



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**Jarðhitarannsóknir við Stokkahlaðir
og Hranastaði**

Ólafur G. Flóvenz
Guðrún Sverrisdóttir
Ásgrímur Guðmundsson

Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar

OS-94006/JHD-02

Febrúar 1994



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 602

Jarðhitarannsóknir við Stokkahlaðir og Hranastaði

Ólafur G. Flóvenz
Guðrún Sverrisdóttir
Ásgrímur Guðmundsson

Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar

OS-94006/JHD-02 Febrúar 1994

ISBN 9979-827-40-8

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. STOKKAHLAÐALAUG	3
2.1 Laugin	3
2.2 Efnainnihald heita vatnsins	3
2.3 Jarðfræðiaðstæður	5
2.4 Viðnámsniðsmælingar	7
3. HITASTIGULSBORANIR 1993	7
3.1 Framvinda verksins	7
3.2 Jarðlög í borholunum	7
3.3 Hitastigulskort	9
3.4 Túlkun hitamælinganna	11
4. NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR	13
5. HEIMILDIR	15
VIÐAUKI 1. Borskýrslur	17
VIÐAUKI 2. Hitamælingar í borholum	25
VIÐAUKI 3. Jarðlagasnið gegnum borholur	31
MYNDIR	
1. Stokkahlaðalaug. Horft til austurs	4
2. Yfirlit um niðurstöður jarðeðlisfræðilegra mælinga við Stokkahlaðalaug.	6
3. Hitastigulskort	10
4. Mældir hitaferlar bornir saman við útreiknaða ferla fyrir mismunandi hita á 500 m dýpi í sprungu undir hitastigulsfrávikinu	12
TÖFLUR	
1. Mælingar á hita og rennsli í Stokkahlaðalaug	3
2. Efnasamsetning vatns úr Stokkahlaðalaug	5
3. Yfirlit um hitastigulsholur við Stokkahlaðir og Hranastaði	8

1. INNGANGUR

Í landi Stokkahláða, við landamerki Hranastaða er 23°C heit laug. Þrátt fyrir langvarandi dælingu úr borholum við Botn og mikinn niðurdrátt þar hefur rennsli eða hiti Stokkahláðalaugar ekki breyst verulega. Hún er þannig ein þriggja lauga í nágrenni vinnslusvæðanna í Eyjafjarðarsveit sem hafa lítið eða ekkert breyst vegna vinnslunnar. Hinar eru Grýtulaug og Kristneslaug. Þessar laugar bera vott um jarðhitakerfi sem eru óháð eða lítið tengd núverandi vinnslusvæðum.

Gögn sem aflað hefur verið við vinnslu og dæluþrófanir úr borholunum við Botn sýna að jarðhitakerfið þar er tengt öðru öflugu jarðhitakerfi. Ekki er ljóst hvar aðfærsluæðar þess er að finna og því hefur ekki enn tekist að hitta í það með borunum. Það er hins vegar augljóst mál að heitt vatn sem þarna fundist yrði ódýr viðbót við orkuforða Hitaveitu Akureyrar þar sem svo stutt er að aðveitulögnum.

Þar sem Stokkahláðalaug er nálægt jarðhitavæðinu á Botni er möguleiki að hún sé tengd jarðhitakerfinu sem leitað er að og því skynsamlegt að leita að uppstreymisrásinni út frá lauginni. Fyrsti áfangi þessarar leitar var borun 12 grunnra hitastigulshola sumarið 1993.

2. STOKKAHLÁÐALAUG

2.1 Laugin

Laugin sjálf er ekki ýkja merkileg, smáseyt af 23°C vatni út úr sprungum í breksíuklöpp sunnvert í lækjargili rétt við landamerkjagirðingu Stokkahláða og Hranastaða. Mynd 1 sýnir laugarnar. Þær voru athugaðar nákvæmlega í júlí 1981 (Sigmundur Einarsson o.fl., 1981). Þá mældist efra augað 23,2°C og rennslið 0,13 l/s en úr því neðra runnu 0,07 l/s af 22,6°C vatni. Tafla 1 sýnir yfirlit um mælingar á lauginni.

Tafla 1. Mælingar á hita og rennsli í Stokkahláðalaug.

Dags.	Hiti (°C)	Rennsli (l/s)	Heimild	Athugasemdir
Júlí 1981	23,2	0,2	Sigmundur Einarsson o.fl. 1981	
29.8.1989	19,2		Ólafur Flóvenz o.fl. 1989	Mælt við efnasýnatöku.
27.10.1989	17,7		Mælt af Ólafi Flóvenz	Mælt í 3° frosti eftir kalda nótt

Í töflunni sést að hiti mældist lægri árið 1989 en áður. Ekki er þó unnt að fullyrða að heita vatnið hafi kólnað, allt eins er líklegt að um sé að ræða meiri blöndun við kalt grunnvatn árið 1989 enda eru svona vatnslitlar laugar mjög viðkvæmar fyrir veðurfari.

2.2 Efnainnihald heita vatnsins

Sýni til efnagreininga hafa tvívegis verið tekin úr Stokkahláðalaug og eru niðurstöður efnagreininga sýndar í töflu 2. Fyrri sýnið er frá árinu 1981, en hið síðara var tekið árið 1989. Í yngra sýninu mældist aðeins lægri hiti, lægri kísill og hærra magnesíum. Þetta er líklega vegna tímabundinnar mengunar af köldu grunnvatni.



Mynd 1. Stokkahláðalaug. Myndin er tekin til vesturs upp hlíðina. Laugarnar eru í gilbarminum sunnanverðum og koma fram sem dökkir fletir þar sem volgt vatnið bræðir snjófölið af sér. Skammt ofan við laugarnar glittir í girðingarstaura í girðingunni sem skilur að lönd Stokkahláða og Hranastaða.

Djúphitastig vatnsins var reiknað út frá efnagreiningunum, með WATCH forritinu. Reiknaður var kalsedónhiti, en hann er talinn marktækastur efnahitamæla fyrir íslenskt lághitavatn. Forritið reiknar alkalfhita samhliða, en sá efnahitamælir er mest notaður á háhitasvæðum og er óáreiðanlegur ef djúphitastig er mikið undir 100°C . Niðurstöður þessara útreikninga eru birtar í neðstu línum töflu 2. Reiknaður kalsedónhiti er 58 og 56°C . Þar sem yngra sýnið er sennilega grunnvatnsmengað er hærri talan líklegri, og raunar er nákvæmni þessara mæla ekki meiri en það að rétt þykir að færa tölur að heilum tugum. Samkvæmt þessu er reiknaður djúphiti vatnsins úr Stokkahláðalaug um 60°C , og má líta á það sem lágmarkshita. Nú er rennsli að lauginni lít-
ið, og ef það er rétt að uppstreymi þessa vatns sé í nokkurri fjarlægð frá lauginni, er vel hugsanlegt að vatnið hafi kólnað og náð nýju jafnvægi við lægri hita. Þá getur hiti uppstreymisins verið hærri en kalsedónhitamælirinn gefur til kynna. Annað sem getur aukið óvissu kalsedónhitamælisins er hátt sýrustig (pH). Með hækkanði sýrustigi verður stærri hluti kísilsýrunnar klofinn í lausninni, en það er einungis óklofin kísilsýra sem jafnvægi vatns og bergs er reiknað út frá. Sýrustig vatnsins úr Stokkahláðalaug er hátt, þó reiknast helmingur mældrar kísilsýru óklofinn og þá ætti óvissa sem áhrif sýrustigsins veldur ekki að vera svo mikil að hún breyti

meginályktunum þessarar skýrslu. Alkalíhitamælirinn gefur nokkru lægra hitastig, eða um 50°C. Þar sem kalsedónmælirinn hefur reynst miklu áreiðanlegri á þessu hitabili, er ekki ástæða til að túlka reiknaðan alkálíhita í þessum sýnum. Líklega hefur vatnið úr Stokkahlaðalaug verið a.m.k. 60°C heitt þegar það var síðast í jafnvægi við berg.

Hlutfall súrefnisísótópa er lágt í laugavatninu, eða svipað lægri gildunum sem mælast í jarðhita-kerfunum á Eyjafjarðarsvæðinu. Það bendir til að hér sé um jarðhitavatn að ræða sem ekki hefur að ráði blandast kaldara grunnvatni.

Tafla 2. Efnasamsetning vatns úr Stokkahlaðalaug (mg/l).

Staður	Stokkahlaðir	
	Dagsetning Númer	810516 810089
Hiti (°C)	23,3	19,2
Sýrustig (pH/°C)	9,93/24	9,96/20
Kísill (SiO ₂)	71,9	66,6
Natríum (Na)	50,7	49,0
Kalíum (K)	0,6	0,6
Kalsíum (Ca)	4,0	5,1
Magnesíum (Mg)	0,05	0,43
Karbónat (CO ₂)	10,4	15,7
Súlfat (SO ₄)	47,1	46,8
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	9,7	10,2
Flúóríð (F)	0,63	0,61
Uppleyst efni	225	209
Járn (Fe)	-	<0,025
Mangan (Mn)	-	-
Bór (B)	0,20	0,21
δ ¹⁸ O ‰	-14,2	-14,1
δD ‰	-	103,0
Kalsedónhiti °C	58	56
Alkálíhiti °C	49	51

2.3 Jarðfræðiaðstæður

Lítið sér í berggrunn í nágrenni laugarinnar. Segulmælingar sem birtar voru í skýrslu árið 1982 (Bára Björgvinsdóttir) eru sýndar á mynd 2 ásamt túlkun þeirra. Túlkunin sem birt er á mynd 2 er eilítið frábrugðin túlkuninni í skýrslunni frá 1982, segulfrávik sem talið var vera misgegni þá er nú túlkað sem gangur. Á myndinni sést glögg að engin segulfrávik liggja undir Stokkahlaðalaug en tveir gangar skerast um 40 m neðan (austan) við laugina. Næstu gangar ofan (vestan) laugarinnar eru í um 150 m fjarlægð. Það eru því engin augljós tengsl milli laugarinnar og þekktra ganga eða misgengja. Hins vegar þarf að hafa í huga að sumir gangar eru mjög lítið segulmagnaðir og sjást traúðla í segulmælingum. Finnast tvö dæmi um slíka ganga í brekkunni neðan við Stokkahlaðalaugina.

2.4 Viðnámssniðsmælingar

Árið 1982 voru mældar tvær mællínur í viðnámssniðsmælingum við Stokkahláðir. Línurnar voru mældar í tengslum við rannsóknir á jarðhitakerfinu við Botn. Þær liggja í stefnu NA-SV og henta því vel til að skoða viðnámsfrávik með stefnu NV-SA en sjá ekki viðnámsfrávik sem eru undir litlu horni við mællífnuna. Niðurstöðurnar voru birtar í skýrslu árið 1989 (Ólafur G. Flóvenz o.fl.). Þar koma engin áberandi lágviðnámsfrávik fram í nágrenni Stokkahláðalaugar nema við gang sem liggur um 150 m austan laugarinnar. Þetta lágviðnámsfrávik er merkt inn á mynd 2. Lína 2 liggur yfir hann og sýnir lágt viðnám en lína 1 nær ekki nógu langt upp í hlíðana til að fara yfir ganginn. Hins vegar má af hegðan hennar ráða að hún kunni að vera að nálgaast lágt viðnám til austurs. Línurnar liggja hins vegar undir um 45° horni við stefnu gangans þannig að skilyrði til að greina lágviðnámið sem fylgir honum eru fremur slæm.

