

Bjarni Bjarnason  
82/01



**ORKUSTOFNUN**  
NATIONAL ENERGY AUTHORITY

GREINARGERÐ  
RANNSÓKNIR Á SETLÖGUM Í EIÐSSTABABUNGU

Bjarni Bjarnason  
Bj.Bj. -82/01

Nóvember 1982

GREINARGERÐ  
RANNSÓKNIR Á SETLÖGUM Í EIDSSTADABUNGU

Bjarni Bjarnason  
Bj.Bj. -82/01

Nóvember 1982

Orkustofnun  
Vatnsorkudeild  
1982-11-08

Greinargerð  
Bj.Bj.-82/01

RANNSÓKNIR Á SETLÖGUM Í EIÐSTAÐABUNGU.

I. Rannsóknir vorið 1982.

Vorið 1982 voru rannsökuð 22 setlagasýni úr borholu BV-20 í Eiðstaðabungu við Blöndu. Undanfari rannsóknanna var söfnun heimilda um síkar rannsóknir erlendis. Góðar upplýsingar og lýsingar á tilraunum bárust frá Noregi en Norðmenn hafa einna mest sinnt slíkum rannsóknum.

Í Noregi er þenjanlegur leir nær eingöngu bundinn við fyllingar í sprungum og misgengjum. Fyllingarnar eru yfirleitt þunnar (nokkrir cm til nokkrir tugir cm) og nokkuð skörp skil milli fyllingar og grannbergs. Styrkur leirsins (leirmagn á rúmmálseiningu sbr. efnafræðihugtakið) í fyllingunni getur verið mikill en lítill sem enginn utan hennar.

Hér á landi er þenjanlegur leir einkum í gömlum (tertiérum) setlögum sem liggja nærrí láréttu. Lögin eru mjög misþykk, frá nokkrum cm upp í nokkra tugi metra. Leirinn er nokkuð jafndreifður innan hvers lags eða lageiningar. Styrkur hans er mjög misjafn frá einu lagi til annars eða einni lageiningu til annarrar en er þó sennilega hvergi mjög hár ef miðað er við norskar aðstæður.

Við prófanir á sýnum úr BV-20 var stöðluðum norskum aðferðum beitt að mestu óbreyttum. Þó var brugðið verulega út af að einu leyti. Í Noregi er finefnið úr sýnum (fínna en 0,02 mm) einangrað og prófað sér en fyllingaefnið ekki prófað í heild. Vegna þess hve leirinn virðist jafndreifður um sýnin hér á landi var brugðið á það ráð að finmala og fullmala sýnin og prófa þau þannig án þess að einangra leirinn. Sum prófanna eiga sér ekki norskan föður heldur eru samin hér.

Öll sýnin voru tekin úr borkjarna sem staðið hafði nokkra mánuði í upphitaðri kjarnageymslu og var hann því þurr. Þurrt, finmalað sýni á lítið skyld við efnið rakamettað í náttúrulegu ástandi í Eiðstaðabungu. Niðurstöður prófananna gefa því að svo komnu máli litla hugmynd um eiginleika laganna í vinnslu.

Eftirtaldar prófanir voru gerðar:

1. Röntgengreining leirs.
2. Ödometerpróf, þensla og þenslubrýstingur.
3. Frjáls þensla.
4. Rakainnihald.
5. Rýrnun.
6. Hegðun sýna í vatni.

1. Röntgengreining leirs.

XRD greining leirs til tegunda. Öll sýnin reyndust innihalda smektit, sem er þenjanlegur leir, en í mjög misjöfnum mæli. Greiningin var ekki magnbundin.

2. Ödometerpróf.

A. Þensla: Notaður standard ödometer (sigmælir). Efni finmalað og fullmalað gegnum 125 míkróm. sigti. Pakkað þurrt í ödometer við 20 kg/cm<sup>2</sup> í tvær klst. Vatni hleypt á og þensla mæld sem fall af tíma. Öll sýnin látin þenjast jafn lengi, 2 klst.

B. Þrýstingur: Þanið sýni fergt í þrepum þar til upphaflegu rúmmáli er náð. Þrýstingur sá sem þarf til að halda rúmmáli stöðugu við upphaflegt gildi skilgreindur sem þensluþrýstingur sýnis.

3. Frjáls þensla.

Ákveðið rúmmál af finmöluðu, lauspökkuðu efni látið botnfalla í vatns-súlu í mæliglassi. Frjáls þensla er  $\frac{\text{rúmmál í vatni}}{\text{rúmmál þurrt}} \times 100\%$

4. Rakainnihald.

Ákvörðun á rakainnihaldi sýna er þau koma úr ödometer.

5. Rýrnun.

Breytingar á þvermáli sýna við þurrkun.

6. Hegðun sýna í vatni.

Moli af vel þurrum kjarna, u.p.b. 1 cm<sup>3</sup>, er settur í kalt vatn og hegðun hans lýst fyrstu 2 mínúturnar. Eftir það er sýninu náið milli fingra og áhrifunum lýst. Lýsingarnar eru dregnar saman í 4 flokka með hliðsjón af útkomu úr ödometerprófum.

