

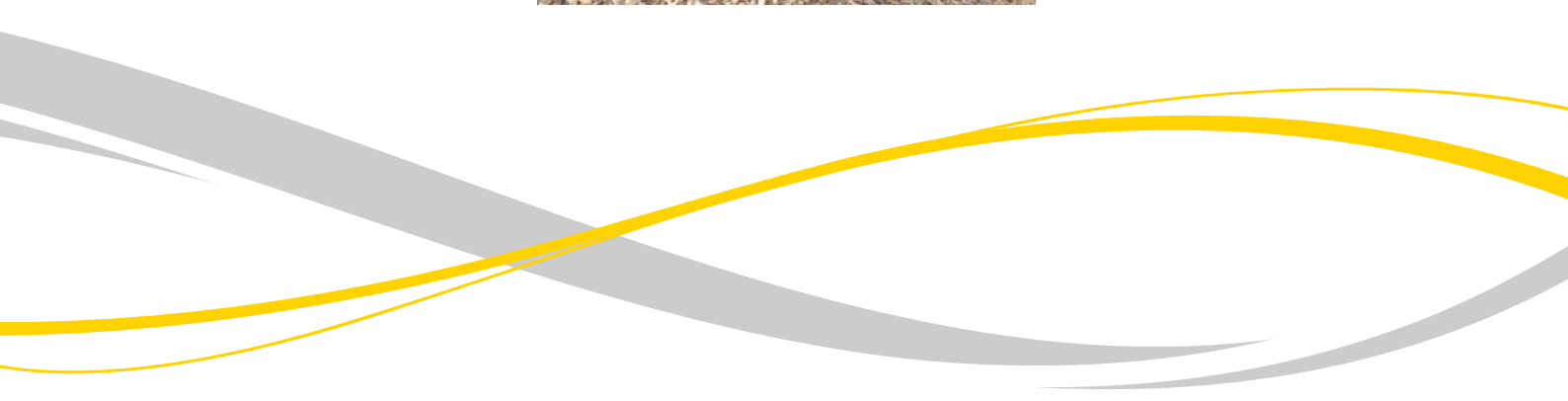


MANNVIT
VERKFRÆÐISTOFA

Vinnsla malarslitlaga

Unnið fyrir Vegagerðina

Apríl 2010





MANNVIT
VERKFRÆDISTOFA



Mannvit Verkfræðistofa

Grensásvegur 1
108 Reykjavík
Sími: 422 3000
Fax: 422 3001
@: mannvit@mannvit.is
www.mannvit.is



TITILBLAÐ

Skýrsla nr: MV 2010-031	Útgáfunr.: 01	Útgáfudags.: 27.04.2010	Verknúmer: 1-010-205
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Vinnsla malarslitlaga			Upplag: 5
			Fjöldi síðna: 116
Höfundur/ar: Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Ingunn Loftsdóttir og Jón Garðar Steingrímsson			Verkefnisstjóri (undirskr.):
			Yfirfarið (undirskr.):
Verkkaupi: Vegagerðin		Tengiliður verkkaupa: Gunnar Bjarnason	
Samstarfsaðilar: Vegagerðin og Nýsköpunarmiðstöð Íslands			
Útdráttur: Gerð er grein fyrir niðurstöðum ýmissa rannsókna sem gerðar hafa verið á malarslitlögum, einkum m.t.t. efnisgæða og mati á gæðum, sem og kröfum í nokkrum löndum. Birtar eru niðurstöður spurningalista á helstu framleiðsluaðferðum íslenskra verktaka og reynslu deildarstjóra Vegagerðarinnar. Einnig er greint frá niðurstöðum nokkurra tilrauna sem gerðar voru og að lokum eru niðurstöður kostnaðarreikninga vegna flutnings á leirríku fínefni til íblöndunar í malarslitlagsefni.			
Efnisorð: Efnisvinnsla, malarslitlög			

Dreifing:



Opin öllum starfsmönnum
(Rafræn í bókasafni)



Lokuð
(Engin dreifing nema með leyfi verkkaupa.)

Breytingasaga:

Útgáfunr	Dags.	Breyting	Höf.	Yfirfarið

Efnisyfirlit

1.	Inngangur	1
2.	Malarslitleg – eiginleikar og efnisvinnsla	2
3.	Bakgrunnur	3
3.1	Fyrri athuganir.....	3
3.1.1	<i>Almennt</i>	3
3.1.2	<i>Rykbinding</i>	6
3.1.3	<i>Fínefni</i>	7
3.2	Íslenskar kröfur	8
3.3	Kröfur nokkurra erlendra verklýsinga og glefsur úr erlendum rannsóknum	11
4.	Vinnsluaðferðir	16
4.1	Um erlenda reynslu af vinnslu efnis í malarslitleg	16
4.2	Íslenskt verklag.....	17
4.2.1	<i>Framleiðendur</i>	17
4.2.2	<i>Vegagerðin</i>	21
5.	Tilraunir með íblöndun fínefna	32
5.1	Tilraun á rannsóknarstofu	32
5.2	Tilraun í vegi	34
5.3	Sjónarhorn framleiðandans	40
6.	Kostnaðarreikningar	42
7.	Samantekt	47
8.	Heimildir	49

Viðaukar:

Viðauki A - Samskipti

Viðauki B - Framleiðendur

Viðauki C - Deildarstjórar Vegagerðar

Viðauki D - Niðurstöður rannsókna

1. Inngangur

Malarvegir eru um 50% af stofn- og tengivegum í veghaldi Vegagerðarinnar. Þeir geta verið mjög erfiðir í viðhaldi þar sem góð malarlitlagsefni eru víða vandfundin. Gæði malarlitlagsefna eru háð efniseiginleikum, þ.e. grunneiginleikum efnisins í námunni og vinnsluaðferðum sem notaðar eru við framleiðslu efnisins, svo sem hörpun, mölun og íblöndun.

Malarlitlög eru sandur og mól sem bundið er saman af fínefni og eiginleikar þeirra eru því ráðandi um hegðun slitlagsins. Niðurstöður fyrri rannsókna sýna að kornadreifing hefur afgerandi áhrif á gæði malarlitlagsefna, þar á meðal fínefnisinnihald en hérlendis getur verið erfitt að finna góð fínefni. Efni sem inniheldur góð fínefni með hæfilegum raka en er með lítið brot getur verið afar erfitt í vinnslu og því er tilhneiging til að sneiða hjá erfiðustu efnunum.

Með réttum vinnsluaðferðum má hafa áhrif á þessa þætti. Þær vinnsluaðferðir sem m.a. kemur til álita að bæta er meðhöndlun fínefna í vinnsluferlinum, þ.e. úttekt og íblöndun fínefna með það að markmiði að gera einstök vinnsluprep minna háð efniseiginleikum fínefna í námunni.

Vegagerðin ákvað að setja af stað verkefni með áherslu á vinnsluaðferðir malarlitlaga en á vegum Vegagerðarinnar var unnið verkefni um fínefni í malarlitlög sem lauk með skýrslu árið 2004 (Ásbjörn Jóhannesson o.fl.)¹. Í framhaldi af því var ráðist í verkefni um vinnslu malarlitlaga með eftirfarandi markmið:

- Taka saman yfirlit yfir vinnsluaðferðir við vinnslu á malarlitlagsefni, bæði hérlendis og erlendis, sem og þann tækjabúnað sem innlendir framleiðendur hafa yfir að ráða.
- Leggja mat á það hvort hagkvæmt sé að bæta þessar vinnsluaðferðir til að framleiða betri malarlitlög bæði fyrir veghaldara og vegfarendur. Einnig að athuga hvort Vegagerðin eigi í einhverjum tilvikum að gera kröfu um bættan tækjabúnað þegar vinnsla malarlitlaga er boðin út.

Hugmyndin var svo sú að nota upplýsingarnar úr verkefninu til að leggja grunn að leiðbeiningum um vinnslu á malarlitlagsefni.

Verkefnið var unnið af starfsmönnum Vegagerðarinnar, VGK-Hönnunar hf. (nú Mannvit hf.) og Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins, (nú Nýsköpunarmiðstöð Íslands, NMÍ). Verkefnastjóri var Gunnar Bjarnason og með honum í verkefnastjórn voru Ingvi Árnason (Vegagerðin), Börge Johannes Wigum (Mannvit hf.), Þorbjörg Hólmgeirsdóttir (Mannvit hf.) og Pétur Pétursson (NMÍ). Einnig unnu Ingunn Loftsdóttir og Jón Garðar Steingrímsson, bæði frá Mannviti, að afmörkuðum hlutum skýrslunnar, Ingunn skrifaði megnið af kafla 2 og kom að úrvinnslu vegna kafla 3 og Jón Garðar skrifaði kafla 5.

2. Malarslitlög – eiginleikar og efnisvinnsla

Malarvegir hafa lengi tíðkast. Þeir eru tiltölulega ódýrir og einfaldir í útlögn og oft á tíðum dugir tiltölulega einfaldur tækjabúnaður. Á móti kemur að þeir eru viðhaldsfrekir, sér í lagi á fjölförnum vegum og þar sem ekki er vandað við efnisval.

Hugmyndafræðin að baki malarslitlögum er að styrkurinn og slitþolið sé í grófara efninu, þ.e. í sandinum og mölinni, sem síðan er bundið saman af fínefninu. Því er grunnurinn að góðu malarslitlagi sterkt malarefni en fínefnið þarf að hafa eiginleika til að binda malarefnið saman. Rétt viðhald hvað varðar heflun og rykbindingu er ekki síður mikilvægt til að tryggja endingu. Í vefriti Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur, kafla um slitlög (www.vegagerdin.is)², kemur fram að algengast sé hérlendis að malarslitlagsefni sé unnið úr setmyndunum, ýmist með mölun eða hörpun. Skriður, aurkeilur og framhlaup hafa reynst vel. Sjaldgæft er hérlendis að malarslitlag sé unnið úr bergi þótt reynsla erlendis sé góð en hátt brothlutfall í möluðu bergi þýðir að slíkt efni er oft stöðugt.

Þeir eiginleikar sem mestu máli skipta í efni sem notað er í malarslitlög eru kornadreifing, kornalögun, fínefnahlutfall og hlutfall leirs. Hafa má áhrif á kornadreifingu með mölun, hörpun og íblöndun. Til dæmis kemur fram á vef Vegagerðarinnar að algengt sé að sandur eða fínefni sé tekið úr á vinnslustigi, sem og að algengt sé að fínefni og jafnvel sandi sé blandað í malarslitlagsefni á vinnslustigi. Mikilvægt er að malarslitlagsefni sé brotið en ekki eingöngu harpað til að bæta bæði brothlutfall og kornalögun en slíkt eykur stöðugleika þess í vegi.

Í vefriti Vegagerðarinnar eru einnig tilgreind áhrif veðurfars, einkum úrkomu, á endingu malar-slitlaga. Kröfur til þjálni malarslitlagsefna taka sem dæmi mið af því hvort meðalársúrkoma er undir eða yfir 1000 mm. Fyrirnefndu skilyrðin, meðalársúrkoma undir 1000 mm, eru víða á norðan- og austanverðu landinu en yfir 1000 mm á vestan-, sunnan- og suðaustanverðu landinu. Þar þarf því víða að taka tillit til þessa og halda fínefnainnihaldi (efni < 0,063 mm) við lægri mörkin.

Til viðbótar ofangreindu er síðan afvötnun yfirborðs sem getur ráðið úrslitum um endingu malar-slitlaga. Ef aðstæður til afvötnunar eru ekki fullnægjandi, t.d. veghalli lítill, er hætta á að holur myndist og getur það gerst mjög fljótt eftir úrkomu sé malarslitlagið að auki lélegt. Holur eru hins vegar sjaldgæfar þ.s. veghalli er nægjanlegur, en æskilegt er að hann sé á bilinu 4-6%, háð planboga.

Malarslitlög þola ekki mikið umferðarálag, í umræddu vefriti Vegagerðarinnar er talað um hámark 300-500 bíla umferð á sólarhring nema með dýru viðhaldi. Aðrir þættir hafa einnig áhrif á endingu malar-slitlaga, t.d. getur mikil veðurhæð valdið foki úr vegum og frostþíðu sveiflur geta valdið niðurbroti (Vefrit Vegagerðarinnar, www.vegagerdin.is)².

3. Bakgrunnur

3.1 Fyrri athuganir

3.1.1 Almennt

Malarvegir geta verið erfiðir í viðhaldi þar sem heppilegt slitlagsefni er ekki alltaf tiltækt í nágrenni veganna. Fínefnið sem á að binda mölina í vegunum rýkur úr þeim með þeim afleiðingum að slitlagið trosnar sundur, verður holótt eða breytist í versta falli í þvottabretti (Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2004)¹. Þrjár megin ástæður hafa verið nefndar fyrir myndun þvottabretta:

- Í fyrsta lagi aðskilnaður og tilfærsla korna í vegyfirborðinu, sem er líklegasta skýringin þegar yfirborðið er þurrt.
- Í öðru lagi geta þvottabretti myndast þegar fínefni í yfirborðinu slettast upp í rigningu.
- Í þriðja lagi varanleg samþjöppun malar slitlags sem myndar bylgjur í yfirborðið.

Tilfærsla og aðskilnaður korna í vegyfirborðinu er líklega sú ástæða sem oftast veldur þvottabrettum í malar slitlögum hérlendis og skal því reynt að skýra hana nánar hér. Þegar bíll ekur eftir þurru malarvegi, kasta hjól hans hluta af óbundna efninu í yfirborðinu upp, þau fylgja í kjölsog bílsins og hluti af kornunum festast á hjólunum sjálfum. Við þetta verður aðskilnaður í efninu, þannig að fínustu kornin mynda ryk á eftir bílnum og fjúka gjarnan burt. Meðalstóru kornin eru of stór til að rjúka burt og of lítil til að rúlla eftir yfirborðinu. Þau safnast því saman, þjappast í hryggi og mynda þvottabretti. Grófustu kornin eru nógu stór til að rúlla eftir yfirborðinu og safnast því ekki í hryggina. Þetta gerist einna helst eins og áður segir í þurru veðri og þegar efsta lagið í veginum er laust, en neðri lög eru þjöppuð og hörð.

Til að koma í veg fyrir myndun þvottabretta þarf að hindra að ástand eins og lýst er hér að ofan skapist. Þá skiptir einna mestu máli að efnið sem notað er í malar slitlag sé með sem jafnasta kornadreifingu, til dæmis ekki of sandríkt. Vönduð heflun er nauðsynleg og rykbinding með salti minnkar líkur á þvottabrettismyndun.

Góð malar slitlagsefni eru víða vandfundin á landinu og er t.d. algengt að þjál og vatnsheld fínefni skorti í þeim jarðmyndunum sem unnar eru í malar slitlag. Þar sem góð fínefni er að finna hefur oft reynt erfitt að vinna þau með þeim aðferðum sem „hefð er fyrir“ og er tilhneiging ríkjandi hjá aðilum að sneiða hjá erfiðustu efnunum. Efni sem inniheldur góð fínefni með hæfilegum raka, en er með lítið brot getur verið afar erfitt í vinnslu.

Talsverðar athuganir hafa verið gerðar á malar slitlögum. Jón Skúlason (1975)³ gerði kerfisbundnar rannsóknir á nokkrum eiginleikum íslenskra malar slitlagsefna. Hann rannsakaði sýni úr um 20 slitlögum, víðs vegar af landinu, sem ýmist voru flokkuð sem góð eða slæm. Markmiðið var að kanna hvort einfaldar prófanir, sem hægt væri að framkvæma í umdæmunum, gætu sagt fyrir um notagildi efna í malar slitlag og gera tillögur að leiðbeiningum um val á efni í malar slitlög. Rannsóknir Jóns gáfu eftirfarandi til kynna:

- Mælingar á rannsóknastofu á rakastigi efnisins sem fall af tíma, eða í veginum þegar sýnið var tekið, gáfu ekki nothæfa niðurstöðu til að velja slitlagsefni.



- Kleyfni- og hrökkniþróf hentar ekki til að flokka slitlögin, sem skoðuð voru, í góð og slæm.
- Með því að ákveða kornastærðir með flotvog (hydrometer) og/eða sigtun opnuðust möguleikar á að velja á milli góðs og slæms slitlags á grundvelli sambands:
 - milli fínefnis < 0,02 mm og hlutfallsins möl/sandur.
 - milli fínefnis < 0,074 mm og hlutfallsins möl/sandur.
 - milli fínefnis < 0,074 mm og Cu (D60/D10). Þegar þessir eiginleikar voru teiknaðir upp á línurit mátti afmarka reiti á þeim sem gáfu til kynna mat á efninu í malarslitlög.

Með hliðsjón af þessum niðurstöðum ályktaði Jón að ákvörðun á kornastærðum væri heppilegasta aðferðin til að meta gæði malarslitlaga með einföldum prófunum, en tók fram að athuganirnar hefðu eingöngu gildi fyrir ákveðna umferð (200-300 bíla á dag) og aðstæður. Jafnframt lagði hann til að fleiri slitlagskaflar yrðu athugaðir á sama hátt en það var aldrei gert. Þess má geta að um tíma byggðust kröfur í verklýsingu Vegagerðarinnar (1985)⁴ til efniseiginleika malarslitlags að nokkru leyti á þessum rannsóknum. Í núgildandi útgáfu verklýsinganna (Vegagerðin 1995)⁵ hafa kröfur sem byggðust á ofangreindum rannsóknum verið felldar út þar sem þær þóttu ekki samrýmast reynslu.

Í framhaldi af þessum rannsóknum var ákveðið að athuga breytingar á endingu og gæðum fjögurra malarslitlagsefna eftir að þau voru komin í veginn (Almenna verkfræðistofan 1979)⁶. Sú rannsókn var einnig í umsjá Jóns Skúlasonar. Markmið hennar var meðal annars að athuga hvernig mismunandi malarslitlög breytast í vegum á einu sumri. Annars vegar var athugað hvernig sáldursferill sýna úr veginum breyttist með tíma (athugað nokkrum sinnum yfir eitt sumar), hins vegar var styrkleiki malarefnanna athugaður á rannsóknastofu með brotstuðli (Bg) eftir áraun frá álagsstýrðum lofthamri.

Prófanirnar gáfu eftirfarandi til kynna:

- Ofaníburður breyttist mikið á tilraunaköflunum og breytingarnar virtust stjórnast af niðurbroti efnisins frá umferðinni og foki.
- Engin von virtist vera til að geta líkt eftir jafn flóknu fyrirbrigði og breytingum á ofaníburði í vegi með lofthamrinum.
- Við prófanirnar kom fram veruleg dreifing á niðurstöðum.
- Athuganir á niðurbroti efnanna gáfu tilefni til að ætla að brotstuðullinn (Bg) væri nothæfur til að meta hvort efni brotni mikið eða lítið niður.
- Athuganir ásamt reynslu Vegagerðarinnar af malarslitlögum, gáfu tilefni til að ætla að efni sem brotna mikið niður endist einnig illa.

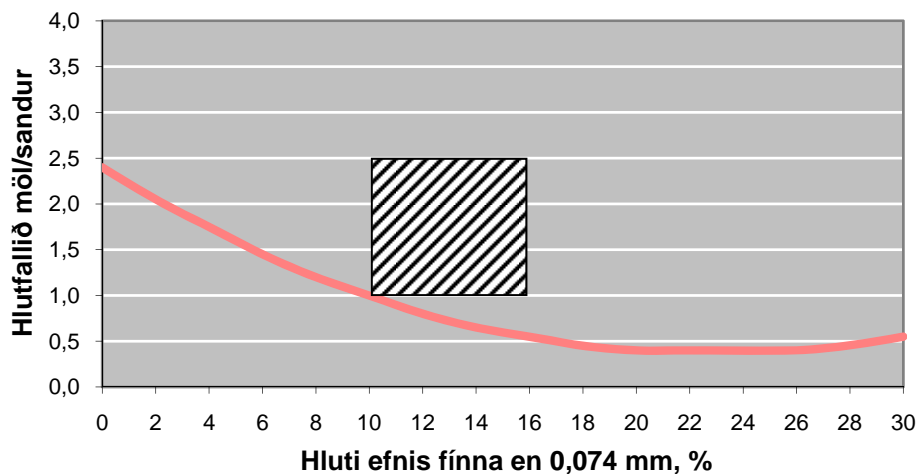
Á grundvelli prófananna var sett fram eftirfarandi tillaga um samband endingar ofaníburðar og brotstuðuls (Bg):

- Endist vel Bg < 3
- Endist sæmilega 3 < Bg < 8
- Endist illa Bg > 8

Tekið var fram að mörkin væru óörugg þar sem eingöngu væri tekið mið af fáum prófunum, og jafnframt að þær væru miðaðar við ofaníburð á vel undirbyggðum vegi með 200-400 bíla á dag að

sumarlagi. Þessar tillögur að notagildi efna í malarslitlög rötuðu hinsvegar aldrei inn í verklýsingar Vegagerðarinnar.

Á árunum 1977-1982 var unnið að rannsóknum á malarslitlögum á Norðurlöndum að frumkvæði Norrænu ráðherranefndarinnar undir heitinu *Förbättring och underhåll af grusvägar* (FUG/ÁJ 1982)⁷. Þar var reyndar ekki gert ráð fyrir athugun á efniseiginleikum malarslitlaga og áhrifum þeirra á endingu, en í minnisblaði frá íslenska hluta rannsókna var sagt stuttlega frá reynslu af malarslitlögum sem gerð voru úr framhlaupi í fjöllum þar sem leirlög eru áberandi. Slík framhlaup finnast víða á landinu í eldri berglögum og leirinn er talinn vera leifar af jarðvegi eða eldfjallaösku sem hefur orðið á milli hraunlaga og hefur að hluta til ummyndast í leir en leir er skilgreint sem hluti efnis sem er smærri en 0,002 mm. Malarslitlög af þessu tagi eru viðkvæm fyrir langvarandi úrkomu strax eftir útlögn, þá vaðast þau upp og verða slæm yfirferðar. Nái þau hinsvegar að setjast, þurfa þau lítið viðhald, halda vel raka og missa ekki burðarþol þrátt fyrir langvarandi úrkomu. Þegar best lætur þarf ekki að rykbinda slitlög af þessu tagi, mölburðartíðnin minnkar um helming og heflunartíðnin er aðeins fimmtungur af því sem annars er venjulegt. Um efniseiginleika þessara slitlaga er lítið vitað, þó er talið heppilegt að hlutfalli malar og sands annars vegar og hluta fínefnis (< 0,075 mm) hinsvegar sé þannig háttáð að punktar sem einkenna slitlagsefnið á þennan hátt lendi ofan línunnar og helst innan ferhyrningsins á mynd 1.



Mynd 1: Heppileg samsetning leirblandaðra malarslitlaga. Gott malarslitlagsefni lendir ofan línunnar og helst innan ferhyrningsins. Með sandi er átt við efni sem er smærra en 4,75 mm (FUG/ÁJ 1982)⁷.

Í tengslum við sama verkefni (FUG/ÁJ 1982)⁷ voru valdir 15 kaflar á íslenskum malarvegum víðs vegar um landið og sýni úr þeim borin saman við kröfur til sáldursferils í íslenskum og norskum verklýsingum (Ásbjörn Jóhannesson 1980)⁸. Jafnframt var slitlagið á köflunum metið af rekstrarstjóra Vegagerðarinnar á viðkomandi svæði. Niðurstaðan var í stuttu máli sú að lítið samræmi væri á milli mats á slitlaginu og sáldursferilsins og alls ekki marktækt. Á hinn bóginn verður að hafa í huga að slitlögin voru ekki metin af sama manni sem ótvírætt hefur spilt fyrir möguleikum á að finna samhengi milli efniseiginleika og endingar vegna ósamræmis í matinu.

Sumarið 1994 voru lagðir átta tilraunakaflar með malarslitlagi á Kjósarskarðsveg fyrir tilstilli Slitlaganefndar BUSL. Fjórir þeirra voru úr möluðu bögglabergi með 19, 16, 14 og 12 mm hámarks kornastærð. Hinir fjórir voru úr áreyraefni en að öðru leyti sams konar. Umferðin var ríflega 100 ÁDU árið 1993. Þessari tilraun lauk aldrei með formlegri skýrslu en í stöðuskýrslu er tilgreint að akstursþægindi aukist með minnkandi kornastærð malarslitlags. Lausamöl og steinkast reyndist meira í áreyraefninu en í bögglaberginu. Hins vegar voru holur fleiri, stærri og dýpri og brúnir þeirra hvassari í bögglabergsefninu en áreyraefninu (Ásbjörn Jóhannesson 1998)⁹. Af áreyraefninu reyndist 14 mm efnið einna best. Bögglabergsefnið var blöðrótt, köntótt og hvasst á brúnum og áhöld um hvort reyndist betur, 14 mm eða 16 mm efnið.

3.1.2 Rykbinding

Til að minnka ryk í malarslitlögum eru þau gjarnan rykbundin. Misjafnt er hvernig staðið er að rykbindingu malarslitlaga, en það er bæði háð umferðarálagi og gæðum efnisins hvort og þá hvernig rykbundið er. Hérlandis hefur verið rykbundið með vatni og sjó en einnig með natríumsklóríði (NaCl) eða kalsíumsklóríði (CaCl₂). Einnig hafa verið gerðar tilraunir með notkun magnesíumsklóríðs (MgCl₂). Þá virðist vera hægt að nota Dustex (lignosulphonate bindiefni) í mjög fínefnaríku og leirkenndu malarslitlagi. Á vegum með siltkenndara fínefni hafa gæði rykbindingar ekki verið nógu góð (Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2004)¹. Vegagerðin hefur á liðnum árum gert allmargar tilraunir með rykbindingu malarslitlaga. Tvær þeirra, sem gefa til kynna að eiginleikar malarefnanna hafi haft áhrif á gæði rykbindingarinnar, eru raktar stuttlega hér á eftir.

Sumarið 1976 var gerð tilraun með rykbindingu í Mosfellsdal (Rannsóknastofnun byggingar- iðnaðarins 1985)¹⁰. Kaflarnir voru sjö og voru allir nema einn rykbundnir með kalsíumsklóríði, ýmist 0,2 eða 0,4 kg/m². Fínefnainnihaldið (hluti efnis smærra en 0,074 mm) var ýmist 5%, 10% eða 15%. Kaflinn með 15% fínefnainnihaldi og 0,4 kg/m² af kalsíumsklóríði reyndist bestur þetta sumar og að jafnaði entist rykbindiefnið lengst í köflunum með mesta fínefnainnihaldið. Niðurstöðurnar voru þó ekki einhlítar og tilraunin mistókst að mestu leyti vegna óvenju mikillar úrkomu.

Hina tilraunina gerði framkvæmdadeild Vegagerðarinnar sumarið 1993 (Sigurbór Guðmundsson og Helgi Júlíusson 1995)¹¹. Markmiðið var að bera saman nokkur rykbindiefni; salt, kalsíumsklóríð, Dustex og bikþeytu, hvað varðar yfirborðseiginleika, rykmyndun, efnistap og kostnað. Tilraunakaflar voru gerðir á þremur stöðum á landinu, við Laugarvatn, í Borgarfirði og í Fnjóskadal, bikþeytan var þó aðeins reynd við Laugarvatn og í Borgarfirði. Salt, kalsíumsklóríð og Dustex voru prófuð í mismunandi miklu magni á hverjum stað fyrir sig, og órykbundinn kafli hafður til samanburðar, einnig á hverjum stað. Sumarið eftir var síðan einni gerð enn bætt við, magnesíumsklóríði og auk þess voru gerðar nokkrar prófanir á rannsóknarstofu, meðal annars með hæfni rykbindiefnanna til að halda í sér raka við mismunandi aðstæður.

Niðurstöðurnar voru hvorki einhlítar né afgerandi. Ályktanir sem snerta eiginleika malarefnisins eru þessar (nokkuð stytta):

- Mikilvægi slitlagsefnisins, einkum magn og gæði fínefnisins er ótvírætt og virðist hafa úrslitaáhrif á rykbindingu, bæði hvað varðar magn og endingu rykbindiefnanna.
- Dustex virðist vera hægt að nota í mjög fínefnaríku og leirkenndu malarslitlagi. Gæði rykbindingar á vegum með siltkenndara fínefni voru ekki nógu góð.

- Ýmislegt virðist benda til að styrkur kalsíumsklóriðs sem rakadrægs efnis sé ekki aðalkostur þess heldur hæfileikinn til að harðna í slitlaginu og mynda með fínefnunum slitsterka skel í yfirborði slitlagsins og vernda þannig slitlagið og um leið halda raka í veginum.

Í skýrslunni (Sigurbór Guðmundsson og Helgi Júlíusson 1995)¹¹ kemur fram að í einu tilfelli skipti litlu máli hvaða efni var notað til að rykbinda slitlagið eða hvort það var yfir höfuð rykbundið. Þarna átti í hlut mjög fínefnaríkt slitlag (úr Arnarstapanámu, nnr. 801-15-05, um 30% < 0,075 mm). Í sömu skýrslu eru færð rök að tilgátu þess efnis að við rykbindingu með kalsíumsklóriði verði til kalk í hæfilega fínefnaríkum slitlögum, sem við heppilegar aðstæður myndi harða og slitsterka skel í slitlagsyfirborðinu og þessi skel hindri að einhverju leyti uppgufun vatns neðan úr slitlaginu.

Í febrúar 2006 var leitað til Bjarna H. Johansen, þjónustustjóra Vegagerðarinnar á Vesturlandi, um reynslu hans af rykbindingu, sjá viðauka A. Í hugleiðingum hans kemur fram að Bjarni telur engan vafa á að notkun rykbindiefna hefur haft bætandi áhrif á gæði malarslitlaga og lengt líftíma þeirra. Hann bendir í því samhengi á vegi á Snæfellsnesi þar sem til skamms tíma var aðgengilegt mjög ódýrt salt og því notað í meira mæli en venja var, eða allt að 7 tonn á km en þar hafa malarslitlög verið áberandi betri en t.d. í Borgarfirði.

Hann nefnir tilraun með rykbindiefni í Borgarfirði, sem stóð yfir 1993 – 1994, en þar kom fram að salt virtist kristallast í slitlaginu og styðja við fínefnauppbýggingu þess.

Hann benti jafnframt á eftirfarandi:

- Viðvarandi notkun á Dustex rykbindiefni hefur vissa langtíma virkni á slitlög og virðist einnig auka burð í vegum. Þetta rykbindiefni hentar best í fínefnasnauð malarslitlög (sendin).
- Svíar hafa náð góðum árangri við að rykbinda malarslitlagsefni sem unnið er úr bergi og malað í 0/12 og 14 mm. Þá er verið að vitna í CaCl.
- Klórinn tekur til sín raka úr andrúmsloftinu og þarf því ekki endurbleytingu þó þurrviðrasamt sé eins og títt stundum er. Saltið hins vegar þarf mikla endurbleytingu með tilheyrandi kostnaði.
- Ekki liggja fyrir áreiðanlegar tölur um kostnað og eru tölur um vinnuliðinn í töflu 1 nokkuð óvissar.

Tafla 1: Kostnaður við ólíkar aðferðir við rykbindingu. Reiknað er með 4 tonnum af NaCl á km, 2 tonn af CaCl og 1,5 tonn af Dustex á km og 6 m breidd á vegi.

Tegund	Einingaverð efnis kr./tonn	Kostnaður kr./m ²	Ending (vikur eða innbyrðis hlutfall endingar)	Athugasemd
Salt ^A	11.000	12,3	12 vikur með hæfilegri útkomu eða bleytingu	Aukakostnaður við bleytingu verulegur
Kalsíumsklórið	50.000	20,8	12 vikur	
Dustex	55.000	17,9	12 vikur	Skilar sér á milli ára

A: Vegir rykbundnir með salti eru sjaldnast ryklausir, nema þar sem fínefni eru hvað mest/best.

3.1.3 Fínefni

Í erindi sem flutt var á ráðstefnu um þjónustu og viðhald malarvega veltir Hreinn Haraldsson (1994)¹² fyrir sér hvort ekki sé rétt að setja kröfu í verklýsingar Vegagerðarinnar um þjálni malarslitlagsefna.

Jafnframt bendir hann á að þekking á íslenskum fínefnum sé of lítil til að hægt sé að setja fram ákveðnar kröfur. Hann minnst einnig á þrjú rannsóknarverkefni sem nýlega hafði verið hleypt af stokkunum með fulltingi Vegagerðarinnar. Einu þeirra, *Skoðun malarslitlaga*, var ætlað að þróa aðferðir við skoðun malarslitlaga og skráningu þeirra. Annað var tilraun með að mala efni smærra en áður hafði tíðkast og kanna hvort það sæti betur í vegi en eftir hefðbundna vinnslu (lýst hér á undan sem tilraunaköflum á Kjósarskarðsvegi). Hvorugu verkefninu lauk með skýrslu. Hið þriðja er Fínefni í malarslitlög, sem hér hefur verið greint frá.

Áfangaskýrsla um síðastnefnda verkefnið kom út 1996 (Þórir Ingason og Edda Lilja Sveinsdóttir 1996)¹³. Þar er gerð grein fyrir efniseiginleikum 49 sýna sem höfðu verið tekin úr malarslitlagsnámmum Vegagerðarinnar víðs vegar um landið. Sáldursferill þeirra var ákvarðaður (í flestum tilfellum niður fyrir 0,002 mm) svo og flæðimörk, þjálnimörk og rýrnunarstuðull (LS-stuðull) ef efniseiginleikar sýnanna leyfðu. Auk þess var kornalögun fínefnis (meðalþvermál korna, ílengd og hringlögun) í 14 sýnum greind í rafeindasmásjá. Jafnframt var safnað upplýsingum um reynslu Vegagerðarinnar af notkun efnis úr viðkomandi námmum í malarslitlög, með og án rykbindingar, þar á meðal tíðni heflunar, rykmyndun, gerð skemmda og ending, sem þó reyndust að nokkru leyti glöppóttar.

Hringlögun sýnanna var borin saman við rýrnunarstuðul þeirra (aðeins 12 sýni höfðu báða þessa eiginleika mældu) og sömuleiðis var ílengd borin saman við rýrnunarstuðul (einnig 12 sýni). Hvorugur samanburðurinn sýndi markvert samhengi milli eiginleikanna (Þórir Ingason og Edda Lilja Sveinsdóttir 1996)¹⁴.

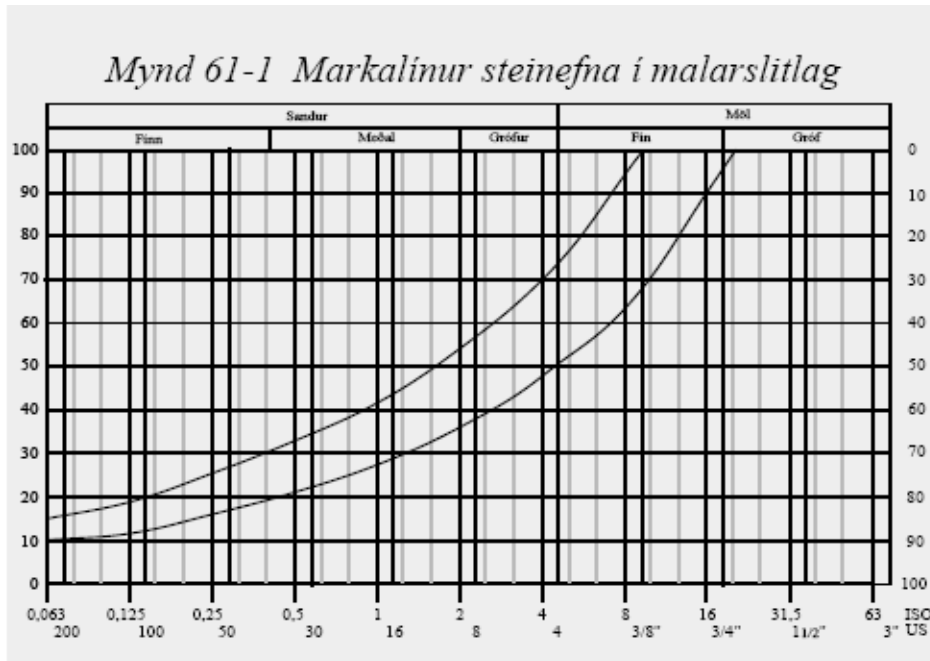
Í lokaskýrslu þessa verkefnis, Fínefni í malarslitlög, kemur fram að fínefnainnihald slitlagsefnisins, þ.e. þungahlutfall efnis sem er smærra en 0,075 mm, virðist hafa umtalsverð áhrif á gæði og endingu íslenskra malarslitlaga (Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2004)¹. Í verklýsingu Vegagerðarinnar er mælt til þess að fínefnainnihald (hlutfall efnis sem er minna en 0,063 mm) sé á bilinu 10-15%. Einnig er æskilegt að hlutfall leirs af heildarmagni fínefna sé á bilinu 10-30% þar sem ætla má að ef fínefni eru nægilega mikil og hlutfall leirs nægilega hátt náist nægur bindingur í efninu. Fínefnin ná því að binda saman sandinn og steinana í efninu þannig að efnið haldist stöðugt í veginum. Mælingar sem gerðar voru í sambandi við verkefnið sýna að fínefnainnihald í slitlögum sé heppilegast á bilinu 10-18%. Jafnframt kemur fram að gæði malarslitlagsins fer vaxandi með auknu fínefnainnihaldi allt upp í 18% eða svo. Einnig er í áður nefndri skýrslu greint frá því að hugsanlegt sé að færa rök fyrir því að lækka neðri mörkin niður í 8%. Það er í samræmi við mörkin í norskum verklýsingum en þau eru 7-18% fyrir malað set (Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2004)¹.

Í sömu skýrslu kemur fram að gæði malarslitlaga virðast minnka skyndilega þegar fínefnainnihald nálgast 20%. Líkleg ástæða þessa er talin vera sú að malarslitlög með mjög miklu fínefnainnihaldi vaðist upp í úrkomutíð og séu þess vegna að jafnaði lakari að gæðum en malarslitlög með hóflegu fínefnainnihaldi. Þá kemur einnig í ljós að fínefnainnihald eitt og sér er alls ekki einhlítur mælikvarði þar sem dæmi eru um vel heppnuð malarslitlög með meira en 15% fínefnainnihaldi sem og dæmi um léleg malarslitlög með fínefnainnihald á bilinu 10-15%. Einnig eru dæmi um viðunandi slitlög með fínefnainnihaldi undir 10% (Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2004)¹.

