



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

JARÐHITAATHUGUN Í HRÍSEY Í APRÍL 1979

Sigmundur Einarsson
Guðmundur Ingi Haraldsson
Einar Gunnlaugsson

OS79029/JHD13

Reykjavík, júlí 1979

JARÐHITAATHUGUN Í HRÍSEY Í APRÍL 1979

Sigmundur Einarsson
Guðmundur Ingi Haraldsson
Einar Gunnlaugsson

OS79029/JHD13
Reykjavík, júlí 1979

EFNISYFIRLIT

	Bls.
SKRÁ YFIR TÖFLUR	3
SKRÁ YFIR MYNDIR	4
SKRÁ YFIR VIÐAUKA	4
ÁGRIP	5
1 INNGANGUR	7
2 JARÐFRÆÐI SVÆÐISINS	7
3 NÁTTÚRLEGUR JARÐHITI	8
4 EFNAFRÆÐI HEITA VATNSINS	9
5 FYRRI BORANIR	13
6 SEGULMÆLINGAR	13
7 STAÐSETNING BORHOLU	14
HEIMILDASKRÁ	15
MYNDIR	17
VIÐAUKAR	31

TÖFLUR

1 Jarðhiti við Laugarkamb, hitastig og rennsli	8
2 Laug um 1 km utan við þorpið, hitastig og rennsli	8
3 Efnagreiningar á jarðhitavatni úr Hrísey	10
4 Mældur hiti og niðurstöður efnahitamæla á sýnum úr Hrísey ..	12

MYNDIR

	Bls.
1 Breytingar á klórmagni í holu 2 með tíma	19
2 Hitamæling í holu 1	20
3 " " " "	21
4 " " " "	22
5 Hitamæling í holu 2	23
6 " " " "	24
7 Segulmælingar - afstöðumynd	25
8 Segulkort	27
9 Segulmæliferlar	29

VIÐAUKAR

A Efnagreining, sýni 790036	31
B Segulmælingar	35

ÁGRIP

Vatn í borholu hitaveitunnar í Hrísey hefur kólnað verulega síðan hitaveitan tók til starfa haustið 1973. Holan er aðeins 132 m djúp. Talið er vænlegast til úrbóta að fá vatnið inn í borholu á meira dýpi.

Uppstreymi heits vatns á Eyjafjarðarsvæðinu er yfirleitt tengt berggöngum og hafa borholur verið staðsettar með það í huga að skera þá á ákveðnu dýpi. Þessi aðferð hefur gefist vel á síðastliðnum árum. Segulmælingum var beitt til að rekja gang þann sem uppstreymið er tengt.

Gert er ráð fyrir að ganginum halli 86-87° til VNV og var borhola staðsett 25 m norðvestan við ganginn og er ætlunin að skera hann í borun á 400 m dýpi.

Efnainnihald vatnsins bendir til, að fá megi allt að 70°C heitt vatn. Breytingar á klórinnihaldi heita vatnsins benda ekki til að kólnunin stafi af blöndun við sjó.

1 INNGANGUR

Að beiðni Hríseyjarhrepps var gerð þar jarðhitaathugun í apríl 1979 vegna frekari borunar eftir heitu vatni.

Tvær borholur eru í Hrísey og er dælt vatni úr annarri fyrir hitaveitu hreppsins. Frá því dæling hófst, þegar hitaveitan tók til starfa árið 1973, hefur hitastig vatnsins lækkað um 8°C, úr 64° í 56°C (Björgvin Pálsson, munnl. uppl.). Aðalvatnsæðin í borholunni, sem nýtt er, er á aðeins 85 m dýpi.

Í skýrslu þessari er gerð grein fyrir framkvæmd athugunarinnar, niðurstöðum rannsókna og forsendum fyrir staðsetningu borholu.

2 JARÐFRÆÐI SVÆÐISINS

Berggrunnurinn í Hrísey er úr basalhraunlögum og tiltölulega þunnum millilögum. Jarðlögum hallar u.þ.b. 3-4° til SA. Andhverfuás liggur skammt vestan Hríseyjar og suður eftir Tröllaskaga. Jarðlögum hallar frá andhverfuásnum til suðvesturs vestan andhverfunnar og til suðausturs austan hennar. Elsta berg á Norðurlandi kemur því fram norðantil í andhverfuásnum.

Sé tekið mið af aldursákvörðunum á bergi úr Hálshöfða og Kötluþjalli (Aronson, J.L. og Kristján Sæmundsson 1975) má gera ráð fyrir að bergið í Hrísey sé um 10 milljón ára gamalt.

Bergið er mikið ummyndað og holufyllt og því svo þétt, að vart er um vatnsstreymi að ræða, nema eftir glufum og sprungum. Slíkir vatnsleiðarar eru fyrst og fremst berggangar og misgengi. Samkvæmt reynslu, sem fengist hefur við boranir í Eyjafirði á undanförunum árum, stjórna örfáir gangar uppstreymi heita vatnsins (Axel Björnsson o.fl. 1979).

Mjög mikið er um bergganga í Hrísey og hafa þeir norðnorðaustlæga stefnu. Halli þeirra er 86-87° til NV frá láréttu, eða því sem næst hornrétt á jarðlagastaflann.

3 NÁTTÚRLEGUR JARÐHITI

Náttúrlegur jarðhiti er á tveimur stöðum í Hrísey svo vitað sé.

Á norðurenda eyjarinnar við svonefndan Laugarkamb er laug í fjörunni og fer hún í kaf á flóði. Laugin var ekki skoðuð í apríl '79 en hún kemur upp við berggang (Jón Sólmundsson). Gamlar hita- og rennslismælingar eru sýndar í töflu 1.

TAFLA 1

Jarðhiti við Laugarkamb,
hitastig og rennsli

Hiti	Rennsli	Hvenær mælt	Heimild
60°C	<0,5 l/s	1938	Trausti Einarsson 1942
62 -	0,4 -	1944	Skýrsla Ranns.ráðs 1944
65 -	--	1959	Jón Sólmundsson

Um 1 km norðan við þorpið var laug í fjörunni, en hún fannst ekki í apríl 1979. Laugin mun hafa komið upp með berggangi og farið á kaf á flóði (Jón Jónsson, munnl. uppl.). Líklegt er að laugin hafi horfið er dæling hófst úr borholu þar skammt frá. Gamlar hita- og rennslismælingar eru sýndar í töflu 2.

TAFLA 2

Laug um 1 km utan við þorpið,
hitastig og rennsli

Hiti	Rennsli	Hvenær mælt	Heimild
46°C	0,01 l/s	1938	Trausti Einarsson 1942
39 -	0,05 -	1944	Skýrsla Ranns.ráðs 1944

4 EFNAFRÆÐI HEITA VATNSINS

Í þessum kafla verður lítillega fjallað um efnafræði jarðhitavatsins í Hrísey, einkum það er varðar efnahitamæla. Jafnframt verður fjallað um þær breytingar á efnainnihaldi heita vatnsins, sem orðið hafa frá því 1972, samfara hitabreytingum. Um samsetningu vatnsins með tilliti til notkunar verður ekki fjallað hér, enda hefur Iðntæknistofnun Íslands séð um tæringarannsóknir fyrir hitaveitu Hríseyjar undanfarin ár.

Í töflu 3 eru birtar allar efnagreiningar á jarðhitavatni úr Hrísey, sem gerðar hafa verið á vegum Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Í Viðauka A eru birtir útreikningar á sýni sem tekið var á vegum Jarðhitadeildar í apríl 1979.

Eins og áður hefur komið fram hefur hiti vatnsins í holu 2 í Hrísey lækkað um 8°C frá 1973 til 1979, þ.e. frá 64 í 56°C. Samfara þessu hefur efnasamsetning vatnsins breyst. Klórinnihald hefur minnkað um 150 ppm, natríum hefur lækkað um u.þ.b. 100 ppm, kalsíum um 15 ppm og súlfat í kringum 20 ppm. Yfirleitt er þetta 30-40% lækkun á styrk efna frá 1972 til 1979. Mynd 1 sýnir hvernig klórmagn heita vatnsins hefur breyst þessi 7 ár.

Sú hugmynd sem helst hefur komið fram um orsök kólnunar vatnsins í holu 2 í Hrísey er að sjór hafi blandast heita vatninu við aukna dælingu, en aðalvatnsæð holunnar er á aðeins 85 m dýpi. Samkvæmt þeim efnagreiningum sem til eru getur þetta ekki verið orsök. Ef kólnunin orsakast af blöndun við kaldara vatn hlýtur það að vera ferskt. Berggrunnurinn í Hrísey er hins vegar tiltölulega þéttur og ekki líklegt að yfirborðsvatn hripi í verulegum mæli niður í berggrunninn.

