

# VESTFJARÐALÍNA

Þverun á Gilsfirði, könnun á þykkt setlaga

Ágúst Guðmundsson  
Birgir Jónsson  
Arnlaugur Guðmundsson  
Jósef Hólmjárn

*Hrefna*

 ORKUSTOFNUN  
Raforkudeild

# VESTFJARÐALÍNA

**Þverun á Gilsfirði, könnun á þykkt setlaga**

Ágúst Guðmundsson  
Birgir Jónsson  
Arnlaugur Guðmundsson  
Jósef Hólmjárn

OS-ROD - 7812

Unnið fyrir  
RARÍK, Línudeild  
April 1978

## EFNISYFIRLIT

Inngangur	bls. 1
Fyrri rannsóknir	" 2
Notkun aflmikilla hljóðbylgjutækja við þykktarmælingar á setlögum	" 4
Framkvæmd Boomer þykktarmælinganna	" 6
Jarðsveiflumælingar	" 7
COBRA boranir	" 7

## TÖFLUR

1. COBRA borun	bls. 8
2. Jarðsveiflumælingar S-1 til S-6	

## MYNDIR

1. Skýringarmynd af uppsetningu tækja við setlagarannsóknir	bls. 5
2. COBRA borun í Gilsfirði (GC-1)	
3. Kornastærðarlínurit; yfirborðs-sýni úr mórenu af leirunum út af Kaldrana.	
4. Kort og þversnið er sýna þykkt setlaga í Gilsfirði (kort samanbrotið í vasa).	

VESTFJARÐALÍNA

ÞVERUN Á GILSFIRÐI

KÖNNUN Á ÞYKKT SETLAGA

Inngangur

Dagana 29. sept. til 4. okt. 1977 voru framkvæmdar Boomer endurkastsmælingar (Boomer reflection) og jarðsveiflumælingar (Seismic refraction) á botnseti í Gilsfirði að beiðni Línudeildar RARIK, vegna væntanlegrar Vestfjarðalínu. Einnig var boruð ein hola í setið með COBRA jarðgrunnsbor. Mælingarnar unnu starfsmenn Orkustofnunar, þeir Jósef Hólmjárn, Arnlaugur Guðmundsson og Ágúst Guðmundsson í samráði við Birgi Jónsson.

Til verksins var fenginn dráttarbáturinn Hrótey frá Reykhólum ásamt skipstjóra. Boomer-mælingarnar voru gerðar á stórstraumsflóði að morgni og kveldi en jarðsveiflumælingarnar framkvæmdar á fjörunni um miðjan daginn.

Sprengd voru tvö jarðsveiflusnið (S 6, A og B og S 5, A og B) til þess að fá fram hljóðhraða setlaganna, auk þess að kanna dýpi á klöpp. Staðsetning þessara jarðsveiflusniða ásamt staðsetningu eldri jarðsveiflumælinga frá 1976 er sýnd á meðfylgjandi korti (Mynd 4 í vasa).

Berggrunnurinn við utanverðan Gilsfjörð er gerður úr basalhraunlögum og hallar þeim til SA eins og sjá má við Króksfjarðarnes. Leirurnar úti á firðinum eru úr lausu eða hálf-samlímdu seti en upp úr því standa brúnir hraunlaga, svo sem í Garpsdalsey og nærliggjandi skerjum. Var því markmið rannsóknarinnar að kanna sem nánast þykkt og þéttleika þessara setlaga með það fyrir augum að reisa á setinu eða undirlagi þess burðarmöstur fyrir háspennulínu.

### Fyrri rannsóknir

Árin 1963 og 1964 gerði Haukur Tómasson nokkrar jarðfræðilegar athuganir við Gilsfjörð vegna fyrirhugaðrar háspennulínu yfir fjörðinn. Auk þessara athugana voru á sama tíma framkvæmdar dýptarmælingar í firðinum á vegum Sjórnáringa Íslands og gert dýptarkort. Haukur benti á að skerir í firðinum væru almennt efri brúnir hallandi hraunlaga og að leirurnar væru til orðnar vegna sjávarrofs á gömlum jökulgörðum. Væri grjótdreifin á leirunum til komin á þann hátt að sjórinn hafi skolað finna efninu í burtu.

Orórétt segir í greinargerð Hauks: "Hæðardrag það sem liggur með sjónum í Saurbænum, er gömul jaðarurð jökuls frá síðustu ísöld. Þessi jaðarurð hefur haldið áfram yfir Gilsfjörð og eru leirurnar þar að einhverju leyti leifar þeirrar jaðarurðar. Hefur hún brotnað niður af ágangi sjávar. Hin bogadregna fremri brún mórenunnar kemur vel fram á korti Gunnars Bergsteinssonar (Sjórnáringar Íslands, 3/5 '64) sem ytri brún þess svæðis sem upp úr kemur á flóði. Þar sem innsýn er í jaðarurðina, virðist hún vera leirrík mórena og eru mörg skriðuför í henni. Þar sem hún snýr að sjónum. Þegar vaðið er út frá Kaldrana í átt til Garpsdalseyjar, sést víða á mórenuna í botni og virðist hún liggja þar undir örþunnri dreif af sandi og steinum. Sýnishorn var tekið af mórenunni úti á leirunum og var kornastærðardreifing sýnishornsins mæld. Um 50% af sýnishorninu er méla og 10% leir. Passar þessi kornastærðarsamsetning vel fyrir jörð sem á að vera nokkuð skriðuhætt sem og hún virðist vera út frá útliti hennar við Kaldrana. Sjá mynd 3.

