

6/93

SKÝRSLA UM
JARÐHITARANNSÓKNIR Í FLÓA OG ÖLFUSI 1972

eftir

Guðmund Guðmundsson
Kristján Sæmundsson
Stefán Arnórsson

með kostnaðaráætlun um borun við Þjórsá

eftir

Sigurð Benediktsson

30.01.73

Hitamælingar í borholu á Eyrarbakka.

Á teikningu 10977 er sýnd hitamæling af borholunni á Eyrarbakka frá 28.6. og 29.11. '72. Þessar hitamælingar sýna jafnan hitastigul frá 260 m til botns í 750 m dýpi, og nemur stigullinn $89^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Hitamælingarnar sýna lítilfjörlegar vatnsæðar á 100-150 m og 200-250 m dýpi, sem raunar komu einnig fram í borun. Vatnshiti í efri æðunum er $21-22^{\circ}$ en $27-28^{\circ}$ í þeim neðri. Þessi vatnskerfi, þótt lítilfjörleg séu, valda nokkuð hækkunum hitastigli í efstu 200 m holunnar. Hitamæling, sem gerð var í holunni 190 m djúpri, sýndi hitastigul, sem nam um $120^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (sjá teikn. 10770). Þótti því horfa vænlega um árangur af boruninni á því stigi þá um sinn. Þetta álit breyttist þó fljótlega, einkum eftir hitamælingu sem gerð var, þegar holan var tæpir 500 m á dýpt. Sú mæling sýndi hitastigul, sem nam einungis um $82-83^{\circ}\text{C}/\text{km}$, en kæling var að sjálfsögðu nokkur. Var þá þegar rætt um að hætta við holuna, en ákveðið að bora áfram í viku ennþá og endurtaka þá hitamælingu. Sú mæling sýndi óbreytt ástand (sjá teikn. 10772) og var holan þá 500 m djúp. Var þá þegar sýnt, að mælingin benti ekki til vatnskerfis neðar. Þrátt fyrir þessar óglæsilegu horfur, var holan dýpkuð um 220 m í viðbót og borun loks hætt, er hún var orðin 780 m djúp.

Hitastigull í jörðu á Íslandi og truflun hans vegna vatnsrennslis.

Til að auðvelda mönnum skilning á hitamælingunum skulu nokkur grundvallaratriði í túlkun þeirra rakin og gerður samanburður við borholur víðar á Suðvesturlandi.

Þegar hiti vex jafnt með dýpi, er talað um hitastigul. Hann er nokkuð misjafn hér á landi eða frá 37°C/1000 m austarlega á landinu, upp í um og yfir 150°C/1000 m næst gosbeltinu suðvestanlands, og er þá miðað við svæði, þar sem truflunar af völdum uppstreymis á heitu vatni gætir ekki.

Hitastigullinn er þeim mun lægri sem bergið er eldra vegna þess að skorpa, sem myndast í gosbeltunum, tapar varma og kólnar smám saman, þegar hún flyzt út frá þeim. Þar sem rennsliskerfi með heitu vatni ná að myndast, og uppstreymi verður til yfirborðs, truflast hitastigullinn. Hiti vex þá örvar en ella niður að vatnskerfinu vegna upphitunar bergsins af völdum varmaleiðni og jafnvel smávegis rennslis, og eftir að niður í vatnskerfið er komið helzt hiti nokkuð jafn þar til í gegnum það er komið. Hitastigull, sem nemur um og yfir 200°C/1000 m, hefur mælst í 100 m djúpum holum á Reykjavíkursvæðinu og á Seltjarnarnesi, og er örugg vísbending um heitavatnskerfi djúpt niðri. Svipuð niðurstaða fékkst við borun í Hlíðardalsskóla (sjá teikn. 7786). Þar hélzt hitastigull, sem nam 190°C/1000 m niður í 750 m en á því dýpi var komið í vatnskerfi með 150°C hita og hækkaði hiti úr því um aðeins 10°C til botns í 1230 m. Í Árbæ í Ölfusi (sjá teikn. 10114) er 937 m djúp borhola með um 100-110°C heitu vatnskerfi, sem nær niður í rúmlega 800 m. Þar neðan við hækkar hitinn eftir stigli sem nemur 142°C/km.

Vatnslíkur við Eyrarbakka.

Ef hitaferill holunnar á Eyrarbakka er borinn saman við þær holur, sem hér voru nefndar sést ljóslega, hver regin munur er á. Í þessum holum er hár hitastigull ofan og í einu tilfelli einnig neðan við vatnsleiðara með yfir 100°C heitu vatni, en þar sem holan fer í gegnum vatnskerfin er hitinn yfirleitt jafn. Vegna þess hve hitastigull í holunni á Eyrarbakka er lágur og jafn niður í 750 m er naumast hugsanlegt að um neitt verulegt vatnskerfi geti verið að ræða dýpra. Þessu til áréttingar eru einnig sýndir hitaferlar úr tveim djúpum borholum

þ.e. 1400 m djúpri borholu á Akranesi og 1565 m djúpri borholu í Vestmannaeyjum. Í Vestmannaeyjaholunni mældist hitastigullinn $63^{\circ}\text{C}/\text{km}$, en á Akranesi $125^{\circ}\text{C}/\text{km}$ neðan við lítilfjörlega vatnsæð í 800 m. Hitaferill Eyrarbakkaholunnar sver sig eindregið í att við þessar holur, en þær reyndust báðar þéttar og að mestu ótruflaðar af vatnsrennsli.

Um nýtingu vatnsins vegna efnainnihalds þess.

Selta vatnsins, þ.e. styrkur uppleystra efna, er óvenjulega hár fyrir vatnið í djúpu borholunni við Eyrarbakka miðað við grunnvatn hér á landi, heitt eða kalt. Lítil vafi er á því að þessi selta stafar af íblöndun sjávar í grunnvatnið, sem annars er regnvatn að uppruna. Talið er líklegt, að selta grunnvatns á Suðurlandsundirlendi á því dýpi, sem borholan nær til, sé svipuð meðan hæð lands yfir sjó er hverfandi, en að hún minnki með hæð yfir sjó og eitthvað með fjarlægð frá sjó. Í samræmi við þetta er talið líklegt, að hið almenna og dreifða lága eðlisviðnám í berggrunni í Flóa og Ölfusi stafi sumpart af seltu grunnvatns, en sumpart af hita.

Selta vatnsins gerir það með öllu óhæft til beinnar neyzlu. Flestir einstaklingar finna seltubragð af vatni, sem inniheldur meira en 400 ppm klóríð (Cl^{-}). Hjá USPHS Drinking Water Standards er mælt með því, að klóríðinnihald neyzluvatns fari ekki yfir 250 ppm og hliðstæð meðmæli WHO International Standards eru 350 ppm. Auk hinnar háu seltu, sem klóríð er mælikvarði á, sýnir hið háa kalsúm-innihald (Ca^{++}), að þetta vatn er illbrúkanlegt til þvotta vegna hörku. Gera má ráð fyrir, að þetta vatn sé talsvert tærandi á stál, sérstaklega þar sem loft kemst að. Hverfandi hætta virðist á útfellingum, verði þetta vatn sett á varmaskipta til upphitunar á góðu fersku köldu grunnvatni.

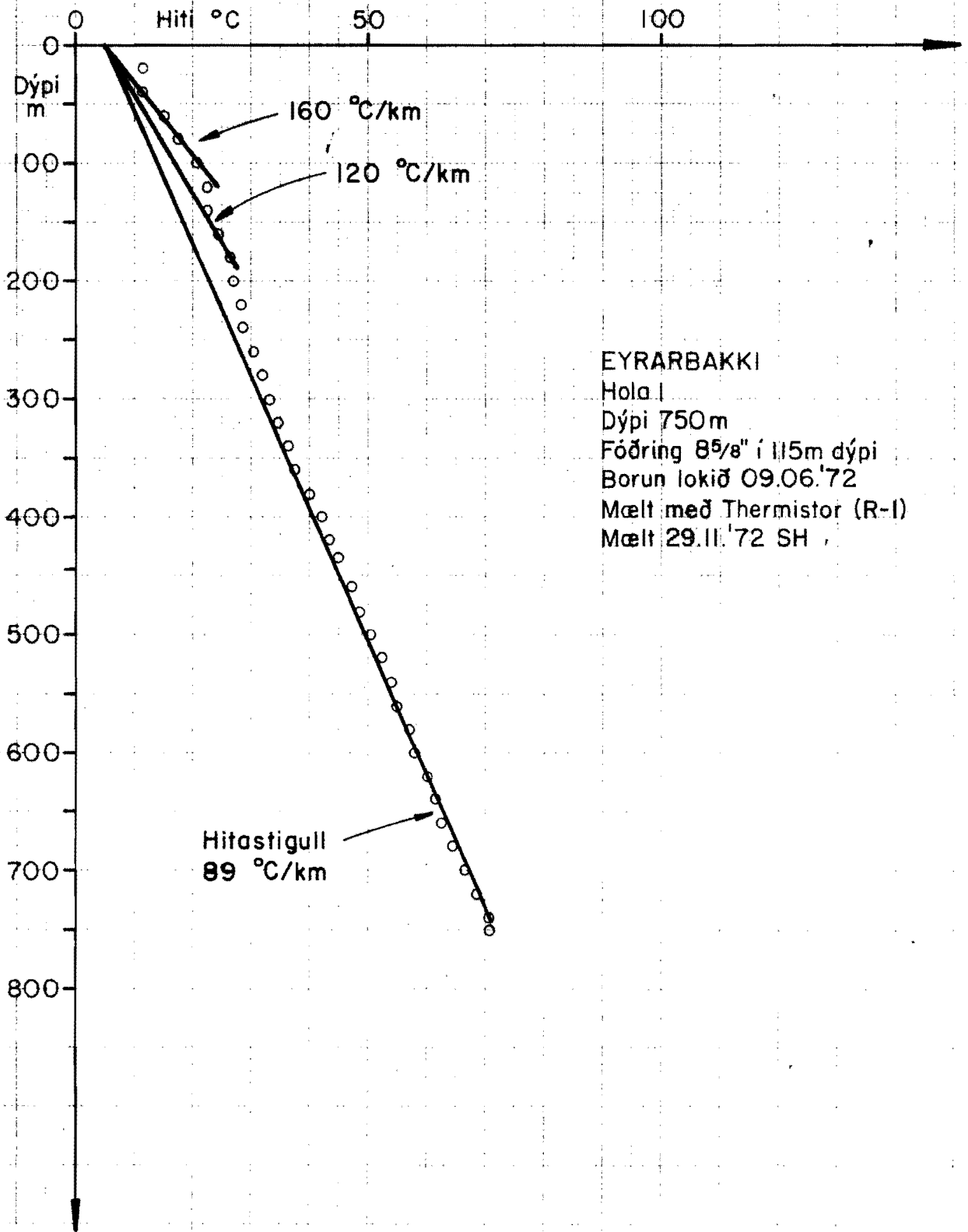
Kísilhita ber sámilega vel saman við mældan hita sbr. töflu 1 og mynd 10977. Munar 4-6°C, nema í botni holunnar, þar sem kísilhitinn er 100°C lægri en mældur hiti. Gæti þetta stafað að nokkru af því, að við sýnitöku hafi blandast eitthvað vatn í sýnitökutækið, þegar það var híft upp.

