

**Gerð tilraunapalls
vegna
undirbúnings Suðurstrandarveggar**

Greinagerð

Hersir Gíslason

**Vegagerðin
9. febrúar 2006**

Efnisyfirlit

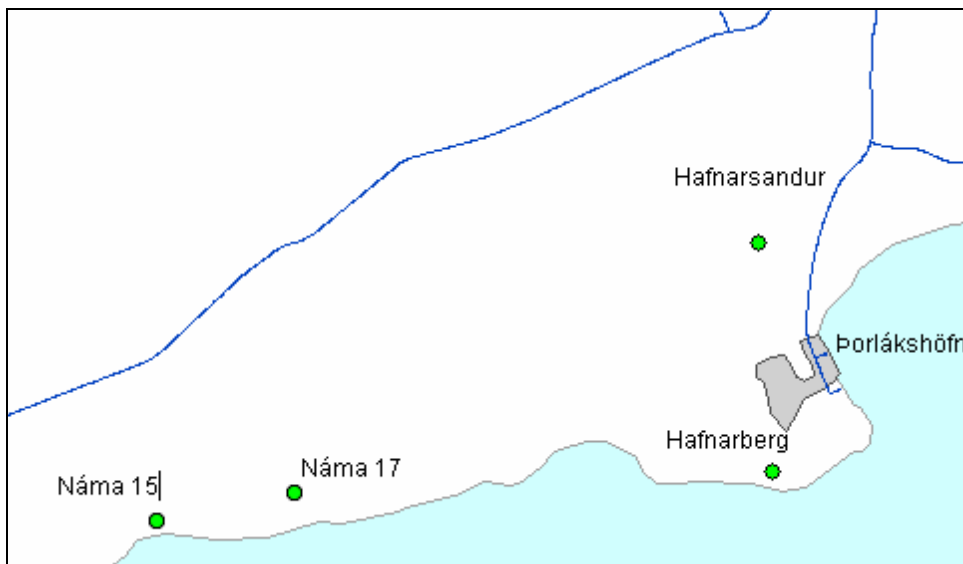
1.	Inngangur.....	3
2.	Uppbygging tilraunapallsins.....	5
2.1	Fylling.....	6
2.2	Styrktarlag (0-130 mm)	6
2.3	Neðri hluti burðarlags (0-63 mm).....	8
2.4	Efri hluti burðarlags (10-25 mm)	8
2.5	Almennt um gerð tilraunapallsins.....	9
3.	Rannsóknir.....	11
3.1	Kornadreifing	11
3.2	Þjöppun og sig	11
3.3	Burðarþolsmælingar með falllóði og plötuprófi.....	11
3.4	CBR-próf og proctor próf	11
4.	Niðurstöður.....	12
4.1	Kornadreifing	12
4.1.1	Fylling.....	12
4.1.2	Styrktarlag (0-130 mm)	12
4.1.3	Neðri hluti burðarlags (0-63 mm).....	13
4.1.4	Efri hluti burðarlags (10-25 mm)	14
4.2	Þjöppun og sig	15
4.3	Burðarþol mælt með falllóði	17
4.4	Burðarþol mælt með Plötuprófi.....	17
4.5	CBR og proctor próf	18
5.	Umræða	19

1. Inngangur

Þegar undirbúning hófst við lagningu Suðurstrandarvegar við Þorlákshöfn var gert ráð fyrir að allt efni í burðarlög og klæðingu yrðu tekin úr grjótnámu, svokallaðri Hafnarsandsnámu sem er fyrir norðan Þorlákshöfn. Náman hefur verið notuð í hafnarframkvæmdir í Þorlákshöfn og hefur verið tekið töluvert magn rofvarnargrjóts úr námunni. Náman er í dyngjuhrauni sem rann frá Heiðinni háu yfir land við Þorlákshöfn og myndar það yfirborð berggrunns langleiðina vestur að Selvogi.

Yfirborð hraunsins er stór blöðrótt og ná blöðrur niður á um 1,5-2 m dýpi. Þar undir er hraunið þéttara niður á 8-10 m dýpi. Þrátt fyrir að bergið hafi staðist leiðbeinandi kröfur um berggreiningu og hafi fallið nánast allt í annan flokk þá reyndist bergið vera mjög veikt vegna þess að glufur eru á milli einstakra kristalla í berginu en ekki eiginlegar blöðrur. Það á sérstaklega við um bergið sem er undir blöðróttu hluta hraunsins. Bergið brotnar því mjög niður í styrkleikaprófum. Öfugt við því sem við mætti búast kemur blöðróttu lag hraunsins betur út úr styrkleikaprófum en efni úr „þéttari“ kjarna hraunsins. Almennt stenst hraunið ekki þær kröfur gerðar eru til efna í burðarlög og klæðingu sem eru settar fram í „Leiðbeiningar um efnisrannsóknir og efniskröfur“ (óbirt rit) sbr. töflur 1, 2 og 3.

Í tengslum við þetta verk voru einnig skoðaðar þrjár aðrar námur í nágrenni Þorlákshafnar. Það voru námurnar í Lambafelli, í Sandfelli og fyrir sunnan bæinn Hraun í Ölfusi. Efni úr Lambafelli og hluti efnisins í námunni fyrir sunnan Hraun stóðst kröfur Vegagerðarinnar um efni í burðarlag. Lambafellið er í töluverði fjarlægð frá Þorlákshöfn og því ekki spennandi kostur fyrir þetta verk. Efnið í Hraunsnámunni er blandað og erfitt er að flokka betra efnið frá. Það leiðir til þess að ekki er hægt að tryggja að þar fáið betra efni en úr Hafnarsandsnámunni.



Mynd 1. Staðsetning sýnatökustaða í hrauninu frá Heiðinni há

Tafla 1. Niðurstöður efnisrannsókna fyrir námur sem eru í hrauninu frá Heiðinni há

Náma	LA-próf	Berggreining			Kúlna kvörn	Bg-stuðull (mod)	Viðloðun	Athugasemd
		1. fl.	2. fl.	3. fl.				
Hafnar bergsnáma	37.5	1	98	1			Úr blöðróttu yfirborðslagi (efstu 1,5 m)	
Hafnar sandsnáma	53,0	0	100	0	21.3	17.3	95-100	Úr námustáli fyrir neðan blöðróttu yfirborðslagið
Hafnar sandsnáma	58.8							Úr úrkasti í námu
Hafnar sandsnáma	47.5							Kjarni úr kjarnaborun
Náma 15	43.3							Kjarni úr kjarnaborun
Náma 17	44.9							Kjarni úr kjarnaborun

Tafla 2. Kröfur til neðra burðarlags fyrir C-veg sem settar eru fram í leiðbeiningariti

	Mjög ummyndað efni*	Ferskt fínblöðrótt efni*
Berggreining (3. flokkur)	<=20	<=35
LA-próf	<=30	<=40
Bg-stuðull (mod)	<=12	<=16

*Miðað er við að meirihluti efnis í 3. flokki sé að viðkomandi gerð.

