



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

# **Hola SR-02 á Syðri-Rauðamel, Kolbeinsstaðahreppi**

**Borun, jarðlög, ummyndun, afkasta-  
prófun og efnasamsetning vatns**

**Guðmundur Ómar Friðleifsson  
Magnús Ólafsson  
Grímur Björnsson  
Halldór Ármannsson**

**Unnið fyrir Kolbeinsstaðahrepp**

**1999**

**OS-99047**





**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 8-610-385

**Guðmundur Ómar Friðleifsson**  
**Magnús Ólafsson**  
**Grímur Björnsson**  
**Halldór Ármannsson**

## **Hola SR-02 á Syðri-Rauðamel, Kolbeinsstaðahreppi**

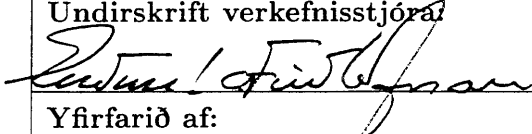
**Borun, jarðlög, ummyndun, afkastaprófun  
og efnasamsetning vatns**

**Unnið fyrir Kolbeinsstaðahrepp**

**OS-99047**

**Maí 1999**



<b>Skýrsla nr:</b> OS-OS-99047	<b>Dags:</b> Maí 1999	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> HOLA SR-02 Á SYÐRI-RAUÐAMEL, KOLBEINSSTAÐAHREPPI Borun, jarðlög, ummyndun, afkastapröfun og efnasamsetning vatns	<b>Upplag:</b> 50	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 23	
<b>Höfundar:</b> Guðmundur Ómar Friðleifsson Magnús Ólafsson Grímur Björnsson Halldór Ármannsson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Guðmundur Ómar Friðleifsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Úrvinnsla borholugagna	<b>Verknúmer:</b> 8-610385	
<b>Unnið fyrir:</b> Kolbeinsstaðahrepp		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er fjallað um greiningu jarðlaga í holu SR-02 við Syðri-Rauðamel í Kolbeinsstaðahreppi, og efnasamsetningu vatns og gass úr holunni, svo og um mælingar á hita og afköstum hennar. Tekin eru saman öll gögn um holu SR-02 og túlkuð m.a. í ljósi nýrra efnagreininga á vatni úr holunni. Holan var boruð með jarðbornum Ými í apríl/maí 1998 og er 445 m djúp. Efstu 28 m í holunni eru setlög, en þaðan er tertíer jarðlagastafi sem einkennist af setlögum neðan 240 m dýpis. Vandræði komu upp við borun í setlögum en í þeim eru stórar vatnsæðar. Holan er mjög vatnsgæf og gefur um 60 l/s af um 50°C heitu vatni. Ef það væri kælt niður í 20°C svaraði það til 5 MW í varma. Holunni má koma í sjálfrennsli með því að setja úttaksstút á holutopp. Efnagreining á borholuvatni sýnir að vatnið er ölkelduvatn og talsvert magn af gasi (kolsýru) berst með því til yfirborða. Efnasamsetningin bendir til að vatnið komi úr u.þ.b. 90°C heitu jarðhitakerfi. Ekki er hættá á kalkútfellingum við nýtingu en hættá á tæringu járn er fyrir hendi. Góðar líkur eru taldar á að 70-90°C heitt vatn fengist með dýpkun holu SR-02, eða í nýrri holu, 1000-1500 m djúpri.		
<b>Lykilorð:</b> Lághitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, afköst, hiti og efnasamsetning jarðhitavatns	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra</b>  <b>Yfirfarið af:</b> GÓF	

## **EFNISYFIRLIT**

ÁGRIP	3
1. INNGANGUR	4
2. BORSAGA	4
3. JARÐLÖG OG UMMYNDUN	7
4. TENGING JARÐLAGA VIÐ YFIRBORÐ	11
5. AFKASTAPRÓFUN Í MAÍ 1998	12
5.1 Hitamælingar	12
5.2 Rennslismælingar	13
6. PRÓFUN Í OKTÓBER 1998	15
7. EFNASAMSETNING VATNSINS	16
7.1 Niðurstöður efnagreininga	16
7.2 Umræða um efnagreiningar	16
8. LOKAORÐ	21
9. HEIMILDIR	23

## **TÖFLUSKRÁ**

Tafla 1. Staðsetning holu SR-02	5
Tafla 2. Mælingar gerðar 23. maí 1998	14
Tafla 3. Efnasamsetning vatns og gass	17
Tafla 4. Efnahiti vatns úr holu SR-02 og lauginni	18

## **MYNDASKRÁ**

Mynd 1. Staðsetning holu SR-02	6
Mynd 2. Jarðlagasnið af holu SR-02	9
Mynd 3. Hitamælingar í holu SR-02	13
Mynd 4. Vatnsborð í holu SR-02	15
Mynd 5. Mettunarstig ýmissa steinda við vatn úr holu SR-02	20
Mynd 6. Hlutfall vetnis- og súrefnissamsætna í vatni	20

## ÁGRIP

Í skýrslunni er fjallað um jarðlagagreiningu holu SR-02 við Syðri-Rauðamel, hita og afköst holunnar og um efnasamsetningu vatns og gass úr henni. Vandamál, sem rekja má beint til jarðlaga, komu upp í borun holunnar. Því var talið nauðsynlegt að reyna að átta sig sem best á jarðlagagerð ef í henni fælist lausn á svipuðum vandamálum sem upp gætu komið við dýpkun holunnar, eða við borun nýrrar holu.

Holan er 445 m djúp, fóðruð með steyptri 8 5/8" fóðringu niður í 157 m dýpi. Hún var boruð með 7 7/8" lofthamri niður á 245 m dýpi, og með 6 3/4" hjólakrónu þaðan og niður á botn holunnar.

Mislægi milli setlaga frá síðjökultíma og tertíers berggrunns eru á um 28 m dýpi. Tertíer hraunlög einkenna jarðlagastaflann þar fyrir neðan niður á um 240 m dýpi. Þaðan og niður á botn holunnar eru setlög um 60 % af jarðlagastaflanum. Þau tilheyra líklega svokallaðri Hrútaborgardeild, sem sést í Hrútaborg í Kolbeinsstaðafjalli. Jarðlagadeildin einkennist af óvenjuþykkum setlögum og er um 7,5-8 milljón ára gömul. Vandræði í borun tengdust setlögum, en jafnframt eru flestar vatnsæðar holunnar tengdar þeim.

Holan er firna vatnsgæf og gefur um 60 l/s af um 50°C heitu vatni, og er í sjálfu sér fjársjóður eins og hún er. Þessir 60 l/s gæfu um 5 MW í varma, ef þeir væru kældir niður í 20°C. Í staðinni holu er vatnsborð um 56 cm neðan við flans, um 32°C heitt. Holunni má koma í sjálfrennsli með því að setja úttaksstút á holutopp, um 20-40 cm neðan við flans. Einnig má "draga holuna upp" með slöngu ("hívert"). Við það hitnar hún og kemst nánast í sjálfrennsli miðað við flans.

Efnagreining á borholuvatninu sýnir að vatnið er ölkelduvatn og talsvert magn af gasi (kolsýru) berst með því til yfirborðs. Efnasamsetning vatnsins bendir til að það komi úr u.þ.b. 90°C heitu jarðhitakerfi, en á hvaða dýpi það er getur efnafræðin ekki sagt til um.