Viðnámssniðsmælingarnar sýndu einnig að mjög hátt viðnám fylgir ganga- og misgengjabelti sem liggur milli jarðhitasvæðisins við Botn og Stokkahláðalaugar. Þetta háviðnámssvæði er skyggt á mynd 2. Háa viðnámið táknar trúlega mjög þétt berg og er talið marka vestumörk jarðhitakerfisins við Botn. Það er hins vegar vel hugsanlegt að leki geti verið úr jarðhitakerfi Stokkahláðalaugar um sprungu gegnum þessi mörk þannig að háþrýsta kerfið sem sést í borholunum á Botni sé vestan markanna.

3. HITASTIGULSBORANIR 1993

3.1 Framvinda verksins

Samið var við *Alvarr, Boranir og verkfræðipjónustu* um borverkið. Boraðar voru alls 12 holur, hver um sig 51 m djúp og 115 mm víð neðan fóðringar. Hver hola var fóðruð með 140 mm stálröri, 5 mm þykku, frá yfirborði og niður í fast berg. Fóðurrörið var steyp fast. Afrit af borskýrslum hveðrar holu er í viðauka 1. Friðfinnur Daníelsson, verkfræðingur, stjórnaði borunum og sá um allar hitamælingar í holunum. Mælt var strax að lokinni borun og svo aftur a.m.k. degi síðar. Notuð var mælirúlla frá Orkustofnun. Hitamælingarnar voru síðan sendar strax til Orkustofnunar þar sem þær voru metnar og niðurstöðurnar notaðar til að staðsetja næstu holu. Hitamælingarnar í borholunum eru sýndar í viðauka 2. Í töflu 3 er yfirlit yfir borholurnar, hnit þeirra og hitastigul. Í öllum tilvikum nema tveimur (holur 3 og 4) er hitastigull línulegur. Í holum 3 og 4 er hann hærrí efst en lækkar er neðar dregur. Í töflu 3 eru notuð gildin úr dýpri hluta holunnar. Þessar tvær holur eru nálægt því að vera milli hitastigulsfráviksins og Stokkahláðalaugar og er líklegt að skýra megi tiltölulega háan hita í efri hluta þessara hola með nálægð við laugarnar.

3.2 Jarðlög í borholunum

Á meðan á borun hitastigulsholanna stóð var sýnum af borsvarfi safnað á tveggja metra bili. Þá er að finna í borskýrslum lýsingu á helstu jarðlagabreytingum sem borstjóri varð var við meðan á borun holunnar stóð. Í borskýrslum fyrstu holanna var lýsingin nokkuð nákvæm en frekar almenns eðlis þegar líða tók á. Í verkefni sem þessu er nausynlegt að fylgjast mjög náíð með, ef takast á að safna fullnægjandi upplýsingum til að kortleggja jarðlagastaflann með tilliti til brota og berggerða. Best væri að jarðfræðingur væri á staðnum við sýnatöku, en svo var ekki í þessu tilviki.

Tafla 3. Yfirlit um hitastigulsholur við Stokkahláðir og Hranastaði. Hnitin eru miðuð við skilgreindan núllpunkt við veginn að Hranastöðum (sjá mynd 3) og hæðin er miðuð við að Stokkahláðalaug sé í 70 m.y.s.

Hola nr.	Dýpi m	x m	y m	z m	Hitastigull °C/km	Hiti við sjávarmál °C
01	51	15	21,2	74,4	157	16,2
02	51	68	0	81,49	144	15,4
03	51	58	68	76,7	187 ¹⁾	20,8
04	51	15	118	76,4	190 ¹⁾	22,3
05	51	61	117,6	80,0	292	28,4
06	51	60	164,6	82,3	200	20,3
07	51	100	100	85,0	290	27,5
08	51	99	129	85,7	201	21,7
09	51	196	53	94,1	117	15,5
10	51	15	154	76	171	17,4
11	51	127	48	87	173	18,6
12	51	89	84	82	274	25,6

¹⁾ Í þessari holu er hitastigull breytilegur með dýpi, hæri efst en lækkar er neðar kemur. Talan í töflunni sýnir hitastigulinn í neðri hluta holunnar.

Jarðlagstaflinn er dæmigerður tertíer staflur þar sem skiptast á basalhraunlög og rauð millilög. Hvergi verður þess vart að borað hafi verið gegnum berggang. Allar tólf holurnar voru skoðaðar og snið dregin þvers og krus um svæðið. Eru sniðin sýnd í viðauka 3. Hóla 8 kemur ekki fyrir á neinu sniðanna í viðauka 3 en hún er nánast eins og hóla 7, nema jarðlögin liggja lítið eitt dýpra í henni eins og búast má við út frá jarðlagahallanum. Strik jarðlaganna er áætlað 50°.

Snið 1 (mynd 1 í viðauka 3): Stefna þess er 334° og liggur það frá holu 10 í gegnum hólur 5, 12, og 11. Stefna sniðsins myndar hvasst horn við mesta jarðlagahalla og ætti því jarðlögum að halla um 6° upp á við frá holu 10. Myndin sýnir tengingu í gegnum allar holurnar, þar sem fylgt er þykku millilagi. Lagið er nokkuð auðþekkjanlegt og virðast vera ummerki eftir jarðhitavatn í því í holu 5, sem er í miðju hitafrávikinu á mynd 3. Að minnsta kosti 9 basaltlög sjást í holunum og er þykkt þeirra frá 3 upp í 10 m.

Snið 2 (mynd 2 í viðauka 3): Stefna sniðsins er 20° frá holu 6 í gegnum hólur 5, 3 og 2. Stefna þess er 30° frá striki jarðlaga og því lítil halli á jarðlögum. Dýpst liggja þau í holu 6 og má tengja jarðlögin með millilagi sem þekkist í þeim öllum. Eitthvert ósamræmi virðist vera þar fyrir neðan en það má skýra með því að rauðu millilögin eru oft mjög þunn og geta auðveldlega horfið á milli sýna sem tekin eru á 2 m bili. Ef það gerist virðast hraunlögin jafnframt vera þykkari. Athyglisvert er að þyrít sést á báðum endum sniðsins, en sú steind gefur oft hugmyndir um streymisleiðir heits vatns. Hóla 2 er skammt frá gangi með stefnu rétt vestan við norður, en ekki er vitað til þess að gangar eða misgengi séu nálægt holu 6. Að minnsta kosti 8 hraunlög koma fram á þessu sniði og er lágmarksþykkt þeirra um 3 m.

Snið 3 (mynd 3 í viðauka 3): Stefna þess er 249° frá holu 1 og liggur það í gegnum hólur 3, 12 og 7. Sniðið liggur undir hvössu horni við strikstefnu jarðlaga og því lítil halli jarðlaga milli

hola. Lítið samræmi virðist vera milli hola, en ef tekið er tillit til þess að tveggja til þriggja metra skekkja getur verið vegna tilhögunar á sýnatöku þá má auðveldlega hagræða jarðlagasúlunum um 2 m þannig að gott samræmi fái. Þýrít sést á þremur stöðum í holu 1, en milli hennar og hinna holanna er berggangur með stefnu rétt vestan við norður. Líklegt er að uppstreymi hafi verið með ganginum eða sé jafnvel enn og hugsanlegt að það sé ástæðan fyrir því að Stokkahláðalaug er þar sem hún er. Nú hraunlög koma fyrir á þessu sniði, 3 - 6 m þykk.

Snið 4 (mynd 4 í viðauka 3): Stefna sniðsins er 313° frá holu 1 að holu 2. Sniðið liggur nokkurn veginn í stefnu mesta jarðlagahalla, þar sem hola 1 liggur neðar. Á myndinni er tengt á milli holanna og notað til þess rauðbrúnt millilag sem sést í þeim báðum. Ekki er gott samræmi þar neðan við sem má skýra það á sama hátt og í umfjöllun um snið 3. Nú hraunlög voru skorin í þessum holum, 3 - 6 m þykk.

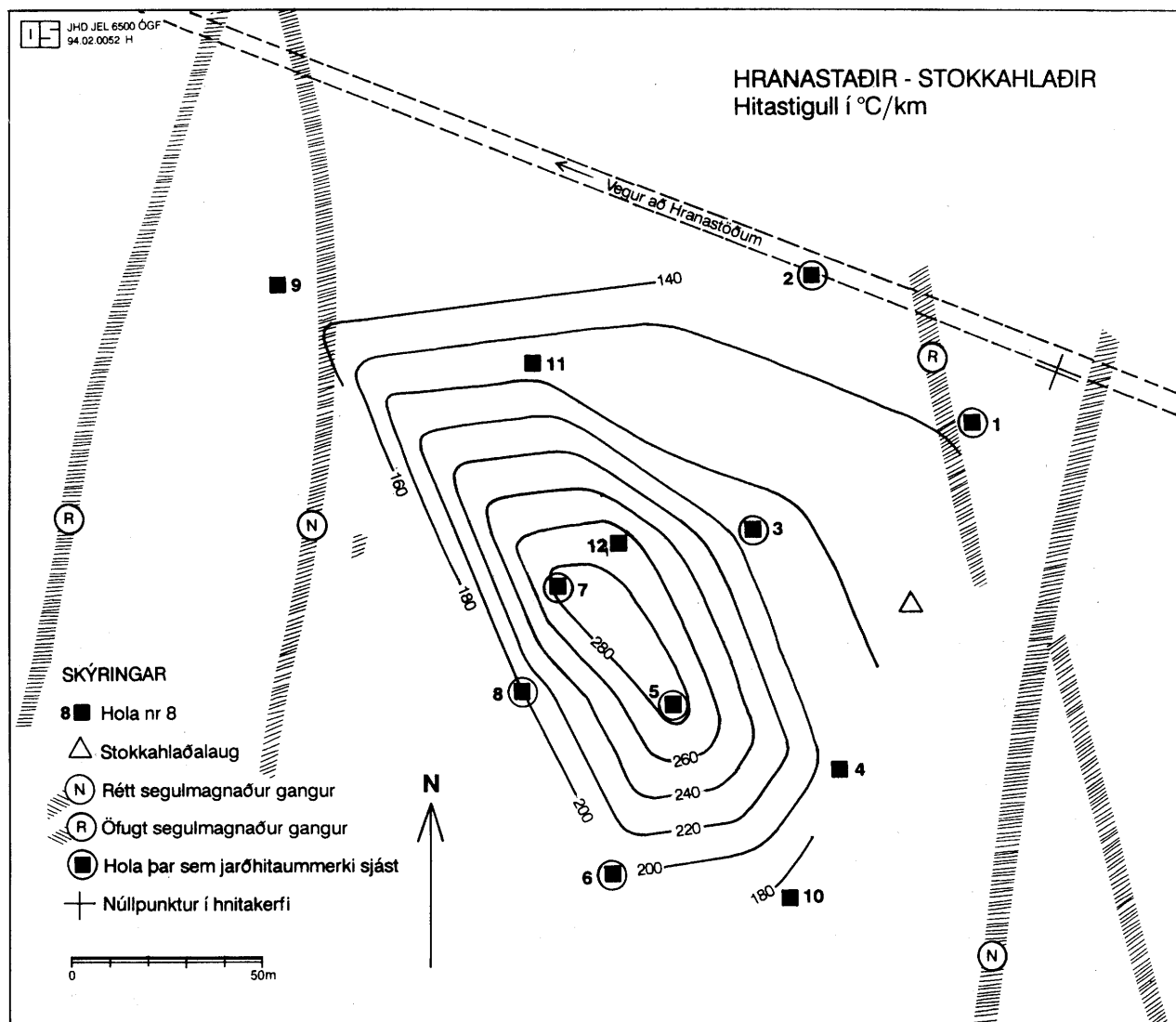
Snið 5 (mynd 5 í viðauka 3): Stefna þess er 308° frá holu 4 í gegnum holur 5, 7 og 9. Sniðið liggur nokkurn veginn í stefnu mesta halla og er dýpst á jarðlögin í holu 4. Góð tenging fæst milli hola 4, 5 og 7, en aftur á móti sést ekki bein tenging yfir í holu 9. Á 30 - 40 m dýpi í holu 9 er komið niður í túfflegt setlag, sem sést ekki í öðrum holum. Það gefur tilefni til að halda að misgengi geti verið milli holu 9 og hinna holanna. Rétt austan við holu 9 og vestan við hinar holurnar er berggangur og mögulegt er að misgengið fylgi honum. Sennilega hefur gangurinn vestlægna halla eins og langflestir gangar á þessum slóðum. Ef misgengið fylgir ganginum er því líklegt að spildan vestan við hann hafi sigið. Það þýðir að hreyfingin um misgengið er um eða yfir 20 m. Að minnsta kosti 8 hraunlög voru skorin í þessum holum og er þykkt þeirra 3 - 8 m.

