

ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ – Reykjavík, Akureyri

Boranir við Haffjarðará 1999



**Guðmundur Ómar Friðleifsson
Sverrir Þórhallsson
Magnús Ólafsson
Þórólfur H. Hafstað**

Unnið fyrir Akurholt ehf. og Óttar Yngvason

2001

OS-2001/025

Orkustofnun

Rannsóknasvið

Verknr. 8-600408

Boranir við Haffjarðará 1999

Guðmundur Ómar Friðleifsson
Sverrir Þórhallsson
Magnús Ólafsson
Þórólfur H. Hafstað

Unnið fyrir Akurholt ehf. og Óttar Yngvason

OS-2001/025

Apríl 2001

Orkustofnun – Rannsóknasvið

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími 569 6000 – Fax 568 8896

Akureyri: Háskólinn á Akureyri, Sólborg v. Norðurslóð, 600 Ak.

Sími 463 0957 – Fax 463 0999

Netfang: os@os.is – Veffang: <http://www.os.is>

Skýrsla nr: OS-2001/025	Dags: Apríl 2001	Dreifing: ☒ Opin ☐ Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Boranir við Haffjarðará 1999		Upplag: 30
		Fjöldi síðna: 33
Höfundar: Guðmundur Ómar Friðleifsson Sverrir Þórhallsson Magnús Ólafsson Þórólfur H. Hafstað		Verkefnisstjóri: Guðmundur Ómar Friðleifsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Neyslu- og heitavatnsboranir, yfirlit rannsókna		Verknúmer: 8-600408
Unnið fyrir: Akurholt ehf. og Óttar Yngvason		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Heitavatnshola við Landbrot (LA-01) gefur a.m.k. 35 l/s af 60°C heitu vatni í langtíma sjálfrennsli, sem dygði um 1000 manna þorpi. Athuga þarf nánar hvort þrýstingur holunnar nægir einn sér til að dreifa vatninu um fyrirhugaða veitu. Ekki er fullljóst hvort langtímavinnsla úr holunni muni hafa áhrif á Landbrotslaug, en gögn benda til að mikil vatnsvinnsla (>25 l/s) kunni að hafa áhrif á innstreymi í laugina. Vatnsþörf væntanlegrar veitu er margfalt minni og því litlar líkur á samverkandi áhrifum. Ekki þarf að búast við kalk- eða kísilútfellingum við nýtingu vatns úr holunni. Varðandi efnisval í lagnir og annað sem tilheyrir hugsanlegri nýtingu vatnsins þá er rétt að taka tillit til að styrkur klóríðs og karbónats í vatninu er ívið hár og sýrustig þess fremur lágt, sem gerir það að verkum að súrefnismengun myndi valda mikilli tæringu. Holan við veiðihúsin á Geiteyri (GE-01) gefur um 1 l/s af neysluhæfu köldu vatni og eru engin vandkvæði á nýtingu þess. Kaldavatnsholan við Skjál (SK-01) gefur um 0,08 l/s af vatni, sem er lítið en gæti dugað fyrir sumarhúsið. Ekki er þó fullreynt hvort vatnið sé neysluhæft því selta var mjög há í sýni sem tekið var stuttu eftir borun. Endurtaka þarf greiningu áður en ákvörðun er tekin um að nýta holuna.		
Lykilorð: Borholur, jarðhiti, neysluvatn, jarðhitavatn, jarðlög, hiti, rennsli, efnasamsetning	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirfarið af: PI	

EFNISYFIRLIT

1	Inngangur	5
2	Árangur	5
3	Nýting	5
4	Neysluvatnsholan að Skjálg - hola SK-01	6
4.1	Borun SK-01	6
4.2	Rennslismæling SK-01	7
4.3	Jarðlög og hiti í holu SK-01	9
4.4	Efnasamsetning vatns úr holu SK-01	9
5	Heitavatnsholan í Landbrotum - hola LA-01	11
5.1	Borun LA-01	12
5.2	Jarðlög og hiti í holu LA-01	16
5.3	Rennslismælingar og afkastaferill LA-01	20
5.3.1.	Áhrif rennslis úr LA-01 á Landbrotslaug	23
5.4	Efnasamsetning vatns úr holu LA-01	27
6	Neysluvatnsholan að Geiteyri - hola GE-01	30
6.1	Borun GE-01	30
6.2	Jarðlög og hiti í holu GE-03	31
6.3	Efnasamsetning vatns úr holu GE-01	32
7	Heimildir	33

Töflur:

1	Innrennslisraði vatns í SK-01	8
2	Rennslismælingar á holu LA-01	25
3	Niðurstöður efnagreininga	29

Myndir:

1	Borun SK-01 við Skjálg	7
2	Jarðlagasnið og hiti í holu SK-01	10
3	Yfirlit um hönnun borholna LA-01, SK-01 og GE-01	11
4	Volgran sem LA-01 var boruð við	12

5	Sama volgra, 56°C heit	12
6	Yfirlitsmynd frá Landbrotslaug að holu LA-01	13
7	Eftir fyrstu steypingu fóðringar	14
8	Í annarri steypingu fóðringar	15
9	Sjálfrennsli úr LA-01 nærri 25 l/s í borun	16
10	Jarðlög og hiti í LA-01	19
11	Hola LA-01 í hámarksrennsli	20
12	Yfirlit um rennslismælingar í LA-01	21
13	Afkastaferill LA-01	22
14	Hiti í Landbrotslaug meðan á rennslisprófun LA-01 stóð	24
15	Mettunarstig kísils og kalks	28
16	Borun GE-01 við Veiðihúsin	30
17	Raufun fóðringar í GE-01	31
18	Jarðlög og hiti í GE-01	32

1 Inngangur

Borað var eftir heitu og köldu vatni fyrir veiðihús og sumarhús við Haffjarðará 13.-22. maí 1999. Verkið var unnið fyrir eigendur Haffjarðarár í samræmi við ráðgjafarskýrslu (Guðmundur Ó. Friðleifsson o.fl. 1998). Samkvæmt áætlun var fyrirhugað að bora eina holu eftir heitu vatni á jarðhitasvæðinu við Landbrot til nýtingar fyrir veiðihúsin á Geiteyri við Haffjarðará, sem er í landi Ytra Rauðamels, og fyrir sumarhús við Skjálbg. Jafnframt var áætlað að bora 3 holur eftir köldu vatni, eina við Skjálbg, aðra við veiðihúsin á Geiteyri og þá þriðju við Höfða. Loks var hugsanlegt að boruð yrði könnunarhola eftir heitu vatni nærri sumarhúsi við Kvörn.

Í skýrslunni er lýst framkvæmd og niðurstöðum þessara borverka. Heitavatnsholan við Landbrot var boruð niður á 171 m dýpi, kaldvatnshola við Skjálbg niður á 51 m dýpi og kaldavatnshola í Geiteyri niður á 30 m dýpi. Holum við Höfða og Kvörn var frestað vegna ótraustra vega að vorlagi. Holurnar voru allar boraðar með bornum Einráð í eigu Ræktunarsambands Flóa og Skeiða.

2 Árangur

Heitavatnsholan við Landbrot (LA-01) gefur fullopin á 6" holuloka a.m.k. 35-40 l/s af 60°C heitu vatni í langtíma sjálfrennsli, sem er langt framar björtustu vonum. Kaldavatnsholan við Geiteyri (GE-01) gefur um 1 l/s af neysluhæfu köldu vatni, sem er vel umfram neysluvatnspörf. Kaldavatnsholan við Skjálbg (SK-01) gefur um 0,08 l/s af vatni, sem ætti að duga fyrir sumarhúsið, sé holan tæmd með dælu af og til og síðan 1 klst gefin til að hún fyllist. Hins vegar er ekki fullreynt hvort vatnið í holunni við Skjálbg sé neysluhæft því selta var mjög há í sýni sem var tekið stuttu eftir borun. Dæla þarf vatni úr holunni nokkrum sinnum og endurtaka efnagreiningu áður en holan verður virkjuð.

3 Nýting

Jarðhitaholan við Landbrot dugar margfaldlega til hitaveitu fyrir nærsveitirnar. Hitaveitumálin eru í athugun.

Heita vatnið getur sjálfrunnið að veiðihúsunum við Haffjarðará, og ræðst hitastig þess við húsvegg af vídd og einangrun leiðslunnar. Sverari leiðsla og betri einangrun skilar heitara vatn í húsin. Lokunarþrýstingur holunnar er a.m.k. 1,8 bar, en etv. 2,2 bar. Nota þurfti 3 þrýstimæla meðan holan var prófuð, og bar þeim ekki saman. Sá sem lægst gildi sýndi gaf 1,8 bar. Mótþrýstingur á holutopp með fullopinni holu ræðst af sverleika lagnar sem frá henni liggur. Þegar rennslisprófun var gerð, var 4" holuloki ofan á 6" holuloka, en minni holulokinn verður trúlega fjarlægður þegar hola verður tekin í nýtingu. Mótþrýstingur á holutoppi með 4" holulokann fullopin mældist 0,8 bar, með fyrsta þrýstimælinum, en hefði verið 0,4 bar á þrýstimæli 2. Þriðji og síðasti þrýstimælirinn myndi trúlega sýna svipað gildi og sá fyrsti. Endurtaka þarf mælingu á holunni við fyrirhugað rennsli með nýjum prófuðum þrýstimæli áður en hitaveita er hönnuð. Þrýstifall á 4" lögnum yrði um 1,4 bar. Mótþrýstingur á grennri lögnum er meiri, og

þrýstifall að sama skapi meira. Hraði rennslis í hitaveitulögn ræðst af þrýstifallinu. Hitaveitumál eru í athugun eins og áður sagði, en hönnun veitunnar ræðst að sjálfsögðu af fjölda notenda. Algengt er orðið að hafa varmaskipta og lokuð ofnakerfi, en efnagreiningar gefa til kynna að hér megi nýta vatnið beint. Klóríðinnihald (selta) er nokkuð hærra í heita vatninu en almennt í hitaveitum og er rétt að taka tillit til þess.

Gerðar voru nákvæmar hæðarmælingar með GPS mælitæki, og sá verkfræðistofan Hnit hf. um mælingarnar. Mældar voru hæðir á mismunandi lagnaleiðum að Veiðihúsunum og Skjálg. Þar sem árangur borunar í Landbrotum var slíkur að holan gefur nægjalegt vatn fyrir alla sveitina, þá létu eigendur holunnar jafnframt mæla landhæð og vegalengd á hugsanlegri hitaveitulögn meðfram vegum á flesta bæi í sveitunum beggja megin Haffjarðarár, ásamt hæðarpunktum og vegalengdum að hverjum bæ. Landmælingagögnunum hefur þegar verið skilað á kortum, töflum og á tölvutæku formi, ásamt stuttum stöðvalýsingum á hverri mælistöð. Þessi gögn eru gagnleg ef til hönnunar hitaveitu kemur. Jón Björnsson á Hnit hf. sá um mælingarnar, en fyrsti höfundur þessarar skýrslu valdi leiðirnar, sá um stöðvalýsingarnar og aðstoðaði við mælingarnar.

Til að nýta kalda vatnið úr holunni við Skjálg (SK-01) þarf að dæla því úr henni. Heppilegt er að hafa dæluna á 40-45 m dýpi. Holan sjálf inniheldur 500-600 l af vatni, sem virkar sem miðlun. Innrennsli í holuna er um 5 l/mín og kemur vatnið niður með fóðringarenda á 18 m dýpi. Hugsanlega mætti auka innrennslið með því að skjóta eða skera göt á fóðringuna á 16-18 m dýpi en ekki er talin þörf á því að svo stöddu. Dælan þarf að vera með sjálfvirkum slökkvirofa til að vernda dæluna ef holan tæmdist með dælingu af einhverjum ástæðum. Vatnsborð í holunni er á tæplega 5 m dýpi. Þegar taka átti sýni stuttu eftir borun virtist holan menguð af borsápu, sem hverfur og brotnar niður með tíma. Af þessum sökum var aðeins gerð efnagreining á örfáum efnum í sýninu. Þar kom í ljós að vatnið var óvenju salt, og eru tvær skýringar hugsanlegar, annars vegar að há selta stafi af útskolun salts úr 10.000 ára gömlu sjávarseti bak við fóðringuna, og hins vegar að borsápan hafi verið sölt, sem er líka hugsalegt, nema hvort tveggja sé. Nauðsynlegt er að tæma holuna nokkrum sinnum með dælingu áður en hún verður tekin í notkun og ganga úr skugga um með nýrri efnagreingu hvort vatnið sé raunverulega svo salt sem greiningin gaf til kynna. Ef svo reynist vera þá er vatnið ónothæft til neyslu.