Góðar líkur eru taldar á að 70-90°C heitt vatn fengist með dýpkun holu SR-02, eða í nýrri borholu, 1000-1500 m djúpri. Mælt er með að hola SR-02 verði jarðlagamæld áður en til dýpkunar eða nýborunar kæmi, bæði til að fá nákvæmara mat á setlagabyggingu og svo útvíkkun holunnar vegna hruns úr setlögum. Til greina kæmi að rýma holuna út og koma fyrir lausri 7" hjálparfóðringu niður fyrir setlögin, og fjarlægja hana síðar ef dýpkun stæði ekki undir væntingum. Fyrirstaða er í holunni á 275 m dýpi og þyrfti að mylja hana niður með þungu lóði eða bor áður en frekar er aðhafst.

## 1. INNGANGUR

Fjallað var um forsendur jarðhitaleitar í Kolbeinsstaðahreppi í greinargerð Orkustofnunar "Jarðhitanýting í Kolbeinsstaðahreppi" (Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1997) sem byggðist að mestu á rannsóknum sem fóru fram fyrir um áratug (Helga Tulinius o.fl., 1991). Í framhaldi af því leitaði Kolbeinsstaðhreppur tilboða í borun rannsóknarholu. Á grundvelli þeirra var samið við Jarðboranir hf, sem buðu holu sem nýst gæti sem vinnsluhola, og jafnframt til dýpkunar með stærri bor ef á þyrfti að halda. Fjallað var um gæfni holunnar og líkur á heitara vatni í greinargerðum Orkustofnunar (Grímur Björnsson, 1998 og Guðmundur Ómars Friðleifsson, 1998). Aðalniðurstaða þeirra var sú að góðar líkur eru taldar á að 70-90°C heitt vatn megi fá með dýpkun holu SR-02 í 1000-1500 m dýpi, eða með borun annarrar holu.

Í þeirri skýrslu sem hér birtist eru öll gögn um holu SR-02 tekin saman og túlkuð, m.a. í ljósi nýrra efnagreininga á vatni úr holunni.

## 2. BORSAGA

Hola SR-02 við Syðri-Rauðamel var boruð af jarðbornum Ými í 445 m dýpi. Verkið tók 23 verkdaga á tímabilinu 18. apríl til 24. maí 1998.

Byrjað var á svokallaðri Holteborun, sem felst í því að fóðurrör fylgir eftir borkrónu í borun, og var sú aðferð notuð niður á 30 m dýpi. Borað var með 10 3/4" krónu. Samkvæmt borskýrslu var engin fyrirstaða niður á 7 m dýpi, og lítil sem engin niður á 10 m dýpi. Þaðan og niður á 27 m dýpi var borað í gegnum setlög og síðan komið í fast berg. Fóðringarendi er á 30 m dýpi. Volgt vatn kom í holuna á þessu bili, 6-8 l/s, 33°C heitt. Fóðringin var steipt, en steypa kom ekki upp. Annar verkdagurinn fór í þessa aðgerð. Þá var steipt utan með ofan frá. Miðað við þessa lýsingu kann steypa við fóðurrörið að vera léleg á köflum um miðbik fóðurrörsins, en viðunandi við botn og topp.

Þriðja verkdaginn var borað með 9 7/8" lofthamri í 101 m dýpi, og kom fljótlega vatn í holuna. Hæstur hiti (42,6°C) mældist á 35 m dýpi, og upp úr holunni komu 12-20 l/s af 42°C heitu vatni í lok dagsins. Fjórtða verkdaginn, eftir páska, var borað í 150 m dýpi, og daginn eftir í 180,5 m dýpi. Þar var ákveðið að fóðra. 8 5/8" fóðring fór í 157,5 m dýpi, og var hún steipt föst. Steypingin heppnaðist sem skyldi og dæmist vinnslufóðringin vera vel steipt.

Síðan var borað með 7 7/8" lofthamri niður á 245 m dýpi. Þar hætti lofthamar að vinna vegna mikils vatns sem kom inn í holuna á 238-245 m dýpi (10-15 l/s af 45°C), í lok 8. verk dags. Ákveðið var að skipta yfir í hjólakrónu borun og vatnsskolun, og var létt á vatnssúlunni með lofti allan tímann meðan á borun stóð eftir það. Frá 245 m í 445 m dýpi var borað með 6 3/4" borkrónu. Á 10. verkdegi var komið í brúnt millilag úr fínkorna

seti, á 276-286 m. Setið reyndist sérlega hrungjarnt og upphófust þá umtalsverð vandræði við borunina. Reynt var að styrkja jarðlögin með steypu. Á næstu 5 verkdögum var steyppt fjórum sinnum í holuna til styrkingar á holuveggnum og steypan síðan borað út aftur. Á 16. verkdegi virtust vandræðin að baki og tókst þá að bora áfram niður í 298 m dýpi, og næsta dag í 311 m dýpi. Næstu fjóra verkdaga boruðust síðan 25-37 m á dag og lauk borun á 21. verkdegi í 445 m dýpi. Vandræði vegna hruns og botnsfalls voru óveruleg en þeirra gætti þó allan tímann meðan á borun stóð. Vatn bættist í holuna er neðar dró. Í hitamælingum eftir mislöng borhlé mældust 48,6°C hiti á 304 m dýpi, 49,7°C á 360 m dýpi og loks 50,8°C á 400 m dýpi.

Á 22. verkdegi var holan loftdæld, og fengust úr henni um 60 l/s af 49°C heitu vatni með um 30 m niðurdrætti. Reynt var að hitamæla holuna eftir loftdælingu og reyndist þá vera fyrirstaða í henni á 275 m dýpi, en vatnið virtist eiga greiða leið fram hjá fyrirstöðunni. Í ljósi fyrri vandræða og steypinga var ákveðið að eiga ekki frekar við borholuna og lauk þar með borverkinu. Borinn var fluttur af staðnum daginn eftir á 23. verkdegi.







Við sýnatöku 12. nóvember var staðsetning holunnar mæld með GPS staðsetningartæki. Safnað var 174 mælipunktum og staðsetning síðan leiðrétt eftir á. Þannig fékkst svokölluð DGPS staðsetning og er hún sýnd í töflu 1. Staðsetning holunnar er sýnd á mynd 1.

