125,7
	Average	142,7
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		2 °C

Myndin sýnir punktmælingar Sp1 til Sp5, svo og þversnið Li1 rétt aftan við útlagnarvél. Þversniðið sýnir meðalhita um 143°C, hæsta hita um 158°C og lægsta hita 126°C. Þarna er sem sagt nokkuð mikill hitastigsmunur rétt undan vélinni, eða tæpar 30°C. Þó skal bent á að punktmælingarnar eru ekki með eins afgerandi hitamun og línumælingin, en samt umtalsverðan.

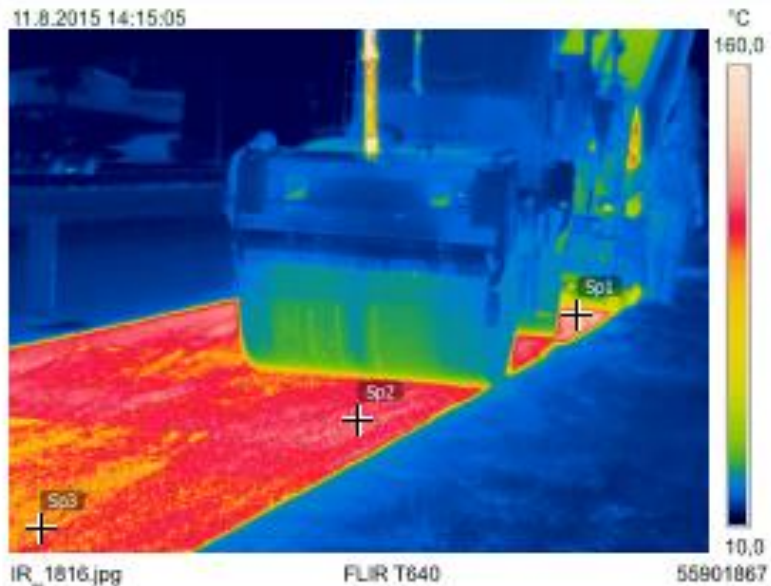


Hitastig eftir fyrstu ferð völtunar

Measurements		°C
Sp1		140,9
Sp2		130,2
Sp3		107,6

Parameters	
Emissivity	0,93
Ref. temp.	2 °C

Myndin sýnir að hitastig yfirborð óþjappaðs malbiks er rúmar 140° C, Sp1, en 110 til 130°C aftan við valtan. Líklega er hitastig í Sp2 eftir eina ferð, en í Sp3 virðist vera um aðra ferð að ræða.



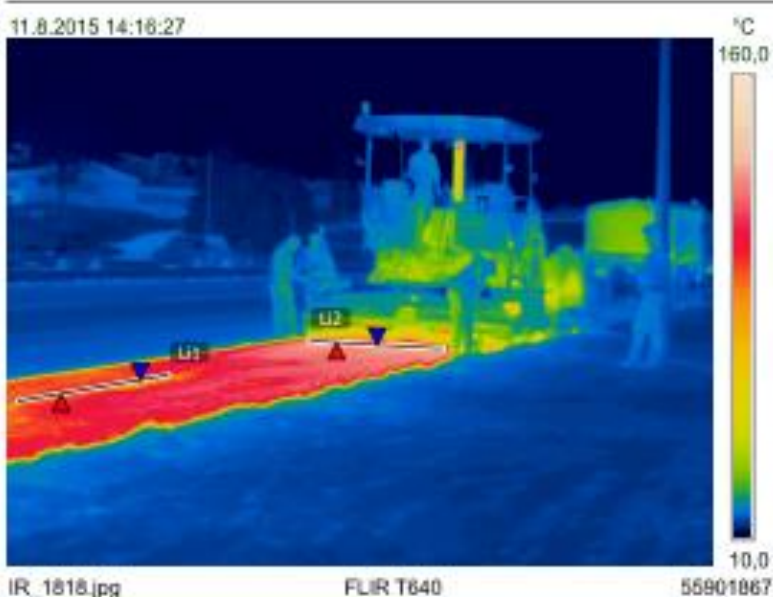
DC_1817.jpg

Hitabreytileiki í langsniði

Measurements		°C
Li1	Max	114,6
	Min	96,6
	Average	106,9
Li2	Max	140,4
	Min	137,0
	Average	138,9

Parameters	
Emissivity	0.93
Ref. temp.	2 °C

Myndin sýnir breytilegan hita í langsniði yfirborði malbiks eftir völtun, Li1, sem er nálægt 100°C. Í þversniði óþjappaðs malbiks næst vélinni, Li2, er hiti yfirborðs um 140°C og ekki mikill breytileiki í hitastigi þar.



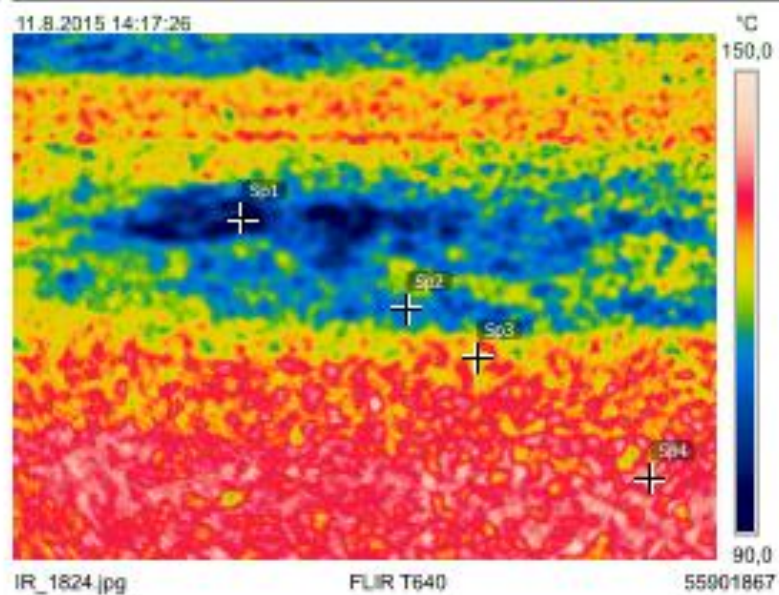
DC_1819.jpg

Feitt yfirborð kólnar hratt

Measurements		°C
Sp1		89,2
Sp2		116,0
Sp3		121,8
Sp4		142,3

Parameters	
Emissivity	0,93
Ref. temp.	2 °C

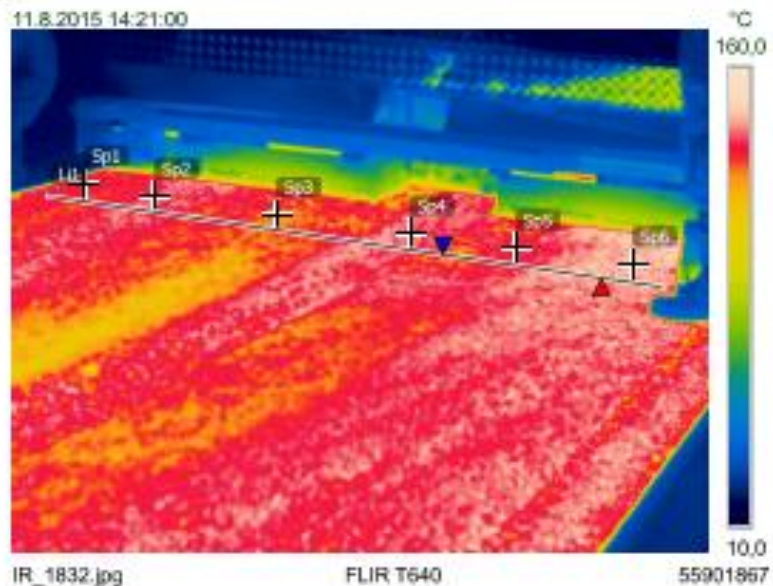
Myndin er tekin þar sem yfirborð malbiksins er feitt eftir að valtað hefur verið. Feiti bletturinn kólnar mun hraðar en þar sem steinefni er til staðar, en ekki verður séð að það hafi áhrif á malbiksmassan fyrir neðan hvað hitastig eða þjöppun varðar.