Efnagreint var vatn úr kaldavatnsholunni, sem gaf skolvatn í borunina (sbr. töflu). Greinilegt er, að áhrifa frá því gætir ekki í vatninu úr djúpu holunni, og virðist því komið á jafnvægi í henni.

Efnainnihald í vatni af mismunandi dýpi úr borholu við Eyrarbakka og í skolvatni úr kaldavatnsholu.
Styrkur í ppm.

		<u>Tilraunahola.</u>				<u>Kaldavatnshola.</u>
dýpi m	150	190	450	750	10	
pH/25°	6,60	6,80	6,70	7,95	6,8	
Eðlis- viðnám Ωm	1,23	1,01	1,01	1,10	24,26	
SiO ₂	16,5	19,5	25,0	38,5	29,0	
Na ⁺	1420	1640	1570	1360	42,0	
K ⁺	24,0	23,0	28,0	11,0	5,6	
Ca ⁺⁺	904	1300	1350	1240	14,3	
Mg ⁺⁺	6,3	3,0	0,66	0,90	13,3	
(total) CO ₂	17,0	17,0	13,0	15,0	158	
SO ₄ ⁻⁻	361,5	402,2	424,7	397,9	17,1	
Cl ⁻	3510	4490	4520	3880	75,5	
F ⁻	0,40	0,45	0,45	0,15	0,15	
Uppl. efni	6683	8431	8576	7617	266	
Kísil- hiti °C	28	33	42	60	-	

Hitamælingar í borholum



EYRARBAKKI

Hola I

Dýpi 750m

Fóðring 8⁵/₈" í 115m dýpi

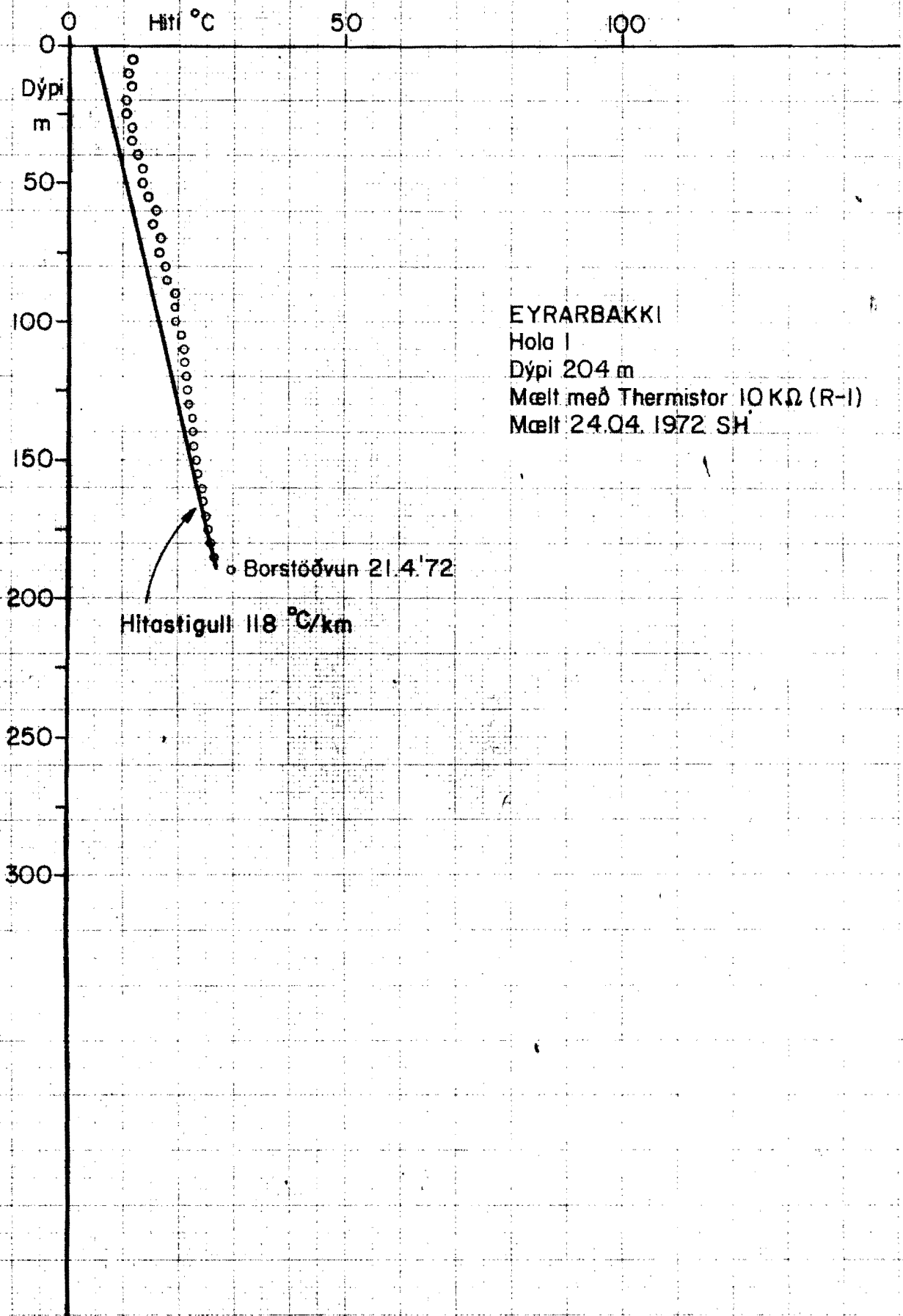
Borun lokið 09.06.'72

Mælt með Thermistor (R-I)

Mælt 29.II.'72 SH



Hitamælingar í borholum



EYRARBAKKI

Hola I

Dýpi 204 m

Mælt með Thermistor 10KΩ (R-1)

