



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**ATHUGUN Á JARÐHITA
Á VARMALANDI Í SKAGAFIRÐI**

Helgi Torfason
og
Magnús Ólafsson

OS-88044/JHD-23 B

Október 1988



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Verknr.:657031

ATHUGUN Á JARÐHITA Á VARMALANDI Í SKAGAFIRÐI

Helgi Torfason
og
Magnús Ólafsson

OS-88044/JHD-23 B

Október 1988

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. HITAMÆLINGAR	3
3. SEGULMÆLINGAR	4
4. JARÐFRÆÐI	5
5. EFNAGREININGAR	5
6. BORANIR 1988	6
7. NIÐURSTÖÐUR HEIMILDIR	7 8

MYNDASKRÁ

Mynd 1. Jarðhitakort

Mynd 2. Segulkort

Mynd 3. Jarðfræðikort

Mynd 4. Staðsetning borhola

Mynd 5. Hitamæling og jarðlög í holu V-1

Mynd 6. Hitamæling og jarðlög í holu V-2

Mynd 7. Hitamæling og jarðlög í holu V-3

1. INNGANGUR

Hreppsnefnd Staðarhrepps í Skagafirði óskaði eftir því haustið 1988 að framkvæmd yrði könnun á jarðhita í landi Varmalands í Staðarhreppi, með það fyrir augum að skoða þá möguleika sem jarðhitinn hefur upp á að bjóða fyrir hreppinn, svo sem hitaveitu eða aðra nýtingu.

Varmaland er í Sæmundarhlíð í Skagafirði og hefur lengi verið vitað um jarðhita þar, eins og bæjarnafnið ber með sér. Raunar var jarðhitinn löngum fremur til ama en gagns, þar sem keldur miklar voru kringum uppkomustaðina og var þar illfært yfirferðar. Volga vatnið var fyrrum notað til þvotta, en það er um 30°C heitt í heitustu volgrunum. Litlar athuganir hafa verið gerðar þarna, en þó hefur verið greint þaðan vatnssýni.

Dagana 21. og 22. september 1988 var jarðhitasvæðið skoðað, jarðhitinn kortlagður og tekin tvö vatnssýni til efnagreininga. Einnig voru gerðar segulmælingar um leið til að gá að því hvort unnt væri að staðsetja einhverjar brotalamir eða bergganga í berggrunninum sem tengja mætti jarðhitann við og auðvelduðu staðsetningu borholu. Nokkrir skurðir hafa verið grafnir um hitasvæðið til framræslu. Mælinur voru lagðar eftir skurðbökkunum, og var fyrst hitamælt í skurðunum (mynd 1) og síðan segulmælt á skurðbakkanum eftir sömu mælinu (mynd 2). Alls voru hitamældir 1.860 m og segulmældir 2.465 m. Veður var kalt (4-6°C) og rigning seinni daginn en vindur fremur hægur.

Í framhaldi af þessum athugunum var ákveðið að bora 2-3 grunnar (30-60 m) borholur að Varmalandi og voru þær boraðar 26-28. október 1988. Í sambandi við þær boranir var bætt við nokkrum segulmælinum, til að staðsetja betur bergganga sem komu fram í segulmælingunum áður.

2. HITAMÆLINGAR

Hitamælingar voru gerðar með hitamælistaf og mælt í hlið skurðanna, yfirleitt var mælt á um 1-1.5 m dýpi fyrir neðan yfirborð túna sem eru milli skurðanna. Í skurðbotninum var ýmist mold eða mól, en miklir malarhjallar frá lokum ísaldar eru á láglandi (mynd 3). Berg stendur uppúr ofan (vestan) við hitasvæðið sem mælt var en hvergi inná því sjálfa.

Jarðhiti í landi Varmalands er sýndur á mynd 1 og er á fjórum afmörkuðum stöðum, þó ekki sé langt á milli þeirra:

	Hæð m	°C rennsli	staður
		l/s	
A)	230	21 0.5-1.0	Laugarhóll
B)	60-70	30 >2	200 m vestan bæjar
C)	60-70	29 >2	við bæ
D)	50	16 0.1	neðan vegar

A)

Í fjallshlíðinni vestur af Varmalandi er volgrusvæði í um 230 m hæð, nálægt 600 m fyrir sunnan svonefnt Dúksgil og er það nefnd Laugarhóll. Volgrurnar eru allar í álíka hæð og er mest rennsli úr þeirri nyrstu sem kemur upp í mel, á að giska 0.2-0.4 l/s. Við hana er mölin hörðnuð af kísilútfellingum og var þar tekið vatnssýni 21. sept 1988. Talsvert gas er í vatninu. Nokkrum metrum sunnar er röð af augum sem vætlar úr og er hitinn þar 18-21°C, en samanlagt rennsli úr öllum volgrunum er á að giska 0.5-1 l/s.