Ofangreind lýsing bendir til þess að jarðlagastafinn sé heillegur á borsvæðinu að undanskildu misgengi milli holu 9 og hinna holanna. Ummyndun er eins og búast má við í skólesít - mesólít zeólítabeltinu. Zeólítarnir skólesít, mesólít, stilbít og heulandít sjást ásamt kalsíti. Þýrít (glópagull) er eina steindin, sem sker sig úr. Hún hefur verið notadrjúg við kortlagningu á streymisleiðum jarðhitavatns í jarðhitakerfum. Mest sést af þýríti við holu 1 sem er rétt austan við berggang. Gangurinn gæti hafa veitt upp jarðhitavatni og verður það að teljast nokkuð líklegt þegar haft er í huga að Stokkahláðalaug er rétt vestan við þennan sama gang. Þýrít sést einnig í holu 2 skammt austan við umræddan gang og vottur er af þýríti í holu 6. Á mynd 3 er merkt við þær holur þar sem fundist hafa glögg merki um rennsli heits vatns í millilögum. Þótt engin óræk merki jarðhitavatns hafi fundist í hinum holunum útilokar það samt ekki að rennsli heits vatns hafi getað verið þar í grennd.

3.3 Hitastigulskort

Á mynd 3 er sýnt kort af hitastigli á borsvæðinu. Miðað er við hitastigulgildin í töflu 3. Kortið er teiknað upp með teikinforritinu *Splus* og notuð er línuleg brúun milli mælipunkta.

Í ljós kemur vel afmarkað hitastigulsfrávik með NV-SA stefnu, sem liggur næst lauginni í um 60 m fjarlægð. Þessi hái hitastigull virðist taka enda í sömu landhæð og laugin er í, þannig að freistandi er að álykta að um sé að ræða lárétt rennsli úr norðvestri annað hvort eftir sprungu eða nær láréttu lagi. Á myndinni eru einnig merktir inn þeir gangar og misgengi sem vítað er um næst Stokkahláðalaug og liggur enginn þeirra nærri þeim stað sem hái hitastigullinn afmarkar. Hins vegar virðist hitastigulsfrávikin taka snögglega enda til vesturs nærri gangi með N-S stefnu. Það gæti bent til þess að vatnið komi upp með þeim gangi, a.m.k. síðasta spölinn og renni síðan lárétt til austurs undan halla að Stokkahláðalauginni. Samkvæmt túlkun á segulkorti



Mynd 3. Hitastigskort af nágrenni Stokkahlaðalagar.

(Bára Björgvinsdóttir, 1982) er ríkjandi stefna rétt segulmagnaðra ganga á þessum slóðum $N5^{\circ}A - N25^{\circ}A$, öfugt segulmagnaðir gangar falla í tvo hópa, annar með stefnu $N5^{\circ}V - N25^{\circ}V$ en hinn með stefnu $N5^{\circ}A - N60^{\circ}A$ og stefna misgengja er á bilinu $N5^{\circ}V - N25^{\circ}A$. Stefna hitastigulsfráviksins er um $N40^{\circ}V$, sem er óþekkt stefna á þeim göngum og misgengjum sem kortlagðir hafa verið á þessum slóðum. Það styður þá hugmynd að hitastigulsfrávikid tengist lárétu aðrennsli að lauginni.

3.4 Túlkun hitamælinganna

Tvær mögulegar skýringar má finna á hitastigulsfávikinu. Í fyrsta lagi gæti verið um að ræða rennsli eftir nær lárétu lagi einhvers staðar neðan 55-60 m dýpis. Auðvelt er að skýra hitaferlana með slíku líkani ef gert er ráð fyrir því að hitinn á vatninu í lárétta laginu sé misjafn, mestur undir miðju hitastigulsfráviksins en minnkandi til beggja átta. Í öðru lagi má skýra hitastigulsfrávikinu með rennsli eftir sprungu, annað hvort þannig að vatnið komi djúpt úr jörðu eftir sprungunni eða að það renni lárétt eftir henni frá uppstreymisrás ofar í hlóðinni.

Til að reyna að meta hversu heitt vatn gæti verið á ferðinni í sprungu undir hitastigulsfrávikinu á mynd 3 var farið út í að gera einfalt líkan af rennsli vatns eftir sprungu og reikna hitadreifinguna sem af því leiddi og bera saman við niðurstöður hitastigulsborananna. Notað var forritið *VARMÍ* sem upphaflega var skrifað til líkangerðar af rennsli heits vatns á Glerárdal. Aðferðinni hefur áður verið lýst í skýrslu til Hitaveitu Akureyrar (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1981) og í tímaritsgrein (Ólafur G. Flóvenz, 1985). Forritið reiknar út stöðuga hitadreifingu í bergi út frá skilgreindum hitaflötum í jörðunni. Gengið er út frá því að rennsli vatnsins hafi staðið óbreytt það lengi að komið sé á varmajafnvægi. Jafnframt er gengið út frá því að varmaleiðnistuðullinn sé fasti. Gengið var út frá því að hitafrávikinu á mynd 3 stafaði af rennsli vatns í nær lóðréttri sprungu með NV-SA stefnu undir hitastigulsfrávikinu. Reiknuð var út hitadreifing fyrir mörg mismunandi tilvik hita á sprungufletinum og mismunandi halla á sprungufletinum og borið saman við mældan hita í holunum. Á mynd 4 eru sýndar hitamælingar úr holum 2, 3, 7 og 8 ásamt útreiknuðum hitaferlum fyrir það líkan sem best reyndist falla að mældum hitaferlum. Líkanið var eftirfarandi:

1. Sprunga með 6° halla til norðurs liggur undir hitastigulsfrávikinu miðju og sker yfirborð rétt við holu 7.

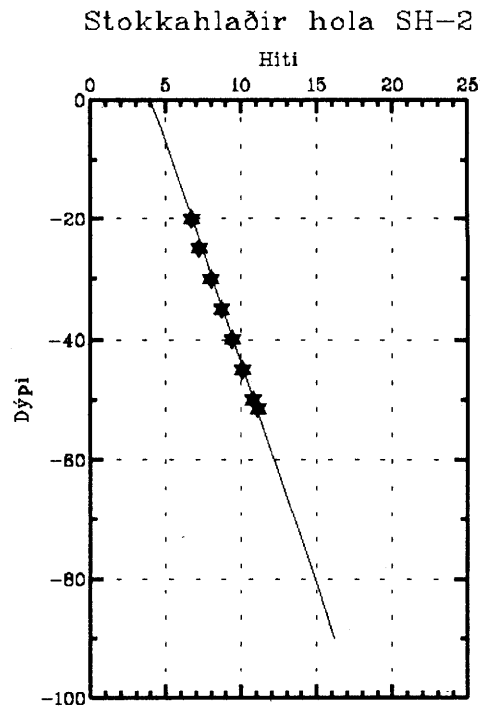
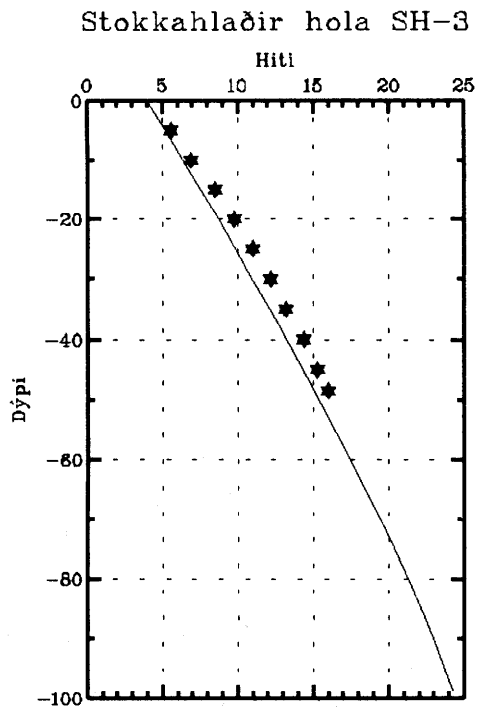
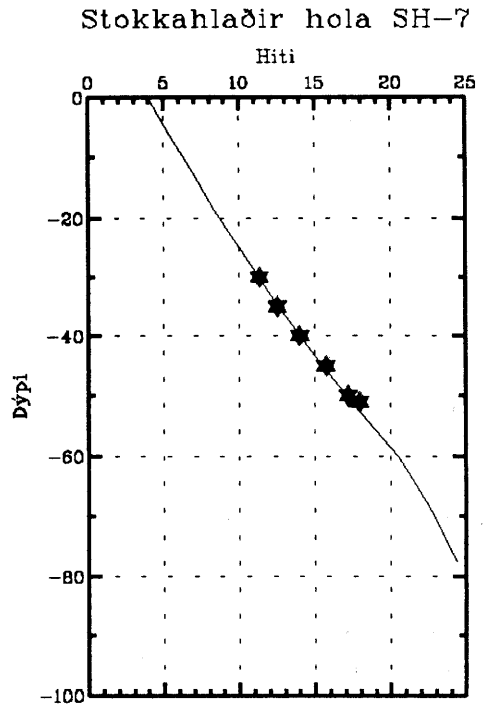
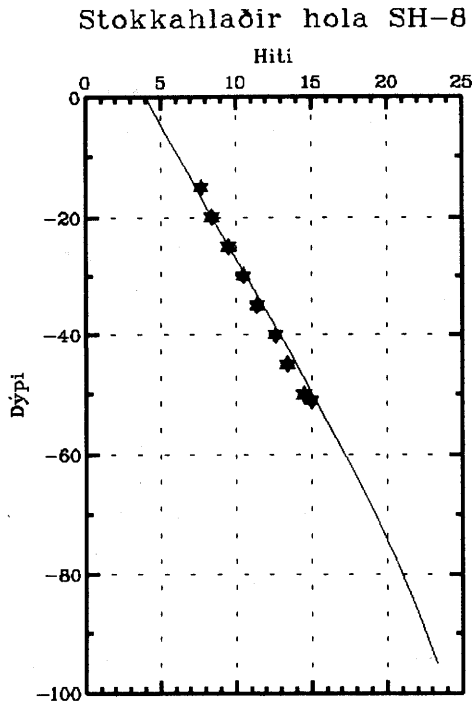
2. Hiti í sprungunni er sem hér segir:

Á 60 m dýpi er hitinn	22°C
Á 95 m dýpi	30°C
Á 130 m dýpi	32°C
Á 160 m dýpi	32°C
Á 190 m dýpi	35°C
á 500 m dýpi	60°C

3. Brúað er línulega milli hitagilda á mismunandi dýpi í sprungunni.

4. Svæðisbundinn hitastigull er hafður 70°C/km. Niðurstöður eru ekki mjög næmar fyrir breytingum á þessari stærð. Þessi tala er þó með lágsta móti þegar tekið er tillit til þess að jarðhiti er víða í nágrenninu. Þessi forsenda leiðir fremur til ofmats á mögulegum hita í sprungunni.