Hitastig ræður styrk ýmissa efna í vatni. Ákvörðun á styrk þeirra í vatni, sem safnað er á yfirborði, getur þannig gefið góða hugmynd um hitastig vatns í berggrunninum. Þeir efnahitamælar, sem mest hafa verið notaðir, eru kísilhitamælirinn og alkalíhitamælirinn. Styrkur kísils (SiO_2) í vatni ræðst af leysni kísilsteintegundanna kalsedóns og kvars. Við háan hita ($>180^\circ\text{C}$) ríkir jafnvægi við kvars en við lægri hita ríkir jafnvægi við kalsedón.

TAFLA 3

Efnagreiningar á jarðhitavatni úr Hrísey

SÝNI Nr.	Ystibær 1944 539	Ystibær ^x 1944 540	Hrísey 02061959 538	Laugarkambur 690124	Hrísey hola 1	Hrísey hola 2	Hrísey 720104	Hrísey hola 2	Hrísey 720105	Hrísey hola 2	Hrísey 760085	Hrísey hola 2	Hrísey 790036
Hiti °C	62	39	65	40-50									56
pH/°C	8,9	7,4	9,30	9,30/12	8,7	8,6	8,7	7,8	9,25/22	9,93/23			
Eðlisviðnám			5,24		2,43	2,43	6,18	6,2	10,5	10,3			
SiO ₂	58	46	53,8/37,6	37	65	160	51	49	49	51,5			
Na				40	223	237	250	256	143,3	188,0			
K				4,4	4,0	3,2	4,6	4,6	1,4	2,0			
Ca				116	30	33,6	50,1	50,0	34,5	34,9			
Mg				102	2,4	1,4	2,4	2,2	0,07	0,13			
CO ₂ (tot)				12,2			11,0	18,9	12,3	8,9			
SO ₄				260,7	50,0	70,0	57,2	65,4	41,0	39,7			
H ₂ S (tot)				<0,1					<0,1	0,1			
Cl	546	925	492	435	352	350	426	434	281,1	292,2			
F			0,29	0,2	0,3	0,8	0,2	0,25	0,24	0,21			
Uppl. efni	1000	1650	1103	3828	820	750	1015	1014	619	595,7			

x) Mun líklega eiga að vera Syðstibær.

Alkalí-hitamælirinn stjórnað af jónaskiptajafnvægi natríums(Na), kalíums(K) og kalsíums(Ca) í vatni og í bergi og hliðrast jafnvægið með hitastigsbreytingum. Til eru ýmsar jöfnur til útreikninga á alkalí-hita, en þeirra verður ekki getið hér sérstaklega, heldur einungis birtar niðurstöður.

Í töflu 4 er sýndur mældur hiti þeirra vatnssýna, sem til eru úr Hrísey, svo og útreiknaður hiti í jarðhitakerfinu skv. efnahitamælum. Greinilegt er að gildi alkalíhita eru meira og minna brengluð. Gildi Na-K-hita (I og II í töflu 4) eru lægri en mælist á yfirborði. Na-K-Ca-hiti fyrir eldri sýni frá Hrísey (eldri en frá 1972) sýnir nokkuð trúverðugar niðurstöður miðað við kísilhita. Tvö yngstu sýnin gefa aftur á móti mun lægri Na-K-Ca-hita en mældan yfirborðshita. Þetta bendir til að þær breytingar, sem fram koma í Na, K og Ca og nefndar eru hér að framan, hafi fyrr áhrif á alkalíhita en kísilhita, sem virðist vera nær óbreyttur frá 1972.

Út frá efnavarmafræðilegum gögnum er unnt að reikna út jafnvægi milli Na-feldspata og K-feldspata við breytilegt hitastig. Ef gert er ráð fyrir að þetta jafnvægi ríki í jarðhitakerfinu er hægt að nota það til að segja til um hitastigið í kerfinu. Fyrir sýni úr Hrísey myndi þetta jafnvægi spá 60-80°C hita, sem ber samilega saman við kísilhita.

Samkvæmt efnahitamælum má því búast við að vatn sem næðist á um 400 m dýpi gæti verið um 65-70°C heitt.

TAFLA 4

Mældur hiti og niðurstóður efnahitamæla á sýnum úr Hrísey

SÝNI	Mældur hiti °C	Kísilhiti kalsedon °C 1)	Na-K-hiti I °C 1)	Na-K-hiti II °C 1)	Na-K-Ca-hiti 1)	Na-K-feldspat jafnvægi 2)
Ystibær 1944	62	76				
Ystibær 1944 ^{x)}	39	66				
Hrísey 02061959	65	70/53				
Laugarkambur 690124	40-50	54	(195)	(198)	31	(194)
Hrísey H1		83	44	55	69	80
Hrísey H2			29	41	60	68
Hrísey H2 720104		70	46	57	64	81
Hrísey H2 720105		69	45	56	64	80
Hrísey H2 760085		66	14	25	33	55
Hrísey H2 790036	56	67	18	29	44	72

x) Mun líklega eiga að vera Syóstibær.

1) Jöfnur frá Truesdell, 1975.

2) Munnl. uppl. frá Stefáni Arnórssyni.

5 FYRRI BORANIR

Sumarið 1966 voru boraðar tvær grunnar rannsóknarholur skammt vestan við þar sem nú er Nautastöðin. Holurnar voru staðsettar skammt ofan við laug, sem þar var í fjörunni. Fyrri holan er 102 m djúp og sú síðari 132 m og voru þær báðar 3" víðar. Samfelldur kjarni var tekinn úr báðum holunum. Í holunum koma einungis fram basalhraunlög með þunnum millilögum (Ingvar Birgir Friðleifsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1968). Holurnar hafa ekki hitt bergganginn, sem virðist stjórna uppstreymi heita vatnsins.

Í skýrslu bormanna kemur fram að skolvatn hvarf í holu II í 84,5 m og kom ekki upp eftir það. Samkvæmt borkjarna er vatnsæðin neðst í hraunlagi. Líklegt er að heita vatnið streymi út frá ganginum eftir hraunlagamótum. Mesti hiti í holunni mældist 67°C í borun og stóð vatnsborð í holunni á 3,40 m dýpi er borun lauk.

Árið 1972 var hola II víkkuð til þess að koma djúpdælu fyrir í henni vegna væntanlegrar hitaveitu fyrir þorpið. Holan var víkkuð í 8 3/4" niður í 52,8 m og fóðruð með 7 5/8" á það dýpi. Úr 52,8 m og niður í 66,5 m var víkkað í 5 7/8" en þaðan og niður í 103 m dýpi var síðan víkkað í 4 3/4". Frá 103 m niður í botn á 132 m er holan því enn 3" víð. (Heimildir um boranirnar eru borskýrslur Jarðborana ríkisins.)

Hitamælingar, sem gerðar hafa verið í borholunum í Hrísey, eru sýndar á myndum 2-6. Á myndunum sést að aðalvatnsæðin í báðum holunum er á 84 m dýpi.

6 SEGULMÆLINGAR

Dagana 3.-6. apríl 1979 voru gerðar segulmælingar í Hrísey. Tilgangur þeirra var að gera gangakort af nágrenni jarðhitans og reyna út frá því að finna, hver af göngunum gæti helst stjórnað uppstreymi heita vatnsins. Um eðli segulmælinga og gildi þeirra í jarðhitaleit er fjallað í Viðauka B.

Mældar voru tíu 400 m langar mælilínur og tvær styttri, samtals 4,3 km. Línurnar voru lagðar þannig að miðja þeirra er við sóttvarnargirðinguna utan um Nautastöðina. Stefna mælilína var N145°A og er lega þeirra ásamt helstu kennileitum sýnd á mynd 7.

Niðurstöður segulmælinganna eru teiknaðar upp á segulkort á mynd 8 og einstakir mæliferlar eru sýndir á mynd 9.

Í mælingunum má greina 7 línuleg segulfrávik, sem líklega stafa öll frá berggöngum. Frávikin eru númeruð og dregin inn á myndir 7 og 9. Stefna frávikanna er u.þ.b. N25°A, utan eins, sem stefnir N45°A. Stallur er í heildarsegulsviðinu við frávik númer 5 og bendir það til að gangurinn liggja í misgengi. Gangurinn, sem jarðhitinn kemur upp með, veldur frávik nr. 3 og virðist frávik nr. 4 stafa frá anga út úr honum.

Ljóst er út frá mælingunum að holur I og II eru of langt frá ganginum. Til þess að skera ganginn hefðu þær þurft að vera um 250 m djúpar.

