

BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

HLJÓÐHRAÐA-OG VIÐNÁMSMÆLINGAR
SUMARIÐ 1975

Halina Guðmundsson

Gunnlaugur Jónsson

Davíð Egilsson

BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

HLJÓÐHRAÐA-OG VIÐNÁMSMÆLINGAR
SUMARIÐ 1975

Halina Guðmundsson

Gunnlaugur Jónsson

Davíð Egilsson

EFNISYFIRLIT

	MYNDASKRÁ	ii
Kafli 1	INNGANGUR	1
Kafli 2	HLJÓÐHRAÐAMÆLINGAR	
	2.1 Inngangur	3
	2.2 Takmörkun hljóðhraðamælinga	3
	2.3 Niðurstöður hljóðhraðamælinga	4
Kafli 3	VIÐNÁMSMÆLINGAR	7
	3.1 Eðli mæliaðferðar	7
	3.2 Niðurstöður viðnámsmælinga	9
Kafli 4	HEILDARNIÐURSTÖÐUR	
	• Jarðlagasnið	12
	TILVITNANIR	15

MYNDASKRÁ

Mynd

- 1.1 Bessastaðaárvirkjun, staðsetningarkort
- 2.1 Fljótsdalur, staðsetning hljóðhraðamælinga
- 2.2-2.10 Fljótsdalur, hljóðhraðalínurit og snið
- 3.1 Viðnámsmæling, Schlumberger uppsetning
- 3.2 Fljótsdalsheiði, viðnáms-snið eftir H línu
- 3.3 Fljótsdalsheiði, viðnáms-snið eftir D línu
- 3.4 Fljótsdalur, staðsetning viðnámsmælinga
- 3.5-3.6 Fljótsdalur, viðnáms-snið
- 4.1 Skýringar á jarðlagasniðum

Skurð- og
stíflustæðiStaðsetning
mælilína

Jarðlagasnið

E	mynd	4.2	mynd	4.3
F	-	4.4	-	4.5
G	-	4.6	-	4.7
D	-	4.8		
H	-	4.9		
D og H			-	4.10
J, K og L	-	4.11	-	4.12
M	-	4.13	-	4.14
N	-	4.15		4.16
N	-		-	4.17
O	-	4.18	-	4.19
P	-	4.20	-	4.21
R	-	4.22	-	4.23
D	-	4.24	-	4.25

1. INNGANGUR

Sumarið 1975 voru framkvæmdar þykktarmælingar á lausum jarðlögum vegna frumkönnunar fyrir áætlaða virkjun Bessastaðaár í Fljótsdal.

Mælingar voru gerðar á hugsanlegum stíflu- og skurðstæðum (mynd 1.1) og voru ferns konar: gryfjutaka og lýsing, Borroborun, hljóðhraðamælingar og viðnámsmælingar, (tafla 1.1). Allir mælipunktur hafa verið mældir inn í hnita- og hæðarkerfi.

TAFLA 1.1

BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

Fjöldi mismunandi jarðvegsþykktamælinga á hugsanlegum stíflu- og skurðstæðum.

skurð- og stíflu-stæði	fjöldi gryfja	fjöldi Borroborana	fjöldi hljóðhraðamælinga	fjöldi viðnámsmælinga	lengdar-mæling
D	4	30	12	2	x
E	10	43	26	3	x
F	6	30	18	2	x
G	3	36	11	-	
H	10	84	10	17	x
J	2	3	4	-	
K	2	4	6	-	
L	7	11	10	-	
M	5	11		3	x
N	25	109	20		
O	4	8			
P	15	2	2	3	x
R	4	14	9		
Þ	6	60	20	7	x
Fljótsd.	?	36	15	8	
Samtals	103	481	166	45	7

Skýrsla þessi fjallar um þykktarákvarðanir lausra jarðlaga út frá hljóðhraða- og viðnámsmælingum. Kaflar 2 og 3 fjalla um hvora aðferðina fyrir sig. Þar er einnig gerð grein fyrir þeim sniðum er ná einhverju dýpi að marki (10-30 m) og byggjast á túlkun á annarri hvorri aðferðinni.

Kaflí 4 gerir hins vegar grein fyrir sniðum af skurð- og stíflu-
stæðum byggðum á upplýsingum frá öllum áður nefndum mæliaðferðum.

Sökum þess að mun færri hafa áhuga á túlkun mælinganna en niður-
stöðum þeirra eru mælingarnar af svæðinu birtar í sérstakri
skýrslu í litlu upplagi (Halina Guðmundsson og fleiri, 1976).
Þar eru sýndar allar hljóðhraða- og viðnámsmælingar, sem gerðar
voru á svæðinu utan þær sem vitnað er beint til í þessu riti
og því birtar hér, þ.e. hljóðhraðalínurit úr Fljótsdal.

Gryfjulýsingum og Borro-borunum verða ekki gerð önnur skil
en þau, að tekið var mið af niðurstöðum þeirra við drátt
áætlaðra lagamóta milli lausra jarðlaga og fastra.

2. HLJÓÐHRAÐALÍNURIT

2.1 Inngangur

Tilgangur þessara hljóðhraðamælinga (seismic refraction) var að ákvarða þykkt lausra og hálf-samlímdra jarðlaga á klöpp og auk þess nokkra jarðtæknilega eiginleika klapparinnar og yfirliggjandi jarðlaga. Á Fljótsdalsheiði voru athuguð stíflustæði við Hólmavatnsmiðlun og Gilsársvötn og við Þórisstaðakvísl og gerð könnun á hugsanlegum efnisnáámum.

Til mælinganna voru notuð ABEM tæki með 12 hljóðnemunum og Hunttec bergmáls- og hljóðhraðamælir. Mældar voru alls 179 línur, mislangar eftir því sem þurfa þótti.

Uppi á Fljótsdalsheiði voru mældu línurnar 164, nær allar á skurð- og stíflustæðum, sem eru einkennd með bókstöfunum D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, P, Þ og R (mynd 1.1). Stefna mælilína var ýmist samsíða stíflustæðunum eða hornrétt á þau. Um 50 m voru hafðir milli sprenginga í hverri línu og hljóðnemunum 12 raðað á beina línu milli sprengipunktanna. Náðist með þessu hljóðhraðinn í berginu og þeim jarðlögum, sem yfir því eru, og reyndust þau víðast þynnri en 5 m.

Níðri í Fljótsdal voru mæld lengri snið eða allt að 400 m (mynd 2.1). Laus jarðlög reyndust þar mun þykkari en uppi á heiðinni (dýpi á klöpp mældist frá 16 m næst Végarði og upp í 100 m í miðjum dalnum).

2.2 Takmörkun hljóðhraðamælinga

Óhjákvæmilega fylgja skekkjuvaldar og einhver ónákvæmni öllum þessum hljóðhraðamælingum. Ekki er hægt að áætla ónákvæmnina í eitt skipti fyrir öll, heldur verður að meta hana sérstaklega

fyrir hverja mælingu. Þó má gefa nokkrar tölur um ónákvæmni, sem gilda við flestar mælinganna.

Við útreikninga á dýpi niður á lagamót má gera ráð fyrir 10-15% skekkju (Laric og Hawkins, 1969) auk ónákvæmni sem nemur um 1/6 hluta fjarlægðar milli hljóðnema, en við erfiðar aðstæður minnkar nákvæmnin. Erfitt er að finna millilög, sem eru þynnri en 2 m, og einnig þau millilög, sem hafa lægri hljóðhraða en ofanálíggjandi lög. Í slíkum tilfellum getur marktækur fjöldi mælinga sýnt yfir 30% skekkju (Eaton and Watkins, 1970). Við óheppilegt hlutfall hljóðhraða ($V_n/V_{n+1} \sim 1$) og þegar hin einstöku lög þykkna ekki hlutfallslega eftir því sem neðar dregur, geta millilög týnst í mælingu. Óreglulegt yfirborð og lagamót auka á erfiðleika við túlkun mælinga. Að öllu samanlögðu má því telja að skekkja sé á milli 10-25%.

Iðulega er illmögulegt að sjá, hvort um er að ræða tvö eða þrjú lög með mismunandi hljóðhraða og er því sumstaðar sýnd á teikningum (t.d. línu N) tvenns konar möguleg afstaða jarðlaga. Spurningarmerki auðkenna ólíklegri niðurstöðuna.

2.3 Niðurstöður hljóðhraðamælinga

Hér verður fjallað um Fljótsdalsheiði og Fljótsdal hvort í sínu lagi.

A. Fljótsdalsheiði

Á heiðinni voru flestar mælingarnar gerðar með ABEM-tækjum (Halina Guðmundsson og fleiri, 1976). Einnig var á nokkrum stöðum mælt með Hunttec tækjum.

Dykkt hinna ýmsu laga var reiknuð út frá hljóðhraðanum á tvo vegu, ("critical distance" - og "time-intercept" - aðferðirnar).

Eru niðurstöður þeirra merktar inn á hljóðhraðasnið með samfelldri línu annars vegar og brotinni línu hins vegar. Fyrirnefnda aðferðin er nákvæmari þegar lítill munur er á hljóðhraða í mismunandi lögum, en sú síðarnefnda hentar betur, þegar mikil óregla er á dreifingu punkta í línuritinu og hætta er á, að einhver lög hafi "týnst",

Þegar yfirborðslag var mjög þunnt, reyndist erfitt að reikna nákvæmlega þykkt þess. Var þá brugðið á það ráð að gera ráð fyrir að hljóðhraði þess væri hinn sami og á næstu mælistöðum. Útreiknað dýpi þar er yfirleitt lágmarksdýpi.

Í stórum dráttum má segja, að dýpi niður á klöpp sé u.þ.b. 3 m á mældu svæðunum á heiðinni, en stundum allt að 5 m. Hljóðhraðinn í klöppinni er yfirleitt nálægt 3 km/s, sem er eðlilegur hljóðhraði í basalt hraunlögum.

Í línunum D, H og N er millilag, sem hefur hljóðhraða um 1,2 km/s, og er það að líkindum jökulurð (mórena). Í vissum tilvikum verður ekki glögg séð af línuritinu, hvort um sé að ræða tvö lög með mismunandi hljóðhraða ellegar þrjú. Niðurstöður geta verið talsvert mismunandi og er þá hvort tveggja gefið til kynna á jarðlagasniðinu. Sumstaðar styrkja boranir eða annað aðra hvora niðurstöðuna eins og t.d. í línu N við borholurnar FS-4 og FS-5. Á öðrum stöðum eru einungis tvö lög (eitt lag ofan á klöpp) með mismunandi hljóðhraða. Að vísu er ekki hægt að þvertaka fyrir að þunnt millilag hafi "týnst" í mælingunni í öðrum línunum. Slíkra millilaga er þá helst að vanta þar sem lögð er í klöppinni.

Hljóðhraðalínurit eru birt í sér skýrslu (OS-ROD-7618).

B. Fljótsdalur

Í Fljótsdal var mælt á 15 línunum með ABEM tækjunum (sjá mynd 2.1 - 2.8). Dýpi á klöpp í dalnum reyndist allmismunandi og

virðist gefa til kynna eins konar þreppayfirborð klapparinnar, en yfirleitt þykkna lausu jarðlögin í átt að miðju dalsins.

Í yfirborðslaginu, sem víðast er um 4 m þykkt, mældist hljóðhraðinn 0,3-0,5 km/s. Undir því er setmyndunin með hljóðhraða um 1,4 km/s. Nær miðju dalsins þykknar setið mjög og er það allt að 100 m eða e.t.v. meira. Lengsta mælilínan er 710 m milli sprengipunkta og gaf sú mæling rúma 80 m niður á fast. Þar sem setið er þykkast er hljóðhraðinn í því nokkuð breytilegur (frá 1,4-2,4 km/s). Orsök þessa kann m.a. að vera sú, að setið þéttist er neðar dregur og neðst má búast við jökulurð með hljóðhraða rúml. 2 km/s.

Hljóðhraðinn í berginu mældist 3,7-3,9 km/s.

Flestar mælilínur í Fljótsdal voru lengdar með því að sprengja fjær hljóðnemanum án þess að færa þá. Er sprengistaður A var færður var hann kallaður C, og E ef færa þurfti aftur. Punktur B var nefndur D og F á sama hátt við færslu. Lengingar á mælilínum voru nauðsynlegar til að fá fram hljóðhraðann í berggrunnum þar sem mjög djúpt var á hann.

Til frekari nákvæmni var reiknað dýpi á klöpp undir einstökum hljóðnemunum þegar það var hægt. Má sjá niðurstöður þessa á myndum nr. 2.1 - 2.8.

3. VIÐNÁMSMÆLINGAR

3.1 Eðli mæliaðferðar

Viðnámsmælingar svonefndar hafa verið notaðar hér á landi með mjög góðum árangri í nokkra áratugi við kortlagningu jarðlaga í jarðhitaleit, en þar sem viðnámsmælingar hafa lítið verið notaðar hérlandis til frumkönnunar fyrir mannvirkjagerð, er ekki úr vegi að lýsa aðferðinni stuttlega.

Mælt er eðlisviðnám jarðlaganna, eða með öðrum orðum hversu vel þau leiða rafstraum. Eðlisviðnám í jarðlögum er háð mörgum breytistærðum, eins og t.d. hitastigi, seltu jarðvatns o.fl. en þó einkum vatnsgengd eða þéttleika bergsins. Getur eðlisviðnám verið mörgum sinnum lægra í sprungnu bergi eða lausum jarðlögum (50-100 Ωm) en í þéttum hraunlögum (100-1000 Ωm).

Mælingin sjálf er fólgin í því að rafstraumur er sendur niður í jarðlögin um tvö skaut A og B, og spennufallið milli tveggja annarra skauta M og N síðan mælt (sjá mynd 1a). Viðnámið má þá reikna út, og ákvarðast það af mældum straum- og spennugildum, en auk þess af uppröðun rafskauta.

Þetta viðnám er kallað sýndarviðnám, og má líta á það sem vegið meðaltal af eðlisviðnámi undirliggjandi jarðlaga.

Margs konar uppsetningar á rafskautum hafa verið notaðar (sjá Keller og Frischknecht, 1966 eða Zohdy, 1974), en sú sem mest hefur verið notuð upp á síðkastið er hin svokallaða Schlumberger uppsetning, sem sést á mynd 1a. Hefur hún einnig verið notuð við þetta verkefni.

Tvær algengustu aðferðir viðnámsmælinga eru dýptarmælingar og lengdarmælingar

a) dýptarmæling

Dýptarmæling er notuð til að kanna fjölda, þykkt og leiðni

mismunandi jarðlaga, neðan ákveðins staðar á yfirborði. Hún er framkvæmd með því að lengja bilið milli straumskauta eftir hverja einstaka mælingu. Vaxandi hluti rafstraumsins fer þá eftir sífellt dýpri jarðlögum (mynd 1). Sýndarviðnám er reiknað fyrir hvert skautabil og lagt út á móti lengd straumarms (AB/2) á log-log pappír. Út frá gerð slíkra línurita er hægt að finna viðnám og þykkt mismunandi viðnámslaga, með samanburði við útreiknaða ferla (Keller og Frischknecht, 1966; Zohdy, 1965; Bhattacharia og Patra, 1968), eða tölulegum útreikningum (Zohdy, 1973).

b) lengdarmæling

Lengdarmæling er framkvæmd með því að mæla breytingu á sýndarviðnámi eftir fyrirfram ákveðinni línu, með óbreyttu skautabili. Miðja mæliuppsetningar er flutt eftir hvern aflestur og annar aflestur tekinn í næsta mælipunkti. Þessi aðferð gefur á fljótlegan og ódýran hátt hugmynd um lögun þess lags sem er undir yfirborðslaginu (Griffiths og King, 1965), einkum ef um aðeins tvö lög er að ræða. Sýndarviðnám í ákveðnum punkti á línunni er lagt út á móti fjarlægð hans frá upphafspunkti mællínu. Lögun þess ferils, sem við það fæst, endurspeglarþykkt jarðvegsins á línunni. Það verður að leggja á það ríka áherslu, að lengdarmæling sem slík gefur ekki ein sér dýptarákvarðanir, nema við sérstakar aðstæður, t.d. í mýrum og þá aðeins innan nokkurra óvissumarka. Gunnlaugur Jónsson hefur bent á leið til dýptarákvarðana í slíkum tilfellum (Davíð Egilsson o.fl., 1976) og hefur hún verið notuð við þetta verkefni, þar sem við á.

Lengdarmæling er á hinn bóginn ein hagkvæmasta aðferðin til að tengja milli jarðsveiflumælipunkta og/eða beinna mælinga í borholum. Þannig er hægt að minnka fjölda slíkra dýrari mælinga og auka upplýsingar verulega án þess að nákvæmni skerðist að nokkrum mun.

Ýmsar takmarkanir eru á notagildi viðnámsmælinga. Það sem mestu varðar er, að verið er að mæla rafeiginleika bergsins, en ekki

beinlínis þá þætti sem standa í sambandi við styrkleika þess eða jarðtæknilega eiginleika.

3.2 Niðurstöður viðnámsmælinga

Við jarðvegsrannsóknir síðasta sumars voru gerðar bæði dýptar- og lengdarmælingar til að kanna dýpi niður á fast. Niðurstöðurnar voru bornar saman við jarðsveiflumælingar og beinar athuganir með borrobörun og gryfjugreftri.

a) dýptarmælingar

Dýptargildin, fengin frá viðnámsmælingum, liggja yfirleitt nærri þeim gildum sem hafa fengist með Borro-börun, jarðsveiflumælingum, eða greftri gryfja, einstök frávik koma þó fram (Kafli 4).

Tilraun hefur verið gerð við H og D-línu að tengja saman niðurstöður frá einstökum dýptarmælingum til að fá hugmynd um jarðlagaskipan.

H-lína (mynd 3.2) er lögð nálægt 45° á hallastefnu jarðlaga (Bessi Aðalsteinsson, munnleg heimild). Staflinn þar virðist vera gerður úr háviðnámslögum, sennilegast hraunlagasyrþum, með lágviðnámslögum á milli (setsyrþur?).

D-lína (mynd 3.3) er tekin í strikstefnu jarðlaga, enda kemur fram mjög líttill halli (1°). Mikil óregla sýnist vera í D-6 og gæti þar verið um misgengi að ræða, en mælingar eru of gisnar til þess að af þeim verði nokkuð frekar ráðið.

Skipan viðnámslaga á báðum þessum línunum hefur svipað yfirbragð og jarðlagaskipan efst í Bessastaðaárfarvegi (Elsa Vilmundardóttir), 1972), en samkvæmt jarðfræðilegum forsendum ætti hæð þeirra að vera svipuð í staflanum. D-lína er raunar tekin við enda sniðs nr. 10 hjá Elsu Vilmundardóttur.

Nokkrar mælingar voru teknar niðri í Fljótsdal (mynd 3.4) og var ætlunin að segja til um dýpi niður á berggrunninn út frá þeim. Myndir 3.5 og 3.6 sýna lang- og þversnið af viðnámslögum dalsins. Samanburður við hljóðhraðamælingar bendir til þess að greina megi þessi viðnámslög í þrjár jarðfræðilegar syrpur:

- a) Yfirborðslög (viðnám mjög breytilegt)
- b) Setlög (sandur? - viðnám 130-160 Ω m)
- c) Berggrunnur (viðnám 50 - 100 Ω m)

Berggrunnurinn virðist hafa óvenjulega lágt viðnám, t.d. nokkru lægra en við Urriðavatn utar á Héraði (Kristján Sæmundsson, 1970, Guðmundur Guðmundsson, 1972 og Axel Björnsson óbirt).

Viðnámslagskiptingunni ber nokkuð saman við lagskiptingu fundna með hljóðhraðamælingum, þó ber að geta þess að við VS1 og VF5, þar sem þessar tvær gerðir mælinga liggja næst hvor annarri, er viðnámsmælingin trufluð vegna þeirrrar lóðréttu óreglu sem Tröllkonustígurinn orsakar.

Þess skal að lokum getið að dýptarákvarðanir í dalnum orka nokkurs tvímælis sökum þess að mælingarnar eru í það stysta. Túlkun þeirra er einnig miðuð við lárétta lagskiptingu, en mikið er um truflanir út frá lóðréttum óreglum, t.d. stöllum, getur það orsakað nokkurt ósamræmi.

Túlkanir á báðum þessum sniðum verður að taka með nokkrum fyrirvara, sérstaklega dýptarákvarðanir í neðri lögum.

b) lengdarmælingar

Eins og áður er getið er erfitt að ákvarða dýpi út frá lengdarmælingu eingöngu. Við snið H,P,E,F,D var lengdarmælingin notuð að mestu til að segja til um lögum undirlagsins milli þekktra dýptarpunkta.

Dýptarákvörðun út frá lengdarmælingu var notuð við M- og P-línu. Samræmi milli hennar og gryfja tekinna á svæðinu er mjög góð, enda voru óvenju hagstæð skilyrði fyrir viðnámsmælingar, þar sem mýrin var öll jafnblaut og því nokkurn veginn sama leiðni yfir allt svæðið. Einnig var viðnám í undirlögum jafnt og hátt og gaf því skörp skil milli mýrar og bergs.

4. HEILDARNIÐURSTÖÐUR

Jarólagasnið

Hljóðhraða- og viðnámsmælingar eru í eðli sínu óbeinar, þ.e. þær mæla ekki beint þá jarótæknilegu eiginleika, sem hagnýtt er að þekkja við hönnun og gerð mannvirkja. Þykktarákvarðanir út frá slíkum mælingum verða að hafa stuðning frá beinum mælingum, sem gerðar eru víða á svæðinu til samanburðar. Ef nauðsyn krefur er hin jarðeðlisfræðilega mynd leiðrétt á slíkum samanburðarpunktum.

Við Bessastaðaá voru beinar athuganir framkvæmdar af Jarðborana-deild Orkustofnunar (Borro-borun) og starfsmönnum Hönnunar (gryfjutaka og lýsing). Þær voru staðsettar á hugsanlegum stíflu- og skurðstæðum við eða nærri þeim stöðum sem óbeinu mælingarnar voru gerðar á.

Gryfjutaka með traktorsgröfu er öruggust og einna ódýrust aðferða við þykktarkönnun á lausum jarðvegi, þar sem hann er þunnur (24 m) og landið auðvelt yfirferðar fyrir gröfuna.

Oft er þó lausi jarðvegurinn þykkari en 4 m einhvers staðar á því svæði sem rannsakað er og þarf því líka að nota Borro-borun ásamt hljóðhraða- og viðnámsmælingum. Á einstaka stað er of votlent fyrir gröfur að athafna sig og koma viðnámsmælitækin, sem eru mjög létt, þar að góðum notum. Litlar gröfur vinna einungis á lausasta jarðveginum, en síður á hálf-samlímdum lögum eins og harðri jökulurð (mórenu). Þar þarf því líka að nota hljóðhraðamælingar og einstaka kjarnaholur.

Hægt er að mæla þykkt lausra jarólaga með Borro-borun allt að nokkrum tugum metra. Hún er þó ekki eins örugg og gryfjutakan þar sem borstöngin getur stöðvast á steini áður en hún nær fastri klöpp. Þetta á sér í lagi við ef verið er að kanna þykkt jökulurðar. Lendi borrostöngin á hnallungi í jökulurð, getur jökulurðin haldið svo vel að honum að hann nær ekki að

snúast og veitir því borstönginni fullkomna fyrirstöðu. Við slíkar aðstæður getur verið dýpra á fast berg en Borro-borunin sýnir.