Á mynd 4 má sjá að reiknaður hiti fellur mjög vel að mældum hita fyrir holur 2, 7 og 8, en reiknuð gildin eru helst til lág fyrir holu 3 sem stafar af nálægð við laugarnar sem ekki er tekið með í líkaninu. Eftir að besta líkan hafði verið fundið var reynt að kanna hvaða áhrif það hefði að breyta hitanum í sprungunni og fá þannig mat á næmni aðferðarinnar fyrir mismunandi hita. Þá kom í ljós að mun verra samræmi fékkst milli mældra og reiknaðra gilda ef hiti var hækkaður í 40°C á 190 m dýpi eða í 70°C á 500 m dýpi.



Mynd 4. Samanburður á mældum og reiknuðum hita í borholum. Reiknuðu gildin eru samkvæmt líkani sem gerir ráð fyrir sprungu með norðurhalla undir hitastigulsfrávikinu.

Út frá ofangreindum athugunum má draga eftirfarandi ályktanir:

1. Hitadreifinguna sem mælist í holunum má skýra með rennsli vatns í sprungu undir hitastigulshámarkinu.
2. Hitinn í sprungunni getur ekki verið yfir 35-40°C ofan 200 m dýpis og ekki yfir 60°C á 500 m dýpi.
3. Ekki reyndist unnt að skýra hitamælingarnar í holum 2 og 8 með einfaldri sprungu nema henni hallaði til norðurs.

Þessi niðurstaða er mjög í samræmi við það að ekkert umtalsvert lágviðnámssfrávik mældist í viðnámssniðsmælingunum árið 1982 og lágu þvert yfir hitastigulsfrávik. Einungis má greina mjög lítið og afmarkað lágviðnám í sýndarviðnámssferlunum þar sem það liggur yfir hitastigulsfrávik. Það bendir eindregið til þess að hitastigulsfrávik stafi eingöngu af volgu vatni á litlu dýpi. Ef hiti væri umtalsvert hærri en 30°C í sprungu undir hitastigulsfrávikinu ætti það að sjást í viðnámssniðsmælingunum. Með það í huga að efnahitamælar benda til >60°C vatnskerfis er líklegast að hitastigulsfrávik stafi af rennsli vatns eftir nær láréttu lagi eða eftir sprungu á litlu dýpi frá uppstreymisstað ofar í hlíðinni. Ólíklegt er að vatnið komi djúpt úr jörðu eftir sprungu undir hitastigulsfrávikinu.

4. NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR

Eins og fram hefur komið hér að framan eru til talsverðar upplýsingar um nágrenni Stokkahlaðalaugar. Þetta eru niðurstöður ýmiss konar mælinga og athugana, sem hver um sig gefur einhverjar upplýsingar en eru þó langt frá því að vera tæmandi. Hins vegar má nota þær til að setja líkönunum af jarðhitakerfinu við Stokkahlaðir talsverðar skorður.

Á mynd 2 eru dregnar saman niðurstöður segul-, viðnámssniðs- og hitastigulsmælinga. Þar sést glögglega innbyrðis afstaða laugarinnar, ganga, viðnámsmælilína og hitastigulsfráviksins.

Draga má helstu niðurstöður sem fyrir liggja saman á eftirfarandi hátt:

1. Efnahitamælar sýna að vatnið úr Stokkahlaðalaug er komið úr jarðhitakerfi sem er a.m.k. 60°C heitt.
2. Hitastigulsboranir benda til þess að vatnið, sem kemur upp í Stokkahlaðalaug, tengist sprungu með stefnu NV-SA og er í um 60 m fjarlægð frá lauginni eða að það rennur á litlu dýpi eftir láréttu lagi frá uppstreymi ofar í hlíðinni.
3. Greining borsvarfs úr holunum sýnir að ekki liggja nein misgengi um milli borholanna nema milli holu 9 og hinna holanna.
4. Engir þekktir gangar eða misgengi liggja um svæðið þar sem hitastigulsfrávik mælist og raunar eru gangar eða misgegni með þessa stefnu eru nánast óþekkt á þessum slóðum. Það styður fremur kenninguna um lárétt rennsli.
5. Á stórum hluta borsvæðisins, sem afmarkast af holum 1, 2, 8 og 6, sjást merki þess í millilögum að jarðhitavatn hefur runnað þar um.

6. Á grundvelli hitamælinga í borholunum er ekki unnt að útiloka að vatnið komi upp um sprungu undir hitastigulsfrávikinu. Ef um rennsli í sprungu er að ræða er hiti á 190 m dýpi líklegast milli 35°C og 40°C og hiti á 500 m dýpi á milli 50°C og 60°C.
7. Viðnámsniðsmælingar mæla hins vegar gegn því að hitastigulsfrávikði stafi að rennsli á meir en 30-40°C heitu vatni eftir sprungu. Þær benda fremur til þess að um sé að ræða rennsli af volgu vatni nærri yfirborði.
8. Segulmælingar sýna enga ganga eða misgengi ofan Stokkahláðalaugar fyrr en í um 150 m fjarlægð.
9. Viðnámsniðsmælingar sýna að lágviðnám er við ganginn sem liggur um 150 m vestan Stokkahláðalaugar. Það bendir til þess að uppstreymið gæti tengst honum.
10. Hitastigulsfrávikði virðist taka snöggan endi nærri þessum gangi. Það bendir til að uppstreymið kunni að vera nálægt honum.

Því er líklegasta myndin af jarðhitasvæðinu á þessa leið. Heitt vatn kemur upp djúpt úr jörðu í hlíðinni ofan við Stokkahláðalaug. Hitinn í vatnskerfinu er a.m.k. 60°C. Á 100-300 m dýpi fylgir það líklega bergganginum sem liggur næst vestan laugarinnar. Á 50-100 m dýpi rennur það síðan nær lárétt eftir sprungu eða nær láréttu jarðlagi til austurs og kemur upp til yfirborðs í Stokkahláðalaug, um 150 m austar.

Æskilegt framhald rannsókna á jarðhitanum við Stokkahláðir gæti verið á þessa leið.

1. Mældar verði 3 línur með viðnámsniðsmælingum þvert á gangastefnu í hlíðinni. Markmiðið er að kanna hvort lágviðnám fylgi ganginum og kanna hvar viðnám er lægst. Með því móti ætti að mega staðsetja uppstreymisrásina nokkuð nákvæmlega á sama hátt og gert var á jarðhitasvæðinu á Þelamörk.
2. Holur SH-2 og SH-7 verði dýpkaðar í 100 m og e.t.v. bætt við 1-2 grunnum holum til viðbótar ef niðurstöðurnar dýpkunarinnar og viðnámsniðsmælinganna gefa tilefni til.
3. Verði niðurstöður viðnámsniðsmælinganna afgerandi verði boraðar 1-2 300-500 m djúpar rannsóknarholur við meinta uppstreymisrás. Þær holur gætu náð í vatn eða a.m.k. gefið til kynna hversu heitt vatnskerfið er og svarað þannig spurningum um hvort réttlæt-anlegt sé að halda borunum áfram.

Rétt er að hafa í huga að jafnvel 10-20 l/s af 40-60°C vatni gætu reynst Hitaveitunni verðmætir því þá væri um kjörið niðurdælingarvatn að ræða. Því mætti dæla niður í holur við Botn og Laugaland og fá það upp aftur 80-95°C heitt.

5. HEIMILDIR

Bára Björgvinsdóttir, 1982: *Segulmælingar í Hrafnagilshreppi í Eyjafirði*. Orkustofnun, OS82100/JHD-15, 21s og 6 kort

Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1981: *Eyjafförður. Efnainnihald og ísótópahlutföll jarðhitavatns*. Orkustofnun, OS81023/JHD-14, 49s

Ólafur G. Flóvenz, Bára Björgvinsdóttir, Sigmundur Einarsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1981: *Kristnes-Reykhús. Úttekt á hálftrar aldar árangurslítili jarðhitaleit.*, Orkustofnun, OS81026/JHD-15, 55s.

Ólafur G. Flóvenz, 1985: *Application of subsurface temperature measurements in geothermal prospecting in Iceland*. Journal of Geodynamics, 4, bls. 331-340

Ólafur G. Flóvenz, Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson, Hilmar Sigvaldason og Auður Ingimarsdóttir, 1989: *Hitaveita Akureyrar. Vinnslueftirlit 1989* Orkustofnun, OS-90019/JHD-08 B, 60 s.

Ólafur G. Flóvenz, Guðni Axelsson, Guðrún Sverrisdóttir og Grímur Björnsson, 1993: *Orkuöflun Hitaveitu Akureyrar. Staða og horfur 1993* Orkustofnun, OS-93025/JHD-06, 47s.

Sigmundur Einarsson, Þorsteinn Thorsteinsson, Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson, 1981: *Laugar og volgrur í Hrafnagilshreppi* Orkustofnun greinargerð SE/PTh/AB/KS-81/02.

VIÐAUKI 1

Borskýrslur



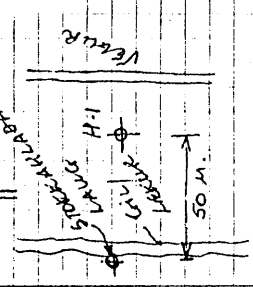
Boranir og verkfræðisþjónusta
Melabraut 11 · Seljagarnnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkskipti: HITAVEITA AKUREYRAR	Staður: STOKKALHLAGÍR	Dags: 17-18/05 '93
Hemilfang:	Auk. hóur: H. I.	Veknr.:

JARBLÖG:	114/45 MM STALBOR
0 - 3	JARÞVEGLUR
3 - 4	LIN KLAPPARÖMYND
4 - 7	KLÖPP
7 - 8,5	SVART ÞÚÐUR
8,5 - 17	ÞURR KLÖPP
17 - 18	LJÓSBRÚNT, FLÖTBORAD
18 - 26,5	ÞURR KLÖPP
26,5 - 30	LJÓSBRÚNT, RAUTT, SVART, GRÁTT, FLÖTBORAD.
30 - 42	SEIGLINGSKLÖPP
42 - 50	MJÖG MJÚKT, HVÍTR STEINMOLAR OG LEIRKENNT
50 - 51	HARÐARA.

Fyrst varð við vatnsdropa á 30 m.
Það fór ört vaxandi og var
orðið ca 1 1/2 á 36 m.
Hitastig í blæstri 9-10°C.
MEÐALBORHRÁÐI (6-51 M.) 15 M/T.



Fréttir	Fréttir
---------	---------



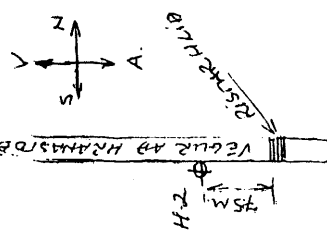
Boranir og verkfræðisþjónusta
Melabraut 11 · Seljagarnnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkskipti: HITAVEITA AKUREYRAR	Staður: STOKKALHLAGÍR	Dags: 19-20/5 '93
Hemilfang:	Auk. hóur: H. 2	Veknr.:

JARBLÖG:	114/45 MM STALBOR
0 - 2,5	JARÞVEGLUR
2,5 - 3,5	MÓKELLA OG ÞRASK.
3,5 - 7,0	KLÖPP
7,0 - 20	MJÖG LAGSKIPTI OG FLÖTBOR.
	SVART ÞÚÐUR, RAUBRÚNT
	ÞUNN KLAPPARHÖFT.
20 - 27,5	KLÖPP
27,5 - 30,5	MJÚKT, RAUBRÚNT, RAUTT OG GRÁTT.
30,5 - 39	MJÚK KLÖPP
39 - 42	MJÚKT, MJÖG FLÖTBORAD
42 - 47,5	MJÚK KLÖPP
47,5 - 50	ALGJÖRT ÞRASK
50 - 51	HELDUR STABILLA.

