

Vistvæn steinefnisframleiðsla Vélunninn sandur



Landsvirkjun



Stuðlaberg í Seljadalsnámu

Hluti I - Prófun á efniseiginleikum
Hluti II – Steypuprófanir

Samantekt á rannsóknum 2002 - 2004

*Børge Johannes Wigum
Þorbjörg Hólmgeirsdóttir
Gísli Guðmundsson*



Desember 2005

Skýrsla nr: HN 2005-101	Útgáfudags.: (mán/ár) 12/05	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Vistvæn steinefnisframlaiðsla - Vélunninn sandur Hluti I - Prófun á efniseiginleikum Hluti II – Steypuprófanir Samantekt á rannsóknum 2002 - 2004		Upplag: 11 Fjöldi síðna: 59
Höfundur/ar: Børge Johannes Wigum, Þorbjörg Hólmgeirsdóttir og Gísli Guðmundsson		Verkefnisstjóri: BJW Verknúmer: 7.009.244/7.009.250
<p>Útdráttur: Skýrslan skiptist í tvo hluta, fyrri hlutinn (kaflar 2 til 5) fjallar um helstu eiginleika vélunnins sands, vinnsluferli og framleiðslu hans á Íslandi, auk megin greiningaraðferða fyrir eiginleika hans. Seinni hlutinn (kafla 6) fjallar um áhrif vélunnins sands á vinnslueiginleika steinsteypu.</p> <p>Á síðustu árum hefur verið skipt út aðferð til að mæla mettivatn í fylliefni. Samanburður á aðferðunum tveimur benda til þess að lægra gildi fyrir mettivatn mælist með nýju aðferðinni (sbr. ÍST EN 1097-6) en þeirri eldri (sbr. ÍST 10). Einnig sýna niðurstöður að framleiðsluáðferð hefur áhrif á mettivatn fylliefnis. Það skýrist væntanlega að hluta til af prófunaraðferðinni sjálfri en niðurstöður eru að einhverju leyti háðar kornalögun.</p> <p>Dæmigerðar kornakúrfur fyrir vélunninn sand eru hangandi eða þétt kúrfa með háu finefnisinnihald.</p> <p>Hefðbundin steinsteypa – Tvær blöndur voru gerðar með fylliefnum frá Alexander Ólafssyni. Fimm blöndur voru prófaðar með fylliefnum frá Arnarfelli þar sem hlutfall vélunnins sands í blöndunum var misjafnt. Ekki er talið að hlutfall vélunnarsandsins skipti öllu máli. Mestu máli skiptir hvernig sandurinn er brotinn, lögun og hrjúfleiki kornanna og hlutfall finefnis.</p> <p>Sjálftútleggjandi steinsteypa – Blöndur voru gerðar með vélunnum sandi, annars vegar frá Arnarfelli og hins vegar frá Björgun. Vélunninn sandur er mjög æskilegur í steypugerð og framtíðin liggur í honum. Til þess að vélunninn sandur sé nýtanlegur í sjálftútleggjandi steinsteypu þarf að gæta vel að möluninni og hlutfall finefnis má ekki vera hátt. Finefni sem er minna en 1 µm er óæskilegt.</p>		
Verkkaupi: Íbúðalánsjóður, Landsvirkjun, Vegagerðin, Malbikunarstöðin Höfði hf., Arnarfell ehf., Björgun ehf. og Sandurímúr (nú BM Vallá)		Tengiliður verkkaupa:
Samstarfsaðilar: ERGO Engineering geology ehf.		
Efnisorð: Vélunninn sandur, fylliefni, fylliefnataekni, hefðbundin steinsteypa, sjálftútleggjandi steinsteypa	ISBN:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: Børge Johannes Wigum	
	Yfirfarið af: Sveinbjörn Sveinbjörnsson	

Innihald

1	INNGANGUR	5
1.1	UM MARKMIÐ RANNSÓKNAR	6
1.2	INNTAK VERKEFNISINS OG TAKMARKANIR	6
1.3	BAKGRUNNUR – TENGING VIÐ ÖNNUR VERKEFNA	7
1.3.1	Vélunninn sandur – Úttekt, 2001	7
1.3.2	Undirbúningsstýrkur frá Norðurslóðaáætlun ESB, NPP, 2003	7
1.3.3	ECO-SERVE, 2002-2006	8
1.3.4	NORA Verkefni, 2004	8
1.3.5	Vélunninn sandur. Partur II - Steypuprófanir	8
1.3.6	Aðrar heimildir	9
2	VÉLUNNINN SANDUR OG EIGINLEIKAR HANS	10
2.1	SKILGREININGAR	10
2.2	KORNAKÚRFA OG FÍNEFNI	10
2.3	FÍNEFNI Í STEINSTEYPU OG KRÖFUR	11
3	BAKGRUNNUR OG FYRRI RANNSÓKNIR	13
3.1	VÉLUNNINN SANDUR – HVERS VEGNA?	13
3.2	FYRRI RANNSÓKNIR	14
3.3	TÆKJABÚNAÐUR	14
3.3.1	Hefðbundin uppsetning malar- og grjótvinnslu	14
3.3.2	Hverfibrjótur	16
3.3.3	Kastbrjótur	17
3.3.4	Rhodax brjótur	17
3.3.5	Gagnsemi nýjunga í brjótatekni	19
3.3.6	Fylliefnatekni	20
3.4	EFNISEIGINLEIKAR VÉLUNNINS SANDS OG PRÓFUNARADFERÐIR	21
3.4.1	Kornadreifing á fínefni	21
3.4.2	Hydrometer	22
3.4.3	Mettivatn/Vatnsdrægni: Sandur - kornastærð < 4 mm	22
3.5	REYNSLA AF NOTKUN VÉLUNNINS SANDS	25
3.5.1	Vélunninn sandur notaður til að lagfæra kornakúrfu	25
3.5.2	Hefðbundin steypa	25
3.5.3	Sjálífútleggjandi steypa	27
4	VÉLUNNINN SANDUR: EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR	29
4.1	EFNIVIÐUR	29
4.1.1	Malbikunarstöðin Höfði	29
4.1.2	Arnarfell ehf.	29
4.1.3	Björgun ehf.	29
4.1.4	Sandurímúr (Nú BM Vallá)	30
4.1.5	Aðrir framleiðendur	31
4.2	AÐFERÐIR	32
5	NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	34
5.1	EIGINLEIKAR VÉLUNNINS SANDS	34
5.1.1	Raki, rúmþyngd, húmus og slamm	34
5.1.2	Mettivatn	35
5.1.3	Kornastærðardreifing	36
6	STEYPUBLÖNDUR MEÐ ÍSLENSKUM VÉLUNNUM SANDI	46
6.1	HEFÐBUNDNAR STEYPUR	46
6.1.1	Kornakúrfur fylliefna	46
6.1.2	Samsettar kornakúrfur fylliefna	47
6.1.3	Steypublöndur	49
6.2	SJÁLFÚTLEGGJANDI STEYPA MEÐ VÉLUNNUM SANDI	52
6.2.1	Almennt um blöndur	52
6.2.2	Arnarfellsefni	52
6.2.3	Björgunarefni	54
7	SAMANTEKT	57
7.1	EIGINLEIKAR VÉLUNNINS SANDS	57
7.2	VÉLUNNINN SANDUR Í HEFÐBUNDINNI STEINSTEYPU	57
7.3	VÉLUNNINN SANDUR Í SJÁLFÚTLEGGJANDI STEINSTEYPU	57
8	HEIMILDIR	59

Formáli

Hugtakið „vélunninn sandur“ hefur verið notað um efni sem brotið er úr klöpp og um náttúrulega mól, en einnig um annað unnið efni í sandstærðum, t.d. þveginn sand. Umfjöllunin um notkun og hagkvæmni vélunnins sands til notkunar í steypu og múr hefur nú staðið í nokkur ár á Íslandi.

Fram að þessu hefur ekki verið mikið um notkun vélunnins sands í steypu eða múr á Íslandi. Því er reynslan af framleiðslu og notkun enn tiltölulega takmörkuð hér á landi. Höfundar þessarar skýrslu telja þó að notkun vélunnins sands muni aukast í framtíðinni því hún feli í sér ýmiss konar hagkvæmni m.a. út frá umhverfissjónarmiðum, vegna aðgengi að steinefnanámum og gæða.

Til að geta framleitt hágæða vélunninn sand og notað efnið með góðu móti þurfa ákveðnir þættir að vera til staðar:

- tiltekinn tækjabúnaður
- þekking á framleiðsluferlinu
- vitneskja um áhrif efnisins á eiginleika afurða t.d. steypublandna og múrs.

Með skýrslu þessari lýkur verkefninu: Vistvæn steinefnisframleiðsla – Vélunninn sandur. Höfundar vona og ætla að hér með sé fyrsta skref tekið til að ýta undir og gera íslenskum iðnaði kleift að framleiða og nota vélunninn sand. Verkefninu var skipt í tvo hluta. Fyrri hlutinn var unninn á árunum 2003 og 2004 og fólst í prófunum á efniseiginleikum vélunnins sands. Þessum hluta eru gerð skil í köflum 2 til 5, er fjalla um:

- helstu eiginleika vélunnins sands
- vinnsluferli vélunnins sands
- helstu prófunaraðferðir við greiningu á eiginleikum vélunnins sands

Seinni hlutinn var unninn árið 2004 og varðar prófun efniseiginleika steypu úr íslenskum vélunnum sandi. Markmið þessa hluta verkefnisins var að kanna áhrif vélunnins sands á vinnslueiginleika steinsteypu og var athyglinni beint að hefðbundinni steinsteypu annars vegar og sjálfútleggjandi steinsteypu hins vegar. Um þetta er fjallað í kafla 6. Elín Rita Sveinbjörnsdóttir og Sóley Ósk Sigurgeirsdóttir, nemar í byggingartæknifræði við Tækniháskóla Íslands, tóku þátt í þessum hluta verkefnisins. Aðkoma þeirra að verkefninu var styrkt af Nýsköpunarsjóði námsmanna og verkfræðistofunni Hönnun.

Helstu niðurstöður þessa hluta verkefnisins varða áhrif vélunnins sands á vinnslueiginleika steinsteypu

Verkefnið hlaut styrk frá Íbúðalánasjóði (styrkveiting til tækninýjunga og annarra framfara í byggingariðnaði), Landsvirkjun, Vegagerðinni, Malbikunarstöðinni Höfði hf., Arnarfelli ehf., Björgun ehf. og Sandurímúr (nú BM Vallá). Mikilvægur forstyrkur fékkst frá „Átak til atvinnusköpunar“ sem var fenginn vegna aðgerðaráætlunar áður en verkefnið hófst. Hönnun hf. (og áður ERGO Engineering Geology ehf.) lögðu einnig til verulegt vinnuframlag.

Dr.ing. Børge Johannes Wigum
verkefnisstjóri

1 INNGANGUR

Almennt hefur verið talið að yfirdrifið nóg væri til af lausum jarðlögum til notkunar á Íslandi. Sums staðar hefur hins vegar að undanfögnu reynst erfitt að finna nógu mikið af náttúrulegum sandi með tiltekna eiginleika, m.a. með nægu fínefni. Innflutningur á fylliefni til nota í steypu, sérstaklega sjálfútleggjandi og í múr hefur farið vaxandi á undanfögnu árum. Er það sumpart til að mæta aukinni eftirspurn og auknum gæðakröfum.

Taka má dæmi af byggingu Fjarðaáls á Reyðarfirði en lagt var í miklar rannsóknir til að finna hentugt náttúrulegt fylliefni á Austurlandi. Í framhaldi af því var sprengd klöpp á álverslóðinni rannsókuð ítarlega. Þrátt fyrir að niðurstöður rannsókna sýndu mjög góða efniseiginleika varð norskt fylliefni fyrir valinu þar sem ekki var hægt að sýna fram á sannfærandi vinnubrögð og reynslu til framleiðslu á steinefni úr lóðinni og tíminn var naumur til að bæta úr þessu. Þarna er dæmi um hundruða milljóna króna viðskipti sem hurfu úr landi.

Verkefnið byggir á þeirri staðreynd að fylliefni er nauðsynlegt byggingarefni, bæði við nýbyggingar sem og viðhald bygginga og það er skylda okkar að nýta þessa náttúruauðlind á sem skynsamastan hátt, sérstaklega á þéttbýlum svæðum þar sem eftirspurnin er mikil og kostnaður getur margfaldast vegna langra aðflutningsleiða. Góð þekking á eiginleikum steinefnisins og mögulegri notkun er grundvallaratriði til að ná sem bestri nýtingu auðlindarinnar. Einnig er mikilvægt fyrir yfirvöld að hafa aðgang að nýjustu upplýsingum um staðsetningu og stöðu núverandi náma og þeirra svæða sem nýta má til efnistöku í framtíðinni.

Í Evrópu fer umhverfisvitund hins almenna borgara vaxandi. Það lýsir sér m.a. í því að hugtök eins og sjálfbær þróun eru skilgreind en í stuttu máli má segja að inntak þess sé að fara vel með auðlindir og umhverfi. Fylliefna- og steinsteypuviðnaðurinn fer ekki varhluta af þessari vakningu og þeirri gagnrýni sem henni fylgir. Eftirfarandi eru dæmi um atriði sem rædd hafa verið í þessu samhengi.

- Auðlindin steinefni er í eðli sínu óendurnýjanleg, sérstaklega á svæðum þar sem horfur eru á skorti á efni úr næsta nágrenni (staðarefni, local material á ensku).
- Neikvæð umhverfisáhrif námuvinnslunnar á næsta nágrenni og samfélag (hávaði, mengun, áhrif á dýralíf og gróður), vegna efnisflutninga í tengslum við námuvinnsluna og vegna hættulegra efna, t.d. þungmálma og geislavirkra efna sem geta losnað úr læðingi við steinefnavinnslu.
- Ágreiningur um landnotkun milli námavinnslu og t.d. landbúnaðar, afþreyingarsvæða, byggingarsvæða og/eða fornleifarannsókna, sérstaklega á mjög þéttbýlum svæðum.
- Lélegt massa jafnvægi (há prósentu t.d. umfram fínefna sem þarf að farga) og mikilli orkunotkun á hvert framleitt tonn af fylliefni.
- Neikvæð áhrif á heilsu starfsfólk, t.d. vegna steinefna sem eru talin geta verið hættuleg heilsu manna.

Þessi atriði, sem snúast um samband fylliefnaíðnaðarins og næsta nágrennis, og þær lausnir sem sem gripið er til munu skera úr um lífvænleika iðnaðarins. Í framtíðinni eru allar horfur á að aðeins þau fyrirtæki lifi af sem ávinna sér viðurkenningu almennings í þessum efnunum.

Aðalviðfangsefnið verður að samþætta umhverfismál þörfum iðnaðarins, þ.e. að steinefnavinnsla verði umhverfisvæn og jafnframt fjárhagslega hagkvæm, samlaga námuvinnslu og iðnaðarframleiðslu og síðast en ekki síst að við upphaf námuvinnslu verði gerðar áætlanir um enduruppbyggingu og notkun svæðisins þegar námuvinnslunni lýkur.

1.1 Um markmið rannsókna

Upphaflegt markmið verkefnisins var að þróa og aðlaga aðferðir á Íslandi við vinnslu á unnum sandi (0–4 mm) úr mól og klöpp. Til stóð að safna sýnum úr hefðbundinni framleiðslu á sand- og malarefni og úr tilraunavinnslu á klöpp sem síðan átti að gera tilraunir með sem fylliefni í múrblöndur, flotlagningar/flotgölf og hefðbundna- og sjálfútleggjandi steinsteypu.

1.2 Inntak verkefnisins og takmarkanir

Í október 2002 fengu steinefnaframleiðendur í hendur drög að þessu rannsóknaverkefni. Þar er m.a. lýst ávinningi fyrirtækis af þátttöku í verkefninu:

Þess er vænst að með þátttöku í verkefninu öðlist fyrirtæki í steinefnaframleiðslu betri þekkingu á eiginleikum þess sands sem verður til við vinnslu í vélum og er að einhverju leyti afgangsefni í dag. Stefnt er að því að nýting efnis verði umtalsvert betri, fyrirtækin geti afhent jafnari og meiri gæði, bætt samkeppnisstöðu sína og þannig geti fjárhagslegur ávinningur þeirra orðið nokkur.

Fyrirtækin fá úttekt á vinnsluferli sínu og væntanlega verða gerðar bætur á því m.t.t. sandsins og væntanlega einnig m.t.t. vistvænnar framleiðslu.

Þegar þetta var skrifað lá fyrir áætlun um fjármögnun en sú áætlun gekk ekki eftir. Forsendur verkefnisins voru því breyttar og nauðsynlegt reyndist að endurskoða einstaka verkþætti. Niðurstaða þess var m.a. að fella þurfti niður vistferilsgreiningu og framleiðendur fá því ekki úttekt á vinnsluferli sínu m.t.t. vistvænnar framleiðslu eins og upphaflega stóð til. Eftir að verkefnið hófst breyttist eignarhald hjá einu þeirra fyrirtækja sem þátt tóku í verkefninu (Sandiímúr) og féllu allar múrrannsóknir niður við þær breytingar.

1.3 Bakgrunnur – tenging við önnur verkefna

Aðstandendur þessa verkefnis hafa á undanförunum árum tekið þátt í nokkrum verkefnum sem fjalla um vélunninn sand. Hér á eftir er gerð grein fyrir helstu verkefnum er lúta að vélunnum sandi. Skýrslurnar má finna á meðfylgjandi geisladisk (sjá kafla 1.3.6).

1.3.1 Vélunninn sandur – Úttekt, 2001



Fyrstu umsókn um verkefni á sviði vélunnins sand var skilað til Rannís árið 2000. Ekki fékkst fullur styrkur en úthlutað var forverkefnisstyrk. Auk þess styrktu Norræna Atlantsnefndin (NORA), Vegagerðin, Landsvirkjun, Malbikunarstöðin Höfði og Arnarfell verkefnið. Styrkur NORA var vegna tækniyfifærslu frá fylliefnaframleiðendum Franzefoss í Noregi. Verkefninu lauk með skýrslu í maí 2001 (Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Børge Wigum & Sveinbjörn Sveinbjörnsson)¹ og það var einnig kynnt á Steinsteypudeginum árið 2001². Niðurstöður þess verkefnis eru m.a:

- Úttekt á þeim tækjabúnaði sem hentar til vinnslu á vélunnum sandi (fyrirtækin Svedala í Svíþjóð og Noregi og Franzefoss í Noregi voru heimsótt í þessum tilgangi).
- Úttekt á prófunum sem henta á efniseiginleikum vegna vals á tækjabúnaði.
- Umfjöllun um hvort hefðbundnar steypuuppskriftir henta fyrir vélunninn sand.
- Upplýsingar um reynslu Franzefoss af því að nota vélunninn sand í sjálfútleggjandi steypu.

Umsókn um fullan styrk frá Tæknisjóði Rannís var endurnýjuð árið 2001 og enn hafnað þó svo að umsóknin fengu A í einkunn (verkefni sem uppfyllir mjög vel kröfur sjóðsins um styrkhæfni). Umsóknin til Rannís var svo bætt fyrir árið 2002, fengum m.a. viljayfirlýsingar frá fyrirtækjum sem vildu vera þátttakendur í verkefninu. Umsóknin fékk aftur A í einkunn, en vék í forgangsröð. Fyrir árið 2003 var svo enn reynt með svipaða umsókn en í viðbót var bætt inn vistferilsgreiningu til að bæta verkefnið en frekar. Jafnframt var bent á sterk tengsl við Evrópuverkefni (Eco-Serve). Því miður fékk umsóknin B í einkunn og því var ekki veittur styrk til verkefnisins. Þó svo að við höfum ekki fengið styrk frá Rannís hefur okkur tekist að stunda takmarkaðar rannsóknir á þessu sviði, m.a. með styrkjum frá NORA (Norrænt Atlantshafssamstarf), Rannsóknasjóði Íbúðalánasjóðs, Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar, Landsvirkjun, framlagi steinefnaframleiðenda, og ekki síst drjúgu vinnuframlagi þátttakenda.

1.3.2 Undirbúningsstyrkur frá Norðurslóðaáætlun ESB, NPP, 2003



Hönnun hf. fékk undirbúningsstyrk frá Norðurslóðaáætlun ESB, NPP (Northern Periphery Programme) í tengslum við verkefnið; „**Sustainable use of aggregate resources**“. Samstarfsaðilar Hönnunar að undirbúningsverkefninu voru Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins auk norskra og grænlenkra aðila. Markmið verkefnisins var að skilgreina verkefni í NPP, samstarfsleit og að skrifa umsókn í aðaláætlun NPP. Umsókn var skilað haustið 2003³. Hinsvegar var niðurstaða starfshópsins að Norðurslóðaáætlunin var ekki hentugur sjóður fyrir verkefnið og verkefnishópin og því var fallið frá að sækja um styrk í aðaláætlunina.

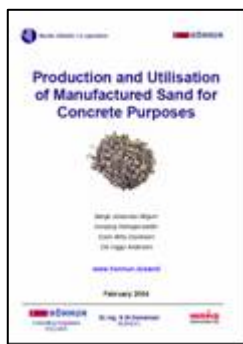
1.3.3 ECO-SERVE, 2002-2006



ECO-SERVE (*European Construction in Service of Society*) er evrópskt tengslanet styrkt af 5. ramma-áætlun ESB. Það hófst í nóvember 2002 og því lýkur árið 2006. Markmið þess eru að minnka neikvæð umhverfisáhrif byggingariðnaðarins, bæta vinnu-

umhverfi og að auka hagvöxt í greininni með því að auka framleiðni, samkeppni og gæði. Að verkefninu standa 47 aðilar frá flestum Evrópubandalagslöndunum og velta þess er um þrjár milljónir Evra. Íslenskir þátttakendur eru Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins (Rb) og Björgun, auk Hönnunar. Tengslanetið er byggt upp þannig að auk stjórnunarþáttar eru þrjár verkþættir er fjalla um sement, fylliefni og steinsteypu og vegagerð. Hönnun, Rb og Björgun taka þátt í þeim hluta sem fjallar um fylliefni og steinsteypu, en þar er lögð áhersla á bætta vinnsluáðferðir steinefnis og nýtingu þess í sjálfútleggjandi steypu. Niðurstöðurnar verða á forni *Baseline Report*⁴ og *BAT (Best available technology)* skýrslna (tilbúin 2005) auk leiðbeininga um hönnun, vinnslu og framleiðslu steinsteypu með lágmarks áhrifum á umhverfið. Heimasíða verkefnisins er: <http://www.eco-serve.net>.

1.3.4 NORA Verkefni, 2004



Hönnun hf., ásamt samstarfsaðilum S.W.Danielsen frá Noregi og NIRAS a/s frá Grænlandi, fékk árið 2003 styrk frá Norrænu Atlantsnefndinni, NORA, til verkefnisins **Framleiðsla vélunnins sands til byggingariðnaðar**. Í skýrslu verkefnisins (Børge Wigum, Þorbjörg Hólmegeirsdóttir, Svein-Willy Danielsen og Ole Viggo Andersen, 2004)⁵ er farið yfir nýjustu tækni við framleiðslu og notkun vélunnins sands í Noregi (sjá kafla 3). Að auki er núverandi staða á Íslandi og Grænlandi metin í því skyni að auðvelda hagnýtingu þessarar nýju tækni. Í skýrslunni er orðtakið „fylliefnataekni“ kynnt og innifelur tæknileg svið; jarðfræði-, framleiðslu og efnistækni. Í Noregi hefur rannsóknar- og þróunarstarfsemi falið í sér þróun, bæði á sviði fylliefnisvinnslu og hönnunar steypublöndu, og er báðum þessum umfjöllunarefnum lýst í skýrslunni. Auk þess að kynna nokkrar eldri framleiðsluáðferðir er fjallað um nýja tækni, Rhodax brjótinn, og honum lýst. Farið er yfir stöðu mála á Íslandi og á Grænlandi. Í skýrslunni er því næst velt upp mikilvægi tilraunaframleiðslu, ásamt umfjöllun um framtíðina og hvaða ályktanir má draga af þessu verkefni.

1.3.5 Vélunninn sandur. Partur II - Steypuprófanir



Tveir nemendur Tækniháskóla Íslands hlutu styrk frá Nýsköpunarsjóði námsmanna til að kanna hvaða áhrif eiginleikar vélunnins sand hafa á vinnslueiginleika steinsteypu. Verkefnið var unnið sumarið 2004 og því lauk með lokaskýrslu (Elín Rita Sveinbjörnsdóttir og Sóley Ósk Sigurgeirsdóttir)⁶. Eiginleikar steypublandna með og án vélunnins sands voru bornir saman. Niðurstöðurnar sýna að magn vélunnins sands skiptir ekki höfðumáli, heldur skiptir meira máli hvering sandurinn er brotinn, lögur og hrjúfleiki korna og hlutfall finnefnis, sjá skýrslu á geisladiski.

1.3.6 Aðrar heimildir

Miklu hefur verið safnað saman af rafrænum gögnum á þessu sviði. Ákveðið var að láta geisladisk fylgja með skýrslunni þar sem finna má þessi gögn. Þeirra sem er getið hér í skýrslunni og eru aðgengilegar rafrænt eru merktar með ►.

Til að opna heimildarsafnið er smellt á skrána: „index.htm“ og opnast síða í vefvafrara, sjá dæmi hér að neðan. Þau skjöl sem valin eru birtast á pdf-formi.

HÖNNUN
GRENÁSÁVEGI 1 - 108 REYKJAVÍK - Sími 510 4000 - FAX 510 4001
KENNITALA - 430572 - 0199

HUGVIT - REYNSLA - RÁÐGJÖF

**Vistvæn steinefnisframleiðsla
Vélunninn sandur**

Rafrænar heimildir

Íslenskar heimildir

- Þorge Johannes Wigum, Þorbjörg Hólmgeirsdóttir og Gísli Guðmundsson, 2005: Hluti I - Prófun á efniseiginleikum og Hluti II – Steypuprófanir. Samantekt á rannsóknum 2002 - 2004
- Elin Ríta Sveinbjörnsdóttir og Sóley Ósk Sigurgeirsdóttir, 2004: **Vélunninn sandur. Partur II** - Steypuprófanir. Nýsköpunarsjóður námsmanna September 2004
- Þorge Johannes Wigum, Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Svein Willy Danielsen og Ole Viggo Andersen, 2004: **Production and Utilisation of Manufactured Sand for Concrete Purposes**. Nordic Atlantic Co-operation.
- Hönnun ofn., 2003: **INTERREG III B Northern Periphery Programme - Preparatory Report for Project Sustainable use of Aggregate Resources**.
- Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Þorge Johannes Wigum og Sveinbjörn Sveinbjörnsson, 2001: **Vélunninn sandur - úttekt**
- Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Þorge Johannes Wigum og Sveinbjörn Sveinbjörnsson, 2001: **Vélunninn sandur - úttekt** - Erlendi - Steinsteypudagurinn 2001

Erlendir heimildir

- ECO-SERVE Network, 2004: **Baseline report for the Aggregate and Concrete Industries in Europe**. Cluster 3: Aggregate and Concrete production, Júní 2004.
- Topc and Ugurlu, 2003: **Effect of the use of mineral filler on the properties of concrete**, Cement and Concrete Research 33 (2003) 1071-1075.
- D.W.S. Ho, A.M.M. Sheinin, C.C. Ng, C.T. Tam, 2002: **The use of quarry dust for SCC applications**. Cement and Concrete research 32 (2002), Bls 505-511.
- H. Donza, O. Cabrera, E.F., E.F. Irassar, 2002: **High-strength concrete with different fine aggregate**. Cement and Concrete research 32 (2002), Bls. 1755-1761.
- International Center for Aggregates Research (ICAR), 2001: **An experimental study on the guidelines for using higher contents of aggregate microfines in portland cement concrete**. Research Report ICAR 102-1F.
- International Center for Aggregates Research (ICAR), 2001: **Framework for development of a classification procedure for use of aggregate fines in Concrete**. Research Report ICAR 101-2F.
- Järvenpää, H., 2001: **Quality characteristics of fine aggregates and controlling their effects on concrete**. Acta Polytechnica Scandinavia, Helsinki University of technology. PhD Thesis 189 bls.
- B. Hudson, 2002-2003: **Discovering the Lost Aggregate Opportunity, Part 1-5**
- B. Hudson, 1998: **Aggregate Shape Affects Concrete Cost**. Quarry, November 1998.
- B. Hudson, 1998: **Impact of manufactured sand in concrete**. Quarry, December 1998.
- B. Hudson, 1998: **Investigating the impact of high fines in concrete**. Quarry
- B. Hudson, 1999: **Concrete Workability With High Fines Content Sands**. Quarry February 1999
- B. Hudson, 1999: **Specifications allowing high fines content**. Quarry
- B. Hudson, 1999: **Crushers affect product quality**. Quarry April 1999.
- Nordberg, 1999: **SAND - Applications, Manufacturing, Classification, Requirements - Nordberg Way of Sand Making**
- Kim, Lee, Park and Eo, 1997: **The Fractured Characteristics of Crushed Limestone sand**. Cement and Concrete Research, Vol. 27, No. 11, pp. 1719-1729
- B. Hudson, 1998: **Flour Powder. The influence of minus 75 micron material on concrete, as well as the importance of particle shape with manufactured sand**.

Greinasafn frá Metso Minerals - Barmac:

- Application of Barmac Sand in Concrete
- Barmac Sand Research
- Concrete
- Fine Aggregate Shape
- High Fines Content
- Manufactured Fine Aggregate (MFA)
- Specifications
- Barmac Application Information Bulletins
- NZ Flow Cone

metso minerals
www.barmacsand.com

Mynd 1-1 Aðalsíða í vefvafrara, til að skoða rafrænar heimildir.

2 VÉLUNNINN SANDUR OG EIGINLEIKAR HANS

2.1 Skilgreiningar

Hugtökin „sandur“ og „fínefni“ eru notuð á mjög breytilegan hátt. Fræðilega séð er sandur efni af kornastærðinni 63 μm –2 mm en í reynd er efni af kornastærðum 0–4 mm, 0–8 mm, 0–10 mm og jafnvel 0–12 eða 16 mm kallað sandur. Hér verður kornastærðin 0–4 mm kallað sandur og fellur sú skilgreining saman við það sem algengast er.

Kornastærð fínefnis er einnig á reiki. Fræðilega séð er fínefni allt efni minna en 63 μm en í reynd er efni minna en 125 μm oft kallað fínefni.

Fínefni er á erlendu máli nefnt „filler“ og heyrir það heiti hérlendis ekkert síður en fínefni.

2.2 Kornakúrfa og fínefni

Hlutfall fínefnis er sá þáttur sem kannski skiptir mestu máli þegar hugað er að kornakúrfu sands. Hátt hlutfall fínefnis er oft talið óæskilegt þegar náttúrulegur sandur er notaður sem fylliefni í steypu. Í stöðlum eru gerðar kröfur um hámarks magn fínefnis og eiginleika þess. Ástæða þess er fyrst og fremst sú að miklar líkur eru á því að „vont“ fínefni leynist innan um „betra“ eða „gott“ fínefni. Þar er einkum átt við mjög rakadrægt fínefni, t.d. leirsteindir en einnig hefur það veruleg áhrif að yfirborðsflatarmál korna eykst hlutfallslega með minnkandi kornastærð en vatnsþörf t.d. steypu er að einhverju leyti háð yfirborðsflatarmáli þar sem vatnið eykur þjálni hennar. Yfirborðsflatarmál er hins vegar ekki eingöngu háð kornastærð heldur einnig og ekki síður kornalögun og gerð korna. Til dæmis eru flöt korn með stærra yfirborðsflatarmál en kúbísk korn. Vegur þessi þáttur þyngra eftir því sem kornin eru smærri.

Í náttúrulegum sandi er ekki óalgengt að leirsteindir, sem og aðrar ummyndunarsteindir, séu til staðar og jafnvel nokkuð stór hluti af fínefninu. Mikið magn fínefnis í náttúrulegum sandi er ekki æskilegt í steypu þar sem hætt er við að vatnsþörf steypunnar verði of mikil. Einnig geta leirsteindir og aðrar ummyndunarsteindir haft neikvæð áhrif á endingu steypu. Sem dæmi um skaða sem þessar steindir geta valdið má nefna að frostþol bæði sandsins og steypu úr sandinum minnkar og hætta á sprungumyndun í steypu eykst sem getur leitt til varanlegrar afmyndunar steypu.

Þegar sandur er unninn úr brotinni klöpp er fínefnið að miklum hluta gert úr bergbrotum og einstökum steindum. Minni líkur eru á því að fínefnið sé ríkt af leirsteindum sem þýðir að vatnsþörf steypu er minni miðað við fínefni sem er ríkt af þeim. Þó er það að sjálfsögðu háð berggerð klapparinnar hvernig samsetningin er.

Eitt af hlutverkum sements í steypu er að auka þjálni steypu án þess að vatnsmagn aukist, einfaldlega vegna þess að örsmáar sementsagnirnar virka sem eins konar smurning innan um stærri og fyrirferðameiri korn. Þessu má líka ná fram með auknu magni fínefnis, að því tilskyldu að fínefni sé kúbískt og magn óæskilegs fínefnis, s.s. leirsteinda, sé lágt. Gott steinefni er sterkara en sement auk þess sem það er að jafnaði ódýrara en sement. Því má ætla að það geti verið hagkvæmur kostur fyrir steypuframléiðendur og eigendur mannvirkja að auka notkun á fínefni í steypu eins og kostur er og meira en nú er almennt gert á Íslandi. Hér á landi er sement notað fyrst og fremst til að binda steypuna saman. Reynsla Norðmanna er í fullu samræmi við þessa skoðun.

2.3 Fínefni í steinsteypu og kröfur

Meirihluti rúmmáls steypu er fylliefni, þ.e.a.s. mól og sandur. Í dæmigerðri steypublöndu er fylliefnið um 70% af rúmmáli hennar. Af heildar fylliefninu er algengt að sandur, efni < 4 mm, sé um 35–50%. Sementsefjan (sement og vatn) sem heldur öllu saman er um og innan við 30% af rúmmáli steypunnar. Sementið er stærsti liðurinn í efniskostnaði steypunnar og er því út frá kostnaðarsjónarmiði mikilvægt að halda þeim lið í lágmarki, þó að öllum gæðakröfum uppfylltum. Að sama skapi er æskilegt að fylliefnið sé sem stærstur hluti af rúmmáli steypu. Fylliefnið er tiltölulega ódýrt, stærðargráðan um 10% af verði sements.

Fylliefnið hefur þannig m.a. það hlutverk að „drýgja“ sementsefjuna. Fylliefnið gefur hins vegar steypunni marga góða kosti og upphefur ýmsa galla eða ókosti sem hrein sementsefja hefur. Þar má til nefna rýrnun sem verður við hörðun og útpornun steypu. Fylliefnið stendur á móti þeim samdrætti sem verður við hörðun og útpornun steypunnar. Ætla má að rýrnun steypu með 70% fylliefni af rúmmáli verði um 12% – 25% af því sem hrein efja rýrnar.

Fylliefnið hefur mikil áhrif á eiginleika ferskrar steypu, þ.e. hversu þjál hún er og hvernig er að vinna með hana, þjappa í mót, slétta og slípa yfirborð á plötum o.s.frv. Lögum korna og yfirborðsáferð þeirra ásamt kornastærðardreifingu hefur mikil áhrif á þjálnina. Almenn er álitnið að vel ávöl korn með slétta áferð gefi bestu þjálmi og vinnslueiginleika.

