



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Ragna Karlsdóttir
Haukur Jóhannesson
Jón Benjamínsson

**JARÐHITAATHUGUN VIÐ LÝSUHÓL
Í STAÐARSVEIT, SNÆFELLSNESI**

OS81004/JHD01
Reykjavík, apríl 1981



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Mamma Jóna

**Ragna Karlsdóttir
Haukur Jóhannesson
Jón Benjamínsson**

**JARÐHITAATHUGUN VIÐ LÝSUHÓL
Í STAÐARSVEIT, SNÆFELLSNESI**

OS81004/JHD01
Reykjavík, apríl 1981

ÁGRIP

Jarðhita verður vart á allstóru svæði við Lýsuhólslaug. Þar hafa verið boraðar 7 grunnar holur, 7-107 m djúpar, og gefa þær um 4,5 l/s af 42,5-57°C heitu vatni. Jarðfræðiathugun leiddi í ljós að jarðhitinn er utan í granófýrinnskoti sem troðist hefur upp í eldri bergmyndanir. Segulmælingar sýna, að innskotið er undir jarðhitasvæðinu og hefur skorið og hliðrað NA-lægum gangi sem þarna liggur. Heita vatnið við Lýsuhól er mjög kolsýruríkt (ölkelduvatn) og því mjög tærandi. Ef vatns- hiti fer yfir suðumark í borholum má búast við miklum kalkútfellingum í þeim. Hlutföll efna í vatninu gefa til kynna töluvert yfir 100°C hámarks- botnhita. Uppstreymi heita vatnsins virðist bæði tengt innskotinu og ganginum. Lagt er til að borað verði austan við skurðpunkt innskotsins og gangsins eða nálægt félagsheimilinu við Lýsuhól.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	3
EFNISYFIRLIT	5
TÖFLUSKRÁ	5
MYNDASKRÁ	5
1 INNGANGUR	7
2 JARÐFRÆÐI HJ	7
3 JARÐHITI HJ	9
4 FYRRI BORANIR HJ	11
5 SEGULMÆLINGAR RK	13
6 EFNAFRÆÐI HEITA VATNSINS JB	17
7 NIÐURSTÖÐUR HJ/RK	21

TÖFLUSKRÁ

1 Efnainnihald í laugum og borholum að Lýsuhóli	18
2 Mældur hiti og efnahiti í laugum og borholum að Lýsuhóli, Leirá og Klausturhólum	19

MYNDASKRÁ

1 Jarðfræðikort	8
2 Yfirborðsjarðhiti og borholur við Lýsuhól	10
3 Lýsuhóll-Staðarsveit. Lausleg jarðlagasnið í borholum	12
4 Þversnið af jarðlögum og tenging þeirra við yfirborðslög	13
5 Segulkort	15
6 Reikningur á leysimargfeldi kalks	20
7 Yfirlitsmynd	22

VIÐAUKI: Segulmælingar	25
------------------------------	----

1 INNGANGUR

Að beiðni hreppsnefndar Staðarsveitar hefur Jarðhitadeild Orkustofnunar gert jarðhitakönnun við Lýsuhól með frekari boranir í huga. Áhugi er á aukinni nýtingu jarðhita á staðnum.

Rannsóknin fólst einkum í segulmælingum og athugunum á efnasamsetningu heita vatnsins, en auk þess var gerð úttekt á eldri gögnum um svæðið.

Mynd 2 er yfirlitskort af rannsóknarsvæðinu.

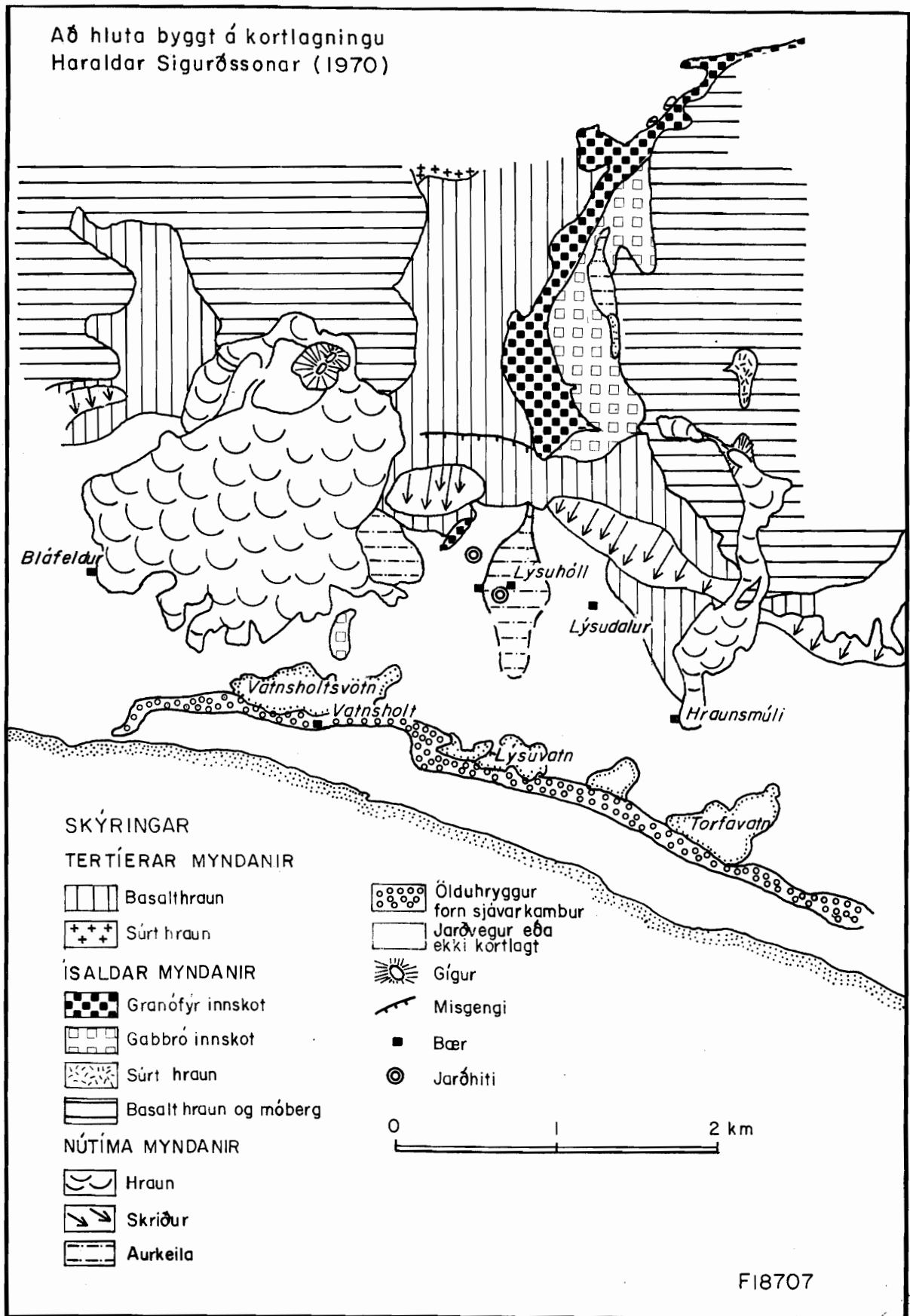
Í skýrslu þessari er greint frá niðurstöðum könnunarinnar.

2 JARÐFRÆÐI

Á mynd 1 er jarðfræðikort af Lýsuhólssvæðinu sem er að mestu byggt á korti Haraldar Sigurðssonar (1970). Jarðfræði svæðisins er nokkuð flókin, en skipta má jarðmyndunum í þrennt eftir aldri:

Í fyrsta lagi tertíer jarðlög sem eru elst. Þau eru að mestu basalt hraunlög sem hafa raskast mikið við seinni umbrot og eru mjög ummynduð. Tertíeri jarðlagastaflinn er því lítt vatnsgengur nema þar sem hann hefur brotnað upp. Staflinn er skorinn af fjölda ganga, sem flestir eru norð-austlægir og skera jarðlögin undir réttu horni. Innskotin í Lýsuskarði hafa síðar troðist inn í staflann og lyft upp spildunum sitthvoru megin þannig að svo virðist sem göngunum halli inn að þeim. Staflinn er það illa farinn að erfitt reyndist að finna sprungur eða misgengi. Þó fannst eitt austlægt misgengi í Ánahyrnu sem hefur um 20 m fall til suðurs. Telja má þó víst að fleiri austlæg brot liggi um svæðið.