Vatnsborð í köldu neysluvatnsholunni (GE-01) við veiðihúsin er á tæplega 2 m dýpi. Fóðring í holunni nær niður í 9 m dýpi, og er hún raufuð á 3-7 m dýpi. Hún gefur um 1 l/s af köldu vatni (4-6°C). Dæluinntak má hafa innan fóðringar á 8 m dýpi, og nægir sogdæla í þessu tilviki. Efnagreining sýnir hreint og gott neysluvatn.

4 Neysluvatnsholan að Skjálg - hola SK-01

4.1 Borun SK-01

Komið var með borinn Einráð, einn af jarðborum Ræktunarsambands Flóa og Skeiða, að Skjálg um kl. 18, þann 13. maí 1999. Bærinn Skjálg er við jaðar á Rauðhálsahrauns.

Borhola hafði verið staðsett rétt vestan við bæjarhlaðið (mynd 1), og hófst borun hennar kl 19. Fyrst var borað með 6" lofthamri. Mold var í efstu 2 m, en síðan mold og lítilsháttar grjótrusl. Sett var niður 2 m hjálparfóðring, 6 ¼" að innanmáli. Ekkert kom upp og fyrirstaða fyrir borhamri var nær engin. Raki kom í holuna á 4 m dýpi í mold og hraunkarga. Hamarinn hálfrestist þar og því var allt tekið upp, borsápa sett í borstöng, og gekk þá betur. Hjálparfóðringu var rennt niður aftur og borsvarf fór að koma upp. Neðan jarðvegs var borað í fínkorna set. Vatnsborð í holunni var á 5-6 m dýpi. Borað var niður í 15 m dýpi. Á 12-15 m dýpi var linnt set og nær engin fyrirstaða fyrir bornum. Tekið var upp og festist hamarinn þá í 11 m dýpi. Var þar við látið sitja um kvöldið.



Mynd 1. Borun SK-01 við Skjálq.

Daginn eftir tókst að losa borinn og var þá notuð svokölluð ODEX-borun með 5" hamri, þar sem fóðring er látin fylgja borkrónunni niður. Borkrónan undir er tvískipt, á hjámiðju, og gengur sundur við réttisælis snúning. Við rangsælis snúning gengur krónan saman og næst þannig upp úr fóðrinunni. Fyrsta fóðrörið vildi fara skakkt niður í holuna. Því var brugðið á það ráð að byrja á nýrri holu. Fóðurrörið var tekið upp og borholan síðan fyllt með borsvarfi og sandi og er þar með úr sögunni. Nýja holan er 2-3 m frá þeirri fyrri.

Byrjað var á nýju holunni um kl 16, þann 14. maí. Í henni reyndist moldarlagið einungis um 1 m þykkt, en þá tók við 2,5 þykkt hraunlag (Rauðhálsahraunið), með 1 m þykku kargalagi undir. Dálítið vatn er í hraunkarganum, en ekki nóg til nýtingar. Neðan við hraunið var borað niður í gegnum setlag, sem endar í 16 m dýpi. Þar neðan við tekur við berggrunnur úr basalthraunum. Borað var með ODEX-fóðurrörið um 2 m niður fyrir setlagið, niður í rúmlega 18 m dýpi, og lauk því um miðnætti. Dálítið vatn bættist við í holuna á 16 m dýpi, rétt ofan við fóðurrörsendann, á lagmótum gamla berggrunnsins og

setlagsins þar fyrir ofan. Fóðringin er ósteypt svo vatnið úr 16 m dýpi á tiltölulega greiða leið niður í holuna.

Að morgni 15. maí var byrjað á því að finna vatnsborð í holunni og hitamæla. Vatnsborðið var á 7 m dýpi, og hiti frá 10 m dýpi niður í 16 m mældist 13,1°C til 13,5°C. Neðan við fóðringu var borað áfram með 5" hamri niður í 51 m, og lauk þeirri borun kl. 13:15. Lítilsháttar vatnsleka varð vart á 36 m dýpi, en annars var lítið vatn í holunni. Vatnið sem upp kom mældist 12°C heitt. Tekið var matarhlé, og fyllti holan sig af vatni á um 1 klst. Hún var síðan loftblásin í um 10 mín, og gaf þá enn dálítið vatn. Borstangir voru síðan teknir upp, frá kl. 14:15 til 14:25, og síðan var rennt niður vatnsborðsmæli til að fylgjast með hve hratt holan fylltist af vatni. Þannig gafst færi á rennslisprófun til að meta vinnslueiginleika holunnar.

4.2 Rennslismæling SK-01

Mæling á innrennsli hófst kl. 14:30 um leið og búið var að taka borstangir upp úr holunni. Vatnsborð var þá á 42 m dýpi miðað við holuflangs, sem er 0,3 m yfir jörð. Mælingarnar eru sýndar í töflu 1. Niðurstaðan er skýr. Kalt vatn heyrðist leka niður í holuna alveg upp að fóðringarenda í 18,7 m, sem þýðir að hluti af vatninu a.m.k. kemur úr vatnsgæfa jarðlaginu á mótum gamla berggrunnsins og setlagsins yfir. Innstreymishraði er um 0,16 l/s í byrjun en hægari þegar inn í fóðringu kemur upp fyrir vatnsgæfa lagið utan fóðringar.

Tafla 1. Innrennslishraði vatns í holu SK-01. Mælt 15. maí eftir loftdælingu.

Tími	Vatnsborð (m)	Athugasemd	Innstreymi (l/s)
14:30	42		
14:35	39	Vatn heyrir leka	
14:40	37	niður í holuna alla	-
14:44	35	leið upp í 18,7 m	-
14:49	30	5" fóðring tekur	-> 0,16 l/s
15:04	25	12,5 l/m	
15:07	24		
15:09	23		
15:11	22		
15:13	21	2:34 mín	
15:17	20		
15:19	19		
15:22	18	3:20 mín	0,0625
15:25,5	17	3:30 mín	0,0595
15:29,5	16	3:55 mín	0,0532
15:34	15	5:01 mín	
16:10	10		
17:21	Mælt í 7:58 m	Hitamælt 17:30	
19:20	Mælt í 6:53 m		

Holan gefur lítið vatn eða um 4-5 l/mín, en ætti þó að anna neysluvatnspörf við Skjálög með því að holan virki sem 500-600 l neysluvatnsgeymir og að borholudæla sé höfð á allt að 45 m dýpi.

4.3 Jarðlög og hiti í holu SK-01

Holan var jarðlagagreind meðan á borun stóð og eru niðurstöður sýndar á mynd 2, ásamt öllum hitamælingum. Skýringar á jarðlögnum eru til hliðar við sniðið sjálft á mynd 2.

Helstu atriði jarðlagagreiningar eru þau að borað var niður í gegnum hraunkantinn á Rauðhálsahrauninu, frá 1-4 m dýpi, en hraunið mun hafa runnið snemma á landnámsöld, um 900 (Haukur Jóhannesson 1977). Vart var við dálítinn vatnsleka í botni hraunsins, en það dugar ekki til nýtingar. Neðan við hraunið var borað niður í gegnum lagskipt setlag niður á rúmlega 16 m dýpi. Neðst í því sjást brot úr skeljum og hrúðurkörllum, sem gefa forna sjávarstöðu til kynna. Er jökulís hvarf af landinu í lok síðustu ísaldar, fyrir um 10 þúsund árum, fylgdi sjórinn ísröndinni eftir inn yfir allt láglendi í Hnappadal. Næstu hundruð árin eftir að ísfarginu létti, reis landið úr sjó. Setlögin eru því öll talin vera yngri en 10 þúsund ára. Neðst í setinu eru malar- og sandlinsur. Í þeim er kalt vatn sem nær að seitla inn í holuna. Vatnið var talið ágætis neysluvatn, líklega mest aðrunnið og síað í gegnum sand og malarlinsurnar (sjá þó kafla um efnagreingu vegna seltu).

Neðan við setlagið er gamall berggrunnur úr um 7-8 milljón ára gömlum hraunlögum. Í holunni er borað í 3 slík hraunlög, og milli þeirra eru svokölluð rauð millilög, sem eru gömul pressuð jarðvegslög. Millilögin eru yfirleitt vatnspétt, og halda stundum uppi grunnvatni, sem rennur ofan á þeim. Lítilsháttar vatnsaukningar varð vart við setlagið rétt neðan við 30 m dýpi, en ekki var vart við vatnsaukningu er borað var niður úr neðra millilaginu.

Gömul tertíer hraunlög á Íslandi eru yfirleitt lélegir vatnsleiðarar vegna þess að bergið hefur þéttst af jarðhitaútfellingum, og er svo hér. Hraunlögin í holunni eru auk þess fremur sterkbyggð og stóðu vel í borun. Borholudælu er rétt að staðsetja á um 45 dýpi en ekki mikið neðar.

4.4 Efnasamsetning vatns úr holu SK-01

Vatni til sýnatöku og efnagreinga var dælt úr holunni við Skjál 26. maí 1999. Við upphaf dælingar var vatnsborð á 4,8 m dýpi. Dælu var komið fyrir á 15 m dýpi og dæling stillt á 0,08 l/s sem svarar til 4,8 l/mín, enda lá fyrir að innstreymi í holuna væri af þeirri stærðargráðu. Fylgst var með vatnsborði og þess gætt að það félli aldrei niður að dælunni. Hiti vatnsins mældist 7°C. Við upphaf dælingar var vatnið fúllt og grænleitt og lagaðist það lítið á þeim 2 klst. sem dælt var. Sýni var þó tekið, en einungis fá efni mæld (tafla 3). Það sýnir háa leiðni og seltu. Svo virtist sem vatnið væri mengað af borsápu eða öðrum efnum sem notuð voru við borunina. Borsápa er víst eitthvað sölt, þó ekki sé fullljóst hvaðan háa seltan er ættuð. Seltumengun úr gömlu sjávarseti er líka hugsanleg. Því er ljóst að tæma þarf holuna nokkrum sinnum með dælingu, og taka síðan nýtt efnasýni til að fá úr því skorið hvort hún gefur neysluhæft vatn. Sýnið sem tekið var 26. maí er dæmt ómarktækt, þó það hafi gefið mikilvægar upplýsingar.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Haffjarðará

