



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

BÚÐARHÁLSVIRKJUN

Jarðfræðirannsóknir 1978

Björn Jónasson
Sveinn Þorgrímsson
Halína Guðmundsson
Freyr Þórarinsson

OS79008/ROD05
Reykjavík, febrúar 1979

Unnið fyrir
Landsvirkjun

BÚÐARHÁLSVIRKJUN

Jarðfræðirannsóknir 1978

Björn Jónasson
Sveinn Þorgrímsson
Halína Guðmundsson
Freyr Þórarinsson

OS79008/ROD05
Reykjavík, febrúar 1979

Unnið fyrir
Landsvirkjun

E F N I S Y F I R L I T

	bls.
SKRÁ YFIR TÖFLUR	5
SKRÁ YFIR MYNDIR	6
SKRÁ YFIR VIÐAUKA	7
SKRÁ YFIR FYLGIRIT	7
0. ÁGRIP (Bj.J.)	9
1. INNGANGUR (Bj.J)	10
2. SEGULMÆLINGAR (Bj.J.)	12
2.1 Lýsing mælinga og staðsetning	12
2.2 Niðurstöður og túlkun segulmælinganna	13
3. JARÐSVEIFLUMÆLINGAR (Ha.G.)	15
3.1 Framkvæmd, tilgangur og helstu niðurstöður	15
3.2 Hljóðbrotsmælingar	16
3.3 Bergmálmælingar	17
3.3.1 Lagmót hraun-set	18
3.3.2 Lagmót set-grunnberg	18
4. VIÐNÁMSMÆLINGAR (F.Þ.)	19
4.1 Um viðnámsmælingar	19
4.2 Framkvæmd og úrvinnsla mælinganna	19
4.3 Niðurstöður túlkunar mælinganna	21
4.4 Frekari aðgerðir	23
5. JARÐBORUN (Sv.Þ.)	24
5.1 Framkvæmd borunar og sýnatöku	24
5.2 Borholusnið	26
5.3 Sýni	27
5.4 Um framhald rannsókna	29

	bls.
6. JARÐLAGASKIPAN (Bj.J.)	31
6.1 Almennt	31
6.2 Jarðlagasnið	31
6.3 Jarðlagahalli	32
7. MÆLINGAR Á JARÐVATNI (Bj.J.)	34
7.1 Hita- og straummælingar	34
7.2 Jarðvatnshæðarmælingar	34
TÖFLUR	37
MYNDIR	55
VIÐAUKAR	85
FYLGIRIT	99

T Ö F L U R

	bls.
1. Segulmælingar. Staðsetning á mæilínum og punktum	39
2. Helstu upplýsingar og niðurstöður jarðsveiflumælinganna	41
3. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði Q-Q	42
4. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði P-P	43
5. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði O-O	45
6. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði N-N	46
7. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði M-M	47
8. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði L-L	48
9. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði K-K	49
10. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði J-J	50
11. Jarðsveiflumælingar. Staðsetning, mæliaðferðir, hljóðhraði og þykktir hljóðhraðalaga í sniði H-H	51
12. Viðnámsmælingar. Staðsetning, viðnámsgildi, þykktir og dýpi viðnámslaga	52
13. Staðsetning og dýpi kjarnaborhola	53

M Y N D I R

	bls.
1. Yfirlits- og staðsetningakort	57
2. Staðsetning segulmælinga	58
3. Staðsetning jarðsveiflu- og viðnámsmælinga	59
4. Skýringar við snið jarðsveiflumælinga	61
5. Jarðsveiflumælingar, snið Q-Q	62
6. Segul- og jarðsveiflumælingar, snið P-P	63
7. - " - , snið O-O	64
8. - " - , snið N-N	65
9. - " - , snið M-M	66
10. - " - , snið L-L	67
11. - " - , snið K-K	68
12. - " - , snið J-J	69
13. Jarðsveiflumælingar, snið H-H	70
14. Hljóðbrotslínurit	71
15. Jafndýptarlínur lagmóta hraun-set skv. jarðsveiflumælingum	72
16. Bergmálslínurit	73
17. Staðsetning viðnámsmælinga og þykkt yfirborðslags á hrauni samkvæmt viðnámsmælingum	74
18. Dýpi á set og viðnám hrauns og dýpi á lágviðnámslag og viðnámsgildi þess	75
19. Dreifing mæligilda lágviðnámslags	76
20. Safnlínurit fyrir log-normal dreifingu viðnámsgilda í seti	77
21. Kjarna-, lektar- og jarðvatnsútskýring	78
22. Borholusnið ST-14	79
23. Borholusnið ST-15	80
24. Jarðlagasnið	81
25. Jarðfræðikort	82
26. Hitamæling og afstæð straummæling	83

V I Ð A U K A R

		bls.
A	Viðnámsferlar mælinganna V-1 til V-16	85
B	Kornastærðalínurit setsýna úr borholunni ST-15	91

F Y L G I R I T

I	Segulmælingar	101
II	Jarðsveiflumælingar	103
III	Viðnámsmælingar	113

0. ÁGRIP

Samkvæmt segulmælingum teygir hrauntungan THi (nú tímahraun, runnið fyrir u.þ.b. 3000 árum) sig tæpa 6 km frá farvegi Blautukvíslar inn eftir dalnum milli Fitjaskóga og Búðarháls. Meðalbreidd tungunnar er um 1 km. Þykkt hraunsins er mest næst farvegi Blautukvíslar, eða allt að 50 m, en það þynnist þegar innar dregur. Á fyrirhuguðu stíflustæði um miðbik hrauntungunnar er þykkt þess um 30 m (27 m í borholum). Til þykktarákvörðunar á hrauninu gáfust bergmálsmælingarnar best, en túlkun þeirra styðst bæði við viðnámsmælingar og þær tvær borholur, sem þegar eru til staðar á svæðinu. Ofan á hrauninu er laust yfirborðslag. Það er 2-5 m þykkt í nágrenni stíflustæðis en þykkar er innar dregur í allt að 8-10 m. Yfirborðslagið er einkum árframburður Þjórsár, en hún hefur flæmst yfir allt hraunið og sett af sér mól, sand, silt og jafnvel leir.

Ljóst er að hraunið THi hefur runnið yfir votlendi. Undir því er þykkt set (einkum ár- og lónset) rúmlega 70 m í borholu um miðbik fyrirhugaðs stíflustæðis. Setið, sem er fyrst og fremst samsett úr misþykkum malar-, sand- og siltlögum (að nokkru gjóska að uppruna), er víða mjög einkorna, stæðni þess ekki mikil og lektin fremur há, en þetta á þó fyrst og fremst við um efri hluta setsins. Samsetning setsins við jaðra hraunsins er lítt þekkt, en Búðarhálmegin er það allt að 20 m þykkt. Vettvangsat-huganir í hægri bakka Þjórsár, Fitjaskógamegin, benda til þess, að hér sé um siltríkt efni að ræða. Setið hvílir á grunnbergsmýnduninni, sem er á 101 m dýpi í borholunni á stíflustæðinu. Hér er um móberg að ræða, um 1,6 milljón ára gamalt.

Jarósveiflu- og viðnámsmælingar sýna ekki yfirborð grunnbergsmýndunar undir hrauninu svo að marktækt sé. Aftur á móti sýna viðnámsmælingar lágviðnámslag í grunnbergsmýnduninni á 150 ± 25 m dýpi í nágrenni borholanna, sem bendir til jarðhita. Hitamælingar í borholu sýna botnhitann 20,3°C rétt undir yfirborði grunnbergsins, á 104 m dýpi.

1. INNGANGUR

Skýrsla þessi fjallar um jarðfræðirannsóknir framkvæmdar árið 1978, á fyrirhuguðu stíflustæði Búðarhálsvirkjunar milli Búðarháls og Fitjaskóga, sjá mynd 1. Rannsóknirnar ná einnig til hluta væntanlegs lónbotns svo og lítillega til stöðvarhússtæðis, sem verður líklega staðsett Fitjaskógamegin, í næsta nágrenni við stífluendann. Áætluð miðlun uppistöðulónsins er um 600 Gl miðað við lónhæð 336 m y.s. en lónbotninn verður í u.þ.b. 290 m y.s. Afl virkjunarinnar er áætlað 240 MW.

Rannsóknirnar skiptast í jarðeðlisfræðilegar mælingar (segul-, jarðsveiflu- og viðnámsmælingar) framkvæmdar á tímabilinu júní-ágúst, en þó aðallega í júlímánuði, og jarðborun, sem fram fór á tímabilinu 7. september - 2. nóvember, en þá var boruð 104,4 m djúp borhola, ST-15.

Jarðfræðirannsóknir þessar eru beint framhald á þeim rannsóknum, sem framkvæmdar voru sumarið 1977, sjá "Búðarhálsvirkjun, Jarðfræði- og jarðvatnsrannsóknir, OS-ROD-7819". Líkum aðferðum var beitt og áður, en í ljósi rannsókna frá 1977 var nú lögð megináhersla á bergmáls- og viðnámsmælingar. Viðnámsmælingarnar voru framkvæmdar á hefðbundinn hátt (Schlumbergermæling) með tækjum smíðuðum hjá Orkustofnun, en til bergmálsmælinganna var notað venjulegt einrásu Huntec FS3-tæki, sem tengt var aukaútbúnaði (digitalminni), sem leggur saman skjálftamerki frá endurteknum höggum. Þessi viðbótarútbúnaður var smíðaður á Orkustofnun veturinn 1977-78 og reyndur í fyrsta sinn á Búðarhálssvæðinu sumarið 1978 sbr. "Búðarhálsvirkjun, Tilraunir til bergmálsmælinga, OS-ROD-7822". Reyndist hann vel til þykktarmælinga á hrauninu THi, en gaf ekki lagmótin set-grunnberg, sem eru á 101 m dýpi í borholunni ST-15, með neinni vissu. Borun holunnar ST-15 (dýpi 104,4 m) skilaði góðum árangri. Þar var eingöngu lögð áhersla á kjarnaheimtu úr setinu undir hrauninu THi, en lagmót hraun/set eru á 28,5 m dýpi. Ennfremur náðist sýni úr efstu metrum grunnbergsins, sem reyndist vera móberg.

Jarðtæknilegar rannsóknir á setsýnum undan hrauninu THi eru í höndum Tæknirannsóknna hf., en jarðfræðileg greining er í vinnslu hjá Raforkudeild. Skýrslur um áður nefndar rannsóknir verða gefnar út sérstaklega, væntanlega áður en langt um líður.

Auk áður nefndra rannsókna voru framkvæmdar mælingar á jarðvatni (hæðar-, hita- og straummæling) í borholunni ST-15 svo og í borholum í næsta nágrenni. Landsvirkjun sá um allar landmælingar til staðsetningar á mælipunktum og borholu.

Rannsóknir þessar voru framkvæmdar samkvæmt fyrirfram gerðri áætlun, sbr. "Búðarhálsvirkjun. Rannsóknar- og kostnaðaráætlun", sem Raforkudeild gerði í maí 1978 að beiðni Landsvirkjunar. Samningur milli Landsvirkjunar og Orkustofnunar varðandi rannsóknir þessar var þó ekki undirritaður fyrr en 10. júlí, sem leiddi m.a. til þess, að borun hófst ekki fyrr en í september. Henni lauk síðan í byrjun nóvember.

2. SEGULMÆLINGAR

Segulmælingar með prótónu segulmæli voru framkvæmdar til að kanna útbreiðslu hrauntungunnar THi. Slíkar mælingar höfðu gefist vel sumarið 1977, sbr. "Búðarhálsvirkjun. Jarðfræði- og jarðvatnsrannsóknir. OS-ROD-7819", en þá voru aðeins rúmir 2 km af suðurjaðri hrauntungunnar kortlagðir með þessari aðferð. Sumarið 1978 var bætt við 105 mælilínnum til þess að kanna útbreiðslu allrar hrauntungunnar. Mælingarnar sýna að hún teygir sig tæpa 6 km frá farvegi Blautukvíslar inn (norðaustur) eftir dalnum milli Fitjaskóga og Búðarháls, og að hraunjaðarinn fylgir nokkurn veginn 52 kílógamma jafnsegullínunni þar sem ákveðið segulfrávik á sér stað, sjá mynd 2. Mælingarnar eru merktar M24-M114. Um eðli, notagildi og framkvæmd segulmælinga almennt vísast til fylgirits I.

2.1 Lýsing mælinga og staðsetning

Flestar mælingarnar voru gerðar á aurum og í farvegi Þjórsár. Til þessa verks var notaður bátur og skynjari festur á stefni hans. Síðan var siglt fram og til baka, sem næst þvert á farveg árinna, og land tekið eftir þörfum. Aflestur var tekinn eins hratt og afköst mælis leyfðu. Þegar mæling sýndi hraunjaðar var kastað út dufli, sem bundið var við neta-steina. Duflin voru mæld inn af mælingamönnum Landsvirkjunar eftir því sem segulmælingunum miðaði áfram. Þessi kortlagning á hraunjaðrinum í farvegi árinna gekk vel, en nákvæmni hennar er ekki jafn mikil og við staðsetningu suðurjaðars hrauntungunnar, sem er á þurru landi. Helstu skekkjuvaldar eru:

1. Báturinn var oftast á ferð, þegar dufli var fleygt fyrir borð.
2. Mikill straumbungi, einkum í rennunni þar sem vestari hluti norðurjaðars hraunsins liggur, svo og sums staðar ofar í djúpum álum, þar sem botnskrið er mikið. Líkur eru á að dufl hafi rekið eitthvað á fyrrnefndum svæðum.
3. Grunnbergið rís mjög bratt upp frá hægri bakka árinna (Fitjaskógamegin) og yfirleitt er lítil fjarlægð milli hraunjaðars og grunnbergs. Grunnbergið hefur þannig áhrif á skynjara segulmælisins.

Á þurru landi, þ.e. suðurjaðri hrauntungunnar, var mælt eftir mæli-
línunum, nokkurn veginn hornréttum á jaðarinn. Aflestur var tekinn
með 5-10 m millibili og hæll settur niður þar sem segulmæling sýndi
hraunjaðar.

Að jafnaði eru um 100 m milli mæli-
lína eða svipuð fjarlægð og er á milli
þeirra mæli-
lína (SM-0 - SM-25), sem segulmælt var eftir sumarið 1977.
Til könnunar á því, hvort hraunið næði lengra inn eftir dalnum en sýnt
er á mynd 3, var segulmælt á þriðja km inn fyrir enda tungunnar.

2.2 Niðurstöður og túlkun segulmælinganna

Eins og glöggst sést á myndum 6-12 er styrkur segulsviðsins mun hærri
og óreglulegri yfir hrauninu THi en yfir grunnberginu. Algengast er,
að styrkurinn sveiflist á milli 52 og 54 Kγ (Kγ-kilogamma=1000gamma)
yfir hrauninu, en mældist þó allt að 57 Kγ yfir gervigíg skammt frá bor-
holunni ST-14. Þegar nær hraunjaðri dregur, vex styrkur segulsviðsins
oft skyndilega, en fellur síðan afar hratt, um allt að 3-4 Kγ, er farið
er yfir jaðarinn og út á grunnbergið, eða niður í 49-50 Kγ og jafnvel
niður undir 48 Kγ í einstökum tilvikum. Síðan vex segulstyrkurinn smám
saman aftur, yfirleitt mjög reglulega. Þessi hegðun á einkum við um
ytri (vestari) helming hrauntungunnar.

Segulmælingar til staðsetningar á innri (eystri) helmingi hrauntungunnar
sýna ekki eins skýra svörun og þá, sem lýst er hér á undan. Einkum er
segulfrávik mun minna er komið er út fyrir sjálfan hraunjaðarinn, og
verður styrkur segulsviðsins sjaldan lægri en 51 Kγ. Þetta á einkum við
um enda hrauntungunnar og eystri hluta suðurjaðarsins.

Líklegasta skýringin á þessum mismun er sú, að þar sem lítið segulfrá-
vik kemur fram sé hraunið þynnra, jafnvel kargakenndara og að grynna
sé á grunnberg, en þar sem segulfrávik er meira sé þykkara hraun,
brattari hraunjaðar og dýpra á grunnberg.

Á stöku stað var mælt eftir mæli-
línunum langt inn á hrauntunguna. Á eystri
helmingi hrauntungunnar komu í nokkrum tilvikum fram óeðlilega stór nei-
kvæð segulfrávik miðað við að mælt var á hrauninu. Sömu skýringar og þær

sem nefndar voru hér á undan varðandi óskýra jaðarsvörun gætu legið að baki þessum neikvæðu segulfrávikum. Ennfremur er sá möguleiki hugsanlegur, að í innri hluta tungunnar séu "helgidagar" (hraunlausir blettir). Til að kanna þetta þyrfti að mæla eftir neti, staðsetja segulfrávikin með drætti jafnsegullína og beita síðan jarðsveiflumælingum og jarðborun.

Til stuðnings segulmælingunum var jarðsveiflumælingum beitt í nokkrum mæli. Þannig var mælt á nokkrum stöðum sitt hvoru megin við vestari hluta suðurjaðars hraunsins. Á mynd 3 er þessi jaðar dreginn annars vegar samkvæmt segulmælingum og hins vegar samkvæmt jarðsveiflumælingum. Fullt samræmi er á milli mælinganna hvað legu hraunjaðarsins varðar, að undanskildum sniðum Q og J. Ástæðan fyrir því að jaðarlínurnar falla ekki alveg saman er sú, að segulmælt var mun þéttar en jarðsveiflumælt (sbr. mynd 2) og að jaðarinn er dreginn beint milli viðkomandi mælinga í báðum tilvikum.

Niðurstöður þessa samanburðar eru þær, að hraunjaðarinn fylgir nokkurn veginn 52 Ky jafnsegullínunni þar sem fyrrnefnt segulfrávik á sér stað. Þetta olli því, að endurtúlka þurfti segulmælingarnar frá 1977. Lega hraunjaðarsins eftir endurtúlkun mælinga er sýnd á myndum 2 og 3.

3. JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

3.1 Frankvæmd, tilgangur og helstu niðurstöður

Sumarið 1978 voru framkvæmdar jarðsveiflumælingar í framhaldi af mælingum, sem gerðar voru á árinu 1977 (sjá skýrslu OS-ROD-7819, júlí 1978) á svæðinu frá Blautukvíslarfarvegi og u.þ.b. 3 km upp með Þjórsá. Jarðsveiflumælingarnar annaðist Jósef Hólmjárn ásamt aðstoðarmönnum, en Steinunn Jakobsdóttir sá um fyrstu úrvinnslu og túlkun þeirra, eftir því sem mælingunum miðaði áfram.

Tilgangur jarðsveiflumælinganna (hljóðbrots- og bergmálmælinga) var að ákvarða:

- (1) Þykkt hraunsins THi (með bergmálmælingum)
- (2) Hraunjaðar THi (með hljóðbrotsmælingum)
- (3) Dýpi á grunnberg (með bergmáls- og hljóðbrotsmælingum).

Til hljóðbrotsmælinganna var notað "ABEM" fjölrásatæki ásamt 12 skjálftanemum og sprengiefni sem orkugjafi. Fjarlægð milli skotpunkta var yfirleitt 110 m, 5 eða 10 m milli nema.

Einrása "Huntec FS3" tæki var notað til bergmálmælinga og einnig að hluta til hljóðbrotsmælinga. Tæki þetta var tengt aukaútbúnaði, digitalminni, sem leggur saman skjálftamerki frá endurteknum höggum, en lamið var með sleggju á 1 m fresti eftir beinum línunum. Notað var net af skjálftanemum (geophone array) til að auka næmi og einnig til að síá beinar og brotnar bylgjur frá endurköstuðum (velocity filtering). Frekari upplýsingar um jarðsveiflumælingar almennt er að finna í fylgiriti II.

Alls voru framkvæmdar 104 hljóðbrotsmælingar og 140 bergmálmælingar eftir 9 samsíða línunum, Q,P,O,N,M,L,K,J og H. Línurnar eru nær allar um 1000 m langar með stefnuna SSA - NNV og er fjarlægðin milli þeirra yfirleitt 200 m. Staðsetning línanna er sýnd á mynd 3. Helstu upplýsingar og niðurstöður mælinganna eru í töflu 2. Þar er að finna lengd mællína, á hvaða hluta línanna viðkomandi mæliaðferðum (hljóðbrot - bergmál) var beitt, hvar á línunum hraunjaðar kemur inn, fjarlægð hraunjaðars í metrum frá endapunkti ásamt meðalþykkt og meðalhljóðhraða viðkomandi hljóðhraðalaga.

Hnit mælinga, mæliaðferðir ásamt hljóðhraða og þykkt hljóðhraðalaganna eru í töflum 3-11. Túlkun jarðsveiflumælinganna á hverri einstakri línu ásamt niðurstöðum segulmælinga eftir viðkomandi línunum, er sýnd á myndum 5-13, en vandinn er í því fólgin að túlka hljóðhraðalögin sem ákveðin jarðlög. Helstu niðurstöður eru sýndar í eftirfarandi töflu:

Jarðlög	Algengur hljóðhraði km/s	Algeng þykkt jarðlaga m
Yfirborð	0,3 - 0,8	2,0 - 6,0
Hraun THi		
kargakennt - blöðrótt	1,5 - 2,2	3,0 - 7,0
Hraun THi		
blöðrótt - þétt	2,2 - 3,1	25 - 35
Set	1,2 - 1,7	allt að 20 m utan hrauns allt að 70 m undir hrauni?
Grunnberg	3,4 - 4,5	

3.2 Hljóðbrotsmælingar

Hljóðbrotsmælingar voru gerðar til að kanna þykkt jarðlaga utan við hraunjaðarinn THi svo og til að staðsetja hann. Niðurstöður mælinganna reyndust svipaðar á öllum línunum. Allar línurnar byrja með grunnberg rétt undir yfirborðslagi eða með set á milli yfirborðslags og grunnbergs. Þá tekur hraunjaðarinn við, misþykkur eftir línunum. Hér að neðan eru skýringar við fimm hljóðbrotslínurit á M-línu sem dæmi. Þau sýna breytingarnar sem verða, þegar mælt er á grunnberginu, yfir hraunjaðarinn og á hrauninu THi, sjá mynd 14, en staðsetning þeirra er sýnd á myndum 3 og 9:

- 14 a. Yfirborð - grunnberg. Einkennandi línurit fyrir lagmót yfirborðslags (hraði 0,3 km/s) - grunnbergs (hraði 3,6 km/s). Yfirborðslag er um 2 m þykkt. Mismunandi hljóðhraði í grunnberginu eftir því í hvora áttina bylgjan berst, bendir til hallandi bergs.

- 14 b. Yfirborðslag-set - grunnberg. Set (hraði 1,4 km/s) er misþykkt, 4 m nálægt M - 300 og 14,4 m nálægt M - 400.
- 14 c. Yfirborðslag-set - grunnberg. Sama lagskipting eins og í 14 b, nema set við M- 400 og M- 500 er þykkara en á mynd 14 b. Brot á línurítum stafar líklega af nálægð hraunjaðarsins.
- 14 d. Hjá hraunjaðrinum. Hraunjaðar er á milli 477,5 og 500 m, líklega í 490 m.
- 14 e. Yfirborðslag-hraun THi. Undir skotpunktunum er þykkt hraun með hraða 3,1 km/s.

Eins og fyrr segir fengust svipuð línurit á öllum mælilínunum, sbr. myndir 5-13, sem sýna snið fyrir hverja einstaka mælilínu, Q til H, þ.e. túlkun á hljóðhraðalögum sem ákveðin jarðlög. Skýringar við myndirnar eru á mynd 4. Út frá túlkun hljóðbrotsmælinganna á neðra borði hraunsins, við hraunjaðarinn á fyrrnefndum sniðum, er ekkert hægt að segja til um, hvort hraunið liggur beint á grunnberginu eins og sýnt er á viðkomandi sniðum eða hvort set er á milli. Ef set er á milli hrauns og grunnbergs þá er minna dýpi á grunnberg og þar af leiðandi á neðra borði hrauns heldur en virðist samkvæmt hljóðbrotsmælingum. Hljóðbrotsmælingar, sem framkvæmdar voru 1977, eru merktar með einkennisstöfunum SS, en séu þeir innan sviga þýðir það, að þeim er varpað inn í viðkomandi línu. Fjarlægð þeirra frá línunni er aldrei meiri en 100 m. Hljóðbrotsmælingar framkvæmdar 1978 eru ekki merktar með einkennisstöfum, en staðsetning þeirra er fjarlægð í metrum frá byrjunarpunkti viðkomandi línu.

3.3 Bergmálsmælingar

Bergmálsmælingar voru framkvæmdar fyrst og fremst til að kanna þykkt hraunsins og einnig skyldi fullreynt, hvort þær gæfu dýpi á grunnberg. Þær voru túlkaðar með því að reikna í borðtölvu beina línu, sem best féll að mæligildunum á $X^2 - T^2$ - línuríti, samkvæmt aðferð minnstu kvaðrata. Niðurstöður eru sýndar í töflum 2-11. Töflur 3-11 gefa upplýsingar um staðsetningu meðalhljóðhraða lagsins, sem er fyrir ofan set (bæði yfirborðslags, þykkt á bilinu 2-5 m, og hraunsins THi) og dýpi á lagmót hraun/set. Á stöku stað hefur túlkun á lagmótum set-grunnberg einnig verið reynd. Myndir 5-13 sýna túlkun hljóðhraðalaganna sem ákveðinna jarðlaga, en punktarnir á sniðunum sýna lagmót hraun-set fengin með bergmálsmælingum.

3.3.1 Lagmót hraun-set

Dýpi á lagmót hraun-set koma ágætlega fram, en hraunið þynnist almennt inn eftir dalnum. Þykkast er hraunið undir línunum Q og P, >40 m, en undir línunum O,N og K er það >30 m. Almennt þynnist það til austurs, svo og til jaðranna. Meðalþykkt hraunsins undir J-línu er um 29 m, en á H-línu kom bergmál ekki fram, líklegast vegna þess hve hraunið er þunnt þar (<20 m). Mynd 15 sýnir jafndýptarlínur á lagmót hraun-set skv. bergmálmælingum. Algengasti hljóðhraðinn frá yfirborði til lagmóta hraun-set er 2,0-2,5 km/s. Bergmálmælingarnar gefa meðalhraða niður á viðkomandi lagmót. Á tveimur stöðum, þ.e. hjá borholunum ST-14 og 15, er hægt að bera óbeinar mælingar (bergmálmælingar) saman við borholusniðin, sjá snið P-P á mynd 6 og snið N-N á mynd 8. Sambandið þar á milli er gott. Óvissa í dýptarákvörðun lagmóta hraun-set með bergmálmælingum er $\pm 10\%$.

Á mynd 16 eru sýnd dæmigerð bergmálslínurit. Mynd 16 a sýnir lagmót hraun-set, þ.e. þykkt frá yfirborði niður á neðra borð hraunsins. Lagmótin koma skýrt fram, margspegluð (8x) með 14 ms millibili. Mynd 16 b sýnir svipaða svörun en færri speglanir (5x). Mynd 16 c sýnir óskýra svörun á lagmótum hraun-set og tilraun til ákvörðunar á lagmótum setgrunnberg.

3.3.2 Lagmót set-grunnberg

Allmikið var reynt til að ná bergmálmælingu á setþykkt undir hrauninu. Árangur var lítill sem enginn, því þar sem eitthvert bergmál virtist koma fram var óvissa of mikil til að túlkun væri sennileg. Líklegar skýringar á þessu eru tvær. Sú fyrri er, að dreyfing merkisins sé of mikil, einkum þar sem hluti orkunnar nær aldrei niður í setið, heldur endurspeglast frá lagmótum hraun-set. Hin skýringin er sú, að margendurkastaðar bylgjur frá lagmótum hraun-set yfirgnæfi hin daufu endurköst frá grunnberginu. Búast má við að í þessu tilviki séu báðar orsakirnar samverkandi.

Þess ber að geta, að mæld var þykkt á seti með sama útbúnaði á tveim öðrum stöðum sumarið 1978, á Mýrdalssandi og í Eyjafirði. Tókust þær nokkuð vel, en setþykktin var á bilinu 40-80 m. Niðurstaða af tilraunum með bergmálmælingar virðist því vera, að þær séu nothæfar við mælingar á seti eða hrauni ofan á seti á bilinu 30-80 m, en séu lítt eða ekki nothæfar til að mæla þykkt set undir þykku hrauni.

4. VIÐNÁMSMÆLINGAR

Dagana 18.-26. júlí 1978 voru gerðar 16 Schlumberger-viðnámsmælingar milli Þjórsár og Búðarháls, til að kanna stíflustæði Búðarhálsvirkjunar. Lýst er tölvutúlkun þessara mælinga og niðurstöðum túlkunarinnar. Í stuttu máli má segja, að þykkt hraunsins og lausa yfirborðslagsins séu samilega ákvörðuð með þessum mælingum, en að litlar upplýsingar fáiast um dýpi á grunnberg og þykkt setsins undir hrauninu.

4.1 Um viðnámsmælingar

Viðnámsmælingar þessar eru þannig gerðar, að fjögur rafskaut eru rekin í jörðina í beinni línu. Tvö ytri skautin eru straumskaut, en þau innri spennuskaut. Mælingin er fólgin í því að senda rafstraum um jörðina milli straumskautanna, mæla spennufallið milli spennuskautanna og reikna út það eðlisviðnám, sem jörðin sýnist hafa við þetta bil milli straumskauta (kallað sýndarviðnám). Það breytist auðvitað með breytilegu viðnámi ólíkra jarðlaga (réttara sagt viðnámslaga). Straumskautin eru síðan færð út með logarítmískt jöfnum skrefum milli aflestra, en spennuskautin eru kyrr í miðju mælingarinnar. Fjarlægð úr miðju mælingar til straumskautanna er nefnd straumarmur, og mæliferillinn sýnir því sýndarviðnám jarðar sem fall af straumarmi. Þegar straumarmurinn vex sífelld, fer meginhluti rafstraumsins eftir sífelld dýpri viðnámslögum, og grundvöllur er þannig fyrir að reikna þykktir og viðnám sífelld dýpri viðnámslaga, að gefnum ákveðnum forsendum. Frekari lýsingar á viðnámsmælingum er að finna í fylgiriti III.

4.2 Framkvæmd og úrvinnsla mælinganna

Jarðlagaskipan á mælisvæðinu er þannig, að mælt er á allþykkri dalþyllingu. Efst er laust yfirborðslag, 2-10 m á þykkt, þar undir er hraun, allt að 50 m þykkt, þá kemur set, sem er nokkrir tugir metra að þykkt og loks grunnberg, sem svarar til hins upprunalega dals. Helstu markmið mælinganna voru að kanna þykkt hraunsins annars vegar og dýpi á grunnberg hins vegar.

Eðlisviðnám hraunsins er 2000-4000 Ωm , en botnviðnám mælinganna (sem svarar til grunnbergsins) er yfirleitt miklu minna en 100 Ωm . Eðlisviðnám setsins liggur þar á milli. Vegna yfirgnæfandi áhrifa viðnáms hraunsins mátti reikna með að ákvörðun á þykkt þess yrði fremur auðveld. Hins vegar er erfitt að ákvarða þykkt miðlags í jafn hratt fallandi ferli og hér um ræðir (t.d. 2000-200-20), og þar með torvelt að mæla dýpi á grunnberg með viðnámsmælingu. Hér við bætist svo, að samband botnviðnáms skv. mælingunum við viðnám grunnbergsins er ekki augljóst og torveldaði það enn ákvörðun setþykktarinnar og dýpis á grunnberg.

Framkvæmd mælinganna reyndist miklum erfiðleikum bundin, eins og reyndar tilraunamælingar höfðu gefið vísbendingu um, sbr. "Búðarhálsvirkjun. OS-ROD-7819". Kemur hér tvennt eða þrennt einkum til. Í fyrsta lagi veldur hátt viðnám hraunsins því, að erfitt er að senda út nema lítinn straum, og lágt botnviðnám veldur því, að þegar straumarmur fer mikið yfir 100 m verður hlutfall spennu á móti straum mjög lágt. Af þessu leiðir, að hér þarf að mæla óvenju lága spennu, ef straumarmur fer yfir 100-200 m. Í öðru lagi er foksandurinn á yfirborði á sífelldu skriði. Þetta veldur miklu suði í jarðspennusviðinu og gerir oftast ómögulegt að mæla lægri spennu en u.þ.b. 1 mV. Í þriðja lagi kanna að vera um nokkur skautunaráhrif í setinu að ræða, en það skiptir ekki höfuðmáli, þó síst sé það til bóta. Öll þessi vandræði eru þess eðlis að þau bitna lítið á mælingum þykktar og viðnáms hraunsins, en trufla og torvelda hins vegar ákvörðun á þykkt og viðnámi setsins og gera yfirleitt ókleift að ákvarða með vissu gildi botnviðnámsins.

Túlkun mælinganna var gerð á tvennan hátt. Fyrst voru mælingarnar túlkadar í tölvu á hálf-sjálfvirkan hátt, þannig að valin er einhver túlkun sem þótti sennileg. Vélin ber síðan mælinguna saman við reiknaðan mæliferil, sem svarar til þessarar túlkunar. Á grundvelli þessa samanburðar er valin betri túlkun, og þannig gengur það koll af kolli uns túlkunin þykir falla nógu vel að mælingunni. Þessi tölvuvinnsla fór fram í tölvu Orkustofnunar. Skömmu eftir að henni lauk, opnuðust möguleikar á sjálfvirkri túlkun eftir nýju forriti. Þar leitar tölvan sjálf uppi besta túlkunarferil fyrir hverja mælingu, að gefnum ákveðnum forsendum, miðað við minnsta frávik kvaðrata. Mælingarnar voru túlkaðar að nýju á þennan hátt og er sú túlkun birt hér. Til þess að unnt sé að tölvutúlka mælingar,

er nauðsynlegt að lagfæra mæliferlana á ýmsan hátt. Í stuttu máli má segja að þessar lagfæringar trufla lítið ákvörðun á þykkt og viðnámi hraunsins, en geri hins vegar ákvörðun á botnviðnámi og á þykkt og viðnámi sets nokkuð óöruggari, enda var lögð áhersla á að skemma ekki upplýsingar um þykkt hraunsins, þegar lagfæringarnar voru gerðar.

Af öllu framansögðu er ljóst að þykkt og viðnám hraunsins eru í flestum mælingunum ákvörðuð með viðunandi vissu, en dýpi á grunnberg er illa ákvarðað og viðnám í seti og grunnbergi líka. Það er örugglega hægt að bæta upplýsingarnar um þessa þætti nokkuð með frekari sjálfvirkri tölvuvinnslu, þar sem forsendum tölvukeyrslunnar væri sífellt breytt í samræmi við niðurstöður fyrri keyrslu. Frekari tölvuvinnsla er þó ekki talin svara kostnaði að sinni, en kæmi til greina ef ráðist verður í frekari boranir á svæðinu.

4.3 Niðurstöður túlkunar mælinganna

Sem fyrr segir eru hér birtar niðurstöður sjálfvirku tölvutúlkunarinnar. Í töflu 12 eru sýndar staðsetningar viðnámsmælinganna og niðurstöður túlkunarinnar, þ.e. viðnámsgildi, þykktir og dýpi viðnámslaga ásamt athugasemdum. Í viðauka A eru sýndir lagfærðir mæliferlar allra mælinganna (hringir) og túlkunarferlar þeirra (línur). Engin túlkun er sýnd í viðaukanum á mælingum V-4, en túlkun hennar er dregin saman úr tveimur tölvutúlkunum, og V-6, en fullnægjandi sjálfvirk túlkun hennar liggur ekki fyrir og ekki þykir ástæða til að fylla í skarðið með niðurstöðum hálf sjálfvirku túlkunarinnar, enda er mælingin trufluð af Þjórsá. Mæling V-13 er fyrir mistök tölvukeyrð með einum eða tveimur röngum mælipunktum, en er birt hér engu að síður. Þess skal að lokum getið, að við lagfæringu mæliferlanna var yfirleitt sleppt mælipunktum aftan af mælingunum.

Á myndum 3 og 17 a er sýnd staðsetning viðnámsmælinganna. Á mynd 17 b er sýnd þykkt lausa yfirborðslagsins og þykkunar það sýnilega inn dalinn. Á mynd 18 a er sýnt dýpi á lagmót hrauns og undirliggjandi sets. Þykkt hraunsins má fá með því að draga þykkt lausa yfirborðslagsins á mynd 17 b frá viðkomandi dýptartölu. Ennfremur er sýnt viðnám hraunsins eins og það mælist í hverri mælingu. Mælitölur í hornklofum merkja að

þykktar- eða viðnámsgildum sé illa treystandi. Við lestur þessa korts má gjarnan hafa í huga, að reiknist viðnám hrauns of hátt, verður þykkt þess of lítil, þannig að tvöfalt herra viðnám jafngildir u.þ.b. tvöfalt meiri þykkt og öfugt. Tvennt er helst athyglisvert við niðurstöðurnar á mynd 18 a. Dýpi á set undir hrauni í mælingu V-1 kemur nákvæmlega heim og saman við borholusnið ST-14, og er bærilega rétt í V-5, sbr. borholusnið ST-15, þegar forsendur höfðu verið lagfærðar eftir fyrstu tölvukeyrslu. Í öðru lagi þynnist hraunið inn dalinn, og dýpið á set undir hrauni minnkar sömuleiðis inn dalinn, þótt í minna mæli sé, sbr. 3. kafla, Jarðsveiflumælingar.

Mynd 18 b sýnir dýpi á lágviðnám í nokkrum mælinganna, en val þeirra er byggt á línuritinu á mynd 19. Það línurit sýnir dreifingu túlkaðra gilda lágviðnáms og dýpis niður á lágviðnám. Af góðum og gildum ástæðum má í bili líta framhjá þeim gildum, sem merkt eru með ferningi og þríhyrningi. Önnur gildi falla á línu eða band, eins og mynd 19 sýnir, og raurar í tvo hópa. Annar hópurinn sýnir lágviðnám á miklu minna dýpi en sem svarar til dýpis á grunnberg samkvæmt borunum. Þetta er einmitt sú túlkunarskekkja, sem vænta mátti vegna mæliörðugleika, leiðréttingar fyrir tölvuvinnslu o.fl. Hinn hópurinn sýnir mjög lágt viðnám á 150 ± 25 m dýpi. Ekki er óeðlilegt að álykta, að áhrif jarðhita kunni að koma fram á þessu dýpi, en grunnberg er á 101 m dýpi í borholunni ST-15. Þessar mælingar eru því merktar á mynd 18 b, ásamt mælingum V-16 og V-9, sem ekki er þó að vænta að sýni umtalsverð merki jarðhita, heldur öllu fremur dýpi á grunnberg. Þar upplýsingar, sem mynd 19 virðist veita, má hæglega rannsaka betur með frekari tölvukeyrslu, en áður en það hefur verið gert, er óvarlegt að fullyrða nokkuð um viðnámsgildi eða hitastig í lágviðnáminu. Þó er skylt að taka fram, að lágu viðnámsgildin á mynd 18 b, eru trúlega of lág, mest vegna þess hversu stuttar mælingarnar eru, og sennilega liggur viðnám þarna milli 10 Ω m og 30 Ω m, þar sem það er lægst.