Í öðru lagi eru jarðlög frá ísöld (kvarter) sem liggja mislægt ofan á tertíeru lögunum. Þessum jarðlögum má aftur skipta í tvennt, djúpberg og gosberg. Gosbergið er allt að tveggja milljón ára gamalt og krýnir fjallgarðinn ofan sveitarinnar. Það er nær allt basískt og skiptast á móberg og bólstraberg sem myndast hafa við gos undir jökli annars vegar og hraunlög runnin á hlýskeiðum ísaldar hins vegar. Í Lýsuskarði og Þorgeirsfelli eru djúpbergsinnskot sem troðist hafa inn í tertíera staflann, eins og áður getur, og aflagað hann. Þessi innskot munu vera um 900 þúsund ára gömul (Kristinn Albertsson 1976). Í Þorgeirsfelli ber



MYND 1

Lýsuhóll-Staðarsveit. Jarðfræðikort

mest á gabbróí en í Lýsuskarði eru bæði gabbró og granófýr. Granófýrinn myndar kraga utan um gabbróíð að því best verður séð, út við jaðrana vestur breytist granófýrinn í fínkornaðra berg, líparít. Á láglendi stendur granófýrinn einungis uppúr í holtinu uppaf Laugarholti. Gabbró finnst aftur á móti í Stekkholti norðan Vatnsholtsvatna. Granófýrkraginn er þykkastur í Lýsuskarði en þynnist að því er virðist til suðurs og honum hallar ávallt inn undir gabbróíð. Í holu 6 við Lýsuhól er granófýrlagið 65 m þykkt en er e.t.v. þykkara austar á svæðinu (sbr. mynd 4). Mjög fáir gangar skera innskotið og er þá eingöngu að finna norðan í Lýsuskarði.

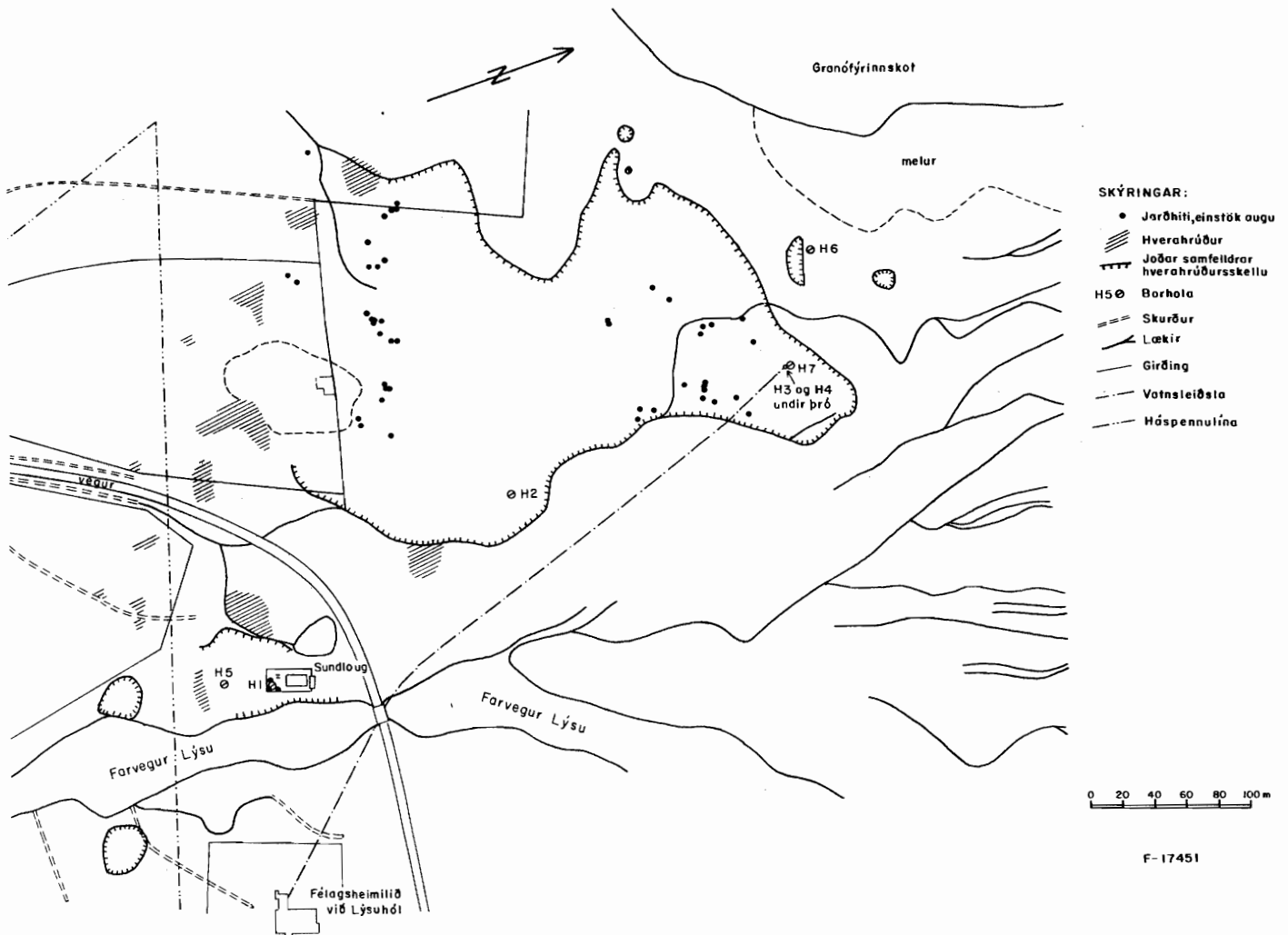
Í þriðja lagi eru jarðlög frá nútíma, þ.e. jarðlög sem myndast hafa eftir að ísöld lauk fyrir um 10000 árum. Af þessum jarðlögum ber mest á tveimur hraunum, Bláfeldar- og Hraunsmúlahraunum, sem eiga upptök sín uppi á fjallsbrúninni. Annars er láglendið að mestu hulið jarðvegi eða malarmyndunum. Við Lýsuhól er allþykkt malar- og hnullungalag sem Vatnsholtsá (Lýsa) hefur sett úr sér ofan á berggrunninum. Lagið er þykkast í holu 5, um 8 m, en ívið þynnra í hinum holunum. Í sumum holunum er mólág, allt að 3 m þykkt, ofan á malarlaginu en undir kalkhrúðrinu.

3 JARÐHITI

Jarðhiti var á allstóru svæði áður en borað var við Lýsuhól. Skipta má jarðhitasvæðinu í tvennt, efra svæðið eða Laugarholt og neðra svæðið eða Lýsuhólslaug. Svæðin eru sýnd á mynd 2.

Neðra svæðið er í hól vestan við félagsheimilið, og vestan Vatnsholtsár og er oftast nefnt einu nafni Lýsuhólslaug. Uppstreymið er mest efst í þessum hól og spretta þar fram margar kolsýruauðugar volgrur. Áður en borað var við laugina mældist hæstur hiti 32-33°C og rennsli var um 0,3-0,5 l/s (Rannsóknaráð ríkisins 1944 og Sorder 1941). Eldri heimildir geta þess að hiti hafi mælst um 35°C í upphafi átjándu aldar (Þorvaldur Thoroddsen 1911). Höllinn er úr völu- og hnullungabergi sem kalkútfellingar úr vatninu hafa límt saman. Snemma á þessari öld var höggvin tæplega 1 m breið og 2 m löng þrú ofan í stærstu laugina og hún klædd innan með timbri sem enn sjást leifar af. Síðar var gerð sundlaug sú sem enn stendur. Kalkskellur eru víðar. Til dæmis er ein skella austan Lýsu, 30x30 m og var nokkuð rennsli þar áður en borað var við Lýsuhólslaugina sjálfa

(munnl. uppl. Þráins Bjarnasonar í Hlíðarkoti). Einnig er nokkuð stór skella suður af lauginni og önnur í norðurenda túnsins suðvestan hennar.