**Tafla 1. Staðsetning holu SR-02.**

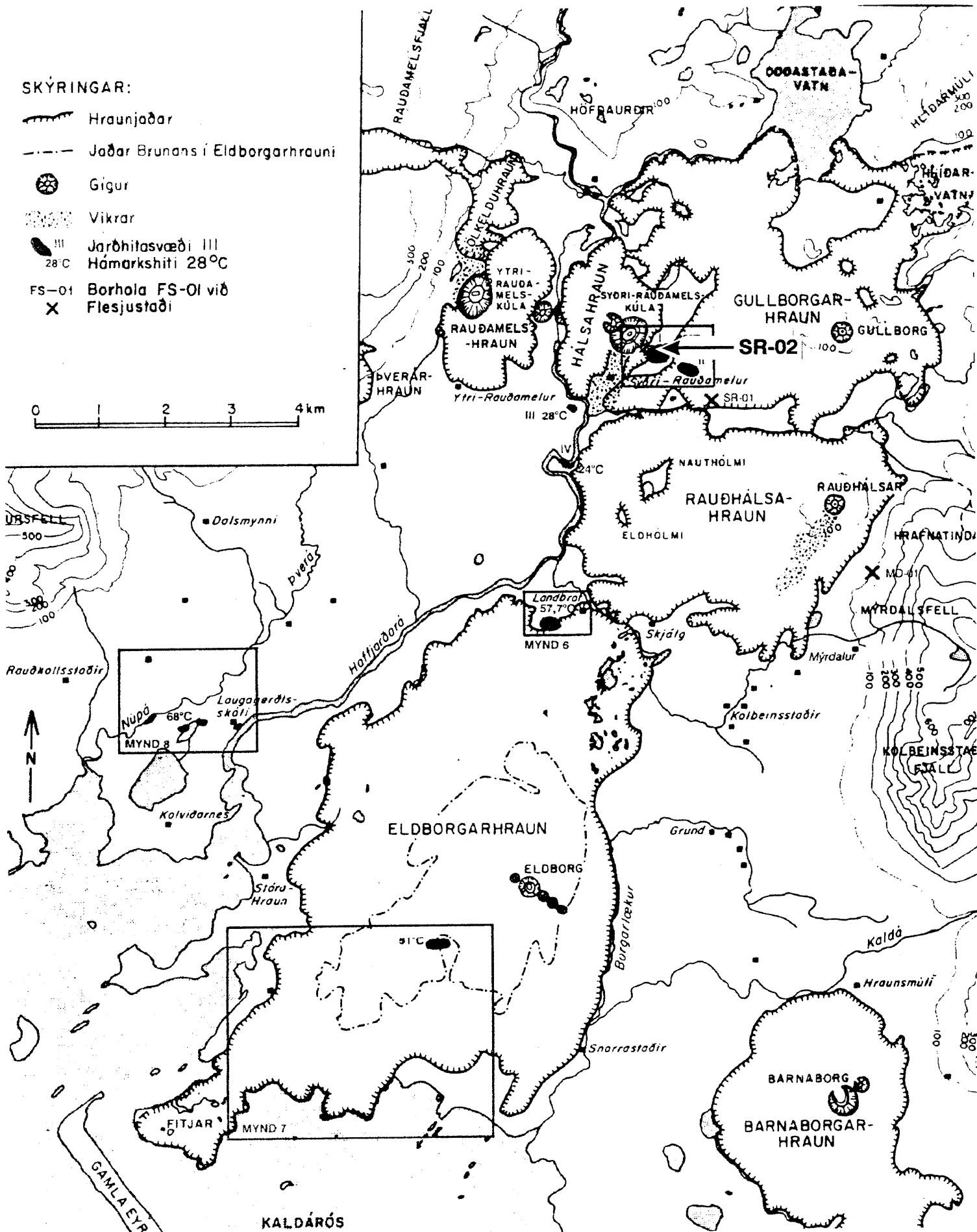
Staður	Hnatthnit er WGS-84			Fjöldi mælipunkta
	Breidd N - S	Lengd A - V	Hæð m y.s.	
SR-02	64°52'12,1889	22°17'00,8968	44	174



SKÝRINGAR:

-  Hraunjaðar
-  Jaðar Brunans í Eldborgarhrauni
-  Gigur
-  Vikrar
-  Jarðhitasvæði III  
28°C Hámarkshiti 28°C
-  Borhola FS-01 við Flesjustaði

0 1 2 3 4 km



Mynd 1. Staðsetning holu SR-02 á Syðri-Raudamel.  
Myndin er úr skýrslu Helgu Tulinius o.fl. 1991.

### 3. JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Jarðlagasnið af holu SR-02 er sýnt á mynd 2. Engin sýni fengust úr efstu 7 m holunnar, en skv. borstjóra kom dökk eðja, sandur og vikur upp úr holunni á þessu bili, og nær engin fyrirstaða var fyrir bornum. Fyrsta svarfsýnið var tekið á 8 m dýpi. Það er nær eingöngu úr kísil-hverahrúðri. Í því sést dálítið pýrít.

Næsta sýni, af 10 m dýpi, er úr fínkorna lagskiptu silti, 4-6 m þykkt lag. Neðan þess er misgrófkorna lagskipt set. Setlagið frá 10-26 m dýpi er hugsanlega allt frá upphafi nútíma og síðasta jökulskeiði. Hverahrúðrið á 8 m dýpi bendir til að jarðhitavirknin hafi byrjað snemma á nútíma. Vegna sýnaskorts er ekki hægt að spá frekar í þróunn jarðhitavirkinnar á nútíma, en jarðvegslög kunna að skýra dökku eðjuna sem bormenn lýsa.

Á 28 m dýpi var borað niður í gamlan berggrunn. Efsta hraunið er þrídíflótt, sprungið og sprungufyllt. Undir því er fyrsta rauðbrúna millilagið, á 32 m dýpi, síðan fínkornótt basalhraun, sprungið og sprungufyllt. Í því sjást grænar leirfyllur, kalsít í sprungum, kalsedón og jaspis. Undir því er 3-4 m þykkt ljósbrúnt fínkorna setmillilag. Þá þunnt basaltlag og síðan 8 m þykkur kargi sem er holufylltur með ýmsum gerðum útfellinga, m.a. stílbíti og heulandíti. Sprungufyllingar úr zeólítum og kísli sjást í sýni frá 56 m dýpi, og virðist þar vera opin vatnsæð sem gaf 10-15 l/s af 41,5°C heitt vatni.

Berggerð neðan mislægisins á 28 m dýpi gefur ótvírætt til kynna að komið sé niður í gamlan berggrunn frá tertíer tíma, þ.e. hraunlagastafla með millilögum af ýmsum gerðum. Zeólítaummyndunin, kalsedón, jaspis og grænn leir eru trúlega að mestu frá sama tíma, en kísilútfellingar, pýrít og kalsít gætu að hluta til verið útfellingar úr jarðhita frá nútíma. Dýpi á mislægið og hugsanleg kæling á jarðhitavatni ofan þess var eitt af því sem borholunni var ætlað að skera úr um. Hitamælingar sýna að einungis munar um 10°C á hita vatnsæða ofan og neðan mislægisins, og er því ekki um marktæka kælingu að ræða í ljósi þess að 45°C heitt vatn er á yfirborði. Von um að holan hitnaði umtalsvert neðan mislægisins brást því.

Óþarft hefði átt að vera að fjölyrða mikið um gamla tertíera berggrunninn. Neðan til í holunni er hann hins vegar mjög frábrugðinn venjulegum berggrunni af þessum aldri, því hér einkennist hann meira af setlögum en hraunlögum. Setlögin benda til langra hléa í gosvirkni. Svo sem fram kemur hér síðar eru setlögin álitin vera 7,5-8 milljón ára gömul.