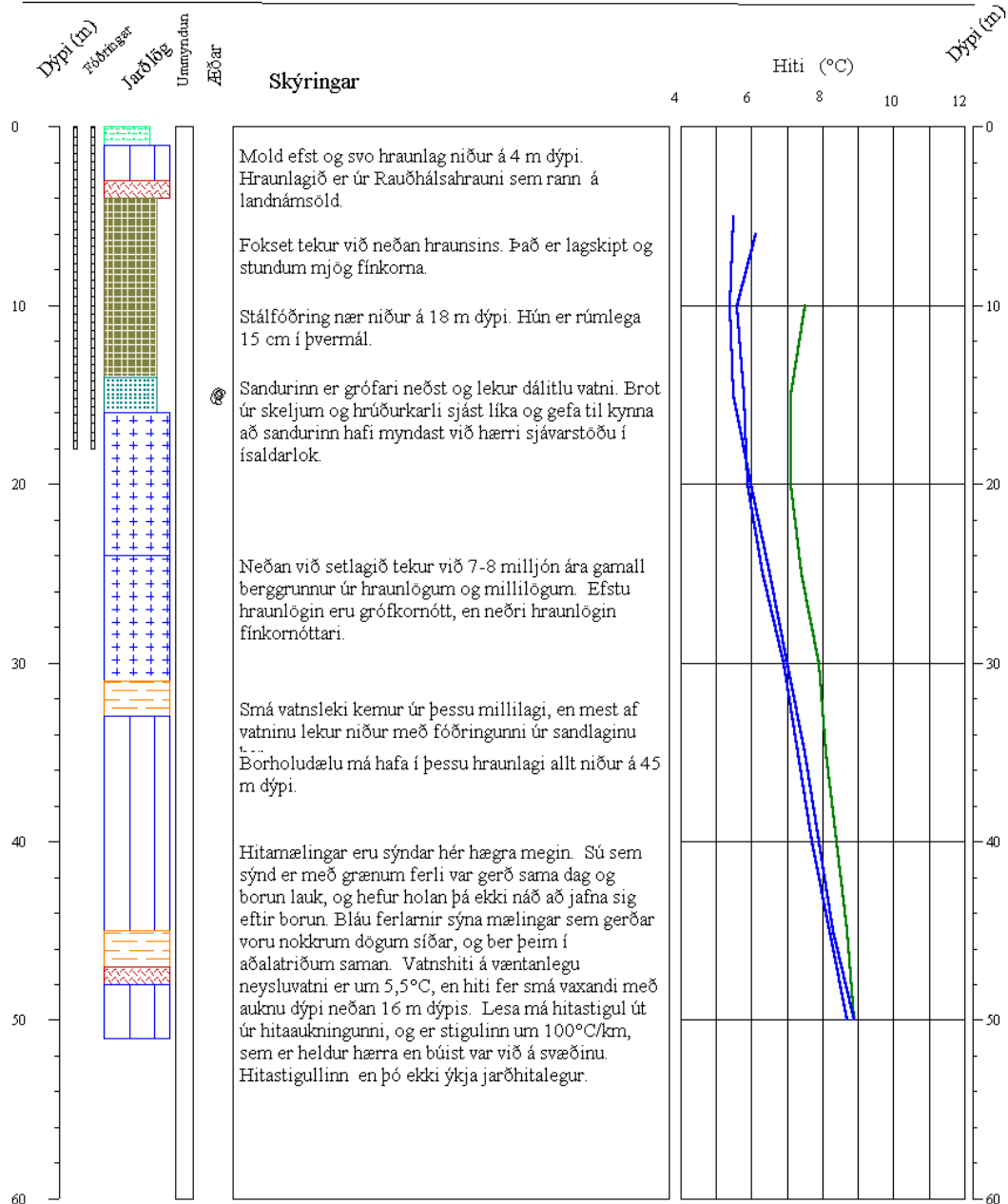
4.4.2001

Staður: Skjálgr
Holunafn: SK-01

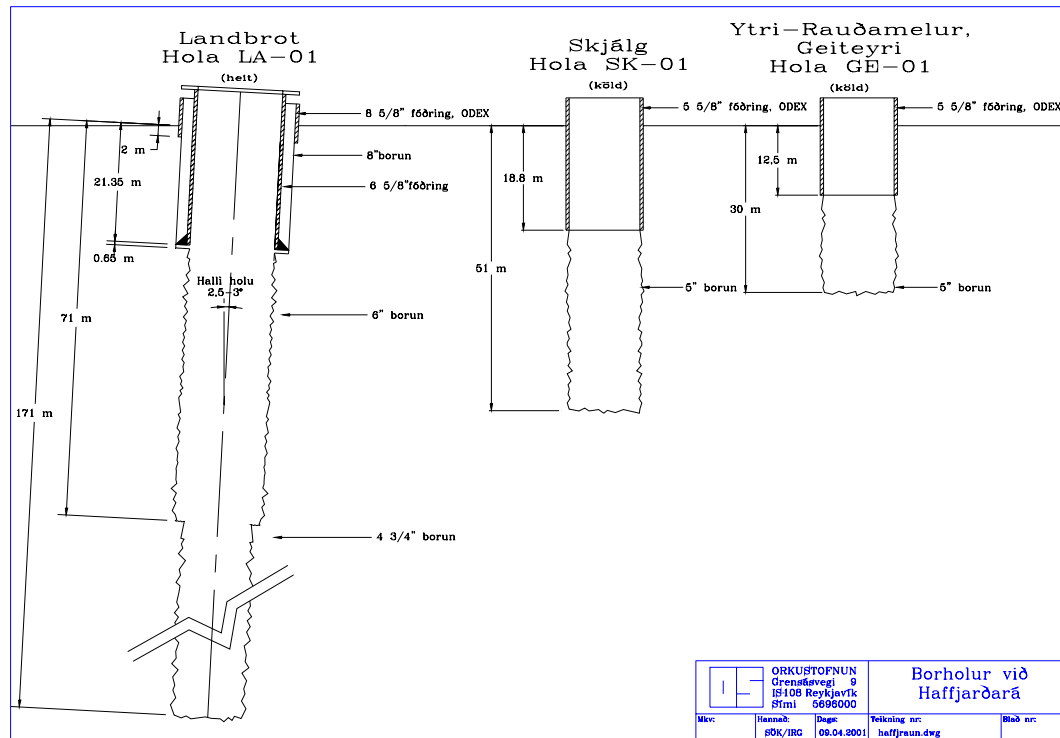
Bor/boraðili: Einráður - RFS
Tegund borholu: Kalt vatn

Dýpi holu: 51 m
Verknúmer: 8-600408

Staðarnúmer: 30211
Starfsmenn: GÓF



Mynd 2. Jarðlagasnið og hiti í holu SK-01.

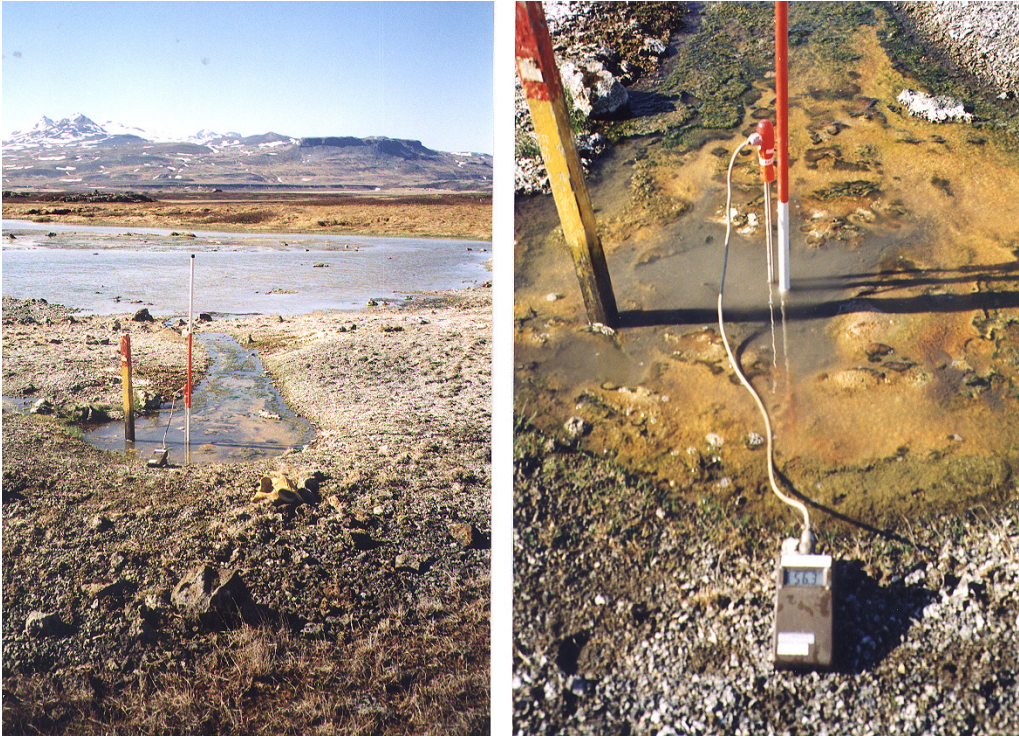


Mynd 3. Yfirlit um hönnun borholna LA-01, SK-01 og GE-01.

5. Heitavatnsholan í Landbrotum - hola LA-01.

Holan er fyrsta borholan á hitasvæðinu við Landbrot og hófst borun hennar kl. 20:15, 15. maí 1999, sama dag og borun holu SK-01 í Skjálgh lauk. Engin vegur liggur að holunni, og var ekið með hraunkanntinum austan við hitasvæðið til að valda eins lítilli röskun á umhverfinu og frekast var unnt. Borinn var á beltum og aðflutningsbíl á breiðum hjólbörðum. Myndir 4-8 voru teknar meðan á borframkvæmdunum stóð.

Ákveðið var að beina bornum aðeins á ská innundir 56°C volgru (myndir 4 og 5) sem aðeins sytraði úr, um 0,1 l/s. Borinn var staðsettur 3,5 metra sunnan við volgruna og var honum hallað um 2,5-3° innundir. Hönnun holunar er sýnd á mynd 3. Miðað við lóðlínu úr volgrunni var skurðpunktur á 66-80 m dýpi. Borholan var staðsett austast á jarðhitasvæðinu í rúmlega 100 m fjarlægð frá Landbrotslaug (mynd 6).



***Myndir 4 og 5.** Volgran sem hola LA-01 var staðsett við. Hún er rúmlega 56°C heit og frá henni systrar dálítill vatnið, um 0,1 l/s.*

5.1 Borun LA-01

Borinn kom á borstað síðdegis og var búið að stilla honum upp fyrir kl 20 um kvöldið og hófst borun kl. 20:15 með 8 5/8" ODEX-hamri og 3 m löngum fóðurrörsbút. Borað var niður úr linum jarðvegi blönduðum hverahrúðri á 1 m dýpi, og tók þar við hraun niður á 2 m og kargahraun þar undir niður á 3 m dýpi. Þá bilaði ODEX-hamar, og var því ákveðið að breyta yfir í 6" borun, og að nota 8 5/8" fóðurrörsstubbinn sem hjálparfóðringu við yfirborð.

Morguninn eftir var heppileg lengd af 8 5/8" röri sniðin til (innanmál 8"), alls 2 m á lengd. Síðan stóð til að bora með 6" lofthamri í fóðringardýpi, rýma síðan holuna út með 8" hamri og renna niður og sjóða saman 6 5/8" fóðurrör (utanmál) og steypa fóðringuna fasta. Byrjað var að bora með þessum hætti um kl. 10. Kl. 11:15 var vatnshiti upp úr holu 42°C, og stórar sandsteinsflögur bárust upp með borsvarfinu í loftdælingunni. Vatnæðar gáfu inn í holuna niður á 9 m dýpi, en bergið niður í 16 m dýpi var þétt og sýnilega úr hörðum sandsteini. Virtist sem borinn hefði komist niður úr setlaginu á 15-16

m dýpi, niður í gamlan berggrunn. Borað var áfram niður í 20 m dýpi, og var þá skorin ný vatnsæð og mældist hiti 47,2°C í vatnsflaumnum í loftdælingunni.



Mynd 6. Yfirlitsmynd frá Landbrotslaug að holu LA-01.

Volgran við hlið holunnar fór jafnframt að bæra á sér og bullaði þar upp loft og greinilegt að samband var komið á milli volgrunar og holunnar. Borað var áfram niður í 24 m dýpi og ákveðið að láta það duga fyrir fódringu. Hiti mældist 47,8°C og var borun með 6" hamri lokið kl. 12, og upptekt upp úr holunni kl. 12:30. Holan fór fljótlega í sjálfrennsli, vatnshiti mældist fyrst um 48°C en fór síðan upp 55°C og sjálfrennsli mældist á V-yfirfalli um 2 l/s. Holan var rýmuð út með 8" krónu, fjögur 6 m löng 6 5/8" fódurrör síðan soðin saman eitt af öðru og slakað niður í holuna. Ekki komst neðsta rörið í botn svo skera þurfti 2,65 m af því. Holuflangs var síðan soðinn á rörið og gert klárt til steypingar.

Steypingin á fódurrörinu var nokkuð ævintýrleg. Byrjaði hún kl. 20:50 og lauk um 22 í fyrstu atrennu. Alls þurfti um 800 l til að fylla holuna af sementi innan og utan fódringar. Steypa kom hins vegar ekki upp á ætluðum tíma því ekkert lát var á sjálfrennsli upp með fódringunni, og rétt sementslitur á vatninu. Barist var í að troða tómun sementspokum niður með yfirborðsfódringunni til að stöðva lekann, meðan hrærðar voru nýjar og nýjar steypuhrærur. Loks tókst að þétta með fódringunni og fór þá að flæða upp úr volgrunni við hlið borsins. Hélt hún uppi eftir það og aldrei sást sementslitur á vatninu sem þar kom upp. Steypa kom svo loksins upp með fódringu en seig aftur. Því var blandað úr öllu sement sem eftir var, sementspokar settir á eftir og troðið niður í holuna með

borstöng, þá fyllt um 6 m bil með vatni, sementpokar þar ofan á undir borkrónuna sem síðan var notuð til að þrýsta steypunni niður. Við það þrýstust sementspokar upp milli fódninga og steypa á eftir og hálf "rappaði" borstjórann, og í kjölfarið fylgdi heitt vatn upp á milli fódninga og var ekki hægt að stöðva lekann. Var hætt við svo búíð kl. 23 um kvöldið og farið kvöldmat. Menn þó kátir og vígreifir (mynd 7) því hálfur sigur var unninn, þó fódning væri ósteyppt. Hinn mikli þrýstingur á heita vatninu svo grunnt kom á óvart í ljósi þess hve sjálfrennsli í volgrum og laugunum á svæðinu er lítið.

Daginn eftir var fengið meira sement til að steypa fódninguna upp. Borað var niður úr holunni til að létta af þrýstingi, kórónukrans soðin milli fódninga, með 2" hné og loka. Holuloki með hné og framhjáhlaupi var settur á holutopp. Síðan var steyppt aftur kl. 17:40, með liðsauka (mynd 8). Alls var steyppt úr 5 steypukörum (1250 l), 7-8 kör höfðu farið kvöldið áður. Steypa kom upp. Eftirdæling með vatni fylgdi í kjölfarið með hefðbundnum hætti. Fylgst var með þrýstingi sem að lokum fór upp í 2,5-3 bar, og seig svo í 2,3 bar og hélst þar. Lauk þar steypingu um kvöldmatarleytið og allt útlit fyrir að steyping hefði tekist. Morguninn eftir var fullljóst að svo var, og sýndi þrýstimælir 1,5 bar á toppi. Laugin við hlið borsins var uppi, hrein og spök.