3.2 Íslenskar kröfur

Í verklýsingu Vegagerðarinnar, ALVERK '95 (Vegagerðin 1995)⁵, eru skilgreindar kröfur til malarslitlagsefnis. Samkvæmt þeim skal malarslitlagið vera þétt og stöðugt og kornadreifing efnisins

Þannig að sáldursferill þess falli innan markalína á mynd 2 og liggi samsíða þeim. Fínefnahlutfall (þ.e. hlutfall efnis minna en 0,063 mm) skal að vera á bilinu 10-15% en að öðru leyti eru engar kröfur gerðar sem tengja mætti fínefnisinnihaldi eða þjálmi. Kveðið er á um að steinefni skuli vera góð köntuð mól, mulið berg eða mulið hraun. Grófi hluti þess skal vera slitsterkur þannig að hann molni ekki niður við frost og þíðu eða umferðarálag og valdi því að kornalína falli utan marka. Ekki eru gerðar frekari kröfur til malarslitlagsefnisins sjálfis en gefnar leiðbeiningar fyrir útlögn þess. Þar kemur fram að við útlögn skal yfirborð undirlags og slitlagsefnis vera hæfilega rakt til að tryggja þjöppun slitlagsefnisins og næga bindingu við undirlagið. Forðast skal aðskilnað fínna og grófra efna og bæta úr á fullnægjandi hátt þar sem slíkt kemur fyrir.

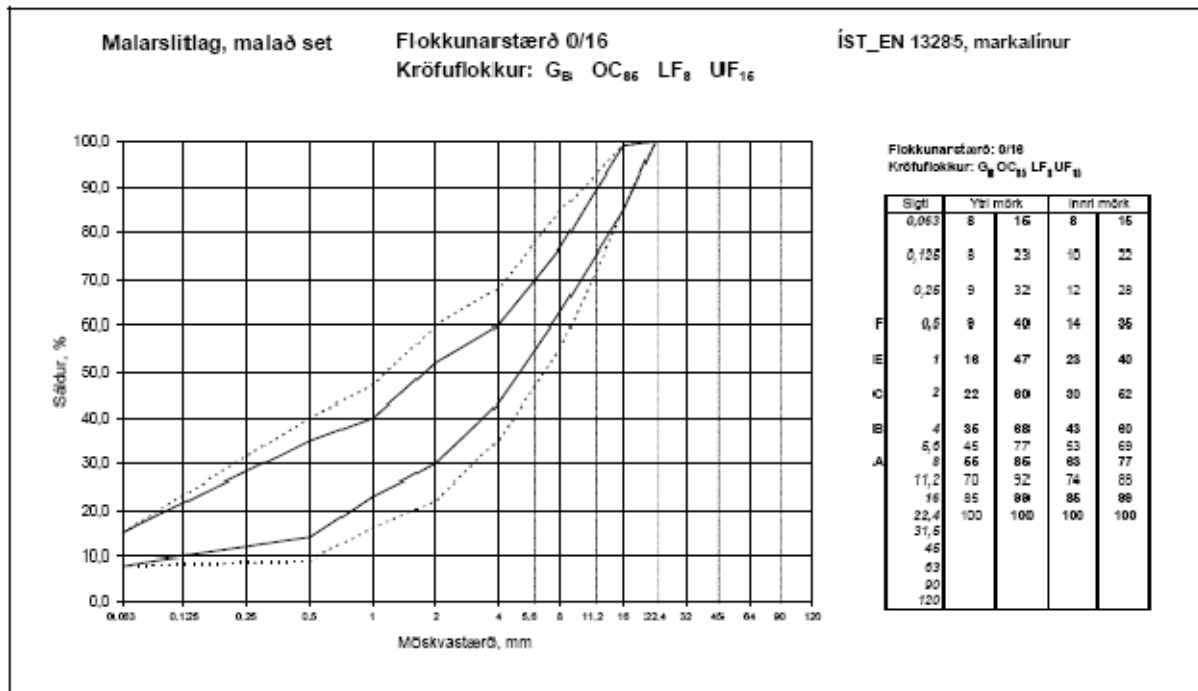


Mynd 2: Markalínur steinefna í malarslitlag skv. ALVERKi '95.

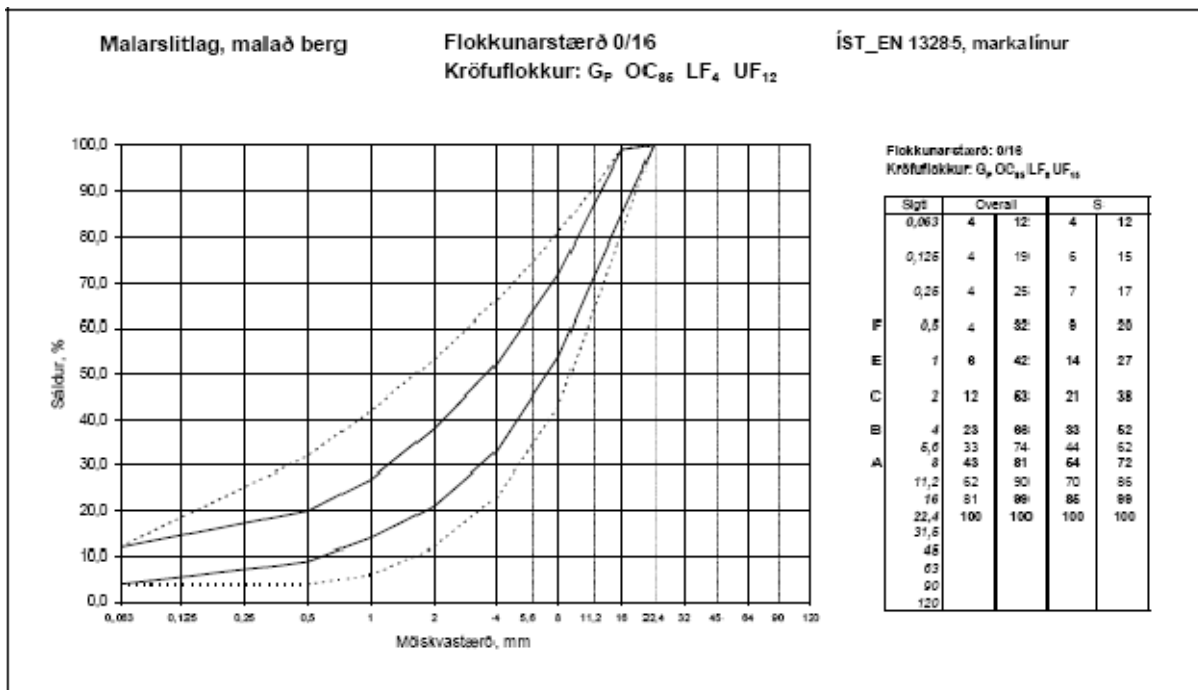
Í BUSL verkefni um fínefni í malarslitlög (Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2004)¹ var lagt til að bætt yrði við kröfur ALVERKs '95 á þann veg að rýrnunarstuðull verði tekinn upp sem gæðastiki fyrir malarslitlagsefni, mörk fyrir fínefnainnihald verði rýmkuð í 7-18% og að leirhluti (þungahlutfall leirs af efni smærra en 0,075 mm) væri á bilinu 10-25%. Einnig var lagt til að teknar yrðu upp kröfur um lágmarks styrk, veðrunarþol, slitþol, brothlutfall og kornalögun steinefna í malarslitlög, sömuleiðis hámarksgildi á lífrænum óhreinindum.

Í vefriti Vegagerðarinnar (www.vegagerdin.is)² eru gerðar kröfur um lífrænt innihald, kornadreifingu, rýrnunarstuðul, berggreiningu, styrkleikapróf, brothlutfall og kornalögun. Um lífrænt innihald gildir að í flestum tilfellum er sjónmat látið nægja en í vafatilfellum eru gerðar kröfur um mælingu á glæðitapi. Kröfur til kornadreifingar eru háðar því hvort um er að ræða malað set eða malað berg, sjá myndir 3 og 4. Jafnframt þessu eru gerðar kröfurum lágmarksmagn fínefnis (< 0,063 mm) og til viðbótar er gerð krafa um að hlutfall leirs (efni minna en 0,002 mm) skuli vera á bilinu 10-30% af heildarmagni fínefna. Um aðrar kröfur er vísað til töflu 2 þar sem þær eru taldar upp ásamt kröfum frá öðrum löndum. Rétt er þó að vekja athygli á því að hérlendis er leyfður hærri rýrnunarstuðull en í

Noregi enda er þjálni íslensks fínefnis almennt séð minni hér. Í norskum og sænskum verklysingum eru gerðar fleiri kröfur um rannsóknir fyrir malarslitlagsefni, sjá nánar í kafla 3.3.



Mynd 3: Markalínur fyrir 16 mm malarslitlagsefni, unnið úr möluðu seti. Úr vefriti Vegagerðarinnar (www.vegagerdin.is)².



Mynd 4: Markalínur fyrir 16 mm malarslitlagsefni, unnið úr möluðu bergi. Úr vefriti Vegagerðarinnar (www.vegagerdin.is)².

3.3 Kröfur nokkurra erlendra verklýsinga og glefsur úr erlendum rannsóknum

Í norskum verklýsingum (Håndbok 018, 2009)¹⁵ eru, auk krafna til styrkleikaflokks steinefna, kleyfni og brothlutfalls, gerðar kröfur til sáldursferils og þjálmi. Kröfur til þjálmi eru mismunandi eftir úrkomu, ef ársúrkoman er minni en 1000 mm á rýrnunarstuðull fínefnisins að vera á bilinu 2-5%, annars að hámarki 3%. Markalínur sáldursferilsins eru tvenns konar eftir því hvort efnið er malað berg eða malað set. Í möluðu bergi á fínefnainnihaldið (< 0,063 mm) að vera á bilinu 5-9%, í möluðu seti 7-17%. Verklýsingarnar voru nýlega endurskoðaðar eru þær að mestu leyti óbreyttar. Þó hefur verið bætt við kröfu um að lífræn óhreinindi, ákvörðuð með glæðitapi, í þeim hluta efnisins sem er smærrí en 0,5 mm, séu ekki meiri en 1% og ögn þrengri skorður voru settar við fínefnisinnihald.

Í sænskum verklýsingum (Allmän teknisk beskrivning, 2003)¹⁶, kafla E12, eru gerðar kröfur um hlutfall malaðs efnis, hámarksinnihald af lífrænum efnum og styrkleika. Sáldursferill efnisins á að liggja innan tilgreindra marka og fínefnahlutfallið (< 0,063 mm) á að vera 10-15%. Þar að auki er gerð krafa um að leirinnihald (skilgreint sem 0,002/0,063 mm) skuli vera 10-33%. Í verklýsingunum er ekki minnst á þjálmi.

Í Svíþjóð hefur verið unnið forrit sem líkir eftir ýmsum niðurbrotsferlum í malarslitlögum áhrifum viðhaldsaðgerða. Árið 2005 bar Karin Johansson (2005)¹⁷ saman líkanreikninga forritsins og ýmsar þær upplýsingar sem fyrirleggjandi eru um malarslitlög víða um heim. Engar upplýsingar var að finna um vinnslu malarslitlagsefnis né hvernig hægt væri að bæta eiginleika þess með íblöndun fínefna.

Á upplýsingasíðu sem Federal Highway Administration, LTAP, heldur úti¹⁸ er tekið sem dæmi að heppilegt fínefnainnihald (< 0,074 mm) í malarslitlagsefni sé 4-15% og þjálmi á bilinu 4-12. Á heimasíðu miðstöðvar um rannsóknir á malarslitlögum, Center for Dirt and Gravel Road Studies, DSAS, í Pennsylvaníu (2003)¹⁹ er hins vegar tilgreint 10-20% sem hæfilegt fínefnainnihald.

Bráðabirgðaniðurstöður finnskrar rannsóknar á malarslitlögum (Valkonen, 2002)²⁰ sýna að leirinnihald skýrir stundum endingu malarslitlaga með ágætum. Þar sem leirinnihaldið sé lítið og loftslag þurr mægi búast við steinlosi og ryki, en sé leirinnihald hátt á úrkomusömum svæðum mægi búast við hjólförum og holum. Jökuluðningur reynist oft vel sem ofaníburður, sömuleiðis jarðvegsblönduð mól og annars flokks steinefni, einnig malað berg, hæfilega blandað fínefni frá steinefnaframleiðslu. Síðast en ekki síst hafa aðstæður, við og á vegi, mikil áhrif á endingu malarslitlaga.

Í doktorsritgerð um rannsóknir á malarslitlögum í Namibíu (Dierks, 2002)²¹ er meðal annars stillt upp líkani fyrir breytingu á ýfi sem falli af nokkrum breytum. Marktækar breytur í líkaninu sem lýsa efniseiginleikum eru þjálmi, fínefnainnihald (< 0,074 mm) og berggerð. Aðrar marktækar breytur eru umferð, þakhalli á slitlagi og tími (frá síðustu mælingu á ýfi). Varla þarf að taka fram að aðstæður og malarslitlagsefni eru gerólík því sem gerist á Íslandi, ársúrkoma er 20-400 mm eftir landshlutum (Pearce og Smith, 1980)²² og slitlagsefnið er oft fínkorna, flögótt setmyndun (shale) eða kalksteinsmyndanir (calcareous mix).

Tæplega 1500 kaflar voru athugaðir og skýringarhlutfall líkansins er 38%. Gæði slitlagsins jukust með hækkandi þjálmi. Nánar tiltekið voru líkurnar 48% á vel heppnuðu slitlagi ef þjálmi var 4 eða minni, 67% ef þjálmi var á bilinu 4-8 og 76% ef þjálmi var meiri en 8, þó þannig að líkurnar minnkuðu

lítillga ef þjálnin fór yfir 12. Gæði slitlagsins voru mest ef fínefnainnihaldið var á bilinu 10-20% en minnkuðu aðeins lítillga þótt fínefnainnihaldið væri á bilinu 20-40%.

Ein breyta enn sýndist hafa áhrif á slitlagsgæði, þótt hún næði ekki fótfestu í ofangreindu líkani. Þessi breyta er nefnd „finess index“ (FI) og er margfeldi fínefnainnihalds og þjálni. Slitlagsgæðin reyndust mest þegar þetta gildi var á bilinu 100-200.

Tafla 2: Kröfur um eiginleika malarslitlagsefnis á Íslandi, í Noregi, Svíþjóð og Bandaríkjunum.

	Korna-dreifing	Styrkleikaflokkur / LA gildi	Kleyfnistuðull	Brothlutfall	Þjálni	Hámark malaðs efnis	Fínefnahlutfall (< 0,063 mm)	Lífraen óhreinindi	Rýrnunar-stuðull		Annað
									Úrkoma < 1000 mm/ári	Úrkoma > 1000 mm/ári	
ALKVERK 95	X						10-15%				A
Leið-beiningar Vg	ÁDU < 75	X	40	50	C _{NR/50}				2-10%	2-7%	< 30 ^B
	ÁDU > 75	X	35	35	C _{50/30}						< 25 ^B
Norskar verk-lýsingar	Malað set	X	≤ 35	≤ 30	C _{30/60}	X	7-17%		2-5%	< 3%	C
	Malað berg						5-9%	< 1%			
Sænskar verklýsingar	X	X				X	10-15%	X			D
LTAP					4-12%		4-15%				
DSAS							10-20%				

X = gerðar eru kröfur um þessa eiginleika

A: Efnid má ekki brotna niður við frost þíðu eða umferðarálag þannig að það lendi utan marka kornadreifingarinnar.

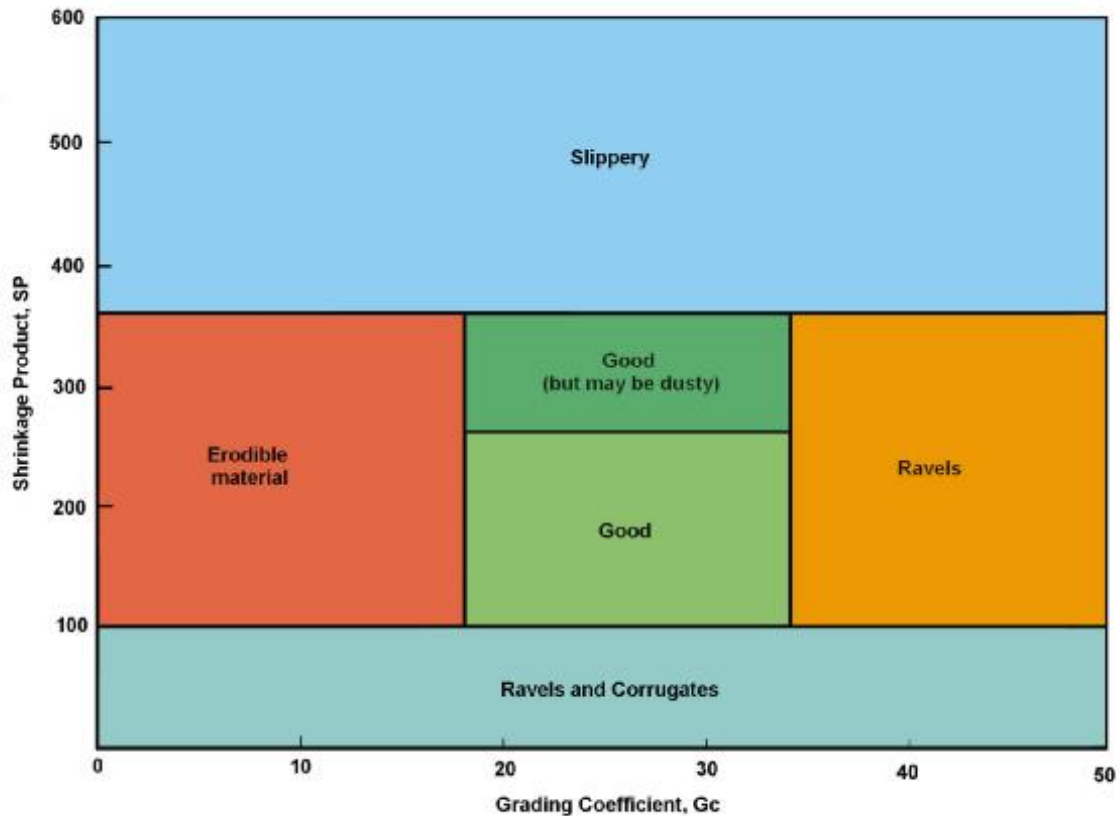
B: Leiðbeinandi kröfur um leyfilegt magn steinefna í gæðaflokki 3 við berggreiningu.

C: Micro-Deval ≤ 15; Kúlnakvörn ≤ 19.

D: Af fínefnahlutfallinu (þ.e. 0,002/0,063) eiga 10-33% að vera minni en 0,002 mm.

Á heimasíðu International Focus Group on Rural Road Engineering, IFG (2004)²³, má meðal annars finna leiðbeiningar um val á efni í malarslitlög sem líkast til eru miðaðar við aðstæður í hita- og heittempraða beltinu. Þar er tekið fram að val á efni í malarslitlag sé að öllu jöfnu málamiðlun; efni þurfi að hafa nægilega mikla þjálni til að koma í veg fyrir efnistap á þurrviðrisskeiðum en jafnframt nógu litla þjálni til að koma í veg fyrir slæm hjólför og aflögun á rigningartímabilum. Hæfileg þjálnimörk taki þess vegna mið af veðurfari.

Mynd 5 er sótt á áður nefnda heimasíðu IFG. Myndin er ættuð úr suðurafrískum leiðbeiningum um malarslitlög og sýnir hvernig eiginleikar malarslitlags breytast með tveim efniseiginleikum, SP og Gc. Tekið er fram að mörkin milli flokka geti breyst eftir landslagi, veðurfari og umferð. Enda þótt myndin sé byggð á reynslu af malarslitlögum við aðstæður sem eru gerólíkar því sem gerist hérlandis, má samt sem áður búast við að hún gefi nokkra hugmynd um eiginleika íslenskra malarslitlaga.



Mynd 5: Eiginleikar malarslitlaga sem fall af tveimur efniseiginleikum, SP og Gc. SP er skilgreint sem margfeldi rýrnunarstuðuls (LS) og hundraðshluta efnis sem er smærri en 0,425 mm en Gc er skilgreint sem $(P_{26,5}-P_{2,0}) * (P_{4,75})/100$, þar sem P táknar hundraðshluta efnis smærri (í mm) en talan sem fer á eftir [IFG 2004].

Malarslitlagsefni í Pennsylvaníu í Bandaríkjunum er unnið úr möluðu efni. Á heimasíðu DSAS²⁴ kemur fram að eftirfarandi kröfur eru gerðar:

- Ekki má bæta í efnið silti eða leir.
- 98% fínefnisins (< 0,075 mm) skal vera malað berg
- LA gildi < 40%
- Vinna skal efnið við rétt rakastig, sjá mynd 6
- Kröfur um kornakúrfu skulu vera til samræmis við töflu 3.

Tafla 3: Kornakúrfa malarslitlagsefnis, kröfur frá Pennsylvaníu fylki í Bandaríkjunum.

Möskvastærð		Neðri mörk	Efri mörk
1,5"	38 mm	100%	
¾"	19 mm	65%	95%
#4	4,75	30%	65%
#16	1,18 mm	15%	30%
#200	0,075 mm	10%	15%



Mynd 6: Hvernig meta má rakastig í handsýni. Til vinstri: Of þurr. Í miðju: Hæfilegt rakastig. Til hægri: Of blautt.

Í handbók sem ætluð er til aðstoðar við útlögn umferðarlátilla malarvega í Kaliforníu (Keller & Sherar, 2003)²⁵ er ráðið frá eftirfarandi verklagi við vinnslu malar slitlaga:

- Framkvæmdir og umferð þungra farartækja í mikilli bleytu og rigningartíð.
- Leyfa holum og hjólförum að verða meira en 5-10 cm að dýpt.
- Nota mól sem er grófari en 75 mm í malar slitlögin.
- Nota jarðveg sem fínefni í malar slitlög, veikt berg sem brotnar niður undan umferðarþunga og hreint (fínefnasnautt), illa flokkað (poorly graded) mól sem hættir til að skolast í burtu, trosna eða mynda þvottabretti.

Í handbókinni er mælt með eftirfarandi verklagi:

- Lagfæra yfirborð vega þegar holur og hjólför myndast.
- Viðhalda 3-5% veghalla til að tryggja að vatn renni af slitlaginu.
- Hefla yfirborðið reglulega til að koma í veg fyrir að þvottabretti, djúpar holur eða hjólför myndist.
- Þjappa vel undirlag vegarins sem og slitlagsefnið á byggingarstigi þ.a. slitlagið verði slétt til að hindra aðgengi vatns.
- Styrkja yfirborðið á viðkvæmum stöðum nálægt lækjum og við ræsi til að hindra yfirborðsrof.
- Gera við staðbundnar skemmdir og veikleika með 10-15 cm lagi af grófu malarefni og meiru ef þarf.
- Hafa hemil á rykmyndun með vatni, olíu, viðarspæni eða öðrum aðferðum til rykbindingar.
- Blanda leirríku fínefni í grófara steinefni þ.a. úr verði blanda með góða kornadreifingu og 5-15% fínefni.
- Hafa virkt eftirlit á framkvæmdastigi með efniseiginleikum. Beita sjónmati og efnisprófunum til að til tryggja að efniseiginleikar séu ásættanlegir.

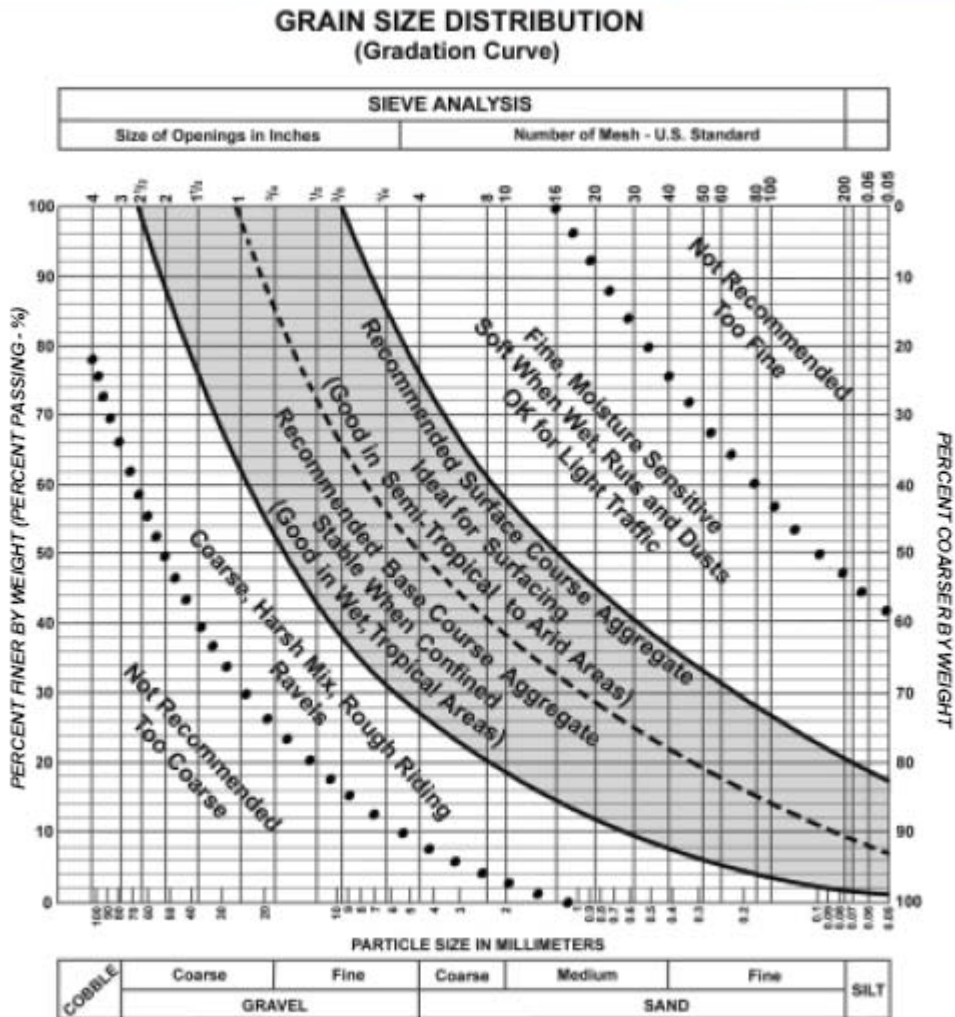
Besta malar slitlagsefnið hefur einhverja þjálmi og góða kornadreifingu. Æskilegt er að kornadreifingin fylgi ferlunum á mynd 7 og sé sem næst þeim sem er sýndur með strikalínu fyrir miðri mynd.

Ken Skorseth, verkstjóri í Suður Dakóta²⁶, telur að helstu ástæður lélegs malar slitlags þar sem þvottabretti myndast megi rekja til eftirfarandi.

- Vantar raka – það er ekki hægt að hafa áhrif á úrkomu en það er hægt að hafa áhrif á rakaheldni slitlagsefnisins
- Umferð – það er ekki hægt að stjórna aksturslagi ökumanna

- Lélegt steinefni – kornadreifing, bindieiginleikar og brothlutfall hafa áhrif á myndun þvottabretta en er hægt að hafa áhrif á þessi atriði á framleiðslustigi.

Figure 12.4 Gradation ranges of roadway surfacing materials and their performance characteristics. (Adapted from R. Charles, 1997 and the Association of Asphalt Paving Technologists)



NOTE: Gradation Ranges Shown Are Approximate.

Mynd 7: Besta malarlitlagsefnið hefur einhverja þjálni og góða kornadreifingu sem er samsíða ferlumum á myndinni, helst sem næst þeim sem er sýndur með strikalínu fyrir miðri mynd. Mynd af vefsíðu US Roads (Skorsest)²⁶.

4. Vinnsluaðferðir

4.1 Um erlenda reynslu af vinnslu efnis í malarslitlög

Víða var leitað fanga við að afla upplýsinga um almennt verklag við vinnslu malarslitlagsefnis en fátt virðist hafa verið birt um það efni, þ.e. um hagnýt atriði sem snúa að sjálfri efnisvinnslunni. Haft var samband við fjölmarga norska aðila sem starfa við efnisvinnslu og/eða innan norsku Vegagerðarinnar en enginn þeirra sem leitað var til hafði á reiðum höndum upplýsingar um verklag sem hægt var að deila. Víðar var leitað heimilda, m.a. í Svíþjóð, Finnlandi og Kanada, og bar allt að sama brunni, hvergi var að finna haldbærar upplýsingar um efnisvinnsluna sem hægt var að nýta hérlendis. Ef til vill liggur skýringin að hluta til í því að íslenskir framleiðendur glíma við vandamál sem eru ólík því sem erlendir stallbræður þeirra fást við. Almenn séð er lítið af þjálum fínefnum á Íslandi en þessu er öfugt farið í flestum öðrum löndum. Þegar hér er aflað fanga um hvernig erlendir starfsbræður fara að því að tryggja að þjálni fínefnishlutans sé nægur er það óþekkt vandamál erlendir þar sem frekar þarf að leita leiða til að minnka þjálnina.

Leitað var til norskra samstarfsaðila (Danielsen, 2006)²⁷ og spurt um reynslu þeirra af því að blanda fínefni í malarslitlagsefni, hvernig það væri gert og hvers konar fínefni væri notað (t.d. feitur leir). Fram kom að í Noregi er krafa um lágt „plasticity index“ en hérlendis hafa menn hins vegar áhuga á að nota efni með hærra „plasticity index“ gildi. Hér á eftir er tæpt stuttlega á því sem kom fram í þessum samskiptum en í viðauka A er afrit af rafrænum skeytum.

Í samtölum kom einnig fram að vandamálin (og reynslan) í Noregi er sú að of mikið er af fínefni í malarslitlagsefninu frekar en of lítið, því er lítil sem engin reynsla til að svara því hvers konar íblendiefni hentar (Danielsen 2006)²⁷.

Það er reynsla Norðmanna að það verði gjarnan niðurbrot vegna aksturs þ.a. efnið er gjarnan haft aðeins grófara fyrir niðurlögn. Fínefnishlutfall er með 7-17% fínefnisinnihald (< 0,063 mm) og stærsta kornastærðin er 16 mm. Malað berg er gjarnan með lægra fínefnishlutfall en þegar náttúrulegt malarefni er notað. Ef magn glimmers (og jafnvel líka kalks) er > 12% þarf að meta blönduna sérstaklega en hvort tveggja, glimmer og kalk, er óæskilegt í malarslitlagsefni.

Samkvæmt upplýsingum frá Øystein Myhre (2006)²⁸ er í norskum gögnum ekki að finna upplýsingar um efnisval eða vinnslu malarslitlagsefnis.

Þeir eiginleikar sem eru skoðaðir í Noregi eru m.a. CBR, rakadrægni (vannfölsomhet), LS gildi og jafnvel LA gildi en kornakúrfan er mikilvægust. Svo er vísað í kafla 61 í Håndbok 018 (2009)¹⁵ vegna frekari lýsingar á prófunaraðferðum.

Varðandi útlögn, þá er það reynsla Norðmanna að ekki er hægt að leggja malarslitlag beint á steinafyllingu. Almenn séð eru vandræði með fínefni og raka þau að fínefnið festist sem gerir útlögn illmögulega.

Í Noregi er engin reynsla af því að nota leir. Ef nota skal leir er líklegt að annað hvort þurfi að þurrka hann og mala, við útlögn yrði efnið þá lagt út í lögum og tætt saman, eða að leirinn yrði lagður sem slurry. Ætli menn sér að nota leir þarf líka að velta fyrir sér hver áhrif frosts og þíðu eru á

efnisaðskilnað, einkum m.t.t. tilfærslu á fínefnishlutanum. Finnar hafa prófað að sementsbinda malarslitlög en aðeins utan þéttbýlissvæða. Fyrst var efnið lagt út og svo var fræst í það eftir á.

Til viðbótar þessum fyrirspurnum til Noregs var leitað á ýmsum vefsíðum. Á sínum tíma fengust engar upplýsingar þar.

4.2 Íslenskt verklag

Réttar aðferðir geta skilið á milli feigs og ófeigs þegar kemur að því að framleiða steinefni til nota í malarslitlög. Leitað var upplýsinga um vinnsluaðferðir erlendis, sjá 4.1. Hérlandis hafa hins vegar verið litlar upplýsingar fyrirliggjandi um þær aðferðir sem notaðar hafa verið við vinnslu efnis í malarslitlög. Því var ákveðið að leita til íslenskra framleiðenda, sjá 4.2. Samhliða þessu var leitað til deildarstjóra Vegagerðarinnar og leitað áhlits þeirra um gæði efnis í námum á þeirra vegum, sjá 4.2.2. Spurningalistarnir voru unnir af Þorbjörgu Hólmeigsdóttur með aðstoð verkefnishópsins.

4.2.1 Framleiðendur

Haustið 2004 voru útbúnir spurningalistar sem sendir voru til þeirra steinefnaframleiðenda sem boðið höfðu í vinnslu á malarslitlagsefni á Íslandi síðustu fimm árin. Meðal annars var spurt um þær aðferðir sem beitt er við vinnslu efnis sem notað er í malarslitlög, um eðli þeirra vandamála sem fylgja slíkri vinnslu og þann tækjabúnað sem notaður var. Í viðauka B er sýnishorn af bréfi og spurningalista. Svör bárust frá sex verktökum (feitiletraðir).

Arnarfell ehf.

Fossvélar

Króksverk hf.

Myllan ehf

Suðurverk hf.

Tak ehf. / Tak-Malbik ehf.

Alverk ehf.

Arnarverk ehf.

Björn og Gylfi vinnuvélar sf.

Hólsvélar ehf.

Hörður Þór Ástþórsson

Magnús Jóhannsson

Norðurtak ehf.

Sigurþór Pétur Þórisson

Vegamenn ehf.

Þingvirki sf.

Þverá-Golf ehf.

Allir framleiðendurnir höfðu tækjabúnað sem bauð upp á úttekt sands á matara og/eða millihörpu. Einnig höfðu allir þann möguleika að blanda fínefni inn í hringrásina á matara, millihörpu og á færiband (einn aðeins á matara). Þrír af fjórum framleiðendum gátu tekið út fínefni á matara og/eða millihörpu (einn á báðum stöðum).

Þrír framleiðendanna stjórnðu efnisgæðum með efnistöku, þ.e. blönduðu efni saman áður en það var sett í malarann. Þetta átti við um úttekt og íblöndun efnis. Einn af þeim hafði þann kost að stjórna efnisgæðunum með búnaði í samstæðunni. Þar hafði sandur og fínefni, bæði siltríkt og leirríkt, verið tekið út á millihörpu. Íblöndun var á matara, bæði siltríkt og leirríkt fínefni. Einnig hafði

steinríku efni verið blandað í fínefnaríkara efni á matara. Aðeins einn framleiðandi stjórnaði efnisgæðum með úttekt sands á millihörpu en ekki með efnistöku, úttekt sands á matara, úttekt eða íblöndun fínefnis.

Að mati allra framleiðendanna voru helstu erfiðleikar við framleiðslu malarslitlagsefna að of mikil fínefni festust í rennum, hörpum, böndum og brjótum. Allir voru sammála um að ástæðan væri raki í fínefnum og veðurfar. Einnig voru nefndar sem ástæður lélegt steinefni og feitur leir, en tveir framleiðandanna héldu því fram að það væri ekki ástæðan. Oft uppfylla malarslitlagsefni ekki þær kröfur sem ALVERK '95 gerir til þeirra, en ástæða þess voru kornadreifing og magn og gerð fínefna. Tveir framleiðandanna nefndu einnig efniseiginleika í námu, styrk steinefna, brothlutfall og kornalögun en hinir tveir töldu það ekki skapa vandamál.

Misjafnt var hvaða nýjungar framleiðendur töldu gott að kæmu fram. Þar á meðal var sérstakur matarabúnaður þar sem hægt væri að stjórna magni íblöndunarefnis sem gæti leyst einhver þeirra vandamála sem talin eru upp hér að framan. Einnig gæti einfaldur búnaður sem gefur framleiðendum möguleika á íblöndun og úttekt efna á fremsta færibandinu komið að miklu gagni.

Einnig töldu framleiðendur að við vinnslu á fínefnaríku og leirríku efni gæti verið mikilvægt að nota bandmatara þar sem hristimatari hristir efnið þannig að rakt væri efni orðið að drullu þegar það kemur út. Einnig væri gott að hafa í samstæðunni búnað til að hraðastýra bæði böndum og hörpum. Smá breyting á hraða hörpunnar getur breytt vinnslumáta hennar nokkuð og valdið því að hún virkar betur á það efni sem unnið er með hverju sinni. Þá var einnig bent á að stór og öflugur kónn gæfi meiri möguleika en líttill til að brjóta meira grjót saman við efnið og fá þannig meira ryk.

Samhliða aðferðum við vinnslu var spurt um þann tækjabúnað sem framleiðendur höfðu til umráða og þá möguleika sem búnaðurinn bauð upp á, sjá samantekt í töflum 4 og 5.

Tafla 4: Yfirlit yfir tækjabúnað framleiðenda malarslitlagsefnis. Byggt á innsendum svörum framleiðenda.

		Forbrjótur				Eftirbrjótur		
Framleiðandi	Fj. Samstæðna	Tegund	Breidd	Hámarks steina-stærð	Fj.	Týpa	Tegund	Fj.
Sigurþór Pétur Þórisson	2	Lokomo K75	700	500	1	Kónbrjótur	Lokomo G128	1
Sigurþór Pétur Þórisson	2	Goodvin Barsby	900	600	1	Kónbrjótur	Lokomo G1100	1
Sigurþór Pétur Þórisson	2	Brown Lennox	700	500	1			
Björn og Gylfi sf.	1	Texon 2644	600	1100	1	Kónbrjótur	Texon – mastrack 1000	1
Króksverk	1	Lokomo – Nordberg	700	700	1	Kónbrjótur	Lokomo – Nordberg	1
Þverá-Golf	1	Baiono	900	400	1	Kastbrjótur	Baiono	1
Tak-Malbik ehf.	2	Lokomo Citytrack 80		1000	1	Kónbrjótur	Lokomo (Metso)	2
Tak-Malbik ehf.	2	Lokomo 105		1000	1	Annað	Rotopactor	1
Tak-Malbik ehf.	2	Universal		1000	1			
Myllan ehf.	>2	Ekki tilgreint	600	500		Kónbrjótur	Metso	3
Myllan ehf.	>2	Ekki tilgreint	800	700		Kónbrjótur	Lokomo	1
Myllan ehf.	>2	Ekki tilgreint	1000	900		Kónbrjótur	Morgenshamn	1
Myllan ehf.	>2	Ekki tilgreint	1000					

Tafla 5: Möguleikar tækjabúnaðar og aðferðir sem hefur verið beitt við vinnslu hjá framleiðendum.