Tafla 3. Kröfur til efra burðarlags fyrir C-veg sem settar eru fram í leiðbeiningariti

	Mjög ummyndað efni*	Ferskt fínblöðrótt efni*
Berggreining (3.flokkur)	<=15	<=30
LA-próf	<=25	<=35
Bg-stuðull (mod)	<=10	<=14

*Miðað er við að meirihluti efnis í 3. flokki sé að viðkomandi gerð.

Í nýju hverfi sem er verið að byggja í Þorlákshöfn er unnið efni úr hrauninu frá Heiðinni háu í götur. Þó efnið sé ekki tekið á sama stað þá hefur það sömu eiginleika og efnið í Hafnarsandsnámu. Reyndar hefur efnið verið að mestu tekið úr lagnaskurðum og húsgrunnum og þá einungis úr yfirborði hraunsins. Miðað við reynslu verktakans á svæðinu (Ræktunarsambands Flóa og Skeiða) þá virðist hraunið koma vel út til vegagerðar þrátt fyrir hversu illa það kemur út úr styrkleikaprófunum.

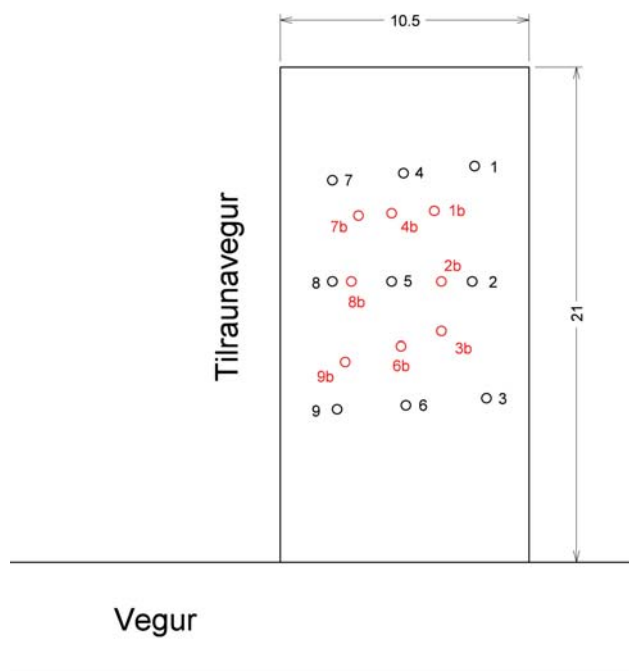
Það var því ákveðið að byggja upp tilraunapall til að kanna burðarþol efnisins úr Hafnarsandsnámu ásamt athugun á því hve mikið af efninu myndi brotna niður við þjöppunina. Efnið sem var notað í pallinn var úr Hafnarsandsnámu og Hafnarbergsnámu sem er sunnan við bæinn en úr sama hrauni. Hafnarbergsnáman er því með sömu eiginleika og Hafnarsandsnáman. Ákveðið var að nota blöðróttu yfirborðslagið í efri hluta burðarlagsins en í neðri hlutann og í styrktarlagið var notað „þéttara“ berg úr hrauninu neðan blöðróttu lagsins. Ástæða þessarar ákvörðunar er sú að haft var í huga að niðurstöðurnar myndu einnig nýtast fyrir framhald Suðurstrandarveggar vestur fyrir Selvog. Enda er allt efni á leiðinni milli Þorlákshafnar og Selvogs sambærilegt að gæðum og það sem er í Hafnarsandsnámunni. Á svo löngum kafla er óraunhæft að ætla að taka einungis efni úr efstu 1,5 m hraunsins til vegagerðar. Bæði er það vegna aukins kostnaðar við losun efnisins auk þess umhverfisáhrif yrðu mun meiri sökum þess hve stórt svæði þyrfti að leggja undir efnisvinnsluna.

Einnig var athugað hvernig foksandur myndi nýtast í fyllinguna en það er eina lausa efnið sem fáanlegt er á stóru svæði í kringum Þorlákshöfn.

2. Uppbygging tilraunapallsins

Tilraunapallurinn var byggður upp fyrir sunnan Þorlákshöfn. Hann var um 21 m langur og um 10,5 m breiður. Hann var byggður upp við upphækkaðan vegslóða þannig að hægt var að keyra upp á hann bíl með falllóði. Eftirfarandi tæki voru notuð til að byggja upp tilraunavegin:

- Beltagrafa til að setja út fyllinguna
- 13 tonna Bomag titurvalti (BW 213 DH-3)
- Jarðýta (Caterpillar D6N) til að setja út burðarlögin.



Mynd 2. Yfirlitsmynd af tilraunavegi. Mælipunktur eru merktir inn á myndina. Hæðarmælt var á rauðu punktunum fyrir lag 10-25 mm en fyrir önnur lög var mælt á svörtu punktunum.

Efni sem notað var við byggingu tilraunapallsins (lagþykktir er að finna í töflu 4):

- **Fylling:** Foksandur sem var tekinn við Hafnarsandsnámu.
- **Styrktarlag (0-130 mm):** Notað var afgangsefni úr Hafnarsandsnámu. Þetta er efni sem féll til við vinnslu rofvarnargrjóts fyrir hafnargerð í Þorlákshöfn. Leitast var við að velja úr efni úr þéttara berginu fyrir neðan blöðróttu yfirborðslag hraunsins.
- **Neðri hluti burðarlags (0-63 mm):** Notað var afgangsefni úr Hafnarsandsnámu. Þetta er efni sem féll til við vinnslu rofvarnargrjóts fyrir hafnargerð í Þorlákshöfn. Leitast var við að velja úr efni úr þéttara berginu fyrir neðan blöðróttu yfirborðslag hraunsins.
- **Efra burðarlag (10-25 mm):** Berg úr Hafnarbergsnámu þar sem Ræktunarsamband Flóa og Skeiða var að vinna grjót fyrir gatnagerð í Þorlákshöfn. Safnað var saman grjóti úr blöðróttu yfirborðslagi hraunsins og var efni tekið niður á um 1,5 m dýpi. Hafnarbergsnáma er eins og áður sagði í sama hrauni og Hafnarsandsnáman og er gert ráð fyrir að efnið á þessum tveimur stöðum sé sambærilegt.

Tafla 4. Ráðgerðar og mældar lagþykktir

	Ráðgerð lagþykkt	Lagþykkt eftir þjöppun, mæld í þversniði
Fylling (sandur):	>300 mm	360-570 mm
Styrktarlag (0-130 mm):	300 mm	220-280 mm
Neðri hluti burðarlags (0-63 mm):	120 mm	110-200 mm
Efri hluti burðarlags (10-25 mm):	100 mm	70-90mm

2.1 Fylling

Fyllingin var lögð út í um 0,4-0,5 m þykku lagi á yfirborð hrauns. Fyllingin var jöfnuð út með beltagröfu og þjöppuð með titurvalta en ekki var þjappað með titrara í gangi. Ekki fóru fram nákvæmar hæðar mælingar á yfirborði hraunsins áður en fyllingin var lögð út en hæð fyllingarinnar var mæld eftir þjöppun.