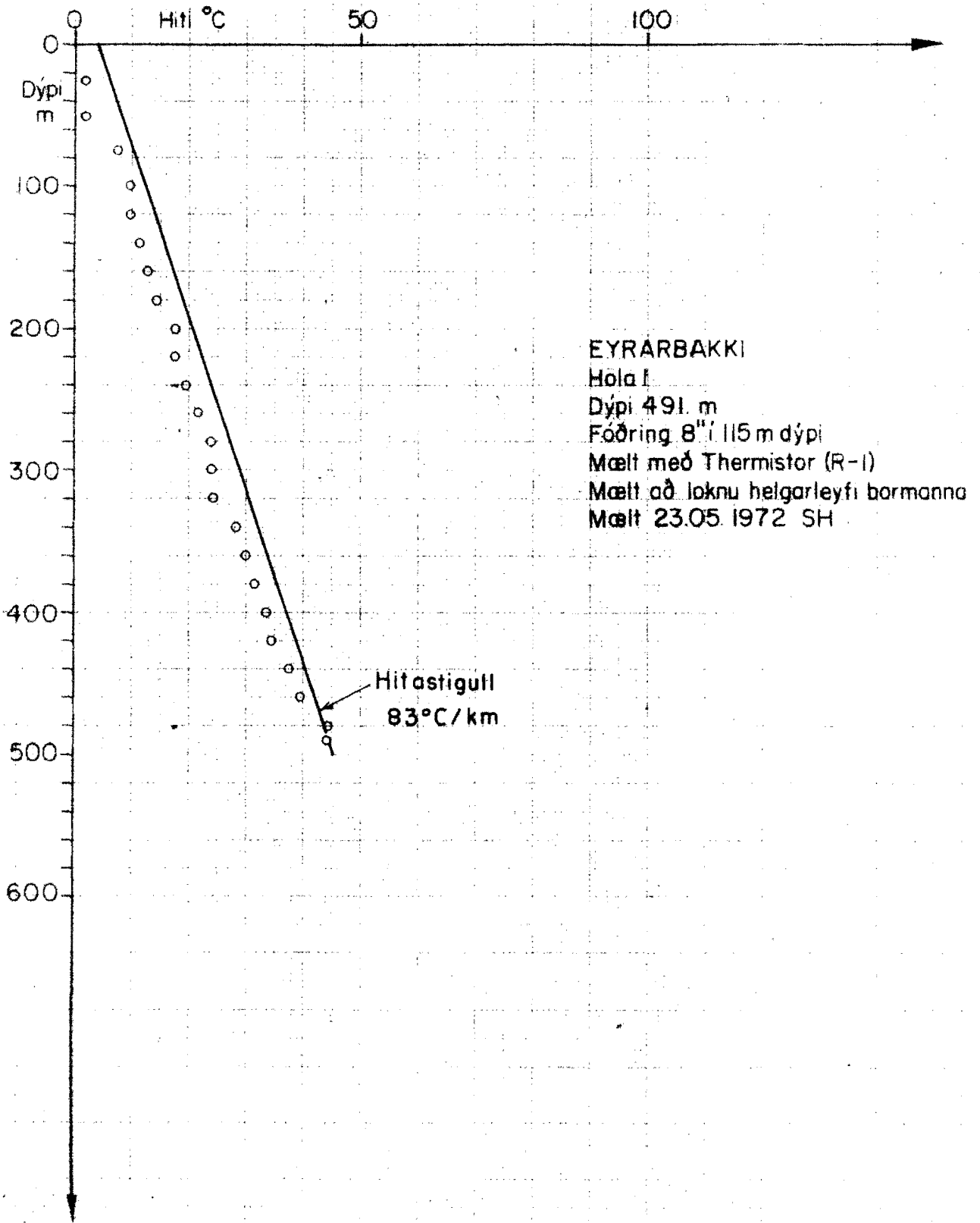
Mælt 24.04.1972 SH

Borstöðvun 21.4.'72

Hitastigull 118 °C/km



Hitamælingar í borholum



EYRARBAKKI

Hola I

Dýpi 491. m

Fóðring 8" í 115 m dýpi

Mælt með Thermistor (R-1)

Mælt að loknu helgarleyfi bormanna

Mælt 23.05.1972 SH

Hitastigull
83°C/km

7150

RAFORKUMALASTJÓRI
Jarðhitadeild

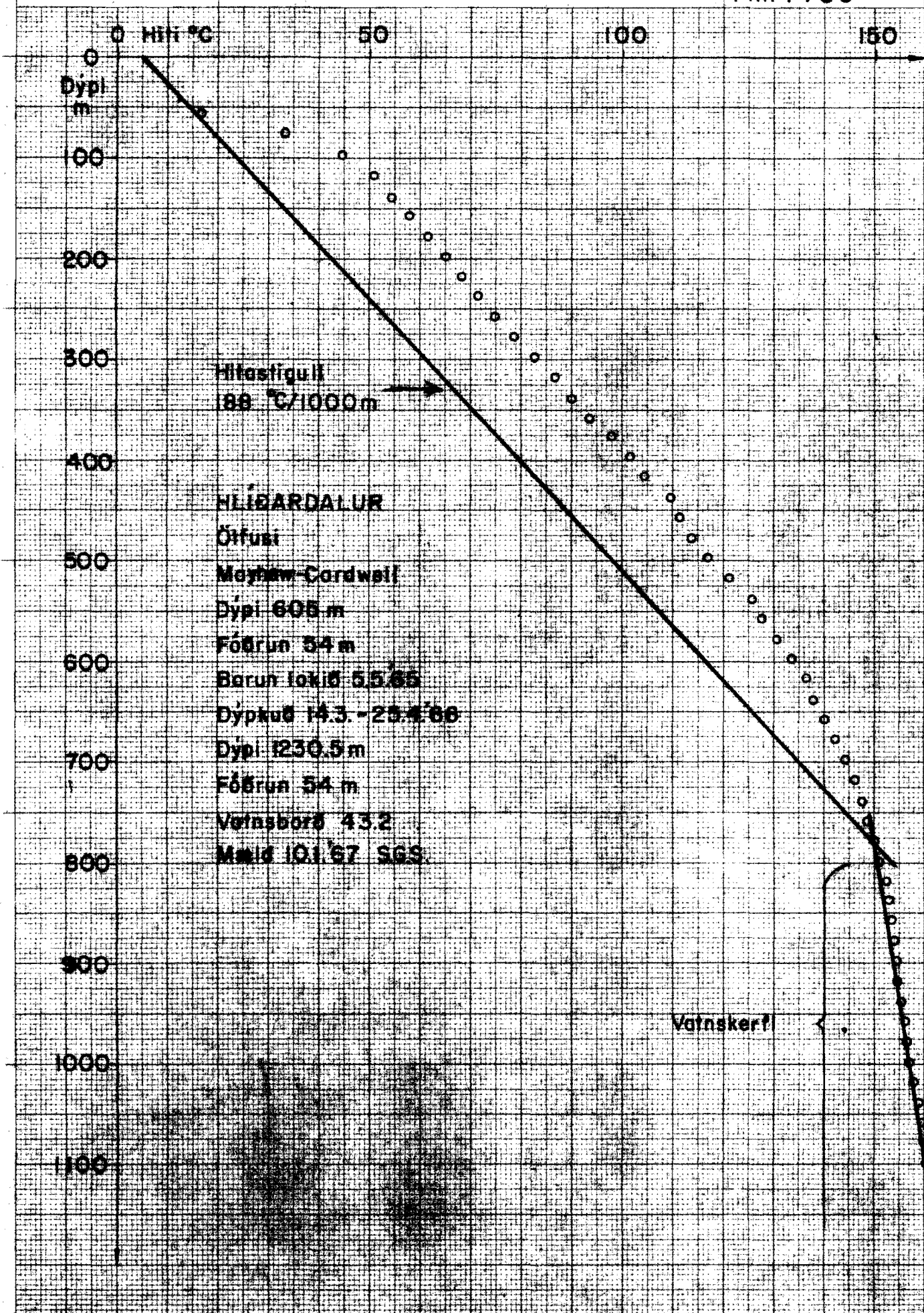
30.1.67 SGS/Gyða

Tnr. 522 Tnr. 117

J-Hitam. J-Hverag.

Fnr. 7786

Hitamælingar í borholum



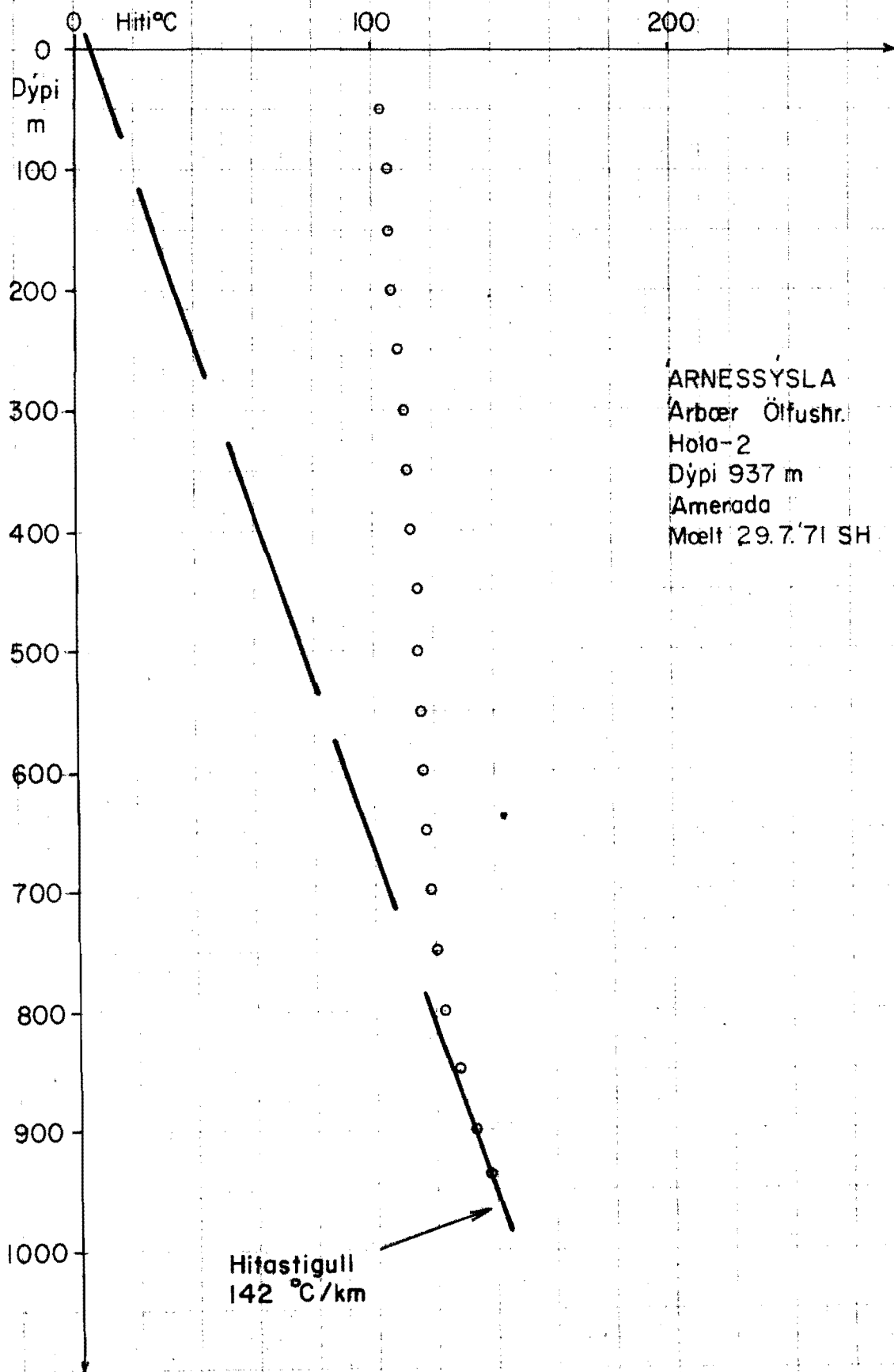
712587 - 523 A4 - 1 x 1 mm



4446

Hitameðlingar í borholum

J-Ölfushr. J-Hitam.
Fnr. 10114



ARNESSÝSLA
Arbær Ölfushr.
Holo-2
Dýpi 937 m
Amerada
Mælt 29.7.71 SH

Hitastigull
142 °C/km

5.2. 1973

Inngangur.

