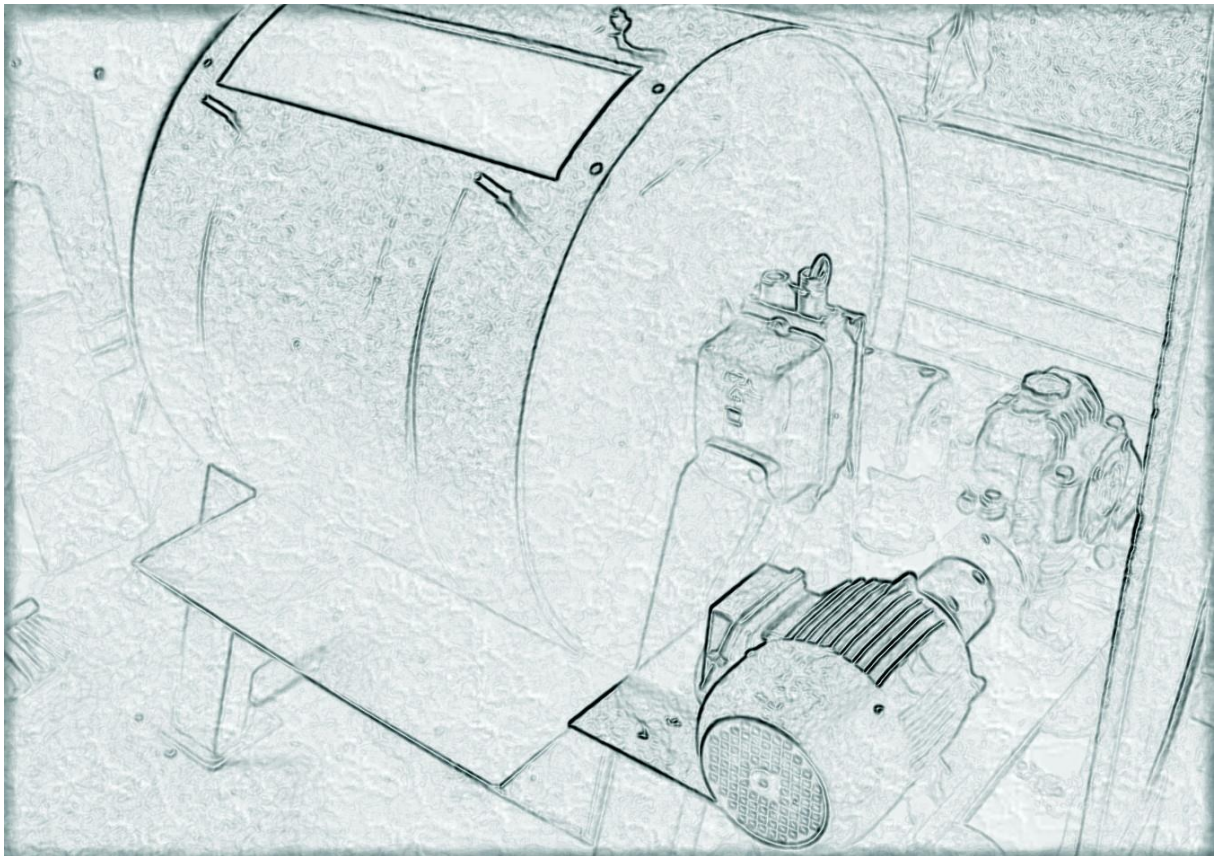




Áhrif rakastigs á niðurstöður LA styrkleikaprófs

- Lokaskýrsla -



Pétur Pétursson
maí 2016

Efnisyfirlit

1	INNGANGUR.....	4
2	Prófanir á áhrifum rakastigs á LA gildi.....	6
2.1	Prófunaraðferðin	6
2.2	Niðurstöður fyrsta áfanga	6
2.3	Niðurstöður annars áfanga.....	8
2.3	Niðurstöður þriðja áfanga	11
2.4	Berggreiningar	13
2.5	Rakastigsmælingar.....	14
2.6	Niðurstaða	14
3	SAMANTEKT.....	15
	HEIMILDASKRÁ OG ÍTAREFNI	16
	Viðauki: Niðurstöður prófana Mannvits.....	17

1 INNGANGUR

Í fyrsta áfanga verkefnisins voru áhrif mismunandi rakastigs á niðurstöður Los Angeles styrkleikaprófs (LA próf) á steinefnum könnuð. Verkfræðistofan Mannvit tók að sér að prófa valin efni úr Steinefnabanka BUSL samstarfsins. Prófunaraðferðin, samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 1097-2, er notuð til að mæla styrk flokkaðs steinefnis og er kornastærðin 10,0 til 14,0 mm notuð í prófið. Einnig er notað millisigti 11,2 eða 12,5 mm til að stjórna innbyrðis hlutföllum innan stærðarflokksins. Steinefnasýnið er þurrkað samkvæmt staðlinum áður en prófið er framkvæmt. Það er vel þekkt samkvæmt eldri niðurstöðum íslenskra rannsókna að rakastig hefur afgerandi áhrif á styrk og slitþol ummyndaðra og mjög ummyndaðra steinefna. Slík steinefni hafa oft komið út með nokkuð mikinn styrk í Los Angeles prófi sem mælir einungis þurrt steinefni. Í fyrsta áfanga þessa verkefnis voru valin sjö steinefni, m.a. úr steinefnabankanum, bæði með fersku, ummynduðu og mjög ummynduðu basalti.

Niðurstöður prófana fyrsta áfanga þessa verkefnis á áhrifum rakastigs á niðurstöður LA styrkleikaprófs voru teknar saman í greinargerð.

Í öðrum áfanga verkefnisins var haldið áfram að kanna áhrif vatns á niðurstöður Los Angeles styrkleikaprófs (LA próf) á steinefnum. Verkfræðistofan Mannvit tók að sér eins og áður að prófa valin efni úr Steinefnabanka BUSL samstarfsins. Ákveðið var að bæta þremur steinefnasýnum við safnið og að leggja áherslu á að bera saman niðurstöður prófana á ofnþurrum sýnum og mettuðum, blautum sýnum. Niðurstöður bentu til að ákveðnar líkur væru á að blautt steinefni brotnaði marktækt meira niður en ofnþurrt steinefni, en í raun var ekki hægt að fullyrða það þar sem svo fáar mælingar lágu fyrir.

Í áfangaskýrslu II er nokkuð ítarlega samantekt á prófunum á áhrifum rakastigs á styrk og slitþol íslenskra steinefna, mælt með nokkrum þekktum aðferðum. Þar eru meðal annast birtar niðurstöður samanburðar á rökum og þurrum sýnum sem prófuð voru með Dorry-slitþolsprófi á vegum Steinefnanefndar. Einnig sams konar samanburður með tveimur breskum aðferðum, sem sagt Ten Percent Fines og Aggregate Impact prófum á vegum BUSL samstarsins. Meginniðurstöður þessara fyrri rannsókna á áhrifum raka á slitþol og styrk steinefna voru á þá lund að rakastig hafði tiltölulega lítil áhrif á ferskar berggerðir, en þeim mun meiri áhrif ef um mjög ummyndaðar berggerðir var að ræða. Áfangaskýrslu II má finna á slóðinni:

[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Ahrif_rakastigs_a_LA_nidurst/\\$file/%C3%81hrif%20rakastigs%20%C3%A1%20LA-%C3%81fangask%C3%BDrsla%202.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Ahrif_rakastigs_a_LA_nidurst/$file/%C3%81hrif%20rakastigs%20%C3%A1%20LA-%C3%81fangask%C3%BDrsla%202.pdf)

Í þriðja áfanga var ákveðið að gera endurtekin próf á völdum efnum, bæði í ofnþurru ástandi og mettuðu, blautu ástandi. Alls voru fimm berggerðir prófaðar tvisvar, bæði í þurru og blautu ástandi, sem sagt 20 próf, en fyrir lágu niðurstöður úr einu þurru og einu blautu prófi af hverri berggerð úr fyrri áföngum.