Hér á landi sem og víðast erlendis hefur verið algengast að nota náttúrulegt sand- og malarefni sem fylliefni í steinsteypu. Efnið hefur verið tekið/unnið úr malarásam eða hjöllum, áreyrum, fjörum og af hafsbotni svo dæmi séu nefnd. Náttúrulegt efni getur verið „mengað“ lífrænum eða ólífrænum óhreinindum (s.s. salt, húmus og slam) sem hafa neikvæð áhrif á styrk og endingu steypu.

Í hefðbundinni steyputækni hefur hátt fínefnisinnihald í náttúrulegu efni verið talið óæskilegt og reynt er að halda því í lágmarki. Flestir steypustaðlar setja efri mörk um leyfilegt fínefnisinnihald í fylliefni.

ÍST 10 sem var í gildi hér á landi í um 30 ár, en er ekki í gildi í dag, leyfði að hámarki 5% fínefni í sandi og 1,5% í mól, nema sýnt væri fram á að hærra innihald væri skaðlaust fyrir steypuna.

Breski staðallinn BS 882:1992 er með kröfur um að fínefni (efni < 0,075 mm) í sandi skuli vera minna en 4%, en 16% þegar sandurinn er eingöngu úr möluðu bergi. Í malarhluta er leyfilegt hámark 2%, en 4% þegar mölin er eingöngu úr möluðu bergi. Í heildarefni má fínefni vera allt að 11%.

Samsvarandi kröfur í bandaríska staðlinum ASTM C33, fyrir sand (efni < 4,75 mm) er 3% þegar steypan verður fyrir slitalagi og 5% fyrir aðra steypu. Fyrir gróft fylliefni eru mörkin 1%. Mörk fyrir sand má hækka í 5% og 7% og fyrir gróft fylliefni í 1,5% ef fylliefnið er vélunnið (*manufactured*) og fínefnið er að mestu laust við leir og leirstein (*shale*).

Í evrópska fylliefnistaðlinum (ÍST EN 12620)⁷ eru skilgreindir flokkar fyrir leyfilegt hámark fínefnis, sbr. töflu 2-1.

Tafla 2-1 Hámark fylliefnis skv. ÍST EN 12620:2002⁷ (tafla 11).

Fylliefni	Fínefni (efni sem smýgur 0,063mm sigti)	Flokkur <i>f</i>
Möl	≤ 1,5%	$f_{1,5}$
	≤ 4%	f_4
	> 4%	f_{Declared}
Náttúrulegur sandur (< 8 mm)	≤ 3%	f_3
	≤ 10%	f_{10}
	≤ 16%	f_{16}
	> 16%	f_{Declared}
Heildar efni	≤ 3%	f_3
	≤ 11%	f_{11}
	> 11%	f_{Declared}
Sandur (fine aggregate, < 4 mm)	≤ 3%	f_3
	≤ 10%	f_{10}
	≤ 16%	f_{16}
	≤ 22%	f_{22}
	> 22%	f_{Declared}
	Engar kröfur	F_{NR}

Ef fínefni er meira en 3% ber, samkvæmt staðlinum, að sýna fram á skaðleysi þess með prófunum, t.d. með methylen blue aðferð.

Ástæðan fyrir takmörkunum á fínefnisinnihaldi er reynslan af náttúrulegum sandi og þeirri staðreynd að skaðleg efni eins og t.d. leir, silt og kemísk efni eru venjulega í þessari kornastærð. Leir til dæmis dregur til sín margfalda þyngd sína af vatni.

3 BAKGRUNNUR OG FYRRI RANNSÓKNIR

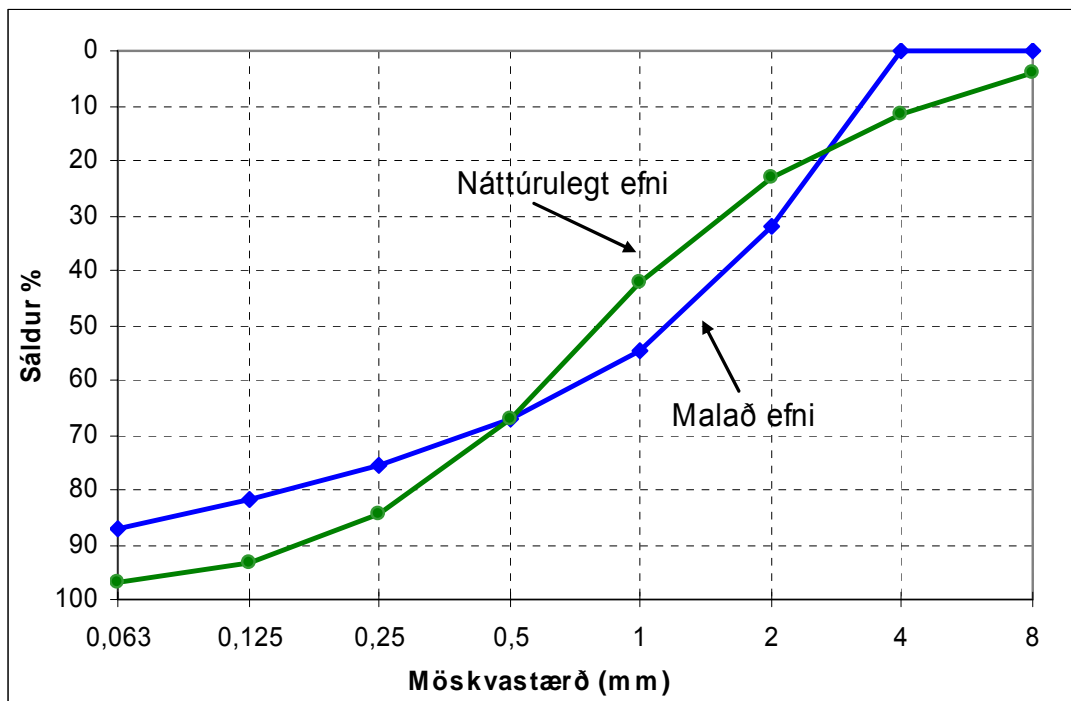
3.1 Vélunninn sandur – hvers vegna?

Kaflar 3.1 til 3.3 eru þýðing á hluta af NORA skýrslu⁵.

Mikilvægt er að viðhalda efnisjafnvægi í fylliefnaframleiðslu, sérstaklega þegar fylliefni er unnið úr klöpp. Allt umfram efni sem þarf að geyma, eða farga, skapar fjárhagslegt, ekki síður en umhverfislegt vandamál.

Að öllu jöfnu fellur til herra hlutfall af efni af sandstærð (0–4 mm) en hægt er að markaðssetja með góðu móti. Erfitt getur reynst að stýra finefnismagni við framleiðslu á vélunnu fylliefni og jafnvel er hætt við að finefnishlutfall verði herra en ásætlanlegt er fyrir steypu ef ekki er gripið til sérstakra aðgerða við vinnsluna. Þetta umfram finefni hefur verið talið úrgangsefni í flestum vinnlustöðvum og förgun hefur orsakað töluverðan kostnað fyrir framleiðandann auk þess að vera umhverfislegt vandamál. Þess utan er vélunnið efni með skarpar brúnir. Það, ásamt kornadreifingu sem er ólík náttúrulegum sandi, þýðir að meðhöndla þarf vélunnið efni á annan hátt en náttúrulegt efni ef hægt á að vera að nýta efnið.

Mynd 3-1 sýnir í meginatriðum mismuninn á náttúrulegum og vélunnum sandi.



Eiginleiki	Vélunninn sandur	Náttúrulegur sandur
Sáldurferill	Pakkaður / þéttur	Opinn / beinn
Finefnis innihald (< 0,125 mm)	10-25%	2-8%
Yfirborðsflatarmál	2-300.00 m ² /m ³	50-70.000 m ² /m ³
Hlutfall kúbískra korna	30-50 %	40-95 %

Mynd 3-1 Samanburður á eiginleikum vélunnins og náttúrulegs sands í Noregi (Danielsen og Ørbog, 2000)⁸.

3.2 Fyrri rannsóknir

Norðmenn eru einna fremstir Evrópuþjóða í rannsóknum og nýtingu á vélunnum sandi. Þar hefur rannsókn- og þróunarstarf, R&D, beinst að lausn á:

1. Tækni til framleiðslu fylliefnis sem skilar auknum hluta kúbíks efnis í öllum aðal stærðum, en halda samt í hófi umframmagni fínefnis.
2. Þróun á fjárhagslega og tæknilega hagkvæmum steypublöndum þar sem hlutur hvassra korna og fínefnis úr brotinni klöpp er aukinn.

3.3 Tækjabúnaður

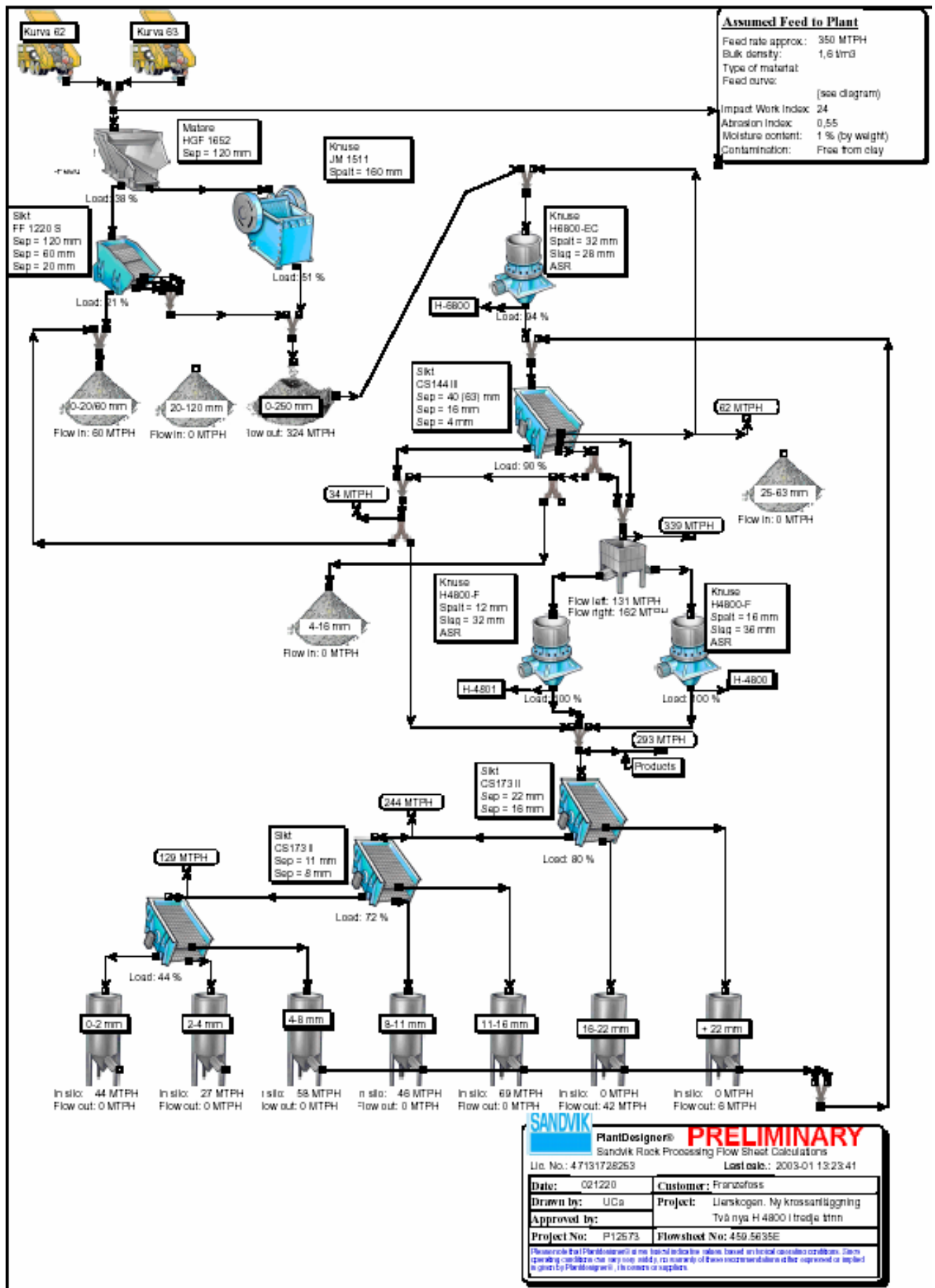
3.3.1 Hefðbundin uppsetning malar- og grjótvinnslu

Þegar það sem kalla má hefðbundna uppsetningu í sand- og malarnámum og í grjótnámum var upphaflega þróað var ekki mikið hugsað um eiginleika vörunnar sem átti að framleiða, heldur var fyrst og fremst leitað að árangursríkustu leiðinni til að smækka stórgrýti sem fengið var úr sprengdri klöpp. Við þessa vinnu var að miklu leyti byggt á þeirri tækni sem viðgengst í málmgrýtisnámum. Síðar hafa komið í ljós ýmsir vankantar þegar litið er til efniseiginleikanna. Það á sérstaklega við um miðbrjótinn en efnið úr honum er iðulega flögótt (flaky), sem getur verið erfitt að lagfæra í síðasta brotþepinu.

Í nútímalegri, vel hannaðri og virkri þriggja þrepa hefðbundinni malar- og grjótvinnslu er þó hægt að framleiða hreint, kúbískt steinefni stærra en um 8 mm að stærð. Erfiðasta stærðarsviðið fyrir slíka vinnslu er á bilinu 2–8 mm þar sem er sérstaklega erfitt að ná og viðhalda góðri kornalögun. Kornalögun finasta efnisins ræðst fyrst og fremst af steindasamsetningunni og textúr steindanna, en brotferlið hjálpar ekki til.

Af ofangreindu leiðir að hefðbundin uppsetning hentar ekki vel til framleiðslu á fylliefni í litlum eða meðalstórum kornastærðum, þótt hún geti uppfyllt kröfur steypumarkaðarins fyrir gróft fylliefni, og einnig fyrir malbiksefni (þar sem hluti efnisins má vera flögótt og fínkorna). Þannig má sjá fyrir sér að slík eining gæti öðlast gott efnisjafnvægi ef malbiksverksmiðja er nálægt námunni. Annars er hætta á að umframmagn fínefnis og frákastsefnis geti orðið vandamál.

Á mynd 3-2 má sjá nútímalegt og uppfært skipulag fyrir „hefðbundna“ námu (Lierskogen Franzefoss Pukk AS í Noregi). Veitið því athygli í skipulaginu, að stærðarflokkarnir 0–20, 0–60 og 20–120 mm fara fram hjá fyrsta brotþepinu. Stór keilubrjótur er á öðru brotþepi (markmiðið er að brjóta efnið eins mikið og mögulegt er á fyrri þrepum vinnslunnar). Stærstu stærðarflokkunum sem teljast vera af lægri gæðum er beint úr vinnslulínunni áður en kemur að þriðja og síðasta brotþepinu. Að lokum er 4–45 mm efni keyrt í gegnum tvo hliðstæða keilubrjóta þar sem lokastig vinnslunnar fer fram. Hægt er að framleiða gott steinefni til nota í malbik og steypuefni 8 mm og stærra en ekki er hægt að stjórna kornalögun efnis sem er minna en 8 mm.



Mynd 3-2 Uppfærð „hefðbundin“ námuhönnun (Lierskogen, Franzefoss).

3.3.2 Hverfibrjótur

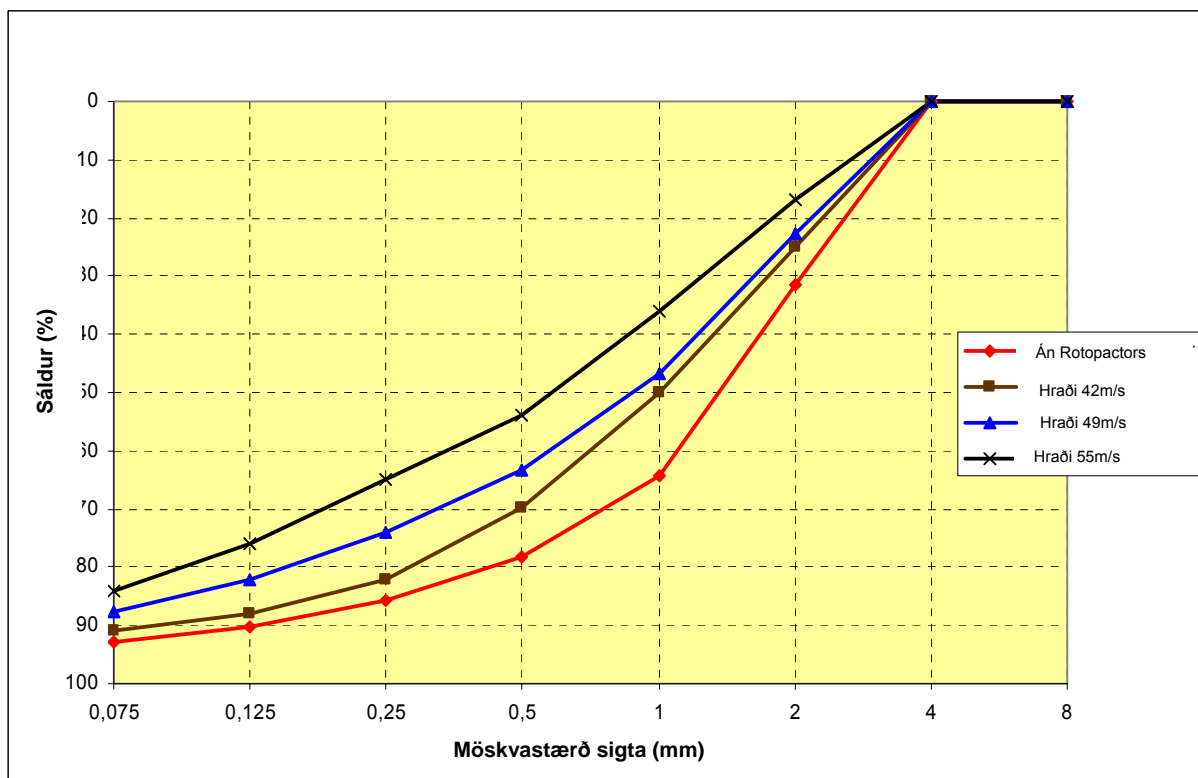
Eitt af úrræðunum til að bæta kornalögun fins og meðalstórs steinefnis var uppsetning hverfibrjóta (svokallaðra rotopactor og duopactor). Þessir brjótur urðu mjög vinsælir á áttunda og níunda áratugnum og voru settir upp í nokkrum verksmiðjum, en efni sem fer í gegn um þá er sérstaklega lítið flögótt. Þeir eru enn starfræktir með góðum árangri við tilteknar kringumstæður.

Vandamálið var hinsvegar að þessir brjótur voru notaðir á síðasta brotþrepi til að lagfæra fylliefni sem var þegar framleitt á óviðunandi hátt á fyrri brotþrepum. Bættri kornalögun fylgdi hins vegar oft hátt hlutfall af (oft óæskilegu) 0–4 mm efni með háu fínefnisinnihaldi og, það sem var verra, fínefnasmurningur á grófari kornum jókst. Nokkrar einkennandi tölur:

- Bætir kornastærð um 10–30 %
- Framleiðir >>>30% undir 4 mm
- Eykur fínefna innihald (< 0,125 mm) hlutfallslega allt að 50 %

Því voru ókostir bættrar kornalögunar lakara efnisjafnvægi, hátt hlutfall fínefnis sem olli erfiðleikum við að ná fram árangursríkri blöndu fyrir steinsteypu og að lokum myndaðist þykkt lag af fínefni utan á grófari kornum sem þurfti að lagfæra með þvotti til að halda uppi markaðsvirðinu.

Mynd 3-3 sýnir dæmi um kornakúrfur (0–4 mm) og tengsl við snúningshraða rotopactors (frá 42 – 55 m/s).



Mynd 3-3 Tengsl kornastærðar og snúningshraða rotopactors.

3.3.3 Kastbrjótur

Hægt er að fá teningslöguð fylliefni með því að nota kastbrjót (sleggjubrjót), en hann er aðallega notaður á þriðja stigi með eða í staðinn fyrir keilubrjót. Kastbrjótur eru vanalega notaðir með góðum árangri á mjúkt berg (t.d. kalkstein) og við vinnslu á endurunnu efni, þar sem þeir þjóna sem miðbrjótur eða eini brjóturinn í verksmiðjunni. Þeir eru þekktir fyrir að vera fljótvirkir og framleiða góða vöru. Ókosturinn er að krafist er meiri færni hjá stjórnanda og eftirfylgni, og ekki síður mikið slit véla – sem er ástæðan fyrir því að þessir brjótur hafa ekki verið mikið nýttir í hörðu bergi.

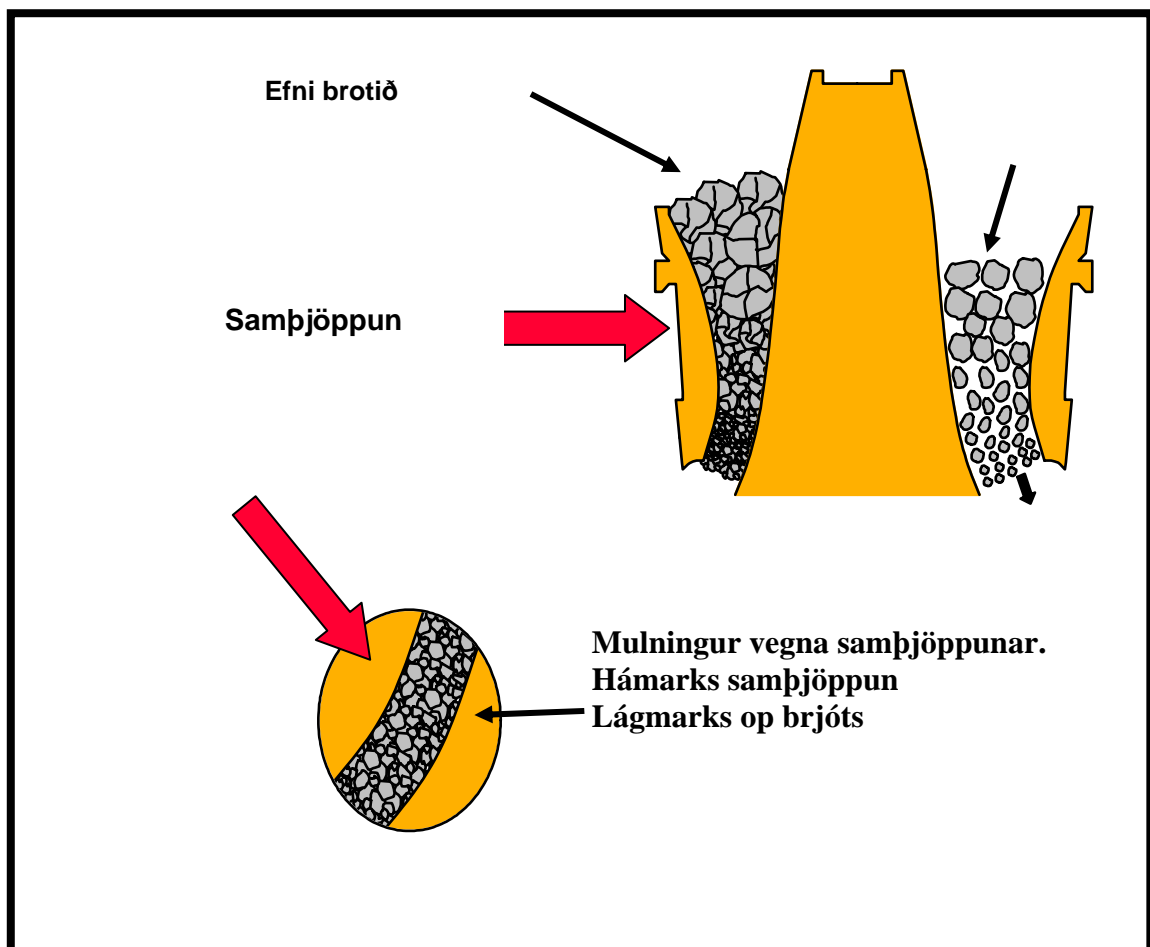
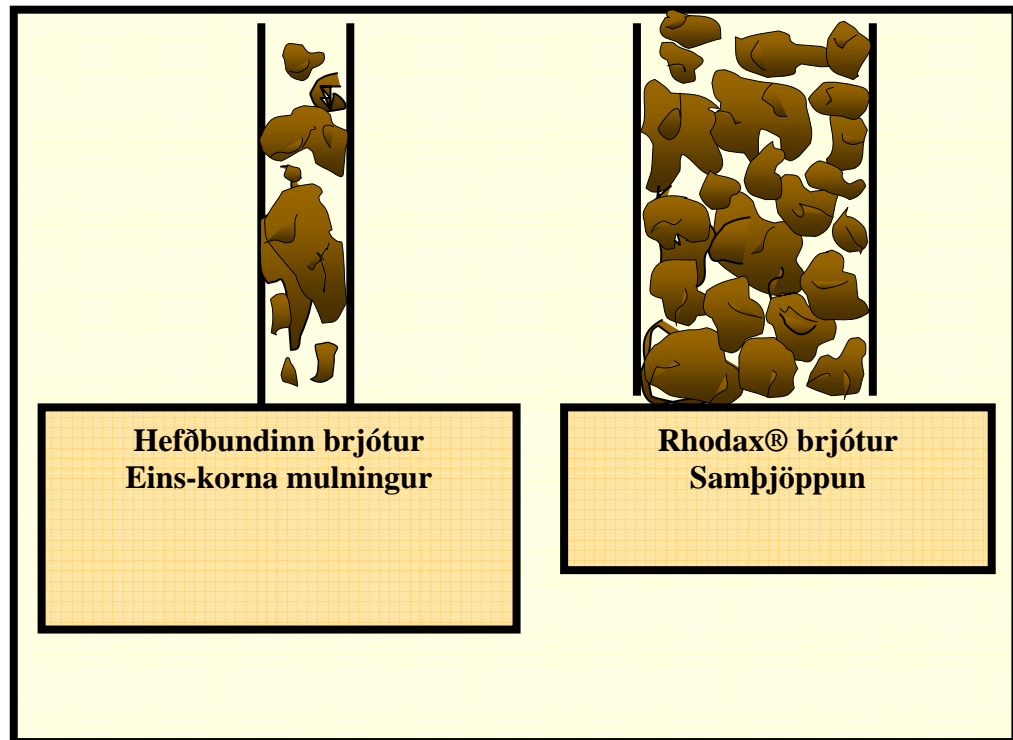
Franzefoss setti upp kastbrjót (SBM) í gnæs (myndbreytt berg) námu, til að bæta kornalögun sem og efnisjafnvægi. Árangurinn var töluverð framför í kornalögun fyrir stærðarflokka > 6 mm samanborið við keilubrjótinn sem áður var notaður. Með núverandi bergi er slit véla nokkuð mikið, eins og búist var við, en er samt fjárhagslega hagkvæmt í samanburði við önnur úrræði.

Varðandi finkorna fylliefni var lítilsháttar aukning á magni fínefnis, en ekkert í líkingu við það sem myndaðist í hverfibrjótunum. Hins vegar virðist vera tilhneiging hjá þessum tækjum að nokkuð hærra magn glimmers myndast í finni kornastærðunum miðað við hefðbundinn keilubrjót.

3.3.4 Rhodax brjótur

Síðasta stigið í þróun brjóta fyrir fylliefnaframleiðslu er svokallaður French Rhodax brjótur. Hugmyndafræðin að baki honum er ættuð úr málmiðnaðinum og hefur undir það síðasta verið aðlöguð til notkunar í steinefnanámum. Eins og staðan er í dag er þessi brjótur aðeins starfræktur í tveimur námum í heiminum, einni í Frakklandi (LeFarge) og einni í Noregi (Franzefoss). Hægt er að flokka Rhodax sem titringsbrjót frekar en keilubrjót. Megin virknin er mjög ólík hefðbundnum keilubrjótum og meira treyst á að kornin brotni vegna innbyrðis árekstra. Ein afleiðing þessa er að í fyrsta skipti er hægt að sameina góða (kúbíska) kornalögun, jafnvel í hinum mikilvægu millistærðum, og hóflegt magn fínefnis eða fillers (s.s. efni < 4 mm).

Mynd 3-4 sýnir meginvirkni Rhodax brjótsins.



Mynd 3-4 Skematísk mynd sem sýnir meginvirkni Rhodax brjósins.

Núna er Franzefoss að vinna kostnaðarsamt brautryðjendastarf við þróun þessarar tegundar brjóta, í náinni samvinnu við hinn franska söluaðila, FCB Ciment. Aðal viðfangsefnið núna tengist tækniatriðum sem ákvarða áreiðanleika búnaðarins, innri efnisaðdrætti sem tengist innri hringrás efnis og mötunar brjótsins, og nokkrum flóknum atriðum sem snúa að stillingum á opi, hraða og snúningsátaki til að ná tilætluðum framleiðsluafköstum ásamt þeim vörugæðum sem ætlast er til.

Árangur þessarar þróunarvinnu er sá að í dag er Rhodax brjótur notaður í námu sem er í fullri vinnslu. Brjóturinn er notaður í þriðja þrepi og leysir hann þrjá aðra brjóta af hólmi (tvo hliðstæða keilubrjóta og einn rotopactor) – með að minnsta kosti sömu afköstum og betri efnisgæðum og massajafnvægi.

Auk þróunarinnar í brjóta-tækni, er mikilvægt að fylgjast með annarri vinnslu í fylliefnaframleiðslunni, námuvinnslu, flutningum, flokkun / sigtun og meðhöndlun / geymslu, sjá nánar í kafla 4. Norsk-franska nálgunin við þróunina hefur ekki falið í sér hina alldýru og erfiðu vinnslu við að breyta kornakúrfu efnisins eða að fjarlægja umfram fínefni með viðbótarsigtun eða votvinnslu. Votvinnsla hefur ekki verið talin fýsileg í umhverfi þar sem vetrarríki er ráðandi stóran hluta ársins (nema í nánum sem einungis eru starfræktar á sumrin), auk þess sem erfitt er að ætla sér að laga kornakúrfuna eftir á, slíkt verklag eykur magn frákasts sem þarf að farga með tilheyrandi umhverfisvandamálum.

Því hefur verið einblínt á að bæta brjótana, sem og blöndun steinsteypunnar. Að auki er mikilvægt að velja sigtunarbúnað sem ræður við hvassar brúnir vélunnins sands og þá kornakúrfu sem myndast. Hin svokölluðu „rásandi“ (flip-flow) sigti, eins og Trisomat, hafa nýst vel. Eins skiptir miklu máli hvernig efnið er geymt og hvaða aðferðir eru notaðar til að viðhalda einsleitni þess og ekki síður að halda rakastiginu nálægt því sem hagstæðast er (um 1,5%) fyrir vélunninn sand til að draga úr myndun köggla og aðskilnaði.

3.3.5 Gagnsemi nýjunga í brjótataekni

Nýting nýjunga og þróunar í brjótataekni – til að bæta kornakúrfur sands með því að bæta við kúbísku steinefni af meðal stærð (t.d. 4–8 mm): Ein mikilvægasta niðurstaða þróunarinnar á Rhodax hugmyndinni var kúbísk kornalögun, meira að segja í hinum mikilvægu meðalstærðum. Þetta hefur opnað fyrir notkun á t.d. 4–8 mm möluðu efni til að bæta kornakúrfu og bæta þar með vinnanleika og stöðugleika, þar sem magn náttúrulegs norsks sands er oft lítið á þessu stærðarbili.

Nýlegt dæmi um þessa þróun (nokkrar lykiltölur fyrir staðlaða C35 steypu, Þrándheimi) er að finna í töflu 3-1.

Tafla 3-1 Dæmi um breytingar á hönnun steypublanda

Efnispættir	Upprunaleg uppskrift og fylliefni	Ný uppskrift og fylliefni
Sement – kísilyrk, kg/m ³	355 – 10	306 – 0
Vélunninn sandur 0-4 mm- Náttúrulegur sandur 0-8 mm, kg/m ³	368 – 656	412 – 617
Malaður 4-8 mm / 8-16 / 16-25, kg/m ³	0 – 350 – 550	165 – 248 – 618
Viscocrete 140 / Plastiment BV-40, kg/m ³	0 – 2,95	2,45 - 0
Vatn, l/m ³ – v/s hlutfall	219 – 0,60	184 – 0,60
Heildar grunnmassi / heildar fínefni (<0,125) l/m ³	388 – 169	321 – 137
Flæðigildi (mm)	200 – 520	215 – 580
Þrýstipól (MPa) 1 / 7 / 28 daga	10 – 26 – 44	14 – 29 – 43
Rýrnun ‰ 7 / 21 / 49 daga	0,3 - 0,54 - 0,65	0,19 - 0,33 - 0,50

3.3.6 Fylliefnataekni

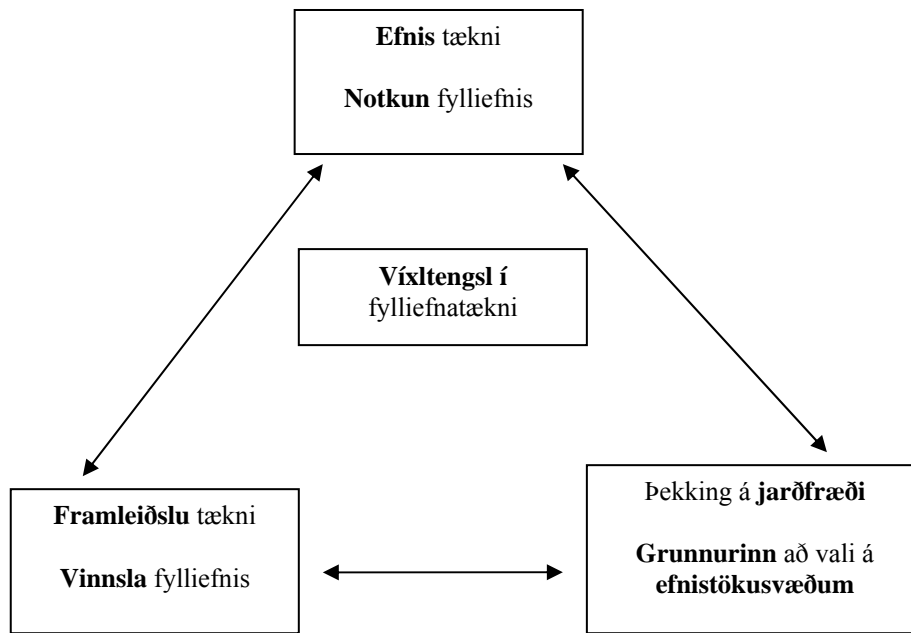
Hugtakið „fylliefnataekni“ er notað til að lýsa samþættingu þeirra þriggja þekkingarsviða sem nauðsynleg eru til að nýta, framleiða og nota steinefni til mannvirkjagerðar.

- Jarðfræði – jarðfræðileg undirstaða efnisins, hvort sem unnið er úr sand-/malargryfju eða úr klöpp.
- Framleiðslutækni – Hin ýmsu tæki og aðferðir sem standa til boða þegar breyta á jarðfræðilegu efni í vel unnið byggingarefni.
- Efnistækni – Ákvörðun hlutfalla og notkun framleidds efnis þ.a. efnið uppfylli kröfur.

Jarðfræðilegir eiginleikar efnis hafa afgerandi áhrif á ýmsa mikilvæga eiginleika steinefnisins og þá framleiðsluaðferð sem valin er. Þessir eiginleikar eru steindasamsetning, bygging og textúr, kristalkornastærð, ummyndun og veðrun, og fyrir sand/möl, kornalögun, kornakúrfa og eiginleikar yfirborðs.