MYND 2

Yfirborðsjarðhiti og borholur við Lýsuhól í Staðarsveit

Efra svæðið, Laugarholt, er mun stærra um sig og samfelldara. Það er nærri 400 m langt frá norðri til suðurs og 250 m breitt. Þarna er óhemjumikið kalkhrúður sem víðast er nú uppbrotið og ber svæðið þess merki að meiri virkni hafi verið þar áður fyrr eins og Eggert og Bjarni höfðu eftir heimamönnum um miðja átjándu öld (Eggert Ólafsson 1943). Svæðið breyttist töluvert við boranir og nær allt vatn sem nú rennur af svæðinu kemur upp úr holu 7. Áður var langmest uppstreymi nyrst og efst í holtinu (þar sem hola 7 er nú) og mældist hiti 45-57°C og rennsli var 0,4 l/s (Rannsóknaráð ríkisins 1944). "Í þessu holti eru ótal heitar uppsprettur, flestar

litlar" stendur í skýrslu Rannsóknaráðs ríkisins árið 1944 en munu flestar hafa horfið við boranirnar árið 1963. Nú eru þarna nokkur augu, 15-20°C heit. Á suðurhluta svæðisins ber mest á köldum ölkeldum og rennsli er sáralítið. Á eystri skurðbakkanum við veginn upp að Lýsuhóli sést kalkhrúður sem auðsjáanlega hefur fallið út úr vatninu sem rann frá svæðinu þegar rennsli hefur verið meira en nú er.

Undir kalkhrúðurshellunni í Laugarholti sem reyndist vera 1-2 m þykkt, er tiltölulega ferskur mór sem bendir til að jarðhitavirkni hafi verið mun minni framan af nútíma en aukist verulega seinna og þá líklega samfara umbrotum á svæðinu t.a.m. jarðskjálftum.

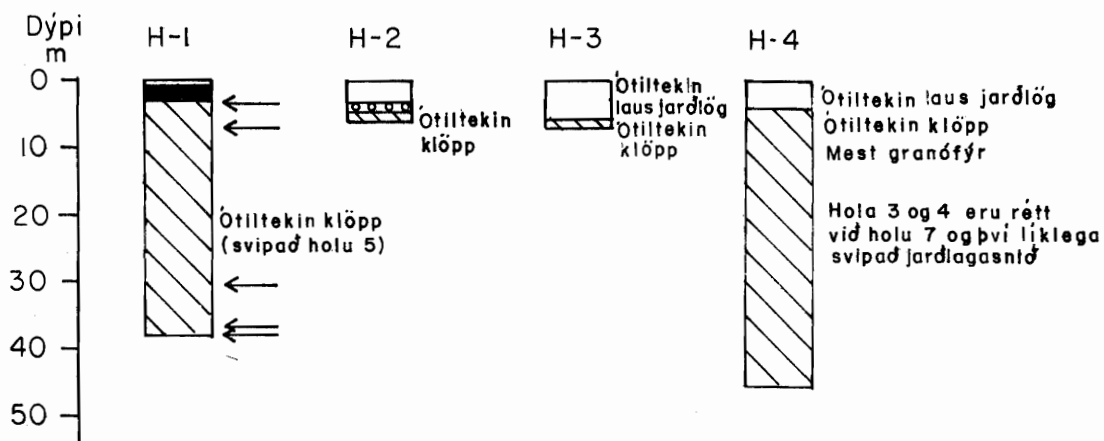
Jarðhitinn við Lýsuhól kemur upp með granófýrinnskötinu sem getið er um í næsta kafla að framan og vera má að innskotið sé sá varmagjafi sem hitar vatnið upp.

4 FYRRI BORANIR

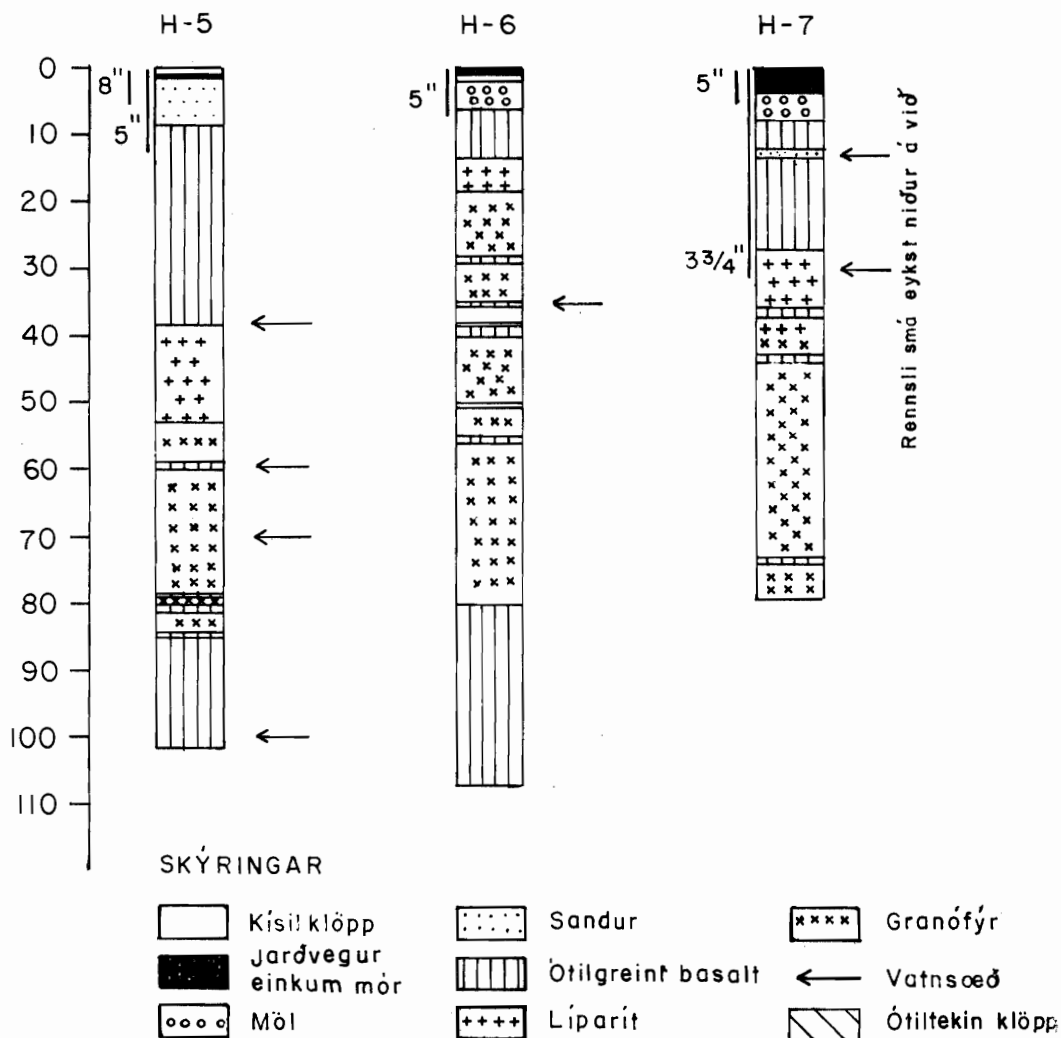
Tvisvar hefur verið borað við Lýsuhól. Í fyrra skiptið, 1946-47, voru boraðar 4 holur og í seinna skiptið, 1963, voru boraðar 3 holur. Þær eru 7-107 m djúpar. Afstaða holanna er sýnd á mynd 2 og á mynd 3 eru sýnd lauslega jarðlagasnið í þeim og á mynd 4 er sýnt þversnið í gegnum svæðið. Boranirnar gengu mjög illa. Einkum var tvennt sem því olli. Annars vegar reyndist erfiðleikum bundið að komast í gegnum völu- og hnullungalagið sem liggur ofan á berggrunninum og hins vegar var granófýrinn mjög harður og sprunginn. Nær allar vatnsæðarnar eru í granófýrnum og basaltið sem er undir og ofan á því í holum 6 og 7 virðist vera þétt. Í granófýrnum eru basaltæðar og við þær eru stærstu vatnsæðarnar.