Þessi lokaskýrsla fjallar um niðurstöður allra þriggja áfanga þessa verkefnis í stuttu máli og dregnar almennar ályktanir af verkefninu í heild sinni.

Tafla 1 sýnir allar niðurstöður LA prófana úr öllum þremur áföngunum, þar sem prófanir hvers árs fá ákveðinn lit í töflunni.

Tafla 1 Allar niðurstöður LA prófana úr öllum þremur áföngunum

Steinefni	Los Angelesgildi, %								Í vatni
	Ofn- þurrt	Ofn- þurrt	Ofn- þurrt	Mettað yfirb.- þurrt 24 klst.	Mettað yfirb.- blautt 24 klst.	Mettað yfirb.- blautt 24 klst.	Mettað yfirb.- blautt 24 klst.	Mettað yfirb.- blautt 7 daga	
Seljadalur	14			14					
Stóra-Fellsöxl	15	14	13	12	18	14	18		
Lárkot	18	17	17	18	23	17	27	22	
Glerá	19			19	22			23	26
Háumelar	20	18	18	19	22	16	18		
Haukadalsá	22			19	19				
Stapafell	37			38					
Grímsá	14	14	13		18	11	12		
Norðfjarðará	19				18				
Skíðadalsá	17	16	15		19	19	19		

Skýringar:	2013	2014	2015	Ekki prófað
------------	------	------	------	----------------

Í verkefnishópi sitja Gunnar Bjarnason (verkefnisstjóri) hjá Vegagerðinni, Guðrún Eva Jóhannsdóttir og Þorbjörg Hólmgeirsdóttir hjá Mannviti og Pétur Pétursson hjá PP ráðgjöf.

2 Prófanir á áhrifum rakastigs á LA gildi

2.1 Prófunaraðferðin

Prófunaraðferðin er vel þekkt héraðs og er gerð samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 1097-2. Aðferðin er notuð til að mæla styrk flokkaðs steinefnis og er kornastærðin 10,0 til 14,0 mm notuð í prófið. Jafnframt gefur prófunaraðferðin upp hvert hlutfall 10,0 til 11,2 mm eða 10,0 til 12,5 mm kornastærðar skal vera. Steinefnasýnið er þurrkað samkvæmt staðli og skal heildarþyngd þess vera um (5000 +/- 5) g. Það er sett í tromlu, sjá mynd 1, ásamt 11 stórum stálkúlum sem hver um sig vegur 400 til 445 g (ekkt vatn). Þvermál kúla skal vera 45-49 mm og heildarhleðsla á bilinu frá 4690 g til 4860 g. Tromlunni er snúið 32-33 snúninga á mínútu, alls 500 snúninga. Eftir prófun er sýnið fjarlæggt úr tromlunni og þvegið á 1,6 mm sigti. Sá hluti sem situr eftir á 1,6 mm sigtinu er þurrkaður og vigtaður. Prófunarniðurstaðan (LA) er reiknuð sem þyngdarhlutfall sýnis sem smýgur 1,6 mm sigti.



Mynd 1 a) LA tromla



b) Kúlur og sýni í tromlu

2.2 Niðurstöður fyrsta áfanga

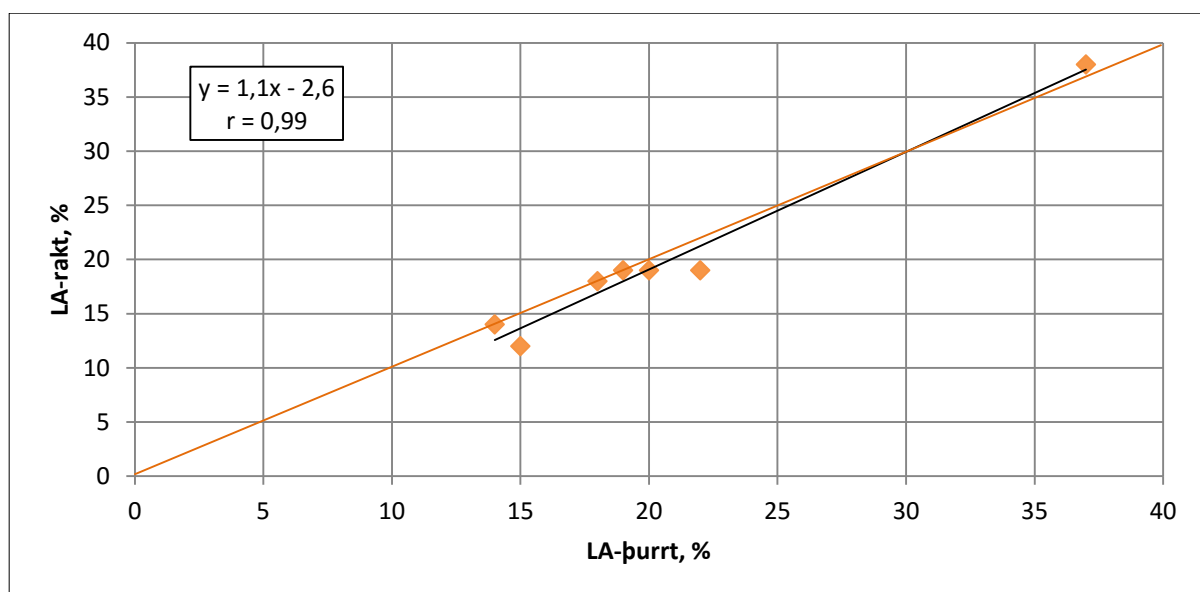
Eins og fram hefur komið var brugðið út af prófanalýsingu og steinefni prófuð með raka, auk þess að prófa þau þurr eins og prófunarstaðall gerir ráð fyrir. Greinargóðar lýsingar á undirbúningi sýna, framgangi prófana og öðru sem skipti máli eru í minnisblöðum frá Mannviti sem fylgja áfangaskýrslu II í viðauka I og II.

Tafla 2 sýnir niðurstöður prófana á ofnþurrum og rakamettuðum sýnum í LA prófinu í fyrsta áfanga. Rakamettuðu sýnin voru meðhöndluð á sama hátt og gert er þegar mettvatn steinefnasýna er ákvarðað, sem sagt sýnin voru sett á kaf í vatnsbað í 24 klst. og voru síðan yfirborðsperruð og prófuð í LA prófi í því ástandi.

Tafla 2 Niðurstöður prófana á þurru og rakamettuðum sýnum í LA prófi

Steinefni	LA-ofnþurrt, %	LA-mettað, yfirborðsperrað, %
Seljadalur	14	14
Stóra-Fellsöxl	15	12
Lárkot	18	18
Glerá	19	19
Háumelar	20	19
Haukadalsá	22	19
Stapafell	37	38

Mynd 2 sýnir tengslin milli LA í þurru ástandi og LA í röku ástandi (með mettivatni).



Mynd 2 Tengslin milli LA í þurru ástandi og LA í röku ástandi (yfirborðsperrað)

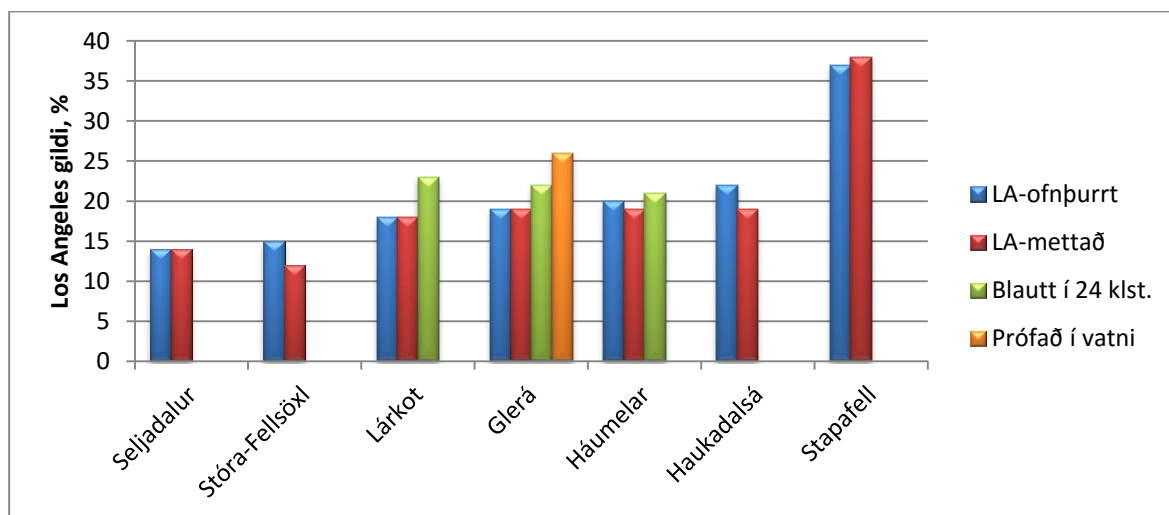
Það sést á myndinni að tengslin eru afar sterk og sannfærandi og aðfallslínan fellur nánast á jafngildislínuna. Með öðrum orðum má segja að vatnsmettun sýna á þennan hátt (yfirborðsperrað) hafi engin áhrif á niðurstöður LA prófsins, samkvæmt þessum niðurstöðum.