7 STAÐSETNING BORHOLU

Talið er vænlegast til úrbóta fyrir hitaveituna að reyna að ná vatninu á meira dýpi, en þá má búast við að kælingarinnar gæti síður. Staðsetning nýrrar borholu miðast því við að skera jarðhitaganginn á nokkur hundruð m dýpi, þ.e. mun dýpra en eldri borholur ná.

Gert er ráð fyrir að ganginum halli 86-87° til VNV frá láréttu. Ef notaður er bor sem getur borað niður á 600 m dýpi er eðlilegt, vegna ýmissa óvissuþátta (halla gangs og halla borholu), að miða við að skera ganginn nokkru grynnra. Holan er því staðsett 25 m austan við ganginn og atti að skera hann á um 400 m dýpi, ef halli er rétt áætlaður.

HEIMILDASKRÁ

Aronson, J.L. & Kristján Sæmundsson 1975: Relatively old basalts from structurally high areas in central Iceland. Earth Planet. Sci. Lett., 28, s. 83-97.

Atvinnudeild Háskólans, efnagreiningar (handrit).

Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Sigmundur Einarsson, Freyr Þórarinnsson, Stefán Arnórsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson & Þorsteinn Thorsteinsson 1979: Hitaveita Akureyrar, rannsókn jarðhita í Eyjafirði, áfangaskýrsla 1978. Skýrsla Jarðhitadeildar Orkustofnunar, OS JHD 7851, 91 s.

Ingvar Birgir Friðleifsson & Hrefna Kristmannsdóttir 1968: Jarðlagasnið. Skýrsla Jarðhitadeildar Orkustofnunar, 47 s.

Jarðboranir ríkisins. Borskýrsla Sullivan 3 1966.

Jarðboranir ríkisins. Borskýrslur Franks 1971 og 1972.

Jón Sólmundsson: Laugabók, dagbækur frá athugunum á jarðhitastöðum sumrin 1959-1962, handrit í vörslu Jarðhitadeildar Orkustofnunar.

Rannsóknaráð ríkisins 1944: Alkalísk jarðhitasvæði á Íslandi (handrit).

Trausti Einarsson 1942: Über das Wesen der heissen Quellen Islands. Vísindafél. Ísl. Rit XXVI, 91 s.

Truesdell, A.H. 1975: Summary of section III. Geochemical Techniques in Exploration. Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, USA, May 20-29, 1975.

MYNDIR



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

'79.06.20

EG/AA

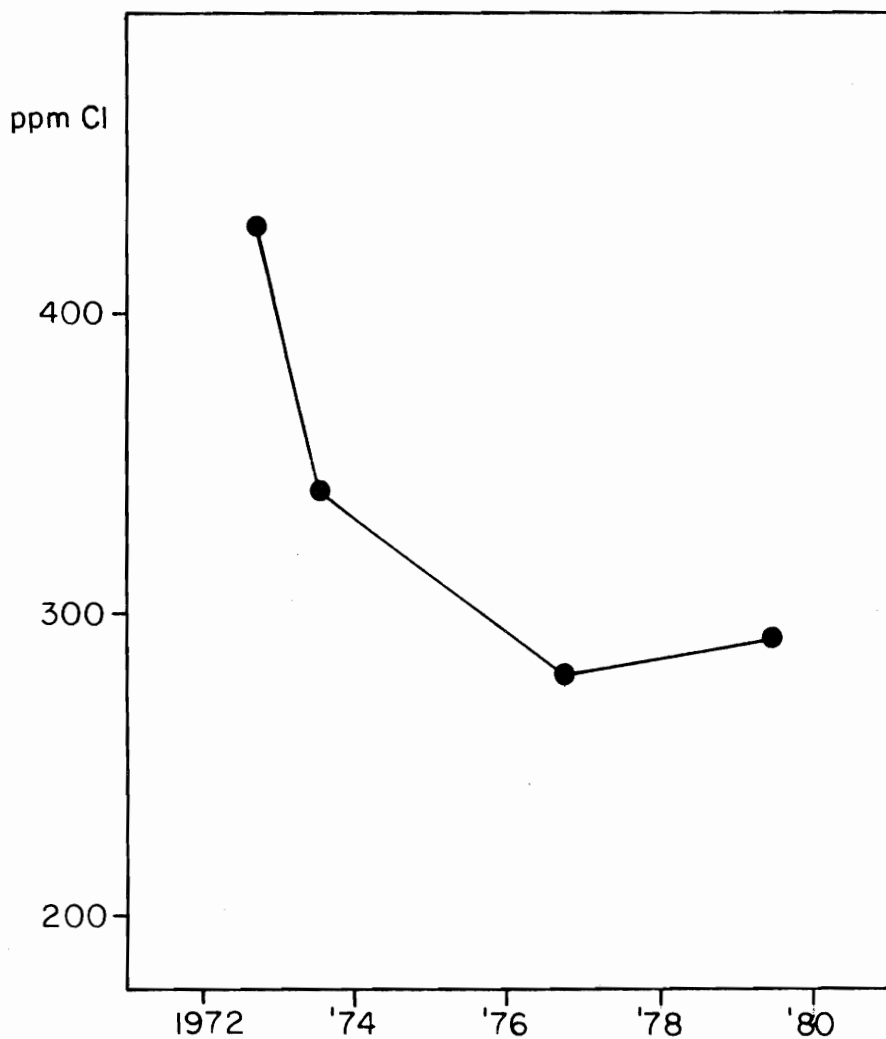
Eyjafj.

F18520

HRÍSEY

Breytingar á klórmagni í holu 2 með tíma

Mynd 1



Klórgreining frá 1973 fengin frá Gunnlaugi Eliassyni
Iðntæknistofnun Íslands

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadællid

Hitamælingar í borholum

14.7.'66 S.G.S./E.Ó.

Tnr. 112 Tnr. 467

J-Eyjafj J-Hitam.

Fnr. 7516

Mynd 2

0 50 100
Hit C°

Dýpi
m

50

100

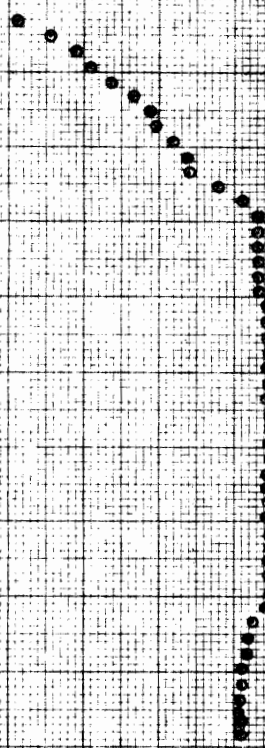
Hrísey I

Sullivan-bor

Borun lokið 30.6.'66

Vatnsborð 3,85 m

Mæld 3.7.'66 S.G.S.