Það eru víxl tengsl milli jarðfræðilegra eiginleika og framleiðslutækni, þar sem velja verður vinnsluaðferð með tilliti til gerðar steinefnisins (jarðfræðilega) og gerðar námu. Á svipaðan hátt þarf að laga nýtingu fyllinefnisins að eiginleikum þess, t.d. við blöndun steypu, en þeir eru að hluta tengdir jarðfræðilegum breytum og að hluta tengdir breytum í framleiðsluferlinu. Og að lokum má snúa dæminu við – kröfur til lokavörunnar eru ákvarðandi í vali á jarðfræðilegu hráefni, sem og hönnun framleiðsluferla.

Þessi gagnkvæmu áhrif eru sýnd á myndi 3-5.

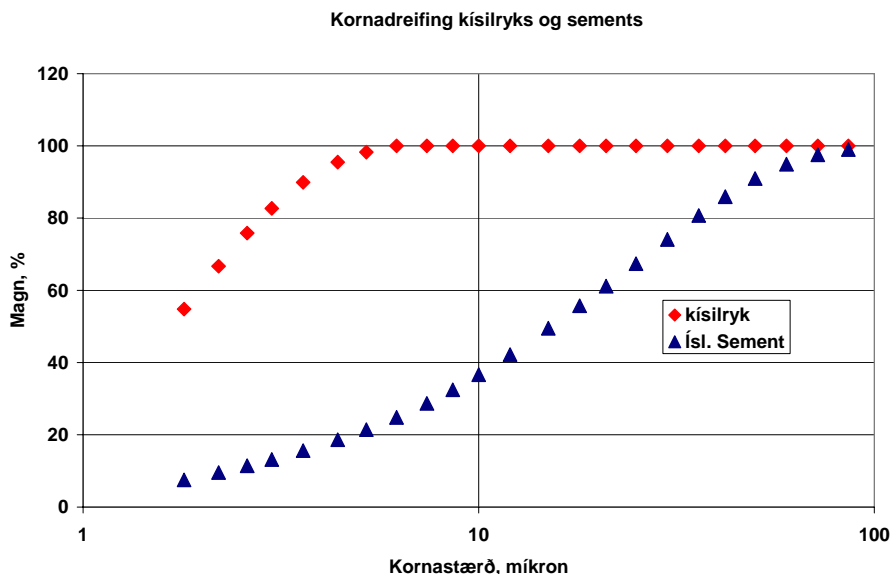


Mynd 3-5 Meginatriði fylliefnatækni

3.4 Efniseiginleikar vélunnins sands og prófunaraðferðir

3.4.1 Kornadreifing á fínefni

Mjög erfitt er að rannsaka fínefni vegna stærðar og það var ekki fyrr en fyrsta lasertækið kom á markaðinn fyrir um 30 árum að unnt var að rannsaka þessar stærðir almennilega. Tæknin býður upp á að rannsaka konastærðir niður í 0,1 µm og jafnvel smærri korn með sérstökum útbúnaði. Hér á landi eru til tvö slík tæki, hjá Íslenskum Orkurannsóknnum og Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins. Mælingar með laser tæki eru bæði einfaldar og fljótlegar, en tækið sem slíkt er tiltölulega dýrt. Með þessum tækjum er hægt að rannsaka kornadreifingu niður að 2 µm. Hægt er að rannsaka bæði þurr og blaut sýni í tæki Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins en aðeins er hægt að rannsaka blaut sýni hjá Íslenskum Orkurannsóknnum. Dæmi um kornakúrfu sem ákvörðuð var hjá Rb er á mynd 3-6. Efnið sem var rannsakað er íslenskt sement og kísilryk.



Mynd 3-6 Kornadreifing kísilryks og sements, mælt með laser tæki.

3.4.2 Hydrometer

Hydrometer er önnur aðferð sem hægt er að nota til að ákvarða kornakúrfu fínefnis. Aðferðin er vel þekkt og tækjabúnaður er einfaldur. Hins vegar er hún tímafrek og tekur a.m.k. tvo sólarhringa í framkvæmd. Hægt er að greina efni allt niður í 1–2 μm að stærð.

Hydrometer prófunum ber yfirleitt mjög vel saman við laser greiningar.

3.4.3 Mettivatn/Vatnsdrægni: Sandur - kornastærð < 4 mm

Aðferðum við að meta mettivatn í steinefni < 8,0 mm (ÍST 10)⁹ var breytt í október 2002 þegar nýr Evrópustaðall (ÍST EN 1097-6)¹⁰ var samþykktur. Breytingarnar felast aðallega í því að:

- Allt efni < 0,063 mm er tekið í burtu áður en prófið er framkvæmt (var ekki gert áður)
- Efnið er metið sem yfirborðspurr þegar keilan hrynur alveg (áður þegar kornin losna), eftir að mótið hefur verið fjarlægt.

Niðurstöður prófana með breyttu aðferðinni eru lítillega frábrugðnar því sem mælist með eldri aðferðinni að því leyti að lægra gildi fæst fyrir mettivatn.

3.4.3.1 Áhrif nýrrar prófunaraðferðar á niðurstöður

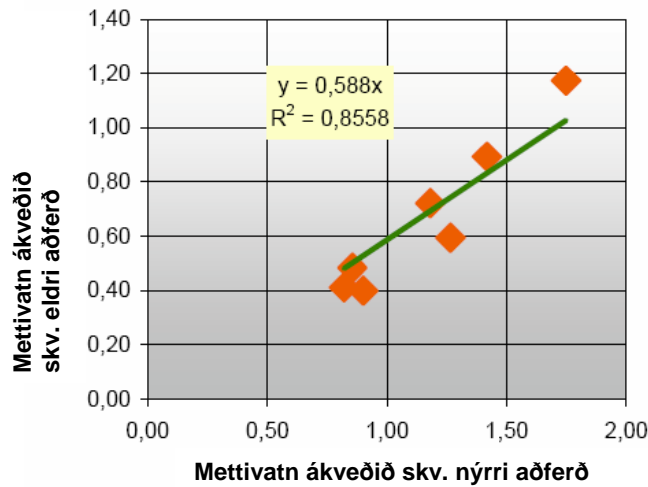
Ný aðferð til að meta mettivatn fyrir efni ≤ 8 mm sem gefið er upp í ÍST EN 1097-6 er nokkuð frábrugðin eldri aðferð sem var gefin upp í ÍST 10. Í báðum aðferðum er sandurinn þurrkaður á heitri pönnu með heitum loftstraumi þangað til sandurinn er talinn vera yfirborðspurr, þ.e.a.s, sandurinn byrja að breyta lit. Sandinum er svo þjappað í keilumót og þegar mótinu er lyft upp er metið hvort sandurinn er raunverulega orðinn yfirborðspurr miðað hvernig keilan hagar sér. Í nýju aðferðinni er miðað við að sandurinn sé orðinn yfirborðspurr þegar keilan hrynur (sjá mynd 3-7, t.h.). Í gömlu aðferðinni hinsvegar er sandurinn talinn vera yfirborðspurr þegar kornin losna eftir að mótið hefur verið fjarlægt (sjá mynd 3-7, t.v).



Mynd 3-7 Mynd t.v. sýnir ástand sandkeilu þegar sandurinn er orðinn yfirborðspurr miðað við gömul aðferð. Mynd t.h. sýnir ástand sandkeilu þegar sandurinn er orðinn yfirborðspurr miðað við ný aðferð. (Myndir frá NBTL, 2003)Error! Bookmark not defined..

Í SINTEF í Noregi voru fimm sandsýni prófuð með gömlu aðferðinni (sbr. ÍST 10) og þeirri nýju (sbr. ÍST EN 1097-6) og niðurstöðurnar bornar saman¹¹. Greinilegt er að nýja aðferðin gefur lægra gildi fyrir mettivatn en gamla aðferðin, sjá mynd 3-7. Að meðaltali gefur nýja aðferðin um

helmingi lægra gildi, þ.e.a.s. sandur sem áður mældist með 1,0% mettvatn mælist nú aðeins með 0,5% mettvatn. Lægra gildi er auðvitað eingöngu vegna breyttrar prófunaraðferðar, raunverulegt magn mettvatns í sandinum er óbreytt.



Mynd 3-8 Samanburður mettvatns í norsku fylliefni mælt með eldri og nýrri aðferð.

3.4.3.2 Hvernig meta má mettvatn, og með hvaða öryggi

Fyrir mól er nokkuð auðvelt og öruggt að meta mettvatn. Kornin eru bæði nokkuð stór og ekki of mörg. Þegar kornin eru settuð er nokkuð auðvelt að þurrka yfirborð allra korna og einfalt er að sjá þegar öll kornin eru orðin þurr (= yfirborðsþurr en samt vatnsmettað). Fyrir mól er væntanlega nokkuð gott samband milli mettvatns ákveðið við prófun miðað við það vatn sem mölin raunverulega er búin að drekka í sig.

Fyrir sand er málið mun flóknara. Kornin eru bæði lítil og mjög mörg. Eftir að kornin eru settuð er erfitt að sjá hvenær yfirborðsvatn hverfur og það gerist ekki samstundis fyrir öll korn. Öruggu aðferðina sem notuð er fyrir mól er því ekki hægt að yfirfæra á sand.

Í staðinn er stuðst við óbeina aðferð þar sem sandkeila verður óstöðugri eftir því sem sandurinn verður þurrari. Vandamálið er hinsvegar að stöðugleiki keilunnar er ekki einungis háður raka heldur einnig lögun sandkorna, hrjúfleika yfirborðs, magni fínefnis og kornastærðardreifingu. Mismunandi tegundir sands eru þessvegna misjafnlega stöðugar, þrátt fyrir sama yfirborðsþurrleika.

Ef settar kröfur eru það slakar að sandurinn er metinn yfirborðsþurr þegar fyrstu sandkornin byrja að losna úr keilunni er yfirborðsvatn ennþá til staðar hjá mörgum sandtegundum. Ef settar kröfur eru það strangar að sandurinn er metinn yfirborðsþurr þegar keilan er hrunin að fullu eru margar tegundir af sandi of þurrar og þegar búnar að missa hluta af mettvatni sínu.

Þess vegna er ljóst að töluvert frávik er frá raunverulegu magni mettvatns í sandinum þegar það er mælt með þessari aðferð.

3.4.3.3 Áhrif mettivatns fylliefnis á steypuna

Til að ná ákveðinni þjálni þarf steinsteypa að innihalda ákveðið magn af vatni (= heildar vatn). Af heildar vatnsmagni drekkur steinefni í sig ákveðinn hluta (= mettivatn) en afgangurinn (= frjálst vatn) tekur þátt í efnahvörfum með sementi í steypunni. Mettivatn fylliefnisins er ekki hluti af efnahvarfinu og er því ekki reiknað með þegar v/s hlutfall er reiknað út. Vatn/sements hlutfallið er því hlutfallið: frjálst vatn/sement.

Mettivatn er magn vatns, reiknað í hundradshlutum, miðað við þyngd ofnþurrs sands. Þetta vatn er í þorum vatnsmettaðs en yfirborðsþurrs steinefnis.

Þörf fyrir heildar vatnsmagn í steypu breytist auðvitað ekki þrátt fyrir að prófunaraðferð til að meta magn mettivatns breytist. Hinsvegar þegar hlutfall heildar vatns sem á að reikna sem mettivatn lækkar, hækkar hlutfall frjálssa vatnsins. Ef kröfur um v/s eru ákveðnar þarf þess vegna að hækka sementsmagnið (sjá töflu 3-2). Hversu mikið sementsmagnið þarf að hækka er háð því hve mikið magn mettivatns lækkar, hversu mikill sandur er notaður, heildarvatnsmagni steypunnar og kröfum um v/s tölu.

Tafla 3-2 Áhrif gildi mettivatns á dæmigerð steypublöndu í Noregi.

Steypa með v/s krafa hámark 0,60	Mettivatn áveðið skv. ÍST 10 – gömul aðferð	Mettivatn áveðið skv. ÍS-EN 1097-6 – ný aðferð
Sement, kg/m ³	300	310
Sandur 0-8 mm (meðtalið magn mettivatn), kg/m ³	1100	1100
Möl (meðtalið magn mettivatn), kg/m ³	800	800
P/SP-efni, kg/m ³	2,4	2,4
Frjálst vatn (heildarvatn = frjálst + mettivatn), l/m ³	180 (195)	185,5 (195)

3.5 Reynsla af notkun vélunnins sands

3.5.1 Vélunninn sandur notaður til að lagfæra kornakúrfu

Hægt er að nota takmarkað magn af vélunnum sandi til að lagfæra kornakúrfu sandhlutans þar sem náttúrulegi sandhlutinn er t.d. með lágt fínefnisinnihald og/eða hefur sérstaklega „opna“ kornakúrfu. Þessi aðferð hefur reynst árangursrík í þeim tilfellum þar sem átti að nota sand með lágt fínefnisinnihald í steypu með lágu sementsinnihaldi (lágur/venjulegur styrkur), og sérstaklega til að koma í veg fyrir aðskilnað og blæðingu í vel flæðandi blöndum. Takmörkin tengdust þeirri staðreynd að það varð engin breyting á hugarfari manna við blöndunarhönnun: malaða efnið skyldi notast meira eða minna eins og annað fylliefni – eingöngu til nýtingar fínefnisinnihaldsins – og einnig þurfti að setta sig við ókosti kornalögunar og í mörgum tilfellum mjög hátt fínefnisinnihaldi. Þar af leiðandi var ályktunin sú að í flestum tilfellum hafði íblöndun vélunnins sands í för með sér blöndur með lélegri vinnanleika sem í þurfti meira vatn.

Í töflu 3-3 eru teknir saman nokkrir almennir kostir/ókostir sem vanalega tengjast notkun vélunnins sands í steinsteypu.

Tafla 3-3 Vélunninn sandur í steinsteypu – almennir eiginleikar.

Virgni í steypu	Kostir	Ókostir
Almennir eiginleikar	Minni hætta á blæðingu og aðskilnaði. Dæling auðveldari	Meiri samloðun getur einnig haft í för með sér aukna þörf fyrir víbrun og orsakað meiri vatnspörf.
Veggsteypa	Yfirborð án sýnilegra loftbóla / mýkra yfirborð	
Steypt gólf	Hátt fínefnisinnihald auðveldar slípun. Góður vinnanleiki í steypu með lágu sementsinnihaldi	Röng víbrun getur orsakað samsöfnun fínefnis í yfirborði
Steypa með lágu sementsinnihaldi – almennt	Vinnanleiki góður þrátt fyrir lágt flæði og lágt sementsinnihald	
Sprautusteypa	Minna frákast frá yfirborði. Minni þörf fyrir herði.	Meira slit á tækjum vegna svarfs
Frauðsteypa	Polir hærra fínefnisinnihald. Hægt er að nota minna D_{max} Síður hætta á aðskilnaði.	

3.5.2 Hefðbundin steypa

3.5.2.1 Dæmi frá Noregi

Í töflu 3-4 er dæmi úr norsku verkefni um hvernig blanda fyrir C25 LA steypu breytist þegar hluta af náttúrulega sandinum er skipt út með vélunnum sandi. Mynd 3-8 sýnir sáldurferla fylliefnanna fyrir og eftir breytingu.

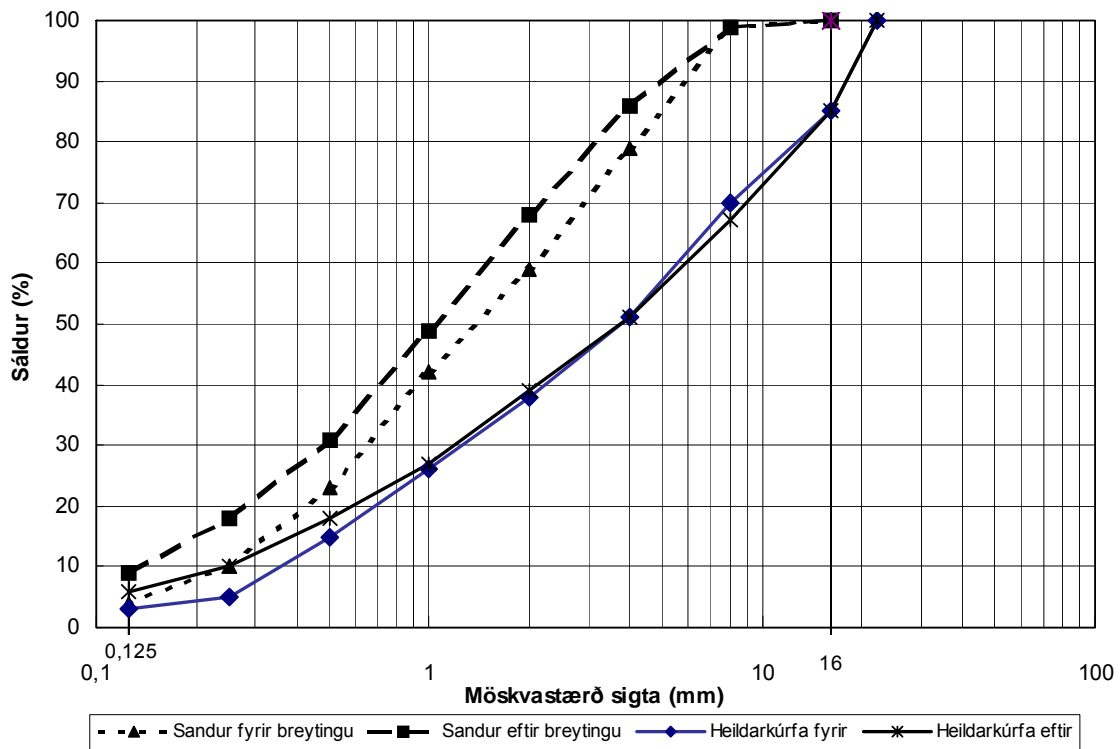
Tafla 3-4. Uppskrift fyrir C25 LA steypu fyrir og eftir íblöndun vélunnins sands (Lindgård og Johansen, 1995)¹²

Efnissamsetning (kg/m ³)	Upphafleg blanda	Breytt steypublanda
Sement (P30)	285	250
Vatn (samtals)	195	190
v/s-hlutfall	0,65	0,76
Þjálnefni (<i>P-stoff</i>)	2,4	2,4
Náttúrulegur sandur 0-10 mm	1175	650
Vélunninn sandur	---	400 (38%)
Fínefni í sandi (< 0,125 mm)	3,8 %	9,0 %
Möl 10-16 mm	300	400
Möl 16-22 mm	450	500
Sigmál (cm)	12	15
Brotþol 28 daga (MPa)	ca. 30	ca. 33
Holrýmd í fylliefni (l/m ³)	250 (25%)	200 (20%)
Fínefja (efja+filler, l/m ³)	304 (30,4%)	308 (30,8%)
Fínefja sem gefur sigmál þ.e.a.s. fínefja – holrýmd, (l/m ³)	54	108

Við breytinguna jókst rúmmál grófa efnisins úr um 28% í um 33% og fínefnið í sandinum úr um 4% í um 9%. Sementsinnihaldið minnkaði um um 35 kg/m³ og vatnsinnihaldið um 5 l/m³. Afleiðing af breytingunni var forskrift sem var hagkvæmari og um leið varð steypan einsleitari og þjálili/léttari í vinnslu. Sigmál jókst úr 12 cm í 15 cm og hvorki var tilhneiging til aðskilnaðar né blæðis. Þrýstistyrkurinn jókst um ca. 10% þrátt fyrir að v/s-hlutfallið hafi hækkað úr 0,65 í 0,76.

Það sem gerðist við íblöndun vélunna sandsins var að holrýmið í heildarfylliefninu minnkaði um u.þ.b. 50 l/m³ vegna betri kornapökkunar. Fínefja (sementsefja + fínefni < 0,125 mm) sem er umfram holrýmið í fylliefninu fer í það að auka sigmálið/þjálnina.

Miðað við íslenskt verðlag gæti lækkun á efniskostnaði steypunnar sem hér hefur verið tekin sem dæmi verið um 6%.



Mynd 3-9 Sáldurferlar sands og heildar fylliefnis eftir íblöndun vélunnins sands.

3.5.3 Sjálfútleggjandi steypa

3.5.3.1 Dæmi um kornakúrfur til nota í sjálfútleggjandi steypu

Í töflu 3-5 er að finna nokkur norsk og dönsk dæmi um kornakúrfur sem notaðar hafa verið við framleiðslu á sjálfútleggjandi steypu með góðum árangri og á mynd 3-9 eru sýndar valdar kornakúrfur.

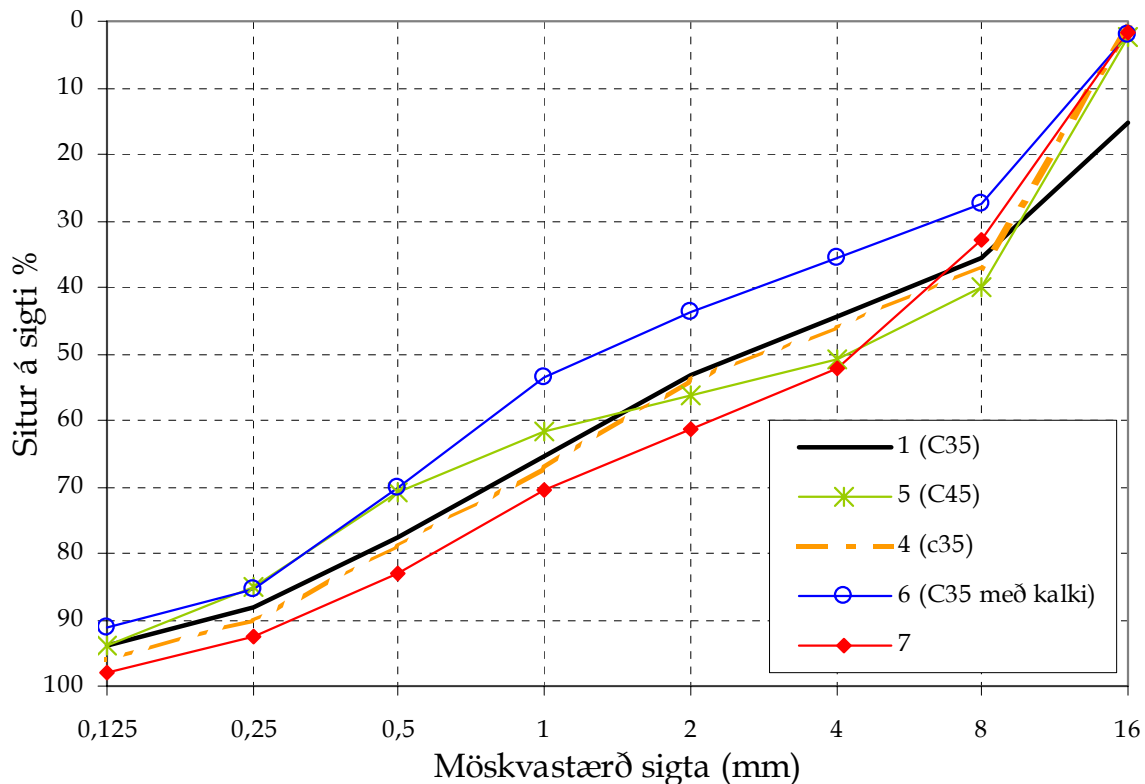
Tafla 3-5 Dæmi um kornakúrfur til nota í sjálfútleggjandi steypu. Dæmi nr. 1–6 eru frá Noregi og dæmi nr. 7 er frá Danmörku.

Korna- stærð (mm)	1		2		3	4	5		6		7
	C55	C35	C45	C35	C45	C35	C35	C45	C 35 með kalki	C35 NA án kalks	Dæmi frá Danmörku
16	16,5	15,3	2,8	2,5	1,2	1,5	2,1	2,3	1,9	2	1,6
8	40,5	35,6	41,6	36,7	36,7	37	35,7	39,8	27,6	29	32,8
4	52,1	44,5	50,6	45,8	50,0	46	45,9	50,7	35,6	37,5	52,2
2	60,9	53,1	58,7	55,4	58,4	54	51,3	56,3	43,7	46	61,4
1	70,5	65,5	69	66,6	69,3	67	56,8	61,8	53,7	56,5	70,5
0,5	79,2	77,5	80,7	79,4	81,9	79	66,1	70,9	70,3	74	83,1
0,25	87	88,3	89,9	89,6	90,6	90	81,5	85,1	85,5	90	92,6
0,125	94,6	93,8	95,3	95,4	96,2	96	91,8	94,0	91,2	96	98,0

Kornakúrfur nr. 2 og 3 fyrir C45 steypu eru frá stórum norskum framleiðendum, þ.e. þeim sem framleiða steinefni fyrir allt landið og til útflutnings. Aðrar kúrfur eru frá ýmsum smærri framleiðendum, þ.e. þeim sem framleiða mest fyrir næsta nágrenni („localt“). Í dæmi nr. 5 er fínsandi (0–0,5 mm) bætt aukalega við efnið. Í dæmi nr. 6 er önnur kúrfan með kalksteinsfiller og eftir þeim upplýsingum sem fyrir liggja er það sú kúrfa sem notuð er. Danska efnið er fínefnasnautt en er venjulega notað með talsvert magn af flugösku (e. *flyash*) með mjög góðum árangri.

Allar kornakúrfurnar hafa verið notaðar í sjálfútleggjandi steypu með góðum árangri, einkum með tilliti til floteiginleika, stöðugleika, þjálmi og vinnslu. Eins og sjá má spanna kornakúrfurnar talsvert stórt bil. Almennt er kúrfan í dæmi 1 talin ákjósanlegust en kúrfan í dæmi 2 mætti vera fínefnarikari fyrir C35 blönduna. Ástæðan fyrir því að kúrfan í dæmi 6 er svo malarsnauð er að notuð eru ílöng möluð korn.

Annars er það reynsla norskra aðila að hóflegt loftinnihald (4–5%) er mjög hagstætt í sjálfútleggjandi steypu þar sem það getur að vissu marki komið í staðinn fyrir fínefni en loftið eykur rúmmál efunnar og stöðugleiki steypunnar eykst. Einn stærsti steypuframleiðandi Noregs bætir lofti í alla sjálfútleggjandi steypu sem hann framleiðir.



Mynd 3-10 Nokkrar valdar kornakúrfur úr töflu 3-5.

4 VÉLUNNINN SANDUR: EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

4.1 Efniviður

Í verkefninu var safnað sýnum af vélunnu efni sem er framleitt í dag. Hugtakið vélunninn sandur var víkkað út og nær ekki einungis til þess efnis sem er brotið heldur er þvegið efni tekið með.

4.1.1 Malbikunarstöðin Höfði

Grjótvinnslan hjá Malbikunarstöðinni Höfða hf. er yfirbyggð og er í fjórum húsum. Þar er unnið bæði efni úr klöpp úr námunni í Seljadal og einnig sjávarefni frá Björgun. Í töflu 4-1 er yfirlit yfir það efni sem var rannsakað frá Malbikunarstöðinni Höfða.

Tafla 4-1 Sýni frá Malbikunarstöðinni Höfða.

Sýni nr.	Sýni	Lýsing á sýni
A	Björgun 0/8mm	Höfði, Björgun mól-3, sýni 2, band 8
B	Seljadalur 0/8mm	Seljadalur sýni nr. 3, band 8
C	Seljadalur 0/4mm	Seljadalur sýni nr. 1, band 8

4.1.2 Arnarfell ehf.

Arnarfell hefur nú þegar framleitt vélunnið efni, 0–8 mm, 4–8 mm og 0–11 mm sem þeir hafa notað í ákveðnum hlutföllum í steypuframleiðslu sinni. Fyrir þetta verkefni voru fengin sýni af tveimur þessara efna, sjá töflu 4-2.

Tafla 4-2 Sýni frá Arnarfelli.

Sýni nr.	Sýni	Lýsing á sýni
D	Malarsýni 2. Duopactor salli 0-8 mm.	Forbrotið með kjálkbrjót í 0-100 mm, síðan með kónbrjót í 0-8 mm salla (sýni 1) og 8-19 mm. Síðan brotið með duopactor (hverfibrjótur) og harpað í 0-8 mm salla og í 8-19 mm. Sýni tekið á sama hátt og sýni 1.
E	Malarsýni 1. Salli 0-8 mm kónbrotið.	Forbrotið með kjálkbrjót í 0-100 mm, síðan kónbrotið og harpað í 0-8 mm, 8-16 mm, 11-16 mm og haugsett. Sýni tekið efst úr haug. Mokað var ofan af haugnum og grafin um 50 cm djúp hola þaðan sem sýnið var tekið.

4.1.3 Björgun ehf.

Björgun hefur fest kaup á þvottahjóli sem var komið í fulla notkun í byrjun júní 2004. Tilraunir voru gerðar með að framleiða fínefni. Tekin voru fleiri sýni af fínefni frá þessu nýja hjóli til prófana og mælinga í verkefninu. Verkefnisstjórn hafa skoðað þvottastöðina og fengið útskýringar á hvernig hún virkar og hvaða möguleikar eru í boði. Einnig keypti Björgun nýjan Vertical Shaft Impact brjót og framleiðir með honum vélunninn sand, 0–6 mm, sjá mynd 4-1. Í töflu 4-3 er yfirlit yfir það efni sem var rannsakað frá Björgun.



Mynd 4-1 Vertical Shaft Impact brjót hjá Björgun (t.v.) og nýlegt þvottahjól (t.h.)

Tafla 4-3 Sýni frá Björgun

Sýni nr.	Sýni	Lýsing á sýni
F	„GBS“	fínefni eru unnin í sandþvottastöð með grófum björgunarsandi (óbrotið efni).
G	„FBS“	fínefni eru unnin í sandþvottastöð með fínum björgunarsandi (óbrotið efni).
H	„Brotin fínefni“ 0/3 mm	vélunninn sandur harpaður á 3ja. mm neti og síðan þveginnt í sandþvottastöðinni.
I	„Brotin fínefni“ 0/0,5 mm	fínefni sem unnin eru með 0-3 mm vélunna sandinum í sandþvottastöðinni.

4.1.4 SandurÍmúr (Nú BM Vallá)

SandurÍmúr (BM Vallá) framleiðir ekki eigið efni en hefur verið í sambandi við Björgun um að prófa efni þaðan. Nokkrar frumprófanir voru gerðar haustið 2003 en það efni reyndist ekki hagstætt varðandi kornastærðardreifingu.

SandurÍmúr sýndi mikinn áhuga á að fá að prófa „nýtt“ efni frá Björgun, þ.e.a.s brotið efni og efni sem kemur úr nýju þvottahjóli Björgunar. SandurÍmúr ætlaði að kanna hvernig efnin þurrkast og flokkast. SandurÍmúr getur sigtað efni allt að 0,7 mm, eða jafnvel 0,5 mm (háð hvernig efnin þurrkast). Þeir hjá SandurÍmúr eru að leita eftir ákveðnum kornastærðaflokkum, þar sem t.d. efni < 0,3 mm er talið mjög mikilvægt. Þeir nota ekki efni > 3 mm.

Einnig kom fram að SandurÍmúr fannst mikilvægt að fá upplýsingar um þær vörur sem Björgun býður. Þetta var nánar rætt á verkfundi Björgunar og SandsÍmúrs. Í framhaldinu var á áætlun að ákveða hvaða prófanir SandurÍmúr mundi gera. Því miður var ekki unnt að framkvæma þetta í þessu verkefni.

4.1.5 Aðrir framleiðendur

Fyrirtækið Möl og sandur á Akureyri hefur prófað að nota mulið efni í steypu. Reynslan af því var ekki góð, steypan varð óþjál og vatnsfrek. Ekki var áhugi hjá fyrirtækinu á þátttöku í þessu verkefni.

Fyrirtækið Alexander Ólafsson ehf. notar 8–19 mm perlu til að framleiða 0–8 mm efni í rotopaktor. Fyrirtækið hafði ekki áhuga á beinni þátttöku í þessu verkefni, en þær Elín Rita Sveinbjörnsdóttir og Sóley Ósk Sigurgeirsdóttir (2004)⁶ nýttu efni frá fyrirtækinu í steypuprófanir, sbr. kafla 6.1.



Mynd 4-2 Vinnsla vélunnins sands (0/8 mm) hjá fyrirtækinu Alexander Ólafsson.

4.2 Aðferðir

Verkefnisstjórn skoðaði þau próf sem henta til að lýsa eiginleikum efnis minna en 4 mm. Aðallega hefur verið stuðst við nýja Evrópustaðla og metið hvaða próf eru framkvæmanleg miðað við umfang og kostnaðarramma verkefnisins.

Markmið prófanna er að fá sem fullkomnasta lýsingu á finefninu, sérstaklega með tilliti til notagildis í hefðbundna- og sjálfútleggjandi steypu og í múrblöndur.

Ákveðið var að gera þær rannsóknir sem nefndar eru í töflu 4-4.

Tafla 4-4 Yfirlit yfir prófunaraðferðir.

Staðal	Lýsing
ÍST EN 1744-1 ¹³	Húmus og slamm
ÍST EN 1097-5 ¹⁴	Rakainnihald
ÍST EN 933-1 ¹⁵	Sáldurferill: efni með $D_{max} < 12,5$ mm - þurrsigtun
Rb próf	Laser-kornadreifing á finefni
ÍST EN 1097-6 ¹⁰	Mettivatn/Vatnsdrægni: Sandur - kornastærð < 4 mm
ÍST EN 1097-3 ¹⁶	Rúmpyngd - laust eða þjappað efni

Til viðbótar við þau próf sem tilgreind eru í töflu 4-4 var ákveðið að kanna sérstaklega hvaða áhrif kornastærð hefur á vatnsdrægni hjá finefni. Mynd 4-3 sýnir þegar mettivatn var mælt í 0–8 mm Björgunarefni frá Malbikunarstöðinni Höfða. Prófið er gert á efni af kornastærðinni 0,063–4,0 mm. Einnig voru bornar saman niðurstöður mettivatnsmælinga sem gerðar voru með gömlu og nýju aðferðinni (sbr. kafla 3.4.3).



Mynd 4-3 Mettivatn í Björgunarefni frá Malbikunarstöðinni Höfða mælt.

5 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

5.1 Eiginleikar vélunnins sands

5.1.1 Raki, rúmþyngd, húmus og slamm

Í töflu 5-1 er samantekt niðurstaðna mælinga á raka, rúmþyngd, húmusi og slammi í þeim níu sýnum sem prófuð voru í þessu verkefni.

Tafla 5-1 Niðurstöður mælinga á raka, rúmþyngd, húmusi og slammi.

Sýni nr.	Lýsing	Framl.	Raki (%)	Kornrúmþ.	Sýndar	Slamm	Húmus
			EN 1097-5	EN 1097-6/-7	kornarúmþ.		
			Heildarefni	Sandhluti	Sandhluti		
A	Höfði, Björgun mól-3/sýni2, 0-8 band 8	Höfði	4,00	2,93	3,04	0,20	0,00
B	Seljadalur sýni nr 3/0-8/band 8	Höfði	2,40	2,99	3,07	0,10	0,00
C	Seljadalur 0-4 mm sýni nr 1 band 8	Höfði	3,30	2,90	2,99	0,20	0,00
D	Arnarfell / 0-8 Dúopactor	Arnarfell	5,10	2,92	3,05	0,20	0,00
E	Arnarfell / 0-8 Konbrjótur	Arnarfell	5,30	2,93	3,04	0,20	0,00
F	GBS 1 (0-0,5 mm)	Björgun	11,80	2,72	2,90	0,10	0,00
G	FBS 1 (0-0,5 mm)	Björgun	14,60	2,66	2,86	0,10	0,00
H	„Brotin fínefni“ 0-3 mm	Björgun	1,90	2,90	3,00	0,00	0,00
I	„Brotin fínefni“ 0-0,5 mm	Björgun	14,20	2,91	2,98	0,00	0,00

Til viðbótar þessum mælingum mældu Elín Rita Sveinbjörnsdóttir og Sóley Ósk Sigurgeirsdóttir⁶ raka og rúmþyngd í mismunandi efnum frá fyrirtækjunum Alexander Ólafssyni ehf. og Arnarfelli ehf. Niðurstöður þeirra eru í töflu 5-2.