Þá er aðeins eftir að víkja að þykkt og viðnámi setsins undir hrauninu. Óvissa í ákvörðun setþykktarinnar kemur fram í óvissu í ákvörðun dýpis á lágviðnám og í því, að dýpi á lágviðnám svarar trúlega sjaldnast til dýpis á grunnberg. Viðnámsgildi setsins dreifast á bilið frá tæplega 60 Ω m til rúmlega 600 Ω m og er það mjög mikil dreifing. Dreifingin

ræðst væntanlega af tveimur þáttum, þ.e. raunverulegri dreifingu viðnámsgilda setsins og túlkunardreifingu reiknaðra viðnámsgilda, og er síðari þátturinn þá miklu stærri. Ef báðir þættirnir eru tilviljunardreifðir með sameiginlegt miðgildi, má vænta þess, að gildin séu log-normal dreifð. Á mynd 20 eru gildin færð á safnlínurit log-normal dreifingar, og ættu þau að falla á beina línu, ef um log-normal dreifingu er að ræða. Bein lína er felld að punktunum og gefur hún miðgildið 167 Ωm . Til samanburðar má nefna að mæling V-9, sem er eina mælingin alveg utan við hraunið og gefur því gleggsta mælingu á viðnámi í setinu, gefur gildið 162 Ωm , eða nánast það sama. Trúlega falla því viðnámsgildi setsins milli 100 Ωm og 300 Ωm .

4.4 Frekari aðgerðir

Eins og að framan greinir, eru möguleikar tölvutúlkunar viðnámsmælinganna ekki tæmdir, einkum hvað varðar þykkt sets og viðnámsgildi lágviðnámsins. Mælingar mætti lagfæra að nýju með þessa þætti í huga, frekar en þykkt hraunsins eins og hér var gert. Ýmsa þætti má setja fasta í túlkuninni, eins og t.d. viðnám í seti (170 Ωm), botnviðnám (t.d. ekki minna en 10 Ωm) o.fl. Slíkt áframhald þeirrar túlkunar, sem hér er kynnt, þarf þó að miðast við frekari aðgerðir á svæðinu, eins og borholu 50-100 m niður í grunnbergið eða annað viðlíka, sem réttlætti kostnað við frekari túlkun. Ef áhugi er sérstaklega á viðnámsgildum lágviðnámsins, ætti að reyna að gera frekari mælingar á svæðinu, sem beindust þá sérstaklega að því atriði.

5. JARÐBORUN

5.1 Framkvæmd borunar og sýnatöku

Boruð var ein kjarnahola, ST-15, til könnunar á þykkt hraunsins THi og setinu undir því. Grafið var með traktorskóflu fyrir 1,8 m löngu 5" fóðurröri og það steyppt ofan á hraunið THi. Síðar kom í ljós leki undir fóðurrörinu um gjallkargann. Karginn var mélufylltur og illa gekk að þétta hann með steypingu, svo að 0,5 m bút var bætt ofan á fóðurrörið og það rekið niður, og þéttust lagmótin þá vel.

Hraunið var borað með 4 1/2" lofthamri niður á 27 m dýpi. Borunin með lofthamrinum gekk mjög vel, og tók hún aðeins einn dag auk uppsetningar og frágangs. Því næst var holan steyppt upp, en þar sem hraunið er nokkuð brotið og líklega einnig vegna grunnvatnsrennslis í gegnum holuna, vannst það verk mjög seint. Neðsti hluti holunnar var boraður með 76 mm kjarnaröri. Í 28,5 m "féll borinn" 30 cm og var þá tekið upp. Þar sem kjarninn bar engin merki um lagmót var álitnið að um skáp væri að ræða, en á 17 m dýpi var 20-30 cm skápur. Farið var með kjarnarörið 40 cm dýpra, en engin fyrirstaða fannst, og var greinilega komið niður úr hrauninu. Lagmótin voru lektarprófuð með rennslismælingu og reyndist lektin nærri 2000 L.U., en gera má ráð fyrir, að einhver hluti lekans hafi verið í steyppta bili holunnar niður að prófunarbilinu. Þetta er mikil lekt og má gera ráð fyrir, að hraunið sjálft sé einnig mjög lekt, eins og vandamál við steypingu holunnar benda eindregið til.

Lagmótin voru steyppt og sýnataka hafin. Borleðja (bentonite með þyngiefni) var notuð og skyldi hún varna hrúni holunnar. Þetta fór þó nokkuð á annan veg og hrundi holan jafnóðum saman undir hrauninu, þrátt fyrir að stöðugt væri reynt að hafa holuna stútfulla af leðju, og þar af leiðandi undir yfirþrýstingi. Ástæðan fyrir þessu er sog, sem myndast neðst í holunni, þegar sýnatakinn er tekinn upp úr sýnatökuhluta holunnar, og einnig lofttappar, sem myndast á milli borstanganna og holuveggs. Holan stóð þó einatt ágætlega, þegar hægt var að dæla borleðjunni í gegnum borstangirnar við upptöku, er hjólakróna var notuð. Vegna hruns var brátt

sýnt, að holan yrði ekki boruð með árangri án fódurrörs (casing). Ljóst er, að borleðjan dugar betur, þegar borað er í stæðilegra efni og ekki er um grunnvatnsrennsli að ræða.

Borleðjan var blönduð með hringdælingu, og var hver blanda notuð aðeins einu sinni. Við sýnatökuna var þetta nauðsynlegt, enda áhersla lögð á að hreinsa holuna sem best. Þegar borað er með hjólakrónu, eins og gert var í neðri hluta holunnar, er æskilegra að nota leðjugryfju, þar sem borsvarf sest til botns, en nokkuð hreinni borleðju er dælt ofan af til notkunar við áframhaldandi borun. Auk beins efnissparnaðar sparast við þetta talsverður tími við blöndun á borleðju.

Með tilkomu fódurröranna breyttist öll aðstaða til sýnatökunnar og borunarinnar í heild til batnaðar. Í ljós komu ófyrirséðir byrjunarerfiðleikar og má í því sambandi nefna að hækka þurfti borinn upp um tæpan meter, til þess að koma fódurrörseiningunum undir drifið á bornum, en í ráði var að fódurrörin færu í gegnum drifið. Í aðalatriðum var boruninni í setinu þannig háttað, að holan var fyrst hreinsuð í botn með hjólakrónu og borleðju. Fódurrörið var látið fylgja nokkuð jafnhratt niður, til þess að varna sandrennsli inn í holuna. Þegar borstangirnir voru dregnir upp var holan einatt stútfull af borleðju, til þess að halda sem mestum þrýstingi í henni. Sýnatakin var því næst settur í botn holunnar og barinn niður. Tveir sýnatakar voru notaðir, 66 og 76 mm að utanmáli. Þeir eru "opnir" með einstreymisloka efst, sem varnar bakþrýstingi á sýnið, en hleypir botnleðjunni í gegnum sig, þegar sett er niður. Kjarnarörið er tvöfalt, 70 cm langt, og er innra rörinu lokað með kjarna-grind. Sýnatakin er rekinn niður með 110 kg lóði, sem fellur 80 cm.

Við sýnatöku verður sandurinn fyrir síbreytilegu álagi. Slíkt hefur veruleg áhrif á mettaðan sand. Pósitífur þórurþrýstingur myndast, en hann hverfur með áframhaldandi álagi með þeim afleiðingum að virkar spennur aukast og sandurinn þjappast. Sýnin sem fást eru því að öllum líkindum þéttari, en efnið raunverulega er. Á nokkrum stöðum báru sýnin merki þjöppunar, þar sem hringlaga lagskipting um ás þess kom í ljós.

Nær samfelld sýni voru tekin niður á 40,6 m, en síðan með 3-6 m milli-bili niður á 67,6 m. Frá 67,6 m í 103,5 m var borað með hjólakrónu og

borleðju án fódurrörs, nema hvað 66 mm kjarnarör var notað til sýnatöku úr völubergi í 90 m. Neðstu 90 cm holunnar voru boraðir með kjarnaröri.

5.2 Borholusnið

Borholusnið af ST-15 er sýnt á mynd 23 og kornadreifing sýnanna í viðauka B. Á yfirborði er foksandur, en fíngerð ármöl ofan á hrauninu, sem hér byrjar á 1,8 m dýpi. Gjallkarginn er rúmlega 1 m þykkur og fylltur mélu. Hraunið er stórdílótt basalhraun (THi), talsvert sprungið og lekt. Það endar í 28,5 m. Undir hrauninu er ósamlímt vatnaset, fínmöl efst, þá grófur og meðalgrófur sandur niður á 30,5 m, en fínn sandur niður á 37,5 m dýpi. Sandurinn líkist foksandi, en er hér talinn sestur til í kyrru vatni. Hann er lagskiptur á bilinu 30,5-32,3 m og eru í honum ljós vikur, líklega gjóska H₄ úr Heklu. Að öðru leyti er setið svartur ólagskiptur sandur, nema hvað talsvert af mosaleifum og trjáflísum var í sýni 9 (33,6-34,3 m).

Í 37,5 byrjar hvarfleir, þar sem skiptast á þunn mélu- og fínsandslög. Í um 41,5 m verður setið fínna og fær á sig grængráan lit, sennilega vegna leirs, sem í því er. Þetta leirríka lag er rúmlega 2 m að þykkt og við tekur fínn og meðalgrófur sandur með óreglulegum og þunnum mélulögum á milli. Á bilinu 50,1-50,8 m breytist fínsandurinn jafnt og þétt í fínmöl án ljósrar lagskiptingar, ef undan er skilið 1 cm mosalag. Fínmölin verður millimöl í 52 m og gróf möl í um 55 m. Millimölin og grófa mölin eru álitin vera árset jökulár, en að öðru leyti er setið vatnaset. Mölin endar í 58,5 m og tekur þá við sandur. Í 60,6 m er fínsandur sennilega aska með skálaga nærri lóðréttum mélulögum í 61 m. Hér verður fyrst vart við nokkuð samþjappað efni og eru mélulögin talsvert samlímd. Sandurinn verður grófari neðar og í 66 m er hann vikurkenndur, meðalgrófur og grófur. Öll syrpan frá 60 m og niður fyrir 70 m, gæti verið gjóska, sem hefði hlaðist upp á fremur skömmum tíma. Neðst er þá gjóska, sem borist hefði beint út í lónið frá hugsanlegu gosi, en ofar efni sem borist hefði með yfirborðsvatni í leysingum næstu ára á eftir.

Í 80,5 m byrjar völuberg. Völubergið er ummyndað en ekki vel samlímt og fékkst ekki samfelldur kjarni úr því. Völubergið virðist vera meðal-

gróft jökulvatnaset með jafna kornadreifingu. Í 92 m er gulur mélu- steinn, sem endar í 95,2 m, er rauðleitur sandsteinnur tekur við. Frá 98,5 - 101 m skiptast á um 0,5 m þykk lög af völubergi, sandsteini og málusteini. Setlagasyrpan frá 80,5 m er öll ummyndað og sennilega vatna- set frá seinasta jökulskeiði eða eldra.

Forsendur fyrir ummyndun eru tvær, þrýstingur og/eða hiti. Hugsanlegt er, að setlöggin hafi áður verið grafin á meira dýpi en nú er, og því verið undir meiri þrýstingi og hita. Ef svo er, væri eflaust rétt að telja þessa syrpu til berggrunnins. Hitamæling við lok borunar gaf 20,3°C hita í botni holunnar. Það er því líklegra, að ummyndunin stafi frá þessum hita og er þá ummyndunin enn í fullum gangi. Ef þessi síðari skýring er tekin gild þá er rétt að skilgreina grunnberg í 101 m.

Í 101 m breyttist borhraðinn úr 3-4 mín. hver 50 cm færa í 25-30 mín. færan. Skolið og allur borgangur breyttist sömuleiðis svo ekki var álitamál, að borað var í þétu bergi. Svarfprufur bentu eindregið til mélu- fyllts basalts og styrkti borhraði og borgangur það. Í 103,5 m var tekinn 90 cm kjarni, áður en skolvatn tapaðist. Efri hluti kjarnans er sprungið basalt, en neðri hlutinn ummyndað túff með 1-2 cm leirlinsum inn á milli.

5.3 Sýni

Tekin voru 27 sýni úr ST-15, auk skolprufa (sjá sýnaskrá og kornastærðalínurit í viðauka B). Jarðlagagreining neðan 80 m dýpis byggir aðallega á skolprufunum. Sýnunum er skipt í tvo hópa, óspjölluð sýni (ÓS) og spjölluð sýni (SS). Sýni er kallað óspjallað, ef það er tekið með sýnatanum úr óhreyfðu efni í botni holunnar. Sýni er spjallað, ef það er tekið úr hruni eða öðru hreyfðu efni, eða ef það er tekið með kjarnaröri. Ekkert sýnanna er þó óspjallað í þess orðs fyllstu merkingu, og kemur þar margt til. Þrjú þýðingarmestu atriðin eru:

- (1) Efnið þjappast saman við sýnatökuna vegna síbreytilegs álags.
- (2) "In situ" þórþrýstingur er hár (1 kg/10 m), en hann tapast við sýnatökuna.
- (3) Geymsla og flutningur af borstað orsakar aðskilnað í sýnunum.

SKRÁ YFIR SÝNI

1. (SS) 28,6-29,3 m: Fínmöl. Hrun inn í holuna af sama dýpi.
2. (SS) 29,3-29,7 m: Fínmöl. Hreyft sýni nema neðst.
3. (ÓS) 29,7-30,3 m: Meðalgrófur og grófur sandur.
4. (SS) 30,3-30,4 m: Fínmöl og sandur. Tekið með 76 mm kjarnaröri.
5. (SS) 28,6-30,4 m: Sandur. Hrun ofan 30,4 m.
6. (ÓS) 30,5-31,2 m: Fínn sandur.
7. (ÓS) 31,6-32,3 m: Fínn sandur.
8. (ÓS) 32,4-33,0 m: Fínsandur með votti af mélu neðst.
9. (ÓS) 33,6-34,3 m: Fínsandur með mosaleifum og trjáflísum.
10. (ÓS) 34,4-35,1 m: Fínsandur.
11. (SS) 35,1-35,6 m: Fínsandur. Sandur sem flætt hefur upp í fóður-
rörið.
12. (SS) 35,6-35,8 m: Fínsandur.
13. (ÓS) 36,0-36,35m: Fínsandur með minni háttar mélulinsum.
14. (ÓS) 36,1-36,7 m: Fínsandur með lítilli mélulinsu.
15. (ÓS) 37,0-37,5 m: Fínsandur með mélulögum í neðstu 5 cm.
16. (ÓS) 38,45-39,1m: Hvarfleir með mélu og fínsandslögum.
17. (ÓS) 40,05-40,65m: Hvarfleir með mélu og fínsandslögum.
18. (ÓS) 43,05-43,35m: Hvarfleir með leir, mélu og fínsandslögum.
19. (SS) 44,0-44,5 m: Sandur og silt. Lagskipting frá fínum og meðal-
grófum sandi yfir í mélu. Sýnið tekið með 66 mm
kjarnaröri.
20. (SS) 46,0-46,2 m: Meðalsandur. Sýnið skaddað við upptöku.
21. (ÓS) 46,65-47,25m: Fínsandur og méla. Lítilsháttar lagskipting.
22. (ÓS) 50,15-50,75m: Fínsandur efst, þá meðalgrófur og grófur sandur
og fínmöl neðst.
23. (SS) 53-55 m: Millimöl - gróf möl. Tekið með 66 mm kjarnaröri.
24. (ÓS) 60,6-61,1 m: Fínn og meðalgrófur sandur með skálaga mélulögum.
25. (ÓS) 67,1-67,6 m: Meðalgrófur sandur og fínsandur með skálaga mélu.
26. (SS) 90,0-90,5 m: Völuberg. Lítið samlímt, ummyndað. Tekið með
66 mm kjarnaröri.
27. (SS) 103,5-104,4m: Sprungið basalt og ummyndað tuff með leirlögum.

5.4 Um framhald rannsókna

Borun ST-15 var á vissan hátt tilraunaborun, þar sem hér var í fyrsta sinn reynd sýnataka úr lausum sandi á miklu dýpi. Mikilvæg reynsla fékkst við framkvæmd verksins, og á hún eflaust eftir að koma til góða við frekari borun við svipaðar aðstæður. Á þetta bæði við um bortæknileg atriði og meðferð sýna. Hér á eftir eru talin upp fáein atriði, sem leggja mætti til grundvallar við skipulagningu áframhaldandi rannsókna á svæðinu:

1. Ósamliðdur mettaður sandur verður ekki boraður með árangri án fódurrörs, þar sem stæðni efnisins er engin.
2. Nauðsynlegt er að halda sem mestum þrýstingi á holu til þess að varna sandinum að flæða inn í fódurrörið og til þess að halda ófóðruðum hluta holunnar opnum. Þetta gekk vel þegar hægt var að renna borleðju í gegnum stangirnar, en nokkrum sinnum "kom holan upp" á eftir sýnataknum allt að 3 m.
3. Gryfju fyrir borleðju ætti að byggja um leið og fódurrör er grafið á fast.
4. Fódurrörseiningar ætti að setja undir drifið, þegar bætt er í, en ekki í gegnum það. Til þess að þetta sé hægt þarf að byggja 1 m háan pall undir borinn.
5. Sýnatakinn reyndist vel, en reyna ætti að þynna vegg hans, til þess að auðvelda niðurslátt. Við þetta fengjust betri sýni. Einnig mætti stytta borskóinn um helming, en það myndi auðvelda frágang sýnatakans verulega. Styttning skósins er einnig mikilvæg, ef sýnið gengur illa inn í sýnatakann, þar sem stærri hluti sýnisins er þá inni í innra rörinu.
6. Sýnin geymast illa og verður aðskilnaður í mettuðum ósamliðdum ein-korna sandi á mjög skömmum tíma. Með litlum tilkostnaði má koma upp aðstöðu á borstað til mælingar á rúmþyngd, vatnsinnihaldi og þóruhluta.
7. Sandurinn fellur saman strax og fódurrör er dregið upp. Gagnlegt er að geta mælt hitastig og jarðvatnsborð síðar meir, en til þess þarf að setja piezometerrör í holurnar áður en fóðring er dregin upp. Einnig

ætti að vera fremur auðvelt að setja piezometra í holur ST-14 og ST-15.

8. Samkvæmt viðnámsmælingum er lágt viðnám undir svæðinu. Æskilegt væri að kanna orsakir þessa lága viðnáms með borun.

6. JARÐLAGASKIPAN

6.1 Almennt

Jarðlögum á fyrirhuguðu stíflu- og stöðvarhússtæði Búðarhálsvirkjunar má skipta í tvo meginflokka, annars vegar nútímamyndun og hins vegar grunnbergsmýndun, en á milli þeirra er "finiglacial" myndun, sem samanstendur af siltríku efni (lón- og árseti, jökulruðningi og jökulbergi). "Finiglacial" myndunin þekur að miklu leyti grunnbergsmýndunina.

Nútímamyndunin hefur hlaðist upp á s.l. 10.000 árum, en svonefnd "finiglacial" myndun er frá lokum síðasta jökulskeiðs eða skömmu áður en Nútími gekk í garð. Talið er að jöklar síðasta jökulskeiðs hafi tekið að hopa fyrir u.þ.b. 18.000 árum. Grunnbergsmýndunin hlóðst upp á segul-tímabilinu Matuyama, hófst fyrir 2,4 milljónum ára og lauk fyrir 0,7 milljónum ára, en þá var stefna segulsviðsins öfug (reverse) miðað við það sem hún er í dag (normal) að undanskildum nokkrum stuttum skeiðum með rétta segulstefnu. Elsta bergið (úr neðsta hluta borholunnar ST-15) er um 1,6 milljón ára gamalt og öfugt segulmagnað. Yngsta bergið hér um slóðir, sem tilheyrir grunnbergsmýnduninni, er Búðarhálsmóbergið, sem þekur allan efri hluta hálsins. Það er um 0,8 milljón ára gamalt.

Fyrirhuguð stífla mun hvíla á nútímamyndun, þ.e. hrauninu THi, sem er um 3000 ára gamalt, og á grunnbergsmýndun Búðarháls- og Fitjaskógamegin. Ennfremur er áætlað að hafa stöðvarhús Fitjaskógamegin.

6.2 Jarðlagasnið

Á myndum 22 og 23, borholusniðum af ST-14 og 15, kemur skýrast fram uppbygging nútíma og "finiglacial" myndananna á svæðinu. Efst þekur laust yfirborðslag (2-4 m), úr möl, sandi, silti og jafnvel leir, hraunið THi, sem er um 27 m þykkt. Þar undir tekur við þykkt set, rúmlega 70 m í borholunni ST-15, sem samanstendur aðallega af möl, sandi og silti og er að langmestu leyti vatnaset, þ.e. lón- og árset. Á 101 m dýpi í ST-15 tekur móberg við, og er þar örugglega komið í grunnbergsmýndunina.

Athuganir á setinu fyrir neðan 80,5 m, þ.e. í illa samlímnda völuberginu, benda til "finiglacial" uppruna. Jarðsaga svæðisins og borhraði benda líka til þess, að yfirborð móbergsins marki skil "finiglacial" og grunnbergsmýndunar, en hér er í raun og veru aðeins um skilgreiningaratriði að ræða.

Á mynd 24 eru teiknuð jarðlagasnið annars vegar milli Fitjaskóga og Búðarháls í gegnum borholuna ST-15 (jarðlagasnið A-A), þ.e. á líklegu stíflu- og stöðvarhússtæði, og hins vegar milli borholanna ST-14 og 15 (jarðlagasnið B-B), þar sem upplýsingar um nútíma- og "finiglacial" myndanirnar eru gleggstar. Staðsetning jarðlagasniðanna er sýnd á mynd 25. Þau eru fyrst og fremst byggð á borholum og jarðeðlisfræðilegum mælingum undanfarinna tveggja ára. Mikillar óvissu gætir Fitjaskógamegin í jarðlagasniði A-A. Þar eru aðeins yfirborðskannanir lagðar til grundvallar og lega grunnbergsins og þykkt setsins þar af leiðandi hrein ágiskun. Loftmyndaathuganir gáfu til kynna misgengi, sem sýnt er Búðarhálmegin, en ekki er hægt að fullyrða um, hvort það er til staðar, að svo komnu.

Á mynd 24 eru ennfremur sýnd 4 snið úr skýrslunni "Búðarháls. Jarðfræðiskýrsla 1973", sem unnin var á vegum Raforkudeildar Orkustofnunar fyrir Landsvirkjun af þeim Ingibjörgu Kaldal og Skúla Víkingssyni. Staðsetning tveggja þessara sniða, 9 og 16, er sýnd á jarðfræðikortinu, mynd 25, en hin tvö (27 og 29) eru Fitjaskógamegin, við Gljúfurá og Þröngubása, 11-12 km fyrir innan borholuna ST-15.

Hvað grunnbergsmýnduninni viðkemur virðist ljóst, að borholan ST-15 endar í svokölluðu Þröngubásamóbergi, sem fram kemur neðst í sniði 27. Tengin þess sniðs við snið 29, og þó einkum við snið 9 og 16, sem eru nær borholunni, sýnir jarðlagaskipan í grunnbergsmýnduninni á fyrihuguðu stíflu- og stöðvarhússtæði.

6.3 Jarðlagahalli

Með tengingum og útreikningum á þremur jarðlaga "horizontum" milli borholu og áður nefndra sniða (a) yfirborð Þröngubásamóbergs í borholu ST-15 og sniði 27, b) yfirborð á jökulskeiðinu Gljúfurá II, en það er neðri teng-

ingin á mynd 24, og c) segulskilanna öfugt- rétt, sem er efri tengingin á fyrrnefndum sniðum) kemur í ljós, að hallinn er um 1° ($0,9-0,95^\circ$) með stefnuna $S6^\circ A$. Bæði neðar og ofar í grunnbergsstaflanum, þ.e. í Sandafelli og í Búðarhálsi, er hallinn aftur á móti um 2° með stefnuna $S13^\circ A$. Skýringin á þessum mismun, þó hér sé um sárálitinn halla að ræða í báðum tilvikum, gæti átt rætur að rekja til landslags, þ.e. að sniðin 9, 16, 27 og 29 eru sitt hvoru megin við þykkan, a.m.k. 100 m, líparíthrauk (uppruni hraun eða móberg?), sem jarðlögin leggjast upp að. Minni hallinn væri þar af leiðandi staðbundinn, en 2° hallinn hinn almenni halli á svæðinu og viðkomandi hallastefna.

7. MÆLINGAR Á JARÐVATNI

7.1 Hita- og straummælingar

Þann 7. og 8. nóvember var borholan ST-15 hita- og straummæld (afstæð straummæling). Hiti í botni holunnar á 104 m dýpi reyndist vera 20,3 °C. Eins og sést á línuritinu á mynd 26, eru glögg hitaskil á um 90 m dýpi, en allt vatn þar fyrir neðan tilheyrir "heita jarðvatnskerfinu", sem ræður ríkjum í grunnberginu hér um slóðir. Viðnámsmælingar á svæðinu sýna lágt viðnám, sem á líklegast rætur að rekja til hins háa grunnbergs-hita. Blandvatn tekur síðan við fyrir ofan 90 m skilin, en "kalda kerfið" nær smám saman yfirhöndinni er ofar dregur í holunni og ræður algjörlega ríkjum í 30-40 efstu m holunnar, en þar er hitastigið um og innan við 4°C.

Þegar mæling fór fram, var aðeins tæp vika liðin frá því að borun lauk og hiti því ekki kominn í náttúrulegt jafnvægi, a.m.k. ekki í þeim hluta holunnar, sem fóðringin er í, eða á dýptarbilinu 17-82 m. Hin augljósu hitaskil á 90 m dýpi gætu því hækkað eitthvað í holunni. Breytilegur þrýstingur í heita- og kalda kerfinu veldur því, að þau færast til, a.m.k. á löngum tíma, og má í því sambandi benda á þá hækkun jarðvatnsins, sem fylgt hefur vatnsmettun hraunsins THi, en það rann yfir svæðið fyrir u.þ.b. 3000 árum.

Afstæð straummæling með sambyggðum hitara og hitamæli, sbr. mynd 26, sýnir rennsli á 95 m dýpi og þar fyrir neðan, þ.e. í heita kerfinu, og ennfremur afar skýrt afmarkað rennsli á 12 m dýpi í hraunhluta holunnar í kalda kerfinu, en þar fyrir ofan er það óverulegt. Í fóðraða hluta holunnar, á 17-82 m dýptarbilinu, kemur að sjálfsögðu ekkert rennsli fram. Með kvörðun á straummælinum fengist raunverulegt jarðvatnsrennsli í holunni og út frá því aðrir jarðvatnsfræðilegir þættir.

7.2 Jarðvatnshæðarmælingar

Í borholunni ST-14 var jarðvatnshæð mæld reglulega meðan á borun stóð. Engar breytingar á jarðvatnsborði urðu, er farið var niður úr hrauninu og niður í setið. Við upphaf borunar stóð jarðvatnsborð í 287,85 m y.s.

en í 287,53 m í lokin, en þá var holan orðin 65,8 m djúp. Þessi lökkun stafaði fyrst og fremst af lökkun á jarðvatnsborði á svæðinu. Einum mánuði eftir að borun lauk, 24. október 1977, hafði jarðvatnsborð enn lækkað um 0,44 m og stóð nú í 287,09 m y.s.

Við borun á ST-15 voru jarðvatnshæðarmælingar strjálldi, en ekkert bendir til þess að óeðlilegar breytingar hafi orðið á jarðvatnsborði meðan á borun stóð. Jarðvatnsborð var í kringum 287,5 m y.s. meðan á borun stóð, en mældist 287,34 m y.s. 5 dögum eftir að borun lauk.

Mælingar í borholunum ST-14 og ST-15 þann 7. nóvember s.l. sýndu að jarðvatnsborð stóð 0,63 m lægra í ST-15 (287,36 m) en í ST-14 (287,99 m), en jarðvatnsborð var um 1 m hærra á þessu svæði þá heldur en árið 1977 miðað við mælingar í borholunni ST-14. Sennilegast er að hæðarmælingar á borholu/borholum séu rangar eða að um óskýrt jarðvatnsfyrirbæri sé að ræða, en endanleg túlkun á þessu verður að bíða þar til nægjanleg gögn liggja fyrir.

Hitamæling í ST-14 (77.10.24) sem framkvæmd var rúmum mánuði eftir að borun lauk sýnir jarðvatnshitann um 2°C, en hitamælingar frá júlí, ágúst og nóvember á árinu 1978 sýna hitann um 4°C.

T Ö F L U R

TAFLA 1

SEGULMÆLINGAR. STAÐSETNING Á MÆLILÍNUM

Númer endahæla í			Númer endahæla í		
mælilínum.	Y-Hnit	X-Hnit	mælilínum.	Y-Hnit	X-Hnit
SM-0-S	412.036.7	571.822.2	SM-15-S	412.770.3	571.325.7
" -0-N	412.254.4	572.097.9	"-15-N	412.908.9	571.470.0
" -1-S	411.665.5	571.951.0	"-16-S	412.807.6	571.226.6
" -1-N	412.185.3	572.865.1	"-16-N	412.984.0	571.404.1
" -2-S	411.565.1	572.038.4	"-17-S	412.882.3	571.160.5
" -2-N	411.814.4	572.528.8	"-17-N	413.059.1	571.338.2
" -3-S	411.719.4	571.930.0	"-18-S	412.918.6	571.055.3
" -3-N	411.978.3	572.298.9	"-18-N	413.134.3	571.272.4
" -4-S	411.846.5	571.938.4	"-19-S	412.945.9	570.944.2
" -4-N	411.990.7	572.143.2	"-19-N	413.157.2	571.155.6
" -5-S	411.812.7	571.917.6	"-20-S	413.017.4	570.882.0
" -5-N	412.067.8	572.076.3	"-20-N	413.221.5	571.025.4
" -6-S	411.970.5	571.893.5	"-21-S	413.021.2	570.762.0
" -6-N	412.137.0	572.004.2	"-21-N	413.266.4	570.932.6
" -7-S	412.114.0	571.756.2	"-22-S	413.114.0	570.708.9
" -7-N	412.253.5	571.964.5	"-22-N	413.312.4	570.861.7
" -8-S	412.241.5	571.768.6	"-23-S	413.136.1	570.600.
" -8-N	412.351.5	571.936.3	"-23-N	413.373.9	570.783.8
" -9-S	412.334.4	571.728.7	"-24-S	413.190.6	570.515.8
" -9-N	412.449.0	571.892.9	"-24-N	413.430.3	570.694.4
"-10-S	412.404.2	571.654.4	"-25-S	413.287.9	570.463.6
"-10-N	412.516.6	571.820.2	"-25-N	413.448.0	570.582.9
"-11-S	412.505.1	571.625.7			
"-11-N	412.588.7	571.751.0			
"-12-S	412.581.4	571.557.4			
"-12-N	412.683.8	571.667.5			
"-13-S	412.622.1	571.454.9			
"-13-N	412.758.8	571.601.7			
"-14-S	412.697.0	571.389.3			
"-14-N	412.833.8	571.535.9			

TAFLA 1 frh.

SEGULMÆLINGAR. STAÐSETNING Á MÆLIPUNKTUM

Númer	Y-hnit	X-hnit	Númer	Y-hnit	X-hnit
M-24	413.171	570.501	M-65	412.613	572.776
M-25	413.226	570.422	M-66	412.682	572.682
M-26	413.261	570.310	M-67	412.780	572.584
M-27	413.315	570.237	M-68	412.817	572.534
M-27,5	413.341	570.211	M-69	412.930	572.405
M-28,0	413.382	570.173	M-70	412.904	572.421
M-29	413.394	570.066	M-71	413.000	572.419
M-30	413.439	569.984	M-72	412.993	572.344
M-31	413.499	569.902	M-73	413.035	572.365
M-32	413.518	569.791	M-74	413.034	572.338
M-33	413.592	569.724	M-75	413.037	572.267
M-33,5	413.624	569.694	M-76	413.057	572.247
M-34	413.682	569.674	M-77	413.089	572.218
M-34,125	413.599	569.610	M-78	413.106	572.214
M-34,25	413.662	569.606	M-79	413.182	572.235
M-34,5	413.640	569.572	M-80	413.130	572.216
M-35	413.623	569.518	M-81	413.171	572.178
M-36	413.643	569.422	M-82	413.280	572.064
M-37	413.704	569.337	M-83	413.350	572.046
M-38	413.747	569.265	M-84	413.403	572.013
M-39	413.838	569.210	M-85	413.453	571.898
M-39,5	413.818	569.142	M-86	413.543	571.826
M-40	413.820	569.092	M-87	413.611	571.774
M-41	413.893	569.020	M-88	413.627	571.706
M-42	413.958	568.954	M-89	413.792	571.667
M-43	414.024	568.880	M-90	413.734	571.518
M-44	414.081	568.804	M-91	413.816	571.468
M-45	414.129	568.720	M-92	413.858	571.409
M-46	414.224	568.657	M-93	413.848	571.374
M-47	414.281	568.578	M-94	413.863	571.290
M-48	414.327	568.504	M-95	413.987	571.234
M-48,5	414.361	568.469	M-96	414.069	571.151
M-49	414.434	568.460	M-97	414.172	571.014
M-50	414.532	568.415	M-98	414.321	570.923
M-51	414.649	568.487	M-99	414.587	570.500
M-51,5	414.600	568.557	M-100	414.821	570.240
M-52	414.799	568.521	M-101	414.922	570.036
M-52,5	414.601	568.708	M-102	414.998	569.860
M-53	412.089	573.354	M-103	415.146	569.729
M-54	412.139	573.287	M-104	415.359	569.331
M-55	412.194	573.259	M-104B	415.394	569.264
M-56	412.307	573.171	M-105	415.332	569.149
M-57	412.354	573.083	M-105B	415.371	569.075
M-58	412.411	573.010	M-106	415.377	568.956
M-59	412.405	573.008	M-107	415.421	568.570
M-60	412.389	572.985	M-108	415.149	568.778
M-61	412.428	572.989	M-109	415.075	568.684
M-62	412.469	572.965	M-110	415.015	568.732
M-63	412.559	572.871	M-111	414.919	568.835
M-64	412.577	572.870	M-112	414.865	568.832
M-28,5	413.386	570.142	M-113	414.803	568.783
M-38,5	413.777	569.221	M-114	414.743	568.737
M-49,5	414.479	568.415			

TAFLA 2

HELSTU UPPLÝSINGAR OG NIÐURSTÖÐUR JARÐSVEIFLUMÆLINGANNA

Lína	Lengd línu í m	M æ l i a ð f e r ð		Hraunjaðar á mælibílinu	Fjarlægð hraunjaðars frá endapunkti mælibil.	Meðaldýpi á lagmót hraun-set í m	Meðal hljóðhraði km/s
		Hljóðbrotsmæling á mælibílinu	Bergmálmæling á mælibílinu				
Q	1300	±300-100 m	000-1000 m	±200-±100 m	±150 m	40	2,3
P	1250	±150-300 m	200-1100 m	000-100 m	60 m	40	2,3
O	1150	000-400 m	300-1150 m	010-200 m	150 m	35	2,3
N	1120	100-500 m	400-1220 m	350-450 m	380 m	32	2,0
M	1300	000-600 m	500-1300 m	450-550 m	490 m	29	2,1
L	1100	200-600 m	500-1300 m	450-550 m	510 m	28	2,1
K	900	100-700 m	600-1000 m	550-650 m	590 m	33	2,3
J	600	300-800 m	500-800 m	500-600 m	570 m	29	2,2
H	500	400-900 m	600-800 m	600-700 m	635 m	<20?	-



JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður. RÓPARHÁLSVIRKJUN Q-lína

Ár. 1978

Hæll nr.	Hnit		Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m		Dýpi, m
	Y-norður	X-vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂	á 3. lag H ₂
				V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t			
SS-3	B	411.468.3	572.170.5	0,4	3,4	3,4			3,5	
SS-5	A	411.714.0	572.095.6	0,4	2,1	3,6			4,5	11,2
SS-6	A	411.942.9	572.184.9	0,4	2,6	2,7			2,8	
	B	412.016.8	572.120.9	0,4	2,8				3,9	
SS-53	A	412.065.1	572.429.4	0,4	2,5	2,5			2,3	
	B	412.144.9	572.338.7	0,4	2,5				2,8	
SS-7	A	412.151.6	572.331.8	0,4	2,7	2,7			2,6	
	B	412.222.3	572.262.6	0,4	2,7				2,7	
SS-51	A	412.300.6	572.555.6	0,4	2,8	2,7			3,4	
	B	412.381.8	572.466.4	0,4	2,6				3,0	
SS-8	A	412.368.8	572.460.3	0,4	2,7	2,7			3,7	
	B	412.433.3	572.403.9	0,6	2,6				4,4	
SS-9	A	412.598.1	572.620.9	0,4	2,7	2,7			3,2	
	B	412.648.1	572.536.2	0,4	2,7				3,2	
SS-10	A	412.680.7	572.680.7	0,4	1,7	1,5	2,9	2,9	<2,0	6,7
	B	412.718.3	572.590.7	0,4	1,4		2,8		2,0	<6,7
Q+300	N	411.502.1	572.069.5	0,4			2,7	3,4	2,2	
Q+200	S			0,4			4,7		4,7	
Q+200	N			0,4	2,7?	2,3?	6,3?	4,0?	~3,5	?
Q+100	S			0,4	1,9		>6,0?		3,3	15,5
Q+100	N			0,5	3,0	2,8			5,6	
Q-000	S	411.773.6	572.198.2	0,5	2,6				4,4	
Q-000	N			0,5	3,0	3,0			4,5	
Q-100	S			0,5	3,0				4,5	
Q-000	S	411.773.6	572.198.2		?					?
	N				2,0					33
Q-100	S				2,2					37
	N				2,0					37
Q-200	S				2,5					49
	N				2,5					45
Q-300	S	412.043.8	572.328.4		2,1					37
	N				2,1					37
Q-400	S				2,2					37
	N				?					?
Q-500	S				2,2					35
	N				2,2					36
Q-600	S				2,3					40
	N				2,3		1,5?			40
Q-700	S	412.402.7	572.501.1		2,3		1,4?			41
	N				2,3					42
Q-800	S				2,3					43
	N				2,3					41
Q-900	S				2,3					40
	N				2,4					43
Q-1000	S	412.673.0	572.631.5		?					?
					?					?

Ath.