B)

Volgrusvæði er um 200 m vestan við bæinn, um 170 m á lengd frá NNA-SSV og 60 m á breidd (mynd 1). Hæstur hiti mældist 30°C í djúnum milli skurða, og stendur enn vatn uppi í djúnunum þótt skurðir hafi verið grafnir kringum þau. Þetta svæði er nokkuð vel afmarkað, því skurðir eru víða um það og aðstæður góðar til mælinga. Volgrurnar raða sér á línu sem stefnir nál. 020° (NNA) og er sú stefna einnig greinileg í berggrunni svæðisins

(mynd 3). Volgra hefur verið norðan landamerkja milli Varmalands og Dúks í framhaldi af þessarri línu og teygir hitinn sig ennþá norðuryfir skurðinn sem skilur jarðirnar að, þótt volgran norðan merkja sé nú horfin.

Volgrur sem vætlar úr eru á um 100 m langri línu og er hitinn í þeim frá 26-30°C. Þar í kring er fúafen og hálfókræsilegt er að stíga niðurúr gróðurþekjunni. Á mynd 1 er sýnt hitasvæðið með volgrunum sem rennur úr.

Vatnssýni hefur verið tekið tvisvar úr þessu svæði, 1983 og aftur 21. sept. 1988. Annað sýnið var tekið af afrennsli þar sem það rann úr mýrinni ofan í skurð, en hafði runnið nokkuð um mýrina áður. Rennsli úr mýrarhlutanum ("blautt svæði" á mynd 2) mældist 0.33 l/s, þann 21. sept. 1988. Hitt sýnið var tekið úr auga sem 30°C heitt vatn rennur úr (syðsta 30° augað á mynd 1).

Talsvert af volgu vatni kemur upp af svæðinu öllu, og má áætla það vera um 4-5 l/s alls af 21-30°C heitu vatni. Líklega er vatnsmagnið öllu meira, því mikinn hluta þess er erfitt að mæla. Hin stóru afbræðslusvæði benda til töluverðs magns af vatni sem ekki kemur upp á yfirborðið.

C)

Kringum bæinn er talsvert svæði sem ekki frýs á vetrum (mynd 1) og gryfja í útiskemmu hélar á vetrum, sem bendir til að vatnsgufa leiti upp gegnum steipt skemmugólfið. Þarna var djúpsvæði áður en ræst var fram, og volgra í mýrinni (norðan við bragga) var notuð til þvotta, en hvarf í skurð sem var grafinn norðan við bæjarhúsin. Hæstur hiti mældist nú 29°C í skurðhorni rétt við bragga (norðan við skemmu) og renna um 1-2 l/s af 26°C heitu vatni í skurðinum þar.

D)

Austasti jarðhitastaðurinn neðan vegarins um Sæmundarhlíð, og kemur fram í skurðenda. Hæstur hiti er 16°C og rennur þaðan lítið vatn, varla meira en 0.1-0.2 l/s. Engin tengsl eru merkjanleg milli þessa hita og jarðhitastaðanna vestar.

Allir jarðhitastaðirnir eru á línu sem stefnir nál. 070° (ANA). Engin tengsl eru sjáanleg milli jarðhitastaðanna, né sjást sprungur í berggrunni er skýra þessa stefnu.

3. SEGULMÆLINGAR

Segulmælt var með prótónu segulmæli og var neminn á stöng 2,5 m yfir jörð. Mælt var eftir skurðbörmunum því þar var hitamælt og sparaði það mikinn tíma við að leggja út línur. Gallinn við þetta var sá að þessar mællínur lágu ekki þvert á segulfrávik eins og vera skal og í síðari ferðinni var bætt úr þessu þar sem borholur voru staðsettar. Helstu drættina í seguljarðfræðinni seguljarðfræinni má sjá á mynd 2.

Undir grassverðinum eru 1-2 m af mold og þar neðanvið eru malarhjallar miklir eða framburður frá lokum ísaldar. Mölin þynnist upp hlíðina og nær berg upp úr botni efstu skurðanna. Aukist fjarlægðin frá nemanum niður að bergi minnka áhrif segulsviðsins og segulfrávik verða breiðari. Samkvæmt þessu eru nokkuð þykk setlög (10-12 m) á eystri hluta mælda svæðisins. Við boranir kom í ljós að undir 2-3 m af jarðvegi eru 4-8 m þykk malarlög og var dálítið erfitt að bora efstu metrana áður en komið var í fast berg.

Á segulkortinu á mynd 2 koma fram tveir gangar sem hafa stefnu sem næst 150°, sem er sú sama og önnur meginbrotastefnan í berggrunninum. Þar sem jarðhitalínan liggur um fenjasvæðið kemur fram óregla í segulsviðinu og má e.t.v. túlka það sem lítið brot í berggrunni.

Segulmælingarnar benda til þess að tveir gangar séu á svæðinu. Má tengja volgrunnar við bæjarhúsin við þann eystri en sá vestari kippist til við að fara um volgrulínuna og er líklegt að þar sé misgengi eða sprunga að verki og tengjast þær volgrur því sprungu. Einnig má vera að volgrulínan og gangurinn séu samverkandi við að veita volga vatninu upp.