		Björn og Gylfi	Króksverk	Myllan	Sigurþór Pétur Þórisson	Tak	Pverá-Golf
MÖGULEIKAR TÆKJABÚNAÐAR VIÐ VINNSLU MALARSLITLAGSEFNIS							
Úttekt sands	Á matara	-	-	Já ^A	Já ^C	Já	-
	Á millihörpu	Já	Já	Já	Já	Já	Já
Úttekt fínefnis	Á matara	-	-	-	Já ^C	Já	Já
	Á millihörpu	-	Já	-	Já	Já	Já
Íblöndun fínefnis	Á matara	Já	Já	Já ^B	Já ^D	Já ^E	Já
	Á millihörpu	Já	-	-	Já	Já	Já
	Inn á færiband	Já	-	-	Já	Já	Já ^F
AÐFERÐIR SEM HEFUR VERIÐ BEITT VIÐ VINNSLU Á MALARSLITLAGSEFNI							
Gæðum stjórnað með	Efnistöku	-	Já	Já	Já	Já	Já
	Búnaði	Já	-	-	-	Já	-
Úttekt sands	Á matara	-	-	-	-	Já	-
	Á millihörpu	Já	Já	-	-	Já	-
Úttekt siltríks fínefnis	Á matara	-	-	-	-	Já	-
	Á millihörpu	-	Já	-	-	Já	-
Úttekt leirríks fínefnis	Á matara	-	-	-	-	-	-
	Á millihörpu	-	Já	-	-	-	-
Íblöndun siltríks fínefnis	Á matara	-	Já	Já	-	Já	-
	Á millihörpu	-	-	-	-	-	-
	Inn á færiband	-	-	-	-	Já	-
Íblöndun leirríks fínefnis	Á matara	-	Já	Já	-	Já	-
	Á millihörpu	-	-	-	-	-	-
	Inn á færiband	-	-	-	-	Já	-
Íblöndun steinaríks efnis		-	Já	Já	-	Já	-
Vegalengd	0-10 km		Já		-		-
	10-30 km		Já		-		-
	30-70 km		-	Já	-		-
Klökk mólud í malarslitlög		-	-	Já	Já	Já	-

A: Sjaldan eða aldrei gert í malarslitlagi

B: Íblöndun fínefnis fer oftast fram í námunni

C: Hægt er að taka út sand og fínefni en til þess þarf lítilsháttar smíðavinnu. Við vinnslu malarslitlags hefur alltaf verið notast við eina hörpu í hvorri samstæðu.

D: Með því að nota auka matara er hægt að blanda efnum inn í hringrásina. Oftast hefur verið vandamál að finna efni með nægjanlegu fínefni í og einnig hefur sjaldan verið aðgangur að fínefnaríku efni til íblöndunar.

E: Besta leiðin til að bæta við leir er að gera það í vinnsluferli vélanna.

F: Ef námur eru mjög fínefnaríkar væri mikill kostur að geta blandað í eða tekið út efni á fremsta beltinu.

4.2.2 Vegagerðin

Sendir voru spurningalistar til deildarstjóra Vegagerðarinnar um námur á þeirra vegum. Leitað var upplýsinga um efni í einstökum haugum og spurt um vinnsluna, reynslu af efninu og mat deildarstjóranna á ástæðum góðrar eða slæmrar hegðunar efnisins. Í viðauka C er sýnishorn af bréfi og spurningalistanum. Sent var á eftirfarandi umdæmi:

Akureyri	Sigurður Oddsson
Ísafjörður	Guðmundur Rafn Kristjánsson
Reyðarfjörður	Guðjón Magnússon
Sauðárkrókur	Einar Gíslason
Reykjavík	Jóhann J Bergmann
Borgarnes	Ingvi Árnason
Selfoss	Sigurður K Jóhannsson

Svör þeirra náðu til yfir 80 hauga um allt land.

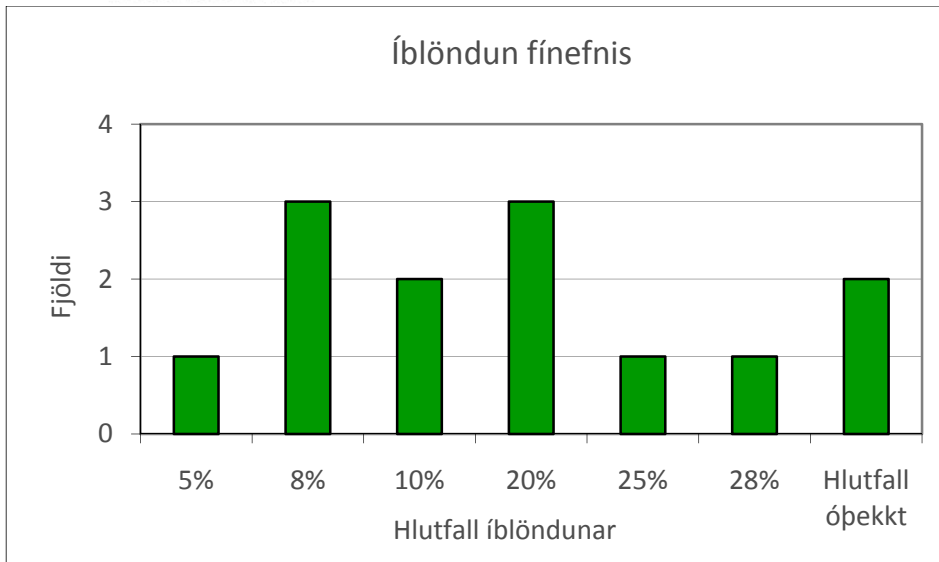
Fyrsta var spurt um vinnslu efnis og hvernig efnið hafi verið unnið. Í aðeins 17 af 80 haugum hafði efni verið sérstaklega valið eða blandað fyrir vinnslu.

Í langflestum tilvikum, eða í 75 haugum, hafði efnið verið malað. Í flestum þeirra, 46 alls, var efnið í stærðarflokki 0/16 mm. Einn haugur var af hvorri stærð, 0/14 mm og 0/15 mm. Í 12 haugum var efnið af stærðinni 0/19 mm og 15 haugar voru af stærðinni 0/20 mm.

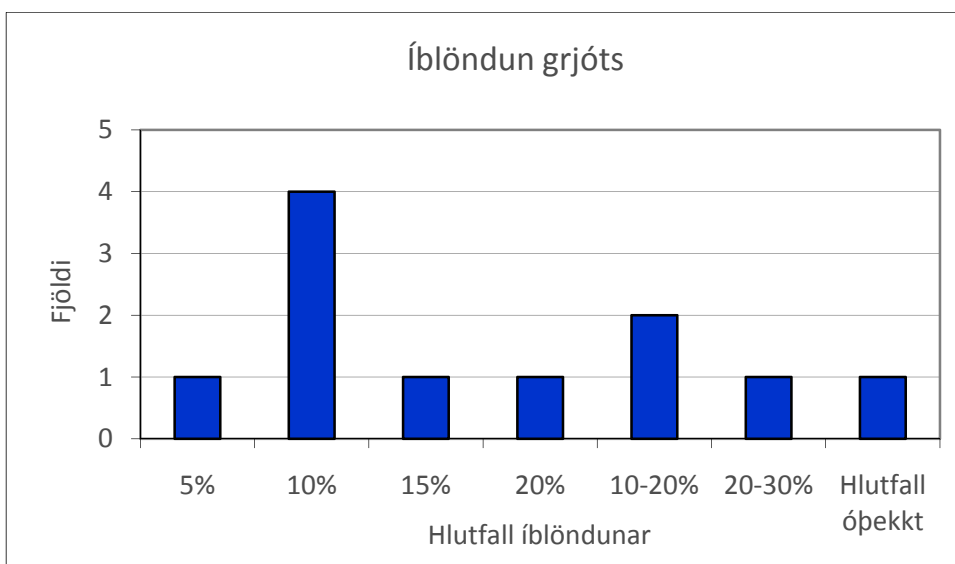
Efnið úr fimm námum hafði verið harpað, í fjórum þeirra í stærðarflokkinn 0/32 mm og í einni í 0/16 mm.

Aðspurðir um aðrar aðgerðir kom eftirfarandi fram í svörum deildarstjóranna:

- Í tveimur haugum hafði sandur verið tekinn út á vinnslustigi og fínefni hafði verið tekið út í þremur haugum.
- Í þrettán haugum hafði fínefni verið blandað í á vinnslustigi, allt frá 5% upp í 28% íblöndun, sjá nánar á mynd 8.
- Í ellefu haugum hafði grjóti verið blandaði í á vinnslustigi, allt frá 5 og upp í 20-30%, sjá nánar á mynd 9.



Mynd 8: Á myndinni er sýnd samantekt á því hver hlutföll íblöndunar fínefnis var skv. upplýsingum frá deildarstjórum Vegagerðarinnar.



Mynd 9: Á myndinni er sýnd samantekt á því hver hlutföll íblöndunar grjóts var skv. upplýsingum frá deildarstjórum Vegagerðarinnar.

Misjafnt var hversu vel efnið hélt í sér raka og hafði rykbindingu verið beitt hjá 58 haugum, yfirleitt með góðum árangri en í níu tilfellum með litlum árangri. Í flestum tilfellum var salt notað til rykbindingar en einnig salt-sjór, salt-Dustex, salt-Kalsíum og Magnesíum-klór. Sjá nánari samantekt um rakaheldni og rykbindingu í töflu 6 og í samantekt í svörum deildarstjóranna í töflum 8-13.

Tafla 6: Samantekt um rakaheldni og rykbindingu.

Heldur vel í sér raka án rykbindingar	
Já	32
Hvorki né	18
Nei	23
	73
Rykbinding	
Já	58
Nei	18
Ekkert svar	3
	79
Ending rykbindingar	
Góð	34
Meðal	23
Lítill	9
	66
Efnisgerð	
Salt	41
Salt-sjór	5
Salt-Dustex	4
Salt-Kalsíum	2
Magnesíum klór	1
Ótilgreint	5
	58

Að lokum var spurt um reynslu deildarstjóra Vegagerðarinnar af malarslitlagsefninu og mat þeirra á ástæðum góðrar eða slæmrar hegðunar. Afar mikilvægt er að hafa í huga að um er að ræða huglægt mat sérhvers deildarstjóra þ.a. varast ber að draga of miklar ályktanir af mati á efnisgæðum. Samantekt svara er í töflu 7. Einnig má sjá niðurstöður þeirra á mynd 10.

Það var mat deildarstjóranna að innan við helmingur efnisins í þessum 80 haugum hefði reynst vel en þó ekki verr en svo að einungis efnið í þremur haugum hafði reynst illa. Mat þeirra var að hætta væri á myndun þvottabretta í efninu úr níu haugum en að í ríflega helmingi hauganna, 44 alls, væri ekki hætta á myndun þvottabretta.

Af svörum má ljóst vera að þau atriði sem eru talin hafa mikil áhrif á hegðun malarslitlagsefnis eru kornadreifing, magn og gerð fínefna og styrkur steinefna en þessir þættir eru taldir til tekna hjá um fjórðungi til þriðjungs af haugum Vegagerðarinnar. Hátt brothlutfall og kornalögun er tilgreint hjá færri haugum.

Þegar kemur að ástæðum slæmrar hegðunar malarslitlagsefnis eru lágt brothlutfall og gerð fínefna tilgreint hjá um eða yfir fjórðungi hauganna. Aðrir þættir, eins og of lítil eða of mikil fínefni, of veik steinefni eða of mikill sandur er tilgreint sem ástæða hjá um eða innan við fimmtungi af haugunum. Kornalögun hefur minnst áhrif, sé tekið mið af huglægu mati deildarstjóra Vegagerðarinnar.



Tafla 7: Mat á reynslu af malarslitlegsefninu og mat á ástæðum góðrar eða slæmrar hegðunar.

Hvernig hefur efnið reynst	
Vel	33
Sæmilega	32
Illa	3
	79
Hætta á þvottabretti	
Já	9
Hvorki né	23
Nei	44
	76
Mat á ástæðum góðrar hegðunar:	
Kornadreifing	25
Magn fínefna	25
Gerð fínefna	24
Sterk steinefni	21
Hátt brothlutfall	13
Kornalögun	10
Mat á ástæðum slæmrar hegðunar:	
Of lágt brothlutfall	24
Gerð fínefna	20
Of lítil fínefni	15
Of mikil fínefni	14
Of veik steinefni	14
Of mikill sandur	11
Kornalögun	6
Ekkert mat á ástæðum hegðunar	17

Tafla 8: Svör deildarstjóra Vegagerðarinnar á Suðurlandi.

Umdæmi	Náma	Námunr.	Um vinnslu efnisins						Rykbinding*		Kostir/gallar*					Um ástæður góðrar eða slæmrar hegðunar																		
			Sérstaklega valið efni	Harpað	Malað	Úttekt sands	Úttekt finefnis	Íblöndun finefnis	Íblöndun grjóts	Rykbundið	Hvernig reynst	Ending rykbindingar	Heldur vel í sér raka án	Hætta á þvottabretti	Víðkvæmt f. Bleytu	Magn finefnis	Gerð finefnis	Kornadreifing	Hátt brothlutfall	Kornalögun	Sterk steinefni	Mikil finefni	Lítil finefni	Gerð finefnis	Mikill sandur	Lágt brothlutfall	Kornalögun	Veikt steinefni	Almenn reynsla [†]					
Suðurland	Torfastaðanáma ^A	355-01-01	nei		0/16	nei	nei	nei	nei	já	1	1	3	1	2			x		x			x			x							a	
	TorfastaðanámaA	355-01-01	nei		0/16	nei	nei	nei	nei	já	1	1	3	1	2			x		x			x			x							a	
	Vallarnáma	262-01-03	nei		0/16	nei	nei	nei	nei	já	1	2	3	3	1			x		x	x		x		x								a	
	Núpstúnsnáma	330-04-09	já		0/16	nei	nei	nei	nei	engar upplýs.	1	1	3	3	1	x		x		x	x													a
	Austurhlíðarnáma	325-01-06	já		0/16	nei	nei	nei	nei	já	1	2	3	3	1			x	x	x	x		x											a
	Hrífunesnáma	209-02-10	nei		0/16	nei	nei	nei	nei	engar upplýs.		1	3	1	2	x					x				x	x	x							a
A	Er ekki komin mikil reynsla á endingu en samkvæmt broti ætti efnið að vera í meðallagi																																	

*: Mat á rykbindingu: 1 Já/góð 2 Hvorki né/meðal 3 Nei/lítil
†: Almenn reynsla: a Reynst vel b Reynst sæmilega c Reynst illa

Tafla 9: Svör deildarstjóra Vegagerðarinnar á Vesturlandi.

Umdæmi	Náma	Námunnr.	Um vinnslu efnisins						Rykbinding*		Kostir/gallar*					Um ástæður góðrar eða slæmrar hegðunar													
			Sérstaklega valið efni	Harpað	Malað	Úttekt sands	Úttekt fínefnis	Íblöndun fínefnis	Íblöndun grjóts	Rykbundið	Hvernig reynst	Ending rykbindingar	Heldur vel í sér raka án	Hætta á þvottabretti	Víðkvæmt f. Bleytu	Magn fínefnis	Gerð fínefnis	Kornadreifing	Hátt brothlutfall	Kornalögun	Sterk steinefni	Mikil fínefni	Lítil fínefni	Gerð fínefnis	Mikill sandur	Lágt brothlutfall	Kornalögun	Veikt steinefni	Almenn reynsla [†]
Vesturland	Krossmelur	552-02-04	nei		0/16				salt	2	3	2	1	2	x					x				x	x	x			
	Gullberastaðir ^A	512-01-06	já		0/16		8		nei																				
	Múlastaðir	515-01-10	já		0/16				salt	2	3	3	3	2		x	x						x						
	Kollslækur	519-01-05	nei		0/16				salt	3	3	1	2	1						x		x	x	x	x	x			
	Þorgautsstaðir	523-01-04	nei		0/16		10		salt	2	3	2	3	1						x		x		x	x			b	
	Kolviðarholt ^B	533-01-07	nei		0/16				salt/Dustex	3	3	3	3	1				x	x	x		x						b	
	Dragagil	550-01-09	nei		0/16		8		salt	2	2	2	2	2		x						x			x			b	
	Stórugil	552-04-04	nei		0/16		5		nei		3	3	3	2				x	x			x						b	
	Seleyrar	557-09-06	nei		0/16				engar upplýs.	2	2	3	3	3	x		x		x								x	b	
	Álftafjörður		já		0/16		já	nei	salt	1	1	3	2	3		x					x						x	a	
	Húsaneskriða ^C	574-01-07	nei		0/16			15	já	1	1	3	2	2	x	x	x											a	
	Bíldhóll	555-02-06	já		0/16				salt	2	2	2	3	2	x	x								x	x			b	
	Pálssei	559-02-06	nei		0/16				salt	1	2	3	2	2	x	x		x										a	
	Drifandagil ^D	560-08-09	já		0/16			?	já	1	1	3	1	3		x						x			x		x	b	
	Digimúli	590-07-03	nei		0/16		8		salt	2	3	2	3	1						x		x	x	x	x			b	
Breiðabólstaður	590-02-06	nei		0/16				salt	1	1	3	2	2	x	x	x								x			a		

A Lítil reynsla komin á efnið, aðeins búið að aka nokkrum bílum út af efninu
 B Efnið er malað berg, vantar meira fínefni
 C Vinnsluaðferð. Aka þurfti grjóti í malarann til að efnið gengi í gegn um hann.
 D Skrapa þurfti saman grjót á námusvæðinu til að bæta gæðin og til að vinnsla gengi, þar sem fínefni festust í brjótum.

*: Mat á rykbindingu: 1 Já/góð 2 Hvorki né/meðal 3 Nei/lítil
 †: Almenn reynsla: a Reynst vel b Reynst sæmlega c Reynst illa

Tafla 10: Svör deildarstjóra Vegagerðarinnar á Vestfjörðum.

Umdæmi	Náma	Námunr.	Um vinnslu efnisins						Rykbinding*		Kostir/gallar*				Um ástæður góðrar eða slæmrar hegðunar																			
			Sérstaklega valið efni	Harpað	Malað	Úttekt sands	Úttekt fínefnis	Íblöndun fínefnis	Íblöndun grjóts	Rykbundin	Hvernig reynst	Ending rykbindingar	Heldur vel í sér raka án	Hætta á þvottabretti	Viðkvæmt f. Bleytu	Magn fínefnis	Gerð fínefnis	Kornadreifing	Hátt brothlutfall	Kornalögun	Sterk steinefni	Mikil fínefni	Lítil fínefni	Gerð fínefnis	Mikill sandur	Lágt brothlutfall	Kornalögun	Veikt steinefni	Almenn reynsla [†]					
Vestfirðir	Hrafnsskagi ^A	663-05-02	já		0/16				20	Salt-sjór	1 2	1	3	2	2																		a	
	Borgarnes ^B	660-12-03	já		0/16				10	10	Salt-sjór	3	3	2	3	1																	b	
	Skápadal	612-01-02			0/19						Salt-sjór	2	3	3	3	2																	b	
	Seljadalsvatn	660-16-02			0/16						Salt	1	2	3	2	3																	a	
	Grjóteyri í Arnarfirði ^C	660-18-03	nei		0/19						Salt og kalsíum	3	3	1	3	2						x											b	
	Brekudalur	660-19-08	nei		0/19						Salt	1	1	3	1	2	x																a	
	Gíslaholt	660-23-05	nei		0/16						Salt	1	1	3	3	2																	a	
	Skeiðá	633-04-02	nei		0/16						Kalsíum eða salt	1	1	3	3	2	x	x	x	x														a
	Borgarháls	668-05-04	nei		0/16						Dustex og salt	2	3	3	3	3																		b
	Broddadalsá	668-07-03	nei		0/16						Magnesium klór	1	1	2	3	2	x																	a
	Hallardalsá ^D	643-04-02	já		0/19						Salt og sjór	2	2	1	3	2																		b
	Byrgisvík	643-06-03	nei		0/19						Sjór	1	1	3	3	1	x	x	x	x														a
Þorskafjarðarheiði	608-02-01	nei		0/19						Nei		1	3	2	1	x	x	x															a	

A Aðfluttu grjóti blandað í við mölun

B Aðfluttu grjóti og fínefni blandað í við mölun

C Salt dugar ekki til rykbindingar, heldur skárra með kalsíum klóríð

D Efnistöðustaðir í námu valdir sérstaklega m.t.t. Malarslitlagsvinnslu. Að öðru leyti er náman notuð sem styrkingarefnisnáma.

*: Mat á rykbindingu: 1 Já/góð 2 Hvorki né/meðal 3 Nei/lítill
†: Almenn reynsla: a Reynst vel b Reynst sæmilega c Reynst illa

Tafla 11: Svör deildarstjóra Vegagerðarinnar á Norðurlandi vestra.

Umdæmi	Náma	Námunr.	Um vinnslu efnisins						Rykbinding*		Kostir/gallar*					Um ástæður góðrar eða slæmrar hegðunar														
			Sérstaklega valið efni	Harpað	Malað	Úttekt sands	Úttekt fínefnis	Íblöndun fínefnis	Íblöndun grjóts	Rykbundið	Hvernig reynst	Ending rykbindingar	Heldur vel í sér raka án	Hætta á þvottabretti	Víðkvæmt f. Bleytu	Magn fínefnis	Gerð fínefnis	Kornadreifing	Hátt brothlutfall	Kornalögun	Sterk steinefni	Mikil fínefni	Lítill fínefni	Gerð fínefnis	Mikill sandur	Lágt brothlutfall	Kornalögun	Veikt steinefni	Almenn reynsla [†]	
Norðurland vestra	Steinhóltsnáma ^A	724-01-05	nei		0/16	nei	nei	nei	nei	Salt	2	3	2	2	1					x			x							b
	Kerhóltsnáma ^B	715-01-01	nei		0/16	nei	nei	nei	nei	Nei		1	3	2	3	x	x	x	x									x	a	
	Hörgshóltsnáma II ^C	711-07-07	nei	nei	0/16	nei	nei	nei	nei	Nei		3	1	2	3					x			x						c	
	Laxárnáma ^D	774-01-10	nei	nei	0/16	nei	nei	já	nei	Nei		3	2	2	1	x		x		x			x						b	
	Kúfustaðanáma ^E	734-01-02	nei		0/19	nei	nei	nei	nei	Nei		3	2		3			x		x			x						b	
	Hraunanáma	776-09-01	nei		0/16	nei	nei	nei	nei	Salt/Dustex	1	1	3	2	1	x	x	x		x								x	a	
	Tjarnarnáma	776-07-03	nei		0/16	nei	nei	28	nei	Salt	2	2	2	3	2	x		x			x			x					b	
	Reynisstaðanáma	762-01-02	nei	nei	0/20	nei	nei	já	nei	Salt	2	2	2	3	2	x								x	x	x			b	
	Hverhólanáma ^F	725-03-06	nei		0/16	nei	nei	nei	nei	Salt	2	3	2	3	2	x								x					b	
	Gránumóar ^G	745-09-03	nei		0/16	nei	nei	25	nei	Salt/Dustex	1	3	2	3	1	x	x	x											a	
A	Gerð tilraun með íblöndun á salti								Efnið er rokgjarnt og þarf mikla rykbindingu. Vantar feitari leir, helst rauðleitan.																					
B	Efnið leggst mjög vel eftir heflun sé raki hæfilegur. Þarf ekki nema eina eða tvær heflanir á ári á tengivegum með 100 bíla sdu.								Steinefnið er lélegt og brotnar með tímanum og eykst þá fínefnið. Á árinu 1973 var farið að nota malarslitlag úr Kerhóltsnámu á Hringveginn. Ekki að hefла nema á 4 vikna fresti veginn sem hefлаður var einu sinni í viku fram að því. Endingin var alveg einstök.																					
C	Efnið er mjög rokgjarnt og virðist halda mjög illa í sér raka.								Vantar einkum betra fínefni (feitara) rauðleitt?																					
D	Hefur einkum verið notað á mjög umferðarlitla vegi, t.d. Safnvegi.								Vantar einkum betri (feitari) leir.																					
E	Hefur einungis verið notað á umferðarlítinn veg Svartárdalsveg 734-02 og reynst sæmilega við þær aðstæður								Vantar betra fínefni (feitara) rautt ?																					
F	Gerð var tilraun með íblöndun á salti í vinnslunni																													
G	Gerð tilraun með saltíblöndun																													

*: Mat á rykbindingu: 1 Já/góð 2 Hvorki né/meðal 3 Nei/lítill
 †: Almenn reynsla: a Reynst vel b Reynst sæmilega c Reynst illa

Tafla 12: Svör deildarstjóra Vegagerðarinnar á Norðurlandi eystra.

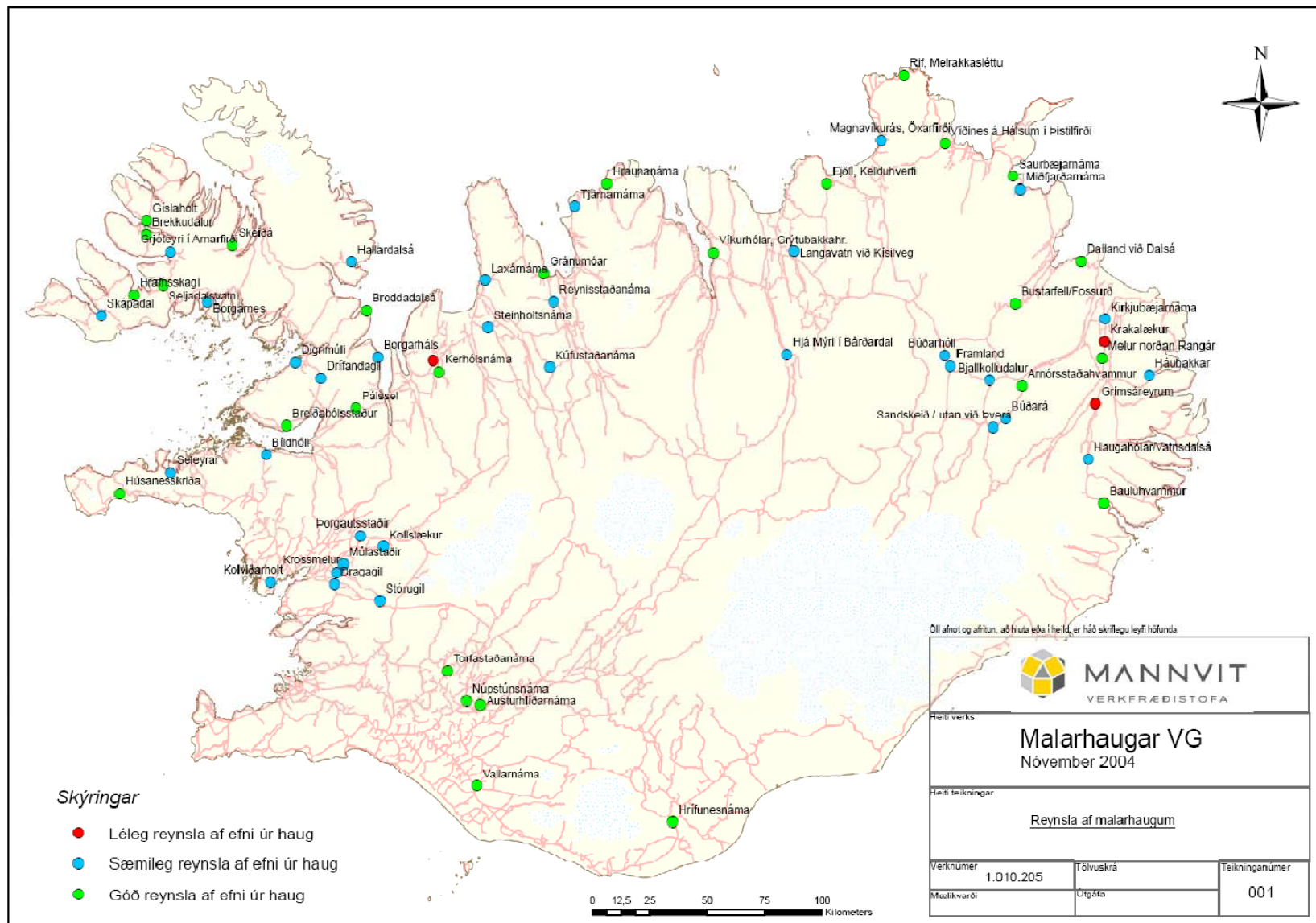
Umdæmi	Náma	Námunn.	Um vinnslu efnisins							Rykbinding*		Kostir/gallar*					Um ástæður góðrar eða slæmrar hegðunar														
			Sérstaklega valið efni	Harpað	Malað	Úttekt sands	Úttekt finefnis	Íblöndun finefnis	Íblöndun grjóts	Rykbundið	Hvernig reynst	Ending rykbindingar	Heldur vel í sér raka án	Hætta á þvottabretti	Viðkvæmt f. Bleytu	Magn finefnis	Gerð finefnis	Kornadreifing	Hátt brothlutfall	Kornalögun	Sterk steinefni	Mikil finefni	Lítil finefni	Gerð finefnis	Mikill sandur	Lágt brothlutfall	Kornalögun	Veikt steinefni	Almenn reynsla [†]		
Norðurland eystra	Dæli, Skíðadal	807-02-01	nei		0/20	nei	nei	Nei	10-20	salt	1	1	3	2	1		x					x							x	a	
	Gullbrekka, Eyjafjarðarsveit	82-06-02	nei		0/20	nei	nei	nei	nei	salt	1	1	3	3	1	x	x		x											a	
	Víkurhólar, Grýtubakkahr.	883-02-02	nei		0/20	nei	nei	nei	nei	nei	1	1	3	3	1	x	x		x											a	
	Arnstapi, Ljósavatnsskarði	801-15-08	nei		0/20	Nei	10-30	nei	10-20	salt	1	1	3	1	2							x						x	x		
	Saltvík, Bárðardal	844-02-08	nei		0/20	nei	nei	nei	nei	salt	2	2	3	2	2									x		x		x	x		
	Hjá Mýri í Bárðardal	842-04-06	nei		0/20	nei	já	nei	20-30	salt	2	2	3	1	2							x		x		x		x	x		
	Fjöll, Kelduhverfi	885-09-08	nei		0/20	nei	nei	nei	nei	salt	1	1	3	3	1	x	x	x			x										a
	Magnavíkurás, Öxarfirði	885-14-04	nei		0/20	já	nei	nei	5	salt	2	2	2	1	3									x	x	x	x	x			
	Rif, Melrakkasléttu	885-18-08	nei		0/20	nei	nei	nei	10	salt	1	1	3	3	1		x				x	x				x				a	
	Víðines á Hálsun í Þistilfirði	885-23-09	nei		0/20	nei	nei	nei	nei	salt	1	1	3	3	2		x	x			x	x									a
	Norðmelsmelar, Hólasandi	864-02-02	nei		0/20	nei	nei	nei	nei	salt	3	2	2	3	3									x		x	x	x			
	Hóll, Ólafsfirði	882-09-00	nei		0/20	nei	nei	nei	10	salt	1	1	3	3	1		x									x					
	Langavatn við Kísilveg	887-04-01	nei		0/20	nei	nei	nei	nei	salt	2	1	3	2	2							x		x		x	x	x			
Grefilsgil, Dalsmynni	835-02-07	nei		0/20	nei	nei	nei	nei	nei	1	1	3	3	1	x	x		x												a	

*: Mat á rykbindingu: 1 Já/góð 2 Hvorki né/meðal 3 Nei/lítill
†: Almenn reynsla: a Reynst vel b Reynst sæmlega c Reynst illa

Tafla 13: Svör deildarstjóra Vegagerðarinnar á Austurlandi.

Umdæmi	Náma	Námunn.	Um vinnslu efnisins							Rykbinding*		Kostir/gallar*				Um ástæður góðrar eða slæmrar hegðunar																		
			Sérstaklega valið efni	Harpað	Malað	Úttekt sands	Úttekt finefnis	Íblöndun finefnis	Íblöndun grjóts	Rykbundið	Hvernig reynst	Ending rykbindingar	Heldur vel í sér raka án	Hætta á þvottabretti	Viðkvæmt f. Bleytu	Magn finefnis	Gerð finefnis	Kornadreifing	Hátt brothlutfall	Kornalögun	Sterk steinefni	Mikil finefni	Lítill finefni	Gerð finefnis	Mikill sandur	Lágt brothlutfall	Kornalögun	Veikt steinefni	Almenn reynsla [†]					
Austurland	Búðarhóll	901-03-03	nei	32		nei	nei	nei	nei	nei	3	3	2	3	2																			b
	Framland	901-03-02	nei	32		nei	nei	nei	nei	salt	1	1	3	1	2						x		x		x		x						x	b
	Bjallkolludalur	901-05-03	já		19					salt	1	1	3	1	1						x				x								b	
	Haugahólar/Vatnsdalsá	901-17-02	nei		19	nei	nei	nei	nei	salt	2	2	2	3	3				x		x		x	x	x								b	
	Kirkjubæjarnáma ^A	925-02-01	já		19	35	nei	20	nei	salt	2	2	2	3	2																		b	
	Krakalækur	925-03-02	nei	32		nei	nei	nei	nei	nei			1	3	2																		c	
	Melur norðan Rangár ^B	925-04-01	nei		19	nei	nei	nei	nei	salt	1	1	3	2	1																		a	
	Grímsáreyrum	931-09-04	nei		14	nei	nei	nei	nei	nei	3	3	1	3	2																		c	
	Háubakkar	951-02-03	nei		16	nei	nei	nei	nei	nei		1	2	1	2																		b	
	Arnórstaðahvammur	923-01-01	nei		16	nei	nei	nei	nei	salt	1	2	2	2	2																		a	
	Búðará	923-02-05	nei		16	nei	nei	nei	nei	nei	3	3	1	3	2																		b	
	Sandskeið / utan við Þverá	923-03-04	já		16	nei	nei	nei	nei	nei		3	1	3	3																		b	
	Bauluhvammur	901-25-01	nei		16	nei	nei	nei	nei	salt	1	1	3	2	1	x	x	x	x	x													a	
	Hellisheiði að austan	9-17-04	nei		16	nei	nei	nei	nei	nei			3	1	2		x															x	b	
	Dalland við Dalsá ^C	917-05-02	já		16	nei	nei	nei	10	nei			2	3	1						x												a	
	Bustarfell/Fossurð ^D	985-12-01	nei		16	nei	nei	nei	nei	salt	1	3	3		2	x	x																a	
	Miðfjarðarnáma ^E	985-33-01			16	nei	nei	20	nei	salt	2			2																			b	
	Saurbæjarnáma ^F	985-02-01	já		15	nei	nei	20	nei	salt	1				1		x				x												a	
	Sunnan Fjarðarár, Mjóafirði ^G		nei	16		nei	nei			nei	2	2	2	3	2																		b	
Melur/Hrafná v/Helgustaðaveg ^H		já		16		x			salt		1	3	1	3							x			x								b		
Höskuldsstaðasel í Breiðdal ^I		nei	32	16					salt	3	3	2	3	2																		b		
A	Ekið í og blandað ca. 20% leir.									F	Leirefni ekið og blandað við mölun.																							
B	Ath., efnið er búið í þessari námu.									G	Efnið virðist vera með frekar litla bindingu.																							
C	Ekið var grjóti úr Dalsá vegna af mikils leirefnis í námunni. Er bleytt og þjappað með heflun.									H	Nánast engin reynsla komin á efnið sem er mjög leirkennt.																							
D	Er ekki viðkvæmt í rigningu ef þjappað er með heflun.									I	Bindingur frekar lítill og hætta á að það losni upp.																							
E	Ekið var leirefni til íblöndunar en ekki nógu magni.																																	

*: Mat á rykbindingu: 1 Já/góð 2 Hvorki né/meðal 3 Nei/lítill
 †: Almenn reynsla: a Reynst vel b Reynst sæmilega c Reynst illa



Mynd 10: Yfirlitsmynd sem sýnir þær námur sem svör deildarstjóra Vegagerðarinnar náðu til sem og mat þeirra á reynslu af efninu. Rétt er að undirstrika að mat á reynslu af efninu var ekki staðlað.

5. Tilraunir með íblöndun fínefna

Meðhöndlun fínefna, hvort sem um ræðir úttekt eða íblöndun, er mikilvægur þáttur í vinnslu á malarslitlagsefni, sbr. umfjöllun í kafla 2. Hérlandis er það einkum skortur á rakaheldum fínefnum, t.d. feitum leir, sem einkennir efnisvinnsluna og dregur úr efnisgæðum. Á fundum verkefnisstjórnar var rætt um ýmsar leiðir til að bæta fínefni í grófara efni á ýmsum stigum vinnslunnar:

- Hugsanlega væri hægt að blanda fínefni í grófara efni, t.d. sem slurry, með snigli eða á færibaldi með tætara.
- Nota matarabúnað fyrir fínefni, n.k. tætara.
- Sagt var frá hitunarbúnaði sem hægt væri að nota til minnka líkur á því að fínefni festist í brjótum.
- Ein leið er sú að blanda fínefni í malarefnið við haugsetningu. Efnið yrði þá haugsett í lögum þar sem grófari lög skiptast á við fínni lög. Síðan þyrfti að blanda þessu eitthvað saman, í sumum tilfellum gæti dugað að færa allt efnið í haugnum til einu sinni eða tvisvar en við það blandast efnið saman og enn frekar þegar efninu er mokað á bíl og að endingu við útlögn.
- Til eru svokallaðir steinbrjótar. Það eru tæki sem eru fest aftan í dráttarvélar og brjóta efni um leið og keyrt áfram. Tækin skila því svo aftur úr sér.
- Það er reynsla þeirra sem til þekkja að nokkrir framleiðendur steinefna sem notuð eru í malbik hafi náð góðum tókum á efnisframleiðslunni sem lýsir sér m.a. í því að vandamál með kornakúrfur eru nánast óþekkt. Því var velt upp hvort ástæðan gæti hugsanlega að einhverju leyti legið í því að malbiksefnið má vera dýrara, menn eru frekar tilbúnir að kaupa dýrt hráefni í malbik en í malarslitlög.