Borað var niður úr fódningu með 6" lofthamri, 18. maí. Rekja sást með borsvarfi í 31 m dýpi og vatn kom í kjölfarið, á rauðu millilagi, 44-45°C mælt í flæði. Á 41 m dýpi jókst vatn aðeins (1-2 l/s) og hiti fór í 48-49°C, ný æð bættist við á 64 m dýpi og fór hiti upp í 57°C. Sjálfrennsli var komið upp í 6-7 l/s á 64 m dýpi fyrir matarhlé og jókst upp í rúma 8 l/s, og jókst enn er borað var niður í 71 dýpi, en þar hætti lofthamar að lemja. Morguninn eftir var sjálfrennsli mælt 13-14 l/s, 59°C heitt, og fullljóst að árangur borunarinnar var orðinn vel viðunandi, og rúmlega það.



Mynd 7. Eftir fyrstu steypingu fódningar.



Mynd 8. Í annarri steypingu fóðringar.

Landeigendum lék þó forvitni á að vita hvort heitara vatns mætti vænta dýpra. Einfaldast var að kanna það með dýpri borun og hitamælingum og því var ákveðið að dýpka holuna um 50-100 m og meta árangur. Skipt var um boraðferð og tekin upp borun með 4 ¾" hjólakrónu og vatni til skulunar, og hófst sú borun 19. maí kl. 14. Vatn jókst í 97-99 m dýpi við rautt millilag. Mynd 9 sýnir aðstæður þann dag. Hætt var um kl. 23 um kvöldið og holan þá orðin 120 m djúp. Sjálfrennsli var mælt >25 l/s á V-yfirfalli, 60°C heitt kl. 23. Um 24 var hiti 60,5°C og rennsli svipað eða meira. V-yfirfallið var orðið of lítið til að mæla rennslið.

Holan var látin renna um nóttina. Morguninn eftir var V-yfirfallstíflan farin, en hiti á toppi 59,2°C á einum hitamæli (handrúlla til mælinga í borholum), en 60,2°C á hitastaf. Holan var hitamæld í stöngum og sýndi hæstan hita næst botni 62,2°C. Ákveðið var að bora út daginn ef vel gengi og sjá svo til. Holan var því dýpkuð niður í 171 m, sem er lokadýpi.

Morguninn eftir var hitamælt í stöngum á ný. Þá kom fram hitahámark á dýptarbilinu 105-115 m dýpi, þaðan lækkaði hitinn niður 59,2°C á 135 m dýpi, en seig svo upp á við í 60,2°C næst botni. Sýnt var að borað var á milli sprungna með svipaðan hita, og dýpri borun ekki líkleg til að svara fleiri spurningum. Því var ákveðið að hætta borun. Tekið var upp úr holunni og gengið frá holulokum þannig að klárir væru í rennslisprófun. Síðan tekið til á svæðinu og borbúnaði komið á næstu borholu, GE-01, við veiðihúsin á Geiteyri.



Mynd 9. Sjálfrennsli úr LA-01 farið að nálgast 25 l/s. V-yfirfallið er 20 cm djúpt og mælir mest 25 l/s.

5.2 Jarðlög og hiti í LA-01

Fjallað er um jarðlög og hita í holunni á mynd 10, svo hér verður stiklað á stóru. Áhugaverðasti hluti holunnar, hvað varðar aldur og þróun jarðhitavirkinnar, er efsti hluti hennar bæði ofan og neðan Eldborgarhrauns og í setlögum frá nútíma (yngri en 10.000 ára) sem ná niður í 15-16 m dýpi. Gögn um sprungufyllingar við vatnsæðar holunar skipta jafnframt máli varðandi jarðhitavirknina.

Neðan 16 m dýpis tekur við 7-8 milljón ára gamall berggrunnur úr hraunlögum með stöku millilögum á milli hrauna. Vatnsæðar koma stundum fram við slík millilög, og getur það átt við hér í einu til tveimur tilvikum. Lesa má þróun jarðhitavirkni út úr röðum útfellinga í holufyllingum í gömlu hrauninum. Elstu jarðhitaútfellingarnar eru þá næst holuvegg, en þær yngri nær miðju. Elstu útfellingarnar eru nokkurra milljón ára gamlar, og myndaðar við allt önnur jarðhitaskilyrði en ríkja í dag. Yngri útfellingarnar hafa hins vegar fallið út úr jarðhitavatni á nútíma, og segja þær eitthvað til um þróun núverandi jarðhitavirkni. Sprungufyllingar má líka nota til að ráða í þróun jarðhitavirkni, og eru þá elstu útfellingarnar yfirleitt næst sprunguvegg en þær yngri nær miðju.

Nýjar hugmyndir um þróun jarðhitavirkni á nútíma á Snæfellsnesi og í Hnappadal (Guðmundur Ómar Friðleifsson og Halldór Ármannsson, 1999 a,b) gera ráð fyrir að

hverahrúðrið á jarðhitasvæðinu í Landbroti og víðar á nesinu, hafi myndast í mun heitara vatni en er á svæðunum í dag. Þar er gert ráð fyrir að mest af hverahrúðrinu hafi myndast snemma á nútíma í gjósandi hverum, svipuðum þeim sem eru á Geysissvæðinu í dag. Síðan hafi svæðin kólnað um nokkra tugi gráða og hrúðurbreiðurnar bæði rofnað niður og gróið upp. Samkvæmt því er núverandi jarðhitavirkni einungis svipur hjá sjón miðað við það sem áður var. Borun í hitasvæðið í Landbroti var einkar áhugaverð, því þar gafst tækifæri til að fylla aðeins inn í þessa mynd. Sýni af borsvarfi voru því tekin á 1 m fresti í byrjun til að fá sem nákvæmust gögn um þróun jarðhitavirkni á nútíma, en á 3 m fresti er niður í gamla berggrunninn kom. Eitt vandamál við borsvarf er blöndun efnis úr efri jarðlögum við sýnishornin sem tekin eru þegar borkróna er á ákveðnu dýpi, einkum ef stór brot úr jarðlögum berast með svarfinu. Rýrir það aðeins gildi svarfsýna til að ráða í jarðsöguna, einkum ef mikillar nákvæmni er krafist, og þarf helst borkjarna í slíkum tilvikum. Eldborgarhraunið sem rann fyrir 5000-9000 árum, virðist hafa runnið að hverasvæðinu, en ekki náð að kaffæra það nema að hluta til. Því var reiknað með hrúðri undir hrauninu, og kom á óvart að finna ekki skýr merki um það í borsvarfinu. Kísilútfellingar sjást í hrauninu sjálfu og í jarðveginum ofan á því.

Neðan við hraunið var borað niður í harðan samanbakaðan sandstein. Í honum sjást sprungufyllingar úr kísli, og nokkur hverahrúðurbrot sem bárust upp með sýni úr 7 m dýpi. Hrúðrið gæti verið þaðan og úr bergvegg ofar úr holunni, og ber vitni yfirborðsvirkni í setinu neðan við hraunið, því 2 m hjálparfóðring náði frá yfirborði niður í hraunið.

Í sama sýni frá 7 m dýpi sáust brot úr skeljum. Skeljabrotin benda til myndunar í byrjun Nútíma er sjávarstaða var hærri fyrst eftir að fargi ísaldarjökulsins létti. Allt kalk virðist hafa leyst út úr skelinni og kísill komið í staðinn, því skelin freyddi ekki í saltsýru. Í næsta sýni neðan við er efni úr malarlinsu, og neðan 9 m dýpis var komið í fínkorna setlag, úr dálítið einsleitum móbergsglersalla. Móbergsglerið er einungis hálfummyndað, og kemur það á óvart, því það bendir frekar til að jarðhitavatnið hafi ekki átt greiða leið að móbergsglerinu sjálfu, sem gæti þýtt að setið hafi náð að harðna áður en jarðhitavirknin hófst. Glerkornin eru köntuð, svo ekki hafa þau velkst mikið til. Ekkert vatn bættist í holuna neðan við þetta lag, fyrr en neðst í setlaginu á 15-16 m dýpi. Móbergssetið nær niður undir 12 m dýpi (3-4 m þykkt), en þar fyrir neðan er komið í grófkornóttara setlag. Móbergssetið virðist allt ættað úr sömu bergmyndun. Nærtækast er að ætla að það sé rofefni úr móbergsmyndunum í nágrenninu, sem mynduðust í Hnappadal seint á ísöld. Þykkt lagsins og einsleitni bendir til að það hafi myndast og sest til á tiltölulega skömmum tíma, líklega í byrjun nútíma, frekar en fyrr, og þá hugsanlega í sjó sem hálfgerð eðjuset.

Neðan við 12 m dýpi er setið grófkornóttara með linsum úr fínsandi og silti á milli. Nokkur stór brot úr setlaginu benda til að setið sé svokallað leirsteinsvöluberg, trúlega myndað í orkuríku umhverfi í lok ísaldar. Í neðsta sýninu af hreinu seti, af 15 m dýpi, barst upp stórt sýnishorn af hverahrúðri. Slíkt hrúður hafði ekki sést ofar í holunni, og því er spurningin hvort það sé myndað neðst í setinu, eða hvort það sé miklu yngra og myndað ofar og tilviljun ein hafi ráðið því að það barst upp á umræddum tíma í boruninni. Úr því fæst ekki skorið nema með borun kjarnaholu niður í gegnum setlögin,

en hafi hverahrúðrið myndast á 14-15 m dýpi bendir það til að hveravirknin í Landbroti hafi hafist í lok ísaldar, rétt á eftir eða á meðan að ísfarginu var að létta af landinu. Í kjölfarið fór svæðið undir sjó í nokkrar aldir og á meðan myndaðist ekki hverahrúður, heldur hlóðst upp 7-8 m þykkt setlag á tiltölulega skömmum tíma, og harðnaði eða bakaðist saman í jarðhitavatni. Skeldýr náðu ekki að hafast við á botninum fyrir en í lok þess tímabils. Í kjölfarið settist svo til fokset (4,5-6 m) áður en Eldborgarhraunið rann yfir svæðið.

Setlögin á hitasvæðinu í Landbrotum eru áhugavert og verðugt rannsóknarverkefni. Þarna mætti taka nokkra borkjarna í því skyni að reyna að aldursgreina jarðhitavirknina nákvæmlega. Það bíður síns tíma. Er neðar kom í holuna í borun voru það hins vegar sprungufyllingarnar sem hvað áhugaverðastar voru til nákvæmrar skoðunar, svo og útfellingar í hvers kyns holrými, því þar er jarðhitasagan skráð.

Í gömlu hraunlögum er talsvert af svokölluðum geislasteinum, sem heita ýmsum nöfnum. Þeir helstu eru heulandít, stilbít og skólesít. Jafnframt sást silfurberg (kalsít) og kalsedón (kísill). Hvort tveggja myndaðist í jarðhitavatni þegar berglögin voru á nokkur hundruð metra dýpi fyrir mörgum milljónum ára. Mun yngri eru hins vegar sprungufyllingar með kísli, jarðhitaleir, kalsíti og stilbít, og votti af pýríti. Vatnsæðarnar eru tengdar þessum sprungufyllingum, svo sem sýnt er á mynd 10. Sagan sem skráð er í sprungufyllingarnar sýnir stilbít við bergvegg sprungnanna, síðan kalsít og ópal, svo og gljáandi kísilútfellingu, og loks fínkorna leirmassa næst miðju. Sprungufyllingarnar eru margar hverjar margfaldar, eins og jarðhitavirknin hafi rífið sig í gegn aftur og aftur. Sprungurnar enda svo með því að stíflast af leir og ópal. Trúlegt er að leirinn sé skýringin á því hvers vegna jarðhitakerfið nær að byggja upp hinn háa vatnsþrýsting sem raun ber vitni. Hinn háí vatnsþrýstingur og mikið sjálfrennandi vatn komu skammtilega á óvart. Hér verður hins vegar látið staðar numið í frásögn af jarðlögum, ummyndun og hita, en bent aftur á textann á mynd 10 til viðbótar. Hitaferlarnir (svo og aukningin í vatnsmagni) benda til að við höfum skorið nokkrar sprungur, fyrst aðalsprunguna á 64-71 m dýpi, síðan aðrar heitari á 100 m til 120 m dýpi. Líkur eru á að fleiri yrðu skornar með dýpri borun. Botn holunar er um 9 m norðan við holutopp miðað við að holunni halli um 87° til norðurs (lóðrétt 90°).