4. JARÐFRÆÐI

Jarðfræði í Sæmundarhlíð er fremur lítið þekkt og litlar rannsóknir hafa farið fram á jarðfræði fjalllendisins vestan við. Þó er vitað að á tertíer tíma var virk megineldstöð á þessu svæði og í tengslum við hana hefur gosið súrum bergtegundum, eins og sjá má á mynd 3. Halli berglaganna er til vesturs og má því gera ráð fyrir að flestum göngum og sprungum halli til austurs, þó ekki sé það einhlítt. Ekki vannst tími til jarðfræðiathugana í þeirri ferð sem farin var í þetta skipti og er jarðfræðikortið á mynd 3 að mestu byggt á loftmyndum.

Tvær meginstefnur eru ráðandi í brotum á svæðinu. Önnur er NNA-SSV um 015-020° og hin er NV-SA um 140-150°. Aðrar brotastefnur virðast vera ekki eins mikilvægar. Jarðhitinn tengist greinilega stefnu um 120° á þeim bletti sem flestar volgrunnar eru (B).

Nokkrir gangar eru í Dúkgili og er stefna þeirra eftirfarandi (munnl.uppl. Kristján Sæmundsson):

stefna	halli	þykkt
007°		3 m
170°		1 m
170°		3 m
030°		4-5 m
135-140°	30°SV	keilugangar

Stefna ganganna endurspeglar meginbrotastefnu í berglagastaflanum eins og búast má við. Að öðru leyti er lítið vitað um innskot á þessu svæði, en líklega er mikið af þeim í nágrenni hinnar gömlu megineldstöðvar.

5. EFNAGREININGAR

Efnagreiningar hafa verið gerðar á volgu vatni frá Varmalandi. Árið 1983 var efnagreint sýni af u.þ.b. 20°C heitu vatni. Sýnið var tekið úr afrennsli af aðal jarðhitastaðnum B (sjá mynd 1). Þann 21. september 1988 voru síðan tekin tvö sýni til efnagreininga. Annað var tekið úr heitasta uppstreymi á jarðhitastað B. Hiti mældist 30°C. Hitt sýnið var tekið á jarðhitastað A, sem nefndur er Laugarhóll. Hiti mældist 21°C. Niðurstöður efnagreininga þessara þriggja sýna eru sýndar í eftirfarandi töflu.

Út frá efnainnihaldi jarðhitavatns má oft segja til um hita vatns djúpt í jörðu, þar sem ríkir jafnvægi milli vatns og bergs. Þar sem uppstreymi er tregt, eða þar sem kalt grunnvatn blandast í heita vatnið, raskast fyrrgreint jafnvægi og veldur það skekkjum í útreiknuðum efnahita. Hvorutveggja veldur því, að efnahiti er lágmarkshiti þess vatns, sem lagði af stað til yfirborðs.

Hér á landi hefur verið einna algengast að nota svokallaðan kísilhitamæli til að meta hita vatns í jarðhitakerfum, en styrkur uppleysts kísils vex mjög ört með hitastigi.

Útreiknaður efnahiti fyrir sýnin frá Varmalandi er um 40°C fyrir sýni 88-0139, sem tekið var á jarðhitastað B, og um 30°C fyrir sýni 88-0138, sem tekið var við Laugarhól. Þess ber þó að geta, að vegna háa sýrustigs vatnsins, þá er talsverðum annmörkum háð að nota kísilhitamæli fyrir sýnin.

Vatnið virðist vera ágætlega hæft til beinnar nýtingar, svo sem til brynningar í gripahús, jarðvegshitunar eða á varmadælu. Ef nýta á vatnið til seiða- eða fiskeldis er rétt að bera efnagreiningar undir fiskeldisfræðing, en fljótt á lítið virðist það ágætlega hæft til slíks.

Staður	200m vestan bæjar B	Laugarhóll A	200m vestan bæjar B
Númer	88-0138	88-0139	83-0121
Hiti (°C)	30	21	um 20
Sýrustig (pH/°C)	9,8/15	9,6/15	9,5/24
Kísill (SiO ₂)	37,2	24,7	35,0
Natríum (Na)	32,9	31,9	33,4
Kalí (K)	0,48	0,40	0,19
Kalsíum (Ca)	1,59	1,71	1,63
Magnesium (Mg)	0,024	0,024	0,046
Járn (Fe)	0,1	<0,025	-
Mangan Mn)	<0,05	0	-
Karbónat (CO ₂)	19,4	17,8	34
Súlfat (SO ₄)	15,2	15,1	17,6
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,05	<0,05	<0,05
Klóríð (Cl)	7,6	7,5	6,3
Flúoríð (F)	0,81	0,62	0,84
Uppleyst efni	145	109	115

6. BORANIR 1988

Í október 1988 var ákveðið að bora 2-3 holur til að sameina sem mest vatnsmagn í eina holu. Einnig var verið að þreyfa fyrir sér með hitastig vatnsins, því við hátt pH, eins og að Varmalandi, duga efnahitamælar ekki til að sýna djúphita vatnsins svo öruggt sé. Reynt var að staðsetja holurnar þannig að vatn kæmi í þær fremur ofarlega og er staðsetning þeirra sýnd á mynd 4, en holur V-1 og V-2 eru boraðar á svæði B en hola V-3 á svæði C. Á myndum 5, 6 og 7 eru sýndar niðurstöður af hitamælingum í holunum og lauslegt jarðlagasnið.