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

22.9.71 SGS/HB

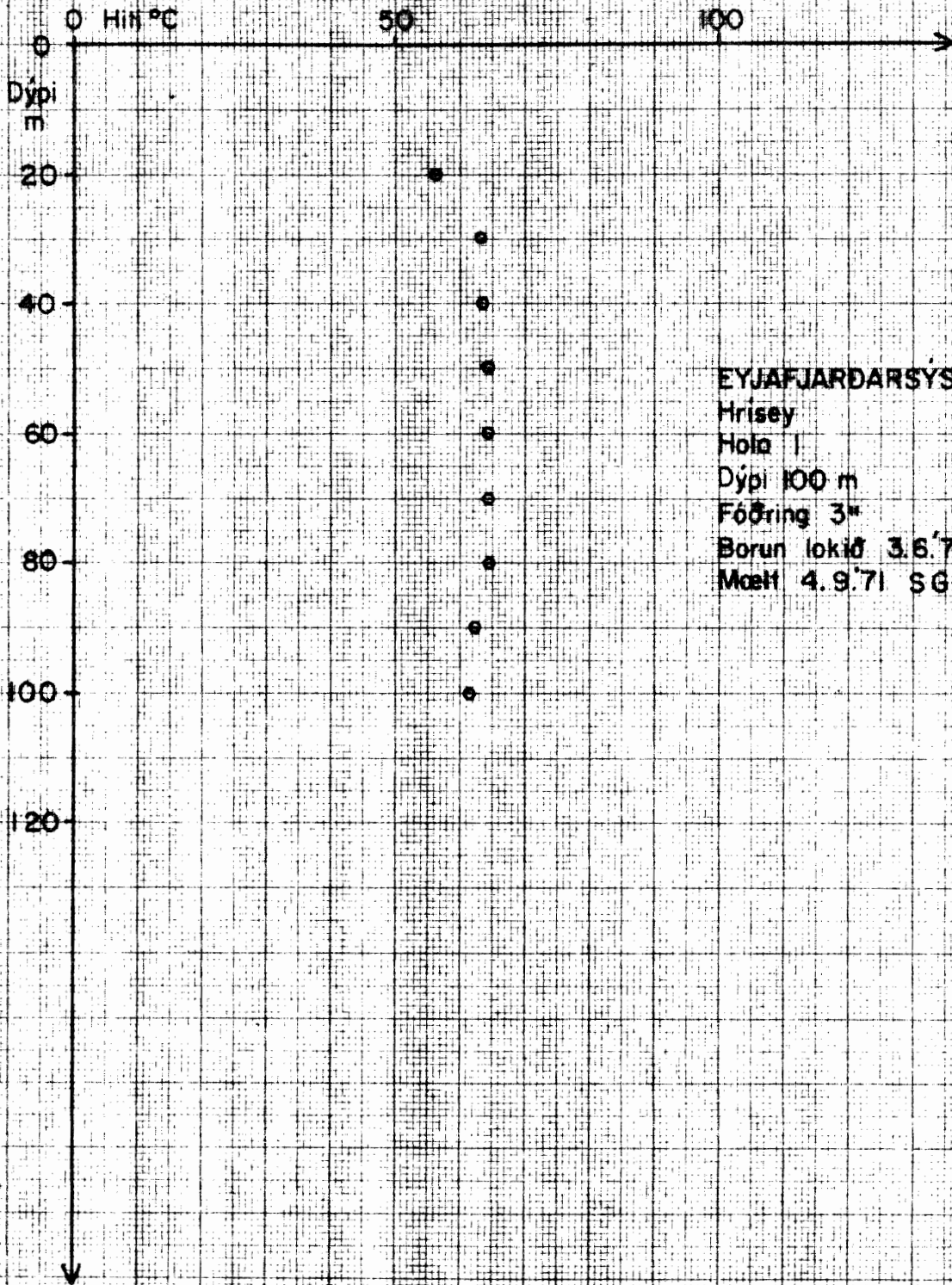
Tnr. 117 Tnr. 826

J-Eyjafj. J-Hitam

Fnr. 10118

Hitamælingar í borholum

Mynd 3



EYJAFJARDARSÝSLA
 Hrisey
 Holo I
 Dýpi 100 m
 Fóðring 3"
 Borun lokið 3.6.71
 Mætt 4.9.71 SGS

75250 - 023 A5 - 1 x 1 m



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

12.8.1971 SH/Gyða

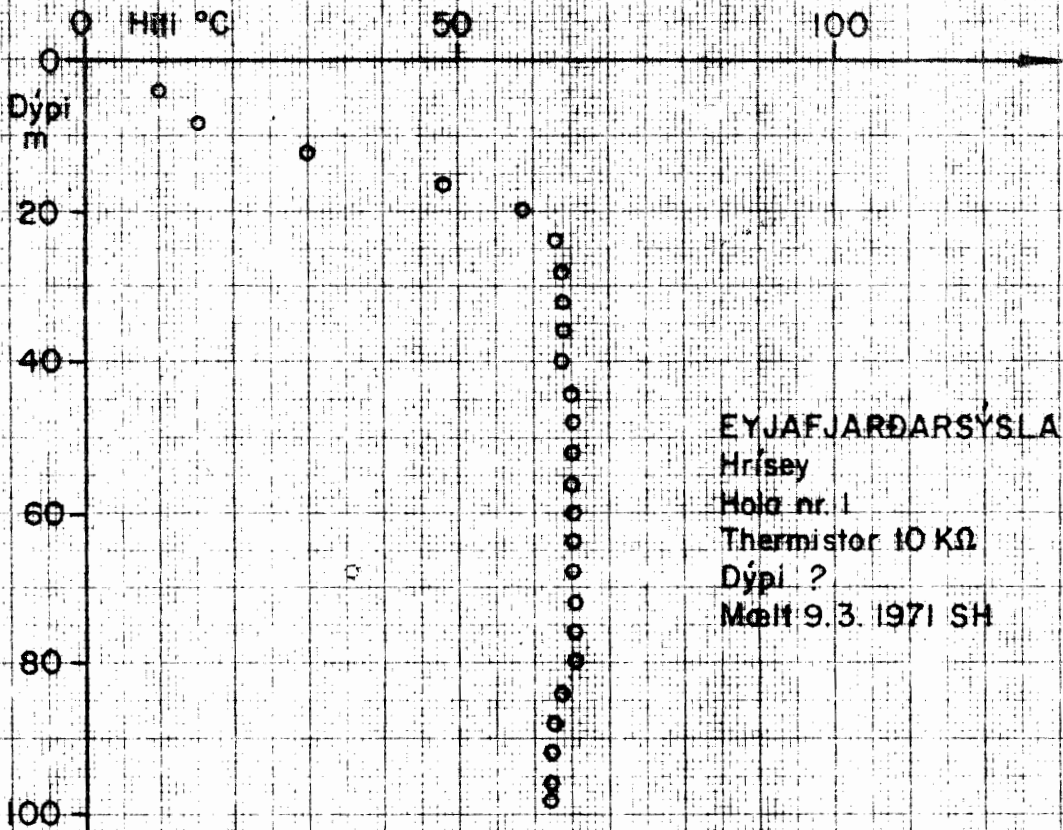
Tnr.115 Tnr.777

J-Eyjafj. J-Hitam.

Fnr. 10021

Hitamælingar í borholum

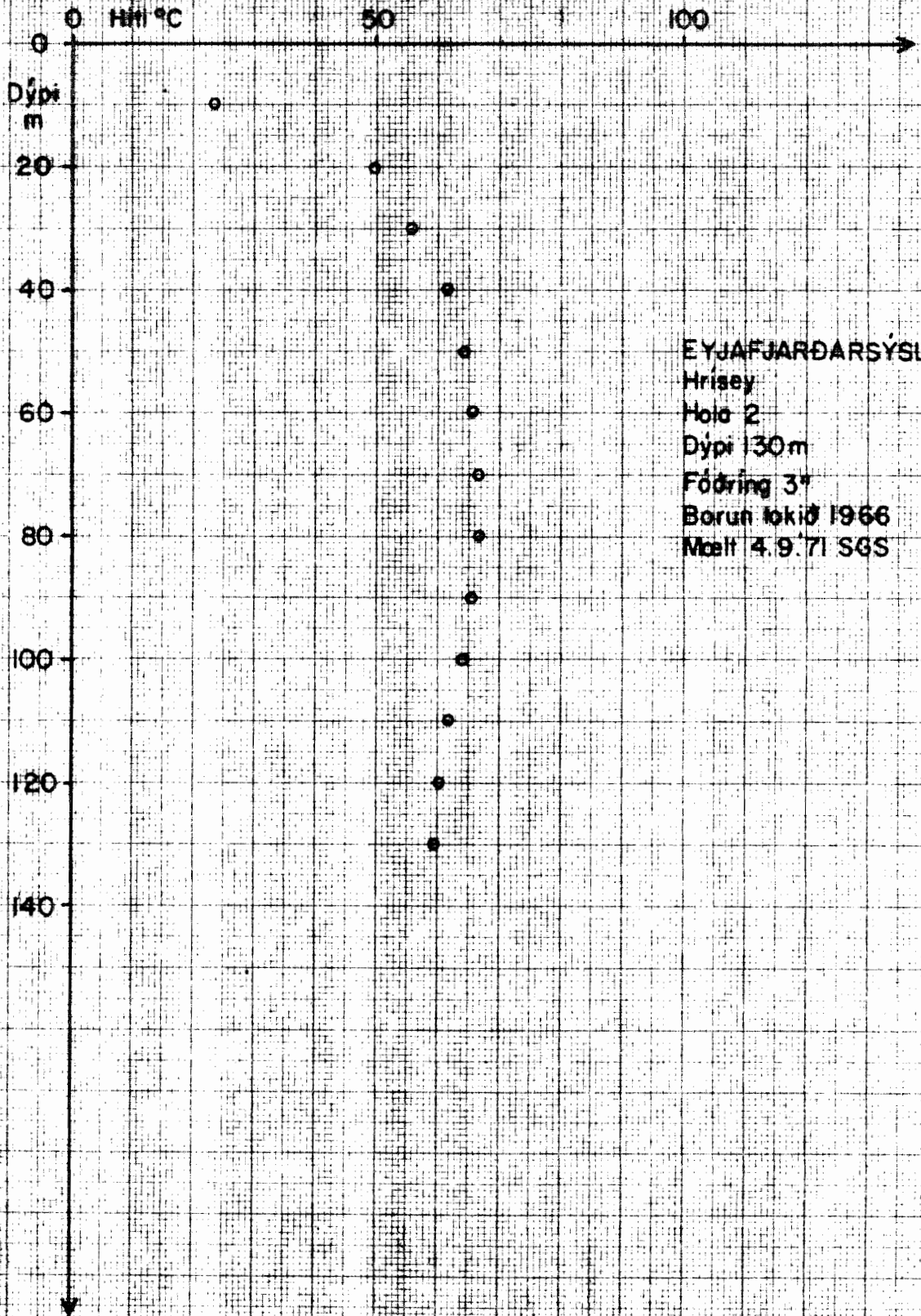
Mynd 4



EYJAFJARÐARSÝSLA
 Hrísey
 Hala nr. 1
 Thermistor 10 KΩ
 Dýpi ?
 Mælt 9.3. 1971 SH