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

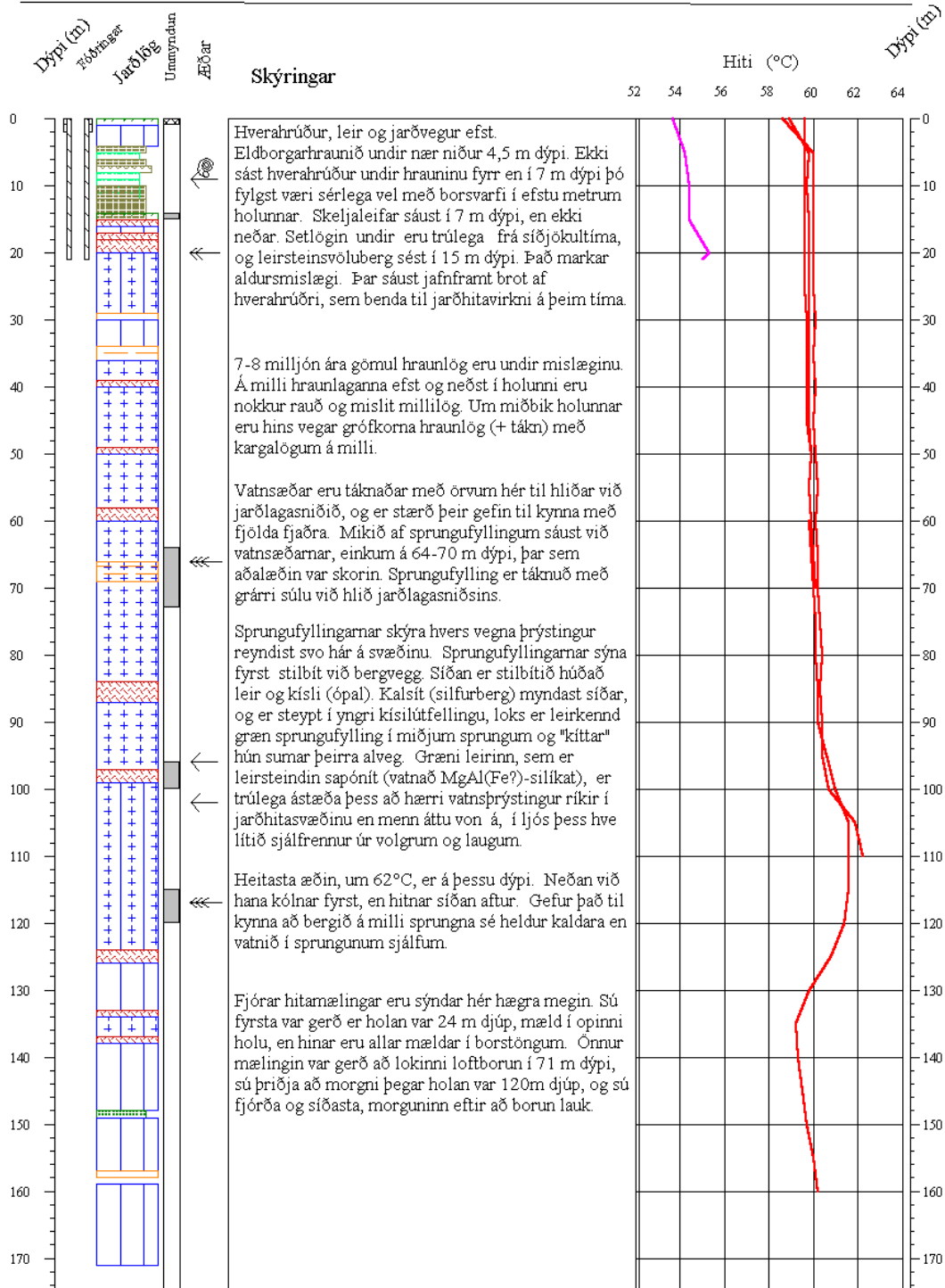
Haffjarðará

4.4.2001

Staður: Landbrot Bor/boraðili Einráður / RFS
Holunafn: LA-01 Tegund borholu Heitt vatn

Dýpi holu: 171 m
Verknúmer: 8-600408

Staðarnúmer: 30214
Starfsmenn: GÓF



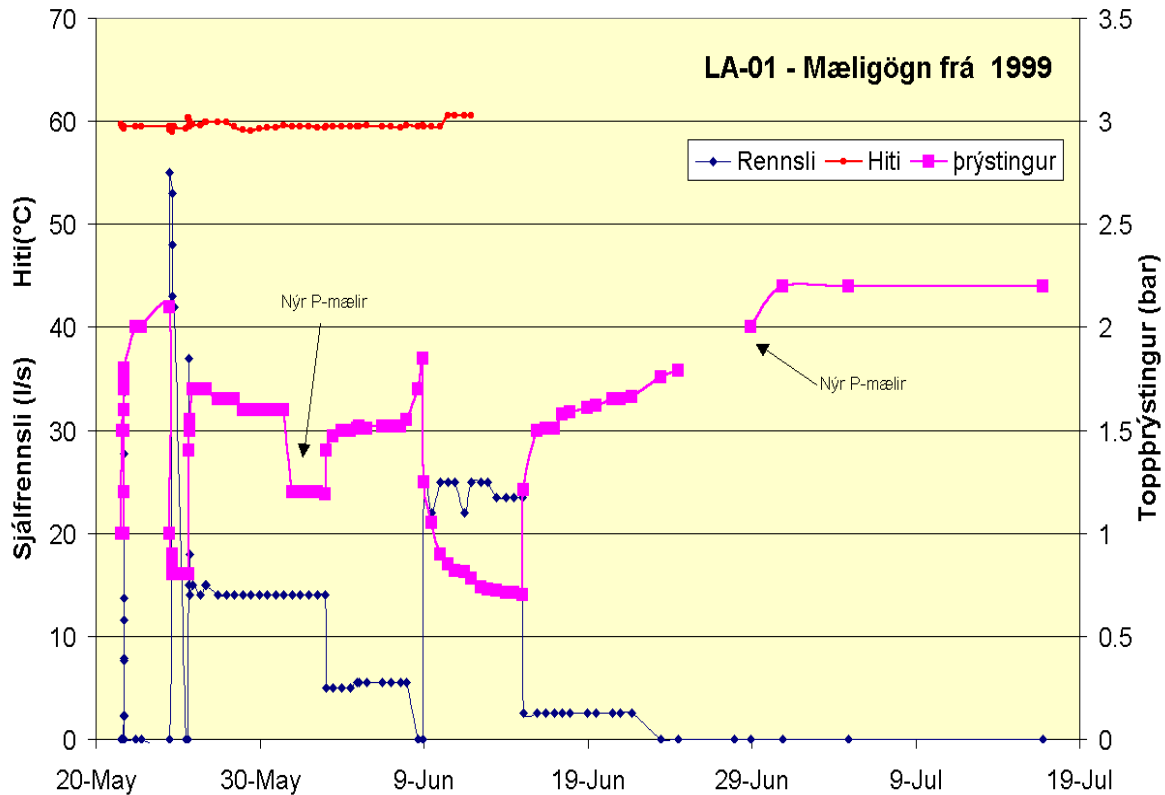
Mynd 10. Jarðlög og hiti í holu LA-01

5.3 Rennslismælingar og afkastaferill LA-01

Rennslismælingar voru gerðar í kjölfarið á borun holunnar. Fyrst var reynt að notað 300 l fiskikar og 4" brunaslöngu til að afkastamæla holuna, en það reyndist vonlaust verk vegna vatnsflaumsins. Því var ráðist í að stækka og hækka frárennslislón framan við holuna, og jafnframt smíðað veglegt V-laga yfirfall úr vatnsheldum krossviði, með 40 cm V-hæð. Talsverðan tíma tók að þétta stífluna nægjanlega vel til tímabundina mælinga á vatnsrennsli úr fullopinni holu, sem mældist um 55 l/s í byrjun við 1 bar toppþrýsting. Mynd 11 sýnir stífluna og rennsli í fullopinni holu. Stíflan fór fljótlega að leka og engin leið að þétta hana nægjanlega vel með tiltæku efni, en holan virtist a.m.k. gefa 40 l/s við 0,8 bar toppþrýsting. Stíflan hélt hins vegar minna vatnsmagni, og var því rennslisprófað í nokkrum þrepum til að geta ákvarðað afkastaferil holunnar. Niðurstöðurnar eru sýndar á myndum 12 og 13. Stífluna þurfti að lagfæra öðru hvoru á mælingatímabilinu, sem stóð yfir í tæpa tvo mánuði.



Mynd 11. Myndin sýnir aðstæður við rennslismælinguna og vatnsflauminn úr holu LA-01 fullopinni. V-yfirfallið úr krossviðsplötunni er 40 cm djúpt og er myndin var tekin er rennsli 40-50 l/s. Á holutoppnum er fyrst 6" holuloki og síðan 4" loki, og við mælinguna var rennslið temprað á honum og þrýstingur lesinn af efst á T-stykkinu á holutopp.

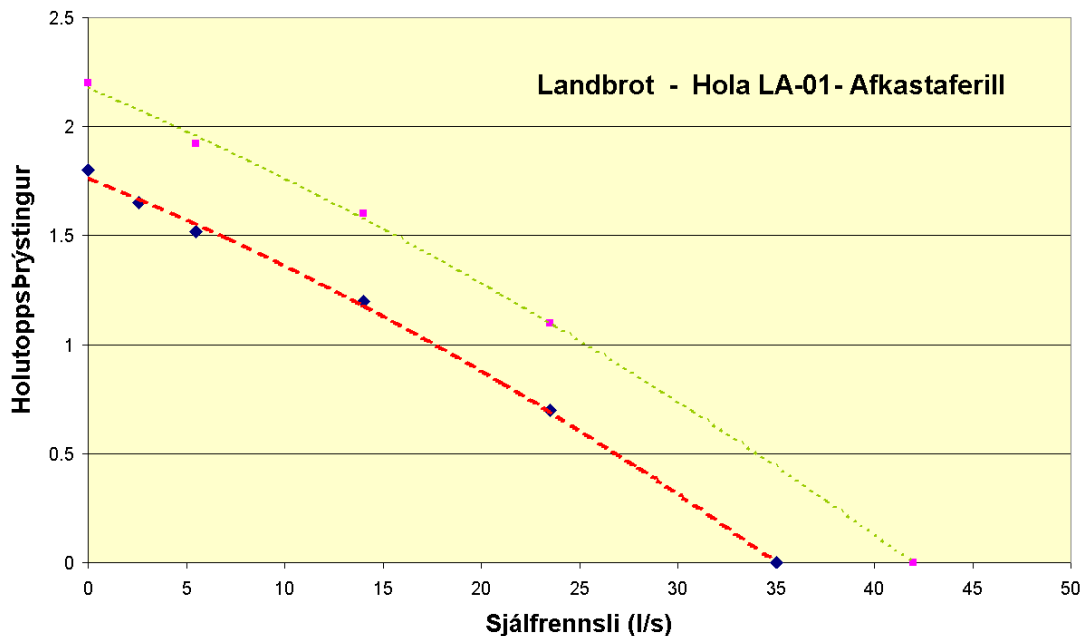


Mynd 12. Yfirlit um rennslismælingar í holu LA-01 í Landbrotum frá 21. maí til 13. júlí 1999. Holutoppþrýstingur má lesa af lóðréttu ásnum hægra megin, en sjálfrænnslí og hita á ásnum vinstra megin. Vatnshiti er sýndur með rauðum ferli, mældur rétt um 60°C (sjá töflu 2). Rennslí er sýnt með bláum ferli, og var það stillt á fjögur mismunandi gildi meðan á rennsliprófun stóð (fjögur þrep). Holutoppþrýstingurinn er sýndur með bleikum ferli. Lokunarþrýstingur er 2,2 bar við lok prófunarinnar.

Lokunarþrýstingur á holutopp (bleikur ferill) var í byrjun 2,1 bar. Byrjað var á að fullopna holuna og runnu þá um 55 l/s úr henni við 1 bar holutoppþrýsting. Illa gekk hins vegar að hemja vatnið innan stíflu og mæla á V-yfirfalli sem fyrr segir, en þó jafnaði þrýstingur sig á 0,8 bar, og mældist rennslí þá 48 l/s áður en stíflan fór að gefa sig. Stíflan var lagfærð og sjálfrænnslíð úr holunni stillt á um 14 l/s (blár ferill) og haldið svo nær óbreyttu í 9 daga. Þrýstingur á holutopp jafnaði sig á 1,6 bar. 31. maí var skipt um þrýstimæli, næmari mælir settur í staðinn, og sýndi hann 1,2 bar toppþrýsting við óbreytt rennslí (ekki er vitað hvor mælirinn var réttur), en nýji mælirinn var notaður út rennsliprófunina. Sá mælir stóðst ekki mátið eftir að holu var lokað, og dæmdist ónýtur 27. júní, og hafði þrem dögum áður sýnt lokunarþrýsting 1,79 bar. 28 júní var skipt um mæli, og sýndi sá strax 2 bar, og síðan 2,2 bar tveim dögum síðar og hélst óbreyttur út mælingatímabilið til 13. júlí 1999.