EINKENNANDI FYRIR ÞESSA KOLL ER
HVE JARBLÖG ERU LAGSKIPTI OG
MJÚK. AÐEINS ER MEGLT AÐ FARA
UM KLAPPARHÖFT, ANNARS ER
RINDS OG BORAD SEI SAMÞYTT
LEIR.
EKKI VARÐ VART VIÐ VATN.
MEÐALBORHRÁÐI (6-51 M.) 20 M/T.



Fréttir	Fréttir
---------	---------

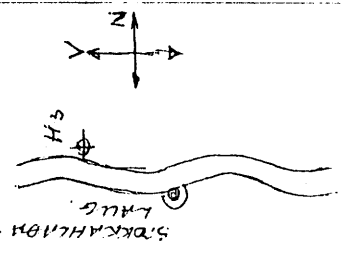


Boranir og verkfræðipjónusta
Melbraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkaupi:	Stöð:	Dags:
HÍTAVEIÐA AKUREYRAR	STOKKAHLAÐIR	26/6 '93
Hemilang:	Auk. númer:	Værkt:
	H-3	

JARÐLÖG:	0 - 1,5 JARÐVEGUR	114/4,5 MM STÁLROÐ	0
	1,5 - 7,5 ÞURR KLÖPP	3,0	10
	7,5 - 10 MJÖG LAGSKIPT		20
	10 - 32 HÉILLEGT EN FLJÓTBORNAÐ	90 MM HOLA	30
	32 - 40 ÞEIT KLÖPP		40
	40 - 51 RAUBBRÚNA DRAGLIÐ		50
ÖRULITL VARNRAKI Á CA 32 M. NÁKEMLEGA PASSLEGT MÆN DL. AÐ BRÉYTA RYKINU Í HJEFKÉGA LEBDU SÉM ALLT SÍFLAÐI.			
HOLAN ER BORUÐ Í LANÐI HRANASTAÐA.			



Boranir og verkfræðipjónusta
Melbraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkaupi:	Stöð:	Dags:
HÍTAVEIÐA AKUREYRAR	STOKKAHLAÐIR	3-4/6 '93
Hemilang:	Auk. númer:	Værkt:
	H-4	

JARÐLÖG:	0 - 4 JARÐVEGUR	114/4,5 MM STÁLROÐ	0
	4 - 5 KLÖPP	6,0	10
	5 - 6 MJÖKT MILLILAG		20
	6 - 10 LAGSKIPT	90 MM HOLA	30
	10 - 17 KLÖPP		40
	17 - 19 MJÖKT		50
	19 - 32 KLÖPP		
	32 - 33 MJÖKT		
	33 - 51 KLÖPP		
VART VÐ ÖRULITL VARNSEYIÐ Á 44 M. BORUN GERIR HRANIT ÖÐ VEL NIÐUR Á 45 M. EN EFTIR ÞHÁÐO SOTTI Í AÐ SÍFLAÐT SÖKUM VATNSRAKANS SÉM HLEYPTI ÖLLU Í DRULLU.			
STÖS: EN SÍM FLYGIÐLAD			

Stöð: H-4
Dags: 3-4/6 '93
Værkt: H-4



Borarnir og verkfræðipjónusta
Melabraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkaup:	Staður:	Dags:
HITAVEIÐA AKUREYRAR	STOKKAHLAÐIR	4-5/6' 93
Hemistfang:	Auk. nolu:	Vend.:
	H-5	Venrt.:

JARÐLÖG:	0	114/4.5 mm SMRÖR.
0 - 1 JARÐVEGLUR		
1 - 40 VARLA HIEGT AÐ TALA UM NEMA KLAPPARHÖFT, ANNARS AÐALLEGA Mjúkt, RAULT RAUÐBRÚNT, BRÚNT, GRÁTT OG SVART.	10	
40-51 KLÖPP, ÞÓ MEÐ ÞUNNUM MILLIÖGUM.	20	90 mm HOLA.
EKKI VART VIÐ VATAÐRONA Í ÞENPARI HÖLU.	30	
	40	
	50	51.0
<p>→ MARIÐIN.</p> <p>ÞÁ FylliðLAB</p>		

		Frj. K. Þom.



Borarnir og verkfræðipjónusta
Melabraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-61246C

Borskýrsla

Verkaup:	Staður:	Dags:
HITAVEIÐA AKUREYRAR	STOKKAHLAÐIR	5-6/6-98
Hemistfang:	Auk. nolu:	Vend.:
	H-6	Venrt.:

JARÐLÖG:	0	114/4.5 mm SMRÖR
0 - 4 JARÐVEGLUR OG GRJÖT		
4 - 51 HÉLLEG KLÖPP MEÐ MÖRGUM 1-3 M. ÞYKKUM MILLIÖGUM RAUÐ, RAUÐBRÚN, BRÚN, GRÁ OG SVART.	10	6.0 m.
EKKI VART VIÐ VATN, OG GREK BORUN BEDI FRATT OG VÆL.	20	90 mm HOLA
	30	
	40	
	50	51.0
<p>→ MARIÐIN.</p> <p>ÞÁ FylliðLAB</p>		

		Frj. K. Þom.



Boranir og verkfræðisþjónusta
Melabraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkaup:	Staður:	Dags:
HÍTAVEITA AKUREYRAR	STOKKAHLAÐIR	8-9/6 193
Hemilfang:	Auk. númer:	Væðir:
	H-7	

JARÐLÖG:	0	114/45 MM STALFÖRING
0 - 1.5 JARÐVEGUR OG GRJÓT	10	
1.5 - 51.0 LAGSKIPT BERG, EFTI EINS OG FÖKULBERG, EN ANNARS SÆMILEGA HEILGÆT	20	
MED 1-3 M. ÞYKKUM MILLIÖÐUM, RINKUM RAUÐUM.	30	
EKKI VART VIB VATTN.	40	
	50	51.0.



Boranir og verkfræðisþjónusta
Melabraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkaup:	Staður:	Dags:
HÍTAVEITA AKUREYRAR	STOKKAHLAÐIR	9-10/6 193
Hemilfang:	Auk. númer:	Væðir:
	H-8	

JARÐLÖG:	0	114/45 MM STALRÖR.
0 - 4 JARÐVEGUR OG GRJÓT	10	
4 - 51. LAGSKIPT KLÖPP, ÞUNN RAUÐ MILLIÖG. SVARTA PUÐRIÐ SÉST NÚ AFTUR OG Í FYRSTA SINN Í ÞESSUM HOLUM GRÆNT.	20	
	30	
VATNSMÆÐ CA 0.2 l/s Á 42-44 M.	40	
	50	51.0

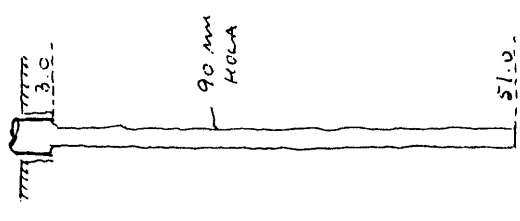


Boranir og verkfræðipjónusta
Melabraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkskipti: HITAVEITA AKUREYRAR	Staður: STOKKAVALLABÍR	Dags: 12/6 '93
Hemilsiðing:	Auk. hök: H-9	Vengi: H-9

JARÐLÖG:	0	114/45 MM STÁLROÐ.
0 - 2 JARÐVEGUR		
2 - 10 FAST, EN ÞÓ OTTALEGT TÆÐ	10	
10 - 51 LAGSKIPT KLÖPP MÍÐ 2-3 M ÞYKKUM MILLILÖG. RAUÐUM OG DÖKKUM.	30	
Á 32-34 M. VAR FINS OG SANDUR, OG SÉTTIST AÐ BORBTRÉNGDUM ÞEGAR BYRJAÐ VAR AÐ TÆKA UPP.	30	
40		
EKKI VART UÐ DEIGAN VATTNSDRÖTA.	50	



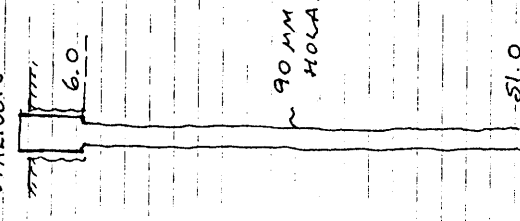


Boranir og verkfræðipjónusta
Melabraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkskipti: HITAVEITA AKUREYRAR	Staður: STOKKAVALLABÍR	Dags: 30/6-1/7 '93
Hemilsiðing:	Auk. hök: H-10	Vengi: H-10

JARÐLÖG:	0	114/45 MM STÁLROÐ.
0 - 4 JARÐVEGUR		
4 - 20 ÞUNN KLAPPARHÖFT, ANNARS SVART PÚBUR	10	
20 - 40 HEILLEG KLÖPP MÍÐ ÞUNNUM RAUÐUM MILLIL.	20	
40 - 50 ÖVENDILEGA LÖS KLÖPP HEILLEG OG STERK	30	
50 - 51 RAUÐBRÚNT, LINT.	40	
EKKI VART UÐ VATN.	50	





Borantir og verkfræðipjónusta
Mélabraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkaupa:	Staður:	Dagur:
HITAVEITA AKUREYRAR	STOKKAVALLABÍR	02-03/07'93
Hemilisfang:	Aukn. tölur:	Vendur:
	H-11	

JARBLÖG:	114/45 MM STALRÖR
0 - 1.5	JARÐVEGUR
1.5 - 31.0	LAGSKIPT KLÖPP, MÖRG OG HEILLEG KLÖPP ÞEGAS Á MILLI.
30	VART VÍÐ ÖRLITIB VATNSSEYR A STANGARSKIPTUM Á 12 M. ÞYPI.
40	HOLAN ER BORUB Í LANDBI KRANASTAÐA.
50	



Borantir og verkfræðipjónusta
Mélabraut 11 · Seljarnarnesi · Sími 91-612460

Borskýrsla

Verkaupa:	Staður:	Dagur:
HITAVEITA AKUREYRAR	STOKKAVALLABÍR	05-06/07'93
Hemilisfang:	Aukn. tölur:	Vendur:
	H-12	

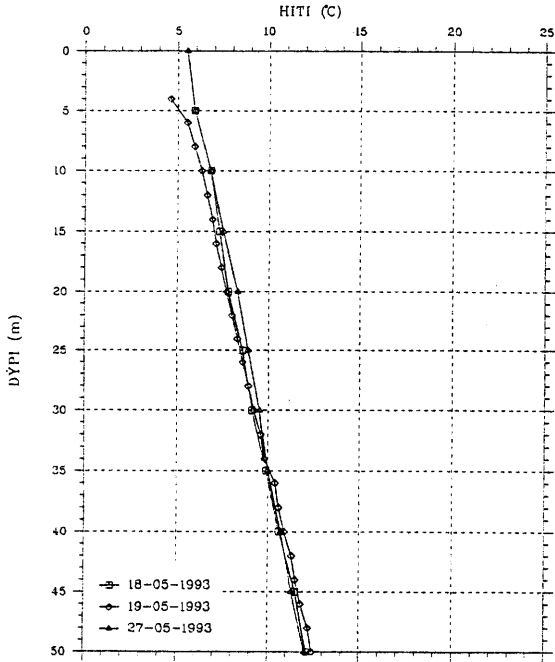
JARBLÖG:	114/45/3.6 MM STALRÖR
0 - 1.5	JARÐVEGUR OG GRÖT
1.5 - 31.0	MÖRG LAGSKIPT, EFSF VAR BERGIB "FLUB" EN SVÖK VÍÐ HEILLEG KLÖPP MÍÐ RAUBUM, BRUNUM OG GRÆNUM MILLIÖGUM.
30	VART VÍÐ VARN A STANGARSKIPTUM A 6M. VERULEG VATNSAUKNING A 16 TIL 18 M. ÞYPI. AGISKAÐ RENNSLI I BLÆSTRÍ 0.75 1/5.
40	HOLAN VAR ÖLL HIN ÖPVEGASTA I BORUN, FÍRAT SKEKKTIST FÖBRINGIN EN ÞAÐ TÖKST AÐ LAGA.
50	ÞEGAR KOMIB VAR NIÐUR A 25 TL 30 M. FÖR LOFT OG VARN AÐ KOMA UPP BÍÐI MÍÐFRAM FÖBRING OG A NÆRLIGGANDBI SVEÐI (3-4M) ÞA STÍFLAÐST HAMMARINN RÆKILEGA AF SVARFI, OG ÞAÐ OFTAR EN EINKU SYNNI.