5.1 Tilraun á rannsóknarstofu

Ákveðið var að gera einfalda tilraun á rannsóknarstofu með íblöndun á feitum leir í malarslitlagsefni. Markmiðið var að athuga hvort þetta væri hægt. Ákvörðuð var kornadreifing efnanna sem og LS-stuðull fínefnishlutans. Ekki var talin ástæða til að mæla flæði- og þjálnimörk. Allar mælingar voru gerðar á NMÍ (þá Rb).

Valið var efni frá Digramúla við Tjaldanes og fínefni til íblöndunar frá Gilsfirði og ákveðið að prófa blöndur með 9% og 12%. Einnig voru mældir eiginleikar efnis úr Knarrarnesfjöru. Sýni voru tekin í september 2005 og prófanir gerðar í framhaldi af því. Kornadreifingu efnanna frá þessum þremur stöðum má sjá á myndum 11 til 13 og niðurstöður LS stuðuls eru í töflu 14. Ítarlegri niðurstöður eru í viðauka D.

Til að ná 9% fínefnisinnihaldi var blandað saman 4% af fínefni og 96% af malarefni, að teknu tilliti til fínefnisinnihalds malarefnisins. Þessi blanda uppfyllir kröfur vefrits Vegagerðarinnar um kornakúrfu. Hlutfall efnis < 0,002 mm miðað við efni sem er < 0,063 mm er 14,9%. Blandan uppfyllir einnig kröfur vefritsins um rýrnunarstuðul, LS mældist 3,7 óháð meðalársúrkomu en kröfurnar eru 2-7% fyrir meðalársúrkomu > 1000 mm. Blandan lendir jafnframt í reitnum „ravels and corrugates“ á mynd 5 úr Suður afrískum leiðbeiningum fyrir malarslitlög. Blandan er með LS stuðul 3,7 og hlutfall efnis sem er < 0,002 mm miðað við efni sem er < 0,063 mm er 15,6%. Sé tekið mið af norskum kröfum er LS

stuðullinn innan viðmiðunarmarka á svæðum þar sem ársúrcoma er innan við 1000 mm. Einnig er leirhlutfallið innan þeirra viðmiðunarmarka sem gerðar eru í Noregi (sjá 3.3).

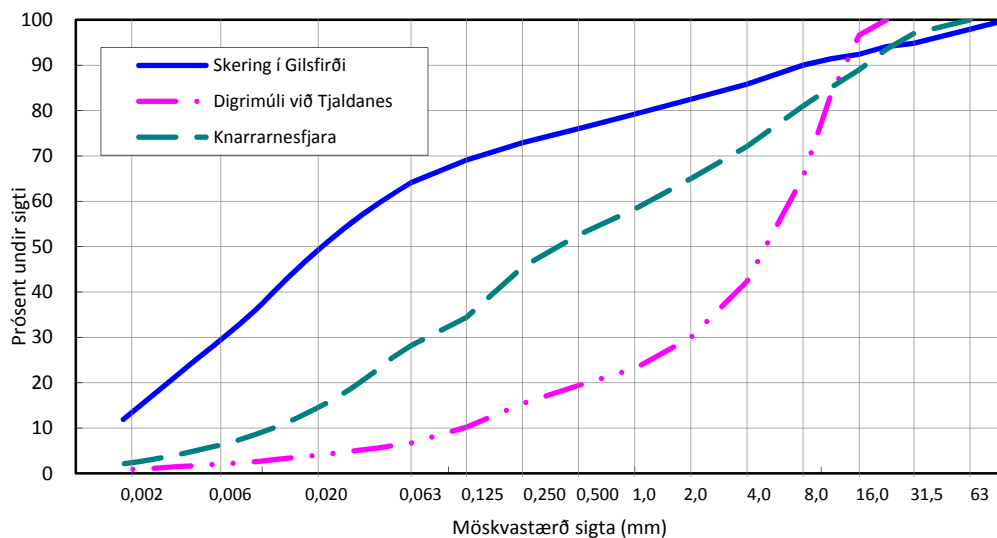
Til að ná 12% fínefnisinnihaldi var blandað saman 9% af fínefni og 91% af malarefni, að teknu tilliti til fínefnisinnihalds malarefnisins. Þessi blanda uppfyllir kröfur vefrits Vegagerðarinnar um kornakúrfu. Hlutfall efnis < 0,002 mm miðað við efni sem er < 0,063 mm er 15,4 %. Blandan uppfyllir einnig kröfur vefritsins um rýrnunarstuðul, LS mældist 5,2 óháð meðalársúrkomu en kröfurnar eru 2-7% fyrir meðalársúrkomu > 1000 mm. Blanda lendir jafnframt í reitnum „good“ á mynd 5 úr Suður afrískum leiðbeiningum fyrir malarslitlög. Blandan er með LS stuðul 5,2 og hlutfall efnis sem er < 0,002 mm miðað við efni sem er < 0,063 mm er 16,7%. Samkvæmt norskum kröfum er LS stuðullinn yfir viðmiðunum en leirhlutfallið er innan þeirra viðmiðunarmarka sem gerðar eru í Noregi (sjá einnig kafla 3.3).

Tafla 14: Niðurstöður mælinga á LS-stuðli sýna sem notuð voru í tilraunablöndur á rannsóknarstofu.

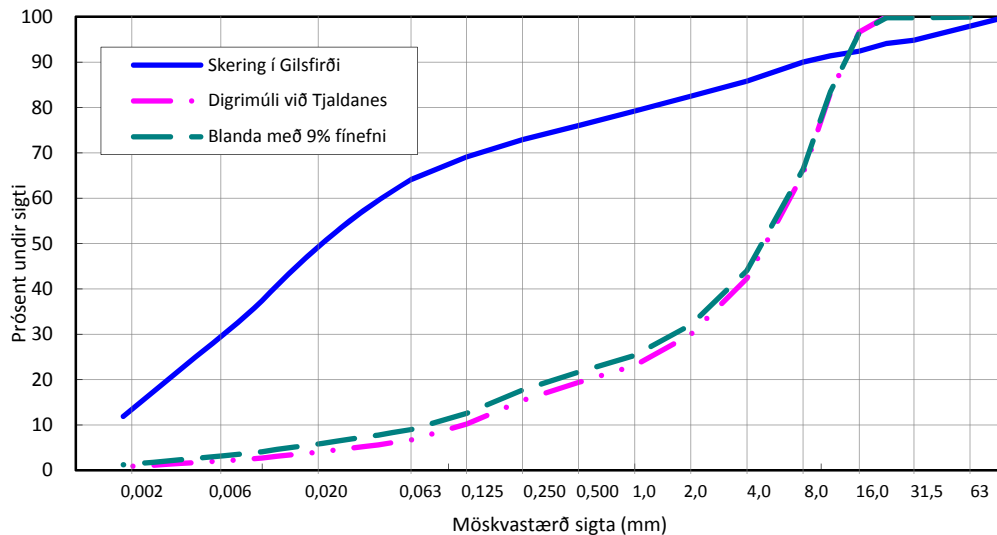
		Votsigtað	Ljörvi		LS stuðull ^{A, B}	
			Þurr- mæling	Vot- mæling	LS	Raki %
Sýni 1	Blanda með 9% reiknuðu fínefni af heild				3,7	27,2
Sýni 2	Blanda með 12% reiknuðu fínefni af heild				5,2	28,7
	Skering í Gilsfirði	X		X	11,8	42,2
	Digrimúli við Tjaldanes	X		X	3,3	26,4
	Knarrarnesfjara	X		X	6,3	54,7

A: Meðaltal tveggja mælinga

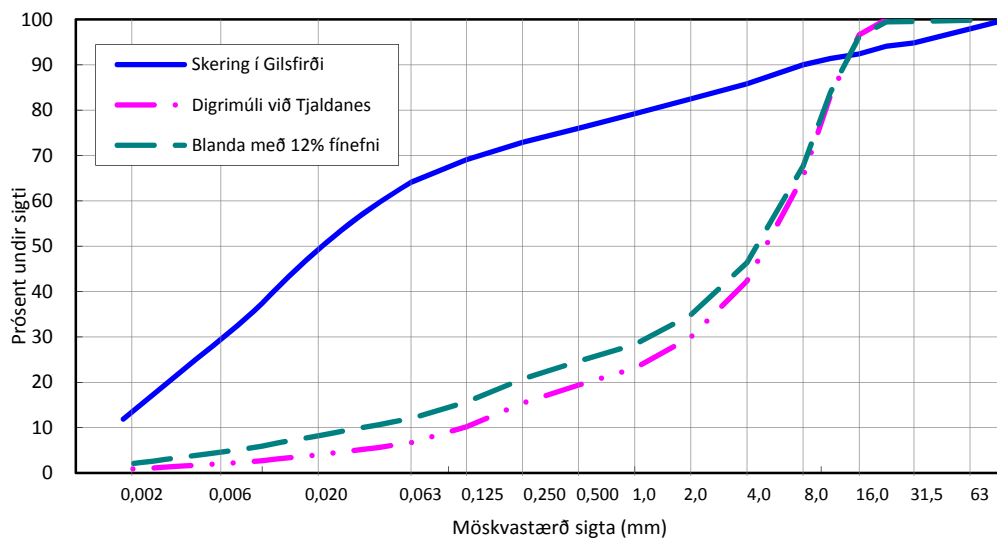
B: Blöndur með 9% og 12% reiknuðu fínefni af heild.



Mynd 11: Kornadreifing þriggja sýna sem notuð voru í tilraunablöndur á rannsóknarstofu. Tvö þeirra, skering í Gilsfirði og Digrimúli við Tjaldanes, voru notuð í tilraunablöndur á rannsóknarstofu en það þriðja, Knarrarnesfjara, var ekki notað.



Mynd 12: Kornadreifing tilraunablöndu með 9% fínefnisinnihaldi. Hér var blandað saman 4% af fínefni úr skeringu í Gilsfirði og 96% úr Digramúla við Tjaldanes.



Mynd 13: Kornadreifing tilraunablöndu með 12% fínefnisinnihaldi. Hér var blandað saman 9% af fínefni úr skeringu í Gilsfirði og 91% úr Digramúla við Tjaldanes.

5.2 Tilraun í vegi

Í október 2006 var gerð tilraun í vegi með íblöndun fínefnis í malarslitlagsefni við Dælisá í Kjós. Verktaki var Tak-Malbik, Borgarnesi. Malarefnið var uppdælt af staðnum úr Dælisá og fínefnið var sótt að Hálsenda í Kjós. Notað var óhefðbundið verklag, óalgengt er að malarefnið sé forbrotið sem og íblöndun fínefnis í malarefnið og uppsetning tækjabúnaðar. Efnið var unnið á eftirfarandi hátt:

- Í fyrri hluta efnisvinnslunnar var malarefnið brotið og svo var fínefni blandað saman við það:
 - Uppmokað malarefni úr Dælisá var forbrotið í kjálkabryót, haugsett og jafnað að ofan.

- Lagi af fínefni var því næst smurt ofan á haug af forbrotnu malarefni og því blandað saman við með gröfu, sjá mynd 14.
- Í seinni hluta efnisvinnslunnar var blandað efni harpað og brotið enn frekar þannig að allt efnið væri fínna en 18-20 mm:
 - Forblönduðu efni var skipt á hörpu með 18 mm neti; grófara efnið var brotið í kónbrjót en það efni sem var fínna en 18 mm fór beint í haug með fullunnu efni.
 - Efni sem var stærra en 18 mm var beint endurtekið í gegn um kónbrjótinn þar til það var af réttri stærð.
 - Fullunnið efnið var skilgreint sem 0/16 mm efni með hámark 10% efnis (eða þar um bil) af stærðinni 16/22 mm.

Að sögn starfsmanna á staðnum festist talsvert efni í eftirbrjótnum við vinnsluna en ekki umtalsvert í hörpunni þó eitthvað festist líka þar.

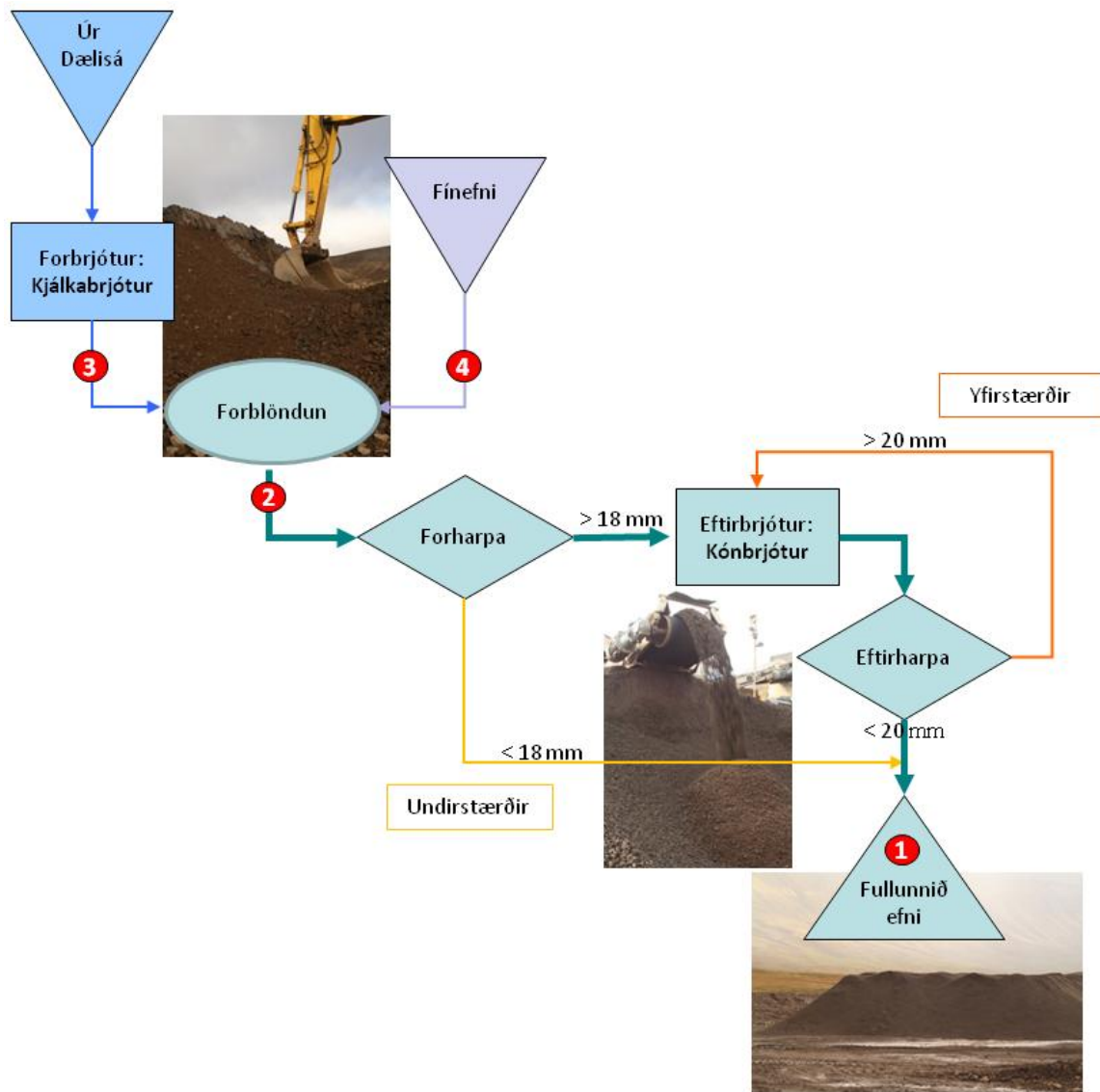
Vinnsluvæðið var heimsótt föstudaginn 6. október 2006 og sýni tekin. Á mynd 15 er flæðirit sem lýsir vinnsluferli Taks vegna þessa verkefnis og á mynd 16 er ljósmynd af samstæðunni. Á mynd 17 er skematísk mynd af síðari hluta vinnslunnar.

Rétt er að ítreka að þetta verklag er aðeins dæmi um leiðir sem hægt er að fara við íblöndun fínefnis í malarefni.

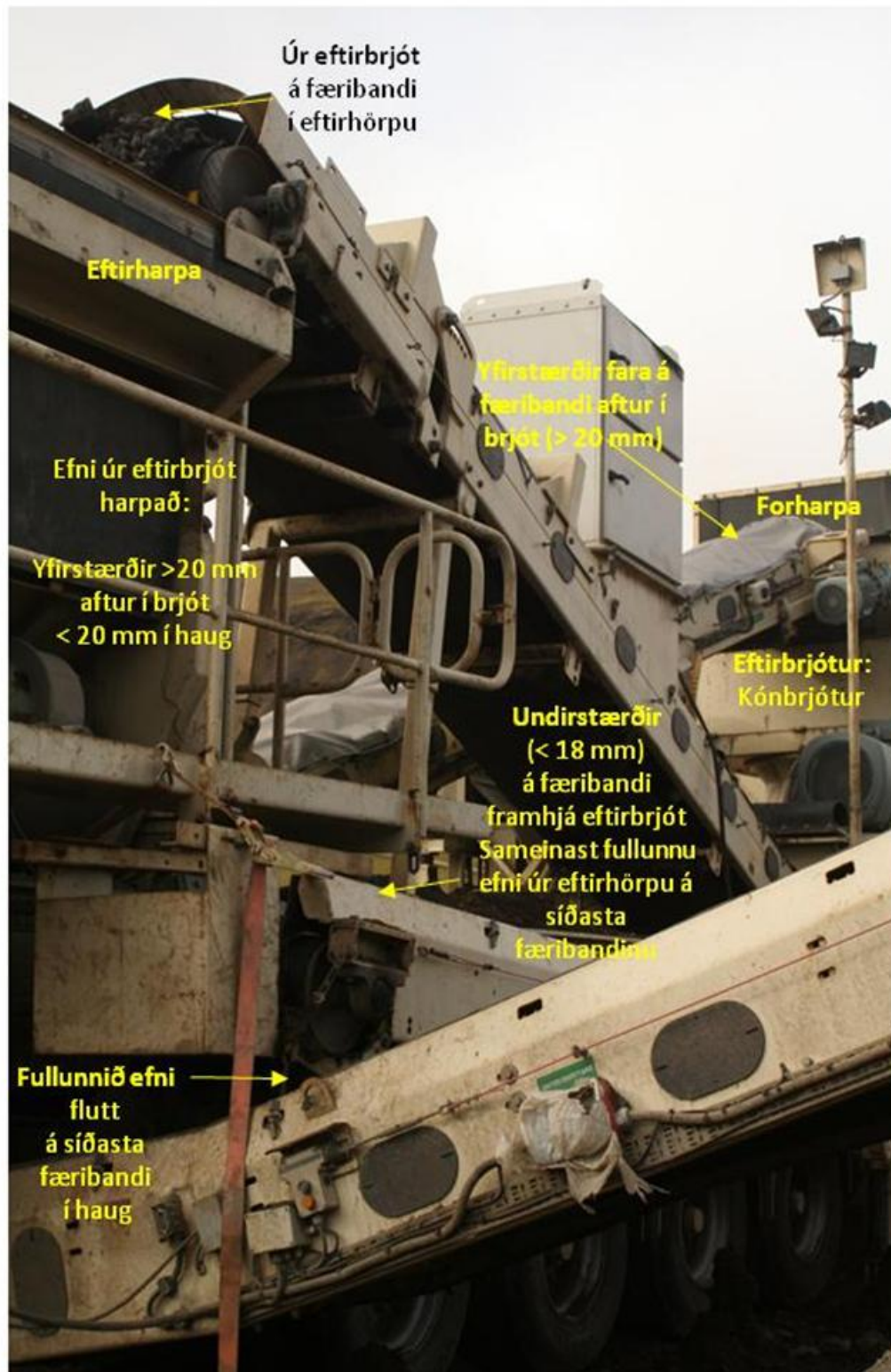
Niðurstöður sýna að þessi blanda uppfyllir kröfur vefrits Vegagerðarinnar um kornakúrfu, hlutfall leirs (mældist 12% af fínefnishlutanum) og LS-stuðul en aðrar mælingar voru ekki gerðar², sjá nánar töflu 15 og mynd 18.



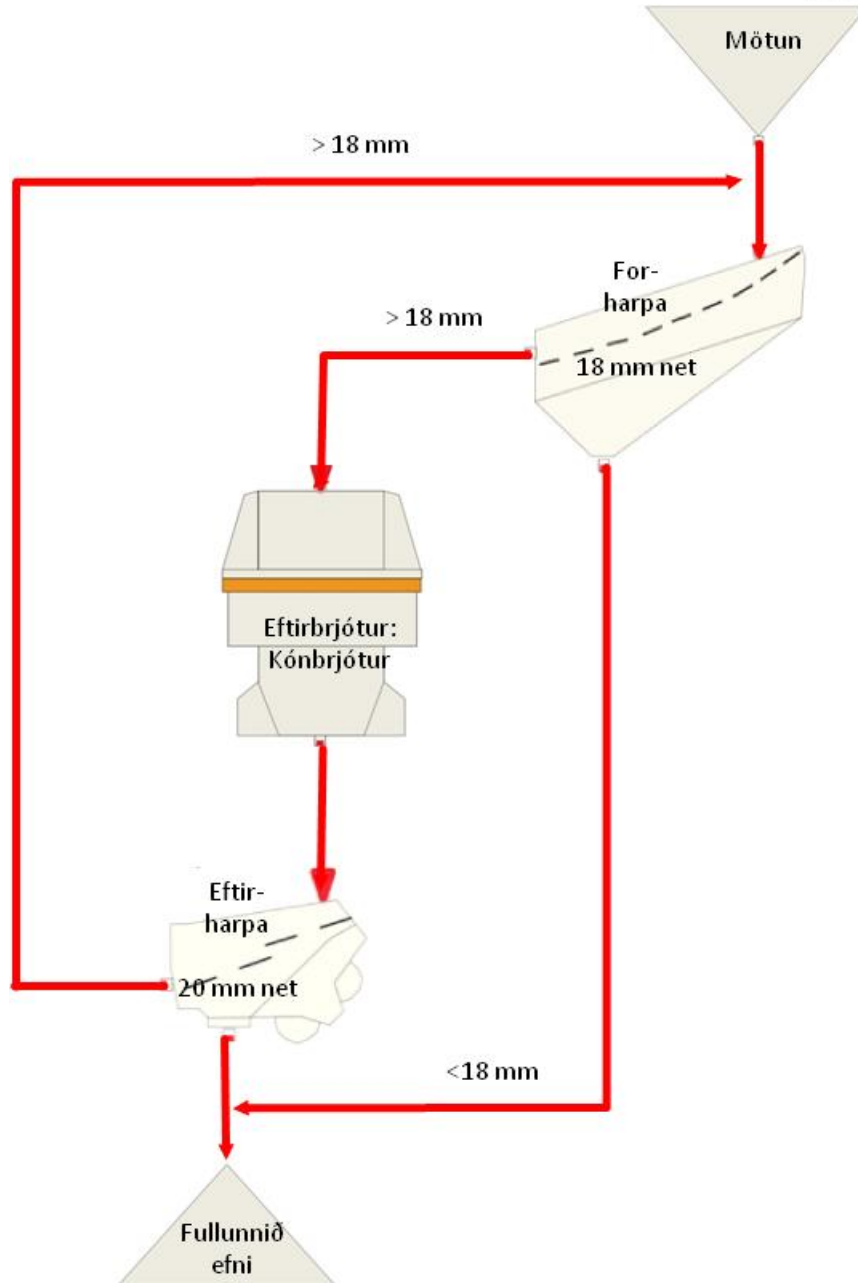
Mynd 14: Myndin er tekin við forblöndun þegar fínefni var blandað saman við forbrotið malarslitlagsefni. Á myndinni sést fínefnislag ofan á malarefninu og hvernig skófla gröfunnar var notuð til að smyrja því niður og síðan blandað saman við malarefnið. Malarefnið var uppdælt og brotið af staðnum úr Dælisá og fínefnið var sótt að Hálsenda í Kjós.



Mynd 15: Flæðirit sem sýnir vinnsluferli Taks við íblöndun fínefnis í malarslitlagsefni. Rauðir hringir vísa til sýnatökustaða, númerin vísa til sýnanúmers. Undirstærðir fóru ekki í gegn um eftirbrjótinn en yfirstærðum var beint aftur í brjótinn.



Mynd 16: Ljósmynd af brjótasamstæðunni sem notuð var við seinni hluta efnisvinnslunnar við Dælisá. Í þennan hluta fór efnið sem búið var að forbrjóta og blanda finefni saman við. Efnið var flokkað í yfirstærðir (> 18 mm) og undirstærðir (< 18 mm). Yfirstærðir voru brotnar og sameinuðust síðann undirstærðum. Fyrri hluti efnisvinnslunnar er ekki sýndur hér. Á mynd 15 er flæðirit sem sýnir alla vinnsluna og á mynd 17 er skematísk mynd af þessum seinni hluta efnisvinnslunnar.



Mynd 17: Skematísk mynd af brjótasamstæðunni sem notuð var við seinni hluta efnisvinnslunnar við Dælisá.

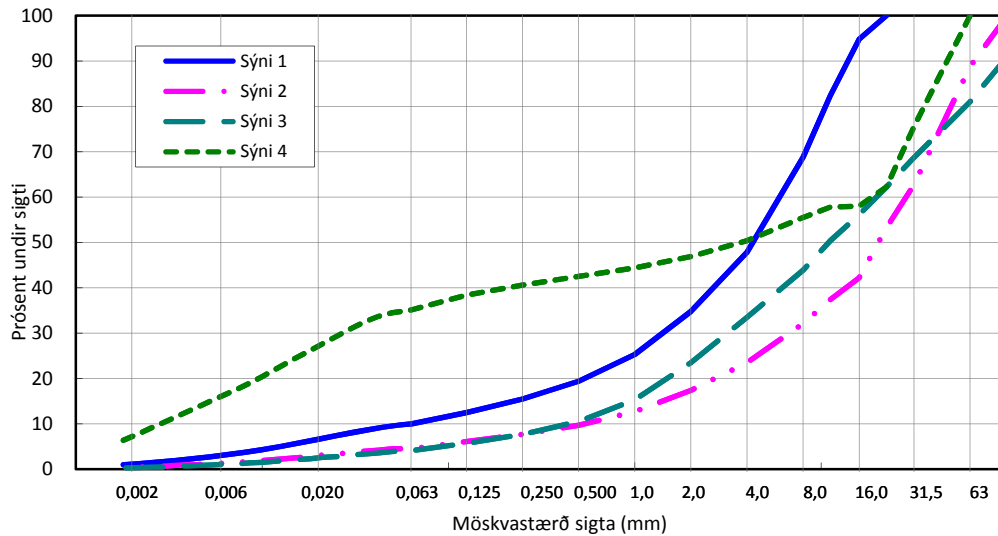
Sýni voru tekin á fjórum stöðum:

- Sýni 1: Fullunnið efni
- Sýni 2: Forbrotið og forblandað efni (eftir íblöndun fínefnis)
- Sýni 3: Forbrotið efni (fyrir íblöndun fínefnis)
- Sýni 4: Fínefni

Ákvörðuð var kornadreifing allra sýnanna sem og LS-stuðull á fínefninu. Allar mælingar voru gerðar á NMÍ (þá Rb). Samantekt niðurstaðna má sjá í töflu 15 og á mynd 18. Ítarlegar niðurstöður eru í viðauka D.

Tafla 15: Yfirlit yfir sýni sem tekin voru við Dælisá í Kjós og niðurstöður mælinga á LS-stuðli.

	Votsigtað	Ljörvi		LS stuðull ^A	
		Purr-mæling	Vot-mæling	LS	Raki %
Sýni 1	X	X		7,0	36,9
Sýni 2	X	X		8,8	42,8
Sýni 3	X	X		7,1	42,1
Sýni 4	X		X	12,7	56,6

A: Meðaltal tveggja mælinga.


Mynd 18: Niðurstöður kornadreifingar allra sýna sem tekin voru við Dælisá í Kjós. Sýni 1 er af fullunnu efni, sýni 2 er af forbrotnu og forblönduðu efni (eftir íblöndun fínefnis, sbr. mynd 14), sýni 3 er af malarefninu eftir að það hefur verið forbrotið efni en fyrir íblöndun fínefnis og sýni 4 er af fínefni áður en því var blandað saman mölina. Sjá líka sýnatökustaðina á mynd 15.

5.3 Sjónarhorn framleiðandans

Til viðbótar því sem þegar hefur verið greint frá, þ.e. tilraunablöndum á rannsóknarstofu og tilraunablöndun í vegi, var rætt við Kristján Rúnar hjá Tak ehf. þann 8. janúar 2007.

Í máli Kristjáns kom fram að það sem skiptir höfuðmáli eru gæði grunnefnisins, það þarf að vera sterkt og gott. Samkvæmt reynslu Taks er best að blanda fínefni í malarefni sem er alveg brotið (100% brothlutfall). Einnig kom fram að mjög erfitt er að blanda feitu fínefni saman við sandríkt efni.

Annað atriði sem hefur áhrif á vinnsluna er veðurfar meðan á vinnslu stendur en afköst geta minnkað um allt að 20-30% ef unnið er í vætutíð. Það er umtalsvert, sérstaklega í ljósi þess að afköst eru allt að 50% minni við íblöndun fínefna miða við vinnslu án íblöndunar.

Eftirfarandi hefur valdið mestum erfiðleikum við íblöndun fínefna:

- Við formötun:
 - Hristimatarar valda miklum erfiðleikum.
 - Beltamatarar eru mun betri. Tak lét smíða einn slíkan fyrir sig sem hefur reynst vel (þ.e. eftir að hann komst í gagnið, tók tvö ár að fá hann til að virka).
- Við hörpun.
- Yfirleitt ekki eins erfitt að eiga við brjótana sjálfa.

Af ofangreindu má ráða að dýrara er að vinna malarslitlagsefni þegar beitt er íblöndun fínefna. Það er að öllu jöfnu ekki tilgreint sérstaklega í tilboðum þegar malarslitlagsefni er unnið á þennan hátt.

Kristján Rúnar sá fyrir sér að best væri að koma fyrir tættara / matara sem skammtaði fínefnið inn í grunnefnið að loknu broti þ.a. fínefnið færi aldrei í brjótana. Hann telur að slíkur búnaður sé til, hann hefur bara ekki fundið hann enn.

6. Kostnaðarreikningar

Fínefni sem hefur þá eiginleika sem leitað er að í malarslitlög þyrfti víðast hvar að flytja að. Reiknaður var út kostnaður við slíkan flutning. Reiknað var fyrir lokablöndur með 8% fínefnisinnihaldi, 10% og 15% fínefnisinnihaldi. Í öllum dæmunum var hagstæðara að flytja leir til íblöndunar í grófara malarefni í samanburði við þann kostnað sem til fellur vegna klæðningar, að gefnum forsendum.

Miðað var við að notuð væri mól með 5–8% fínefnisinnihald á móti leir með 35%–70% fínefnisinnihald. Mölin væri unnin á staðnum en leirinn væri aðfluttur. Lokaafurðinni var skipt í þrjá flokka 8% fínefnisinnihald, 10% og 15%. Til að lýsa hvernig blanda skulu leirnum og mölinni er notast við eftirfarandi formúlu:

$$m_{möl} = \frac{m_{alls} \cdot P_{alls} - m_{alls} \cdot P_{leir}}{P_{möl} - P_{leir}} \quad (1)$$

þar sem m_{alls} er óskgildi framleidda malarslitlagsins, P_{alls} er hlutfall fínefnis í framleidda malarslitlaginu, P_{leir} er hlutfall fínefnis í leir og $P_{möl}$ er hlutfall fínefnis í mól.

Á eftirfarandi töflu má sjá hversu mikið magn af mól þarf að nota á móti leirnum, við framleiðslu á einni massaeygingu (3100 tonn/km) af malarslitlagi með misumunandi hlutfalli af fínefni.

Tafla 16: Yfirlit yfir magn malar og leirs, þ.e. hversu mikinn leir þyrfti á móti mól til að framleiða eina massaeygingu af malarslitlagi.

Fínefnisinnihald	m_2 (leir) [tonn]	m_1 (möl) [tonn]	$m_1 + m_2$ [tonn]	P_2	Íblöndun leirs
5% í mól, 35% í leir	310,0	2.790,0	3.100,0	10,0%	8%
5% í mól, 70% í leir	143,1	2.956,9	3.100,0	4,6%	8%
8% í mól, 35% í leir	0,0	3.100,0	3.100,0	0,0%	8%
8% í mól, 70% í leir	0,0	3.100,0	3.100,0	0,0%	8%
5% í mól, 35% í leir	516,7	2.583,3	3.100,0	16,7%	10%
5% í mól, 70% í leir	238,5	2.861,5	3.100,0	7,7%	10%
8% í mól, 35% í leir	229,6	2.870,4	3.100,0	7,4%	10%
8% í mól, 70% í leir	100,0	3.000,0	3.100,0	3,2%	10%
5% í mól, 35% í leir	1.033,3	2.066,7	3.100,0	33,3%	15%
5% í mól, 70% í leir	476,9	2.623,1	3.100,0	15,4%	15%
8% í mól, 35% í leir	803,7	2.296,3	3.100,0	25,9%	15%
8% í mól, 70% í leir	350,0	2.750,0	3.100,0	11,3%	15%

Reikniforsendur

Miðað er við 25 ára líftíma og umferð < 100 bílar/dag. Öll einingarverð taka mið af líftíma. Öll verð taka mið af vísitölu í desember 2006.

Klæðningarkostnaður við 6 m breiðan veg (slitlag 5,5 m á breidd) er um 2080 kr/m² (6,5 milljón kr/km), fyrsta yfirlögn er eftir 8 ár og síðan á fimm ára fresti.

Í malarslitlagi er miðað við að eðlismassinn sé um $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$, það er lagt út í 7 cm þykkt í upphafi og bætt er við efni í veginn á nokkurra ára fresti, malarslitlagið er 5 m á breidd. Miðað er við 1 cm í viðbót á hverju ári. Í einn kílómetra þarf því um 3100 tonn/km. Heflað er á fjögurra ára fresti, kostnaður við heflun er 252,52 kr/m². Kostnaður við mölun er um 400 kr/tonn, malarnámur eru víða og kostnaði við hvert flutt tonn má lýsa með eftirfarandi formúlu:

$$C = 24,376 \cdot S_{flutt} + 45,366 \quad (2)$$

þar sem C er kostnaður við hvert flutt tonn og S_{flutt} er flutningsvegalegd.

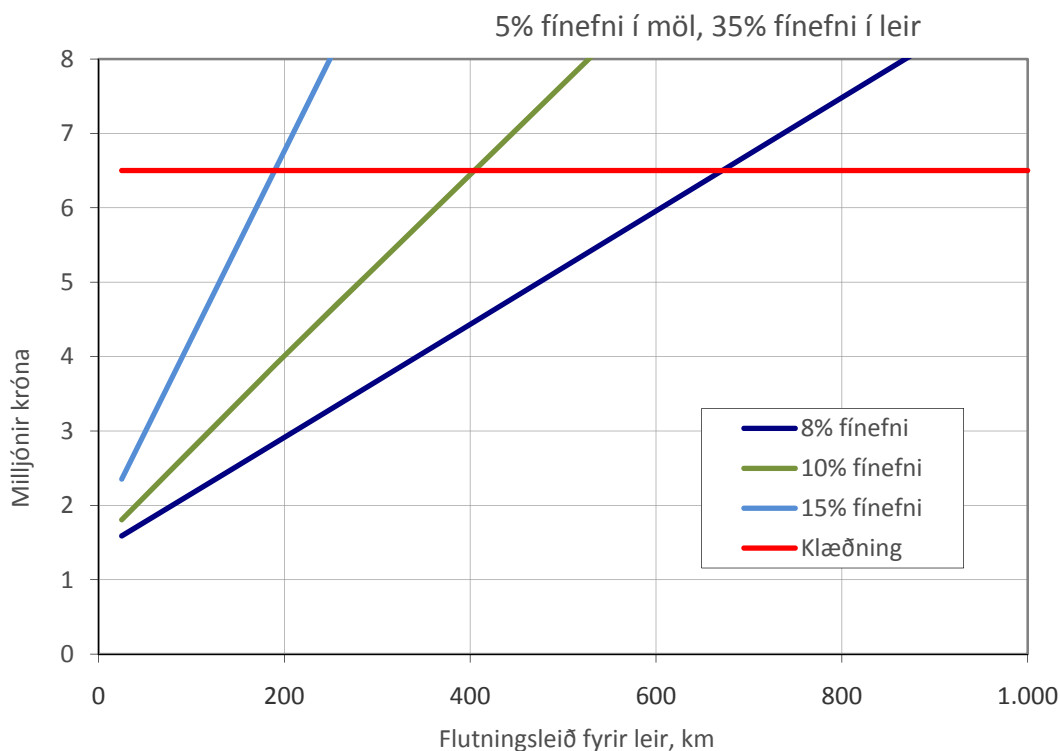
Lagningu malarslitlags má lýsa með eftirfarandi formúlu:

$$C = S_{möl} \cdot m_2 \cdot C_{möl} + S_{möl} \cdot C_{heflun} + m_{möl} \cdot S_{möl} \cdot (24,376 \cdot S_{flutt} + 45,366) \quad (3)$$

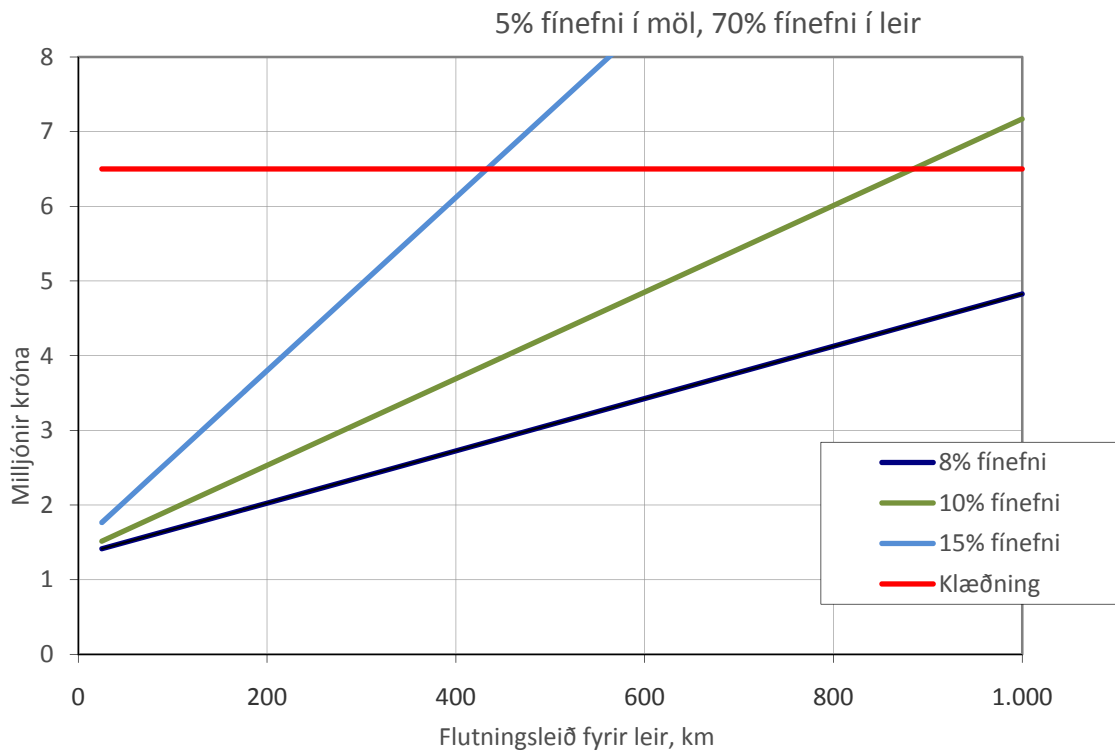
þar sem C er heildarkostnaður, $S_{möl}$ er lengd malarslitlagsins, m_2 er massi malarinnar fyrir íblöndun, C_{heflun} er kostnaður við heflun, S_{flutt} er flutningsvegalegd malarinnar fyrir íblöndun.