Hraunin neðan mislægisins eru þóleiítgerðar, neðan 60 m sjást einungis hraunlög með kargalögum á milli, allt niður á 108 m dýpi. Þar er nokkura metra þykkt sandlag. Síðan taka við þrjú hraunlög niður á 138 m dýpi. Þaðan og niður á botn holunnar fara setlög á milli hraunlaga að einkenna jarðlagastaflann, og verða setlögin reyndar ráðandi berggerð neðan 240 m dýpis allt niður á botn holunnar, en einkum þó milli 240-370 m dýpis. Setlögin ollu umtalsverðum vandræðum í borun svo sem fram kemur í borsögu. Mikið vatn

bættist í holuna við setlagið á 240 m dýpi, og varð því að breyta um boraðferð neðan þess, hætta borun með lofthamri og taka upp hjólakrónuborun og vatnskölun. Flest setlaganna eru sérlega fínkornótt og gljáandi ásýndar, og hrungjörn í borun, einkum setlagið á 276-286 m dýpi. Svarfið sem upp kom var yfirleitt frekar gróft og gott til greininga. Svarfsýnin voru skoluð hrein og fengu síðan að þorna í sýnadósunum. Þau voru síðan bleytt upp aftur til skoðunar. Við það leystist mikill hluti fínkorna setsins nánast upp í duft og endurspeglar það kornasmæð setsins og gerð. Ef til djúpborunar eftir heitara vatni kemur á Syðri-Rauðamel, þá þarf trúlega að fódra þessi setlög af til að útiloka 50°C heita vatnskerfið frá holunni. Vatnsæðar koma fram á lagmótum í setlagastaflanum niður alla holuna, smáhitnandi er neðar dregur. Trúlega er best að bora niður úr setlögnum með hjólakrónu og þykku geli.

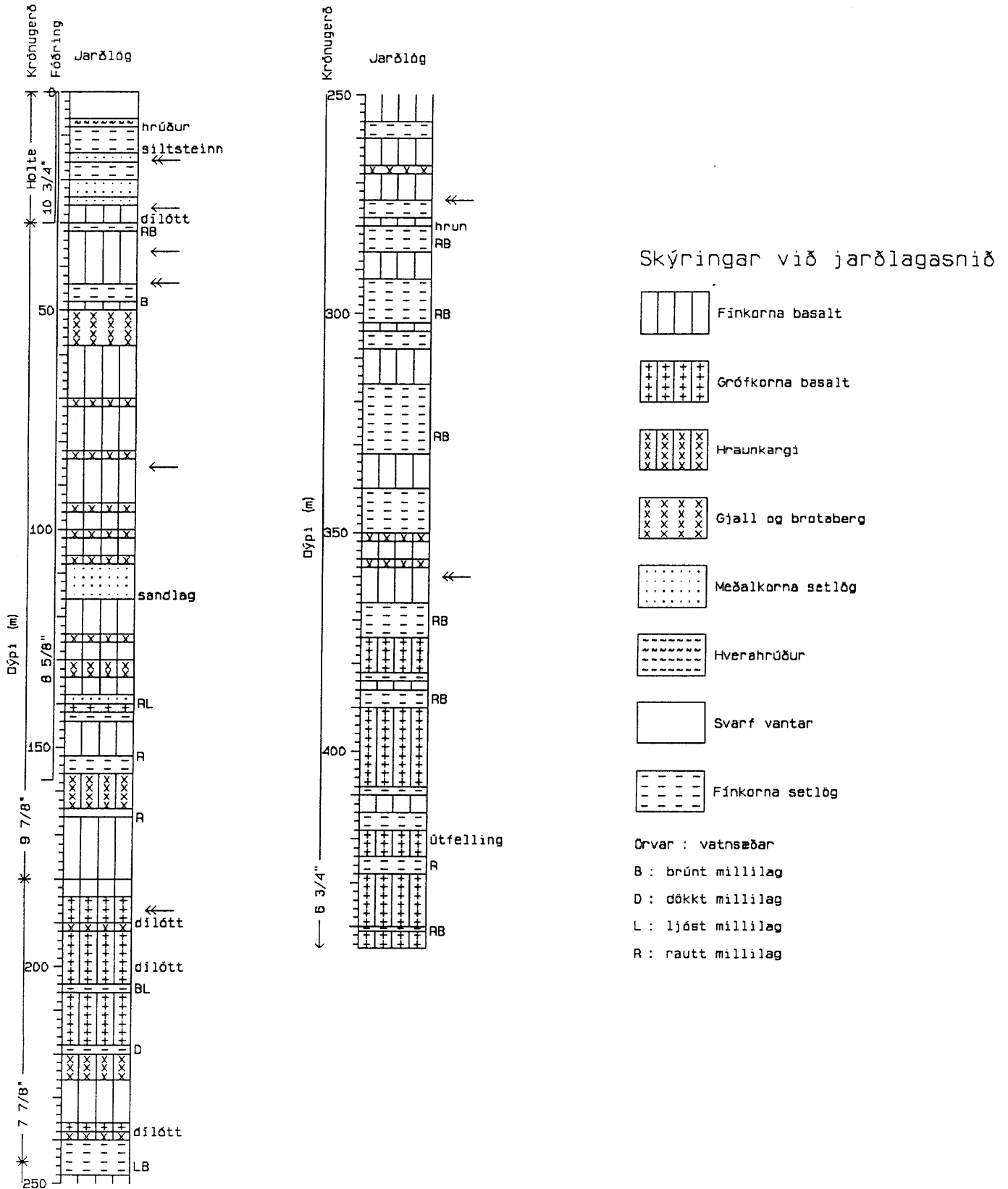
Í þeim tilgangi að auðvelda tengingu við jarðlög í öðrum borholum (til að finna hugsanleg misgengi milli holna) eða við jarðlög á yfirborði er rétt að geta nokkurra atriða. Tvö þykk og stöndug hraunlög eru á milli setlaga frá 164 m dýpi niður á 204 m dýpi. Það neðra er áberandi grófkornótt ólivín-þóleiít með díla úr feldspati og ólivíni.

Þykk setlög eru neðan 240 m (sjá mynd 2). Frá 262 m dýpi niður á 274 m dýpi eru tvö hraunlög, en síðan tekur við nær samfelldur setlagakafi niður á 350 m dýpi. Innan hans eru 5-6 hraunlög, öll um 2 m þykk nema eitt sem er um 6 m þykkt. Setlögin eru öll rauðbrún (RB) og lagskipt, með breytilega ásýnd milli sýna. Þá taka við tvö hraunlög niður á 366 m dýpi. Þaðan og niður á botn holunnar skiptast á setlög og hraunlög sem flest eru úr grófkorna ólivín-þóleiíti. Helstu zeólítar eru skólítesít, mesólít stilbít, heulandít, og lítilsháttar kabasít og mordenít. Jarðlagastafinn er því innan mesólít-skólítesít ummyndunarbeltis, sem bendir til 50-70°C svæðislægs hita fyrir mörgum miljónum ára. Laumontít, sem myndast við 110-120°C hita eða meir, finnst á 360-370 m dýpi og gæti hugsanlega tengst uppstreymi á mun heitara vatni fyrir á tímum. Nærtækast er að tengja það við vatnið sem leiddi til hverahrúðurs á yfirborði snemma á nútíma.