Hola 1 gefur nú um 0,4 l/s af 42,5°C heitu vatni sem notað er í sundlaugina, en upphaflega gaf hún um 2,5 l/s af 41,5°C heitu vatni (Gunnar Böðvarsson 1948). Hola 5 gaf upphaflega 8,5 l/s af 46°C heitu vatni en nú aðeins 2,9 l/s af 48°C heitu vatni sem einnig er notað í sundlaugina. Hola 6 gaf allt að 2 l/s af 48°C heitu vatni sem hvarf er hola 7 var boruð. Hola 7 gaf upphaflega a.m.k. 4,3 l/s af 60°C heitu vatni en nú aðeins 1,2 l/s af 57°C heitu vatni sem notað er til upphitunar félagsheimilinu.

Holur borðar með "Sullivan Bravo" 1946-47



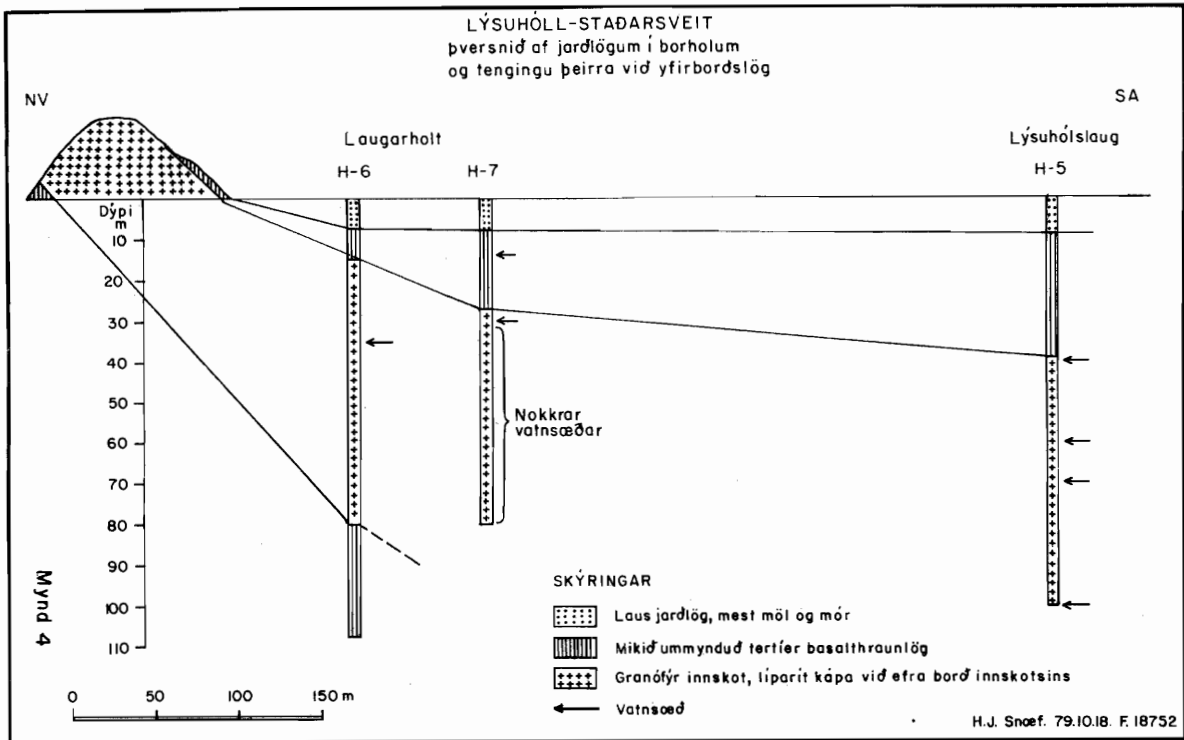
Holur borðar með Franks 1963



F 18687

MYND 3

Lýsuhóll-Staðarsveit. Lausleg jarðlagasnið í borholum



MYND 4

Lýsuhóll-Staðarsveit. Þversnið af jarðlögum í borholum og tenging þeirra við yfirborðslög

Engar hitamælingar hafa verið gerðar í þessum holum en líkur benda til að æðar neðarlega í holu 7 séu allt að 70°C heitar þar sem sú hola tók til sín um 2 l/s af 48°C heitu vatni frá holu 6 en gaf af sér líðlega 4 l/s af 60°C heitu vatni. Því verður að ætla að um 2 l/s af um 70°C heitu vatni hafi komið inn í neðri hluta holu 7.

Töluverður samgangur virðist vera á efra svæðinu, milli holanna innbyrðis annars vegar og hins vegar milli holanna og yfirborðsjarðhitans. Á neðra svæðinu er samgangurinn ekki eins augljós þar sem enn kemur upp heitt vatn í gömlu lauginni þótt vatn hafi horfið af yfirborði austan Lýsu.

5 SEGULMÆLINGAR VIÐ LÝSUHÓL

Sumarið 1978 var gert nákvæmt segulkort af jarðhitasvæðinu við Lýsuhól (mynd 5). Með segulmælingum er hægt að finna ganga brot eða misgengi í

berggrunninum, sem oft er hulinn lausum jarólögum. (Sjá viðauka um eðli segulmælinga). Svæðið er 400 m x 600 m að stærð og var mælt í neti um 20 metra milli lína og 5 metra milli aflestrarpunkta í línu.

Eins og fram kemur hér að framan er granófýrinnskot við Lýsuhól og hefur það troðist upp í eldri bergmyndanir. Í borholunum sem svarfgreindar hafa verið sést að 10-40 metrar eru niður á granófýr-innskotið þar sem holurnar eru. Granófýrinnskotið sést á yfirborði í holtinu norðvestur af segulmælda svæðinu.

Við athugun segulkortsins, mynd 5, er einkum tvennt athyglisvert. Annars vegar kemur fram norðaustlæg stefna, sem er ríkjandi gangastefna á svæðinu. Jákvætt segulfrávik (segulhæð, litað blátt á kortinu) með norðaustlæga stefnu kemur greinilega fram á tveimur stöðum og er túlkað sem gangar (A og B). Hins vegar er neikvætt segulfrávik (segullægð, litað rautt á kortinu) með vestlæga stefnu sem hlykkjast í gegnum svæðið.

Eftirfarandi túlkun segulkortsins er byggð á fyrirliggjandi upplýsingum um jarðfræðina. Segullægðin (rauð) er granófýrinnskotið, sem hefur troðist upp í eldri bergmyndanir. Segulhæðin (blá) þ.e. gangar A og B, er sami gangurinn sem innskotið hefur skorið og hliðrað.

Lýsuhólslaug er við enda gangs A. Töluvert er af jarðhita á yfirborði við gang B og á svæði umhverfis holu 7 en þar liggur segullægðin í gegn, sem túlkuð er sem granófýrinnskotið. Holur 5, 6 og 7 eru allar austan við segullægðina. Þær ná allar ofan í granófýrinnskotið og samkvæmt niðurstöðum svarfgreiningar dýpkar á innskotið út frá segullægðinni.

Athuganir á borholunum gefa til kynna að vatn fáiist við jaðar granófýr-innskotsins og í sprungum í innskotinu sjálfu. Hins vegar er ekki ljóst hvort granófýrinnskotið eitt veitir heita vatninu til yfirborðs. Líklegt er að gangurinn eigi nokkurn þátt í því og uppstreymi heita vatnsins sé í brotum þar sem innskotið sker ganginn.