Pversnið aftan við útlagnarvél

Measurements		°C
Sp1		140,3
Sp2		145,3
Sp3		135,7
Sp4		142,5
Sp5		140,3
Sp6		150,8
Li1	Max	151,2
	Min	131,4
	Average	141,6
Parameters		
Emissivity		0.93
Ref. temp.		2 °C

Myndin sýnir punktmælingar Sp1 til Sp6, svo og þversniðsmælingu rétt aftan við útlagnarvél. Hitastig er frá 130 til 150°C á þessum stað, enn er kaldara belti undan miðju en til hliðanna. Athygli vekur að hér er malbikið ekki eins heitt og það mældist í upphafi lagnar.

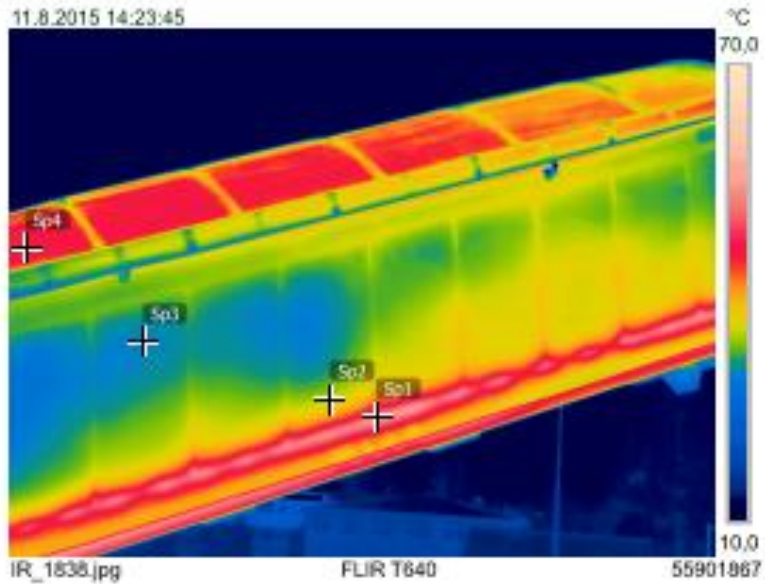


Varmatap í flutningabil

Measurements		°C
Sp1	58,7	
Sp2	39,4	
Sp3	32,8	
Sp4	49,8	

Parameters	
Emissivity	0,93
Ref. temp.	2 °C

Myndin sýnir varmatap í bíl sem er að sturta malbiki í dreifara. Ytra byrðið er allt yfir 30°C og allt að 60°C þar sem það er heitast. Líklega er þetta bíll SVF77.



8 ÁLYKTANIR

Samanburðarprófanir á hjólfaramyndun í íslensku og norsku malbiki. Íslensku hjólfaragildin eru heldur hærri en þau norsku, en samt ber að geta þess að öll gildin eru með því lægsta sem mælst hefur í íslensku malbiki, en þar munar mest um að bikið er tiltölulega hart, PG 70/100. Munurinn á heildarhjólförum milli tækja er 0,6 og 0,7 mm að meðaltali, sem ekki getur talist mikill munur, en þó að öllum líkindum marktækur, þar sem bæði hlutasýni beggja gerða mælast hærri í íslenska tækinu.

Það er augljóslega umtalsverður munur á WTS gildunum milli tækja, þar sem mjög lítil hjólfaramyndun á sér stað í norska tækinu á hverjum 1000 umferðum, síðustu 5000 umferðirnar. Það virðist eiga við báðar gerðir malbiks í norska hjólfaratækinu, sem sagt SMA16 (R sýni) og SL16 (S sýni) og liggja gildin nálægt 0,04 mm í öllum tilfellum. Íslensku gildin liggja mun hærra, þ.e.a.s. hjólfaramyndun er mun meiri eftir 5000 umferðir í íslenska tækinu en því norska. Einnig virðist vera munur á malbiksgerðunum í íslenska tækinu, þar sem SMA16 malbikið er með gildi um 0,06 mm en SL16 malbikið nálægt 0,09 mm. Það verður þó að benda á að gildin eru afar lág miðað við það sem áður hefur mælst í íslensku malbiki eða undir 0,1 mm í öllum tilfellum.

Þessar fyrstu niðurstöður gefa tilefni til að ætla að norska hjólfaratækið og/eða norska verklagið valdi því að minni hjólfaramyndun mælist í sams konar malbiki. Nýlega voru norskir kröfuflokkar um leyfilega hjólfaramyndun tengda umferðarmagni settir fram í Efnisgæðariti Vegagerðarinnar til viðmiðunar. Jafnframt hefur staðið til að setja fram íslenskar kröfur hvað hjólfaramyndun varðar og það með tilliti til norskra krafna. Rétt getur verið að staldra aðeins við og kanna betur hvort unnt sé að taka upp sambærilegar kröfur og Norðmenn hafa sett fram í sinni handbók (N200). Það má velta því fyrir sér hvort ástæða sé til að leiðrétta eða rýmka tilvonandi íslenskar kröfur með tilliti til hærri gilda úr tækinu héraendur, eða þá að kanna nánar hvort endurskoða þurfi verklag héraendis. Til stendur að gera frekari samanburðarrannsóknir á hjólfaramyndun í malbiki héraendis og í Noregi. Þá kemur til greina að vera með mýkra bik í sýnunum til að sjá hversu afdráttarlaus munurinn getur orðið milli hjólfaratækja, en í þessu tilfelli var notað hart bik og niðurstöðurnar voru í raun með því besta sem mælst hefur, líka íslensku mælingarnar. Þá kemur til greina að taka kjarnasýni úr götu og mæla hjólfaramyndun í þeim í samanburði við sýni þjöppuð á rannsóknastofu.

Prófanir á slitþoli mismunandi malbiksgerða með Prall slitþolsprófi þar sem breytur verða steinefnagerðir og steinefnastærðir. Munur á hlutasýnum í SL11 í Prall slitþolsprófun er umtalsverður í sumum tilfellum, þó ekki öllum. Mestur er munurinn á hæsta og lægsta slitgildi malbiksgerðar 5 einingar þar sem Jelsaperla var notuð. Oftast er þó einungis um 1 til 2 einingar að ræða.

Þrjár gerðir SL11 malbiks fá meðaltalsgildið 24 ml, en það er Seljadalur með Lysitt, hreint Lambafell og Lambafell með Lysitt. Það er athyglisvert að hreint Seljadalsefni er með tiltölulega hátt slitgildi og reyndar það hæsta ásamt Jelsa steinefninu, eða 28 ml, einni einingu hærra en

Hólabrú. Benda má á að munur á hæsta og lægsta meðalgildinu er 4 einingar, sem er í raun ekki mikill munur þegar haft er í huga að munur milli hlutasýna sömu gerðar er mest 5 einingar.