Í ljósi ofangreindra niðurstaðna var ákveðið að prófa heldur meiri vatnsmettun, sem sagt að prófa valin sýni yfirborðsblaut (ekki yfirborðsperrað eins og mettuðu sýnin áður) eftir 24 klst. mettun og einnig eftir 7 daga mettun og reyndar eitt sýni sullandi í vatni, sem sagt Glerá. Ekki voru gerðar frekari tilraunir með að prófa sýni á kafi í vatni í LA tromlunni af tæknilegum ástæðum, annars vegar þar sem lokið á tromlunni lak og leðja komst út úr henni, en einnig var erfiðleikum háð að ná öllu steinefninu úr tromlunni eftir prófun. Niðurstöður blautu prófanna og prófsins í vatni eru birtar í töflu 3 ásamt niðurstöðum úr töflu 1.

Tafla 3 Niðurstöður allra LA prófana sem gerðar voru í fyrsta áfanga þessa verkefnis

Steinefni	LA-ofnþurrt	Yfirborðspurt mettað	Yfirborðsblautt, mettað í 24 klst.	Yfirborðsblautt, mettað í 7 daga	Prófað í vatni
Seljadalur	14	14			
Stóra-Fellsöxl	15	12			
Lárkot	18	18	23	22	
Glerá	19	19	22	23	26
Háumelar	20	19	21		
Haukadalsá	22	19			
Stapafell	37	38			

Mynd 3 sýnir samantekt niðurstaðna með LA styrkleikaprófi sem fengust í fyrsta áfanga verkefnisins.



Mynd 3 Samantekt niðurstaðna með LA styrkleikaprófi sem fengust í fyrsta áfanga

Það sést á myndinni að próf með yfirborðsperruðum sýnum skila svipuðum niðurstöðum og þurr próf, en aukinn raki (yfirborðsblaut) virðist skila sér í hærri LA-gildum, a.m.k. í tilfellum Lárkot og Glerá. Þetta er ekki eins afgerandi í tilfalli Háumela, þó hugsanlega svolítið. Steinefnið sem prófað var á kafi í vatni, sem sagt Glerá, virðist verða fyrir umtalsvert meira niðurbroti en þurr, mettuð og blaut sýni. Þetta er þó sett fram með þeim fyrirvara að ekki hafi tapast efni grófara en 1,6 mm við úrvinnslu, en tromlan var mjög óhrein og klepruð að innan eftir þessa prófun, sbr. minnisblað í Viðauka I í áfangaskýrslu II. Af þeirri ástæðu var ákveðið að gera ekki frekari tilraunir með að prófa sýni á kafi í vatni, eins og fyrr sagði.

2.3 Niðurstöður annars áfanga

Þegar niðurstöður fyrsta áfanga lágu fyrir þótti áhugavert að prófa steinefni úr fleiri námum og leggja áherslu á að skoða og bera saman niðurstöður á ofnþurrum sýnum annars vegar og yfirborðsblautum eftir 24 klst. metnun hins vegar, þar sem fyrri niðurstöður bentu til að þar væri helst mælanlegur munur á milli. Allar niðurstöður prófana eru settar fram í töflu 4, sem sagt úr báðum áföngum þessa verkefnis hingað til.

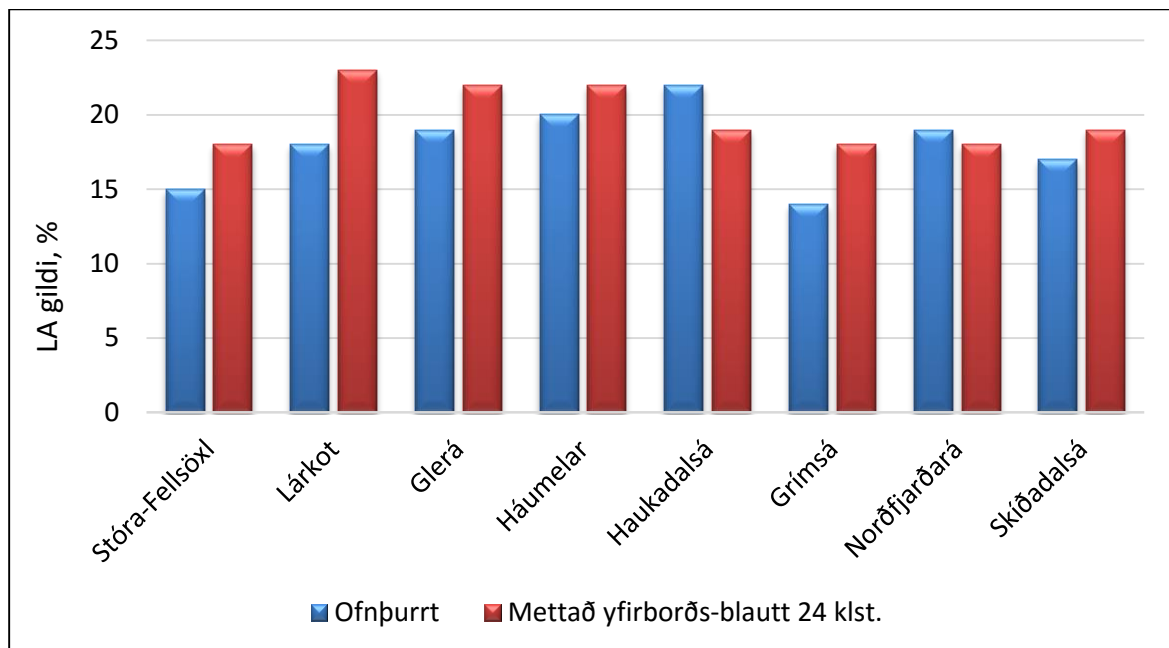
Tafla 4 Niðurstöður prófana úr fyrsta og öðrum áfanga þessa verkefnis

Los Angelesgildi, %					
Steinefni	Ofnþurrt	Mettað yfirborðsþurrt 24 klst.	Mettað í 24 klst. yfirborðsblautt	Mettað í 7 daga, yfirborðsblautt	Í vatni
Seljadalur	14	14			
Stóra-Fellsöxl	15	12	18		
Lárkot	18	18	23	22	
Glerá	19	19	22	23	26
Háumelar	20	19	22		
Haukadalsá	22	19	19		
Stapafell	37	38			
Grímsá	14		18		
Norðfjarðará	19		18		
Skíðadalsá	17		19		

Skýringar:	2013	2014	Ekki prófað
------------	------	------	-------------

Í töflunni eru þær prófanir og mælingar sem framkvæmdar voru árið 2013 í fjólubláum reitum, en það sem var prófað 2014 í grænleitum reitum. Eins og sjá má var í öðrum áfanga þremur steinefnum bætt við þau sjö sem áður höfðu verið prófuð í fyrsta áfanga, sem sagt efni frá Grímsá, Norðfjarðará og Skíðadalsá. Einnig voru afgangar af steinefni frá Stóru-Fellsöxl og Haukadalsá prófaðir blautir eftir 24 klst. metnun í vatnsbaði. Tekið skal fram að sýnið sem sótt var í námu við Norðfjarðará nú er líklega ekki sambærilegt við sýnið sem var í Steinefnanbanka BUSL-samstarfsins á sínum tíma.