Hiti og ummyndun sem jafnan fylgir jarðhita lækkar viðnám bergs gegn rafstraumi. Viðnámsmælingum er því oft beitt við jarðhitarannsóknir. Salt hefur svipuð áhrif á viðnám og jarðhiti. Viðnám og áhrif salts og hita á það eru talsvert háð aldri og gerð bergsins. Það er því ekki hægt að meta hita eftir viðnámsmælingum einum og túlkun þeirra er einkum fólgin í samanburði staða.

Útkoma viðnámsmælinga er nokkurs konar meðalgildi svæðis kringum miðbik mælilínunnar. Stærð svæðisins sem hefur veruleg áhrif á útkomuna vex með dýpi laganna sem viðnám er metið í. Þvermál þess er af stærðargráðunni 2-3svar sinnum dýpið.

Mynd 1 sýnir yfirlit um viðnám, hita og seltu (Cl^-) á nokkrum stöðum. Einnig sýnum við myndir 2 og 3 af breytingu viðnáms og hita með dýpi í borholu í Vestmannaeyjum og Miðfelli.

Framkvæmd mælinganna.

Sumarið 1970 voru hafnar rafleiðnimælingar í Ölfusi og Flóa í því skyni að gera viðnámskort af öllu svæðinu og var gert kort af niðurstöðunum. Við mælingarnar voru notuð svokölluð riðstraumstæki.

Við rannsókn jarðhitasvæðisins á Reykjanesi sumarið 1969 voru tekin í notkun ný tæki, jafnstraumstæki. Var haldið áfram að mæla með þeim á háhitasvæðunum við Krísuvík og Námafjall sumarið 1970 og einnig gerðar fáeinar mælingar við Eyrarbakka, Stokkseyri og Þorlákshöfn. Kom í ljós að þar sem viðnám er lágt eru jafnstraumstækin miklu nákvæmari en riðstraumstæki. Er nú að mestu hætt að nota riðstraumstækin til dýpri mælinga. Var því ákveðið að gera einnig viðtækar jafnstraumsmælingar í Ölfusi og Flóa og endurskoða

viðnámskortíð. Þessar mælingar voru gerðar sumurinn 1971 og 1972 og einnig var þá mælt austan Þjórsár í Ásahreppi. Allir mælingastaðir eru sýndir á mynd 4 og viðnámskort og mælingarnar sem kortíð var gert eftir á mynd 5. Nokkurt kerfisbundið misræmi kom fram á mælingaferðunum og breyttum við niðurstöðum riðstraumsmælinganna til samræmis við jafnstraumsmælingarnar. En auk þessa misræmis eru sumar riðstraumsmælingarnar svo ónákvæmar miðað við nýrri mælingar að ég hef ekki talið vert að taka tillit til þeirra við teikningu jafnviðnámslína.

Niðurstöður.

Stærsta lágviðnámssvæðið undir 20 Ω m er í Ölfusinu og nær frá Hveragerði austur undir Þorlákshöfn. Hitamælingar í borholunum við Öxnalæk og Hlíðardalsskóla og útbreiddur jarðhiti á yfirborði styrkja þó skoðun að lágt viðnám stafi þarna fyrst og fremst af jarðhita. Það er athyglisvert að jarðhiti virðist fremur koma upp í mýrinni en nær fjallinu. Gæti það stafað af því að kalt vatn streymi niður eftir misgengjum með fjallinu og valdi kælingu. Hitaferlar holunnar í Riftúni benda til að þar sé vatnskerfi með einungis 40°-50°C heitu vatni tengt þessum misgengjum. Þetta vatnskerfi nær frá 170 m í a.m.k. 320 m dýpi, en þar er æð sem nú tekur við miklu köldu niðurrennsli frá 27-100 m dýpi, en þar er holan í óþéttu leku bergi. Holan hitnar mikið milli 320 og 338 m, sennilega af því að þar er hún þétt.

Mælingar J 23, J 41, J 42 og J 45 við Þorlákshöfn og vestast á því svæði sem við könnuðum virðast liggja utan við lágsta viðnámið. Ef borað yrði eftir heitu vatni fyrir Þorlákshöfn virðist álitlegra að leita inn á svæði með lágsta viðnámi, t.d. á mótis við mælingar J 2 eða J 16 sem eru mjög lágar.

Við Selfoss virðist vinnslusvæði hitaveitunnar vera í vesturjaðri allstórs jarðhitasvæðis. Ekki virðist viðnám hækka þegar neðar dregur í mælingum J 3, J 19, J 52 og J 53 eins og búast mætti við ef þarna væri aðeins á ferðinni tiltölulega grunnt afrennsli frá uppstreymissvæði austar. Niðurstöður rafleiðnimælinganna gefa því ekki tilefni til að leggjast gegn því að reynt verði að auka vatnsmagn Hitaveitu Selfoss með dýpri borun á núverandi vinnslusvæði.

Austurmörk lágviðnámssvæðisins eru ver afmörkuð og er ætlunin að fjölga þar mælingum sumarið 1973. Efnagreiningar og ísótópahlutföll sýna að jarðhitinn fyrir vestan Selfoss við Árbæ og í uppsprettum við Ölfusá, hefur annað vatnskerfi en við Þorleifskot.

Mæling J 4 við Skeiðavegamót sýnir lágt viðnám, um 10 Ω m, neðan við 50 m dýpi, en eftir 400 m virðist það hækka aftur. Sú hækkan gæti þó stafað af því að svæðið sé svo lítið að endar mælingunnar, annar eða báðir, séu komnir út af lágviðnámssvæðinu. Engin næstu mælinga sýnir sérlega lágt viðnám. Þetta lágviðnáms-
svæði er greinilega minna um sig en vestara svæðið. Ef ástæða þykir til má ákvarða mörk þess nánar með fleiri mælingum.

Á suðausturhluta svæðisins, við Þjórsá, kom í ljós fjórða svæðið með viðnám undir 20 Ω m. Þetta lágviðnáms-
svæði fannst með riðstraums-
mælingum sumarið 1970. Þar eru þó mjög ónákvæmar í lágu viðnámi og hér verður eingöngu stuðst við jafnstraumsmælingar.

Fimm jafnstraumsmælingar, J 4, J 31, J 34, J 19 og H 5 sýna 20 Ω m viðnám eða minna. Í öllum mælingunum er hátt viðnám, 400 - 1600 Ω m efstu 30 - 60 metrana. Í mælingum J 4, J 31 og H 5 virðist viðnámið vera komið í 10 Ω m eða minna á 200 m dýpi og e.t.v. mun ofar. Við mælingu J 34 virðist viðnám ekki ná lágmarksgildi fyrr en neðan við 300 m dýpi. Lögun viðnámsferlanna í hinum mælingunum bendir fremur til að viðnám hækki aftur neðan við 300-400 m dýpi, en því miður virðast þessar mælingar flestar fremur ónákvæmar eftir að því dýpi er náð.