V = velocity / hljóðhraði
u = up-dip / hallar upp
d = down-dip / hallar niður
t = true / réttur

TAFLA 4



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður. BÚÐARHÁLSVIRKJUN P-lína Nr. 1

Ár. 1978

Hæll nr.	Hnit		Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m		Dýpi, m á 3. lag H ₂
	Y-norður	X-vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂	
				V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t			
SS-61	A	411.880.4	572.098.6	0,3	2,9	2,8			2,5	
	B	411.979.3	572.030.4	0,3	2,7				3,1	
SS-6	A	411.942.9	572.184.9	0,3	2,8	2,7			2,8	
	B	412.016.8	572.120.9	0,4	2,6				3,9	
SS-60	A	411.998.9	572.124.8	0,4	2,8	2,8			2,7	
	B	412.107.6	572.094.8	0,4	2,9				2,5	
SS-69	A	412.043.0	572.146.7	0,6	3,0	3,0			4,9	
	B	412.136.6	572.207.2	0,7	3,1				4,9	
SS-68	A	412.153.2	572.217.5	0,6	3,0	2,9			4,6	
	B	412.260.1	572.288.8	0,7	2,9				4,5	
SS-7	A	412.151.6	572.331.8	0,3	2,7	2,7			2,6	
	B	412.222.2	572.262.6	0,5	2,7				3,5	
SS-57	A	412.250.4	572.256.7	0,5	2,7	2,8			3,5	
	B	412.351.3	572.217.8	0,4	2,8				3,4	
SS-67	A	412.260.8	572.287.7	0,8	3,1	3,0			4,7	
	B	412.354.7	572.342.4	0,8	3,0				4,2	
SS-58	A	412.345.3	572.228.8	0,4	2,8	2,8			3,2	
	B	412.414.6	572.129.9	0,3	2,8				2,4	
SS-66	A	412.372.8	572.351.9	0,8	3,1	3,1			4,8	
	B	412.468.5	572.404.1	0,8	3,1				4,6	
SS-52	A	412.449.0	572.380.4	0,5	2,7	2,7			2,9	
	B	412.513.5	572.278.2	0,5	2,7				3,3	
SS-65	A	412.488.5	572.406.5	0,8	2,8	3,0			4,7	
	B	412.598.8	572.399.8	0,7	3,2				5,1	
SS-64	A	412.598.8	572.399.8	0,7	2,7	2,8			4,4	
	B	412.707.4	572.393.8	0,7	2,8				4,2	
SS-50	A	412.653.4	572.526.1	0,4	2,7	2,7			3,4	
	B	412.701.0	572.415.5	0,4	2,7				2,8	
SS-55	A	412.701.0	572.415.5	0,4	2,7	2,7			3,0	
	B	412.698.2	572.295.6	0,5	2,7				2,4	
SS-63	A	412.707.4	572.393.8	0,5	2,8	2,8			4,5	
	B	412.816.7	572.387.2	0,5	2,9				4,5	
SS-48	A	412.861.1	572.459.9	1,5	2,8	2,9			6,3	
	B	412.949.7	572.376.9	0,7	2,9				2,8	
P+ 145 90				0,4			2,8	3,9	2,0	
				0,4			6,5		3,8	
P+ 100 000		411.765.1	571.971.1	0,4			3,2	3,8	3,6	
				0,4			4,4		5,1	
P 000 100				0,4	2,5	2,5			4,6	
				0,4	2,5					2,4
P 100 200				0,5	2,5	2,5			3,9	
				0,5	2,5					4,0
P 200 300				0,3	2,7	2,8			2,6	
				0,6	2,9					5,2

ABEM
HLJÓÐBROTSMÆLINGAR

Ath.

V = velocity / hljóðhraði
u = up-dip / hallar upp
d = down-dip / hallar niður
t = true / réttur

TAFLA 4



ORKUSTOFNUN

Raforkudeild

JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður..... BÚÐARHÁLSVIRKJUN P-lína Nr. 2

Ár..... 1978

Hæll nr.	Hnit		Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m		Dýpi, m á 3. lag H ₂
	Y-norður	X-vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂	
				V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t			
P-150 -100	N		0,4			3,4		3,6	4,8	
	S	411.765.1	571.971.1	0,3			3,8		3,5	
P-100 000	N		0,4			3,6		3,8	4,5	
	S		0,4			4,4			4,4	
P-000 100	N		0,3	2,5	2,5				4,6	
	S		0,4	2,5					2,4	
P-200	S			2,2						36
	N			2,5						44
P-250	S			2,6						48
	N			2,6						50
P-300	S	412.125.7	572.145.6	2,6						50
	N			2,7						53
P-400	S			2,3						42
	N			2,2						38
P-500	S			2,4						42
	N			2,1						36
P-600	S			?						?
	N			2,1						34
P-700	S	412.484.7	572.319.4	2,2						35
	N			2,3						38
P-800	S			2,3						38
	N			2,0						32
P-900	S			2,4						41
	N			2,4						39
P-1000	S	412.755.0	572.450.2	2,3						33
	N			2,2						33
P-1100	S			2,4						37

HUNTEC
HLJÓÐBROTSM

BERGMÁLSMÆLINGAR

Ath.

V = velocity / hljóðhraði
 u = up-dip / hallar upp
 d = down-dip / hallar niður
 t = true / réttur

TAFLA 5



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður. BÚÐARHÁLSVIRKJUN O-lína

Ár. 1978

Hæll nr.	Hnit		Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m			Dýpi, m
	Y - norður	X - vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂	á 3. lag H ₂	
				V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t				
SS-12	A	411.964.4	571.889.4	0,4	3,5	3,7			3,4		
	B	412.042.8	571.829.9	0,4	4,0				4,0		
SS-13	A	412.073.0	571.965.7	0,4	2,2	2,0			2,0		
	B	412.141.8	571.895.1	0,4	1,8		4,0?		2,0	23?	25?
SS-14	B	412.293.9	571.988.7	0,4	2,7				3,2		
SS-15	B	412.402.6	572.069.6	0,4	1,5		2,7		~2,0	4,0	6,0
SS-16	A	412.557.9	572.158.1	0,5	2,7				3,0		
SS-56	B	412.552.8	572.166.7	0,5	2,7				4,2		
SS-17				0,5	2,5				~3,3		
SS-11	B	412.986.6	576.314.7	0,5	3,0				4,2		
SS-49	A	412.963.2	572.360.3	1,4	2,9				3,7		
SS-48	B	412.861.1	572.459.9	1,5(?)	2,9				2,8		
SS-62	B	412.926.5	572.386.3	1,1	3,0				6,0		
O-010	N	411.937.2	571.832.3	0,4	-		2,9		~2,0		
O-110	S			0,4	1,4		7,3?	4,2	~2,0	9,5	11,5
O-100	N			0,4	1,1	1,4	4,0		2,2	10,0	12,2
O-200	S			0,3	2,0		4,3	4,2	2,0	21,0	23,0
O-200	N			0,4	2,5	2,6			2,6		
O-300	S			0,4	2,7				3,0		
O-300	N			0,4	2,8	2,6			3,4		
O-400	S	412.297.0	572.006,4	0,4	2,5				2,5		
O-400	N			0,4			2,8	3,5	2,5		
O-100	S			0,5	1,4(?)		4,8		~2,0	~13,0	~15,0
O-100	N			0,6	1,8		3,8		4,0	10,0	~14,0
O-200	S										
O-200	N										
O-300	S				2,0					29	
O-300	N				2,1					36?	
O-400	S				2,1					33	
O-400	N				1,9					31	
O-500	S				2,2					35	
O-500	N				2,0					34	
O-550	N				2,4					40	
O-600	S				2,3					39	
O-600	N				2,0					31	
O-700	S				2,1					35	
O-700	N				2,2					37	
O-800	S	412.656.5	572.180.7		2,2					38	
O-800	N				2,2					36	
O-900	S				2,2					34	
O-900	N				2,1					34	
O-1000	S				2,2					35	
O-1000	N				2,3					37	
O-1100	S	412.926.0	572.311.9		2,2					36	
O-1100	N				2,1					37	
O-1150	S				2,1					36	
O-1150	N										

Ath.

V = velocity / hljóðhraði
 u = up-dip / hallar upp
 d = down-dip / hallar niður
 t = true / réttur

TAFLA 6



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður BÓÐARHÁLSVIRKJUN N-lína

Ár. 1978

Hæll nr	Hnit		Hljóðhraði, km/s						Þykkt, m		Dýpi, m á 3. lag H ₂
	Y-norður	X-vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂		
				v _u og v _d	V _f	v _u og v _d	V _f				
SS-19	A	412.155.6	571.754.7	0,4	1,5	1,4	3,8	3,6	2,7	7,2	9,9
	B	412.329.9	571.688.6	0,4	1,3		3,2		<2,0	5,1	<7,1
SS-20	A	412.323.9	571.832.4	0,3	2,0	1,6	4,8	4,2	2,9	22	24,9
	B	412.191.7	571.760.0	0,4	1,7		3,9		2,0	13	15,0
SS-21	A	412.499.0	571.820.2	0,4	2,9	2,8			3,0		
	B	412.516.6	571.956.6	0,4	2,7				2,5		
SS-22	A	412.653.8	571.956.6	0,4	2,7	2,7			2,5		
	B	412.718.7	571.880.9	0,4	2,7				2,8		
SS-23	A	412.849.6	572.009.1	0,4	2,8	2,7			2,4		
	B	412.910.8	571.929.8	0,5	2,6				2,4		
SS-18	A	412.979.8	572.222.8	0,7	1,4	1,6	2,8	2,8	<2,0	3,7	<6,0
	B	413.027.0	572.136.0	0,5	2,0		2,8		<2,0	6,3	<8,3
SS-25	A	413.092.9	572.136.6	0,6	1,6	1,6	2,8	2,8	<2,0	3,9	<6,0
	B	413.155.8	572.037.8	0,5	1,7		2,8		<2,0	3,9	<6,0
N-100 200	N	412.108.7	571.694.1	0,5	3,0	3,8			<2,0		
	S			0,5	5,3				5,7		
N-200 300	N			0,4	1,4	1,4	3,5	3,7	2,9	6,7	9,6
	S			0,4	1,5		4,0		2,6	11,1	13,7
N-300 400	N			0,4	2,0	1,8	4,1	3,6	4,0	14,0	18,0
	S	412.378.7	571.824.2	0,4	1,7		2,9		2,6	11,0	13,6
N-350 450	N			0,4	1,8	2,0	5,4	3,8	3,0	13,5	16,5
	S			0,6	2,2		4,8		3,5	20,0	23,5
H-400 500	N			0,4	2,9	2,8	3,0				
	S			0,4	2,8		2,8				
N-100 200	N			0,5	3,0	3,8			~2,0		
	S			0,5	5,3				5,3		
N-200 300	N			0,5	1,5	1,4	3,5	3,7	2,9	6,7	9,6
	S			0,4	1,4		4,0		2,6	11,1	13,7
N-300 400	N			0,4	1,4	1,6	3,4	3,6	2,0	13,0	15,0
	S			0,4	2,0		3,9		3,8	15,3	19,1
N-350 450	N			0,4	2,1				2,0	?	
	S			0,4	2,6	2,2			?	?	
N-400 500	N			0,4	2,9	2,8			3,0		
	S			0,4	2,8				2,8		
N-400	N										
	S	412.378.7	571.824.2		1,8					?	
N-450	N									?	
	S									?	
N-500	N				2,2					35	
	S				1,9					30	
N-600	N				2,1					34	
	S				2,1					40 eða	32,5
N-650	N				2,1		1,5	1,5?		31	~95?
	S				2,0		1,6			34	~90?
N-700	N				1,9					28	
	S				2,0					30	
N-900	N	412.738.8	571.997.8		2,0		1,7	1,7?		30	96?
	S				2,0					30	
N-900	N				2,3		1,5	1,6?		32	98?
	S				2,2		1,7			32	93?
N-1000	N				2,2					32	
	S				2,2					31	
N-1100	N	413.009.0	572.127.2		2,2					34	
	S				2,1					29	
N-1200	V				2,2					33	
	A				2,1					28	
N-1300	A				2,2					29	

ABEM
 HLJÓÐBROTSMÆLINGAR
 HUNTEC
 BERGMÁLSMÆLINGAR



Staður. BÜÐARHÁL SVIRKJUN M-lína

Ár. 1978

Hæll nr.	Hnit		Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m		Dýpi, m á 3. lag H ₂	
	Y-norður	X-vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂		
				V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t				
SS-29	A	412.349.5	571.605.0	0,3	3,8	3,5			2,7		
	B	412.410.7	571.527.9	0,5	3,1				2,5		
SS-30	A	412.495.5	571.694.2	0,4	1,5	1,6	5,6	4,8	~2,0	22,0	~24,0
	B	412.558.9	571.618.1	0,4	1,8		4,2			~2,0	21,0
SS-31	A	412.670.5	571.760.5	0,5	2,7	2,7			2,9		
	B	412.833.8	571.684.4	0,4	2,8				2,5		
SS-24	A	413.075.5	572.035.9	0,6	1,8	1,8	3,0	3,0	2,0	6,2	8,2
	B	413.043.2	571.942.2	0,5	2,0		3,1			2,0	7,1
SS-26	A	413.288.8	572.037.8	0,8	2,9	2,9			3,8		
	B	413.241.4	571.951.2	0,8	2,9				3,8		
X-2	A	412.129.2	571.434.2	0,5	4,5	4,0			3,0		
	B	412.207.2	571.373.4	0,8	3,7				2,8		
X-1	A	412.207.7	571.531.2	1,1	5,5	5,5			5,0		
	B	412.281.5	571.463.1	0,9	5,5				3,3		
M-200	N	412.289.7	571.537.4	0,3	2,7	3,6			~1,0		
M-300	S			0,4	5,0				2,3		
M-300	N			0,3	1,4	1,4	3,2	3,9	2,0	4,1	6,1
	M-400	S		0,3	1,4		5,0			1,6	14,4
M-400	N			0,4	1,5	1,5	4,9	5,0	2,5	15,6	18,1
	M-500	S		0,4	1,6		5,6			1,9	22,3
M-450	N			0,4	1,8	1,6	3,0	3,0	<2,0	17,7	19,7
	M-550	S		0,4	1,4		3,0			<2,0	?
M-500	N			0,4	3,2	3,0			<2,0		~30(?)
	M-600	S	412.646.3	571.715.9	0,4		3,0			<2,0	
M-300	N			0,3	2,7	3,5			3,5		
	M-400	S		0,4	4,6				5,5		
M-400	N			0,3	1,8	1,7	4,7	3,5	3,0	10,3	13,3
	M-500	S		0,3	1,6		2,8			3,7	9,0
M-500	N				2,1					?	
	M-600	S			2,1					31	
M-600	N				2,1					32	
	M-700	S								?	
M-700	N				2,3					32	
	M-750	S			2,1					30	
M-750	N				2,2					27	
	M-800	S								?	
M-800	N				2,0		1,4			27	99(?)
	M-900	S			2,0					24	
M-900	N				2,1					27	
	M-1000	S			2,1					26	
M-1000	N	413.004.8	571.894.3		2,3					33	
	M-1100	S			2,2		1,0(?)			29	80(?)
M-1100	N				2,3					30	
	M-1200	S			2,4					32	
M-1200	N				?		?			?	
	M-1300	S			2,0		1,1(?)			24	88(?)
M-1300	N	413.285.6	572.033.8								

ABEM
 HLJÓÐBROTSMÆLINGAR
 HUNTEC
 BERGMÁLSMÆLINGAR

Ath.

V = velocity / hljóðhraði
 u = up-dip / hallar upp
 d = down-dip / hallar niður
 t = true / réttur



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

TAFLA 8
JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður. BÚÐARHÁLSVIRKJUN L-lína

Ár. 1978

Hæll nr.	Hnit		Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m			
	Y-norður	X-vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂	Dýpi, m á 3. lag H ₂	
				V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t				
SS-32	A	412.503,7	571.304,4	0,5			3,5	3,5	2,7		
	B	412.561,0	571.223,3	0,6			3,3		2,5		
SS-33	A	412.634,0	571.402,1	0,6			4,5	4,2	4,5		
	B	412.718,5	571.315,6	0,7			4,0		4,5		
SS-34	A	412.833,4	571.515,1	0,5	2,7	2,7			3,1		
	B	412.901,6	571.442,9	0,5	2,7				3,0		
SS-45	A	412.973,5	571.692,7	-	2,6	2,8					
	B	413.052,3	571.598,6	-	2,9						
SS-28	A	413.050,9	571.789,8	0,6	2,8	2,8			3,0		
	B	413.106,9	571.708,2	0,7	2,8				3,0		
SS-27	A	413.288,4	571.796,7	0,6	1,9	1,8	2,9	2,9	< 2,0	5,8	< 8,0
	B	413.238,7	571.712,6	0,6	1,7		2,9		< 2,0	3,9	< 6,0
L-235	N			0,5			2,7	3,4	3,0		
L-300	S	412.458,6	571.399,3	0,5			4,8		4,7		
L-300	N			0,5			3,3	3,4	4,5		
L-400	S			0,5			3,6		5,4		
L-400	N			0,5	-	1,5	3,3	4,0	4,3		
L-500	S			0,5	1,5		5,0		~ 2,0	13,0	~ 15,0
L-450	N			0,5	-	1,5	3,2	4,0	~ 3,0		
L-550	S			0,5	1,5		6,0?		~ 2,0	15,0	~ 17,0
L-500	N			0,4	3,0	2,9			3,3		
L-600	S			0,4	2,8				3,3		
L-400	S			0,5			3,3	3,4	4,7		
	N			0,5			3,5		6,5		
L-500	S				?					?	
	N				?					?	
L-600	S	412.728,4	571.533,6		1,9/2,1					25 (29)	
	N				1,9					25	
L-700	S				1,9					25	
	N				1,8/2,1					23 (29)	
L-800	S				2,0					26	
	N				2,0					27	
L-900	N	412.997,6	571.667,7		2,0					27	
	S				?					?	
L-1000	N				2,7					38	
	S				2,5					31	
L-1100	N				2,2					27	
	S	413.266,3	571.801,8		2,5					31	
L-1200	N				?					?	
	S				?					?	

Ath.

V = velocity / hljóðhraði
u = up-dip / hallar upp
d = down-dip / hallar niður
t = true / réttur



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

TAFLA 9
JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður. BÚÐARHÁLSVIRKJUN K-lína

Ár. 1978

Hæll nr.	Hnit		Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m			Dýpi, m á 3. lag H ₂
	Y-norður	X-vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂		
				V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t				
X-3	A	412.413,0	571.198,3	0,7	1,7	1,7	4,0	3,9	~1,0	6,4	~7,4?
	B	412.416,0	571.100,0	0,7	-		3,8		~2,0		
SS-32	A	412.503,7	571.304,4	0,5			3,5	3,4	2,7		
	B	412.561,0	571.223,3	0,6			3,3		2,5		
SS-33	A	412.634,0	571.402,1	0,6			4,5	4,2	4,5		
	B	412.718,5	571.315,6	0,7			4,0		4,5		
SS-34	A	412.833,4	571.515,1	0,5	2,7	2,7			3,1		
	B	412.901,6	571.442,9	0,5	2,7				3,0		
SS-35	A	413.054,7	571.595,8	0,6	2,2?	2,2?	3,1	3,1	2,0	9,0?	11,0?
	B	413.118,1	571.520,1	0,5	2,2?		3,1		2,0	8,8?	10,8?
SS-44	A	413.129,0	571.466,7	-	3,0	3,0					
	B	413.154,2	571.347,3	-	3,0						
K-300	N	412.539,6	571.215,5	0,8			3,9	4,1	3,5		
K-400	S			0,8			4,3		3,5		
K-400	N			0,8			4,8	4,6	2,5		
K-500	S			0,8			4,5		2,5		
K-500	N			0,8	-	1,8	3,5	4,2	2,3		
K-600	S	412.810,3	571.350,9	0,6	1,8		6,5?		~2,0	~13,0	~15,0
K-550	N			0,5	1,7	1,7	2,8	2,6	2,1	12,1	14,3
K-650	S			0,5	-		2,5		~2,0	~33?	~35,0
K-600	N			0,5	2,9	3,0			2,5		
K-700	S			0,5	3,0				2,5		
K-600	S										
K-600	N										
K-700	S										
K-700	N										
K-800	S										
K-800	N										
K-900	S										
K-900	N										
K-1000	S	413.168,5	571.530,0								
K-1000	N										

ABEM
HLJÓÐBROTSMÆLINGAR

BERGMÁLSMÆL.

V = velocity / hljóðhraði
 u = up-dip / hallar upp
 d = down-dip / hallar niður
 t = true / réttur

TAFLA 10



ORKUSTOFNUN

Raforkuaeild

JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður. BÚÐARHÁLSVIRKJUN J-lína

Ár. 1978

Hæll nr.	Hnit		Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m		Dýpi, m	
	Y-norður	X-vestur	V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂	á 3. lag H ₂	
				V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t				
SS-36	A	412.708.6	570.929.6	0,6			4,0	4,0	2,5		
	B	412.772.4	570.854.7	0,8			4,0		4,0		
SS-37	A	412.878.9	571.032.0	0,5	1,3	1,3	3,0	3,6	<2,0	9,4	<11,4
	B	412.944.4	570.957.9	0,5	1,4		4,4		<2,0	14,8	<16,8
SS-38	A	412.951.3	571.087.6	0,8	2,3	2,2	4,7	4,1	4,5	24,2	28,7
	B	413.034.5	570.999.6	0,9	2,1		3,7		3,2	19,6	22,8
SS-39	A	413.026.1	571.136.1	0,9	3,1	3,1			5,4		
	B	413.103.3	571.043.2	1,0	3,2				6,1		
SS-40	A	413.152.6	571.218.0	0,9	2,9	2,9			4,4		
	B	413.202.9	571.108.0	1,0	2,9				5,2		
SS-44	A	413.129.0	571.466.7		3,0	3,0					
	B	413.154.2	571.347.3		3,0						
J-300	N	412.622.7	571.034.1	0,6			4,7	4,2	4,3		
J-400	S			0,6			3,8		2,6		
J-400	N			0,5			>4,0	4,2	~2,0		
J-500	S			0,5			>4,0		~2,0		
J-500	N			0,6	2,8	2,2	6,0?	4,1?	2,0	21,0	
J-600	S	412.892,4	571.168.4	0,5	1,9		7,3?		2,0	12,0	
J-600	N			0,5	2,8	2,7			2,9		
J-700	S			0,5	2,7				2,3		
J-700	N			0,5	3,2	3,1			3,1		
J-800	S			0,6	3,0				2,5		
ABEM											
HLJÓÐBROTSM.											
HUNTEC											
BERGMÁLISM.											
J-700	S				1,9					23	
J-700	N				2,2					28	
J-800	S				2,4					35	
J-800	N				?					?	
J-900	S	413.161,0	571.302,1		?					?	

Ath.

V = velocity / hljóðhraði
 u = up-dip / hallar upp
 d = down-dip / hallar niður
 t = true / réttur

TAFLA 11



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður BÓÐARHÁLSVIRKJUN H-lína

Ár 1978

Hæll nr.	Hnit			Hljóðhraði, km/s					Þykkt, m			Dýpi, m á 3. lag H ₂
	Y-norður	X-vestur		V ₁	V ₂		V ₃		1. lag h ₁	2. lag h ₂		
					V _u og V _d	V _t	V _u og V _d	V _t				
SS-41	A	413.020,2	570.783,6	0,8	1,3	1,3	4,4	4,1	2,1	17,2	19,3	
	B	413.103,6	570.695,2	1,0	1,3		3,8		2,1	17,8	19,9	
SS-42	A	413.177,0	570.864,9	0,8	1,7	1,7	3,1	3,1	2,0	~4,0	~6,0	
	B	413.253,0	570.770,3	1,0			3,0		5,7			
SS-43	A	413.264,5	570.928,9	1,0	3,0	3,0			5,3			
	B	413.334,2	570.829,8	1,0	3,0				5,3			
H-400	N	412.875,3	570.713,2	0,5	-	1,5	3,5	4,1	2,6			
H-500	S			0,5	1,5		5,0		2,6	7,6	10,2	
H-500	N			0,5	2,2	1,7	3,4	4,1	2,2	15,8	18,0	
H-600	S	413.057,0	570.803,9	0,5	1,5		4,6		2,0	16,5	18,5	
H-600	N			0,8	1,8	1,7	3,2	3,0	2,5	9,1	11,6	
H-700	S			0,8	1,6		2,8		<2,0	5,0	<7,0	
H-600	S				1,9		4,6		~2,0	~17,0	~19,0	
H-700	S											
H-800		413.236,1	570.893,2									
		reflection kemur ekki fram										

ABEM

HLJÓÐBROTSM.

HUNTEC

Ath.

V = velocity / hljóðhraði
u = up-dip / hallar upp
d = down-dip / hallar niður
t = true / réttur

TAFLA 12

VIÐNÁMSMÆLINGAR. STAÐSETNING, VIÐNÁMSGILDI, ÞYKKTIR OG DÝPI VIÐNÁMSLAGA

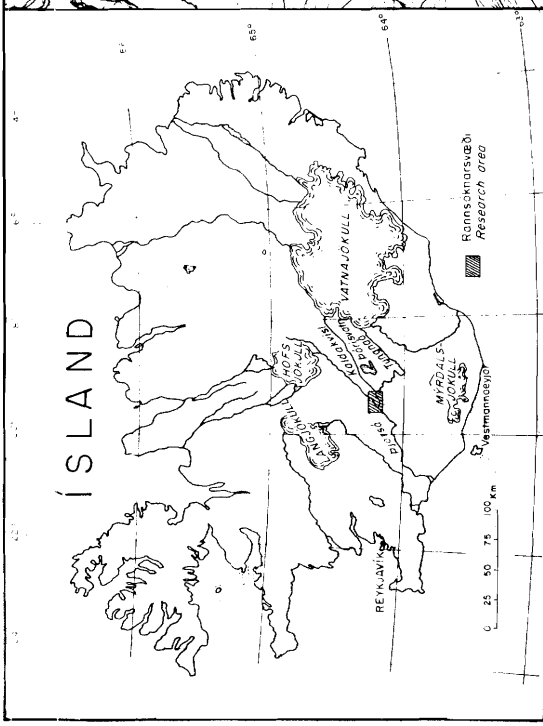
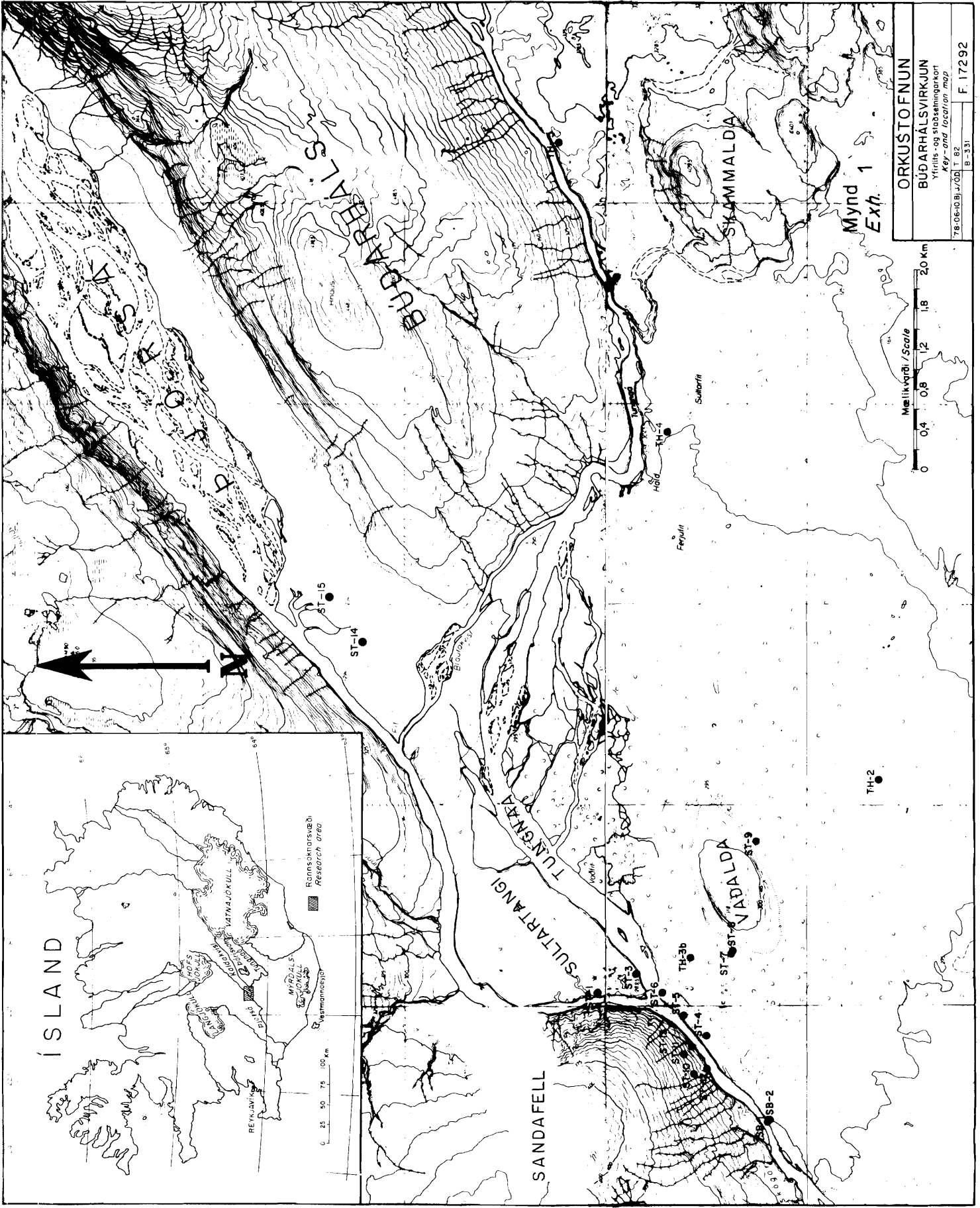
Mæling	Y-hnit	X-hnit	Lag	Viðnám, m	Þykkt, m	Dýpi, m	Athugasemdir
V-1	412.381	572.361	1	1020	0,55	0,55	
			2	205	2,04	2,60	
			3	2750	27,8	30,4	
			4	293	118	149	
			5	3,4			
V-2	412.642	572.499	1	474	2,47	2,47	Þessi túlkun miðast við að þykkt lags 3 sé sem mest.
			2	68	2,99	5,46	
			3	2860	12,9	18,3	
			4	152	8,28	26,6	
			5	1,3			
V-3	412.490	571.732	1	1190	0,84	0,84	
			2	216	1,84	2,67	
			3	1560	6,00	8,67	
			4	435	45,7	53,7	
			5	85			
V-4	412.645	571.849	1	2100	0,3	0,3	Tölvutúlkunin er dregin saman úr tveimur keyrslum.
			2	570	5,4	5,7	
			3	2600	33	39	
			4	50-150			
V-5	412.840	571.997	1	197	3,26	3,26	
			2	3300	26,0	29,3	
			3	55	125	154	
			4	3,0			
V-6	412.975	572.113				Þarf meiri tölvuvinnu.	
V-7	412.753	571.488	1	820	2,04	2,04	Þessi túlkun miðast við að viðnám lags 3 sé sem lægst.
			2	75	1,20	3,24	
			3	6058	9,45	12,7	
			4	89	181	193	
V-8	412.918	571.624	1	191	2,56	2,56	
			2	2010	34,9	37,5	
			3	158	8,70	46,2	
			4	69			
V-9	412.849	571.018	1	418	4,76	4,76	Í þessari mælingu er ekkert hraun.
			2	162	21,5	26,3	
			3	24			
V-10	412.959	571.094	1	355	11,2	11,2	
			2	2350	5,66	16,8	
			3	102	109	127	
			4	6,8			
V-11	411.941	572.100	1	1860	0,62	0,62	
			2	394	3,21	3,83	
			3	2150	42,5	46,3	
			4	287	6,88	53,16	
			5	20			
V-12	412.374	572.599	1	955	0,71	0,71	
			2	180	3,17	3,88	
			3	2100	38,3	42,2	
			4	305	10,9	53,1	
			5	11			
V-13	413.287	570.457	1	295	7,34	7,34	
			2	4190	3,74	11,1	
			3	658	38,1	49,2	
			4	34			
V-14	413.657	570.010	1	439	1,40	1,40	Þessi túlkun miðast við að þykkt lags 3 sé sem mest.
			2	203	7,53	8,93	
			3	3510	13,6	22,5	
			4	128	149	171	
			5	1,3			
V-15	Ekki mælt		1	180	8,94	8,94	
			2	2130	23,0	32,0	
			3	59	15,0	47,0	
			4	20			
V-16	411.818	572.123	1	2770	22,4	22,4	Aðeins seinni hluti mælingarinnar er túlkaður hér.
			2	363	60,3	82,7	
			3	84			

TAFLA 13

STAÐSETNING OG DÝPI KJARNABORHOLA

Hóla	Hnit		Hæð fóðurrörs	Dýpi	Hæð botns
	Y	X	m y.s.	m	m y.s.
ST-14	412.422.0	572.378.9	290,8	65,8	225,0
ST-15	412.752.4	571.931.8	289,7	104,4	185,3

MYNDIR



Mynd 1
Extr.

ORKUSTOFNUN
BÚÐARHÁLSVIRKJUN
Yfirlikt- og staðsetningarkort
Key- and location map
78-06-10 B.I./001 I 82
B-331 F. 17292



TH-2

SANDAFELL

SÚLARTANGI

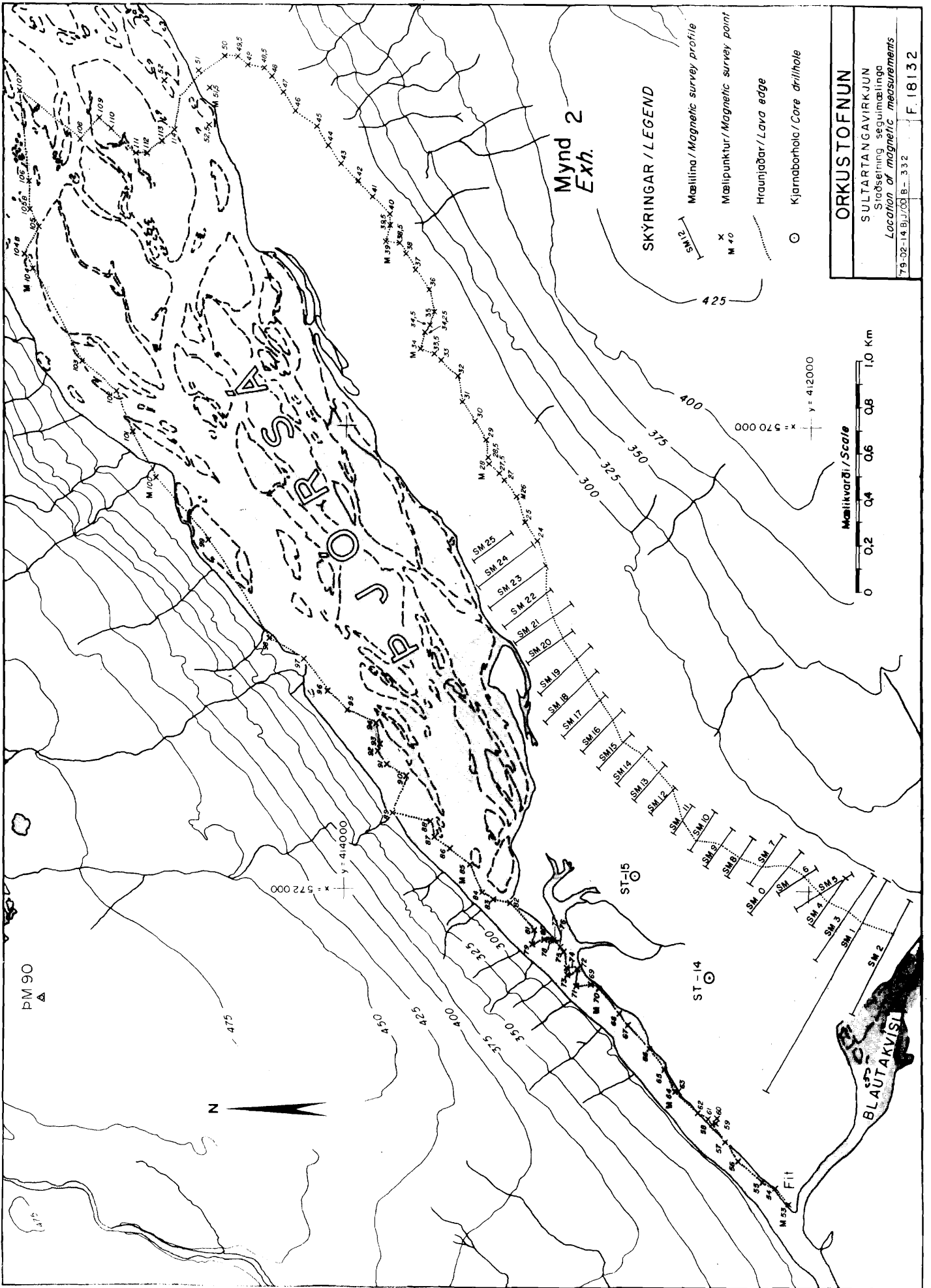
TÚNGATA

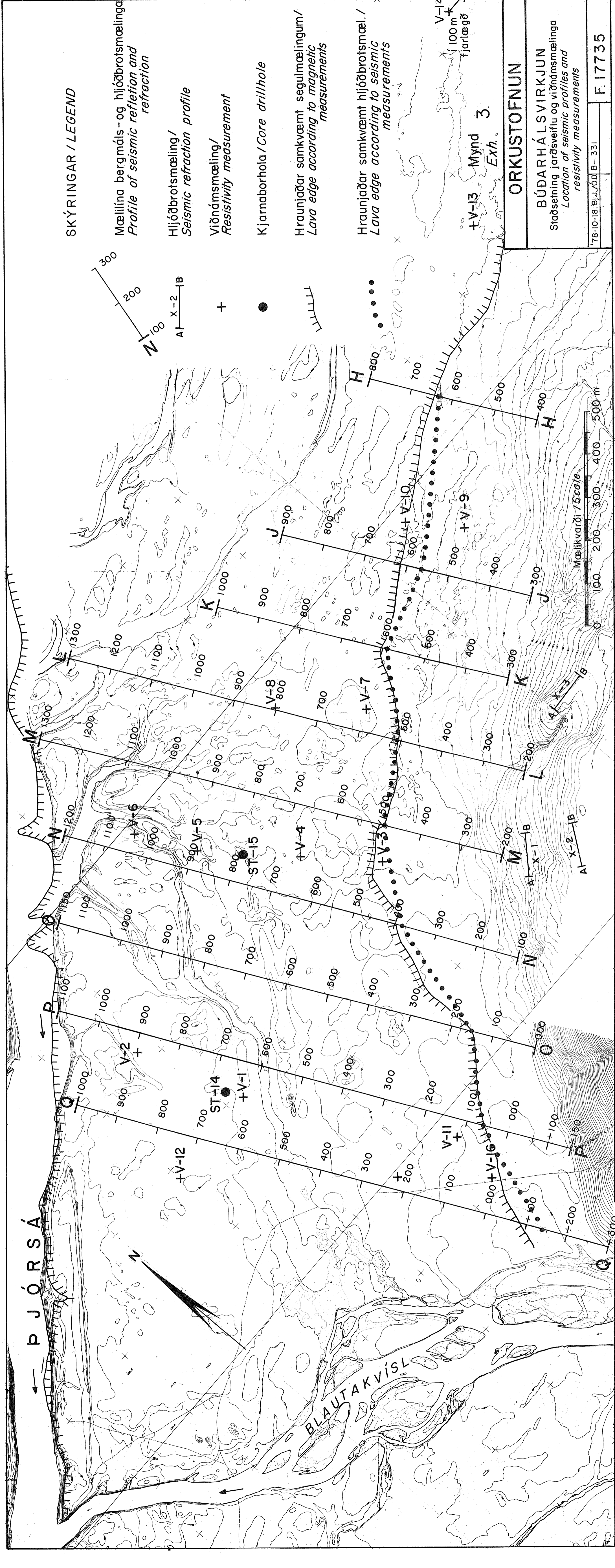
SKAMMALDA

ISLAND

Rannsóknarsvæði
Research area

0 25 50 75 100 km





SKÝRINGAR / LEGEND

Mæilinga bergmáls- og hjóðbrotsmælinga
Profile of seismic reflection and refraction

Hjóðbrotsmæling/
Seismic refraction profile

Viðnámsmæling/
Resistivity measurement

Kjarnaborhola / Core drillhole

Hraunjaðar samkvæmt segulmælingum/
Lava edge according to magnetic measurements

Hraunjaðar samkvæmt hjóðbrotsmælingum/
Lava edge according to seismic measurements

+V-13 Mynd 3
 Exh.