Nokkur greinileg sker standa upp úr leirunum. Virðast þau liggja í þrem skerjaröðum. Í vestustu skerjaröðinni er Nónsker, í miðskerjaröðinni Garpsdalsey og Eyjabarn og sennilega nær hún upp undir Kaldrana og ver hann ágangi sjávar. Á tveimur stöðum á þessari skerjaröð er svo mikið um björg ofan á leirunum, að líklegt er, að þar sé fastur berggrunnur rétt undir. Annar staðurinn er 2-300 m frá Kaldrana en hinn staðurinn rúman km úti. Í austustu skerjaröðinni er eitt sker".

"Ekki er ljóst hvort öll leiran út af Kaldrana er mórena að stofni til en austan til sér ekki á mórenuna, heldur eru þar sandeyrar sem sennilega eru á stöðugri hreyfingu".

Enn segir í skýrslu Hauks:

Tæknilegir eiginleikar.

"Sandur og mól hafa þann eiginleika, að auðvelt er að reka niður staura og annað en í hinum mikla straumi í Gilsfirði er hætt við að grafist frá staurum í sandi. Þurfa því undirstöður að ná nokkuð niður í sandinn. Ekki er hætt við neinu sigi í sandi og mól".

Mórenan er mjög hörð þegar undir yfirborði. Ekki er fullvíst hvort unnt er að reka staura í hana.

Horfið var frá því að leggja stauralínu yfir fjörðinn og í stað þess var lagður sæstrengur. Árin 1975 og 1976 mældu Landmælingar OS fyrir nýrri háspennulínu (Vestfjarðalínu) frá Hrútafirði, vestur í Mjólkár-virkjun. Í skýrslu um mælingarnar kemur fram að á grynningunum við norðanverðan fjörðinn sé góð undirstaða (klappir), þ.e. frá Þrætuskeri til norðurs.

Í sept. 1976 gerðu Sveinn Þorgrímsson og Jósef Hólmjárn jarðsveiflu-mælingar í Gilsfirði í samráði við Birgi Jónsson, til þess að kanna þykkt botnsetanna í firðinum vegna fyrirhugaðrar Vestfjarðalínu. Í framhaldi af athugun þeirra var gerð rannsókn sú sem hér er lýst. Sérstaklega skal á það bent, að nokkur breyting hefur orðið á þeirri mynd sem áður var sett fram af botnlögum í Gilsfirði, frá Kaldrana út í Eyjarbarn (mynd 2 í skýrslu OS-ROD-7724, Birgir Jónsson 1977) og er sú breyting til orðin í ljósi nýrra upplýsinga með Boomer-mælingum og endurskoðaðra staðarákvarðanna.

Notkun aflmikilla hljóðbylgjutækja við þykktarmælingar á setlögum.

Eðli Boomer-mæliaðferðarinnar.

Mæling á sjávardýpi og þykkt jarðлага með hljóðspeglunaraðferð (Seismic reflection) fer fram á þann hátt að búin er til hljóðbylgja með sprengiefni, rafsegulshamri (boomer) eða einhverri annarri snöggri hreyfingu hljóðgjafans. Bylgjan berst síðan út í því efni, (t.d. sjó) sem umlykur sendinn. Á mörkum annars efnis t.d. á sjávarbotni, endurkastast hluti orkunnar en hluti berst inn í hitt efnið og getur endurkastast frá enn öðrum lagamótum í því.

Tíminn sem líður frá því að bylgjan lagði af stað frá sendinum og þangað til hinn endurkastaði hluti hennar berst aftur til móttakarans er síðan mældur nákvæmlega. Sé hljóðhraði í viðkomandi efni þekktur má auðveldlega reikna út vegalengdina frá sendi til þess staðar sem bylgjan endurkastast frá og þar með þykkt einstakra jarðлага. Fjarlægð á milli sendis og móttakara er venjulega lítil, miðað við vegalengd þá sem endurkastaða bylgjan fer.