Sjálfrænnslí í 1. þrepi var stillt á 14 l/s, síðan lækkað í 5,5 l/s í nokkra daga (2. þrep), þá aukið upp í 25 l/s í nokkra daga (3. þrep) og loks lækkað niður í 2,6 l/s (4. þrep) þar til

holunni var lokað 21. júní eftir 1 mánaðar rennslisprófun. Þrýstingur jafnaði sig á 1,6 bar sem mældist 1,2 bar með nýjum mæli (1. þrep), síðan 1,52 bar við 5,5 l/s rennsli (2. þrep), þá 0,82 bar við 25 l/s rennsli (3. þrep) og loks 1,62 bar við 2,6 l/s rennsli (4. þrep). Þrýstingurinn gefur hæð vatnsúlu til kynna þegar að vatn sjálfrennur upp úr holunni. Þannig er mesta lyftihæð rúmir 20 m en lækkar eftir því sem sjálfrennsli úr holunni er aukið. Við 25 l/s rennsli virðist lyftihæð vera á milli 5-10 m eftir því hvaða þrýstimæli er miðað við, og rúmir 15 m við 2,5 l/s rennsli. Þrýstifall í hitaveitulögnum að viðbættum hæðarmun þarf að vera lægra en þrýstingur holunnar til að ná megi heita vatninu í sjálfrennsli upp að Skjálg. Hæðarmunur á milli holu og Skjálg er innan við 4 m, svo það ætti að vera vandalaust. Holuloki er í 22,04 m hæð yfir sjó, veiðhús í 12,46 m hæð og Skjálg í 25,90 m hæð. Því er hægt að láta heita vatnið sjálfrenna að veiðihúsum. Skjálg er hins vegar heldur hærra í landi en holan. Vegalengd frá holunni að Skjálg er um 1200 m beina leið. Ef t.d. væri miðað við þrýstifall upp á 1 bar/km í hitaveitulögn, þá mætti ná um 0,8 l/s í 50 mm lögn að Skjálg, 55°C heitu, miðað við töflur frá einum lagnaframleiðanda um þrýstifall í lögnum og kælingu í einangruðum rörum. Úr heldur sverari lögn, 63 mm, mætti með sömu forsendum ná 1,4 l/s af um 57°C heitu vatni. 110 mm lögn gæfi um 6,4 l/s með 1°C kælingu á sömu vegalengd. Útlit er því fyrir að ná megi nægu heitu í vatni sjálfrennsli að Skjálg, en hönnun hitaveitu er utan efnis þessarar skýrslu.



Mynd 13. Afkastaferill holu LA-01. Rauði ferillinn er notaður sem afkastaferill holunnar, miðað við lokunarþrýsting 1,8 bar, og þann mæli sem lægst þrýstigildi sýndi. Ef vatnsþrýstingurinn væri 0,4 bar, myndi afkastaferillinn fylgja græna ferlinum. Endurtaka þarf þrýstimælingu áður en hitaveita er hönnuð því 0,4 bar geta skipt máli.

Út úr rennslismælingunum má fá afkastaferil holunnar sem sýnir samband holutoppsþrýstings við mismunandi rennsli. Afkastaferillinn sýnir að holan er mjög

vatnsgæf en jafnframt að rennslið er mjög háð þeim mótþrýstingi (toppþrýstingi) sem holan vinnur við. Afkastaferillinn er sýndur á mynd 13, en jafna hans er eftirfarandi :

$$y = - 0,0003x^2 - 0,04x + 1,8$$

þar sem y = þrýstingur í bar og x = rennsli í l/s. Áður en hitaveita er hönnuð þarf að ganga úr skugga um hvort sá þrýstimælir sem hér er miðað við sýnir rétt gildi. Tveir af þrem þrýstimælum sýndu 0,4 bar hærri þrýsting. Hér er hins vegar miðað við þann mæli sem lægst þrýstingsgildi sýndi.

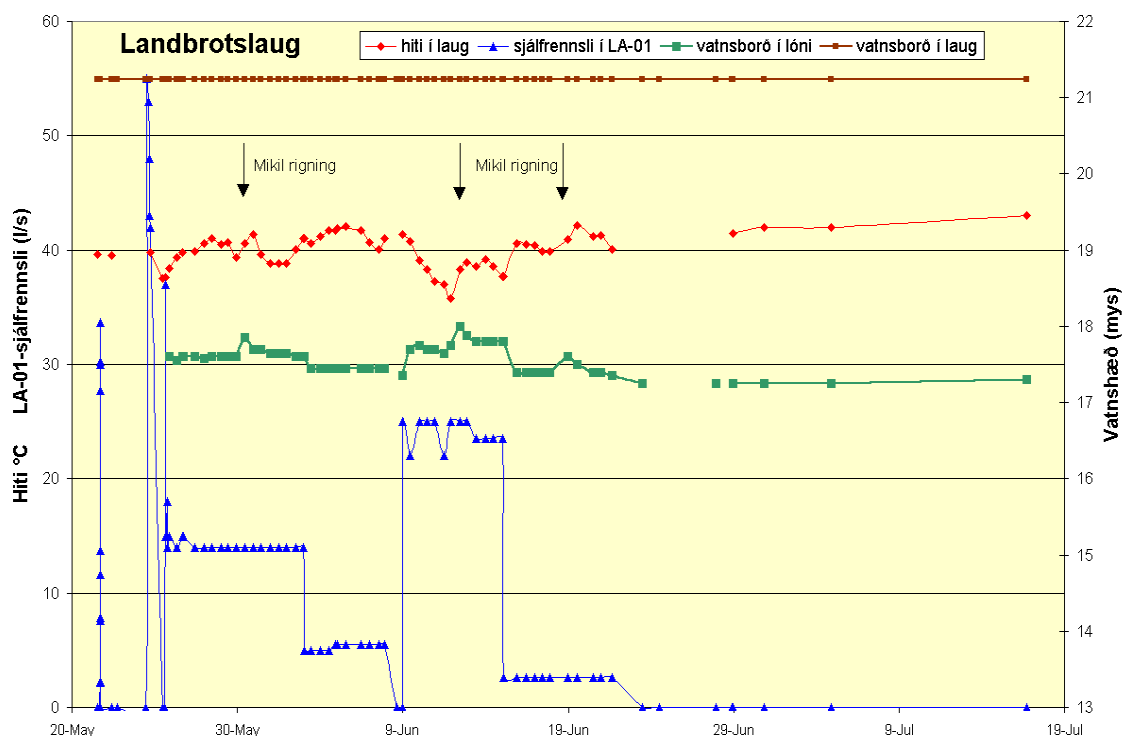
Samkvæmt afkastaferlinum ætti holan að gefa um 35 l/s, fullopin og mótþrýstingslaus, þegar til lengri tíma er litið, að því gefnu að rennslisprófunin hafi staðið nægjanlega lengi. Þó rennslisprófunin hafi staðið yfir í heilan mánuð, er ekki þar með sagt að endanlegu jafnvægi rennslis og þrýstings hafi verið náð. Slíkt ferli getur tekið marga mánuði, og má hafa það í huga í framtíðinni þegar til nýtingar vatnsins kemur. Þá væri rétt að fylgjast reglulega með vinnsluþrýstingi og rennsli.

5.3.1 Áhrif rennslis úr LA-01 á Landbrotslaug

Meðan á rennslisprófuninni stóð var fylgst með rennsli og hita í Landbrotslaug. Vatn stendur uppi á hverasvæðinu (sjá myndir 4 og 6) og hækkar vatnsstaða í mikilli úrkomu. Ljóst var að 25 l/s rennsli úr holunni gat haft áhrif á vatnsborð í lóninu, enda bættust meira en 2000 tonn af vatni á sólarhring við lónið í slíku rennsli. Mælingahæll var því settur í lónið nærri holunni, og vatnshæð mæld jöfnum höndum ásamt hita í Landbrotslauginni. Til að hafa hæðartölur innbyrðis réttar þá var yfirborð Landbrotslaugar (21,24 m) hæðarmælt á sama tíma og lagnaleiðir hitaveitu voru mældar, svo og toppurinn á viðmiðunarhæl (20,90 m) og hæð á holutopp LA-01 (22,04 m). Vatnshæðarmælingarnar eru umreiknaðar í raunhæð og sýndar á mynd 14.

Ásbjörn Pálsson, bóndi á Syðri Haukatungu II, sá um rennslismælingarnar eftir 27. maí, gætti þess að mæla hitann í lauginni á sama stað hverju sinni. Jafnframt var skráð niður athugasemd í mæligögnin ef veðurfar gaf tilfelli til, svo sem stórrigning (tafla 2). Niðurstaðan er sýnd á mynd 14.

Ef litið er á myndina (og töflu 2) sést að laugarhiti mældist breytilegur, eða frá 36°C upp í 43°C. Langtíma hitamælingar í lauginni til samanburðar eru því miður ekki til, en út frá fyrirbyggjandi mæligögnum virðist mega ráða að samband sé á milli borholunnar og laugarinnar. Laugin sjálf er í sjálfrennsli, og er innstreymihiti í botni hennar milli 46-47°C. Úr henni renna um 0,1 l/s. Ekki er vitað hvort sjálfrennslið er breytilegt, en líklegt er að mikil rigning, vindur og kuldi kæli laugina eitthvað næst yfirborði, eins og aðra heita potta. Til þess að fá samanburðarhæft mat á það þyrfti að rennslis- og hitamæla laugina reglulega í nokkurn tíma meðan holan væri lokuð, og bera saman við útihita, úrkomu og loftþrýsting. Slíkar mælingar myndu sýna samband hita og rennslis við veðurfar, og eru í raun nauðsynlegar til greina á milli hugsanlegra veðurfarsáhrifa og áhrifa frá vatnsnýtingu úr hitasvæðinu.



Mynd 14. Rauða línan sýnir hita í Landbrotslauginni 5-10 cm neðan yfirborðs, vatnsborð í lauginni er sýnt með brúnum ferli, vatnsborð í lóninu mælt út frá viðmiðunarahæl er sýnt með grænum ferli og sjálfrænnslí úr holu LA-01 með bláum ferli eins og á mynd 12. Hiti og rennsli eru sýnd á lóðrétta ásnum vinstra megin, en vatnshæð á ásnum hægra megin.

Ef bornir eru saman hitaferillinn í lauginni (rauða línan) og rennslisferillinn úr holunni (bláa línan) virðist mega lesa, að 2-3°C hitalækkun í lauginni 8.-15. júní megi tengja við 25 l/s rennsli úr LA-01. Það gæti stafað af minnkuðu innstreymi í laugina. Enginn marktækur munur sást þó á rennsli úr lauginni, metið eftir auganu, en aðstæðum til beinna mælinga hafði ekki verið komið upp.

Greinilegt er á samanburði hitamælinganna og vatnshæðar í lóninu, svo og rigningartoppanna þriggja, að sveiflur í veðurfari hafa áhrif á laugina. Er kemur fram á sumarið, lækkar vatnsstaða í lóninu um 0,5 m og hiti í lauginni hækkar um 2-3°C. Mælingar voru strjálar þá og því varla marktækar um mat á veðurfarssveiflum. Niðurstaða mats á því hvort vinnsla úr holu LA-01 muni hafa áhrif á Landbrotslaugina er því nokkuð óljós enn sem komið er, en virðist benda til að mikil vatnsvinnsla kunni að hafa áhrif á innstreymi í laugina. Eins og að ofan er sagt þá væri æskilegt að mæla náttúrulegar sveiflur í hita og rennsli laugarinnar til samanburðar áður en farið verður að nýta holuna.

Tafla 2. Rennslismælingar á holu LA-01 í Landbrotum 21. júní til 16. júlí, 1999.