V-14
 100 m
 fjarlægð

ORKUSTOFNUN

BÚÐARHÁLSVIRKJUN

Staðsetning jarðsveiflu og viðnámsmælinga
Location of seismic profiles and resistivity measurements

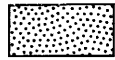
78-10-18.B.I./Ó.D.B-331

F.17735

Mælikvarði / Scale
 0 100 200 300 400 500 m

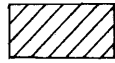
SKÝRINGAR / LEGEND :

Hljóðhraði
Velocity km/sec



Laust yfirborð
Loose overburden

0,3 — 0,8



Kargakennt-blöðrótt
Scoriaceous-vesicular

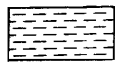


Blöðrótt-þétt
Vesicular-dense

Basalhraun
Basaltic lava ^{THi}

> 1,0 — 2,2

2,2 — 3,4



Set og/eða jökulruðningar
Sediment and/or moraine

~ 1,3 — 1,7



Grunnberg
Old bedrock

3,4 — 5,0

SS-42A
0,9

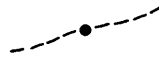
Staðsetning hljóðbrotsmælinga frá 1977
Location of seismic refraction profile from 1977

(SS-38)
1,0

Staðsetning hljóðbrotsmælinga frá 1977 utan við snið
Location of seismic refraction profile from 1977 projected to section



Hljóðbrot eða hljóðhraðabreyting samkv. hljóðbrotsmælingu.
Slitna línan skilur á milli hljóðhraðalaga.
Seismic refraction or change in seismic velocity according to the seismic refraction measurements. The dashed line separates the different seismic velocity layers.



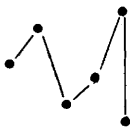
Dýpi á lagmót hraun - set samkv. bergmálsmælingu.
Contact of lava-sediment according to seismic reflection measurements.

2,9

Hljóðhraði (Km/sec) samkv. hljóðbrotsmælingu.
Velocity (Km/sec) according to refraction measurements.

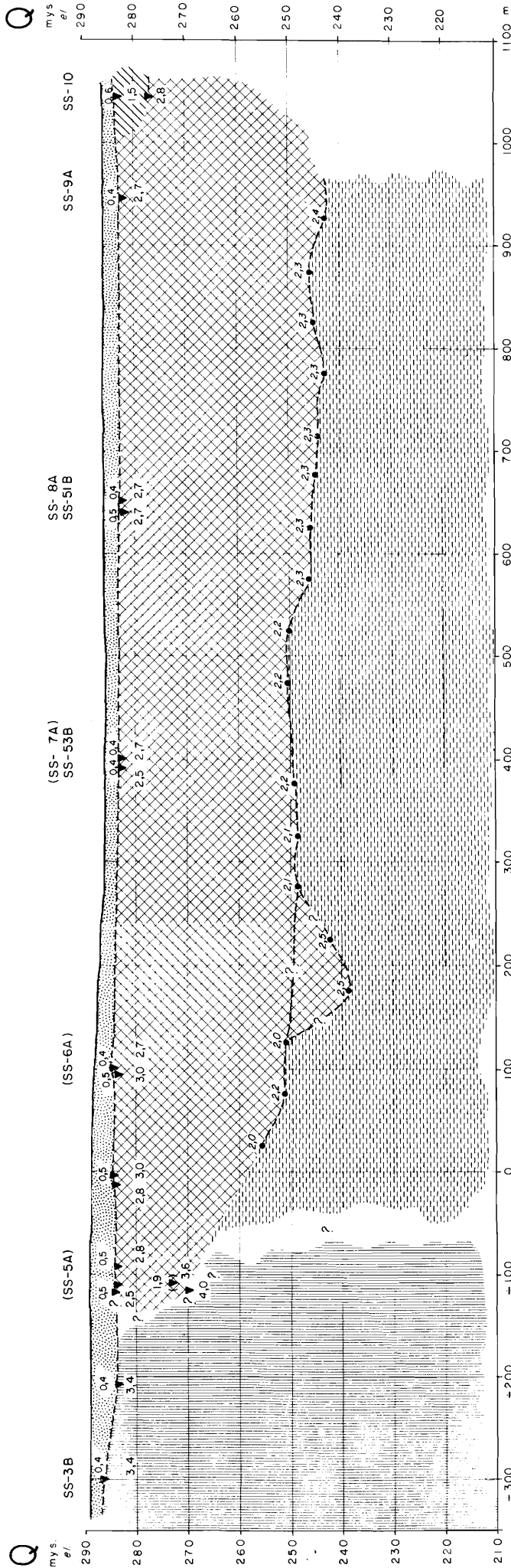
2,1

Hljóðhraði (Km/sec) samkv. bergmálsmælingu.
Velocity (Km/sec) according to reflection measurements.



Segulmælingar.
Magnetic measurements

Mynd
Exh. 4



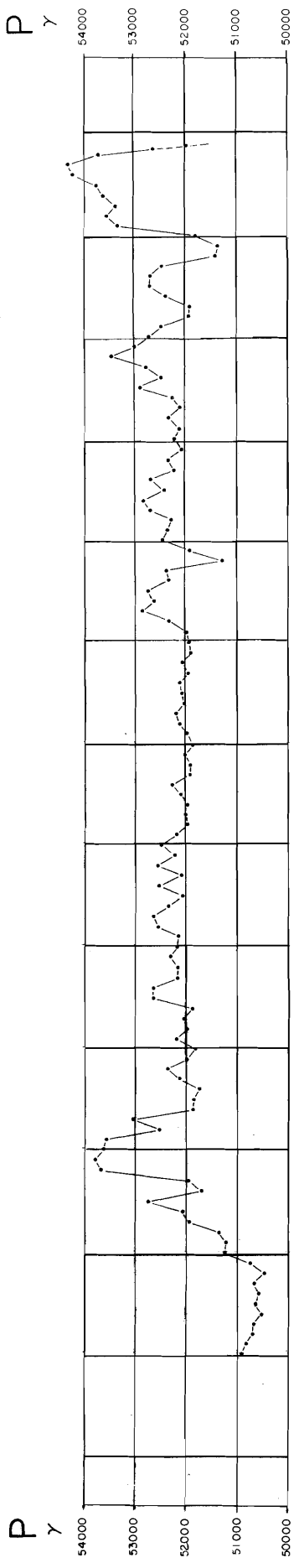
Skýringar síð mynd 4
Legend see exh

Staðsetning síð mynd 3
Location see exh

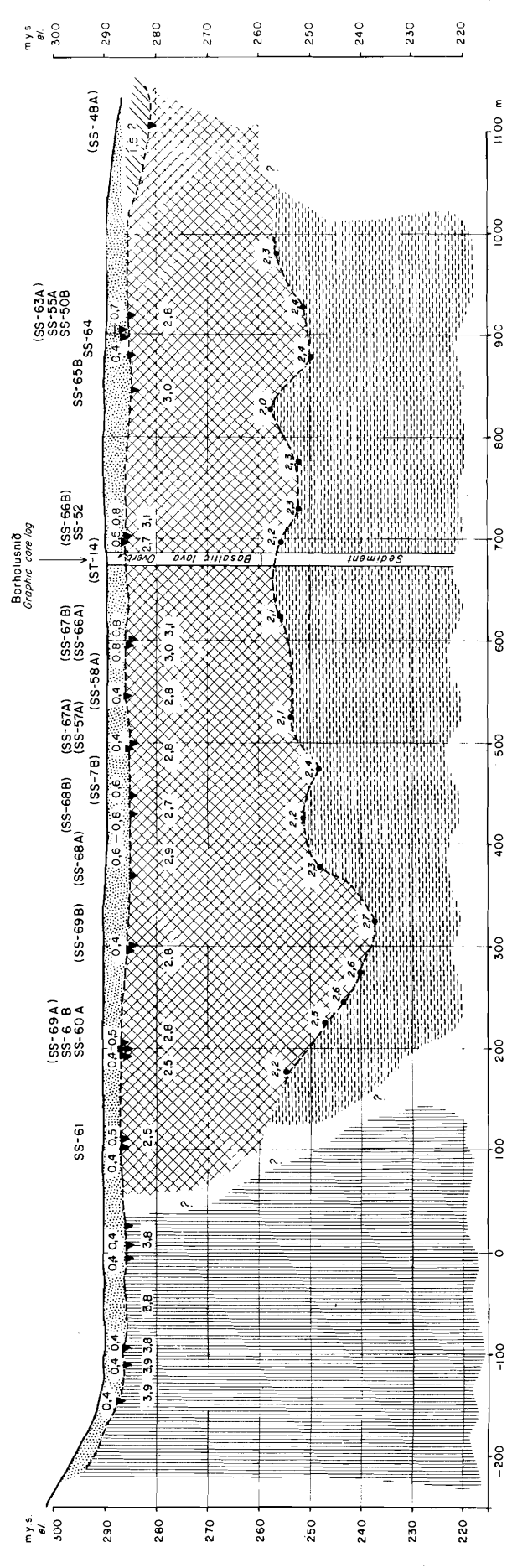
790206 hu G 7.0.D
Yfirforð Bj. J
B-33
F.18074

Mynd 5
Exh.

BÚÐARHÁLSVIRKJUN
Jarðsvæiflumælingar
Sníð Q-Q / Seismic section Q-Q



Heildorsstyrkur segulsviðs/Magnetic strength of the field in gammas



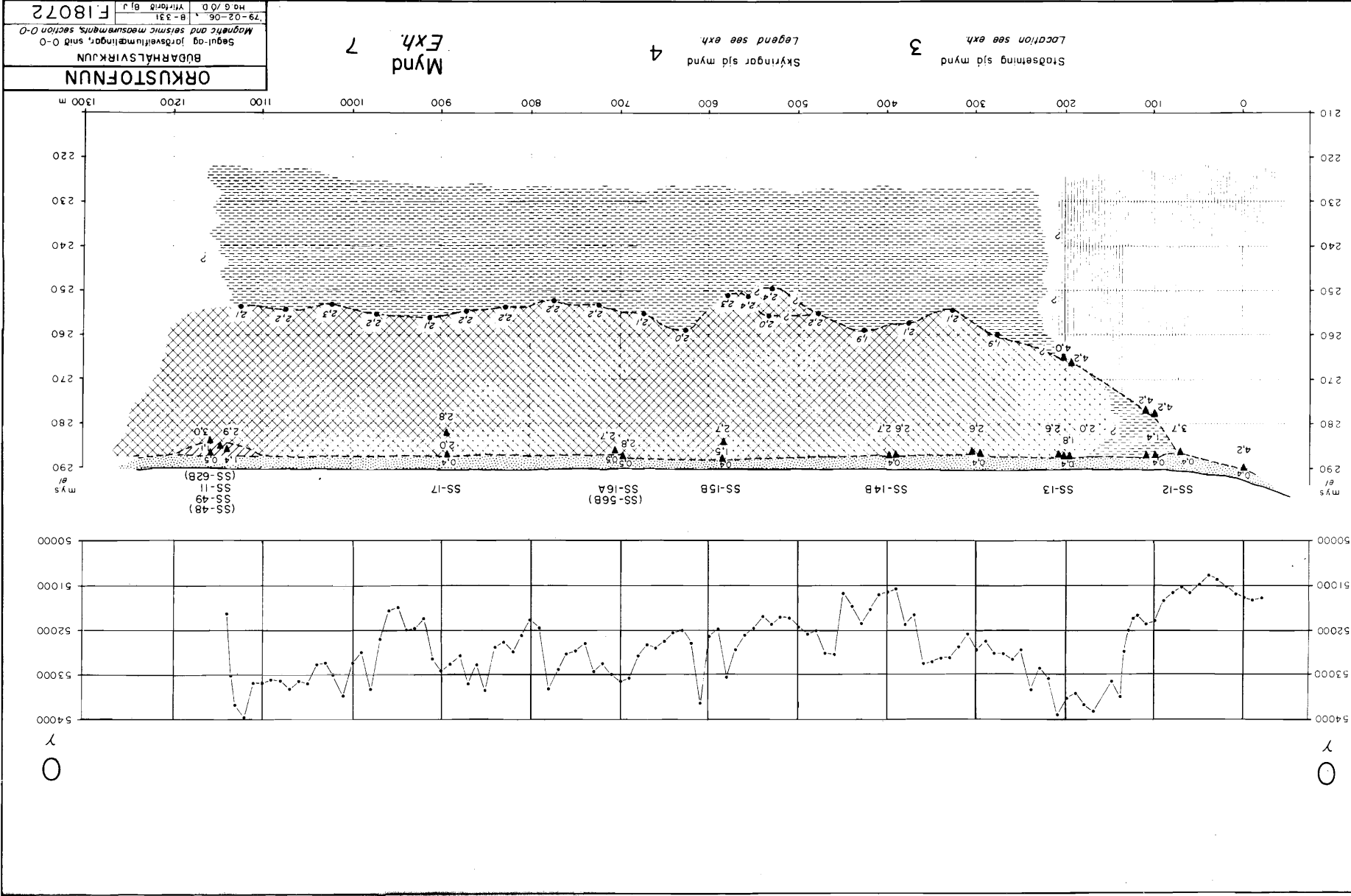
ORKUSTOFNUN
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN
 Segul- og jarðsvellumælingar, smá P-P
 Magnetic and seismic measurements, section P-P
 79-02-06 B-286
 Hó G. 7.0 D. Yfirförð Bj. J. F. 18073

Mynd 6
 Exh.

Skýringar sjá mynd 4
 Legend see exh.

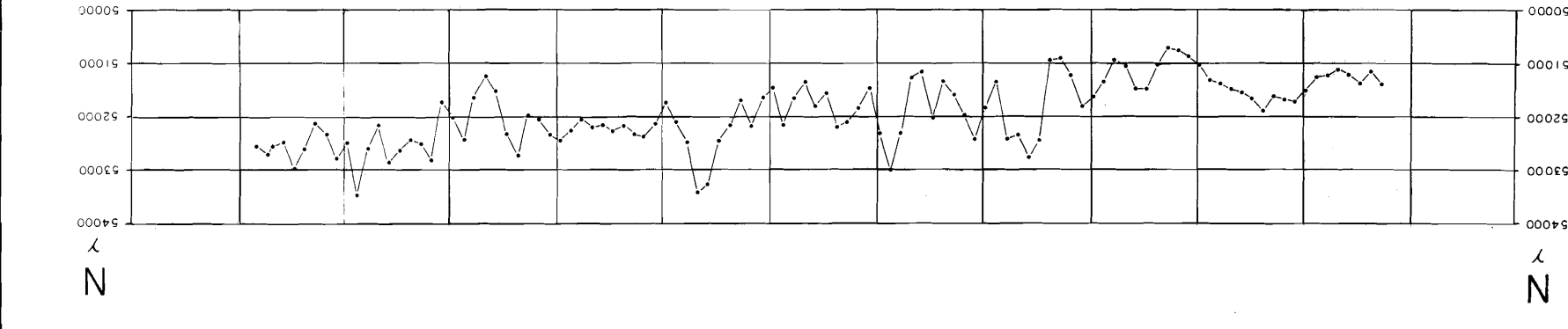
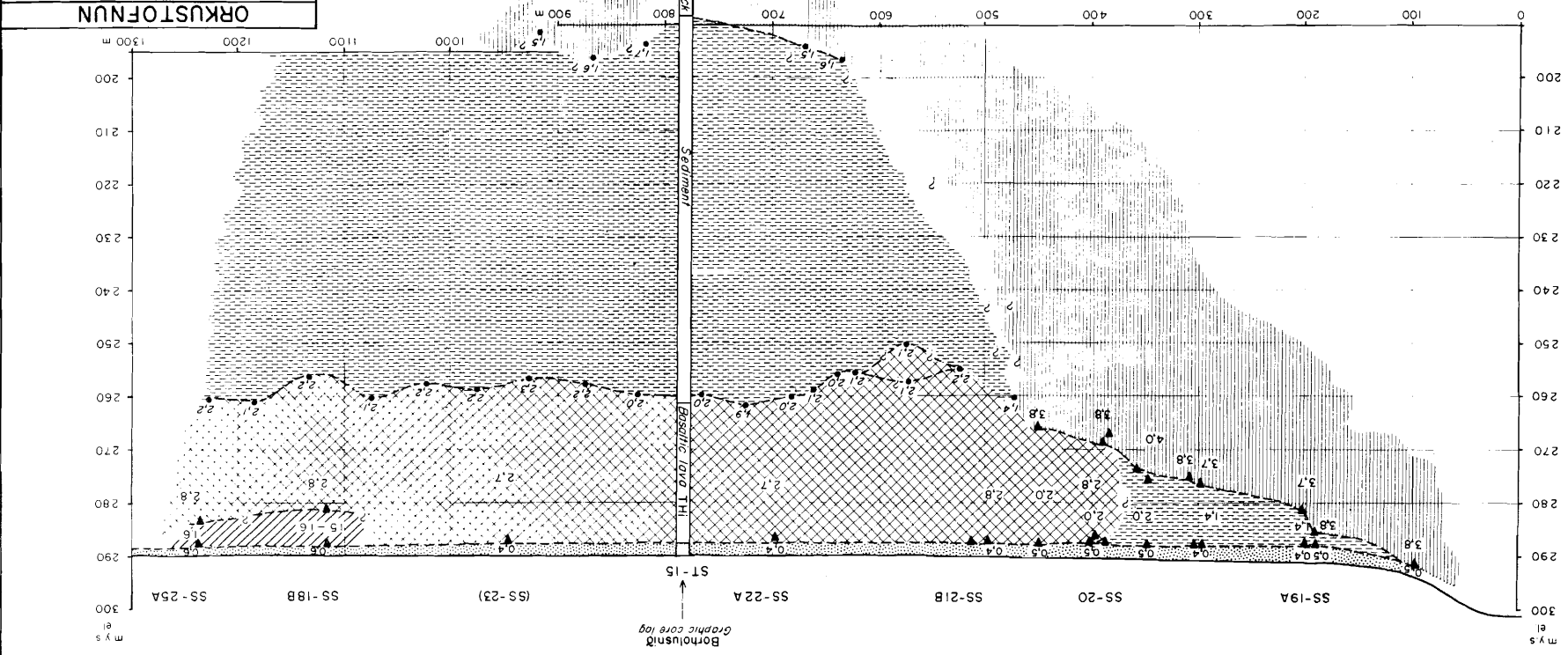
Staðsetning sjá mynd 3
 Location see exh.

Heldisstyrkur segulshættisstyrks
Ígildi í gámmum



ORKUSTOFNUN
 BÚÐARHÁLSVIRKJUNN
 Magnétísk og jarðsvæðingarmælingar, svað N-N
 79-02-06 B-331
 Vitrúna Bl. J. F18071

Mynd 8
 Exh. 8

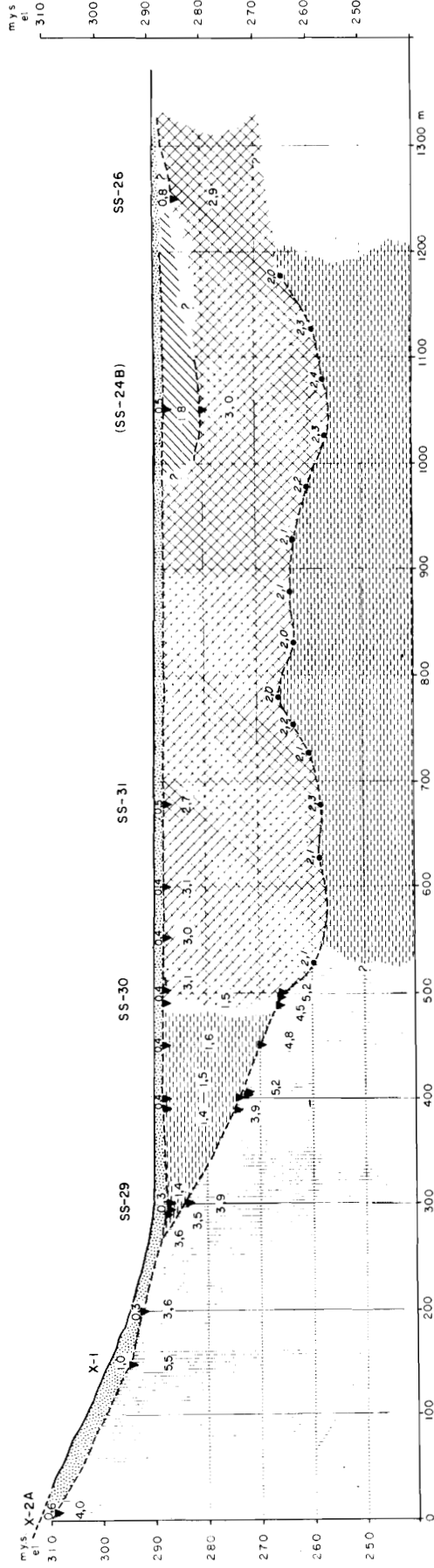
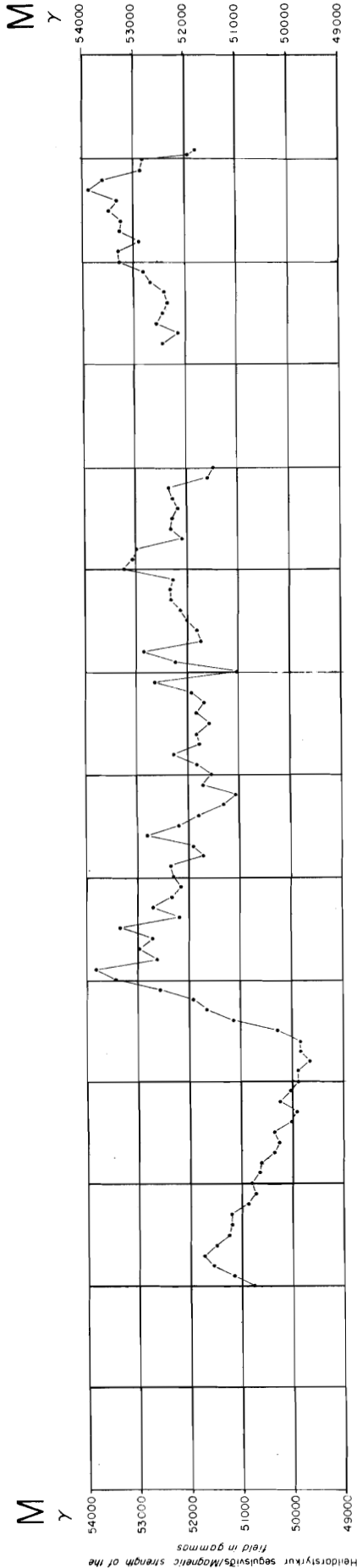


Stöðing svað mynd 3
 Skýringar svað mynd 4
 Location see exh. 3
 Legend see exh. 4

Heildarstyrkur segisviðs / Magnetic strength of the field in gammas

N

N

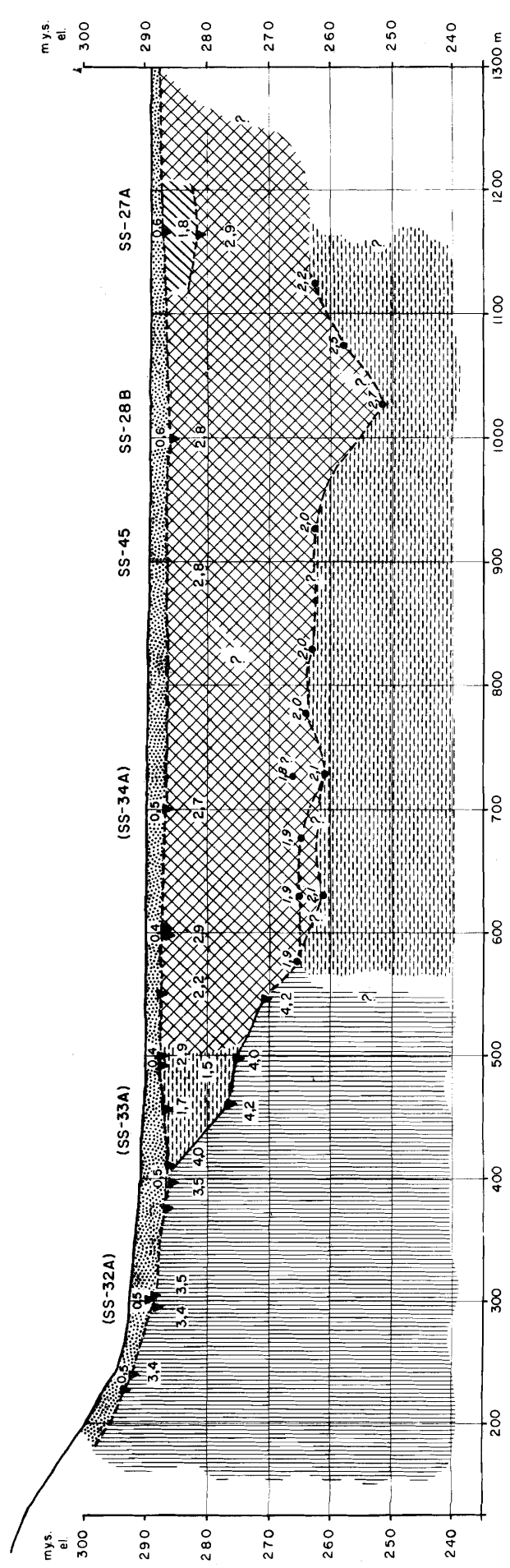
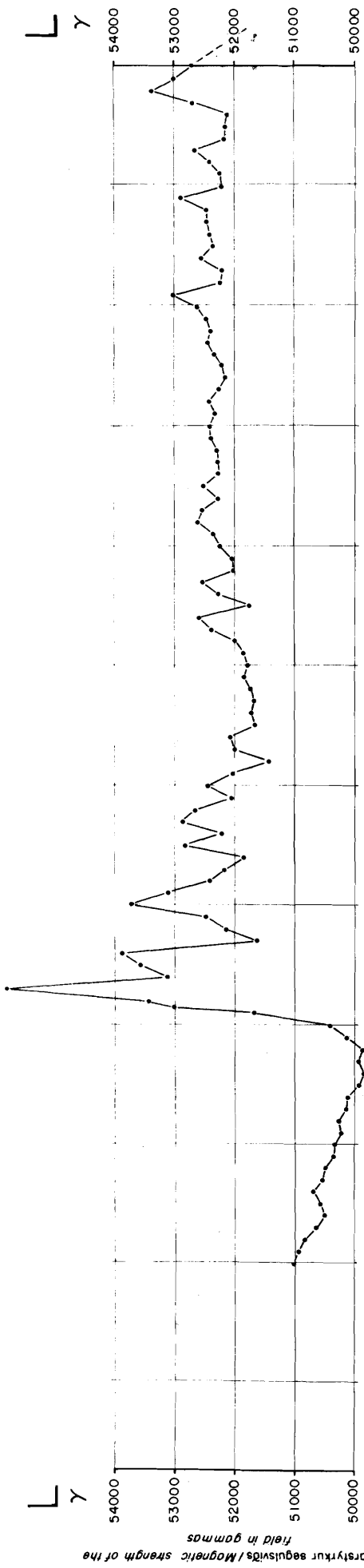


ORKUSTOFNUN
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN
 Seisli- og jarðsvæiflumælingar, snið M-M
 Magnetic and seismic measurements, section M-M
 79-02-06 B - 331
 Hó G/Ó.D. Yfirlitáð. Bj.J. F. 18070

Mynd 9
 Exh.

Staðsetning sjá mynd 3
 Location see exh 3

Skýringar sjá mynd 4
 Legend see exh 4



Hældarityrkur segulsáts/Magnetic strength of the field in gammas

Staðsetning síð mynd
Location see exh.

3

Skýringar síð mynd
Legend see exh.

4

Mynd
Exh. 10

ORKUSTOFNUN

BÚÐARHÁL SVIRKJUN

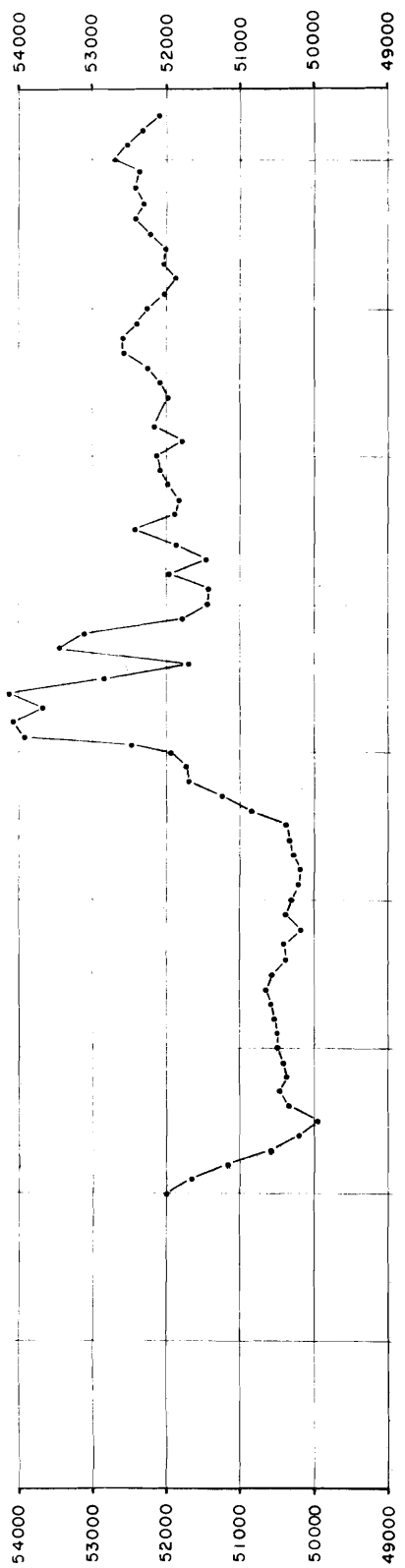
Sequit-og jordsveiflumælingar, snið L-L
Magnetic and seismic measurements, section L-L

79-02-06 B-33i
Ha. G./O.D. Virfaning af Bl.J.

F.18069

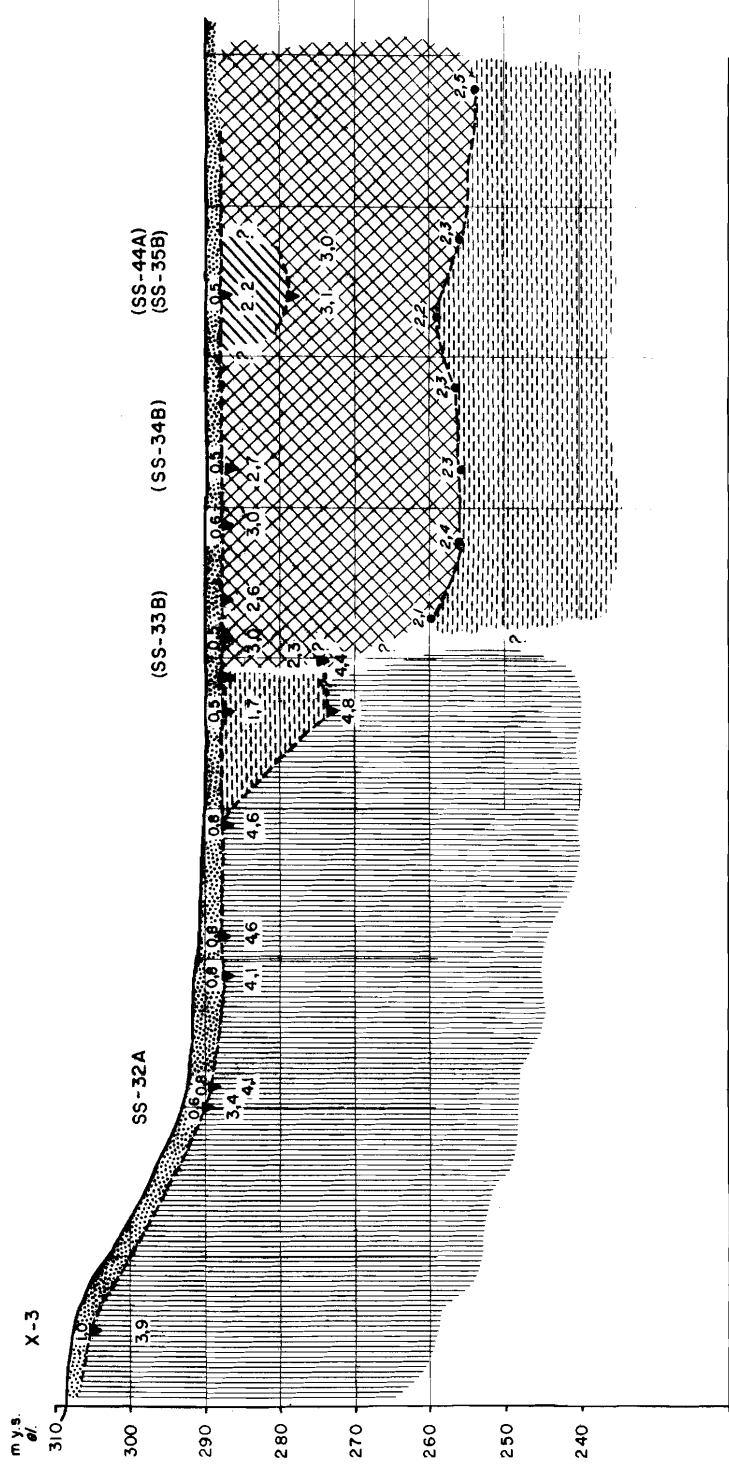
K
γ

Helldarstyrkur segulsvæðs/Magnetic strength of the field in gammas



K
γ

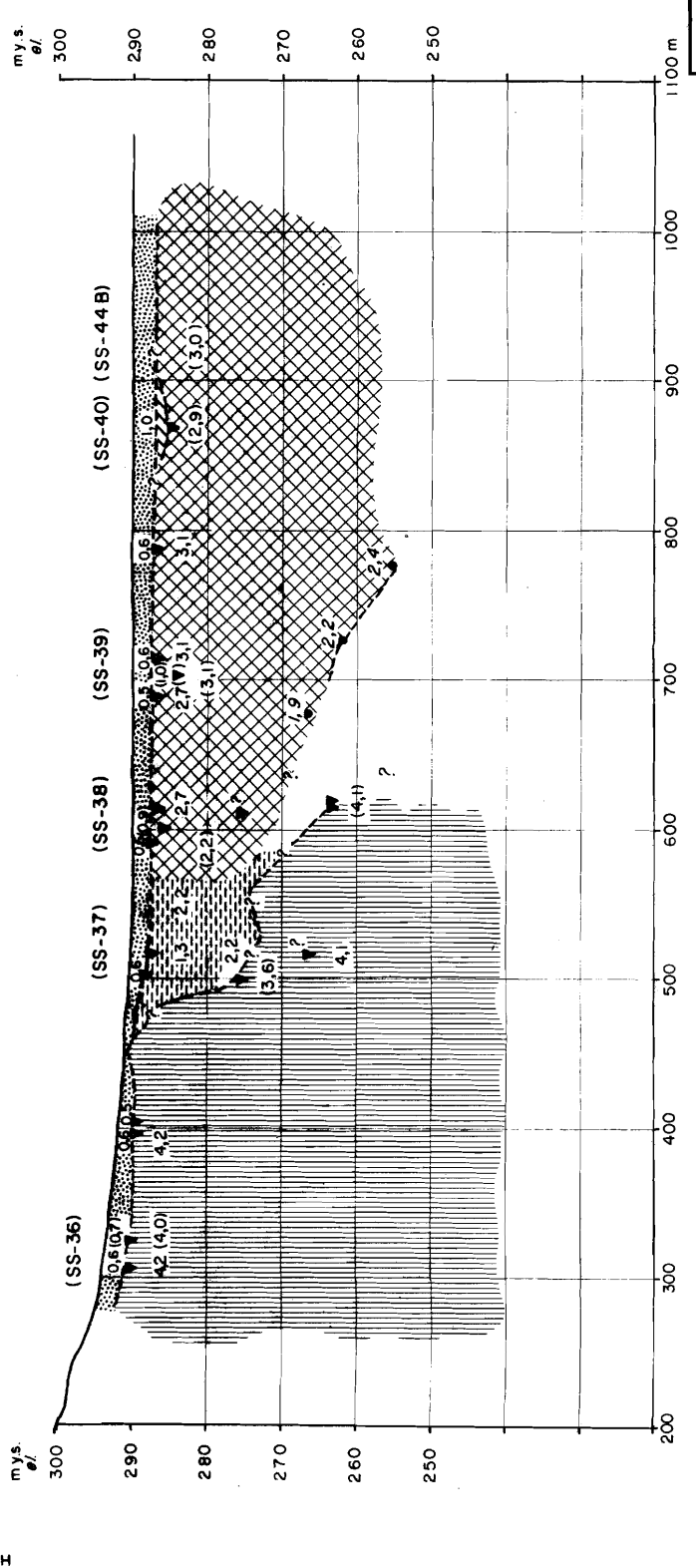
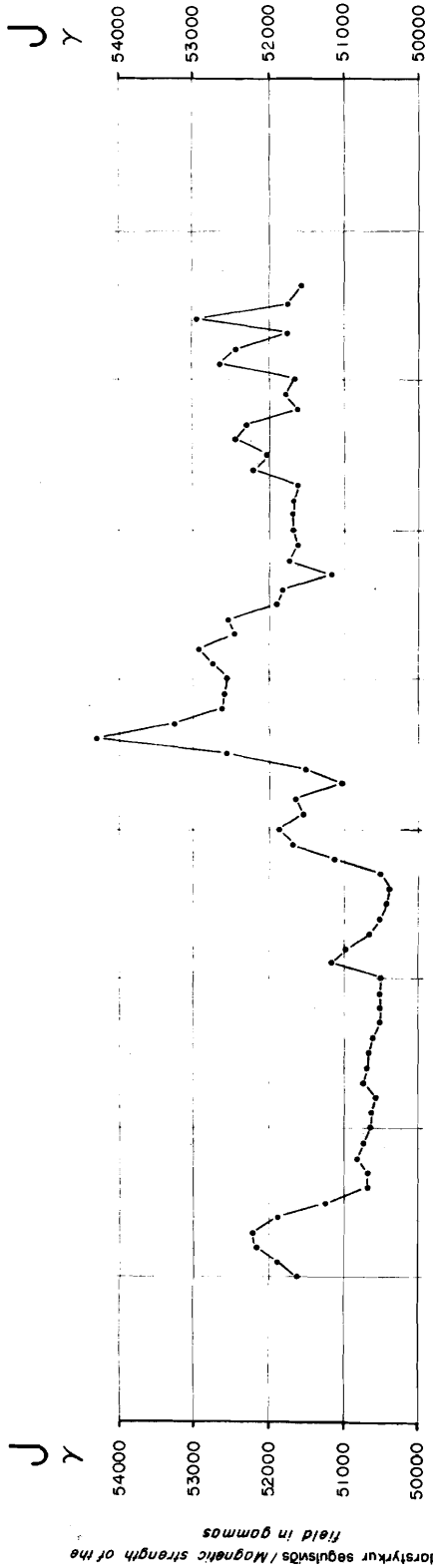
m.y.s.
el.