Hitamælingar í borholum

Mynd 5



EYJAFJARDARSÝSLA
Hrisey
Hole 2
Dýpi 130m
Fóðring 3"
Borun lokið 1966
Mælt 4.9.71 SGS

13 2007 2008 AS - 1 x 2008



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

13.07.76 BS/AV

Tnr. 118 Tnr. 1739

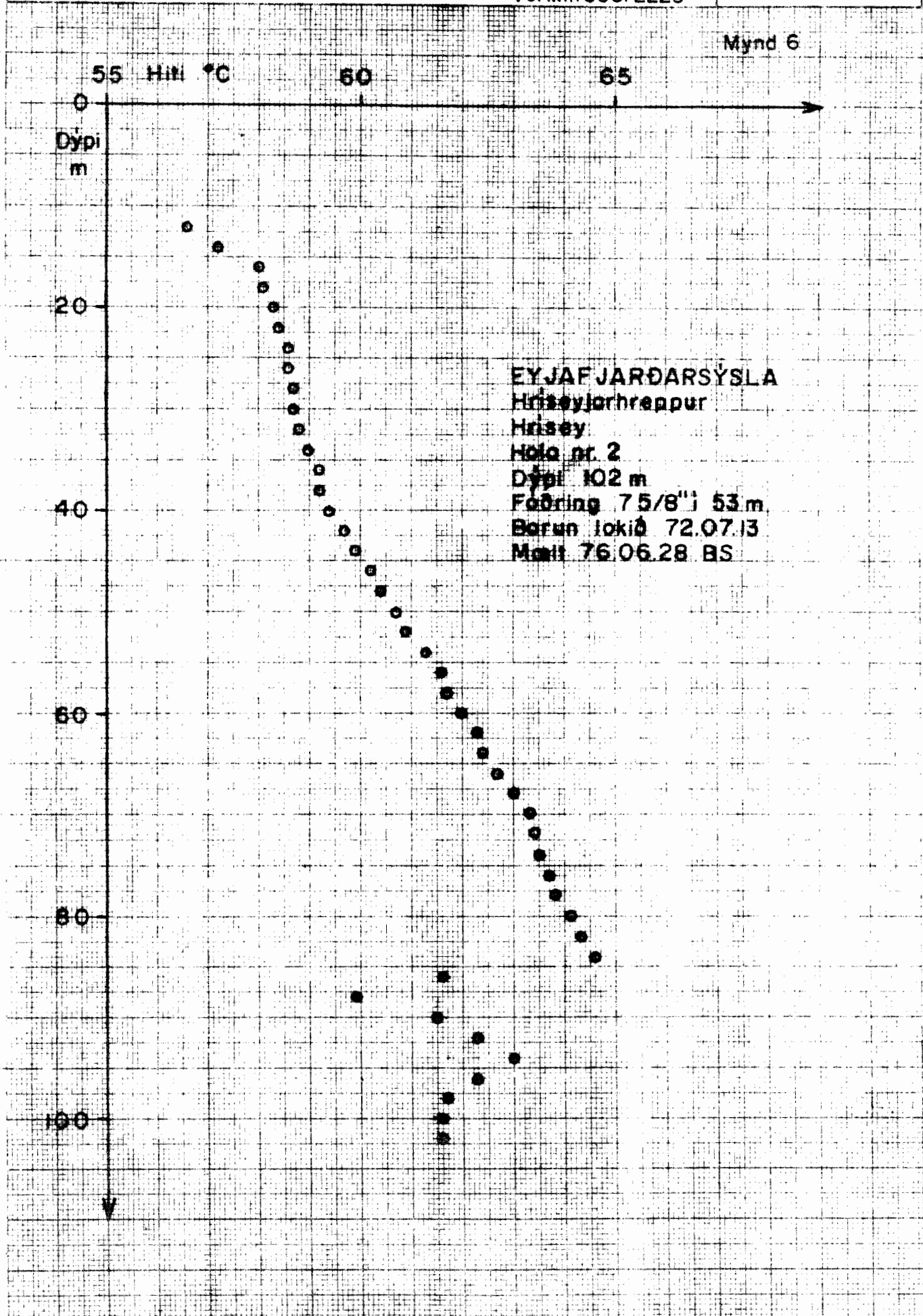
J-Eyjafj. J-Hitam

Fnr. 14400

Hitamælingar í borholum

Verknr. 838/2229

Mynd 6



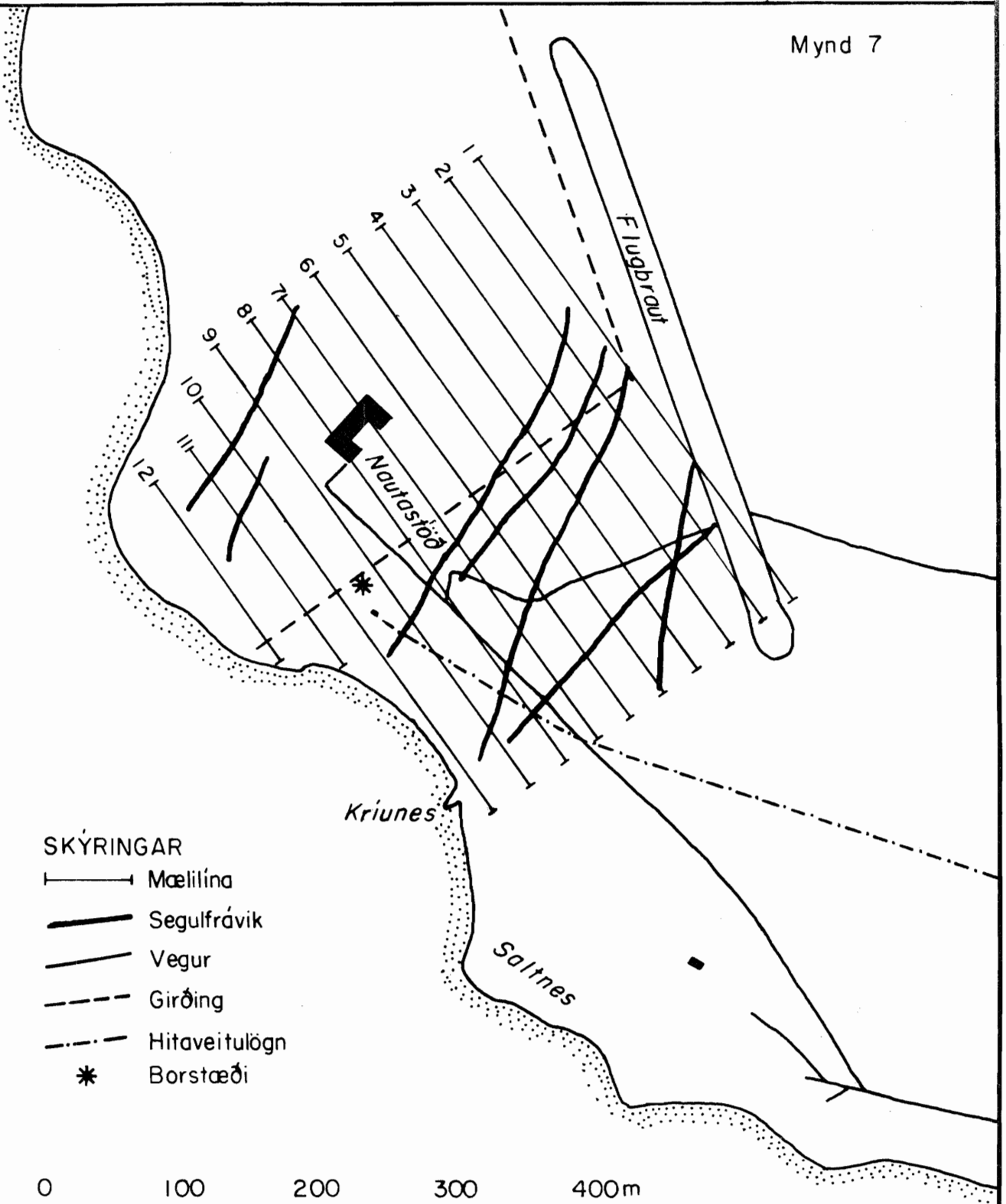
EYJAFJARÐARSÝSLA
 Hriseyjorhreppur
 Hrisey
 Hóla nr. 2
 Dypti 102 m
 Forring 7 5/8" í 53 m
 Borun lokið 72.07.13
 Maltt 76.06.28 BS