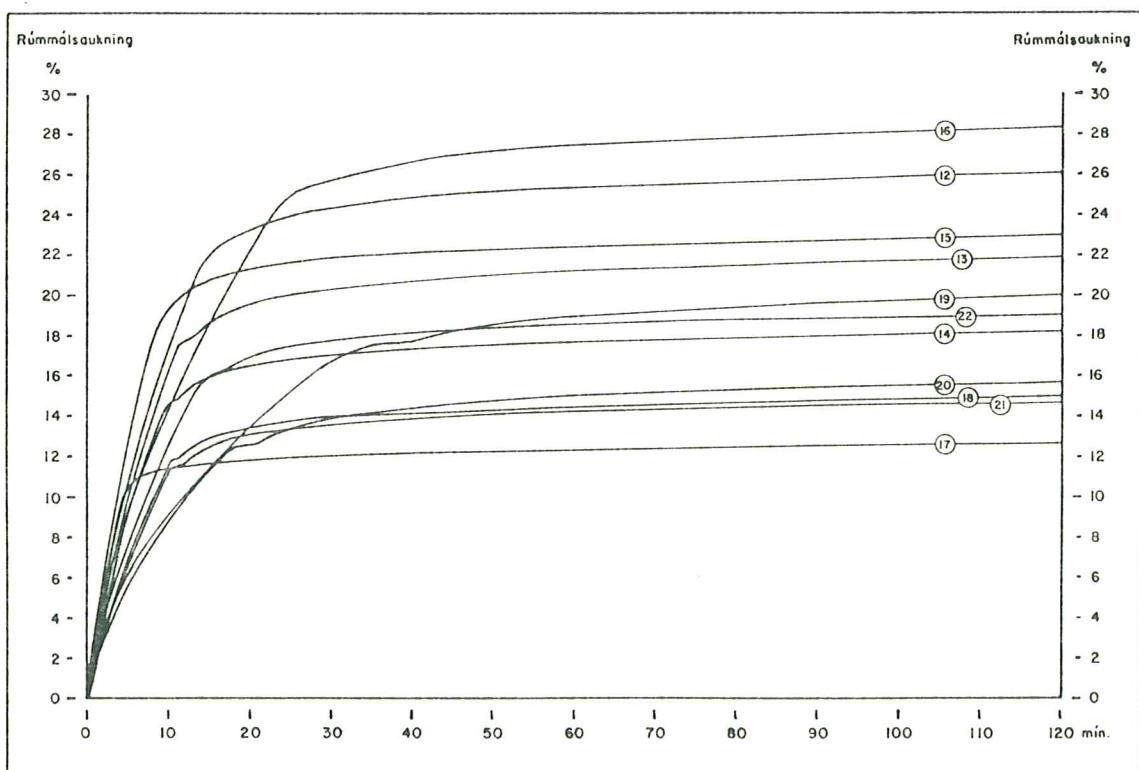
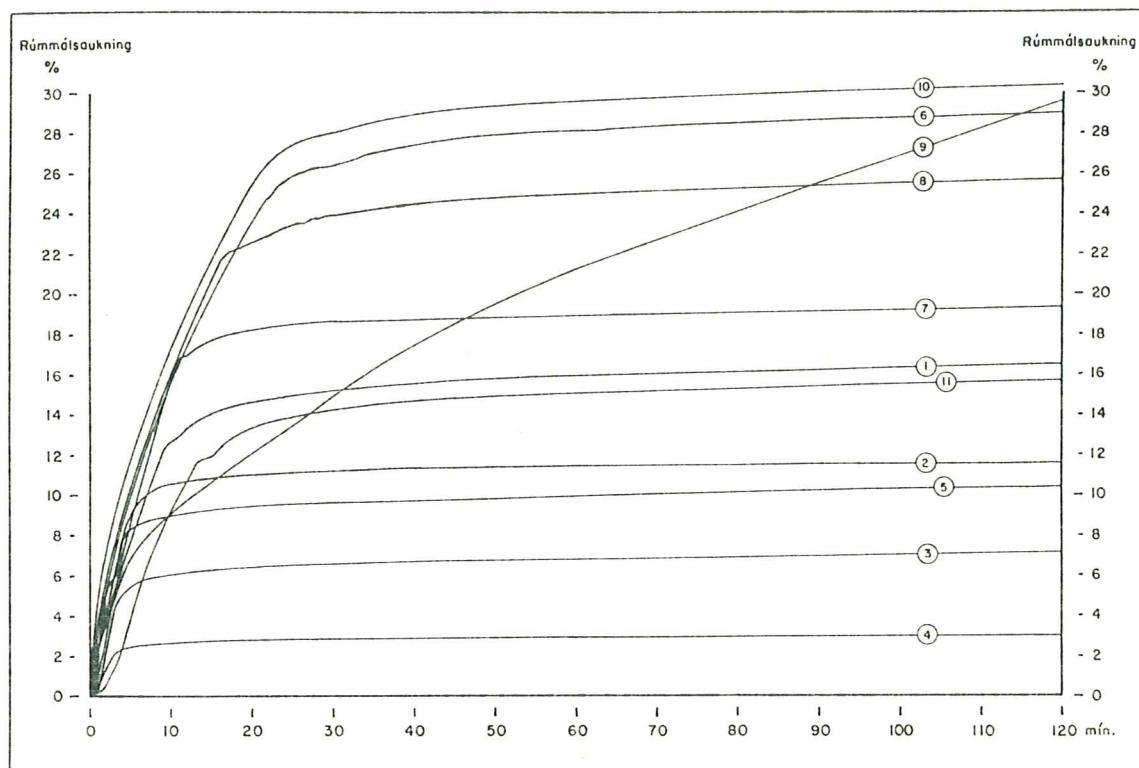
Í töflu I eru niðurstöður prófana dregnar saman.

Myndir 1-6 sýna ýmis innbyrðis tengsl prófana.

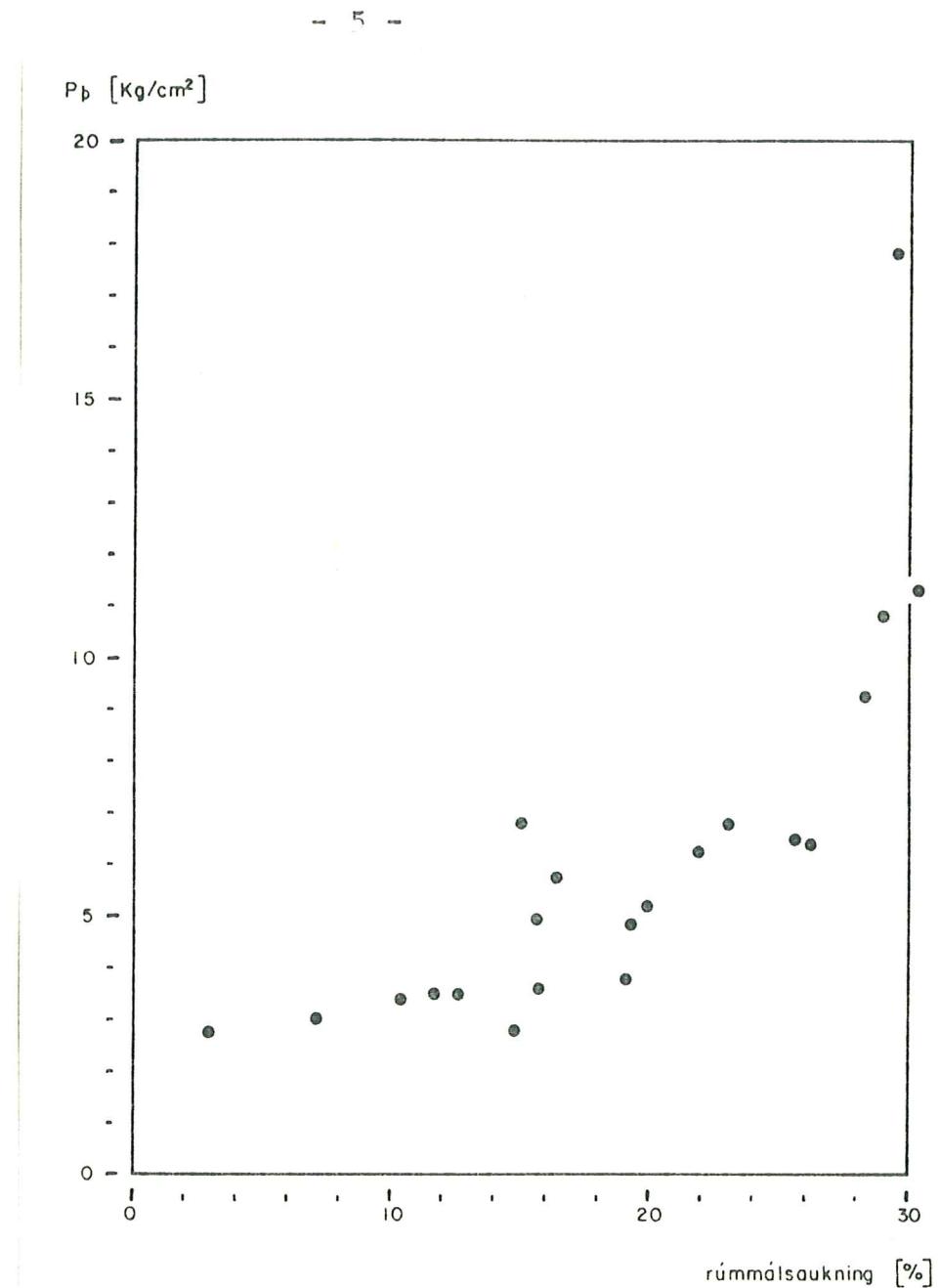
Stuttleg lýsing sýna er í sýnaskrá I.