Mynd II
Exh.

Staðsetning sjá mynd 3 Location see exh 3 Skýringar sjá mynd 4 Legend see exh 4

ORKUSTOFNUN	
BÚÐARHÁLSVIRKJUN	
Segul-og jörðsvæifumælingar, snið K-K	
Magnetic and seismic measurements, section K-K	
79-02-06	B-331
Ha. G. 70.D.	F.18068

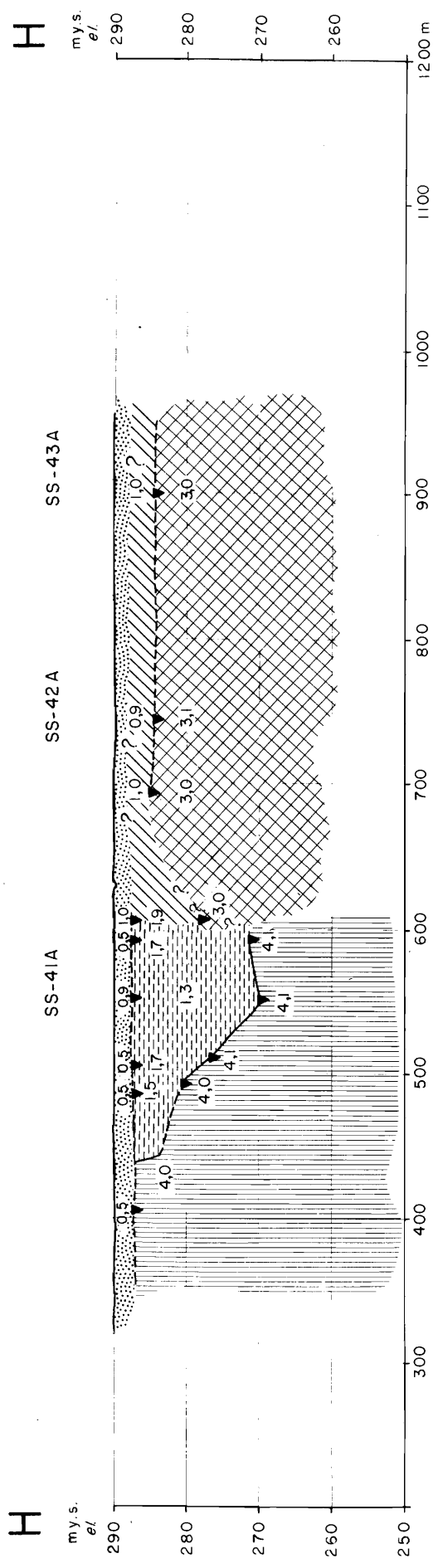


Mynd
Exh. 12

Staðsetning síð mynd
Location see exh. 3

Skýringar síð mynd
Legend see exh. 4

ORKUSTOFNUN
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN
 Seigl- og jarðsvæflumælingar, snið J-J
 Magnetic and seismic measurements, section J-J
 179-02-06. B-331
 Ho.G./O.D. Yfirfarð af Bl.J. **F.18067**

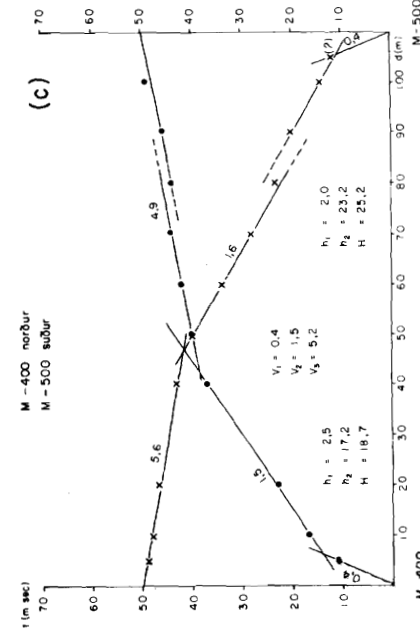
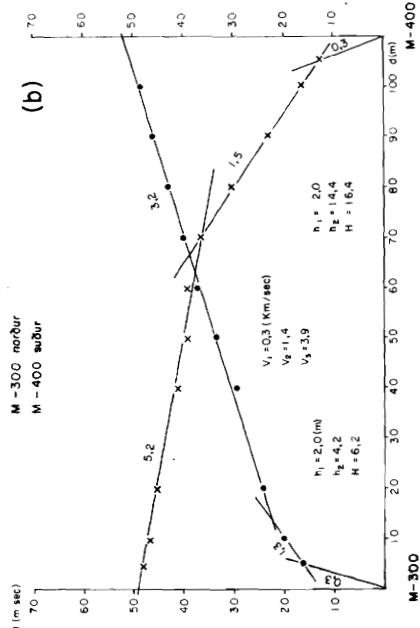
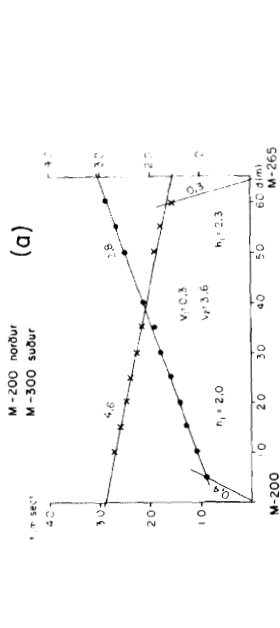
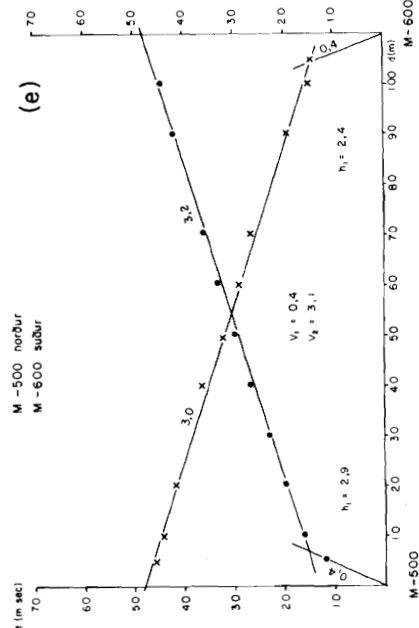
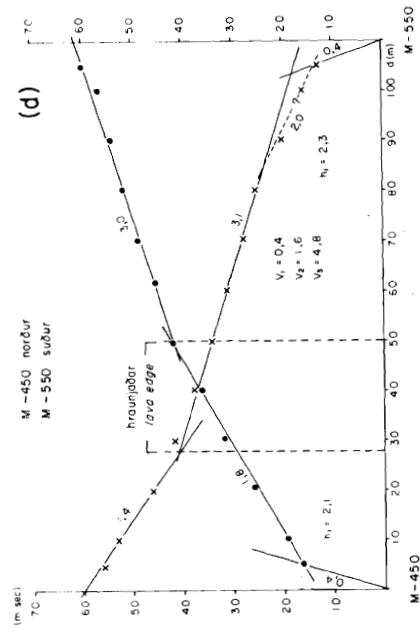


Mynd 13
Exh.

Staðsetning sjá mynd 3
Location see exh.

Skýringar sjá mynd 4
Legend see exh.

ORKUSTOFNUN	
BÚÐARHÁLSVIRKJUN	
Jarðsveiflumælingar smíð H-H	
Seismic section H-H	
79-02-06	B-331
Ha.G./Ó.D.	Yfirfarið af B.J.
F.18066	








Mynd 14
Exh.

ORKUSTOFNUN
BÚÐHÁLSVIRKJUN
HÍÐRÓTTISMUN
Seismic time - distance plots
79-02-06 18-286 F 18075
hd G 70 D

SKÝRINGAR / LEGEND

Dýpi á neðra borð hrauns
Depth on bottom of lava
THI

-  ~ 50 m
-  40-45 m
-  31-39 m
-  20-30 m
-  0-20 m



Mynd 15
Exh.

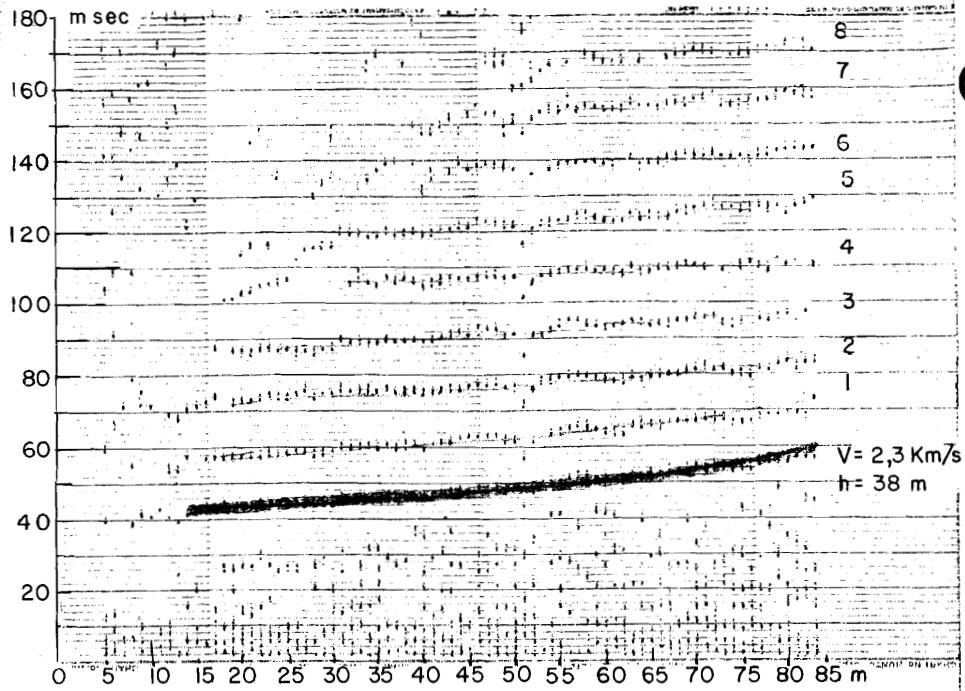
ORKUSTOFNUN

BÚÐARHÁLSVIRKJUN

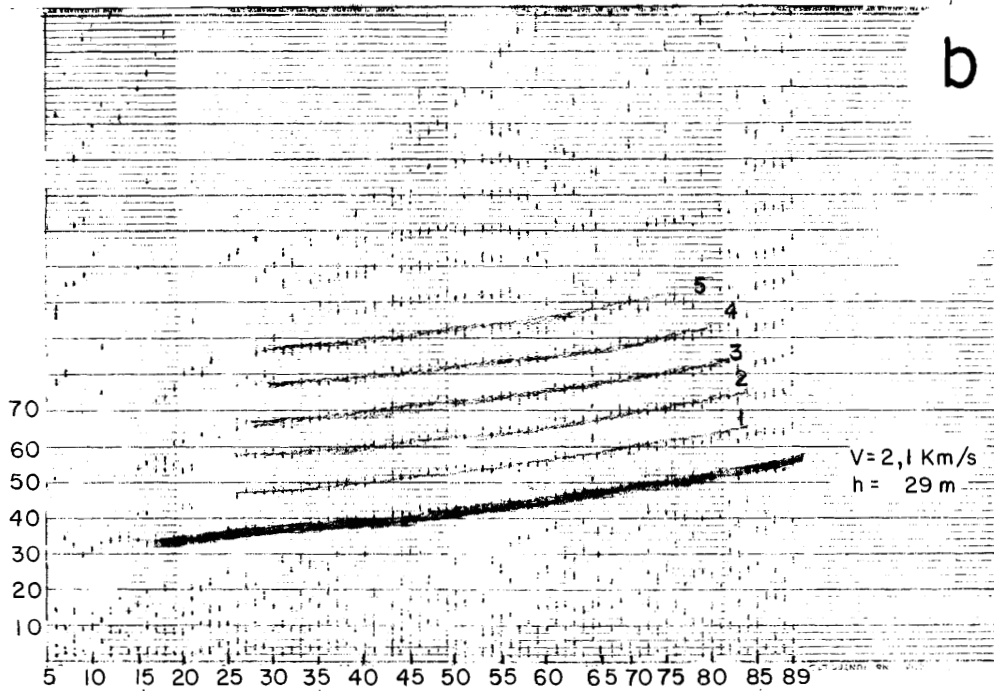
Jafndýptarlínur lagmóta hraun-set skv. jarðsveiflumælingum
Lines of equal depth of contact lava-sediment according to seismic measurements

'79.03.15.Bj./Ó.D. B-331

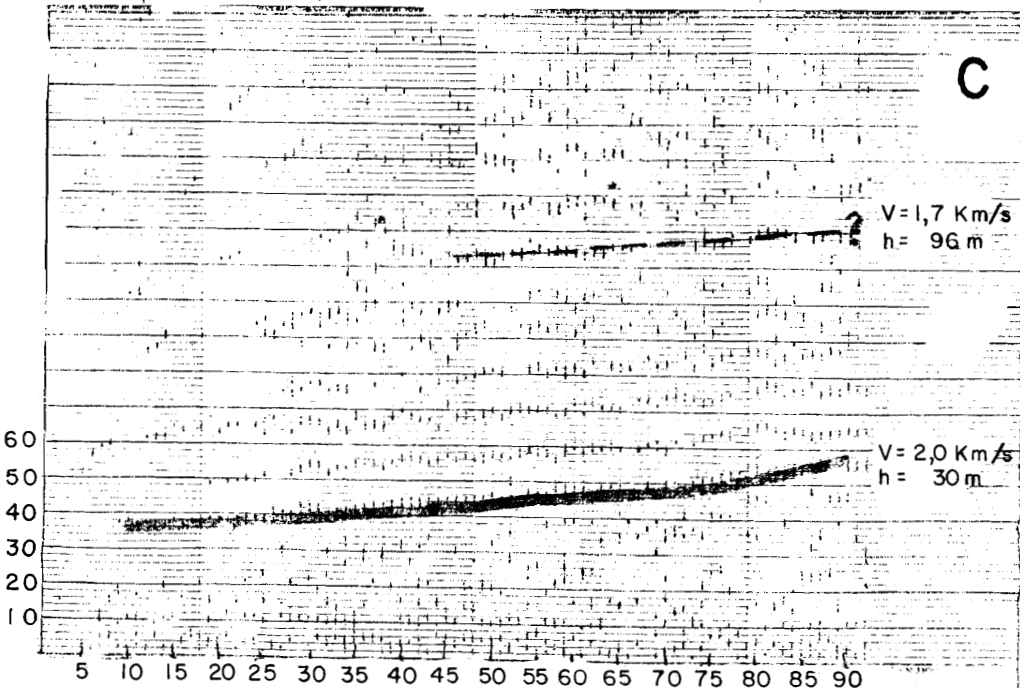
F. 18239



a



b



c

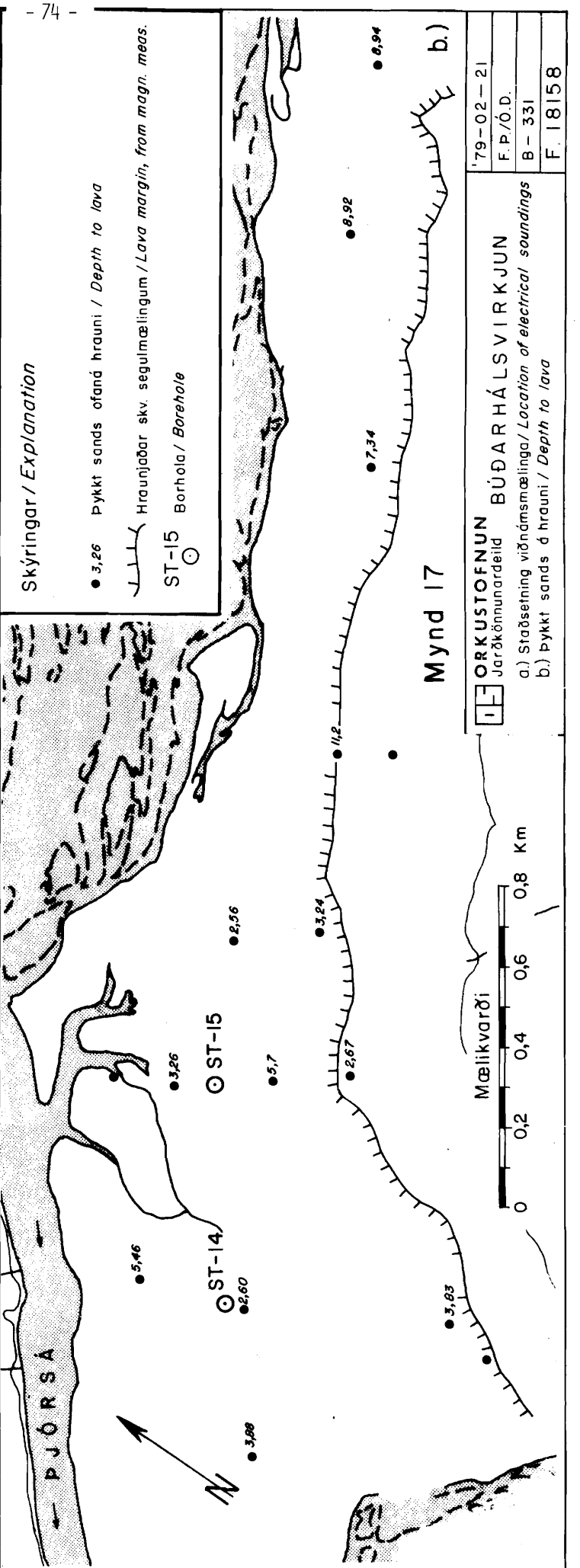
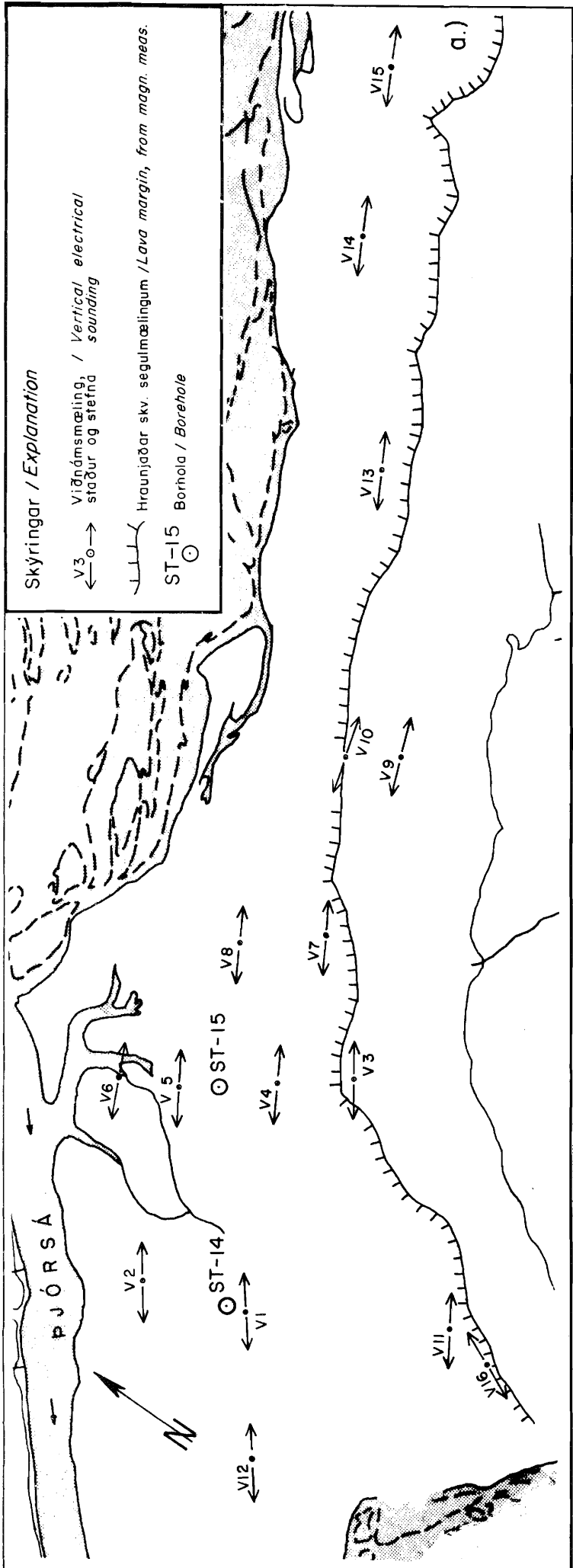
79-03-15.
Ha. G. / Ó. D.
B- 331
F. 18240

ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

BÚÐARHÁLSVIRKJUN

Bergmálinurit / Reflection print - out

Mynd 16
Exh.



Mynd 17

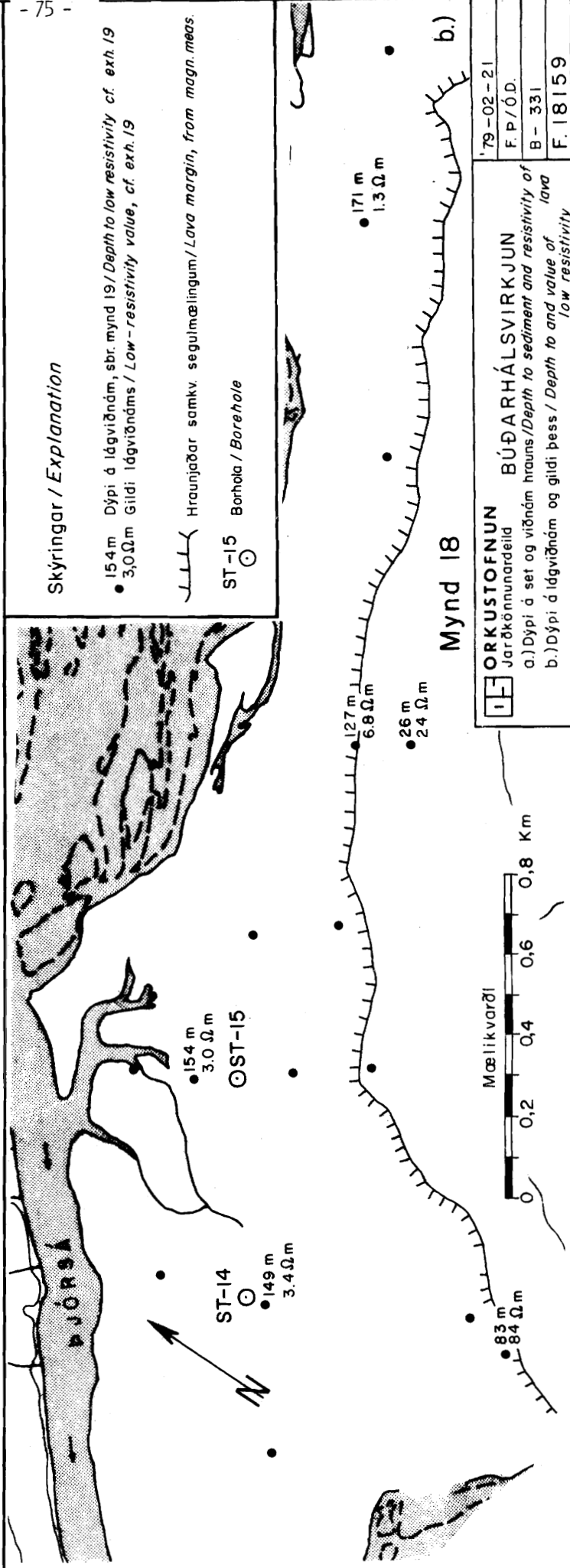
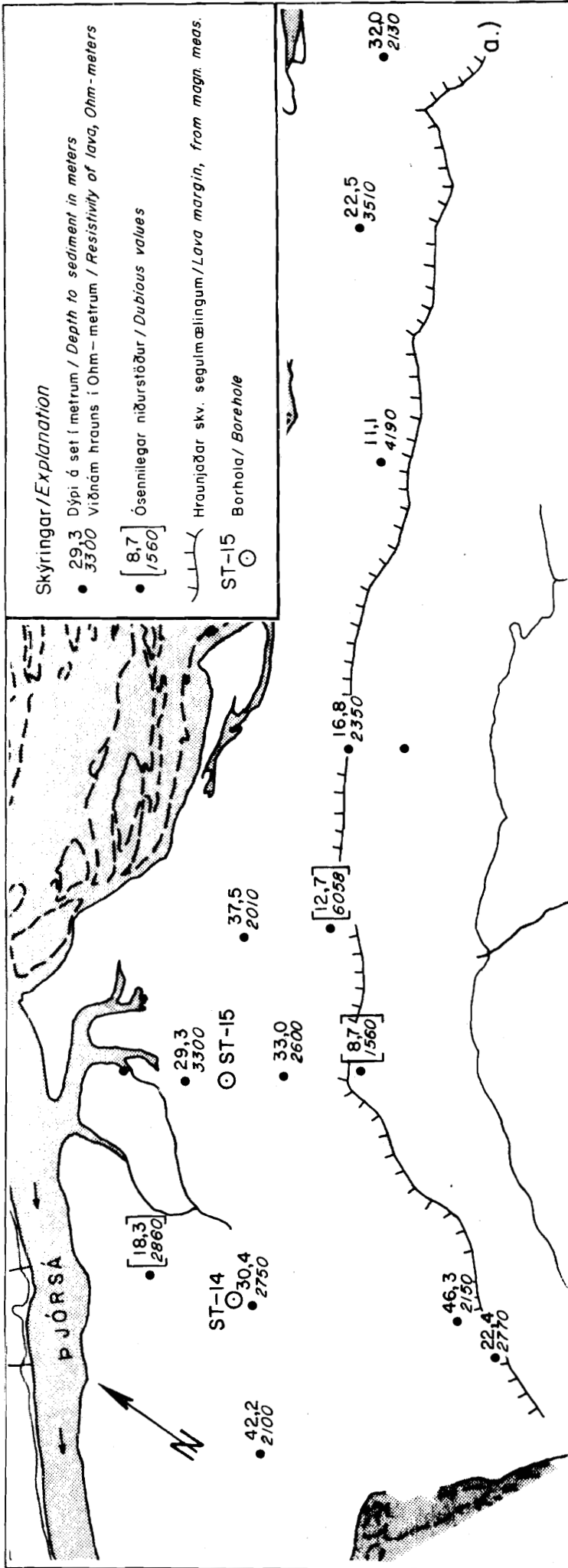
ORKUSTOFNUN
Jarðkönnunardeild

BÚÐARHÁLSVIRKJUN

a.) Staðsetning viðnámsmælinga / Location of electrical soundings

b.) Þykkt sands á hrauni / Depth to lava

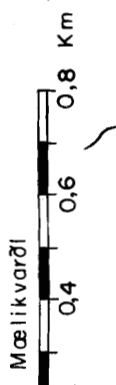
'79-02-21
F.P./Ó.D.
B-331
F.18158



ORKUSTOFNUN
Jarðkönnunardeild

BÚÐARHÁLSVIRKJUN
a.) Dýpi á set og viðnám hrauns / Depth to sediment and resistivity of lava
b.) Dýpi á lágviðnám og gildi þess / Depth to and value of low resistivity

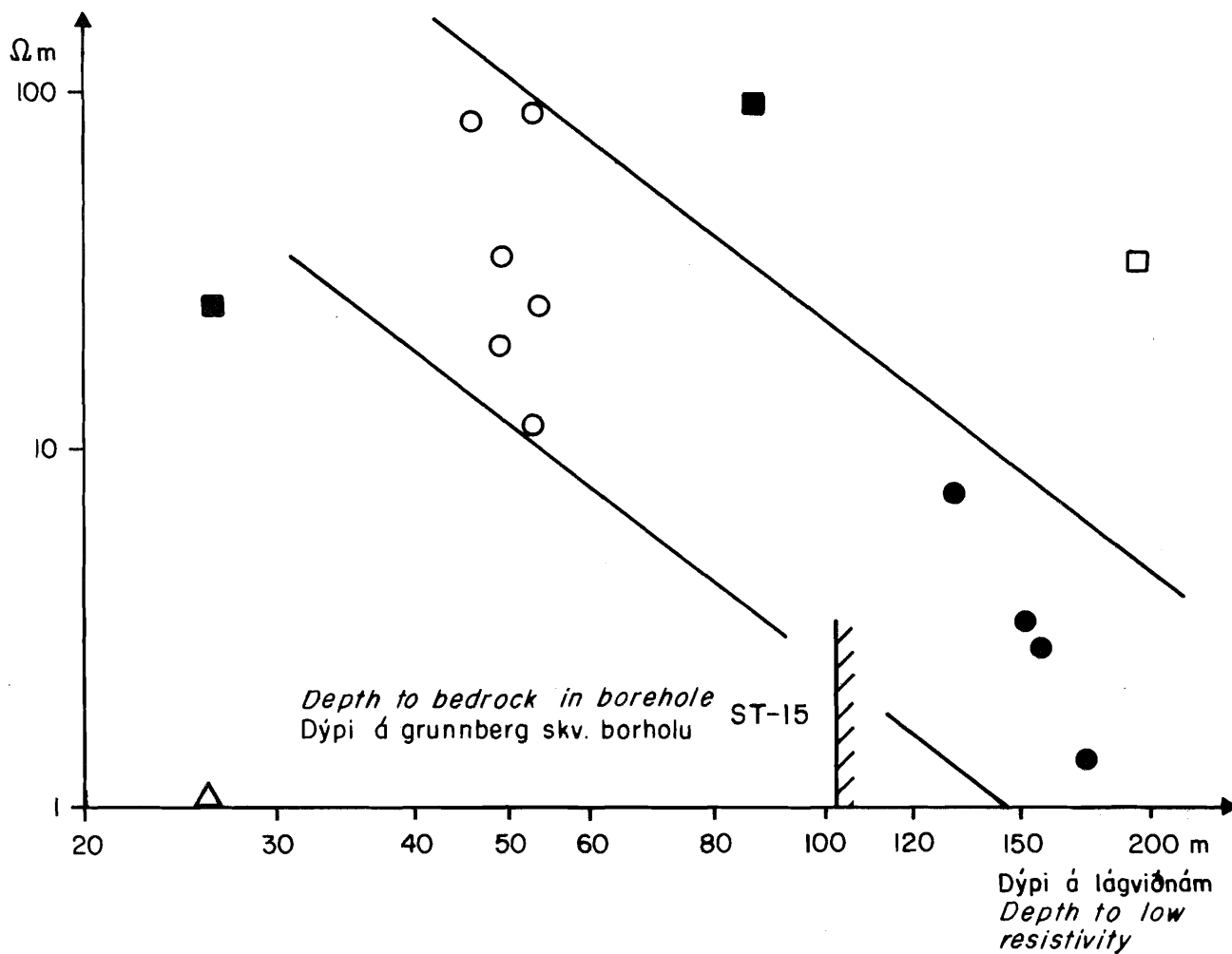
79-02-21
F. P / Ó. D.
B - 331
F. 18159





Low resistivity values

Lágviðnámsgildi



SKÝRINGAR / *Explanation*

□ ■ △ ○ ● Gildi skv. tölvutúlkun / *Values from computer interpretation*

△ Mæling trufluð af Þjórsá / *Sounding values disturbed by river*

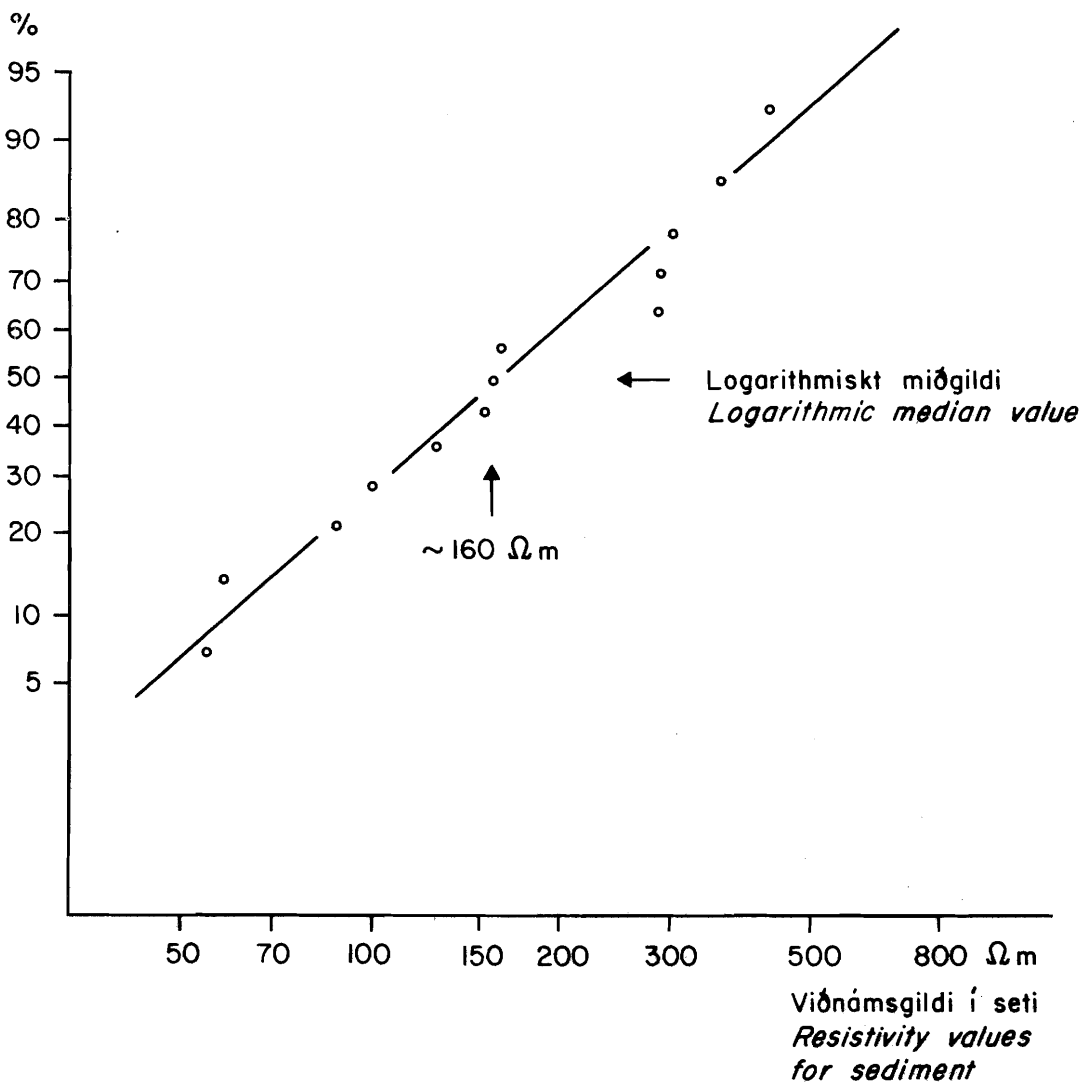
□ ■ Mæling trufluð af hraunjaðri eða Búðarhálsi / *Disturbance from lava margin or Búðarháls*

● ■ Mælingar teiknaðar á mynd 18 b / *Soundings shown on Exh. 18 b*

Mynd 19
Exh.



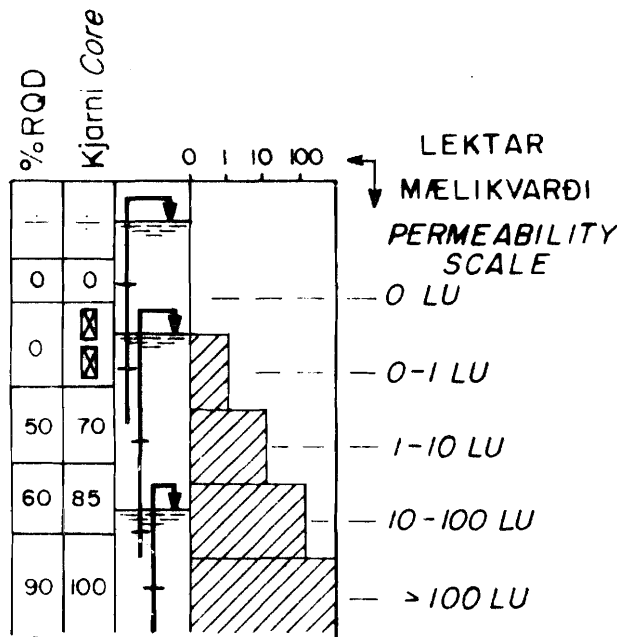
Samanlagður fjöldi
Cumulative number





KJARNA-, LEKTAR OG JARÐVATNSÚTSKÝRING
NOTE ON CORE, PERMEABILITY AND
GROUND WATER

Mynd 21
Exh. 21



LEKTAR-OG JARÐVATNSÚTSKÝRING
NOTE ON PERMEABILITY AND GROUND WATER

Jarðvatnsborð er sýnt með örnum. Neðri endi örvarinnar og þverstrikin sýna holudýpið, þegar jarðvatnsborðið var mælt. Ef jarðvatn breytist ekkert í borun, nær örin í botn.

Ground water levels are shown by arrows. Base of the arrows and the horizontal bars indicate the hole depth when the water level was measured. If no change in level was observed during drilling, the line reaches the bottom of the hole.

1 LU = Lugeon Unit = 1 l/min/m í 76 mm Ø holu við þrýsting 10 kg/cm²
1 LU = Lugeon Unit = 1 l/min/m in 76mm Ø hole at pressure 10 kg/cm²

Hæðartölur jarðvatns eru ritaðar smærri lettri en hæðartölur bergs, á borholusniðum.

Figures for ground water levels are shown with smaller lettering on graphic core logs.

Kjarni: Tölur sýna kjarnaheimtur í % ÷ kjarnataka ekki reynd.

Core: Numbers indicate % core recovery ÷ core sampling not attempted.

RQD: Kjarnaheimta þegar ekki eru taldir með kjarnabútar styttri en 10 cm.

RQD: Modified core recovery - core pieces less than 10 cm long not taken into account.