Staðsetning hola og árangur borana er eftirfarandi:

- HOLA V-1: Stefnt var að því að skera jarðhitasprungu á nál. 35 m dýpi. Vatnsæð var skorin á um 24 m dýpi. **Árangur: V-1 er 36 m djúp og gefur 2.2 l/s af 31.2°C, undir þrýstingi. Árangur var því góður.**
- HOLA V-2: Stefnt var að því að skera gang og sprungu á um 50-60 m dýpi. Vatnsæðar voru skornar á 12 m, 44 m og litlar í kringum 64-66 m.

Sprungur eru fleiri en ein og virðast fylgja ekki þeirri stefnu sem talið var.

Árangur: V-2 er 67 m djúp og gefur 1.5 l/s af 30.6°C, undir minni þrýstingi en V-1. Árangur getur talist viðunandi.

- HOLA V-3: Stefnt var að því að skera sprungu á 35 m dýpi. Erfitt er að átta sig á uppstreymi jarðhitavatns á þessum stað og því var staðsetning holu erfiðari. Reynt var að átta sig á hvar gamlar laugar höfðu verið og miðað við að þær lægju yfir uppstreymisrás sem hefði halla til austurs, 4-6°.

Árangur: V-3 er 55 m djúp og gefur 0 l/s, holan fer gegnum hitann á 10-15 m dýpi. Hér var ekki hitt á jarðhitasprunguna. Annaðhvort er sprungan vestar, eða vatn leitar upp með berggangi sem kemur fram í segulmælingum og liggur austar. Holan er því misheppnuð og boruð óþarflega djúpt. Eigi að bora aðra holu þarna er mælt með að reyna að skera gangin og bora þá um 15-20 m austar.

Í staðsetningum á holunum var miðað við að halli sprungna og bergganga sé um 4-6° til austurs. Einkum var það hin

greinilega volgrulína á svæði B sem réði staðsetning holanna þar, en á svæði C er slík "volgrulína" ekki eins greinileg því skurðir eru færri og bæjarhúsin standa inná svæðinu. Samkvæmt holu V-1 er halli sprungunnar á svæði B meiri, eða sprungan austar en ætlað var. Úr því má skera með borholu nokkrum m austar og ætti vatn að koma í hana dýpra, þá má reikna út halla sprungunnar.

Ef áhugi reynist vera á borun eftir heitara vatni á þessum stað þarf að bora a.m.k. 200-300 m djúpar holur, og er þá vænst um 40°C hita. Það er greinilegt að talsvert magn af 30-32°C heitu vatni er í landi Varmalands. Vatnið er undir þrýstingi og ætti að vera unnt að fá a.m.k. 5-10 l/s af því vatni með borun 4-5" víðra hola niður á 35-50 m. Gera má ráð fyrir að bora þurfi nokkrar holur til að ná vatninu, því það er okkuð dreift.

7. NIÐURSTÖÐUR

Jarðhitinn við Varmaland er á fjórum tiltölulega afmörkuðum stöðum og eru ekki sjáanleg bein tengsl þar á milli, þó vafalaust séu þau einhver. Líklega er ástæðan fyrir því að jarðhiti er á þessum stað einhver fyrirstaða í berggrunni er veldur því að volga vatnið leitar til yfirborðs eftir göngum og sprungum. Þessi fyrirstaða er að öllum líkindum tengd veru megineldstöðvar í nágrenninu og þeim innskotum og óreglu er yfirleitt fylgir slíkum fyrirbrigðum.

Viðnámsmælingar voru gerðar í Skagafirði sumarið 1975 (Ragna Karlsdóttir 1976). Niðurstöður þeirra voru ekki afgerandi hvað varðar viðnám í jörðu umhverfis Varmaland, en þó kemur fram fremur lágt viðnám (42 ohmm) á 180-380 m dýpi þar undir (mæling SK-19). Þessar viðnámsmælingar beindust að rannsókn svæðisins frá Varmahlíð að Sauðárkróki og eru því ekki ábyggilegar hvað varðar einstaka staði, til þess þarf meira en eina mælingu eins og tilfellið er á Varmalandi. Niðurstöður mælinganna útiloka ekki tilvist

jarðhitakerfis, en eru ekki afgerandi hvað varðar stærð, dýpi né hita.

Á mynd 1 er sýnd staðsetning þeirra borhola sem boraðar voru 26-28 október 1988. Einnig er sýnd möguleg staðsetning 200-300 m borholu, en áður en hún er boruð er líklega rétt að stinga niður a.m.k. einni grunnri holu (40-40 m) til að sannreyna legu jarðhitasprungunnar. Ekki þótti rétt að stinga niður mörgum grunnum holum í þessari lotu, því í eina holuna kom nokkurt magn af volgu vatni og óákveðið var með nýtingu svæðisins.