Dýptarákvarðanir út frá hljóðhraða- og viðnámsmælingum byggjast á eiginleikum jarðlaga yfir mælibilið, þ.e. hve mikinn hljóðhraða eða eðlisviðnám þau hafa á því svæði, sem mælt er í hverri einstakri mælingu. Slík dýptargildi eru því meðalgildi yfir nokkurt svæði. Mun á dýptarákvörðunum fengnum með Borro-borun og jarðeðlisfræðilegum mælingum má því yfirleitt skýra á þann hátt að Borro-borunin mælir lágmarksþykkt jarðvegs í ákveðnum punkti, en hinar jarðeðlisfræðilegu mælingar sýna meðalþykkt jarðvegs yfir ákveðið bil. Borro-bor stöðvast á yfirborði klappar og getur því litlar upplýsingar gefið um eiginleika hennar. Hljóðhraðamælingar geta gefið vísbendingu, óbeina þó, um þykkt og þéttleika klapparinnar. Þessar tvær aðferðir styðja því hvor aðra og reynast mjög vel saman.

Staðsetning og niðurstöður hinna ýmsu dýptarákvarðana og tengilínur milli þeirra eru sýndar á myndum 4.1-4.25. Það ber að hafa í huga við lestur sniðanna að lóðrétti skalinn er mjög ýktur miðað við hinn lárétta þannig að lagamót sýnast mun brattari en þau eru.

Samræmi milli hinna ýmsu aðferða reyndist yfirleitt gott. Mesti munur á niðurstöðum er 1,2 m. Yfirleitt var fylgt þeirri reglu að telja gryfjurnar gefa réttasta mynd. Reynt var að fara bil beggja við drátt tengilína, ef Borro-borunin og jarðeðlisfræðilegu mælingarnar gáfu ekki sömu niðurstöður. Þó var í einstökum tilfellum tekið meira mark á niðurstöðum hljóðhraðamælinganna, þar sem dýpi fengið með þeirri aðferð verður að telja meðaldýpi yfir mælibilið. Þegar lengdarmælingaferill viðnáms (kaflí 3) sýndi óreglu í lögum milli dýptarákvörðunarpunkta var tekið tillit til þess við drátt áætlaðra lagamóta og ef slíkt gerðist

undir jarðsveiflumælistöð var dýpi undir hverjum sveiflunema reiknað. Tvær mæilínur M og P (myndir 4.14 og 4.21) hafa verið dýptarákvarðaðar með lengdarmælingu (viðnáms).

Á flestum sniðanna eru tvær til þrjár gerðir jarðlaga, sem greinast eftir hljóðhraða í:

- | | | | |
|----|-------------------------|---------|------|
| 1) | Yfirborðslög (mói-mýri) | 0.3-0.7 | km/s |
| 2) | Jökulruðning | 1-2 | km/s |
| 3) | Basaltnlöpp | 3-4 | km/s |

TILVITNANIR

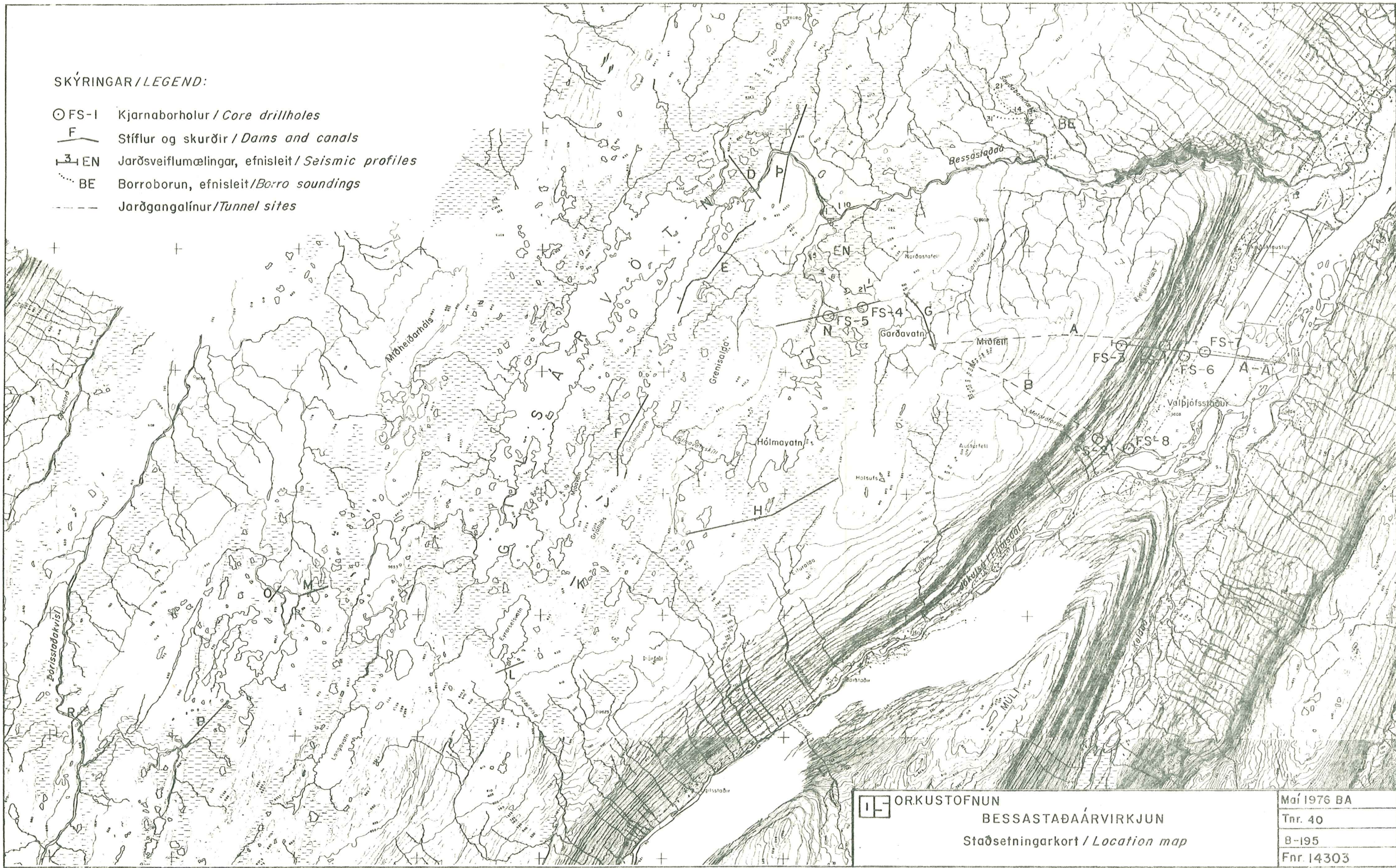
- Axel Björnsson, 1975, Electrical resistivity of layer 3 in Iceland: OS. JHD. 7509.
- Bhattacharya and Patra, 1968, Direct current geoelectrical sounding, principles and interpretation: New York, Elsevier, 135 bls.
- Davíð Egilsson, Sven Sigurðsson og Gunnlaugur Jónsson, 1976, Viðnámsmæling-Þykktarákvörðun jarðvegs með lengdarmælingu: OS ROD 7615.
- Eaton, G.P. and Watkins, J.S., 1970, The use of seismic refraction and gravity methods in hydrogeological investigations: Proc. Canada Centennial Conf. Mining and Groundwater Geophysics, Ottawa.
- Eaton, G.P., 1974, Seismology: Techn. Wat. Res. Inv. Unit. Stat. Geol. Survey, Book 2 Ch. D1 bls. 66-84.
- Elsa G. Vilmundardóttir, 1972, Austurlandsvirkjanir-Fljótsdalur, Skýrsla um jarðfræðiathuganir við Jökulsá í Fljótsdal sumarið 1970: Orkustofnun, ágúst 1972.
- Gough, D.J., 1952, A new instrument for seismic exploration at very short ranges: Geophysics vol. 17 bls 311-333.
- Griffiths, D.H. and King, R.F., 1965., Applied geophysics for engineers and geologists: Pergamon Press, Oxford 223 bls.
- Guðmundur Guðmundsson, 1972, Rafleiðnimælingar við Egilsstaði og Urriðavatn: Greinagerð OS.
- Halina Guðmundsson, Davíð Egilsson og Gunnlaugur Jónsson, 1976, Bessastaðaárvirkjun, hljóðhraða- og viðnámsmælingar 1975, Mæligögn: OS-ROD-7618.
- Keller, G.V. and Frischknecht, F.C., 1966, Electrical methods in geophysical prospecting: Pergamon Press, Oxford, 527 bls.
- Kristján Sæmundsson, 1970, Varðar jarðhitarannsóknir við Urriðavatn: Greinagerð OS.
- Laric, V. Hawkins, 1969, Seismic refraction surveys for civil engineering: Geophysical Memorandum 2169, University of New South Wales, Australia.
- Zohdy, A.R.R., 1965, The auxiliary point method of electrical sounding interpretation, and its relationships to the Dar Zarrouk parameter: Geophysics, Vol. 30, bls. 644-660.

Zohdy, A.R.R., 1973, A computer program for the automatic interpretation of Schlumberger sounding curves over horizontally stratified media: N.T.S. Springfield.

Zohdy, A.R.R., 1974, Electrical Methods, Applications of surface geophysics to ground-water investigations: Techn. Wat. Res. Inv. Unit. Stat. Geol. Survey, Book 2, Ch. D, bls. 6-66.

SKÝRINGAR / LEGEND:

- FS-1 Kjarnaborholur / Core drillholes
- F — Stflur og skurðir / Dams and canals
- EN — Jarðsveiflumælingar, efnisleit / Seismic profiles
- ... BE Borrobörun, efnisleit / Barro soundings
- - - Jarðgangalínur / Tunnel sites



ORKUSTOFNUN
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN
 Staðsetningarkort / Location map

Mai 1976 BA
Nr. 40
B-195
Fnr. 14303



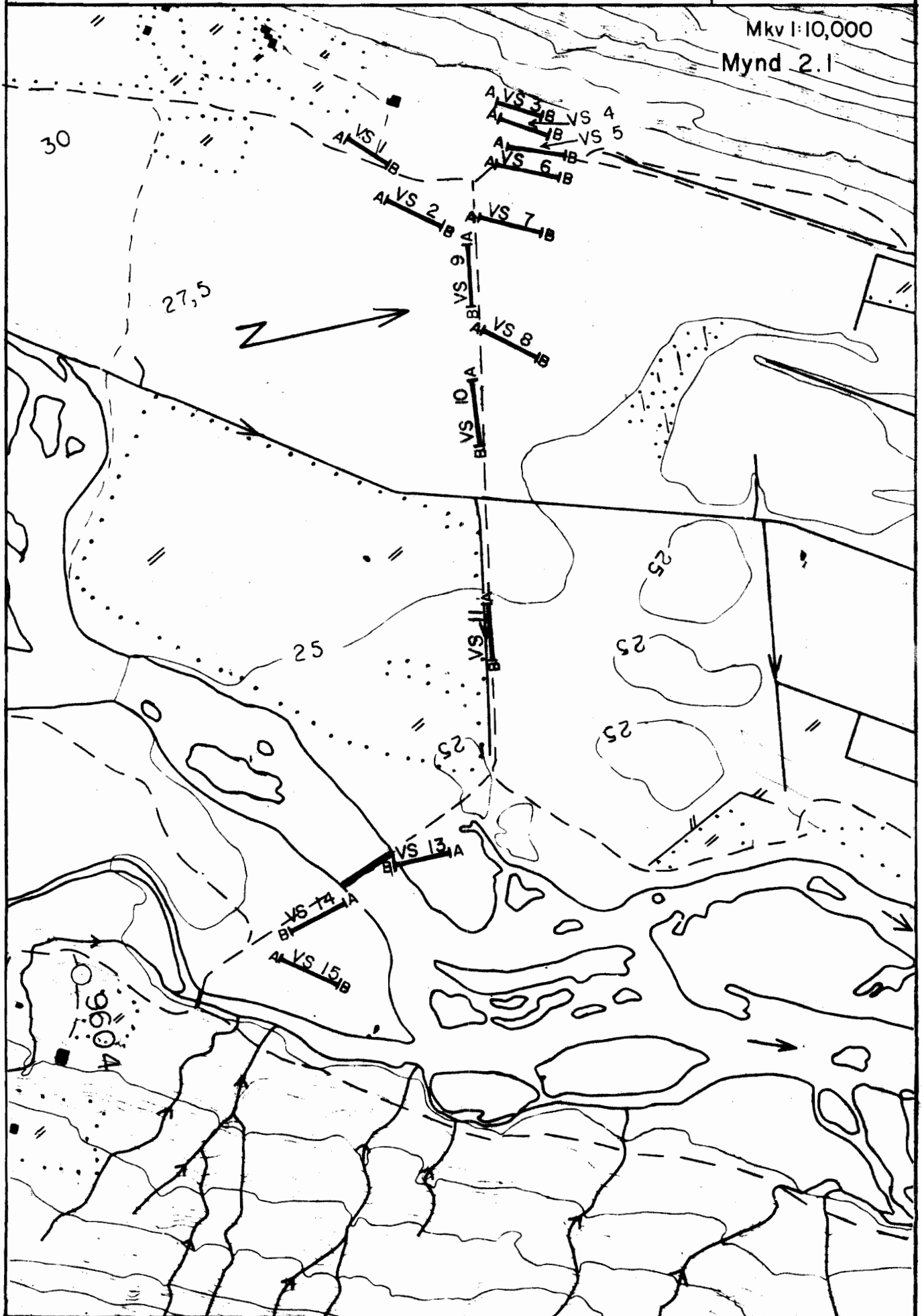
ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

Bessastaðaárvirkjun
Fljótsdalur
Staðsetning hljóðhraðamælinga

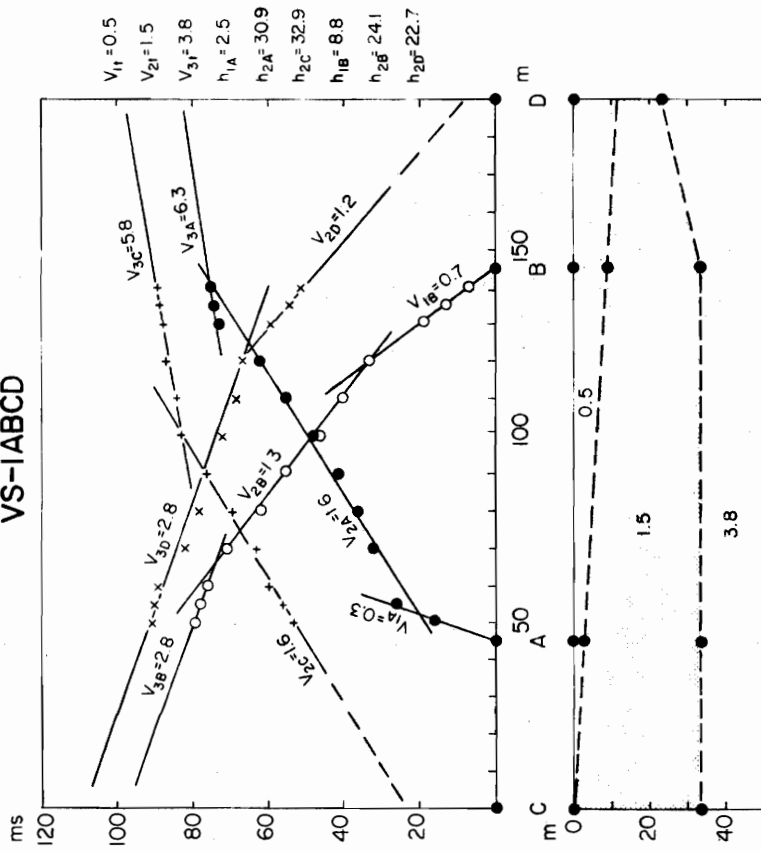
76-04-30. D.E/Ó.D
Tnr.39 Tnr.324
B-195 J-Jarðsv.m
Fnr.14180

Mkv 1:10,000

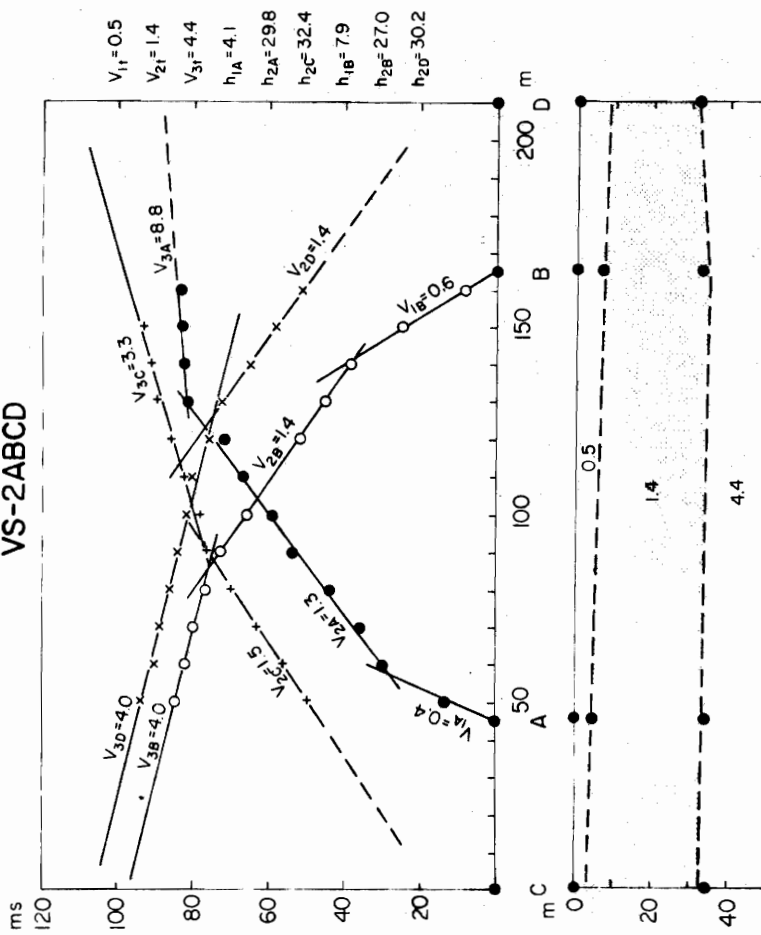
Mynd 2.1



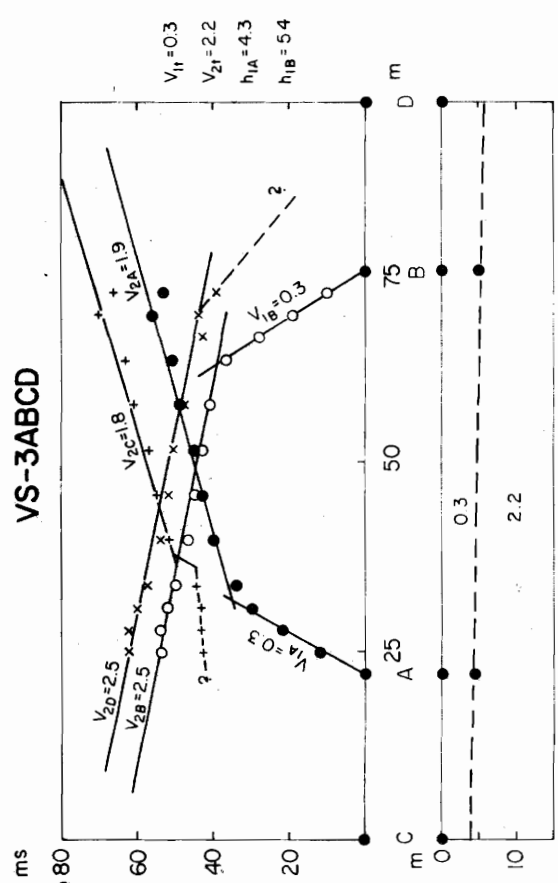
VS-1ABCD



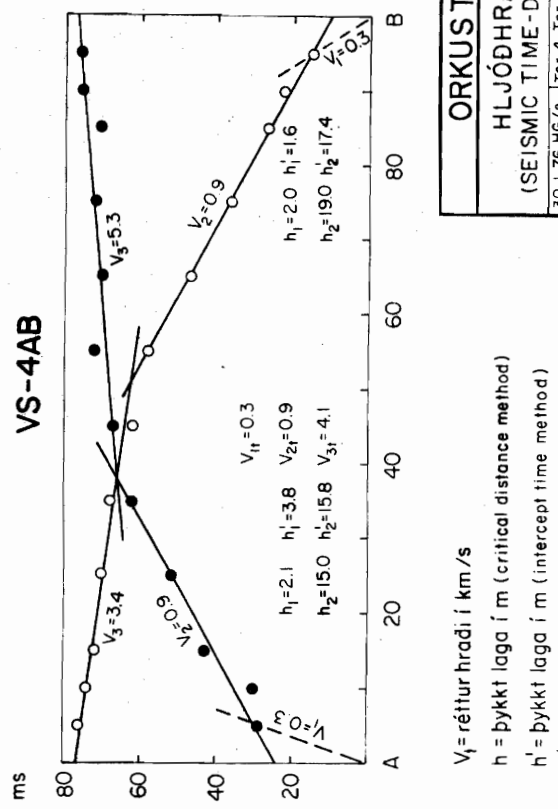
VS-2ABCD



VS-3ABCD

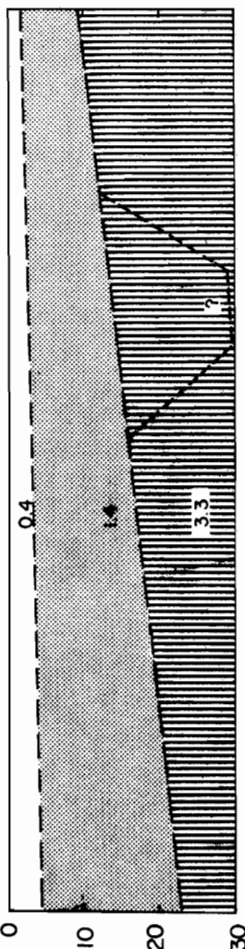
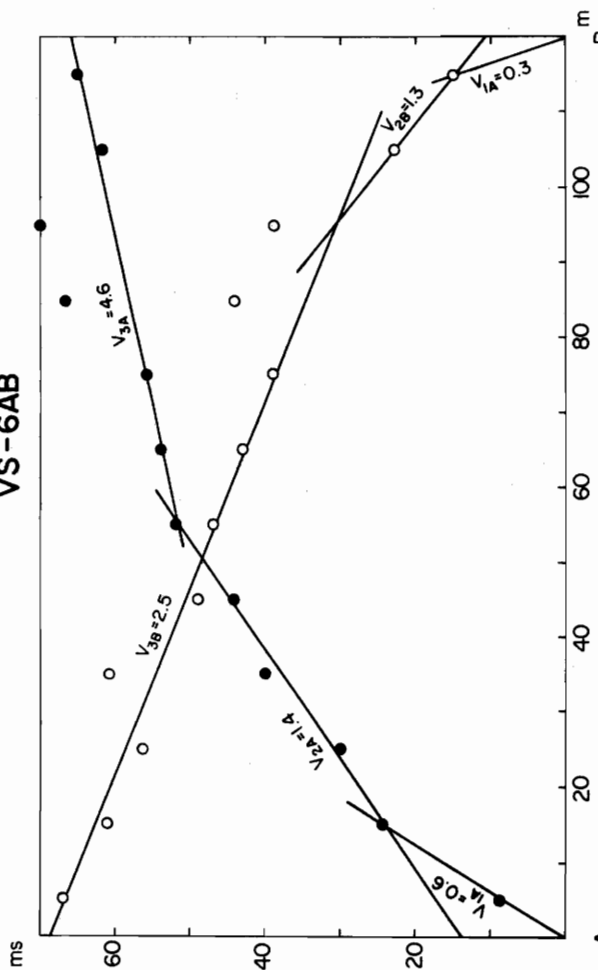


VS-4AB



V_1 = réttur hraði í km/s
 h = þykkt laga í m (critical distance method)
 h' = þykkt laga í m (intercept time method)