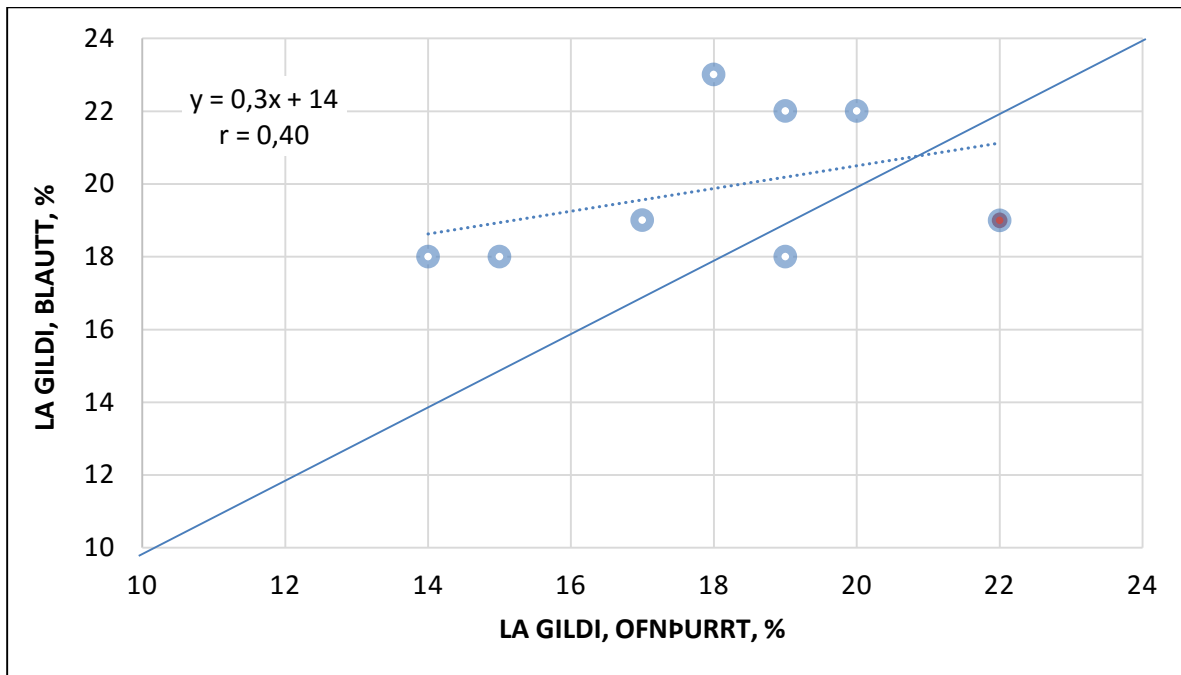
Mynd 4 sýnir mun á niðurstöðum LA prófana á þeim sýnum sem prófuð voru bæði í ofnþurru ástandi og einnig blaut eftir 24 klst. metnun í fyrstu tveimur áföngum verkefnisins.



Mynd 4 Niðurstöður LA prófana á sýnum sem prófuð voru í ofnþurru ástandi og blautu

Eins og sjá má á myndinni eru blautu gildin oftast hærri en þau þurru, þó með tveimur undantekningum, sem sagt Norðfjarðará og Haukadalsá. Segja má að í tilfalli Norðfjarðará sé munurinn minniháttar, eða einungis ein eining, fer úr 19 % niðurbroti þurr niður í 18 % niðurbrot blaut. Munurinn er meiri í Haukadalsárefninu í átt til lægra gildis í blautu ástandi og fer úr 22 % niðurbroti þurr niður í 19 % í blautu ástandi, eða um þrjár einingar. Eins og fram hefur komið getur álag í vatni veikt íslensk steinefni í styrkleikaprófunum, sérstaklega ef þau eru ummynduð. Það er hins vegar ólíklegt að návist vatns við prófun á styrk steinefna geti valdið því á einhvern hátt að þau styrkist.

Mynd 5 sýnir línulega sambandið milli niðurbrots ofnþurra sýna og mettaðra sýna í yfirborðsblautu ástandi. Það sést glögg á myndinni að 6 af 8 steinefnum brotna meira niður í blautu ástandi en ofnþurru og fá LA gildi sem eru frá 10 til 30 % hærri en þau ofnþurru. Í einu tilfalli, sem sagt Lárkot, er munurinn 5 einingar (LA 18 % í þurru og 23 % í blautu) og í öðru tilfalli, Grímsá, er munurinn 4 einingar (LA 14 % í þurru og 18 % í blautu).



Mynd 5 Sambandið milli niðurbrots ofnþurra sýna og mettaðra sýna í blautu ástandi.

Það sést að fylgnistuðullinn er ekki mjög hár, eða $r = 0,4$, og gildin fyrir Haukadalsá (rauður punktur á myndinni) valda því að aðfallslína er ekki sannfærandi (punktalína). Þó skal bent á að berggerðir eru misnæmar fyrir vatni varðandi styrkleika þeirra, t.d. hefur raki lítil áhrif á ferskar basaltgerðir og mjög þéttar berggerðir, eins og fjallað var um í áfangaskýrslu II þessa verkefnis. Því er ekki sjálfgefið að aðfallslína og fylgni milli steinefna með mismunandi berggerðir sé sterk. Hins vegar má ekki gleyma að í þessu rannsóknarverkefni voru viljandi valin steinefni úr námum sem áður höfðu verið berggreindar með tiltölulega hátt hlutfall af ummynduðu basalti. Að vísu voru hin fersku Seljadalsefni og efni frá Stapafelli prófuð bæði ofnþurr og yfirborðspurr í fyrsta áfanga, en þau voru ekki prófuð mettuð og yfirborðsblaut í öðrum áfanga.

2.3 Niðurstöður þriðja áfanga

Í þessum þriðja áfanga verkefnisins var ákveðið að gera endurtekin próf á fimm völdum burðarlagsefnum, bæði í ofnþurru ástandi og mettuðu, blautu ástandi. Hvert steinefni var prófað bæði þurrt og yfirborðsblautt tvisvar sinnum. Því liggja fyrir þrjár mælingar á hverju þessara steinefna bæði í þurru og yfirborðsblautu ástandi og því unnt að leggja mat á áhrif rakastigs á styrk steinefna með meiri vissu en áður. Einnig verður metið hvort lagðar verða til breytingar á prófunaraðferðinni og/eða hvort ástæða sé til að breyta kröfum til styrkleika sem byggjast á niðurstöðum LA prófs. Niðurstöður þessara endurtekingaprófa og reyndar allra prófa á þeim sýnum sem valin voru í þennan áfanga má finna í viðauka þessarar skýrslu.

Valin voru steinefni sem höfðu verið prófuð a.m.k. einu sinni þurr og einu sinni mettuð og yfirborðsblaut í áföngum 1 og 2 og sams konar prófanir endurteknar á þeim tvisvar í viðbót. Steinefnin sem um ræðir eru frá Stóru-Fellsöxl, Lárkoti, Háumelum, Grímsá og Skíðadalsá. Að vísu þurfti að sækja viðbótarsýni af Grímsárefninu til að hafa nóg í endurtekingarnar, en það sýni var tekið úr sama kerfi og fyrra sýnið og ætti því að vera sambærilegt.

Tafla 5 sýnir niðurstöður endurtekinna prófana á fimm burðarlagsefnum, niðurstöður þessa áfanga ljósbláar (2015), en niðurstöður fyrri áfanga fjólubláar (2013) og ljósgrænar (2014).