LÝSUHÓLL

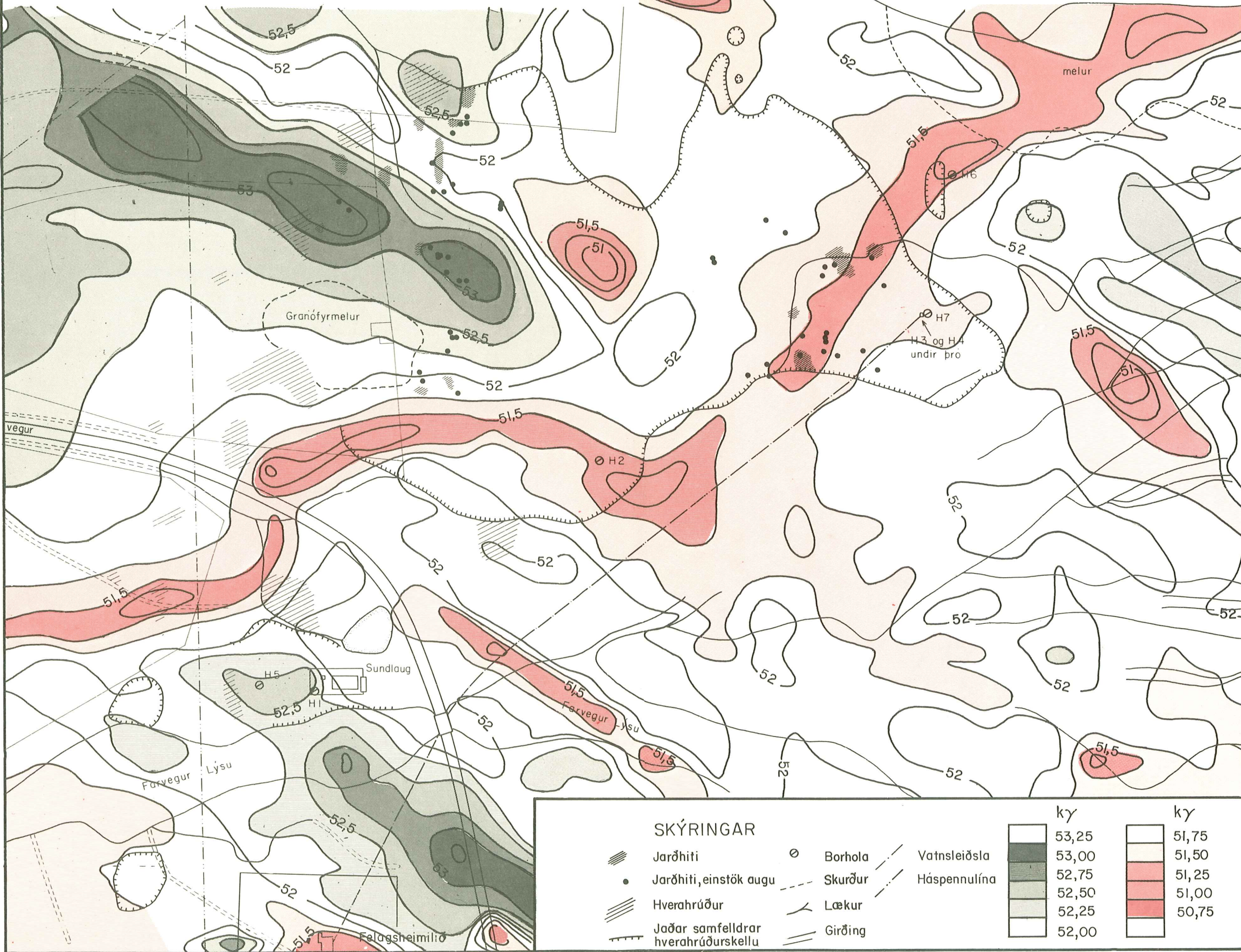
Segulkort 1977

0 100m

Granófyrrinnskot



Mynd 5



SKÝRINGAR		ky	
	Jarðhiti		53,25
	Jarðhiti, einstök augu		53,00
	Hverahrúður		52,75
	Jaðar samfelldrar hverahrúðurskellu		52,50
	Borhola		52,25
	Skurður		52,00
	Lækur		51,75
	Girðing		51,50
	Vatnsleiðsla		51,25
	Háspennulína		51,00
			50,75

6 EFNAFRÆÐI HEITA VATNSINS

Til eru 10 efnagreiningar af heitu vatni frá Lýsuhóli (sjá töflu 1). Þær eru misgamlar og einungis tvær (ágúst 1968 og 4. maí 1977) fullnægja kröfum um heildarefnagreiningu. Þær niðurstöður sem byggðar eru á efnagreiningaraðferðum Orkustofnunar eða öðrum jafngildum eru stjörnumerktar í töflu 1. Aðrar efnagreiningar eru aðfengnar og/eða svo gamlar að óvíst er um áreiðanleik þeirra. Styrkur sumra efna var þó mældur á svipaðan hátt og enn er gert og má styðjast við þær niðurstöður með varúð.

Vatnið að Lýsuhóli er óvenju kolsýruauðugt (ölkelduvatn), en lítið er vitað hvaða áhrif slíkt hefur á efnajafnvægi í djúpkerfum. Borað hefur verið á tveim öðrum svæðum þar sem slíkt vatn er. Það er að Leirá í Melasveit og Klausturhólum í Grímsnesi, en á báðum stöðum hefur verið borað dýpra en þúsund metra. Innbyrðis samræmi efnahita ásamt samanburði við mældan hita á þessum stöðum er því líklegur til að gefa vísbendingu um áreiðanleik efnahitans að Lýsuhóli. Í töflu 2 er sýndur reiknaður efnahiti fyrir ýmis efnajafnvægi í borholu- og laugavatni frá Lýsuhóli, Leirá og Klausturhólum.

Lýsuhólsvatnið er mjög nálægt mettunarstigi ópals og því álitamál hvort hinn hái kísilstyrkur ráðist einvörðungu af leysanleika ópals við svipað hitastig og mældist á yfirborði eða hvort hann stafar af háum berghita djúpt í jörðu, þar sem jafnvægi við kalsedón eða kvars ræður (þ.e. kísilhiti). Margar kaldar ölkeldur á Snæfellsnesi eru einnig ópalmettaðar, en hugsanlega stafar það af meiri leysingarhraða úr berginu þar eð sýrustig er tiltölulega lágt (pH 4-6). Heitt vatn í jafnvægi við kalsedón getur náð ópalmettun ef kæling í uppstreymisrás er nógu mikil. Þannig getur útfelling ópals úr mettaðri lausn verið tiltölulega hröð og auðveld og eru þá ekki miklar líkur á yfirmettun. Heita vatnið við Leirá og Klausturhóla er lítillega undirmettað með tilliti til ópals, en á þessum stöðum fékkst yfir 100°C heitt vatn við borun.

Í flestum tilvikum hérlandis virðist kalsedónjafnvægi ríkja upp að 170-190°C, en þar fyrir ofan jafnvægi við kvars. Kalsedónhiti borholuvatns frá Leirá og Klausturhólum gefur til kynna svipað hitastig og hæst hefur mælst í holunum. Alkalíhitarnir (NaK- og NaKCa-hitarnir) eru í góðu innbyrðis samræmi og ber jafnframt þokkalega saman við kalsedónhita í þessum borholum.

TAFLA 1

Efnainnihald í laugum og borholum að Lýsubóli
Styrkur í ppm

Staðsetn.	Dagsetn.	OS nr.	Rennsli l/s	Mældur hiti °C	pH/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Fe	CO ₂ ^{a)}	SO ₄	H ₂ S ^{b)}	Cl	F	Uppl. efni	Heimild
Lýsubólslaug	1935		0,5	32	6,8 /	211			104	28		~537			72		1645	1)
Lýsubólslaug	1944			33	6,3 /	170									64,0		1347	2)
Lýsubólslaug	58.09.30			41	6,4 /	171	406,0	29,0	136,0	32,0			38,0		84,0	2,2	1660	2)
Lýsubólslaug	73.08.30			44	6,3 /	234	630,0	25,0	42,2	47,7	0,45	>500	25,8	0,0	76,0	2,5		4)
Lýsubólslaug	47.11.01		2,5	41,5	6,4 /	215	441,0	39,4	98,0	28,0			48,0		77,0		1696	2)
borhola 1	49.05.21		2,5	41,5	6,20/										78			6)
*borhola 1	68.08.-		2,5	40	6,5 /40	187	414,0	31,1	46,0	26,6	3,24	1518	27,4	<0,1	101,0	4,0	1670	3)
borhola 7	73.08.30		3,3	57	6,94/		484,0	25,0	30,5	37,2	0,4	>500	15,0	0,0	76,6	1,4		4)
*borhola 7	77.05.04	0081		57	6,72/19	219	434,1	33,9	93,4	17,8	12,4	1495	43,0	<0,1	80,0	4,60	1526	5)
*borhola 7	77.11.18	0197		57			451,5	34,2	86,8	20,7			41,2			5,00	1649	5)