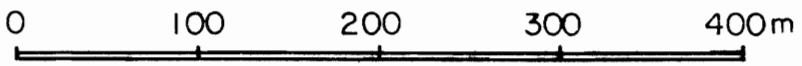
HRÍSEY

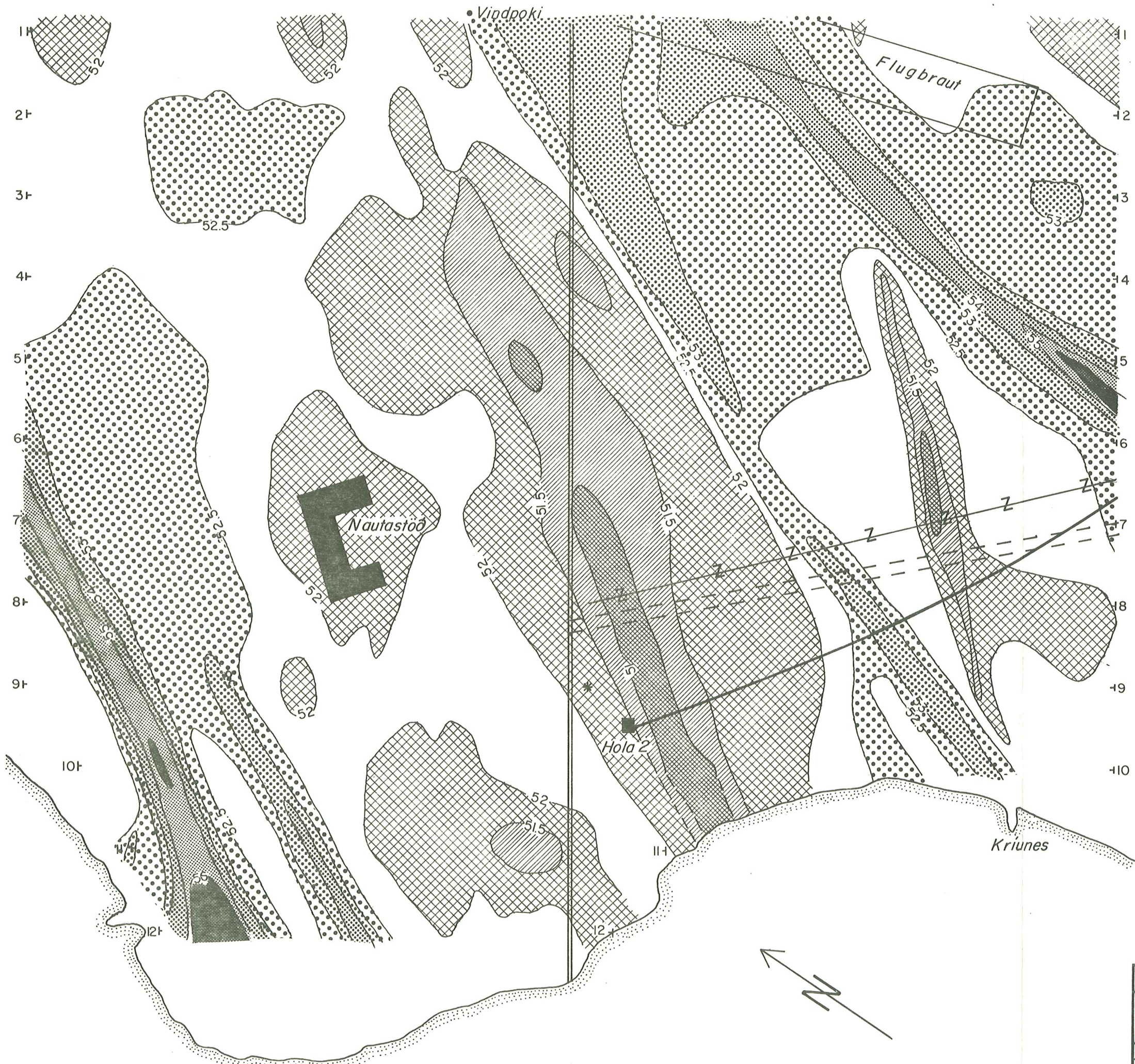
Segulmælingar - Afstöðumynd

Mynd 7

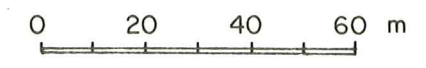


- SKÝRINGAR
- |— Mælilína
 - Segulfrávik
 - Vegur
 - - - Girðing
 - · - Hitaveitulögn
 - * Borstæði





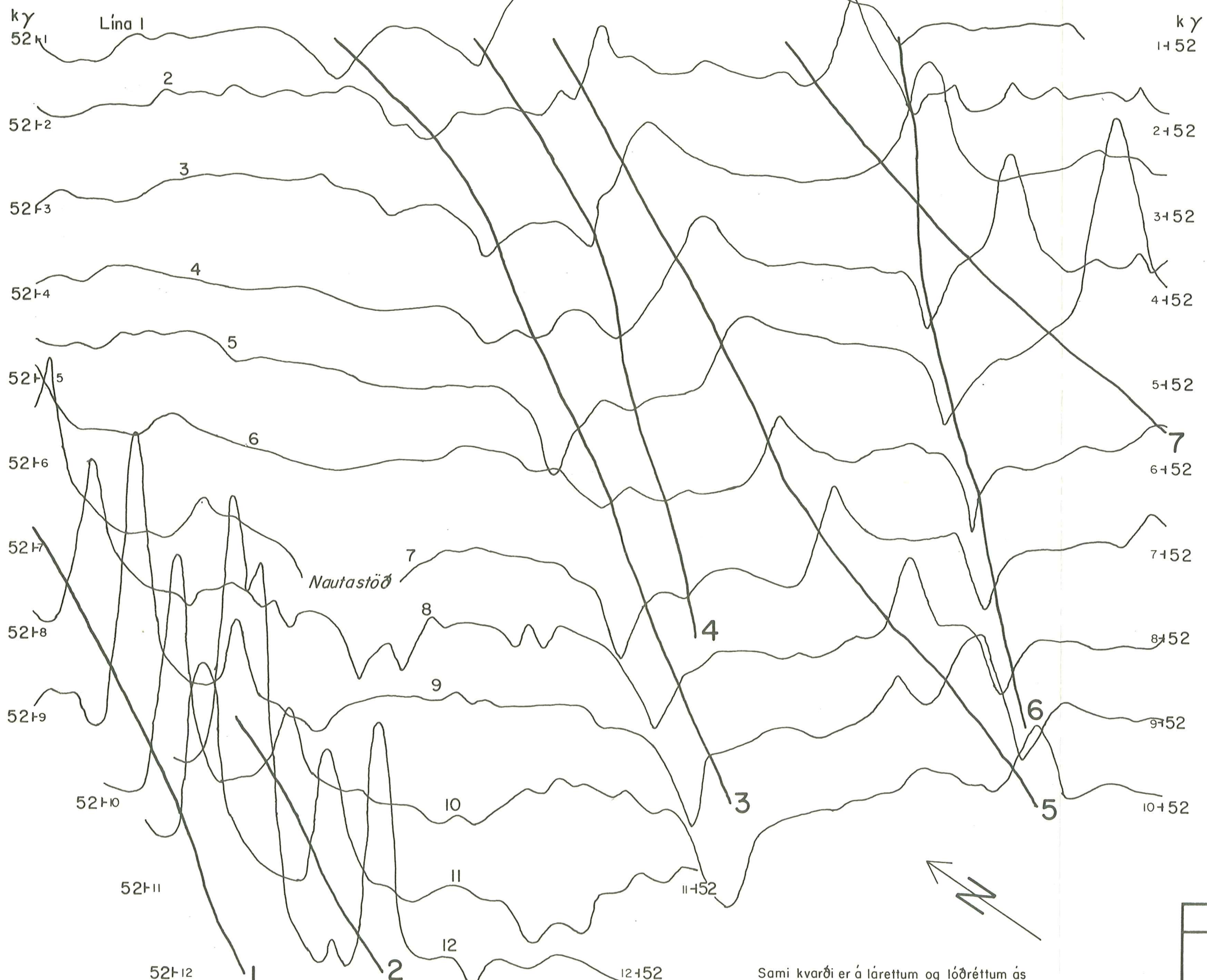
- SKÝRINGAR
- 51 — Jafnsviðslína (51Kγ)
 - ┌ 4.3 Mællína
 - Vegur
 - Hitaveitulögn
 - == Girðing
 - Z- Háspennulína
 - * Fyrirhuguð borhola



Mynd 8

ORKUSTOFNUN		
HRÍSEY Segulkort		
'79.06.05	SE/GIH/AA Segulm. Eyjafj.	F 18487

0 50 100 150 200 250 300 350 m 400



SKÝRINGAR
 Mæliferill
 Segulfrávik

55 ky
 54
 53
 52
 51

Nautastöð

Mynd 9

ORKUSTOFNUN		
HRÍSEY		
Segulmæliferlar		
79.05.31	Segulm.	F 18483
SE/GIH/A'A	Eyjafj.	