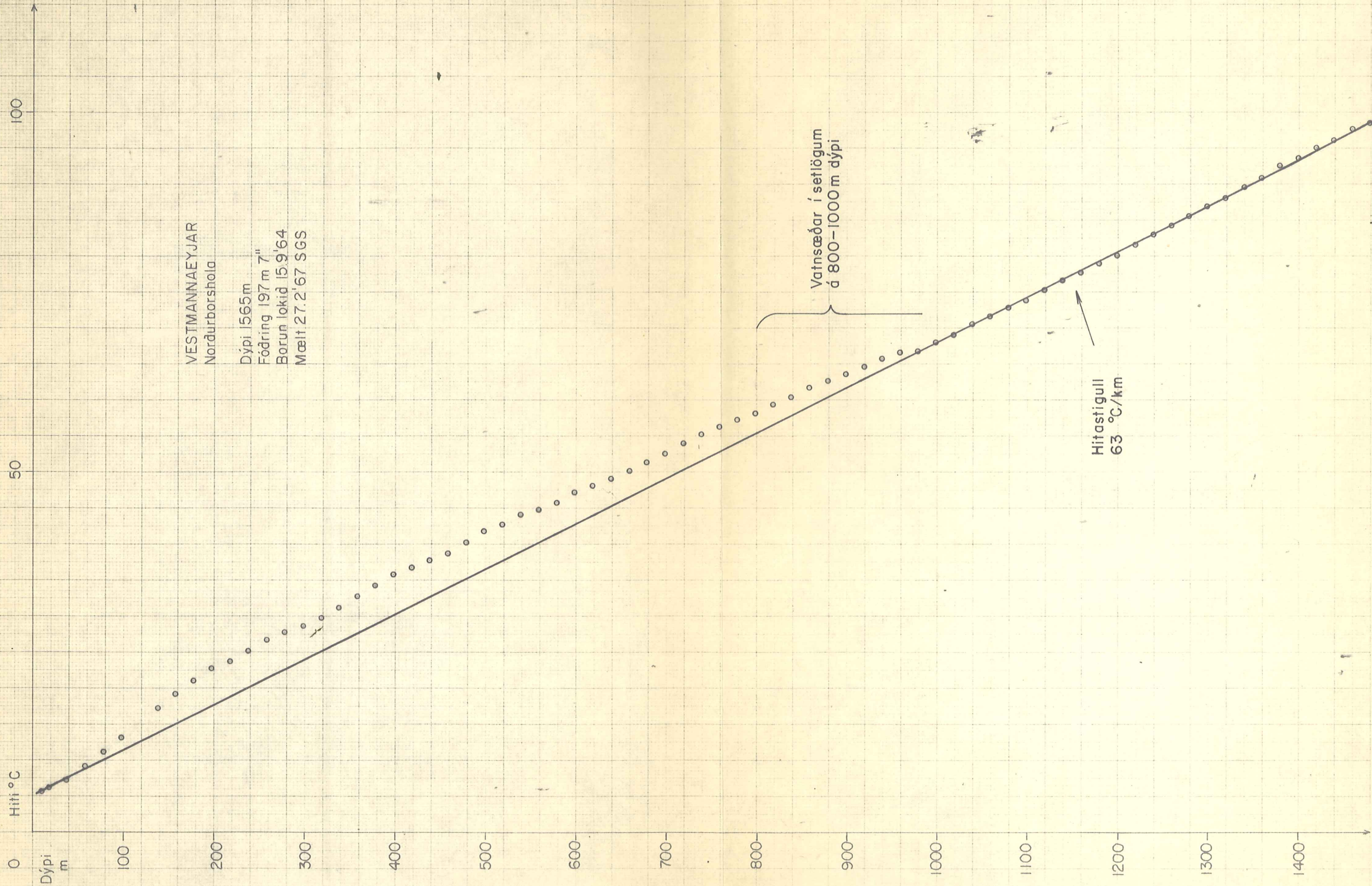
Jaðrar þessa svæðis vestan Þjórsár eru óljósir og þyrfti að bæta úr því með fleiri mælingum. Ef horfur eru á að borað verði á þessum slóðum ætti líka að reyna að afla betri upplýsinga um breytingu viðnáms með dýpi.

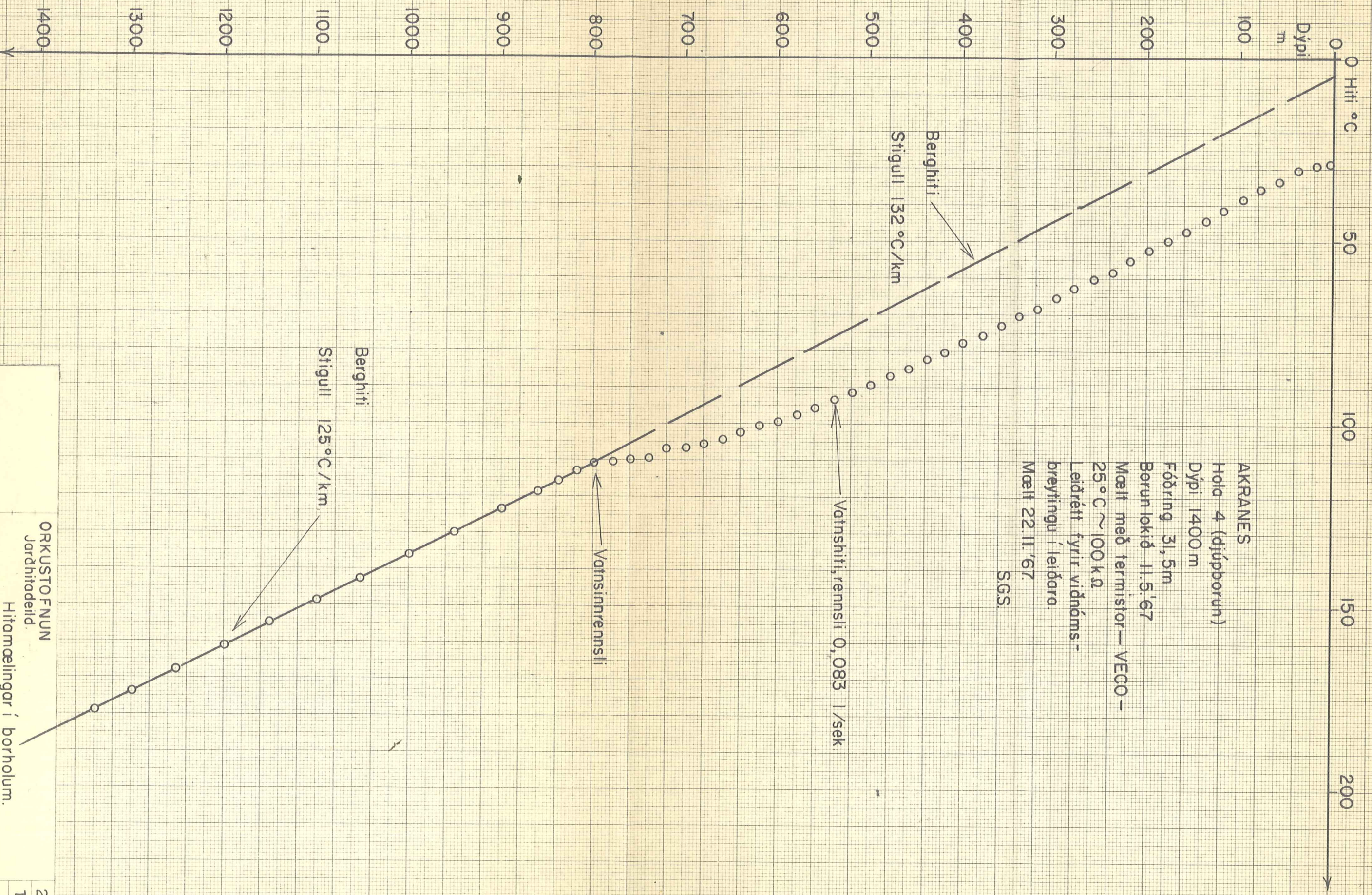
Samanburður við borholu á Eyrarbakka.

Við sjáum af mynd 5 að Eyrarbakki og Stokkseyri eru langt frá álitlegustu svæðunum. En viðnám er þó ekki undir 20 Ω m á öllum beztu jarðhitasvæðum landsins, t.d. fá hitaveitur Reykjavíkur og Selfoss sitt vatn af svæðum með viðnám á bilinu 20 - 40 Ω m. Þéttar mælingar voru gerðar kringum kaupúnin og reyndist viðnám lægst við Eyrarbakka, um 30 Ω m, og lækkaði með auknu dýpi.

Búist var við að vatn reyndist salt í berginu á þessum slóðum. Í holunni í Vestmannaeyjum var selta vatnsins um 50 % af sjó og viðnám á 700 m dýpi 150 Ω m. Sú hola var köld, aðeins 63°C á þúsund metra dýpi. Mælingarnar í Vestmannaeyjum styrktu þá skoðun að það væri jarðhiti fremur en selta sem ylli því hvað viðnám er lágt við Eyrarbakka. Hiti reyndist talsvert hærri en í Vestmannaeyjum, en hvergi nærri svo mikill að það skýrði mismuninn á viðnámi. Selta í holunni við Eyrarbakka reyndist 25 % af sjó. Hið lága viðnám við Eyrarbakka stafar því að verulegu leyti af gerð bergsins. Betri skýring ætti að fást þegar unnt verður að mæla viðnám í holunni sjálfri, en það ætti að verða síðar í vetur, þegar búið er að fá nýjan kapal til borholumælinga.

Eins og fram kemur annarsstaðar í þessum skrifum eru hágar horfur á að góður árangur verði af holunni við Eyrarbakka. Rafleiðni- mælingarnar benda ekki til að horfur séu á betri árangri annarsstaðar í grennd við Stokkseyri eða Eyrarbakka.