Mynd 3. Fylling eftir völtun

2.2 Styrktarlag (0-130 mm)

Lagið var lagt út í tæplega 300 mm þykkt. Eftir að lagið hafði verið lagt út var það valtað með titurvaltunum. Lagið var valtað með mikilli sveifluhæð á lágum hraða við fyrstu tvær yfirferðirnar. Þá voru 3-6 yfirferð valtaðar með lítilli sveifluhæð á meiri hraða. Þá var ákveðið að valta 7. umferðina með mikilli sveifluhæð á litlum hraða. Það reyndist koma illa út og voru umferðir 8-12 valtaðar með lítilli sveifluhæð á meiri hraða.












Mynd 4. Lagning lags 0-130 mm



Mynd 5. Fyrsta umferð völtuð á lagi 0-130 mm










Á þeim stöðum þar sem að jöfn kornadreifing var á efninu þá varð þjöppun mjög góð og lokaðist efnið mjög vel. Svo vel að yfirborðið lokaðist nánast strax eftir fyrstu 2 yfirferðirnar með titurvaltunum. Steinabrot urðu fljótt núin og var greinilegt að stærri steinar áttu það til að brotna niður. Þar sem efnið var grófara vegna aðskilnaðar (eins og við mælipunkt 9, mynd 5) þar lokaðist efnið ekki eins vel. Almennt var kornadreifingin jöfn í efninu og fáir staðir þar sem um að ræða aðskilnað efnis.

	Mælipunktur 1	Mælipunktur 5	Mælipunktur 9
Fyrir völtun			
Eftir 2 umferðir			
Fullpakkad			

Mynd 6. Yfirborð 0-130 mm efnisins fyrir og eftir þjöppun. Þar sem er nægjanlegt magn sandefna er fyrir þá þjappast efnið mjög vel og yfirborðið á flestum stöðum er lokað eftir að þjöppun lauk. Ramminn á myndinni er 0,8m x 0,8 m og bil á kvarðanum er 0,1 m.

2.3 Neðri hluti burðarlags (0-63 mm)

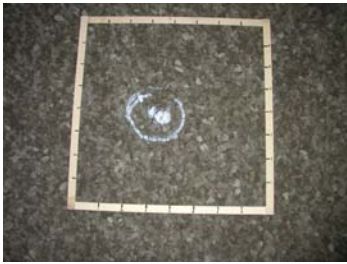

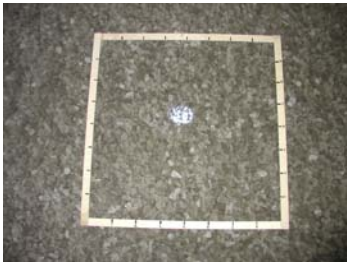





Lagið var lagt út í 110-200 mm þykkt. Valtað var með mikilli sveifluhæð á lágum hraða við fyrstu tvær yfirferðirnar en 3.-10. yfirferðirnar voru valtaðar með lítilli sveifluhæð á meiri ferð. Við völtunina pakkaðist efnið mjög vel og virtist lagið lokast nánast strax eftir fyrstu tvær yfirferðirnar. Eftir að búið var að fullvalta efnið þá var yfirborðið orðið mjög slétt og vel lokað. Eins og við völtun á styrktarlaginu þá urðu steinar fljótt núnir við völtunina.

	Mælipunktur 1	Mælipunktur 5	Mælipunktur 9
Fyrir þökkun			
Eftir 2 umferðir			
Eftir þökkun			

Mynd 7. Yfirborð 0-63 mm efnisins fyrir og eftir þjöppun. Efnið þjappaðist mjög vel og varð yfirborðið mjög lokað þegar þjöppun lauk. Ramminn á myndinni er 0,8m x 0,8 m og bil á kvarðanum er 0,1 m.

2.4 Efri hluti burðarlags (10-25 mm)

Lagið var lagt út í 70-90 mm þykkt. Fyrstu tvær yfirferðirnar voru valtaðar með mikilli sveifluhæð og á hægum hraða en 3.-14. yfirferðin voru valtaðar með lítilli sveifluhæð á meiri ferð. Við lok þjöppunar var efsti hluti lagsins frekar laus og yfirborðið opið. Það má skýra með því að efnið var í stærðarflokknum 10-25 mm og því vantar smærri steina og sand til að binda efnið. Þar sem yfirborðið er opið þá sjást á yfirborði einungis stærstu steinar en þar undir eru smærri steinar sem hafa brotnað við völtunina og sytrað niður í lagið. Efnið reyndist ekki nóg til að þekja allan tilraunavegin. Það var því ákveðið að færa mælipunktana nær miðju vegarins svo hægt væri að framkvæma viðeigandi mælingar (sjá mynd 1).

	Mælipunktur 1b	Mælipunktur 5	Mælipunktur 9b
Fyrir þökkun			
Eftir 2 umferðir			Engin mynd til
Eftir þökkun			

Mynd 8. Yfirborð 10-25 mm efnisins fyrir og eftir þjöppun. Efnið þjappaðist nokkuð vel þrátt fyrir að sandefni vantaði í efnið en yfirborðið var nokkuð opið eftir að þjöppun lauk. Ramminn á myndinni er 0,8m x 0,8 m og bil á kvarðanum er 0,1 m.

2.5 Almenn um gerð tilraunapallsins

Almennt má segja að gerð tilraunapallsins hafi gengið mjög vel. Sandfylling stóð vel og ekki varð mikil blöndun á milli fyllingarinnar og styrktarlagsins. Smærri steinar náðu þó að ganga aðeins niður í sandinn. Það komu ekki upp nein vandamál þegar styrktarlagið var lagt yfir sandfyllinguna. Yfirborð styrktarlagsins (0-130 mm) og neðri hluti burðarlagsins (0-63 mm) var að vel lokað. Þegar grafið var í efnið í þessum lögum þá reyndist það vel þétt og erfitt að komast niður í það. Efri hluti burðarlagsins (10-25 mm) þjappaðist ekki eins vel og var efsti hluti þess nokkuð opinn og laus. Lagið er þéttara eftir því sem neðar dregur enda hefur fínna efni bæði sem brotnaði við völtunina og það sem fyrir var í efninu hripað niður og bundið lagið betur saman.. Það sama var að segja um lagmót 0-130 mm og 0-63 mm. Þar varð engin blöndun á milli en erfitt gat verið er að greina skilin í þversniði sérstaklega ef steinastærðirnar á lagmótunum eru svipaðar.



Mynd 9. Þversnið við mælipunkt 1. Efnið er vel þjappað og stendur vel.



Mynd 10. Þversnið við mælipunkt 7. Efnið er vel þjappað og stendur vel.

3. Rannsóknir

Hér er fjallað um rannsóknir sem voru framkvæmdar vegna tilraunarinnar. Rannsóknirnar miðuðu að því að kanna burðarþol, bæði á rannsóknastofu og í vegi ásamt því að kanna niðurbrot við útlagningu efnisins og völtun.