Prall slitþolsgildi SL16 malbiks eru frá 22 ml upp í 27 ml, þar sem Lambafell með Lysitt kemur best út. Þrjár gerðir fá Prall gildið 24 ml, sem sagt Seljadalur, Seljadalur með Lysitt og Lambafell og tvær gerðir fá gildið 27 ml, eða Hólabrú og Jelsa með Durasplitt. Hér er munurinn á milli malbiksgerða í raun tiltölulega lítill miðað við þann mun sem fram kemur á milli hlutasýna mismunandi malbiksgerða.

SL16 sýnin slitna jafnmikið eða minna en SL11 sýnin, en það er í samræmi við fyrri reynslu að grófara steinefni slitnar að öllu jöfnu minna en fíngerðara steinefni. Mæld meðalgildi liggja á bilinu 22 til 28 ml þegar litið er til allra malbiksgerðanna. Það er athyglisvert hversu sýni með Seljadalsperlu slitnar mun minna í SL16 malbiki en SL11 malbiki og færast úr því að slitna mest í SL11 yfir í að slitna næstminnst í SL16 malbikinu. Það munar þó ekki nema rúmlega 4 einingum á milli sýnanna, en það er umtalsvert meiri munur en fæst í hinum malbiksgerðunum í SL11 og SL16 sýnum.

Niðurstöðurnar úr þessum rannsóknarþætti eru á heildina litið þær að öll 12 malbikssýnin sem útbúin voru slitni nokkuð svipað í Prall prófi og eru gildin í hærri kantinum miðað við það gagnasafn Prall slitþolsprófa á íslensku malbiki sem liggur fyrir. Einnig má benda á að SL16 malbikið slitnar minna en SL11 malbik sömu gerðar, þó ekki mjög afgerandi nema í einu tilfelli. Ákveðnar vísbendingar í gagnasafni Prall slitþolsprófana benda til þess að sýni sem eru sett saman og hrærð á rannsóknastofu slitni meira en sams konar sýni sem tekin eru tilbúin úr stöð. Þetta hefur þó ekki verið staðfest.

Úttektir á ótímabærum skemmdum í nýlegu malbiki í Reykjavík. Fyrst ber að geta þess að kaflarnir sem báru merki um ótímabærar skemmdir í vetrarlok 2015 voru allir lagðir árið 2011 og því orðnir fjögurra vetra gamlir. Samanburðarkaflarnir voru yngri, lagðir annars vegar 2012 og hins vegar 2013.

Óútskýrður er munur á kornadreifingu SMA16 sýna sem tekin voru úr vegi og sýna sem greind voru í stöð við framleiðslu. Hugsanlegt er að munurinn felist í sýnatökuaðferðinni, þ.e.a.s. að þegar kjarnar með grófu steinefni eru sagaðir úr slitlagi verði til meira af sandstærðum þegar grófir steinar eru sagaðir í sundur. Ekki virðist vera marktækur munur á SL11 sýnum úr kjörnum og úr stöð og er kornadreifing þeirra innan markalína hjá báðum stöðvum.

Fram kemur munur á mældu bikinnihaldi sýna sem tekin voru úr vegi og sýna sem greind voru í stöð við framleiðslu. Frekari rannsóknir á eftirlitssýnum stöðva og sýnum sem tekin eru úr sama malbiki með kjarnatöku úr vegi væru æskilegar til að leita svara við þessum mun.

Holrýmd er mun hærrí í kjörnum sem teknir eru úr götu en Marshall kjörnum sem þjappaðir voru við framleiðslu. Það eitt og sér bendir til þess að nægileg þjöppun hafi ekki náðst við útlögn og það geti valdið steinlosi á síðari stigum. Hafa ber í huga að hugsanlegt er að holrýmd í malbiki aukist með tíma í vegi og að hún hafi verið minni strax eftir útlögn en nú mælist. Hér er átt við að umferðarálag í samspili við aldur getur hugsanlega valdið því að malbikið „opnist“ eða losni um það, en það gæti valdið hærrí mældum gildum holrýmdar.

Átak til að innleiða prófanir á filler-eiginleikum í malbiki. Holrýmdarmælingarnar gefa gildi sem liggja að mestu á bilinu 30 til 40 % holrýmd. Norðmenn hafa gefið upp að holrýmd fínefnis í malbik skuli liggja á bilinu 28 til 55 %, en það er reyndar það bil sem kröfuflokkar framleiðslustaðals fyrir steinefni í malbik spannar.

Breytileiki í kornarúmpýngd fillers er allnokkur og virðist megin reglan vera sú að lægst er rúmpýngdin þegar verið er að framleiða malbik með erlendum, súrum berggerðum, en hæst þegar framleitt er malbik með íslensku basalti. Þetta er þó ekki einhlýtt, en fillerinn er sjaldnast úr hreinum berggerðum við framleiðslu, heldur að hluta blandaður öðrum berggerðum. Þar sem fillermagn og hlutfallið filler/bik eru mikilvægir þættir sem varða eiginleika malbiks getur verið varasamt að fillergerðin sé breytileg. Þessi ályktun er sett fram með það í huga að filler er vigtaður inn í framleiðsluna og ef fillergerðin og þar með rúmpýngd hans er breytileg verður rúmmál fillers í malbiksgerðinni breytilegt. Það út af fyrir sig getur haft áhrif á eiginleika þess malbiks sem verið er að framleiða.

Haldið verður áfram með prófanir á þeim fillersýnum sem tekin voru síðasta sumar, m.a. verður kornadreifing hans mæld með laser-tæki.

Könnun á notkun hitamyndavéla við útlögn malbiks. Ákveðið var að leigja mann með myndavél í einn dag og taka hitamyndir við útlögn malbiks, bæði hjá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas (MHC) á Álfanesvegi og hjá Malbikunarstöðinni Höfða á Miklubraut. Byrjað var að taka myndir fyrir hádegi þar sem MHC var að byrja að leggja út frá hringtorgi á nýja Álfanesveginum. Fyrst voru lagðar ræmur með lítilli útlagnarvél, þar sem töluvert þurfti að handmoka malbikinu, en svo skipt yfir í stærri útlagnarvél. Eftir hádegið var farið á Miklubrautina fyrir neðan Ártúnsbrekku, en þar var Höfði að byrja að leggja ofan á fræsta og límdu akbraut. Sú akbraut var lengst til hægri á leiðinni vestur að afrein upp á Skeiðarvog.

Til stendur að gera fleiri og ítarlegri mælingar á hitastigi malbiks við útlögn til þess að fá skarpari mynd af því hve mikill og algengur hitamunur er í malbiki við framkvæmdir. Þær hitamyndir sem birtar eru í þessari skýrslu benda þó til að hitamunur geti verið allmikill, sérstaklega þegar unnið er að flóknum og tafsömum verkum. Það er vel þekkt að hitastig malbiks þarf að vera nægilega hátt til að það takist að þjappa það með valta eftir úlögn. Ákveðnar vísbendingar fengust í þessum verkþætti að svo væri ekki í öllum tilfellum, sérstaklega í upphafi verka og þar sem tafir verða. Því hefur Vegagerðin hafið vinnu við að innleiða hitamyndavélar á útlagnarvélar í sínum verkum.

Heimildir, staðlar og ítarefni:

Arnþór Óli Arason 2013: Prófanir á malbiki með endurunnu malbiki. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 13-02. Reykjavík 2013.

Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson 2011: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla III. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 11-02. Reykjavík 2011.

Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson 2011: Áhrif bikgerðar (PG) á slit- og skriðeiginleika malbiks. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 11-01. Reykjavík 2011.

Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson 2010: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla II. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 10-02. Reykjavík 2010.

Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson 2009: Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla I. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands, skýrsla 09-05. Reykjavík 2009.

Ásgeir Rúnar Harðarson 2010: Áhrif fjölliðubreyttra bikbindiefna á eiginleika malbiks. Rannís – Nýsköpunarsjóður námsmanna. Reykjavík 2010.

Birkir Hrafn Jóakimsson 2014: Hjólför í íslensku malbiki - Slit og deigar formbreytingar. Meistararitgerð. Umhverfis- og byggingarverkfræðideild, Háskóli Íslands.

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Kafli 6: Slitlag. – Vegagerðin, janúar 2016.

Gunnar Örn Haraldsson og Sigþór Sigurðsson 2012: PMA Malbik við íslenskar aðstæður. Skýrsla til rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar. Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas hf.

Håndbok N200 Vegbygging – Juni 2014. Statens Vegvesen, Noregi.

ÍST EN 12697-12: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 12: Water sensitivity of specimen.

ÍST EN 12697-16: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 16: Abrasion by studded tyres.

ÍST EN 12697-22: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 22: Wheel tracking.

ÍST EN 12697-23: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 23: Indirect Tensile Strength.

ÍST EN 12697-26: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 26: Stiffness.

ÍST EN 12697-33: Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 33: Specimen prepared by roller compactor.

ÍST EN 13108-20: Bituminous mixtures – Material specifications – Part 20: Type testing.

Katrín Puríður Pálsdóttir 2014: Áhrif íblöndunarefna á efniseiginleika lághitamalbiks. Meistararitgerð. Umhverfis- og byggingarverkfræðideild, Háskóli Íslands.

Lerfald, B. O. 2007: Deformasjon av asfaltdekker. Statens vegvesen. (í uppkasti).

Pétur Pétursson 2015: Malbiksrannsóknir 2014 – áfangaskýrsla VII. – PP ráðgjöf. Reykjavík 2015.

Pétur Pétursson 2014: Malbiksrannsóknir 2013 – áfangaskýrsla VI. – PP ráðgjöf. Reykjavík 2014.

Pétur Pétursson 2013: Malbiksrannsóknir 2012 – áfangaskýrsla V. – PP ráðgjöf. Reykjavík 2013.

Pétur Pétursson 2012: Samanburður á slit- og skriðeiginleikum íslensks malbiks. Áhrif sements í filler á skriðeiginleika malbiks. Áfangaskýrsla IV. — PP ráðgjöf. Reykjavík 2012.

Puchard, Z. & Gorgenyi, A. 2012: Hungarian experience with different bending devices. 3rd 4PBB conference 17-18 09. 2012, Davis, CA, USA.

Sigurdur Erlingsson 2012: Rutting development in a flexible pavement structure, Road Materials and Pavement Design, 13:2, 218-234.

VIÐAUKI I Niðurstöður prófana

Rannsóknaverkefni hjá Vegagerðinni, verknr. 1800-342

Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmþyngd mæld í lofti og vatni

Malbikið:

Framleiðandi: Malbikunarstöðin Hlaðbær - Colas hf.

Malbiksgerð: AB SMA 16 70+Ev+3%Sa

Sýni tekið í júní 2015 af framleiðslu fyrir Vegagerðina vegna 8.0.25 Reykjanesbraut

Plata var fyrst söguð þvert um miðju. Prófhloti A er sá helmingur sem var innar í þjöppu í upphafi. B er sá ytri. Prófhloti B var sagaður langs m.v. upphaflega plötu með 10 cm millibili. Hluti D er sá hluti sem var undir hjólfari í prófi.

Sögun platna

	A	B
A		E
		D
		C

Hluti	Í vatni	Ybþ.	Bakki	þurrt+	þurrt	Rúmmál	Rúmþ.	Holrúm
	g	g	g	bakki, g	g	cm ³	Mg/m ³	rm%

Malbiksgerð: AB SMA 16 70+Ev+3%Sa - Plata 1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.) [1]	2,588 Mg/m ³		
Vatnshiti	22°C	Rúmþ.	0,9978 Mg/m ³

C	1578,7	2614,3	351,0	2954,3	2603,3	1037,9	2,508	3,1
D	1417,6	2331,8	352,5	2677,2	2324,7	916,2	2,537	2,0
E	1480,0	2451,6	351,0	2792,8	2441,8	973,7	2,508	3,1
						Meðaltal	2,518	2,7

Malbiksgerð: AB SMA 16 70+Ev+3%Sa - Plata 2

Mesta rúmþ. malbiks (teor.) [1]	2,588 Mg/m ³		
Vatnshiti	22°C	Rúmþ.	0,9978 Mg/m ³

C	1490,2	2474,6	342,3	2804,9	2462,6	986,6	2,496	3,6
D	1480,0	2461,8	413,5	2866,0	2452,5	984,0	2,492	3,7
E	1533,3	2537,3	414,6	2941,8	2527,2	1006,2	2,512	3,0
						Meðaltal	2,500	3,4

[1] Fengið úr mælingum MHC þann 19.06.15

Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Fyrir: Rannsóknaverkefni hjá Vegagerðinni, verknr. 1800-342
Próf á aðsendu malbiki. Sýni hitað og þjappað á Nýsköpunarmiðstöð.

Malbik: Framleiðandi: Malbikunarstöðin Hlaðbær - Colas hf.
Malbiksgerð: AB SMA 16 70+Ev+3%Sa
Sýni tekið í júní 2015 af framleiðslu fyrir Vegagerðina vegna 8.0.25 Reykjanesbraut

Aths.: Malbik var tvíhitað, plötur voru ekki þjappaðar samdægurs né prófaðar á tveimur samliggjandi dögum.

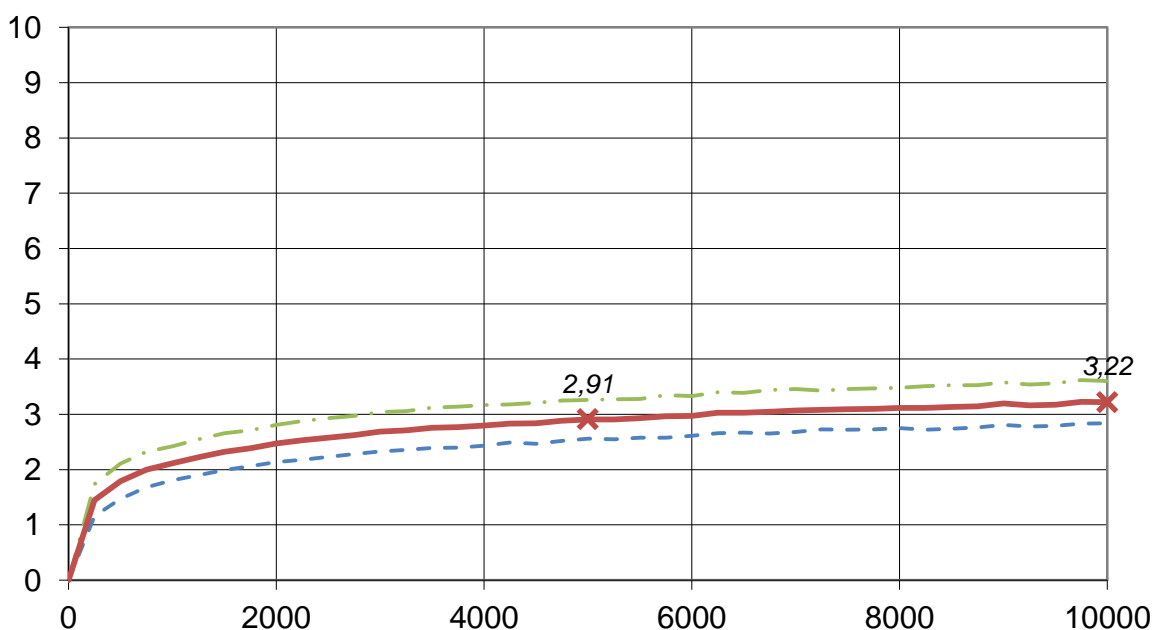
Rúmp. Rúmpýngd malbiks er fengin frá MHC af mælingum á framleiðsludegi
Rúmpýngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2588**