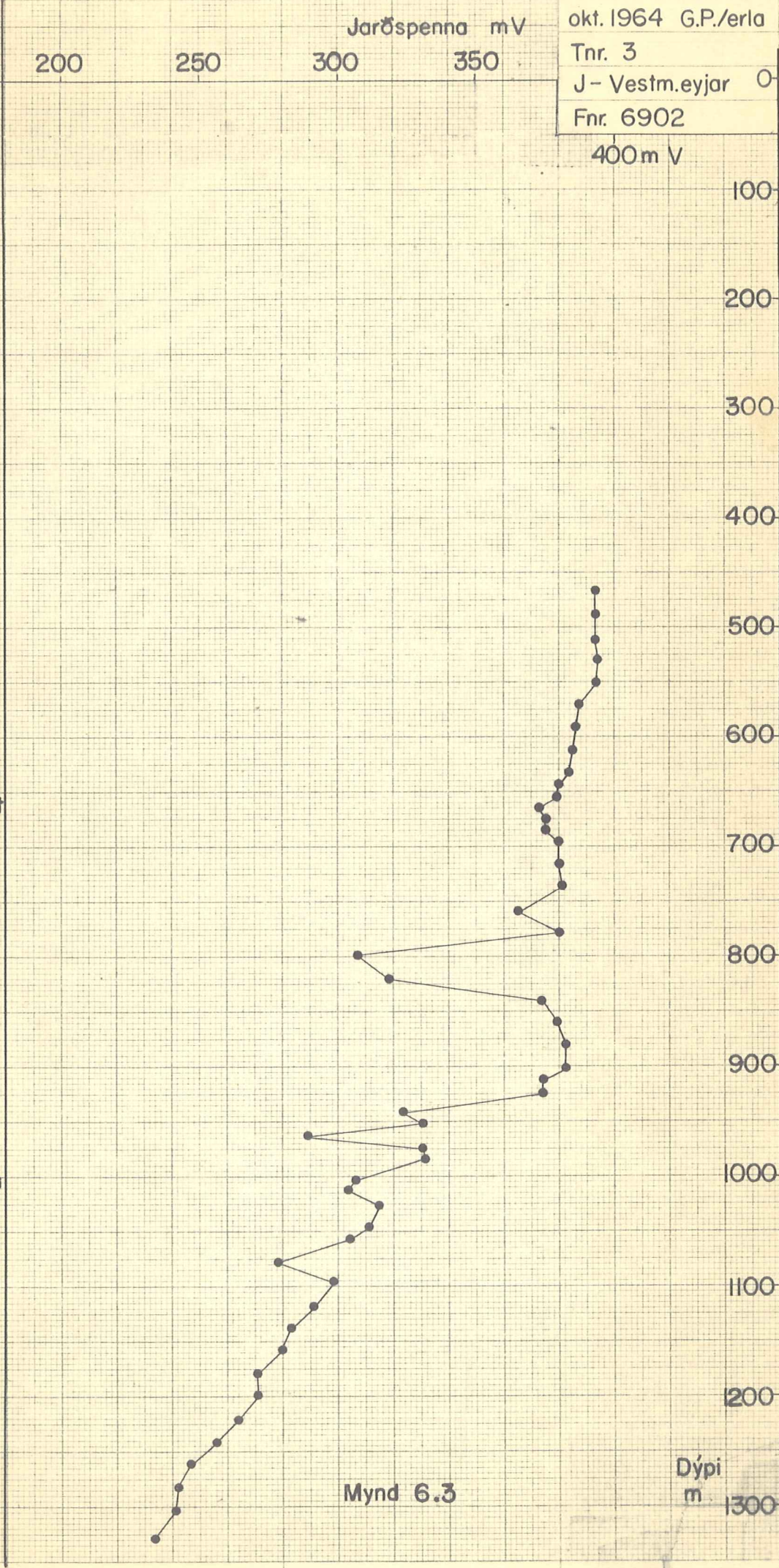
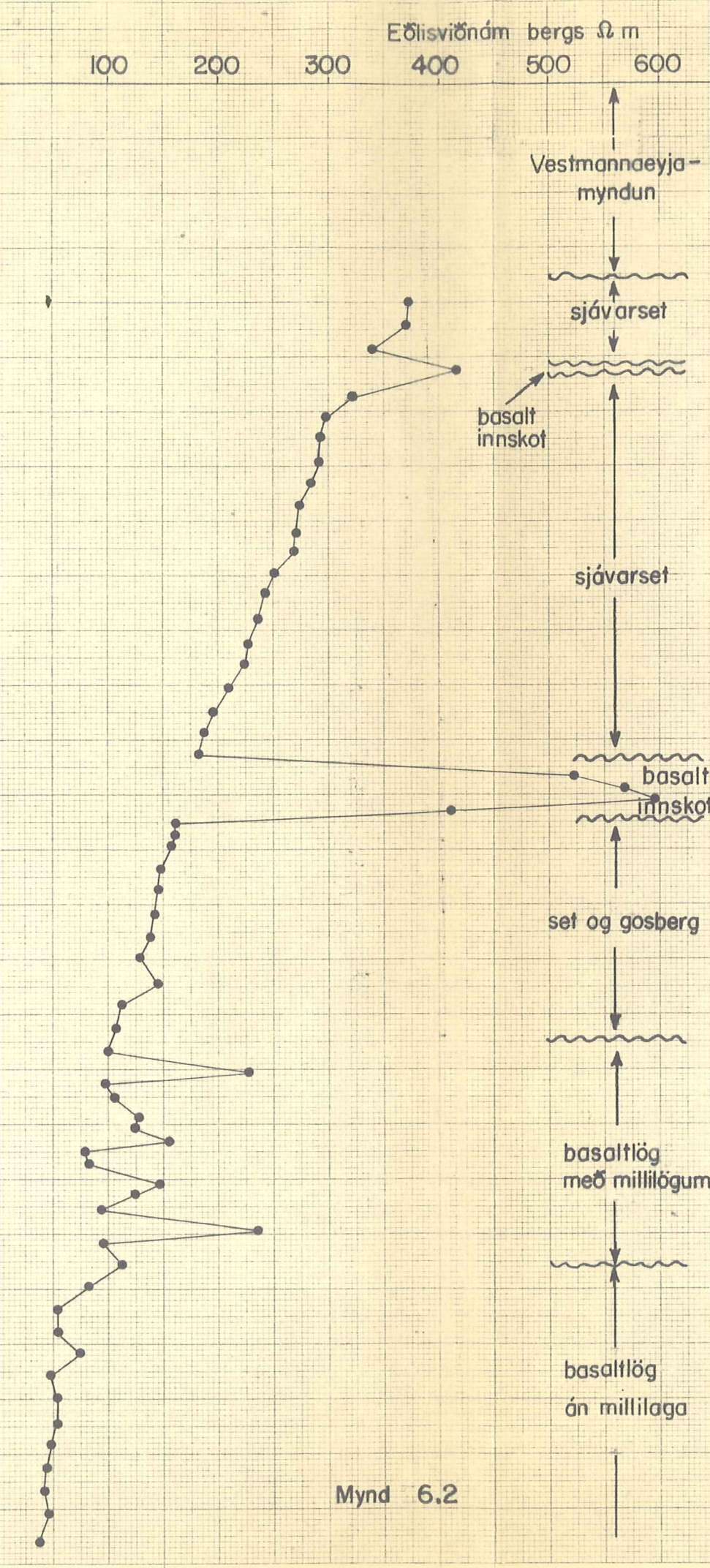
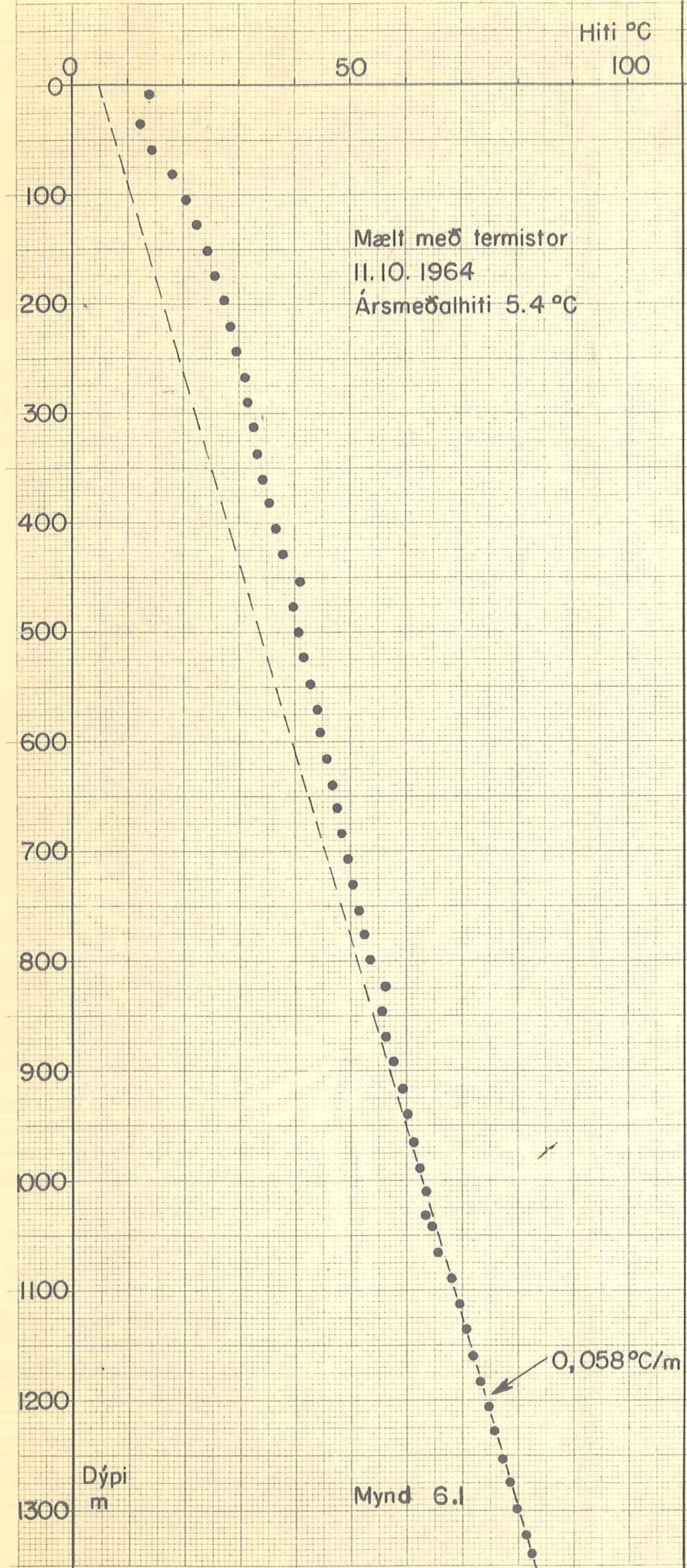