3.1 Kornadreifing

Til að kanna hvort marktækt niðurbrot ætti sér stað í styrktar og burðarlögunum við þjöppunina þá var kornadreifingu efnisins mæld fyrir og eftir þjöppun. Af fyllingunni var látið nægja að taka eitt sýni til að meta kornadreifinguna. Auk þess að mæla kornadreifingu efnisins með hefðbundnum hætti voru gerð svokölluð „ljörva-próf“ á efni úr styrktarlagi (0-130 mm) og neðri hluta burðarlags (0-63 mm) efninu til að mæla fínefnahlutfall undir 0.063 mm

Tafla 5. fjöldi sýna sem tekin voru úr hverju lagi.

Lag í vegi	Fjöldi sýna	
	Fyrir þjöppun	Eftir þjöppun
Fylling (sandur)	1	
Styrktarlag (0-130 mm)	1	2
Neðri hluti burðarlags (0-63 mm)	2	2
Efri hluti burðarlags (10-25 mm)	1	1

3.2 Þjöppun og sig

Til að meta þjöppun og sig í veginum var hæðarmælt á 5 stöðum á fyllingunni. Fyrst var hæðarmælt þegar búíð var að leggja út viðkomandi lag og aftur var mælt þegar búíð var að þjappa tvær umferðir. Að lokum var hæðin mæld þegar fullri þjöppun hafði verið náð. Á fyllingunni og á styrktarlagi (0-130 mm) og neðri hluta burðarlags (0-63 mm) var hæðarmælt á punktum 1, 3, 5, 7 og 9 en á efri hluta burðarlags (10-25 mm) var mælt á punktum 1b, 3b, 5, 7b og 9b (sjá mynd 1).

3.3 Burðarþolsmælingar með falllóði og plötuprófi

Mælt var með falllóði á punktum 1-9 á styrktarlagi og neðri hluta burðarlags. Þá var einnig mælt á punktum 1b, 2b, 3b, 4b, 5, 6b, 7b, 8b og 9b á lagi 10-25 mm (sjá mynd 1). Mælt var með falllóði frá Kuab sem veitir 50 kN höggálag á plötu sem er 0,3 m í þvermál.

Gerðar voru þrjár mælingar með plötuprófi og var mælt við punkta 1, 5 og 9 á lagi 10-25 mm. Álag var keyrt með tveimur álagsröðum á plötu sem er 0,3 m í þvermál og reiknuð E gildi fyrir hvora álagsröð.

3.4 CBR-próf og proctor próf

Burðarþol neðri hluta burðarlagsins (0-63 mm) var mælt með CBR-prófi á tilraunastofu. Pakkað var í 6" CBR-mót og var efni < 19 mm notað. Við þjöppunina var mæld rúmþyngd á móti raka.

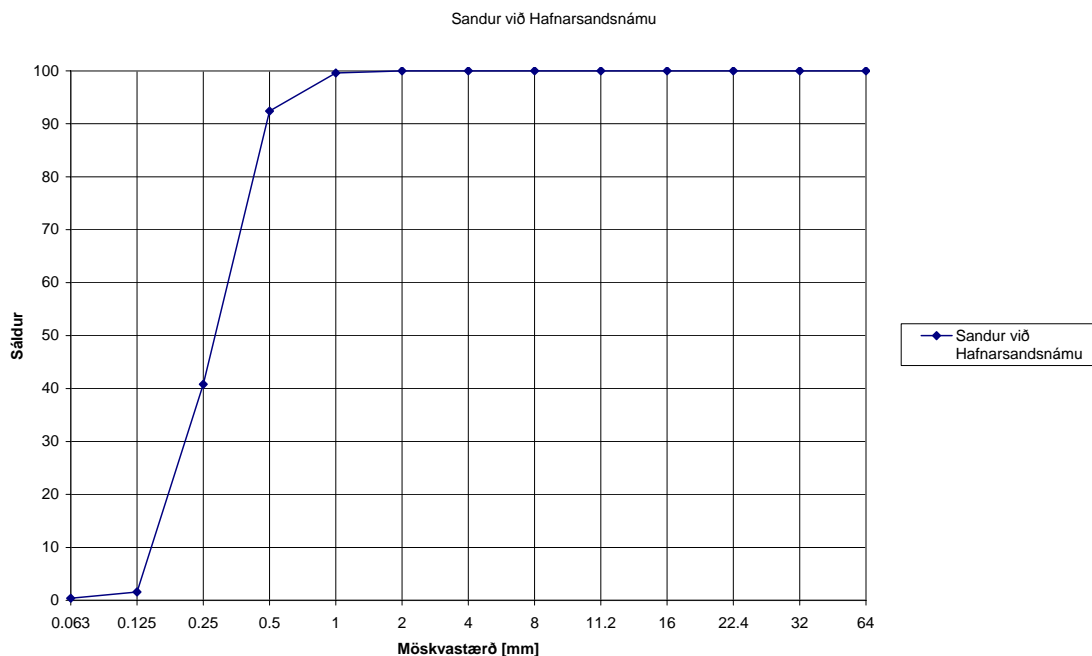
4. Niðurstöður

Hér á eftir er gerð grein fyrir helstu niðurstöðum úr þeim prófunum og mælingum sem voru gerðar. Tölulegar upplýsingar niðurstaðna er að finna í viðauka A.

4.1 Kornadreifing

4.1.1 Fylling

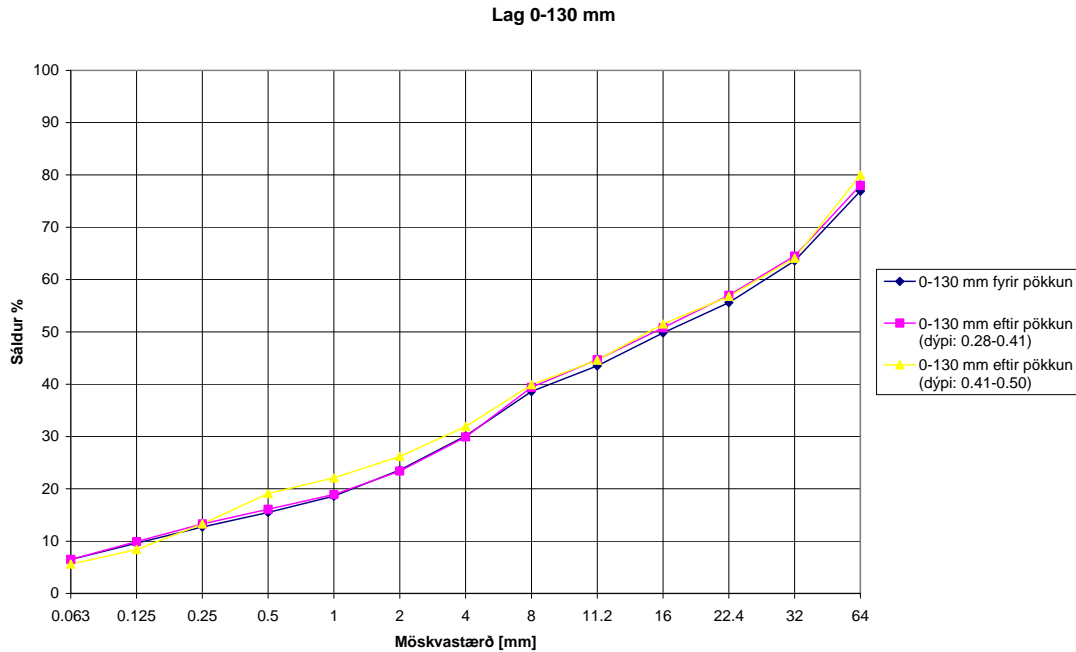
Sandurinn sem var notaður í fyllinguna reyndist vera tiltölulega einskorna og lendir 98% af efninu á milli möskvastærðar 0,125 mm- 1 mm (mynd 11). Kornadreifing er eins og við er að búast af foksandi. Mest öll fínefni hafa fokið úr setinu en vindur hefur ekki að borið stærri korn að svæðinu. Það að efnið sé svo fínt getur leitt til vandræða með að keyra á efninu þar sem sandurinn er gljúpur sérstaklegar þegar hann er þurr eða of blautur. Á mótí kemur að sandkornin eru hrjúp og köntótt sem eykur stöðugleika sandsins