Þjöppuð plata B*L plötu er um 300*400 mm	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmpýngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	P1	P2	Meðaltal	P1	P2	Meðaltal
Þýngd plötu kg	15,263	15,250				
Meðalþykkt mm	53,4	54,0	53,7			
Rúmmál plötu cm ³	6410	6460				
Reiknuð rúmpýngd kg/m ³	2381	2361	2371	2518	2500	2509
Reiknað holrúm rm%	8,0	8,8	8,4	2,7	3,4	3,1

Hjólfarapróf við 45°C Upphaf sett á 0 mm

	P1	P2	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	2,56	3,26	2,91
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	2,84	3,60	3,22
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	5,3	6,7	6,0
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,056	0,068	0,062

Sig í mm og umferðir



Rannsóknaverkefni hjá Vegagerðinni, verknr. 1800-342

Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmþyngd mæld í lofti og vatni

Malbikið:

Framleiðandi: Malbikunarstöðin HÖFÐI hf.
 Malbiksgerð: SL 16 - 70/100, Y 16 Seljadalur
 Sýni tekið þann 25.07.15 af framleiðslu

Plata var fyrst söguð þvert um miðju. Prófhloti A er sá helmingur sem var innar í þjöppu í upphafi. B er sá ytri. Prófhloti B var sagaður langs m.v. upphaflega plötu með 10 cm millibili. Hluti D er sá hluti sem var undir hjólfari í prófi.

Sögun platna

	A	B
A		E
		D
		C

Hluti	Í vatni	Ybþ.	Bakki	þurrt+	þurrt	Rúmmál	Rúmþ.	Holrúm
	g	g	g	bakki, g	g	cm ³	Mg/m ³	rm%

Malbiksgerð: SL 16 - 70/100, Y 16 Seljadalur - Plata 1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.) [1]	2,602 Mg/m ³		
Vatnshiti	22°C	Rúmþ.	0,9978 Mg/m ³

C	1589,3	2605,0	390,6	2982,3	2591,7	1017,9	2,546	2,2
D	1463,2	2391,7	352,9	2735,1	2382,2	930,5	2,560	1,6
E	1460,7	2393,6	341,5	2721,5	2380,0	935,0	2,546	2,2
						Meðaltal	2,551	2,0

Malbiksgerð: SL 16 - 70/100, Y 16 Seljadalur - Plata 2

Mesta rúmþ. malbiks (teor.) [1]	2,602 Mg/m ³		
Vatnshiti	22°C	Rúmþ.	0,9978 Mg/m ³

C	1565,2	2564,7	349,0	2900,3	2551,3	1001,7	2,547	2,1
D	1489,1	2441,0	352,0	2781,6	2429,6	954,0	2,547	2,1
E	1468,8	2407,9	338,3	2730,7	2392,4	941,2	2,542	2,3
						Meðaltal	2,545	2,2

[1] Rúmþyngd malbiks er er fengin úr mælingum HÖFÐA á framleiðsludegi.

Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Fyrir: Rannsóknaverkefni hjá Vegagerðinni, verknr. 1800-342
Próf á aðsendu malbiki. Sýni hitað og þjappað á Nýsköpunarmiðstöð.

Malbik: Framleiðandi: Malbikunarstöðin HÖFÐI hf.
Malbiksgerð: SL 16 - 70/100, Y 16 Seljadalur
Sýni tekið þann 25.07.15 af framleiðslu fyrir Suðurlandsbraut su., b1 (Vegmúli - Faxafen)
st. 782 - 1769

Aths.:
Rúmp. Rúmpyngd malbiks er er fengin úr mælingum HÖFÐA á framleiðsludegi.

Rúmpyngd malbiks, (teoretisk) kg/m³ **2602**

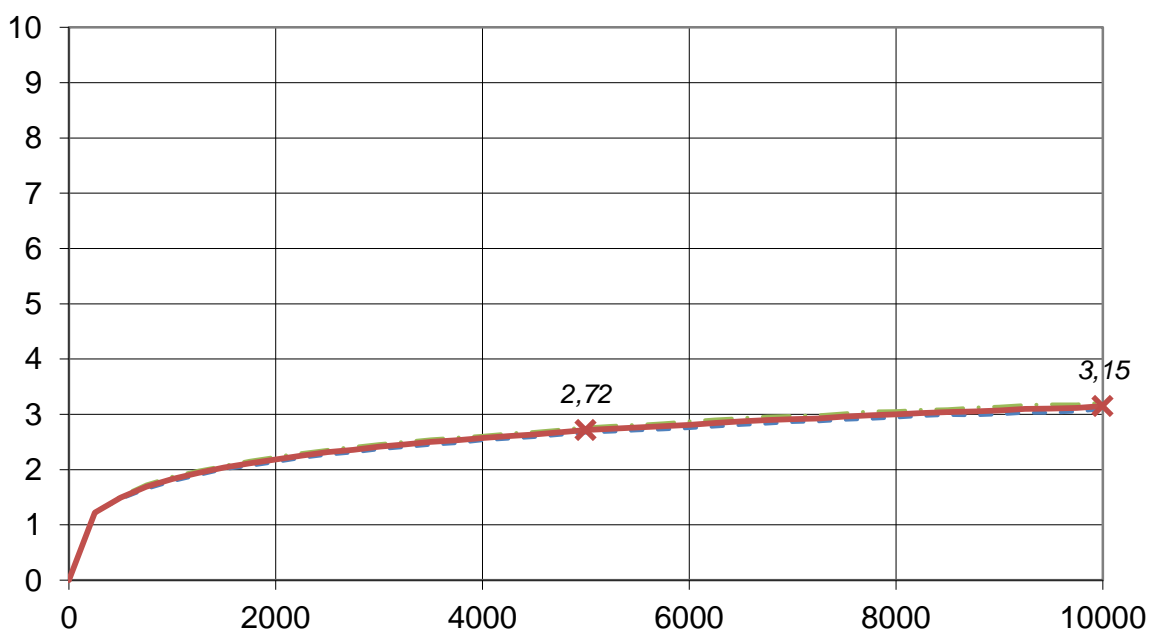
	Vigtun og mælingar m. rennimáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf		
	P1	P2	Meðaltal	P1	P2	Meðaltal
Þjöppuð plata B*L plötu er um 300*400 mm						
Þyngd plötu	kg	15,230	15,220			
Meðalþykkt	mm	51,2	51,5	51,4		
Rúmmál plötu	cm ³	6156	6167			
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2474	2468	2471	2551	2545
Reiknað holrúm	rm%	4,9	5,1	5,0	2,0	2,2
						2548
						2,1

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0 mm

	P1	P2	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	2,67	2,76	2,72
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	3,09	3,21	3,15
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	6,0	6,2	6,1
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,084	0,090	0,087