Í samantekt, þá einkennist efri hluti holunnar, neðan mislægisins niður á 240 m dýpi, af hraunlögum með hraunkörgum á milli hraunlaga og stökum setlögum. Þann hluta holunnar mætti kalla nokkuð dæmigerðan tertíeran hraunlagastafla. Neðri hluti holunnar einkennist hins vegar af setlögum sem eru um 60 % af um 200 m þykkum jarðlagastafla, sem er óvenju mikið og þarfnast frekari umræðu, bæði hvað mannvirkið sjálft varðar, og svo vegna þess að svo þykk setlagasyrpa ætti að finnast á yfirborði austar í sveitinni og vikið er að síðar. Dílótt ólivínbasalt er ofan við setlögin og ólivín þóleiít hraun eru áberandi neðst í syrpu.

Í borsögu kemur fram að umtalsverð vandræði urðu í borun vegna hrungjarnra setlaga eftir að 276-286 m dýpi var náð. Eftir 5 verkdaga hafði tekist að styrkja holuveggi nægjanlega með steypu þannig að hægt var að bora áfram. Eftir það gekk borun að heita má snurðulaust fyrir sig. Samkvæmt borskýrslu varð þó vart við dálítið hrun úr holuveggjum öðru hvoru í borun, og lítilsháttar botnfall mældist á hverjum morgni þar til borun lauk.

# Syðri Rauðamelur Hóla SR-02 Kolbeinsstaðahreppur



Mynd 2. Jarðlagasnið í holu SR-02.

Ein hver blöndun svarfs er því óhjákvæmileg. Hrun og blöndun svarfs getur þó tæplega skýrt öll þau kynstur af setlögum sem svarfsýnin gefa til kynna að séu þarna á umræddu dýptarbili. Ásýndarbreytingar sáust í setkornum svarfsýnanna og lítið sem ekkert er af steypukornum í svarfinu. Svarfsýnin eru því talin gefa nokkuð raunverulega mynd af jarðlögunum sem holan sker, þó að setlagabykkt sé með ólíkindum. Hins vegar væri skynsamlegt, og í rauninni nauðsynlegt að jarðlagamæla holuna áður en til frekari borana kemur. Jarðlagamæling ætti að geta gefið nákvæmari mynd af setlagastaflanum og víddarmæling gæfi mynd af útvíkkun holunnar vegna hruns úr holuveggjum. Áður en til mælinga kæmi þyrfti að mylja niður fyrirstöðu sem er á 275 m dýpi, með bor ef þungt lóð dugar ekki.

#### 4. TENGING JARÐLAGA VIÐ YFIRBORÐ

Ef litið er til tertíera jarðlagastaflans í Kolbeinsstaðafjalli, en jarðlögunum hallar til norðvesturs sem kunnugt er, þá eru ekki til birt jarðlagasnið af jarðlastaflanum þar Hnappadalismegin. Hins vegar er til ágæt BS-prófrítgerð um jarðlagaskipan Fagraskógarfjalls og Vatnshlíðar í Hítardal (Kristín Vala Ragnarsdóttir, 1979) og jarðlagasnið þar teygja sig m.a. upp á Hrútaborg og Hróbjargarstaðafjall. Kristín Vala skipti jarðlagasyrpanum í deildir þar sem Fagraskógarfjallsdeild er neðst, um 350 m þykk, með um 0,7 % af setlögum. Þar yfir er Steinahlíðardeild sem gerð er úr 7 hraunasyrpum úr ólivín-þóleíti, dyngjubasalti og einu áberandi dílóttu hraunlagi, samtals 25 hraunlögum. Deildin er um 370 m þykk og þar af eru setlög um 3 %.

Mislæg á Steinahlíðardeild legst Hrútaborgardeild, sem gerð er úr tveimur syrpum, dílabasalti og svo "bland"syrpu, sem Kristín kallar svo, af ólivínbasalti og þóleíti. Syrpan er um 130 m þykk í Hrútaborg, og þar af eru setlög um 12 %. Deildin þykknar norður eftir dalnum og verður mest 270 m í miðri Vatnshlíð, og eru setin þar einungis um 1,5 % staflans. Það bendir til að eldvirkni hafi verið meiri norðan til á svæðinu en sunnan. Ofan á Hrútaborgardeild leggst síðan Vatnshlíðardeild, úr 11 syrpum úr ólivínbasalti (3 syrpur), dyngjubasalti (5 syrpur), dílabasalti (2 syrpur) og "blandsyrpu" (1 syrpa). Deildin er um 750 m þykk, gerð úr 45 hraunlögum. Setlög eru einungis um 2 % syrpannar.

Af ofanskráðu er nokkuð ljóst að þykku setlögin sem finnast í borholunni við Syðri-Rauðamel tilheyra Hrútaborgardeildinni, sem Kristín Vala taldi vera 7,5 til 8 milljón ára gamla, og marka setlögin löng goshlé sunnan til á Hnappadalssvæðinu. Syrpan þykknar til norðurs, sem þýðir að setlögin eru meira áberandi sunnan til. Jarðlagahalli er NV-lægur. Jarðlög í 700-800 m hæð í Hrútaborg í Kolbeinistaðfjalli eru skamkvæmt ofansögðu komin niður fyrir 240 m dýpi við Syðri-Rauðamel, sem svarar til að jarðlagahalli sé um 9°, og er þá ekki reiknað með misgengjum. Fjölmörg misgengi með NA-SV, N-S og SA-NV eru þekkt á svæðinu þar sem sést í berggrunninn. Samkvæmt Kristínu Völu er jarðlagahalli neðst í Fagraskógarfjalli milli 10-15° og smáminkar uppávið og er um 6° undir 6-7 milljón ára gömlu mislægi. Að samanlögðu mælir jarðlagahalli, vitneskja um fjölmörg misgengi á landsvæðinu og berggerð því ekki gegn því að tengja saman Hrútaborgardeildina og setlögin í Syðri-Rauðamelsholunni.

## 5. AFKASTAPRÓFUN Í MAÍ 1998

Hola 2 var hita- og afkastamæld 23. maí 1998. Niðurstöðum var lýst í greinargerð Orkustofnunar "Afkastaprófun holu SR-2, Syðri-Rauðamel, í maí 1998" (Grímur Björnsson, 1998) sem hér fer að mestu óbreytt á eftir. Daginn áður lauk jarðborinn Ýmir við að bora holuna í 445 m dýpi. Hún er fódruð með 8" (8 5/8" utanmál) röri í 150 m, þaðan var borað með 7 7/8" lofthamri í u.þ.b. 270 m. Þar komu góðar æðar í holuna og því var skipt í borun með 6 3/4"hjólakrónu, vatni og lofti.