Tafla 5-2 Niðurstöður mælinga á raka og rúmþyngd.

Lýsing	Framleiðandi	Raki (%)	Kornarúmþ.	Kornarúmþ.	Sýndar
		EN 1097-5	EN 1097-6/-7	EN 1097-6/-7	EN 1097-6/-8
		Heildarefni	0,063–4 mm	>4 mm	0,063-4 mm
Náttúrulegur sandur, sýni 1, 0-8	Alexander Ól.	10,1	2,86	2,80	3,02
Vélunninn sandur, sýni 2, 0-8	Alexander Ól.	9,2	2,86	2,84	3,06
Möl, 8-22	Alexander Ól.	8,9		2,62	
Náttúrulegur sandur, 0-10	Arnarfell	8,68	2,82	2,85	3,01
Vélunninn sandur, 0-8	Arnarfell	3,86	2,93	2,93	3,08

5.1.2 Mettivatn

Niðurstöður mælinga á mettivatni mælt með „nýju“ og „gömlu“ aðferðinni eru í töflu 5-3. Tiltölulega fá sýni voru prófuð og niðurstöður eru því takmarkaðar en þær benda til þess að lægra gildi fyrir mettivatn mælist með nýju aðferðinni en þeirri gömlu. Munurinn er hins vegar ekki jafn afdráttarlaus og fannst í Noregi. Nauðsynlegt er að skoða þetta nánar fyrir mismunandi íslensk steinefni.

Tafla 5-3 Niðurstöður mælinga á mettivatni.

Sýni nr.	Lýsing	Framl.	Nýja aðferðin	Mettivatn (%) EN 1097-6				
				Nýja aðferðin		Gamla aðferðin		
				0,063-4 mm	0,063-2 mm	0,063-4 mm	2-4 mm	4-8 mm
A	Höfði, Björgun möl-3/sýni2, 0-8 band 8	Höfði	1,90	2,00	2,00		2,99	2,88
B	Seljadalur sýni nr 3/0-8/band 8	Höfði	1,30					
C	Seljadalur 0-4 mm sýni nr 1 band 8	Höfði	1,60					
D	Arnarfell / 0-8 Dúopactor	Arnarfell	2,20					
E	Arnarfell / 0-8 Konbrjótur	Arnarfell	1,90					
F	FBS 1 (0-0,5 mm)	Björgun	4,40	4,41		4,40		
G	GBS 1 (0-0,5 mm)	Björgun	3,60					
H	„Brotin finefni“ 0-3 mm	Björgun	1,60	1,60 / 1,20	1,50	1,90	2,65	
I	„Brotin finefni“ 0-0,5 mm	Björgun	1,20	1,30		1,70		

Vakin er athygli á muninum á mettivatni á mismunandi sýnum frá Björgun, miðað við hvernig efnið er framleitt. Skýringuna er væntanlega að hluta til að finna í prófunaraðferðinni sjálfri.

Vakin er athygli á því að fyrir sum efnanna var kornastærðin 0–8 mm prófuð meðan staðallinn gerir einungis ráð fyrir að efni af kornastærðinni 0,064–4 mm sé prófað.

Eitt sýni var prófað tvívegis til að skoða hvort aðferðin gæfi einsleitir niðurstöður. Nokkuð gott samræmi virtist vera milli niðurstaðna.

Í skýrslu Elínar Ritu og Sóleyjar (2004)⁶ kemur fram að mikill munur er á vatnsdrægni milli vélunna og náttúrulega sandsins frá Alexander Ólafsson. Vélunni sandurinn er vatnsdrægari en sá náttúrulegi. Það gæti verið vegna þess að vélunni sandurinn er brotinn úr perlu (8-22 mm) í annars konar brjót en náttúrulega efnið. Kornalögun og hrjúfleiki verða því mismunandi á milli þessara tveggja efna. Einnig kemur fram að hjá Arnarfelli er náttúrulegi sandurinn vatnsdrægari en sá vélunni. Skýringin gæti verið sú að þessi tvö efni eru tekin úr sitthvorri námunni og eru því ólík. Náttúrulegi sandurinn er tekinn úr árframburði og gæti því verið „mengaður“ með lífrænum eða ólífrænum óhreinindum. Sá vélunni er hins vegar einungis unnin úr „hreinu“ bergi. Sjá skýrslu á geisladiski.

5.1.3 Kornastærðardreifing

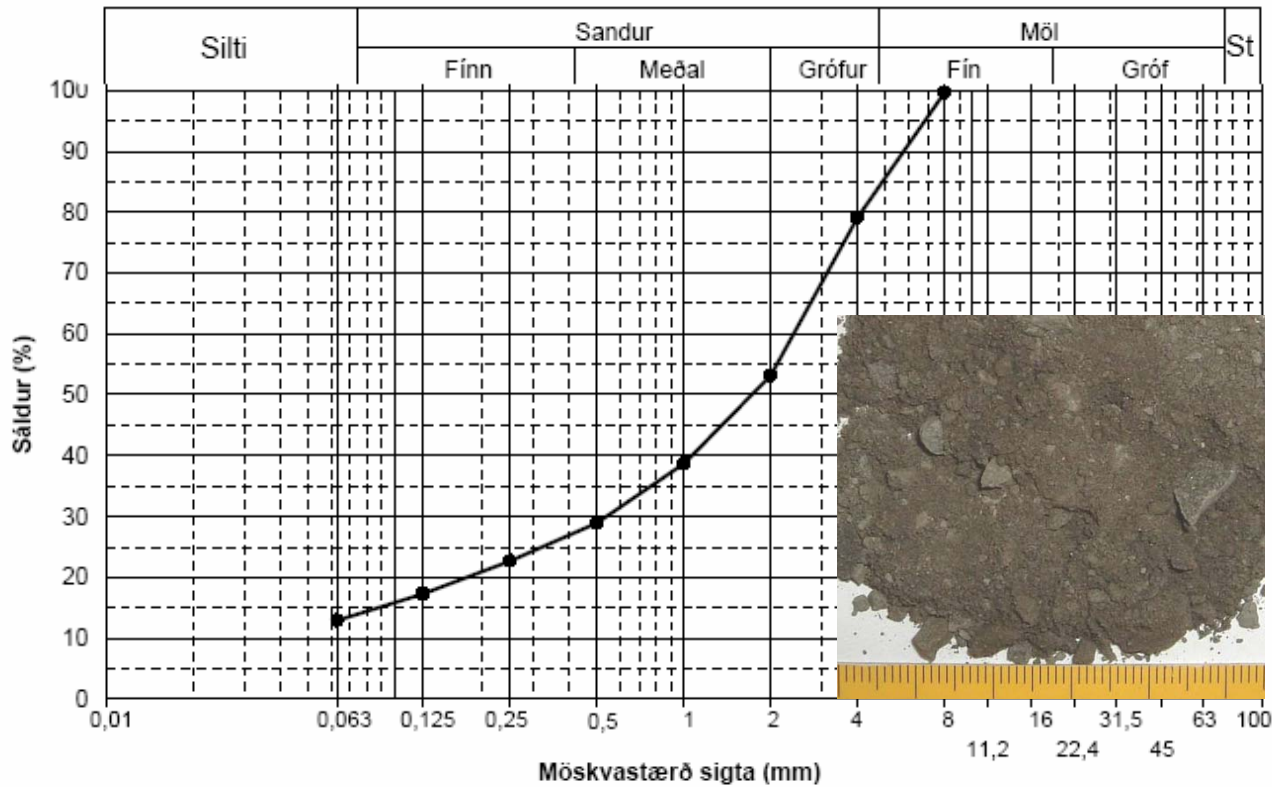
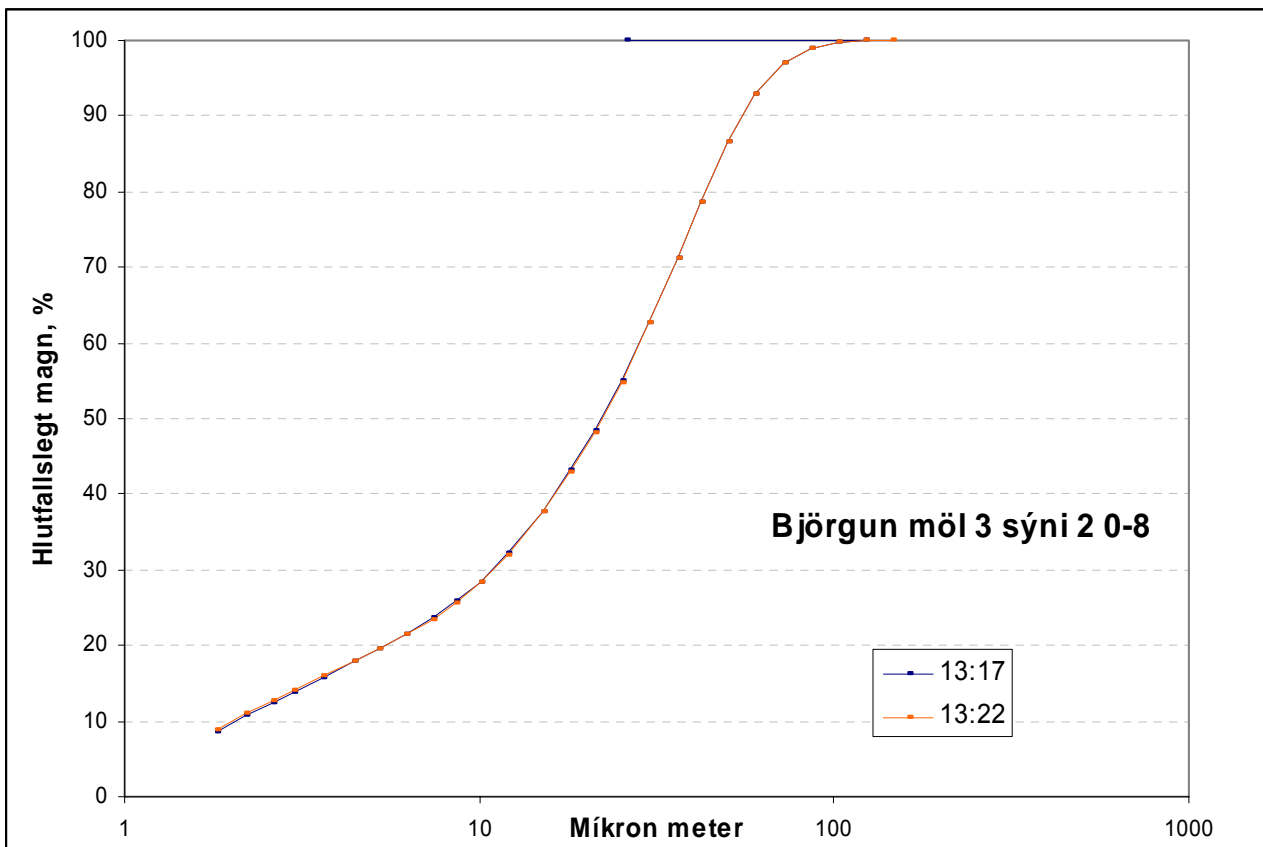
Niðurstöður úr mælingu kornastærðardreifingar með sigtun og Laser-kornadreifingu á fínefni er að finna á myndum 5-1 til 5-9.

Efnin A, B og C (myndir 5-1 til 5-3), sem eru framleidd af Malbikunarstöðinni Höfða, sýna öll kornakúrfur sem eru dæmigerðar fyrir vélunninn sand, þ.e.a.s. hangandi eða þétt kúrfa með háu fínefnisinnihald. Laser-kornadreifing á fínefni, minna en 125 μm , sýnir hlutfallslegt magn efnis <10 μm um 35%, fyrir efni B og C, sem eru framleitt úr Seljadalsefni. Efni A sem er framleitt af Björgunarmöl er með aðeins minna hlutfallslegt magn efnis < 0 μm , eða um tæp 30%.

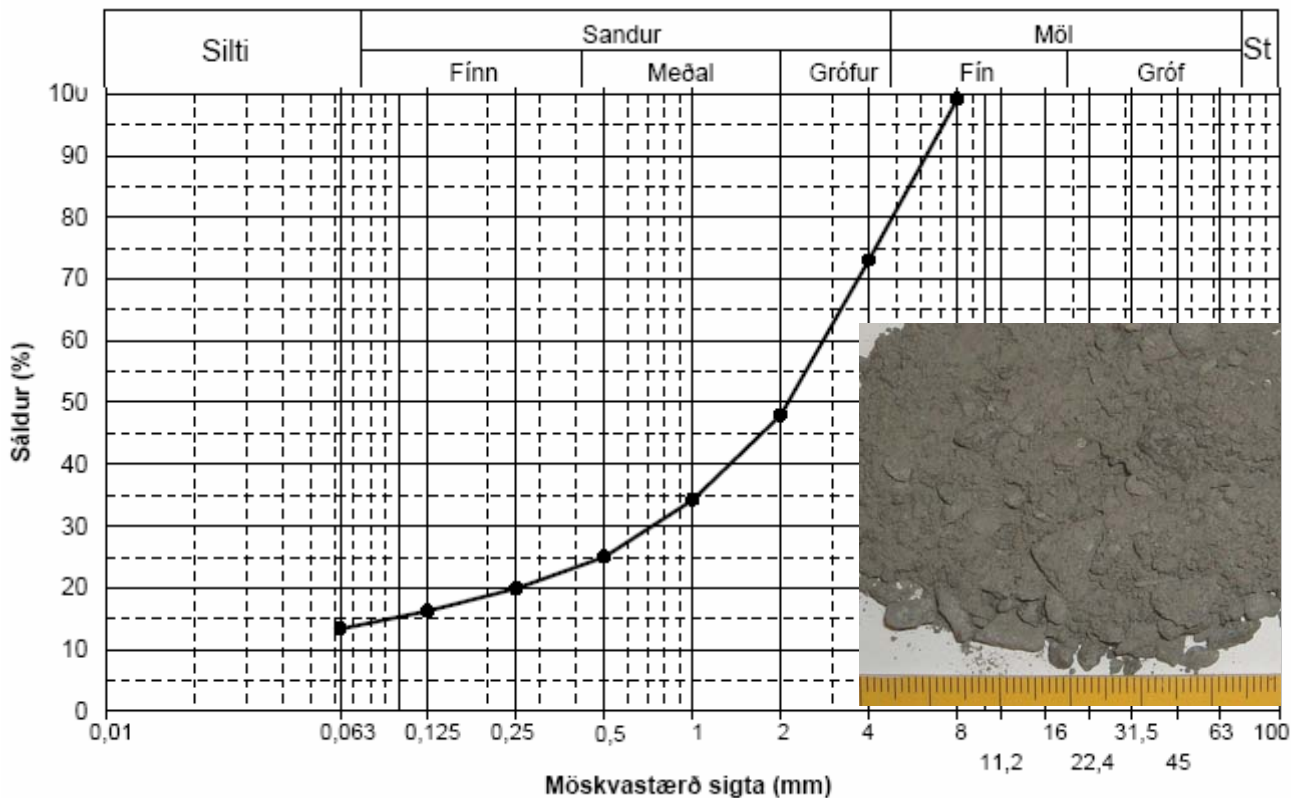
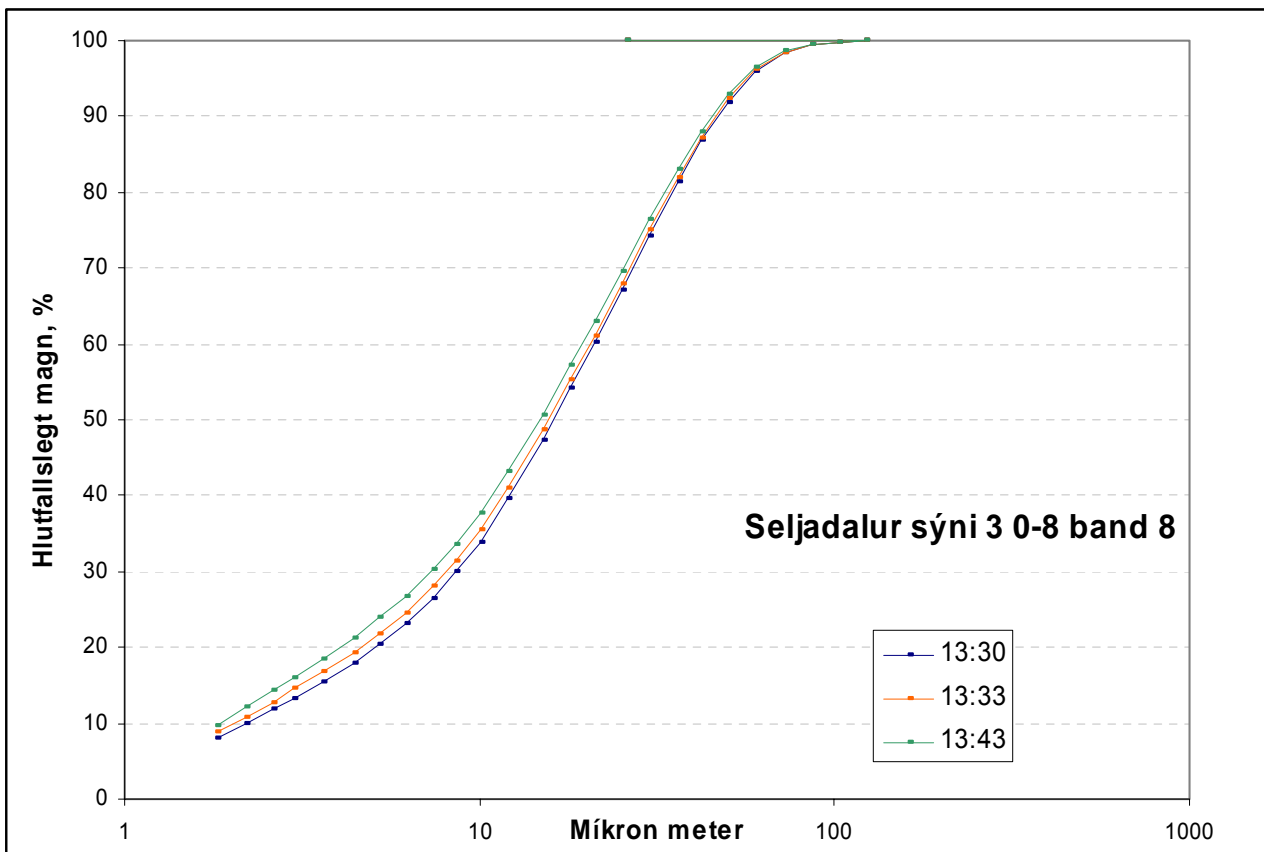
Efnin D og E (myndir 5-4 og 5-5) sem eru framleidd af Arnarfelli sýna einnig hangandi kornakúrfur sem eru dæmigerðar fyrir vélunninn sand. Ekki er mikill munur á kornastærðardreifingu á efni framleiddu með Dúopactor annars vegar og Kónbrjót hins vegar. Laser-kornadreifing á fínefni, minna en 125 μm , framleiddu með Dúopactor, sýnir hinsvegar hlutfallslega minna magn efnis < 10 μm (um 30%), en efni framleitt með Kónbrjót sem sýnir hlutfallslega meira magn efnis < 10 μm , eða um 35%.

Efnið F („GBS“ fínefni eru unnin í sandþvottastöð með grófum björgunarsandi) og efnið G („FBS“ fínefni eru unnin í sandþvottastöð með finum björgunarsandi) eru bæði unnin úr náttúrulegum sandi. Laser-kornadreifing á fínefni, minna en 125 μm , sýnir lágt magn efnis <10 μm , fyrir bæði efni, eða á bilinu 12–13 %.

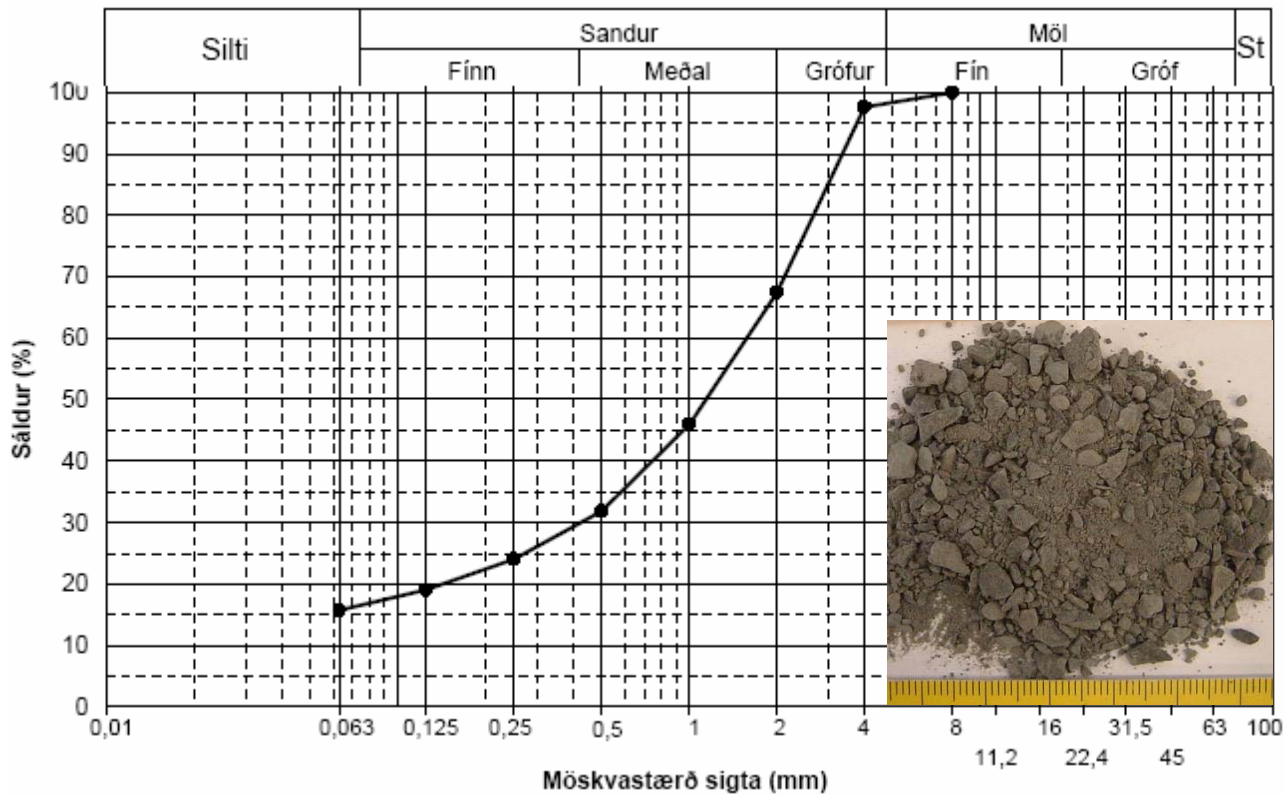
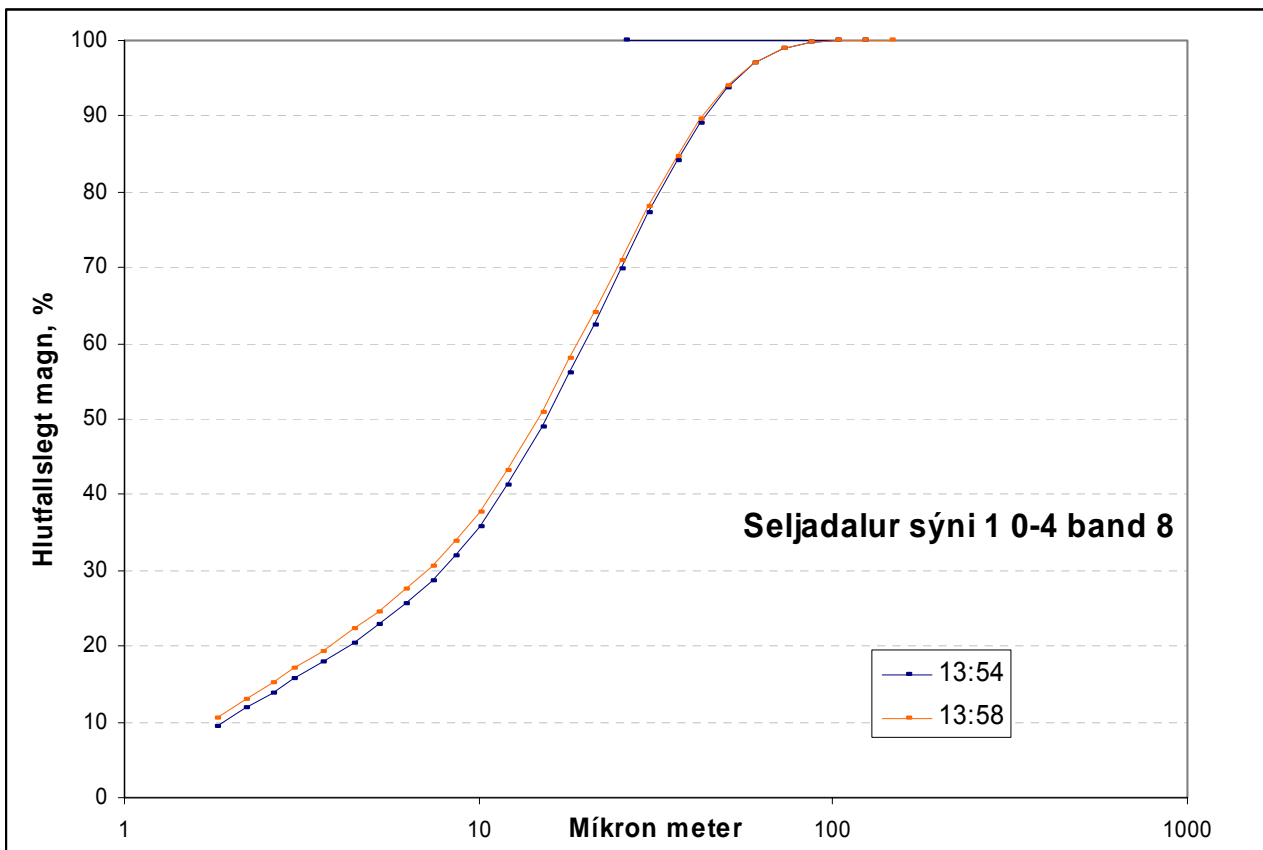
Efni H („Brotin fínefni“ 0/3 mm vélunninn sandur”), sem er harpað á 3 mm neti og síðan þveginn í sandþvottastöðinni, sýnir dæmigerða kúrfu fyrir vélunninn sand. Hins vegar hefur þvotturinn greinilega lækkað magn fínefnis <10 μm , sem aðeins um 12%. Efni I („Brotin fínefni“ 0/0,5 mm) er með sérstaka kornastærðardreifingu. Laser-kornadreifing á fínefni minna en 125 μm sýnir einnig mjög lágt magn efnis <10 μm , eða um 7 %.



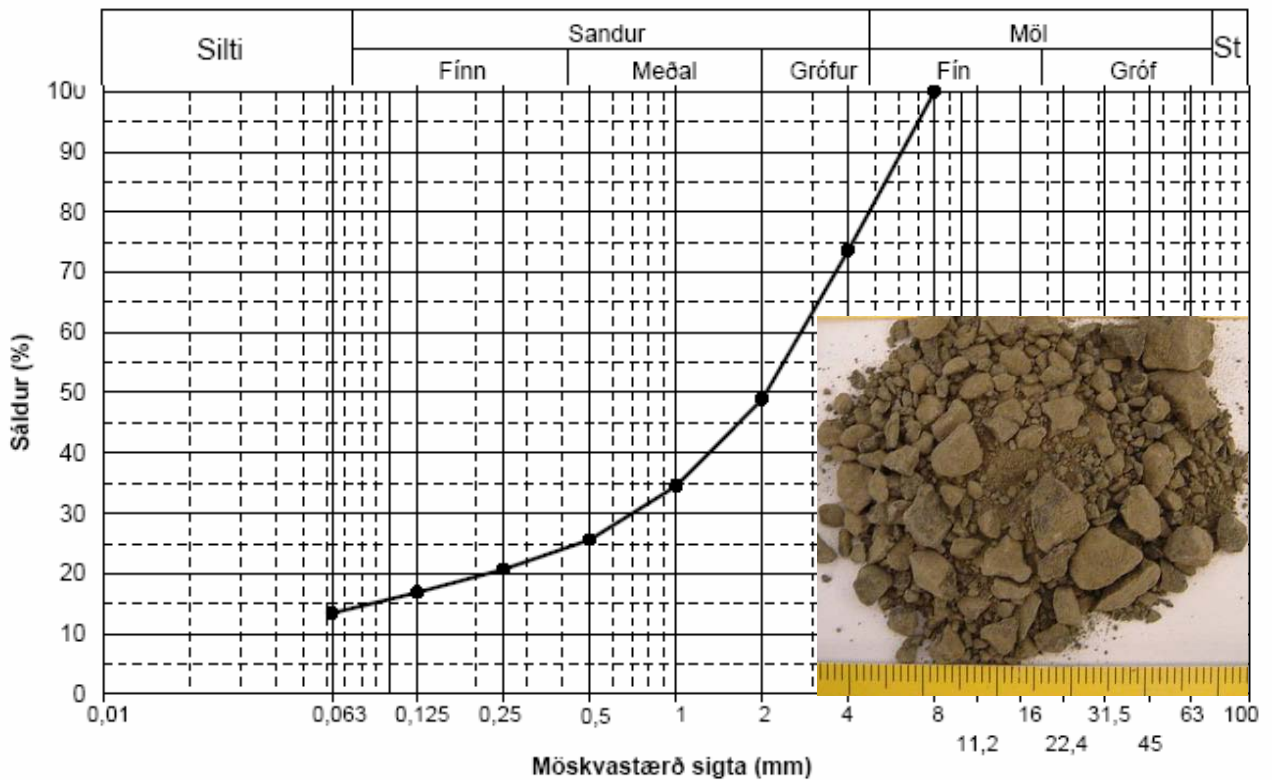
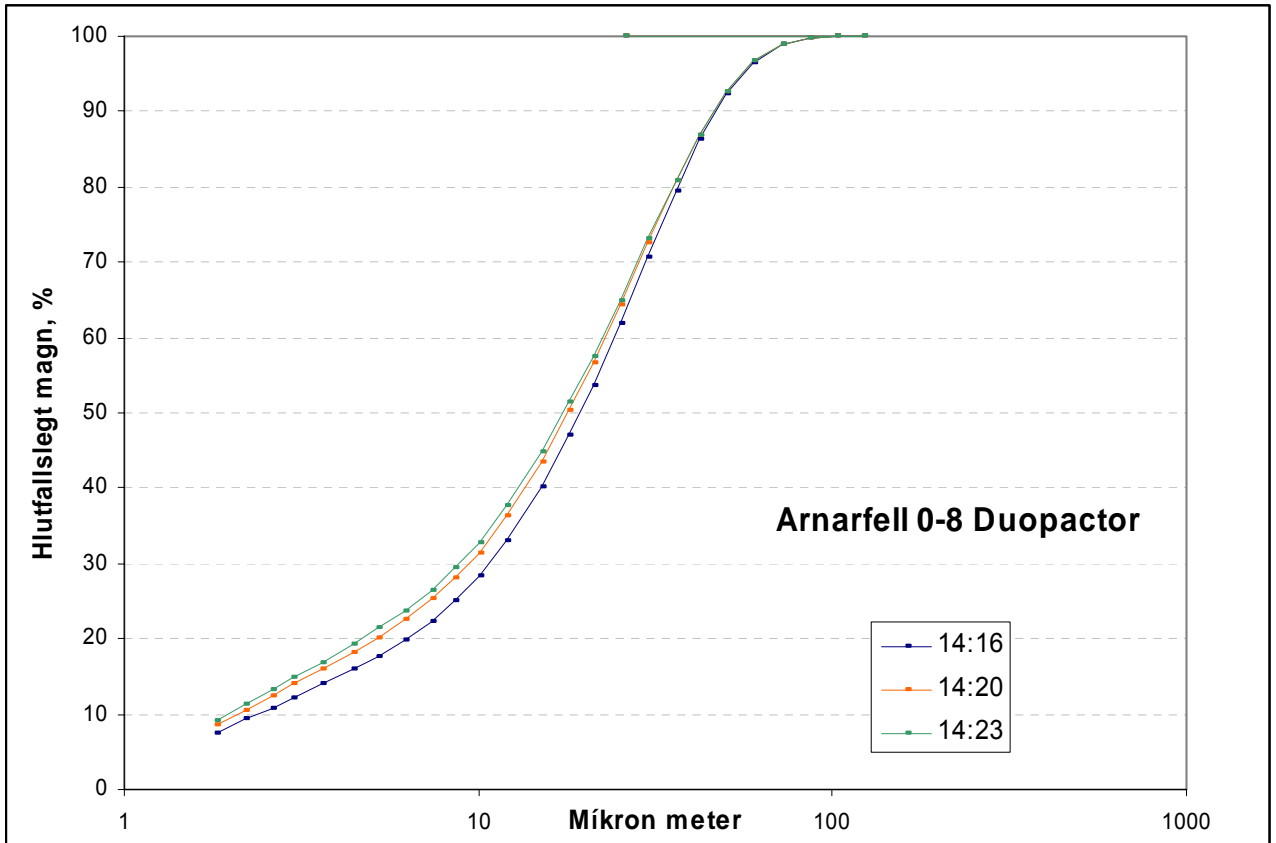
Mynd 5-1 Sýni A: Höfði Björgun mól 3 sýni 2 0-8, band 8.