Sami kvarði er á lárettum og lóðréttum ás

0 50 100 150 200 250 300 350 m 400

VIÐAUKI A

Efnagreining
sýni 790036

ORKUSTOFNUN JHD
1979-06-05 HS

65042071027904060036 7902 HRISEY HOLA 2 EYJAFJARDARS, HRISEYJARHR, GIH/SE

HITASTIG = 56.0 (MAELT)

EFNAGREINING VATNSSYNNIS I PPM OG MMOL

PH	SI02	NA+	K+	CA++	MG++	CO2TOT	SO4--	H2S	CL-	F-	UPPL.E.
9.39	51.50	188.00	2.00	34.90	0.130	8.90	39.70	0.10	292.20	0.21	595.70
23.0	0.8572	8.1775	0.0512	0.8708	0.0053	0.2022	0.4133	0.0029	8.2426	0.0111	

JONABALANS I MILLIEQUIVALENTUM

KATJONIR . 9.98083 ANJONIR 9.42801 MISMUNUR I PROSENT 5.70

JONISKUR STYRKUR VID PH HITA 0.011020 -ENDURREIKNAD GILDI 0.011019-

VIRKNISTUDLAR VID PH HITA

H+	H3SI04-	NA+	K+	CA++	MG++	SO4--	CL-	F-	HCO3-	CO3--	HS-	S--
0.910	0.898	0.898	0.895	0.665	0.680	0.653	0.895	0.896	0.898	0.653	0.896	0.657

KLEYFNISTUDLAR I DJUPVATNI SEM -LOG K

H4SI04	H2CO3	HCO3-	H2S	HS-	HSO4-	HF	NACL	KCL	NASO4-	KSO4-	CASO4	MGSO4
9.69	4.32	10.16	6.76	16.61	2.39	3.44	-1.18	-1.34	0.40	1.04	2.20	2.62

CACO3	MGCO3	H2O	H3SI04-	NAH3SI04	H3BO3	H2SO4	CAHCO3+	MGHCO3+	CAOH+	MGOH+	NH4OH
3.47	3.15	13.12	11.30	1.76	9.08	-8.24	1.40	1.17	1.36	2.37	4.75

VIRKNISTUDLAR I DJUPVATNI

H+	H3SI04-	NA+	K+	CA++	MG++	SO4--	CL-	F-	HCO3-	CO3--
0.907	0.893	0.893	0.890	0.654	0.669	0.641	0.890	0.892	0.893	0.641

HS-	S--	OH-	H2BO3-	NH4+	H2SI04--	CAHCO3+	CAOH+	MGHCO3+	MGOH+	HSO4-
0.892	0.645	0.892	0.889	0.889	0.649	0.899	0.899	0.893	0.896	0.895

PH I DJUPVATNI 8.74 (METIN AUKNING VID .1 MMOL AUKNINGU I HLEDGLU 0.251)

SYRUR OG TILSVARANDI ANJONIR I DJUPVATNI I PPM OG LOG MMOL

H4SI04	H3SI04-	H2CO3	HCO3-	CO3--	H2S	HS-	S--	HSO4-	SO4--	HF	F-	CL-
73.13	9.16	0.04	11.11	0.58	0.00	0.10	0.00	0.00	37.10	0.00	0.21	292.07
-0.119	-1.016	-3.214	-0.740	-2.017	-4.567	-2.537	-10.260	-6.910	-0.413	-7.313	-1.957	0.916

OKLOFNAR SAMEINDIR OG TILSVARANDI KATJONIR I DJUPVATNI I PPM OG LOG MMOL

NACL	KCL	NASO4-	KSO4-	CASO4	MGSO4	CACO3	MGCO3	NA+	K+	CA++	MG++
0.21	0.00	0.60	0.02	2.93	0.04	0.99	0.00	187.80	1.99	33.64	0.12
-2.448	-4.820	-2.296	-3.864	-1.667	-3.460	-2.005	-4.534	0.912	-1.292	-0.076	-2.303

JONABALANS I VATNI 5.58 PROSENT HLEDGLUOSAMRAEMI I PH-JOFNU 0.538 MMOL

ENDURREIKNADUR JONISKUR STYRKUR I DJUPVATNI 0.01088 -0.00000 LAEGRI EN ADUR

EFNAHITAMAELAR (GRADUR C)

KISILHITI 67.6 NAKCAHITI 44.9 (82.7) NAKHITI 1 17.5 NAKHITI 2 29.1

ORKUSTOFNUN JHD
1979-06-05 HS

65042071027904060036 7902 HRISEY HOLA 2 EYJAFJARDARS, HRISEYJARHR, GIH/SE

HITASTIG = KISILHITI

EFNAGREINING VATNSSYNNIS I PPM OG MMOL

PH	SI02	NA+	K+	CA++	MG++	CO2TOT	SO4--	H2S	CL-	F-	UPPL.E.
9.39	51.50	188.00	2.00	34.90	0.130	8.90	39.70	0.10	292.20	0.21	595.70
23.0	0.8572	8.1775	0.0512	0.8708	0.0053	0.2022	0.4133	0.0029	8.2426	0.0111	

JONABALANS I MILLIEQVIVALENTUM

KATJONIR 9.98083 ANJONIR 9.42801 MISJONUR I PROSENT 5.70

JONISKUR STYRKUR VID PH HITA 0.011020 -ENDURREIKNAD GILDI 0.011019-

VIRKNISTUDLAR VID PH HITA

H+	H3SI04-	NA+	K+	CA++	MG++	SO4--	CL-	F-	HCO3-	CO3--	HS-	S--
0.910	0.898	0.898	0.895	0.665	0.680	0.653	0.895	0.896	0.898	0.653	0.896	0.657

ENDURREIKNADUR JONISKUR STYRKUR I DJUPVATNI 0.01086

KLEFVNISTUDLAR I DJUPVATNI SEM -LOG K

H4SI04	H2CO3	HCO3-	H2S	HS-	HSO4-	HF	NACL	KCL	NASO4-	KSO4-	CASO4	MGSO4
9.51	6.32	10.13	6.69	16.45	2.55	3.54	-1.02	-1.27	0.46	1.11	2.28	2.75
CACO3	MGCO3	H2O	H3SI04-	NAH3SI04	H3BO3	H2SO4	CAHCO3+	MGHCO3+	CAOH+	MGOH+	NH4OH	
3.60	3.23	12.85	11.19	1.62	9.03	-8.18	1.56	1.21	1.42	2.43	4.77	

VIRKNISTUDLAR I DJUPVATNI

H+	H3SI04-	NA+	K+	CA++	MG++	SO4--	CL-	F-	HCO3-	CO3--
0.905	0.891	0.891	0.888	0.647	0.662	0.634	0.888	0.889	0.891	0.634
HS-	S--	OH-	H2BO3-	NH4+	H2SI04--	CAHCO3+	CAOH+	MGHCO3+	MGOH+	HSO4-
0.889	0.638	0.889	0.886	0.886	0.642	0.897	0.897	0.891	0.894	0.892

PH I DJUPVATNI 8.53 (METIN AUKNING VID .1 MMOL AUKNINGU I HLEDGLU 0.248)

SYRUR OG TILSVARANDI ANJONIR I DJUPVATNI I PPM OG LOG MMOL

H4SI04	H3SI04-	H2CO3	HCO3-	CO3--	H2S	HS-	S--	HSO4-	SO4--	HF	F-	CL-
73.58	8.72	0.06	11.32	0.40	0.00	0.10	0.00	0.00	36.71	0.00	0.21	292.02
-0.116	-1.038	-2.995	-0.731	-2.181	-4.433	-2.538	-10.311	-6.553	-0.418	-7.002	-1.957	0.916