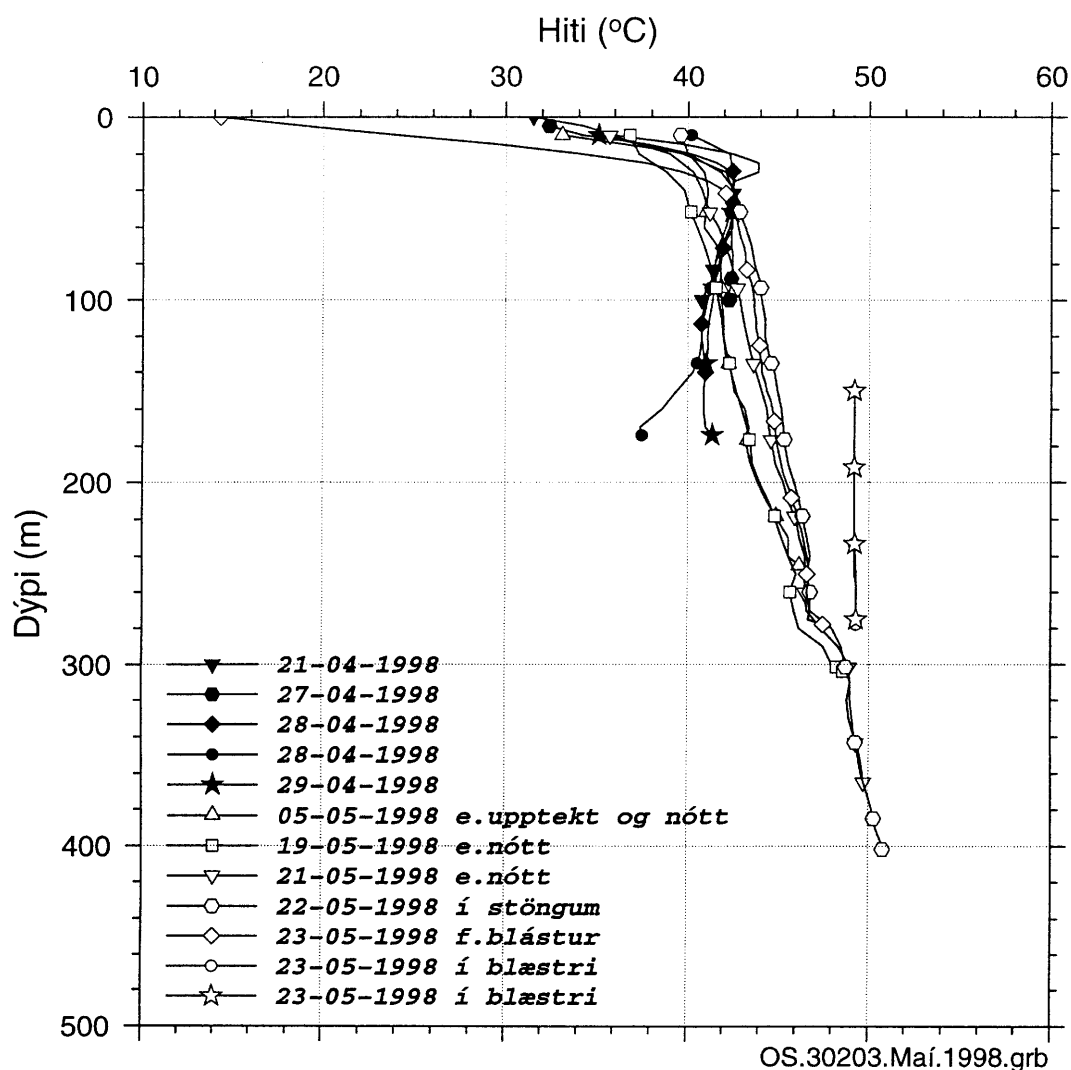
Mælingarnar á holu 2 voru tvenns konar. Annars vegar var samhangandi hita- og þrýstimæli slakað niður í holuna og tólin höfð þar meðan lofti var blásið niður um 133 m langan borstreng. Með því móti fékkst vitneskja um hvorttveggja, hita- og þrýsting í dælingu (blæstri). Á yfirborði var svo mælt rennslið og hitinn úr holunni svo og rennsli úr efri hluta laugar sem er skammt sunnan við holuna. Ekki var þrautalaust að mæla rennslið í blæstri sökum magns og þrengsla. Með góðri aðstoð gröfu og bormanna tókst samt að koma upp V-laga sniði sem mældi rennslið úr holunni með ágætum.

### 5.1 Hitamælingar

Mynd 3 sýnir hitamælingar sem safnast hafa um holu 2, ýmist gerðar af bormönnum eftir því sem holan dýpkaði, eða með mælingabíl Orkustofnunar. Því miður reyndist fyrirstaða vera í holu 2 eftir upptekt borstrengs, þ.a. ekki var hægt að mæla dýpra en í 275 m dýpi. Hitamælingarnar á mynd 3 sýna þó tvær æðar í holunni, aðra á u.þ.b. 270 m dýpi sem er 46-47°C heit, en hina á u.þ.b. 360 m dýpi, 49°C heita. Auk þess er vitað um æð á 240 m dýpi sem gaf kringum 10-15 l/s í venjulegri loftborun. Hún var steypd af.

Seinni tvær hitamælingarnar, frá 23. maí, sýna svo hitann í holunni í því tæplega 60 l/s rennsli sem úr henni kom. Skemmst er frá því að segja að hitinn er jafn og stöðugur og stóð í 49,2-49,3°C allan tímann, hvort sem mælt var í 150 eða 270 m, eða þar á milli. Þetta er u.þ.b. 3°C hærri hiti en mældist í æðinni á 270 m. Hér má grípa til þriggja skýringa. Ein er að allt vatnið komi úr 360 m æðinni. Önnur er að tvær til þrjár æðar skili lunganum af vatninu sem kom úr holunni. Er sú grynnsta á 270 m dýpi, miðæðin er á 360 m en sú dýpsta niður við holubotn, 52-53°C heit. Til samans skila þær 49°C vatni. Þriðja skýringin er svo sú að allar sæki æðarnar vatn í sömu velleiðandi sprunguna þar sem um og yfir 50° vatnshiti er ríkjandi.

Framlenging holuhitans, milli 300 og 400 m dýpis, bendir til u.þ.b. 70°C vatnshita í 1000 m dýpi. Dýpkun holunnar sýnist því vænlegur kostur fýsi menn í hærri vatnshita.



Mynd 3. Allar hitamælingar gerðar í holu 2, Syðri-Rauðamel.

## 5.2 Rennslismælingar

Rennsli og vatnshiti í holu 1 var mælt á 15-30 mínútna fresti þær 5 klukkustundir sem prófunin stóð. Eins var fylgst með hita og þrýstingi niðri í holunni, svo og þrýstingi þess lofts sem blásið var niður 133 m langan borstrenginn. Tafla 2 sýnir mælingarnar þær sem söfnuðust á yfirborði.

Á mynd 4 er búið að teikna vatnsborð holunnar í blæstri, reiknað út frá þeim þrýstingi sem mældist niðri í holunni. Vatnsborðinu ber mjög vel saman við þann þrýstingi sem var á loftpressu og lengd stanga. Gefur fyrri aðferðin 35 m vatnsborð en hin síðari um 32 m. Geta má þess að þrýstingur niðri í holunni var áberandi stöðugur og jafn allan tímann og er það jákvætt gagnvart langtímavinnslu.