TAFLA I Niðurstöður prófana úr BV-20

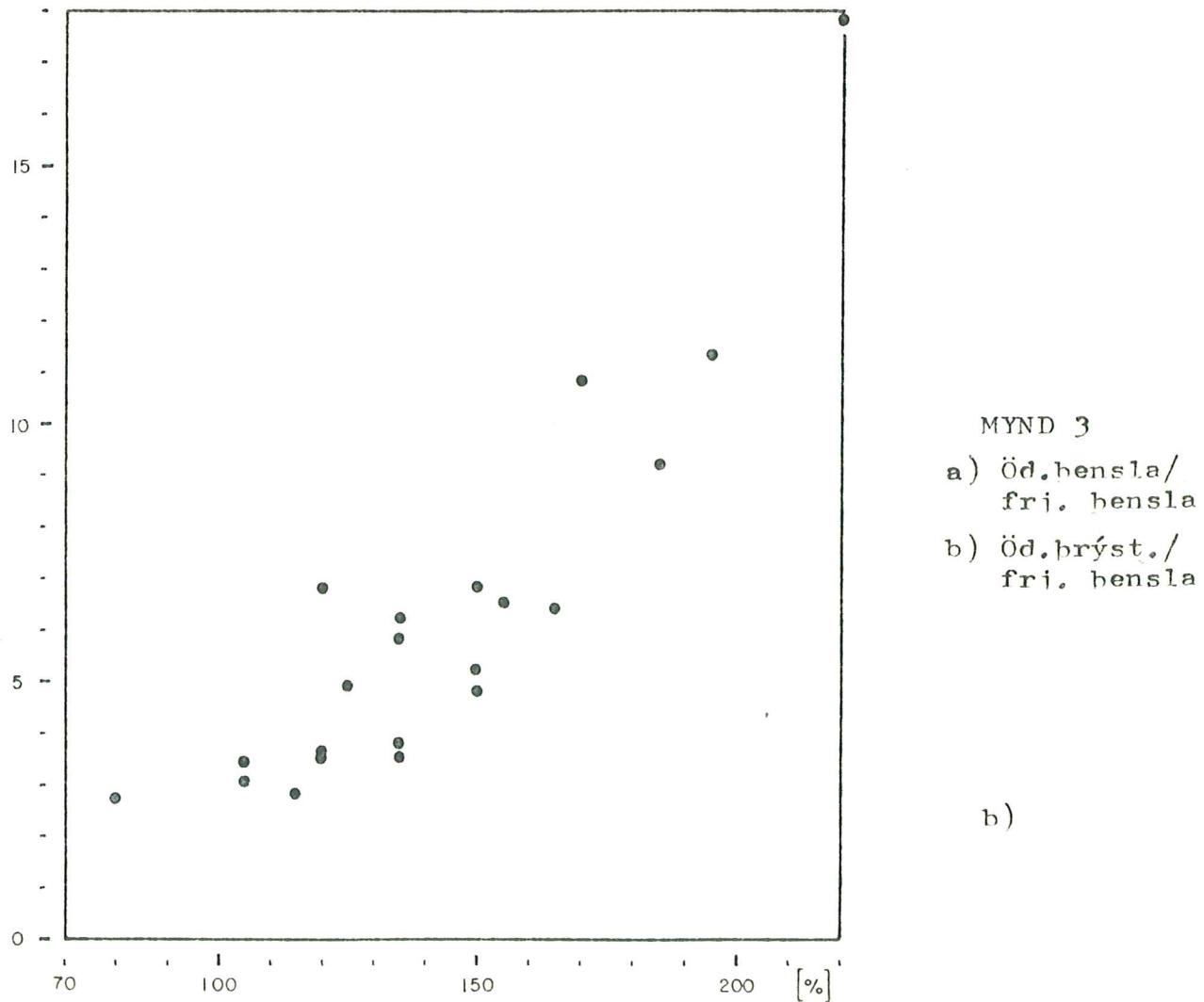
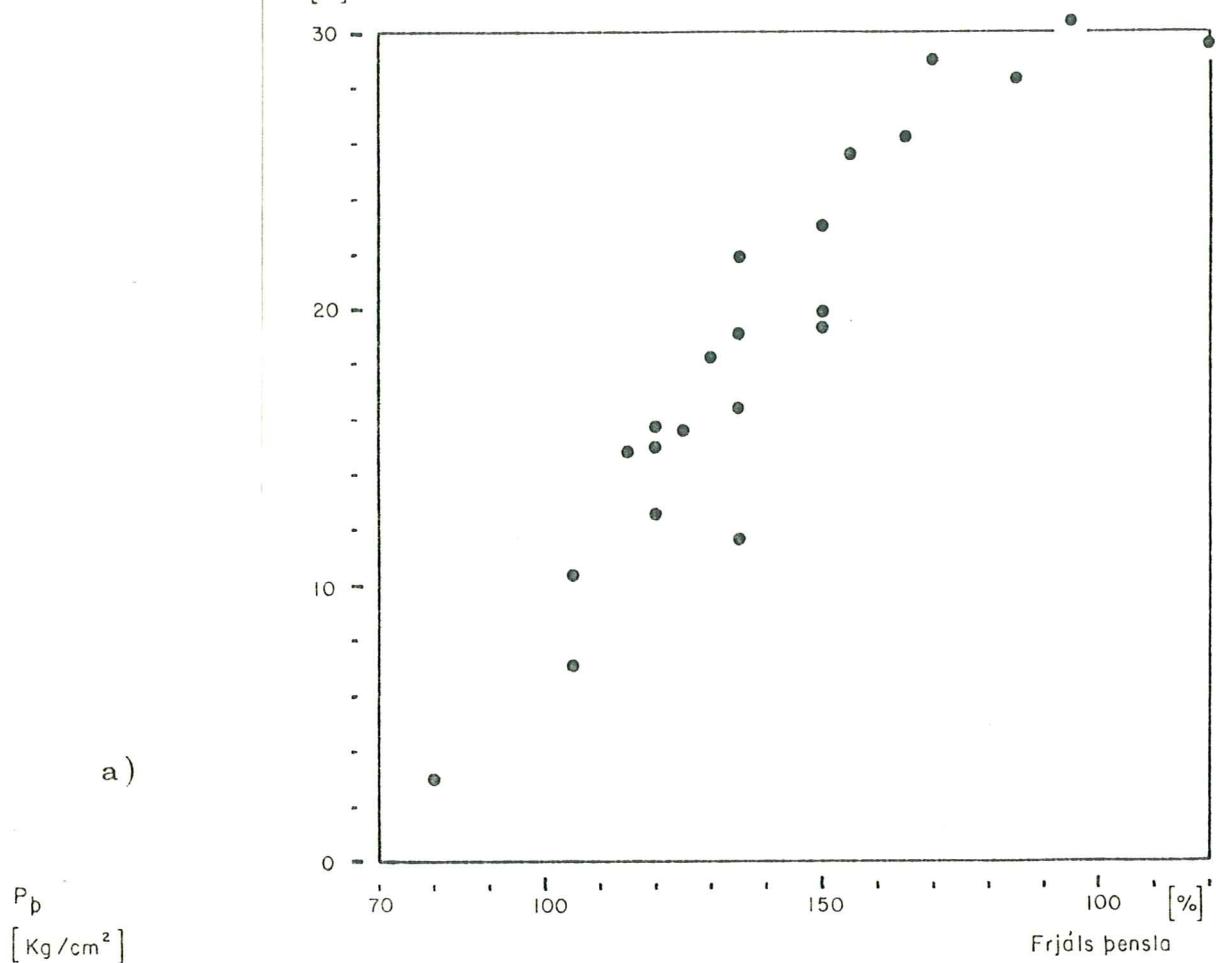
dýpi (m)	H.Y.s. (m)	þykkt (m)	númer sýnis (m)	dýpi sýnis (m)	ödometer bensla (%)	ödometer þrýst. (kg/cm <sup>2</sup> )	frjáls bensla (%)	flatarmál röntgen- topps	rakainni- hald (%)	rýrnun (%)	heðan í vatni flokkur
18	19	348,7 326,6	1	1	19	16,4	5,7	135	7,1	52,3	5,9
37,1		2	37,75	11,7	3,5	135	1,7			1,1	2
		3	40,8	7,1	3,0	105	1,7	49,8	2,3	2	
	17,5	4	44,5	3,0	2,7	80	1		1,2	1	
54,6	312,1	5	49,3	10,4	3,4	105	5,7	63,5	4,8	2	
42,2	94,4	274,5 272,3	7,2	6	29,0	10,8	170	9,5		12,7	4
90,1	267,6	7	101,4	19,3	4,8	150	21,5	55,9	10,9	3	
110,9	255,8	8	107,6	25,6	6,5	155	22,1	56,5	12,8	4	
120,7	246,0	9	120,9	29,5	17,8	220	16,4		13,9	4	
124,7	242,0	10	123,6	30,4	11,3	165	13,1	49,9	13,9	4	
139,4	223,7 227,3	0,4	11	139,2	15,6	4,9	125	4,4	18,4	4,3	2
147,5	214,2	12	149,0	26,2	6,4	165	22,4	49,8	12,2	4	
151,6	215,1	13	151,2	21,6	6,2	135	10,6	51,4	9,9	3	
163,5	203,2	14	165,0	18,2	6,916	130	2,6	53,9	9	3	
		15	169,1	23,0	6,8	150	3,1	52,6	8,7	3	
171,0	165,7	16	170,45	28,3	9,2	185	8,8		13,4	4	
179,5	167,7 187,2	0,5	17	179,4	12,6	3,5	120	9		6,4	3
203,4	163,3	18	204,25	15,0	6,8	120	9,5	48,5	6,6	2	
208,8	157,9	19	208,6	19,9	5,2	150	7,6	47,5	8,2	3	
213,6	153,1 152,7	0,4	20	213,75	15,7	3,6	120	3,3	44,2	6,6	3
261,3	105,4	21	261,6	14,8	2,8	115	10,8	49,2	6,8	2	
262,9	103,8	22	262,7	16,1	3,8	135	13,2	47,8	8,9	3	
Ferskt ólivín basalt		23		0,02	0,015	90		18,2	0,0		