*Skv. efnagreiningaraðferðum OS eða öðrum jafngildum

a) Heildarкарбонат ($H_2CO_3 + HCO_3^- + CO_3^{--}$)

b) Heildarsúlfíð ($H_2S + HS^- + S^{--}$)

- 1) Sonder 1941
- 2) Gögn frá Atvinnudeild Hf
- 3) Stefán Arnórsson 1969
- 4) Höll og Münzer 1975
- 5) Gögn á Orkustofnun
- 6) Gögn frá Jarðborunum ríkisins

TAFILA 2

Mældur hiti og efnahiti í laugum og borholum að Lýsuhóli, Leirá og Klausturhólum

Staður	Sýnataka Dagsetn.	Mældur hiti		Kísilhiti		*Alkálíhiti			
		Yfirb./Stútur °C	Hití í borholu °C/dýpi m	Kalsedón °C	Kvartz °C	1 °C	2 °C	3 °C	4 °C
Lýsuhóll, laug	58.09.30	41		147	168	154	148	159	161
Lýsuhóll, H-7	77.05.04	57		166	185	162	157	166	170
Leirá, laug	58.02.27	55		134	158				
Leirá, H-2	75.10.09	** (65)		141	164	151	145	157	155
Leirá, H-4	76.02.13	127		164	183	184	180	183	180
Klausturhólar, laug	74.11.25	46		137	160	105	96	120	126
Klausturhólar, H-1	78.10.09	103		164/1098	168	187	147	141	154

*1 NAK-hiti skv. White & Ellis 1970

2 NAK-hiti skv. Fournier & Truesdell 1973

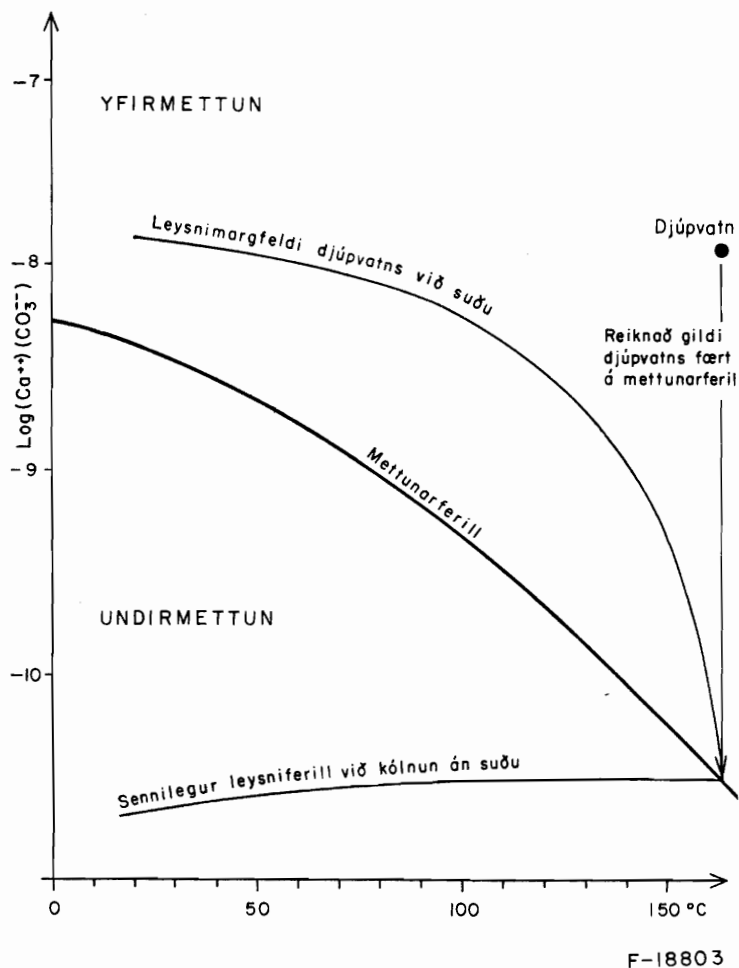
3 NAK-hiti skv. Helgeson 1969

4 NAKCa-hiti (B1/3) skv. Fournier & Truesdell 1973

** Hitastig á 1 m dýpi

Eins og sjá má í töflu 2 ber alkalíhitanum við Lýsuhól vel saman við kalsedónhitann, en hann er sá efnahiti sem gefið hefur hvað besta raun hér á landi. Efnahitarnir fyrir Lýsuhól benda til að hámarkshiti vatnsins sé um 160°C.

Útreikningar á leysnimargfeldi kalks benda til mikillar hættu á útfellingum. Mynd 6 sýnir sennilegan leysanleika kalks með hitastigi. Við 164°C hita (sbr. efnahita) er vatnið frá Lýsuhóli yfirmettað af kalki og heldur áfram að vera það eftir að suðu er náð. Sé gert ráð fyrir að vatn í snertingu við berg sé kalkmettað í ótrufluðu ástandi, ætti leysnimargfeldi kalks að falla á mettunarferil. Sjóði vatnið hins vegar leitar koldíoxíðið (CO_2) í gufuna, sýrustig vatnsins (pH) hækkar og styrkur karbónats (CO_3^{--}) og kalsíums (Ca^{++}) eykst, þ.e. leysnimargfeldi kalks hækkar og þar með eru vaxandi líkur á útfellingu.



MYND 6

Reikningur á leysnimargfeldi kalks

Á mynd 6 er sýndur ferill leysnimargfeldis kalks reiknaður út frá samsetningu vatnsins við 164°C þ.e. reiknað gildi hefur þá verið fært niður á mettunarferilinn samkvæmt þeirri skilgreiningu að jarðhitavatn sé kalkmettað í ótrufluðu ástandi. Ef gert er ráð fyrir að vatnið sé kalkmettað er það hefur för sína til yfirborðs, má lesa reiknað gildi niður á mettunarferilinn. Við suðu djúpvatnsins hækkar leysnimargfeldi þess hraðar en jafnvægisferillinn og því fellur út kalk. Leysni kalks vex með fallandi hita og nái vatnið að kólna án þess að sjóða, t.d. undir þrýstingi í varmaskipti, eru ekki líkur á kalkútfellingum. Þetta er þó bundið því skilyrði að réttlætlanlegt sé að færa leysnimargfeldi djúpvatnsins niður á mettunarferilinn út frá þeirri ályktun, að um ótruflað jafnvægisástand sé að ræða. Að öðrum kosti þykir rétt að viðhafa útfellingartilraunir, áður en vatnið er tekið til notkunar.

Það vatn, sem nú er notað að Lýsuhóli mun vart koma heitara en 70°C inn í holurnar. Kalkútfellingar eru nokkrar einkum þó í varmaskiptunum í félagsheimilinu en útreikningar sýna að vatnið er nokkuð yfirmettað þegar það nær yfirborði.

Sýrustig vatnsins er nokkuð lágt og því líkur á tæringu stálröra, einkum ef óbundið súrefni leynist í því.

Einnig þykir rétt að benda á að flúorstyrkur vatnsins er dálítið hærri en þau mörk sem alþjóðlegir dryggjarvatnsstaðlar ráðleggja.