Reynist áhugi vera á borun eftir heitara vatni á þessum stað þarf að bora a.m.k. 200-300 m djúpar holur, og má þá vænta um 40°C hita. Þó er ljóst að mun meira vatn er til staðar á Varmalandi og má ná því með fremur grunnum borholum, séu not fyrir um 30°C heitt vatn í miklu magni. Ekki virðist það vera hagkvæmur kostur eigi að nýta vatnið til húshitunar annarsstaðar enn á Varmalandi (með varmaldælu). Eigi hinsvegar að nota það til annarra hluta, s.s. í fiskeldi, jarðvegshitun o.þ.h. er það að sjálfsögðu reikningsdæmi hvort borgi sig að halda áfram að sameina vatnið í borholur. Líklega mætti fá meira vatn með sama hitastigi með því að bora fleiri grunnar holur og hafa þær víðari, en rannsóknarholurnar eru 3".

Til að staðsetja uppstreymisrásirnar betur má nota ýmsar aðferðir :

- Bora 1-2 holur 30-40 m á dýpt með sama bor og bora skal djúpu holuna. Bora skal til austurs í framhaldi af holu V-1, um 4-6 m frá og fæst þá halli jarðhitasprungunnar.
- Viðnámsmæla (kínámælingar).
- Hreinsa jarðveg ofan af jarðhitasprungunni á stað B. Þá þarf að grafa 8-10 m djúpa rás og er það vafalaust fráleit aðferð hér.

Kostnaður við viðnámsmælingar yrði 1/2-1 milljón. Uppgröftur ofan af sprungunum gæti orðið meiriháttar framkvæmd, því djúpt er niður á fast.

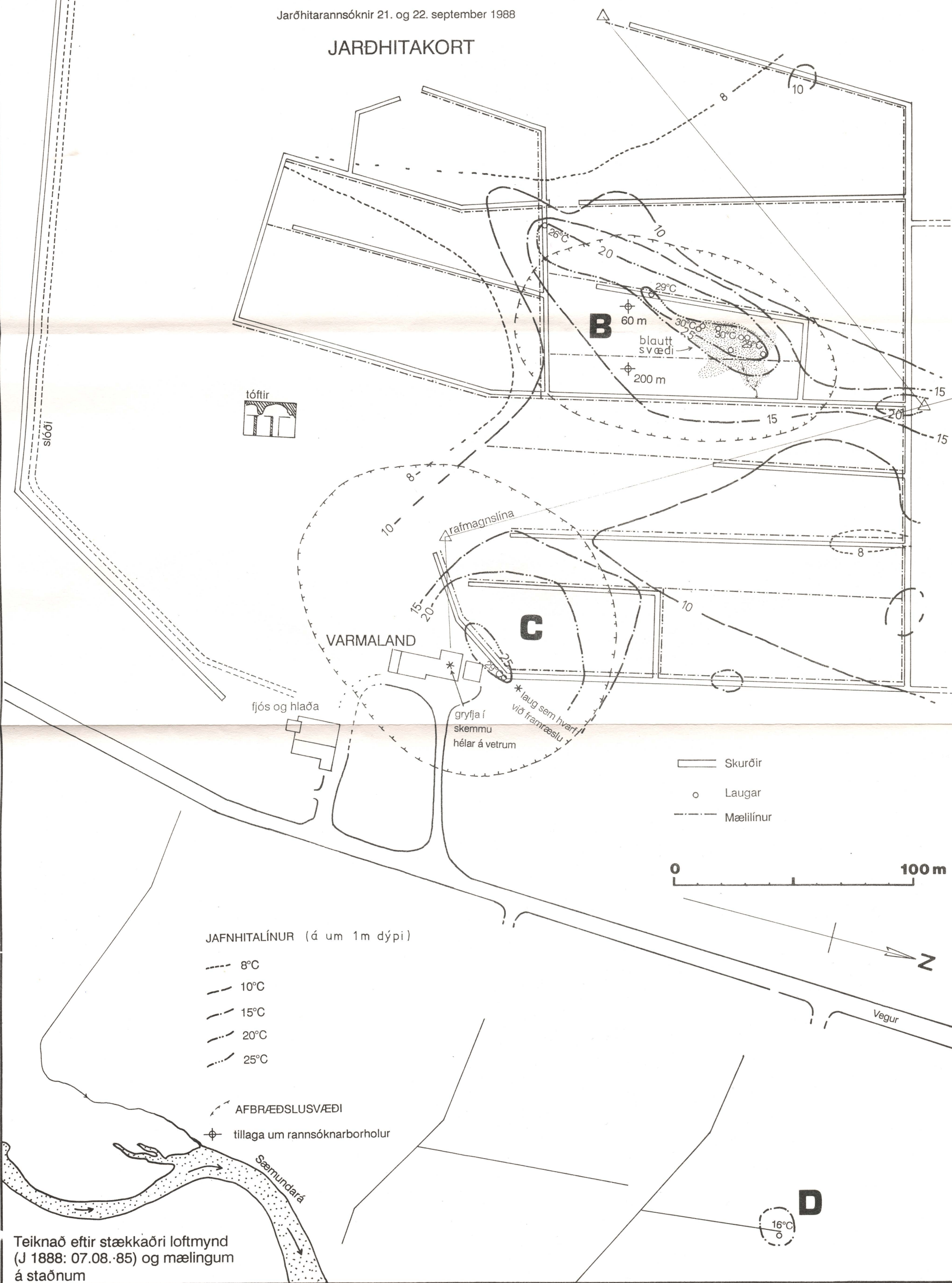
Öruggasta leiðin er sem áður að bora grunnar holur og síðan eina dýpri, allt með sama bornum. Líklega myndi fást meira magn af 30-40°C heitu vatni með 200-300 m djúpri holu, en meiri óvissa yrði um hitastig og magn vatns dýpra. Sé í ráði að nota volga vatnið í fiskeldi þarf að leita að köldu vatni, en fljótt á litið verður það ekki auðvelt verk, e.t.v. helst að leita í malarhjöllunum við Sæmundará. Ef borað yrði og meira magn af 35-40° heitu vatni fengist, væri hægt að nota það til t.d. jarðvegshitunar eða jafnvel í sundlaug. Líklega mætti nýta volga vatnið sem þegar hefur aflast til húshitunar með varmadælu.