VS-6AB



- $V_{11}=0.4$
- $V_{21}=1.4$
- $V_{31}=3.3$
- $h_{1A}=4.7$
- $h_{2A}=20.0$
- $h_{1B}=1.9$
- $h_{2B}=6.7$
- $h_{1A}^i=4.7$
- $h_{2A}^i=17.8$
- $h_{1B}^i=1.6$
- $h_{2B}^i=7.4$

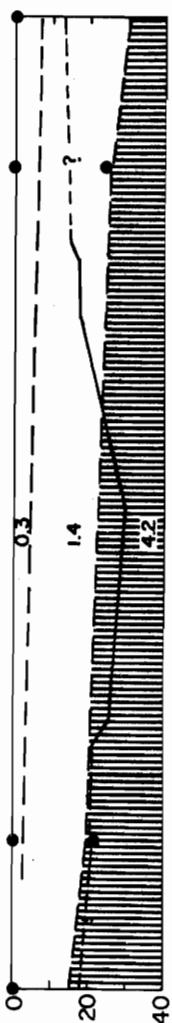
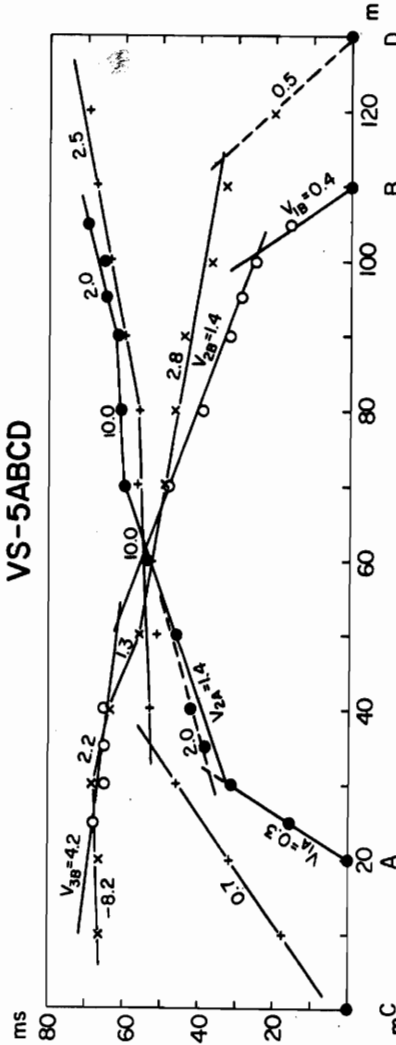
MYND 2.3

ORKUSTOFNUN

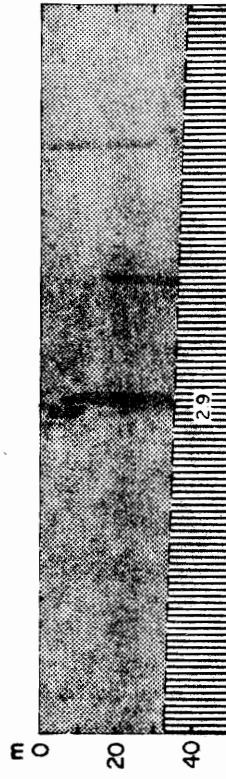
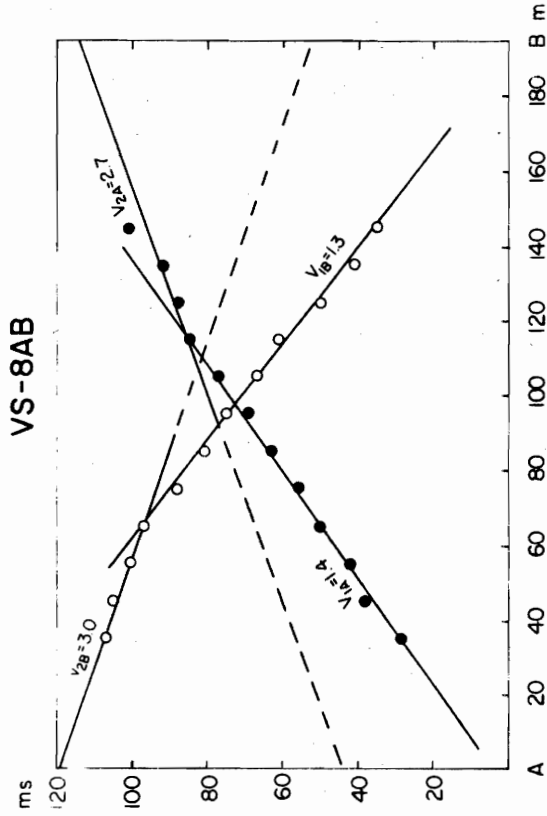
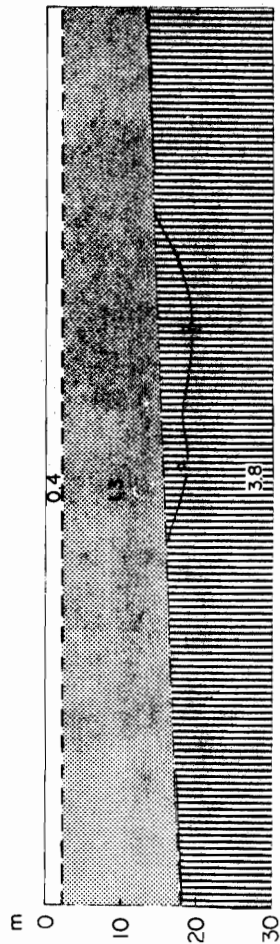
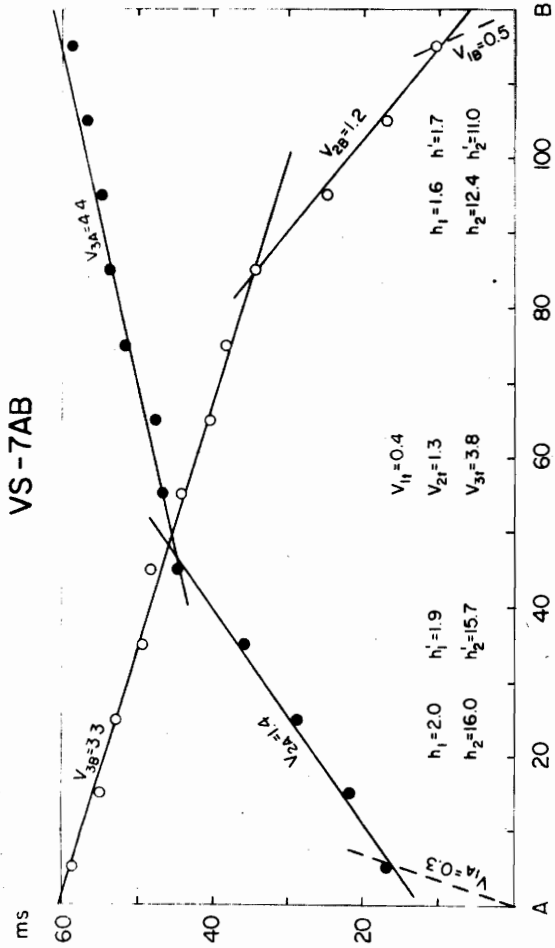
HLJÓÐHRADASNÍÐ
(SEISMIC TIME-DISTANCE PLOTS)

3.2.76 HG/e Trn. 4 Trn. 323
B-195-J-J sv.m. Frn. 13544

VS-5ABCD



- $V_{11}=0.3$
- $V_{21}=1.4$
- $V_{31}=4.2$
- $h_{1A}=4.4$
- $h_{2A}=17.1$
- $h_{1B}=3.6$
- $h_{2B}=20.2$
- $h_{1C}=12.8$
- $h_{1D}=5.8$
- $h_{2D}=24.0$
- $h_{1A}^i=3.8$
- $h_{2A}^i=15.2$
- $h_{1B}^i=5.1$
- $h_{2B}^i=20.3$
- $h_{1C}^i=14.3$
- $h_{1D}^i=6.1$
- $h_{2D}^i=24.1$



$V_{11}=1.4$
 $V_{21}=2.9$
 $h_{1A}=33.9$
 $h_{1B}=38.0$
 $h'_{1A}=35.0$
 $h'_{1B}=41.4$

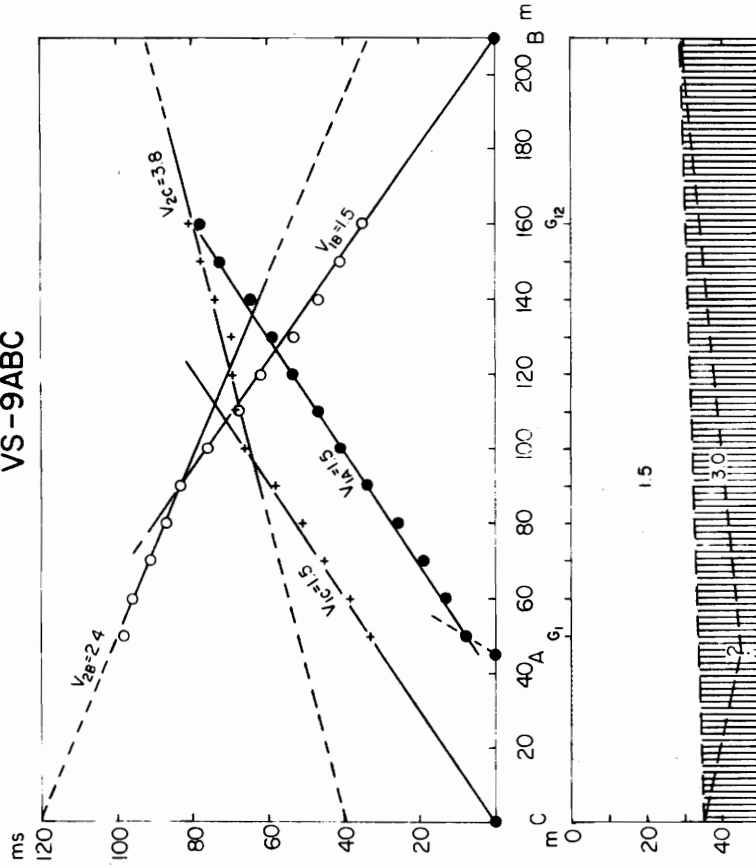
MYND 2.4

ORKUSTOFNUN

HLJÓÐHRAÐA SNIÐ
(SEISMIC TIME-DISTANCE PLOTS)

6.2.76 HG/e Trn. 4 Trn. 323 B-195 J-J.svm. Frn. 135544

VS-9ABC



$V_{11} = 1.5$
 $V_{21} = 3.0$

$h_{1A(\min)} = 37.8$ $h_{1A(\min)} = 44.5$
 $h_{1B} = 28.6$ $h_{1B} = 28.8$
 $h_{1C} = 31.3$ $h_{1C} = 34.9$

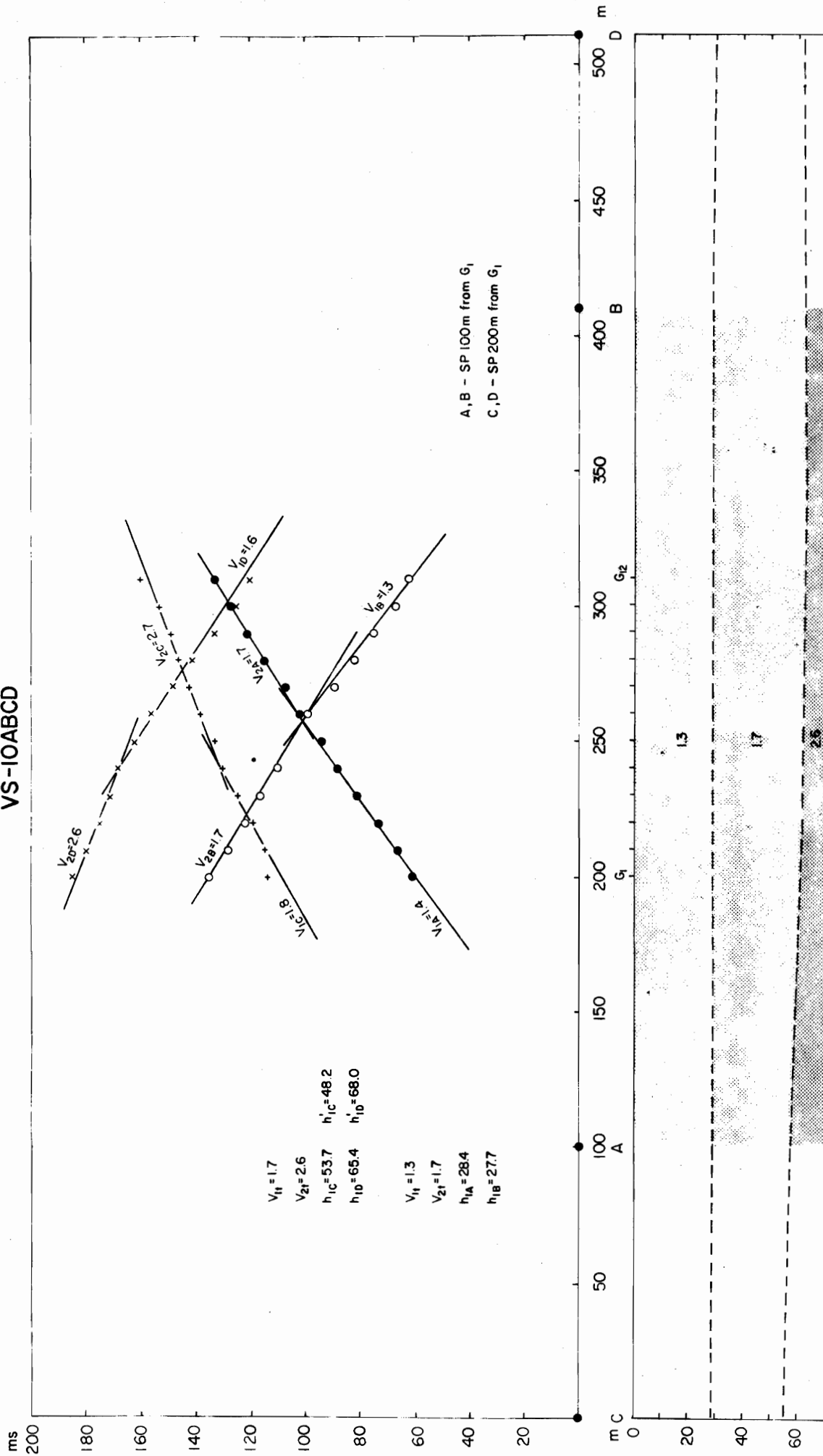
MYND 2.5

ORKUSTOFNUN

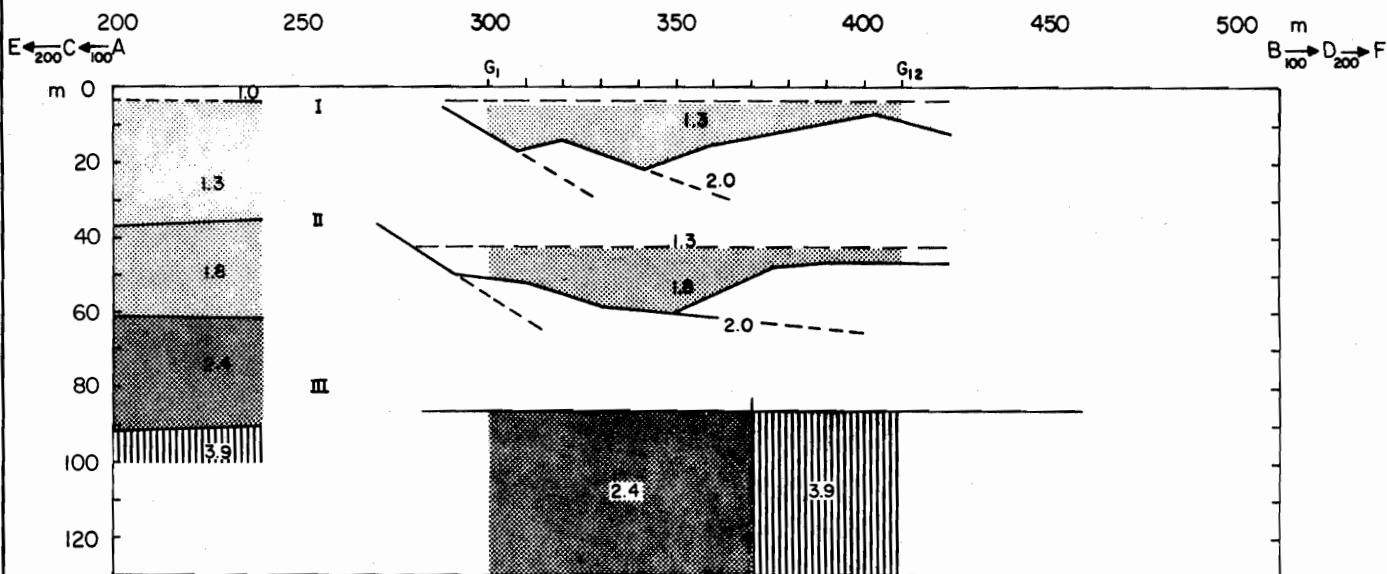
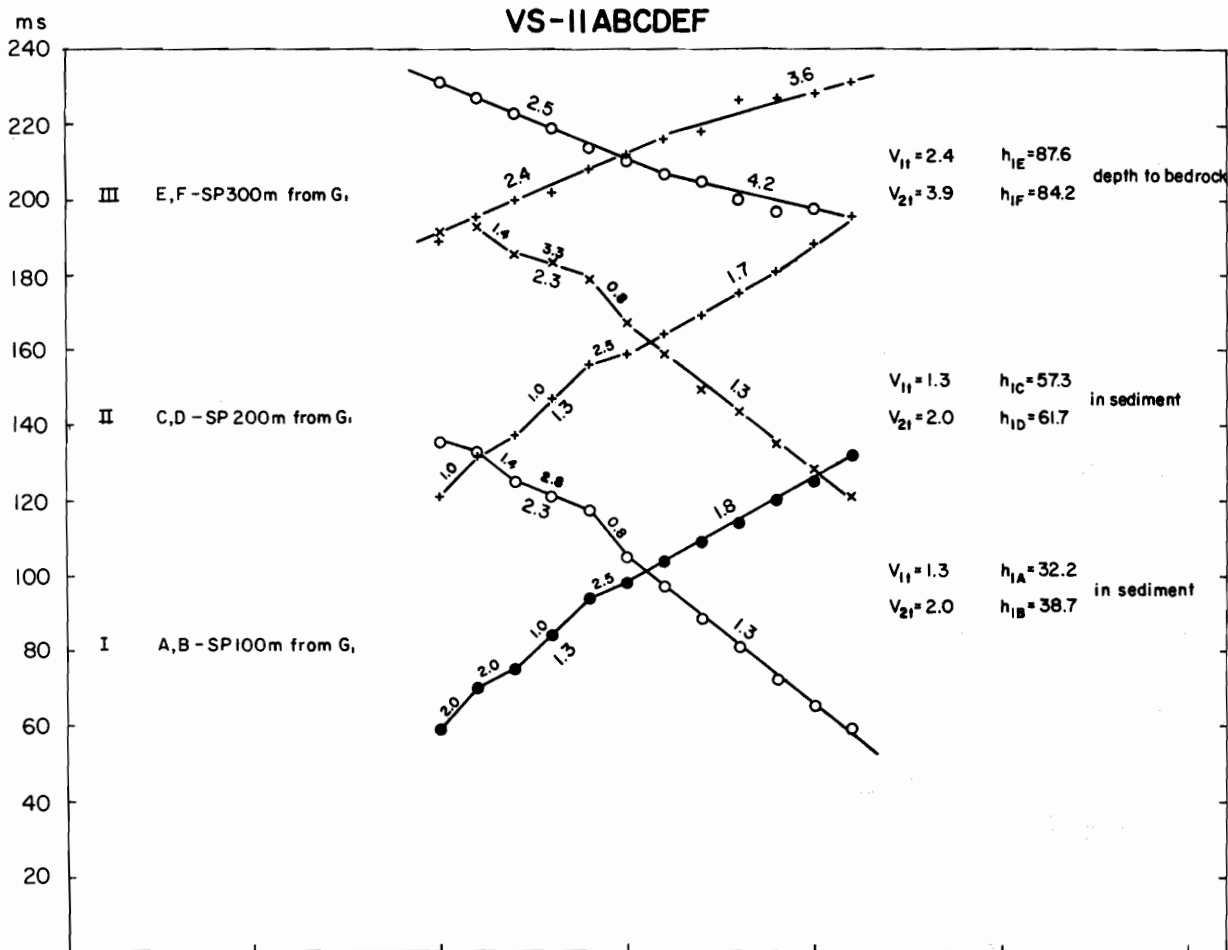
HLJÓÐHRAÐASNIÐ
 (SEISMIC TIME-DISTANCE PLOTS)

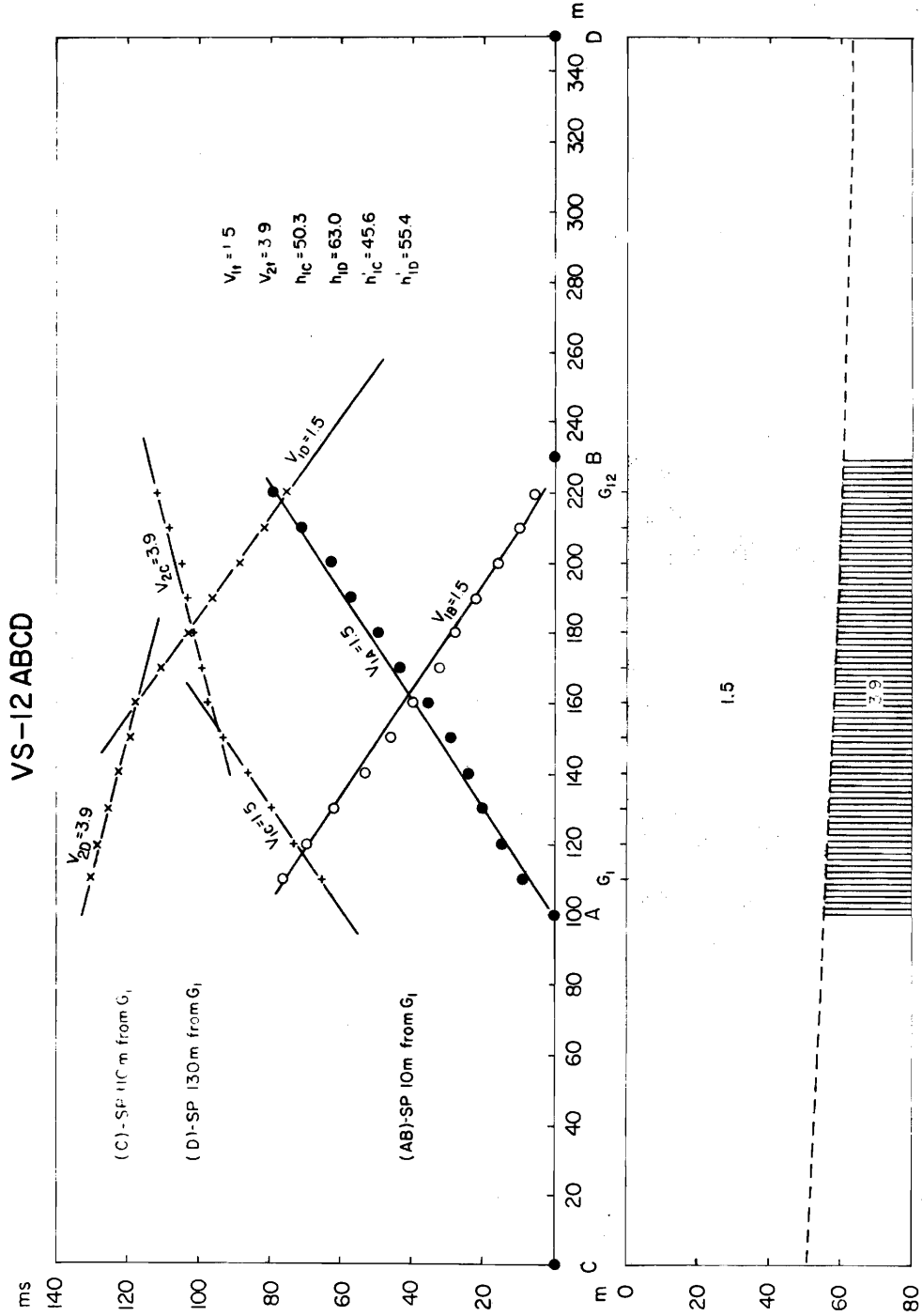
9.2.76 HG/e Tr. 4 Tr. 323 Tr. 13544
 B-195 J. Jsv.m. Fnr. 13544