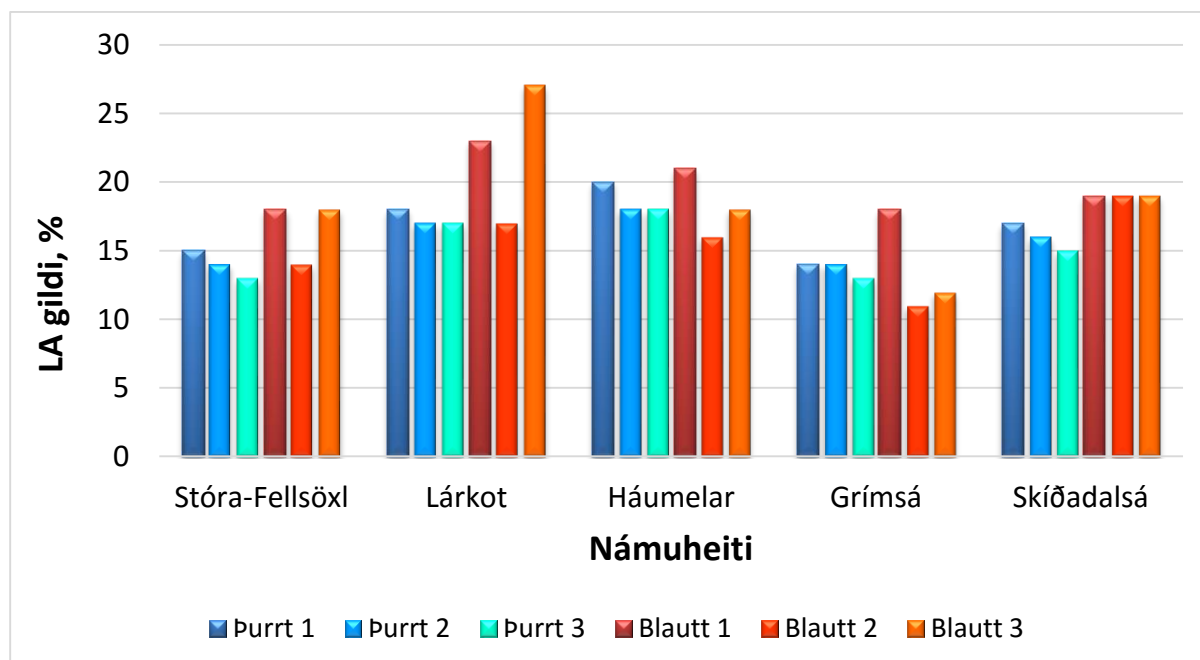
Tafla 5 Niðurstöður endurtekinna LA prófana á fimm burðarlagsefnum

Los Angelesgildi, %						
Steinefni	Ofnpurrt			Yfirborðsblautt		
Stóra-Fellsöxl	15	14	13	18	14	18
Lárkot	18	17	17	23	17	27
Háumelar	20	18	18	21	16	18
Grímsá	14	14	13	18	11	12
Skíðadalsá	17	16	15	19	19	19

Skýringar:	2013	2014	2015
------------	------	------	------

Taflan sýnir að yfirleitt munar ekki miklu á þremur gildum í þurru ástandi, mest 2 prósentustigum, en í blautu ástandi getur þessi munur verið allt að 10 prósentustig í tilfalli Lárkots sem fær hæsta gildið blautt. Þessi mikli munur á blautum hlutasýnum er mikill, sérstaklega þegar haft er í huga að í stöðlum um framleiðslu steinefna til ýmissa nota (t.d. óbundin, bikbundin eða í steinsteypu) eru kröfuflokkar með 5 prósentustiga millibili. Það er því nokkuð ljóst að á grundvelli þessara endurteknu mælinga á steinefnum í þurru og blautu ástandi er ekki hægt að leggja til að blauta aðferðin verði tekin upp sem stöðluð prófunaraðferð.

Mynd 6 sýnir samanburð á þremur endurtekningum í LA prófi á fimm berggerðum í þurru ástandi og þremur endurtekningum í blautu ástandi.



Mynd 6 Samanburður á þremur LA gildum í þurru ástandi og þremur í blautu ástandi

Myndin sýnir vel að próf á sýnum í þurru ástandi, þ.e.a.s. samkvæmt prófunarstaðli, virðist hafa mun betri endurtekningargildi en próf í vatnsmettuðu og blautu ástandi. Gagnasafnið er að vísu ekki mjög stórt og er þessi ályktun byggð á þremur endurtekningum í hvoru ástandi fyrir sig. Það breytir því ekki að einhver útskýrður þáttur eða þættir valda því að ekki fást nægilega góð endurtekningagildi á sýnum í blautu ástandi. Ekki er þó hægt að fullyrða neitt um hvað veldur þetta miklum mun á gildum í blautu ástandi í flestum tilfellum, en eitthvað við framkvæmd á prófi með blautu sýni og/eða berggerðir eða aðrir útskýrðir þættir gætu þar komið við sögu. Benda má á að í öllum efnunum fæst hæsta gildið ef prófað er í blautu ástandi. Á hinn bóginn er lægsta gildið í sumum tilfellum einnig í blautu ástandi, sbr. Háumela og Grímsá. Eina efnið sem hefur góð endurtekningargildi í blautu ástandi er efnið frá Skíðadalsá sem fær LA gildið 19 í öllum tilfellum í blautu ástandi. Þess má geta að í prófunarstaðli fyrir LA próf, ÍST EN 1079-2 er r_1 (repeatability) gefið upp sem $0,06 * X$, þar sem X er mælt LA-gildi. Þannig er r_1 nálægt einni einingu ef LA gildið er 15 % og einni og hálfri einingu ef LA gildið er 25 %.

2.4 Berggreiningar

Til eru berggreiningar af burðarlagssýnum sem tekin voru úr steinefnabanka BUSL samstarfsins og notuð í þessu verkefni frá 1996, sjá töflu 6. Berggreiningar á Grímsá og Skíðadalsá eru fengnar úr rannsóknakerfi Vegagerðarinnar. Í tilfelli Norðfjarðarárefnis var sýnið sem sótt var sérstaklega í þessa rannsókn berggreint á ný, þar sem ekki var vitað með vissu hvort það hafi verið tekið á sama stað og það sem var áður í steinefnabankanum. Samanburður á berggreiningum á sýnunum frá Norðfjarðará 1996 og 2015 bendir til þess að ekki sé um sama efnistöku að ræða, eða þá að efniseiginleikar hafi breyst umtalsvert á tímabilinu.

Tafla 6 Berggreiningar á malarefnum sem notuð voru í áföngum 2 og 3

Náma	Gæðaflokkar, %			Athugasemdir (m.v. burðarlagsefni)
	1.fl	2.fl	3.fl	
Stóra-Fellsöxl, 1996	37	56	7	2. fl. efnið er ummyndað, þétt basalt 3. fl. efnið er mjög ummyndað, þétt basalt
Haukadalsá, 1996	49	43	8	2. fl. efnið er ummyndað, þétt basalt 3. fl. efnið er mjög ummyndað, þétt basalt
Háumelar, 1996	27	64	10	2. fl. efnið er ummyndað, þétt basalt 3. fl. efnið er mjög ummyndað, þétt basalt
Lárkot, 1996	20	63	17	2. fl. efnið er ummyndað, þétt basalt 3. fl. efnið er mjög ummyndað basalt og setb.
Glerá, 1996	35	46	19	1. fl. efnið er ferskt, þétt bas. og líparít (6 %) 3. fl. efnið er mjög ummyndað basalt og setb.
Grímsá, 2014	38	27	35	2. fl. efnið er líparít (14 %) og óflokkað 3. fl. efnið er mjög ummyndað basalt
Skíðadalsá, 2011	70	26	4	1. fl. efnið er ferskt, þétt basalt 2. fl. efnið er ummyndað, þétt basalt
Norðfjarðará, 1996	15	63	22	2. fl. efnið er ummyndað, þétt basalt 3. fl. efnið er mjög umm. bas. og setb. (2%)
Norðfjarðará, 2015	74	16	10	2. fl. efnið er ummyndað, þétt basalt 3. fl. efnið er mjög umm., basalt og líparít

Taflan sýnir að mismikið greinist af mjög ummynduðu basalti í sýnunum, eða frá 4 % í sýninu frá Skíðadalsá upp í 35 % í efninu frá Grímsá, en fyrri rannsóknir hafa bent til að raki hafi helst áhrif á slitþol og styrk ef það bergbrigði er í umtalsverðu magni. Með þeirri ályktun mætti ætla að niðurbrot aukist mest í efninu frá Grímsá, en sú er reyndar ekki raunin og mælist styrkur Grímsárefnisins undir 15 % í öllum tilfellum nema einu. Lárkotsefnið, sem greindist með 17 % af 3. flokks efni á sínum tíma fær tvö hæstu LA gildin sem mældust í þessu verkefni, bæði í blautu ástandi, en þriðja gildið í blautu ástandi er mun lægra. Eina steinefnið sem myndi vera innan r_1 í prófunarstaðlinum í blautu ástandi er Skíðadalsárefnið sem fær LA gildið 19 í öllum þremur tilvikunum. Sérstaða þess efnis er að lítið er af 3. flokks efni samkvæmt berggreiningu, eða 4 %. Það má því hugsa sér að ef mikið er af mjög ummynduðu basalti í sýninu eru meiri líkur en ella á því að niðurstöður í blautu ástandi geti verið misvísandi, sem sagt hvort heldur er svipaðar og í þurru ástandi eða þá mun hærrí. Um það er þó ekkert hægt að fullyrða á grundvelli þetta lítils gagnasafns.