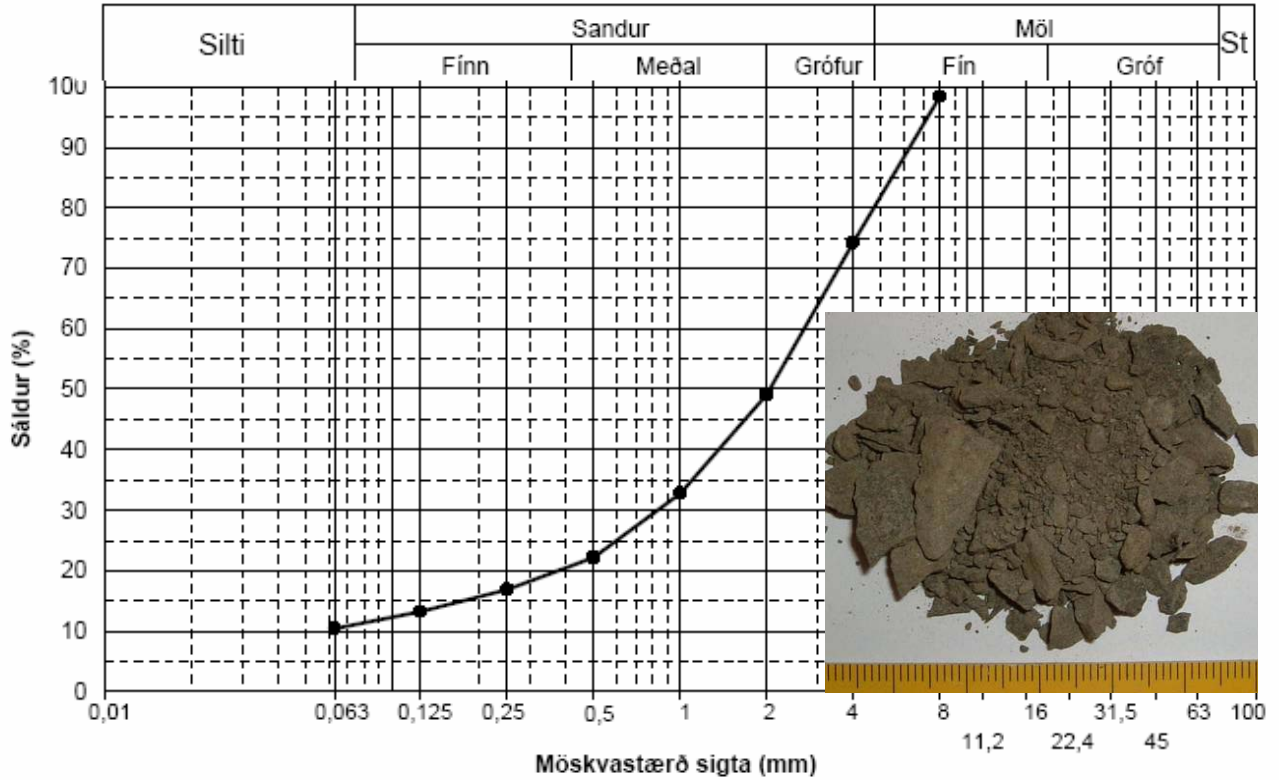
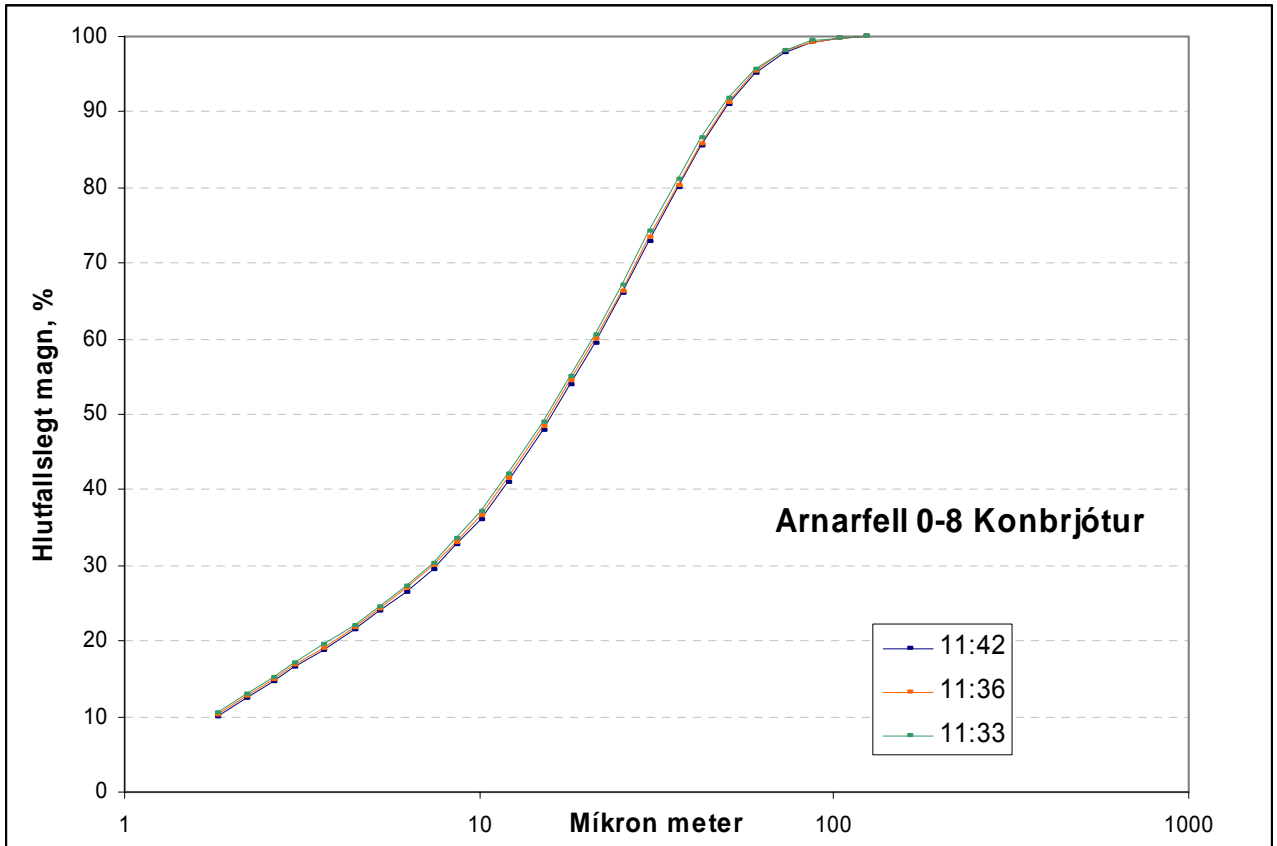
Mynd 5-2 Sýni B: Seljadalur sýni 3 0-8 band 8



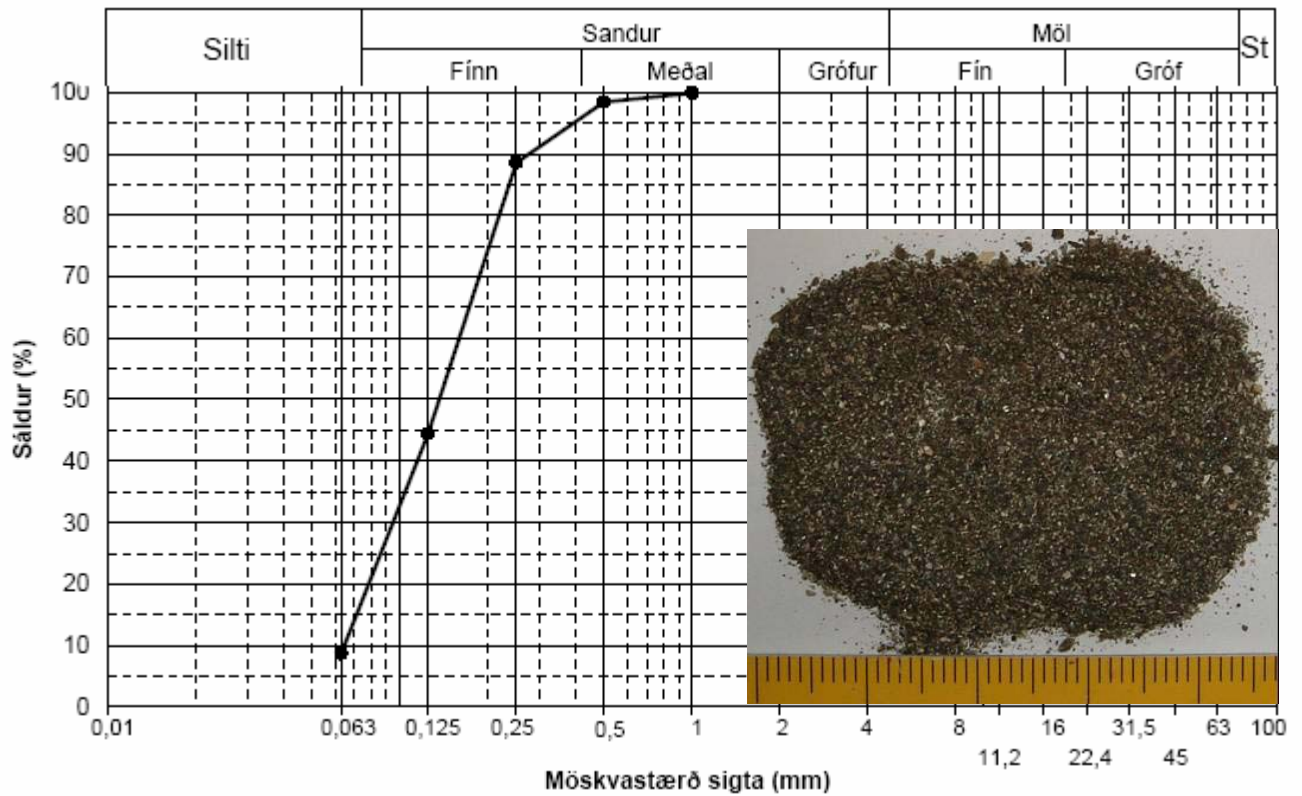
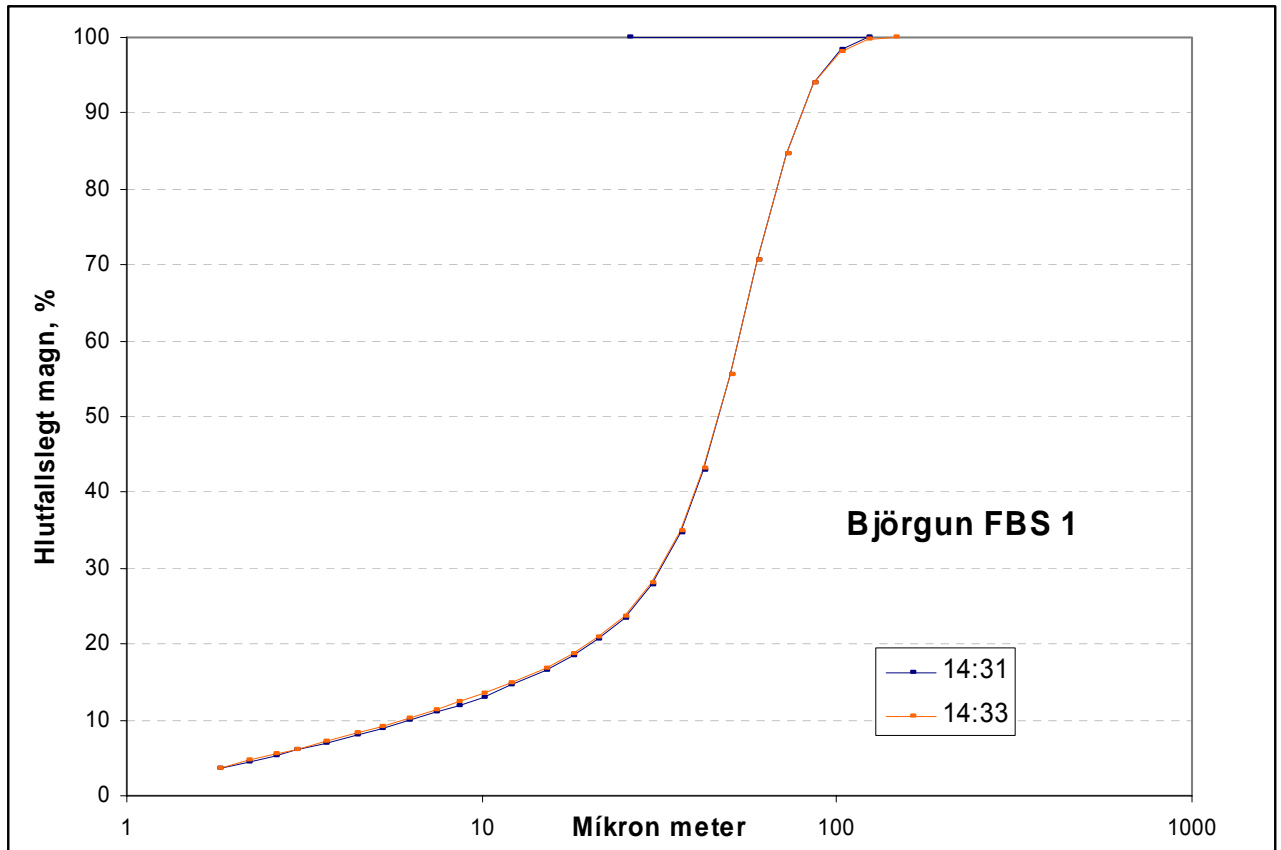
Mynd 5-3 Sýni C: Seljadalur sýni 1 0-4 band 8



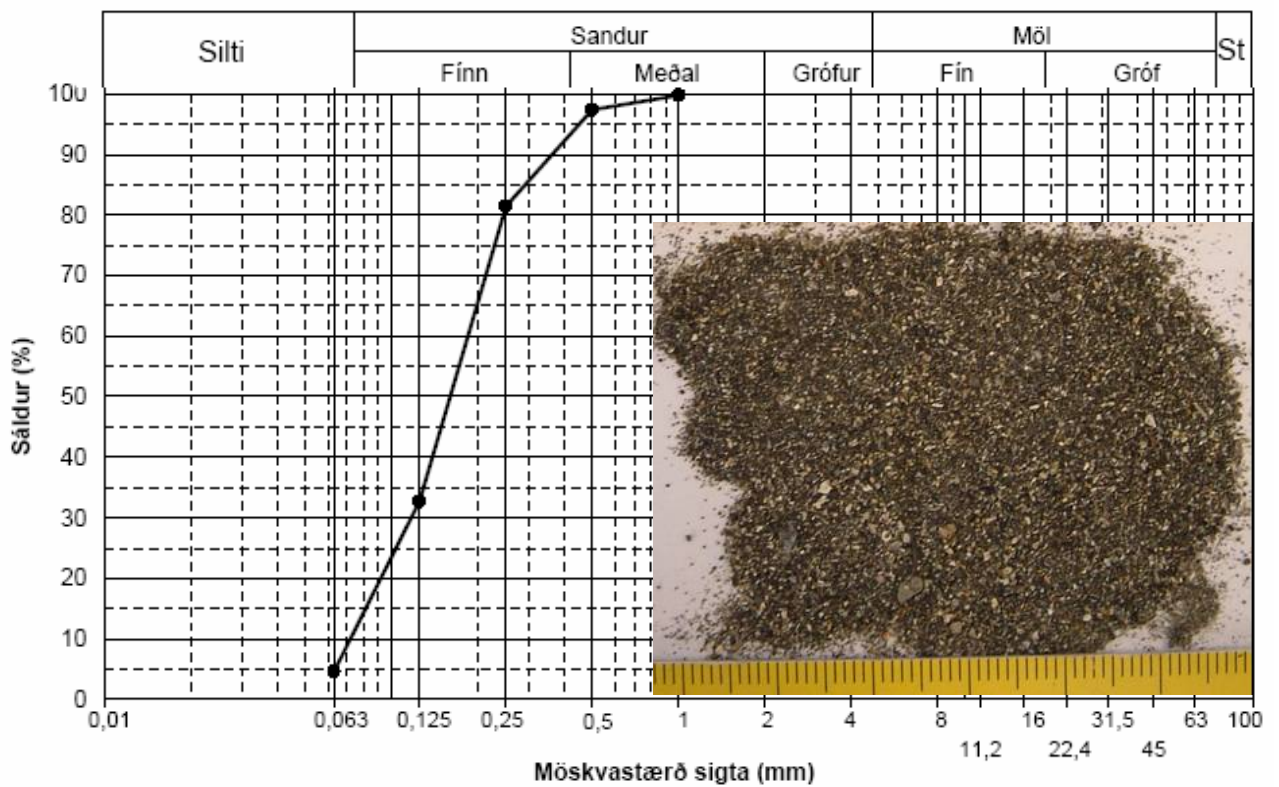
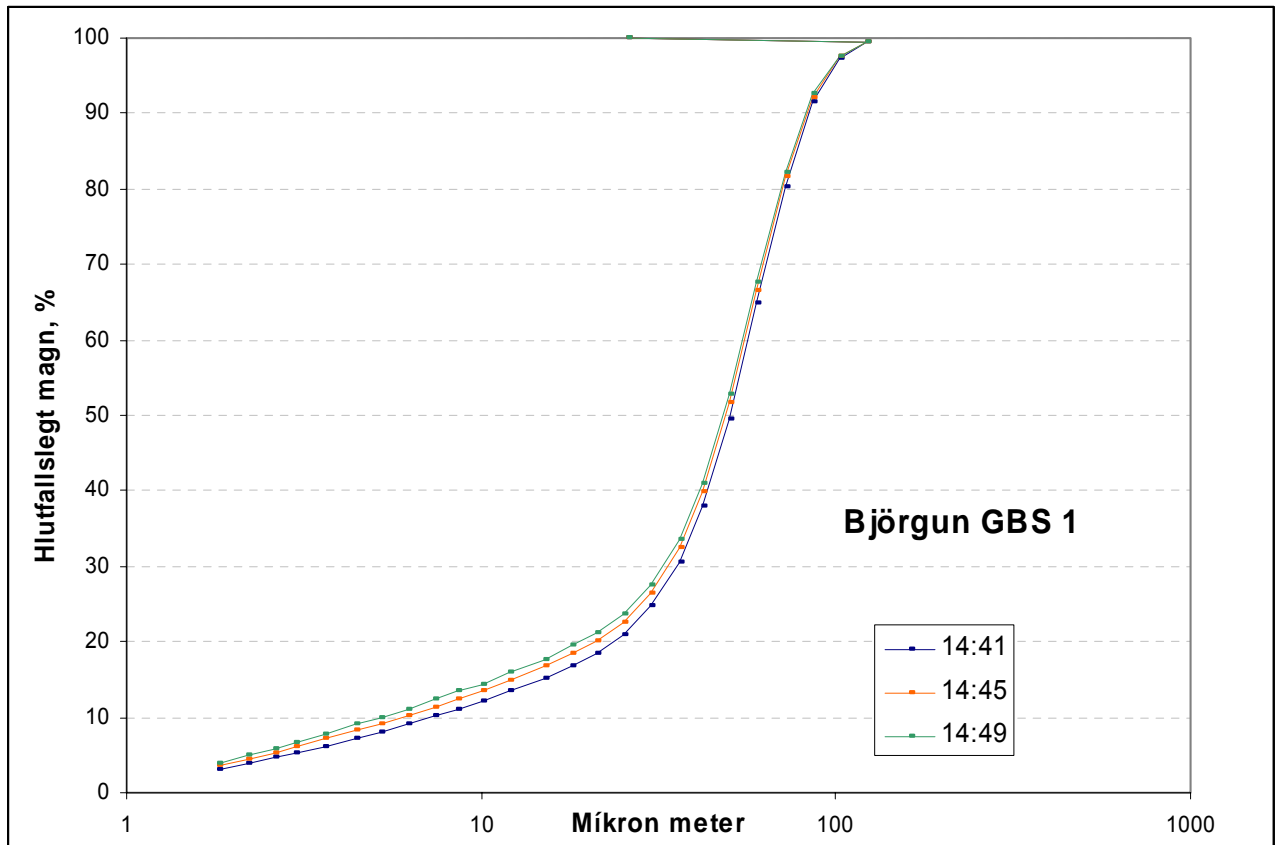
Mynd 5-4 Sýni D: Arnarfell 0-8 Dúopactor. Forbrotið með kjalkabryjót í 0-100 mm, síðan með kónbryjót í 0-8 mm salla (sýni E). Síðan brotið með dúopactor (hverfibrjótur) og harpað í 0-8 mm salla.



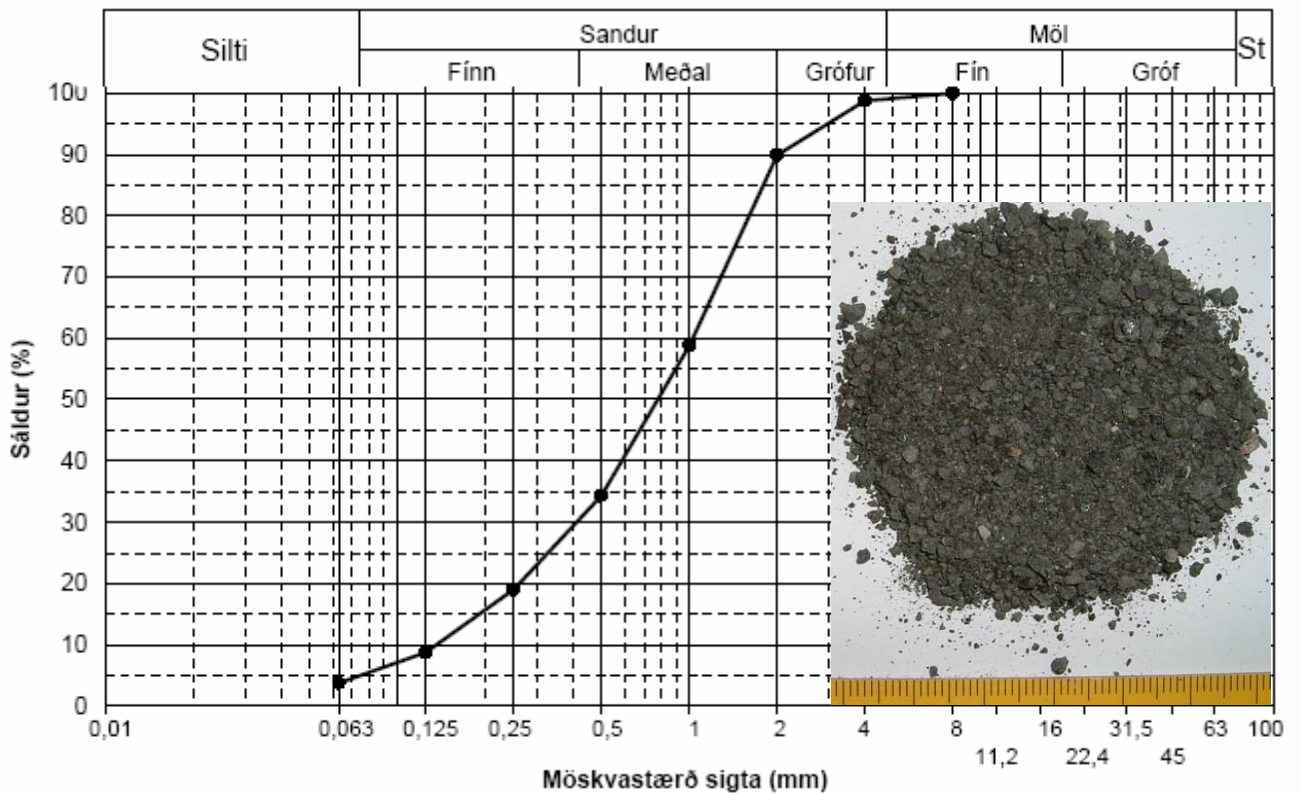
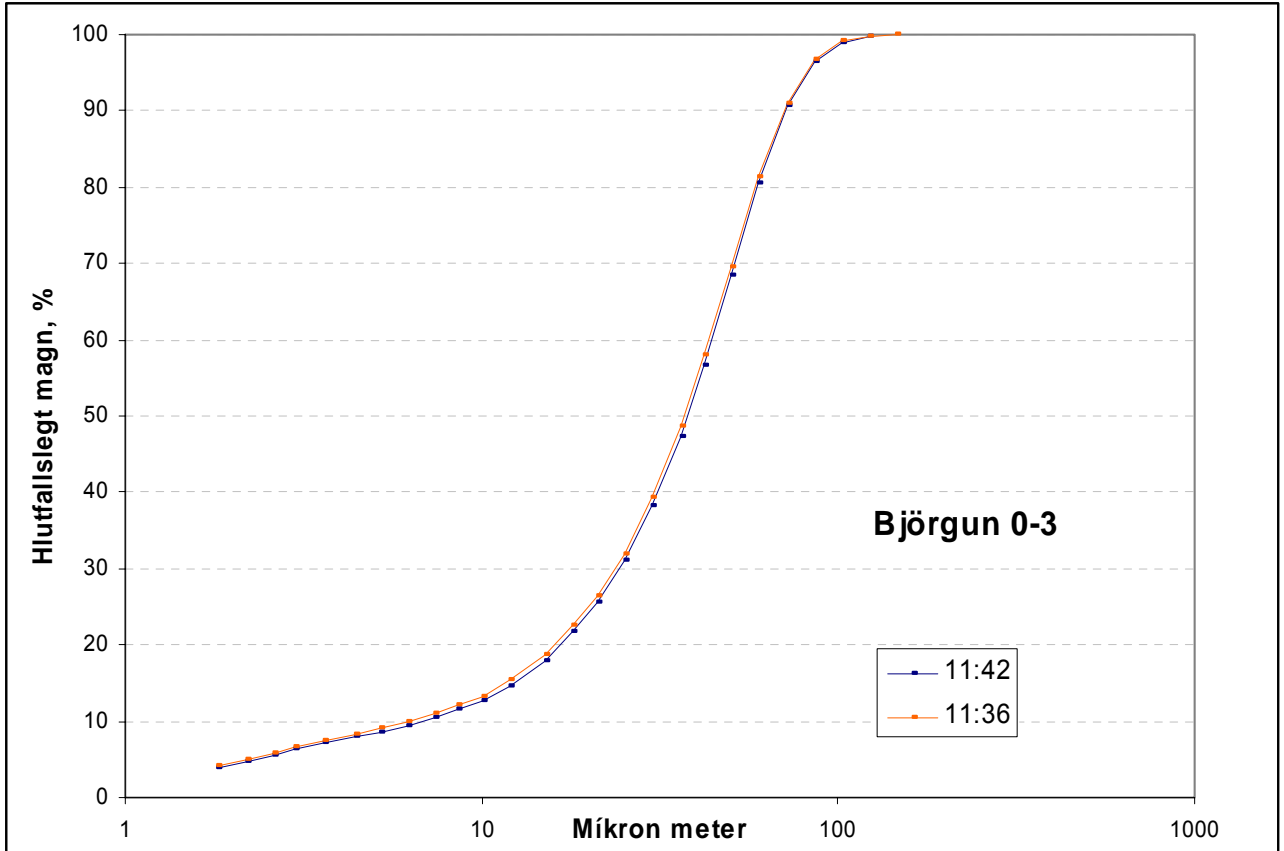
Mynd 5-5 Sýni E: Arnarfell 0-8 Kónbrjótur. Forbrotið með kjálkabryjót í 0-100 mm, síðan með kónbrjót í 0-8 mm salla.



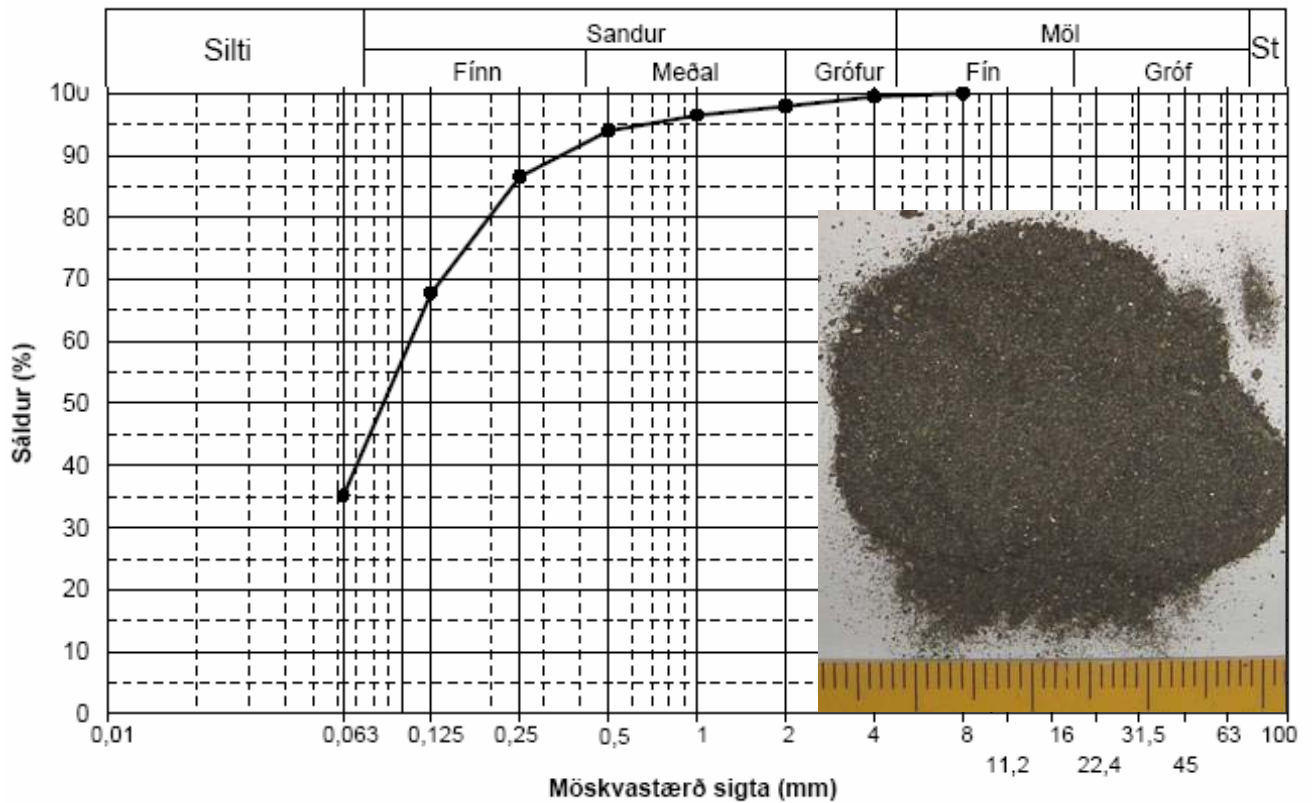
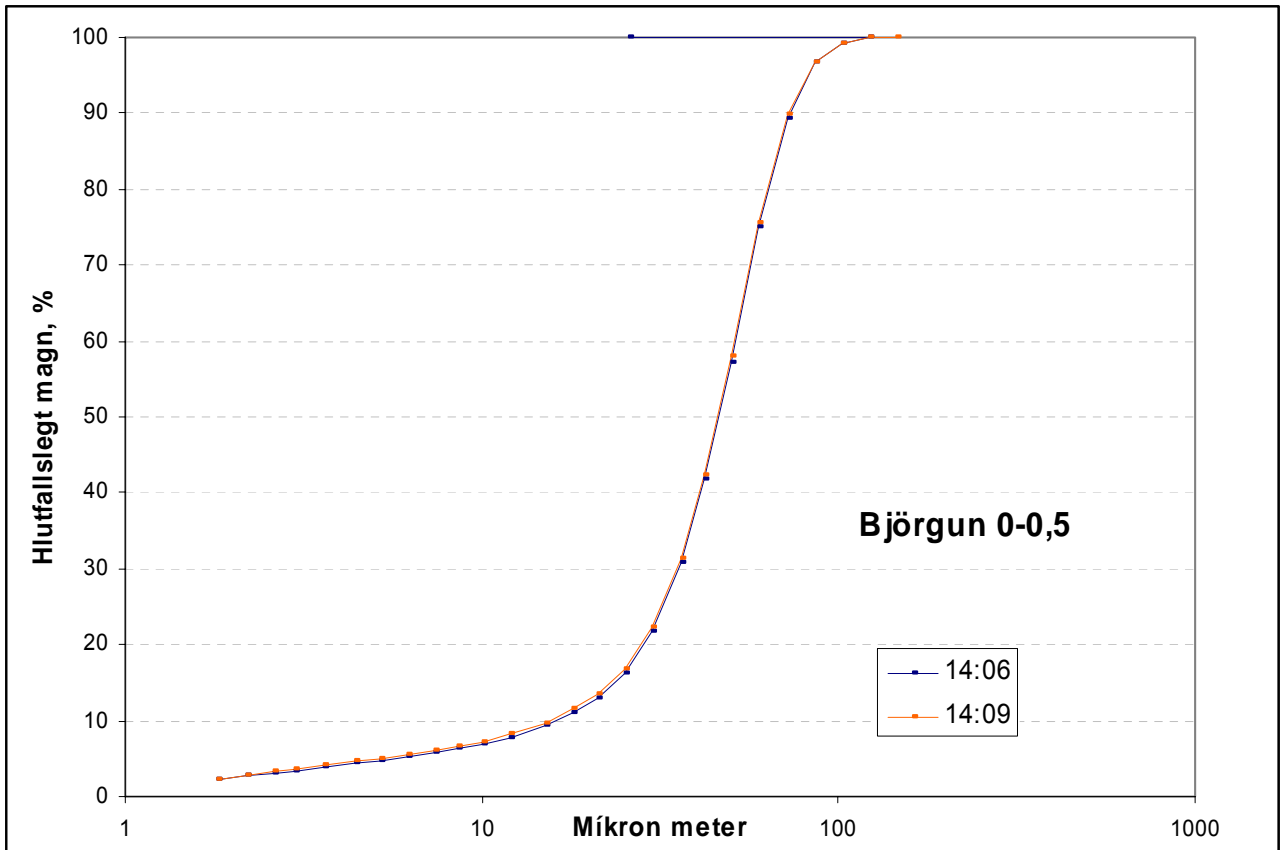
Mynd 5-6 Sýni F: Björgun FBS 1. Unnið í sandpottastöð með finum björgunarsandi (óbrotið efni).



Mynd 5-7 Sýni G: Björgun GBS 1. Unnið í sandþvottastöð með grófum björgunarsandi (óbrotið efni).



Mynd 5-8 Sýni H: Björgun 0-3 „Brotin fínefni“. Vélunninn sandur” harpaður á 3 mm neti og síðan þveginn í sandþvottastöðinni.



Mynd 5-9 Sýni I: Björgun 0-0,5 „Brotin fínefni“. Unnið úr 0-3 mm vélunna sandinum í sandþvottastöðinni.

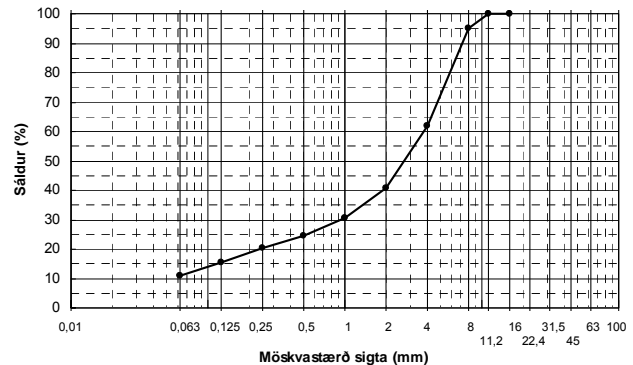
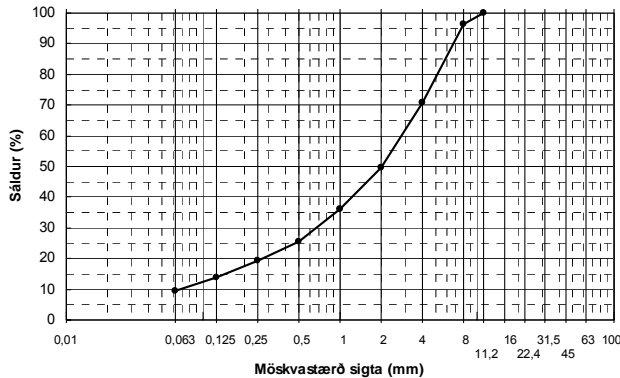
6 STEYPUBLÖNDUR MEÐ ÍSLENSKUM VÉLUNNUM SANDI

6.1 Hefðbundnar steypur

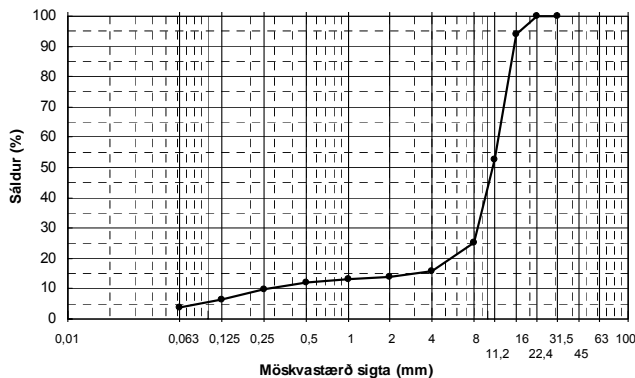
Ýmsir framleiðendur eru þegar byrjaðir að nota vélunninn sand í sínar uppskriftir. Sem dæmi má nefna framleiðandann Arnarfell sem hefur notað vélunninn sand frá árinu 2000. Þessi kafli er í stórum dráttum tekinn úr skýrslu Elínar Ritu Sveinbjörnsdóttur og Sóleyjar Óskar Sigurgeirsdóttur (2004)⁶. Sjá skýrslu á geisladiski.