Niðurstöður kostnaðarreikninga eru sýndar á myndum 19 til 22 en línuritin á myndunum lýsa því hvernig kostnaður breytist m.t.t. flutningsvegalegdar leirs. Kostnaður við klæðningu er sýndur sem fasti til samanburðar.

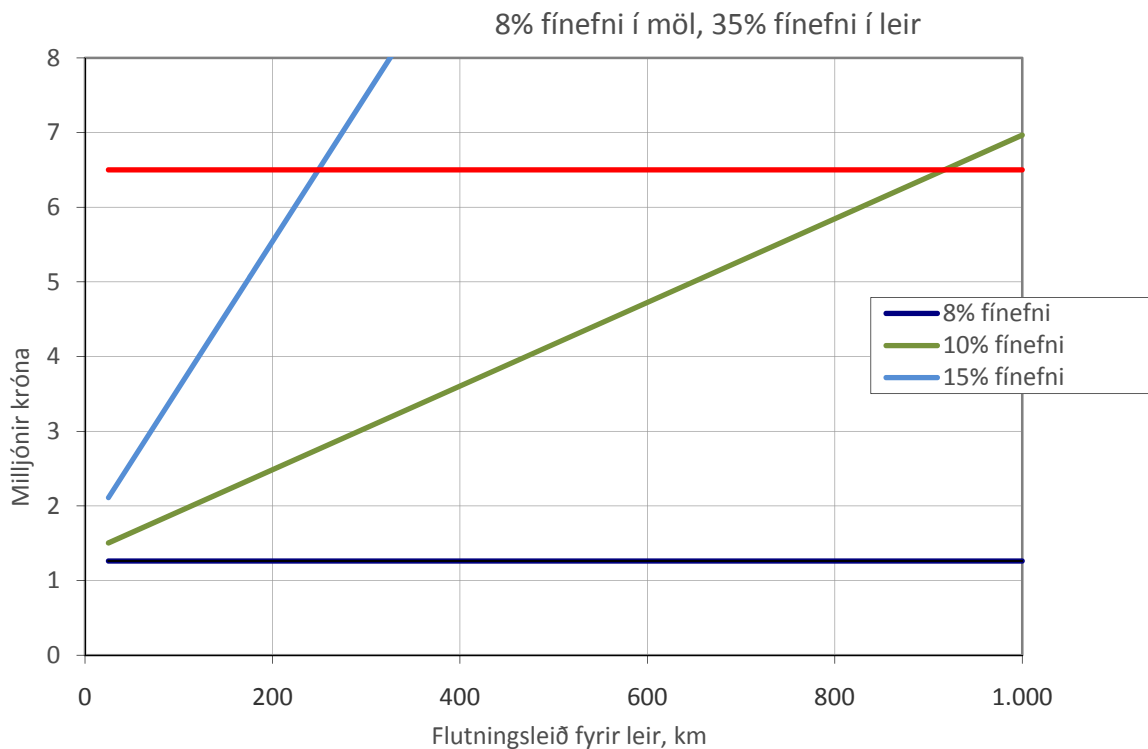
Núllpunktgreining er gefin upp tölulega þó í mörgum tilfellum sé núllpunkturinn langt umfram þá vegalegd sem leirinn væri fluttur, sjá töflu og línurit á mynd 23.



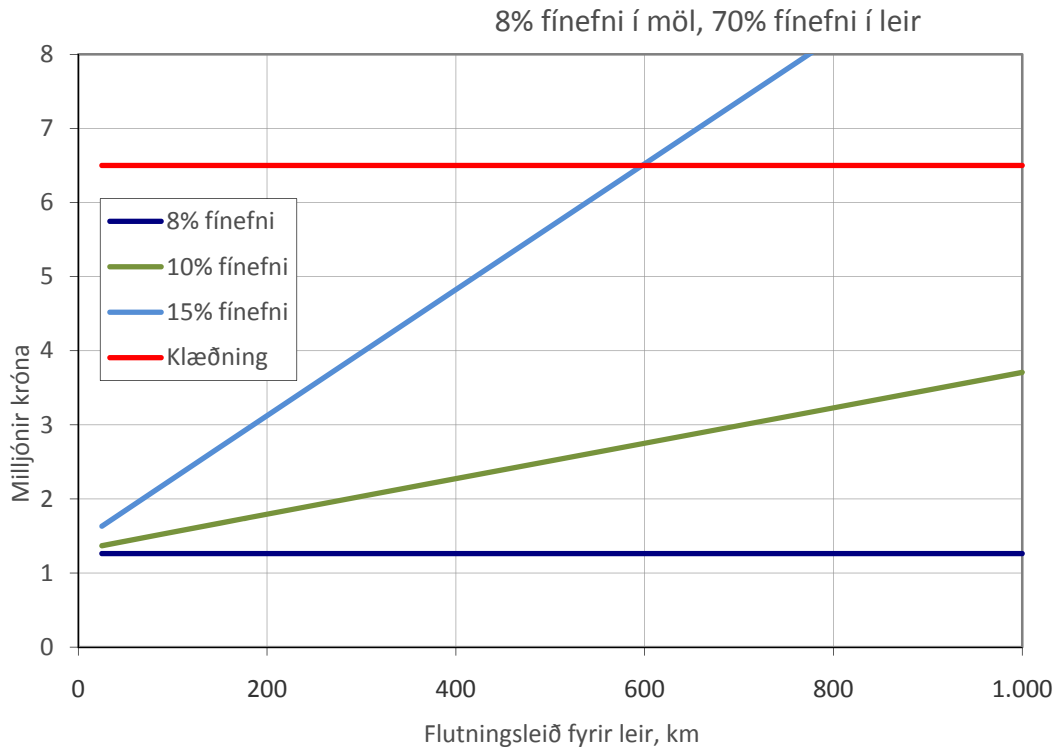
Mynd 19: Dæmi 1. Kostnaður vegna flutnings á leir miðað við að fínefnisinnihald leirs væri 35% og malar 5%. Núllpunktgreining: Við 8%: 675 km, við 10%: 398 km og við 15%: 190 km.



Mynd 20: Dæmi 2. Kostnaður vegna flutnings á leir miðað við að fínefnisinnihald leirs væri 70% og malar 5%. Núllpunktgreining: Við 8%: 1483 km, við 10%: 883 km og við 15%: 432 km.



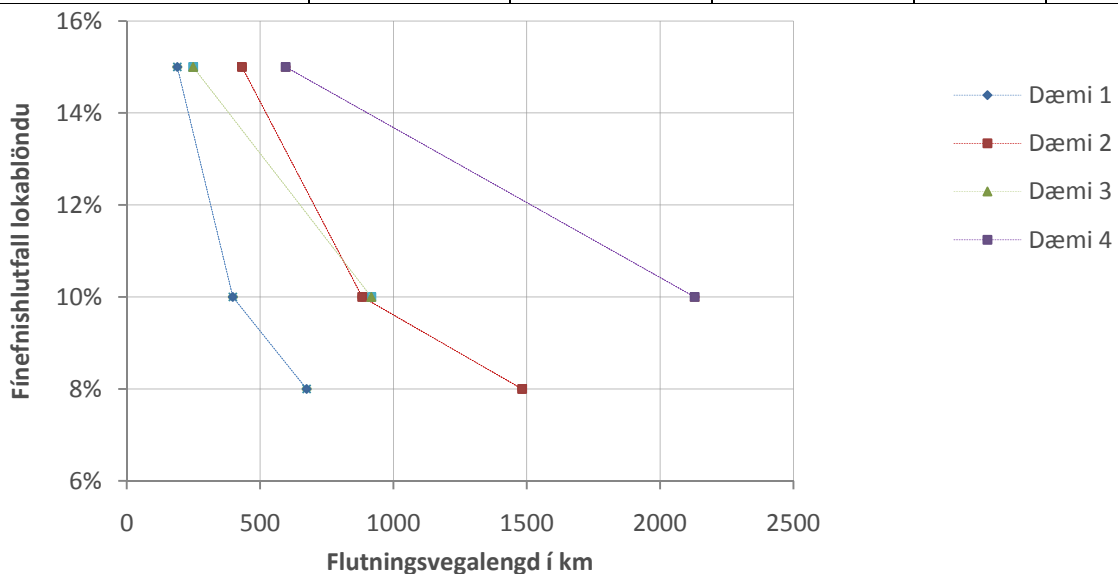
Mynd 21: Dæmi 3. Kostnaður vegna flutnings á leir miðað við að fínefnisinnihald leirs væri 35% og malar 8%. Núllpunktgreining: Við 8%: Á ekki við, við 10%: 917 km og við 15%: 249 km.



Mynd 22: Dæmi 4. Kostnaður vegna flutnings á leir miðað við að fínefnisinnihald leirs væri 70% og malar 8%. Núllpunktgreining: Við 8%: Á ekki við, við 10%: 2130 km og við 15%: 596 km.

Mynd 23: Niðurstöður núllpunktgreiningar, þ.e. hversu langa vegalengd hægt er að flytja leir til íblöndunar í malarslitlagsefni áður en kostnaður verður umfram kostnað við klæðningu. Miðað er við þær forsendur sem gefnar eru í texta.

Fínefnishlutfall lokablöndu →	8%	10%	15%	Fínefnishlutfall í:	
				Möl	Leir
Dæmi 1	675 km	398 km	190 km	5%	35%
Dæmi 2	1483 km	883 km	432 km	5%	70%
Dæmi 3	Á ekki við	917 km	249 km	8%	35%
Dæmi 4	Á ekki við	2130 km	596 km	8%	70%





Með hliðsjón af forsendum þessara fjögurra dæma er niðurstaðan sú að hagstæðara er að flytja leir til íblöndunar í grófara malarefni í samanburði við þann kostnað sem til fellur vegna klæðningar, flutningsvegalengd er allt frá 190 km og upp í rúma 2000 km. Niðurstöðurnar benda til þess að tiltölulega lágt fínefnishlutfall (8-10% í lokablöndu) réttlæti lengri flutningsleið en tiltölulega hátt fínefnishlutfall. Miðað er við 25 ára líftíma og umferð < 100 bílar/dag. Í malarslitlagi er miðað við að það sé lagt út í 7 cm þykkt í upphafi og bætt við efni í veginn á nokkurra ára fresti. Malarslitlagið er 5 m á breidd og árleg viðbót er 1 cm á hverju ári. Klæðningarkostnaður miðast við 6 m breiðan veg (slitlag 5,5 m á breidd), fyrsta yfirlögn er eftir 8 ár og síðan á fimm ára fresti. Öll einingaverð taka mið af líftíma og taka mið af vísitölu í desember 2006.

7. Samantekt

- Malarvegir eru tiltölulega ódýrir og einfaldir í útlögn. Þeir eiginleikar efnisins sem mestu máli skipta eru kornadreifing, kornalögun, fínefnahlutfall og hlutfall leirs. Hafa má áhrif á þessu eiginleika með rétttri vinnsluáferð og vönduðu efnisvali. Síðan þarf að gæta þess að vandað sé til verks við veghönnun, útlögn og viðhald.
- Niðurstöður íslenskrar rannsóknar frá 1975 sýndu að ákvörðun á kornastærðum væri heppilegasta aðferðin til að meta gæði malarslitlaga með einföldum prófunum, að því gefnu að umferð væri 200-300 bílar á dag.
- Á grundvelli prófana í tengslum við athugun á sambandi endingar í vegi og gæðum fjögurra malarslitlagsefna var sett fram tillaga um samband endingar ofaníbúðar og Bg stuðuls en þær tillögur rötuðu aldrei í verklýsingar.
- Í íslenskum hluta norrænnar rannsóknar frá árunum 1977-1982 var sagt stuttlega frá reynslu af malarslitlögum sem gerð voru úr framhlaupi í fjöllum þar sem leirlög eru áberandi. Slík malarslitlög voru viðkvæm fyrir verklagi við útlögn en þar sem þau náðu að setjast þurftu þau lítið viðhald, héldu vel í sér raka og misstu ekki burðarþol þrátt fyrir langvarandi úrkomu. Í sömu rannsókn kom fram að samræmi á milli mats á slitlagi og sáldursferils var alls ekki marktækt. Það misræmi mátti að einhverju leyti skýra með því að það var ekki sami einstaklingur sem mat slitlögin.
- Átta tilraunakaflar voru lagðir árið 1994, fjórir úr möluðu bögglabergi og fjórir úr áreyrarefni. Lausamöl og steinkast reyndist meira í áreyrarefninu en í bögglaberginu en holur voru fleiri, stærri og dýpri og brúnir þeirra hvassari í bögglabergsefninu.
- Tilraunir með rykbindingu sumrin 1976 og 1993 sýndu að það eru einkum magn og gæði fínefnisins sem virðist hafa úrslitaáhrif á rykbindingu. Sömu tilraunir sýndu að Dustex virðist vera hægt að nota í mjög fínefnaríku og leirkenndu malarslitlagi en það sama átti ekki við um malarslitlög með siltkenndu fínefni. Tilraunirnar sýndu jafnframt að ýmislegt virðist benda til að aðalkostur kalsíumsklóriðs sem rykbindiefni sé hæfileiki þess til að harðna í slitlaginu og mynda, ásamt fínefnunum, slitsterka skel í yfirborði slitlagsins og vernda þannig slitlagið og um leið halda raka í veginum. Það er reynsla þjónustustjóra Vegagerðarinnar á Vesturlandi, að rykbindiefni hafa bætandi áhrif á gæði malarslitlaga og lengja líftíma þeirra.
- Ein af niðurstöðum rannsóknarverkefnis um fínefni er að þungahlutfall efnis sem er smærra en 0,075 mm virðist hafa umtalsverð áhrif á gæði og endingu íslenskra malarslitlaga. Þessar niðurstöður eru samhljóma erlendum rannsóknum sem gefa vísbendingar um að samhengi sé á milli leirinnihalds og þjálmi annars vegar og endingar slitlags hins vegar. Þetta getur t.d. lýst sér á þann hátt að með leirinnihaldi í kring um 5-20% og aukinni þjálmi upp að 12 eða þar um bil aukist gæði og ending malarslitlags. Hæfilegt leirinnihald og þjálnimörk tekur hins vegar mið af veðurfari.
- Í nýlegu vefriti Vegagerðarinnar eru gerðar kröfur um kornadreifingu, fínefnisinnihald og leirhlutfall, rýrnunarstuðul, berggreiningu, styrkleikapróf, brothlutfall og kornalögun.
- Erlendis er víða mælt með vandaðri veghönnun og framkvæmd við útlögn ásamt virku framkvæmdaeftirliti samhliða því að vandað sé til viðhalds. Þetta sé áhrifaríkasta leiðin til tryggja endingargott malarslitlag.
- Víða var leitað fanga til að afla upplýsinga um reynslu / verklag vegna vinnslu á malarslitlags-efni, einkum m.t.t. íblöndunar fínefnis, en án árangurs. Ef til vill liggur skýringin að hluta til í því að íslenskir framleiðendur glíma við vandamál sem eru ólík því sem erlendir stallbræður þeirra



fást við. Almennt séð er lítið af þjálmum fínefnum á Íslandi en þessu er öfugt farið í flestum öðrum löndum. Þegar hér er aflagð fanga um hvernig erlendis starfsbræður fara að því að tryggja að þjálni fínefnishlutans sé nægur er það óþekkt vandamál erlendis þar sem frekar þarf að leita leiða til að minnka þjálnina.

- Kröfur um fínefnisinnihald í ýmsum erlendum verklýsingum eru ólíkar en í Noregi er gerður greinarmunur á því hvort efnið er unnið úr lausum jarðlögum (7-17%) eða malað úr klöpp (5-9%). Þar eru einnig gerðar kröfur um rýrnunarstuðul, 2-5% þar sem ársmeðalúrkoma er < 1000 mm / ár og < 3% þar sem úrkoman er meiri.
- Aðspurðir voru íslenskir framleiðendur sammála um að helstu erfiðleikar við framleiðslu malarslitlagsefna væri að of mikil fínefni festust í rennum, hörpum, böndum og brjótum og þar væri helst raka í fínefnum og veðurfari um að kenna.
- Við mat á um 80 haugum Vegagerðarinnar vítt og breitt um landið var það huglægt mat deildarstjóra Vegagerðarinnar að kornadreifing, magn og gerð fínefna og styrkur steinefna væru þeir þættir helst einkenndu þá hauga sem hefðu reynst vel. Þeir haugar sem höfðu reynst illa, sé miðað við huglægt mat deildarstjóranna, áttu þeir það helst sameiginlegt að brothlutfall var lágt og eins var tilgreint gerð fínefna. Aðrir þættir, eins og magn fínefna, of veik steinefni eða kornakúrfu var tilgreint í færri tilfellum.
- Ekki var hægt að ráða í landfræðilega flokkun á malarslitlagsefni með hliðsjón af mati deildarstjóranna enda var matið huglægt og engar mælistkur gefnar upp til leiðbeiningar við mat á gæðum.
- Gerð var tilraun á rannsóknarstofu með íblöndun fínefnis í malarslitlagsefni og nokkrir efniseiginleikar mældir. Blanda með 9% fínefnisinnihaldi mældist með LS stuðul 3,7 og hlutfall leirs (efni < 0,002 mm) af fínefni er 14,9%. Blanda með 12% fínefnisinnihaldi mældist með LS stuðul 5,2 og leir var 15,4% af fínefninu. Báðar blöndurnar uppfylltu kröfur Vegagerðarinnar fyrir malarslitlagsefni.
- Gerð var tilraun í vegi með íblöndun fínefnis í malarslitlagsefni við Dælisá í Kjós. Fínefnisinnihald blöndunnar var 10%. Niðurstöður mælinga á henni sýna að þessi blanda uppfyllir kröfur vefrits Vegagerðarinnar um kornakúrfu, hlutfall leirs af fínefnishlutanum og LS-stuðul en aðrar mælingar voru ekki gerðar.
- Í samtali við efnisframleiðanda kom fram að dýrara er að vinna malarslitlagsefni þegar beitt er íblöndun fínefna. Að öllu jöfnu er ekki tilgreint sérstaklega í tilboðum þegar malarslitlagsefni er unnið á þennan hátt. Aðspurður sá fyrir sér að best væri að koma fyrir tættara / matara sem skammtaði fínefnið inn í grunnefnið að loknu broti þ.a. fínefnið færi aldrei í brjótana. Hann taldi að slíkur búnaður væri til en hafði ekki fundið hann enn.
- Fínefni sem hefur þá eiginleika sem leitað er að í malarslitlög þyrfti víðast hvar að flytja að. Reiknaður var út kostnaður við slíkan flutning. Reiknað var fyrir lokablöndur með 8% fínefnisinnihaldi, 10% og 15% fínefnisinnihaldi. Í öllum dæmunum var hagstæðara að flytja leir til íblöndunar í grófara malarefni í samanburði við þann kostnað sem til fellur vegna klæðningar, að gefnum ákveðnum forsendum.

8. Heimildir

¹ Ásbjörn Jóhannesson, Gunnar Bjarnason, Pétur Pétursson og Þórir Ingason 2004: *Fínefni í malar-slítlög*. BUSL skýrsla E-44.

² Vefrit Vegagerðarinnar: Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. <http://vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/leidbeiningar-og-stadlar/efnisrannsoknir/>

³ Jón Skúlason 1975. *Athuganir á malarlitolögum*. Lokaskýrsla, T – 1/74. Vegagerð ríkisins, Reykjavík.

⁴ Veggerðin 1985: *Vegagerð. Almenn verklýsing*. Veggerðin, Reykjavík.

⁵ Veggerðin 1995: *Alverk '95. Almenn verklýsing fyrir vega- og brúargerð*. Veggerðin, Reykjavík.

⁶ Almenna verkfræðistofan 1979: *Athugun á malarlitolögum*. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. Almenna verkfræðistofan, Reykjavík.

⁷ FUG/ÁJ 1982: *Leirblandet slitelagsgrus*. Minnisblað dagsett 82-05-27. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík

⁸ Ásbjörn Jóhannesson 1980: *Endurbætur á malarvegum og viðhald þeirra (FUG)*. Áfangaskýrsla 1. V121. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík.

⁹ Ásbjörn Jóhannesson 1998: *SLAG 1997*. Stöðuskýrslur. Keldnaholti.

¹⁰ Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins 1985: *Rykbinding malarlitolaga*. Lokaskýrsla. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík.

¹¹ Sigurpór Guðmundsson og Helgi Júlíusson 1995: *Skýrsla um rykbinditilraunir framkvæmdar 1993 og 1994*. Veggerðin, framkvæmdadeild. Reykjavík.

¹² Hreinn Haraldsson 1994: *Eiginleikar efna í malarlitolög*. Í: *Ráðstefna um þjónustu og viðhald malarvega 1994*. Veggerðin, Reykjavík.

¹³ Þórir Ingason og Edda Lilja Sveinsdóttir 1996. *Fínefni í malarlitolög*. Áfangaskýrsla BUSL. Efnisgæðanefnd. Skýrsla E-10. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík.

¹⁴ Þórir Ingason og Edda Lilja Sveinsdóttir 1996. *Fínefni í malarlitolög*. Áfangaskýrsla BUSL. Efnisgæðanefnd. Skýrsla E-10. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík.

¹⁵ Håndbok 018, 2009: *Vegbygging*. Kapittel 6: Grusdekker. Statens vegvesen, Veidirektoratet, Oslo.

¹⁶ Allmän teknisk beskrivning, 2003:
http://www.vv.se/publ/blank/bokhylla/ATB/atb_vag/Texter_2003/E.pdf.

¹⁷ Johansson K. 2005: Grusvägars uppbyggnad, nedbrytning och underhåll En litteraturstudie med inriktning mot tillämpning av planeringsverktyget HDM-4. Luleå tekniska universitet. Research report.

- ¹⁸ Federal Highway Administration, LTAP: <http://www.ltapt2.org/gravel/gravelroads4.htm>.
- ¹⁹ Center for Dirt and Gravel Road Studies, DSAS, 2003: http://www.mri.psu.edu/centers/cdgrs/Downloads/Aggregate_handbook_101303.pdf.
- ²⁰ Valkonen A. 2002: Modeling Gravel Road Detioration. *9th Nordic Aggregate Research Conference, 12-14 September 2002, Reykjavik, Iceland.*
- ²¹ Dierks K. 1992: *Technical Aspects for Appropriate Low-Volume Roads in Namibia.*
- ²² Pearce E.A. & Smith, C.G 1980: *The World Weather Guide.* 2. ed. Hutkinson
- ²³ IFG 2004: http://www.otis-connect.com/subsites/documents/document_view.asp?siteid=1&id=3
- ²⁴ DSAS: <http://www.dirtandgravelroads.org/>
- ²⁵ Keller G. & Sherar J., 2003: *Low-Volume Roads Engineering. Best Management Practices Field Guide.* USDA Forest Service/USAID; <http://www.zietlow.com/manual/gk1/chapter12.pdf>
- ²⁶ Field Operations Manager, South Dakota Local Technical Assistance Program (<http://www.usroads.com/journals/rmej/0006/rm000601.htm>)
- ²⁷ Danielsen S.W. 2006, tölvupóstsamskipti, sjá viðauka A.
- ²⁸ Myhre Ø. 2006, tölvupóstsamskipti, sjá viðauka A.

Viðauki A – Samskipti

Vegagerðin, Borgarnesi: Um rykbindingu

Svein Willy Danielsen, Noregi: Um verklag í Noregi

Øystein Myhre, Noregi: Um íblöndun fínefna



MANNVIT
VERKFRÆÐISTOFA

Vegagerðin, Borgarnesi: Um rykbindingu



Dagsetning: 16.02.2006 Kl. 14:47

Efni: Fw: Rykbinding

Skjalið:

Ingvi Árnason
<ingvi.arnason@vegagerdin.is>
16.02.2006 14:47

To "Petur Petursson" <petursson.p@rabygg.is>, Gunnar Bjarnason
<gunnar.bjarnason@vegagerdin.is>, thh@honnun.is,
wigum@honnun.is
cc
bcc
Subject Fw: Rykbinding

Sæl.

Sendi ykkur samantekt frá Bjarna Johansen um rykbindiefni.

Fljótt á litið þá er rykbinding dýr og getur vart keppt við gott malarslitlag sýnist mér

Ingvi Árnason
Deildarstjóri viðhalds og þjónustu
Norðvestursvæði
Vegagerðin Borgarnesi
ia@vegag.is
Sími 522-1540 GSM 893-3605

----- Forwarded by Ingvi Árnason/BNE/Vegagerdin on 16.02.2006 14:40 -----

Bjarni H Johansen/BNE/Vegagerdin

16.02.2006 13:48

To Ingvi Árnason/BNE/Vegagerdin@Vegagerdin
cc
Subject Rykbinding

Kv.

Bjarni H. Johansen,
Þjónustustjóri Vesturlandi
Borgarbraut 66.
310 Borgarnesi,
GSM: 893 8511
Beinn sími: 522 1561
Póstfang: bhj@vegagerdin.is

-++++-++++-++++-++++-++++-++++-++++-++++-++++-++++-



- Bæta malarslitleg með rykbindiefni.doc

Hugleiðingar um Rykbindingu

Það er enginn vafa á að notkun rykbindiefna hefur haft bætandi áhrif á gæði malarslitlaga og lengt líftíma þeirra. Má t.d. nefna vegi á Snæfellsnesi þar sem til skamms tíma var aðgengilegt mjög ódýrt salt og því notað í meira mæli en venja er, eða allt að 7 tonn á km að þar hafa malarslitlög verið áberandi betri en t.d. í Borgarfirði.

Í tilraun með rykbindiefni í Borgarfirði, sem stóð yfir 1993 – 1994 og (Áb.m. Sigurþór Guðmundsson), kom fram að salt virtist kristallast í slitlaginu og styðja við fínefnauppbyggingu þess.

Fyrir liggur að viðvarandi notkun á Dustex rykbindiefni hefur vissa langtíma virkni á slitlög og virðist einnig auka burð í vegum. Þetta rykbindiefni hentar best í fínefnasnaud malarslitlög (sendin)

Fyrir liggur að Svíar hafa náð góðum árangri við að rykbinda malarslitlagsefni sem unnið er úr bergi og malað í 0 – 12 og 14 mm. Þá er verið að vitna í CaCl.

Klórinn tekur til sín raka úr andrúmsloftinu og þarf því ekki endurbleytingu þó þurrviðrasamt sé eins og títt hefur verið s.l. sumur. Saltið hefur hins vegar þarf mikla endurbleytingu með tilheyrandi kostnaði.

Ekki liggja fyrir áreiðanlegar tölur um kostnað og eru neðangreindar tölur um vinnuliðinn nokkuð óvissar.

Reiknað er með 4 tonnum af NaCl á km, 2 t. af CaCl og 1,5 t. af Dustex á km. og 6 m breidd á vegi.

Tegund	Einingaverð efnis (kr/tonn)	Kostnaður kr/m ²	Ending (vikur eða innbyrðis hlutfall endingar)	Athugasemdir
Salt	11.000	12,3	12 vikur með hæfilegri úrkomu eða bleytingu	Aukakostnaður verulegur v. bleytingu
Kalsiumklóríd	50.000	20,8	12 vikur	
Dustex	55.000	17,90	12 vikur	Skilar sér milli ára
Annað, hvað?				

NB. Vegir rykbundnir með salti eru sjaldnast ryklausir, nema þar sem fínefni eru hvað mest/best.

BHJ - Febr. 2006

Svein Willy Danielsen, Noregi: Um verklag í Noregi



Dagsetning: 02.09.2005 Kl. 11:08

Efni: **FW: Grusveier**

Skjalið:

"Svein Willy Danielsen"
<swdaniel@online.no>

02.09.2005 11:08

To "Börge Johannes Wigum" <wigum@honnun.is>, "Þorbjörg
Hólmgeirsdóttir" <thh@honnun.is>

cc

bcc

Subject

Denne sendte jeg på mandag, mulig det var storm i Nordsjøen.

sw

-----Original Message-----

From: Svein Willy Danielsen [mailto:swdaniel@online.no]

Sent: 29. august 2005 10:49

To: 'Börge Johannes Wigum'

Cc: 'Þorbjörg Hólmgeirsdóttir'

Subject: RE: Grusveier

Hei, har hatt et par samtaler med Dalhaug.

Problemet (og erfaringene) i Norge går mer på at det er for mye enn for lite finstoff i massene, derfor er det lite erfaringer med akkurat det dere spør etter.

Pga nedknusing under bruk kjører man gjerne på litt grovere masser enn det man egentlig skal ha. Tilsiktet kurve etc er 7-17% < 63 mikron, Dmax 16 mm og en fulleraktig kurve.

Det brukes gjerne lavere finstoffinnhold i forb med knust masse enn med naturgrus, pga forventning om mer nedknusing under bruk. Hvis glimmerinnhold (og evt kalkinnhold) > 12% skal sammensetningen vurderes spesielt.

Testmetoder - relateres til CBR, tester vannfølsomhet i lab., måler LS-verdi (lineær krympning), mek. egenskaper er LA-verdi - men gradering er viktigst. Ref er kap 61 i Håndbok 018, samt Håndbok 014 mht analysemetoder.

Kan ikke legge ut grusdekke direkte på steinfylling - blir bare støv (vannhusholdning).

Litt diskusjon rundt det å sette til finstoff:

- Et problem generelt med finstoff (sammen m fukt) er at det henger seg fast på platten, og blir håpløst å legge ut.
- Finnene har prøvd seg med å stabilisere grove grusdekker med sement (men bare utenfor tettbygd strøk pga støvingen). Da spredte de først, og freste etterpå.

- Man kan tenke seg et opplegg tilsvarende som ved bruk av kalkspreder (tørt), og legge grus og finstoff lagvis, for deretter å frese dette sammen in-situ.
- Alternativet er å slemme opp finstoffet i en slurry, som tilsettes våt (muligens bedre kontroll med fuktighet i utleggingsfasen).
- Ingen norsk erfaring med bruk av leire. Hvis man skal få til bruk av leire (rent praktisk ved utlegging), må man vel enten tørke og male (legge ut i lag og frese), eller suspendere i en form for slurry.
- Skal man seriøst vurdere bruk av leire, må jo også teleproblematikken tas tak i.

Det var så langt vi kom. Det kan se ut til å være et potensiale for nyutvikling her, tilpasset lokale materialer. Ring gjerne hvis dere vil diskutere mer. Dalhaug har telefon +47 934 64 776.

mvh
sw

-----Original Message-----

From: Børge Johannes Wigum [mailto:wigum@honnun.is]
Sent: 25. august 2005 11:37
To: Svein Willy Danielsen
Cc: Þorbjörg Hólmgeirsdóttir
Subject: Re: Grusveier

Svein Willy

Takker for kontakten din med Dalhaug.

Det vi er interessert i er erfaringer om hvilke eventuelle metoder som benyttes for å blande inn finstoff i grusdekker, hvordan dette gjøres og hvilket finstoff som benyttes (eksempelvis feitt leire).

I Norge er det krav om lav IP verdi for finstoff - her til lands er det derimot spekulasjoner om å benytte betydelig høyere IP verdi.

Vi lurar også på om, og eventuelt hvilke iblandingsmaterialer som benyttes for å forbedre grusdekkers egenskaper.

Kær kveðja - Vennlig hilsen - Best regards

~~~~~  
Dr. Børge Johannes Wigum  
Jarðverkfræðingur - Ingeniørgeolog - Engineering Geologist  
E-mail: wigum@honnun.is  
Beinn sími - Direkte tel. - Tel. direct : +354 510 4030  
GSM/Mobile: +354 896 0756

Hönnun hf Consulting Engineers  
Grensásvegur 1  
108 Reykjavík  
ICELAND  
Sími - Tel. : +354 510 4000  
Fax : +354 510 4001  
heimasíða - hjemmeside - website: www.honnun.is  
~~~~~

"Svein Willy
Danielsen"

<swdaniel@online.
no>

"Børge Johannes Wigum"

To

<wigum@honnun.is>

25.08.05 08:41

cc

Subject

Grusveier

Snakket nettopp med Dalhaug i SVV. Han mener han har en del stoff på dette, men han er opptatt i møter i dag. Han sitter i Trondheim, så vi ble enige om å sette oss ned og gå gjennom litt over bordet en av de første dagene (han tar kontakt).

Det kunne være fint om dere mailet over noen ord om den aktuelle problemstillingen litt konkret, så vi er sikker på at de riktige spørsmålene tas opp.

mvh
sw



MANNVIT
VERKFRÆDISTOFA

Øystein Myhre, Noregi: Um íblöndun fínefna



MÓTTEDIÐ

Dagsetning: 26.05.2005 Kl. 15:46

Efni: SV: SV: Finstoff i grusdekker

Skjalið:

Myhre Øystein
<oystein.myhre@vegves
en.no>

To <thh@honnun.is>

cc

26.05.2005 15:46

bcc

Subject SV: SV: Finstoff i grusdekker

History: This message has been forwarded.

Dear Þorbjörg,

Thank you for your mail.

Unfortunately, I do not know of anyone who has this type of "hands-on" experience. Furthermore, The Norwegian Public Roads Administration does not have their own production facilities anymore. I suggest that you get in contact with some of the large contractors, hopefully they could direct you to the right person(s). For instance Mesta AS, Veidekke ASA, Skanska Norge. Other contractors should be tried as well.

<http://www.mesta.no>
<http://www.veidekke.no>
<http://www.skanska.no>

Best regards,
Øystein Myhre

-----Opprinnelig melding-----

Fra: thh@honnun.is [mailto:thh@honnun.is]
Sendt: 25. mai 2005 15:11
Til: Myhre Øystein
Kopi: Börge Johannes Wigum
Emne: SV: Finstoff i grusdekker

Hello Myhre,

Börge Wigum has been in contact with you regarding "finstoff i grusdekker" and forwarded to me the info supplied by you. Thank you for that information.

I have another question, could you direct me to a person that has "hands-on" experience of processing material for gravel roads?

Með kveðju,
Þorbjörg Hólmgeirsdóttir

Beinn sími/Tel: +354 510 4086
GSM/Mobile: +354 862 7162

Hönnun hf.

Grensásvegur 1
108 Reykjavík
Iceland
Sími/Tel: +354 510 4000
Fax: +354 510 4001
Web: www.honnun.is

Börge Johannes
Wigum/Hönnun/IS

24.05.2005 08:47

Þorbjörg
Hólmgeirsdóttir/Hönnun/IS@Honnun

To

cc

Subject

Hönnun - Fw: SV: Finstoff i
grusdekker

----- Forwarded by Börge Johannes Wigum/Hönnun/IS on 24.05.2005 08:46 -----

Myhre Øystein
<oystein.myhre@ve
gvesen.no>

24.05.2005 07:24

<wigum@honnun.is>

To

cc

Subject

SV: Finstoff i grusdekker

Hei Börge

Jeg har f.t. ikke noe konkret om dette. Det fantes i sin tid et veiledningshefte om vedlikehold av grusveger, men så vidt jeg erfarer inneholdt det ikke noe spesifikt om metoder/materialvalg for tilsetning av finstoff. Det finnes nok en del mer litteratur - artikler o.a. - men det er ikke systematisert og jeg besitter ikke noe av det selv.

Mulig du kan finne noe i utenlandsk litteratur. Her er en link til en amerikansk side hvor du finner en ganske fyldig rapport om grusveger (kan lastes ned, er på 36 MB).

<http://www.wsdot.wa.gov/TA/T2Center/Mgt.Systems/PavementTechnology/>

Foreslår at du sjekker NVF sine hjemmesider www.nvfnorden.org (klikk deretter på "Publikationer") om de kan ha noe litteratur om temaet.