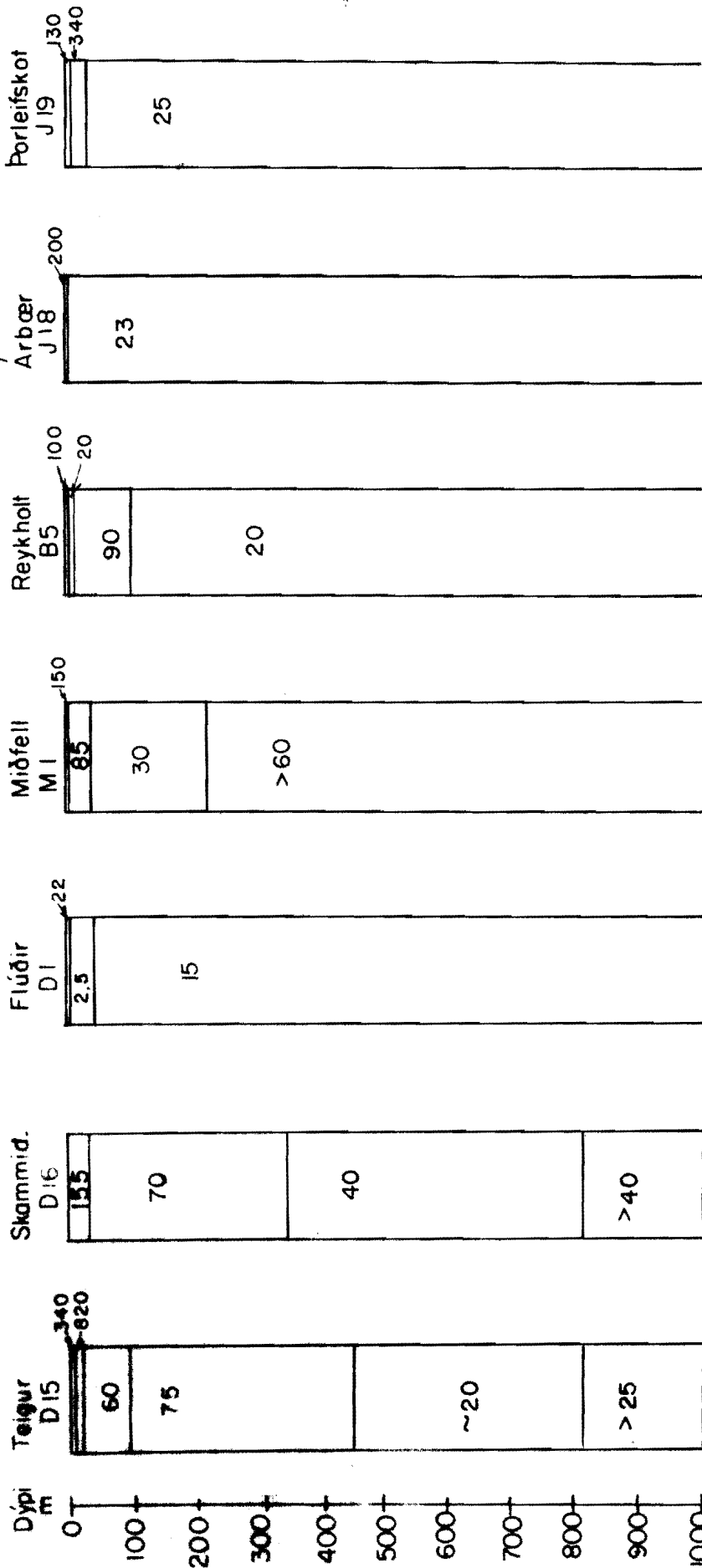
AKRANES
Hala 4 (djúpporun)
Dýpi 1400m
Fóðring 31,5m
Borun lokið 11.5.67
Mælt með termistor - VECO -
25 °C ~ 100 kΩ
Leiðrétt fyrir viðnáms-
breytingu í leiðara.
Mælt 22. II. '67.
SGS.

ORKUSTOFNUN
Jardhitadeild.
Hitamælingar í borholum.

29.II.'67 SGS/PJ
Tr. 569 Tr. 24
J - Hitam. J-Akron.
Fnr. 8216

okt. 1964 G.P./erla
 Tnr. 3
 J- Vestm.eyjar
 Fnr. 6902
 400m V





	Mosfellssveit	Hrunamannahreppur	Biskupstungur	Ölfushreppur	Hraungerðishr.
Borhola dýpi m	1000	205,5	340	937	315
Hití (max)	70 - 90°C	98°C	124°C	140°C botn	82°C
Selta (ppm.Cl ⁻)	20	20	90	35	270

Mælt 27.9.68 S.S.

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

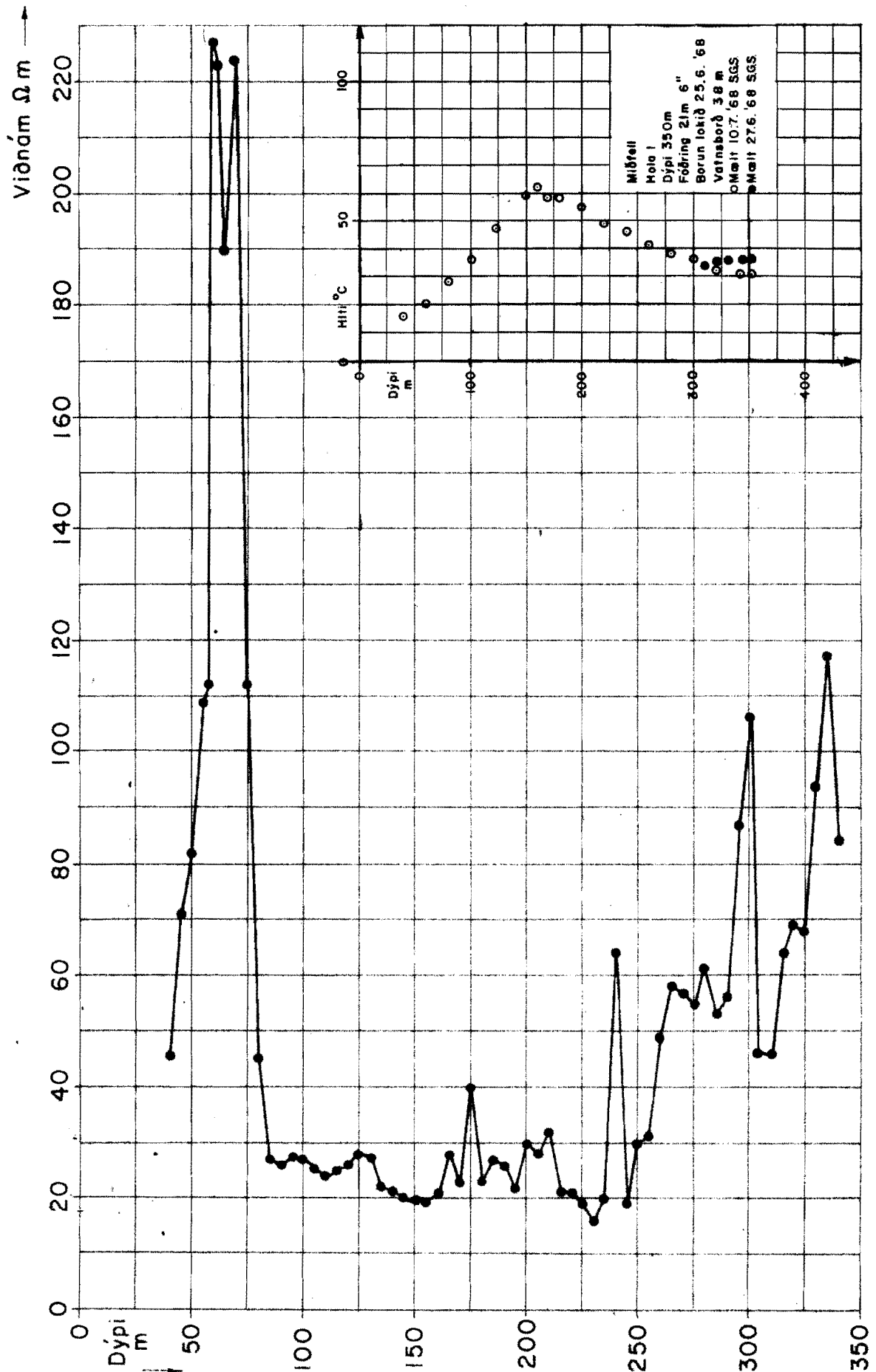
Viðnámsmælingar í borholum
Miðfell Hrunamannahreppi