Sig í mm og umferðir



TEST REFERENCE Island lab.tilvirk.2015 - S1 og S2

Summary Filename C:\wtrackEN\wtdata\Island lab.tilvirk.2015 - S1 og S2.txt

Sample 1 Profile Data C:\wtrackEN\wtdata\Island lab.tilvirk.2015 S1 og S2 Sample 1.txt

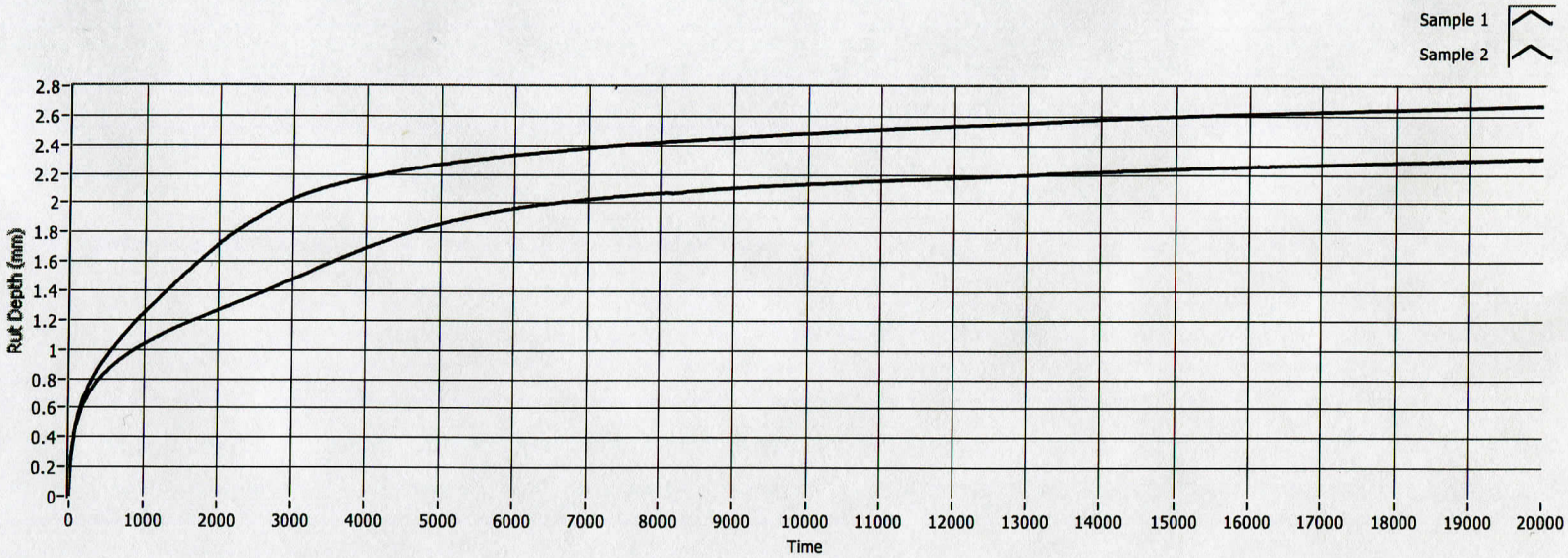
Sample 2 Profile Data C:\wtrackEN\wtdata\Island lab.tilvirk.2015 - S1 og S2 Sample 2.txt

Sample 1 Final Rut Depth 2.31 (mm)

Sample 2 Final Rut Depth 2.67 (mm)

Sample 1 Rut Rate 0.04 (mm/1000 Cycles)

Sample 2 Rut Rate 0.04 (mm/1000 Cycles)



Hjörtfara próf
S-sýni, prófuð í Noregi.

TEST REFERENCE

Island lab.tilvirk.2015 - R1 og R2

Summary Filename

C:\wtrackEN\wtdata\Island lab.tilvirk.2015 - R1 og R2.txt

Sample 1 Profile Data

C:\wtrackEN\wtdata\Island lab.tilvirk.2015 - R1 og R2 Sample 1.txt

Sample 2 Profile Data

C:\wtrackEN\wtdata\Island lab.tilvirk.2015 - R1 og R2 Sample 2.txt

Sample 1 Final Rut Depth

2.53

(mm)

Sample 2 Final Rut Depth

2.66

(mm)

Sample 1 Rut Rate

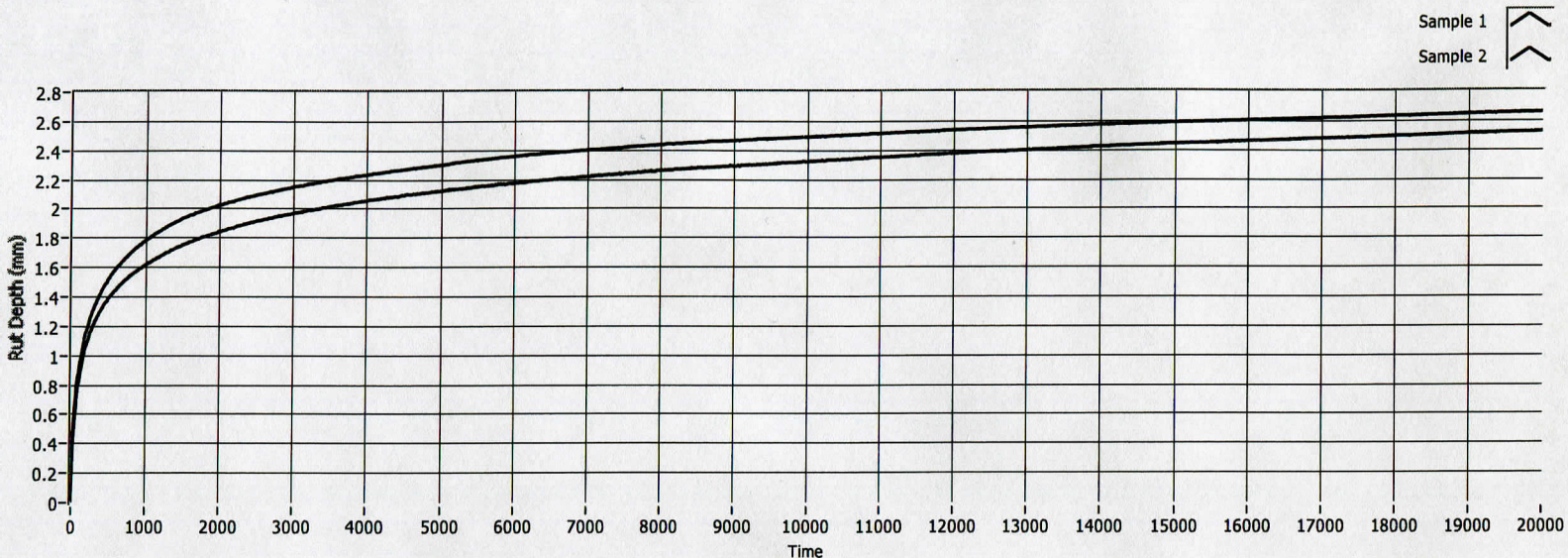
0.04

(mm/1000 Cycles)

Sample 2 Rut Rate

0.03

(mm/1000 Cycles)