Kan også nevne et svensk dr.arbeid som muligens er ferdig, og som handler om grusveger (oppdragsforskning for Vägverket). Jeg vet ikke om studenten fortsatt er tilgjengelig på den angitte mailadressen, men du kan jo prøve:

Karin Johansson
PhD student

Luleå University of Technology
Division of Soil Mechanics
SE-971 87 Luleå, Sweden

Phone: +46 920 49 15 93
e-mail: karin.johansson@ce.luth.se

Hilsen
Øystein Myhre
Vegdirektoratet, Teknologivd., seksjon Veg- og trafikkfaglig senter
Trondheim Tlf. + 47 73 95 46 78 / + 47 906 71 673 oystein.myhre@vegvesen.no

-----Opprinnelig melding-----
Fra: wigum@honnun.is [mailto:wigum@honnun.is]
Sendt: 24. mai 2005 00:00
Til: Myhre Øystein
Kopi: Þorbjörg Hólmgeirsdóttir
Emne: Finstoff i grusdekker

Øystein Myhre

Her på Island har vi nå et prosjekt i samarbeid med det islandske vegvesenet der vi ser på tilslagsproduksjon i forbindelse med grusdekker. I den forbindelse ser vi bl.a. på den erfaring som finnes i Norge på dette området.

Jeg lurer på om du vet - eller kan formidle kontakt - hvilke eventuelle metoder som benyttes for å blande inn finstoff i grusdekker, hvordan dette gjøres og hvilket finstoff som benyttes (eksempelvis feitt leire).

Håper på et svar fra deg om dette, eller formidling til hvem som eventuelt sitter inne med erfaringer om dette.