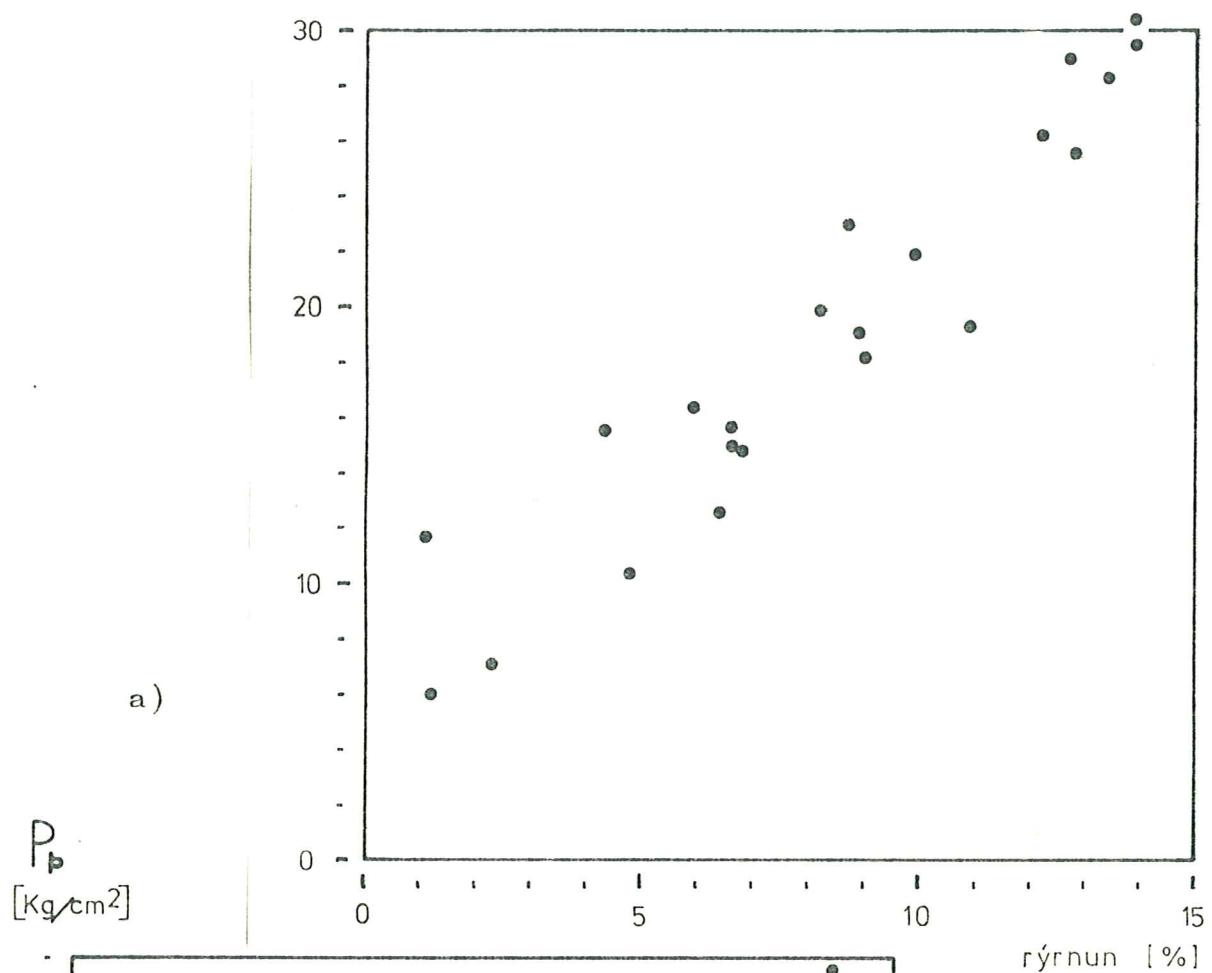
MYND 1. Ödometerþensla/tími



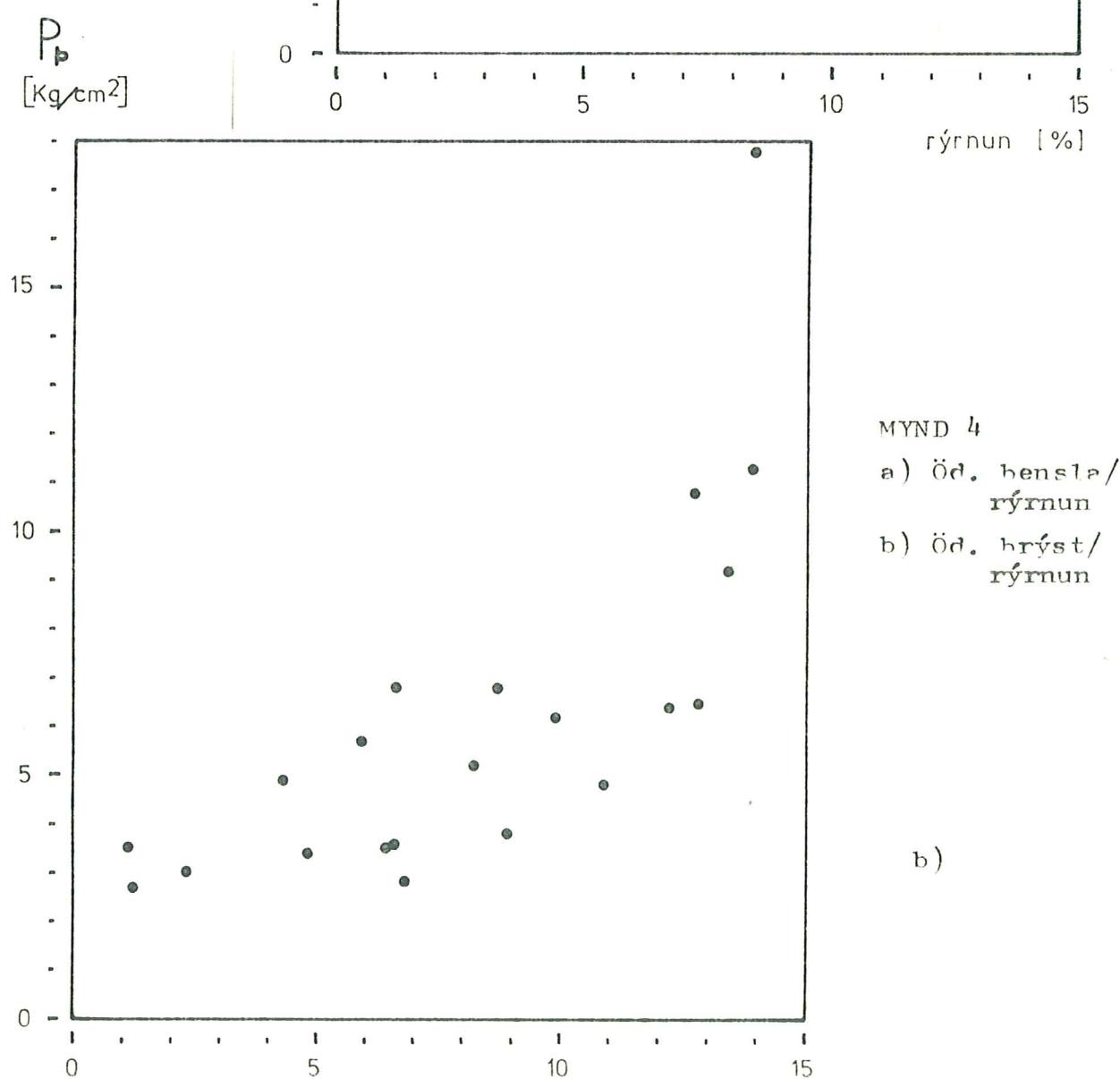
MYND 2 Ödometerbrýstingur/Ödometer-  