HEIMILDIR

Ragna Karlsdóttir 1976:
Jarðhitarannsókn í Skagafirði 1975.
Orkustofnun OS-JHD-7633, 7 s (auk mynda).

Jarðhitarannsóknir 21. og 22. september 1988

JARÐHITAKORT



JAFNHITALÍNUR (á um 1m dýpi)

- 8°C
- 10°C
- 15°C
- 20°C
- 25°C

- AFBRÆDSLUSVÆÐI
- ⊕ tillaga um rannsóknarborholur

- Skurðir
- o Laugar
- Mæli línur

0 100m

N

Vegur

Sæmundará

D

16°C

Teiknað eftir stækkaðri loftmynd
(J 1888: 07.08.85) og mælingum
á staðnum

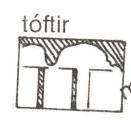
Jarðhitarannsóknir 21. og 22. september 1988

SEGULKORT

Óregla í segulsviðinu
sem gæti tengst
jarðhitanum

Áður en borað verður
er rétt að segulmæla
eftir þessum línum til
að staðsetja betur ganginn

Áður en borað verður
er rétt að segulmæla
eftir þessum línum til
að kann hvort óregla í
segulsviði tengist jarðhitanum



Líklega gangur
með stefnu ~150°

rafmagnslína

VARMALAND

fjós og hlaða

Líklega gangur
með stefnu ~150°

- Skurðir
- Laugar
- - - Mællínur



JAFNSEGULLÍNUR Í GAMMA

- - - 50.500
- - - 51.000
- - - 51.500
- - - 52.000
- - - 52.500
- - - 53.000

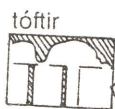
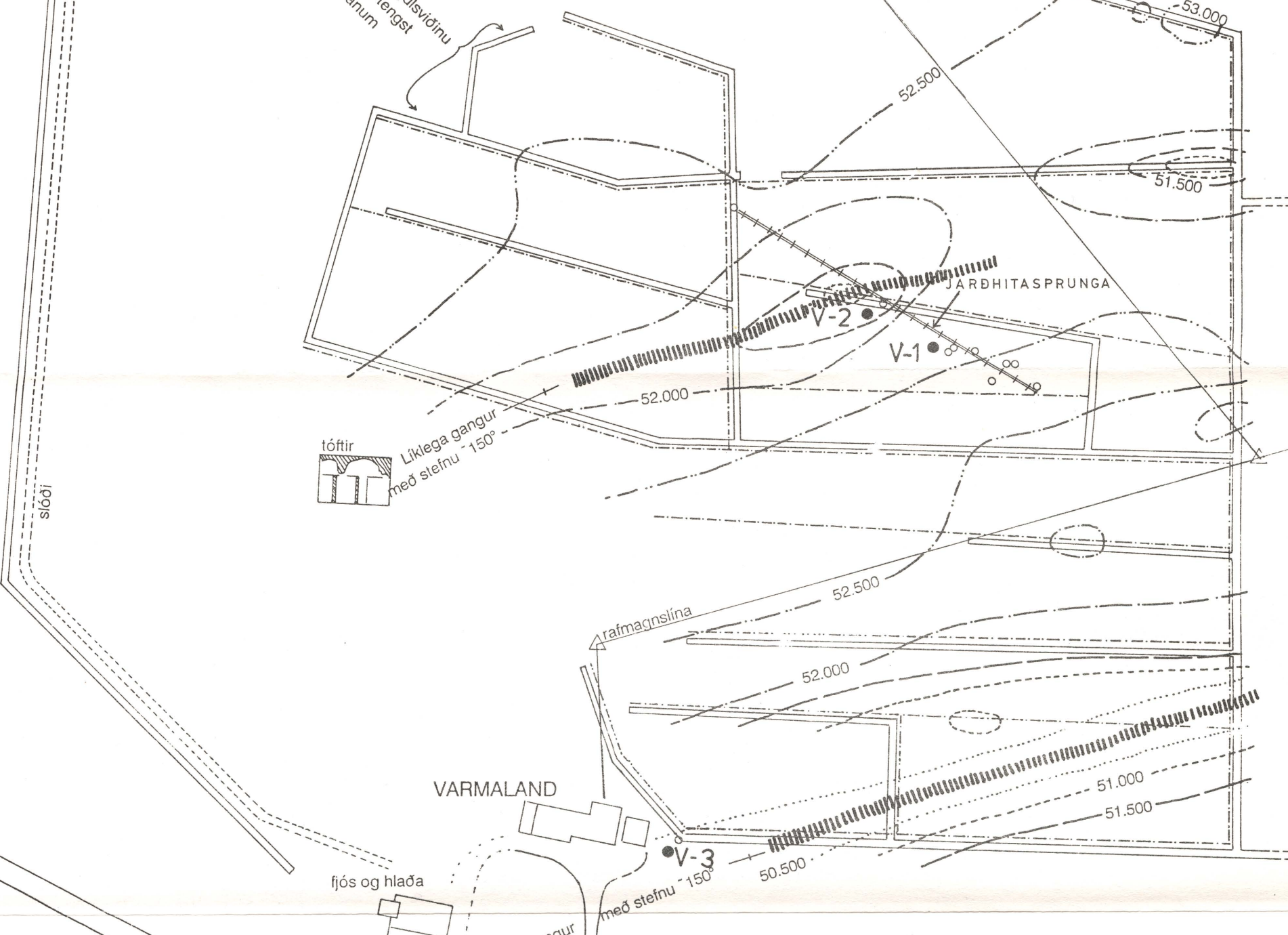
Teiknað eftir stækkaðri loftmynd
(J 1888: 07.08.85) og mælingum
á staðnum