Dags. og tími	Þrýstingur	Hiti	V-yfirfall	Sjálfrennsli	Hiti í laug	V.borð lón	Athugasemd
	bar	°C	cm	l/s	°C	mys	
5/21/99 13:25	1	60.5		0	39.6		Holunni lokað eftir borun
5/21/99 13:40	1.5			0			
5/21/99 16:40	1.6			0			
5/21/99 16:45	1			27.7			Mælt í 300 l kari
5/21/99 16:50	1.2			33.7			Mælt í 300 l kari
5/21/99 16:55	1.2			30.3			Mælt í 300 l kari
5/21/99 17:00	1.2			30			Mælt í 300 l kari
5/21/99 17:03	1.5			11.6			Mælt í 300 l kari
5/21/99 17:06	1.5			13.7			Mælt í 300 l kari
5/21/99 17:10	1.6			7.6			Mælt í 300 l kari
5/21/99 17:15	1.6			7.9			Mælt í 300 l kari
5/21/99 17:20	1.7			2.3			Mælt í 300 l kari
5/21/99 17:25	1.75			2.2			Mælt í 300 l kari
5/21/99 17:30	1.8			0			Lokað og steig Po upp á 10 mín
5/22/99 9:30	2			0	39.5		
5/22/99 17:55	2			0			
5/24/99 11:30	2.1			0			
5/24/99 11:35	1	60.5	27.5	55			V-yfirfall lekur, - gert við stíflu
5/24/99 15:15	0.9		27	53			
5/24/99 15:45	0.8	60.3	26	48			
5/24/99 15:45	0.85	60.3	25	43			
5/24/99 16:00	0.8	60.3	25	43			
5/24/99 18:00	0.8	60	24.5	42	39.8		
5/25/99 11:40	0.8	59.5		0	37.5		V-yfirfall lagað
5/25/99 14:30	0.8	59.7		0			V-yfirfall lagað
5/25/99 15:30	0.8	59.6	23.5	37			rennsli minnkað í 15 l/s
5/25/99 15:40	1.4	59.9	16.5	15	37.6		
5/25/99 17:45	1.55	59.9	17.5	18			stillingu breytt
5/25/99 18:00	1.5	59.9	16	14			
5/25/99 21:00	1.7	59.9	16.5	15	38.4	17.6	
5/26/99 8:40	1.7	59.5	16	14	39.4	17.55	
5/26/99 16:15	1.7	59.2	16.5	15	39.8	17.6	
5/26/99 18:00	1.7	59.1	16.5	15		17.6	Holu lokað vegna vatnssýnatöku
5/27/99 10:20	1.65	59.3	16	14	39.9	17.6	Stillingar óbreyttar frá 22:00
5/27/99 23:43	1.65	59.4	16	14	40.6	17.58	Ásbjörn Pálsson tekur við
5/28/99 11:00	1.65	59.4	16	14	41	17.6	
5/28/99 23:55	1.6	59.6	16	14	40.5	17.6	
5/29/99 10:42	1.6	59.5	16	14	40.7	17.6	
5/29/99 23:00	1.6	59.5	16	14	39.4	17.6	rigning
5/30/99 11:00	1.6	59.5	16	14	40.6	17.85	eftir mikla rigningu
5/30/99 23:03	1.6	59.4	16	14	41.4	17.7	
5/31/99 10:23	1.6	59.4	16	14	39.6	17.7	
5/31/99 23:13	1.2	59.5	16	14	38.8	17.65	skipt um þrýstimæli

6/1/99 11:25	1.2	59.5	16	14	38.8	17.65	
6/1/99 23:35	1.2	59.5	16	14	38.8	17.65	
6/2/99 12:20	1.2	59.5	16	14	40.1	17.6	
6/2/99 23:40	1.19	59.5	16	14	41	17.6	
6/3/99 0:35	1.4	59.6	10.5	5	41	17.6	rennsli minnkað í 5 l/s
6/3/99 10:30	1.47	59.5	10.5	5	40.6	17.45	
6/3/99 23:59	1.5	59.5	10.5	5	41.2	17.45	
6/4/99 12:00	1.5	59.5	10.5	5	41.7	17.45	
6/4/99 22:34	1.51	59.4	10.8	5.5	41.7	17.45	
6/5/99 12:43	1.51	59.6	10.8	5.5	42.1	17.45	
6/5/99 0:30	1.52	59.5	10.8	5.5	41.9	17.45	
6/6/99 11:30	1.52	59.6	10.8	5.5	41.7	17.45	
6/6/99 23:57	1.52	59.5	10.8	5.5	40.7	17.45	
6/7/99 13:43	1.52	59.5	10.8	5.5	40.1	17.45	
6/7/99 22:00	1.55	59.5	10.8	5.5	41	17.45	
6/8/99 15:15	1.70			0			Holunni lokað -
6/8/99 23:00	1.85			0			P upp í 1,61 á 8 mín
6/8/99 23:30	1.25	59.7	20	25	41.4	17.35	Sjálfrennsli úr hver, holan opnuð
6/9/99 11:05	1.05	59.5	19	22	40.8	17.7	rennsli aukið
6/10/99 0:37	0.90	59.5	20	25	39.1	17.75	
6/10/99 11:39	0.85	59.5	20	25	38.3	17.7	
6/10/99 21:40	0.82	59.5	20	25	37.3	17.7	
6/11/99 11:15	0.81	59.4	19	22	37	17.65	
6/11/99 21:38	0.78	59.5	20	25	35.8	17.75	
6/12/99 11:15	0.74	59.5	20	25	38.3	18	Mikil rigning
6/12/99 20:55	0.73	59.4	20	25	38.9	17.88	
6/13/99 10:45	0.72	59.3	19.5	23.5	38.6	17.8	
6/13/99 23:47	0.71	59.3	19.5	23.5	39.2	17.8	
6/14/99 11:05	0.71	59.3	19.5	23.5	38.6	17.8	
6/15/99 1:00	0.70	59.3	19.5	23.5	37.7	17.8	
6/15/99 1:45	1.21	59.5	8	2.6	37.7	17.8	
6/15/99 21:57	1.50	59.5	8	2.6	40.6	17.4	
6/16/99 10:48	1.51	59.5	8	2.6	40.5	17.4	
6/16/99 23:48	1.51	59.5	8	2.6	40.4	17.4	
6/17/99 10:30	1.58	59.2	8	2.6	39.9	17.4	
6/17/99 21:14	1.59	59	8	2.6	39.9	17.4	
6/18/99 22:50	1.61	59.5	8	2.6	40.9	17.6	Rigning
6/19/99 12:40	1.62	59.5	8	2.6	42.2	17.5	
6/20/99 12:48	1.65	59.5	8	2.6	41.2	17.4	
6/20/99 23:30	1.65	59.5	8	2.6	41.3	17.4	
6/21/99 16:15	1.66	59.3	8	2.6	40.1	17.35	Holu lokað
6/23/99 11:10	1.76			0		17.25	
6/24/99 12:20	1.79			0			
6/27/99 23:04				0		17.25	Mælir sprunginn
6/28/99 22:15				0			Skipt um mæli
6/28/99 22:30	2			0	41.5	17.25	
6/30/99 20:45	2.2			0	42	17.25	
7/4/99 21:30	2.2			0	42	17.25	
7/16/99 17:50	2.2			0	43	17.3	

5.4 Efnasamsetning vatns úr holu LA-01

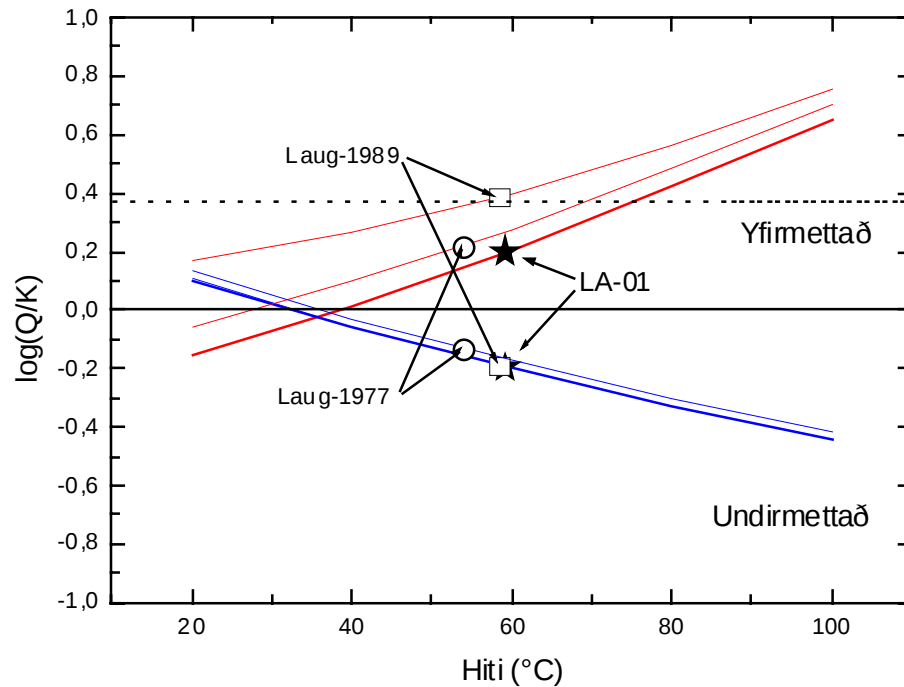
Sýni til efnagreininga á vatni og gasi var tekið úr holu LA-01 þann 26. maí 1999. Þá hafði vatn runnið frá holunni í eina tvo sólarhringa og var rennslið þegar sýnataka fór fram 15 l/s af tæplega 60°C heitu vatni. Þrýstingur á holutoppi mældist 1,3 bar. Hiti vatns og styrkur brennisteinsvetnis og uppleyst súrefnis var mælt samhliða sýnatöku, en önnur efni í vatni og gasi voru mæld síðar á efnarannrannsóknarstofu Orkustofnunar. Hlutfall samsætna vetnis (δD) og súrefnis ($\delta^{18}O$) var mælt á Raunvísindastofnun. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 3. Þar eru einnig sýndar, til samanburðar, efnagreiningar á sýnum sem tekin voru úr heitustu lauginni í Landbroti vorið 1977 og haustið 1989 (Helga Tulinius o.fl. 1991). Í töflu 3 sést að efnasamsetning vatnsins úr holu LA-01 er nánast alveg sú sama og vatnsins úr heitustu Landbrotslauginni. Hiti vatnsins úr holunni er þó lítið eitt hærri en mældist í lauginni vorið 1989. Gasið úr holu LA-01 (tafla 3) er nánast eingöngu köfnunarefni.

Efnainnihald jarðhitavatns getur gefið upplýsingar um hita vatnsins djúpt í jörðu, þar sem ríkir jafnvægi milli vatns og bergs. Hér á landi hefur einkum verið stuðst við tvær gerðir svokallaðra efnahitamæla, annars vegar kísilhitamæla og hins vegar alkalíhitamæla. Kísilhitamælar eru tveir, kvarshitamælir fyrir háhitasvæði og kalsedónhitamælir fyrir lághitasvæði. Alkalíhitamælar þeir sem mest eru notaðir eru tveir, Na-K hitamælir og Na-K-Ca hitamælir.

Á Snæfellsnesi einkennist efnasamsetning jarðhitavatns af því að styrkur kísils er mjög hár með tilliti til hita vatnsins. Einnig er þar víða að finna ölkelduvatn, þar sem styrkur karbónats og magnesíums er hár og sýrustig lágt miðað við það sem gerist á lághitasvæðum annars staðar á landinu. Af þessum sökum hefur verið erfitt að áætla hita í jarðhitakerfum á nesinu út frá efnainnihaldi vatnsins. Styrkur kísils í vatni úr holu LA-01 er hár og kísilhitamælar gefa því óeðlilega háan hita, um og yfir 130°C. Útreiknaður hiti alkalíhitamæla er aftur á móti 60°C til 75°C, eftir því hvaða kvörðun er notuð. Hæstur hiti í holu LA-01 hefur mælst rétt um 62°C. Út frá þessum gögnum er því ekki búist við að finna megi að ráði heitara vatn við Landbrot en það sem holan gefur frá sér nú.

Einn af þeim þáttum sem valdið geta vandræðum við nýtingu jarðhitavatns er útfelling kalks, öðru nafni kalsít, og kísils (ópals). Á þetta einkum við þar sem vatn er kísil-, kalsíum- og kolsýruríkt eins og algengt er um heitt vatn á Snæfellsnesi. Á mynd 15 er sýnd kísil- og kalkmettun vatns úr holu LA-01 og Landbrotslaug. Reikningar voru gerðir á þann hátt að mettunarstig vatnsins er reiknað annars vegar með því að hita það frá þeim hita sem mældur

var við sýnatöku (sjá töflu 3) upp í 100°C og hins vegar var það kælt frá þeim sama hita niður í 20°C. Við útreikninga er gert ráð fyrir að upphitun og kæling fari fram í lokuðu kerfi þar sem engin afloftun á sér stað. Ennfremur byggja útreikningarnir eingöngu á vatninu sem upp kemur og því er gert ráð fyrir að gasið hafi verið skilið frá við holutopp. Reyndar sýnir efnagreining (tafla 3) að gasið samanstendur að langmestu leyti af köfnunarefni, og hefur því óveruleg áhrif varðandi útreikninga þessa.



Mynd 15. Mettunarstig kísils (bláir ferlar) og kalks (rauðir ferlar) vatns úr holu LA-01 og heitustu Landbrotslauginni.

Á mynd 15 er vatn yfirmettað, og því hætt við myndun útfellinga, ofan línu þeirrar sem sýnir $\log(Q/K) = 0$. Á línunni ríkir jafnvægi, en neðan hennar er vatnið undirmettað og engin hætta á útfellingum.