6.1.1 Kornakúrfur fylliefna

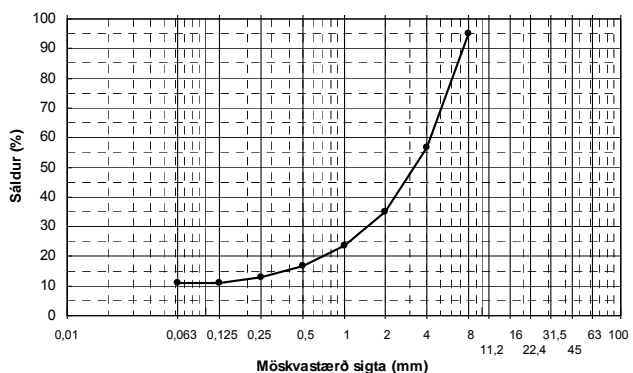
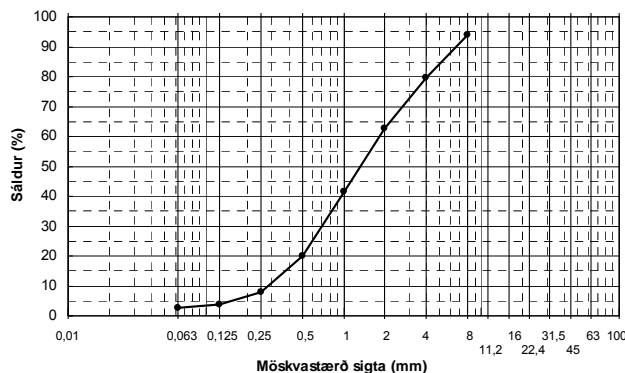
Á myndum 6-1 til 6-4 eru sýndar kornakúrfur af fylliefni sem unnið var með í þessu verkefni.



Mynd 6-1 Alexander Ólafsson náttúrulegur sandur 0-8 mm (t.v.) og vélunninn sandur, 0-8 mm.



Mynd 6-2 Alexander Ólafsson, mól 8-22mm.



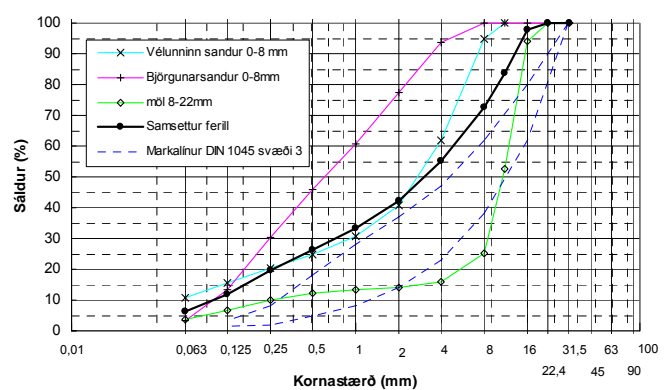
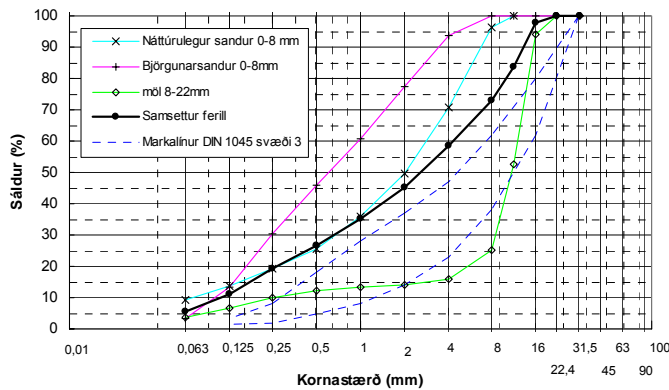
Mynd 6-3 Arnarfell, náttúrulegur sandur, 0-10 mm (t.v.) og vélunninn sandur, 0-8 mm.

Sýnin frá Alexander eru með mjög líkar kornakúrfur. Sérstaklega er það kúrfa náttúrulega sandsins sem er ekki „dægigerð“. Hún hefur ekki hina dægigerðu „kryppu“ og er með meira finefni en tíðkast. Skýringin gæti verið sú að náttúrulegi sandurinn er brotinn að hluta til.

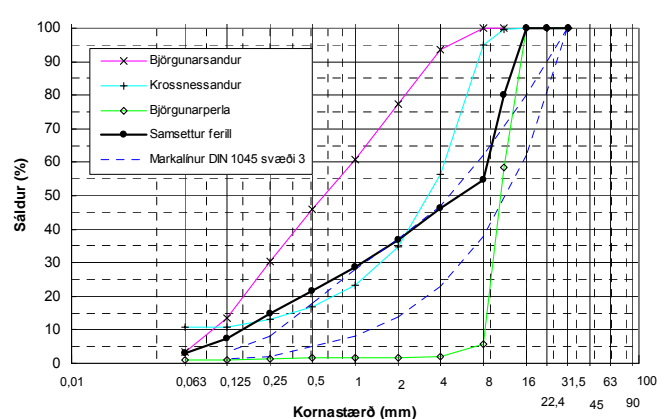
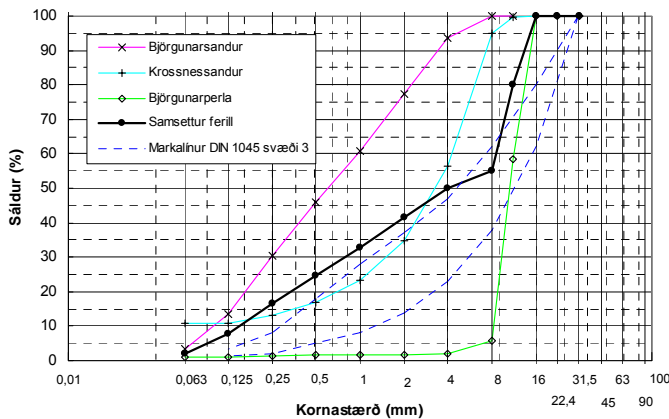
Sýnin frá Arnarfelli sýna hins vegar hinar „dægigerðu“ kornakúrfur vélunnins og náttúrulegs sands. Vélunni sandurinn hefur „hangandi“ og þetta kúrfa en aftur á móti hefur náttúrulegi sandurinn kúrfa með „kryppu“. Einnig hefur vélunni sandurinn töluvert meira finefni en sá náttúrulegi.

6.1.2 Samsettar kornakúrfur fylliefna

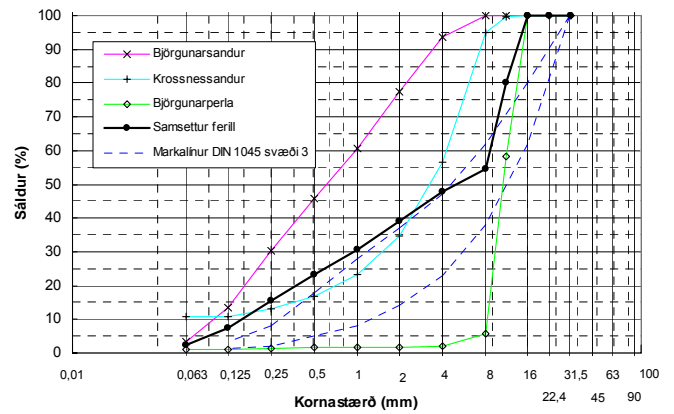
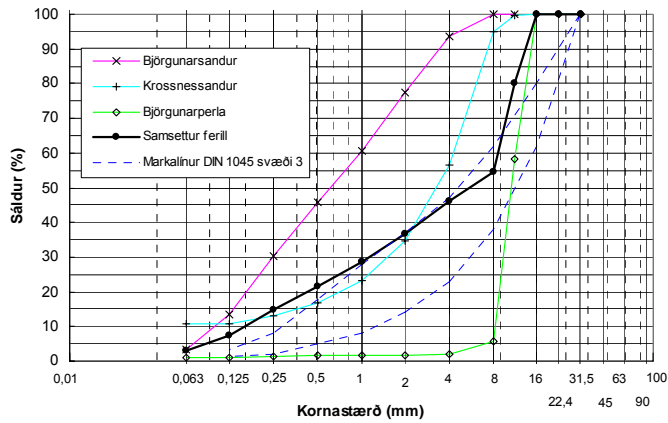
Þau fylliefni sem átti að setja saman í eina blöndu voru sett í samsettan feril, sjá myndir 6-4 til 6-7. Gæta þurfti þess að ferlarnir væru innan markalína staðalsins (DN 1045).



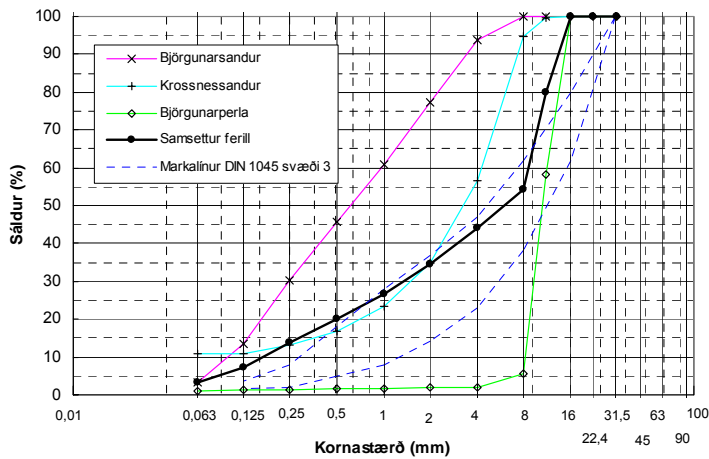
Mynd 6-4 Samsett kornakúrfa fyrir blöndu Alex 2-1 (t.v.) og samsett kornakúrfa fyrir blöndu Alex 2-2.



Mynd 6-5 Samsett kornakúrfa fyrir blöndu Arnarfell 1-1 (t.v.) og samsett kornakúrfa fyrir blöndu Arnarfell 1-2.



Mynd 6-6 Samsett kornakúrfa fyrir blöndu Arnarfell 2-2 (t.v.) og samsett kornakúrfa fyrir blöndu Arnarfell 1-3.



Mynd 6-7 Samsett kornakúrfa fyrir blöndu Arnarfell 1-4.

6.1.3 Steypublöndur

6.1.3.1 Alexander Ólafsson

Tvær blöndur voru gerðar með fylliefnum frá Alexander Ólafssyni, sjá töflu 6-1. Önnur blanda innihélt 100% náttúrulegan sand og hin 100% vélunninn sand. Ástæða þess að efnunum var ekki blandað saman var sú að lítill munur var á kornakúrfum þessara efna þ.s. náttúrulegi sandurinn frá Alexander er að hluta til brotinn, sjá mynd 6-1. Vélunni sandurinn er brotinn á annan hátt og því verður kornalögun og hrjúfleiki hans annar.

Tafla 6-1 Blönduhlutföll steypu með efnunum frá Alexander Ólafssyni. Ath. efnisskammtar í grömmum.

Efnasamsetning		Alex 2-1	Alex 2-2
Sement (Aalborg)	(gr)	18.931	18.931
Vatn	(gr)	8.821	8.821
Vsk.NáttSandur 0/8	(gr)	31.934	0
Vsk.Vélusandur 0/8	(gr)	0	31.934
Vsk.Möl 8/22	(gr)	29.656	29.656
BjSandurFinnBag	(gr)	24.795	24.795
Þjálniefni (Mape Plast)	(gr)	132,5	132,5

Tafla 6-2 Eiginleikar ferskar steypu með efnunum frá Alexander Ólafssyni.

Rannsókn		Alex 2-1	Alex 2-2
Sigmál	(cm)	14,0	20,0
Flæði	(cm)	26,5	29,0
Loft	(%)	4,7	5,6
Rúmpyngd	(kg/m ³)	1.953	1.918
Steypuhiti	(°C)	22,7	22,6
Raki í steypu	(l/m ³)	229	225
Blæði eftir 90 mín	(ml/m ³)	6,4	5,0

Aðalmunurinn á þessum tveimur steypublöndum er á sigmálinu og flæðinu. Greinilegt er að steypublandan með vélunna sandinum (Alex 2-2) er þjalli eins og sjá má á sigmálinu og munar alls 6 cm, eða um 30%. Einnig er blæðið hjá blöndunni með vélunna sandinum minna en hjá þeirri með náttúrulega. Skýringin er sú að vélunni sandurinn dregur meira vatn til sín og minna laust vatn verður í steypunni.

6.1.3.2 Arnarfell

Steypar voru fimm blöndur með efni frá Arnarfelli. Fyrsta blandan (Arnar 1-1) var steypd með náttúrulegum sandi. Í næstu fjórum blöndum var náttúrulega sandinum skipt út fyrir vélunninn sand, s.k. Krossanessand. Í öllum blöndunum var sementsmagnið það sama. Blönduhlutföllin eru gefin upp í töflu 6-3.

Tafla 6-3 Blönduhlutföll í steypu með Arnarfellsefni. Ath. efnisskammtar í grömmum.

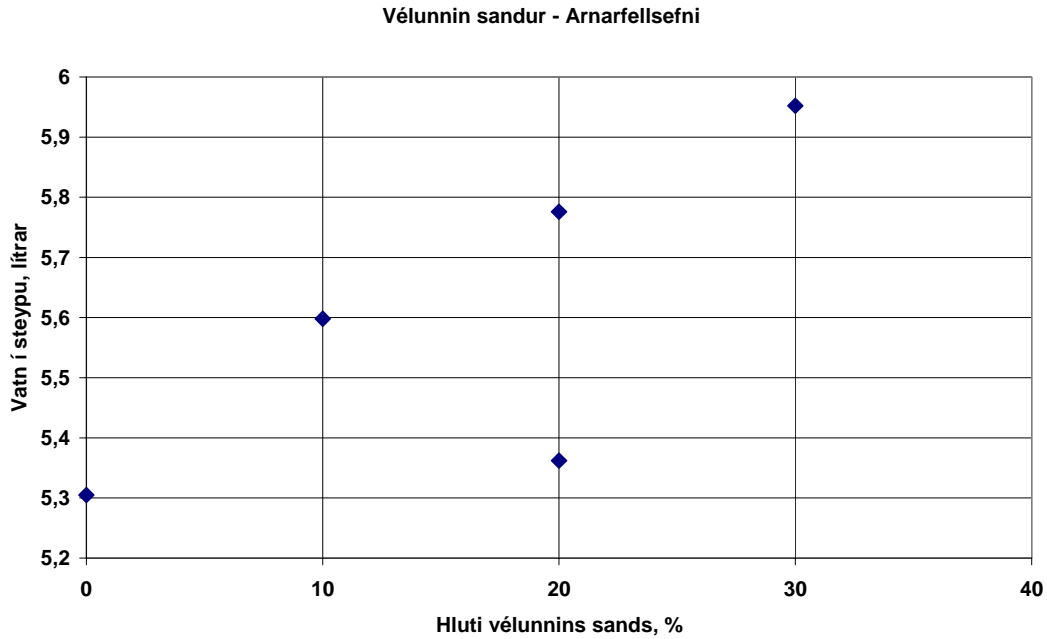
Efnasamsetning	Arnar 1-1		Arnar 1-2		Arnar 2-2		Arnar 1-3		Arnar 1-4	
Sement (Aalborg Rapid) (gr)	16.600		16.600		16.600		16.600		16.600	
Vatn (gr)	5.305		5.362		5.776		5.598		5.952	
Bjarg.Sandur 0/8mm (gr)	52613	100%	42518	80%	42103	80%	47693	90%	37081	70%
Kross.Sandur 0/8mm (gr)	0	0%	10532	20%	10532	20%	5302	10%	15901	30%
Björgun.Perla (gr)	47.616		48.099		48.099		48.432		48.413	
Þjálnefni (Mape Plast) (gr)	83		84,7		84,7		84,7		84,7	

Þegar náttúrulegum sandi er skipt út fyrir vélunninn sand eykst vatnspörfin í steypunni verulega, eins og sjá má í töflu 6-4. Vatnspörf hveirrar blöndu var metin út frá sigmáli og flæði. Miðað var við að sigmál væri um 12 cm og flæði um og yfir 23 cm.

Tafla 6-4 Eiginleikar ferskar steypu með Arnarfellsefni

Rannsókn	Arnar 1-1	Arnar 1-2	Arnar 2-2	Arnar 1-3	Arnar 1-4
Hlutfall vélunnins sands	0%	20%	20%	10%	30%
Sigmál (cm)	12,5	5,0	12,0	14,0	13,5
Flæði (cm)	23,0	20,5	32,0	26,0	24,5
Loft (%)	2,6	2,3	2,6	3,1	2,8
Rúmpyngd (kg/m ³)	2.488	2.524	2.504	2.471	2.474
Steypuhiti (°C)	23,6	22,7	20,8	21,3	21,6
Raki í steypu (l/m ³)	226	225	212	247	231
Blæði eftir 90 mín (ml/m ³)	2,7	0,0	1,2	0,3	0,1

Aukin vatnspörf með auknu magni vélunnins sands kemur einnig skýrt fram á mynd 6-8. Þegar náttúrulegum sandi er skipt út fyrir vélunninn sand eykst vatnspörf steypunnar verulega.



Mynd 6-8 Vatnspörf í steypu þegar náttúrulegum sandi er skipt úr fyrir vélunninn sand.

Í steypublöndu 1-2 var áætlað of lítið vatn eins og sést best á sigmálinu og því er sú blanda ekki marktæk miðað við hinar.

Út frá niðurstöðum í töflu 6-4 ásamt sjónmati á steypunum má álíta að blanda með 20% vélunnum sandi (Arnar 2-2) sé með mikla samloðun og muni renna best. Um leið og hlutfallið fer upp í 30% af vélunnum sandi (Arnar 1-4) var samloðunin verri og steypan hálfpartinn „molnaði“. Einnig kom blandan með 10% vélunnum sandi (Arnar 1-3) ágætlega út en hún rann ekki eins vel og 2-2.

Því má segja að 15–20% vélunninn sandur komi best út í þessari uppskrift.

6.2 Sjálfútleggjandi steypa með vélunnum sandi

6.2.1 Almennt um blöndur

Þurrefni (fylliefni, sement og kísilryk) var sett út í hrærivél. Þegar öll efnin voru komin í hrærivél var byrjað að skrá tímann. Þurrhrært í 2 mínútur. Þetta var gert til þess að brjóta niður kísilrykskekki. Þá var vatni bætt út í, miðað var við að blandan yrði með 0 til 50 mm sigmál þegar allt vatnið væri komið út í. Reynt var að bæta vatninu út í blönduna á um 3 mínútum. Þá var blandan látin standa í 1 mínútu. Því næst var flotinu hellt út í blönduna. Stefnt var að því að heildarhrærslutíminn væri ekki meiri en 9 mínútur. Ef loftblendi var notað var því bætt út í með vatninu í upphafi.

6.2.2 Arnarfellsefni

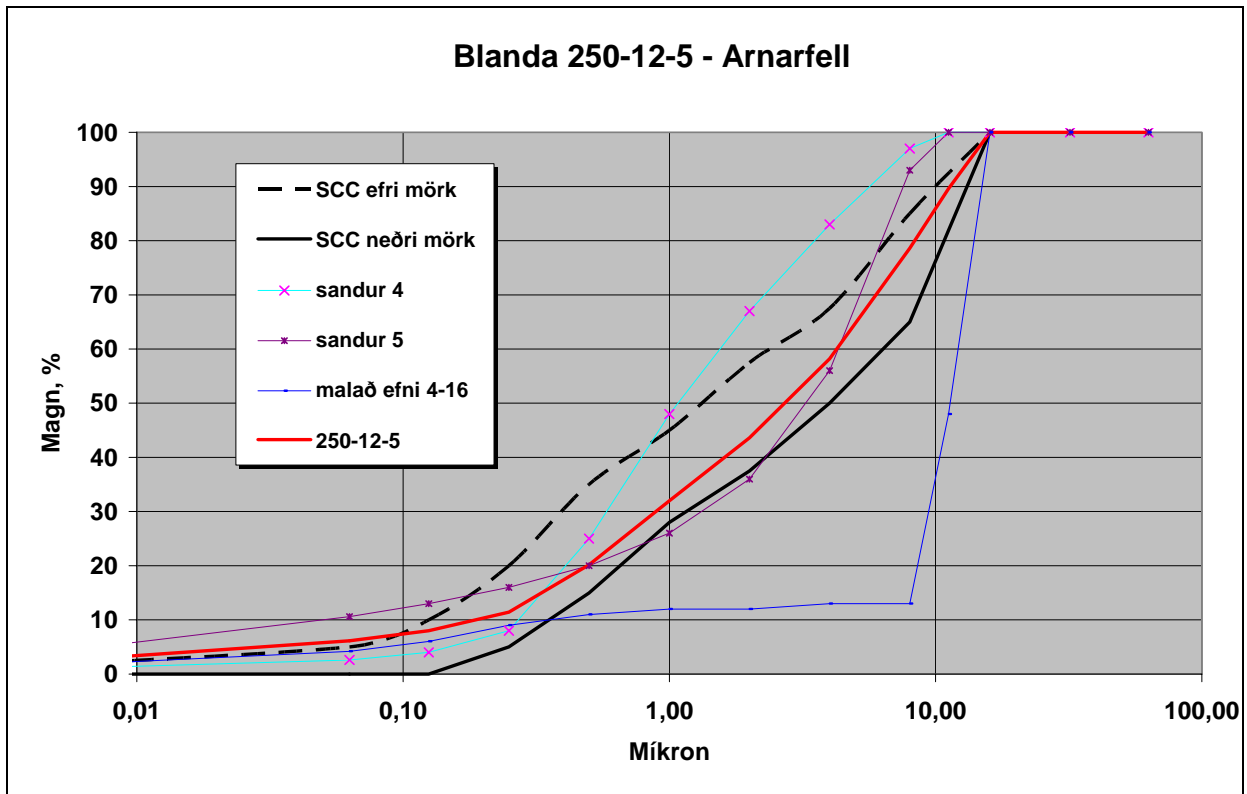
Blönduhlutföll eru gefin upp í töflu 6-5. Kornakúrfur eru sýndar á myndum 6-9 og 6-10. Í þessum blöndum var notað sérvirkt flotefni og loftblendiefni frá Rescon Mape.

Tafla 6-5 Blönduhlutföll SCC með Arnarfellsefni

	Efni	250-12-5	250-12-6
Sement, kg/m ³	Aalborg Portland	303	306
Kísilryk, kg/m ³	Járnblandið	16	34
Vatn, kg/m ³		179	221
V/b-hlutfall		0,56	0,65
Fínsandur, kg/m ³	Vélunninn sandur 0-5 mm, nr. 5	746	464
Sandur, kg/m ³	Arnarfell náttúrulegur sandur, nr. 4	745	1046
Möl, kg/m ³	Krossanes – sigtað á 16 cm	390	394
RN-30, kg/m ³	Rescon Mapei	8,6	6,7
Mape Air, kg/m ³	Rescon Mapei	0,27	0,184
Rúmpyngd, kg/m ³		1821,6	2039,5
Loft, %		11,3	6,4
Sigmál – 15 mín, mm		ekki mælt	ekki mælt
Flæði – 15, mín, S ₅₀ , sek		ekki mælt	ekki mælt
Flæði – 15, mín, S _{max} , mm		680	460
Sýni tekin í frekari rannsókn		já	já

Blanda 250-12-5

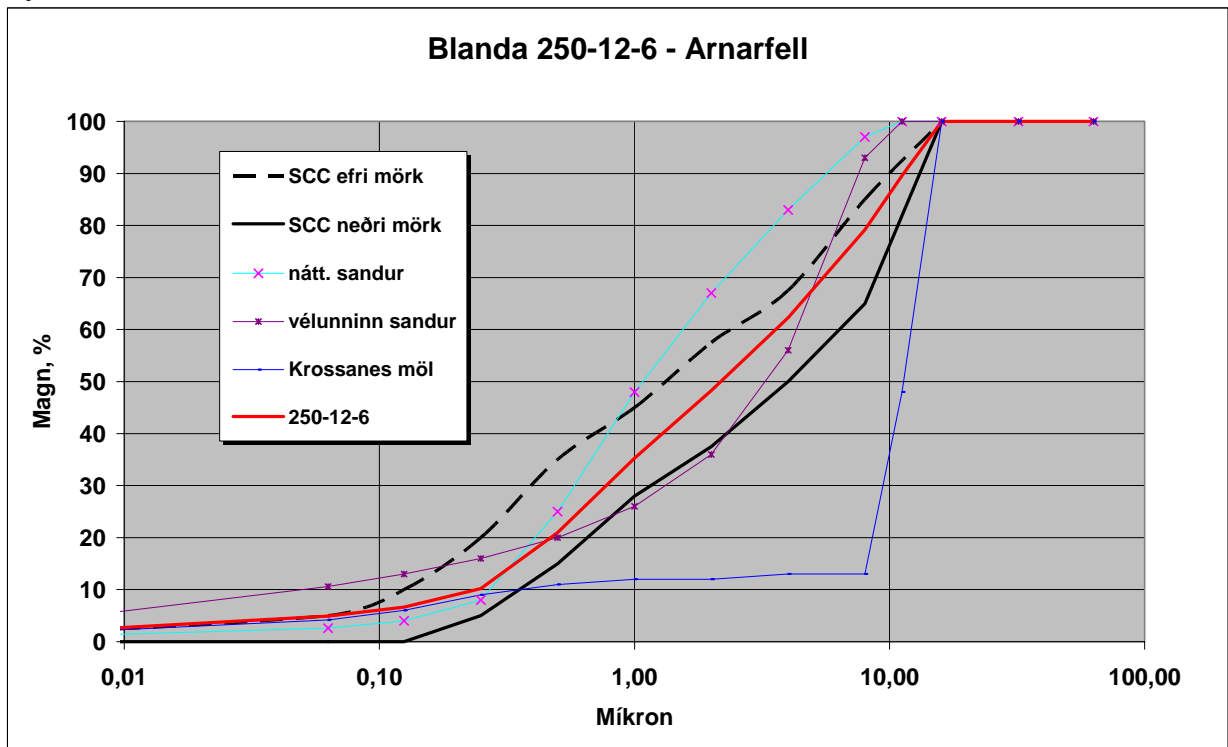
Efnið er nokkuð rakadrægt og því þurfti tiltölulega mikið vatn í steypuna til að ná blöndunni í sigmál 0 til 50 mm. Jafnframt þurfti tiltölulega mikið af sérvirku floti í steypuna eða um 8,6 kg per rúmmeter. Í þessari blöndu er þetta um 2,7% af sementsþyngd, en framleiðandi flotsins gefur upp að hæfilegur skammtur sé um 0,6% miðað við sementsþyngd. Ástæða fyrir því hve mikið flot þurfti í steypuna er hve mikið af vélunnum sandi er í blöndunni. Eins og sjá má á mynd 6-9 er tiltölulega mikið af fínu efni í blöndunni og í raun og veru er meira af fínefni en leiðbeinandi mörk um kornakúrfu fyrir sjálfútleggjandi steinsteypu gerir ráð fyrir. Reynt var að draga úr árhifum fínefnis með því að hafa magn bindiefnis í lágmarki. Þrátt fyrir að bæði vatnið og flotið sé tiltölulega mikið virtist enginn aðskilnaður eiga sér stað í blöndunni. Flæði eiginleikar blöndunnar voru mjög góðir. Flæðið var mælt aftur eftir 30 mínútur frá fyrri mælingu, en þá var blandan orðin 45 mínútna gömul, flæðið reyndist vera um 370 mm. Fyrir mistök varð loftmagnið allt of mikið í sýnunum.



Mynd 6-9. Kornakúrfa fylliefnis í blöndu 250-12-5. SCC mörkin eru frá Indriða Níelssyni, 2004¹⁷.

Blanda 250-12-6

Í þessari blöndu var hluti náttúrulegs sands (nr. 4) aukinn verulega á kostnað vélunnins sands, malarhlutinn var óbreyttur frá blöndu 250-12-5. Fyrir vikið minnkaði magn fínefnis nokkuð, sjá mynd 6-10.



Mynd 6-10. Kornakúrfa fylliefnis í blöndu 250-12-6. SCC mörkin eru frá Indriða Níelssyni, 2004¹⁷.

Þrátt fyrir að magn finefnis hafi verið minnkað verulega og magn kísilryks verið aukið um helming, þá hefur það ekki mikil áhrif á vatnspörfina. V/b-hlutfallið varð allt of hátt eða um 0,65. Á móti kemur að flotmagnið er nokkuð minna en í blöndu 250-12-5. Hins vegar er flæðið ekki nóg til þess að kalla steypuna sjálfútleggjandi

Umræða

Hugmyndin með því að hafa tiltölulega mikið magn af finefni, þ.e. vélunnum sandi í þessum tveimur blöndum og tiltölulega lítið magn af sementi, var sú að finasti hluti sandsins kæmi að hluta til í staðinn fyrir sement eða kísilryk og þannig væri hægt að nýta finefnið í að ná rúmmálshluta sementsefjunnar upp í um 33 til 34%.

Úrbætur á þessum tveimur blöndum eru að minnka hluta vélunna sandsins verulega og auka magn bindiefnis í a.m.k. 350 kg/m^3 . Hugsanlega þarf einnig að skoða áhrif af öðrum tegundum af sérvirku floti. Miðað við þessar tvær blöndur er ljóst að vélunni sandurinn eykur vatnspörfina verulega í þessum steypum. Einnig er mögulegt að vélunni sandurinn sé of finn. Talið er óæskilegt þegar tiltölulega stór hluti sandsins er smærri en eitt μm .

6.2.3 Björgunarefni

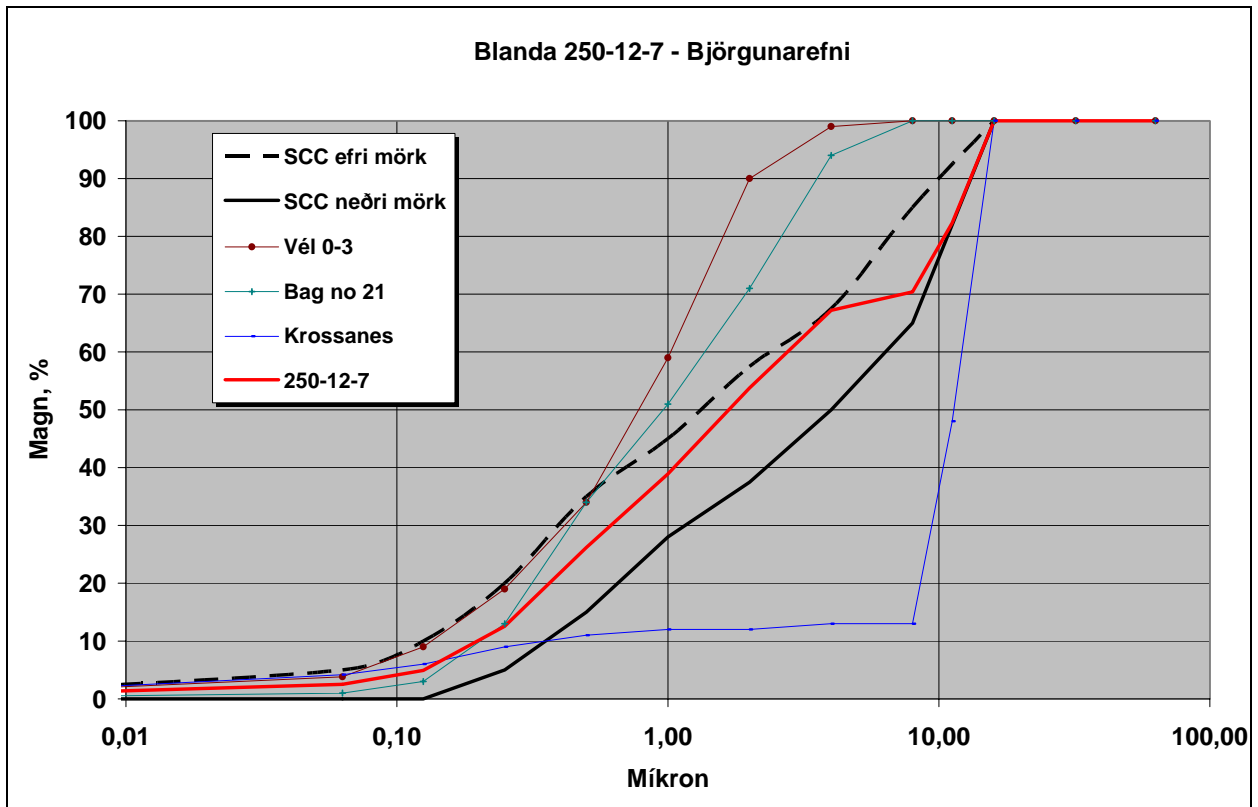
Mölin er frá Arnarfelli, en sandurinn er frá Björgun. Sandurinn var tvenns konar, annars vegar var um vélunninn sand að ræða og hins vegar um náttúrulegan sand. Bæði þessi efni höfðu staðið í stórsekkjum inni á lager í alllangan tíma og þau voru orðin tiltölulega þurr. Blönduhlutföll eru gefin upp í töflu 6-6. Kornakúrfur eru sýndar á myndum 6-11 og 6-12. Í þessum blöndum var notað sérvirkt flot frá Master Builders og loft frá Rescon Mapei.