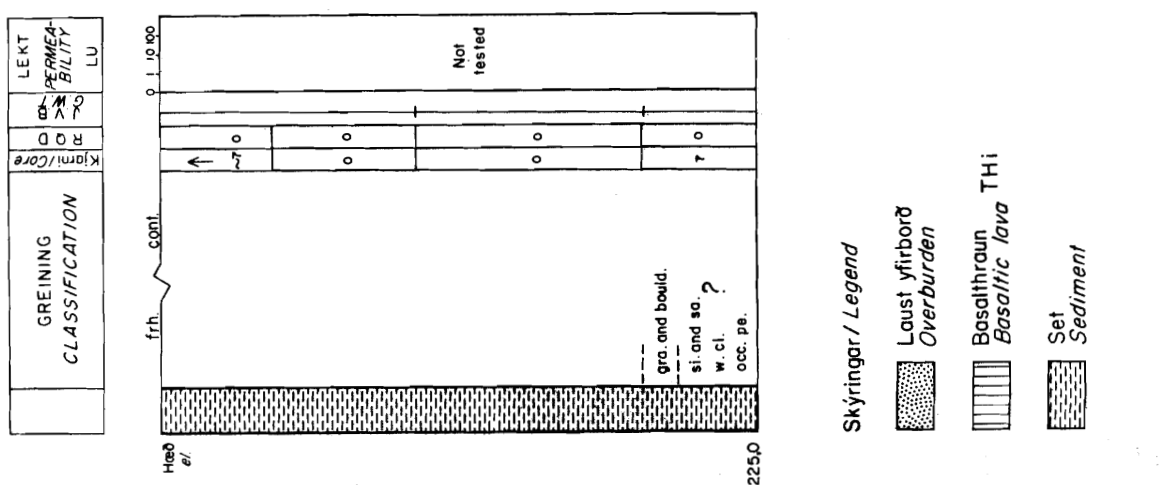
(RQD: Rock Quality Designation)



Jarðvegssýni - Soil samples

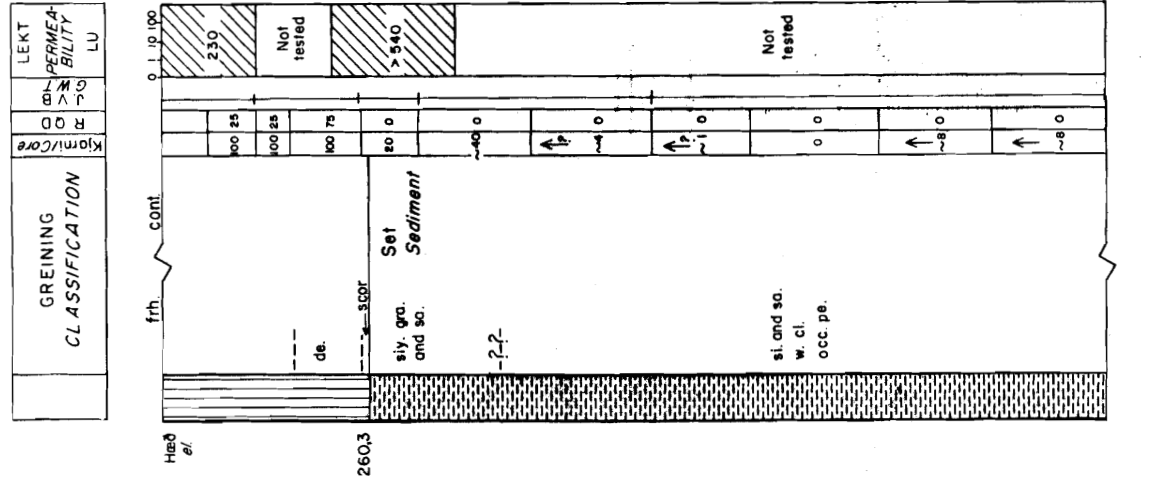
Skammstafanir:
Abbreviations:

bas. = basalt / basalt
bould = boulder / hnullungar
cl. = clay / leir
de. = dense / þétt
f. = filled / fyllt
gra. = gravel / mól
jo. = jointed / sprungið
main = mainly / aðallega
occ. = occasionally / á stökum stöð
pe. = pebbles / smásteinar
por. = porphyritic / dílött
ra. = rather / fremur
sa. = sand / sandur
scor. = scoriaceous / gjallkennt
si. = silt / méla, silt
sily. = silty / siltrík
v. = very / mjög
ves. = vesicular / blöðrött
w. = with / með

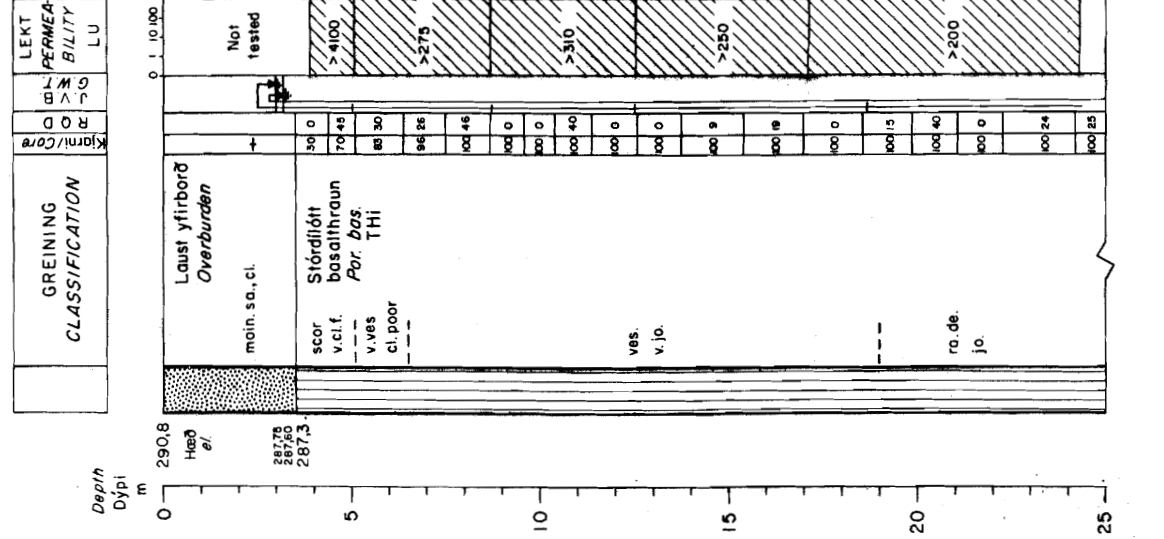


Mynd 22
Exh.

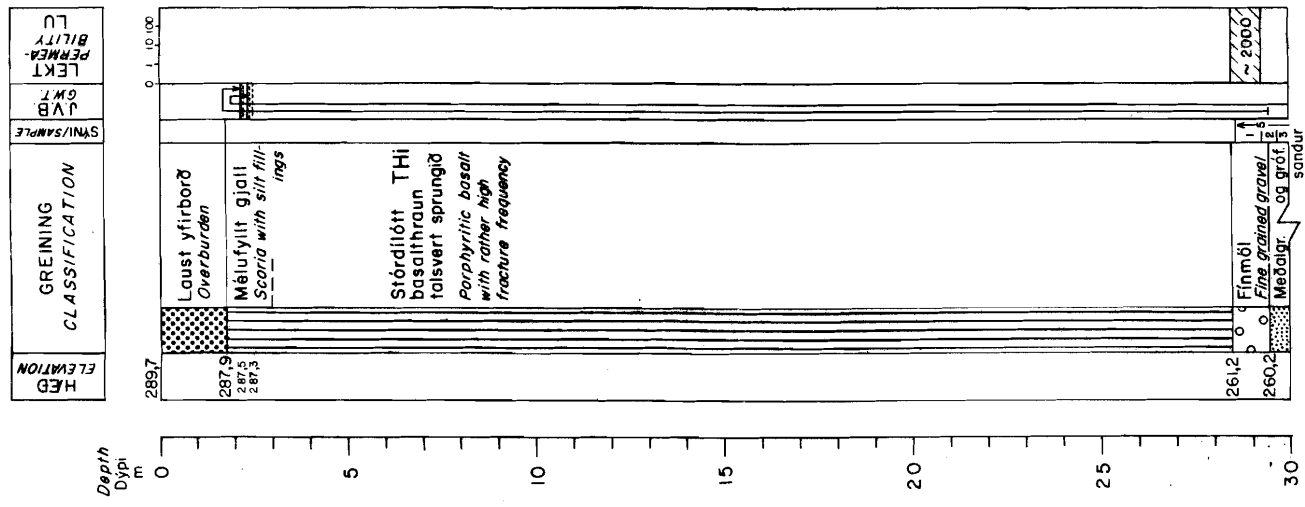
ORKUSTOFNUN
BÚÐARHÁLSVIRKJUN
Borholusnið
Graphic core log
78-06-14, BJA/ODJ T-78
B-331
F-17263



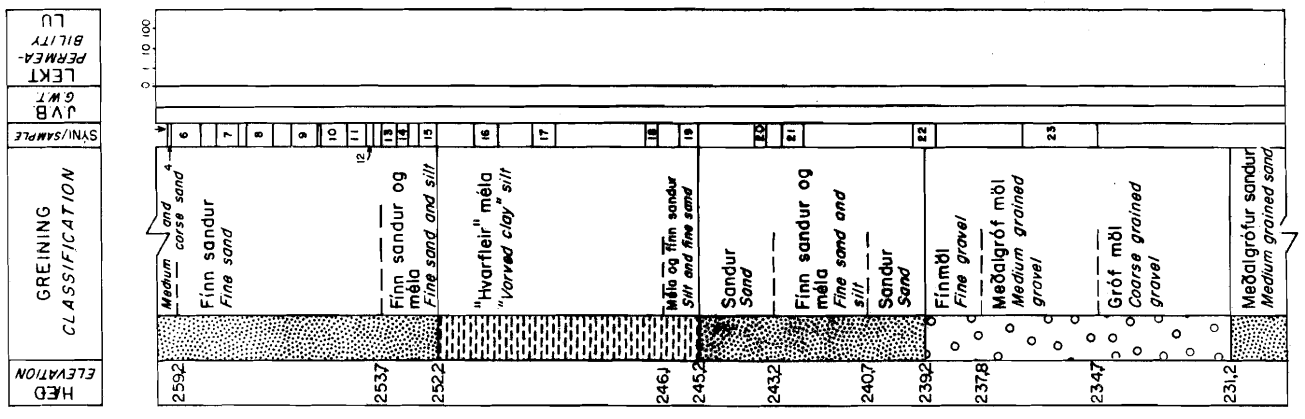
21
Kjarna- og jarðvatnsútskýring sjá mynd
Note on core, permeability and ground water see exh.



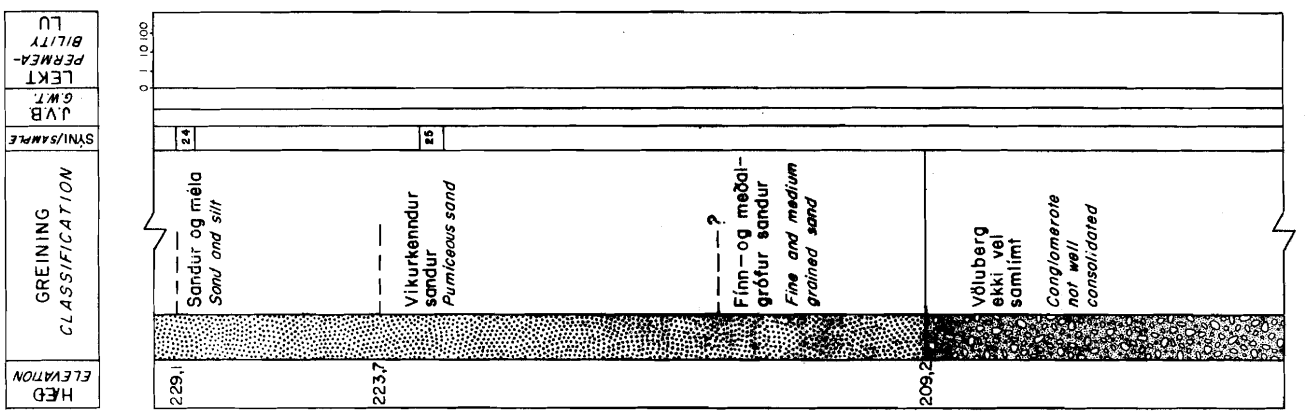
25
Staðsetning sjá mynd
Location see exh.



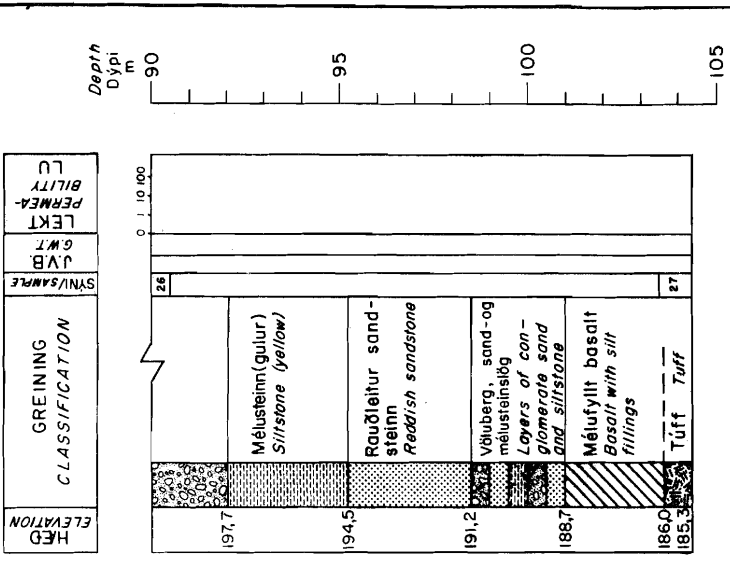
Staðsetning sjá mynd 25
Location see exh



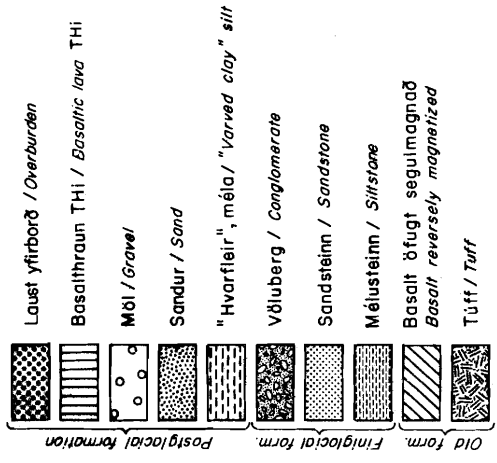
Kjarna-lectar-og jarðvatnsútskýring sjá mynd 21
Note on core, permeability and ground water see exh.



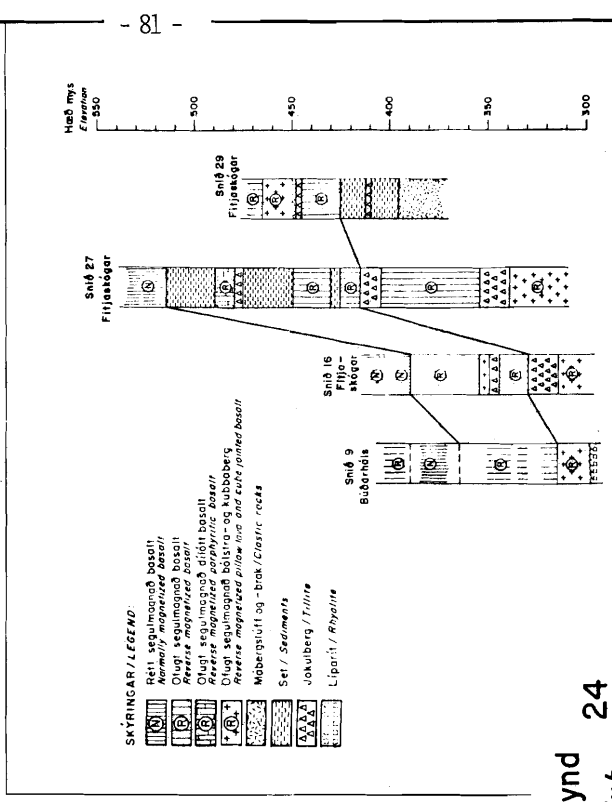
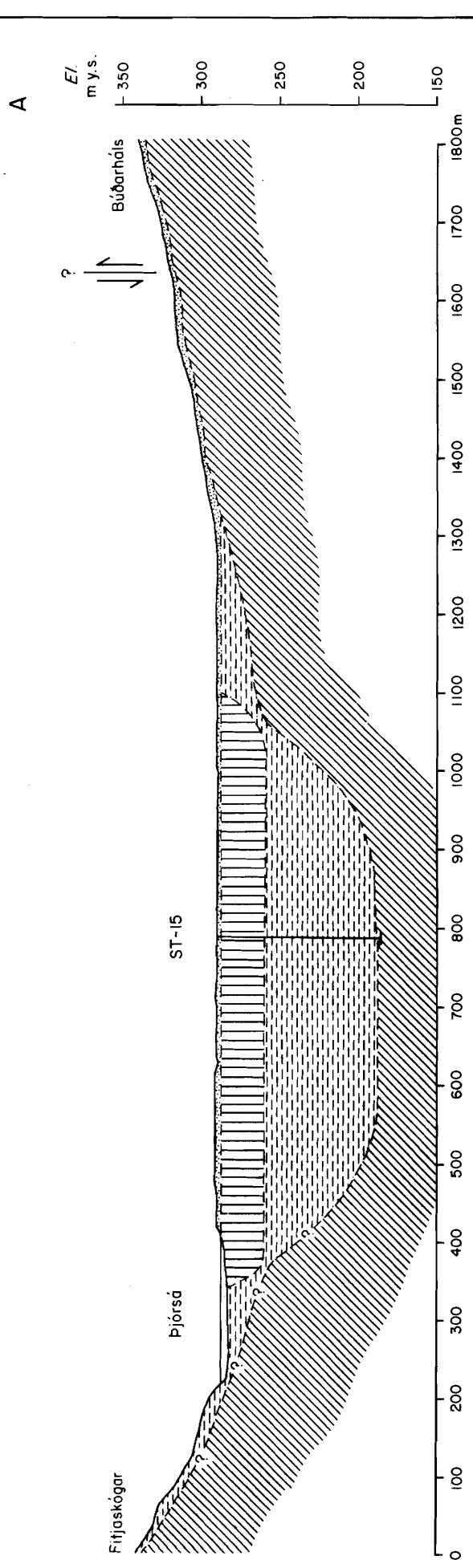
Mynd 23
Exh.



Skýringar / Legend



ORKUSTOFNUN
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN
 Borholusnið
 ST-15
 Graphic core log
 '79-03-09 B-331
 Sv. P. 70.D. F. 18221



- SKÝRINGAR / LEGEND :**
- Laust yfirborð / Loose overburden
 - Tungnaárhraun / Postglacial basaltic lava
 - Set / Sediment
 - Grunnberg / Old bedrock
 - Óviss jarðlagaskil / Uncertain rock contacts
 - Misgengi Fault
 - Borhola / Drillhole

Mynd 24
Exh.

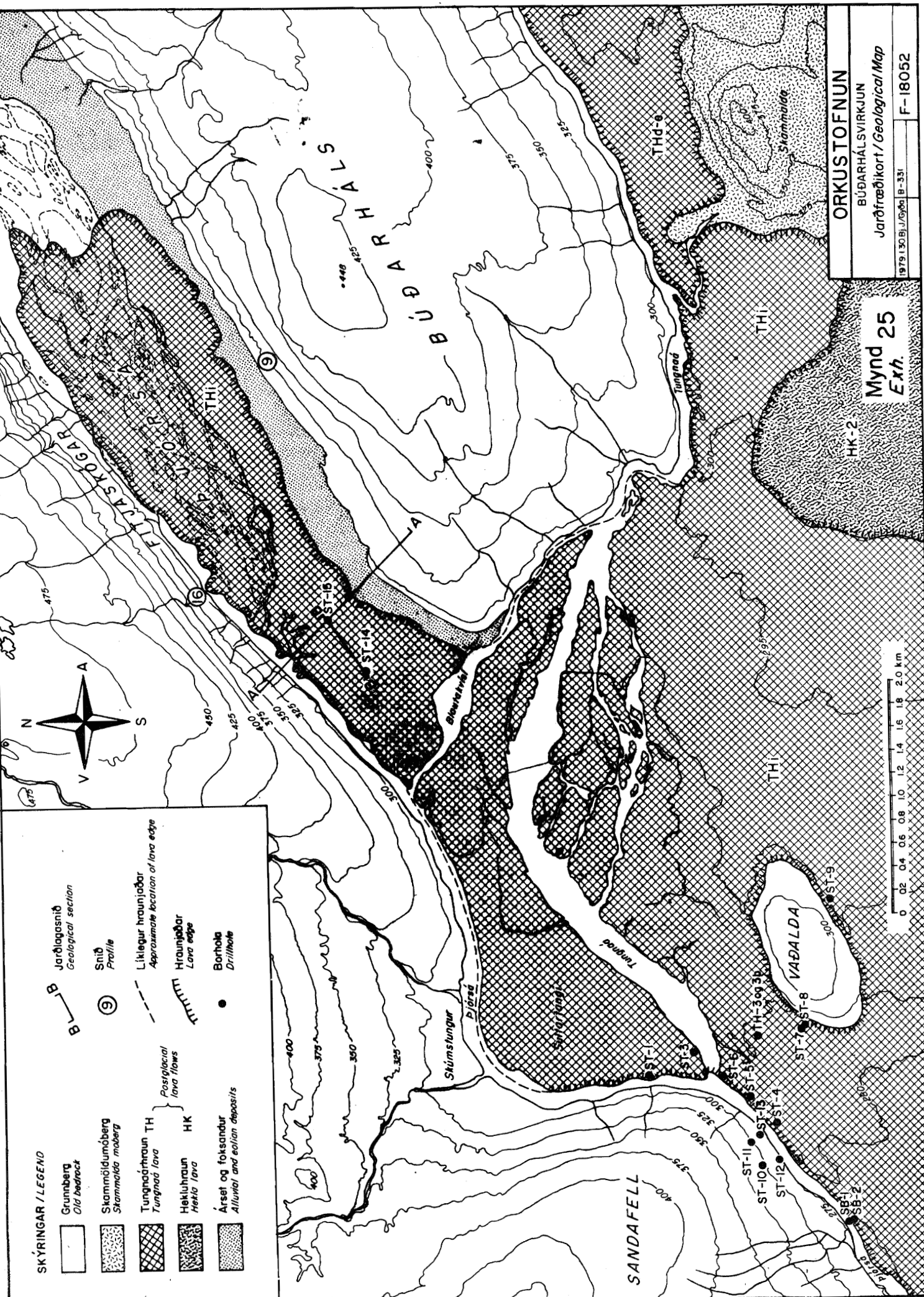
ORKUSTOFNUN
BÚÐARHÁLSVIRKJUN
Jarðlagasnið A-A og B-B
Geological sections A-A and B-B

79.02.16.
Bj.J / GSJ
B - 331
F. 18153

A
El. m.y.s. 350 300 250 200 150

B
El. m.y.s. 300 250 200 150
ST-14 ST-15
0 100 200 300 400 500 m

Staðsetning sjá mynd 25
Location see Exh.

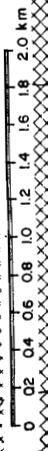


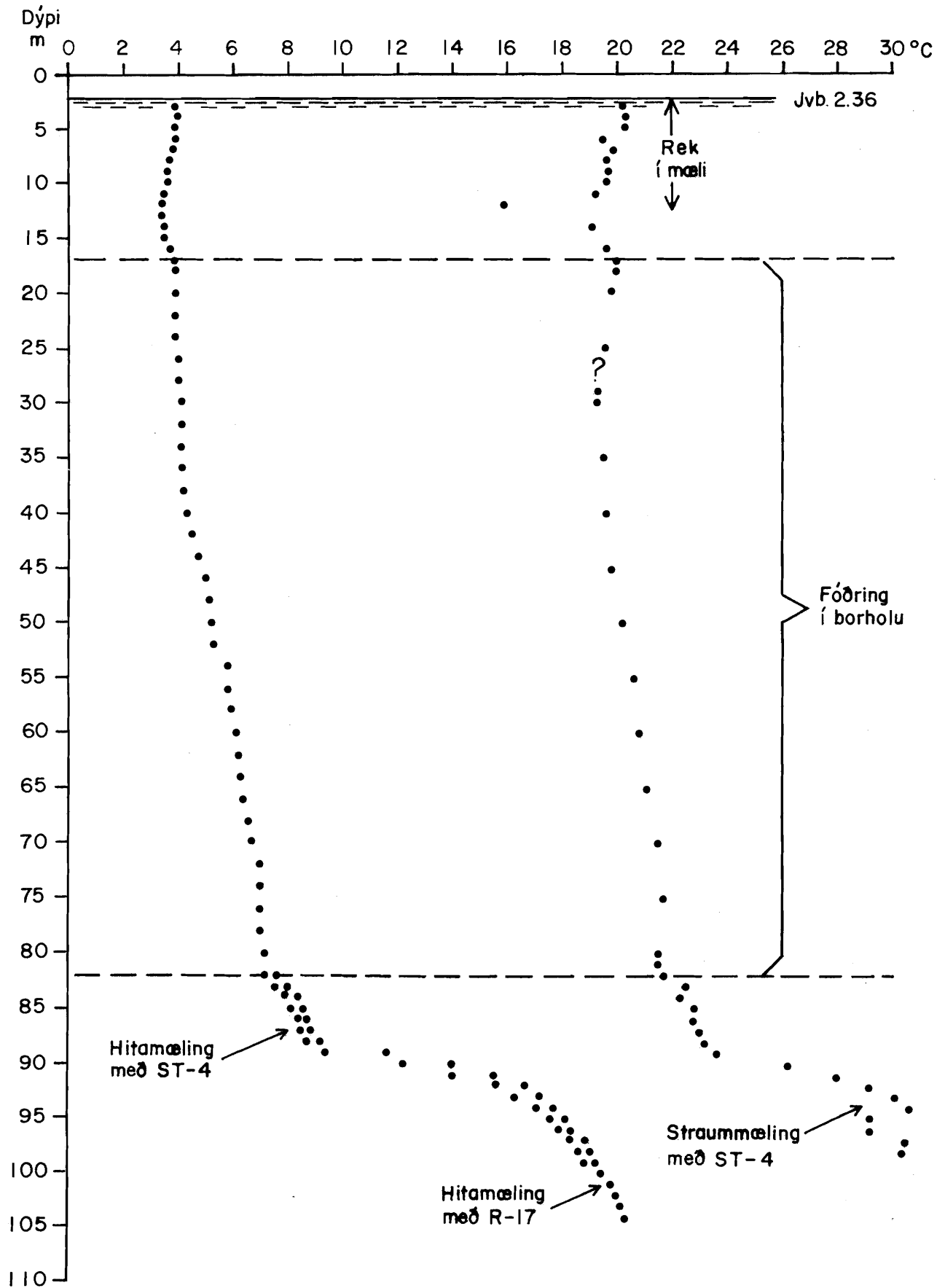
SKÝRINGAR / LEGEND

	Grunnberg Old bedrock		Stammöldumóberg Stammoldá móberrg		Árset og foksandur Alluvial and eolian deposits
	Tungnaðhraun TH Tungnað lava		Hekluhraun Hekla lava		Postglacial lava flows
	Líklegur hraunjaðar Approximate location of lava edge		Hraunjaðar Lava edge		Borhala Drillhole
	Jarðlagasnið Geological section		Snið Profile		

ORKUSTOFNUN
 BÚÐARHÁLSVIRKJUN
 Jarðfræðikort / Geological Map
 1979 1:50,000 B-331 F-18052

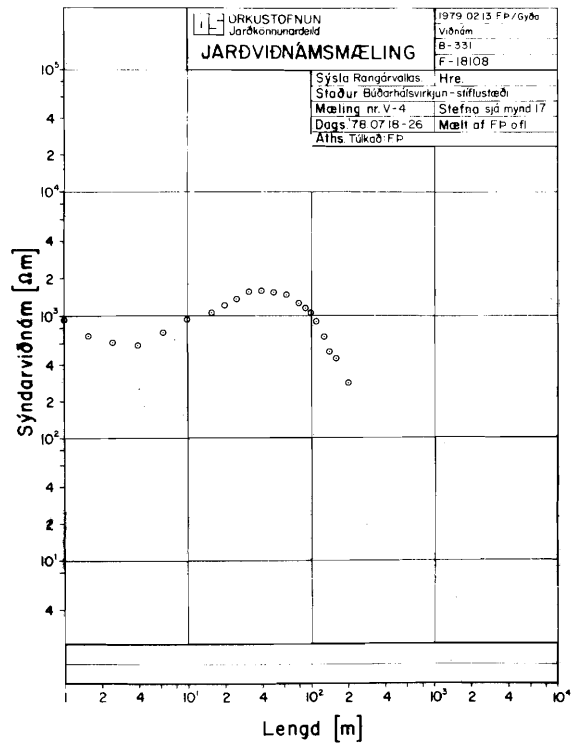
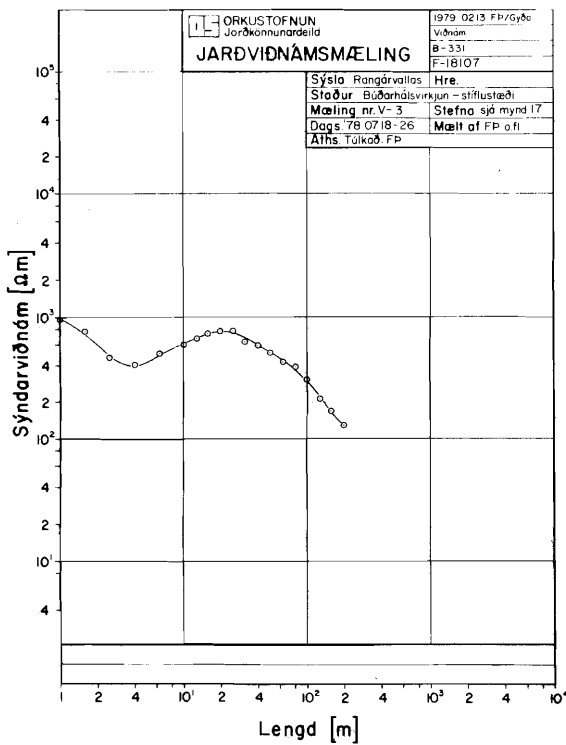
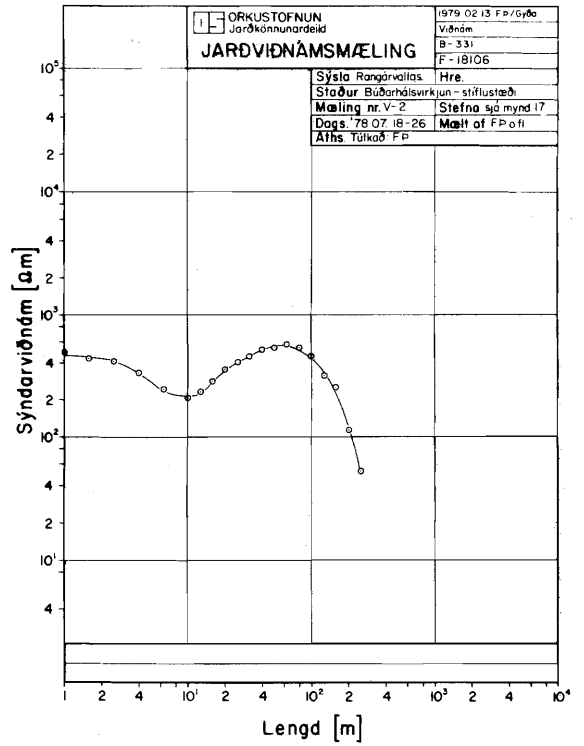
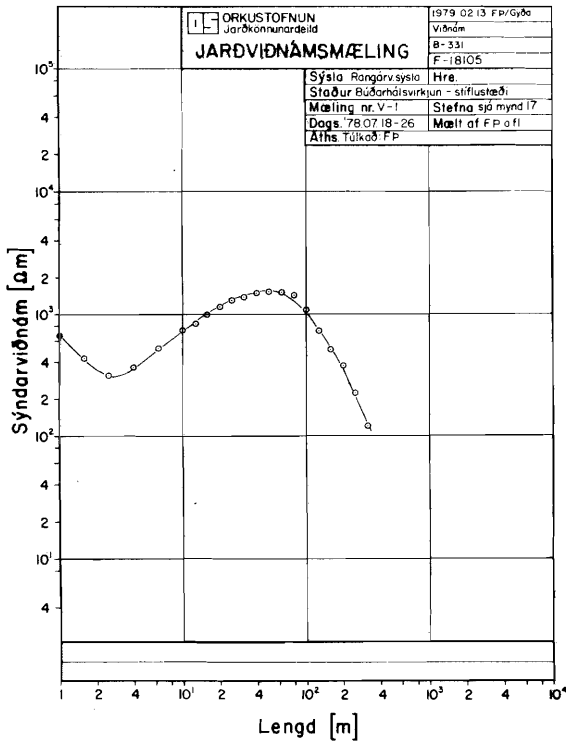
Mynd 25
 Exh.

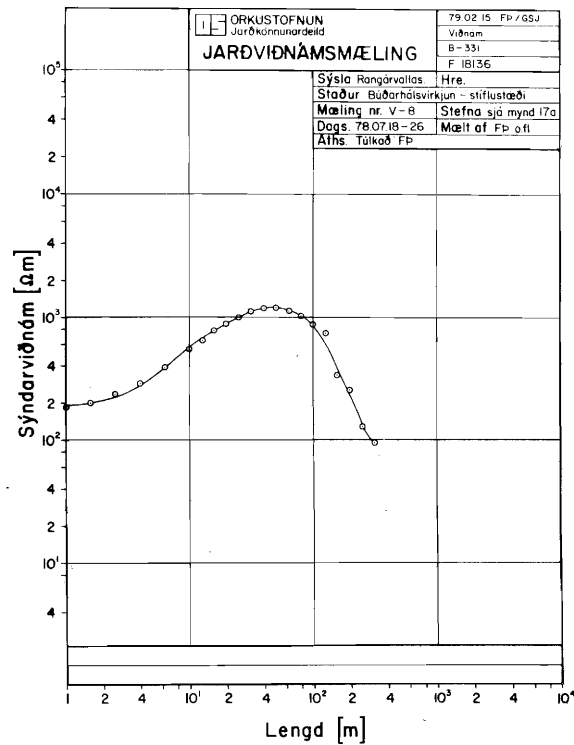
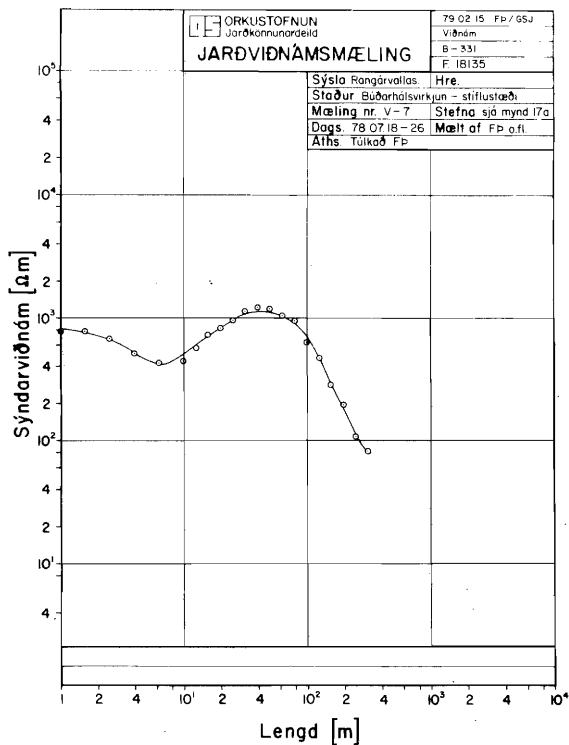
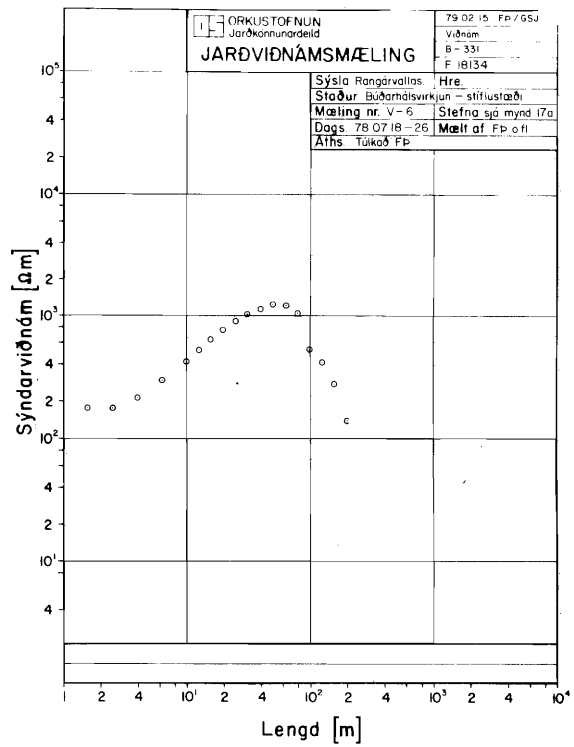
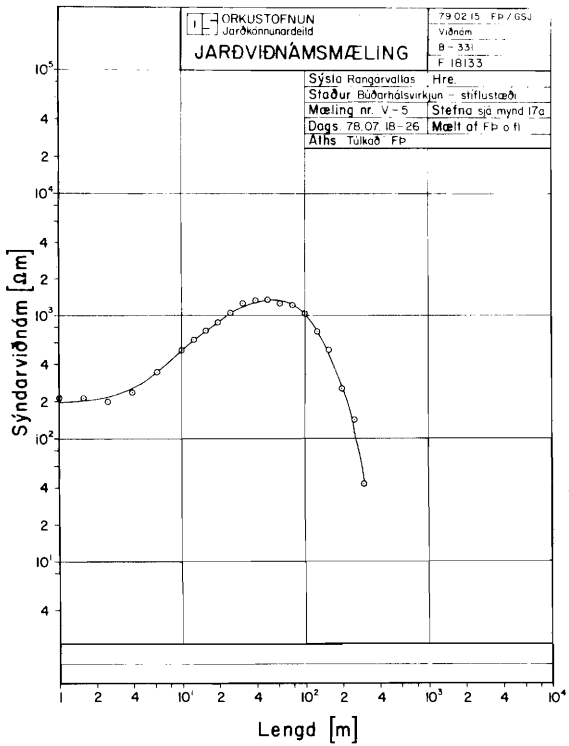