2.5 Rakastigsmælingar

Rakastig mettaðra og yfirborðsblautra sýna var mælt lauslega rétt áður en þau sýni voru sett í LA tromluna, sjá niðurstöður ásamt LA gildum í töflu 7.

Tafla 7 Rakastig mettaðra og yfirborðsblautra sýna sem sett voru í LA próf

Steinefni	Sýni 1		Sýni 2		Sýni 3	
	LA %	Raki %	LA %	Raki %	LA %	Raki %
Stóra-Fellsöxl	18	4,2	14	x	18	4,8
Lárkot	23	4,5	17	3,7	27	5,6
Háumelar	21	4,9	16	3,2	18	4
Grímsá	18	5,7	11	4,5	12	4,3
Skíðadalsá	19	x	19	4,7	19	4,7

x = ekki mælt

Í raun má segja að þessar rakamælingar gætu aldrei verið mjög nákvæmar þar sem aðferðin við að halda sýnum blautum eftir metnun getur valdið því að mismikið vatn loðir utan á sýninu. Mælingunum er þó haldið til haga hér, en ekki verður farið nánar út í túlkanir á þessum þætti á niðurbrot í LA prófinu, þar sem talið er að slík túlkun gæti verið misvísandi.

2.6 Niðurstaða

Eins og fram hefur komið er ekki talið ráðlegt að leggja til að blauta LA aðferðin verði tekin upp sem stöðluð prófunaraðferð á grundvelli þessara endurteknu mælinga á steinefnum í þurru og blautu ástandi. Frekari rannsóknir á fleiri gerðum steinefna og með fleiri endurtekningum gætu leitt annað í ljós, en ekkert er hægt að fullyrða um það. Það gæti verið mjög áhugavert að kanna nánar áhrif vatns eða raka á styrk steinefna mældum með stöðluðum aðferðum og e.t.v. að notast við fræðilega nálgun í því sambandi. Slíkt verkefni gæti vel hentað t.d. meistaranema í jarðfræði eða verkfræði.

3 SAMANTEKT

Rakastig steinefna hefur áhrif á slitþol þeirra og styrkleika, mælt með ákveðnum prófunaraðferðum og virðist það tengist magni og gerð ummyndaðs basalts eins og fram kemur í áfangaskýrslu II þessa verkefnis.

Þegar niðurstöður fyrsta og annars áfanga þessa verkefnis lágu fyrir, kom í ljós að talsverður munur var á niðurstöðum LA prófana í ofnþurru ástandi og mettuðu, blautu ástandi, þó með einni undantekningu, þar sem viðsnúningur var á reglunni. Jafnframt var talið ljóst að þar sem einungis eitt hlutasýni er prófað til að fá niðurstöðu með LA aðferðinni að nauðsynlegt væri að gera endurtekin próf á völdum steinefnum.

Endurteknar prófanir á völdum efnum í þessum þriðja áfanga verkefnisins gefa til kynna að á heildina litið virðist niðurbrot vera meira á blautum sýnum en þurrum. Til dæmis um það er að ef meðaltal þriggja LA gilda í þurru prófi og þriggja úr blautu prófi er tekið eru blauta meðalgildið hærra í öllum berggerðunum. Þó eru nokkur dæmi um að þetta snúist við í stökum gildum og próf í blautu ástandi komi betur út en próf í þurru ástandi. Í öllum berggerðunum fær stakt, blautt sýni hæsta LA gildið, en í sumum tilfellum fær stakt, blautt sýni einnig lægsta gildið (Háumelar og Grímsá). Yfirleitt munar ekki miklu á þremur gildum í þurru ástandi, mest 2 prósentustigum, en í blautu ástandi getur þessi munur verið allt að 10 prósentustigum.

Segja má að í ljósi allra prófana þessa verkefnis megi draga þá ályktun að próf á sýnum í þurru ástandi, þ.e.a.s. samkvæmt prófunarstaðli, virðist hafa mun betri endurtekningargildi en próf í vatnsmettuðu og blautu ástandi í öllum tilfellum nema einu. Gagnasafnið er að vísu ekki mjög stórt og er þessi ályktun byggð á þremur endurtekningum í hvoru ástandi fyrir sig. Það breytir því ekki að einhver útskýrður þáttur eða þættir valda því að ekki fást nægilega góð endurtekningagildi á sýnum í blautu ástandi. Ekki er þó hægt að fullyrða neitt um hvað veldur mun á gildum í blautu ástandi í flestum tilfellum, en eitthvað við framkvæmd á prófi með blautu sýni og/eða berggerðir eða aðrir útskýrðir þættir gætu þar komið við sögu. Af þeim sökum er ekki mælt með að halda til streitu að LA próf í blautu ástandi gefi áreiðanlegri eða fyllri niðurstöður en próf í þurru ástandi. Því verður ekki lagt til að gerðar verði breytingar á prófunarstaðli, t.d. með viðauka um blauta útfærslu á prófinu eða á annan hátt.

Frekari rannsóknir á fleiri gerðum steinefna og með fleiri endurtekningum gætu leitt í ljós að prófanir í mettuðu, blautu ástandi steinefnis gæfu viðbótarupplýsingar um styrk steinefna, en ekki er hægt að fullyrða það. Í sjálfu sér væri áhugavert að kanna nánar áhrif vatns eða raka á styrk steinefna mældum með stöðluðum aðferðum og e.t.v. að notast við fræðilega nálgun í því sambandi.

Að lokum má geta þess að LA aðferðin er ekki hönnuð fyrir blautt próf og yrði alltaf dýrara og tímafrekara. Til dæmis er meðhöndlun sýna fyrir blautt próf tímafrekari en þurra aðferðin og auk þess þarf að þurrka tromlu að innan með blásara eftir prófun til að ná öllu fínefninu úr með sópun.

HEIMILDASKRÁ OG ÍTAREFNI

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

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Viðauki 4: Gerðarprófanir, framleiðslueftirlit og frávikskröfur. – Vegagerðin, janúar 2016.

Efnisrannsóknir og efniskröfur. Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Viðauki 1 – Lýsing á prófunaraðferðum. Vegagerðin, janúar 2016.

Erla María Hauksdóttir 2010: Steinefnabankinn – lýsing á berggreiningum í 18 námum víðs vegar um landið. Skýringar og ljósmyndir. Nýsköpunarmiðstöð Íslands.

Pétur Pétursson 2015: Áhrif rakastigs á niðurstöður LA skyrkleikaprófs – áfangaskýrsla II.

Pétur Pétursson 1998: Niðurbrot steinefna – styrkleiki – veðrunarþol – slitþol, lokaskýrsla. BUSL – Efnisgæðanefnd. Skýrsla E-20.

Pétur Pétursson 1996 a: Durability and strength assessment of Icelandic basalt. BUSL – Efnisgæðanefnd. Skýrsla E-13.

Pétur Pétursson 1996 b: Niðurbrot steinefna – 2. áfangaskýrsla. BUSL – Efnisgæðanefnd. Skýrsla E-14.