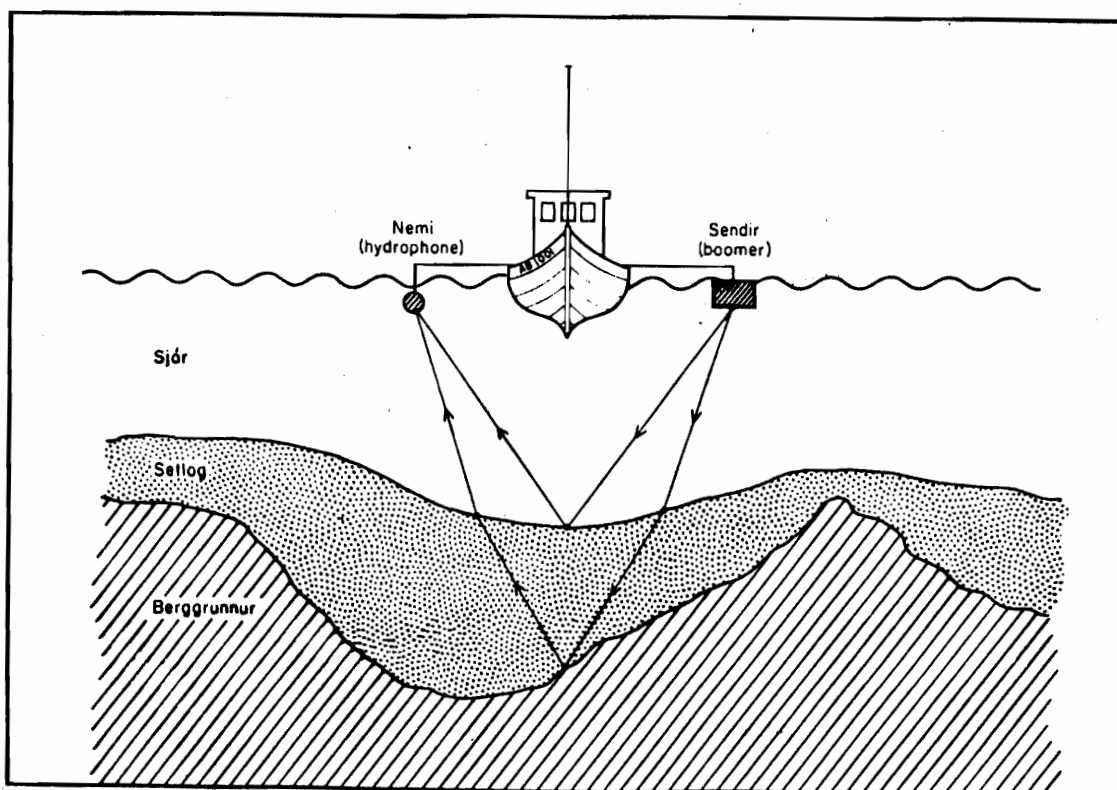
Aðeins hluti orkunnar frá sendinum endurkastast frá lagamótum og berst aftur til móttakarans, hinn hluti orkunnar tapast í efninu. Fer það einkum eftir gerð efnisins og svo tíðni (bylgjulengd) bylgjunnar, hversu mikil orka tapast og hve auðveldlega bylgjan berst í gegnum efnið. Almennt má segja að eftir því sem öldulengdin er meiri (og þá tíðnin lægri) þeim mun auðveldar berst orkan áfram í set og berglögum. Venjulegir dýptarmælur skipa hafa háa tíðni, þannig að bylgjur þeirra endurkastast að mestu strax við sjávarbotninn en tæki sem eiga að kanna lög undir sjávarbotni hafa mun lægri tíðni til þess að bylgjur þeirra smjúgi niður í botnlögin. Við setlagaathuganir á grunnsævi þykir hentugt að nota bylgjur á tíðnisviði 100-1000 Hz séu setlögin ekki þykkari en nokkrir tugir metra.

Upplausn eða hæfileiki hljóðbylgjutækja til að greina sem þynnst lög eru í öfugu hlutfalli við bylgjulengdina þannig að þykkt þynnstu laga sem greind verða er af sömu stærðargráðu og bylgjulengdin (500 Hz. samsvara um 3 m bylgjulengd í sjó og leir). Af framansögðu má ráða að við setlagamælingar verður að þræða hinn gullna meðalveg milli þess

hversu nákvæma sundurgreiningu á hinum ýmsu þáttum setsins á að fá fram og þess, hversu djúpt á að skyggjast í setlögum.

Eðlisfræðilegir eiginleikar jarðlaga stjórna hegðun hljóðbylgja sem berast um þau. Hljóðbylgjur berast auðveldlega gegnum sum lög eins og t.d. leir, sand og óharðnað set. Aftur á móti endurkastast mest-öll orka hljóðbylgjanna frá hraunlögum og hörðum setlögum eins og t.d. samlímdum jökulruðningi. Þess ber sérstaklega að geta að set úr lífrænum plöntu- og dýraleifum (svo sem skeljasandur) og þétt botnþang eru nær alveg ógegnsæ gagnvart hljóðbylgjum. Því getur verið erfiðleikum bundið að kanna botngerð neðan slíkra laga. Nákvæmni þessarar mæliaðferðar er oftast um 10% en við erfiðar aðstæður getur hún farið langt út fyrir þau mörk svo sem ef skeljasandur eða mikill botngróður hylja undirlagið.

Hér á eftir er sýnd skýringarmynd af uppsetningu tækja við setlagarannsóknir. Mældur er tíminn sem tekur hljóðöldu að fara frá sendinum, endurvarpast frá botnlögum og berast til nemans. (eftir Axel Björnsson '75).





Framkvæmd Boomer þykktarmælinganna.

Forsenda þess að hægt sé að kanna þykktir setlaga með Boomer endurkasti, er að vita sem nánast hljóðhraða þeirra, vegna þess að dýpið er reiknað út frá jöfnunni,  $\text{vegalengd} = \text{hraði} \times \text{tími}$ . Reyndist hljóðhraðinn í þessum setlögum oftast vera 1,5-1,6 km/sek en fór upp í 1,9 km/sek á afmörkuðum svæðum og er líklegt að hörðun á setinu valdi þeim hækkaða hljóðhraða sem þar mældist. Sent var út hljóðmerki með 0,9 sek. millibili og mælt á tíðnisviðinu 300-600 Hz. Þar sem það virtist gefa besta raun. Síðan var siglt á nálægt 2ja sjómílna hraða. Reynt var að sigla samsíða línur með nálægt 100 m millibili en vegna mjög harðra strauma urðu siglingalínurnar æði hlykkjóttar. Línurnar eru teiknaðar inn á meðfylgjandi kort (mjóar brotalínur) og tölusettir staðarákvörðunarpunktar sem starfsmenn Rafmagnsveitna ríkisins mældu jafnóðum, eru látnir fylgja með. (Sjá mynd 4 í vasa).