Á mynd 15 sést að hverfandi hætta er á útfellingu kísils (bláir ferlar) við nýtingu vatnsins. Aftur á móti reiknast vatnið yfirmettað með tilliti til kalks við hita hærri en 40°C. Reynslan hér á landi hefur reyndar kennt að vatn getur að jafnaði verið nokkuð yfirmettað af kalki án þess að myndum útfellinga verði til vandræða. Hefur þá oft verið miðað við $\log(Q/K) = 0,38$ eins og sýnt er með strikálínu á mynd 15. Þó ber þess að gæta hér að myndun útfellinga er talsvert háð efnastyrk og seltu vatnsins á þann hátt að meiri hætta er myndun útfellinga eftir því sem vatnið er saltara og efnaríkara.

Út frá ofansögðu má draga þá ályktun að það sé vart að búast við kalk- eða kísilútfellingum við nýtingu vatns úr holu LA-01.

Varðandi efnisval í lagnir og annað sem tilheyrir hugsanlegri nýtingu vatnsins þá er rétt að hafa í huga að styrkur klóríðs og karbónats í vatninu er nokkuð hár og sýrustig þess er fremur lágt. Útreikningar sýna að frjáls kolsýra er til staðar í vatninu. Klóríð og frjáls kolsýra eru tærandi fyrir járn og þarf að taka tillit til þess við efnisval.

Tafla 3. Niðurstöður efnagreininga.

Staður	Landbrot LA-01	Landbrot Laug	Landbrot Laug	Geiteyri GE-01	Skjálg SK-01
Dags. Númer	1999.05.26 1999-0149	1989.09.27 1989-0074	1977.05.02 1977-0070	1999.05.26 1999-0150	1999.05.27 1999-0151
Rennsli (l/s)	15	-	-	0,65	0,08
Hiti (°C)	59,2	58,3	54,0	2,8	7
Vatn (mg/l)					
Sýrustig (pH/°C)	7,8/22	8,1/22	7,9/18	7,3/21	8,5/22
Leiðni (µS/°C)	809/25	799/20,5		115/25	4950/25
Karbónat (CO ₂ (t))	149	142	154	29	61
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Kísill (SiO ₂)	136	138	146	10,7	14,1
Bór (B)	0,10	0,11	-	<0,03	-
Natríum (Na)	155	157	162	12,0	-
Kalíum (K)	2,25	2,66	2,50	0,67	-
Magnesíum (Mg)	0,87	0,87	0,89	3,28	-
Kalsíum (Ca)	21,0	20,5	21,3	5,46	-
Flúoríð (F)	0,55	0,53	0,50	0,035	-
Klóríð (Cl)	120	120	122	15,4	1675
Nítrat (NO ₃)	0	0		0,07	-
Súlfat (SO ₄)	59,9	61,2	61,0	3,33	-
Ál (Al)	0,009	0,01	-	0,016	-
Mangan (Mn)	0,013	<0,05	-	0,002	-
Járn (Fe)	0,037	<0,025	-	0,048	-
Uppleyst efni	586	524	585	59	-
Uppleyst súrefni (O ₂)	0				
δD (‰ SMOW)	-66,3	-64,1	-	-60,4	-
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-9,66	-9,46	-	-8,65	-
Gas (%-rúmmál)					
Vetni (H ₂)	0,06				
Kolsýra (CO ₂)	1,26				
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	0				
Köfnunarefni (N ₂)	98,05				
Metan (CH ₄)	0,1				
Súrefni+argon (O ₂ +Ar)	0,53				

6 Neysluvatnsholan að Geiteyri - hola GE-01

Neysluvatnsholu hafði verið valin staður rétt við veiðihúsin við Haffjarðará, sem standa á svonefndri Geiteyri (mynd 16).



Mynd 16. Neysluvatnsholan er rétt norðan við veiðihúsin við Haffjarðará.

6.1 Borun GE-01

Borun hófst að morgni 22. maí. Borað var með 5" ODEX-hamri og fóðrað samtímis borun. Efst var 0,5-1 m þykkt moldarlag, síðan möl og malarlinsur. Vatn kom í holunna á 4-5 m dýpi. Borað var niður úr malareyrinni niður í grús á 9 m dýpi og síðan leirstein í 10 m. Fóðring var boruð niður í 12 m. Þar var ODEX-borkróna tekin úr og ákveðið að halda áfram með 5" lofthamri. Eftir upptekt var hins vegar strax fylgst með vatnsborði í holunni til að sjá hversu greiða leið vatnið ætti niður með fóðringunni inn í holuna. Vatnsborið reis frá 8,3 m upp í 7,5 m á 18 mín og fékkst út úr því 0,3 l/mín innrennsli, sem er mjög lítið.

Eftir hádegi var holan dýpkuð í 30 m dýpi sem er lokadýpi hennar. Aðeins sást í vatn á milli 15-18 m dýpis, og jókst það lítið neðar. Berg nærri botni var hrungjarnt, en ekki jókst vatnið, og kom það heldur á óvart miðað við jarðlagagerð, því vonast hafði verið eftir vatni á mótum ungra jarðlaga og gamla bergrunnsins. Holan var loftblásin á

mismunandi dýpi, og gaf lítilsháttar vatn fyrst, en síðan ekkert. Borstangir voru þá teknar upp og fylgst með vatnsborði. Út úr þeim mælingum fékkst að innstreymi í holuna var 3-4 l/mín af vatni, sem var lakari árangur en í Skjál, og voru nú góð ráð dýr því veiðihúsin þurfa umtalsvert meira neysluvatn. Málið var leyst með því að taka hluta af fódurrörum upp úr holunni aftur og skera raufar í fóðringuna á milli 3-7 m (mynd 17) og renna fóðringunni síðan niður í holuna aftur niður á 9 m dýpi. Þar með komst vatn undan eyrinni inn í holuna og steig vatnsborð umsvifalaust upp í 1,85 m dýpi.



Mynd 17. Raufun fóðringar í GE-01.

Holan var síðan hreinsuð í botn og loftdæld í 15 mín. Var hún hrein í botn í lokin, en fyrirstöðu varð vart við upptekt á borstöngum. Á 15 m dýpi var hún blásin þurr niður á það dýpi nokkrum sinnum, og fyllti hún sig á tæpum 3 mínútum og gefur því um 1 l/s, eða um 60 l/mín af köldu vatni. Aðgerðum lauk kl. 17:40 og borunum við Haffjarðará þann sama dag, en rannsóknir á holunum héldu áfram nokkra daga í viðbót.

Hola GE-01 gefur um 1 l/s af köldu vatni. Vatnsborð er á 1,85 m Dæluinntak má hafa innan fóðringar á 8 m dýpi, og nægir sogdæla í þessu tilviki.

Jarðlög og hiti í holu GE-03

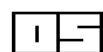
Jarðlög í holunni eru sýnd á mynd 18 og jarðlagaskýringar og hitamælingar sýndar til hliðar við jarðlagasniðið. Helstu atriðin eru þau að malareyrin sjálf nær niður á 6-8 m dýpi. Þar tekur við grár þéttur leirsteinn, mjög fínkorna, og nær hann niður í 12 m dýpi.

Síðan tekur við fínkorna sandsteinn með stöku steinvölum og eða malarlinsum, og nær sandsteinninn niður á 18 m dýpi. Þar er setið grófara og sjást skeljabrot í því. Á 21 m dýpi sér í steina og hnallunga úr gömlu holufylltu basalti innan um fínna set. Sundurleitt grjótrusl og misvel rúnnað set nær þaðan niður í 30 m dýpi, og sjást brot úr hrúðurkörslum og stöku skeljabrot jafnframt. Setið er myndað í nokkuð orkuríkri fjöru frá því snemma á nútíma fyrir um 10 þúsund árum.

Nokkuð er merkilegt að setið milli 20-30 m gefi ekki vatn. Skýringin liggur líkast til í því að leirsteinninn yfir sé það þéttur að hann takmarki grunnvatnsrennsli.

Efnasamsetning vatns úr holu GE-01

Vatni var dælt úr neysluvatnsholunni GE-01 þann 26. maí 1999. Við upphaf dælingar var vatnsborð á 1,78 m dýpi. Dælunni var komið fyrir á 15 m dýpi og rennsli stillt á 0,65 l/s. Vatnsborðið féll strax um 10 cm, og hélst þar stöðugt í þær 6 klukkustundir sem dælt var. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 3. Ekki er annað að sjá en um ágætis neysluvatn sé að ræða.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Haffjarðará

4.4.2001

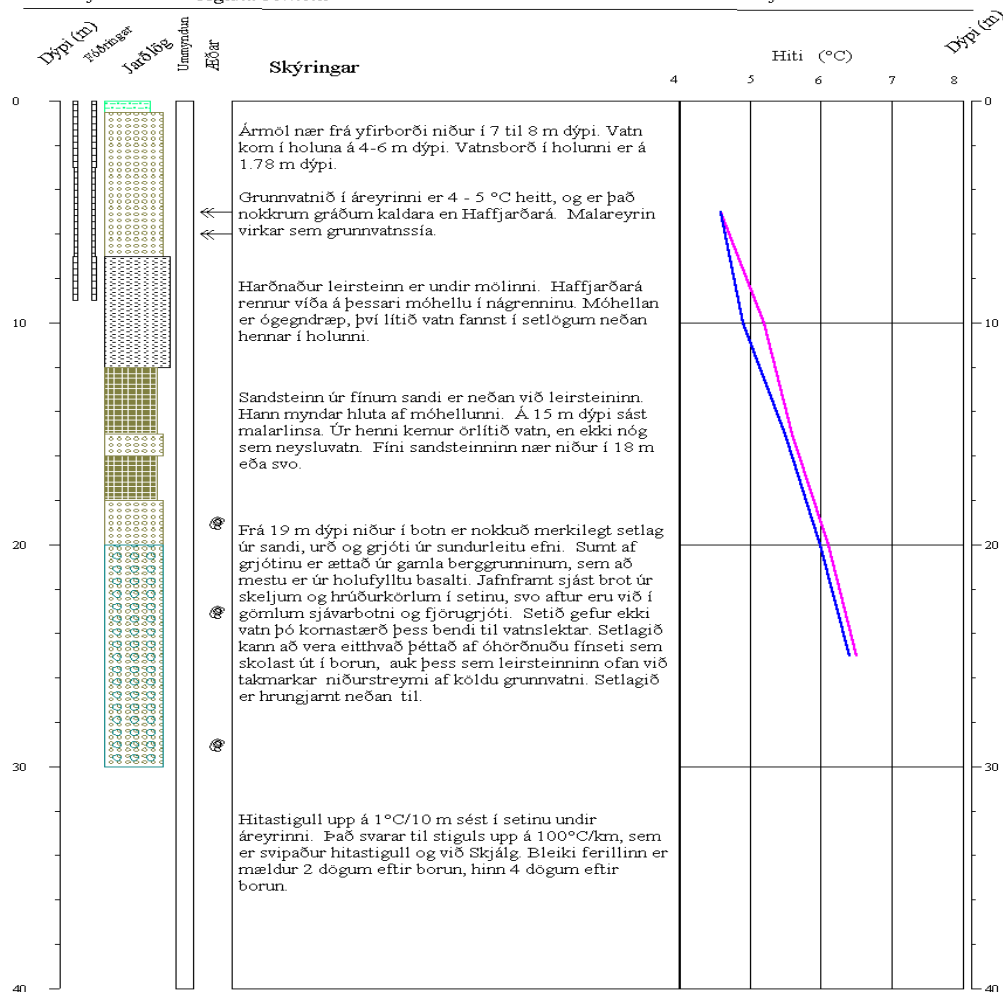
Staður: Geiteyri
Holunafn: GE-01

Bor/boraðili
Tegund borholu

Einráður / RFS
Kalt vatn

Dýpi holu: 30 m
Verknúmer: 8-600408

Staðarnúmer: 30212
Starfsmenn: GÓF



Mynd 18. Jarðlög og hiti í GE-01.

7 Heimildir

Guðmundur Ómar Friðleifsson, Árni Hjartarson og Sverrir Þórhallsson 1998. Ráðgjöf um öflun heits og kalds vatns fyrir sumar- og veiðihús við Haffjarðará. Orkustofnun, greinargerð GÓF-ÁH-SÞ-98/09, 4 bls.

Guðmundur Ómar Friðleifsson og Halldór Ármannsson 1999 a. Hverahrúður á Snæfellsnesi. (Ágrip) Vorráðstefna 1999. Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðifélag Íslands, bls 23-25.

Guðmundur Ómar Friðleifsson og Halldór Ármannsson 1999 b. Silica sinters in Snæfellsnes and Hnappadalur, West Iceland. Geochemistry of the Earth's Surface. Reykjavik, Iceland, 16-20 August 1999, bls. 499-502.

Haukur Jóhannesson 1977. Þar var ei bærinn sem nú er borgin. Náttúrufræðingurinn 47, bls. 129-141.

Helga Tulinius, Árni Hjartarson, Guðmundur Ómar Friðleifsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991. Hnappadalur, Kalt vatn og jarðhiti. Sérverkefni í fiskeldi 1989-1990. Orkustofnun, OS-91039/JHD-05, 55 bls.