Mynd 11. Kornadreifing fyllingarefnis

4.1.2 Styrktarlag (0-130 mm)

Eitt sýni var tekið fyrir þjöppun og tvö sýni úr laginu eftir þjöppun. Annað var tekið efst í laginu á 0,13 m bili en hitt þar fyrir neðan. Ekki reyndist vera marktækur munur á efninu fyrir og eftir þjöppun. Reyndar kemur fram smá sandhlykkur í sýninu sem var tekið úr neðri hluta lagsins en það er mögulegt að sandur úr fyllingunni hafi getað smitað sýnið. Athygli vekur hversu hátt hlutfall er af fínefnum og sandi í efninu þegar það er haft í huga að um malað ferskt basaltgrjót er að ræða. Þetta stafar af því að bergið hefur lágan styrk og molnar það því mikið niður í smáar kornastærðir við vinnslu.



Mynd 12. Kornadreifing styrktarlagsefnis (0-130 mm).

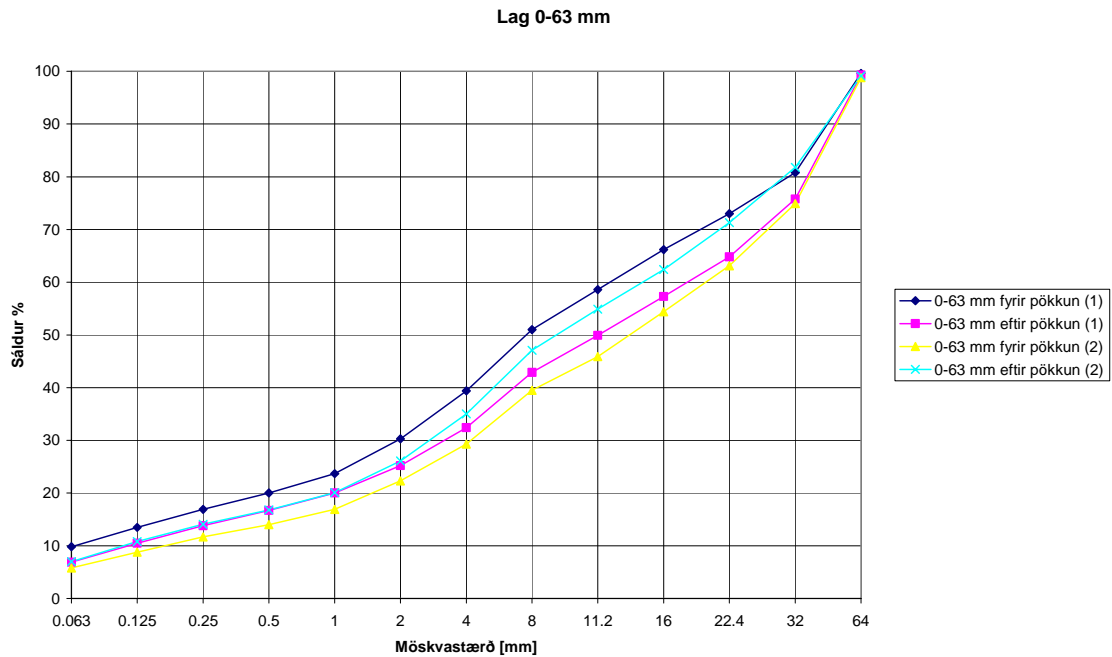
Efnið reyndist hafa nokkuð hátt fínefnahlutfall en á milli 5,6-6,5% voru undir 0,063 mm. Þá var einnig mjög hátt hlutfall fínefna undir 0,02 mm mælt sem hlutfall af stærðarflokknum 0-20 mm (tafla 6) eða 6,4-7,9%. Það á við bæði fyrir og eftir þjöppun sem bendir til þess að hætta geti verið á því að efnið sé frostnæmt. Þetta hlutfall er fyrir ofan þau mörk sem sett eru fram í Alverki 95.

Tafla 6. Hlutfall fínefna í styrktarlag (0-130 mm)

	<0,063 mm %	<0,020 mm %	hlutfall fínefna <0,020 mm í stærðarflokknum 0-20 mm
Styrktarlag (0-130 mm) Fyrir þökkun	6.5	4.2	7.9
Styrktarlag (0-130 mm) 0,12-0,41 m Eftir þökkun	6.5	Ekki gert ljörva-próf á þessu sýni.	
Styrktarlag (0-130 mm) 0,41-0,50 m Eftir þökkun	5.6	3.5	6.4

4.1.3 Neðri hluti burðarlags (0-63 mm)

Tvö sýni voru tekin af efninu fyrir og eftir þjöppun. Sýnin eru rík af fínefnum og sandi eins og í 0 – 130 mm efninu en nokkur munur var á sýnunum. Eitt sýnið (1), sem var tekið fyrir þjöppun, reyndist vera afbrigðilegt með mjög hátt hlutfall fínefna og mun herra en í hinum þremur sýnunum sem voru tekin (mynd 13). Hér getur verið um breytileika í sýnatöku að ræða. Ef hin sýnin eru eingöngu skoðuð þá er ekki ýkja mikill munur á kornadreifingu sýnanna. Það virðist þó koma fram eitthvað niðurbrot en það gæti þó einnig skýrst af mismunandi kornadreifingu í efninu almennt sbr. niðurstöðu sýnis fyrir þjöppun (1).



Mynd 13. Kornadreifing fyrir 0-63 mm burðarlagsefni.