VS-10ABCD



MYND 2.6





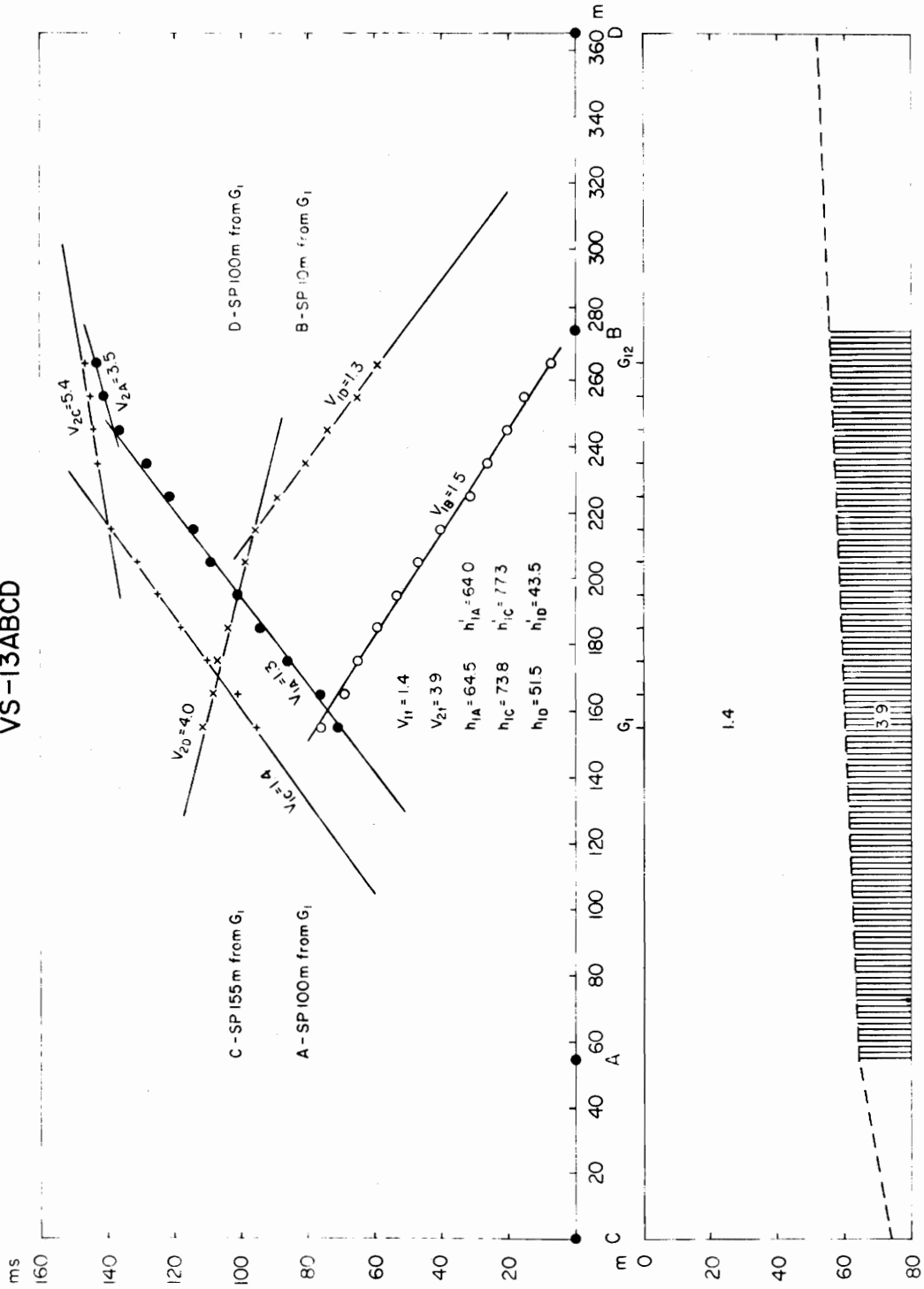
MYND 2.8

ORKUSTOFNUN

HLJÓÐHRAÐASNIÐ
(SEISMIC TIME-DISTANCE PLOTS)

23.2.76 HG/e Trn. 4 Trn. 323
B-195 J-Jsv.m. Fnr. 1.3544

VS-13ABCD



MYND 2.9

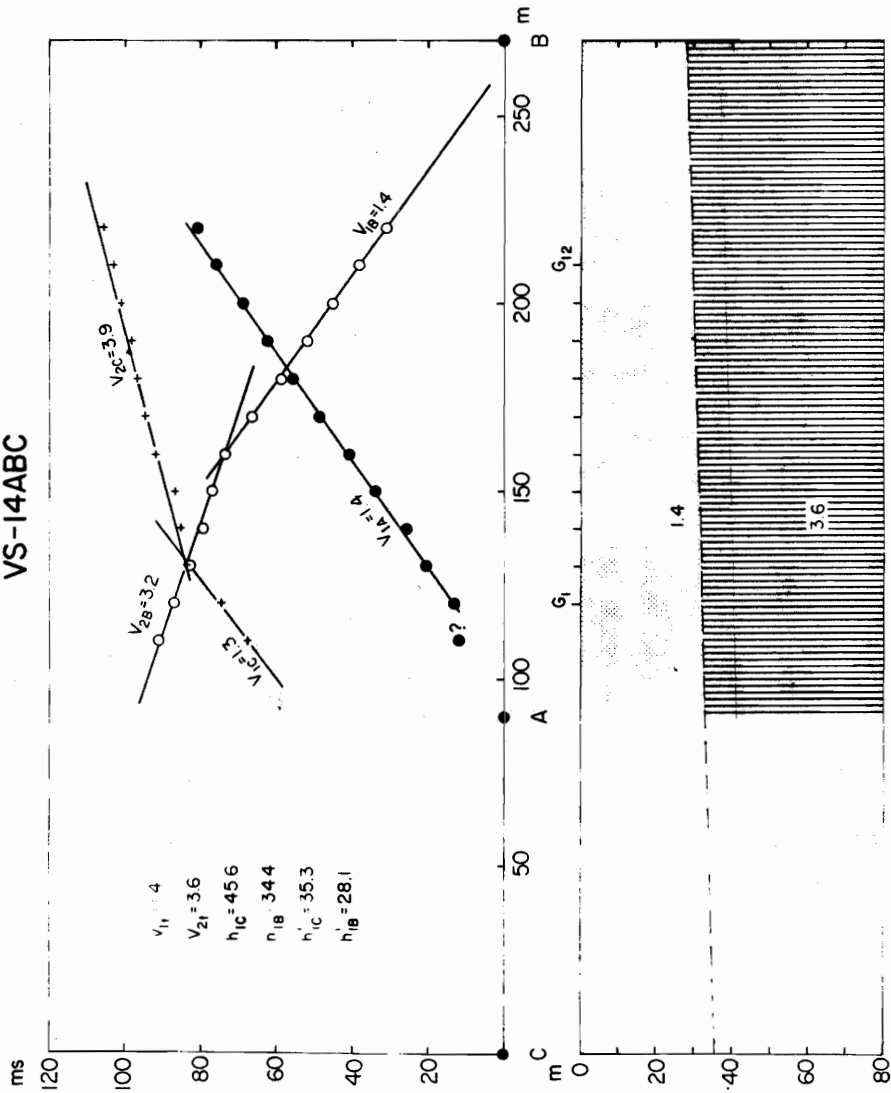
ORKUSTOFNUN

HLJÓÐHRADASNIÐ
(SEISMIC TIME-DISTANCE PLOTS)

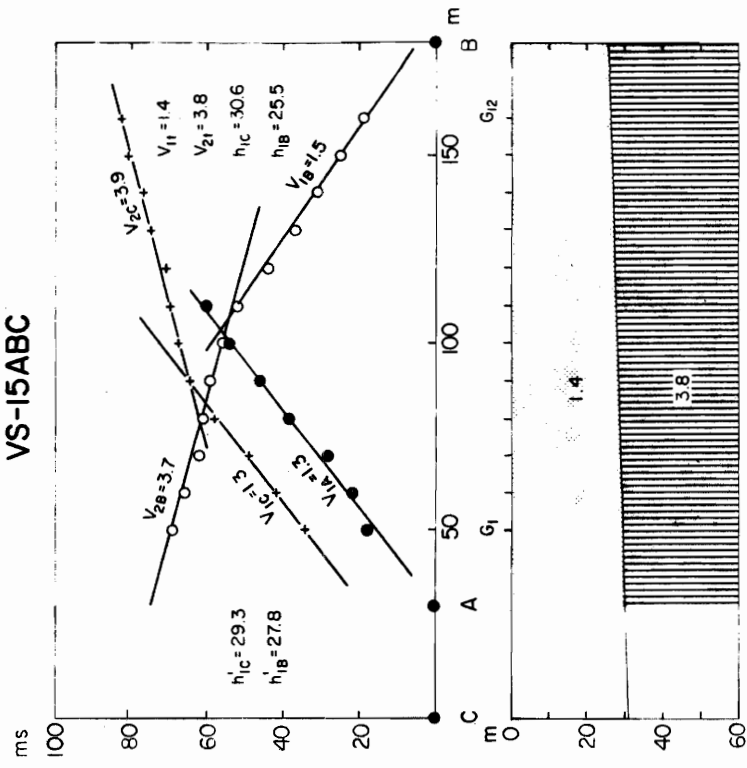
24.2.76 HG/e Tr. 4, Tr. 323
B-195 J - JSV/m

Fnr. 1 3544

VS-14ABC



VS-15ABC



MYND 2.10

ORKUSTOFNUN

HLJÓÐHRADA SNIÐ
(SEISMIC TIME-DISTANCE PLOTS)

18.2.76 HG/e Trn. 4 Trn. 323
B-195 J.-Jswm. Frn. 1 3544

Mynd 3.1

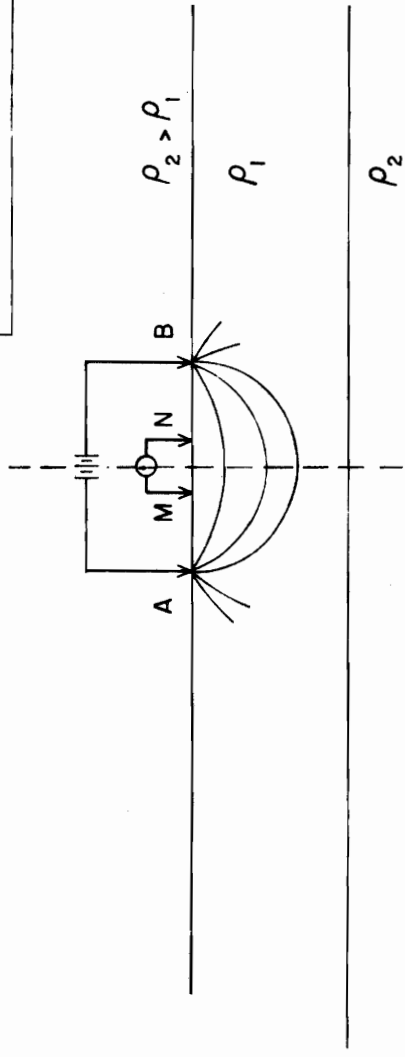
Viðnámsmæling, Schlumberger uppsetning

Stráumurinn I er sendur í gegnum skautin A og B og spennufallið síðan mælt milli tveggja annarra skauta M og N. Schlumberger uppsetning AB 5MN

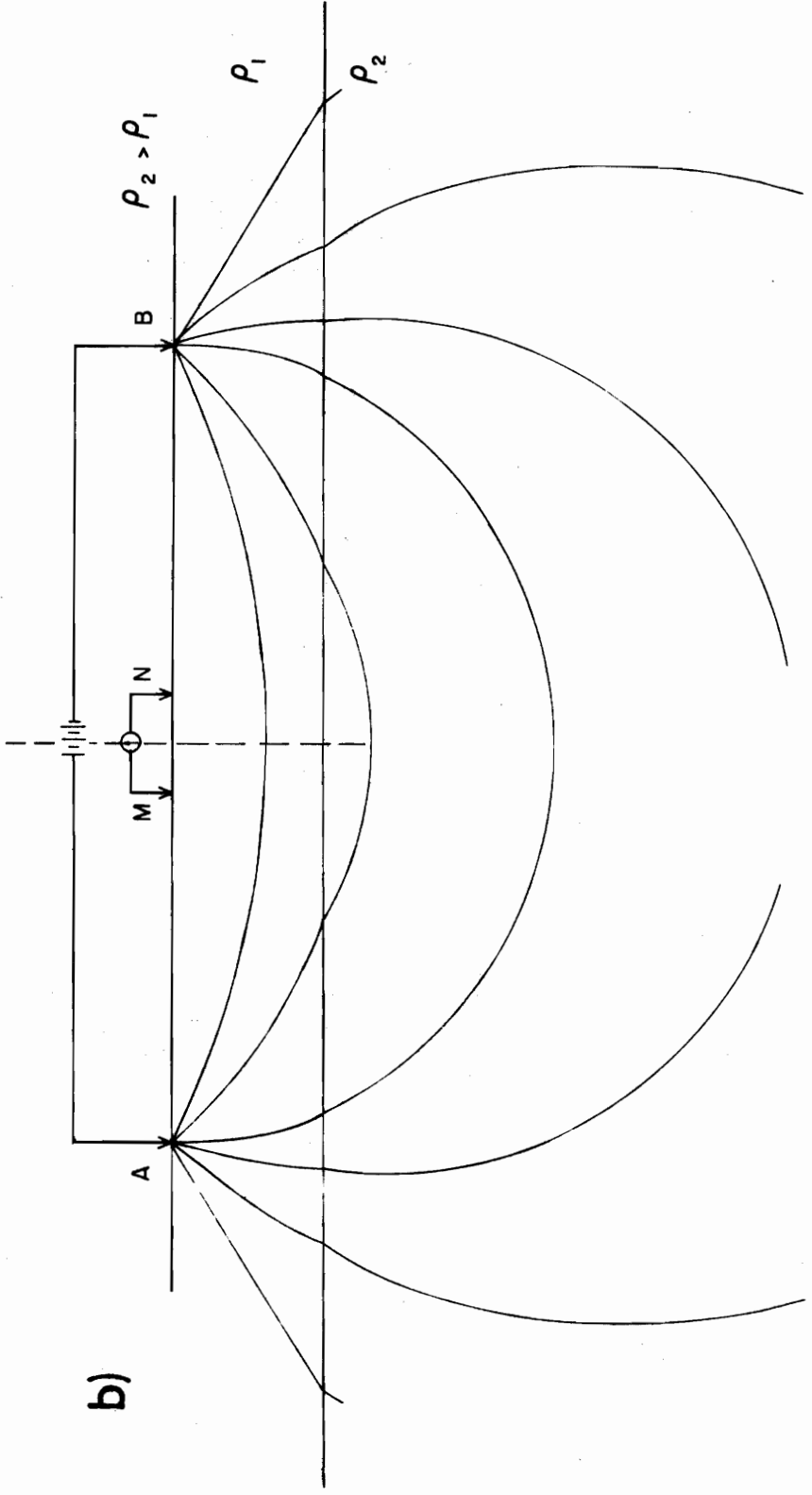
a og b

Vaxandi hluti rafstraumsins fer eftir sífellt dýpri jarðlögum er bilið milli straumskautanna er aukið.

a)



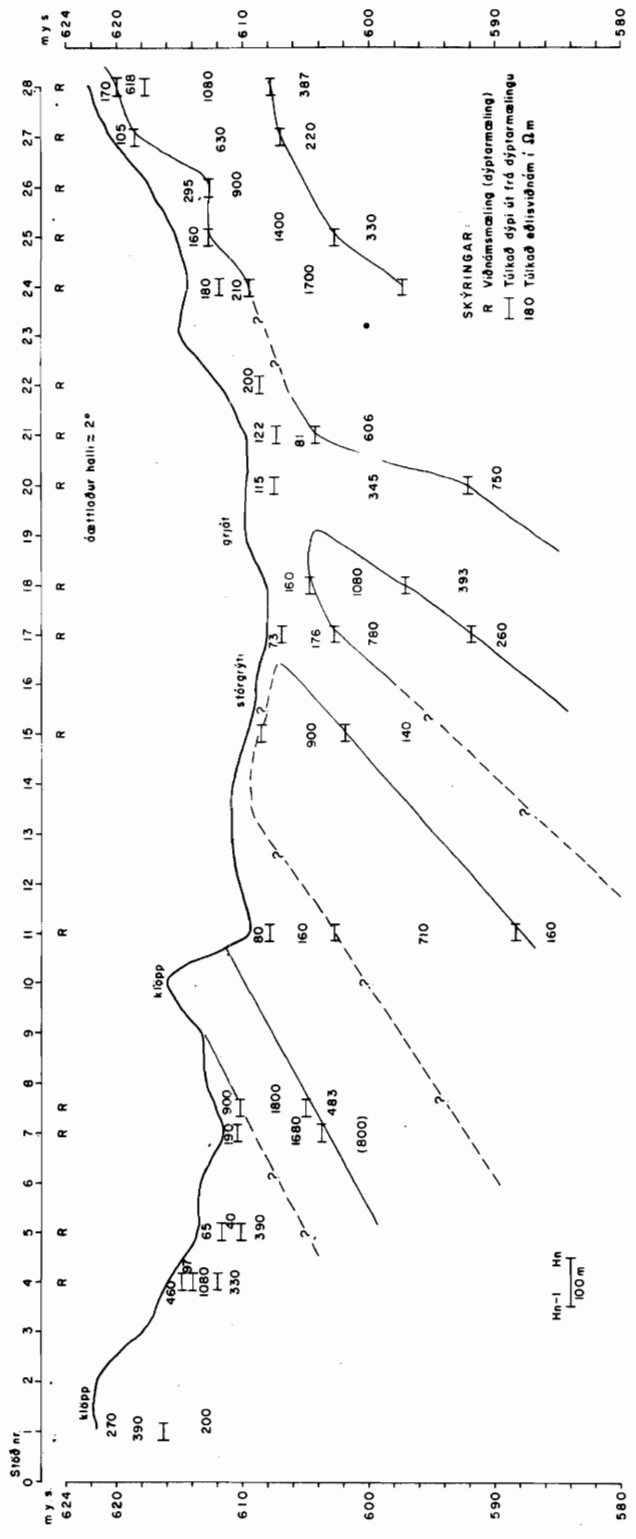
b)



19. 76. DE/NO
 Tr. 28 Tr. 510
 B-185. J. Váðam
 Fm. 13792

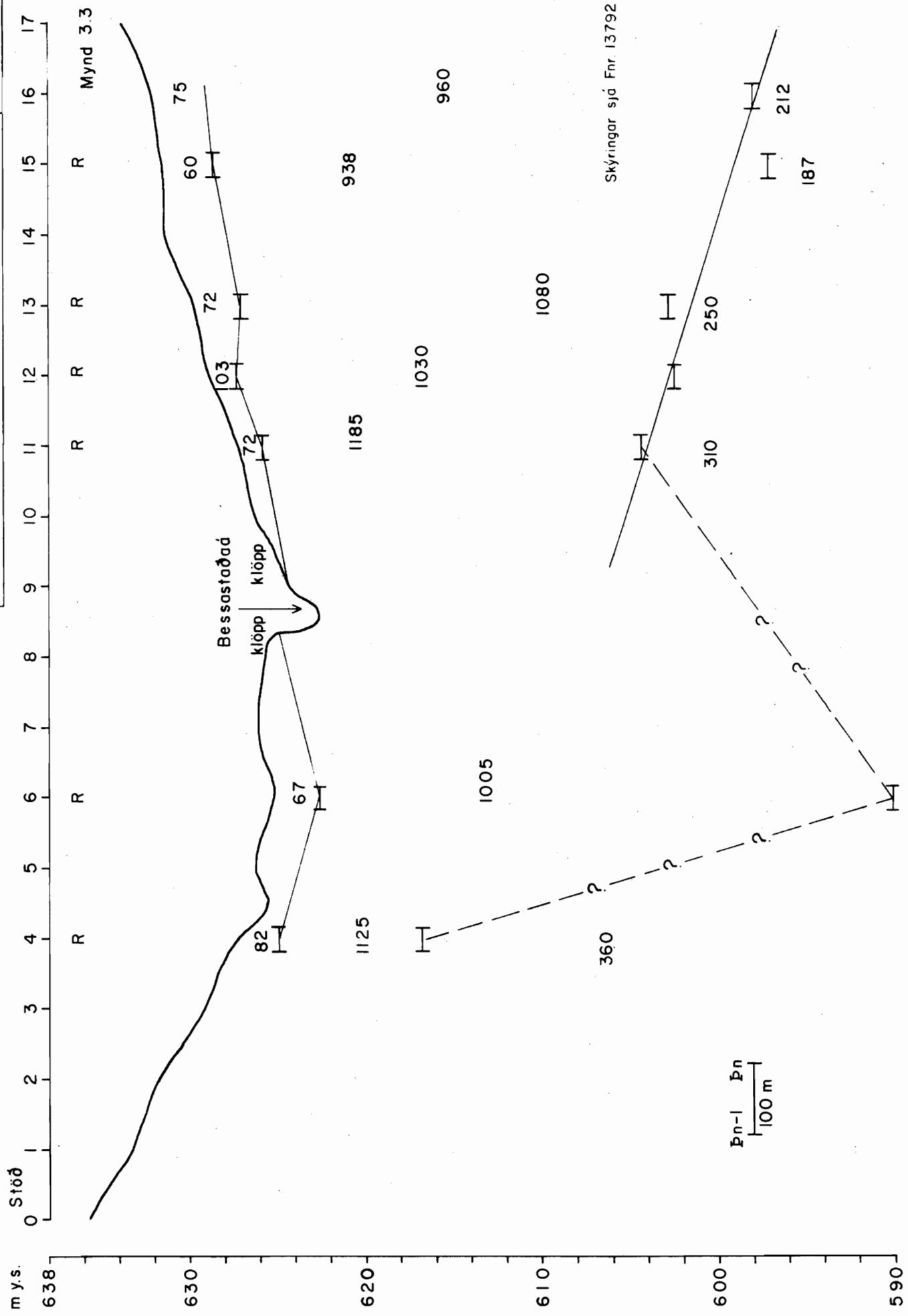
ORKUSTOFNUN
 BESSASTADAR
 Váðamstíð H-ína