Tafla 6-6. Blönduhlutföll SCC með Björgunarefni.

	efni	250-12-7	250-12-8
Sement, kg/m^3	Aalborg hrað	369	367
Kísilryk, kg/m^3	Járnblendi	27	28
Vatn, kg/m^3		206	194
V/b-hlutfall		0,52	0,49
Fínsandur, kg/m^3	Björgun vélunnin, 0-3 mm	272	90
Sandur, kg/m^3	Björgun, bag 21	981	1071
Möl, kg/m^3	Krossanes – sigtað á 16 cm	667	761
Glenium 51, kg/m^3	Master Builders	3,47	3,66
Mape Air, kg/m^3	Rescon Mapei	ekki notað	0,195
Rúmpyngd, kg/m^3		ekki mælt	2061,3
Loft, %		ekki mælt	5,5
Sigmál – 15 mín, mm		255	260
Flæði – 15, mín, S_{50} , sek		6	7,25
Flæði – 15, mín, S_{max} , mm		600	650
Sýni tekin í frekari rannsókn		nei	já

Blanda 250-12-7

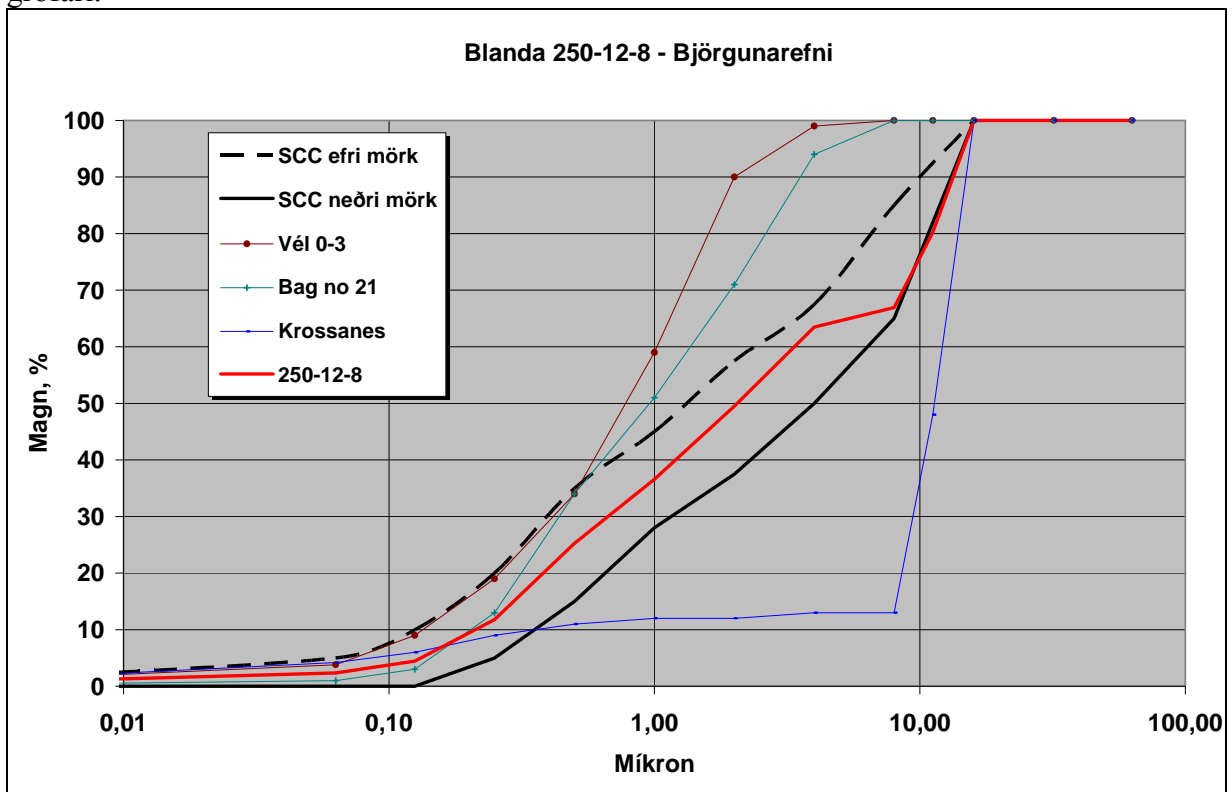
Eftir hrærslu leit blandan vel út, enginn aðskilnaður var í henni. Flæðið mætti vera aðeins meira.



Mynd 6-11. Kornakúrfa fylliefnis í blöndu 250-12-6. SCC mörkin eru frá Indriða Níelssyni, 2004¹⁷.

Blanda 250-12-8

Í þessari blöndu var magn finefnis minnkað frá blöndu 250-12-7, blandan var einnig gerð aðeins grófari.



Mynd 6-12. Kornakúrfa fylliefnis í blöndu 250-12-6. SCC mörkin eru frá Indriða Níelssyni, 2004¹⁷.

Umræða

Það er ljóst að fínefnið hefur nokkur áhrif á þessar tvær blöndur. Þegar fínefnið er minnkað (blanda 250-12-8) er hægt að nota aðeins minna af vatni. Þegar allt flotið er komið út í blöndu 250-12-8 mælist flæðið um 650 mm, þá var sérvirka flotið orðið um 0,93% af sementsþunganum. Vanalega er miðað við að sérvirk flot séu undir 1% af sementsþunga í SCC steypu. Miðað við að um frekar einfalda rannsókn er að ræða verður að segja að nokkuð vel hafi tekist til með þessar tvær blöndur. Augljóslega þyrfti að laga kornakúrfuna nokkuð ef til stæði að nota þessar blöndur meira, þ.e.a.s. grófasta hluta kornakúrfunnar þyrfti að laga aðeins til.

7 SAMANTEKT

7.1 Eiginleikar vélunnins sands

Mælingar á mettvatni mælt með „nýju“ og „gömlu“ aðferðinni benda til að lægra gildi fyrir mettvatn mælist með nýju aðferðinni en þeirri gömlu. Tiltölulega fá sýni voru prófuð og niðurstöður eru því takmarkaðar. Munurinn er hins vegar ekki jafn afdráttarlaus og fannst í Noregi. Nauðsynlegt er að skoða þetta nánar fyrir mismunandi íslensk steinefni. Einnig sýndu niðurstöður að framleiðsluaðferð hefur áhrif á mælt gildi fyrir mettvatn fylliefnis. Skýringuna er væntanlega að hluta til að finna í prófunaraðferðinni sjálfri.

Mælingar á kornastærðardreifingu á finefni sýna að flest sýnin er með dæmigerðar kornakúrfur fyrir vélunninn sand, þ.e.a.s. hangandi eða þétta kúrfu með háu finefnisinnihald. Þvotturinn í sandþvottastöðinni á efnunum frá Björgun hefur greinilega þau áhrif að magn finefnis, <10 µm, lækkar. Þetta á við bæði efnin sem eru unnin úr náttúrulegum sandi og eins vélunninn sand.

7.2 Vélunninn sandur í hefðbundinni steinsteypu

Tvær blöndur voru gerðar með fylliefnum frá Alexander Ólafssyni ehf. Önnur blandan innihélt 100% náttúrulegan sand og hin 100% vélunninn sand. Lítil munur var á kornakúrfum þessara efna vegna þess að náttúrulegi sandurinn frá Alexander er að hluta til brotinn. Vélunni sandurinn er brotinn á annan hátt og því verður kornalögun og hrjúfleiki hans annar. Munurinn var aðallega sá að blandan með vélunna sandinum rann meira en sú með náttúrulega sandinum. Einnig dró hún meira vatn til sín og var því með minna laust vatn.

Fimm blöndur voru prófaðar með fylliefnum frá Arnarfelli þar sem hlutfall vélunnins sands í blöndunum var misjafn. Út frá niðurstöðunum teljum við að blanda með 20% sandi sé með mikla samloðun og muni renna best. Um leið og hlutfallið fór upp í 30% sást munur á steypublöndunum. Samloðun var verri og steypan hálfpartinn „molnaði“ í sundur.

Ekki er talið að hlutfall vélunna sandsins skipti öllu máli. Mestu máli skiptir hvernig sandurinn er brotinn, lögun og hrjúfleiki kornanna og hlutfall finefnis.

7.3 Vélunninn sandur í sjálfútleggjandi steinsteypu

Samanburður á vélunnum sandi annars vegar frá Arnarfelli og hins vegar frá Björgun leiðir í ljós að um tvö mismunandi efni er að ræða, sem ekki eru jafnheppileg í notkun í sjálfútleggjandi steinsteypu. Mun meira er af finefni í Arnarfellssandinum en Björgunarefninu. Miðað við þær blönduuppskriftir sem voru prófaðar í þessari rannsókn er Arnarfellssandurinn of vatnsdrægur til þess að vera nothæfur í sjálfútleggjandi steypu. Þess ber þó að geta að steypublöndurnar með Arnarfellsefni voru með tiltölulega lágt magn af bindiefni og tiltölulega mikið magn af finsandi, en blöndurnar með Björgunarefni voru með mun minna magni af finsandi og nokkuð meira af bindiefni. Þrátt fyrir þennan mun er ljóst að Arnarfellsefnið er mjög vatnsdrægt, það kom einnig í ljós þegar steypur voru hefðbundnar steypur með honum, sjá kafla 6.1.

Vélunninn sandur frá Alexander Ólafssyni ehf. var ekki notaður í sjálfútleggjandi steypu, eins og sjá má á mynd 6-1 er tiltölulega mikið magn af finefni í honum, það sama á reyndar við um náttúrulega sandinn. Því má búast við að sandurinn sé tiltölulega vatnsfrekur í steypu, sbr Arnarfellssandinn.

Vélunninn sandur og reyndar allt vélunnið fylliefni er mjög æskilegt í steypugerð og framtíðin er þess. Til þess að vélunninn sandur sé nýtanlegur í sjálfútleggjandi steinsteypu þarf að gæta vel að

möluninni og fínefnið má ekki vera mjög mikið í honum. Fínefni minna en 1 μm er óæskilegt. Í samanburði við erlent fylliefni er íslenskt efni mun vatnsfrekara í steinsteypu, því má segja að til þess að íslenskur finsandur eigi að vera nothæfur í steypu þurfi hann að vera töluvert grófari en sambærilegur erlendur sandur.

8 HEIMILDIR

- ¹ Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Børge Johannes Wigum og Sveinbjörn Sveinbjörnsson, 2001: Vélunninn sandur – Úttekt. Skýrsla ERGO Engineering Geology ehf og Hönnunar hf. 52 bls. + viðauka.
- ² Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Børge Johannes Wigum og Sveinbjörn Sveinbjörnsson, 2001: Vélunninn sandur – úttekt. Kynning á Steinsteypudaginn 2001. 13 bls.
- ³ INTERREG III B NORTHERN PERIPHERY PROGRAMME - PREPARATORY PROJECT REPORT for project Sustainable use of aggregate resources. For completion and submission to the Northern Periphery Programme Secretariat by 31/10/2003.
- ⁴ ECO-SERVE, 2004: Baseline Report for the Aggregate and Concrete Industries in Europe. ECO-SERVE Network, Cluster 3: Aggregate and Concrete Production. June 2004.
- ⁵ Børge Johannes Wigum, Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Svein Willy Danielsen og Ole Viggo Andersen, 2004: Production and Utilisation of manufactured sand for Concrete Purposes. Skýrsla Hönnunar hf, 47 bls.
- ⁶ Elín Rita Sveinbjörnsdóttir og Sóley Ósk Sigurgeirsdóttir, 2004: Vélunninn sandur - Partur II – Steypuprófanir. Nýsköpunarsjóður námsmanna, September 2004. 55 bls.
- ⁷ ÍST EN 12620:2002 Fylliefni í steinsteypu.
- ⁸ Danielsen og Ørbog, 2000: Sustainable use of aggregate resources through manufactured sand technology. Quarry Management, July 2000, 27 (7), 19-28.
- ⁹ ÍST 10:1971: Enskt heiti: Concrete, Íslenskt heiti: Steinsteypa I. - Í gildi eru greinar 1.1 til og með 1.3, kaflar 5 og 6. Greinar 7.4 til og með 7.10. Steinsteypa II. - Í gildi er kafli 6.
- ¹⁰ ÍST EN 1097-6:2000: Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 6: Determination of particle density and water absorption.
- ¹¹ Norsk betong- og tilslagslaboratorium AS (NBTL), 2003: Nyhetsbrev oktober 2003. Vannabsorpsjon i tilslag ≤ 8mm. NS-EN 1097-6. (www.nbtl.no).
- ¹² Lindgård og Johansen, 1995: Maskinsandfordeling og ny anvendelsesteknologi i betong. Delrapport I: Praktisk anvendelse av maskinsand. SINTEF Konstruksjoner og betong, rapport nr. STF70 A95085, 15 bls.
- ¹³ ÍST EN 1744-1: 1998 Test for chemical properties of aggregates – Part 1: Chemical analyses (Chapter 15 determination of humus content.)
- ¹⁴ ÍST EN 1097-5:1999: Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 5: Determination of the water content by drying in a ventilated oven.
- ¹⁵ ÍST EN 933-1: 1997. Tests for geometrical properties of aggregates – Part 1: Determination of particle size distribution – Sieving method.
- ¹⁶ ÍST EN 1097-3: 1998 tests for mechanical and physical properties of aggregates – part 3: Determination of loose bulk density and voids.
- ¹⁷ Indriði Níelsson, 2004: Rheological Mix Design of Self-Compacting Concrete. A Thesis submitted to the Heriot Watt University for the degree of M.Phil. School of Build Environment. Heriot Watt University. Edinburgh.

Viðauki

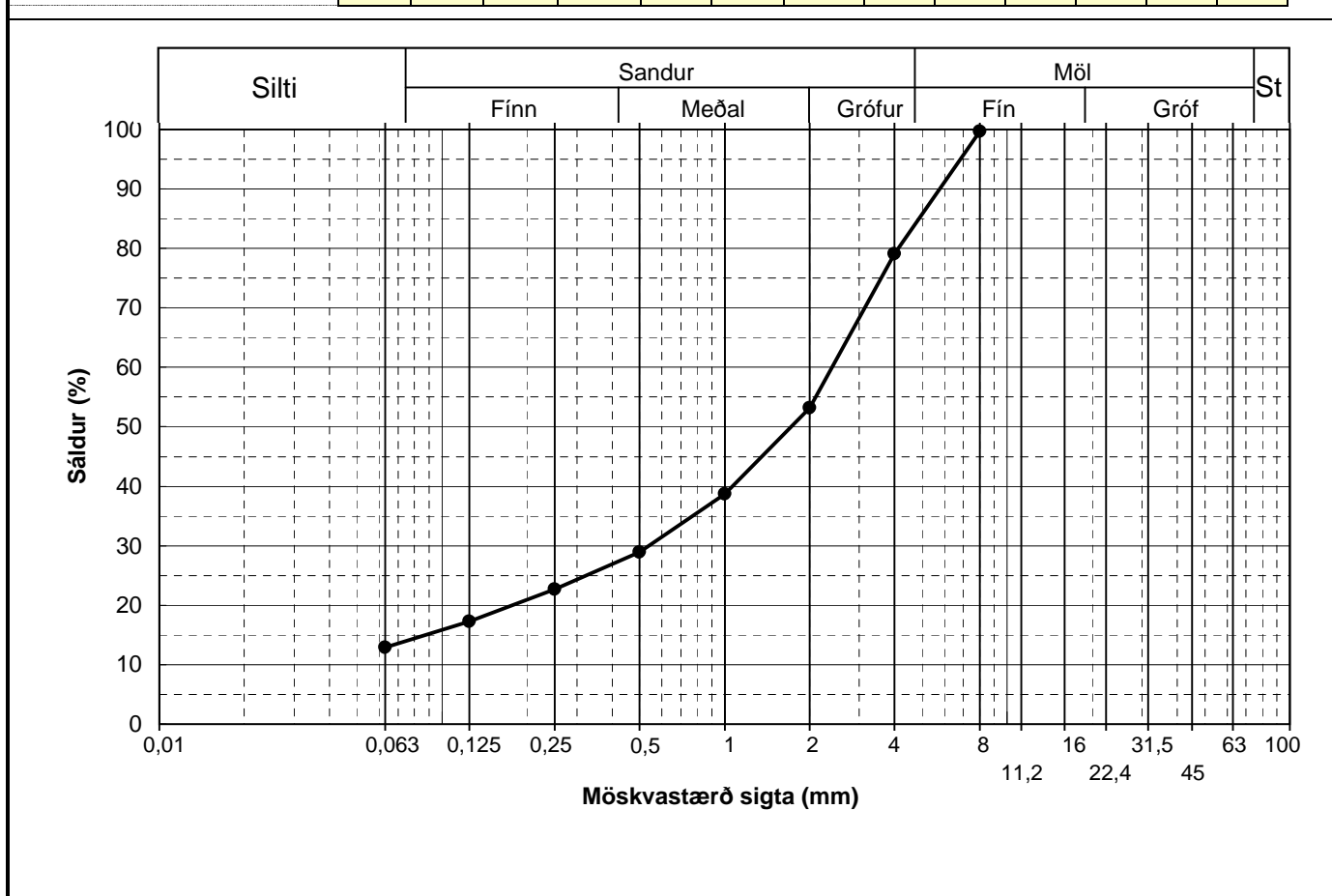
Niðurstöður prófana

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	Höfði
Sýni nr / lýsing :	Björgun möl-3 / sýni 2, 0-8 band 8 / tekið 09.09.03

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybb. Korn- rúmþygd EN 1097-6/-7	Sýndar korna- rúmþygd EN 1097-6/-8			
Fínefni 0-0,063 mm			3,02				
Sandhluti 0,063-4,0		1,9 %	2,93	3,04			
Malarhluti 4,0 +							
Heildarefni	4,0 %	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!			

Kornastærðargreining		ÍST EN 933-1												
Möskvastærð (mm)		0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0
Sáldur (% undir sigti)		12,9	17	23	29	39	53	79	100	100	100	100		




KORNARÚMPYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 700 924 401	
	UNNIÐ AF: SÁ / EFH	DAGS. 18.11.2003

#REF!	Höfði
#REF!	Björgun mól-3 / sýni 2, 0-8 band 8 / tekið 09.09.03
Efni:	

Mettivatn efnis:		1	2				
Sýni / prófun nr.							
Kornastærð sýnis		0,063-4	0,063-2				
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei		nei	nei				
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)		15.10.-15:10	29.01 14:45				
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)		16.10.-9:45	30.01 15:00				
Bakki nr.		16	66				
Bakki (gr)		127,7	130,7				
Sýni í ofn (dags; tími)		27.10.-11:45	30.01 15:30				
Sýni úr ofni (dags; tími)		28.10.-8:00	02.02 12:00				
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)		454,6	385,5				
Bakki +þurrt sýni (gr)		448,2	380,5				
Þurrt sýni (gr)		320,5	249,8				
Mettivatn sýnis (gr)		6,4	5,0				
Mettivatn sýnis (%)		2,00%	2,00%				

Kornarúmpyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmpyngdarflösku		1	2				
Sýni / prófun nr.							
Flaska, tóm		159,0	161,5				
Flaska+vatn við 20°C B (gr)		657,1	659,8				
Flaska + vatn + sýni C (gr)		860,5	824,3				
Mettað-yfirb.þurrt sýni S (gr)		308,8	250,7				
Bakki nr.		22	þ06				
Þyngd bakka (gr)		127,2	193,6				
Bakki +þurrt sýni (gr)		430,1	439,3				
Hitastig vatns (°C)		19,0	22,0				
Þurrt sýni A (gr)		302,9	245,7				
Hitaleiðrétting		1,0002	0,9996				
Bulk spgr. (A/(B+S-C))		2,87	2,85				
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))		2,93	2,91				
Apparent spgr. (A/(B+A-C))		3,04	3,02				
Vatnsdrægni		1,95%	2,03%				

Athugasemdir :	
-----------------------	--

KORNARÚM- ÞYNGDIR OG METTIVATN EFNIS >4,0 MM	VERKK. : Hönnun hf.	
	UMBJ.: Börge Johannes Wigum	
	VNR: 700924401	
	Unnið af : SÁ / EFH	Dags: 18.11.2003

#REF!	Höfði
#REF!	Björgun mül-3 / sýni 2, 0-8 band 8 / tekið 09.09.03
Fj.sýna: 1	

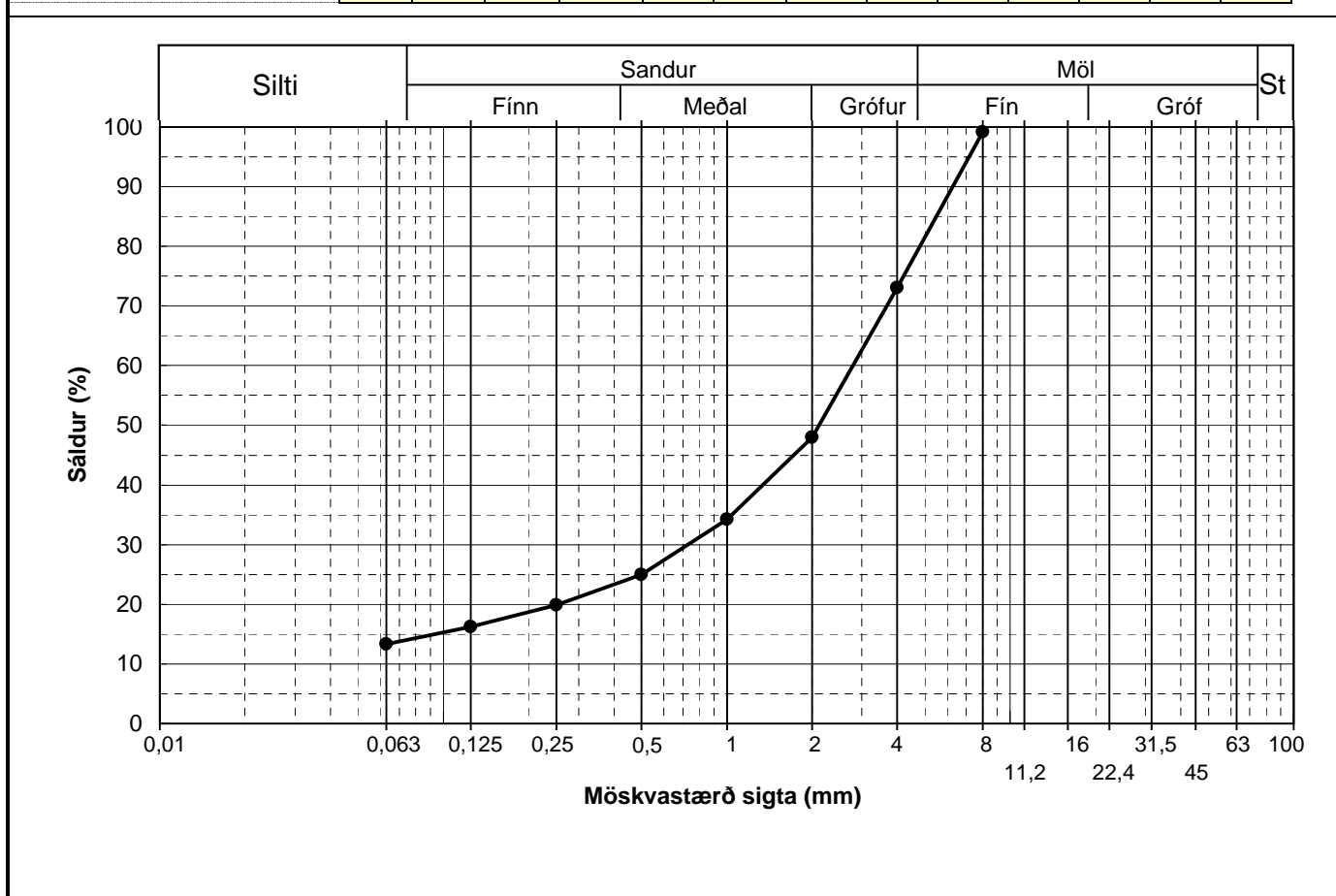
Kornarúþþyngd og vatnsdrægni ákvörðuð með vigtun sýnis í lofti og í vatni						
Sýni/prófun nr.		2	3			
Kornastærð		2-4	4-8			
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei		nei	nei			
Mettað sýni vegið í vatni :						
Sýnið sett í vatnsmettun (dags.; tími)		29/1 15:30	29/1 16:00			
Sýnið vegið í vatni (dags.; tími)		12/2 10:27	12/2 10:41			
Mettað sýni vegið í vatni C (gr)		344,0	535,6			
Mettað yfirb.þurrt sýni vegið í lofti :						
Bakki/tara nr.		10	16			
Þyngd bakka/töru (gr)		250,6	242,4			
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)		777,8	1063,5			
Mettað yfirborðsþurrt sýni B (gr)		527,2	821,1			
Sýni vegið eftir þurkun í ofni :						
Sýnið í ofn (dags; tími)		12/2 10:36	12/10:50			
Sýnið úr ofni (dags; tími)						
Bakki+ofnþurkað sýni (gr)		762,5	1040,5			
Ofnþurkað sýni A (gr)		511,9	798,1			
Útreikningar :						
Bulk specific gravity: A/(B-C)		2,794	2,795			
Bulk specific gravity SSD: B/(B-C)		2,878	2,876			
Apparent specific gravity : A/(A-C)		3,049	3,040			
Absorption : [(B-A)/A]x100 (%)		2,99	2,88%			
Athugasemdir :						

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	Höfði
Sýni nr / lýsing :	Seljadalur sýni nr 3 / 0-8 /band 8 sýni tekið 10.09.03

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybb. Korn- rúmpýngd EN 1097-6/-7	Sýndar korna- rúmpýngd EN 1097-6/-8			
Fínefni 0-0,063 mm			3,08				
Sandhluti 0,063-4,0		1,3 %	2,99	3,07			
Malarhluti 4,0 +							
Heildarefni	2,4 %						

Kornastærðargreining		ÍST EN 933-1												
Möskvastærð (mm)		0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0
Sáldur (% undir sigti)		13,4	16	20	25	34	48	73	99	100	100	100		



KORNARÚMÞYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 700 924 401	
	UNNIÐ AF: SÁ / JBW	DAGS. 17.10.2003

#REF!	Höfði
#REF!	Seljadalur sýni nr 3 / 0-8 /band 8 sýni tekið 10.09.03
Efni:	

Mettivatn efnis:		1	2				
Sýni / prófun nr.							
Kornastærð sýnis		0,063-4	0,063-4				
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei		nei	nei				
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)		13.10.	13.10.				
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)		16.10.-10:25	16.10.-11:00				
Bakki nr.		19	66				
Bakki (gr)		129,2	131,2				
Sýni í ofn (dags; tími)		16.10.-11:00	16.10.-11:30				
Sýni úr ofni (dags; tími)		17.10.-8:30	17.10.-8:30				
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)		488,8	488,1				
Bakki +þurrt sýni (gr)		483,5	482,5				
Þurrt sýni (gr)		354,3	351,3				
Mettivatn sýnis (gr)		5,3	5,6				
Mettivatn sýnis (%)		1,50%	1,59%				

Kornarúmþyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmþyngdarflösku							
Sýni / prófun nr.							
Flaska, tóm		159,0	161,5				
Flaska+vattn við 20°C B (gr)		657,1	660,3				
Flaska + vatn + sýni C (gr)		853,6	862,0				
Mettað-yfirb.þurrt sýni S (gr)		295,4	303,3				
Bakki nr.		137	113				
Þyngd bakka (gr)		128,5	126,6				
Bakki +þurrt sýni (gr)		420,0	425,5				
Hitastig vatns (°C)		18,2	18,0				
Þurrt sýni A (gr)		291,5	298,9				
Hitaleiðrétting		1,0004	1,0004				
Bulk spgr. (A/(B+S-C))		2,95	2,94				
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))		2,99	2,99				
Apparent spgr. (A/(B+A-C))		3,07	3,08				
Vatnsdrægni		1,34%	1,47%				

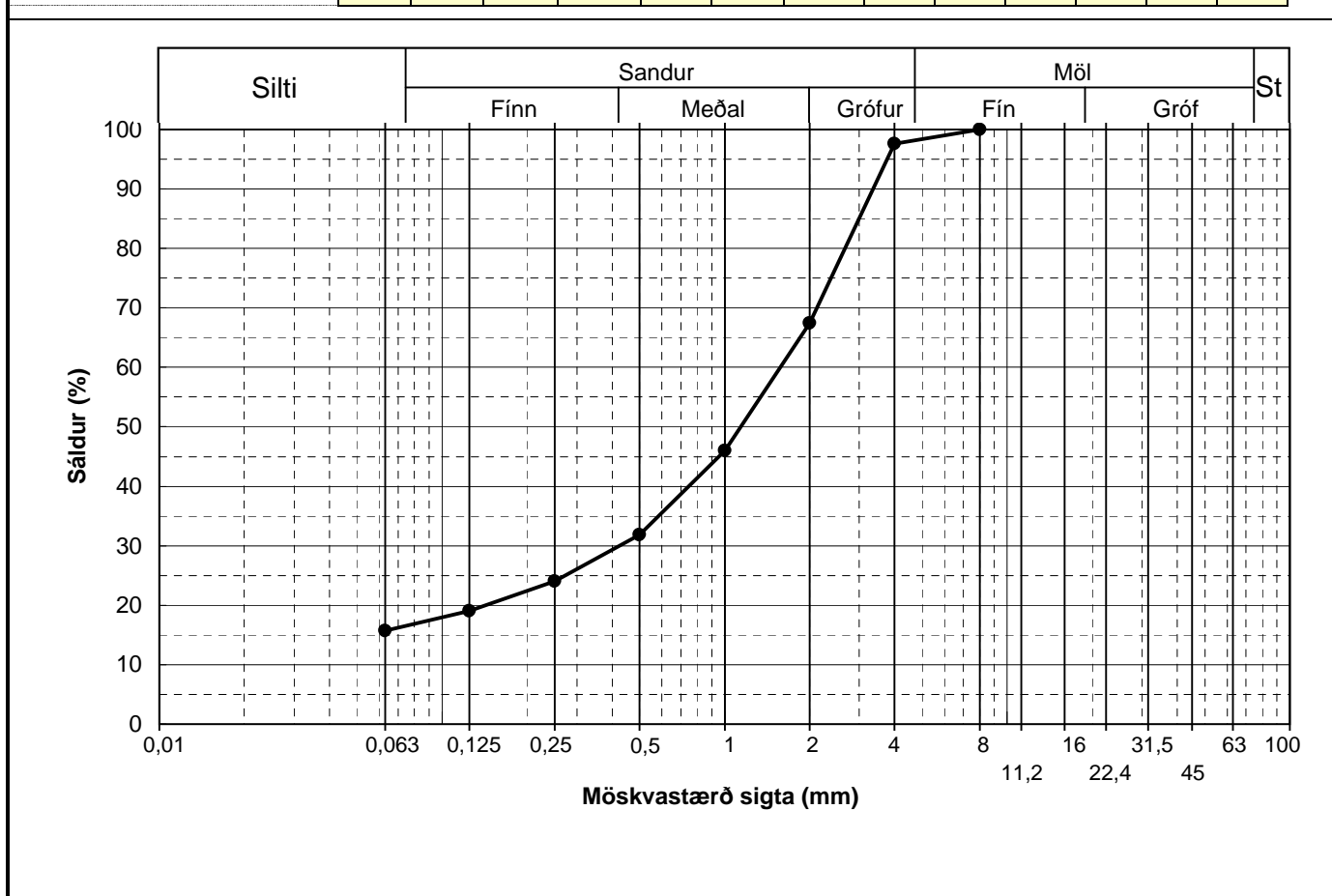
Athugasemdir :	
-----------------------	--

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	Höfði
Sýni nr / lýsing :	Seljadalur 0-4 mm sýni nr 1 band 8 / sýni tekið 21.08.03.

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybp. Korn- rúmpýngd EN 1097-6/-7	Sýndar korna- rúmpýngd EN 1097-6/-8
Fínefni 0-0,063 mm				
Sandhluti 0,063-4,0		1,6 %	2,90	2,99
Malarhluti 4,0 +				
Heildarefni	3,3 %	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!

Kornastærðargreining		ÍST EN 933-1													
Möskvastærð (mm)		0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0	
Sáldur (% undir sigti)		15,7	19	24	32	46	67	98	100	100	100	100			



KORNARÚMPYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 7 009 244-01	
	UNNIÐ AF: SÁ	DAGS. 18.11.2003

#REF!	Höfði
#REF!	Seljadalur 0-4 mm sýni nr 1 band 8 / sýni tekið 21.08.03.
Efni:	

Mettivatn efnis:

Sýni / prófun nr.	1						
Kornastærð sýnis	0,063-4						
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei	nei						
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)	6.10.-						
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)	27.10.-10:00						
Bakki nr.	18						
Bakki (gr)	128,0						
Sýni í ofn (dags; tími)	27.10-10:40						
Sýni úr ofni (dags; tími)	28.10.-8:00						
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)	681,3						
Bakki +þurrt sýni (gr)	671,8						
Þurrt sýni (gr)	543,8						
Mettivatn sýnis (gr)	9,5						
Mettivatn sýnis (%)	1,75%						

Kornarúmpyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmpyngdarflösku

Sýni / prófun nr.	1						
Flaska, tóm	159,0						
Flaska+vatn við 20°C B (gr)	659,8						
Flaska + vatn + sýni C (gr)	891,0						
Mettað-yfirb.þurrt sýni S (gr)	352,9						
Bakki nr.	137						
Þyngd bakka (gr)	128,5						
Bakki +þurrt sýni (gr)	475,7						
Hitastig vatns (°C)	22,0						
Þurrt sýni A (gr)	347,2						
Hitaleiðrétting	0,9996						
Bulk spgr. (A/(B+S-C))	2,85						
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))	2,90						
Apparent spgr. (A/(B+A-C))	2,99						
Vatnsdrægni	1,64%						

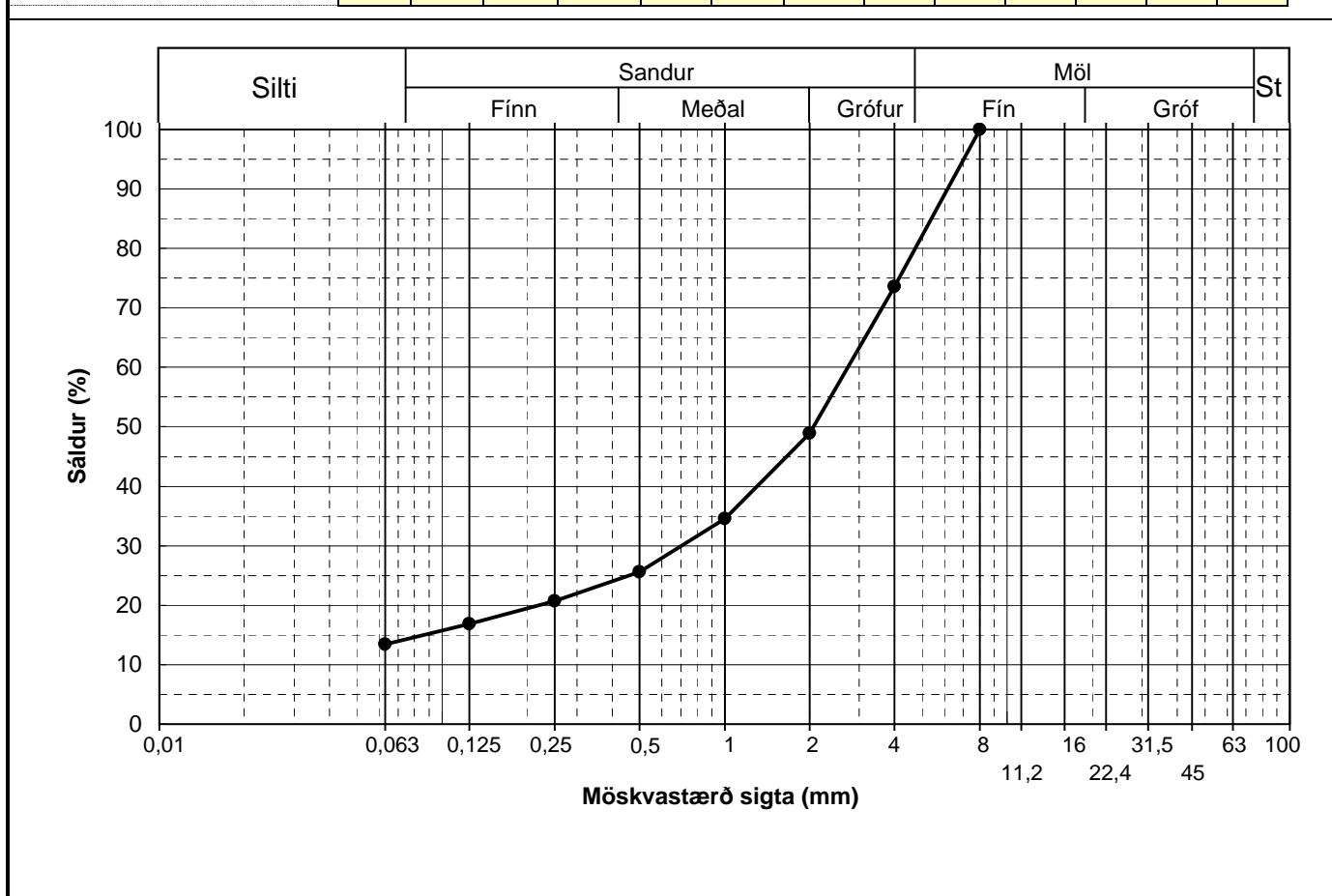
Athugasemdir : _____

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	
Sýni nr / lýsing :	Arnarfell / 0-8 Dúopactor

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybb. Korn- rúmpýngd EN 1097-6/-7	Sýndar korna- rúmpýngd EN 1097-6/-8			
Fínefni 0-0,063 mm							
Sandhluti 0,063-4,0		2,2 %	2,92	3,05			
Malarhluti 4,0 +							
Heildarefni	5,1 %	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!			