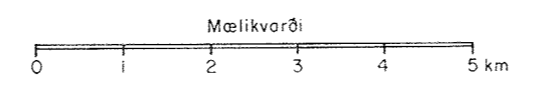
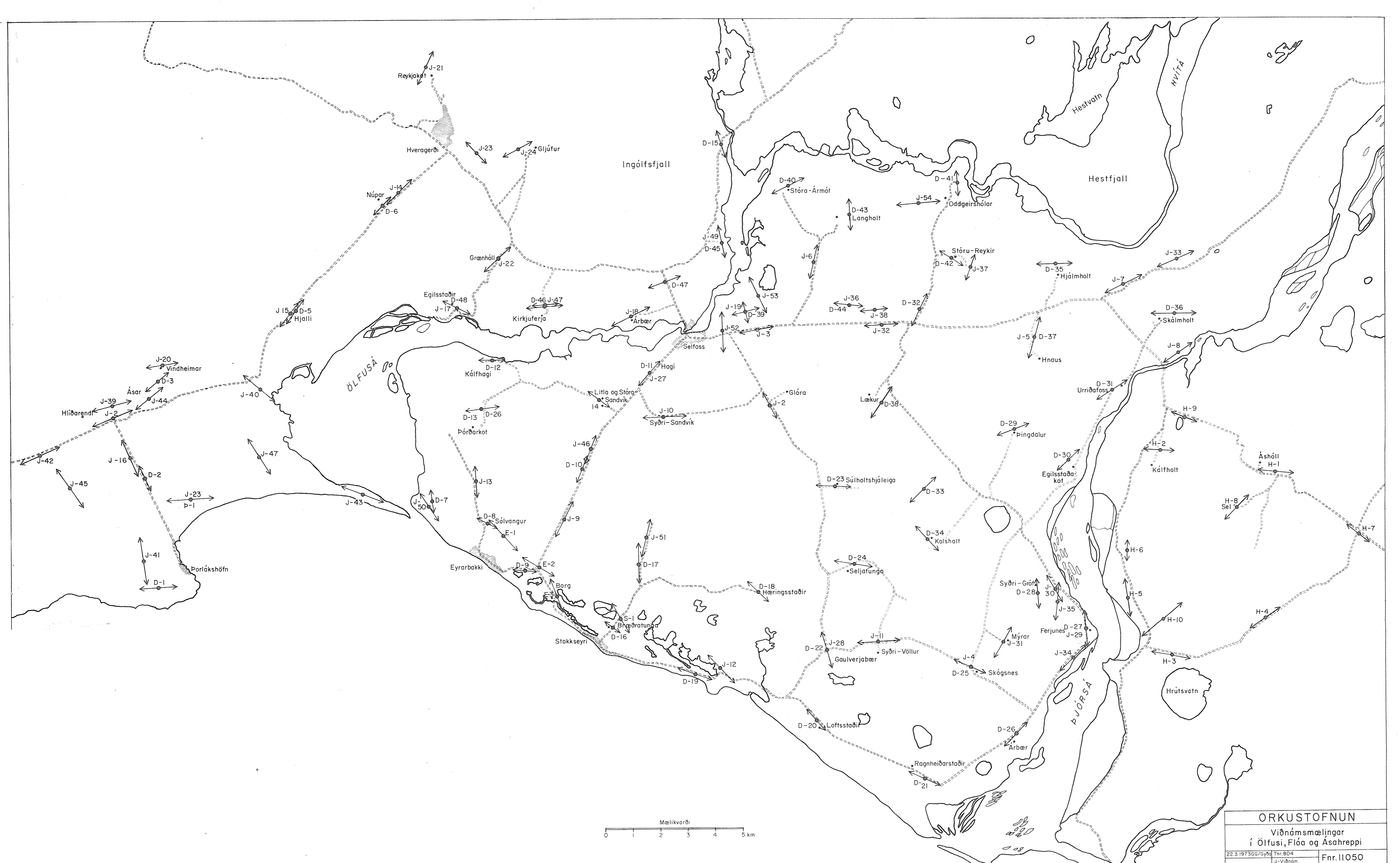
3.10.68 SS/Gyða

Tnr.687 Tnr.50

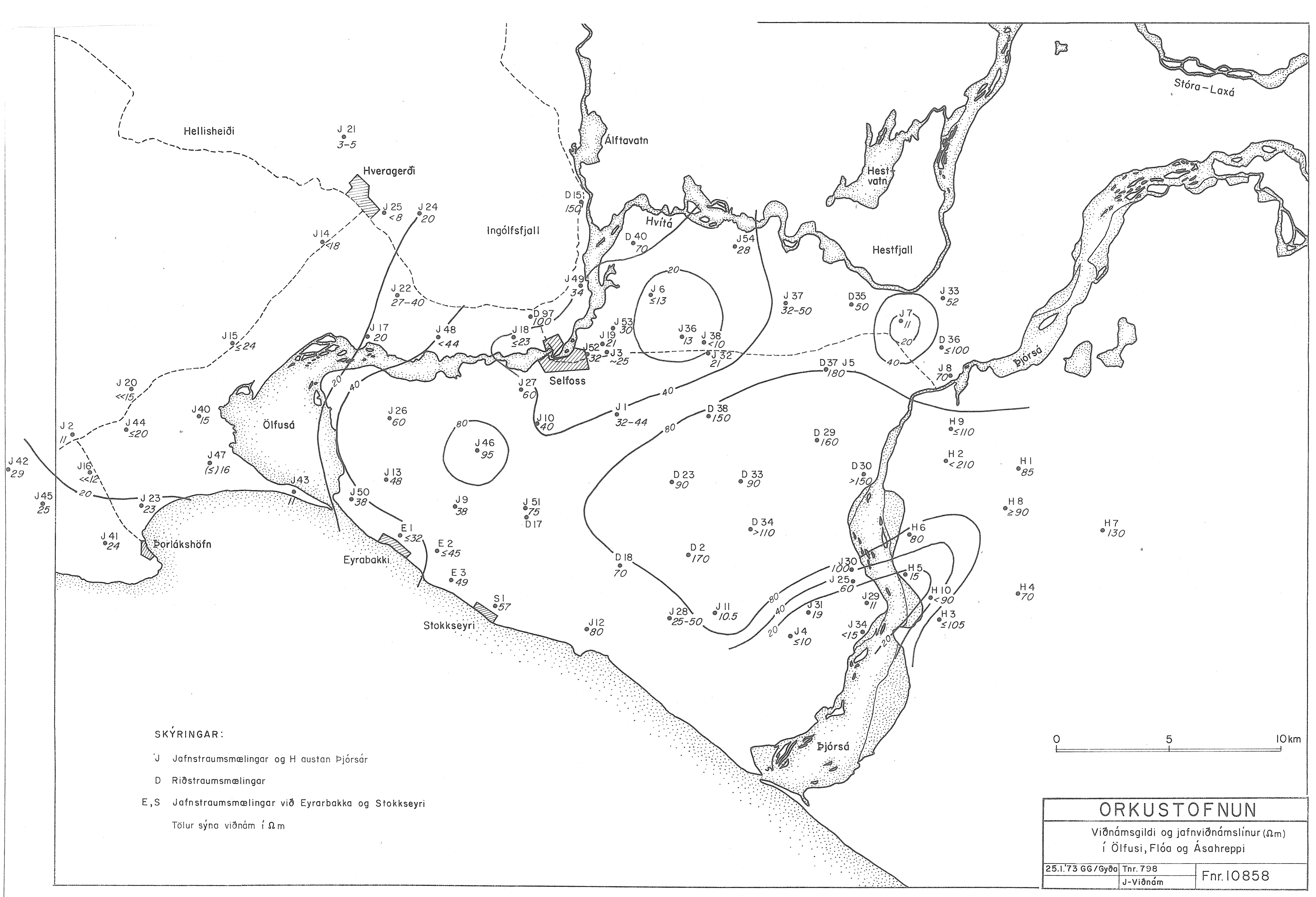
J-Viðn. J-Hreppar

Fnr.8577



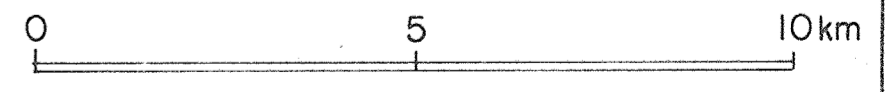


ORKUSTOFNUN	
Viðnámsmælingar	
í Ölfusi, Flóa og Asahreppi	
22.3.1973GG/Gyða Trn.804	J-Viðnám.
Fnr.11050	



SKÝRINGAR:

- J Jafnstraumsmælingar og H austan Þjórsár
- D Riðstraumsmælingar
- E, S Jafnstraumsmælingar við Eyrabakka og Stokkseyri
- Tölur sýna viðnám í Ωm



ORKUSTOFNUN		
Viðnámsgildi og jafnviðnámslínur (Ωm) í Ölfusi, Flóa og Ásahreppi		
25.1.73 GG/Gyða	Tnr. 798	Fnr. 10858
	J-Viðnám	

22.03.73

Í eftirfarandi kostnaðaráætlun er gert ráð fyrir borun ca 300 m djúprar borholu við Þjórsá.

Við borunina er gert ráð fyrir að notaður sé Wabco bor. Áhöfn bors er 4 menn. Reiknað er með að borað sé á einni vakt og að virkur bortími sé 8 tímar á dag. Gert er ráð fyrir að verkkaupi annast hluta af undirbúningi verksins, svo sem lagningu vegar að borstað og gerð borplans, eftir fyrirsögn Jarðborana ríkisins.

Verkkaupi annast og upphald boráhafnar meðan á verkinu stendur og leggur til allt útlagt efni og þjónustu varðandi borunina, annað en það, sem kemur beint af lager Jarðborana ríkisins. Þessir liðir eru þó áætlaðir og teknir með í kostnaðaráætluninni.

Þessi kostnaðaráætlun er ekki tilboð eða bindandi á neinn hátt, heldur eingöngu ætluð til viðmiðunar.

Verklýsing.

Grafin er niður yfirborðsfóðring (tunna) og steipt föst. Síðan er borað fyrir 8" fóðringu í ca 18 m dýpi og hún steipt föst. Borað er því næst fyrir 6" fóðringu niður í ca 60 m dýpi og hún hengd neðan í 8" fóðringuna og steipt föst. Loks er borað með 5 1/8" borkrónu niður í allt að 300 m dýpi.

Gert er ráð fyrir svipuðum jarðlögum og komu fram við borunina á Eyrarbakka með sama bor.

Áætlað er að borunin taki 32 verkdaga. Tímakostnaður bors er um 50.000 kr. dag. Í kostnaðaráætlunina eru einnig teknir með þeir liðir, sem verkkaupi annast.

Kostnaðaráætlun.

	kr.
Tímakostnaður bors, 32 dagar	1.600.000
Efni	220.000
Aðkeypt	130.000
Borplan og vegagerð	<u>50.000</u>
Samtals	2.000.000

Kostnaðaráætlunin er miðuð við það verðlag og vinnutaxta, sem í gildi voru, þegar áætlunin var gerð.