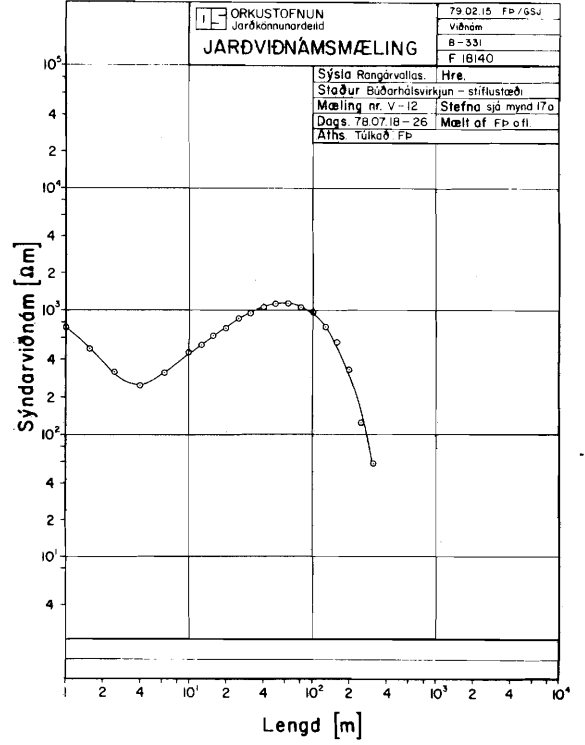
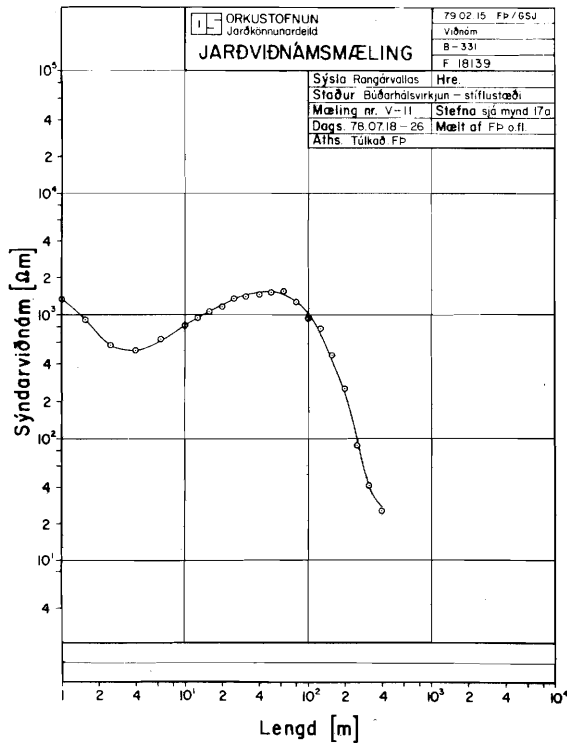
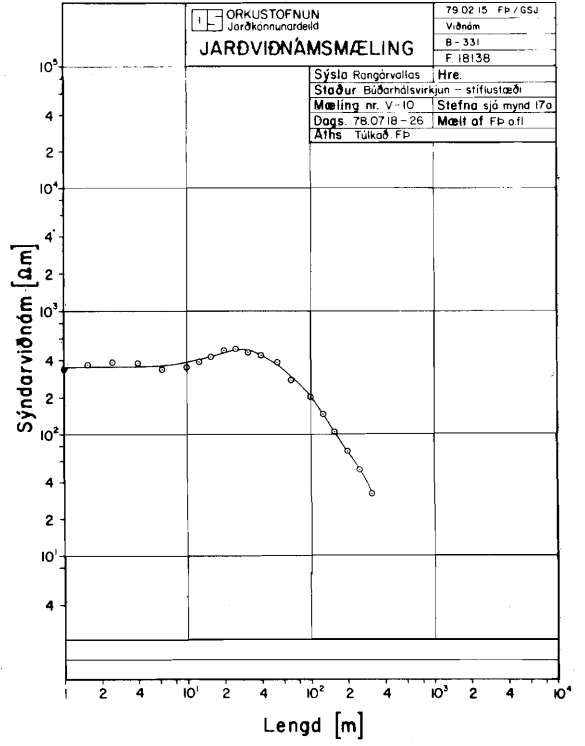
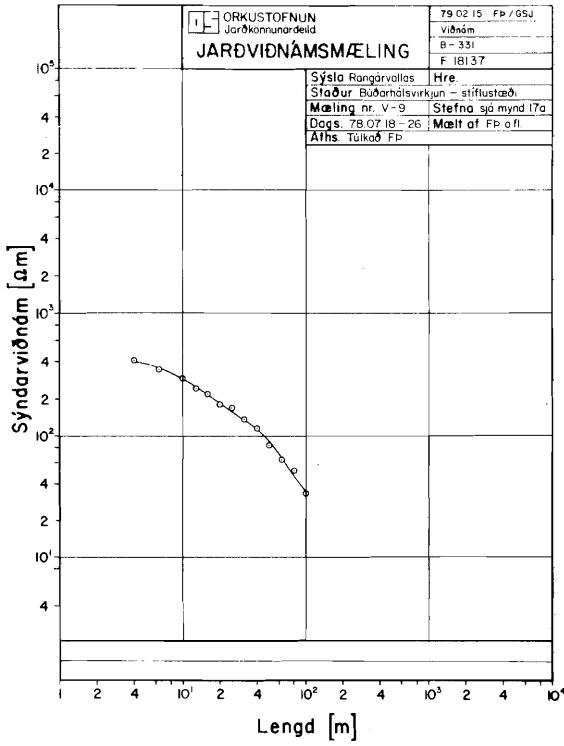


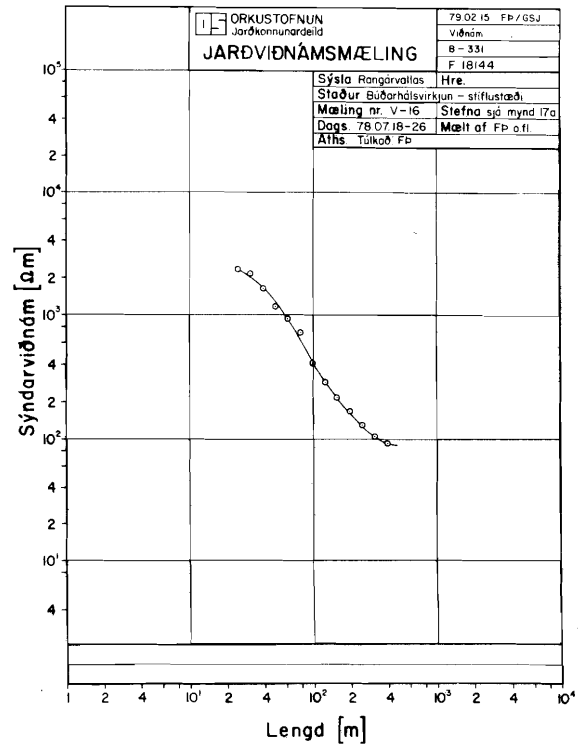
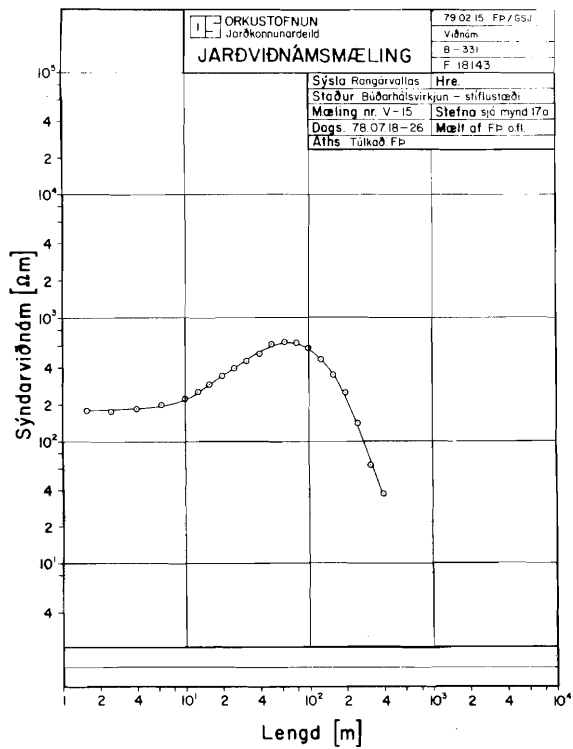
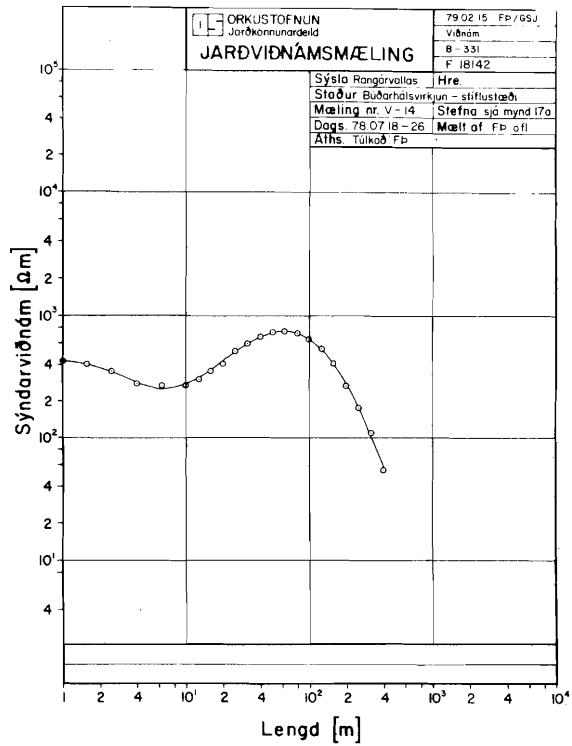
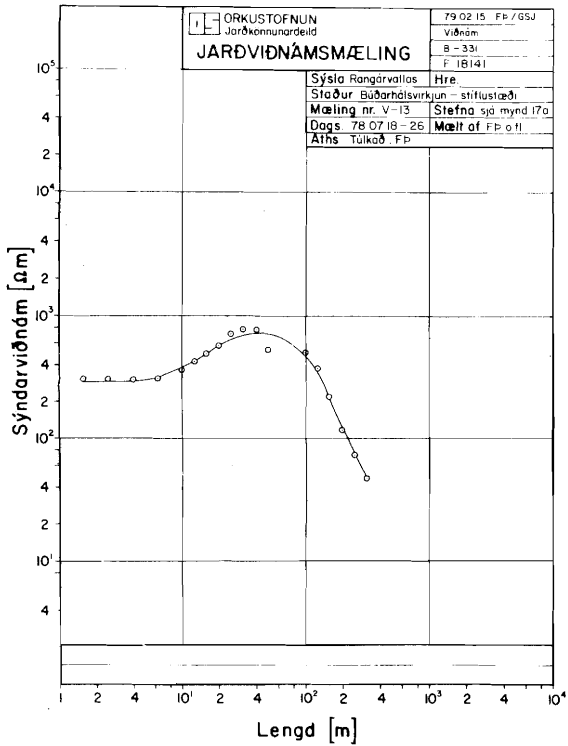
V I Ð A U K I A

Viðnámsferlar V-1 til V-16





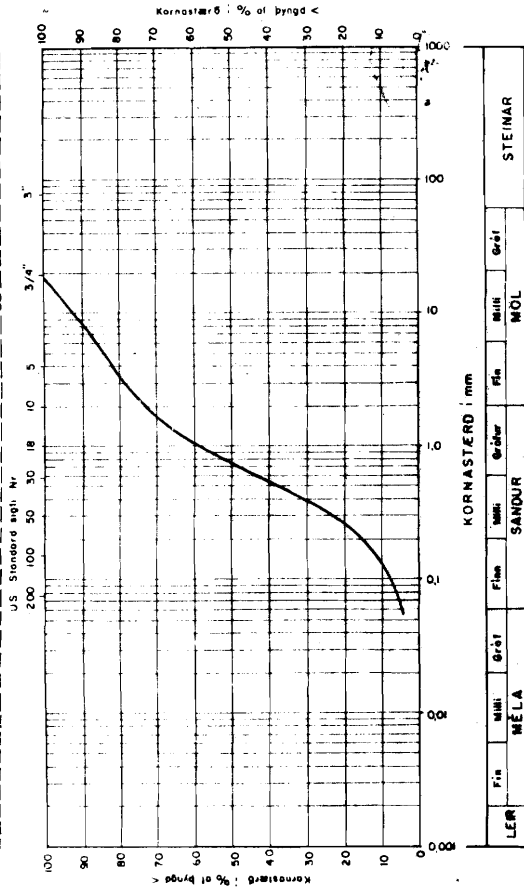




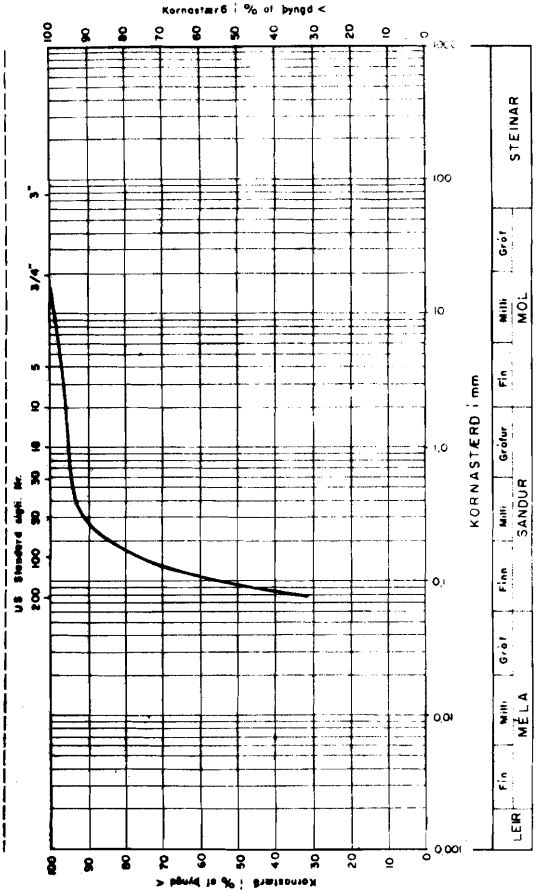
V I Ð A U K I B

Kornastærðalínurit setsýna úr borholunni ST-15

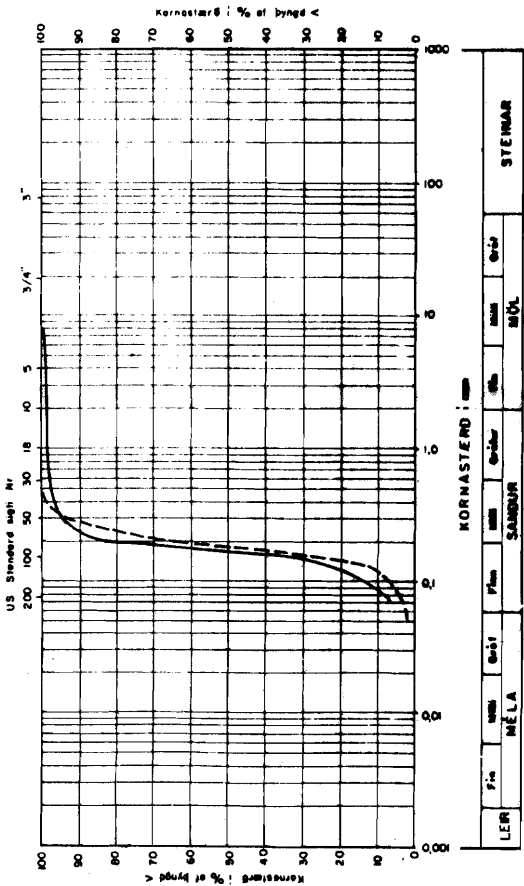
Sýni 3



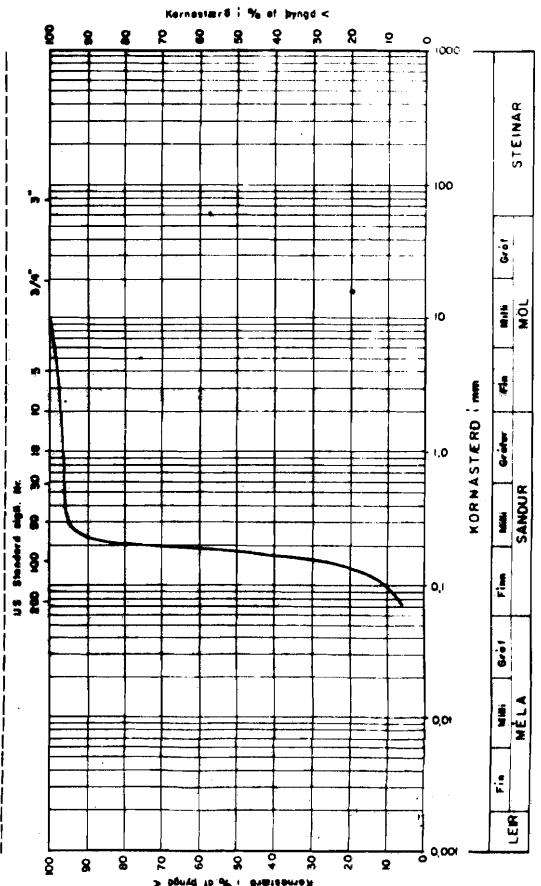
Sýni 6



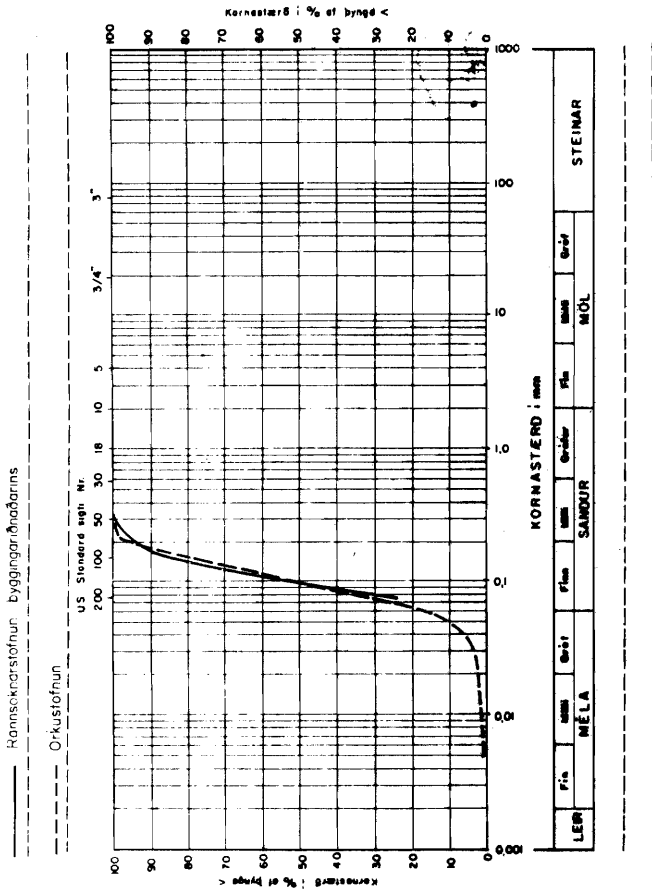
Sýni 7



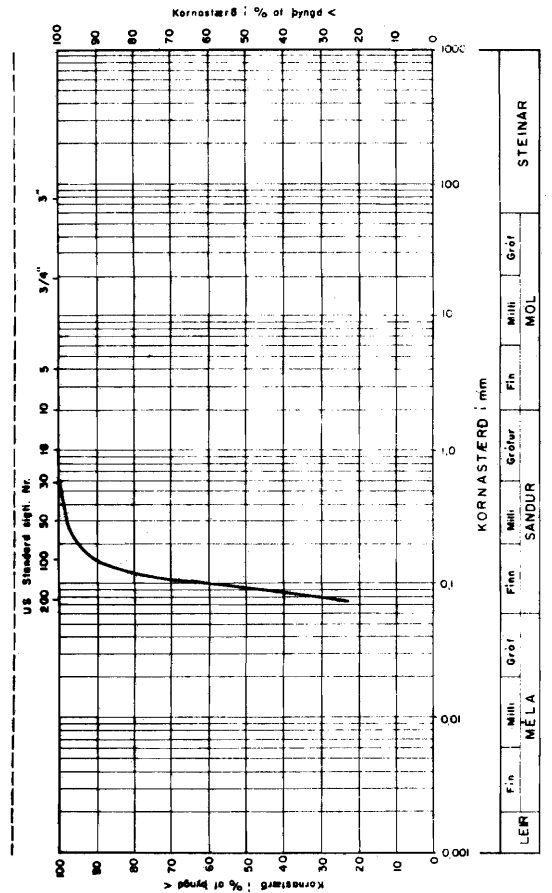
Sýni 8



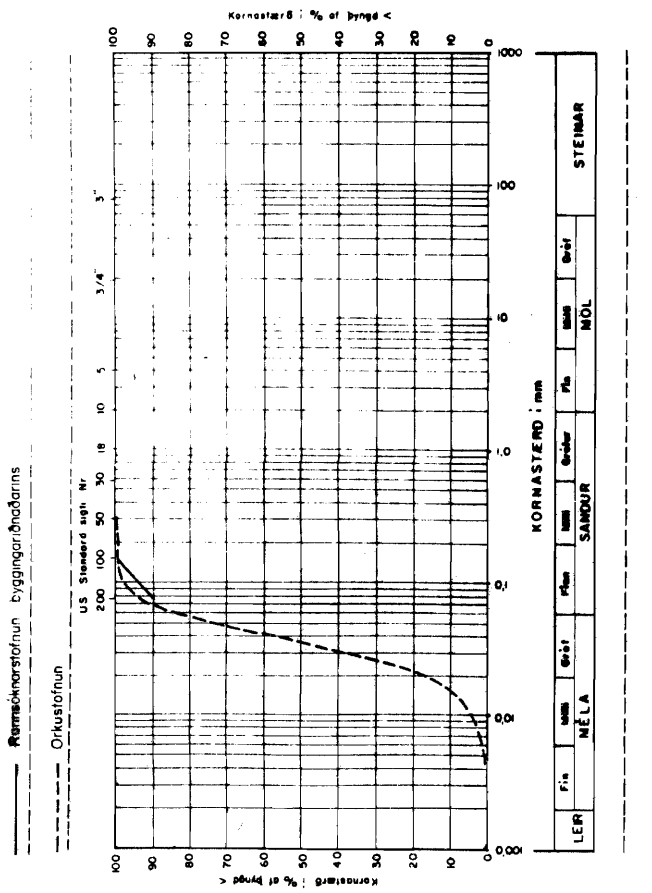
Sýni 14



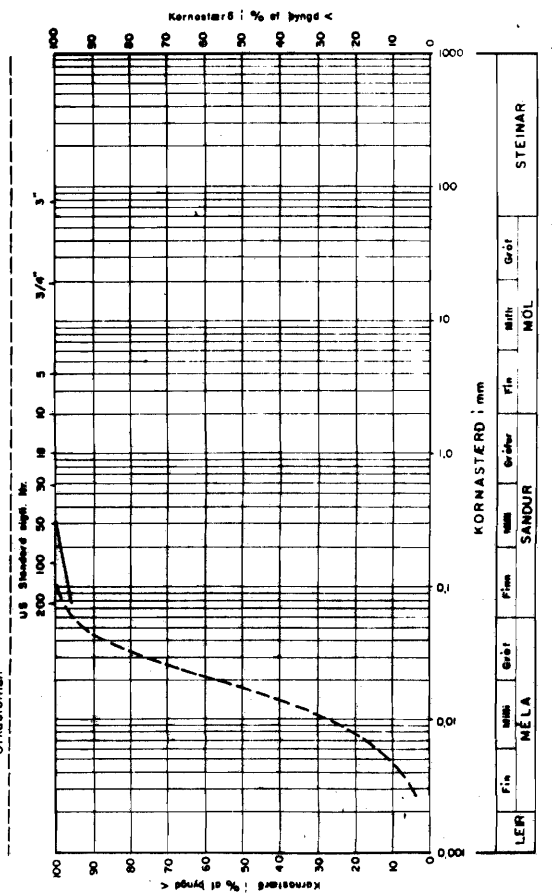
Sýni 15



Sýni 16

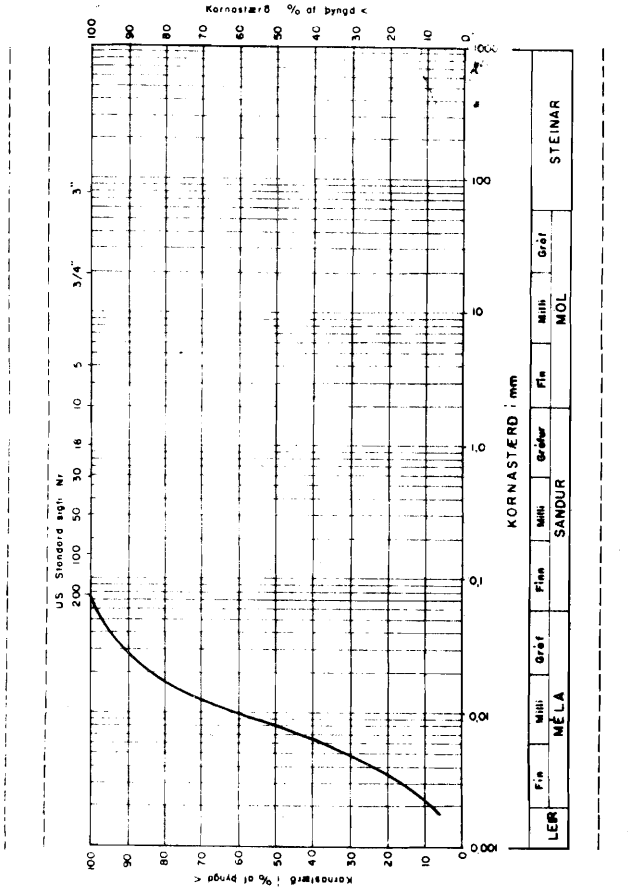


Sýni 17



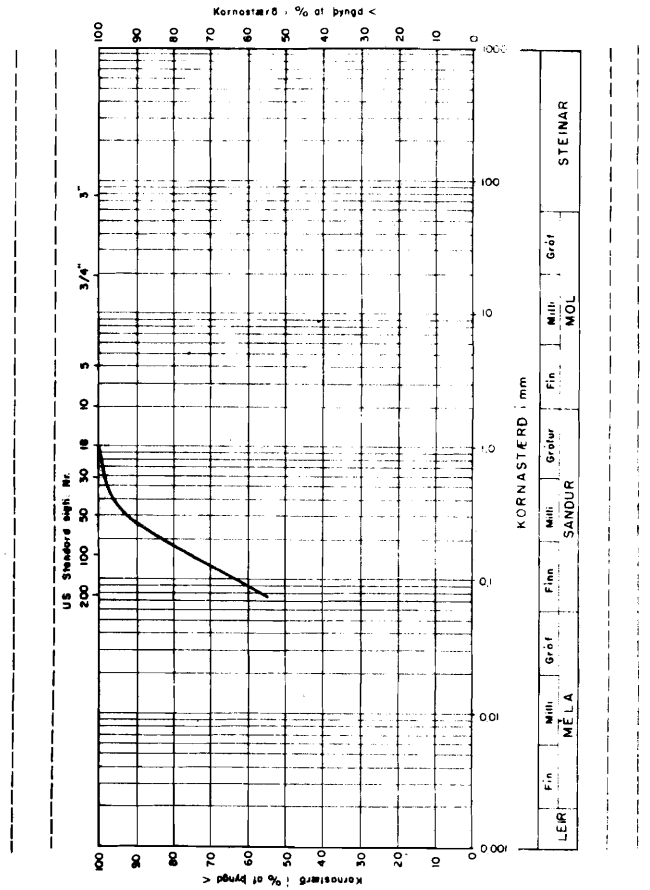
ORKUSTOFNUN Raforkudeild	BÚÐARHÁLSVIRKJUN	79.02.09
	Kornastærðalínurit	Sv.P / Gyða
	Borhola ST-15	B-331
	Dýpi 43.05-43.35m	F-18213

Sýni 18



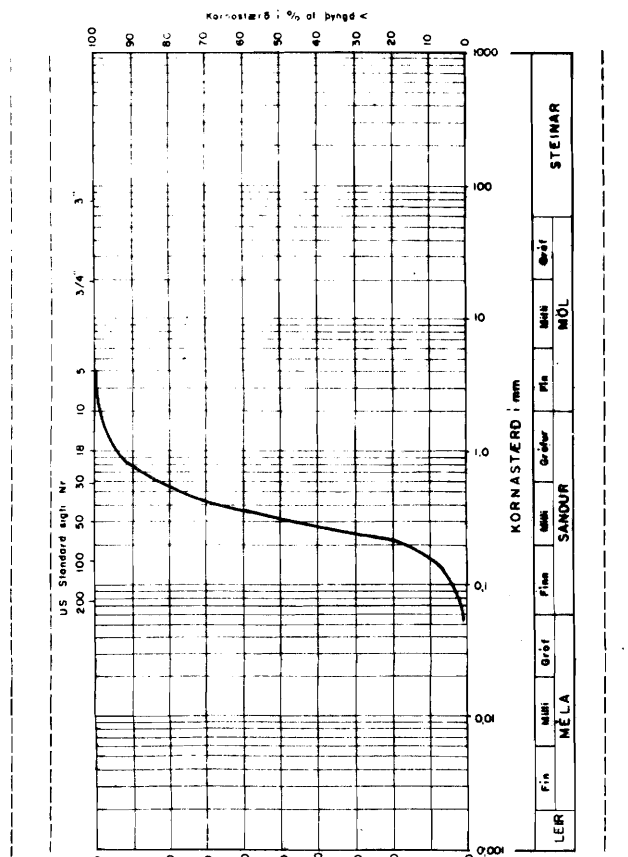
ORKUSTOFNUN Raforkudeild	BÚÐARHÁLSVIRKJUN	79.02.09
	Kornastærðalínurit	Sv.P / Gyða
	Borhola ST-15	B-331
	Dýpi 44.0-44.5m	F-18214

Sýni 19



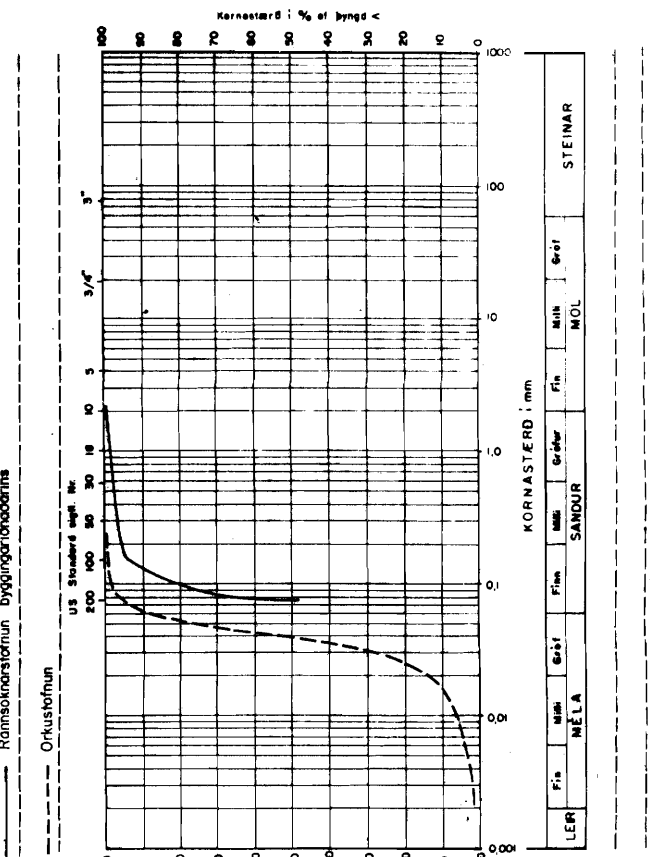
ORKUSTOFNUN Raforkudeild	BÚÐARHÁLSVIRKJUN	79.02.09
	Kornastærðalínurit	Sv.P / Gyða
	Borhola ST-15	B-331
	Dýpi 46.0-46.2m	F-18215

Sýni 20



ORKUSTOFNUN Raforkudeild	BÚÐARHÁLSVIRKJUN	79.02.09
	Kornastærðalínurit	Sv.P / Gyða
	Borhola ST-15	B-331
	Dýpi 46.65-47.25m	F-18216

Sýni 21



F Y L G I R I T



Segulmælingar

SEGULMÆLINGAR

Inngangur

Segulmælingar hafa mikið verið notaðar hér á landi við að kortleggja misfellur í berggrunni, sem eru huldar lausum yfirborðslögum, t.d. árframburði, skriðum og jarðvegi. Slíkar misfellur eru t.d. gangar, misgengi, sprungur og hraunjaðrar. Mælingarnar eru mjög fljótgerðar og fremur ódýrar.

Eðli segulmælinga

Hraunkvika sem storknar í segulsviði jarðar, segulmagnast oftast varanlega. Segulmagnun hraunsins verður samsíða stefnu jarðsviðsins þegar kvikan storknar. Styrkur segulsviðs frá hrauninu er háður styrk jarðsviðsins og magni segulmagnanlegra steintegunda í kvikunni. Segulsvið jarðar er stöðugum breytingum undirorpið og hefur margsinnis breytt um stefnu og styrk á síðustu milljónum ára. Markverðasta breytingin er þegar stefna sviðsins snýst alveg við en slíkt gerist með óreglulegu millibili. Áætlað er a.m.k. 60 slíkar kollsteypur hafi orðið á segulsviði jarðar á síðustu 20 milljónum ára þ.e. á þeim tíma er Ísland hefur verið að hlaðast upp.

Talað er um rétta segulstefnu þegar segulnorðurpóllinn er nærri landfræðilega suðurskautinu og um öfuga stefnu þegar segulnorðurpóllinn er nærri landfræðilega norðurskautinu. Núverandi segulstefna er rétt og hér á landi er hún hallandi niður til norðurs um 75° frá lárétu og 24° til vesturs frá réttvisandi norðri. Breytingarnar á segulsviðinu valda því að hraunlög frá mismunandi jarðsögulegum tíma eru yfirleitt ekki eins segulmagnuð. Með því að mæla segulstefruna í hraunum má oft ákvarða aldur þeirra. Mæling á segulstyrk gerir oft kleift að greina í sundur jarðmyndanir sem ekki verða aðgreindar á annan hátt.

Notagildi

Segulmælingar hafa mest verið notaðar hér á landi við að leita uppi og kortleggja bergganga, misgengi og sprungur. Þær hafa gefist einkar vel við kortlagningu bergganga og innskotslaga í grennd við jarðhitasvæði á blágrýtissvæðum landsins. Innskot myndast er hraunkvika treðst upp um sprungur og misgengi eða á milli hraunlaga og storknar þar. Innskot myndast því seinna en bergið umhverfis og eru því oft ódruvísi segulmagnuð. Sá hluti innskota sem storknað hefur í sprungum nefnist bergganga. Þeir eru vanalega hornrétt á aðliggjandi jarðlög. Sé segulsvið mælt yfir bergganga kemur venjulega fram frávik frá ótrufluðu jarð-

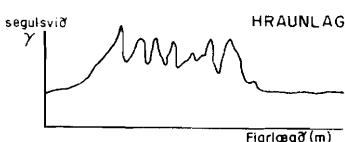
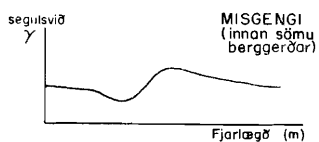
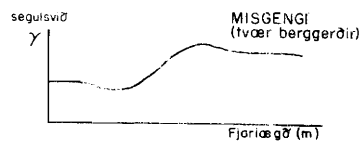
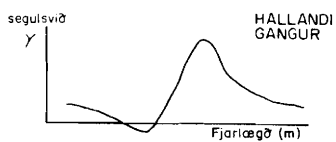
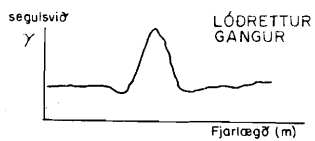
sviði. Frávikkið er jákvætt yfir rétt segulmagnuðum gangi, þ.e. þar mælist sterkara segulsvið en neikvætt yfir öfugt segulmagnuðum gangi, þ.e. veikara segulsvið.

Mynd 1. sýnir áhrif ýmissa bergmyndana á segulsviðið. Að gefnum ákveðnum forsendum er unnt að reikna út lögum og dýpi þeirra myndana er valda mældu staðbundnu frávikki á heildarsviðinu. Nákvæmni í staðsetningu þeirra bergmyndana er valda frávikki er að mestu háð þykkt yfirborðslaganna, gerð og halla myndananna, halla segulsviðsins og þéttleika mælinganna. Best er að staðsetja lóðréttu bergganga. Yfirleitt er hægt að staðsetja þá með 2 m óvissu undir 4 m þykkum yfirborðslögum. Hallandi ganga og misgengi er mun erfiðara að staðsetja en óvissumörkin eru þó yfirleitt talin vera innan við 20 m undir 4 m þykkum yfirborðslögum.

Stundum eru staðbundin áhrif frá jarðmyndunum það veik að þau valda ekki marktæku segulfrávikki. Segulmælingar gagna að sjálfsögðu ekki þar, við að greina í sundur jarðmyndanir sem eru huldar lausum yfirborðslögum.

Mæliaóferð og mannaflí

Segulmælingar eru oftast gerðar með segulmæli sem mælir heildarstyrk sviðsins (prótónusegulumælir). Mælt er í um það bil 2,5-4 m hæð yfir jörðu eftir ákveðnum línnum eða í neti. Fjarlægð á milli lína eða punkta í neti fer eftir því hve örar breytingar verða á segulsviðinu og þeirri nákvæmni og upplausn sem krafist er í hvert skipti. Við kortlagningu ganga er oftast mælt eftir beinum línnum og eru 20-30 m á milli mællína en 5 m á milli punkta á hverri línu. Netið er lagt út með hornamælingum og mælisnúrum áður en segulmælingarnar hefjast. Tveir menn framkvæma segulmælingarnar hefjast. Tveir menn framkvæma segulmælingar og lætur nærri að þeir komist yfir um 3-4 km á dag en það er þó mjög háð aðstæðum. Niðurstöður eru venjulega birtar á korti með jafnsviðslínnum og helstu kennileitum, sbr. mynd 2. Jafnsviðslínur sýna því styrk segulsviðsins á svipaðan hátt og hæðarlínur sýna hæð lands yfir sjó á venjulegu landakorti. Það fer eftir stærð og lögum segulfrávikka hve þétt jafnsviðslínur eru dregnar en oft er nægilegt að hafa eitt mikrotlesla (1000 gamma) á milli lína. Við minniháttar verkefni er oft látið nægja að birta einstaka mæliferla og kort sem sýnir staðsetningu þeirra. Þetta á sérstaklega við ef langt er á milli mællína.