Sæmundará

Vegur

VARMALAND Í SKAGAFIRÐI BORHOLUR SEGULKORT

Óregla í segulsviðinu
sem gæti tengst
jarðhitinum



JAFNSEGULLÍNUR Í GAMMA

- 50.500
- - - - 51.000
- - - - 51.500
- - - - 52.000
- - - - 52.500
- - - - 53.000

Teiknað eftir stækkaðri loftmynd
(J 1888: 07.08.85) og mælingum
á staðnum

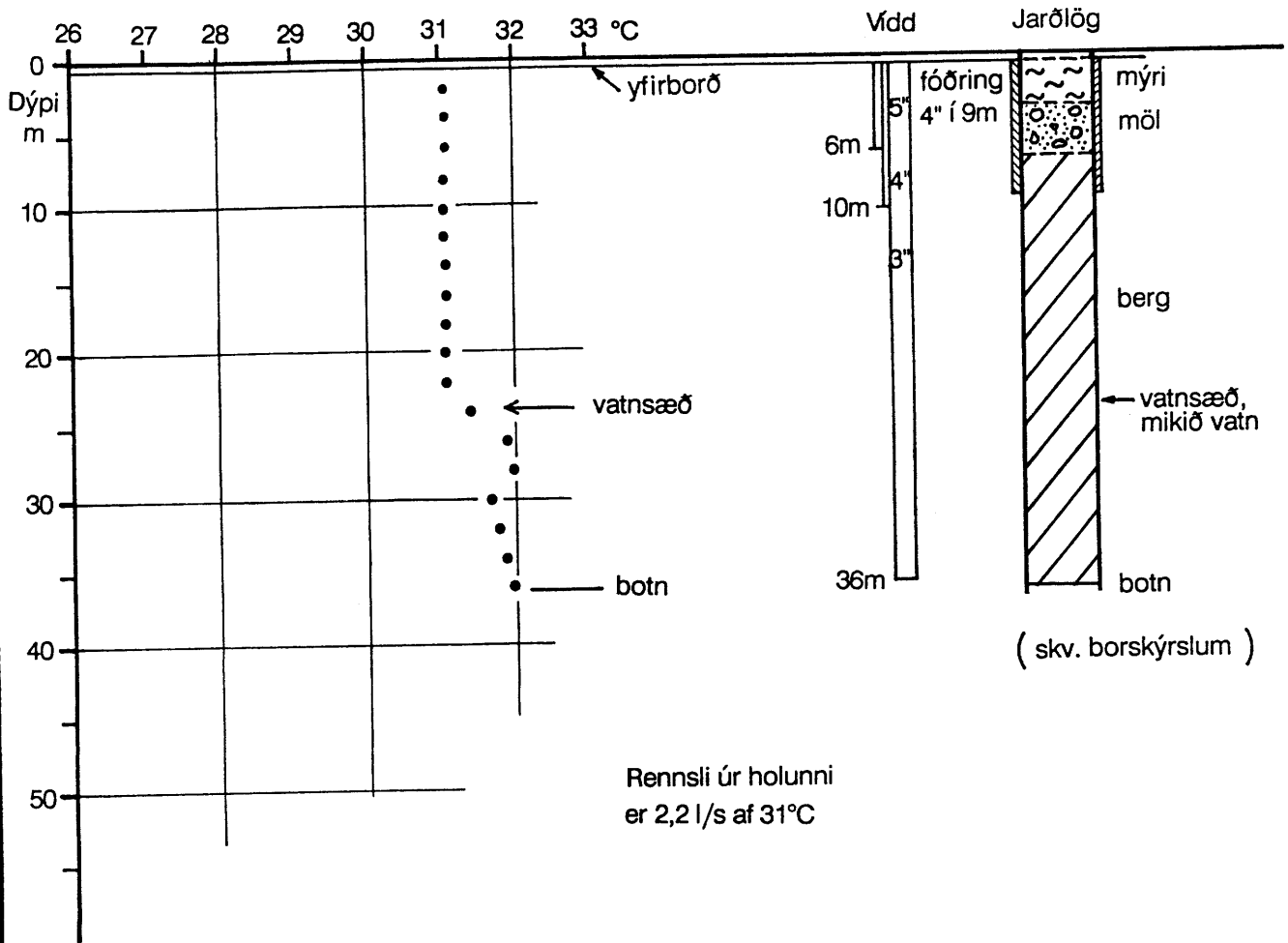
Sæmundará

Vegur



JHD-JK-5703-HeTo
88.II.-0630-Gyða

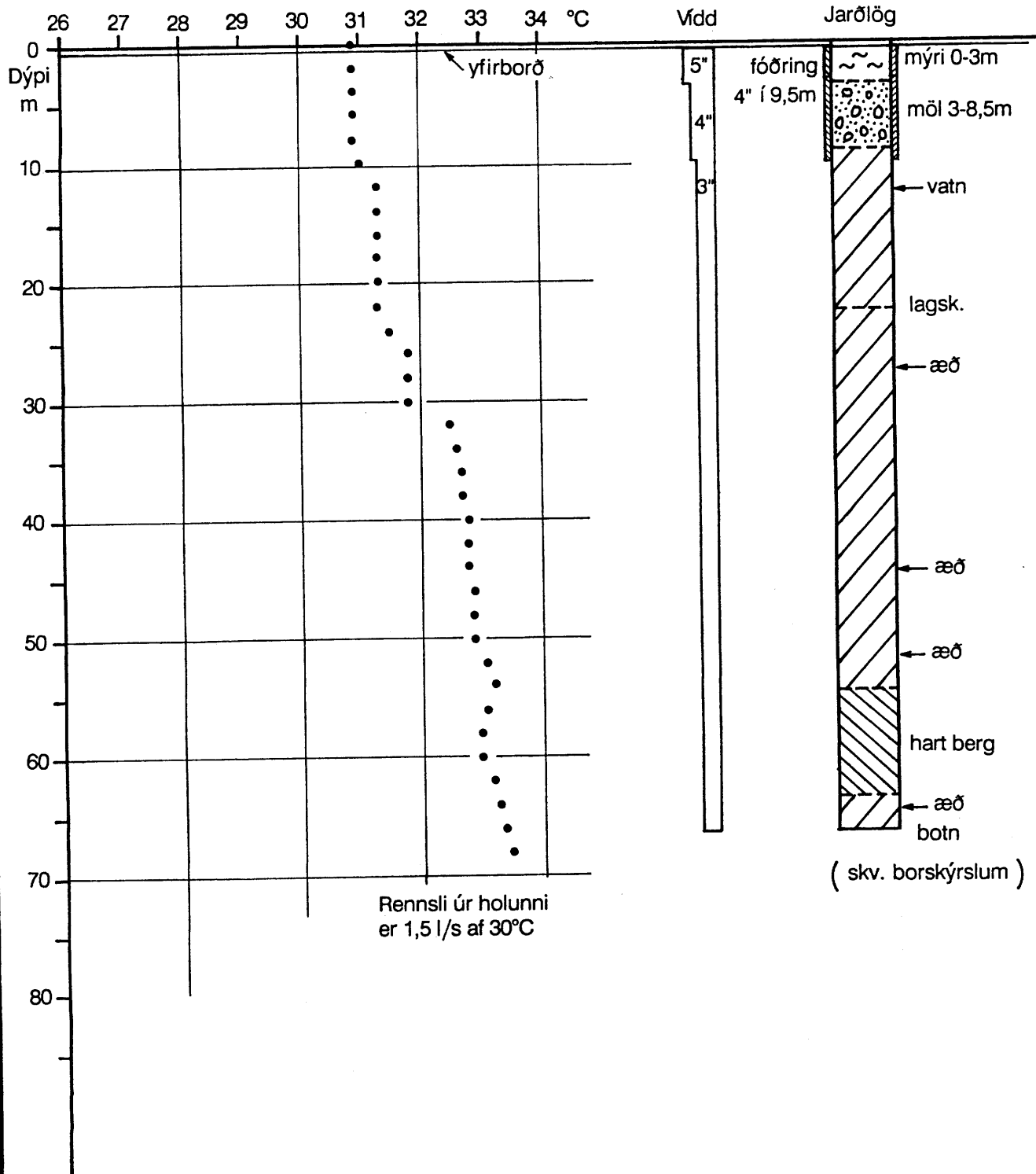
VARMALAND HOLA V-1 JARÐLÖG OG HITAMÆLING





JHD-JK-5703-HeTo
88.II.-0629-Gyða

VARMALAND HOLA V-2 JARÐLÖG OG HITAMÆLING





VARMALAND HOLA V-3 JARÐLÖG OG HITAMÆLING