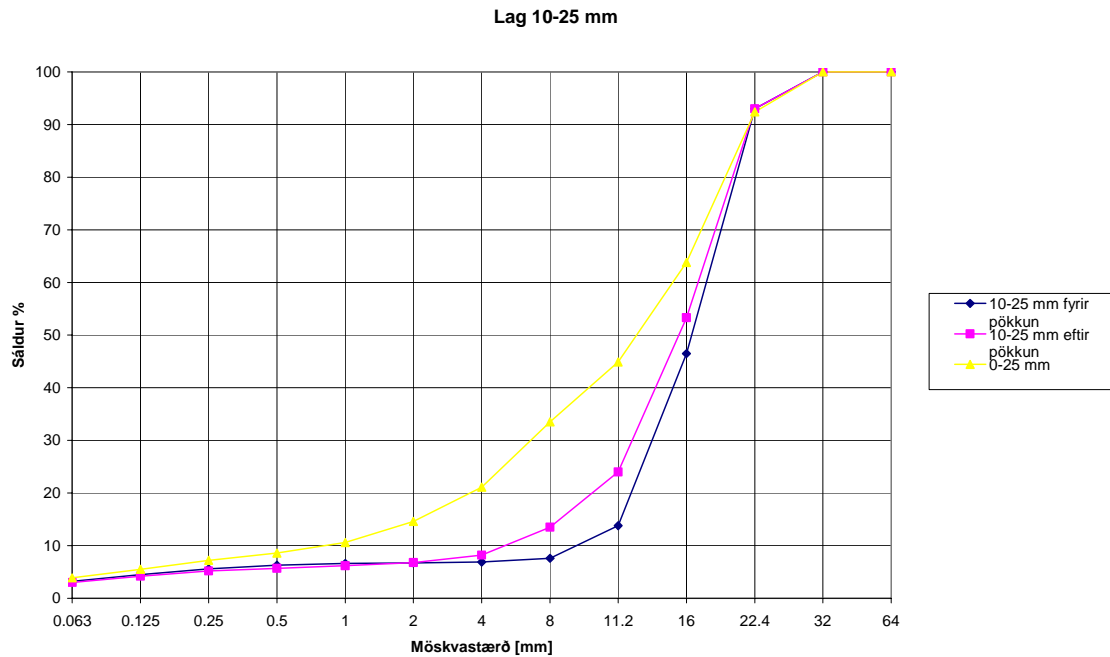
Efnið reyndist hins vegar hafa nokkuð hátt fínefnahlutfall en á milli 5,8-9,8% voru undir 0,063 mm. Þá var einnig mjög hátt hlutfall fínefna undir 0,02 mm bæði fyrir og eftir þjöppun eða 6,4-7,9% í stærðarflokknum 0-20 mm (tafla 7) sem bendir til þess að hætta geti verið á því að efnið sé frostnæmt. Þetta hlutfall er fyrir ofan þau mörk sem sett eru fram í Alverki 95.

Tafla 7. Hlutfall fínefna í neðri hluta burðarlags

		<0,063 mm %	<0,020 mm %	hlutfall fínefna <0,020 mm í stærðarflokknum 0-20 mm
1	Neðri hluti burðarlags (0-63) Fyrir þökkun	9.8	5.6	7.9
1	Neðri hluti burðarlags (0-63) Eftir þökkun	5.8	3.8	6.4
2	Neðri hluti burðarlags (0-63) Eftir þökkun	6.9	4.3	7.1
3	Neðri hluti burðarlags (0-63) Eftir þökkun	7.0	4.4	6.6

4.1.4 Efri hluti burðarlags (10-25 mm)

Ákveðið var opna kornadreifingu efnisins og nota 10-25 mm efni í efra hluta burðarlagsins í stað 0-25 mm og var ástæðan fyrir þeirri ákvörðun sú að markmiðið var að kanna hversu mikið efni myndi brotna niður fyrir 10 mm í þvermál við þjöppun. Eitt sýni var tekið fyrir og annað eftir þjöppun. Vegna þess að það vantaði efni undir 10 mm þá má telja líklegt að hluti efnisins sem hefur brotnað mest niður hafi sest á lagmót efri og neðri hluta burðarlags. Það er líklegt að við sýnatöku á 10-25 mm efninu komi ekki fram fínasti hluti efnisins því ekki þótti ráðlegt að skafa ofan af lagmótunum við sýnatökuna vegna hættu á að efni hefði getað borist úr neðra laginu í það efra. Reyndist vera góð kornadreifing í efninu og er fínefnahlutfall undir 0,063 mm á bilinu 3-3,2%.



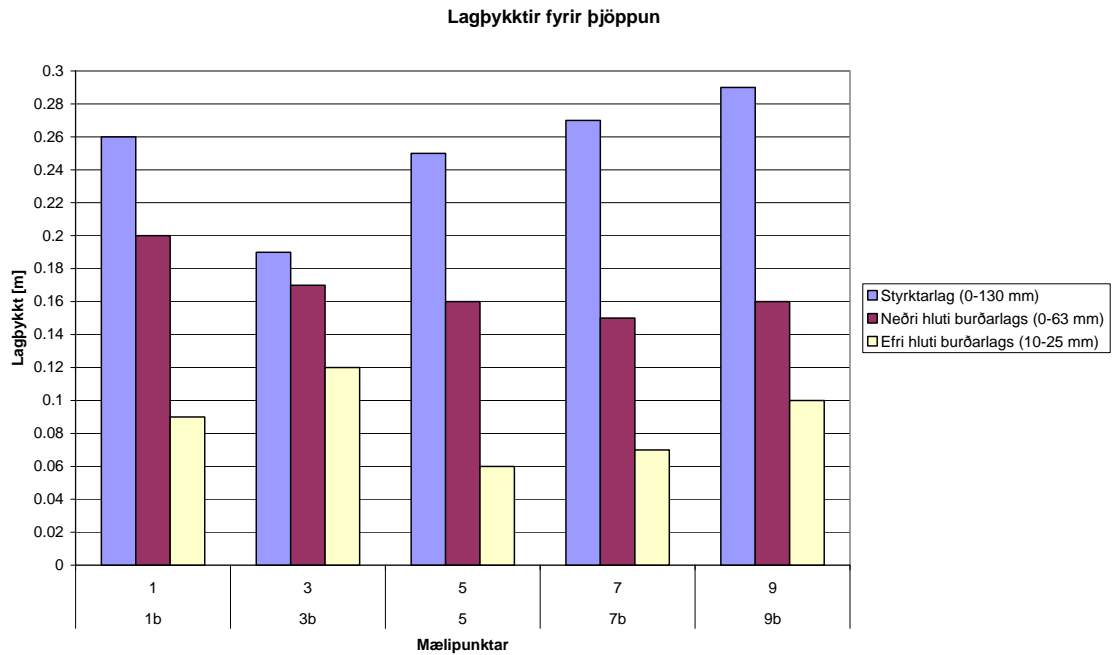
Mynd 14. Kornadreifing fyrir 10-25 mm efni og 0-25 mm efni.