Kær kveðja - Vennlig hilsen - Best regards

~~~~~  
Dr. Børge Johannes Wigum  
Jarðverkfræðingur - Ingeniørgeolog - Engineering Geologist  
E-mail: [wigum@honnun.is](mailto:wigum@honnun.is)  
Beinn sími - Direkte tel. - Tel. direct : +354 510 4030  
GSM/Mobile: +354 896 0756

Hönnun hf Consulting Engineers  
Grensásvegur 1  
108 Reykjavík  
ICELAND  
Sími - Tel. : +354 510 4000  
Fax : +354 510 4001

# Viðauki B – Framleiðendur

---

Bréf

Spurningalisti

23. nóvember 2004

Tak ehf.  
Engjaási 1  
310 Borgarnesi

## Efni: Efnisvinnsla malarlitlagsefna

Ágæti viðtakandi,

Vegagerðin er að safna saman upplýsingum um efnisvinnslu steinefna til vegagerðar. Markmið fyrsta áfanga er að afla upplýsinga um vinnslu efnis sem notað er í malarlitlög. Leitað verður til þeirra sem unnið hafa efni fyrir Vegagerðina á síðustu fimm árum.

Upplýsingar þessar verða notaðar til að semja leiðbeiningar um framleiðslu á efni í malarlitlög. Því er afar mikilvægt að Vegagerðin hafi haldbærar upplýsingar um hvaða aðferðum er beitt við framleiðslu og ekki síður um hvers eðlis helstu vanda málin eru við að framleiða gott malarlitlagsefni. Að þessu verkefni standa Gunnar Bjarnason og Ingvi Árnason frá Vegagerðinni, Pétur Pétursson frá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins og Børge J. Wigum og Þorbjörg Hólmgeirsdóttir frá Hönnun hf.

Gæði malarlitlagsefna eru háð efniseiginleikum, sem bæði ráðast af grunneiginleikum efnisins í námunni en ekki síður vinnsluáðferðum sem notaðar eru við framleiðslu efnisins svo sem hörpun, mölun og íblöndun. Kornadreifing hefur afgerandi áhrif á gæði malarlitlagsefna. Í verklýsingu Vegagerðarinnar eru gerðar kröfur um að fínefni < 0,063 mm séu á bilinu 10 – 15 % og mikilvægt er að hluti fínefnanna sé leir til að nægur bindingur náist í efnið. Einnig skiptir máli að kornadreifing myndi lokaða kúrfu þannig að sem minnst holrými séu á milli korna í efninu. Aðrir mikilvægir eiginleikar malarlitlagsefna eru styrkur korna og kornalögun.

Með réttum vinnsluáðferðum má hafa áhrif á alla þessa þætti. Algengt er t.d. að harpa sand frá efninu en einnig er fínefnum oft bætt í efnið. Það hefur þó reynst erfiðleikum bundið að vinna fínefnarík og leirrík efni í malarlitlög og einnig að blanda leirríkum fínefnum í fínefnasnaud efni á vinnslustigi.

Það er von verkefnishópsins að í samstarfi við framleiðendur malarlitlagsefna verði hægt að finna leiðir til að bæta vinnsluáðferðir með það að markmiði að framleiða betri malarlitlagsefni.

Það er ósk verkefnishóps að þú sjáir þér fært að veita þær upplýsingar sem beðið er um í meðfylgjandi spurningalista. Óskað er eftir því að svör berist undirritaðri **ekki síðar en 20. desember n.k.** Svör mega gjarnan berast með tölvupósti, sé þess nokkur kostur. Undirrituð svarar fúslega öllum spurningum sem kunna að vakna.

Með fyrirfram þökk fyrir samstarfið

Þorbjörg Hólmgeirsdóttir  
Jarðverkfræðingur

---

Beinn sími 510 4086  
GSM 862 7162  
Netfang: thh@honnun.is



**1 Almennar upplýsingar um fyrirtækið:**

Nafn fyrirtækis

Forsvarsmaður fyrirtækis

Fjöldi starfsmanna

Heimasíða

Netfang

**Um framleiðslu fyrirtækisins**

Hafið þið framleitt efni í malarslitlag?

Já

Nei

*Ef spurningunni er svarað neitandi þarf ekki að svara frekari spurningum.  
Vinsamlegast sendu okkur samt listann til baka þar sem þessar upplýsingar  
koma að gagni við úrvinnslu.*





**3 Um þá möguleika sem tækjabúnaður ykkar býður upp á við vinnslu malarslittagsefnis**

Hér er spurt um þá möguleika sem þið hafið í vinnslunni, **óháð** því hvort þeir hafa verið notaðir eða ekki.

**Hafið þið möguleika á:**

- Úttekt sands

á matara      já       nei

á millihörpu      já       nei

Nánari upplýsingar

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Úttekt fínefnis

á matara      já       nei

á millihörpu      já       nei

Nánari upplýsingar

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

*Framhald á næstu síðu*



**4 Hvaða aðferðum hafið þið hjá fyrirtækinu þínu beitt við vinnslu á malar slitlagi?**

*Hér er eingöngu spurt um þær aðferðir sem hafa verið notaðar hjá fyrirtækinu.*

**a Efnisgæðum stjórnað með efnistöku, efni er blandað saman áður en það er sett í malarann.**

já  nei

**b Efnisgæðum stjórnað með búnaði í samstæðunni, t.d. með úttekt og eða íblöndun einstakra stærðarflokka:**

já  nei

## • Úttekt sands

á matara já  nei

á millihörpu já  nei

Nánari upplýsingar:

---



---



---



---



---



---



---

## • Úttekt á „venjulegu“, siltríku fínefni

á matara já  nei

á millihörpu já  nei

Nánari upplýsingar:

---



---



---



---



---



---



---

*Framhald á næstu síðu*

4 - frh.

*Framhald frá fyrri síðu*

- Úttekt á leirríku fínefni

á matara      já       nei

á millihörpu      já       nei

Nánari upplýsingar:

---

---

---

---

---

---

---

---

- Íblöndun á „venjulegu“, siltríku fínefni

á matara      já       nei

á millihörpu      já       nei

í efnishaug      já       nei

Nánari upplýsingar:

---

---

---

---

---

---

---

---

- Íblöndun á leirríku (feitu) fínefni

á matara      já       nei

á millihörpu      já       nei

í efnishaug      já       nei

Nánari upplýsingar:

---

---

---

---

---

---

---

---

*Framhald á næstu síðu*

**4 - frh.**

*Framhald frá fyrri síðu*

- Steinaríkt efni (t.d. áreyrarmöl) blandað í fínefnaríkt efni:

á matara                      já                       nei

Nánari upplýsingar:

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |

- Hversu langa vegalengd hefur þú flutt fínefni til íblöndunar:

0-10 km                       30-70 km

10-30 km                       > 70 km

**c Hefurðu malað klöpp í malarslitleg?**

já                       nei

Hefurðu blandað slíkt efni með sandi?

já                       nei

Hefurðu blandað slíkt efni með fínefni?

já                       nei

Hefurðu framleitt efnið án íblöndunar?

já                       nei

**d Aðrar upplýsingar:**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |







## 6 Nýjungar

Hvaða sértækur búnaður gæti að þínu mati komið að gagni til að leysa vandamálin sem nefnd eru í lið 5? (Tilgreinið búnað og vinnsluaðferð)



# Viðauki C – Deildarstjórar Vegagerðar

---

Bréf

Spurningalisti

23. nóvember 2004

**Sigurður Oddsson**

Vegagerðin  
Umdæmisskrifstofa - Áhaldahús  
Miðhúsavegi 1,  
600 Akureyri,

**Efni: Efnisvinnsla malarslitlagsefna**

Ágæti Sigurður,

Vegagerðin er að safna saman upplýsingum um efnishauga með malarslitlagsefni. Markmiðið er að afla almennra upplýsinga um þessi efni, m.a. hvernig vinnsla efnisins var háttáð og hvernig það hefur reynst úti í vegi. Samhliða þessu verða framleiðendur sem unnið hafa efni fyrir Vegagerðina beðnir um upplýsingar um aðferðir sem beitt er við framleiðslu malarslitlagsefna og þau vandamál sem henni fylgja.

Upplýsingar þessar verða notaðar til að semja leiðbeiningar um framleiðslu á efni í malarslitlög. Því er afar mikilvægt að Vegagerðin hafi haldbærar upplýsingar um hvaða aðferðum er beitt við framleiðslu og ekki síður um hvers eðlis helstu vandamálin eru við að framleiða gott malarslitlagsefni. Að verkefninu standa Gunnar Bjarnason og Ingvi Árnason frá Vegagerðinni, Pétur Pétursson frá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins og Børge Johannes Wigum og Þorbjörg Hólmgeirsdóttir frá Hönnun hf.

Gæði malarslitlagsefna eru háð efniseiginleikum, sem bæði ráðast af grunneiginleikum efnisins í námunni en ekki síður vinnsluáðferðum sem notaðar eru við framleiðslu efnisins svo sem hörpun, mölun og íblöndun. Kornadreifing hefur afgerandi áhrif á gæði malarslitlagsefna. Í verklýsingu Vegagerðarinnar eru gerðar kröfur um að fínefni < 0,063 mm séu á bilinu 10 – 15 % og mikilvægt er að hluti fínefnanna sé leir til að nægur bindingur náist í efnið. Einnig skiptir máli að kornadreifing myndi lokaða kúrfu þannig að sem minnst holrými séu á milli korna í efninu. Aðrir mikilvægir eiginleikar malarslitlagsefna eru styrkur korna og kornalögun.

Með réttum vinnsluáðferðum má hafa áhrif á alla þessa þætti. Algengt er t.d. að harpa sand frá efninu en einnig er fínefnum oft bætt í efnið. Það hefur þó reynst erfiðleikum bundið að vinna fínefnarík og leirrík efni í malarslitlög og einnig að blanda leirríkum fínefnum í fínefnasnauð efni á vinnslustigi.

Það er von verkefnishópsins að í samstarfi við framleiðendur malarslitlagsefna verði hægt að finna leiðir til að bæta vinnsluáðferðir með það að markmiði að framleiða betri malarslitlagsefni.

Það er ósk verkefnishóps að þú sjáir þér fært að veita þær upplýsingar sem beðið er um í meðfylgjandi spurningalista en ákveðið var að senda spurningalistann til deildarstjóra framkvæmdakaupa og eftirlits skv. gamla skipuritinu. Þetta er gert þar sem álitíð var að reynsla og þekking á stöðu malarslitolagsefna lægi hjá þessum aðilum. Eðlilegt getur verið að sumar upplýsingar liggi hjá rekstrarstjórum. Þú leitar til þeirra eftir því sem við á. Óskað er eftir því að svör berist undirritaðri **ekki síðar en 20. desember n.k.** Svör mega gjarnan berast með tölvupósti. Undirrituð svarar fúslega öllum spurningum sem kunna að vakna.

Með fyrirfram þökk fyrir samstarfið,

Þorbjörg Hólmgeirsdóttir  
Jarðverkfræðingur

---

Beinn sími 510 4086

GSM 862 7162

Netfang: thh@honnun.is

# Vinnsla malarslitalaga

Könnun á vinnslu malarslitalagsefna hjá Vegagerðinni

## Almennar upplýsingar

Umdæmi

Deildarstjóri

## Um malarslitalagsefni í haugum

Hvað eru margir haugar með malarslitalagsefni á þínu svæði?



## Vinnsla malarslitlaga

### Upplýsingar um efnishauga

Óskað er eftir að upplýsingum um sérhvern haug sé svarað á sérstakri síðu ("sheet").  
Fjölgið síðum eftir því sem þarf.

**HAUGUR nr.**

Úr hvaða námu er efnið?   
 Námunúmer   
 Hver vann efnið

### 1 Um vinnslu efnisins

Hvernig var efnið unnið?

- Efni sérstaklega valið eða blandað í námu fyrir vinnslu    já     nei   
 Harpað (stærðarflokkur X - X mm)     mm     mm  
 Malað (stærðarflokkur X - X mm)     mm     mm

- Aðrar aðgerðir    Úttekt á sandi (%)    já     nei   
 Vinsamlegast skrifaðu    Úttekt á fínefni (%)    já     nei   
 hlutfallið ef þekkt.    Íblöndun fínefnis (%)    já     nei   
 Íblöndun grjóts (%)    já     nei

- Aðrar vinnsluáðferðir

### 2 Um reynslu af efninu

- Hvernig hefur efnið reynst í malarslitlögum?

Vel     Sæmilega     Illa

Hefur efnið verið rykbundið?    já     nei     Með hvaða efni?

Hverjir eru helstu kostir eða gallar efnisins?

|                                   |                          |                                |                             |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Ending rykbindingar               | góð <input type="text"/> | meðal <input type="text"/>     | lítill <input type="text"/> |
| Heldur vel í sér raka (án rykb.)  | já <input type="text"/>  | hvorki né <input type="text"/> | nei <input type="text"/>    |
| Hætta á þvottabretti              | já <input type="text"/>  | hvorki né <input type="text"/> | nei <input type="text"/>    |
| Er viðkvæmt fyrir bleytu (sporst) | já <input type="text"/>  | hvorki né <input type="text"/> | nei <input type="text"/>    |
| Ending efnisins (styrkur)         | góð <input type="text"/> | meðal <input type="text"/>     | lítill <input type="text"/> |

- Annað

### 3 Um ástæður góðrar eða slæmrar hegðunar efnisins

- Hverjar telur þú vera helstu ástæður góðra/slæmra eiginleika efnisins?

|        |                   |                      |         |                      |                      |
|--------|-------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|
| Góðir: | Magn fínefna      | <input type="text"/> | Slæmir: | Of mikil fínefni     | <input type="text"/> |
|        | Gerð fínefna      | <input type="text"/> |         | Of lítill fínefni    | <input type="text"/> |
|        | Kornadreifing     | <input type="text"/> |         | Gerð fínefna         | <input type="text"/> |
|        | Hátt brothlutfall | <input type="text"/> |         | Of mikill sandur     | <input type="text"/> |
|        | Kornalögun        | <input type="text"/> |         | Of lágt brothlutfall | <input type="text"/> |
|        | Sterk steinefni   | <input type="text"/> |         | Kornalögun           | <input type="text"/> |
|        |                   |                      |         | Of veik steinefni    | <input type="text"/> |

- Annað



# Viðauki D – Niðurstöður rannsókna

---

Digrimúli

Skering í Gilsfirði

Knarrarnesfjara

Dælisá í Kjós



MANNVIT  
VERKFRÆÐISTOFA

# Digrimúli: Niðurstöður rannsókna

---

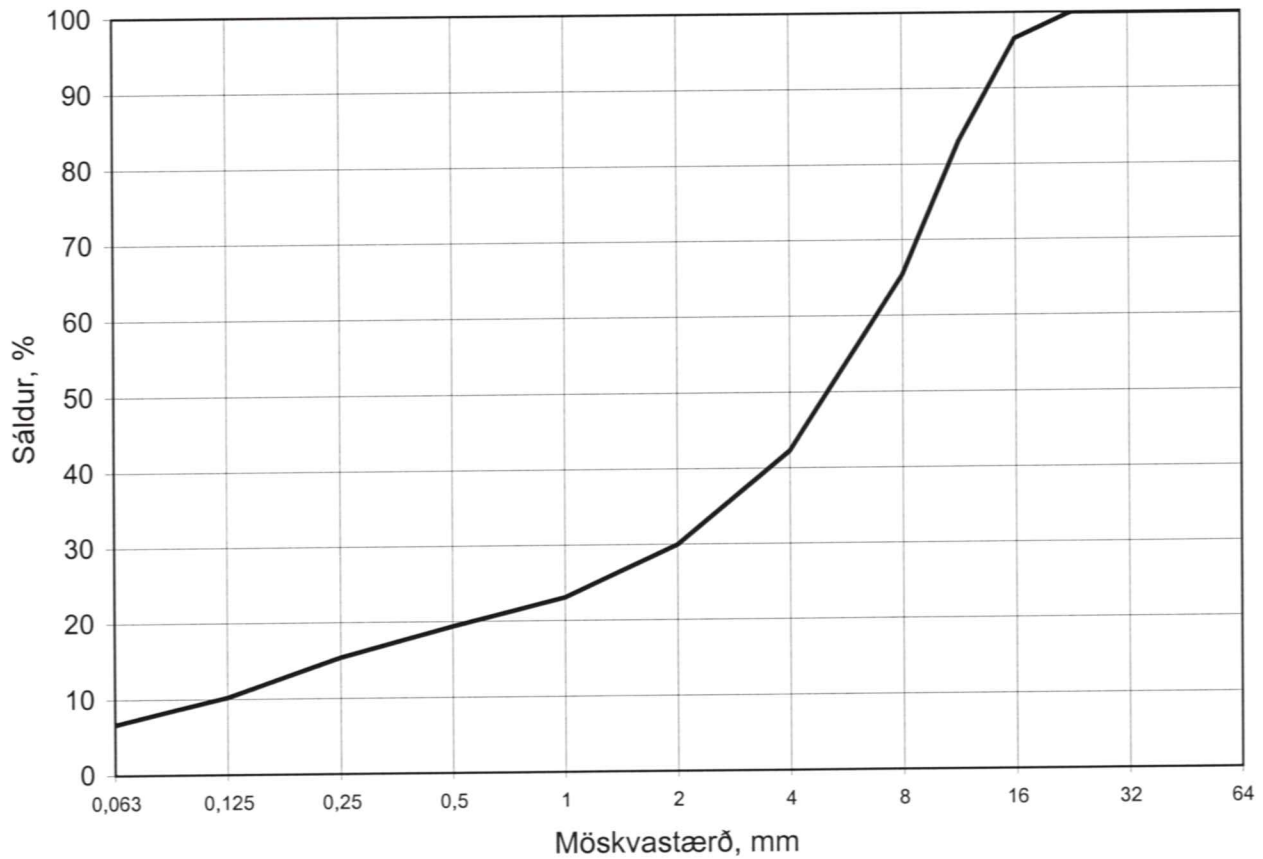


## Rannsókn á kornadreifingu

|                                            |       |                           |       |                                           |       |                       |        |             |        |           |        |         |        |        |
|--------------------------------------------|-------|---------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-----------------------|--------|-------------|--------|-----------|--------|---------|--------|--------|
| Fyrir: Vegagerðina                         |       |                           |       | Náma: Digrimúli við Tjaldanes             |       |                       |        |             |        |           |        |         |        |        |
| Vegna: verkefnisins: Vinnsla malarslitlaga |       |                           |       | Sendandi: Ingi Árnason / Gunnar Bjarnason |       |                       |        |             |        |           |        |         |        |        |
| Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):            |       | Heildarþungi (<16mm) (g): |       | Merking sýnis:                            |       |                       |        |             |        |           |        |         |        |        |
| Bakki (tara), (g):                         |       | Frátekið+bakki (g):       |       | Þurr +bakki (g):                          |       | Votsigt. + bakki (g): |        | Húmus, gr.: |        | Slamm, %: |        | Raki, % |        |        |
| 321,3                                      |       | 2970,2                    |       | 2805,2                                    |       | 2649,9                |        |             |        |           |        | 6,6     |        |        |
| Möskv. Þyngd (g)                           | 64    | 32                        | 22,4  | 16                                        | 11,2  | 8                     | 4      | 2           | 1      | 0,5       | 0,25   | 0,125   | 0,063  | botn   |
|                                            | 0     | 0                         | 0     | 86                                        | 420,8 | 859,6                 | 1433,5 | 1739,4      | 1911,2 | 2002,5    | 2102,2 | 2230,1  | 2318,2 | 2329,4 |
| Sáldur, %                                  | 100,0 | 100,0                     | 100,0 | 96,6                                      | 83,1  | 65,4                  | 42,3   | 30,0        | 23,1   | 19,4      | 15,4   | 10,2    | 6,7    |        |

Athugasemdir:

**Votsigtað.**





Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins  
Keldnaholt, IS-112 Reykjavík, sími 570 7300, fíx 570 7311

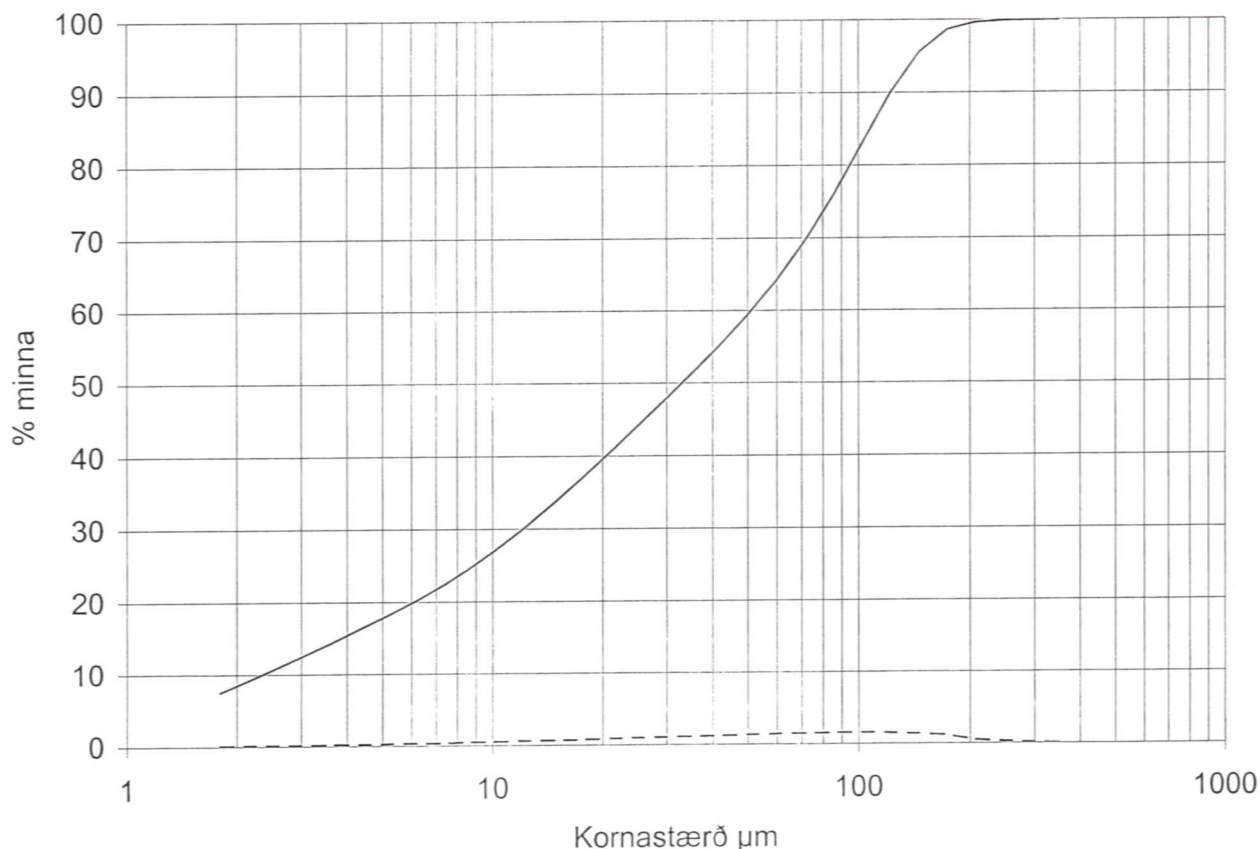
|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2005-11-17 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu með ljörva

|                                                 |                                               |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Fyrir:<br>Vegagerðina                           | Sendandi:<br>Ingvi Árnason / Gunnar Bjarnason |
| Vegna:<br>verkefnisins: Vinnsla malarslittlaga  | Merki sýnis:<br>Digrimúli við Tjaldanes       |
| Athugasemdir:<br>Sýnahluti undir 125 µm mældur  |                                               |
| Mæliaðferð<br>Sympatec HELOS / SUCELL votmæling |                                               |

Upplýsingar frá mælingum:  
Efni: H05/0879- Merking: Digrimúli u 125 µm  
Niðurstöður eru meðaltal sex mælinga.

| µm       | 350   | 294  | 246  | 206  | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | %   | x10   | x16   |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|
| %        | 100,0 | 99,9 | 99,9 | 99,6 | 98,7 | 95,5 | 89,9 | 82,9 | 76,1 | 69,8 | 64,2 | µm  | 2,4   | 4,3   |
| Stfrv. % | 0,0   | 0,2  | 0,3  | 0,5  | 1,1  | 1,4  | 1,5  | 1,6  | 1,6  | 1,5  | 1,4  | +/- | 0,0   | 0,1   |
| µm       | 50    | 42   | 36   | 30   | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %   | x50   | x84   |
| %        | 59,4  | 55,3 | 51,8 | 47,9 | 44,1 | 40,5 | 37,5 | 34,0 | 29,9 | 26,8 | 24,5 | µm  | 33,2  | 105,2 |
| Stfrv. % | 1,3   | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,0  | 0,9  | 0,8  | 0,7  | 0,6  | 0,5  | 0,5  | +/- | 1,7   | 4,3   |
| µm       | 7,4   | 6,2  | 5,2  | 4,4  | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      | %   | x90   | x99   |
| %        | 22,4  | 20,2 | 18,2 | 16,4 | 14,3 | 12,5 | 11,0 | 9,4  | 7,5  |      |      | µm  | 123,1 | 187,8 |
| Stfrv. % | 0,4   | 0,4  | 0,3  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  |      |      | +/- | 5,2   | 24,6  |





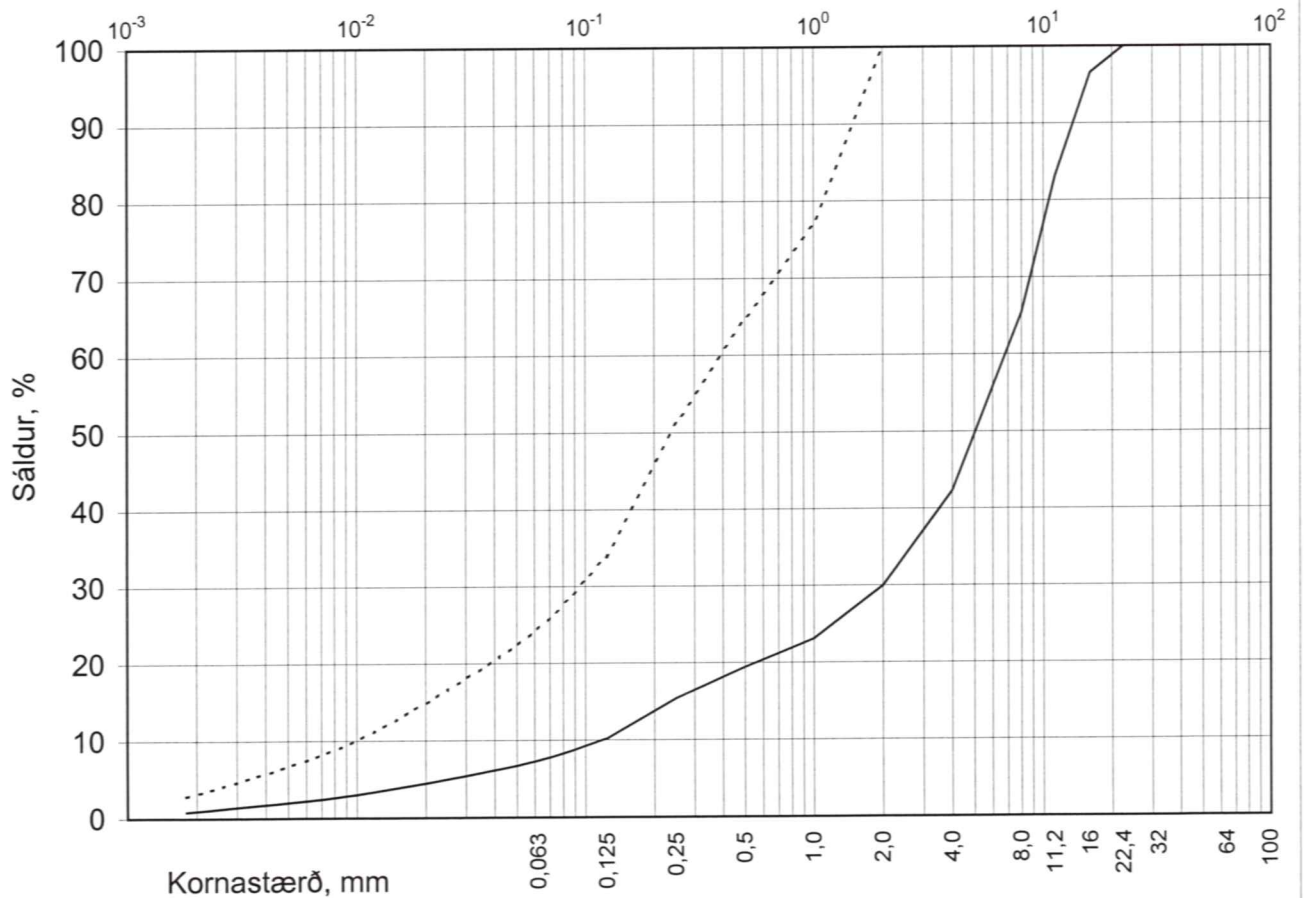
## Mæling á kornadreifingu

|               |                       |           |                                  |
|---------------|-----------------------|-----------|----------------------------------|
| Fyrir:        | Vegagerðina           | Náma:     | Digrímúli við Tjaldanes          |
| Verkefni:     | Vinnsla malarslitlaga | Sendandi: | Ingvi Árnason / Gunnar Bjarnason |
| Athugasemdir: |                       |           |                                  |

|              |                                                                                       |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Mæliaðferðir | Votsigtun og Sympatec HELOS/SUCCELL votmæling.<br>Heildarsýni og hluti smærri en 2 mm |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|

|        |    |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------|----|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Siktun | mm | 100   | 64    | 32    | 22,4  | 16   | 11,2 | 8    | 4    | 2    | 1    | 0,5  | 0,25 | 0,125 | 0,063 |
|        | %  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 96,6 | 83,1 | 65,4 | 42,3 | 30,0 | 23,1 | 19,4 | 15,4 | 10,2  | 6,7   |

|                    |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |    |                  |      |  |
|--------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------|------|--|
| Mæling með ljörva: |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |    | Reiknaðar tölur: |      |  |
| µm                 | 350  | 294  | 246  | 206  | 174  | 146 | 122 | 102 | 86  | 72  | 60  | µm | 2                | 20   |  |
| %                  | 10,2 | 10,2 | 10,2 | 10,2 | 10,1 | 9,8 | 9,2 | 8,5 | 7,8 | 7,1 | 6,6 | %  | 1,0              | 4,5  |  |
| µm                 | 50   | 42   | 36   | 30   | 25   | 21  | 18  | 15  | 12  | 10  | 8,6 | %  | d10              | d60  |  |
| %                  | 6,1  | 5,6  | 5,3  | 4,9  | 4,5  | 4,1 | 3,8 | 3,5 | 3,1 | 2,7 | 2,5 | µm | 118              | 6805 |  |
| µm                 | 7,4  | 6,2  | 5,2  | 4,4  | 3,6  | 3   | 2,6 | 2,2 | 1,8 |     |     |    |                  |      |  |
| %                  | 2,3  | 2,1  | 1,9  | 1,7  | 1,5  | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 0,8 |     |     |    |                  |      |  |





## Ákvörðun LS-stuðuls (Linear shrinkage)

Unnið fyrir : Vegagerðina

Verkbeiðandi : Gunnar Bjarnason

Flæðimark efnisins er ákvarðað sem kónflæðimark (%),  
skv. Statens vegvesen; 14.441: Konusflytegrensen, ettpunktsbestemmelse.  
Flæðimarkið er notað sem byrjunarraki sýnis.

### Niðurstöður:

| Sýni mrk. | Mót nr. | LS  | Raki % |
|-----------|---------|-----|--------|
| Digrimúli | 3       | 3,1 | 26,4   |
| Digrimúli | 4       | 3,4 | 26,4   |
| Meðaltal: |         | 3,3 | 26,4   |

| Sýni mrk.   | Mót nr. | LS   | Raki % |
|-------------|---------|------|--------|
| Gilsfjörður | 5       | 11,9 | 42,2   |
| Gilsfjörður | 6       | 11,7 | 42,2   |
| Meðaltal:   |         | 11,8 | 42,2   |

Ath.

Byrjunarlengd sýnis er 140mm.

Lengd sýnis eftir prófun er mæld eftir

þurrkun í 24 klst. við 20°C + 24 klst. við 60°C + 24 klst. við 110°C.



# Skering í Gilsfirði: Niðurstöður rannsókna

---

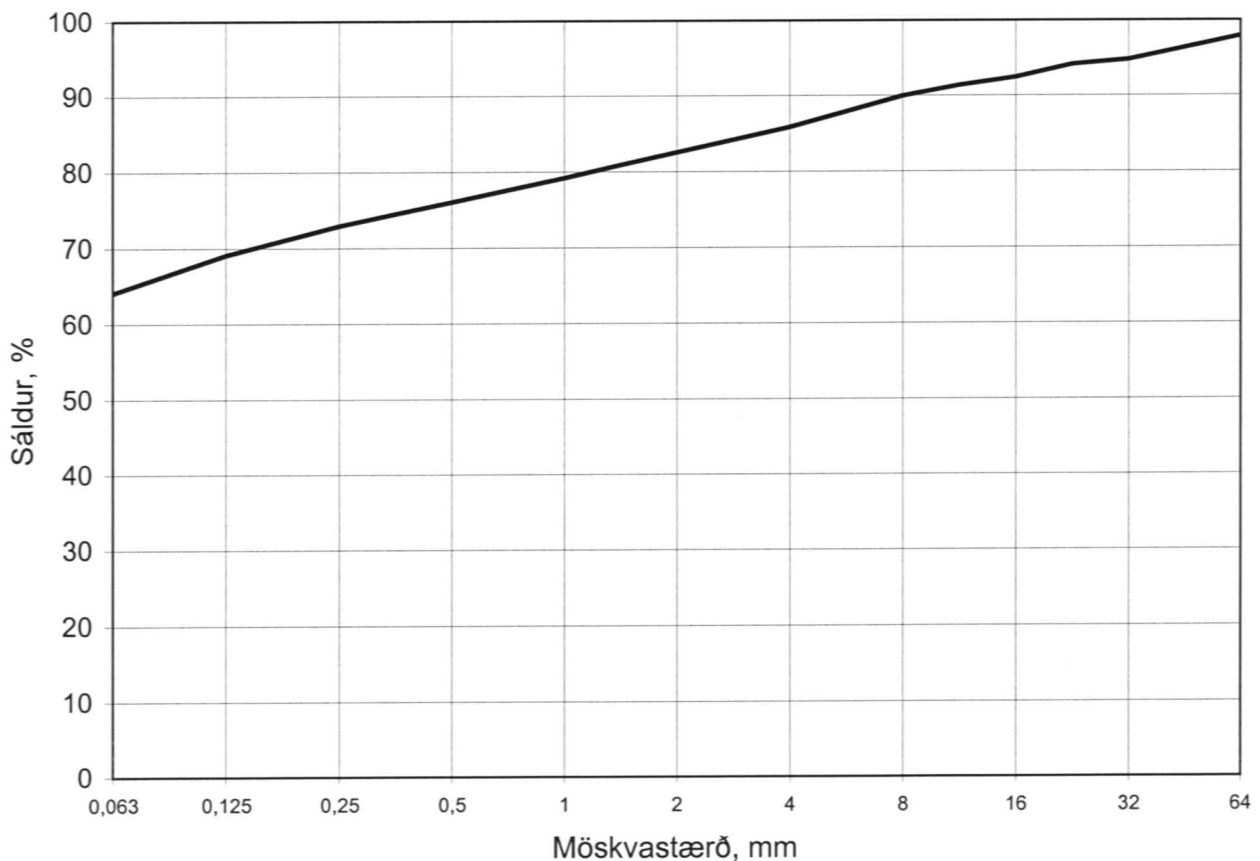


## Rannsókn á kornadreifingu

|                                                 |             |                                     |                                             |                                  |                                           |                                       |             |                           |             |                          |             |                         |             |      |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------------------|-------------|------|
| Fyrir: Vegagerðina                              |             |                                     |                                             |                                  | Náma: Skering í Gilsfirði                 |                                       |             |                           |             |                          |             |                         |             |      |
| Vegna: verkefnisins: Vinnsla malarslitlaga      |             |                                     |                                             |                                  | Sendandi: Ingi Árnason / Gunnar Bjarnason |                                       |             |                           |             |                          |             |                         |             |      |
| Heildarþungi sigtaðs sýnis (g):<br><b>56740</b> |             |                                     | Heildarþungi (<16mm) (g):<br><b>53360,0</b> |                                  |                                           | Merking sýnis:                        |             |                           |             |                          |             |                         |             |      |
| Bakki (tara), (g):<br><b>40,0</b>               |             | Frátekið+bakki (g):<br><b>327,3</b> |                                             | Þurr +bakki (g):<br><b>262,6</b> |                                           | Votsigt. + bakki (g):<br><b>108,7</b> |             | Húmus, gr.:<br><b>0,5</b> |             | Slamm, %:<br><b>0,25</b> |             | Raki, %:<br><b>29,1</b> |             |      |
| Möskv. Þyngd (g)                                | 64          | 32                                  | 22,4                                        | 16                               | 11,2                                      | 8                                     | 4           | 2                         | 1           | 0,5                      | 0,25        | 0,125                   | 0,063       | botn |
|                                                 | 922         | 2338                                | 2630                                        | 3380                             | 2,6                                       | 6,0                                   | 15,9        | 23,9                      | 31,9        | 39,5                     | 47,0        | 56,2                    | 68,3        | 69,7 |
| Sáldur, %                                       | <b>97,9</b> | <b>94,8</b>                         | <b>94,1</b>                                 | <b>92,4</b>                      | <b>91,4</b>                               | <b>90,0</b>                           | <b>85,8</b> | <b>82,5</b>               | <b>79,2</b> | <b>76,0</b>              | <b>72,9</b> | <b>69,1</b>             | <b>64,1</b> |      |

Athugasemdir:

**Votsigtað. - Allt sýnið er undir 76 mm**





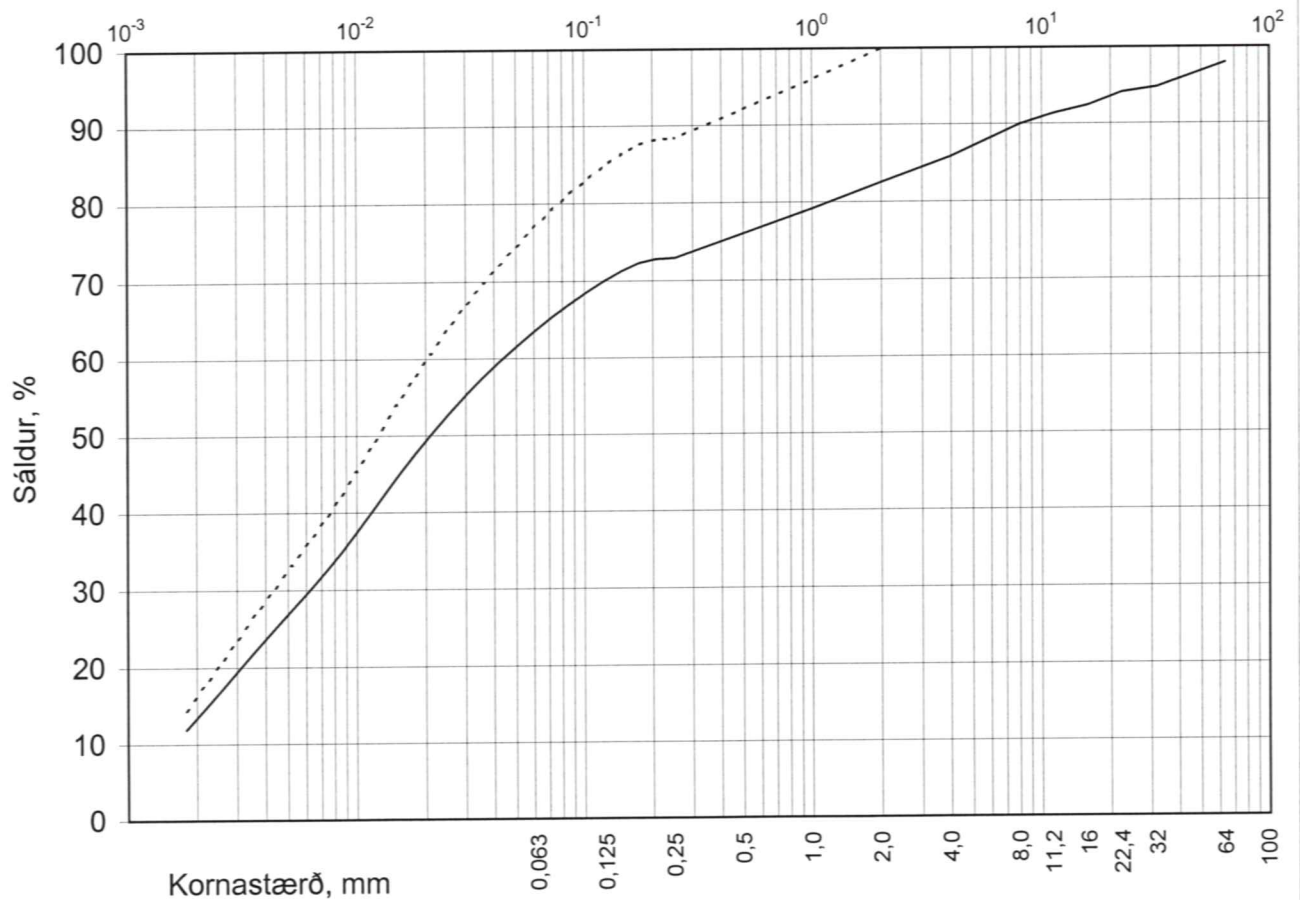
## Mæling á kornadreifingu

|               |                       |           |                                  |
|---------------|-----------------------|-----------|----------------------------------|
| Fyrir:        | -<br>Vegagerðina      | Náma:     | Skering í Gilsfirði              |
| Verkefni:     | Vinnsla malarslitlaga | Sendandi: | Ingvi Árnason / Gunnar Bjarnason |
| Athugasemdir: |                       |           |                                  |

Mæliaðferðir  
Votsigtun og Sympatec HELOS/SUCCELL votmæling.  
Heildarsýni og hluti smærri en 2 mm

|        |    |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Siktun | mm | 100   | 64   | 32   | 22,4 | 16   | 11,2 | 8    | 4    | 2    | 1    | 0,5  | 0,25 | 0,125 | 0,063 |
|        | %  | 100,0 | 97,9 | 94,8 | 94,1 | 92,4 | 91,4 | 90,0 | 85,8 | 82,5 | 79,2 | 76,0 | 72,9 | 69,1  | 64,1  |

|                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |                  |      |  |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------------------|------|--|
| Mæling með ljörva: |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    | Reiknaðar tölur: |      |  |
| µm                 | 350  | 294  | 246  | 206  | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | µm | 2                | 20   |  |
| %                  | 72,9 | 72,9 | 72,9 | 72,8 | 72,3 | 71,3 | 70,0 | 68,5 | 67,0 | 65,3 | 63,5 | %  | 13,4             | 49,3 |  |
| µm                 | 50   | 42   | 36   | 30   | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %  | d10              | d60  |  |
| %                  | 61,5 | 59,5 | 57,6 | 55,2 | 52,6 | 50,0 | 47,6 | 44,6 | 40,7 | 37,4 | 34,9 | µm | (-)              | 44   |  |
| µm                 | 7,4  | 6,2  | 5,2  | 4,4  | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      |    |                  |      |  |
| %                  | 32,6 | 29,9 | 27,4 | 25,0 | 22,1 | 19,4 | 17,3 | 14,8 | 11,9 |      |      |    |                  |      |  |





Rannsóknas tofnun byggingariðnaðarins  
Keldnaholt, IS-112 Reykjavík, sími 570 7300, fíx 570 7311

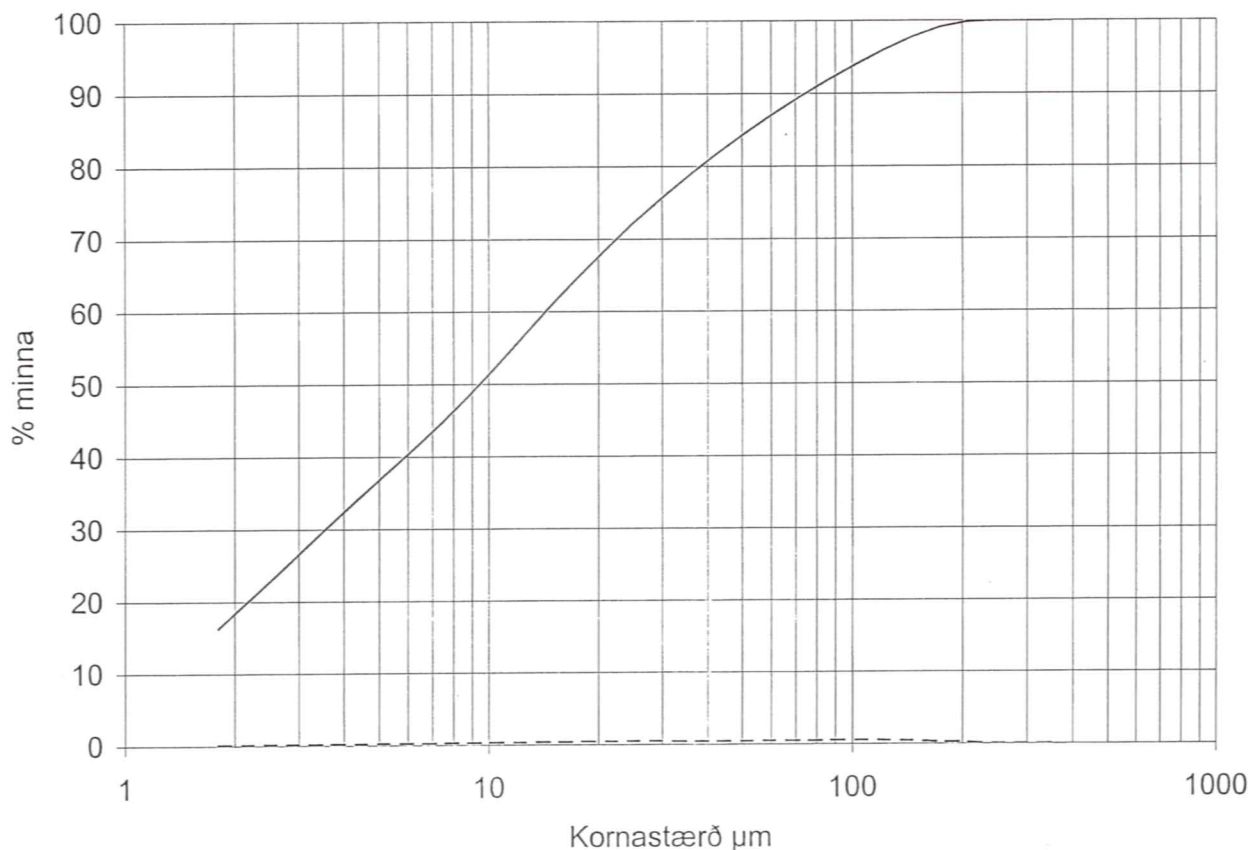
|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2005-11-17 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu með ljörva

|               |                                      |              |                                  |
|---------------|--------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| Fyrir:        | Vegagerðina                          | Sendandi:    | Ingvi Árnason / Gunnar Bjarnason |
| Vegna:        | verkefnisins: Vinnsla malarslittlaga | Merki sýnis: | Skering í Gilsfirði              |
| Athugasemdir: | Sýnahluti undir 250 µm mældur        |              |                                  |
| Mæliaðferð    | Sympatec HELOS / SUCELL votmæling    |              |                                  |

Upplýsingar frá mælingum:  
Efni: H05/0879- Merking: Gilsfjörður u 250 µm  
Niðurstöður eru meðaltal þriggja mælinga.

| µm       | 350   | 294   | 246   | 206  | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | %   | x10  | x16   |
|----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| %        | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,8 | 99,1 | 97,8 | 96,0 | 94,0 | 91,9 | 89,6 | 87,0 | µm  | 1,3  | 1,8   |
| Stfrv. % | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,2  | 0,3  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | +/- | 0,0  | 0,0   |
| µm       | 50    | 42    | 36    | 30   | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %   | x50  | x84   |
| %        | 84,3  | 81,6  | 79,0  | 75,7 | 72,2 | 68,6 | 65,3 | 61,1 | 55,7 | 51,4 | 47,9 | µm  | 9,5  | 49,1  |
| Stfrv. % | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,3  | 0,3  | +/- | 0,1  | 1,4   |
| µm       | 7,4   | 6,2   | 5,2   | 4,4  | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      | %   | x90  | x99   |
| %        | 44,6  | 41,1  | 37,6  | 34,3 | 30,3 | 26,6 | 23,7 | 20,3 | 16,3 |      |      | µm  | 74,6 | 172,8 |
| Stfrv. % | 0,3   | 0,3   | 0,3   | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,1  |      |      | +/- | 3,0  | 9,5   |





## Ákvörðun LS-stuðuls (Linear shrinkage)

Unnið fyrir : Vegagerðina

Verkbeiðandi : Gunnar Bjarnason

Flæðimark efnisins er ákvarðað sem kónflæðimark (%),  
skv. Statens vegvesen; 14.441: Konusflytegrensen, ettpunktsbestemmelse.  
Flæðimarkið er notað sem byrjunarraki sýnis.

### Niðurstöður:

| Sýni mrk. | Mót nr. | LS  | Raki % |
|-----------|---------|-----|--------|
| Digrimúli | 3       | 3,1 | 26,4   |
| Digrimúli | 4       | 3,4 | 26,4   |
| Meðaltal: |         | 3,3 | 26,4   |

| Sýni mrk.   | Mót nr. | LS   | Raki % |
|-------------|---------|------|--------|