VIÐAUKI 2

Hitamælingar í borholum

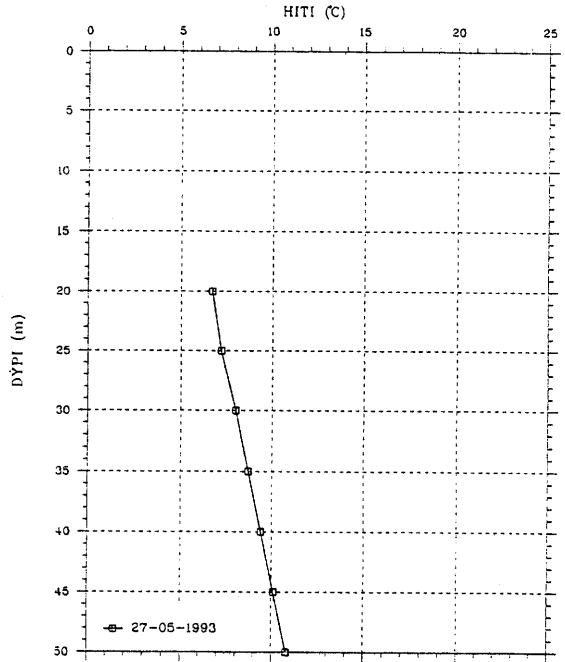
21 Feb 1994 ogf
L= 54451 Oracle

Stökkahlaðir - Hranastaðir
Hitamælingar i borholum
HOLA SH-01



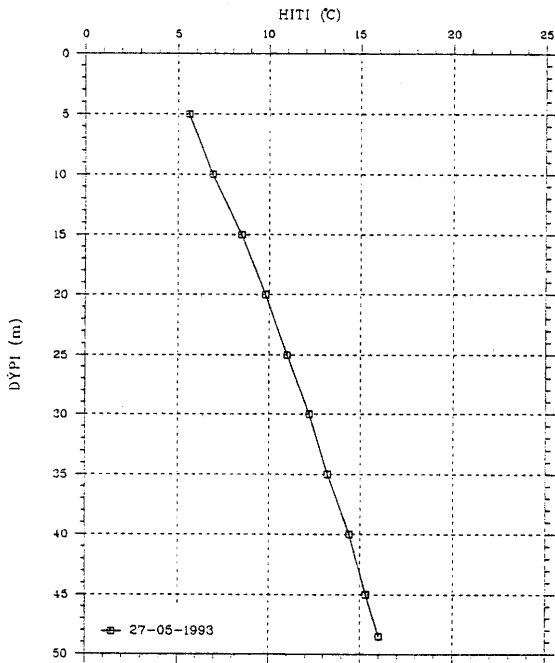
21 Feb 1994 ogf
L= 54452 Oracle

Stökkahlaðir - Hranastaðir
Hitamælingar i borholum
HOLA SH-02



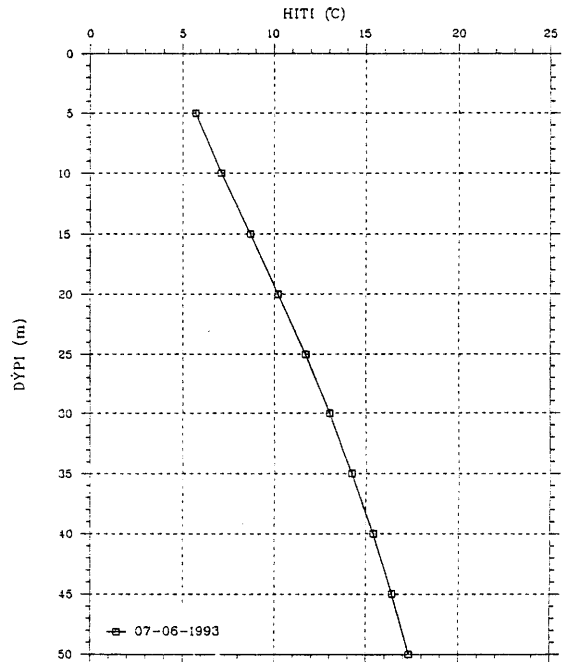
21 Feb 1994 ogf
L= 54453 Oracle

Stökkahlaðir - Hranastaðir
Hitamælingar i borholum
HOLA SH-03



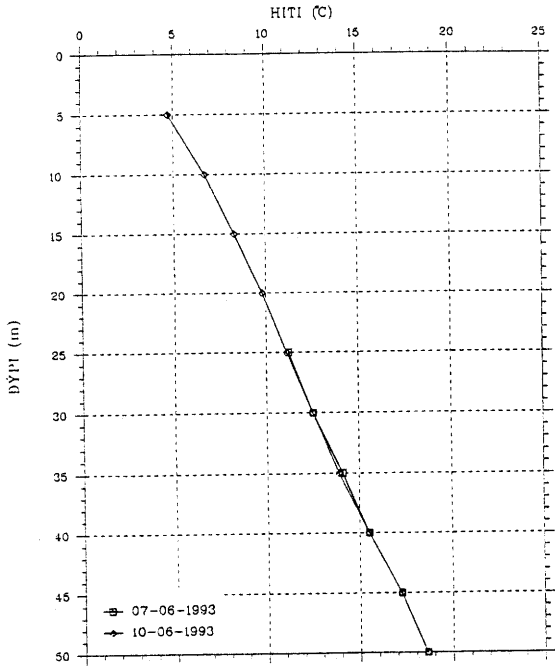
21 Feb 1994 ogf
L= 54454 Oracle

Stökkahlaðir - Hranastaðir
Hitamælingar i borholum
HOLA SH-04



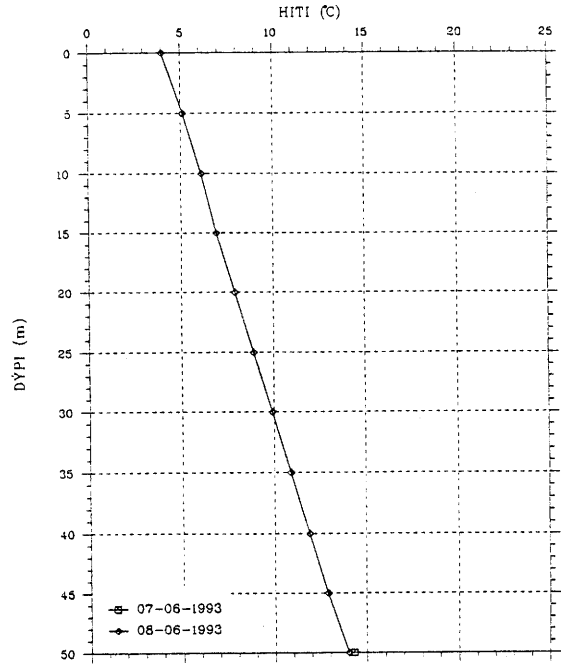
21 Feb 1994 ogf
L= 54455 Oracle

Stokkahláðir - Hranastaðir
Hitamælingar í borholum
Hóla SH-05



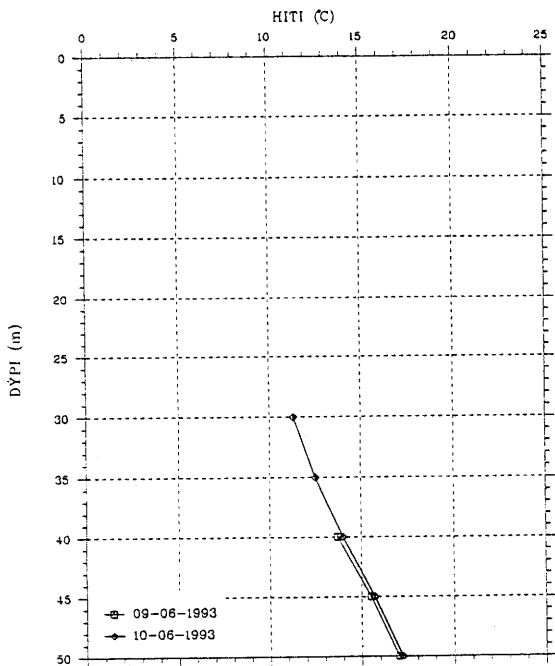
21 Feb 1994 ogf
L= 54458 Oracle