þensla



[ % ]



a)



MYND 4

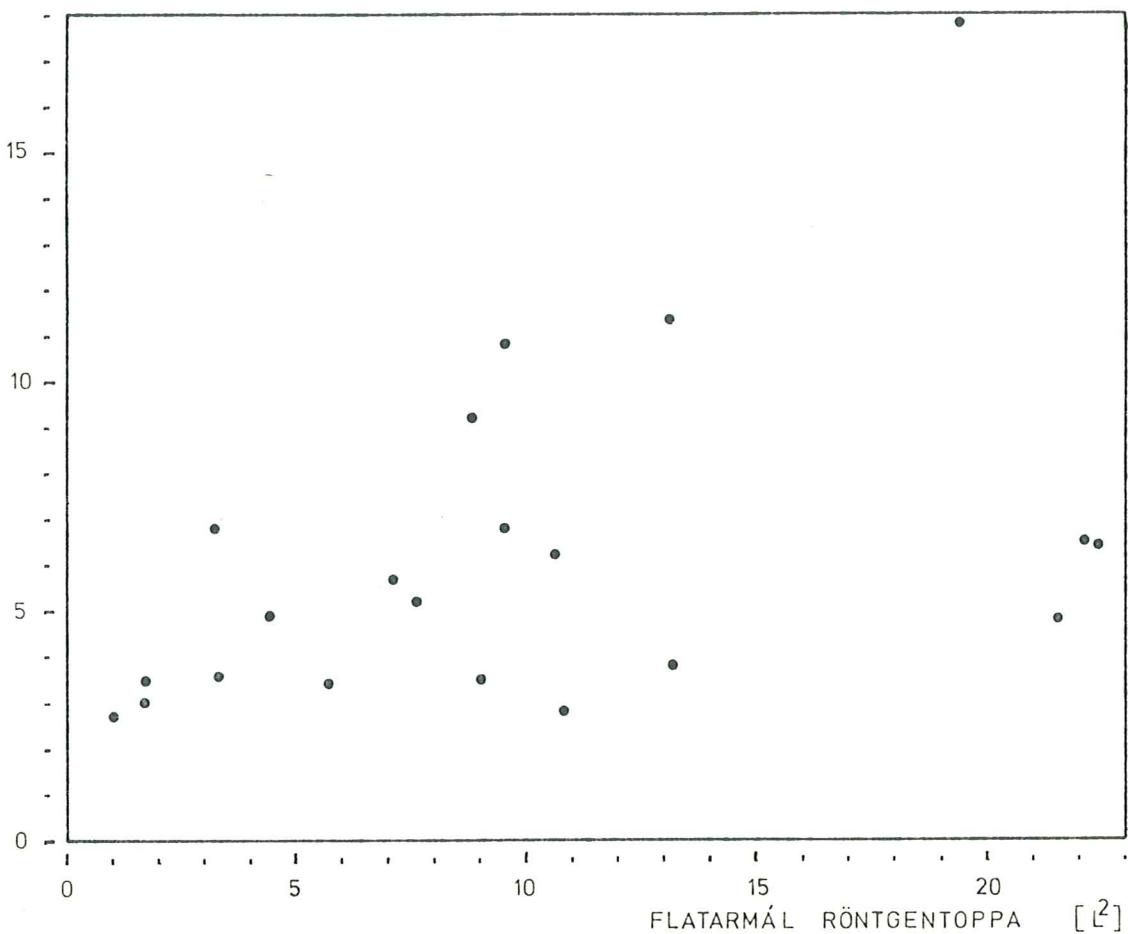
a) Öd. hensla/  
rýrnunb) Öd. hrýst/  
rýrnun