Hjölfæra próf
 R-sýni, prófund; Noregi



Rúmþyngdir sívalninga sem þjappaðir voru

vegna slitþolsmælinga - Prall

Rannsóknastofublöndur

Mælingar fyrir sögun

Seljadalur, Lambafell, Hólabrú og Jelsa (+L=Lysit) SL11

Hiti vatns, °C		23							
Rþ vatns, g/cm ³		0,9976							
<i>Sívalningur</i>	<i>Þurrtsýni g</i>	<i>Sýni í vatni g</i>	<i>Yþp. sýni g</i>	<i>Ryður vatni g</i>	<i>Rúm-mál cm³</i>	<i>Rúmþyngd Mg/m³</i>	<i>Meðal-rúmþ. Mg/m³</i>	<i>Rþ. malbiks* Mg/m³</i>	<i>Holrúm rm%</i>
S-1	1398,7	859,0	1400,9	541,9	543,2	2,575			SL11 Seljadalur
S-2	1398,5	860,6	1400,4	539,8	541,1	2,585			
S-3	1403,8	862,1	1406,0	543,9	545,2	2,575	2,578	2,672	3,5
S+L1	1302,3	803,6	1303,5	499,9	501,1	2,599			SL11 Seljadalur + Lysit
S+L2	1300,9	801,1	1302,4	501,3	502,5	2,589			
S+L3	1296,6	799,0	1297,5	498,5	499,7	2,595	2,594	2,650	2,1
L1	1349,7	830,2	1351,7	521,5	522,8	2,582			SL11 Lambafell
L2	1357,7	829,8	1360,4	530,6	531,9	2,553			
L3	1354,9	830,5	1357,2	526,7	528,0	2,566	2,567	2,592	1,0
L+L1	1367,6	838,5	1369,5	531,0	532,3	2,569			SL11 Lambafell + Lysit
L+L2	1369,3	841,4	1371,5	530,1	531,4	2,577			
L+L3	1364,0	837,2	1366,1	528,9	530,2	2,573	2,573	2,611	1,5
H1	1385,2	849,3	1387,7	538,4	539,7	2,567			SL11 Hólabrú
H2	1386,4	854,3	1387,9	533,6	534,9	2,592			
H3	1383,3	851,3	1384,5	533,2	534,5	2,588	2,582	2,648	2,5
J1	1320,4	813,4	1321,6	508,2	509,4	2,592			SL11 Jelsa
J2	1315,4	808,8	1316,6	507,8	509,0	2,584			
J3	1320,4	813,6	1321,6	508,0	509,2	2,593	2,590	2,516	-2,9

* Rúmþyngd malbiks var reiknuð út frá eldri gildum svipaðra blandna úr fyrri rannsóknum, nema fyrir Jelsa, þar var tekin kornarúmþyngd af Jelsa efninu og er Rþ malbiks í þeirri blöndu miðuð við hana (salli ekki með í reikningi) því kemur holrúm skakkt út. 2,620 Mg/m³ er sennilegra gildi rúmþyngdar malbiks, það gæfi 1,2% holrúm. Óvart var notast við rúmþyngd lysits (2,488 Mg/m³) í Seljadalur + lysit blöndunni við útreikninga í mót. Það kom ekki að sök en hér hefur því gildi verið breytt í sennilegri tölu til að fá líklegara gildi holrúms.



Rúmþyngdir sívalninga sem þjappaðir voru

vegna slitþolsmælinga - Prall

Rannsóknastofublöndur

Mælingar fyrir sögun

Seljadalur, Lambafell, Hólabrú og Jelsa (+L=Lysit, +D=Durasplit) SL16

Hiti vatns, °C		22							
Rþ vatns, g/cm ³		0,9978							
<i>Sívaln- ingur</i>	<i>Þurr- sýni g</i>	<i>Sýni í vatni g</i>	<i>Yþþ. sýni g</i>	<i>Ryður vatni g</i>	<i>Rúm- mál cm³</i>	<i>Rúm- þyngd Mg/m³</i>	<i>Meðal- rúmþ. Mg/m³</i>	<i>Rþ. malbiks* Mg/m³</i>	<i>Hol- rúm rm%</i>
S-1	1377,0	852,2	1379,0	526,8	528,0	2,608	SL16 Seljadalur		
S-2	1382,3	856,2	1385,0	528,8	530,0	2,608			
S-3	1378,8	851,6	1381,4	529,8	531,0	2,597	2,604	2,635	1,2
S+L1	1310,3	809,7	1313,9	504,2	505,3	2,593	SL16 Seljadalur + Lysit		
S+L2	1308,0	807,9	1309,9	502,0	503,1	2,600			
S+L3	1307,4	806,9	1308,8	501,9	503,0	2,599	2,597	2,620	0,9
L1	1361,9	837,9	1363,7	525,8	527,0	2,584	SL16 Lambafell		
L2	1362,2	839,7	1365,0	525,3	526,5	2,587			
L3	1360,1	839,2	1362,7	523,5	524,7	2,592	2,588	2,601	0,5
L+L1	1372,8	844,4	1374,7	530,3	531,5	2,583	SL16 Lambafell + Lysit		
L+L2	1374,3	845,6	1376,1	530,5	531,7	2,585			
L+L3	1375,1	846,4	1378,0	531,6	532,8	2,581	2,583	2,620	1,4
H1	1380,7	856,2	1382,5	526,3	527,5	2,618	SL16 Hólabrú		
H2	1380,8	853,1	1383,2	530,1	531,3	2,599			
H3	1382,6	856,6	1384,5	527,9	529,1	2,613	2,610	2,641	1,2
J+D1	1324,1	812,0	1326,0	514,0	515,1	2,570	SL16 Jelsa + Durasplit		
J+D2	1327,5	816,0	1329,1	513,1	514,2	2,582			
J+D3	1329,7	815,4	1325,4	510,0	511,1	2,602	2,584	2,524	-2,4

* Rúmþyngd malbiks var reiknuð út frá eldri gildum svipaðra blandna úr fyrri rannsóknum, nema fyrir Jelsa, þar var tekin kornarúmþyngd af Jelsa efninu og er Rþ malbiks í þeirri blöndu miðuð við hana (salli ekki með í reikningi) því kemur holrúm skakkt út. 2,620 Mg/m³ er sennilegra gildi rúmþyngdar malbiks, það gæfi 1,4% holrúm. Óvart var notast við rúmþyngd lysits (2,496 Mg/m³) í Seljadalur + lysit blöndunni við útreikninga í mót. Það kom ekki að sök en hér hefur því gildi verið breytt í sennilegri tölu til að fá líklegara gildi holrúms.

Slitpolsmælingar - Prall

Sýni blönduð og þjöppuð á rannsóknastofu
Seljadalur, Lambafell, Hólabrú og Jelsa (+L=Lysit) SL11

<i>Malbiks- gerð og holrúm</i>	<i>Próf- sneið</i>	<i>Ybp fyrir g</i>	<i>Ybp eftir g</i>	<i>Efnis- tap g</i>	<i>Rúm- þyngd* Mg/m3</i>	<i>Prall gildi ml</i>	<i>Meðal Prall ml</i>
SL11 S 3,5 %rm	S3-1	602,4	532,1	70,3	2,578	27	
	S2-2	603,4	534,4	69,0	2,578	27	
	S1-3	610,3	538,4	71,9	2,578	28	
	S1-4	594,2	521,4	72,8	2,578	28	28
SL11 S+L 2,1 %rm	S+L1-1	614,7	551,1	63,6	2,594	25	
	S+L1-2	613,0	549,7	63,3	2,594	24	
	S+L3-3	603,3	541,2	62,1	2,594	24	
	S+L3-4	618,1	561,3	56,8	2,594	22	24
SL11 L 1,0 %rm	L1-1	623,6	562,4	61,2	2,567	24	
	L1-2	651,6	593,5	58,1	2,567	23	
	L3-3	615,3	553,3	62,0	2,567	24	
	L2-4	624,6	564,5	60,1	2,567	23	24
SL11 L+L 1,5 %rm	L+L1-1	619,7	557,3	62,4	2,573	24	
	L+L2-2	622,2	554,3	67,9	2,573	26	
	L+L3-3	661,9	599,5	62,4	2,573	24	
	L+L3-4	627,0	567,6	59,4	2,573	23	24
SL11 H 2,5 %rm	H3-1	619,1	547,9	71,2	2,582	28	
	H2-2	627,9	559,8	68,1	2,582	26	
	H1-3	636,9	560,7	76,2	2,582	30	
	H1-4	673,9	606,3	67,6	2,582	26	27
SL11 J -2,9 %rm	J3-1	620,9	555,3	65,6	2,590	25	
	J3-2	619,4	541,8	77,6	2,590	30	
	J1-3	624,7	547,0	77,7	2,590	30	
	J1-4	615,7	541,8	73,9	2,590	29	28

* Rúmþyngd er meðaltal sívalninga fyrir sögun, ekki hverrar sneiðar fyrir sig.