Við þjöppunina hefur eitthvað niðurbrot átt sér stað en nánast enginn munur er á efninu fyrir neðan 2 mm í þvermál hvort sem um er að ræða fyrir eða eftir þjöppun. Það gæti hugsanlega skýrst af því að við sýnatökuna var ekki tekið efni alveg við lagmót næsta lags þar sem hætta var á því að efni úr neðra laginu gæti borist í sýnið. Einnig var mæld kornadreifing fyrir efri hluta burðarlagsins áður en efni undir 10 mm hafði verið tekið undan því (0-25 mm) og reyndist það efni hafa ágætis kornadreifingu en athygli vekur að ekki er umtalsverður munur á milli kornadreifingar 0-25 mm og 10-25 mm á fínustu sigtunum. Efnið er malað úr blöðróttu yfirborðslagi hraunsins frá Heiðinni há sem hefur, eins og áður sagði, meiri styrk en grjótið sem var malað í önnur lög vegarins.

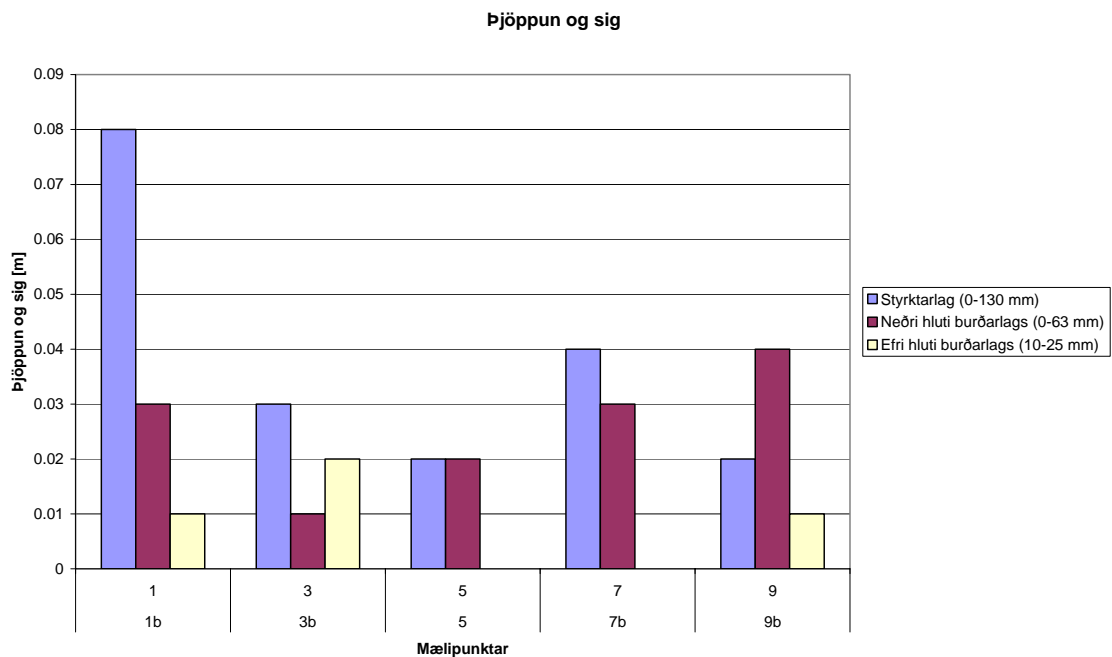
4.2 Þjöppun og sig

Til að áætla hversu mikil þjöppun hefur orðið í efninu þá var yfirborð hvers lags hæðarmælt bæði fyrir og eftir þjöppun. Mismunur á hæð fyrir og eftir þjöppun er þá hvoru tveggja hversu mikið efnið hefur þjappast og hversu mikið undirliggjandi lög hafa sigið við þjöppunina.

Lagþykkt styrktarlagsins (0-130 mm) varð heldur minni en lagt var upp með en meðalþykkt lagsins er um 0,25 m fyrir þjöppun en gert var ráð fyrir að lagþykktin yrði 0,30 m eftir að fullri þjöppun væri náð. Við þjöppunina með titurvaltunum lækkaði yfirborð styrktarlagsins um 0,04 m að meðaltali sem má túlka sem þjöppun og sig í styrktarlaginu og fyllingunni. Það vekur þó nokkra athygli að mesta hæðarbreytingin við mælipunkt 1 (mynd 16) er 0,08 m. Annarstaðar er hún á bilinu 0,02-0,04 m.



Mynd 15. Lagþykktir fyrir þjöppun mældar með hallamæli. Neðri röð mælipunkta eru þeir staðir þar sem lagþykkt efri hluta burðarlags var mæld. Hin lögín eru mæld á mælipunktum í efri röð.



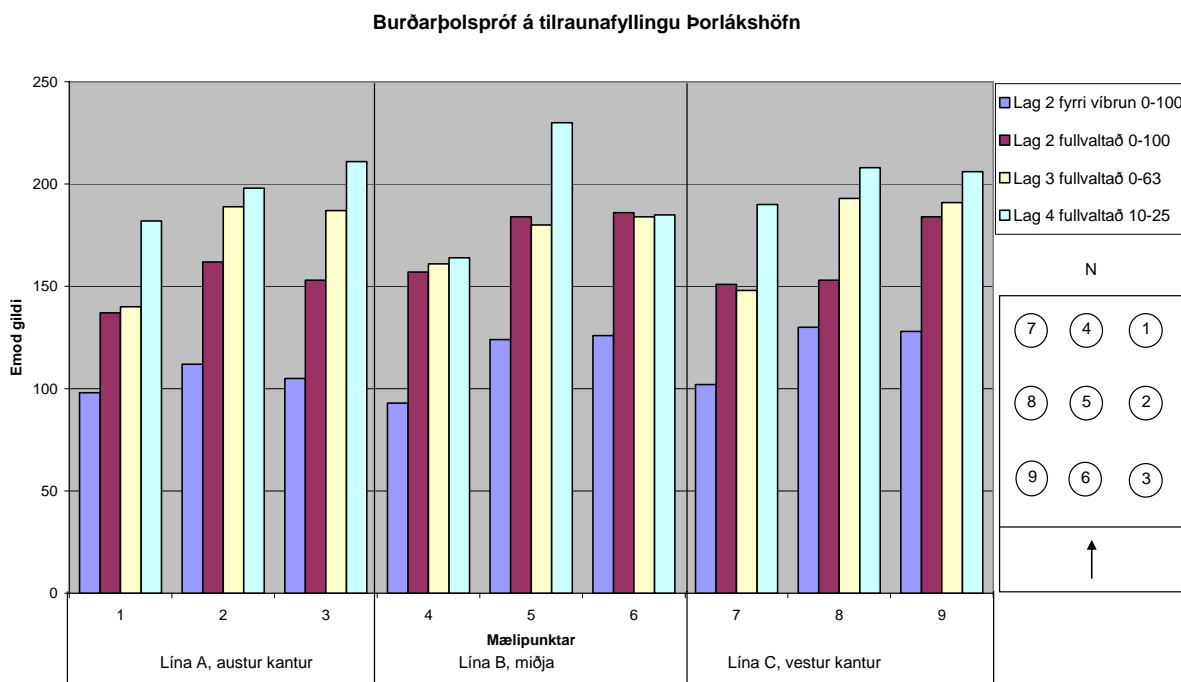
Mynd 16. Áætluð þjöppun og sig mæld eins og hún reiknast út frá hæðarmælingu. Neðri röð mælipunkta eru þeir staðir þar sem lagþykkt efri hluta burðarlags var mæld á. Hin lögín eru mæld á mælipunktum í efri röð.