b)

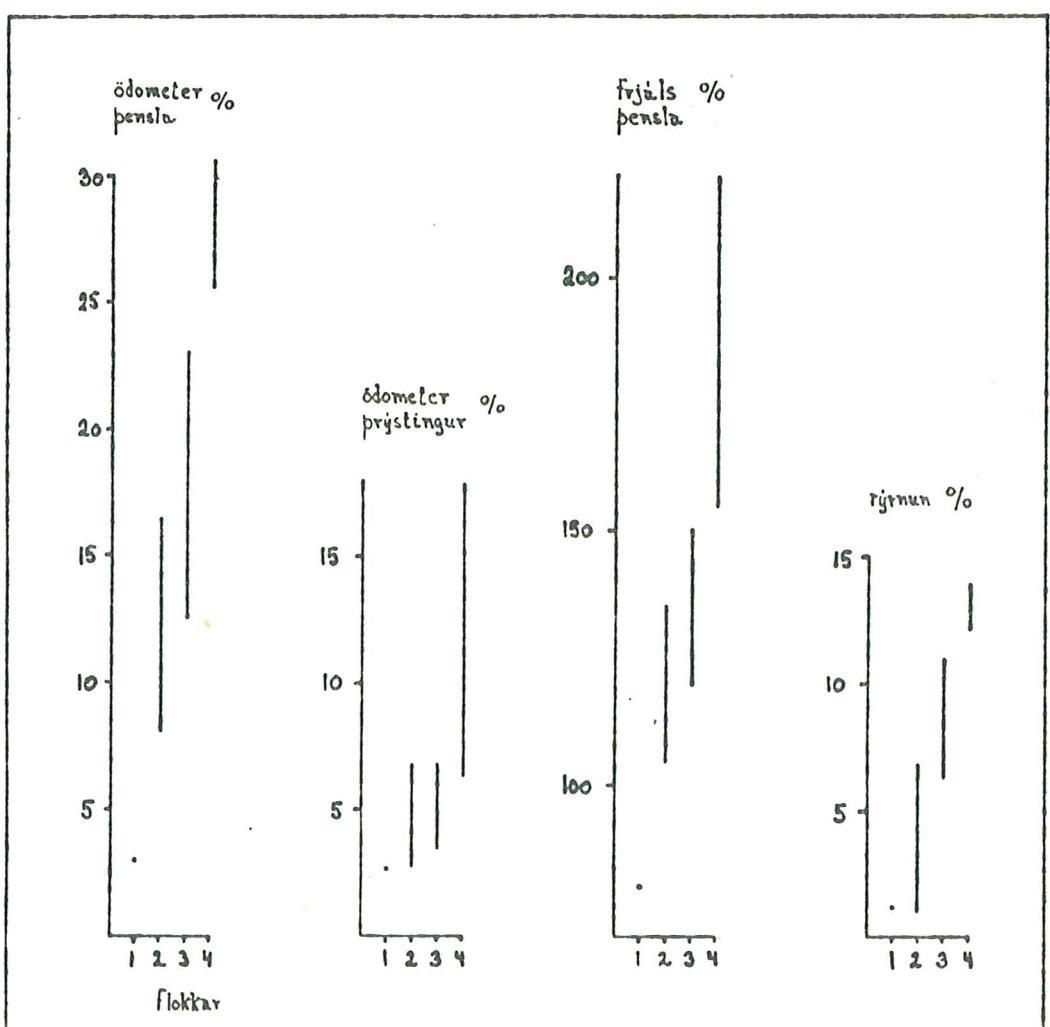
$P_p$   
[Kg/cm<sup>2</sup>]

- 8 -

MYND 5



MYND 6



SÝNASKRÁ I

(BV-20)

1. Rauður sandsteinn, nokkuð vaxkenndur.
2. Völuberg, grátt m. rauðum blæ, heill. og þétt, frekar hart, mest bas. völk.
3. Völub. brún-gul-grænt, kurlað og leirfyllt, vottur af skriðflötum.
4. Svarfur sandsteinn (tíff), þétt og hart, stamt sem sandpappír.
5. Sennil. sama efni að uppruna og sýni 4 en hér er það allt ummyndað, ljósbrúnt, mjög lélegt, allt fínsprungið og molnar í salla við snert. áferð hrjúf, ekki vaxkennd.
6. Sandst.-völub. gulbleikt, vaxk. lint, kurlað sums st., skriðfl.
7. Súr gjóska, gul, vaxkennd, skýrir skriðfl. má mylja í höndum, lint.
8. Súr gjóska, -----
9. Gjóska, gulbrún, sandkornast. mjög vaxk. og lint, mjög fínsprungið.
10. Völur í gjóskumassa, gulbrúnt, vaxk. lint, skriðfletir.
11. Rauður sandsteinn, frekar harður, hrjúfur, ekki vaxk. heill og óspr.
12. Gjóska, rauð-gul-brún, vaxkennd og lin.
13. Gjóska, græn, gljáandi, vaxkennd, lin, fínsprunginn kjarni.
14. Gjóska, rauðgul, vaxkennd og lin (rispast af nögl).
15. Gjóska, græn, ----- skriðfletir.
16. Gjóska, gulbrún, lin, vaxk. (gljáandi), mikið af skriðfl.
17. Gjóska, gulbrún, lagskipt, vaxk. og gljáandi en heill. og hart.
18. Gjóska, rauðgul, stöm, ekki vaxk. hörð og heill.
19. Gjóska, dökkgræn, vaxk. og gljáandi, þéttsett skriðflötum, brotið.
20. Gjóska, græn mylsna, vaxk. og lint (rispast af nögl).
21. Sandsteinn, rauðbleikur.
22. Gjóska, græn, mulin, vaxk. og mjúk, með skriðflötum.
23. Ferskt ólivín basalt.