Víða fékkst gott endurkast frá "klöppinni" undir setlögnum en annarsstaðar urðu niðurstöðurnar óljósar líklega vegna þess að botnþangið truflaði mælingarnar. Túlkun á niðurstöðum setþykktarmælinganna er sýnd á meðfylgjandi korti, þar sem reynt er að sýna landslagið undir botnsetinu, eins og það birtist á útskrift Boomer-sveiflutækisins. Sýnd eru 2 snið gegnum botnsetið en við vinnslu kortsins voru gerð þversnið gegnum setið eftir öllum siglingalínunum og eru þau gögn til á Raforkudeild Orkustofnunar.

Ekki virtist setið vera samfelld einleitt efni yfir allt svæðið heldur fannst "harðara" lag í setinu á 4-8 m dýpi um 1 km norður af tá Kaldrana og liggur lagið þaðan í átt að þverskurðarlínu A-B.

Vegna þess hve víða var grunnt á "klöpp" samkvæmt útskrift Boomer tækisins og sökum þess að um 7 m eru á milli sendis og móttakara (til þess að minnka truflanir) var ferðalag endurköstuðu bylgjunnar reiknað sem um þríhyrning væri að ræða og var þá fjarlægðin frá bátinum til "klappar" (það sem reiknað var) önnur skammhlið þríhyrningsins, eftir að honum hafði verið skipt í tvennt um lóðréttu línu.

Auk þess var reiknað með hljóðhraðanum 1,5 km/sek sökum þess að hljóðhraði setlaganna var víðast 1,5 - 1,6 km/sek. Sjávardýpið var sem næst 4 m á meðan mælingar voru gerðar. Þessar forsendur geta því líklega leitt til sem næst 15% skekkju á takmörkuðum svæðum, þar sem hljóðhraði setlaganna hækkar (þ.e. raunverulegt dýpi á "klöpp" er þar nokkru meira en virðist á þversniðunum).

#### Jarðsveiflumælingar

Þær mælingar sem gerðar voru 1976 og eru staðsettar á kortinu eftir þverskurðarlínu A-B (merktar A.1.A-B til A.4.A-B) sýndu að líðlega 20 m dýpi er á klöpp undir mælistöðunum. Boomer mælingum ber vel saman við þessar niðurstöður. Aftur á móti sýna jarðsveiflumælingar sem gerðar voru 1977 á stöðum S.5.A-B og S.6.A-B um 5-6 m meira dýpi en fram kemur með Boomer endurkasti. Tafla 2 sýnir helstu niðurstöður jarðsveiflumælinganna, svo sem þykkt laga og hljóðhraða.

#### COBRA boranir

Cobra er nafn á litlum jarðgrunnsbor og rekur hann niður stangir sem eru 25 mm í þvermál. Borinn lemur á stangirnar líkt og lofthamar og er síðan hægt að geta sér til um eiginleika þess efnis sem borað er í út frá þeirri mótstöðu sem stangirnar verða fyrir. Hámarksþykkt lausra setlaga sem unnt er að kanna með þessum bor er um 20 m. Vex ónákvæmni í aðgreiningu einstakra laga innan setsins er neðar dregur m.a. vegna núningsmótstöðu stanganna við holuvegginn. Mældur er sá tími sem það tekur borinn að lemja stangirnar niður um hverja 20 cm og er þetta síðan fært inn á borhraðalínurit „ borhraði í sek/20 cm.

Áætlað var að bora nokkrar holur í Gilsfirði um leið og Boomer mælingarnar voru gerðar en vegna slæmra veðurskilyrða náðist aðeins að bora eina holu norðvestur af Nónskeri (merkt GC-1 og er borhraðalínurit hennar sýnt á mynd 2).

Svo sem sjá má af línuritinu er efsti hluti setsins mjúkur og gengur borinn auðveldlega í gegn um fyrsta metrann. Síðan fer setið að harðna og á tveggja metra dýpi er mjög þétt lag um 1 m að þykkt en síðan koma tæplega tveir metrar af lausara seti uns klöpp eða mórenu

er náð á 4,8 m dýpi. Til samanburðar má geta þess að mölin í holtunum í Mosfellssveit og þar sem stóru malarnámurnar eru norðan við Þingvalla-vegin skammt ofan vegamóta Vesturlandsvegur, hefur borhraða sem almennt mældist vera á bilinu 20-50 sek/20 cm. Á þessum holtum hafa bæði verið reistar byggingar og háspennulínur. Er harða millilagið í borholunni í Gilsfirði mun þéttara en efnið í þessum holtum.

Vegna þess að botnsetið í Gilsfirði er mjög fínkorna efni (svo sem sjá má á kornastærðarferli á mynd 3), er líklegt að samloðun í setlögnum valdi verulega hægari borhraða en vænta mætti af mól með svipað burðarþol og er þess vegna ekki hægt að heimfæra töflu 1 upp á setlögin í Gilsfirði, enda þótt hún gefi nokkra vísbendingu.

Út frá samanburði við Borro boranir og ónákvæmar upplýsingar um samband burðarþols og borhraða með Borro bor má mjög gróflega heimfæra þessar burðarþolsupplýsingar yfir á Cobra borun og skal því sett upp eftirfarandi tafla um þetta samband og gildir hún aðallega fyrir mól.

Tafla 1.	Borhraði $\dot{p}$ sek/20 cm	Burðarþol kg/cm <sup>2</sup>	
	1-5	-	< 1
	5-10	-	~ 1
	10-20	-	~ 2
	20-60	-	~ 3

Enn skal hér undirstrikað að Cobra borinn er svo ónákvæmur í þessu tilviki að aðeins má líta á þetta sem grófar ágiskanir.