Slitpolsmælingar - Prall

Sýni blönduð og þjöppuð á rannsóknastofu

Seljadalur, Lambafell, Hólabrú og Jelsa (+L=Lysit, +D=Durasplit) SL16

<i>Malbiks- gerð og holrúm</i>	<i>Próf- sneið</i>	<i>Ybp fyrir g</i>	<i>Ybp eftir g</i>	<i>Efnis- tap g</i>	<i>Rúm- þyngd* Mg/m3</i>	<i>Prall gildi ml</i>	<i>Meðal Prall ml</i>
SL16 S 1,2 %rm	S1-1	645,3	583,0	62,3	2,604	24	
	S1-2	656,6	595,9	60,7	2,604	23	
	S2-3	650,3	595,9	54,4	2,604	21	
	S2-4	659,9	590,9	69,0	2,604	26	24
SL16 S+L 0,9 %rm	SL2-1	646,6	593,2	53,4	2,597	21	
	SL2-2	587,5	524,1	63,4	2,597	24	
	SL3-3	622,2	558,7	63,5	2,597	24	
	SL3-4	610,4	545,3	65,1	2,597	25	24
SL16 L 0,5 %rm	L3-1	626,3	567,1	59,2	2,588	23	
	L3-2	658,2	594,1	64,1	2,588	25	
	L1-3	632,8	580,4	52,4	2,588	20	
	L1-4	653,8	581,0	72,8	2,588	28	24
SL16 L+L 1,4 %rm	LL2-1	650,4	590,0	60,4	2,583	23	
	LL2-2	649,8	598,3	51,5	2,583	20	
	LL3-3	635,3	575,2	60,1	2,583	23	
	LL1-4	634,6	576,4	58,2	2,583	23	22
SL16 H 1,2 %rm	H1-1	662,6	588,9	73,7	2,610	28	
	H1-2	645,0	576,7	68,3	2,610	26	
	H2-3	663,1	592,7	70,4	2,610	27	
	H2-4	645,0	574,4	70,6	2,610	27	27
SL16 J+D -2,4 %rm	J1-1	617,1	547,9	69,2	2,584	27	
	J1-2	632,1	564,5	67,6	2,584	26	
	J2-3	626,1	562,6	63,5	2,584	25	
	J2-3	625,6	553,2	72,4	2,584	28	26

* Rúmþyngd er meðaltal sívalninga fyrir sögun, ekki hverrar sneiðar fyrir sig.

Almennar upplýsingar um fillersýni. Malbiksrannsókn H15-158

Malbiks-stöð	Dagseting sýnatöku	Númer sýnis	Framleitt samdægurs í stöð			Sýnatöku		Niðurstöður		
			Malbiksgerð	Tegund steinefnis	Bik	staður	Aðferð	Kornarúm-þyngd, g/cm ³	Holrýmd, %	
Höfði	29.05.2015	nr. 1	Hö-1	Y16	S			2,89	35,1	
Höfði	05.06.2015	nr. 2	Hö-2	Y16	La			3,02	38,9	
Höfði	12.06.2015	nr. 3	Hö-3	Y11	S			2,97	34,8	
Höfði	19.06.2015	nr. 4	Hö-4	Y16	S			2,93	35,0	
Höfði	29.06.2015	nr. 5	Hö-5	Y11	S			2,95	34,5	
Höfði	16.07.2015	nr. 6	Hö-6	SMA 16		H		3,02	32,1	
MHC	13.05.2015	Nr. 1	Co-1	SL11	D	M	Fín	A	2,73	35,4
MHC	29.05.2015	Nr. 2	Co-2	SL11	D	M	Fín	A	2,81	37,2
MHC	6.07.2015	Nr. 3	Co-3	SL16	La	H	Fín	A	2,96	38,20
MHC	25.06.2015	Nr. 4	Co-4	SL11 og SL16	D	H	Fill	B	2,76	37,8
MHC	25.06.2015	Nr. 5	Co-5	SL11 og SL16	Jökulsá		Y	C	2,86	31,10
MHC	6.07.2015	Nr. 6	Co-6	SL16 og SMA16	D	M/Mx	Fill	B	2,94	38,3
MHC	13.07.2015	Nr. 7	Co-7	SL11 og SMA16	H og D	M/ Mx	Fill	B	2,97	35,8
MHC	23.07.2015	Nr. 8	Co-8	SMA16	La/Ly og La	Hx/M	Fill	B	2,93	41,1
MHC	11.08.2015	Nr. 9	Co-9	SMA16 og SL16	La/Ly	Hx/Mx	Fill	B	2,96	36,6
MHC	23.07.2015	Nr. 10	Co-10	SL11	FjaraÓ		Y	C	2,96	36,0
MHC	25.8.2015	Nr. 11	Co-11	BRL16	H		Fill	B	2,91	39,0
MHC	16.09.2015	Nr. 12	Co-12	SL16 og SL11	La/Ly og La	Mx	Fill	B	2,96	36,7
MHC	17.09.2015	Nr. 13	Co-13	SL11	Kleifaheiði		Y	C	2,81	34,5
MHC	1.10.2015	Nr. 14	Co-14	SL11	H	M	Fill	B	2,91	36,80
MHC	27.10.2015	Nr. 15	Co-15	SL11	D	M	Fill	B	2,85	35,9
MHC	25.11.2015	Nr. 16	Co-16	SL16 og BRL16	D/Jelsa og H	M	Fill	B	2,88	34,2
Steinefnasýni		nr. 1	S-1	Hreint	D				2,77	35,7
Steinefnasýni		nr. 2	S-2	Hreint	Ly				2,72	38,1
Steinefnasýni		nr. 3	S-3	Hreint	Jelsa				2,84	39,6
Steinefnasýni		nr. 4	S-4	Hreint	S				2,94	37,0
Steinefnasýni		nr. 5	S-5	Hreint	La				3,03	34,6
Steinefnasýni		nr. 6	S-6	Hreint	H				2,94	40,6

Legend

Bik

M	SB 160/220
H	SB 70/100
x	m/sasobit vax

Tegund steinefnis

S	Seljadalur
La	Lambafell
H	Hólabrú
D	Durasplitt
Ly	Lysit

Aðferð sýnatöku

A	Tæmt úr tanki í hjólaskóflu
B	Tekið beint úr snigli
C	Filler skotið út úr stöð og tekið úr f

Sýnatökustaður

Fín	Fínefnatankur við stöð-Gullhella 1
Fill	Fillerhús-Gullhella 1
Y	Annað

Smit gæti verið af fyrri sýnum í sigtaseríu eða Gilson, jafnvel í bökkum þótt lítið sé.