Pétur Pétursson 1987: Steinefni í bundin slitlög (V-209) – 3. áfangi: Tilraunakaflar og efnisprófanir. Steinefnanefnd.

Pétur Pétursson 1986: Steinefni í bundin slitlög (V-209) – 2. áfangi: Tilraunakaflar. Steinefnanefnd.

Steinefnanefnd 1994: Steinefni í bundin slitlög (V-209) – Styrkleikapróf. Steinefnanefnd.

Steinefnanefnd 1992: Steinefni í bundin slitlög (V-209) – Slitþolspróf. Steinefnanefnd.

Viðauki: Niðurstöður prófana Mannvits

Dags.: <u>22.01.2016</u>	Prófunarskýrsla Los Angeles gildi fylliefna	 MANNVIT
Verknúmer: <u>7 009 303-00</u>		
Framkvæmd: <u>SSS/SÁ</u>		

Verkkaupi:	Vegagerðin
Heimilsfang:	Borgartúni 5-7
Fulltrúi verkkaupa:	Gunnar Bjarnason / Nr. Vg: 1440-60016
<i>Upplýsingar um sýni:</i>	
Verk:	Áhrif rakastigs á niðurstöður LA styrkleikaprófs
Sýni:	Grímsá 11/16
Sýnataka:	Aðsend sýni frá Vegagerðinni Dags. sýnatöku: -
Sýni vigtað við komu:	Dags. móttekið: -
Annað:	

Prófunarstaðall:	ÍST EN 1097-2
Rakastig sýnis við prófun:	<input checked="" type="checkbox"/> Þurrð <input type="checkbox"/> Mettað <input checked="" type="checkbox"/> Annað

Prófið er gert á 10-14 mm efni.

Dagsetning prófs	Merking sýnis	Þyngd sýnis fyrir prófun [g]	Þyngd á 1,6 mm eftir þvott og þurrkun [g]	LA stuðull	Hlutfall efnis 10/11,2 mm	Rakastig
7.11.2014	Grímsá þurrð 1	5000	4278	14	35,0%	-
16.6.2015	Grímsá þurrð 2	5000,6	4305	14	35,0%	-
18.6.2015	Grímsá þurrð 3	5001,2	4327	13	35,0%	-
11.11.2014	Grímsá blautt 1	5000,6	4122	18	35,0%	5,7%
22.1.2016	Grímsá blautt 2	5000,1	4452	11	35,0%	4,5%
22.1.2016	Grímsá blautt 3	5000,1	4401	12	35,0%	4,3%

Athugasemdir: **Þurrð sýni:** Keyrt í samræmi við staðal
Blautt sýni: Sýni sett í bleyti, látið detta 25x í gólfið og hrært aðeins í með plastskafti, eftir 24 tíma var það aftur látið detta 25x í gólfið og hrært í með plastskafti. Sýninu var svo hellt í gegnum fint sigti þannig vatn lak af en yfirborð korna var blautt. Það fór síðan beint í tromluna.

Dags.: 21.01.2016	Prófunarskýrsla Los Angeles gildi fylliefna	 MANNVIT
Verknúmer: 7 009 303		
Framkvæmd: GEJ/SSS/SÁ		

Verkkaupi:	Vegagerðin	
Heimilsfang:	Borgartúni 5-7	
Fulltrúi verkkaupa:	Gunnar Bjarnason / Nr. Vg: 1440-60016	
<i>Upplýsingar um sýni:</i>		
Verk:	Áhrif rakastigs á niðurstöður LA styrkleikaprófs	
Sýni:	Háumelar	
Sýnataka:	Aðsend sýni frá Vegagerðinni	Dags. sýnatöku: -
Sýni vigtað við komu:		Dags. móttekið: -
Annað:		

Prófunarstaðall:	ÍST EN 1097-2
Rakastig sýnis við prófun:	<input checked="" type="checkbox"/> Þurr <input checked="" type="checkbox"/> Mettað <input type="checkbox"/> Annað

Prófið er gert á 10-14 mm efni.

Dagsetning prófunar	Merking sýnis	Þyngd sýnis fyrir prófun [g]	Þyngd á 1,6 mm eftir þvott og þurrkun [g]	LA stuðull	Hlutfall efnis 10/11,2 mm	Rakastig
20.8.2013	Háumelar þurr 1	5000,4	4018	20	35,0%	-
18.6.2015	Háumelar þurr 2	5001,7	4124	18	35,0%	-
18.6.2015	Háumelar þurr 3	5000,7	4120	18	35,0%	-
20.8.2013	Háumelar- mettað	5000,3	4052	19	35,0%	1,8%
29.1.2014	Háumelar blautt 1	5000,6	3943	21	35,0%	4,9%
19.1.2016	Háumelar blautt 2	5000,1	4198	16	35,0%	3,2%
21.1.2016	Háumelar mettað	5000,1	4082	18	35,0%	4,0%

Athugasemdir:	Þurr sýni: Keyrt í samræmi við staðal
	Mettað sýni: Sýni sett í mettun og látið detta 25x í gólfið, hrært aðeins í með plastskafi. Eftir 24 tíma var það aftur látið detta 25x í gólfið og svo hellt á handklæði og yfirborðspurrkað. Efnið klesstist töluvert í tromlunni og það var skafið úr með spaða og tromlunni svo leyft að þorna yfir nótt
	Blautt sýni: Sýni sett í bleyti, látið detta 25x í gólfið og hrært aðeins í með plastskafi, eftir 24 tíma var það aftur látið detta 25x í gólfið og hrært í með plastskafi. Sýninu var svo hellt í gegnum fint sigti þannig vatn lak af en yfirborð korna var blautt. Það var vigtað til að fá rakastig og svo fór það beint í tromluna.

Dags.: 19.01.2016	Prófunarskýrsla Los Angeles gildi fylliefna	 MANNVIT
Verknúmer: 7 009 303-00		
Framkvæmd: GEJ/SSS		

Verkkaupi:	Vegagerðin
Heimilsfang:	Borgartúni 5-7
Fulltrúi verkkaupa:	Gunnar Bjarnason / Nr. Vg: 1440-60016
Upplýsingar um sýni:	
Verk:	Áhrif rakastigs á niðurstöður LA styrkleikaprófs
Sýni:	Lárkot
Sýnataka:	Aðsend sýni frá Vegagerðinni Dags. sýnatöku: -
Sýni vigtað við komu:	Dags. móttekið: -
Annað:	

Prófunarstaðall:	ÍST EN 1097-2
Rakastig sýnis við prófun:	<input checked="" type="checkbox"/> Þurr <input checked="" type="checkbox"/> Mettað <input checked="" type="checkbox"/> Annað

Prófið er gert á 10-14 mm efni.

Þyngd sýnis fyrir prófun [g]	Merking sýnis	Þyngd sýnis fyrir prófun [g]	Þyngd á 1,6 mm eftir þvott og þurrkun [g]	LA stuðull	Hlutfall efnis 10/11,2 mm	Rakastig
11.9.2013	Lárkot-þurr 1	4999,7	4083	18	35,0%	-
16.6.2015	Lárkot þurr 2	5000,6	4143	17	35,0%	-
19.6.2015	Lárkot þurr 3	5001,4	4176	17	35,0%	-
12.9.2013	Lárkot mettað 1	5000	4123	18	35,0%	1,3%
19.1.2016	Lárkot blautt 1	4998,9	3657	27	35,0%	5,6%
16.1.2014	Lárkot blautt 2	5000,3	3873	23	35,0%	4,5%
28.1.2014	Lárkot blautt 3 (vika)	4999,9	3681	26	35,0%	4,9%
19.6.2015	Larkot blautt 4	5001,2	4136	17	35,0%	3,7%
19.1.2016	Lárkot blautt 5	4998,9	3657	27	35,0%	5,6%

Athugasemdir: **Þurr sýni:** Keyrt í samræmi við staðal
Mettað sýni: Sýni sett í mettun og látið detta 25x í gólfíð, hrært aðeins í með plastskafti. Eftir 24 tíma var það aftur látið detta 25x í gólfíð og svo hellt á handklæði og yfirborðspurrkað áður en það fór í tromlu.
Blautt sýni: Sýni sett í bleyti, látið detta 25x í gólfíð og hrært aðeins í með plastskafti. Sýni 1, 2, 4 og 5 voru höfð í bleyti í 24 tíma en sýni 3 var í bleyti í viku. Eftir að hafa legið í bleyti var sýnið aftur látið detta 25x í gólfíð og hrært í með plastskafti. Sýninu var svo hellt í gegnum fínt sigti þannig að mest af vatninu lak af en yfirborð korna var blautt. Það var vigtað til að fá rakastig og fór síðan beint í tromluna.