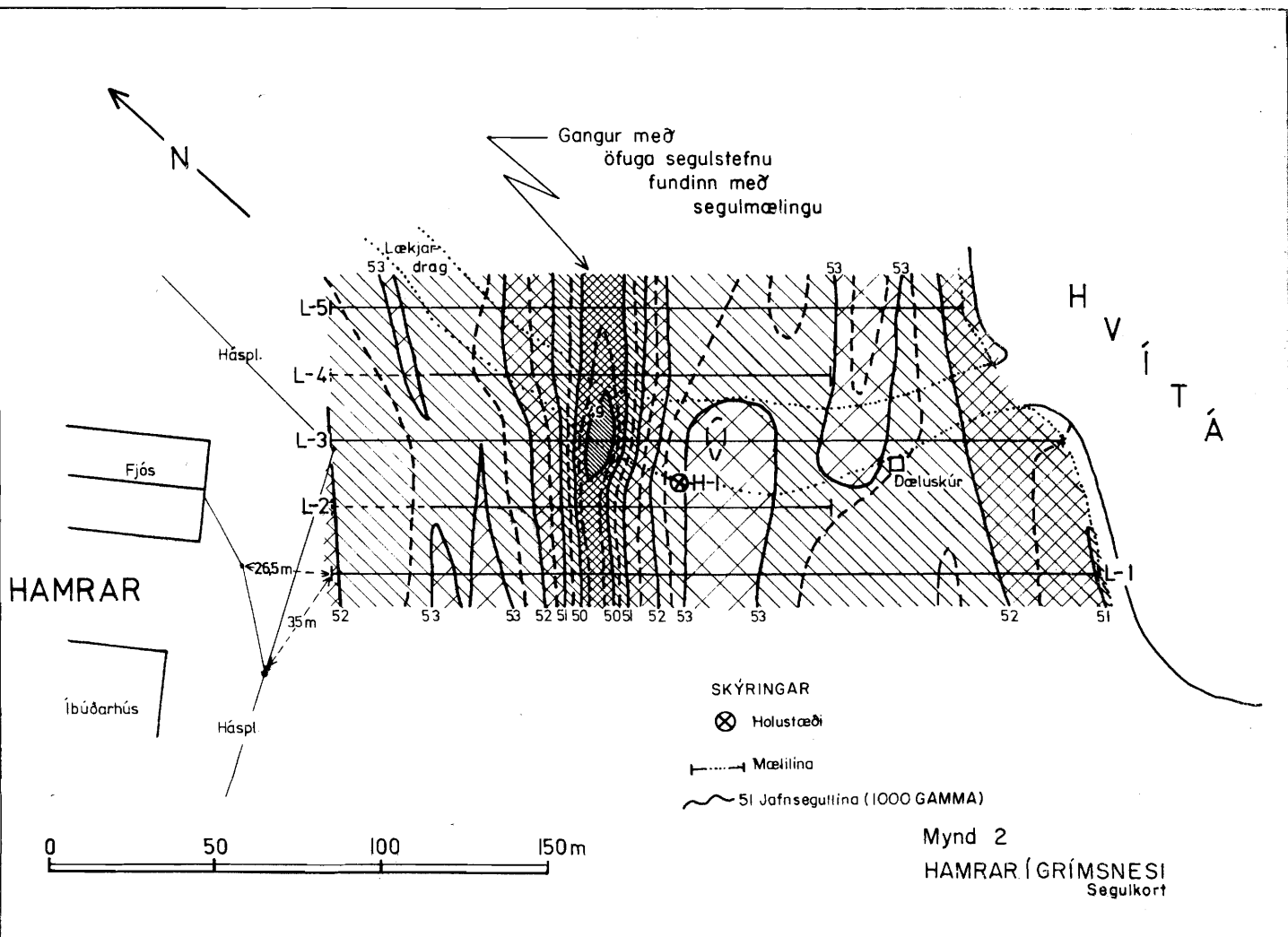


Allar myndarnir eru óendanlega langar, hornrétt í plan þessarar myndar.

Myndirnar eru mjög einfaldaðar

↓ Stefna þeirrar segulmagnunar sem veldur segulfrávikinu

Mynd 1
Einkennanar segulfrávik ýmissa bergmyndana



Mynd 2
HAMRAR Í GRÍMSNESI
Segulkort

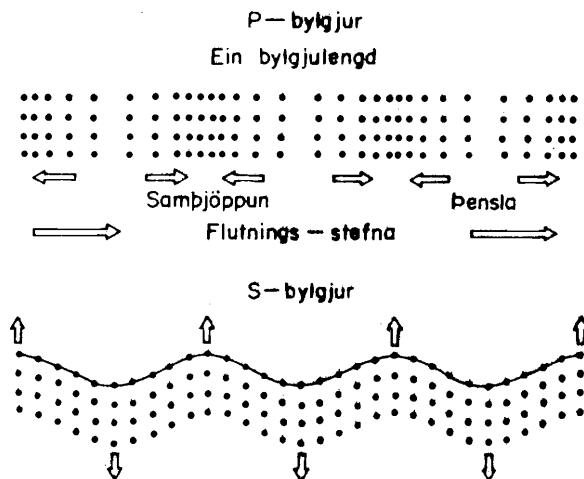
JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

1. Inngangur

Jarðsveiflumælingar (seismic prospecting) eru einkum notaðar í tvennum tilgangi við undirbúningsrannsóknir fyrir mannvirkjagerð. Annars vegar og mest, til að mæla dýpi á lagamót og þykkt jarðlaga og hins vegar til að gefa hugmynd um gerð og styrk jarðlaga. Hér verður greint lauslega frá einstökum þáttum þessara mælinga og leitast við að skilgreina takmörk og notagildi hinna ýmsu aðferða.

2. Gerð bylgna

Jarðsveiflumælingar byggjast að mestu á mælingu á útbreiðsluhraða hljóðbylgna í jarðlögum. Það myndast aðallega þrjár tegundir bylgna þegar orka er leyst úr læðingi í föstu efni. Þar af eru P og S bylgjur mikilvægastar (mynd 1).



Mynd 1. Afmyndun efnis sem bylgjur fara um a) P-bylgjur b) S-bylgjur

a) P-bylgjur eru þrýstibylgjur (compressional waves) Þær afmynda efnið í útbreiðslustefnu sína og breiðast út í öllum formum efnis. P-bylgjur breiðast hraðast út af öllum bylgjum og eru því mest notaðar við jarðsveiflumælingar.

b) S-bylgjur eru skerbylgjur (Shear waves), þær afmynda efnið hornrétt á útbreiðslustefnu og breiðast aðeins út í föstu efni. Útbreiðsluhraði þeirra fer eftir skerstyrk efnisins en hlutfallið V_p/V_s fer eftir stælni þess. S-bylgjur hafa lítið verið notaðar fram að þessu af tæknilegum orsökum. Þúast má við að með bættri tækni verði þær notaðar í auknum mæli til mælinga á eðliseiginleikum jarðlaga.

c) R- og L-bylgjur eru yfirborðsbylgjur. Þær berast um yfirborðs fasts efnis með lágum hraða. Þær hafa ekki nota-gildi við jarðsveiflumælingar en valda oft truflunum við mælingar.

3. Útbreiðsla hljóðbylgna

Þættir sem skipta mestu máli við útbreiðslu hljóðbylgna eru eftirfarandi:

a) Hljóðhraði, b) deyfing, c) hljóðbrot og d) bergmál (hljóðspeglun).

a) Hljóðhraði

Útbreiðsluhraði P-bylgna í jarðlögum sem við koma mannvirkja-gerð á Íslandi er á bilinu 300 - 5000 m/s. Hljóðhraði í jarðlögum fer eftir eðlisástandi þeirra. Í ósprungun bergi fer hann mest eftir eðlisþyngd og poruhlutfalli, en aðrir þættir hafa minni áhrif. Sprunguhlutfall, sprungustefna, sprungu-fyllingar og vatnsstaða hafa auk þess mikil áhrif í sprungnu bergi. Í lausum jarðlögum hafa þéttleiki, samlíming og raki mest áhrif á hljóðhraða. Vatnsmettun lausra efna breytir hljóðhraða þeirra mjög. Breytingin er oft frá 300 - 500 m/s ef um ósamlið jarðefni er að ræða, og upp í u.p.b. hljóðhraða vatns c.a. 1500 m/s, við mettnun. Hljóðhraði í lausum jarðlögum eykst að vissu marki með dýpt, en í bergi hefur dýpi oftast lítið að segja.

Eftirfarandi yrðingar gilda yfirleitt um ýmis áhrif á hljóðhraða en þó ekki alltaf:

Hljóðhraði er meiri í:

- basisku storkubergi en súru bergi
- storkubergi en seti
- samlímdu seti en ósamlímdu
- vatnsmettuðu ósamlímdu seti en þurru ósamlímdu
- blautum jarðvegi en þurrum jarðvegi
- ólífrænum jarðvegi en lífrænum
- heilu bergi en sprungnu
- þéttu bergi en blöðróttu
- eldra bergi en yngra

TAFLA 1

Algengur hljóðhraði í íslenskum jarðlögum.

	Vp km/s	Vs	log deyfing
Þétt storkuberg, ósprungið	3-4		1-2
Þétt storkuberg, sprungið	1,5-3		3-5
Ung hraun leirborin	* blöðrótt með litlum eða engum holufyll- ingum	1,2-3,5	3-4
Ung hraun m. gjóska		0,6-3,5	5
Vel samlímt setberg	2,2-3		2-3
Móbergstúff - bólstraberg	2-2,8		2-4
Samanlímdur leir og mórena	1,4-2,2		2-3
Blaut möl, árvegur	1,2-1,6		2-3
Þurr möl, sandur	0,5-0,8		3-4
Lífrænn jarðvegur	0,3-0,6		4-5
Vatn	1,5		1
Loft	0,33		3

* Verulegur hraðamunur er innan einstakra hraunlaga. Gjóska og kargi eru yfirleitt 0,6-1,5 km/s, en kjarni hraunlaganna getur náð 3,5 km/s.

b) Deyfing

Deyfingarstuðull hljóðbylgna í jarðlögum er að flestu leiti háður sömu skilyrðum og hljóðhraði í þeim. Í lausum jarðlögum getur deyfingin orðið það mikil að mæling verði erfið eða útilokuð, þrátt fyrir kraftmikinn orkugjafa (stóra sprengju). Deyfing hljóðbylgju í einleitu efni (homogen) fylgir líkingunni.

$$I = I_0 \frac{e^{\alpha r}}{r}$$

þar sem:

I Bylgjustærð í fjarlægð r frá upptökum.

I_0 Upphafsbilgjustærð.

α Deyfingarstuðull efnisins.

Auk þessarar deyfingar tapast orka vegna hljóðbrota og speglana. Í sprungnu efni verður því viðbótar orkutap í hverri sprungu og því heildartapið meira.

c) Hljóðbrot

Um hegðun hljóðbylgju við lagamót milli efna með mismunandi eðliseiginleika gilda sömu reglur og hegðun ljóss þ.e.

1. Bylgja berst beint í efni með einleitum eðliseiginleikum.
2. Þegar bylgja fer yfir lagamót milli efna með mismunandi eðliseiginleika (hljóðhraða) brotnar hún. Brothornið ákvarðast samkvæmt Snells lögmáli:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2}$$

þar sem i er innfallshornið

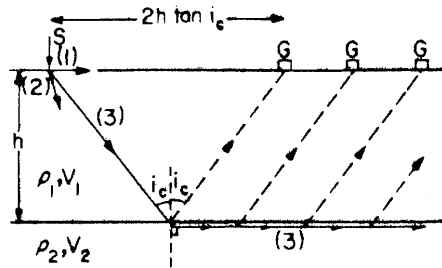
r er útfallshornið

bæði mæld frá falllínu (normal) lagamótanna.

V_1 er útbreiðsluhraðinn í laginu sem bylgjan berst úr

V_2 er útbreiðsluhraðinn í laginu sem bylgjan berst inn í.

Við ákveðið innfallshorn i_c (markhorn) verður útfallshornið 90° þ.e. bylgjan berst eftir lagamótunum (réttara: eftir yfirborði háhraðalagsins). Bylgjan berst frá yfirborði háhraðalagsins undir markhorninu í átt að yfirborðinu. Þessi regla er meginundirstaða hljóðbrotsmælinga (refraction seismic).



Mynd 2

Geisli bylgju sem brotnar undir markhorni (critical angle) og sendir frá sér orkugeisla (head wave) til yfirborðsins.

d) Bergmál (speglanir)

Hluti af orku geisla sem fellur á lagamót tveggja efna með mismunandi eðliseiginleika speglast inní sama efnið aftur undir sama horni þ.e. innfallshorn er sama og útfallshorn miðað við falllínu lagmótanna. Hlutfall innfallsorku A_i og speglaðrar orku A_r fylgir jöfnunni:

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{P_2 V_2 + P_1 V_1}$$

Þar sem P_1, P_2 er eðlisþyngd og V_1, V_2 útbreiðsluhraði í efnunum.

R er oft nefnt bergmáls- eða speglunarstuðull og hefur meginþýðingu í bergmáls- mælingum.

4. Mæliaðferðir

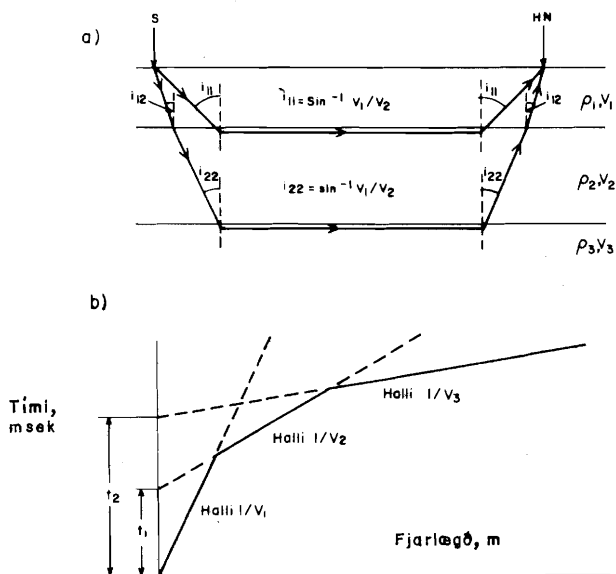
Við jarðsveiflumælingar eru notaðar tvær megináferðir, hljóðbrots-
mælingar (refraction) og bergmáls-
mælingar (reflection).

Hljóðbrotsmæling er mest notuð við grunnri mælingar í tengslum við
mannvirkjagerð. Hún er einnig notuð við vísindarannsóknir á dýpri
jarðlögum.

Bergmáls-
mælingar hafa hins vegar fram til þessa lítið verið notaðar við
mælingar vegna mannvirkja en þess meir við dýpri rannsóknir eins og olíuleit.
Stafar þetta mest af því að spegluðu endurvörpin sem dýpið er ákvarðað
eftir, koma fram rétt á eftir beinum og brotnum bylgjum og er því erfitt
að greina þau frá, sérstaklega á litlu dýpi.

4.1 Hljóðbrotsmælingar (seismic refraction)

Í hljóðbrotsmælingu eru hljóðnemarnir (geophones) lagðir út í beinni
línu. Fjarlægð milli einstakra hljóðnema getur verið breytileg eftir því
dýpi sem kann á, en er yfirleitt 5-20 m. Mælingin hefst á því að hljóð-
bylgju er komið af stað, annað hvort með sprengingu eða höggi. Stysti
tími, sem tekur bylgjuna að berast frá upphafsstað að hverjum hljóðnema,
er síðan mældur. Komutími hennar í hvern hljóðnema er háður þeirri leið,
sem bylgjan berst um jarðlögin, og hljóðhraða í hverju lagi (mynd 3a).



MYND 3. HLJÓÐBROTSMÆLING

- a) Fljótasta leið brotinnar bylgju á milli hljóðgjafa (S) og hljóðnema (HN) eftir lagskiptri jörð.
- b) Hljóðhraðalínurit. Fyrsti komutími P-bylgna.

Hljóðhraðinn í hverju lagi er fundinn með því að teikna komutíma bylgjunnar í hvern hljóðnema á móti fjarðlægð hans frá upphafspunkti (mynd 3b). Þá er hægt að reikna út dýpi á hvert hljóðhraðalag með því að byggja á eftirfarandi forsendum:

1. Hljóðhraði innan hvers lags sé sá sami.
2. Hljóðhraði vaxi með dýpi.
- 3.a Hljóðhraðalög fari þykkandi niður á við.
b Hljóðhraðaaukning milli laga sé það mikil að hvert hljóðhraðalag komi fram á hljóðhraðalínuritinu.

Margháttadar skekkjur geta komið fram í dýptarákvörðun hljóðhraðalaga, ef þessum forsendum er ekki fullnægt t.d.

1. Hraðabreyting innan hljóðhraðalags er túlkuð sem breyting á dýpi.
2. Þar sem dýpri lög hafa lægri hljóðhraða en yfirborðslög, sýnist dýpra á háhraðalög en er í raun.
3. Óheppilegt hljóðhraða- og þykkunarhlutfall laga getur valdið því að þunnt hljóðhraðalag "sjáist" ekki. Dýpi á háhraðalag er grynnra í raun en sýnist.

Þykkunarákvörðun með hljóðbrotsmælingu er í eðli sínu óbein, þ.e. þykktin er ekki mæld beint. Nákvæmni í þykkunarákvörðun er því að mestu háð því hversu vel mæliaðstæður fylgja ofangreindum forsendum. Standist þær forsendur ekki getur komið fram rangtúlkun, sem veldur mikilli skekkju. Ekki má heldur gleymast að þykkunarákvörðun með jarðsveiflumælingu gefur einungis þykkt hljóðhraðalaga. Það hlýtur alltaf að vera matsatriði hvort eða hvaða hljóðhraðalög samsvara ákveðnum jarðmyndunum. Það er því afar nauðsynlegt að slíkar þykkunarákvörðanir hafi stuðning frá beinum mælingum (t.d. borholum), sem gerðar eru á svæðinu til samanburðar. Ef nauðsyn krefur, er hin jarðeðlisfræðilega mynd leiðrétt á slíkum samanburðarpunktum. Borhola getur t.d. veitt vitneskju um tilvist og hraða í lághraðalagi, sem liggur milli laga sem hafa hærri hljóðhraða. Hljóðbrotsmælingar eru mjög óheppilega við slíkar kringumstæður, þó reikningslega sé hægt að taka þessar upplýsingar inn í myndina. Aðrar mæliaðferðir, t.d. viðnáms- og bergmálmælingar, geta hentað betur þegar þannig stendur á. Það þarf þó

alltaf að meta á hverjum stað í ljósi tilgangs, kostnaðar og nákvæmni.

Við venjulegar aðstæður, þar sem frumforsendur gilda, hefur samanburður við beinar mælingar (borholur, gryfjur, borroborun o.fl.) sýnt, að skekkjumörkin í þykktarákvörðun eru u.þ.b.

±1 m við dýpi minna en 10 m

±10% - - meira en 10 m

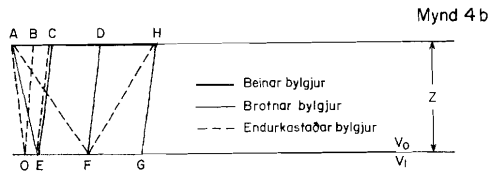
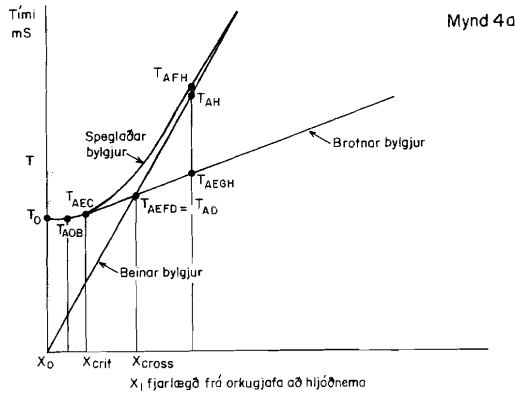
4.2 Bergmálmælingar (hljóðspeglun)

Bergmálmæling er framkvæmd líkt og hljóðbrotsmæling þ.e. mældur er ferðatími bylgju milli tveggja punkta þar sem fjarlægðin á milli punktanna er breytileg. Þó er algengara að hafa hlustunarpunktana fasta, en færa orkugjafann. Mynd 4 sýnir samhengið milli komutíma beinna, brotinnar og speglaðra bylgna við tveggja laga dæmi þar sem $V_0 < V_1$. Ferill komutíma spegluðu bylgjunnar er hyperbóla sem gefur meðalhljóðhraða niður á hið speglaða lag eftir líkingu:

$$v_{\text{avg}}^2 = \frac{XB^2 - XA^2}{TB^2 - TA^2}$$

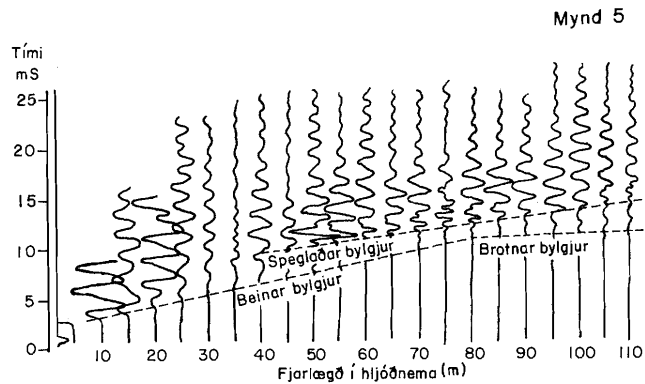
Dýpið er þá $Z = T_0 \cdot \frac{v_{\text{avg}}}{2}$

Eins og sést á mynd 4 eru fyrstu bylgjur sem berast í hvern punkt annað hvort beinar eða brotnar, en spegluðu endurvörpin koma seinna. Þar sem hvert skjálftamerki hefur einhverja tímalengd (mynd 5) er erfitt að greina spegluðu endurvörpin frá beinu eða brotnu bylgjunum ef þau koma stuttu á eftir þeim. Á bilinu $X_0 - X_{\text{crit}}$ á mynd 4 koma spegluðu endurköstin fram áður en nokkurt hljóðbrot kemur fram og oftast nægilega löngu á eftir beinu bylgjunni til að hægt sé að greina endurköstin. Á bilinu $X_{\text{crit}} - X_{\text{cross}}$ eru endurköstin meira og minna falin af brotnu bylgjunni og illgreinanleg (mynd 4).



4a
Ferðatími endurkastaðra og brottna bylgna frá láréttum hljóðhraðaskilum
Ferðatími beinna bylgna er einnig sýndur

4b
Ferill bylgnanna



Hljóðhraðalínurit:
Hvert skjálftamerki hefur einhverja tímalengd og getur verið
erfitt að aðgreina þau hvert frá öðru

Lengra í burtu nálgast speglaða bylgjan þá beinu og er ógreinanleg. Línustúfurinn $T_0 - T_{AEC}$ er oft of stuttur til að finna megi meðalhraðann V_{avg} með vissu og veldur það miklum erfiðleikum við túlkun á mælingunum. Erfitt er að greina endurvörp frá hljóðhraðaskilum grynna en ca. 30 m. Aðgreiningarhæfni (upplausn) aðferðarinnar er í hlutfalli við bylgjulengd

endurköstuðu bylgna og því á bilinu 20-40 m við grunnar mælingar. Þó hefur reynst mögulegt við góð skilyrði að greina lagamót með minna en 10 m millibili. Helstu kostir bergmálsmælinga er nákvæmni í dýptarmælingu og hversu aðferðin er óháð öfugum hljóðhraðaskilum (lægri hraða í neðra lagi). En sökum þess hve erfitt er tæknilega að framkvæma mælingarnar hefur notagildið reynst lítið við grunnar mælingar, nema á vatni (dýptarmælir, Boomer).

Örar tækniframfarir hafa þó á síðustu árum aukið veg þessarar mæliaðferðar. Má þar nefna digitalminni er leggur saman skjálftamerkin frá endurteknum höggum. Ennfremur eru í mjög örri þróun aðferðir við síun á skjálfta- bylgjunni, þannig að spegluðu bylgjurnar greinast betur. Ekki sér fyrir endann á þeirri þróun.

VIÐNÁMSMÆLINGAR

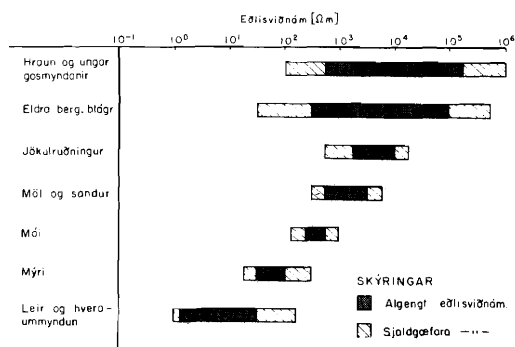
Frumkönnun fyrir mannvirkjagerð

1. Inngangur.

Viðnámsmælingar hafa verið notaðar hér á landi við jarðhitaleit í nokkra áratugi og gefist mjög vel. Á seinni árum hefur þeim einnig verið beitt með góðum árangri við ferskvatnsleit og frumkönnun fyrir mannvirkjagerð. Grein þessi fjallar um notkun, túlkun og notagildi viðnámsmælinga við slíka frumkönnun. Markmið viðnámsmælinga þar er að finna þykkt laga með mismunandi eðlisviðnámi. Þessi viðnámslög gefa vísbendingu um jarðlagaskipan á mælistað.

1.1. Eðlisviðnám.

Eðlisviðnám er mælikvarði á það hve vel efni leiða rafstraum. Algengasta eining þess er Ωm (ohm-m). Margir þættir ráða eðlisviðnámi jarðlaga en mest áhrif hefur vatnsmagn í jarðlögum og magn uppleystra efna (t.d. salts) í vatninu. Flestar berg- og steintegundir leiða rafstraum afar illa þegar þær eru þurrar. Venjulega er vatn með uppleystum efnum í jarðlögum. Slíkar vatnslausnir leiða rafstraum mun betur en fasta efnið og hafa því afgerandi áhrif á hve vel jarðlögini leiða, þar sem þær skammhleypa rafstraumnum framhjá háviðnáminu. Mynd 1 sýnir algengt eðlisviðnám jarðlaga hérlendis.



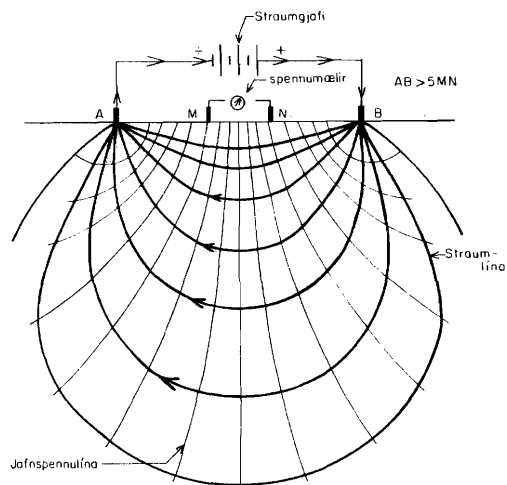
Mynd 1 Algengt eðlisviðnám nokkurra jarðlaga

Myndin er mjög einfölduð og byggir ekki á skipulegri gagnasöfnun, helstu frávik eru ekki innifalín í henni

1.2. Eðli mæliaðferðar.

Mælingin er fölgín í því að rafstraumur er sendur gegnum jarðlögini um tvö skaut A og B, og spennufallið milli annarra tveggja skauta M og N síðan

mælt (sjá mynd 2). Viðnámið sem ákvarðast af mældum straum- og spennugildum og uppröðun rafskauta kallast sýndarviðnám (ρ_a). Má líta á það sem eins konar meðaltal af eðlisviðnámi undirliggjandi jarðlaga. Margs konar uppsetningar á



Mynd 2 VIÐNÁMSMÆLING-SCHLUMBERGER UPPSETNING

Stroumur er sendur eftir jarðlögum um skautin A og B. Spennufallið sem verður við það, er mælt milli tveggja annara skauta, M og N.

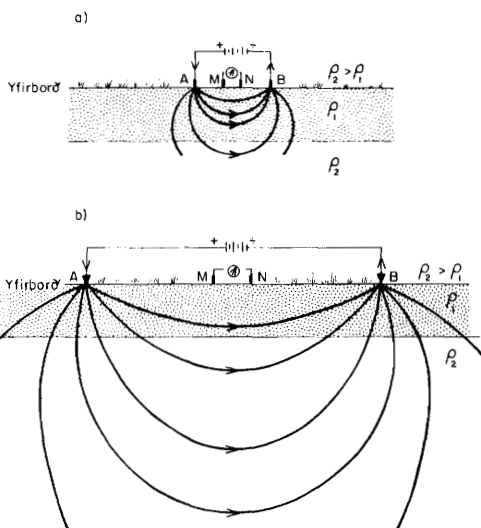
rafskautum hafa verið reyndar, en sú sem mest hefur verið notuð undanfarið er hin svokallaða Schlumberger uppsetning (mynd 2). Hún hefur marga kosti umfram aðrar og er mælt með notkun hennar.

2. Mæliaðferðir.

Tvær algengustu aðferðir viðnámsmælinga eru dýptarmælingar og lengdarmælingar.

2.1. Dýptarmæling.

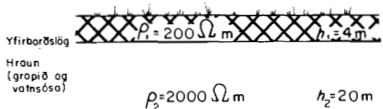
Dýptarmæling er notuð til að kanna fjölda, eðlisviðnám og þykkt mismunandi viðnámslaga undir mælistað. Hún er framkvæmd með því að lengja bilið milli straumskauta eftir hvern einstakan aflestur. Við það eykst hlutfallslega rafstraumurinn sem fer eftir dýpri jarðlögum (mynd 3). Sýndarviðnám er reiknað fyrir hvert skautabil og teiknað upp á móti lengd strauarms ($AB/2$) á log-log pappír. Ferillinn sem kemur fram við það er nefndur mæliferill.



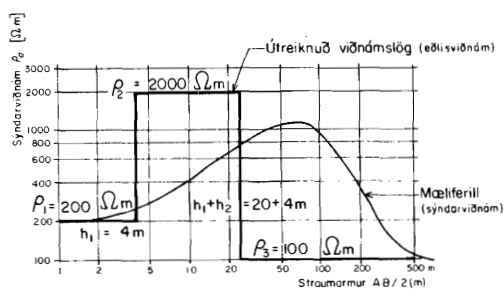
Mynd 3
DÝPTARMÆLING

Pegar bilið milli straumskautanna er aukid eykst sá hluti straumsins sem fer eftir dýpri jarðlögum

Upplýsingar um eðlisviðnám og þykkt undirliggjandi viðnámslaga eru fólgnar í mæliferlinum. Markmið úrvinnslu dýptarmælinga er að leysa mæliferilinn upp í þessi lög (mynd 4). Nefnist það túlkun.



Mynd 4
DÝPTARMÆLING



Mynd 4
DÝPTARMÆLING

Túlkun dýptarmælinga byggist á eftirfarandi forsendum:

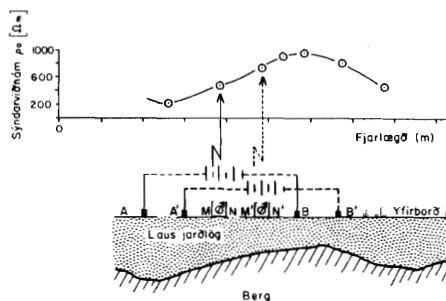
- 1) Hvert viðnámslag hafi óbreytt eðlisviðnám og nái í láréttu plani tóluvert út fyrir svæði sem hefur fjarlægð milli straumskauta að þvermáli.
- 2) Viðnámslögini liggi hallalítið hvert ofan á öðru.

3) Hvert viðnámslag sé það greinilegt að það komi skýrt fram við mælingu. Við túlkun er mæliferillinn borinn saman við ferla sem eru reiknaðir út frá láréttum lögum með gefnum viðnáms- og þykktarhlutföllum. Mæliferillinn endurspeglar lög af sömu viðnáms- og þykktarhlutföllum og sá reikniferill sem fellur best að honum.

Viðnámslögina má síðan tengja jarðfræði svæðisins og fá þannig nákvæmari mynd af svæðinu. Á það skal leggja ríka áherslu að slík tenging verður ávallt matsatriði þar sem viðnámslög þurfa ekki að fylgja jarðlagaskipan, þótt þau geri það oft.

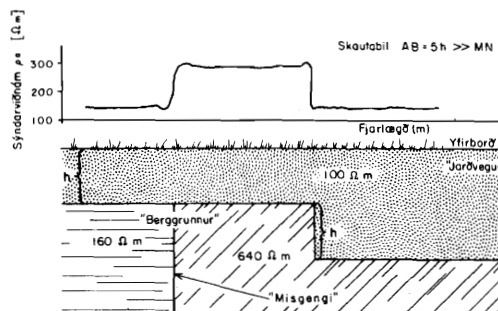
2.2. Lengdarmæling.

Lengdarmæling hefur yfirleitt þann tilgang að fá vitneskju um hve þykkur jarðvegur liggur ofan á föstu bergi. Mæliaðferðin hefur einnig verið notuð til að finna huldur sprungur og misgengi.



Mynd 5
LENGDARMÆLING

a) Skautin eru öll færð til, eftir hvern aflestur og annar tekinn. Sýndarviðnám er reiknað út í hverjum mælipunkti og teiknað á málí fjarlægð hans frá upphafsstað



Mynd 5
LENGDARMÆLING

b) Breyting á jarðvegsþykkt getur hugsanlega haft sömu áhrif á sýndarviðnám eins og breyting í viðnámi berggrunnis

Lengdarmæling er framkvæmd með því að mæla breytingu á sýndarviðnámi eftir einhverri ákveðinni línu fyrir tiltekið fast skautabil. Miðja mæliuppsætningar er því flutt eftir hvern aflestur og annar aflestur tekinn í næsta mælipunkti. Sýndarviðnám í hverjum

mælipunkti er teiknað á mótí fjarlægð hans frá upphafspunkti mællínu (mynd 5a). Lögum þess ferils sem við það fæst, getur endurspeglað breytilega jarðvegsþykkt á línunni eða óreglu í jarðlagaskipan eins og ganga, sprungur eða misgengi (mynd 5b). Slík túlkun verður þó ávallt að taka mið af jarðfræði svæðisins, öðrum jarðeðlisfræðilegum, mælingum eða borholum.

3. Nákvæmni, notagildi og kostnaður.

Þessi kafli fjallar einungis um grunnar mælingar (0-100 m). Notagildi viðnámsmælinga við könnun á dýpri jarðlögum er háð allt öðrum forsendum.

3.1. Notagildi.

Frumkönnun fyrir mannvirki byggir að mestu á þykktarákvörðun og styrkleikamati jarðlaga. Þykktarákvörðun er yfirleitt mun fljótvirkari og ódýrari með viðnáms- og jarðsveiflumælingum en beinum mælingum (boranir og gryfjutaka). Hljóóbrotsmæling (seismic refraction) er að mörgu leyti heppilegri en viðnámsmæling við slíka frumkönnun. Hún er nákvæmari í dýptarákvörðun og mælir hljóðhraða í jarðlögum sem gefur vísbendingu um styrkleika þeirra. Rétt er þó að hafa í huga að túlkun allra jarðeðlisfræðilegra mælinga byggist á gefnum forsendum. Veruleg frávik frá þessum forsendum geta komið fram á einstökum svæðum. Túlkun mælinganna verður þá mjög frábrugðin raunveruleikanum. Þess vegna er mikill kostur að hafa borholu á svæðinu til að sannreyna túlkunina. Þegar borhola er ekki til staðar er mjög æskilegt að nota dýptarmælingu til að kanna hvort forsendur túlkunar á hljóóbrotsmælingunni standist. Í dýptarmælingu mælast aðrir eiginleikar jarðlaganna en í hljóóbrotsmælingu. Það er því afar sjaldgæft að forsendur beggja mæliáferðanna bresti samtímis. Dýptarmælingar eru annars sjaldnast notaðar nema þegar saman fer að mjög dýrt er að beita beinum mælingum og hljóóbrotsmælingarnar bregðast. Dæmi um slíkar aðstæður er þegar ákvarða þarf þykkt á hraunlagastafla sem liggur ofan á þykku seti.

Lengdarmælingar eru sérlega hentugar til að meta þykkt lausra jarðlaga í fljótandi mýrum þar sem erfitt er að koma við þungum tækjum og hljóóbrotsmælingarnar bregðast algjörlega. Einnig er hagkvæmt að nota lengdarmælingu til að tengja á milli beinna mælinga. Þá má fækka dýrum athugunum án þess að nákvæmni skerðist að nokkrum mun.

3.2. Nákvæmni.

Nákvæmni viðnámsmælinga við þykktarákvörðun er að mestu háð því hversu réttar þær forsendur eru sem notaðar eru við túlkun (sbr. kafla 2). Standist þær

forsendur ekki getur komið fram mikil skekkja. Aðrir óvissuþættir og skekkjuvaldar eru einnig hugsanlegir: Mæliferrill yfir þunnu lagi með háu viðnámi getur t.d. litið svipað út og mæliferrill yfir þykkara lagi með lægra viðnámi. Stundum getur orðið mjög erfitt að greina þar á milli. Stærstu og alvarlegustu skekkjurnar verða þó þegar viðnámskil falla ekki saman við jarðlagaskil. Sem dæmi má nefna að þar sem jökulruðningar og basaltklöpp hafa svipuð viðnámsgildi er stór hætta á að talið verði að allt viðnámslagið sé basaltklöpp þótt í raun liggja þykkur jökulruðningur ofan á klöppinni. Frávikin í slíkum tilfellum geta numið mörg hundruð prósentum. Þykktarákvarðanir út frá viðnámsmælingu verða því að hafa stuðning frá beinum mælingum, t.d. borholum eða öðrum mælingum sem gerðar eru á svæðinu til samanburðar. Ef nauðsyn krefur er hin jarðeðlisfræðilega mynd leiðrétt á slíkum samanburðarpunktum. Yfirleitt er talið að dýptarákvörðun við samsamlegar aðstæður og dýpi minna en 100 m sé nákvæm upp á ± 15%.

3.3. Kostnaður.

Yfirleitt vinna 4 menn að dýptarmælingu, þótt hægt sé að komast af með þrjá við bestu skilyrði. Fjórði maðurinn gerir kleift að grófvinna úr mælingum á staðnum. Þannig er strax hægt að fá lauslegar niðurstöður og mat á gæðum mælingarinnar. Í ljósi þessa mats er síðan tekin ákvörðun um frekari aðgerðir. Í fjögurra manna flokki er verkaskiptingin þannig: Einn mælir, annar reiknar út og vinnur úr niðurstöðum og tveir færa rafskautin til.

Tíminn sem fer í mælingarnar er mjög háður lengd mællínanna, yfirferð á mællandi og þeim tíma sem tekur að aka milli mælistaða. Við góðar aðstæður þar sem stutt er á milli mælinga og land er slétt, má búast við eftirfarandi fjölda dýptarmælinga á dag:

	350 m straumarmur	1500 m straumarmur
4 menn	6 mæl/dag	2 mæl/dag
3 "	4-6 " "	1-2 " "

Dagur er hér skilgreindur sem 12 tímar. Yfirferð í lengdarmælingu með 4 mönnum og 25 m færslu ætti að vera í kringum 2 km á dag. Miðað við verðlag í maí 1978 er kostnaður á mældag áætlaður:

	Einingarverð:	Heildarverð
	kkr.	kkr.
Menn (4)	50	200
(kaup, gisting, fæði)		
Bíll	10	10
Tækjaleiga	20	20
Túlkun		
(auk skrst. kostn)	20	20
Samtals		250 kkr.

Ófyrirséð er 10%.

Kostnaður á dag er því um 280 þús. kr.