Heimildir:

- Axel Björnsson 1975. Mæling setlaga á sjávarbotni. Tímarit verkfræðingafélags Íslands. v 60 bls. 18-22.
- Birgir Jónsson 1977. Vestfjarðalína. Þveranir á Gilsfirði og Þorska-firði. Jarðsveiflumælingar OS-ROD-7724.
- Haukur Tómasson 1964. Lýsing á jarðfræðilegum aðstæðum í línustæðum yfir Gilsfjörð. Raforkumálastjóri Orkudeild (óbirt handrit 12.5.1964).
- Landmælingar OS 1976. Vestfjarðalína. Lega og hæð stöðva í línustæði úr Hrútafirði í Reykhólasveit. OS-ROD-7602.
- Landmælingar OS 1977. Vestfjarðalína II. Lega og hæð stöðva í línustæði úr Reykhólasveit að Mjólká. OS-ROD-7703.



ORKUSTOFNUN  
Raforkudeild

## JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

Staður: GILSFJÖRÐUR

TAFLA 2

.....1976. og 1977.....

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

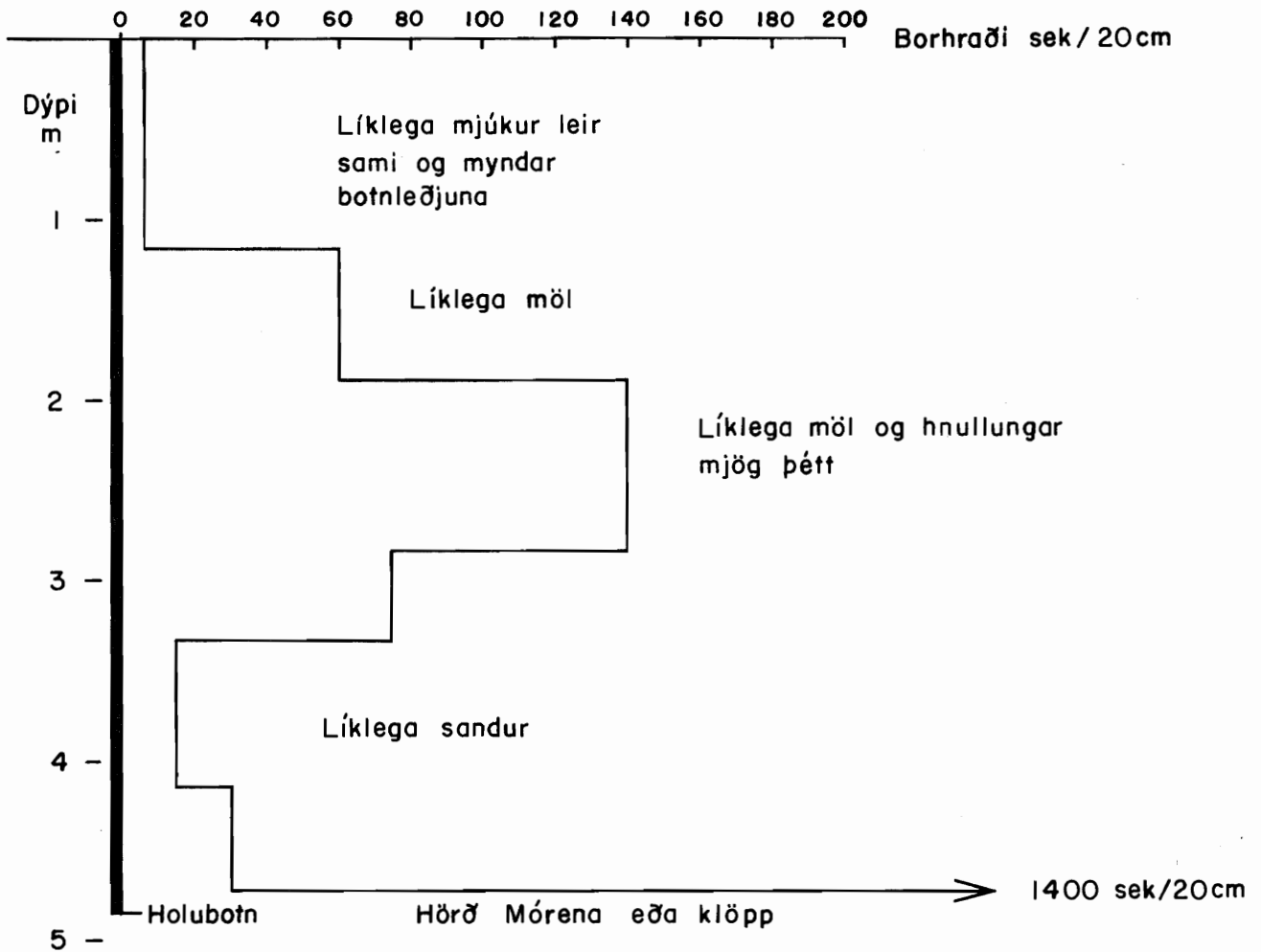
Hæll nr.	Staðsetning		Hæð m y.s.	Hljóðhraði, km/s						Þykkt, m		Dýpi, m á 3. lag H <sub>2</sub>
	X-hnit	Y-hnit		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>		V <sub>3</sub>		1. lag h <sub>1</sub>	2. lag h <sub>2</sub>		
S 1 A	Sjá kort	Sjá kort	0	1,6	3,1				22			
S 1 B	- " -	- " -	0	1,5	2,8				20			
S 2 A	- " -	- " -	0	1,6	3,3				22			
S 2 B	- " -	- " -	0	1,5	3,3				23			
S 3 A	- " -	- " -	0	1,6	3,4				28			
S 3 B	- " -	- " -	0	1,6	4,1				26,5			
S 4 A	- " -	- " -	0	1,5	3,1				25			
S 4 B	- " -	- " -	0	1,5	3,6				24			
S 5 A	- " -	- " -	0	1,7	3,1				11,6			
S 5 B	- " -	- " -	0	2,0	3,6				15,5			
S 6 A	- " -	- " -	0	1,9	4,3				29			
S 6 B	- " -	- " -	0	1,9	3,1				21			