OKLOFNAR SAHEINDIR OG TILSVARANDI KATJONIR I DJUPVATNI I PPM OG LOG MMOL

NACL	KCL	NASO4-	KSO4-	CASO4	MGSO4	CACO3	MGCO3	NA+	K+	CA++	MG++
0.30	0.00	0.68	0.02	3.37	0.05	0.90	0.00	187.75	1.99	33.55	0.12
-2.293	-4.748	-2.242	-3.801	-1.606	-3.356	-2.045	-4.638	0.912	-1.293	-0.077	-2.311

JONABALANS I VATNI 5.61 PROSENT HLEDGLUOSAMRAEMI I PH-JOFNU 0.541 MMOL
ENDURREIKNADUR JONISKUR STYRKUR I DJUPVATNI 0.01086 -0.00000 LAEGRI EN ADUR

EFNAHITAMAELAR (GRADUR C)

KISILHITI 67.9 NAKCAHITI 45.0 (82.7) NAKHITI 1 17.5 NAKHITI 2 29.1

VIÐAUKI B

Segulmælingar



Segulmælingar

1978-06-20

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. Ætlað 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 láréttu og 24° til vesturs frá réttvísandi norðri. Breytingarnar á segulsviðinu valda því að hraunlög frá mismunandi jarðsögulegum tíma eru yfirleitt ekki eins segulmögnuð. Með því að mæla segulstefnuna 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 blágrýttissvæðum 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 ódrúsi segulmögnuð. 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-

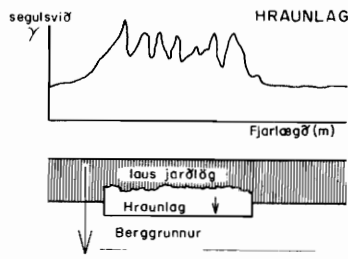
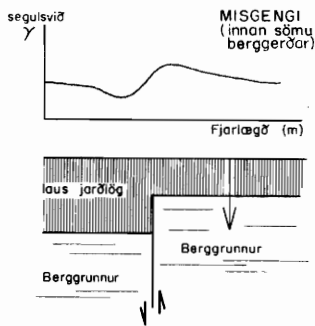
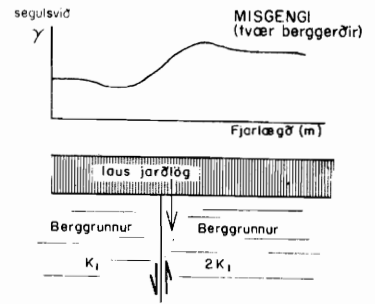
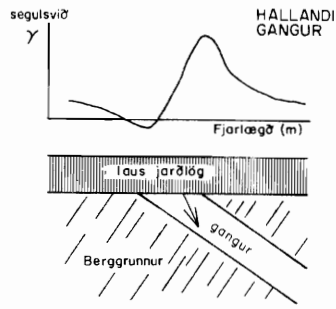
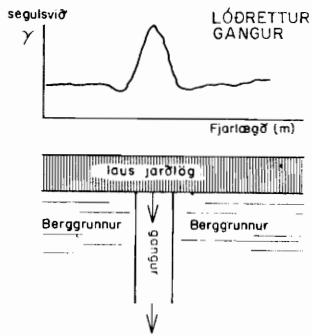
sviði. Frávikid er jákvætt yfir rétt segulmagnuðum gangi, þ.e. þar mælist sterkara segulsvið en neikvætt yfir öfugt segulmagnuðum gangi, þ.e. veikara segulsvið.

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 frávikum á heildarsviðinu. Nákvæmni í staðsetningu þeirra bergmyndana er valda frávikum er að mestu háð þykkt yfirborðslaganna, gerð og halla myndanna, halla segulsviðsins og þéttleika mælinganna. Best er að staðsetja lóðrétt 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 segulfrávikum. Segulmælingar gagna að sjálfsgögu 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 (prótónusegulmælir). Mælt er í um það bil 2,5-4 m hæð yfir jörðu eftir ákveðnum línunum eða í neti. Fjarlægð á milli lína eða punkta í neti fer eftir því hve örur breytingar verða á segulsviðinu og þeirri nákvæmni og upplausn sem krafist er í hvert skipti. Við kortlagningu ganga er oftast mælt eftir beinum línunum 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 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 jafnsviðslínunum 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 lögun segulfrávikum 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.



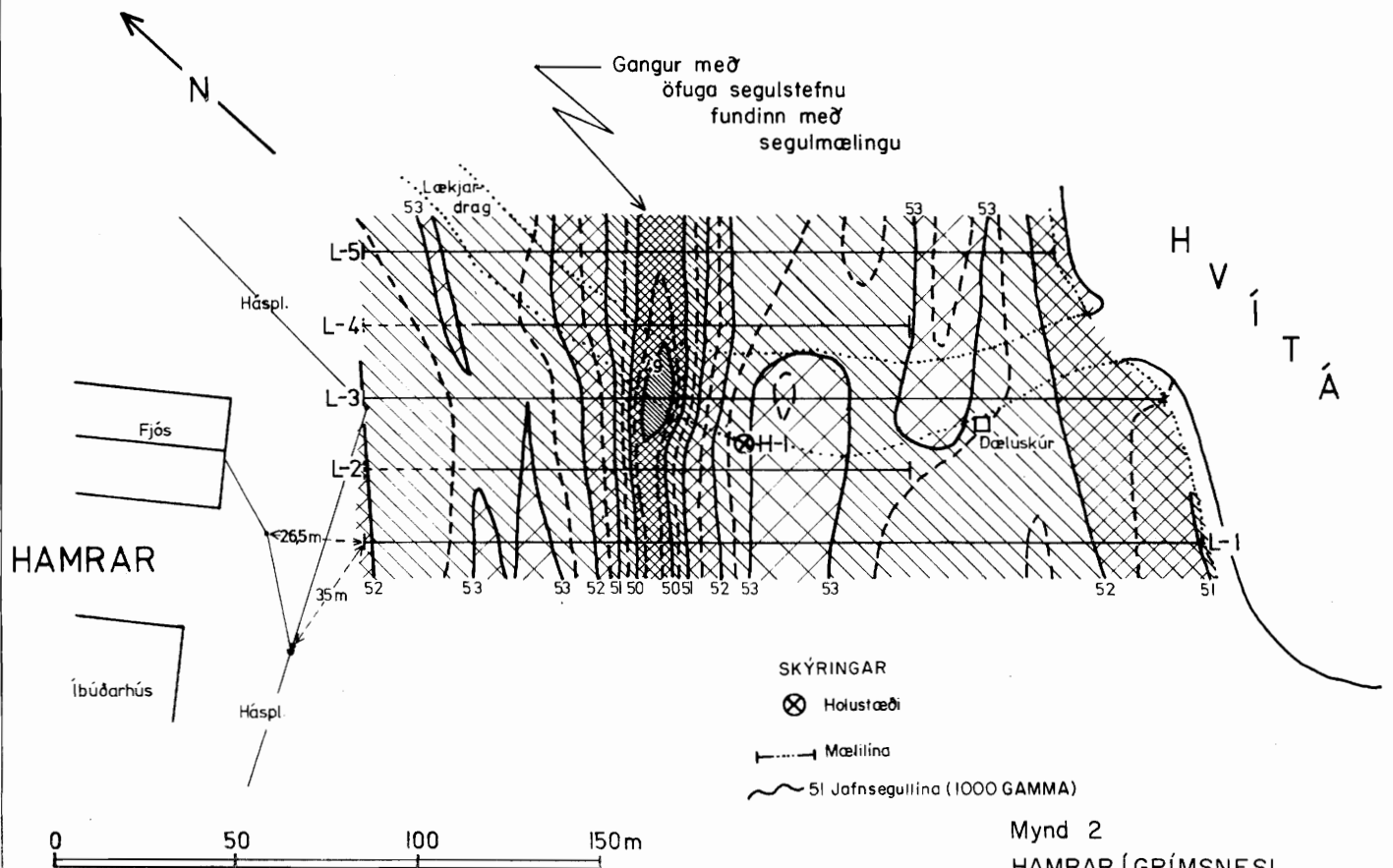
Allar myndanirnar eru óendanlega langar, hornrétt í plan þessarar myndar.

Myndirnar eru mjög einfaldaðar

↓ Stefna þeirrar segulmagnunar sem veldur segulfrávikinu

Mynd 1

Einkennandi segulfrávik ýmissa bergmyndana



Mynd 2

HAMRAR Í GRÍMSNESI
Segulkort