Kornastærðargreining		ÍST EN 933-1												
Möskvastærð (mm)		0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0
Sáldur (% undir sigti)		13,4	17	21	26	35	49	74	100	100	100	100		



KORNARÚMÞYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 700 924 401	
	UNNIÐ AF: SÁ	DAGS. 18.11.2003

#REF!	0
#REF!	Arnarfell / 0-8 Dúopactor
Efni:	

Mettivatn efnis:	
Sýni / prófun nr.	1
Kornastærð sýnis	0,063-4
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei	nei
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)	15.10
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)	27.10-10:40
Bakki nr.	19
Bakki (gr)	129,2
Sýni í ofn (dags; tími)	27.10-11:15
Sýni úr ofni (dags; tími)	28.10-8:00
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)	477,0
Bakki +þurrt sýni (gr)	468,9
Þurrt sýni (gr)	339,7
Mettivatn sýnis (gr)	8,1
Mettivatn sýnis (%)	2,38%

Kornarúmþyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmþyngdarflösku	
Sýni / prófun nr.	1
Flaska, tóm	161,5
Flaska+vatn við 20°C B (gr)	660,0
Flaska + vatn + sýni C (gr)	891,6
Mettað-yfirb.þurrt sýni S (gr)	352,5
Bakki nr.	66
Þyngd bakka (gr)	131,1
Bakki +þurrt sýni (gr)	475,9
Hitastig vatns (°C)	20,1
Þurrt sýni A (gr)	344,8
Hitaleiðrétting	1,0000
Bulk spgr. (A/(B+S-C))	2,85
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))	2,92
Apparent spgr. (A/(B+A-C))	3,05
Vatnsdrægni	2,23%

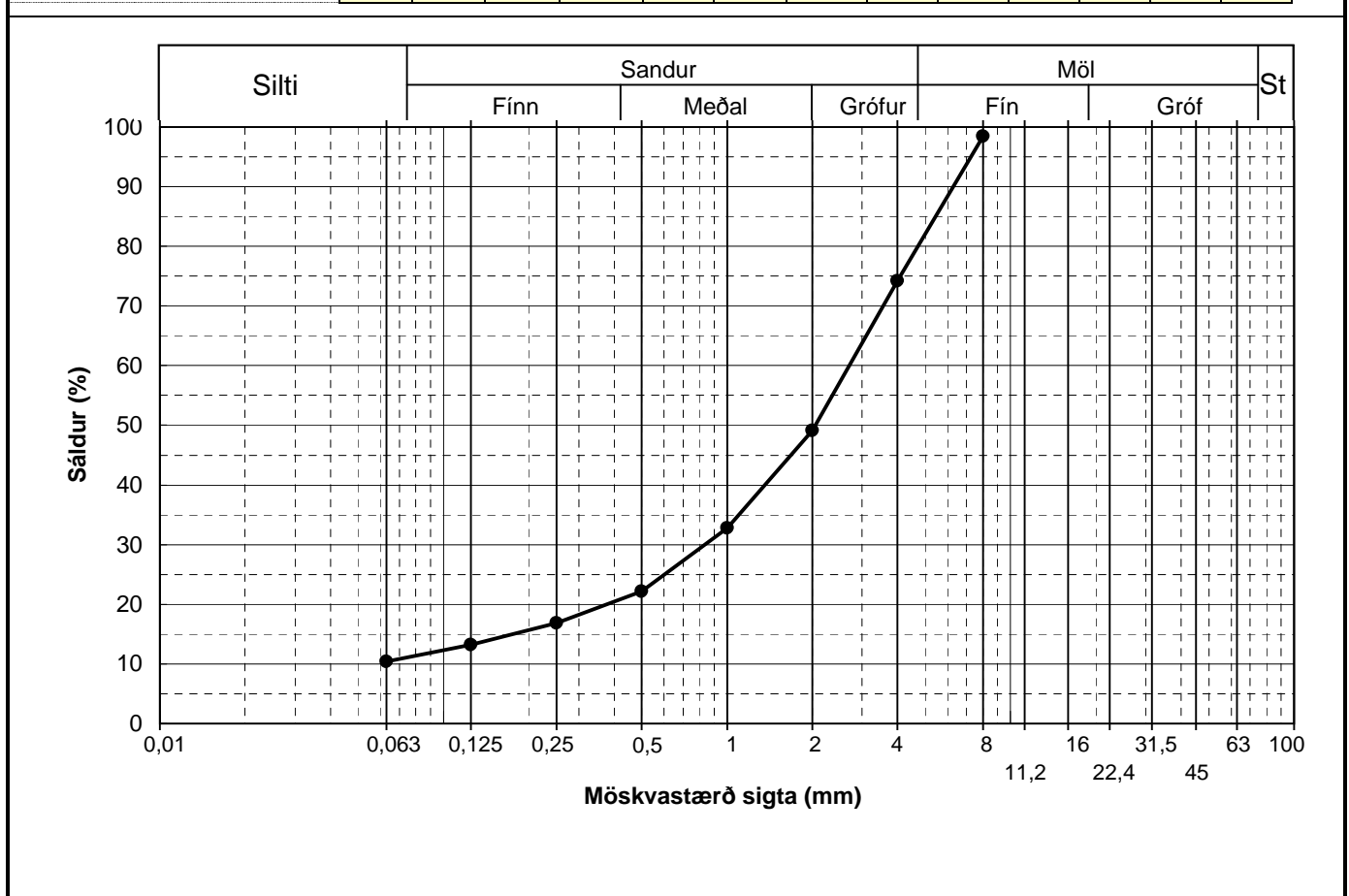
Athugasemdir :	
-----------------------	--

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	
Sýni nr / lýsing :	Arnarfell / 0-8 mm Konbrjótur

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybb. Korn- rúmpýngd EN 1097-6/-7	Sýndar korna- rúmpýngd EN 1097-6/-8			
Fínefni 0-0,063 mm							
Sandhluti 0,063-4,0		1,9 %	2,93	3,04			
Malarhluti 4,0 +							
Heildarefni	5,3 %	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!			

Kornastærðargreining	ÍST EN 933-1													
Möskvastærð (mm)	0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0	
Sáldur (% undir sigti)	10,5	13	17	22	33	49	74	98	100	100	100			



KORNARÚMÞYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 700 924 401	
	UNNIÐ AF: SÁ / EFH	DAGS. 18.11.2003

#REF!	0
#REF!	Arnarfell / 0-8 mm Konbrjótur
Efni:	

Mettivatn efnis:

Sýni / prófun nr.	1						
Kornastærð sýnis	0,063-4						
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei	nei						
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)	15.10						
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)	27.10-11:15						
Bakki nr.	16						
Bakki (gr)	127,7						
Sýni í ofn (dags; tími)	27.10.-11:45						
Sýni úr ofni (dags; tími)	28.10.-8:00						
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)	454,6						
Bakki +þurrt sýni (gr)	448,2						
Þurrt sýni (gr)	320,5						
Mettivatn sýnis (gr)	6,4						
Mettivatn sýnis (%)	2,00%						

Kornarúmþyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmþyngdarflösku

Sýni / prófun nr.	1						
Flaska, tóm	159,0						
Flaska+vatn við 20°C B (gr)	657,1						
Flaska + vatn + sýni C (gr)	860,5						
Mettað-yfirb.þurrt sýni S (gr)	308,8						
Bakki nr.	22						
Þyngd bakka (gr)	127,2						
Bakki +þurrt sýni (gr)	430,1						
Hitastig vatns (°C)	19,0						
Þurrt sýni A (gr)	302,9						
Hitaleiðrétting	1,0002						
Bulk spgr. (A/(B+S-C))	2,87						
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))	2,93						
Apparent spgr. (A/(B+A-C))	3,04						
Vatnsdrægni	1,95%						

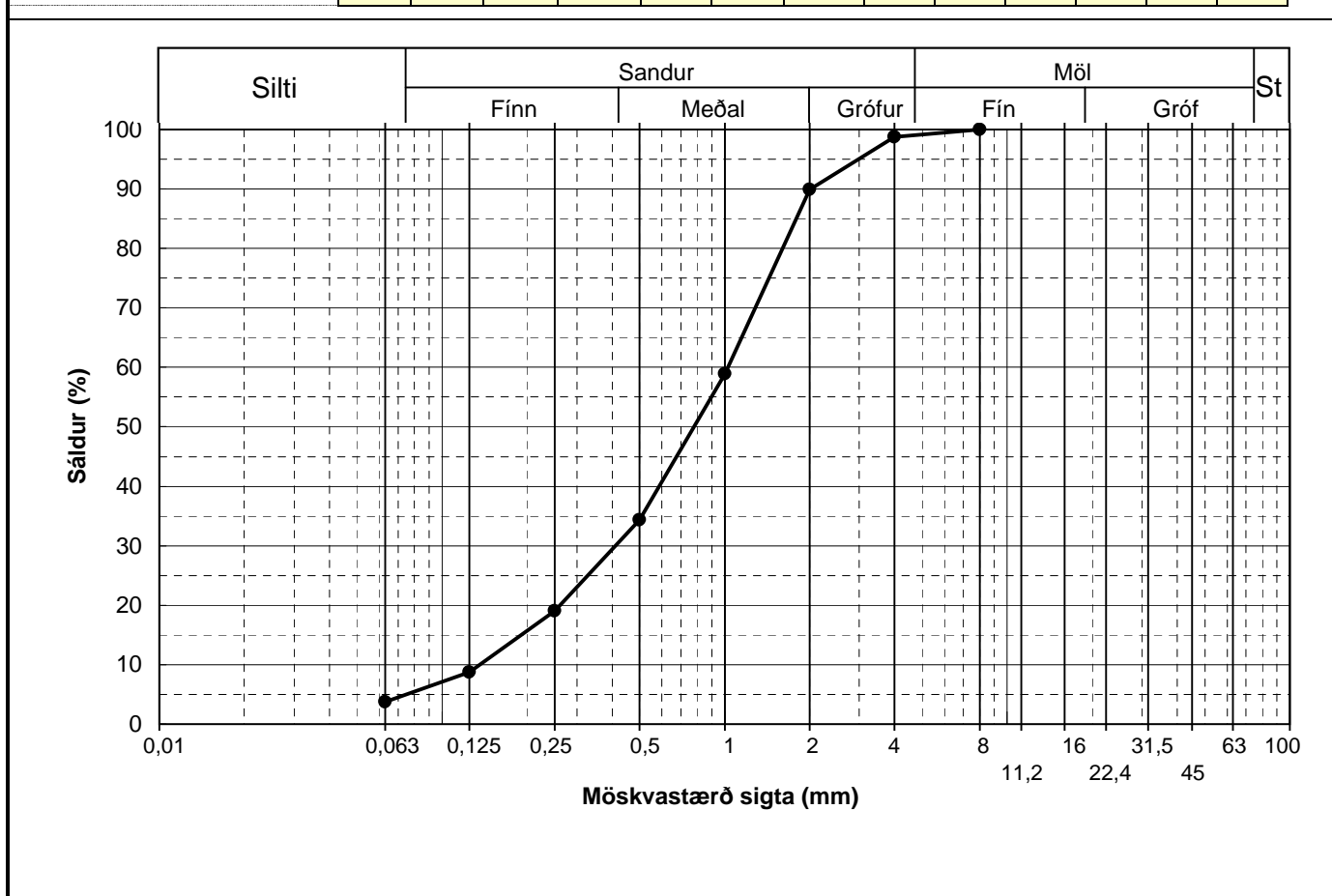
Athugasemdir : _____

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	Björgun
Sýni nr / lýsing :	0-3

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybb. Korn- rúmpýngd EN 1097-6/-7	Sýndar korn- rúmpýngd EN 1097-6/-8			
Fínefni 0-0,063 mm			3,03	2,94	3,03		
Sandhluti 0,063-4,0		1,6 %	2,90	3,00			
Malarhluti 4,0 +		2,6 %	2,90				
Heildarefni	1,9 %	1,6 %	2,91	#VALUE!			

Kornastærðargreining		ÍST EN 933-1												
Möskvastærð (mm)		0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0
Sáldur (% undir sigti)		3,8	9	19	34	59	90	99	100	100	100	100		



KORNARÚMPYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 700 924 401	
	UNNIÐ AF: SÁ / EFH	DAGS. 18.11.2003

#REF!	Björgun
#REF!	0-3
Efni:	

Mettivatn efnis:	nýja	gamla	nýja	nýja		
Sýni / prófun nr.	1	2	3	4	5	
Kornastærð sýnis	0,063-4	0,063-4	0,063-4	0,063-2		
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei	nei	nei	nei	nei		
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)	14.11.16:00	29.01 11:30	29.01 11:30	29.01 11:45		
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)	17.11.-16:25	30.01 13:10	30.01 13:50	30.01 11:10		
Bakki nr.	22	65	10,0	15,0		
Bakki (gr)	127,3	131,6	127,6	127,8		
Sýni í ofn (dags; tími)	17.11.-17:20	30.01 13:40	30.01 14:27	30.01 11:37		
Sýni úr ofni (dags; tími)	18.11.-8:00	02.02 12:00	02.02 12:00	02.02 12:00		
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)	602,9	421,7	416,0	367,7		
Bakki +þurrt sýni (gr)	595,3	416,3	412,5	364,3		
Þurrt sýni (gr)	468,0	284,7	284,9	236,5		
Mettivatn sýnis (gr)	7,6	5,4	3,5	3,4		
Mettivatn sýnis (%)	1,6%	1,9%	1,2%	1,5%		

Kornarúmpyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmpyngdarflösku						
Sýni / prófun nr.		1	2	3	4,0	
Flaska, tóm		159,0	161,5	162,8	162,8	
Flaska+vatn við 20°C	B (gr)	657,0	659,6	660,9	660,9	
Flaska + vatn + sýni	C (gr)	852,2	825,9	834,5	869,4	
Mettað-yfirb.þurrt sýni	S (gr)	297,8	252,8	262,4	315,7	
Bakki nr.		134	120	19	124,0	
Þyngd bakka (gr)		126,0	127,8	128,8	126,9	
Bakki +þurrt sýni (gr)		419,0	375,8	387,8	437,8	
Hitastig vatns (°C)		21,0	23,0	21,8	22,0	
Þurrt sýni	A (gr)	293,0	248,0	259,0	310,9	
Hitaleiðrétting		0,9998	0,9993	0,9998	0,9996	
Bulk spgr. (A/(B+S-C))		2,86	2,87	2,92	2,90	
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))		2,90	2,92	2,96	2,94	
Apparent spgr. (A/(B+A-C))		3,00	3,03	3,03	3,03	
Vatnsdrægni		1,6%	1,9%	1,3%	1,5%	

Athugasemdir :	
-----------------------	--

KORNARÚM- ÞYNGDIR OG METTIVATN EFNIS >4,0 MM	VERKK. : Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	UMBJ.: Börge Johannes Wigum	
	VNR: 700924401	
	Unnið af : SÁ / EFH	Dags: 18.11.2003

#REF!	Björgun
#REF!	0-3
Fj.sýna: 1	

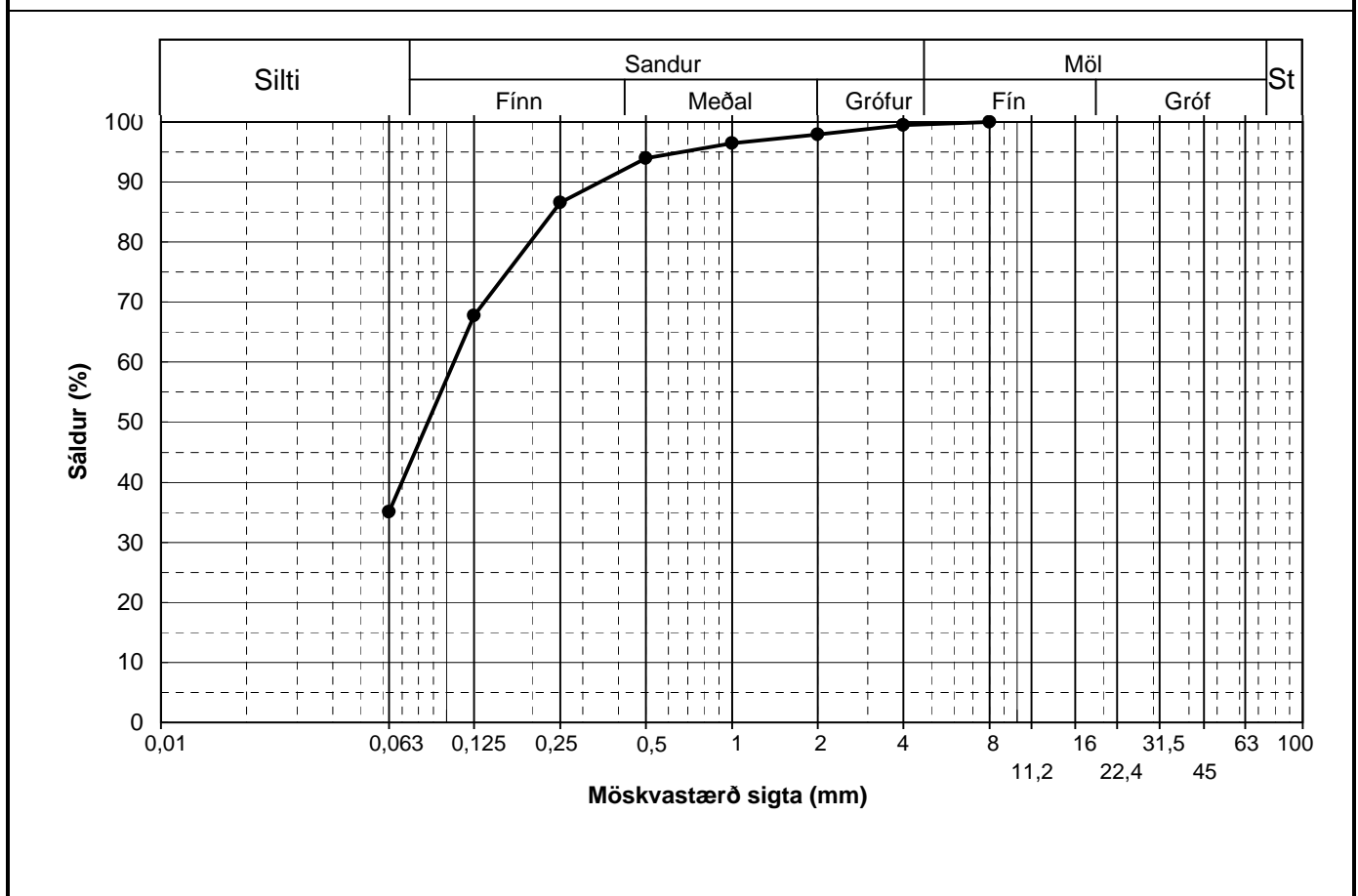
Kornarúmpyngd og vatnsdrægni ákvörðuð með vigtun sýnis í lofti og í vatni						
Sýni/prófun nr.		1				
Kornastærð		2-4				
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei		nei				
Mettað sýni vegið í vatni :						
Sýnið sett í vatnsmettun (dags.; tími)		29./1 15:00				
Sýnið vegið í vatni (dags.; tími)		12/2 10:06				
Mettað sýni vegið í vatni C (gr)		282,3				
Mettað yfirb.þurrt sýni vegið í lofti :						
Bakki/tara nr.		9				
Þyngd bakka/töru (gr)		229,7				
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)		660,4				
Mettað yfirborðsþurrt sýni B (gr)		430,7				
Sýni vegið eftir þurkun í ofni :						
Sýnið í ofn (dags; tími)		12/2 10:21				
Sýnið úr ofni (dags; tími)		13/2 12:40				
Bakki+ofnþurkað sýni (gr)		649,3				
Ofnþurkað sýni A (gr)		419,6				
Útreikningar :						
Bulk specific gravity: A/(B-C)		2,827				
Bulk specific gravity SSD: B/(B-C)		2,902				
Apparent specific gravity : A/(A-C)		3,056				
Absorption : [(B-A)/A]x100 (%)		2,65%				
Athugasemdir :						

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	Björgun
Sýni nr / lýsing :	0-0,5

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybp. Korn-rúmþyngd EN 1097-6/-7	Sýndar korn-rúmþyngd EN 1097-6/-8			
Fínefni 0-0,063 mm			2,98				
Sandhluti 0,063-4,0		1,2 %	2,91	2,98			
Malarhluti 4,0 +							
Heildarefni	14,2 %	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!			

Kornastærðargreining	ÍST EN 933-1													
Möskvastærð (mm)	0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0	
Sáldur (% undir sigti)	35,1	68	87	94	96	98	99	100	100	100	100			



KORNARÚMÞYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 700 924 401	
	UNNIÐ AF: SÁ / EFH	DAGS. 18.11.2003

#REF!	Björgun
#REF!	0-0,5
Efni:	

Mettivatn efnis:	nýja	gamla					
Sýni / prófun nr.	1	2					
Kornastærð sýnis	0,063-4	0,063					
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei	nei	nei					
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)	14.11.-16:00	29.01 14:30					
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)	18.11.-8:00	30.01 10:15					
Bakki nr.	16	130					
Bakki (gr)	127,7	137,0					
Sýni í ofn (dags; tími)	18.11.-8:45	30.01 11:00					
Sýni úr ofni (dags; tími)	19.11.-8:00	02.02 12:00					
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)	361,1	284,0					
Bakki +þurrt sýni (gr)	358,1	281,6					
Þurrt sýni (gr)	230,4	144,6					
Mettivatn sýnis (gr)	3,0	2,4					
Mettivatn sýnis (%)	1,30%	1,7%					

Kornarúmþyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmþyngdarflösku							
Sýni / prófun nr.		1	2				
Flaska, tóm		161,5	159,0				
Flaska+vatn við 20°C	B (gr)	660,0	656,9				
Flaska + vatn + sýni	C (gr)	829,9	822,2				
Mettað-yfirb.þurrt sýni	S (gr)	258,7	253,5				
Bakki nr.		137	22				
Þyngd bakka	(gr)	128,5	127,1				
Bakki +þurrt sýni	(gr)	384,2	375,9				
Hitastig vatns	(°C)	20,0	22,2				
Þurrt sýni	A (gr)	255,7	248,8				
Hitaleiðrétting		1,0000	0,9996				
Bulk spgr. (A/(B+S-C))		2,88	2,82				
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))		2,91	2,87				
Apparent spgr. (A/(B+A-C))		2,98	2,98				
Vatnsdrægni		1,17%	1,9%				

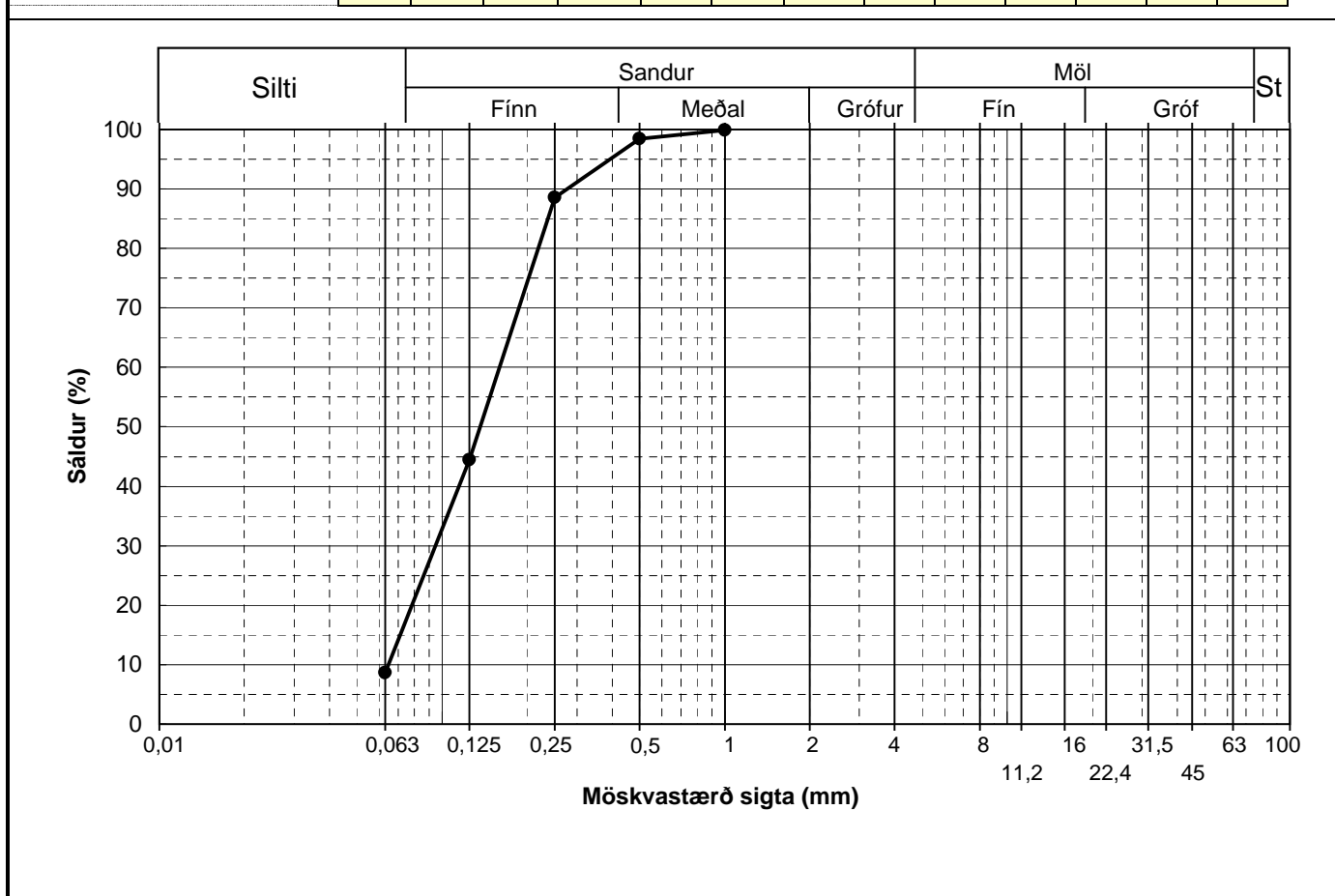
Athugasemdir :	
-----------------------	--

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	Björgun
Sýni nr / lýsing :	FBS 1

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybb. Korn- rúmpýngd EN 1097-6/-7	Sýndar korna- rúmpýngd EN 1097-6/-8			
Fínefni 0-0,063 mm			2,87				
Sandhluti 0,063-4,0		4,4 %	2,66	2,86			
Malarhluti 4,0 +							
Heildarefni	14,6 %	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!			

Kornastærðargreining		ÍST EN 933-1													
Möskvastærð (mm)		0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0	
Sáldur (% undir sigti)		8,6	44	89	98	100	100	100	100	100	100	100			



KORNARÚMÞYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 7 009 244-01	
	UNNIÐ AF: SÁ	DAGS. 18.11.2003

#REF!	Björgun
#REF!	FBS 1
Efni:	

Mettivatn efnis:	nýja	gamla					
Sýni / prófun nr.	1	2					
Kornastærð sýnis	0,063-1	0,063					
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei	nei	nei					
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)	14.11-16:00	29.01 14:00					
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)	18.11-8:50	30.01 09:30					
Bakki nr.	19	b01					
Bakki (gr)	129,1	193,1					
Sýni í ofn (dags; tími)	18.11-9:25	30.01 10:30					
Sýni úr ofni (dags; tími)	19.11.-8:00	02.02 12:00					
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)	361,1	381,5					
Bakki +þurrt sýni (gr)	351,3	373,6					
Þurrt sýni (gr)	222,2	180,5					
Mettivatn sýnis (gr)	9,8	7,9					
Mettivatn sýnis (%)	4,41%	4,4%					

Kornarúmþyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmþyngdarflösku							
Sýni / prófun nr.			1	2			
Flaska, tóm			159,0	162,8			
Flaska+vattn við 20°C	B	(gr)	657,1	661,1			
Flaska + vatn + sýni	C	(gr)	843,3	815,8			
Mettað-yfirb.þurrt sýni	S	(gr)	298,7	248,1			
Bakki nr.			122	þ07			
Þyngd bakka		(gr)	127,2	195,7			
Bakki +þurrt sýni		(gr)	413,4	433,1			
Hitastig vatns		(°C)	18,0	21,0			
Þurrt sýni	A	(gr)	286,2	237,4			
Hitaleiðrétting			1,0004	0,9998			
Bulk spgr. (A/(B+S-C))			2,55	2,54			
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))			2,66	2,66			
Apparent spgr. (A/(B+A-C))			2,86	2,87			
Vatnsdrægni			4,37%	4,5%			

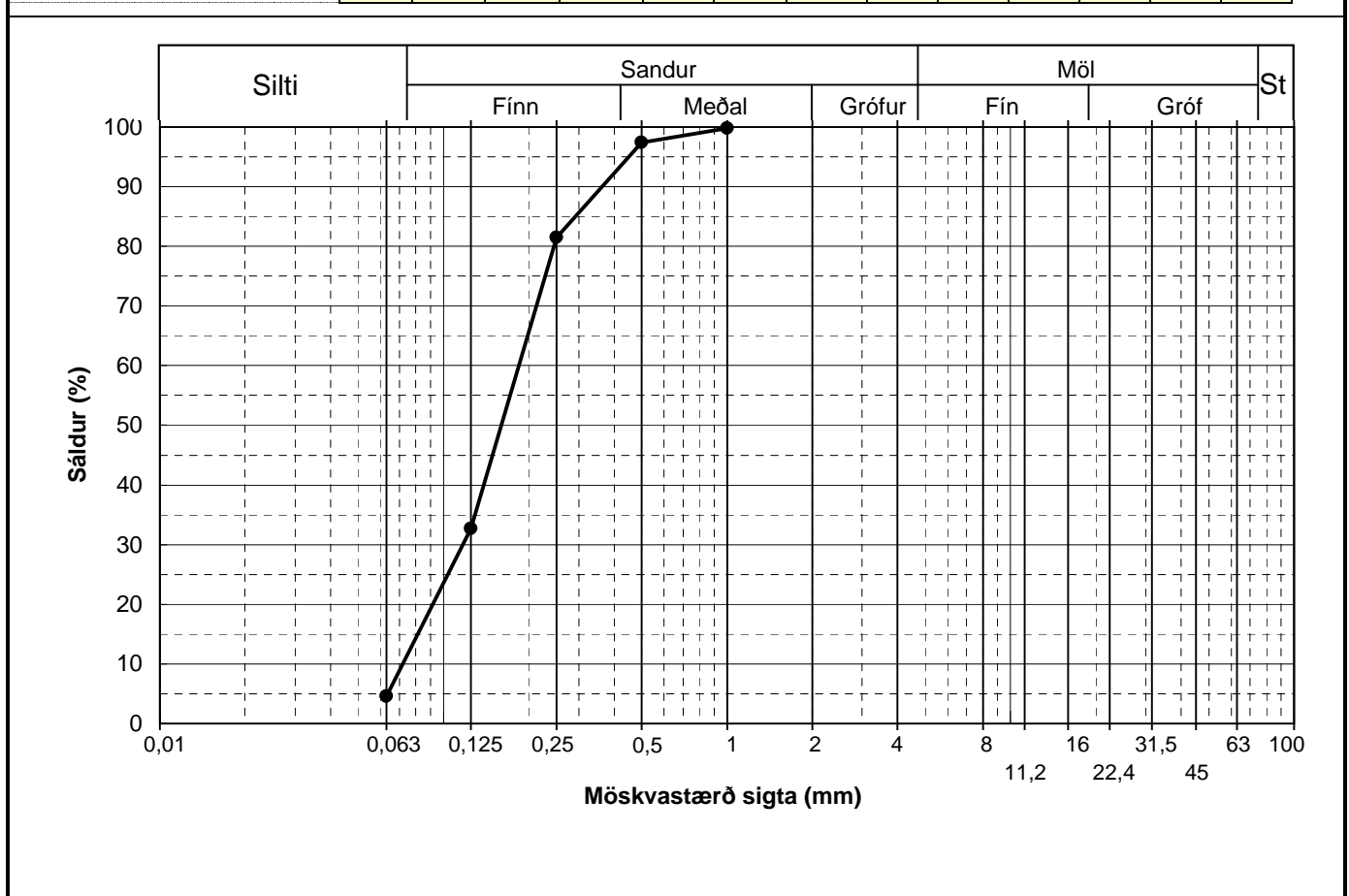
Athugasemdir :	
-----------------------	--

Dagsetning: 18.11.2003	RANNSÓKN Á FYLLIEFNUM	I HÖNNUN
Verk-ranns.nr. 7 009 244-01		
Framkvæmd: EB/SÁ		

Verkkaupi :	Hönnun hf.
	Vistvæn steinefnavinnsla
Fulltrúi verkkaupa :	Börge Johannes Wigum
Náma / mannvirki :	Björgun
Sýni nr / lýsing :	GBS 1

Eiginleiki	Raki EN 1097-5	Mettivatn EN 1097-6	M.ybb. Korn- rúmþyngd EN 1097-6/-7	Sýndar korna- rúmþyngd EN 1097-6/-8			
Fínefni 0-0,063 mm							
Sandhluti 0,063-4,0		3,6 %	2,72	2,90			
Malarhluti 4,0 +							
Heildarefni	11,8 %	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!			

Kornastærðargreining		ÍST EN 933-1													
Möskvastærð (mm)		0,063	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	100,0	
Sáldur (% undir sigti)		4,6	33	82	97	100	100	100	100	100	100	100			



KORNARÚMÞYNGD OG VATNSDRÆGNI	VERKK: Hönnun hf.	1 HÖNNUN
	Umbj: Börge Johannes Wigum	
	VNR.: 7 009 244-01	
	UNNIÐ AF: SÁ	DAGS. 18.11.2003

#REF!	Björgun
#REF!	GBS 1
Efni:	

Mettivatn efnis:	
Sýni / prófun nr.	1
Kornastærð sýnis	0,063-2
Var sýnið ofnþurkað fyrir prófun ? já/nei	nei
Sýni sett í vatnsmettun (dags.; tími)	14.11.-16:00
Yfirborðspurkun sýnis hefst (dags.; tími)	17.11.-15:45
Bakki nr.	18
Bakki (gr)	127,8
Sýni í ofn (dags; tími)	17.11.-16:20
Sýni úr ofni (dags; tími)	18.11-8:00
Bakki+mettað yfirb.þurrt sýni (gr)	441,8
Bakki +þurrt sýni (gr)	431,0
Þurrt sýni (gr)	303,2
Mettivatn sýnis (gr)	10,8
Mettivatn sýnis (%)	3,56%

Kornarúmþyngd og vatnsdrægni sands ákvörðuð í rúmþyngdarflösku	
Sýni / prófun nr.	1
Flaska, tóm	161,5
Flaska+vatn við 20°C B (gr)	659,8
Flaska + vatn + sýni C (gr)	831,7
Mettað-yfirb.þurrt sýni S (gr)	271,9
Bakki nr.	130
Þyngd bakka (gr)	136,9
Bakki +þurrt sýni (gr)	399,3
Hitastig vatns (°C)	22,0
Þurrt sýni A (gr)	262,4
Hitaleiðrétting	0,9996
Bulk spgr. (A/(B+S-C))	2,62
Bulk spgr. ssd-basis (S/(B+S-C))	2,72
Apparent spgr. (A/(B+A-C))	2,90
Vatnsdrægni	3,62%

Athugasemdir :	
-----------------------	--