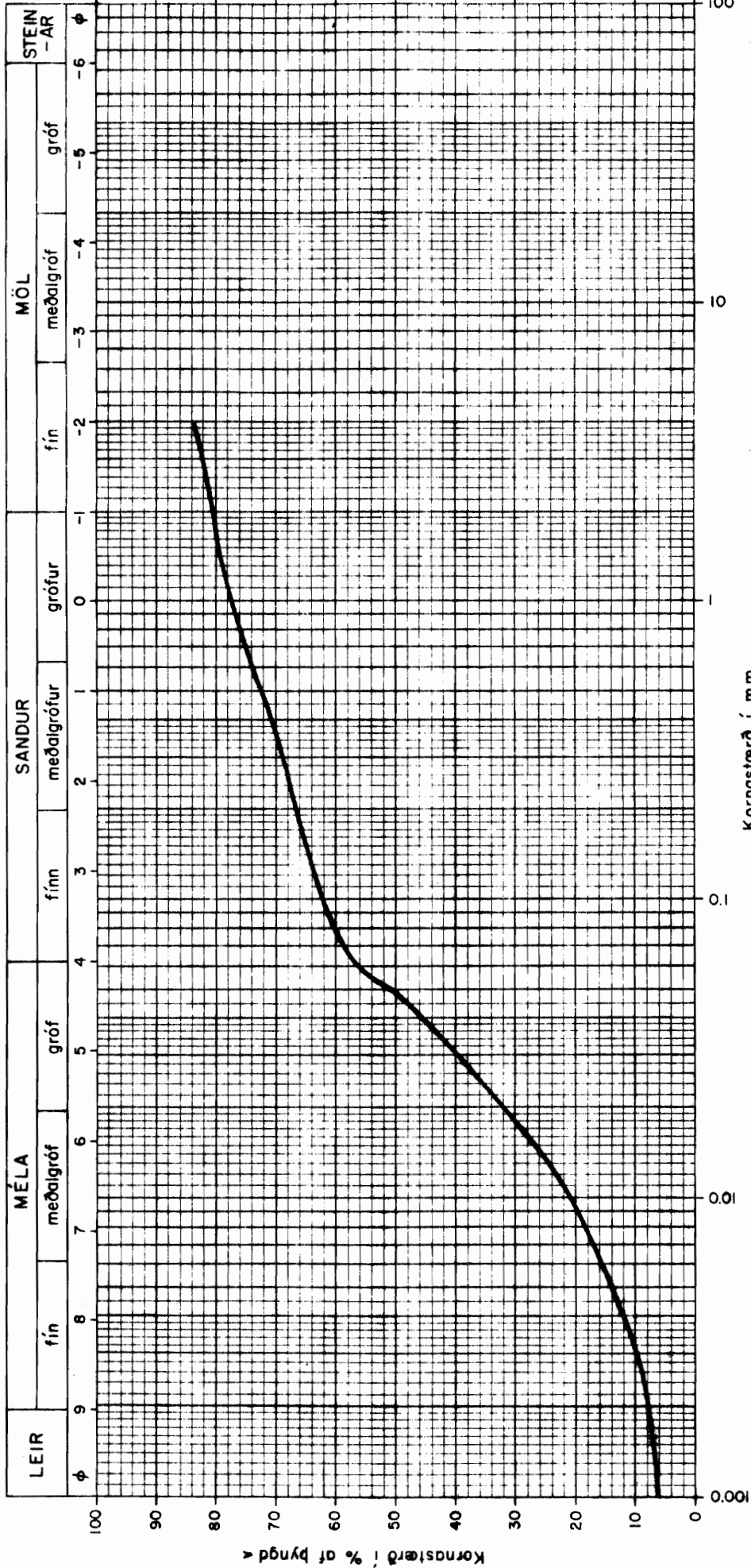


## MYND 2

### GC-1

Leirbotn með grjótdreif á ca. 1 m dýpi á fjöru





26.4.1978 SvP/BJ/Gyða  
 T-192  
 B-283  
 F-16842

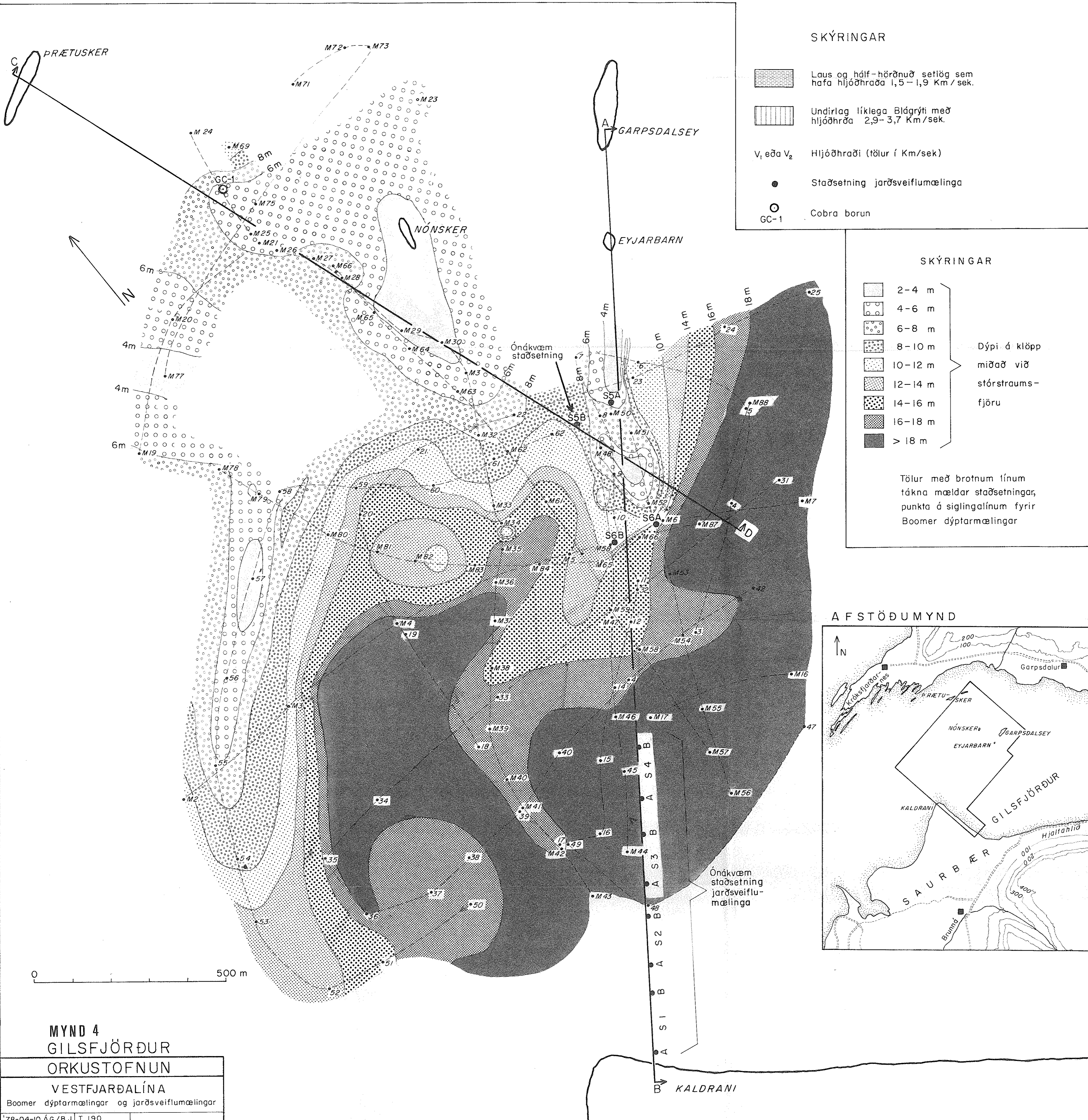