Stokkahláðir - Hranastaðir
Hitamælingar í borholum
Hóla SH-06



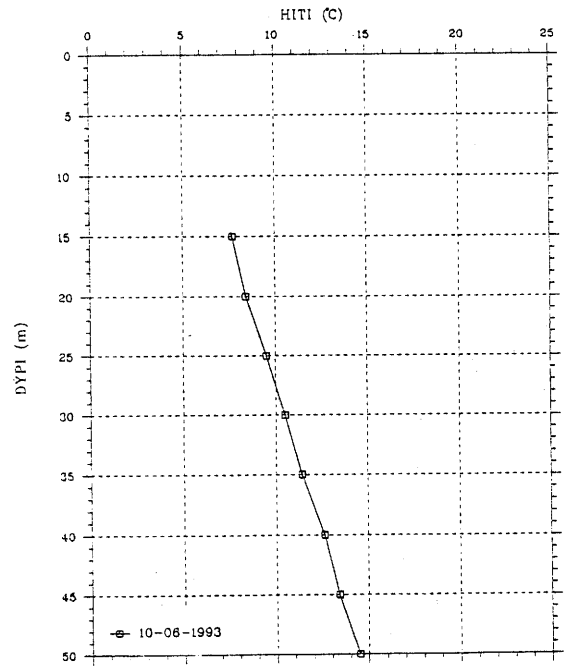
21 Feb 1994 ogf
L= 54457 Oracle

Stokkahláðir - Hranastaðir
Hitamælingar í borholum
Hóla SH-07



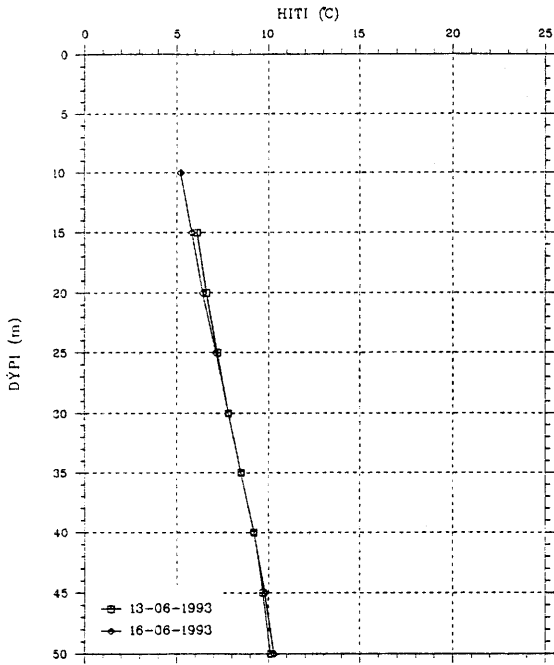
21 Feb 1994 ogf
L= 54458 Oracle

Stokkahláðir - Hranastaðir
Hitamælingar í borholum
Hóla SH-08



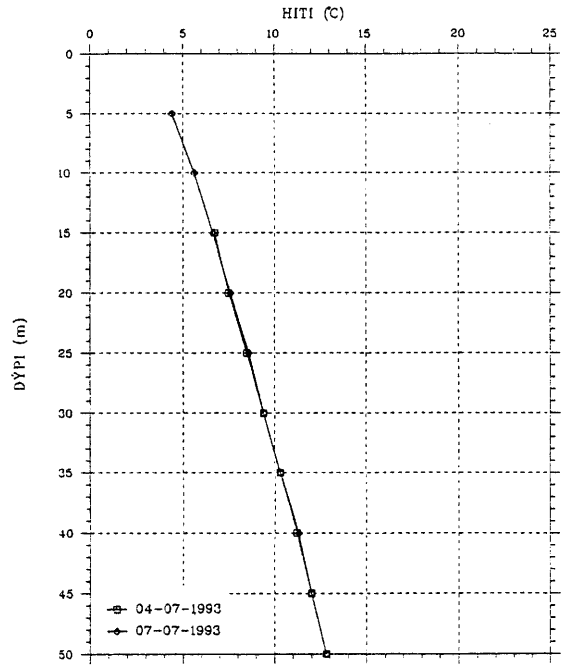
21 Feb 1994 og/
L= 54459 Oracle

Stökkahlaðir - Hranastaðir
Hóla SH-09



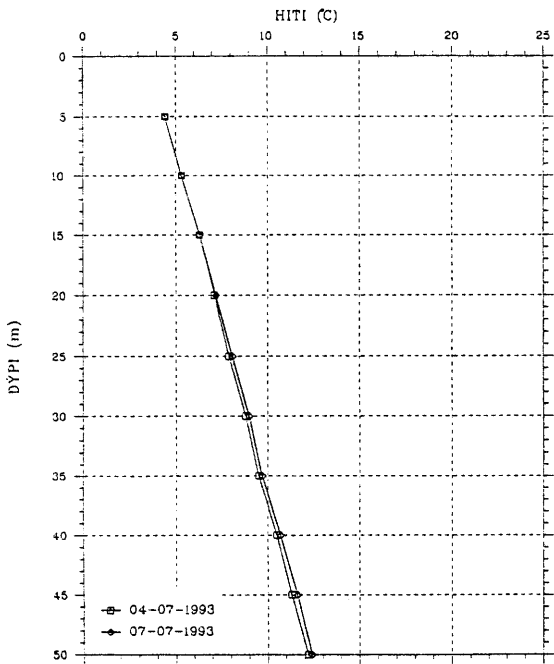
21 Feb 1994 og/
L= 54460 Oracle

Stökkahlaðir - Hranastaðir
Hitamælingar í borholum
Hóla SH-10



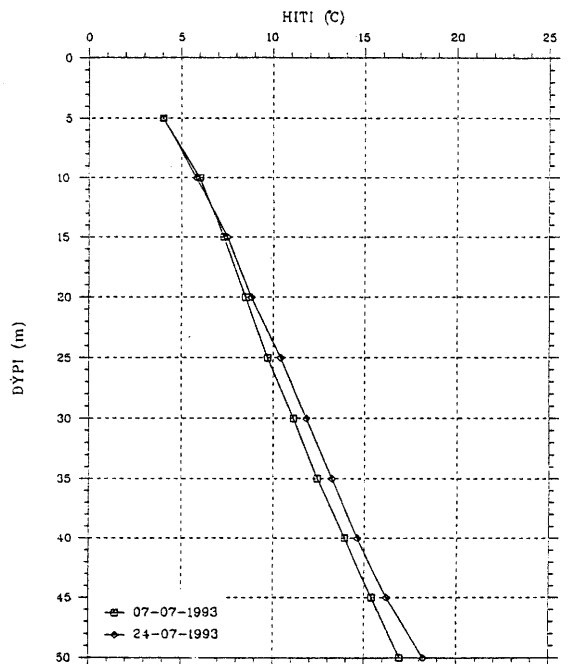
21 Feb 1994 og/
L= 54461 Oracle

Stökkahlaðir - Hranastaðir
Hitamælingar í borholum
Hóla SH-11



21 Feb 1994 og/
L= 54462 Oracle

Stökkahlaðir - Hranastaðir
Hitamælingar í borholum