Sá 35 m niðurdráttur sem mældist í holu 2 í tæplega 60 l/s dælingu er óvenju lágur og ber hárrí lekt jarðlaga vitni. Mælingin ýtir undir væntingar um að töluvert afkastamikil jarðhitakerfi séu til staðar í Hnappadalnum. Þess má til gamans geta að ef 60 l/s flaumur-



**Tafla 2.** Mælingar gerðar á yfirborði í prófun holu 2 þann 23. maí 1998.

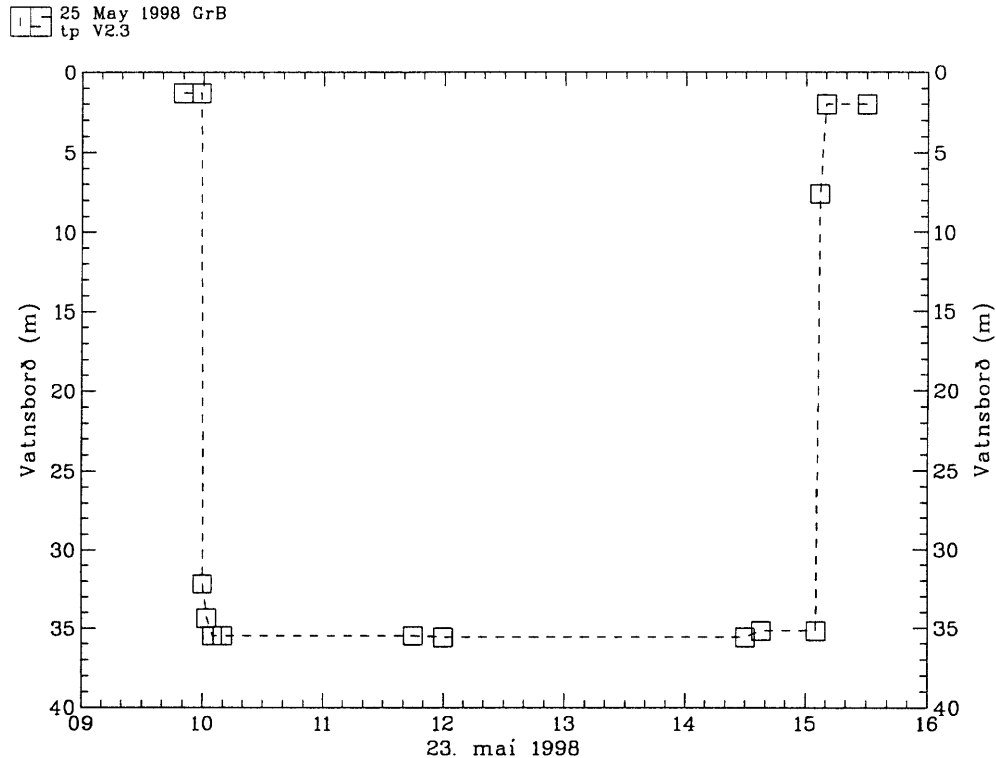
Tími dags	Hiti á 145 m (°C)	Hiti á 250 m (°C)	Þrýst. á loftpressu (bör-y)	Hæð í v-sniði (cm)	Rennsli í efri laug (l/s)	Athugasemdir
09:51 09:57	44,4					Gert klárt Byrjað að blása
10:00 10:10 10:20 10:30 10:50	48,9 49,1 49,2 49,2 49,2		10,4 10,3 10,2 10,2 10,2			Lón og v-snið í smíðum
11:00 11:25 11:45	49,2 49,2 49,2		10,2 10,2 10,2		0,42  0,39 0,39	
12:00 12:30 13:00 13:30 14:00 14:30		49,3 49,3 49,3 49,3 49,3 49,3	10,15 10,15 10,15 10,15 10,15 10,15	27,5 27,5 27,5 27,5 27,5 27,5	0,36 0,35 0,41 0,44 0,40 0,36	V snið klárt  súldar hressilega
14:45 15:00 15:05 15.30	49,2 49,2 49,2		10,15 10,15 0,0	27,5 27,5		Drepið á Híft úr holu vatnsborð á 2 m

*Vatnshæðin 27,5 cm í V-sniði jafngildir u.þ.b. 55 l/s rennsli. Nokkuð slapp af vatni úr lóninu sem mælt var í svo og með stíflunni, þ.a. 60 l/s telst sennilegt rennsli úr holunni þennan dag.*

inn úr holunni væri kældur um 20°C, skilaði það kringum 5 MW í varma.

Jafn og stöðugur álestur átti reyndar við um öll þau mæligildi sem safnað var. Undantekningin gæti verið laugarsytran sunnan holu 2, en breytingar í rennsli hennar eru líklega fremur af völdum úrkomu en holudælingar. Í heild sinni má því segja að viðbrögð holu 2 við dælingu séu óvenjulega jákvæð og lofandi. Þann fyrirvara verður þó að gera að hugsanlega kemur hluti vatnsins ofan frá að holunni en ekki að neðan. Mun þá blandan kólna í langtímaavinnslu. Auðvelt er að skera úr um hvort og þá í hve miklum mæli slíkt „kalt“ innstreymi verður, einfaldlega með margra vikna- eða mánaða dælingu þar sem vel yrði fylgst með vatnshita og efnainnihaldi.

Tekið var sýni af holuvatninu til frekari greiningar á Orkustofnun.



**Mynd 4.** Vatnsborð í tæplega 60 l/s dælingu, reiknað út frá þrýstingi niðri í holu 2. Vatnshitinn var 49,2-49,3°C allan tímann og rennslið var sömuleiðis mjög stöðugt í prófinu.

## 6. PRÓFUN Í OKTÓBER 1998

Um miðjan október 1998 var hola dregin upp í rennsli með langri lofttæmdri slöngu ("hívert"). Vatnsborð í holunni var á 56 cm dýpi neðan við flans þegar að var komið, vatnið var 32,3°C heitt og sáust ekki gasbólur í því. Holunni tókst að koma í sjálfrennsli og var vatnið látið renna í baðlaugina. Rennsli úr 1" slöngu var um 30 l/mín í byrjun, en minnkaði síðan í um 20 l/mín og hitnaði. Jafnframt hækkaði vatnsborð í holunni næstu daga á eftir og endaði með því vatn fór að renna frá holutoppi milli flans og holuloks (45,7°C heitt), en síðan stóð hún sléttfull. Því er ljóst að koma má holunni í sjálfrennsli með því að setja úttaksstút 20-40 cm neðan við núverandi flans, eða á hentugu dýpi í borplaninu, og er líklegt að vatnshiti fari fljótlega í 50°C með auknu sjálfrennsli.

## 7. EFNASAMSETNING VATNSINS

Frá 18. október til 12. nóvember 1998 var holan látin sjálfrenna um slöngu, sem lá út í baðlaug nokkru neðan við holuna. Þá var tekið sýni og slangan fjarlægð. Rennsli hafði verið um 20 l/mín allan tímann. Auk þess rann upp úr holunni um 47°C heitt vatn við flans þegar loftþrýstingur var lágur, en við háan loftþrýsting stóð holan sléttfull. Vatns-sýnið er því talið gefa jafngóða mynd af holuvatninu sem holan væri í nýtingu.

Starfsmenn Orkustofnunar tóku sýni af vatni og gasi úr holu SR-02 þann 12. nóvember 1998. Sýninu var dælt upp af 5 m dýpi, vatnsborð stóð 14 cm neðan við holutopp, en vatn rann frá holunni eins og líst er hér að ofan. Auk þessa sýnis var tekið sýni til grein-inga á nokkrum eignum samhliða blástursprófun 23. maí 1998.