| Gilsfjörður | 5       | 11,9 | 42,2   |
| Gilsfjörður | 6       | 11,7 | 42,2   |
| Meðaltal:   |         | 11,8 | 42,2   |

Ath.

Byrjunarlengd sýnis er 140mm.

Lengd sýnis eftir prófun er mæld eftir

þurrkun í 24 klst. við 20°C + 24 klst. við 60°C + 24 klst. við 110°C.



MANNVIT  
VERKFRÆÐISTOFA

# Knarrarnesfjara: Niðurstöður rannsókna

---



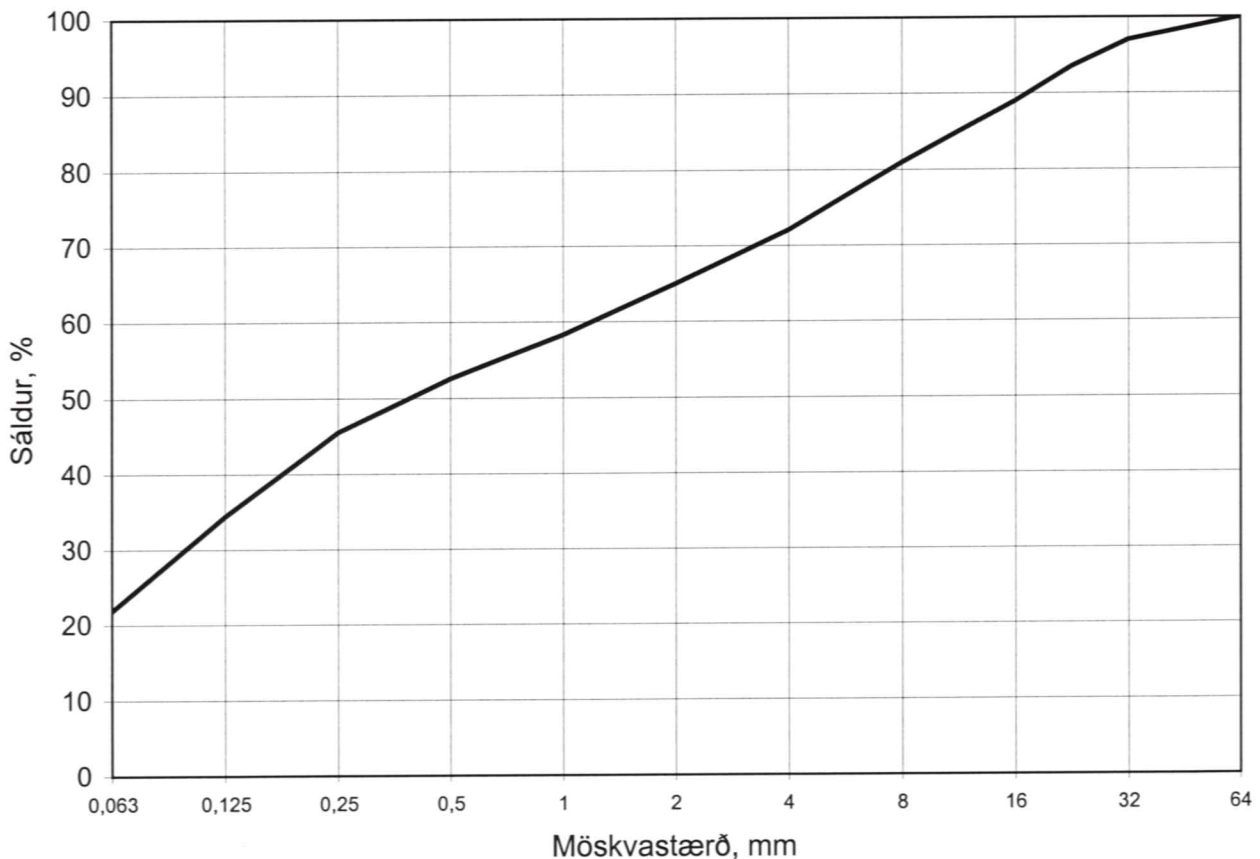
|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/982    |
| Dags.        | 2005-11-25 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Rannsókn á kornadreifingu

|                                 |                           |                           |                           |                   |        |                       |        |             |       |           |       |         |       |       |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|--------|-----------------------|--------|-------------|-------|-----------|-------|---------|-------|-------|
| Fyrir:                          | Vegagerðina Borgarnesi    | Náma:                     | Knarrarnesfjara 500-00-00 |                   |        |                       |        |             |       |           |       |         |       |       |
| Vegna:                          | íblöndunar í malarslitlag | Sendandi:                 | Ingvi Árnason             |                   |        |                       |        |             |       |           |       |         |       |       |
| Heildarþungi sigtaðs sýnis (g): | 64285                     | Heildarþungi (<16mm) (g): | 58865                     |                   |        |                       |        |             |       |           |       |         |       |       |
| Bakki (tara), (g):              | 314,2                     | Frátekið+bakki (g):       | 1498,8                    | Þurrt +bakki (g): | 1195,7 | Votsigt. + bakki (g): | 1036,4 | Húmus, gr.: | 4     | Slamm, %: |       | Raki, % | 34,4  |       |
| Möskv. Þyngd (g)                | 64                        | 32                        | 22,4                      | 16                | 11,2   | 8                     | 4      | 2           | 1     | 0,5       | 0,25  | 0,125   | 0,063 | botn  |
| Sáldur, %                       | 0                         | 1470                      | 3185                      | 5420              | 39,3   | 79,4                  | 167,4  | 237,4       | 303,8 | 360,7     | 430,8 | 540,5   | 664,9 | 720,3 |
|                                 | 100,0                     | 97,0                      | 93,5                      | 89,0              | 85,0   | 81,0                  | 72,1   | 65,0        | 58,3  | 52,6      | 45,5  | 34,4    | 21,9  |       |

Athugasemdir:

Votsigtað. Nokkuð um hálsamlímnda setmola e. þvott. - Lífræn óhreinindi (humus): Lausn var mjög dökk.

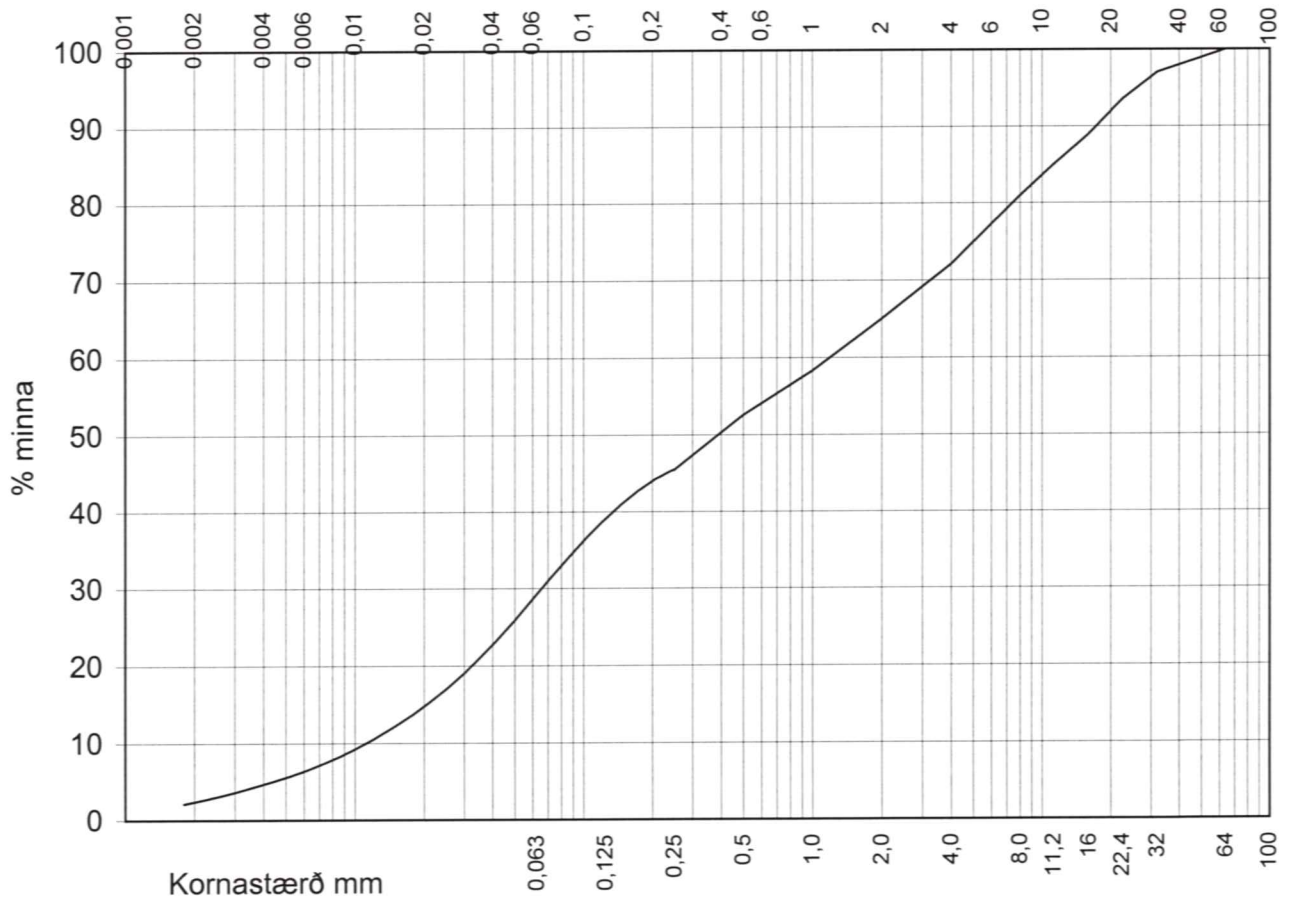




## Mæling á kornadreifingu

|               |                                               |              |                           |
|---------------|-----------------------------------------------|--------------|---------------------------|
| Fyrir:        | Vegagerðina Borgarnesi                        | Sendandi:    | Ingvi Árnason             |
| Vegna:        | íblöndunar í malarslitlag                     | Merki sýnis: | Knarrarnesfjara 500-00-00 |
| Athugasemdir: |                                               |              |                           |
| Mæliaðferðir: | Sigturn og Sympatec HELOS / SUCCELL votmæling |              |                           |

|                      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |       |       |
|----------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|-------|-------|
| Sigtun:              | 100   | 64    | 32   | 22,4 | 16   | 11,2 | 8    | 4    | 2    | 1    | 0,5  | 0,25             | 0,125 | 0,063 |
| %                    | 100,0 | 100,0 | 97,0 | 93,5 | 89,0 | 85,0 | 81,0 | 72,1 | 65,0 | 58,3 | 52,6 | 45,5             | 34,4  | 21,9  |
| Mæling í ljörvatæki: |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Reiknaðar tölur: |       |       |
| µm                   | 350   | 294   | 246  | 206  | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | µm               | 2     | 20    |
| %                    | 45,5  | 45,5  | 44,7 | 43,6 | 42,1 | 40,3 | 38,3 | 35,9 | 33,6 | 30,9 | 28,2 | %                | 2,4   | 14,7  |
| µm                   | 50    | 42    | 36   | 30   | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %                | d10   | d60   |
| %                    | 25,5  | 23,0  | 21,0 | 18,7 | 16,7 | 15,0 | 13,6 | 12,0 | 10,3 | 9,1  | 8,2  | µm               | 11    | 1190  |
| µm                   | 7,4   | 6,2   | 5,2  | 4,4  | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      |                  |       |       |
| %                    | 7,3   | 6,4   | 5,7  | 5,0  | 4,2  | 3,6  | 3,1  | 2,6  | 2,1  |      |      |                  |       |       |







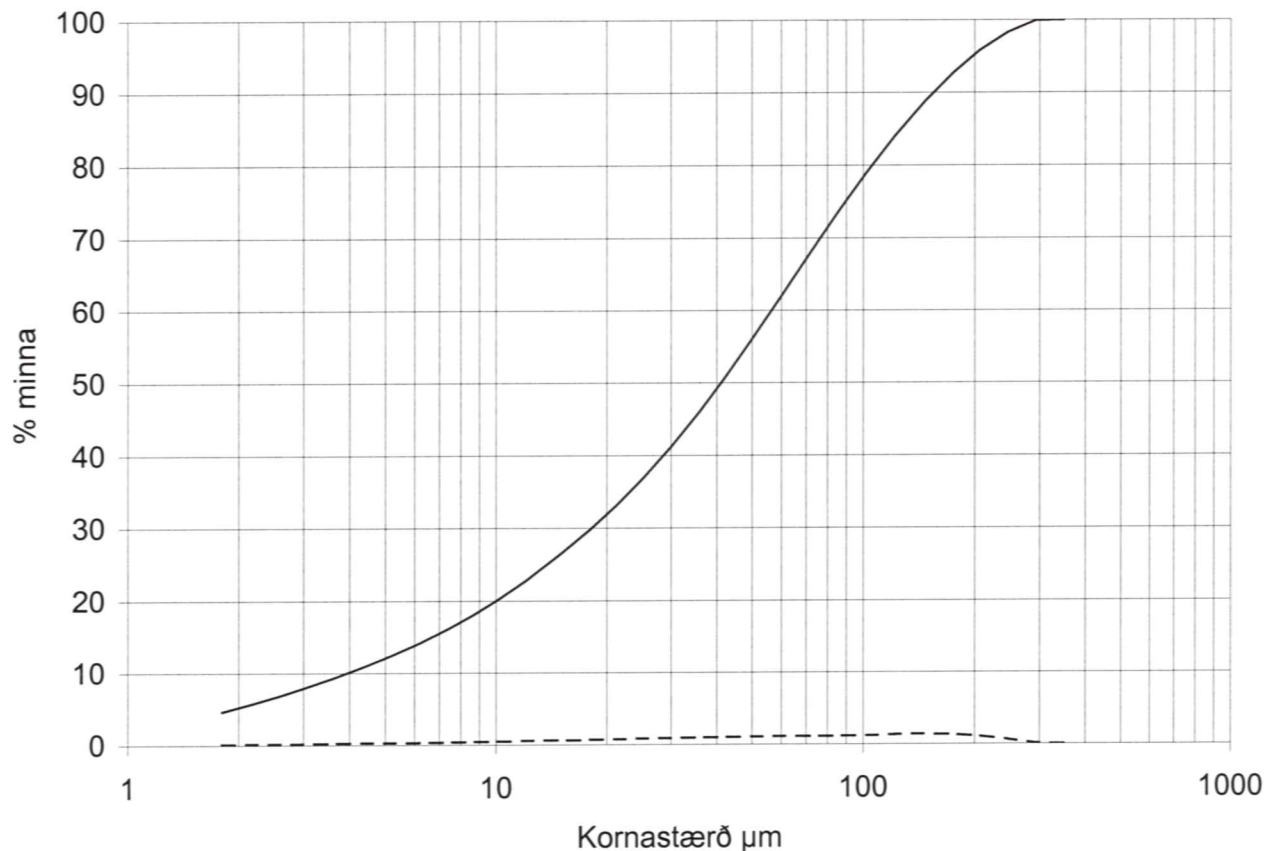
|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/982    |
| Dags.        | 2005-11-24 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu með ljörva

|               |                                   |              |                           |
|---------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------|
| Fyrir:        | Vegagerðina Borgarnesi            | Sendandi:    | Ingvi Árnason             |
| Vegna:        | íblöndunar í malarslitlag         | Merki sýnis: | Knarrarnesfjara 500-00-00 |
| Athugasemdir: | Sýnahluti undir 250 µm mældur     |              |                           |
| Mæliaðferð    | Sympatec HELOS / SUCELL votmæling |              |                           |

Upplýsingar frá mælingum:  
Efni: Steinefni u. 250µm- Merking: H05/982  
Niðurstöður eru meðaltal sex mælinga.

| µm       | 350   | 294  | 246  | 206  | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | %   | x10   | x16   |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|
| %        | 100,0 | 99,9 | 98,3 | 95,8 | 92,6 | 88,6 | 84,1 | 79,0 | 73,8 | 68,0 | 62,0 | µm  | 4,0   | 7,3   |
| Stfrv. % | 0,0   | 0,1  | 0,6  | 1,1  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | +/- | 0,1   | 0,3   |
| µm       | 50    | 42   | 36   | 30   | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %   | x50   | x84   |
| %        | 56,1  | 50,6 | 46,1 | 41,2 | 36,7 | 32,9 | 29,8 | 26,5 | 22,7 | 20,0 | 18,0 | µm  | 41,2  | 122,4 |
| Stfrv. % | 1,1   | 1,0  | 1,0  | 0,9  | 0,8  | 0,8  | 0,7  | 0,6  | 0,6  | 0,5  | 0,5  | +/- | 1,4   | 5,4   |
| µm       | 7,4   | 6,2  | 5,2  | 4,4  | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      | %   | x90   | x99   |
| %        | 16,1  | 14,2 | 12,4 | 10,9 | 9,3  | 7,9  | 6,9  | 5,8  | 4,6  |      |      | µm  | 156,1 | 263,0 |
| Stfrv. % | 0,4   | 0,4  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,1  |      |      | +/- | 8,8   | 12,4  |





## Ákvörðun LS-stuðuls (Linear shrinkage)

Unnið fyrir : Vegagerðina

Verkbeiðandi : Ingvi Árnason

Flæðimark efnisins er ákvarðað sem kónflæðimark (%),  
skv. Statens vegvesen; 14.441: Konusflytegrensen, ettpunktsbestemmelse.  
Flæðimarkið er notað sem byrjunarraki sýnisins.

### Niðurstöður:

| Sýni mrk.       | Mót nr. | LS  | Raki % |
|-----------------|---------|-----|--------|
| Knarrarnesfjara | 1       | 6,1 | 54,7   |
| Knarrarnesfjara | 2       | 6,4 | 54,7   |
| Meðaltal:       |         | 6,3 | 54,7   |

Ath.

Byrjunarlengd sýnis er 140mm.  
Lengd sýnis eftir prófun er mæld eftir  
purrkun í 24 klst. við 20°C + 24 klst. við 60°C + 24 klst. við 110°C.



|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2006-11-13 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu

|        |                      |       |  |
|--------|----------------------|-------|--|
| Fyrir: | Hönnun / Vegagerðina | Náma. |  |
|--------|----------------------|-------|--|

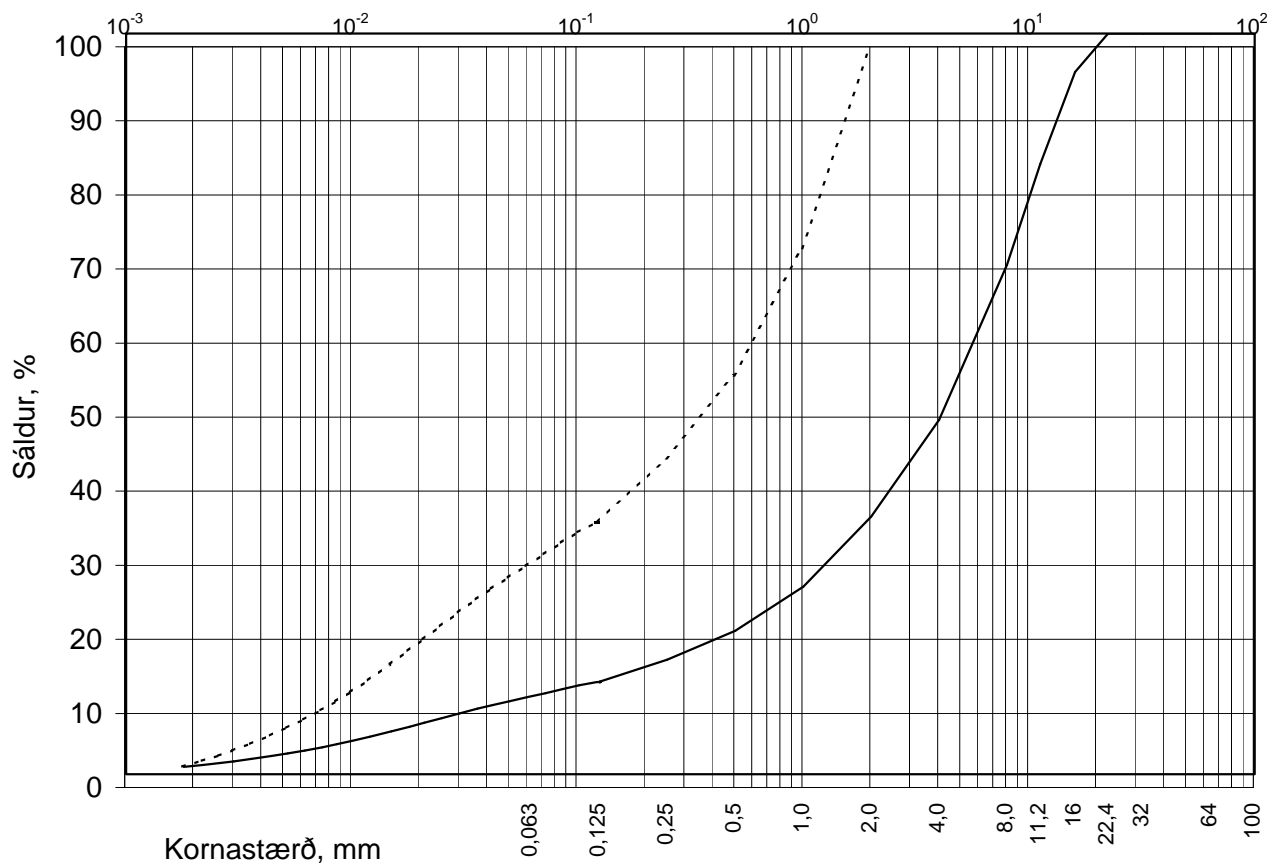
|           |                                         |           |                          |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|
| Verkefni: | Vinnsla malarslitlaga: Kjósarskarðsvegi | Sendandi: | Þorbjörg Hólmgeirsdóttir |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|

|               |                                                   |
|---------------|---------------------------------------------------|
| Athugasemdir: | Sýni frá október 2006. - Sýni 1: brotið + fínefni |
|---------------|---------------------------------------------------|

|              |                                                                                                                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mæliaðferðir | Votsigtun og Sympatec HELOS/RODOS þurmmæling með ljörva.<br>Heildarsýni og hluti smærri en 2 mm. Hluti sýnis undir 0,125 mm var mældur með ljörva. |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|        |    |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------|----|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Siktun | mm | 100   | 64    | 32    | 22,4  | 16   | 11,2 | 8    | 4    | 2    | 1    | 0,5  | 0,25 | 0,125 | 0,063 |
|        | %  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 94,8 | 82,4 | 68,8 | 47,8 | 34,8 | 25,3 | 19,4 | 15,5 | 12,5  | 9,6   |

|                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |     |      |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|-----|------|
| Mæling með ljörva: |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Reiknaðar tölur: |     |      |
| µm                 | 350  | 294  | 246  | 206  | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | µm               | 2   | 20   |
| %                  | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,4 | 12,1 | 11,6 | 11,1 | 10,6 | 10,1 | %                | 1,1 | 6,8  |
| µm                 | 50   | 42   | 36   | 30   | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %                | d10 | d60  |
| %                  | 9,6  | 9,1  | 8,6  | 8,0  | 7,4  | 6,8  | 6,2  | 5,6  | 4,9  | 4,3  | 3,9  | µm               | 52  | 5983 |
| µm                 | 7,4  | 6,2  | 5,2  | 4,4  | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      |                  |     |      |
| %                  | 3,5  | 3,1  | 2,7  | 2,4  | 2,0  | 1,7  | 1,5  | 1,2  | 1,0  |      |      |                  |     |      |



# Dælisá í Kjós: Niðurstöður rannsókna

---



|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2006-11-13 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu

|        |                      |       |  |
|--------|----------------------|-------|--|
| Fyrir: | Hönnun / Vegagerðina | Náma. |  |
|--------|----------------------|-------|--|

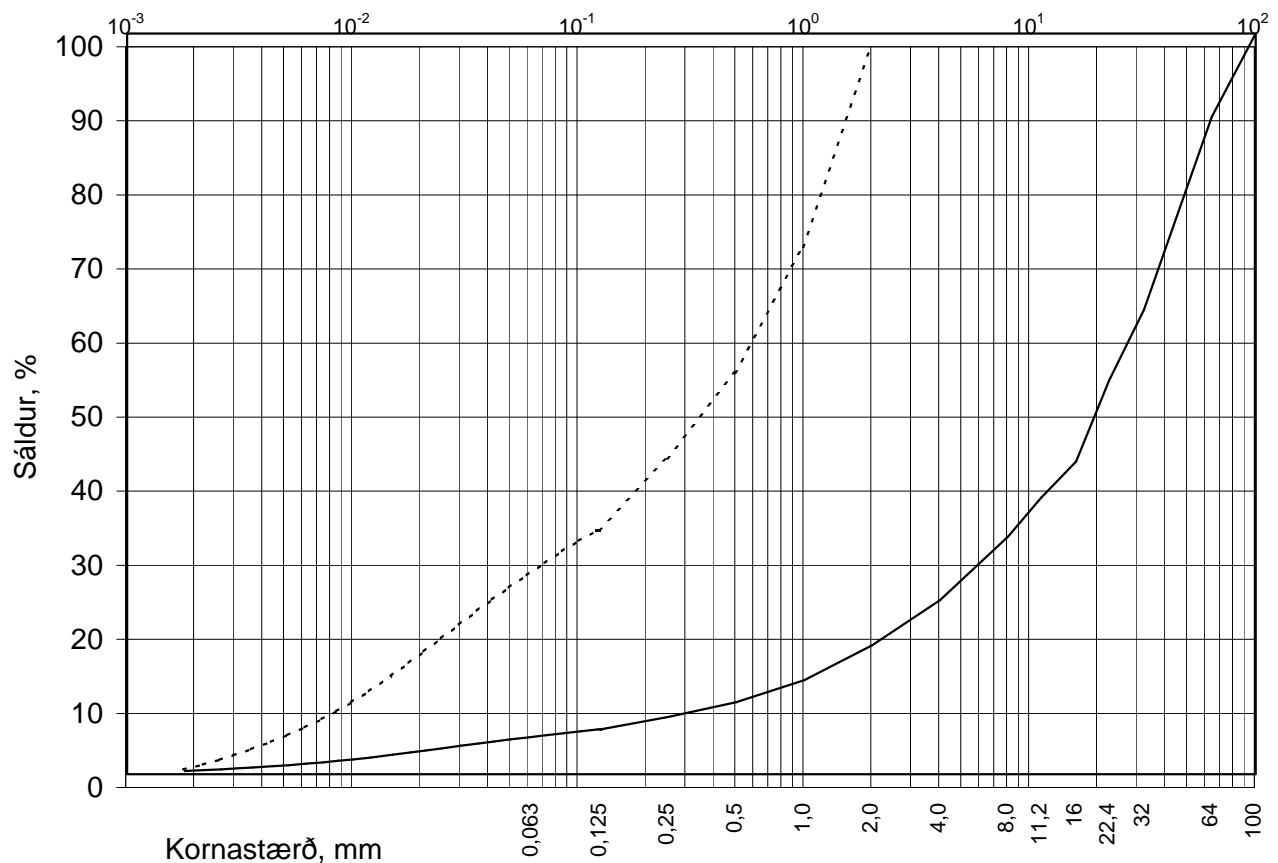
|           |                                         |           |                          |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|
| Verkefni: | Vinnsla malarslitlaga: Kjósarskarðsvegi | Sendandi: | Þorbjörg Hólmgeirsdóttir |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|

|               |                                                               |
|---------------|---------------------------------------------------------------|
| Athugasemdir: | Sýni frá október 2006. - Sýni 2: forbrotið + íblandað fínefni |
|---------------|---------------------------------------------------------------|

|              |                                                                                                                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mæliaðferðir | Votsigtun og Sympatec HELOS/RODOS þurmmæling með ljörva.<br>Heildarsýni og hluti smærri en 2 mm. Hluti sýnis undir 0,125 mm var mældur með ljörva. |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|        |    |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |       |       |
|--------|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|-------|
| Siktun | mm | 100   | 64   | 32   | 22,4 | 16   | 11,2 | 8    | 4    | 2    | 1    | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,063 |
|        | %  | 100,0 | 88,8 | 62,7 | 53,2 | 42,2 | 37,4 | 32,1 | 23,5 | 17,4 | 12,7 | 9,7 | 7,7  | 6,1   | 4,5   |

|                    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |                  |       |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------|-------|
| Mæling með ljörva: |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    | Reiknaðar tölur: |       |
| µm                 | 350 | 294 | 246 | 206 | 174 | 146 | 122 | 102 | 86  | 72  | 60  | µm | 2                | 20    |
| %                  | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,0 | 5,9 | 5,8 | 5,5 | 5,3 | 5,0 | 4,8 | %  | 0,5              | 3,1   |
| µm                 | 50  | 42  | 36  | 30  | 25  | 21  | 18  | 15  | 12  | 10  | 8,6 | %  | d10              | d60   |
| %                  | 4,5 | 4,2 | 4,0 | 3,7 | 3,3 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | µm | 531              | 28930 |
| µm                 | 7,4 | 6,2 | 5,2 | 4,4 | 3,6 | 3   | 2,6 | 2,2 | 1,8 |     |     |    |                  |       |
| %                  | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |     |     |    |                  |       |





|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2006-11-13 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu

|        |                      |       |  |
|--------|----------------------|-------|--|
| Fyrir: | Hönnun / Vegagerðina | Náma. |  |
|--------|----------------------|-------|--|

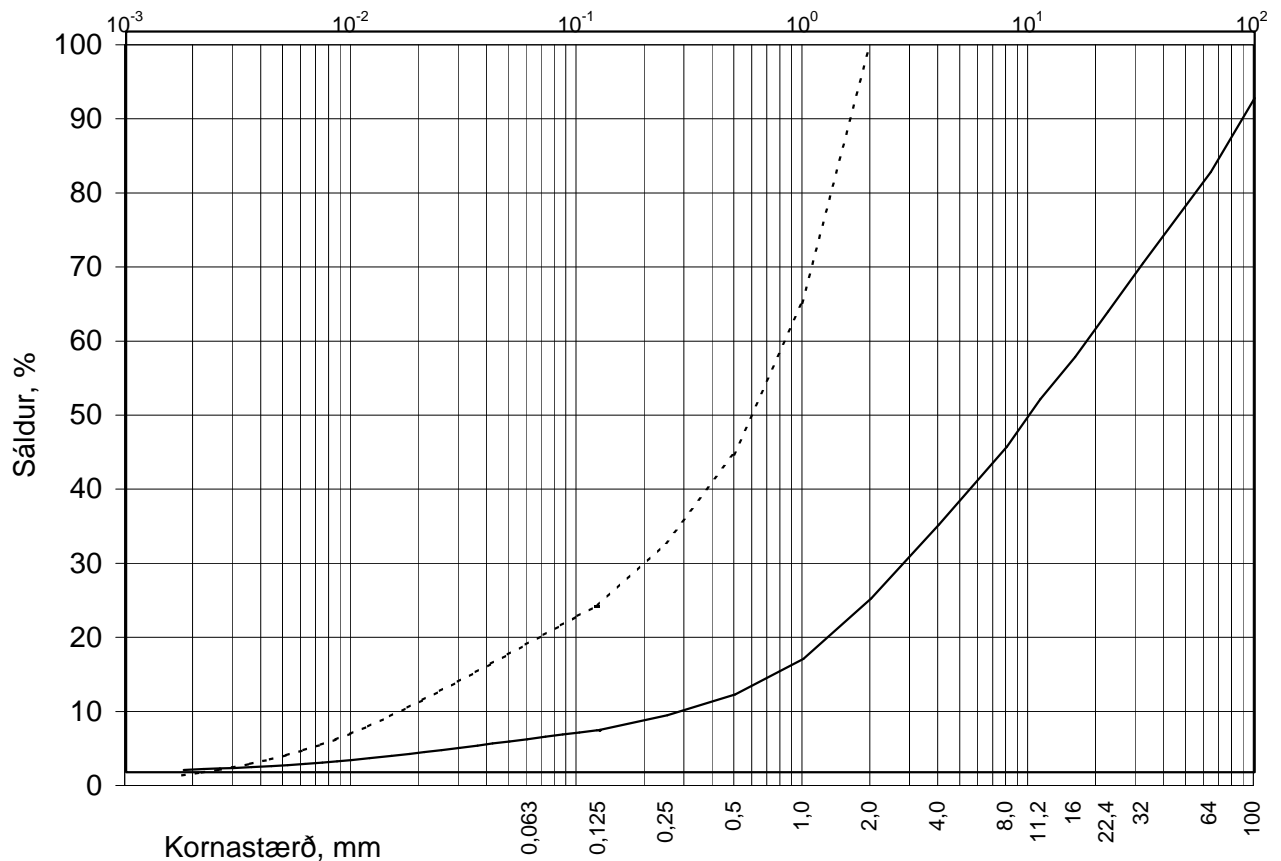
|           |                                         |           |                          |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|
| Verkefni: | Vinnsla malarslitlaga: Kjósarskarðsvegi | Sendandi: | Þorbjörg Hólmgeirsdóttir |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|

|               |                                                        |
|---------------|--------------------------------------------------------|
| Athugasemdir: | Sýni frá október 2006. - Sýni 3: forbrotið án fínefnis |
|---------------|--------------------------------------------------------|

|              |                                                                                                                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mæliaðferðir | Votsigtun og Sympatec HELOS/RODOS þurmmæling með ljörva.<br>Heildarsýni og hluti smærri en 2 mm. Hluti sýnis undir 0,125 mm var mældur með ljörva. |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|        |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Siktun | mm | 100  | 64   | 32   | 22,4 | 16   | 11,2 | 8    | 4    | 2    | 1    | 0,5  | 0,25 | 0,125 | 0,063 |
|        | %  | 91,0 | 81,0 | 68,7 | 62,2 | 56,1 | 50,4 | 43,9 | 33,5 | 23,5 | 15,3 | 10,5 | 7,7  | 5,7   | 4,1   |

|                    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |                  |       |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------|-------|
| Mæling með ljörva: |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    | Reiknaðar tölur: |       |
| µm                 | 350 | 294 | 246 | 206 | 174 | 146 | 122 | 102 | 86  | 72  | 60  | µm | 2                | 20    |
| %                  | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,5 | 5,3 | 5,1 | 4,8 | 4,5 | 4,2 | %  | 0,4              | 2,6   |
| µm                 | 50  | 42  | 36  | 30  | 25  | 21  | 18  | 15  | 12  | 10  | 8,6 | %  | d10              | d60   |
| %                  | 3,9 | 3,6 | 3,4 | 3,1 | 2,8 | 2,6 | 2,3 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 1,4 | µm | 442              | 19851 |
| µm                 | 7,4 | 6,2 | 5,2 | 4,4 | 3,6 | 3   | 2,6 | 2,2 | 1,8 |     |     |    |                  |       |
| %                  | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |     |     |    |                  |       |





|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2006-11-13 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu

|        |                      |       |  |
|--------|----------------------|-------|--|
| Fyrir: | Hönnun / Vegagerðina | Náma. |  |
|--------|----------------------|-------|--|

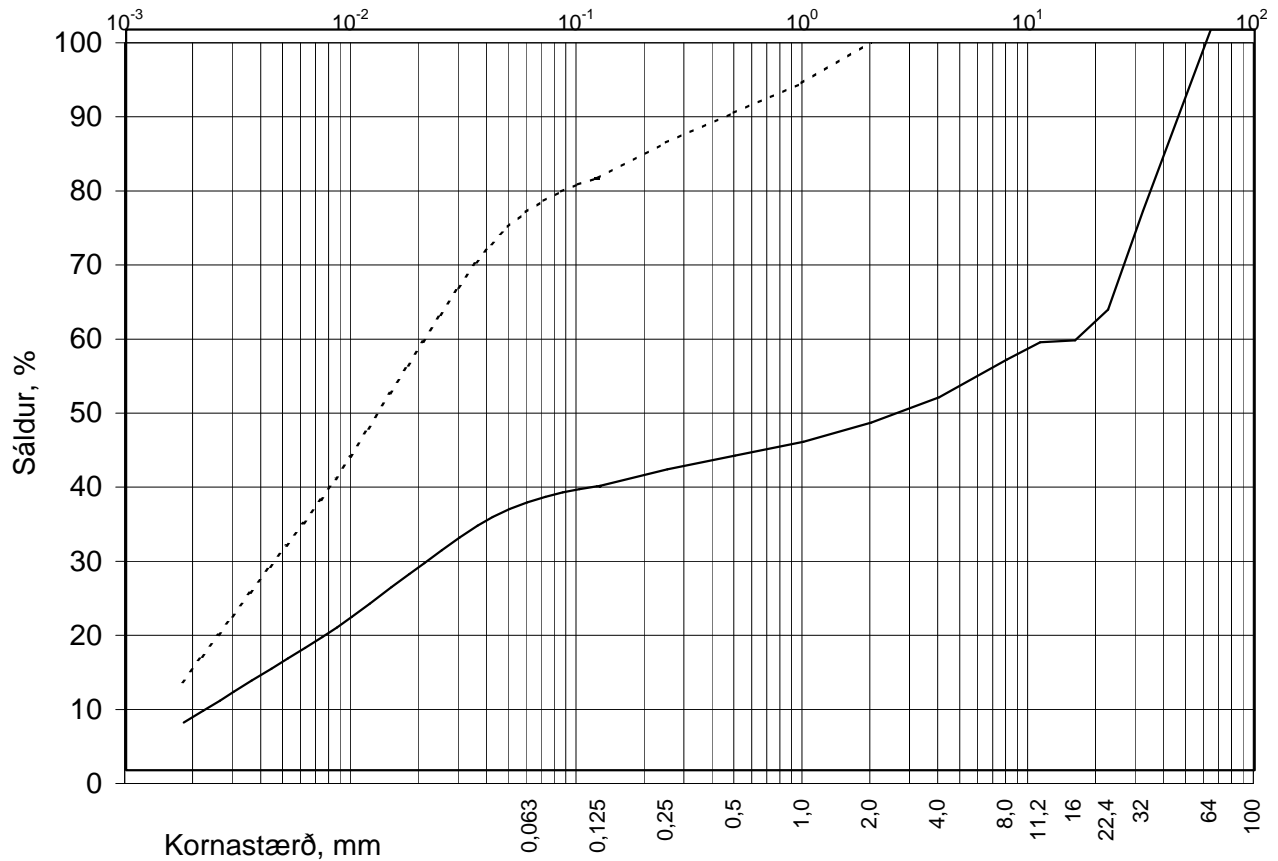
|           |                                         |           |                          |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|
| Verkefni: | Vinnsla malarslitlaga: Kjósarskarðsvegi | Sendandi: | Þorbjörg Hólmgeirsdóttir |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|

|               |                                                   |
|---------------|---------------------------------------------------|
| Athugasemdir: | Sýni frá október 2006. - Sýni 4: fínefni óblandað |
|---------------|---------------------------------------------------|

|              |                                                                                                                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mæliaðferðir | Votsigtun og Sympatec HELOS/SUCCELL votmæling með ljörva.<br>Heildarsýni og hluti smærri en 2 mm. Hluti sýnis undir 0,125 mm var mældur með ljörva. |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|        |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Siktun | 100   | 64    | 32   | 22,4 | 16   | 11,2 | 8    | 4    | 2    | 1    | 0,5  | 0,25 | 0,125 | 0,063 |
| %      | 100,0 | 100,0 | 75,5 | 62,2 | 58,0 | 57,8 | 55,5 | 50,4 | 46,9 | 44,4 | 42,5 | 40,6 | 38,4  | 34,9  |

|                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |                  |       |  |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------------------|-------|--|
| Mæling með ljörva: |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    | Reiknaðar tölur: |       |  |
| µm                 | 350  | 294  | 246  | 206  | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | µm | 2                | 20    |  |
| %                  | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,3 | 38,1 | 37,8 | 37,5 | 37,0 | 36,4 | 35,7 | %  | 7,3              | 27,5  |  |
| µm                 | 50   | 42   | 36   | 30   | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %  | d10              | d60   |  |
| %                  | 34,8 | 33,7 | 32,6 | 31,0 | 29,3 | 27,6 | 26,1 | 24,4 | 22,2 | 20,4 | 19,0 | µm | 2,8              | 18756 |  |
| µm                 | 7,4  | 6,2  | 5,2  | 4,4  | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      |    |                  |       |  |
| %                  | 17,7 | 16,3 | 14,9 | 13,5 | 11,9 | 10,4 | 9,3  | 7,9  | 6,4  |      |      |    |                  |       |  |





|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2006-11-13 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu með ljörva

|        |                      |           |                          |
|--------|----------------------|-----------|--------------------------|
| Fyrir: | Hönnun / Vegagerðina | Sendandi: | Þorbjörg Hólmgeirsdóttir |
|--------|----------------------|-----------|--------------------------|

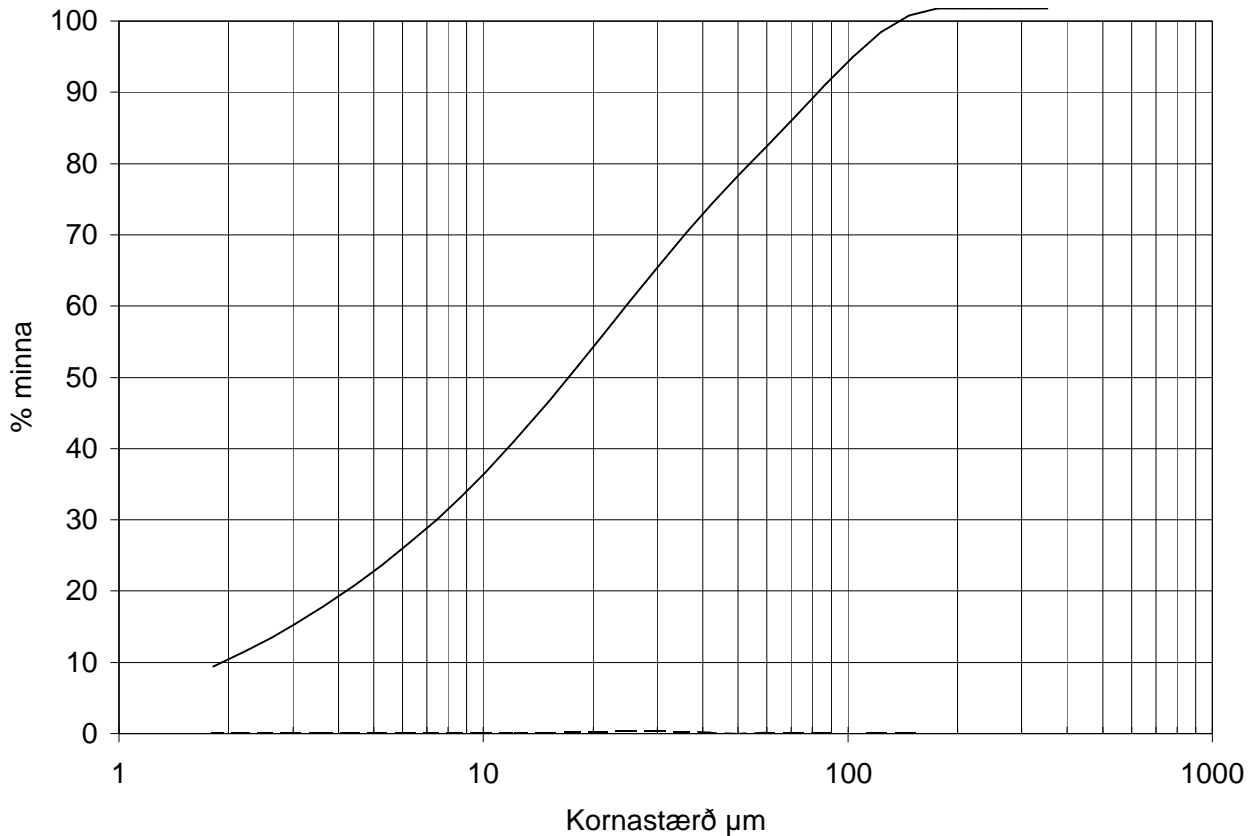
|        |                                          |              |                        |
|--------|------------------------------------------|--------------|------------------------|
| Vegna: | Vinnslu malarslitlaga: Kjósarskarðsvegur | Merki synis: | Sýni 1: brotið+fínefni |
|--------|------------------------------------------|--------------|------------------------|

Athugasemdir:

Mæliaðferð  
Sympatec HELOS / RODOS þurrsmæling á sýnahlutanum undir 125 µm

Upplýsingar frá mælingum:  
Efni: Steinefni u. 125µm - Merking: H05-879 okt. 2006; nr. 1  
Niðurstöður eru meðaltal þriggja mælinga.

| µm       | 350   | 294   | 246   | 206   | 174   | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | %   | x10  | x16   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| %        | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,0 | 96,7 | 93,2 | 89,3 | 85,1 | 80,9 | µm  | 2,3  | 3,6   |
| Stfrv. % | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,1  | 0,1  | 0,0  | 0,1  | 0,2  | 0,2  | +/- | 0,0  | 0,0   |
| µm       | 50    | 42    | 36    | 30    | 25    | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %   | x50  | x84   |
| %        | 76,7  | 72,6  | 68,7  | 63,9  | 58,9  | 54,1 | 49,9 | 44,9 | 39,2 | 34,8 | 31,5 | µm  | 18,1 | 68,8  |
| Stfrv. % | 0,0   | 0,2   | 0,3   | 0,3   | 0,3   | 0,3  | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | +/- | 0,2  | 0,6   |
| µm       | 7,4   | 6,2   | 5,2   | 4,4   | 3,6   | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      | %   | x90  | x99   |
| %        | 28,3  | 24,9  | 21,8  | 19,1  | 16,0  | 13,5 | 11,7 | 9,8  | 7,7  |      |      | µm  | 88,7 | 146,6 |
| Stfrv. % | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  |      |      | +/- | 0,3  | 1,0   |







|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2006-11-13 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu með ljörva

|        |                                          |              |                                      |
|--------|------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Fyrir: | Hönnun / Vegagerðina                     | Sendandi:    | Þorbjörg Hólmgeirsdóttir             |
| Vegna: | Vinnslu malarslitlaga: Kjósarskarðsvegur | Merki synis: | Sýni 2: forbrotið + íblandað fínefni |

Athugasemdir:

Mæliaðferð

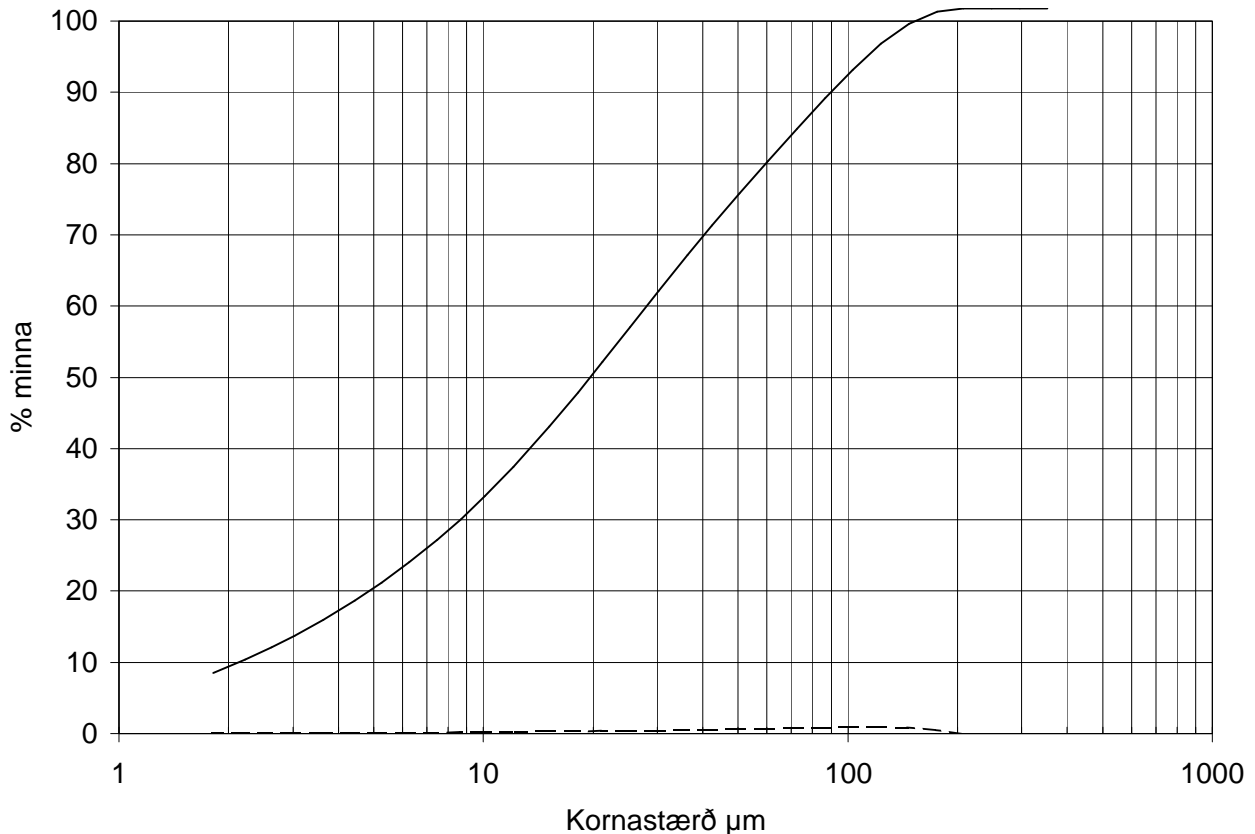
Sympatec HELOS / RODOS þurrmæling á sýnahlutanum undir 125 µm

Upplýsingar frá mælingum:

Efni: Steinefni u. 125µm - Merking: H05-879 okt. 2006; nr. 2

Niðurstöður eru meðaltal fjögurra mælinga.

| µm       | 350   | 294   | 246   | 206   | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | %   | x10  | x16   |
|----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| %        | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,5 | 97,9 | 95,0 | 91,4 | 87,5 | 83,2 | 78,6 | µm  | 2,5  | 4,1   |
| Stfrv. % | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,6  | 0,9  | 1,0  | 1,0  | 0,9  | 0,8  | 0,7  | +/- | 0,0  | 0,0   |
| µm       | 50    | 42    | 36    | 30    | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %   | x50  | x84   |
| %        | 74,0  | 69,6  | 65,4  | 60,4  | 55,2 | 50,4 | 46,1 | 41,3 | 35,7 | 31,5 | 28,3 | µm  | 20,8 | 74,8  |
| Stfrv. % | 0,6   | 0,6   | 0,5   | 0,5   | 0,5  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,3  | 0,3  | 0,2  | +/- | 0,3  | 2,6   |
| µm       | 7,4   | 6,2   | 5,2   | 4,4   | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      | %   | x90  | x99   |
| %        | 25,4  | 22,3  | 19,4  | 16,9  | 14,2 | 11,9 | 10,3 | 8,6  | 6,8  |      |      | µm  | 96,5 | 163,5 |
| Stfrv. % | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  |      |      | +/- | 3,9  | 11,4  |





|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2006-11-13 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu með ljörva

|        |                      |           |                          |
|--------|----------------------|-----------|--------------------------|
| Fyrir: | Hönnun / Vegagerðina | Sendandi: | Þorbjörg Hólmgeirsdóttir |
|--------|----------------------|-----------|--------------------------|

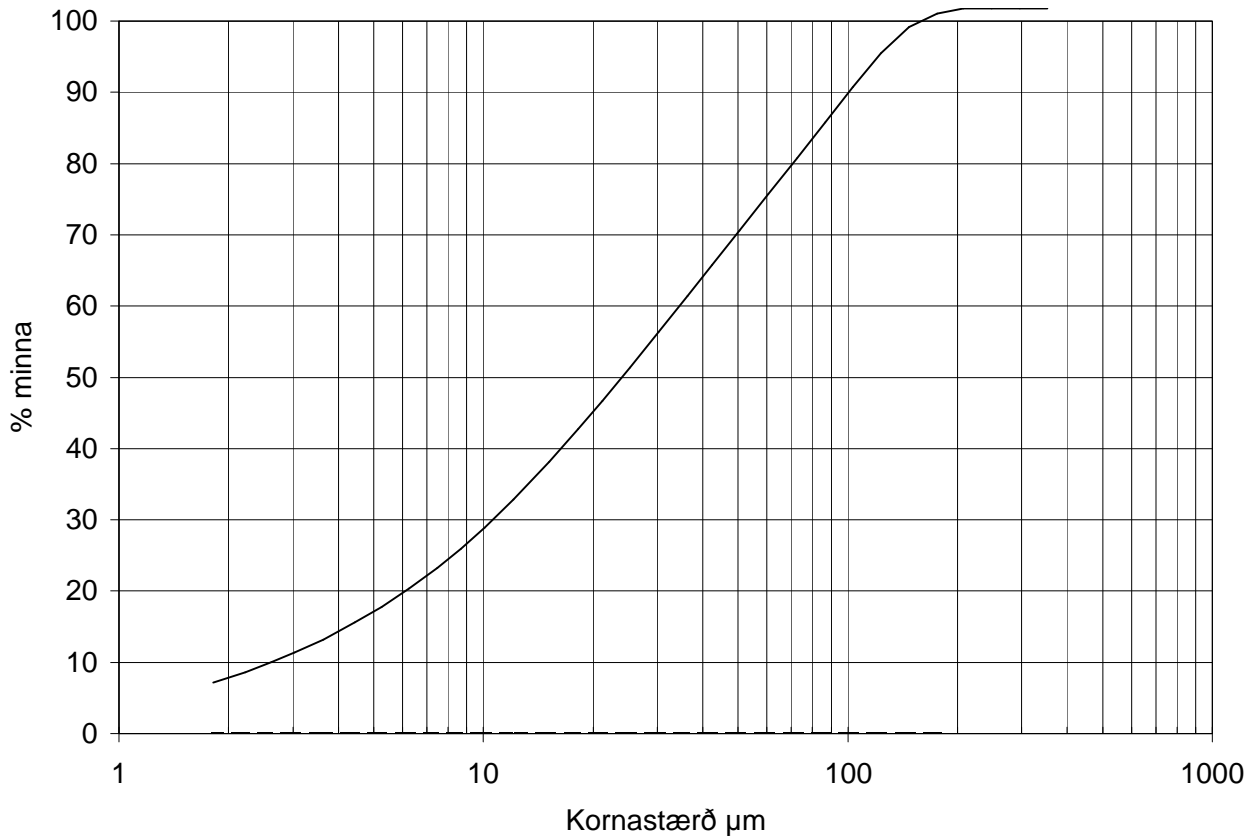
|        |                                          |              |                               |
|--------|------------------------------------------|--------------|-------------------------------|
| Vegna: | Vinnslu malarslitlaga: Kjósarskarðsvegur | Merki synis: | Sýni 3: forbrotið án fínafnis |
|--------|------------------------------------------|--------------|-------------------------------|

Athugasemdir:

Mæliaðferð  
Sympatec HELOS / RODOS þurrmæling á sýnahlutanum undir 125 µm

Upplýsingar frá mælingum:  
Efni: Steinefni u. 125µm - Merking: H05-879 okt. 2006; nr. 3  
Niðurstöður eru meðaltal fjögurra mælinga.

| µm       | 350   | 294   | 246   | 206   | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | %   | x10   | x16   |
|----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|
| %        | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,3 | 97,4 | 93,7 | 88,9 | 84,0 | 79,0 | 73,9 | µm  | 3,1   | 5,2   |
| Stfrv. % | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | +/- | 0,0   | 0,0   |
| µm       | 50    | 42    | 36    | 30    | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %   | x50   | x84   |
| %        | 68,9  | 64,0  | 59,6  | 54,6  | 49,6 | 45,0 | 40,9 | 36,4 | 31,1 | 27,2 | 24,2 | µm  | 25,4  | 86,0  |
| Stfrv. % | 0,1   | 0,1   | 0,2   | 0,2   | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | +/- | 0,2   | 0,3   |
| µm       | 7,4   | 6,2   | 5,2   | 4,4   | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      | %   | x90   | x99   |
| %        | 21,5  | 18,6  | 16,0  | 13,8  | 11,5 | 9,6  | 8,2  | 6,8  | 5,4  |      |      | µm  | 106,5 | 170,2 |
| Stfrv. % | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  |      |      | +/- | 0,5   | 1,3   |





|              |            |
|--------------|------------|
| Rannsókn nr. | H05/879    |
| Dags.        | 2006-11-13 |
| Framkv. af   | AÓA        |

## Mæling á kornadreifingu með ljörva

|        |                      |           |                          |
|--------|----------------------|-----------|--------------------------|
| Fyrir: | Hönnun / Vegagerðina | Sendandi: | Þorbjörg Hólmgeirsdóttir |
|--------|----------------------|-----------|--------------------------|

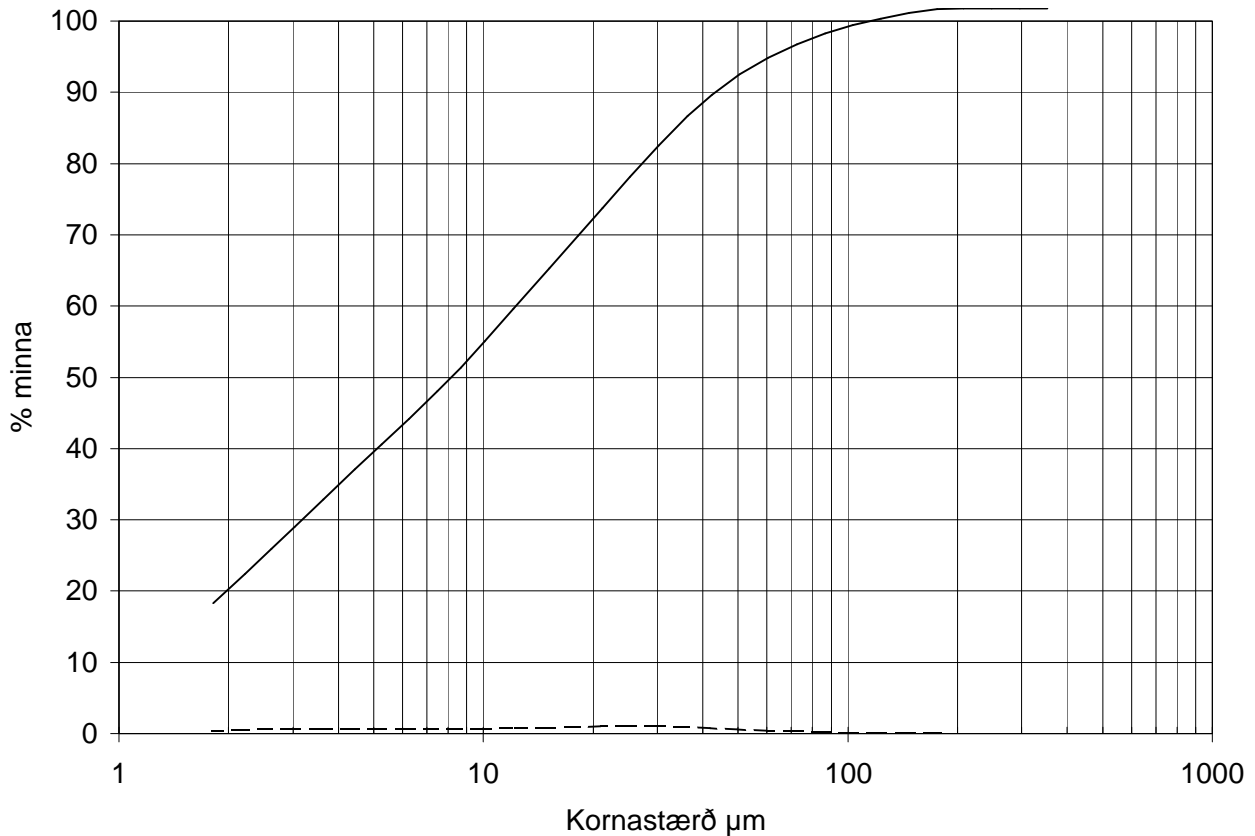
|        |                                          |              |                          |
|--------|------------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Vegna: | Vinnslu malarslitlaga: Kjósarskarðsvegur | Merki synis: | Sýni 4: fínefni óblandað |
|--------|------------------------------------------|--------------|--------------------------|

Athugasemdir:

Mæliaðferð  
Sympatec HELOS / SUCELL votmæling á sýnahlutunum undir 63 µm

Upplýsingar frá mælingum:  
Efni: Steinefni u. 125µm - Merking: H05-879 okt. 2006. Nr. 4B  
Niðurstöður eru meðaltal þriggja mælinga.

| µm       | 350   | 294   | 246   | 206   | 174  | 146  | 122  | 102  | 86   | 72   | 60   | %   | x10  | x16   |
|----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| %        | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,9 | 99,4 | 98,6 | 97,6 | 96,5 | 95,0 | 93,1 | µm  | 1,3  | 1,8   |
| Stfrv. % | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | +/- | 0,0  | 0,0   |
| µm       | 50    | 42    | 36    | 30    | 25   | 21   | 18   | 15   | 12   | 10   | 8,6  | %   | x50  | x84   |
| %        | 90,7  | 87,9  | 84,9  | 80,8  | 76,3 | 72,0 | 68,1 | 63,6 | 57,9 | 53,3 | 49,6 | µm  | 8,8  | 34,7  |
| Stfrv. % | 0,6   | 0,9   | 1,0   | 1,1   | 1,1  | 1,1  | 1,0  | 0,9  | 0,8  | 0,8  | 0,7  | +/- | 0,3  | 1,6   |
| µm       | 7,4   | 6,2   | 5,2   | 4,4   | 3,6  | 3    | 2,6  | 2,2  | 1,8  |      |      | %   | x90  | x99   |
| %        | 46,2  | 42,4  | 38,8  | 35,3  | 31,1 | 27,2 | 24,2 | 20,7 | 16,6 |      |      | µm  | 47,8 | 134,0 |
| Stfrv. % | 0,7   | 0,7   | 0,7   | 0,7   | 0,7  | 0,6  | 0,6  | 0,5  | 0,4  |      |      | +/- | 1,9  | 2,8   |





## Ákvörðun LS-stuðuls Linear shrinkage, Lineær krymp

**Unnið fyrir:** Vegagerðina / Hönnun

**c/o:** Gunnar Bjarnason / Þorbjörg Hólmgeirsdóttir

**Verkefni:** Vinnsla malarslittaga.

**Námur:** Malarefni úr Digramúla við Tjaldanes og fínefni úr skeringu við Gilsfjörð

Flæðimark efnisins er ákvarðað sem kónflæðimark (%) og var það notað sem byrjunarraki sýnis. - Lengd móta er 140 mm.

Við mælingar var farið eftir leiðbeiningum Statens vegvesen í Noregi í Håndbok 014, nr. 14.441 (2005) Kónusflytegrense og 14.443 (1996) Lineær krymp (LS).

### Blanda með 9% reiknuðu fínefni af heild

|       | Mót nr.         | LS         | Raki %      |
|-------|-----------------|------------|-------------|
| BI 9% | 3               | 3,6        |             |
| BI 9% | 4               | 3,8        |             |
|       | <b>Meðaltal</b> | <b>3,7</b> | <b>27,2</b> |

### Blanda með 12% reiknuðu fínefni af heild

|        | Mót nr.         | LS         | Raki %      |
|--------|-----------------|------------|-------------|
| BI 12% | 5               | 5,1        |             |
| BI 12% | 6               | 5,3        |             |
|        | <b>Meðaltal</b> | <b>5,2</b> | <b>28,7</b> |

#### Athugasemdir:

Sýni móttakin á Rb í september 2005. Sýni með 9 og 12% reiknuðu fínefni af heild voru blönduð í nóvember 2006.