Dags.: 13.01.2016	Prófunarskýrsla Los Angeles gildi fylliefna	 MANNVIT
Verknúmer: 7 009 303-00		
Framkvæmd: GEJ/SSS/SÁ		

Verkkaupi:	Vegagerðin	
Heimilsfang:	Borgartúni 5-7	
Fulltrúi verkkaupa:	Gunnar Bjarnason / Nr. Vg: 1440-60016	
<i>Upplýsingar um sýni:</i>		
Verk:	Áhrif rakastigs á niðurstöður LA styrkleikaprófs	
Sýni:	Skíðadalsá	
Sýnataka:	Aðsend sýni frá Vegagerðinni	Dags. sýnatöku: -
Sýni vigtað við komu:		Dags. móttekið: -
Annað:		

Prófunarstaðall:	ÍST EN 1097-2
Rakastig sýnis við prófun:	<input checked="" type="checkbox"/> Þurr <input type="checkbox"/> Mettað <input checked="" type="checkbox"/> Annað

Prófið er gert á 10-14 mm efni.

Dagsetning prófunar	Merking sýnis	Þyngd sýnis fyrir prófun [g]	Þyngd á 1,6 mm eftir þvott og þurrkun [g]	LA stuðull	Hlutfall efnis 10/11,2 mm	Rakastig
7.11.2014	Skíðadalsá þurr 1	5000	4161	17	35,0%	-
16.6.2015	Skíðadalsá þurr 2	5001	4217	16	35,0%	-
18.6.2015	Skíðadalsá þurr 3	5002,4	4230	15	35,0%	-
13.11.2014	Skíðadalsá blautt 1	5000	4033	19	35,0%	Ekki mælt
11.1.2016	Skíðadalsá blautt 2	5000,4	4036	19	35,0%	4,7%
13.1.2016	Skíðadalsá blautt 3	5000	4038	19	35,0%	4,7%

Athugasemdir: **Þurr sýni:** Keyrt í samræmi við staðal
Blautt sýni: Sýni sett í bleyti, látið detta 25x í gólflið og hrært aðeins í með plastskafti, eftir 24 tíma var það aftur látið detta 25x í gólflið og hrært í með plastskafti. Sýninu var svo hellt í gegnum fint sigti þannig vatn lak af en yfirborð korna var blautt. Það var vigtað til að fá rakastig og fór síðan beint í tromluna.

Dags.: 14.01.2016	Prófunarskýrsla Los Angeles gildi fylliefna	 MANNVIT
Verknúmer: 7 009 303-00		
Framkvæmd: GEJ/SSS/SÁ		

Verkkaupi:	Vegagerðin	
Heimilsfang:	Borgartúni 5-7	
Fulltrúi verkkaupa:	Gunnar Bjarnason / Nr. Vg: 1440-60016	
<i>Upplýsingar um sýni:</i>		
Verk:	Áhrif rakastigs á niðurstöður LA styrkleikaprófs	
Sýni:	Stóra-Fellsöxl	
Sýnataka:	Aðsend sýni frá Vegagerðinni	Dags. sýnatöku: -
Sýni vigtað við komu:		Dags. móttekið: -
Annað:		

Prófunarstaðall:	ÍST EN 1097-2
Rakastig sýnis við prófun:	<input checked="" type="checkbox"/> Þurrk <input checked="" type="checkbox"/> Mettað <input checked="" type="checkbox"/> Annað

Prófið er gert á 10-14 mm efni.

Dagsetning prófunar	Merking sýnis	Þyngd sýnis fyrir prófun [g]	Þyngd á 1,6 mm eftir þvott og þurrkun [g]	LA stuðull	Hlutfall efnis 10/11,2 mm	Rakastig
12.9.2013	Stóra-Fellsöxl þurrk 1	5000,7	4264	15	35,0%	-
18.6.2015	Stóra Fellsöxl þurrk 2	5001,3	4319	14	35,0%	-
19.6.2015	Stóra-Fellsöxl þurrk 3	5001,7	4340	13	35,0%	-
11.9.2013	Stóra-Fellsöxl-mettað	5000	4382	12	35,0%	1,2%
9.12.2014	Stóra Fellsöxl blautt 1	5001,2	4105	18	35,0%	4,2%
7.1.2016	Stóra Fellsöxl blautt 2	5001,2	4323	14	35,0%	Ekki mælt
14.1.2016	Stóra-Fellsöxl blautt 3	4999,9	4077	18	35,0%	4,8%

Athugasemdir: **Þurrk sýni:** Keyrt í samræmi við staðal
Mettað sýni: Sýni sett í mettun og látið detta 25x í gólfið, hrært aðeins í með plastskafti. Eftir 24 tíma var það aftur látið detta 25x í gólfið og svo hellt á handklæði og yfirborðspurrkað. Efnið klesstist töluvert í tromlunni og það var skafið úr með spaða og tromlunni svo leyft að þorna yfir nótt
Blautt sýni: Sýni sett í bleyti, látið detta 25x í gólfið og hrært aðeins í með plastskafti, eftir 24 tíma var það aftur látið detta 25x í gólfið og hrært í með plastskafti. Sýninu var svo hellt í gegnum fint sigti þannig vatn lak af en yfirborð korna var blautt. Það var vigtað til að fá rakastig og svo fór það beint í tromluna.

Dagsetning: 03.06.2015

Verknúmer: 7 009 303-00

Framkvæmd: SnG

Prófunarskýrsla Berggreining



Verkkaupi: Vegagerðin
 Heimilisfang: Borgartúni 5-7
 Fulltrúi verkkaupa: Gunnar Bjarnason / Nr. Vg: 1440-60016

Upplýsingar um sýni:

Verk: Áhrif rakastigs á niðurstöður LA styrkleikaprófs
 Sýni: Norðfjarðará
 Sýnataka: Aðsend sýni frá Vegagerðinni Dags. sýnatöku: Ekki vitað
 Stærð sýnis: _____ Dags. móttöku: _____
 Annað: _____

Prófunarstaðall: ÍST EN 932-3 / BUSL E-26

Kornastærð prófsýnis: 10-16 mm

Berggerð:

Gæðaflokkun

#	*	+
1	1	1
2	2	2
3	3	3
3	3	3
3	3	3

Fjöldi korna	Hlutfall [%]	Lýsing (Bergtegund-ummyndunarstig-péttleiki-annað)
160	74,4	Basalt, ferskt og lítt ummyndað, þétt og lítt blöðrótt
34	15,8	Basalt, nokkuð ummyndað, þétt & lítt blöðrótt
13	6,0	Basalt, mjög ummyndað, þétt & lítt blöðrótt
3	1,4	Basaltgler, mjög ummyndað, þétt & lítt blöðrótt
5	2,3	Líparít, mjög ummyndað, þétt og lítt blöðrótt

Alls: 215 100,0

Lögun korna: Form (kylni): Kúbísk korn
 Ávali: Brúnamáð korn
 Hryfi: Slétt korn


Tæknileg atriði: Fínefnasmurning: Hreint

Gæðaflokkun	# Steinsteypa	* Slitlag	+ Burðarlag
1. flokkur	74,4%	74,4%	74,4%
2. flokkur	15,8%	15,8%	15,8%
3. flokkur	9,8%	9,8%	9,8%

Athugasemdir:

Gæðaflokkun skv. Rb blaði Rb Yp1.009: Berggreining í samræmi við Evrópustaðal ÍST EN 932-3:1996

Með kveðju,


 Guðrún Eva Jóhannsdóttir
 jarðfræðingur M.Sc.