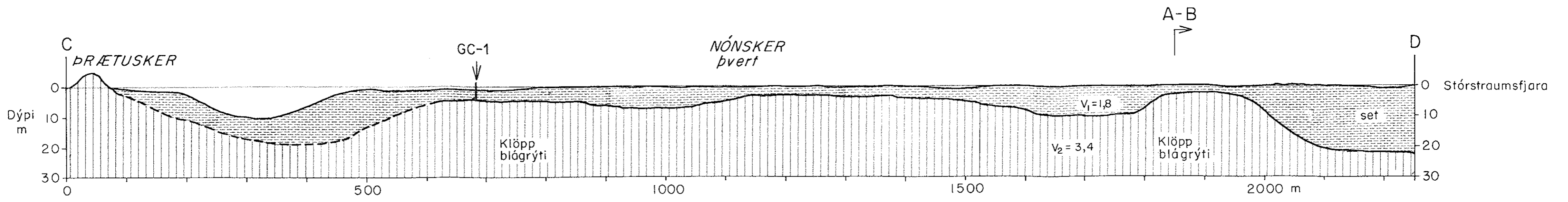
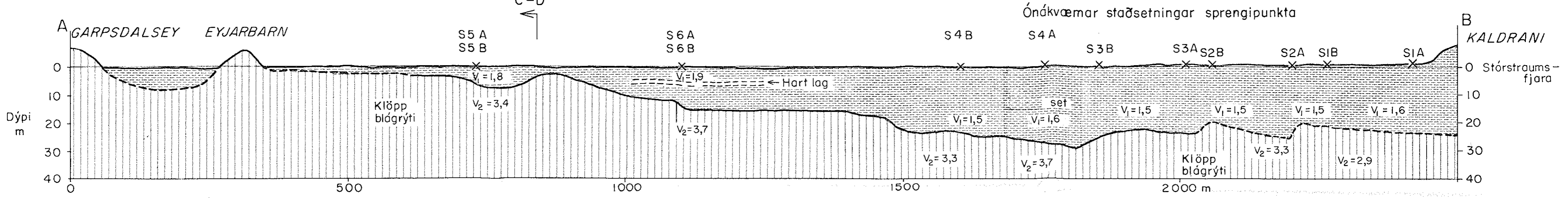
**VESTFJARÐALÍNA**  
**ÞVERUN Á GILSFIRÐI**  
 Leirur út af Kaldrana, yfirborðssýni úr mórenu  
 Sa-1 K-76 (Sv.P. maí 1964)