Mynd 3 2



16.1 '76 DE/H.O
 Tnr. 29 Tnr. 1512
 B-195 J-Viðndm.
 Fnr 13794

ORKUSTOFNUN
 BESSASTAÐAÁ
 Viðndmssnið P-lína





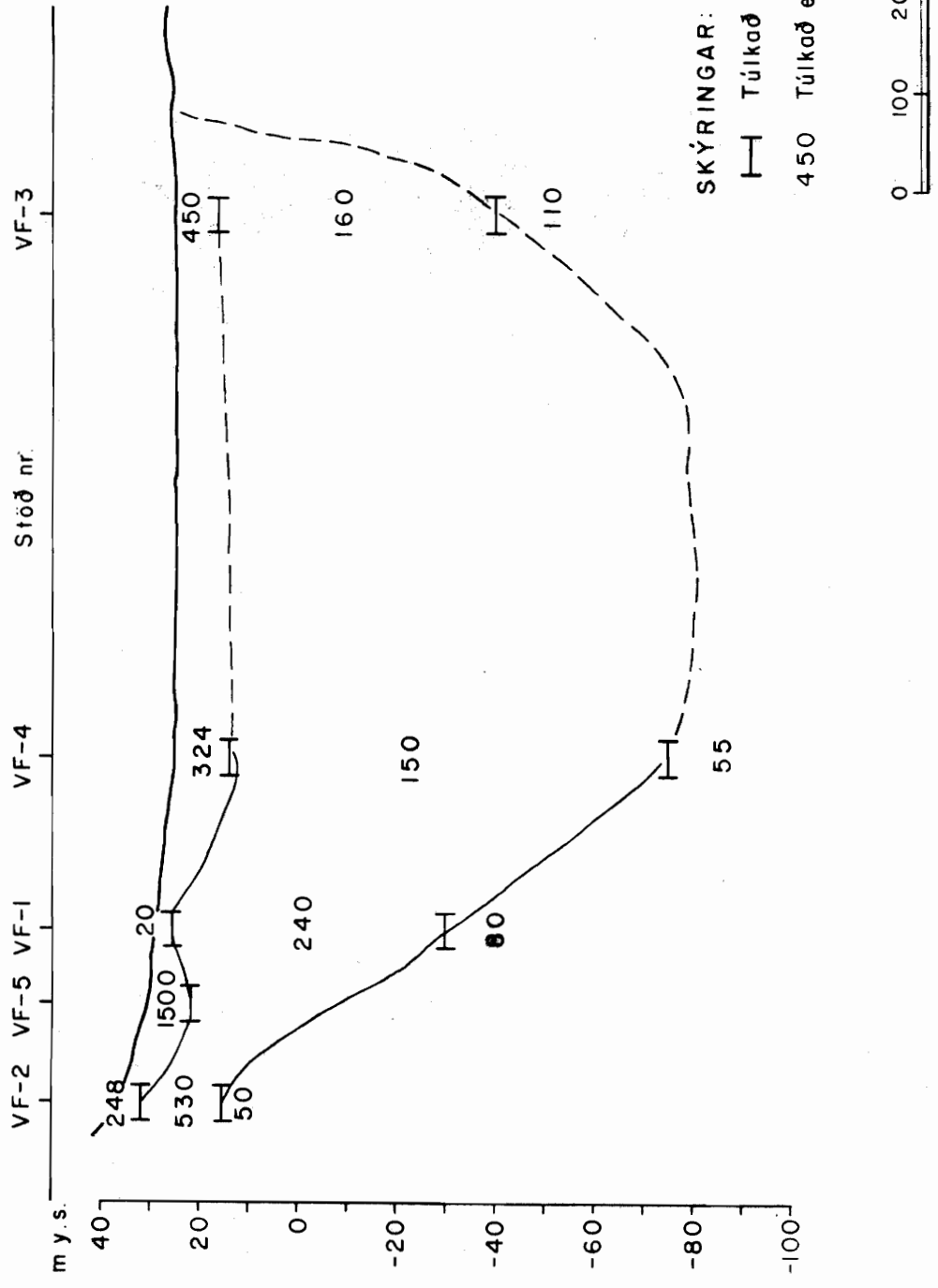
Bessastadaárvirkjun

Fljótsdalur

Staðsetning viðnámsmølinga

Mkv. 1:15000

Mynd 3.5





ORKUSTOFNUN

BESSASTAÐAA

Viðnámssnið - Fljótsdalur

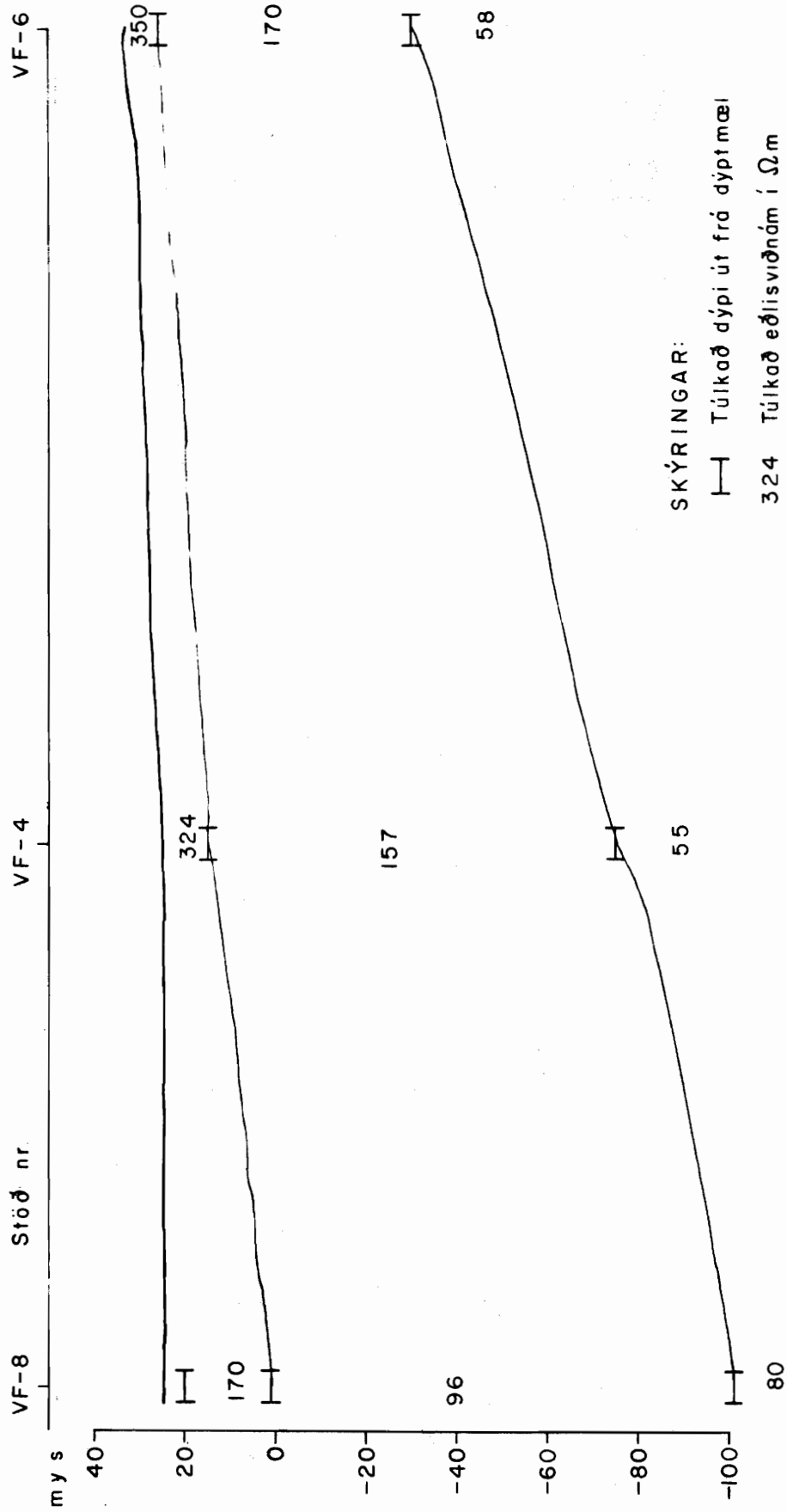
76.03.02 DE/HO

Tnr. 1566 Tnr. 34

J-Viðnám. B-195

Fnr. 13971

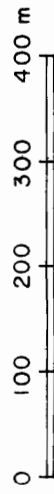
Mynd 3.6



SKÝRINGAR:

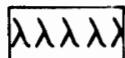
—|— Túlkað dýpi út frá dýptmæli

324 Túlkað eðlisviðnám í Ωm



SKÝRINGAR

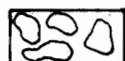
Jarðlog í botni gryfju:



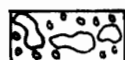
Klopp



Stórgrýti eða klöpp



Stórgrýti, grjót



Jökulruðningur



Möl

Staðsetning:

P 2 Borro borun

□ Gryfja (þvermál \approx 3 m)

IOAB Jarðsveiflumæling

R Viðnámsmæling (dýptarmæling)

Dýptarákvarðanir:



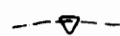
Gryfja



Borro borun



Jarðsveiflumæling (critical distance)



——— || ——— (time intercept)



Viðnámsmæling (dýptarmæling)

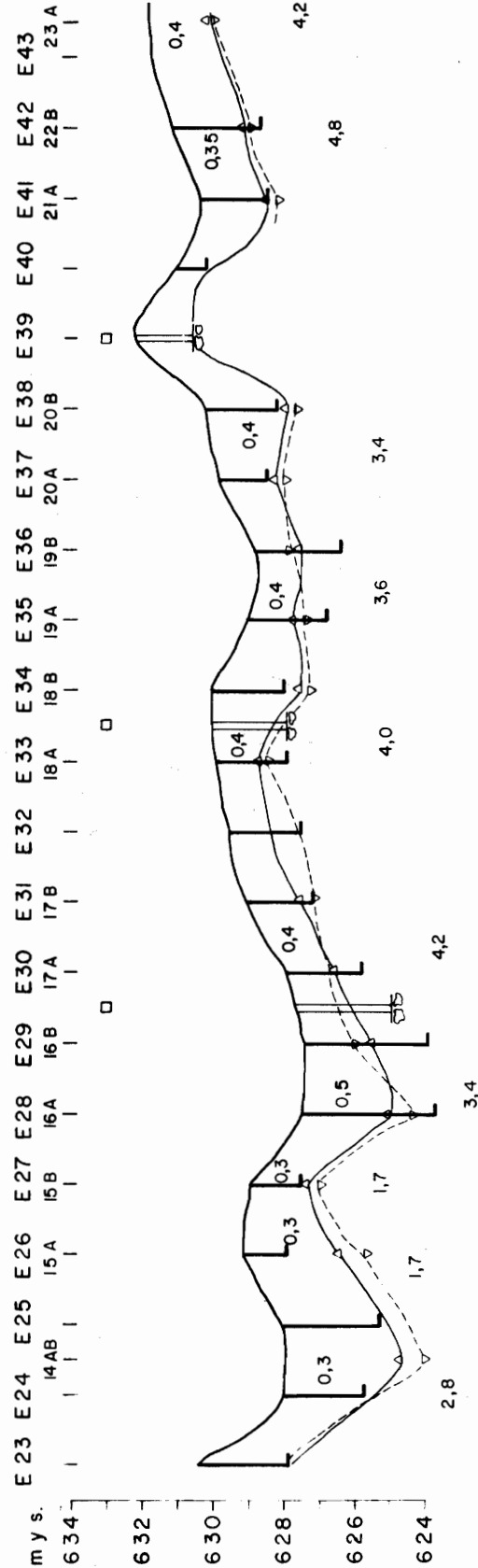
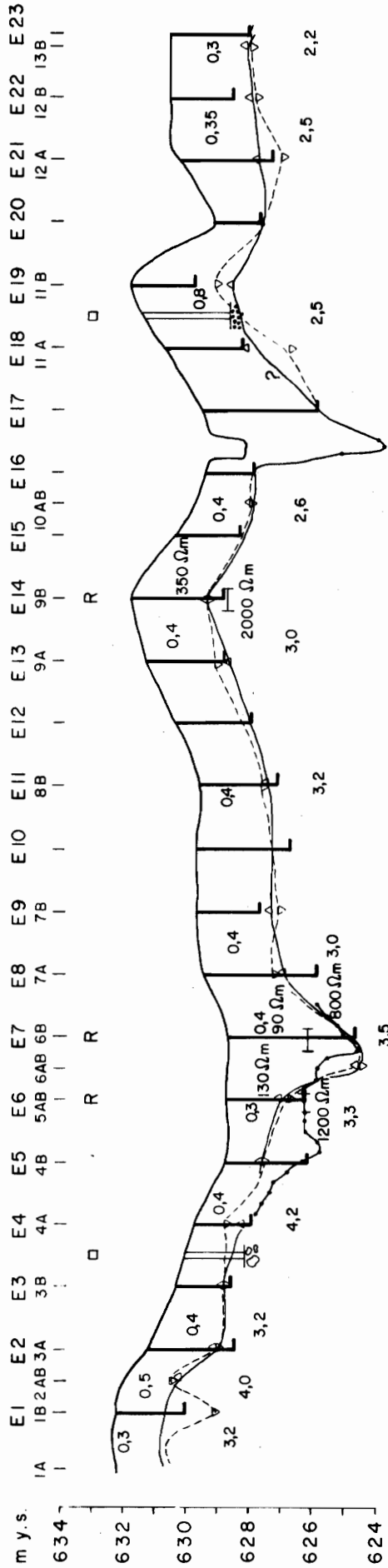


——— || ——— (lengdarmæling)

0,3 3,1 Hljóðhraðalög km/sek

170 Ω m Viðnámslög ohm-m

Tekið er tillit til lögunar lengdarmælingar-ferils við tengingu milli dýptarpunkta



Skýringar Sjó mynd 4.1



En-1 50m En

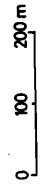
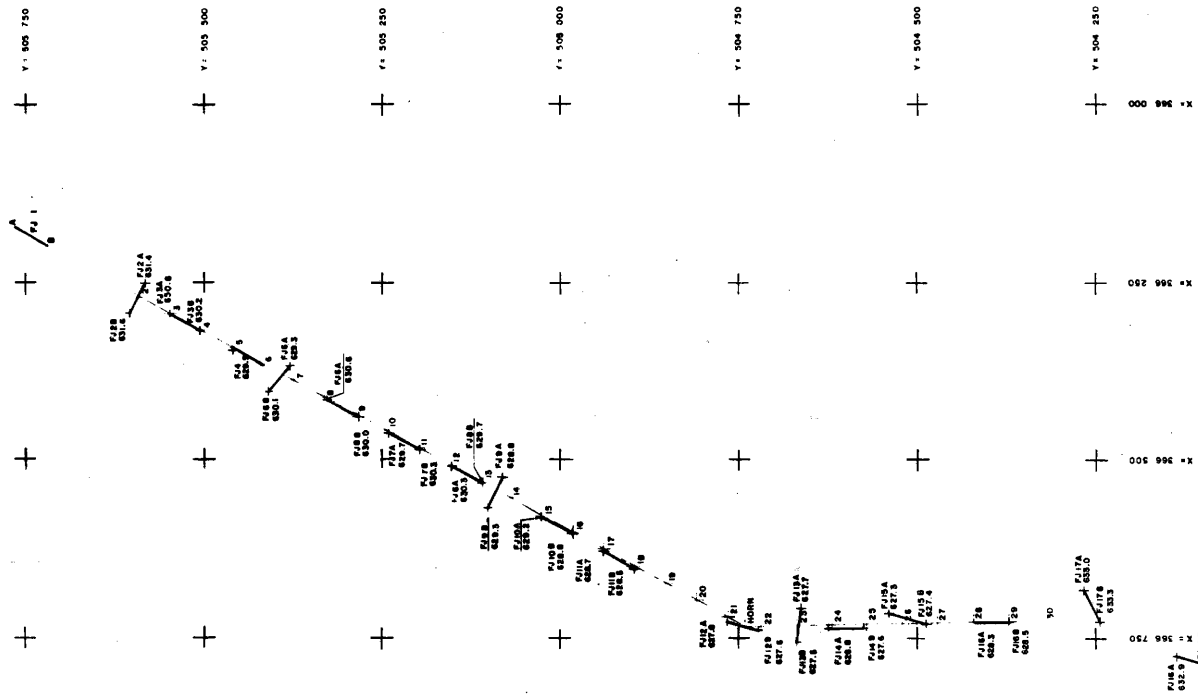
ORKUSTOFNUN

BESSASTADARVIRKJUN

Jardlagasnið E-lína

SI:25HG/DE/GJ/HJ Tr. 7 Tr. 1492 Tr. 195 J-viðm. Fr. 13735

F-STÍFLA - MIÐLÍNA

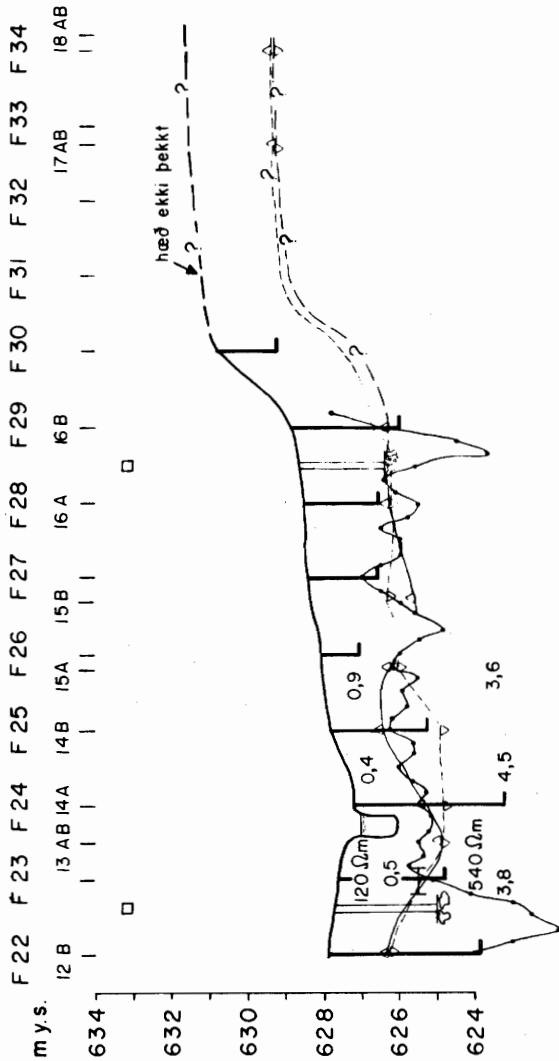
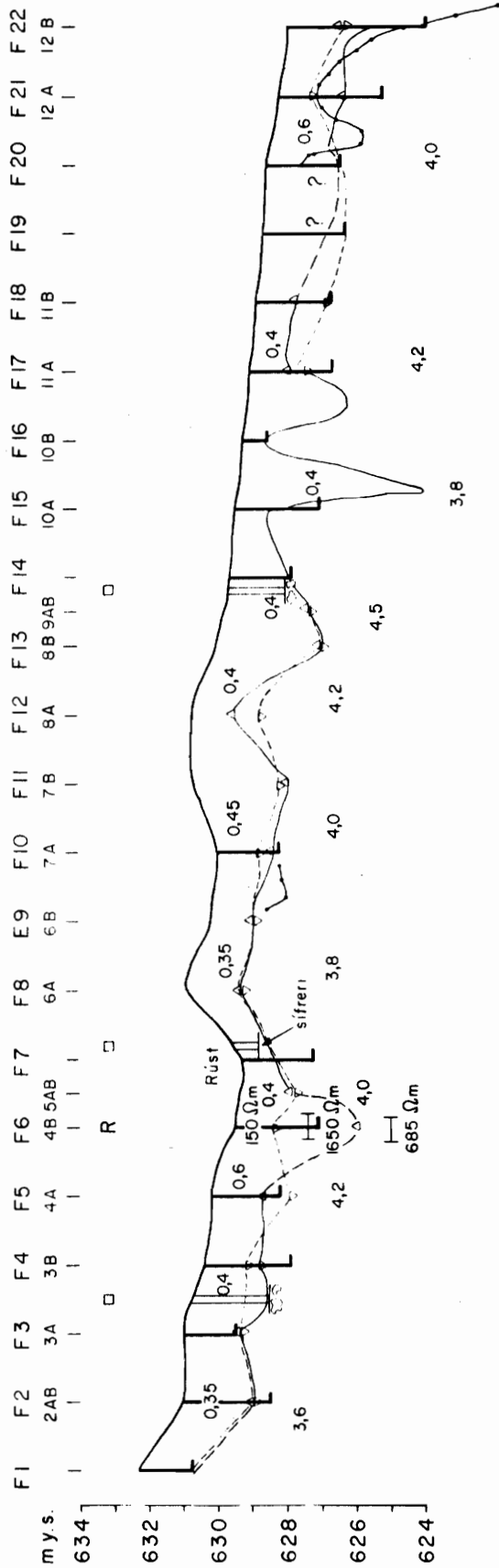


SKÝRINGAR:

HNITAKERFI : LANDSKERFI
 HEDAKERFI : OS-NA-LAND

Mynd 4.4

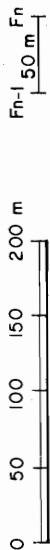
ORKUSTOFNUN	
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN	
F-STÍFLA	Heimab. DKT '75 G.P.E
STAÐSETNING SPRENGIHELA	Teiknað Yfirfarib L.A.
HÖNNUN	Verkfæðistofa Höfðabana 9 umfr 8440 & 8460
	74 600



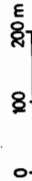
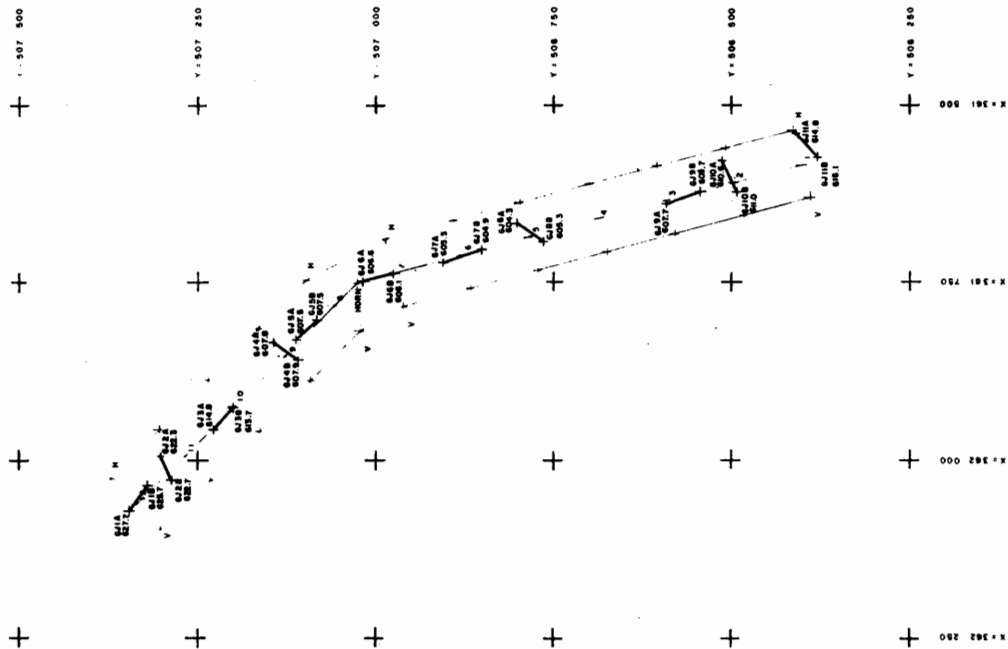
Skýringar Sjá mynd 4.1

ORKUSTOFNUN

BESSASTADAAARVIRKJUN
 Jarðlagnisrið F-lína



GARDASTÍFLA - MIDLÍNA, HLIDARLINIÐ



SKÝRINGAR:

HNITAKERFI : LANDSKERFI
 HÆÐAKERFI : OS - NA - LAND

Mynd 4.6

ORKUSTOFNUN

BESSASTAÐÁRVIRKJUN

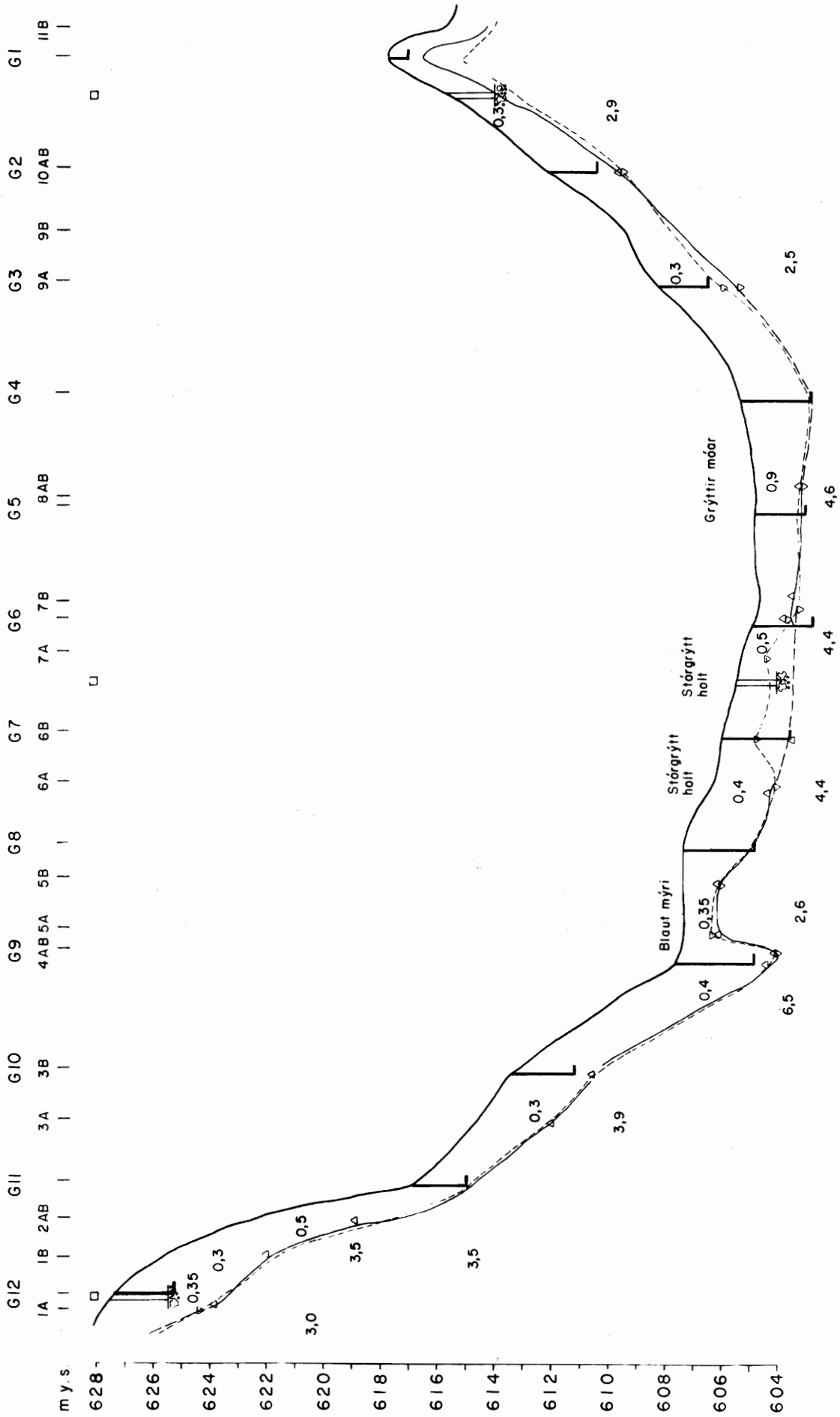
GARDASTÍFLA

STAÐSETNING SPRENGIHELA

HÖNNUN

Verkfræðistofa
 Höfðabakk 9, 101 Reykjavík

Hannab	SEPT. 75	G.F.S.
Telinnab		K.O.P.
Yfirskrif		
		74600

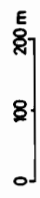
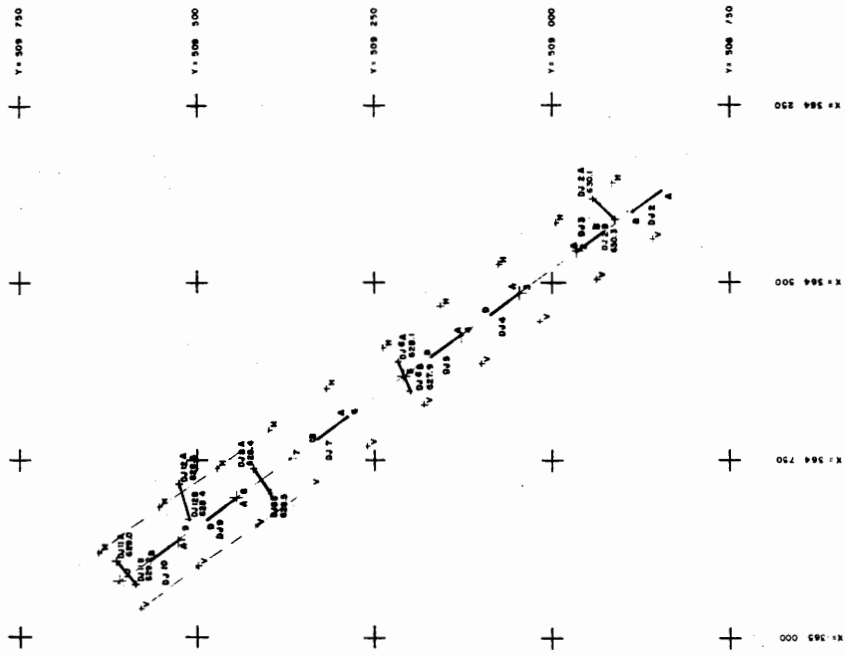


Skýringar Sjá mynd 4.1

ORKUSTOFNUN
 BESSASTAÐAÁRVIRKJUN
 Jarðlagasnið, G-lína
 SÍMHAÐ/DE/GJ/HÓ Tnr 9 Tnr 1494
 B-195 J-Viðhát Fnr 13737



D-STÍFLA - MIÐLÍNA, HLÍÐARLÍNUR



SKÝRINGAR:

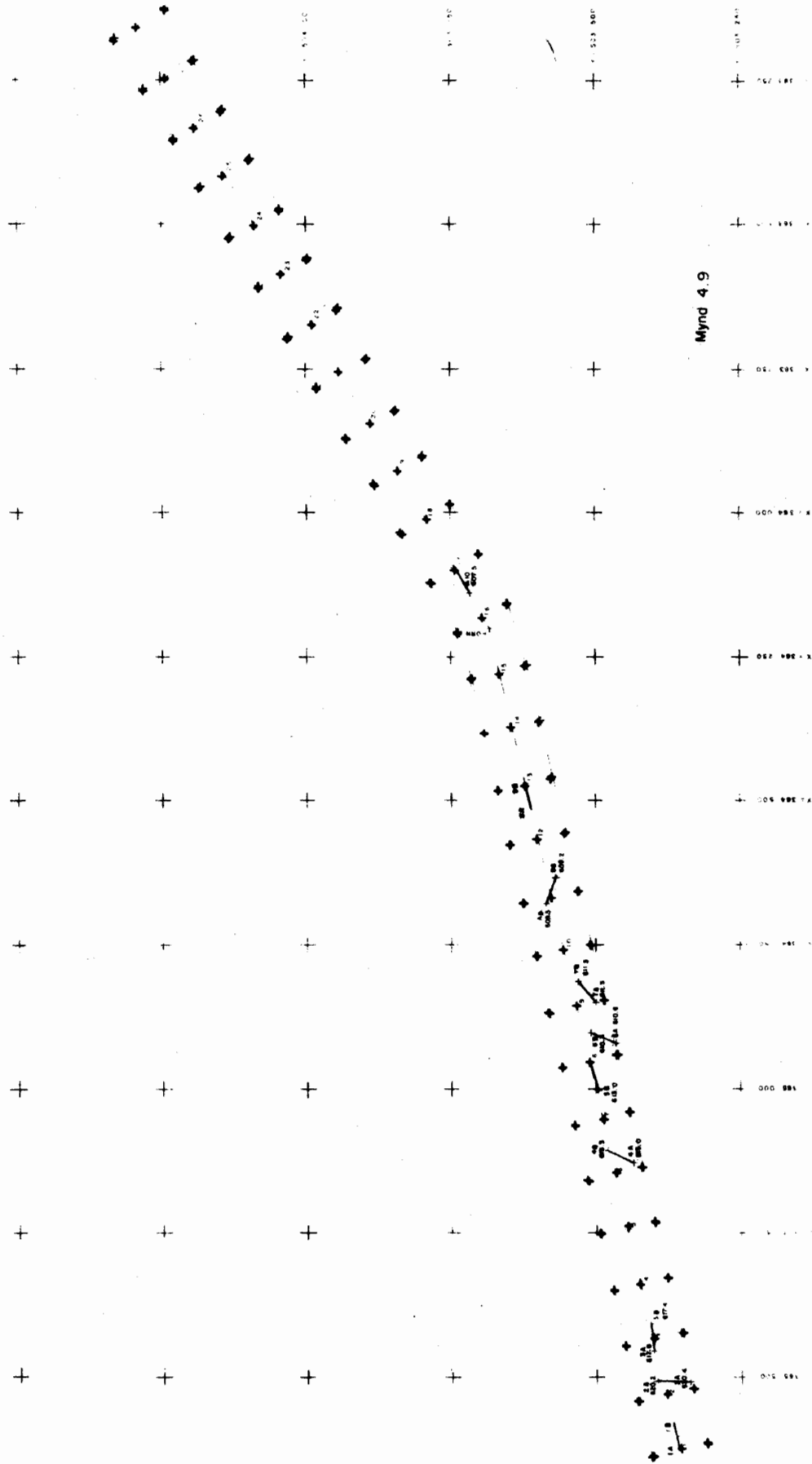
HNITAKERFI : LANDSKERFI
 HÆÐAKERFI : OS-NA-LAND

Mynd 4. B

ORKUSTOFNUN
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

D-STÍFLA	Hannað	MYT	11	D.YE
	Teiknað	LA		
STABSETNING SPRENGIMELA	Yfirleita			
HÖNNUN	Verkfræðistofa			74 600
	Höfnun			

HÓLMAVATNSSTÍFLA · MIDLINA · HLÍÐARLÍNUR



Mynd 4.9

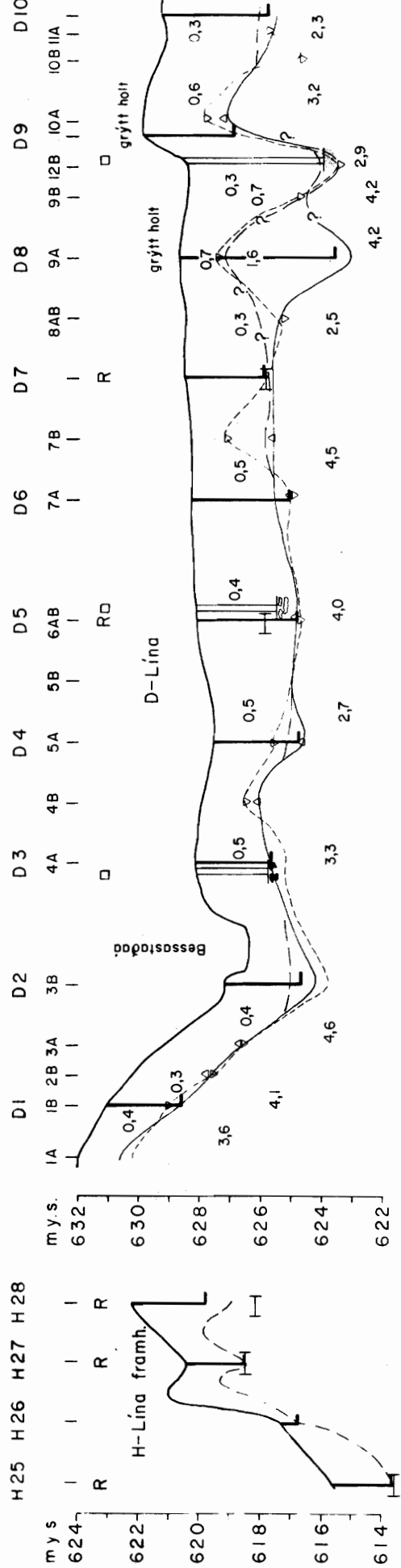
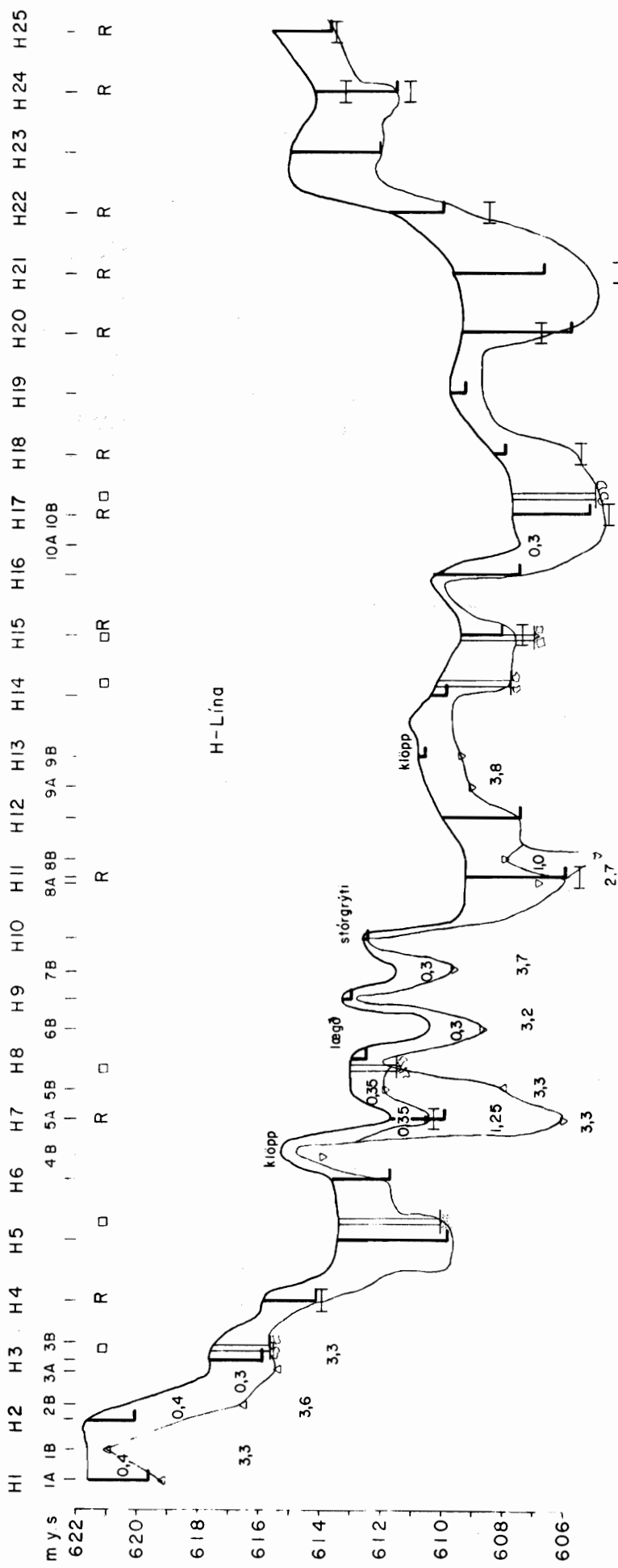
SKYRILINGAR

HNITAKERFI : LANDSKERFI
 HÆÐAKERFI : OS - NA - LAND



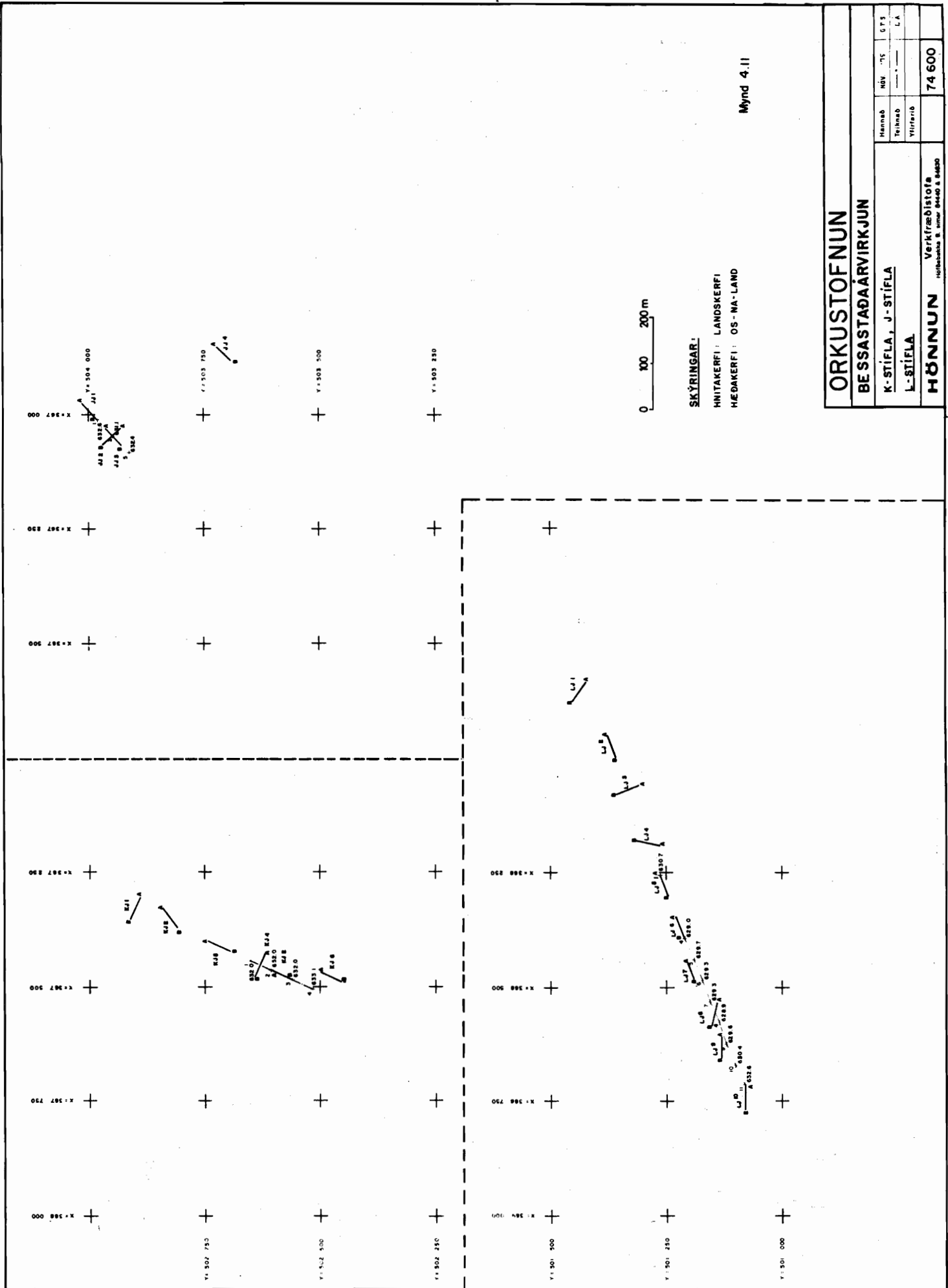
ORKUSTOFNUN	
BESSASTADAVIRKJUN	
HÓLMAVATNSSTÍFLA	Heimab. Skipt. 14. G.F.S.
STAÐSETNING SPRENGIHELIA	Teknað. K.O.B.
HÖNNUN	Vittarib.
Verkfæðistöfla	
Hölmavatnsh. 8. umbr. 8440 & 8450	
	74600

Mynd 4.10



ORKUSTOFNUN
 BESSASTADAAARVIRKJUN
 Jarðlagasnið Hog D lína
2/76/66/DE/G/HO/Ttr.26 Thr.1508
 B-195 J-Viðnámi Fnr 13789

Skýringar sjá mynd 4.1
 Dn-1 100 m Dn



SKÝRINGAR:

HNITAKERFI: LANDSKERFI
 HEDAKERFI: OS-NA-LAND

Mynd 4.11

ORKUSTOFNUN

BESSASTAÐAARVIKJUN

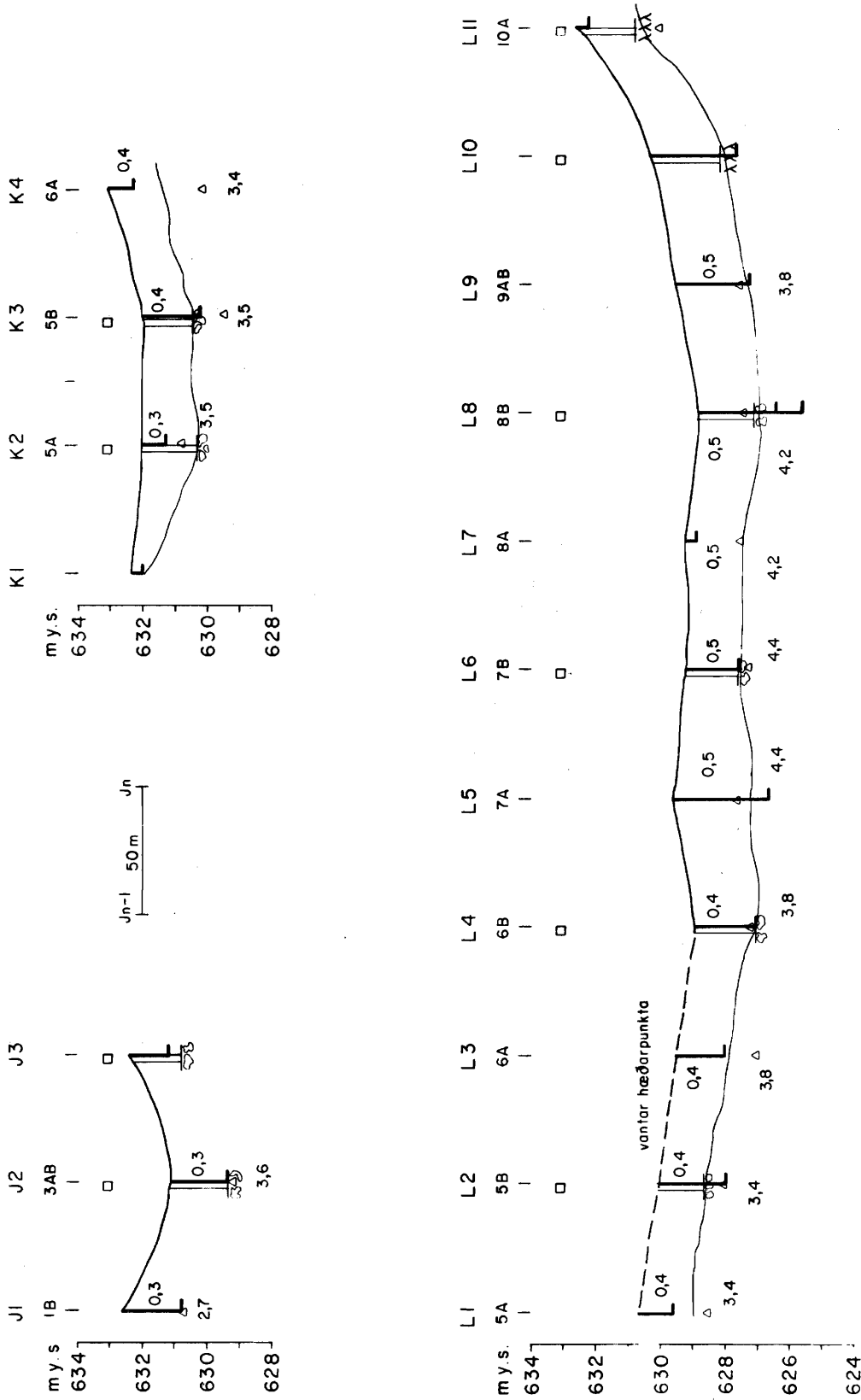
K-STÍFLA, J-STÍFLA

L-STÍFLA

HÖNNUN

Verkfælistofa
notaðar í sam. 3440 & 3445

Hannað	MÍN	GPS
Teiknað		LA
Yfirfarð		
		74 600

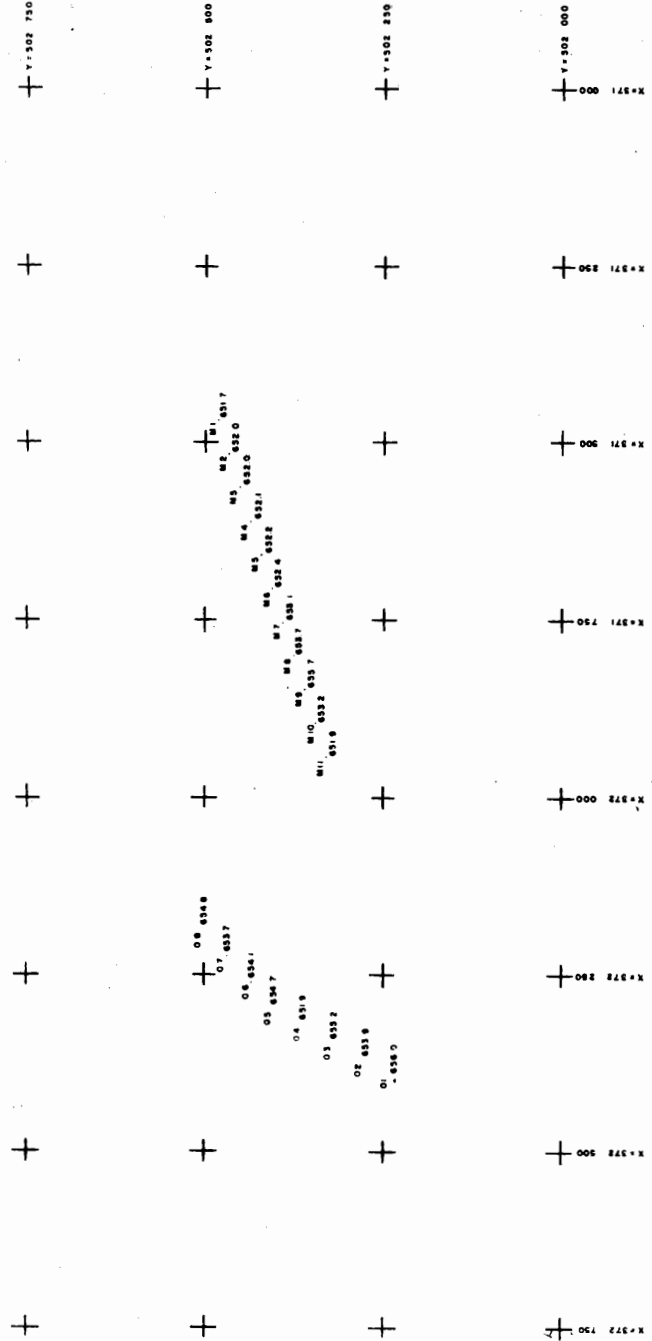


Jarðsveiflumælingar voru einnig gerðar úþ b 500 m fyrir framan L-1 (LJ1AB-LJ5AB) Niðurstöður þeirra eru ekki sýndar hér vegna þess að staðsetning er óþekkt.



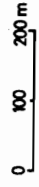
Skýringar Sjá mynd 4 1

ORKUSTOFNUN
 BESSASTADARVIRKJUN
 Jarðlagasnið J,K og L- lína
 4176H0DE/G/HO | Tr.27 Tr.1509 | Fr. 13790
 B-195 J-Viðh



SKÝRINGAR

HNIÐAKERFI: LANDSKERFI
 HÆÐAKERFI: OS - NA - LAND



Mynd 4.13

ORKUSTOFNUN

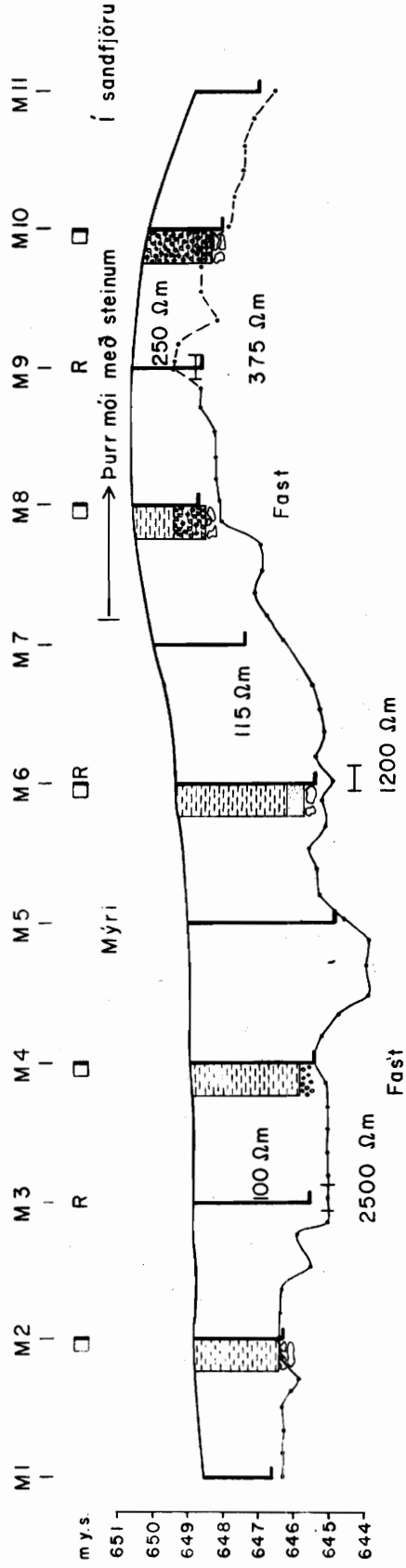
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

O - STÍFLA
 M - SKURÐUR





HÖNNUN Verkefni
 Höfnabakkur 9 símar 0440 & 0400

Hannað: MARZ '76
 B R
 Teiknað: L A
 Yfirfarið:

74 600



SKÝRINGAR:

-  Möld, mýrar- og mójarðvegur
-  Silt og leir
-  Sandur
-  Möl

- Stórgryti eða klöpp

-  Klöpp

-  Gryfja (þvermál ≈ 3 m)

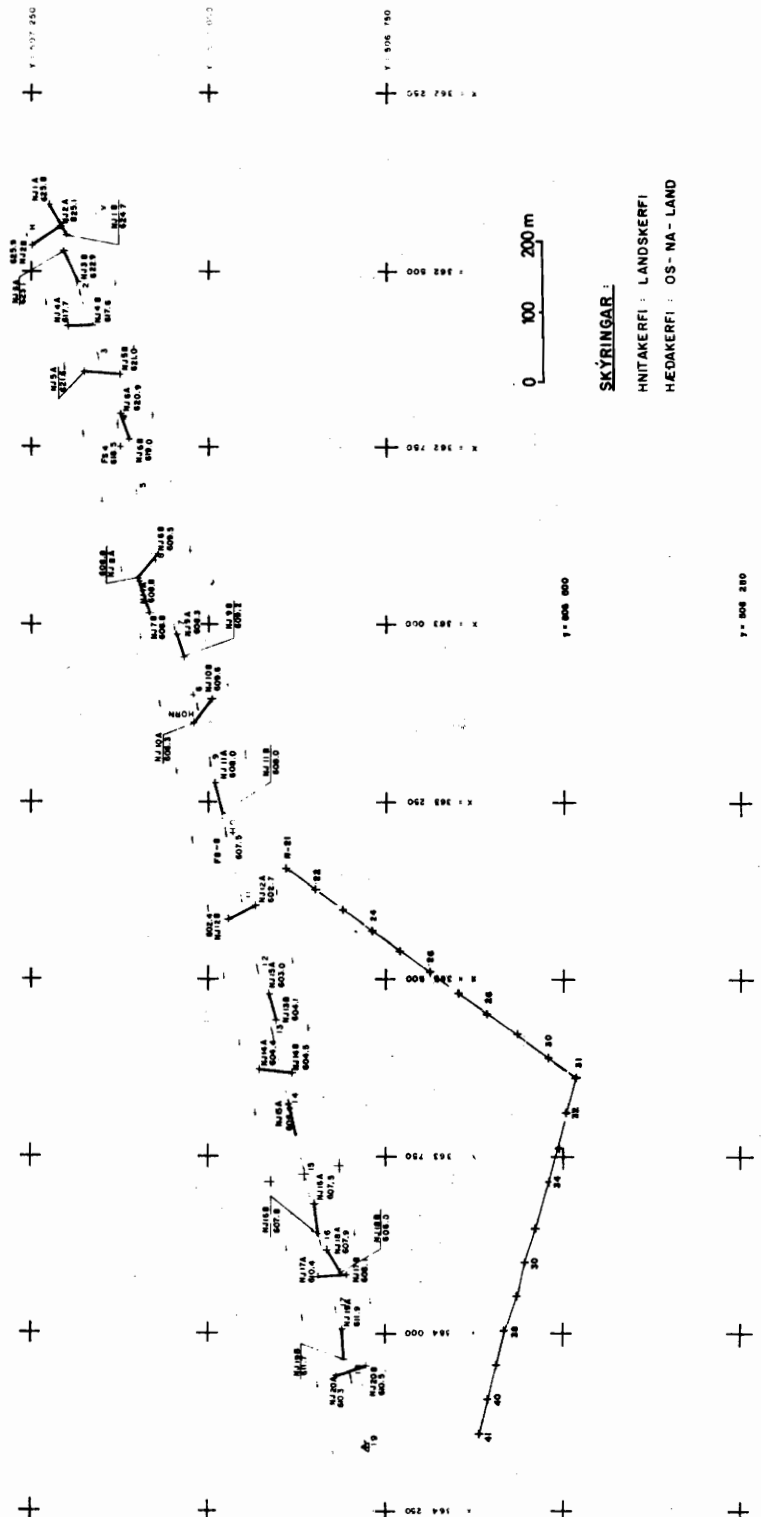
-  R Viðnámsmæling (dýptarmæling)

-  L Dýpi fengið með Borro-borun

-  Dýpi fengið með viðnámsmælingu (dýptarmæling)

-  Dýpi fengið með viðnámsmælingu (lengdarmæling)

NORÐURSTÍFLA - MIDLÍNA, HLÍÐARLÍNUR



SKÝRINGAR:

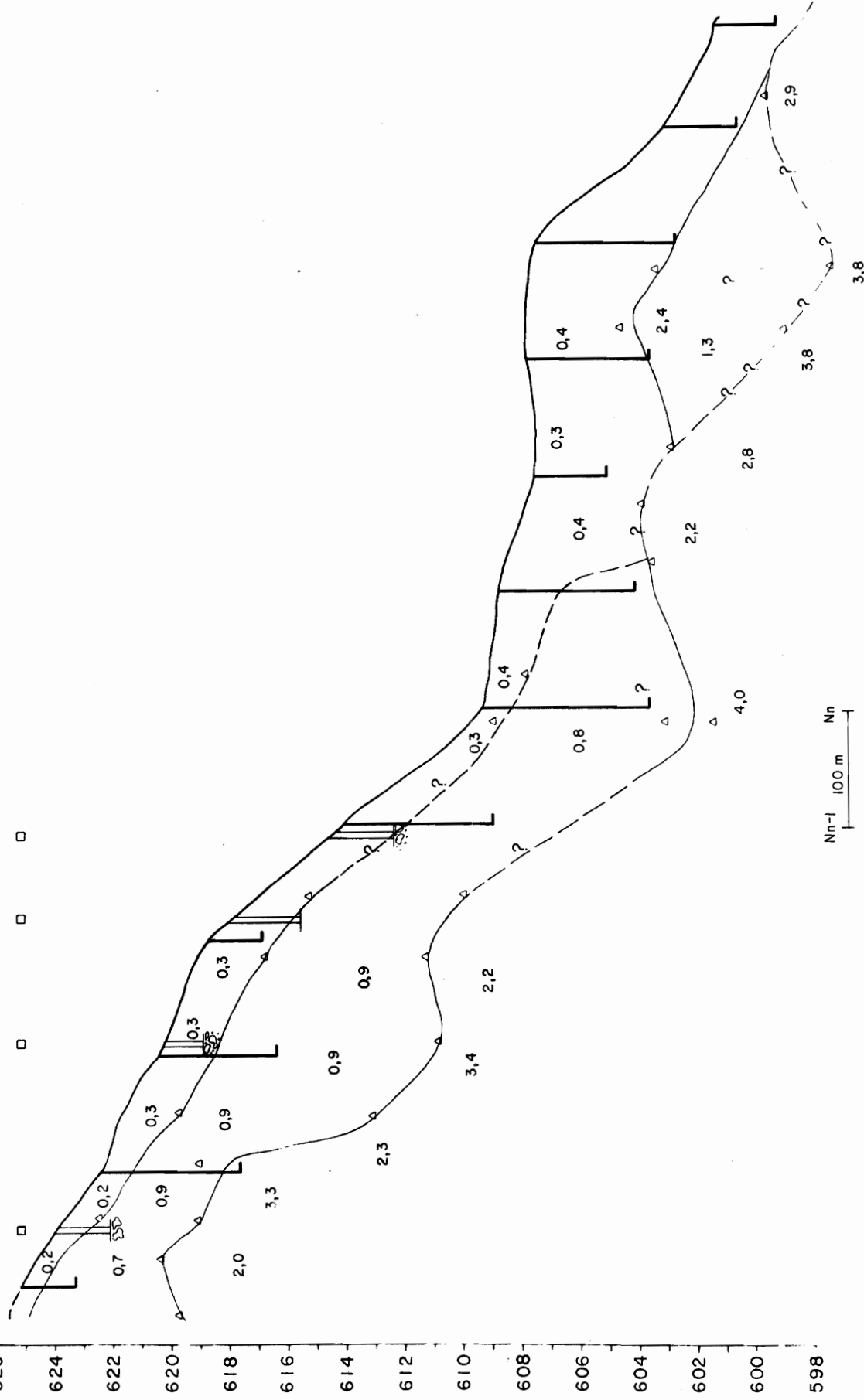
HNITAKERFI : LANDSKERFI
 HEDAKERFI : OS - NA - LAND

Mynd 4.15

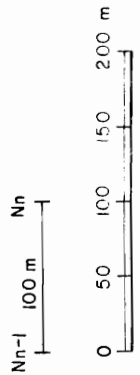
ORKUSTOFNUN	
BESSASTADARVIRKJUN	
NORÐURSTÍFLA	SEPT. '75 G.F.S.
STADSETNING SPRENGIHELA	Teiknað KJADO
HÖNNUN	Yfirritarið
Verkfæðistofa	74600
Höfundarita 9. línur 84440 & 84600	

Mynd 4.16

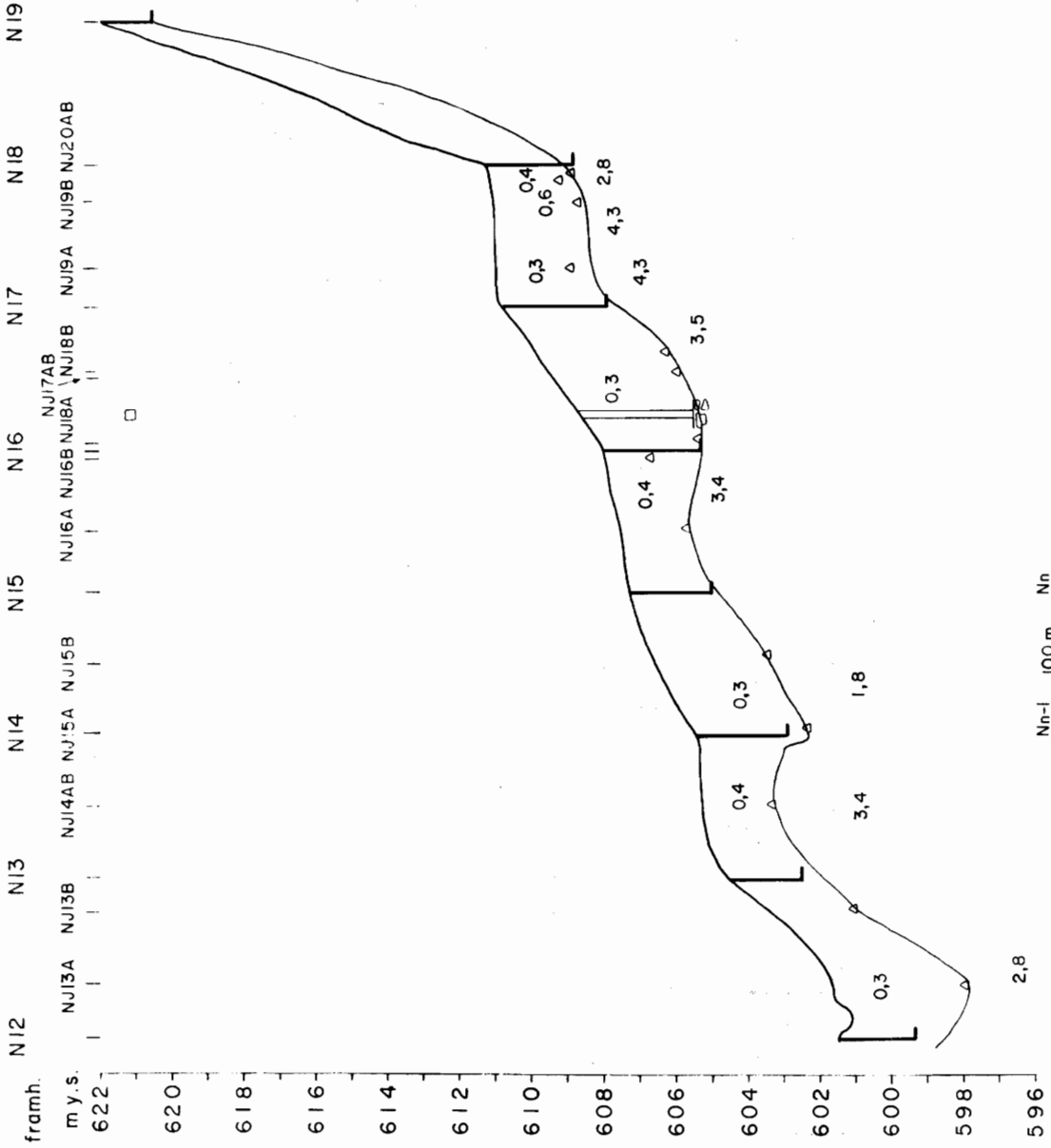
NI NJ2A NJ1AB NJ2B NJ3A NJ3B NJ4AB NJ5AB NJ6A NJ6B N4 N5 N6 N7 N8 N9 N10 N11 N12
 m y s 626 624 622 620 618 616 614 612 610 608 606 604 602 600 598
 NJ2A NJ1AB NJ2B NJ3A NJ3B NJ4AB NJ5AB NJ6A NJ6B NJ8AB NJ7B NJ9A NJ9B NJ10AB NJ11A NJ11B NJ12AB



Skýringar Sjá mynd 4.1



ORKUSTOFNUN
 BESSASTAÐARVIRKJUN
 Jarðlagasnið N-lína
 2176HG/DE/GJ/HO | Tr. 24 Tr. 1507 | Fnr. 13788
 Blað 1 af 2 | B-195 J-Viðn.