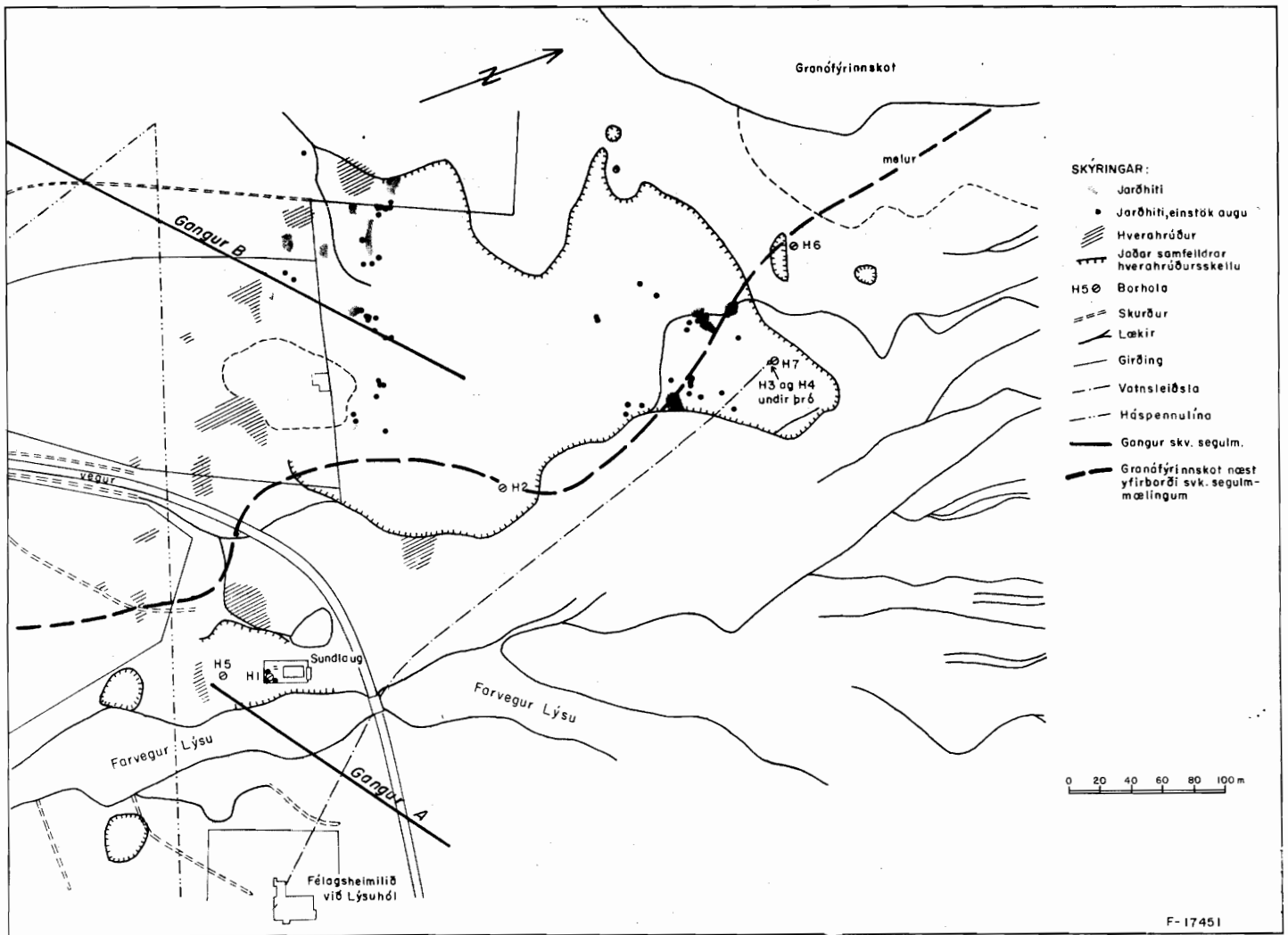
7 NIÐURSTÖÐUR

Við Lýsuhól er ungt granófýrinnskot sem troðist hefur inn í tertíeran jarðlagastafla sem fyrir var sundurskorinn af norðaustlægum göngum. Jaðar innskotsins virðist hlykkjast í gegnum jarðhitasvæðið og hliðrar norðaustlægum gangi sem þar er og virðist jarðhitinn vera bundinn við innskotið og ganginn.

Boraðar hafa verið 7 grunnar holur og þrjár þeirra gáfu þokkalegan árangur, en rennsli úr þeim hefur þó minnkað með árunum. Nú fást 4,5 l/s af 42,5-57°C heitu vatni. Talið er, að auka megi vatnsmagn með borunum.

Heita vatnið á Lýsuhóli er mjög kolsýruríkt (ölkelduvatn). Hlutföll efna gefa til kynna allt að 160°C hámarkshita vatnsins. Ef vatnshiti fer yfir suðumark í borholu er hætt við að hún stíflist af kalkútfellingum. Vatnið er og mjög tærandi.

Mynd 7 er yfirlitsmynd sem sýnir dreifingu jarðhitans svo og aðalatriðin úr segulmælingunum. Brotalínan sýnir hvar granófýrinnskotið er næst yfirborði, líkt og hryggur, sem gengur í gegnum svæðið. Það sést á yfirborði í holtinu norð-vestast á svæðinu.



MYND 7

Lýsuhóll. Yfirlitsmynd

Hola 2 er nokkurra metra djúp en nær ekki niður í innskotið. Holur 5, 6 og 7 sem allar eru austan hryggjarins og ná ofan í innskotið, sýna að

Það dýpkar á innskotið út frá hryggnum (segullægðinni). Talið er, að gangur A og B á mynd 7 séu sami gangurinn og innskotið hafi hliðrað honum. Sé litið á dreifingu jarðhitans sést að Lýsuhólslaugin kemur upp við enda gangs A og allmikið af augum er við gang B. Einnig er mikið af augum við granófýr-hrygginn nálægt holu 7. Vatnsæðar í borholum eru yfirleitt í eða við jaðar innskotsins. Þetta bendir til að uppstreymi heita vatnsins sé háð innskotinu og ganginum. Ekki er ólíklegt að uppstreymið sé einkum í brotum þar sem innskotið sker ganginn.

Þetta er haft í huga við staðsetningu nýrrar borholu. Ráðlegast þykir að skera bæði granófýrinnskotið og ganginn á nokkru dýpi og velja holunni stað austan við gang A í nágrenni félagsheimilisins.

HEIMILDASKRÁ

- Eggert Ólafsson 1943: Ferðabók Eggert Ólafssonar og Bjarna Pálssonar, I.
Reykjavík, Ísafoldarprentsmiðja, 434 s.
- Gunnar Böðvarsson 1948: Skýrsla um boranir og rannsóknir við Lýsuhóls-
laug í Staðarsveit. Raforkumálastjóri, Jarðhitadeild, 3 s.
- Haraldur Sigurðsson 1970: Petrology of the Setberg volcanic region and
the acid rocks of Iceland. Ph.D.-ritgerð við Durham háskóla. 327 s.
- Jarðboranir ríkisins: Borskýrslur, Sullivan Bravo, 1946 og 1947.
- Jarðboranir ríkisins: Borskýrslur Franks 1963.
- Kristinn Albergsson 1976: K/Ar ages of Pliocene Pleistocene glaciations
in Iceland with special reference to the Tjörnes sequence northern
Iceland. Ph.D.-ritgerð við Cambridge háskóla. 268 s.
- Rannsóknaráð ríkisins 1944: Jarðhiti á Íslandi. I Alkalísk jarðhitasvæði.
Reykjavík, Rannsóknaráð ríkisins, 177 s.
- Sonder, R.A. 1941: Studien über heisse Quellen und Tektonik in Island.
Publ. Vulkaninst. I. Friedländer, no. 2, Zürich, 132 s.
- Þorvaldur Thoroddsen 1911: Lýsing Íslands, 2. Kaupmannahöfn, Hið
Íslenska bókmenntafélag, 673 s.

VIÐAUKI

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. Áætlað er a.m.k. 60 slíkar kollsteypur hafi orðið á segulsviði jarðar á síðustu 20 milljónum ára þ.e. á þeim tíma er Ísland hefur verið að hlaðast upp.

Talað er um rétta segulstefnu þegar segulnorðurpóllinn er nærri landfræðilega suðurskautinu og um öfuga stefnu þegar segulnorðurpóllinn er nærri landfræðilega norðurskautinu. Núverandi segulstefna er rétt og hér á landi er hún hallandi niður til norðurs um 75° frá 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 segulstefruna í hraunum má oft ákvarða aldur þeirra. Mæling á segulstyrk gerir oft kleift að greina í sundur jarðmyndanir sem ekki verða aðgreindar á annan hátt.