ORKUSTOFNUN  
 Raforkudeild

**MYND 3**

5 X hækkun

Sprengipunktur S5A, S5B, S6A og S6B.  
eru austan skurðlínu



SKÝRINGAR

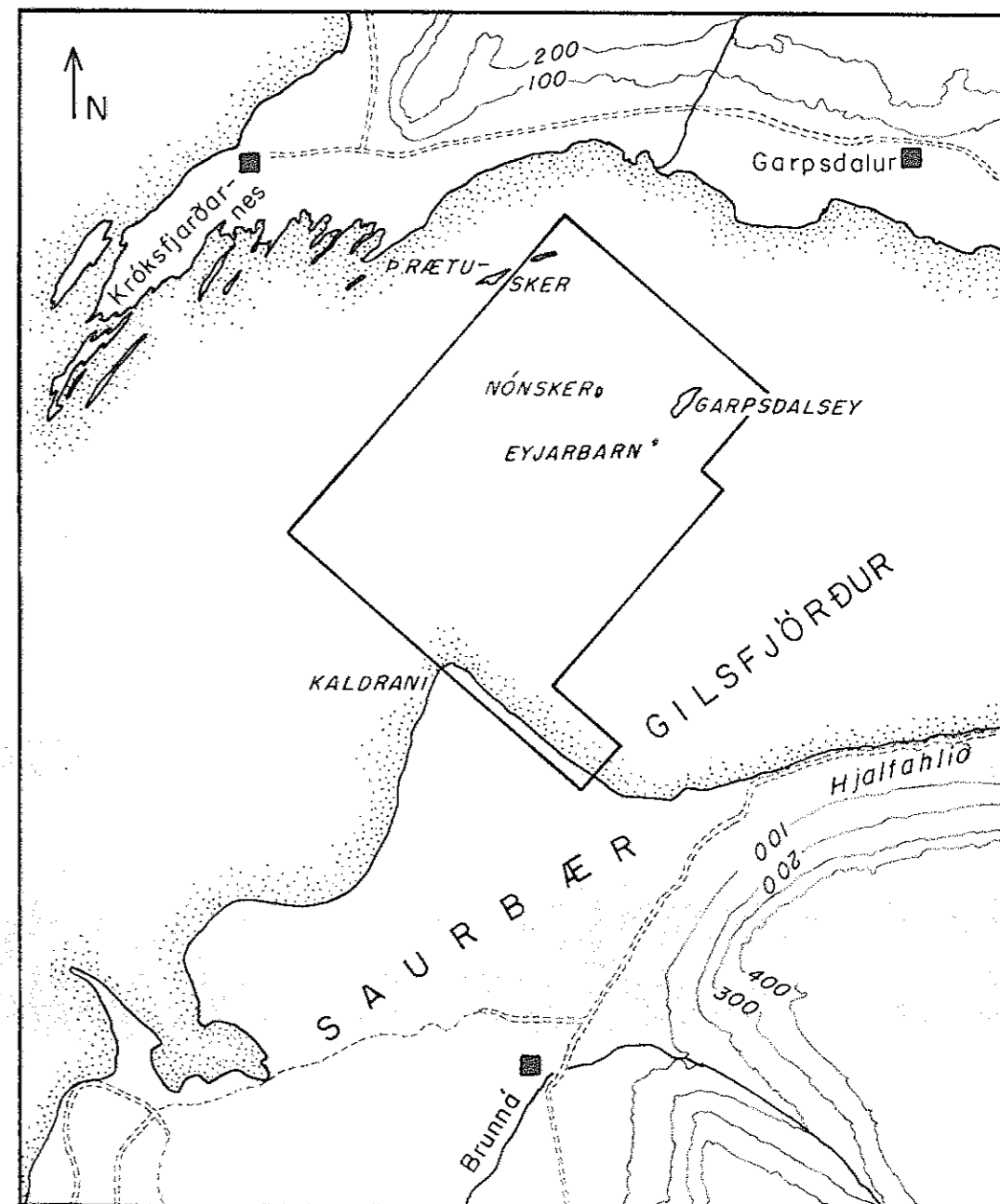
- Laus og hálf-hörðnuð setlög sem hafa hljóðhraða 1,5 - 1,9 Km/sek.
- Undirlag líklega Blágrýti með hljóðhraða 2,9 - 3,7 Km/sek.
- $V_1$  eða  $V_2$  Hljóðhraði (tölur í Km/sek)
- Staðsetning jarðsveiflumælinga
- GC-1 Cobra borun

SKÝRINGAR

- 2-4 m
  - 4-6 m
  - 6-8 m
  - 8-10 m
  - 10-12 m
  - 12-14 m
  - 14-16 m
  - 16-18 m
  - > 18 m
- Dýpi á klökk miðað við stórstraumsfjöru

Tölur með brotnum línum tákna mældar staðsetningar, punkta á siglingalínu fyrir Boomer dýptarmælingar

AF STÖÐUMYND



MYND 4  
GILSFJÖRÐUR  
ORKUSTOFNUN

VESTFJARÐALÍNA

Boomer dýptarmælingar og jarðsveiflumælingar

78-04-10.Á.G./B.J. T. 190

F. 16815

70.D. B-283