Hóla SH-12



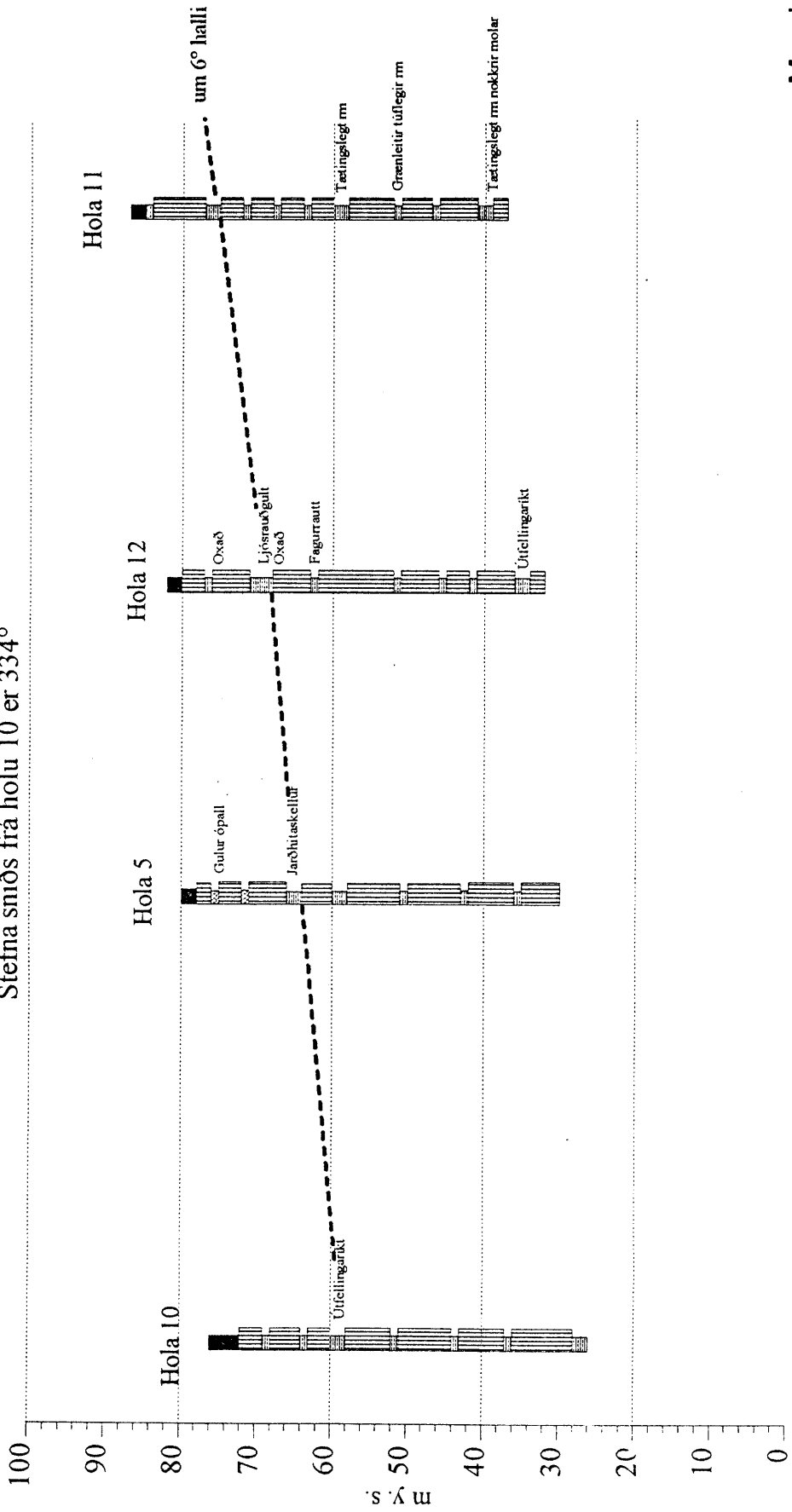
VIÐAUKI 3

Jarðlagasnið gegnum borholur

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

STOKKAHLAÐIR

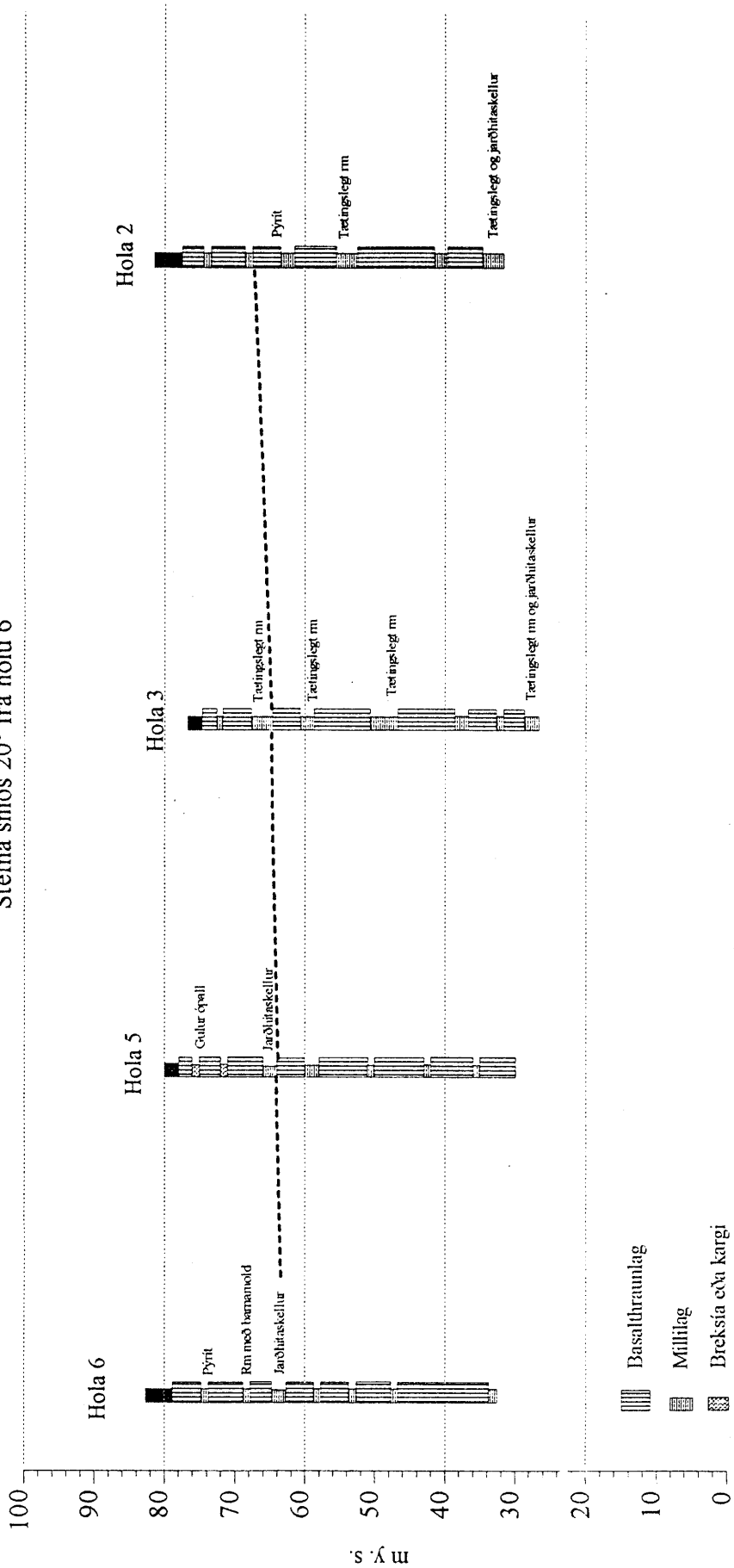
Stefna sniðs frá holu 10 er 334°



Mynd 1

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

STOKKAHLAÐIR
Stefna sniðs 20° frá holu 6

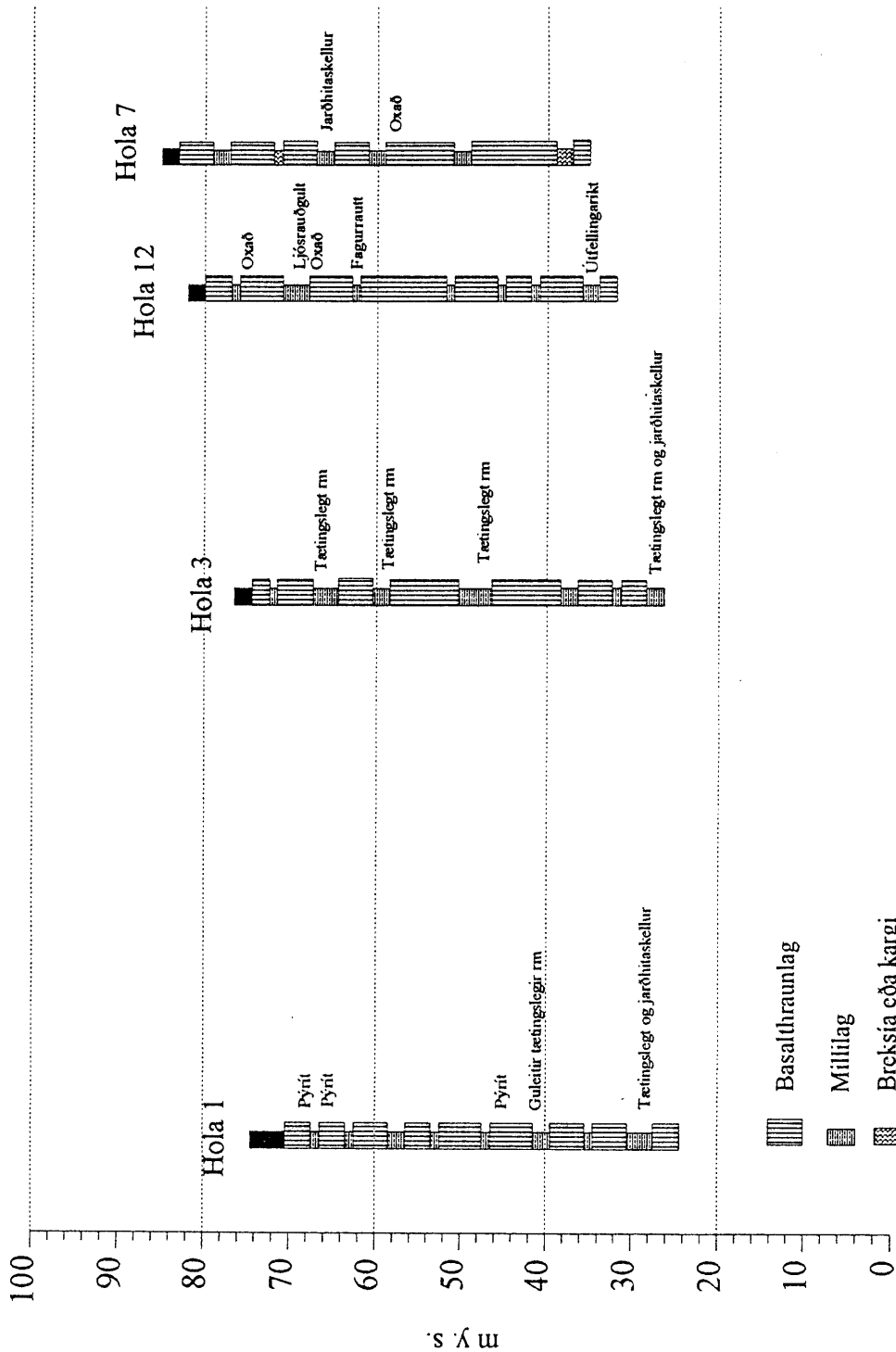


Mynd 2

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

STOKKAHLADIR

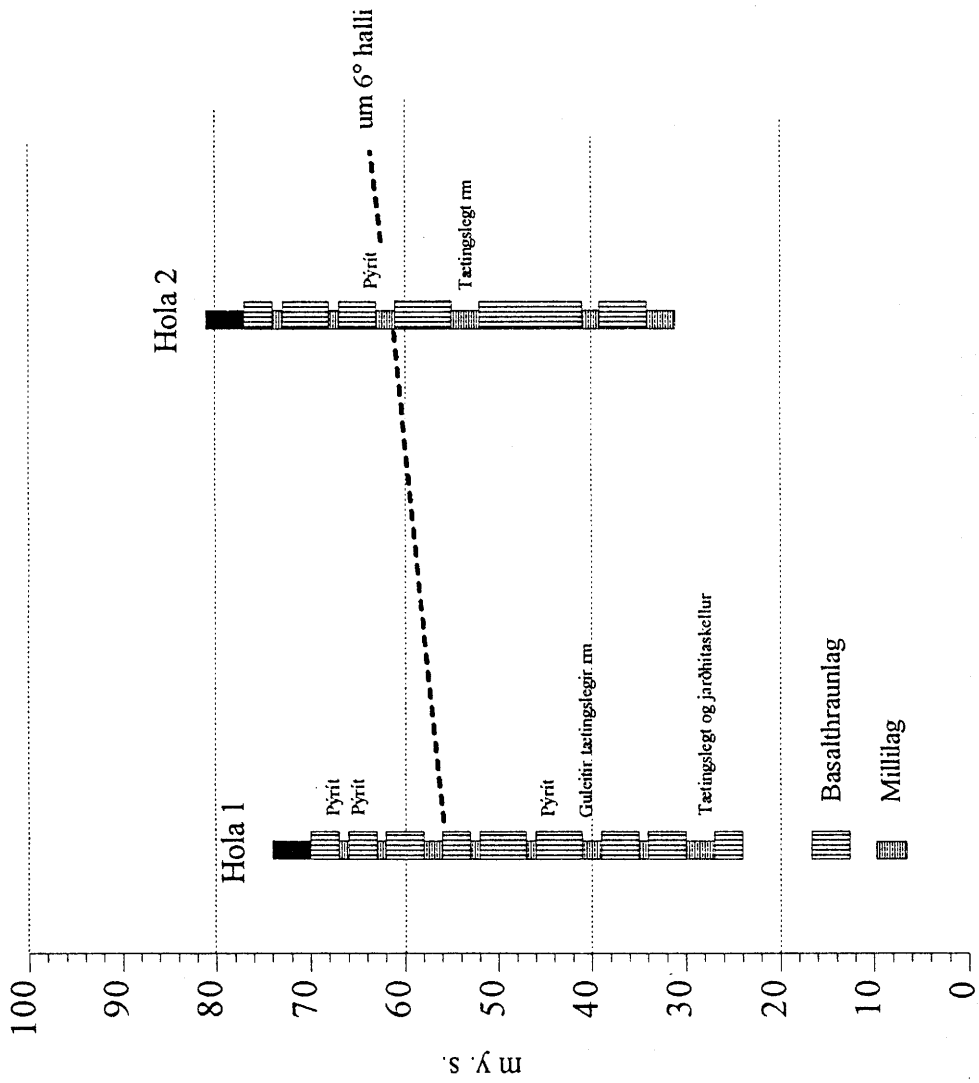
Stefna sniðs frá holu 1 er 249°



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

STOKKAHLAÐIR

Stefna sniðs frá holu 1 er 313°

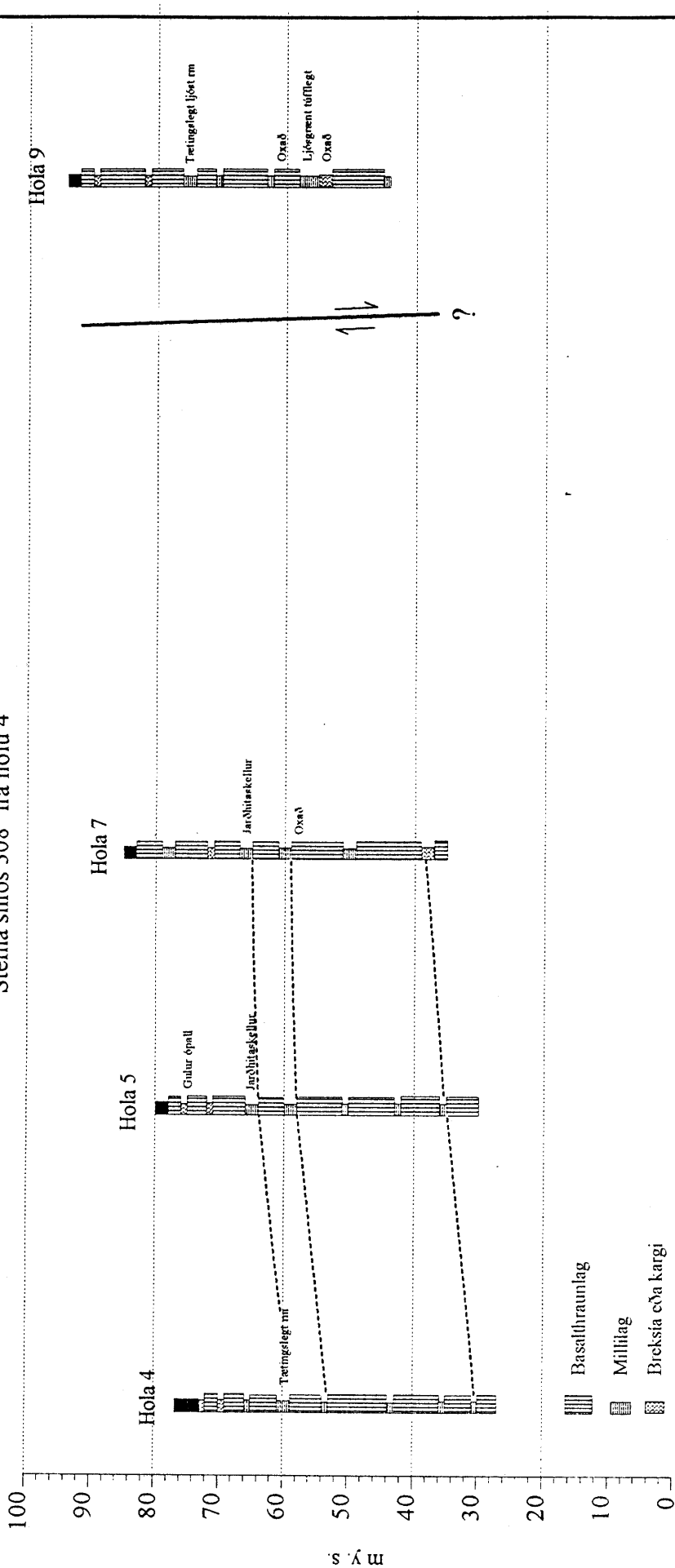


Mynd 4

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

STOKKAHLAÐIR

Stefna sniðs 308° frá holu 4



Mynd 5