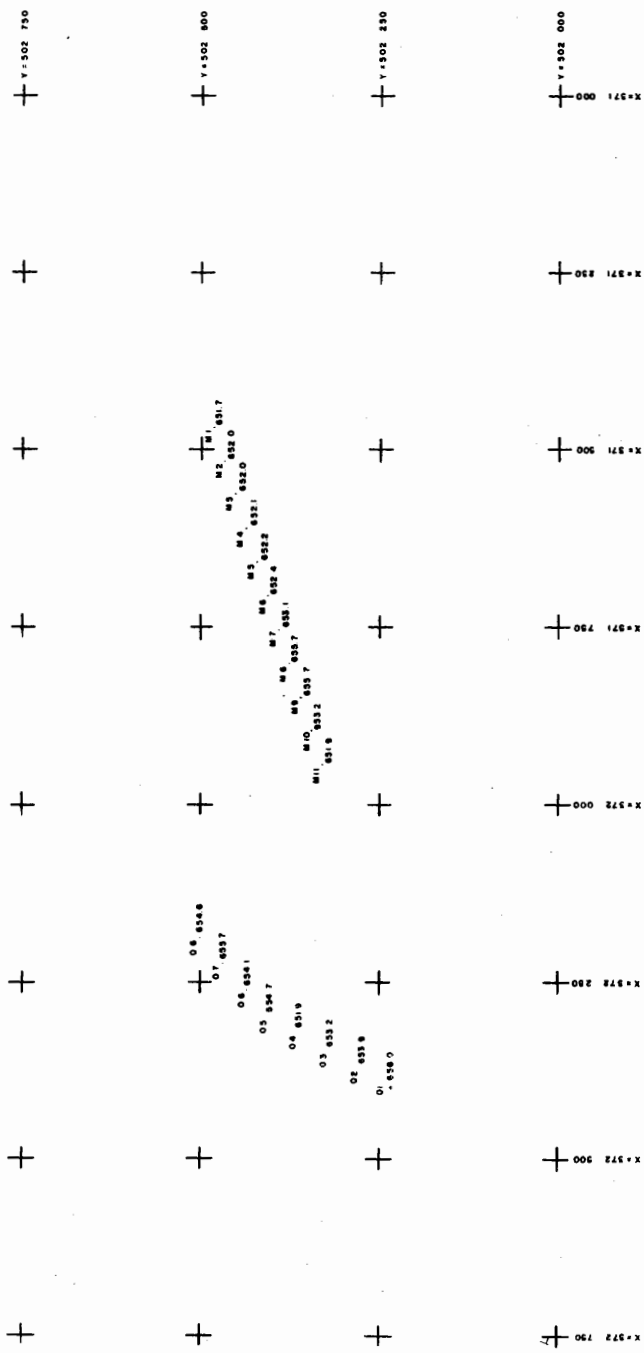


Skyringar Sjá mynd 4.1

ORKUSTOFNUN

BESSASTADARVIRKJUN
Jardlagasmid N-lina

Blad 2 of 2 Trn 25 Trn 1507 B-195 J-Vidn Fnr. 13788



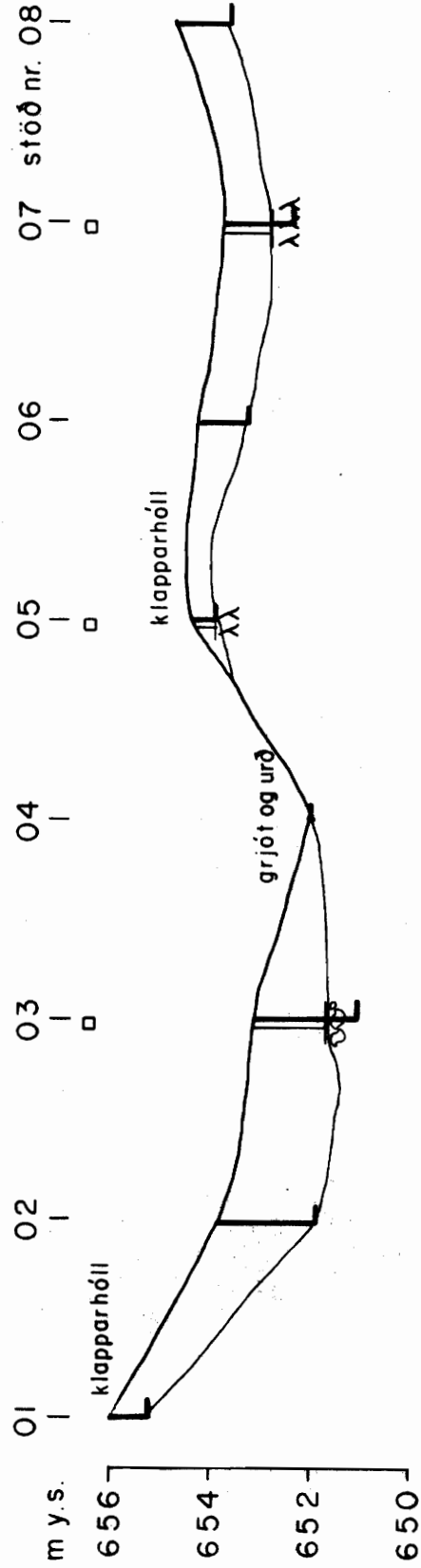
Mynd 4.18

ORKUSTOFNUN
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

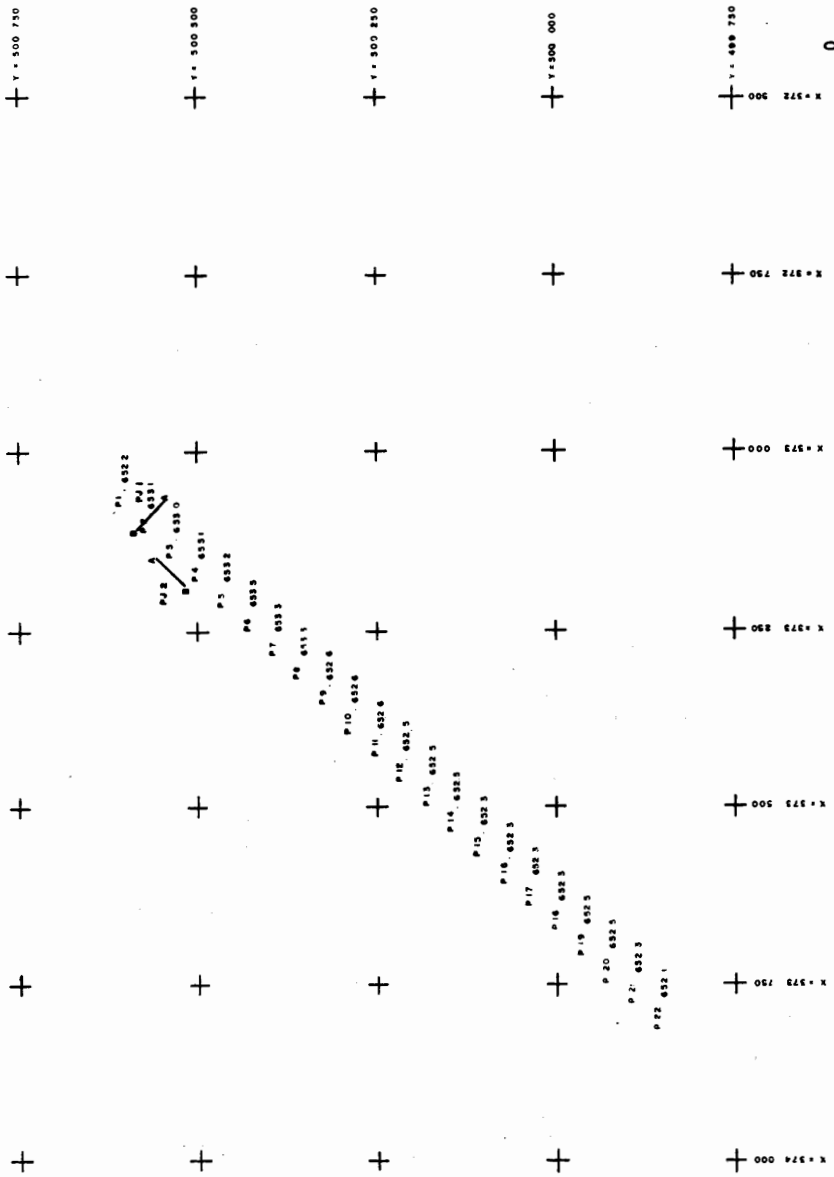
Hannab	MAÓZ '76	BR
Talhab		LA
Yfirfari		
HÖNNUN	Verkfæðistofa	74 600
	Heilabakk 9, símr. 8446 & 8430	

Skýringar sjá mynd 4.1

Mynd 4.19



0n-1 50 m 0n



SKÝRINGAR:

HNITAKERFI LANDSKERFI
HÆÐAKERFI OS - NA - LAND

Mynd 4.20

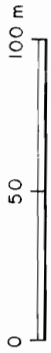
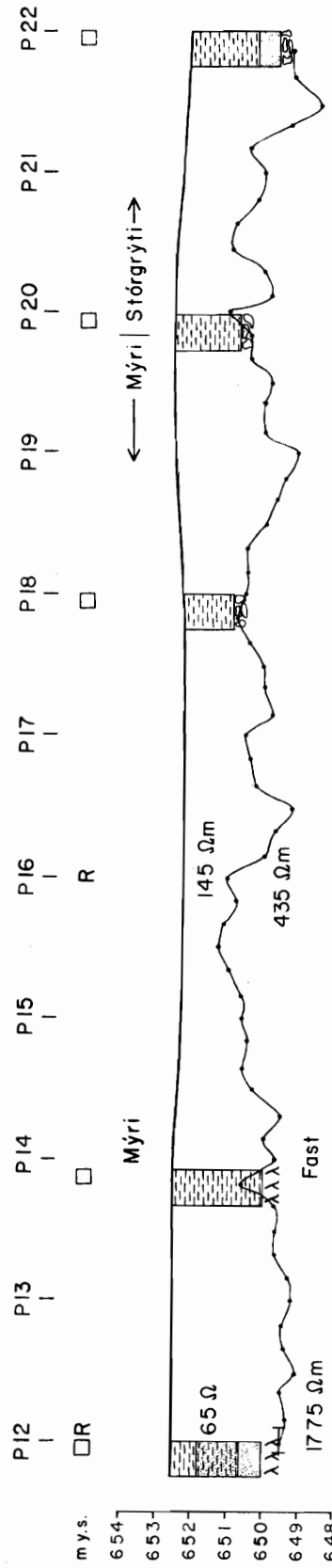
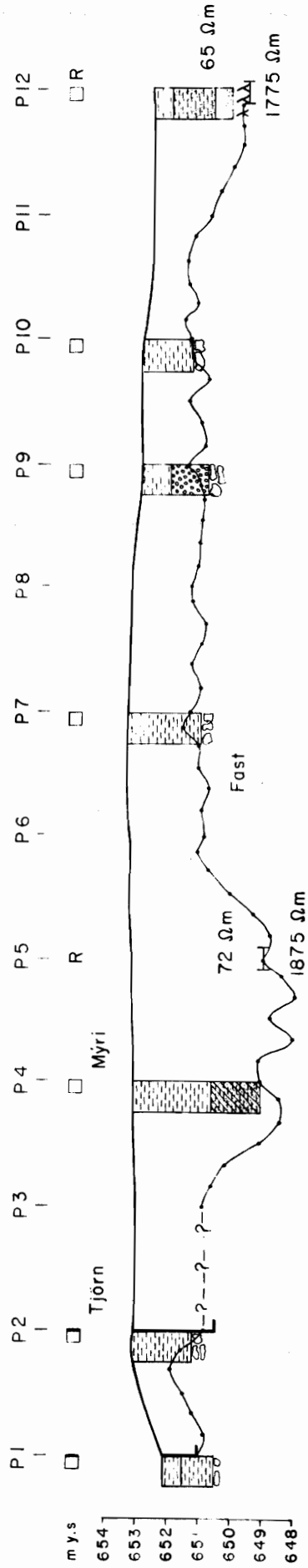
ORKUSTOFNUN
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

P-SKURÐUR

Hannað	MARZ	76	BR
Teiknað	"	"	LA
Vilfarir	"	"	"

HÖNNUN Verkfærastofa
Höfnabætur 9, Síma 84400 & 84420

74600

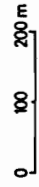
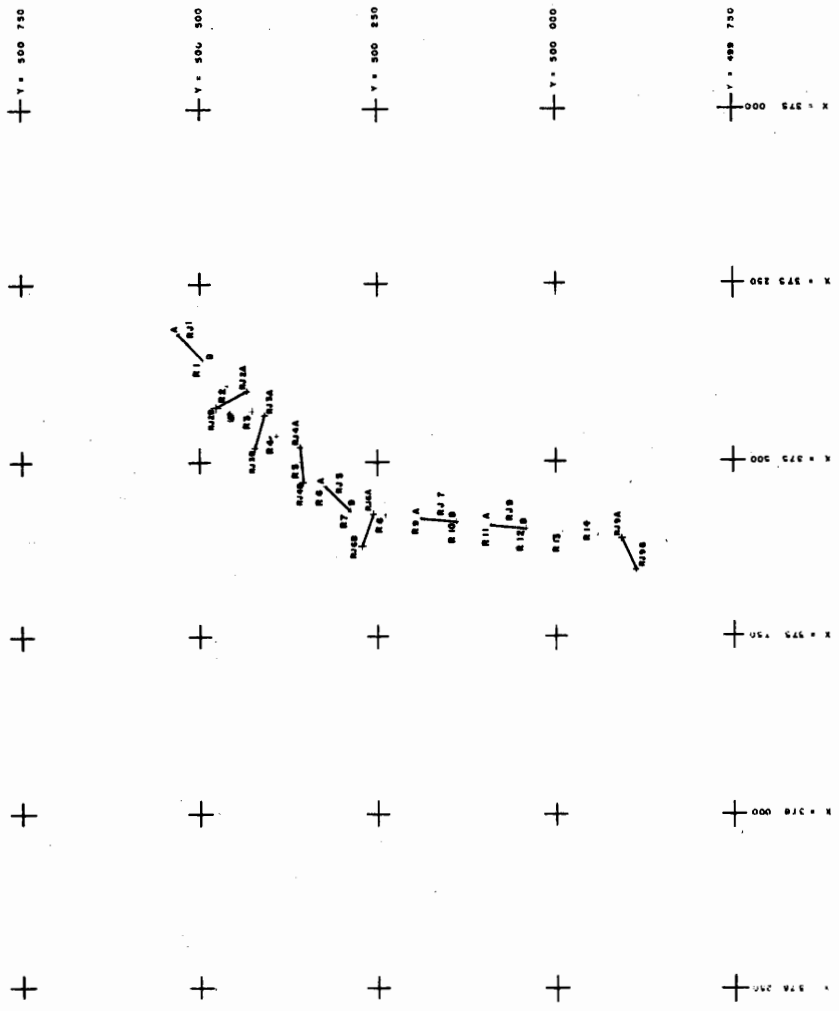


Skýringar sjá mynd 4.14

ORKUSTOFNUN

BESSASTADAAÁRVIRKJUN
 Jarðlagasnið P-lína

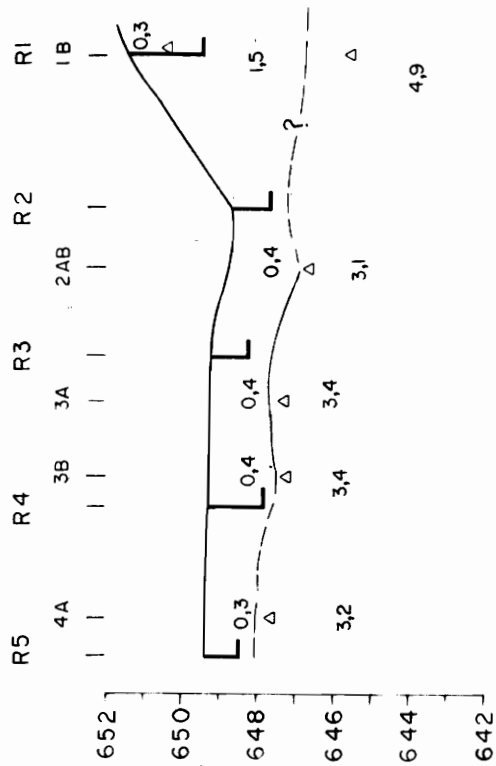
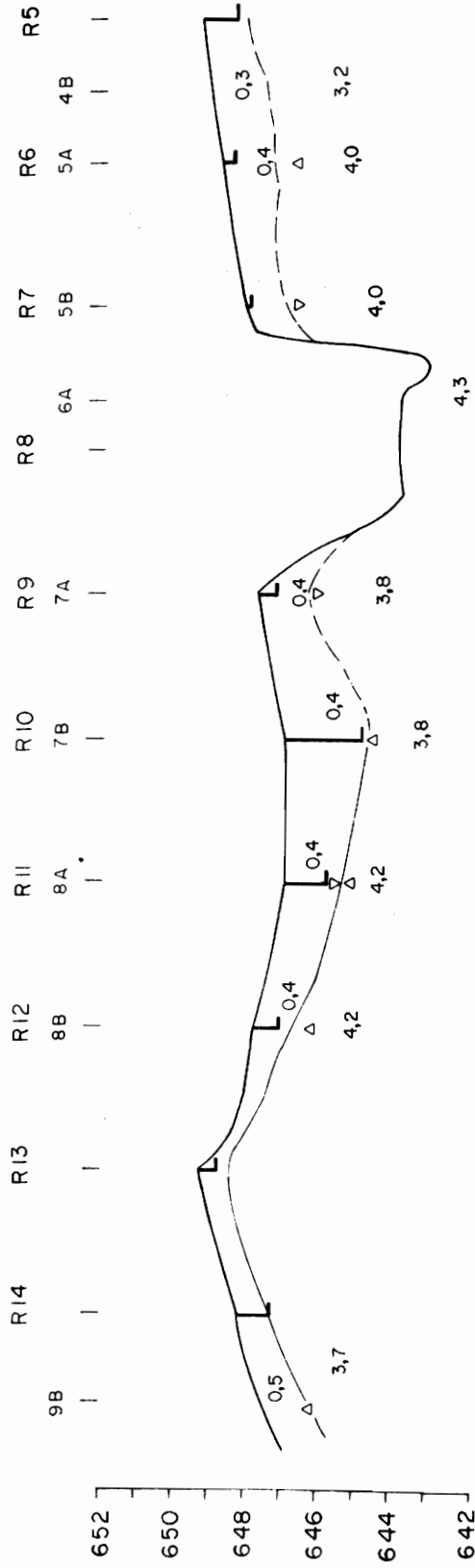
91275 DE/61/Ad Tr. 5 Tr. 1490
 B-195 J-Ván Fnr 13733



SKÝRINGAR :
 HNIÐAKERFI : LANDSKERFI
 HJEDAKERFI : OS - NA - LAND

Mynd 4.22

ORKUSTOFNUN	
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN	
R - STÍFLA	MAKZ 76 BR
STAÐSETNING SPRENGIHELA	LA
HÖNNUN	Verkfæðistöta
	74600



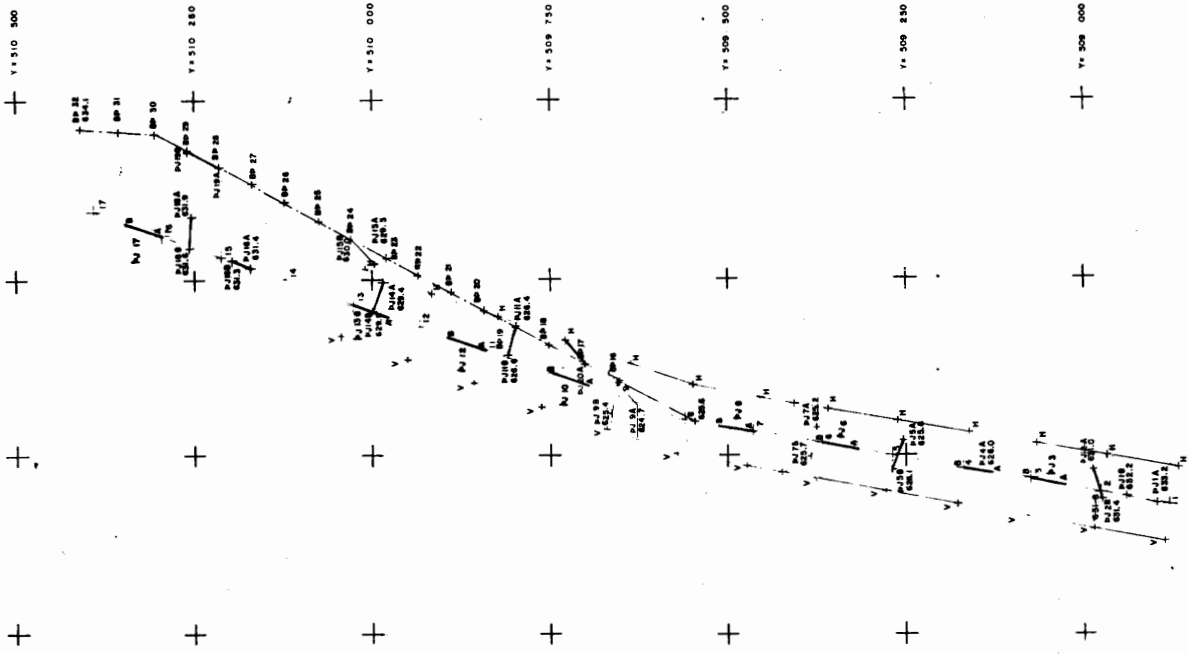
Skýringar sjá mynd 4.1

ORKUSTOFNUN

BESSAS TADAAVRIRKJUN
Jardlagasnið R-Lina

761802HG/DE/6J/A4 Tr. 32 Tr. 1564
B-195 J. Viðn. Fnr. 13942

P-STÍFLA - MIÐLÍNA, HLIÐARLÍNUR



SKÝRINGAR.

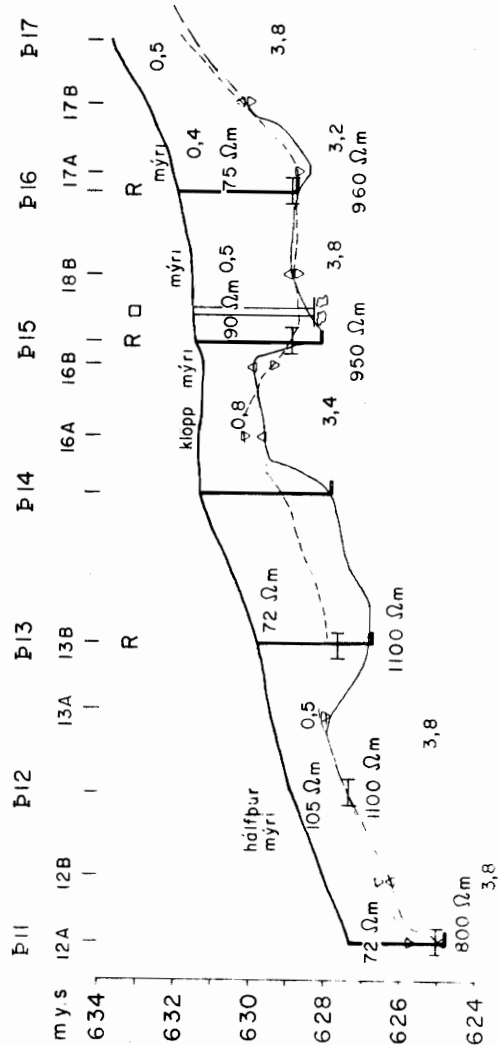
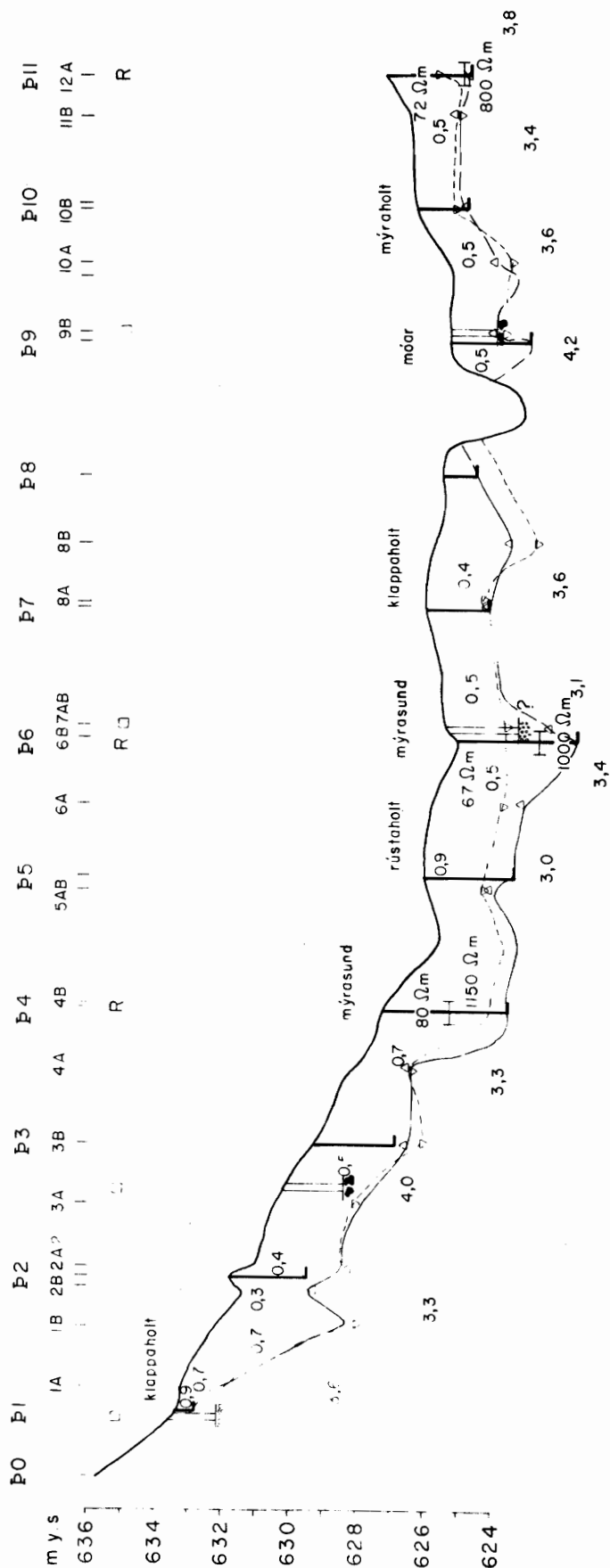
HNITAKERFI LANDSKERFI
HÆÐAKERFI OS NA-LAND

Mynd 4 24

ORKUSTOFNUN

BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

P-STÍFLA	Hinnab	GET	76	GP 3
	Teknab			L.A
	Yfirferib			
STADSETNING SPRENGIHELA				
HÖNNUN	Verkfræðistofa			74 600
	HOUBAHLAUS 8, LINDA 8440 & 8450			



Skýringar Sjó mynd 4.1



ORKUSTOFNUN

BESSASTADAAVRIRKJUN

Jarðlagasnið, þ-lína

7176HG/DE/GU/HQ Tnr 10 Tnr 1495

Þ-195, J-Viðarmi

Fnr. 13738 a