## II. Rannsóknir á liðnu sumri.

f tengslum við boranir í Eiðsstaðabungu í sumar og haust var aflað nokkurra upplýsinga um setlögin í náttúrulegu ástandi, eða svo nálagt því sem komist verður að sinni. Borkjarninn var mældur blautur strax og hann kom úr holunum.

Mælt var eftirfarandi:

### 1. Rakainnihald.

Sýnin vegin blaut og þurrkuð í stöðuga þyngd við 105°C.

Rakainnihald er  $\frac{\text{þungi vatns}}{\text{þungi fastra efna}} \times 100\%$

### 2. Blaut rúmþyngd.

Mæld á tvennan hátt og bar niðurstöðum mjög vel saman.

### 3. Brotstyrkur.

Fundinn með punktálagsprófi (point load test). Niðurstöður eru reiknaðar yfir í einása brotstyrk til glöggvunar. Vaxborin sýni eru til úr lögunum og verður einása brotstyrkur þeirra væntanlega mældur síðar.

Bestar mælingar náðust úr skáholunni BV-32 og eru niðurstöður dregnar saman í töflu II. Stuttleg lýsing sýna er í sýnaskrá II.

## III. Sýni til Noregs.

Eftir heimsókn próf. Einars Broch frá NTH í Þrándheimi að Blöndu og viðræður við hann um eiginleika setлага á svæðinu var ákveðið að senda nokkur sýni til rannsókna við NTH. Fékk Einar sýnin í hendur auk niðurstaðna úr prófunum í BV-20 og lýsinga á aðferðum. Niðurstöður bárust hingað í byrjun september.

Send voru 5 sýni og áttu þau að spanna sviðið frá bestu lögum til þeirra verstu. Niðurstöður fylgja hér með. Númer sýna í norsku töflunni eru þau sömu og í töflu úr BV-20. Eitt sýnanna var ekki rannsakað af ástæðum sem gefnar eru í norska innganginum. Allmikið ber á milli niðurstaðna frá Noregi og héðan á frjálsri þenslu og ödometerþrýstingi. (Ödometerþrýstingur í norsku greinargerðinni er eingalaus en hér mun sennilega átt við  $t/m^2$ . Búið er að skrifa út og biðja um skýringar og nákvæmari lýsígnar á prófununum.) Hjá NTH eru sýnin leyst upp í vatni og efni finna en 0,02 mm skilið frá. Það er síðan þurrkað við 105°C og fínmalad fyrir prófun. Líklegt er að muninn megi að einhverju leyti skýra með þessum áðferðamun. Við NTH er þrýstingur mældur við fast rúmmál sýnis. Hér hefur sýnum verið leyft að þenjast en þau síðan fergð í upphaflegt rúmmál til að finna þensluþrýstinginn, svo sem fyrr er vikið að. Sparar það bæði dýran tækjakost og tíma þess er mælir. Samkvæmt norskri skýrslu um samanburð

þessara aðferða gefa þær sömu niðurstöður. Ekki skal reynt að skýra misræmi þetta frekar að svo stöddu.

#### IV. Framhald rannsókna.

Fyrirhugað er að halda rannsóknum þessum áfram í vetur og ættu þá niðurstöður að liggja fyrir næsta vor.

Helstu verkþættir framundan eru þessir:

Greining leirs: Mjög æskilegt væri að fá tölulegar upplýsingar um magn leirs í sýnum. Magn greining leirs er vandkvæðum bundin og er hætt við að niðurstöður gefi einungis grófa hugmynd um raunverulegt magn. Nánari greining leirs til tegunda er einnig áhugaverð.

Bergtæknilegir eiginleikar: Gera þarf mælingar á lögum úr BV-32 og fleiri holum hliðstæðar þeim sem gerðar voru á sýnum úr BV-20. Mætti þá tengja þær niðurstöður þeim sem fengust við Blöndu í sumar. Æskilegt er að mælingar nái til sem flestra setlaga sem neðanjarðarmannvirkin þurfa að skera. Endurskoða þarf mælingar úr BV-20 frá síðastliðnu vori því tími var þá naumur auk þess sem um frumraun var að ræða og margt því óljóst í fyrstu. Mögulegt er að fleiri rannsóknar- aðferðum verði beitt ef þörf verður talin á að endurskoðun lokinni eða ef ábendingar berast þar um.

#### V. Hvað hafa prófanirnar leitt í ljós og hvers má vænta af þeim?

Í upphafi var talið að tertíeu setlögin við Blöndu væru all breytileg. Enginn góður mælikvarði var þó tiltækur á breytileikann. Prófanirnar hafa leitt í ljós að hægt er á frekar einfaldan og ódýran hátt að mæla ýmsa þætti breytileikans.

Einnig sést að mælanlegur munur á lögum er mikill og kemur skýrt fram. Öll vitneskja sem auðveldar okkur að bera saman eiginleika laganna hlýtur að vera af hinu góða.

Ólíklegt er talið að rannsóknir þessar geti gefið til kynna hvernig hvert einstakt lag muni reynast í vinnslu. Veldur því einkum tvennt. Í fyrsta lagi er mjög takmörkuð reynsla af slíkum setlögum við jarðgangagerð á Íslandi. Í öðru lagi eru jarðfræðilegar aðstæður hér á landi mjög frábrugðnar því sem

gerist í þeim löndum þar sem reynsla er fyrir hendi af þenjanlegum leir við jarðgangagerð. Þau tengsl sem fundist hafa erlendis milli rannsóknarstofueiginleika leirsýna og vandamála við jarðgangngerð er því ekki hægt að nýta hér nema að litlu leyti. Niðurstöður prófana gefa þó vísbendingu um hvaða setlög sýnast helst til vandræða fallin og hvaða lögum helst megi treysta.

Vænst er að með rannsókn þessari fáist skrá yfir nokkra veigamikla eðlisþætti setlaganna. Eftir að jarðgangagerð hefst ætti fljótlega að koma í ljós hvort tenging milli mældra eiginleika og vinnslueiginleika er möguleg. Reynist svo vera ættu mælingarnar að verða stoð við framhald jarðgangagerðar við Blöndu. Þá yrði einnig mikils vert að geta, í ljósi reynslu frá jarðgangagerð við Blöndu, aflað á þennan hátt upplýsinga um setlög á nýjum svæðum áður en til framkvæmda kæmi.