Notagildi

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

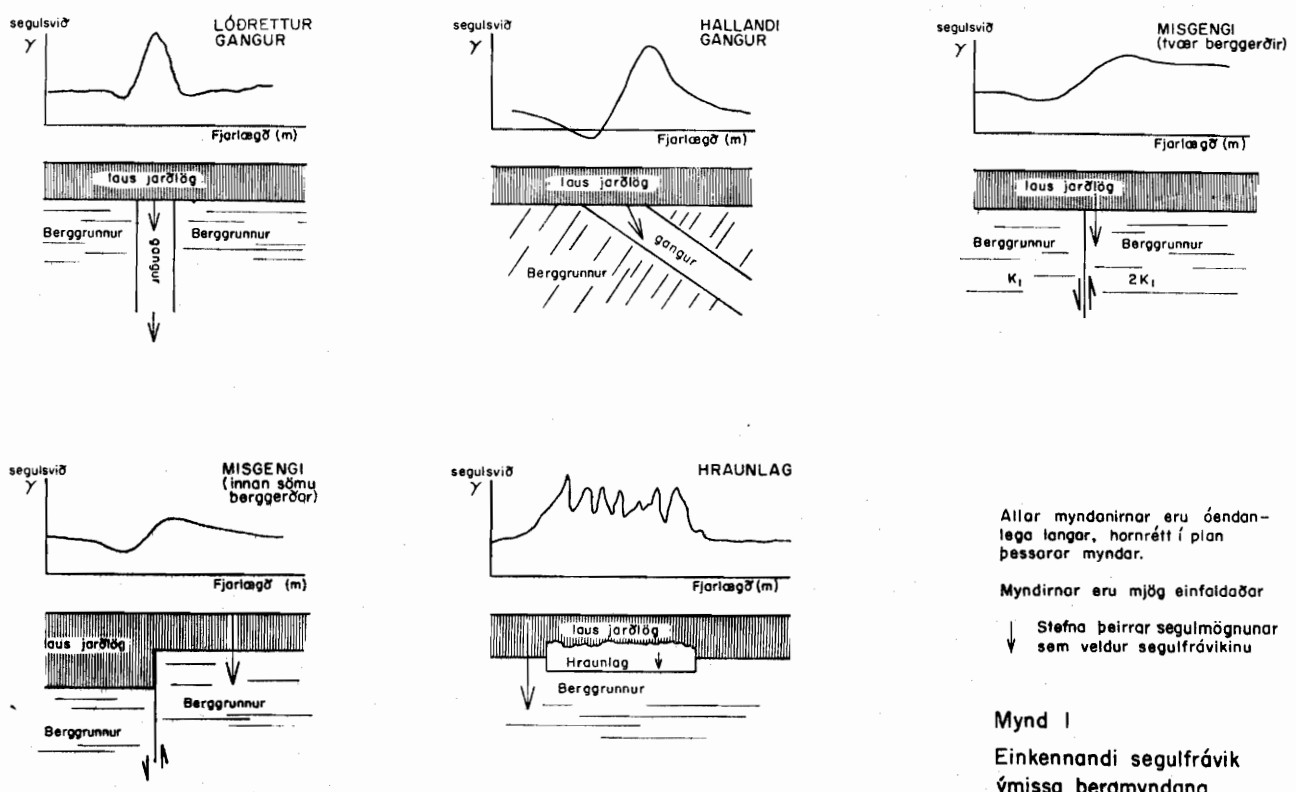
sviði. Frávikid er jákvætt yfir rétt segulmögnum gangi, þ.e. þar mælist sterkara segulsvið en neikvætt yfir öfugt segulmögnum gangi, þ.e. veikara segulsvið.

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 myndananna, halla segulsviðsins og þéttleika mælinganna. Best er að staðsetja lóðréttu bergganga. Yfirleitt er hægt að staðsetja þá með 2 m óvissu undir 4 m þykkum yfirborðslögum. Hallandi ganga og misgengi er mun erfiðara að staðsetja en óvissumörkin eru þó yfirleitt talin vera innan við 20 m undir 4 m þykkum yfirborðslögum.

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

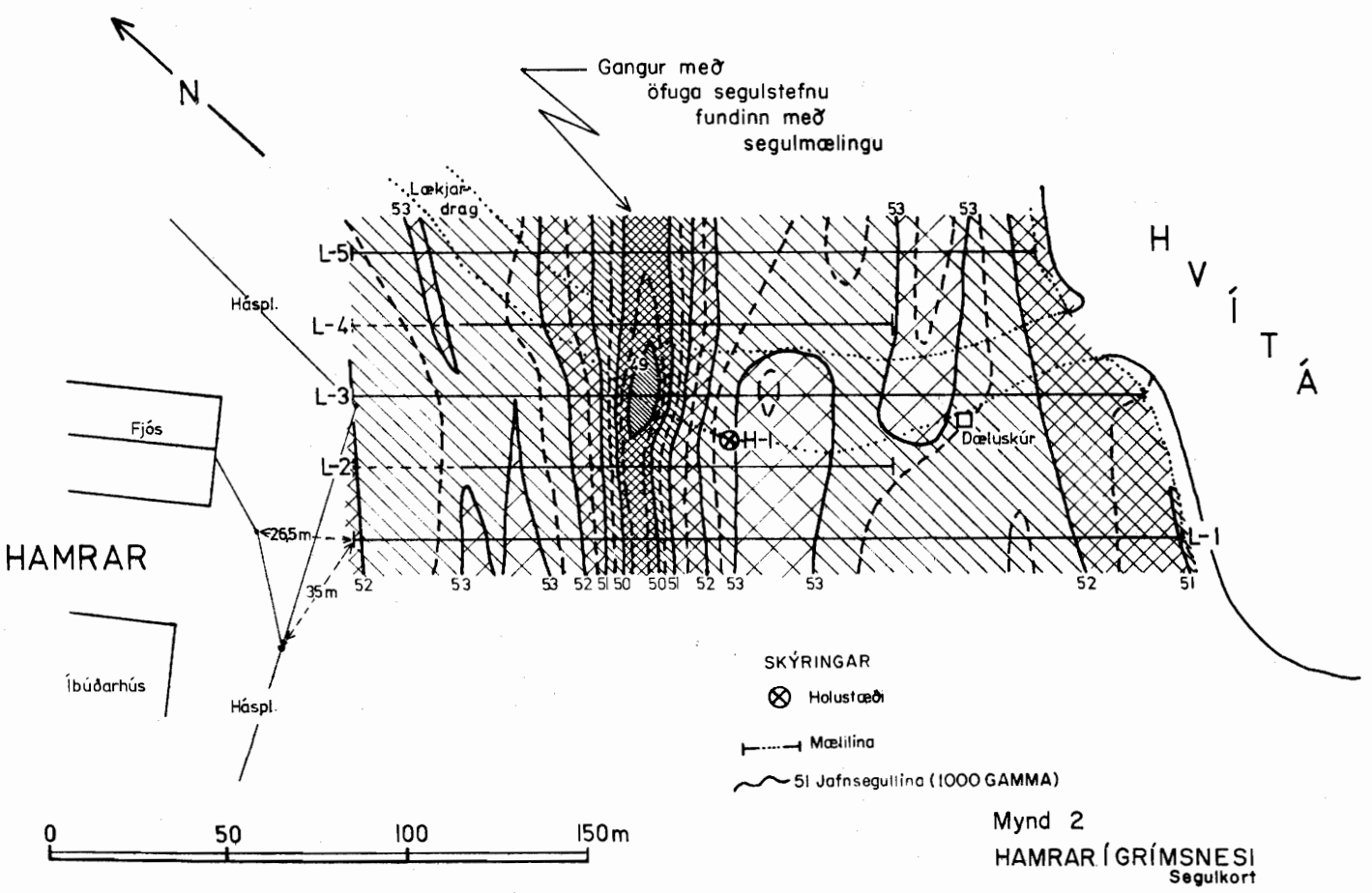
Mæliaðferð og mannaflí

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 örar 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 lögum segulfrávikum hve þétt jafnsviðslínur eru dregnar en oft er nægilegt að hafa eitt mikrotelsa (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
 ↓ Stofna þeirrar segulmagnunar sem veldur segulfrávikinu

Mynd 1
 Einkennandi segulfrávik ýmissa bergmyndana



Mynd 2
 HAMRAR Í GRÍMSNESI
 Segulkort