Meðalþykkt neðri hluta burðarlagsins (0-63 mm) fyrir þjöppun reyndist vera um 0,17 m en ráðgert hafði verið að þykktin eftir þjöppun yrði 0,12 m. Við þjöppun með titurvaltanum lækkaði yfirborð neðri hluta burðarlagsins að meðaltali um 0,03 m. Engin einn mælipunktur sker sig úr hvað varðar sig og þjöppun en annar (mynd 16).

Efri hluti burðarlagsins var að meðaltali 0,08 m á þykkt fyrir þjöppun en ráðgert hafði verið að lagið yrði 0,10 m eftir þjöppun. Við þjöppunina þá reyndist sig og þjöppun vera að meðaltali 0,01 en mælingar gáfu niðurstöður á bilinu 0,00-0,02 m (mynd 16).

4.3 Burðarþol mælt með falllóði

Burðarþol var mælt með falllóði Vegagerðarinnar. Niðurstöður koma fram á mynd 17. E-módúl gildi eftir lokþjöppun efri hluta burðarlags (lags 4, mynd 17) er að meðaltali um 200 MPa. Það er sú krafa sem gerð yrði til niðurstaðna mælinga þegar komið er slitlag. Þessar niðurstöður benda því til þess að nægilegt burðarþol geti náðst með þessari uppbyggingu.



Mynd 17. Niðurstöður falllóðsmælinga á tilraunavegi

4.4 Burðarþol mælt með Plötuprófi

Mælt var á þremur stöðum á fyllingunni, við mælipunkta 1, 5 og 9. Samkvæmt plötuprófinu stenst tilraunavegurinn í öllum þremur mælipunktunum kröfur Alverks 95 og leiðbeiningarits um burðarþol en kröfurnar eru $E_2/E_1 < 3,5$ og $E_2 < 100$ MPa. Niðurstöður úr plötuprófinu er að finna í töflu 8. Þrátt fyrir lágan styrk efnisins þá virðist vera að þökkunin verði mjög góð þegar efnið er valtað enda er efnið með jafna kornadreifingu og gnægð sands og fínefna sem fylla upp í holrými sem verður á milli stærri steina í styrktar- og burðarlaginu.

Tafla 8. Niðurstöður úr plötuprófi á mælipunktum 1, 5 og 9.

Mælipunktur	E2 [MPa]	E2/E1
1	120	1,85
5	110	1,57
9	110	1,69

4.5 CBR og proctor próf

CBR próf var framkvæmt á neðri hluta burðarlagsins (0-63 mm) en eingöngu á þeim hluta efnisins sem er minni en 19 mm. Pakkað var í 6" CBR-mót og var efni < 19 mm notað. Rúmþyngd efnisins breytist lítið með raka og reyndist optimal raki vera 7,8 % samkvæmt proctorprófi en þá blæddi efnið vel (tafla 9). Hæsta gildi í CBR prófinu náðist þegar prófað var við 7,4 % raka en þá var CBR gildið 245 sem er vel yfir kröfum í Alverk 95 og óútgefnu leiðbeiningariti um efnisrannsóknir og efniskröfur. Lágmarkskröfur fyrir efra burðarlag er CBR 70 (m.v. 5,08 mm). Niðurstöðurnar gefa þó til kynna að niðurstöður CBR prófsins eru verulega háðar raka við þjöppun eins og sjá má í töflu 9.

Tafla 9. Niðurstöður úr CBR prófi fyrir efni <19 mm úr neðri hluta burðarlags (0-63 mm) eftir þökkun.

Raki [%] við þjöppun (Proctorpróf)	Þurr rúmþyngd	Raki [%] við prófun (CBR-próf)	CBR (2,54 mm)	CBR (5,08 mm)
2,3	2250	9,0	35	44
4,4	2281	8,4	91	94
6,4	2331	7,4	221	245
7,8	2359	8,1	118	149

5. Umræða

Efnismöguleikar til Vegagerðar, í nágrenni Þorlákshafnar eru ekki margir. Einu lausu jarðlögin eru foksandur og fíngerður fjörusandur og er sandurinn einungis nothæfur í fyllingar. Hraun frá Heiðinni há myndar þann berggrunn sem Þorlákshöfn stendur á og nær það langleiðina vestur að Selvogi. Hraunið frá Heiðinni há hefur komið illa út úr styrkleika- og slitþolssprófunum (LA-próf, Bg (mod) og kúlnakvarnapróf) og eru niðurstöður þessara prófa undir þeim mörkum settar eru fram í óútgefnum „Leiðbeiningum um efnisrannsóknir og efniskröfur“.

Tilraunapallurinn reynist hins vegar koma ágætlega út í burðarþolsprófunum og uppfyllir kröfur Alverks 95 og leiðbeiningaritsins um CBR-próf og plötupróf. Þá kemur pallurinn einnig ágætlega út þegar burðarþol hans er mælt með falllóði. Niðurstöður CBR prófs benda til þess að mikilvægt sé að þjappa veginn við rétt rakastig.

Það verður að telja nokkuð vænlegt að byggja upp veg eins og tilraunapallurinn var byggður upp. Þrátt fyrir að sandurinn sem var notaður í fyllingarnar hafi verið mjög fínkorna þá virðist hann standa vel og ekki er að sjá að mikið sig hafi orðið á fyllingunni ef frá er talið sig og þjöppun við mælipunkt 1. Í þversniði sem var tekið af tilraunaveginum var ekki að sjá að sandurinn gengi upp í styrktarlagið og einungis stærri steinar úr styrktarlaginu kýldust niður í sandinn.

Það er hins vegar áhyggjuefni hve mikið efnið úr námunum brotnar niður í fínefni og er yfir mörkum bæði ef miðað er við fínefnahlutfall fyrir neðan 0,063 mm og 0,02 mm. Þó eðli fínefnanna hafi ekki verið rannsakað sérstaklega, má gera ráð fyrir að ekki sé mikið af þenjanlegum, vatnsdrægum leirsteindum í því. Einnig mun vegur sem byggður verður á milli Þorlákshafnar og Selvogs standa á traustri undirstöðu. Að mestu leyti á yfirborði dyngjuhraunsins frá Heiðinni há sem og dyngjuhrauns frá Selvogsheiði. Hraunin eru mjög lek enda er ekkert vatn á yfirborði þeirra. Sandurinn sem víða situr ofan á hrauninum hefur einnig háa lekt. Þá er efnið sem notað er í veginn gropið. Þetta gerir það verkum að gera má ráð fyrir að vegurinn muni afvatna sig mjög vel. Því mun vatn ekki verða til staðar í burðarlögum vegarins og því er ólíklegt að íslinsur muni myndast í veginum þrátt fyrir nokkuð hátt fínefnahlutfall.