TAFLA II

MÆLINGAR Á SETLÖGUM ÚR BV - 32

dýpi í holu (m)	m.y.s. (u.p.b.)	þykkt (m)	sýni (nr.)	dýpi á sýni (m)	raka- stig %	vot rúmp. t/m <sup>3</sup>	I <sub>s</sub> (Mpa) punkt- álag	brotþol (einás) kg/sm <sup>2</sup>
75,7	339,9	32,3	41	78,45	38,5	1,92	1,55	350
			42	81,3	32	1,96	2,71	613
			43	85,4	29	1,99	2,0	452
			44	93,1	51	1,80	0,42	95
			45	100,95	31,5	1,99	2,1	474
			46	109,75	20	2,19	1,21	274
117,2	307,6		48	124,15	47,5	1,89	0,5	113
123,1	303,1		49	152,4	21	2,08	0,71	161
124,6	301,9		50	155,9	20,5	2,24		
152,0	281,0	4,6	51	156,1	42,5	1,92		
			52	156,65	37,5	1,92		
159,5	275,2	11,5	55	163,8	31	2,01	0,9	204
			56	169,4	48,5	1,83	0,63	143
			57	171,25	46	1,85		
			58	171,75	46	1,85	0,61	137
			59	173,15	44,5	1,86	0,72	163
180,1	259,6	6,9	60	180,45	34	1,93	0,69	156
			61	182,65	26	1,98	1,32	298
			62	184,6	32	1,97		
			63	188,5	31	2,06		
224,4	225,7	2,7	64	224,55	39,5	1,91		
			65	225,15	34	2,00	0,6	135
254,7	201,4	6,2	66	255,5	37	1,97	0,74	167
			67	257,1	41,5	1,91		
			68	258,55	40,5	1,88		
			69	260,7	34	1,99	0,42	95
276,0	184,1	8,2	70	276,55	28,5	2,13	1,1	248
			71	278,25	35	2,00		
			72	279,45	37,5	1,90	0,91	206
			73	285,25	36,5	1,91		
320,9	147,4	5,2	74	321,65	22	2,18	0,77	174
			75	323,85	34	1,99	0,44	100

SÝNASKRÁ II

STUTTLEG LÝSING SETSÝNA ÚR BV-32

41. ljósbrúnn, meðalgrófur sandsteinn, harður og stamur  
42. gulbr. grófur sandst. -----  
43. grábr. meðalgrófur sdst. -----  
44. gulbrún gjóska, lin og vaxkennd  
45. leir og völur í bland, gulgrátt ----- hugsanl. gjóska  
46. grár, fr. grófk. sandst. (einkorna) -----  
48. eldrauður, sandborinn leirsteinn vaxk. en harður, skriðfl. þurrkspr.  
49. rauður, leirb. sdst. harður, gljáir dálitið.  
50. grátt völub. aðall. bas. dálitill leir, hart og stamt  
51. ljósrauður leirst. með völum, linur og vaxk. skriðfl. þurrkspr.  
52. ljósgrár leir-siltsteinn, vaxk. linur, skriðfl. all þurrkspr.  
55. grágrænn, meðalgr. sandst. harður og stamur  
56. leir og fínvölur, sennil. gjóska, ljósgrátt, lint en stamt, þurrkspr.  
57. gjóska, ljós-gulbrún, aðall. leir/silt, frekar lin, dul. vaxk. og þsp.  
58. gjóska, ljósgrá, leir/völur, fr. lint en all vaxk. mikið þurrks. skriðf.  
59. gjóska, ljós-gulgrá, leir-sdst. frekar hart, dul. vaxk. þurrkspr.  
60. sennil. gjóska, allar kornast.. ----- -----  
61. fínk. sdst. ljós, harður og stamur  
62. millik. sdst. ljós, harður en dulitið háll  
63. gjóska, grágræn, allar kornast. fr. lint og dul. vaxk. og þurrkspr.  
64. sandborinn leir/siltst. frekar linur, dul. vaxk. og þurrkspr.  
65. gjóska, belikleit, allar kornast. frekar lint, vaxk. þurrkspr.  
66. sdst. eða fíng. gjóska, leirrikt, frekar hart, dul. vaxk. og þsp.  
67. súr gjóska, ljósgul, fínvölur í leirmassa, lint og vaxk. mjög þsp.  
68. leirst./sdst. grár, harður og stamur en fin þurrkspr.  
69. sandborinn siltst./leirst. grágrænn, harður, dul. vaxk. all þurrksp.  
70. sandsteinn, rauður, harður og stamur en dálitið þurrkspr.  
71. sdst. leirkenndur, grágrænn, harður en dál. vaxk.  
72. sandsteinn, grágrænn, harður og stamur.  
73. sennil súr gjóska, sjós-gulbr. frekar lint og vaxk. dál. þurrksp.  
74. sdst. rauður, harður og stamur, leirborinn  
75. leir-völu-sandsteinn, grænn, frekar linur, vaxk. þurrksprunginn

INGENIØRGEOLOGISK LABORATORIUM  
GEOLOGISK INSTITUTT  
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE

Post- og vareadresse: Lerkendalsbygget, 7034 TRONDHEIM-NTH  
Telefon: (075) 94 830, 94 825 – Telex: 55186 NTHB

Orkustofnun,  
v/B. Bjarnason,  
Grensavegi 9,  
108 Reykjavik,

Island.

TRONDHEIM, 27. august 1982.

Deres ref.: B. Bjarnason

Vår ref.: OB/EJ

UNDERSØKELSE AV SLEPPEMATERIALE FRA ISLAND.

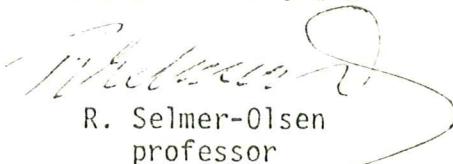
Vårt oppdrag nr. 82 849.

Etter avtale med førsteamanuensis E. Broch, Geologisk Institutt, NTH, er det utført undersøkelser i laboratoriet på 4 borkjernerprøver av sleppemateriale fra Blanda vannkraftprosjekt, Island, for å klarlegge svelleegenskapene. Den 5. prøven, prøve 4, er ikke undersøkt da den oppførte seg som en bergart og ikke lot seg desintegrere i vann etter uttørking.

Prøvebetegnelsene er oppgitt av Bjarnason.

Resultatene går fram av bilaget.

M e d h i l s e n

  
R. Selmer-Olsen  
professor

Vedlegg.

  
Ola By  
forsker

Kopi: E. Broch, University of California, Berkeley, USA.

REGNSKAPSFORSEL:

FORVALTNINGSKONTORET FOR OPPDRAGSVIRKSOMHET VED NTH  
SINTEF 7034 TRONDHEIM - NTH

Postgiro: 87177 - Bankgiro: 8601.06.22451

INGENIORGEOLOGISK LABORATORIUM  
GEOLOGISK INSTITUTT  
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE

UNDERSØKELSE AV SLEPPEMATERIALER FRA ISLAND.

Vårt oppdrag nr. 82:849.

Analyser	Pr. 6	Pr. 9	Pr. 19	Pr. 21
Visuell beskrivelse	sandig, rødbrun	siltig, lys grå- brun	siltig, grågrønn	siltig lys brun
Innhold av matr. < 0,020 mm, %	4	12	27 <sup>1)</sup>	18 <sup>1)</sup>
Fargetester:				
Malakittgrønt	mont.- morillo- nitt	mont.	mont.	mont.
Benzidine	svakt ut- slag for mont.	"	svakt ut- slag for mont.	"
Differensialtermisk analyse	mont.	mont. og kloritt	mont., kloritt og kalkspat	"
Fri svelling, %	120	150	240	150
Svelletrykk ved ødometer	29	64	201	195
Konklusjon: Materialet inneholder	noe aktiv svelle- leire	aktiv svelle- leire	aktiv svelle- leire	aktiv svelle- leire

1) Prøven er slemmet av to ganger for å få nok materiale til forsøkene.