### 7.1 Niðurstöður efnagreininga

Hiti vatns og styrkur brennisteinsvetnis ( $H_2S$ ) var mælt samhliða sýnatöku 12. nóvember, sýrustig og karbónat í vatni daginn eftir, en önnur efni í vatni og gasi voru greind síðar á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar. Hlutfall samsætna vetnis ( $\delta D$ ) og súrefnis ( $\delta^{18}O$ ) var mælt á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður á efnagreiningum sýn-anna eru sýndar í töflu 3. Til samanburðar eru einnig sýndar niðurstöður efnagreininga á tveimur sýnum úr lauginni að Syðri-Rauðamel. Fyrra sýnið var tekið í maí 1977, reyndar var gasið tekið í júní sama ár, en síðara sýnið var tekið í september 1989 (Helga Tulinius o.fl., 1991).

### 7.2 Umræða um efnagreiningar

Í töflu 3 sést að efnasamsetning vatnsins úr holu SR-02 er í öllum meginatriðum áþekk efnasamsetningu vatns úr lauginni. Niðurstöður efnagreininga á sýni úr lauginni voru túlkaðar í skýrslu Orkustofnunar 1991 (Helga Tulinius o.fl., 1991) og virðist það sem þar var sagt um efnafræði jarðhitavatns frá Syðri-Rauðamel eiga ágætlega við um vatnið úr holu SR-02.

Það sem helst einkennir vatnið úr holu SR-02 og lauginni á Syðri-Rauðamel er hár styrkur kalsíums, en þó einkum hár styrkur magnesíums, sem er mjög óvenjulegt um svo heitt vatn. Hefur hann veruleg áhrif á efnafræðilega eiginleika vatnsins, svo sem útfell-ingagetu ýmissa steinda. Sé forritinu CHILLER (Reed, 1991) beitt til útreikninga fæst að við lægri hita ætti nær eingöngu að falla út steindin dólómít ( $CaMg(CO_3)_2$ ), með spori af síderíti ( $FeCO_3$ ) og magnesíti ( $MgCO_3$ ), en ekki kalsít ( $CaCO_3$ ) öðru nafni kalk. Ef reiknuð er yfirmettun hveirrar steindar fyrir sig með SOLVEQ (Reed, 1991) eða WATCH (Stefán Arnórsson, o.fl., 1982) fæst að vatnið er nokkuð yfirmettað með tilliti til kalsíts. Það er ekki yfirmettað m.t.t. ópals ( $SiO_2$ ) fyrr en við rúmlega 20°C og gætir þar eflaust áhrifa talks ( $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ), en vatnið reiknast yfirmettað m.t.t. þess og því meir sem hitinn er hærri.

**Tafla 3.** Efnisamsetning vatns og gass á Syðra-Rauðamel.

Staður	SR-02	SR-02	Laug	Laug
Dags.	1998.11.12	1998.05.23	1989.09.27	1977.05.03
Númer	1998-0579	1998-0305	1989-0075	1977-0073
<b>Vatn (mg/l)</b>				
Rennsli (l/s)	-	-	-	0,5
Hiti (°C)	43,2	49	39,3	41,5
Uppleyst súrefni (O <sub>2</sub> )	0,05	-	-	-
Sýrustig (pH/°C)	6,4/21,2	-	6,3/21,7	6,6/20
Karbónat (CO <sub>2</sub> (t))	1939	-	1886	1793
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	<0,03	-	<0,03	<0,03
Leiðni ((μS/cm)/°C)	2220/25	-	1978/25	1923/25
Bór (B)	0,37	-	0,44	-
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	170,1	188,8	159,4	181,0
Natríum (Na)	256	-	239	247
Kalíum (K)	7,0	-	5,6	5,7
Magnesíum (Mg)	131	97,4	91,8	104
Kalsíum (Ca)	163	131	93,9	165
Flúoríð (F)	0,17	-	0,043	0,05
Klóríð (Cl)	38,9	43,5	38,9	45,4
Nítrat (NO <sub>3</sub> )	-	-	0,04	-
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	50,9	-	40,6	43,8
Ál (Al)	0,002	-	<0,001	-
Mangan (Mn)	0,212	-	0,15	-
Járn (Fe)	3,73	-	<0,025	3,6
Uppleyst efni	1464	-	851	
δD (‰ SMOW)	-65,6	-	-	-
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-9,53	-	-	-
<b>Gas (rúm-%)</b>				
Númer	1998-0579	1998-0305	1989-0075	1977-0096
Kolsýra (CO <sub>2</sub> )	91,12	-	-	96,4
Köfnunarefni (N <sub>2</sub> )	8,6	-	-	-
Metan (CH <sub>4</sub> )	0,02	-	-	-
Súrefni + argon (O <sub>2</sub> + Ar)	0,26	-	-	3,6

Hraði útfellinga dólómíts er mjög lítil og ekki við slíkum útfellingum að búast, heldur gæti vatnið haldist yfirmettað öldum og árpúsundum saman. Ekki er ástæða til að gera ráð fyrir að kalsít eða aragónít, sem er kristalbrigði af kalsíti, falli út heldur.

Óljóst er hvers vegna styrkur magnesíums í vatninu er svo hár, en eflaust tengist það hinu mikla koldíoxíði og tiltölulega lága sýrustigi vatnsins. Ekki er vitað um magnesíumríkt berg á þessum slóðum, en í holunni eru þykk setlög. Gætu þau geymt skeljar sem kynnu að vera magnesíumríkar. Ekki er víst að slík magnesíumupptaka fari fram á öllu svæðinu þar sem kísill ætti ekki að falla út úr slíku vatni, en kísilhrúður hefur fundist í töluverðum mæli á svæðinu.

Ýmsar aðferðir hafa verið notaðar til að segja fyrir um hita vatns í jarðhitakerfum út frá niðurstöðum efnagreininga á vatni úr laugum eða borholum. Er þá gert ráð fyrir að efnastyrkur vatnsins endurspegli jafnvægi milli bergrunns og vatns djúpt í jörðu, og að engin eða lítil efnaskipti eigi sér stað milli vatns og bergs á leið vatnsins til yfirborðs. Hér á landi hefur mest verið stuðst við svokallaða kísil- og alkalíhitamæla í þessum tilgangi. Kísilhitamælum má skipta í tvennt; kalsedón-hitamælinn og kvars-hitamælinn. Í fyrra tilvikinu er gengið út frá því að styrkur kísils í vatninu sé í jafnvægi við kísilsteindina kalsedón, en í því síðara að það sé í jafnvægi við kísilsteindina kvars. Kalsedón-hitamælirinn hefur verið notaður með ágætum árangri á lághitasvæðum, en kvars-hitamælirinn á háhitasvæðum. Er þá gengið út frá þeirri almennu skilgreiningu að á háhitasvæðum sé hiti hærri en 150°C á 1000 m dýpi, en lægri en á lághitasvæðum. Efnahiti samkvæmt ofangreindum efnahitamælum hefur verið reiknaður fyrir sýnin úr holu SR-02 og úr lauginni á Syðra-Rauðamel og er sýndur í töflu 4. Þar er rétt að líta annars vegar á kalsedónhita, sem reiknast um 150°C og hins vegar alkalí-hita, en hann reiknast um 100°C. Ópalhiti vatnsins, sem segir til um það við hvaða hita myndlaus kísill (ópall) fer að falla út úr vatninu, reiknast um 20°C, en það er nærri mældum hita í holunni og lauginni.

**Tafla 4.** Efnahiti vatns úr holu SR-02 og lauginni.

Staður Númer	SR-02 1998-0579	Laug 1989-0075	Laug 1977-0073
Ópal-hiti	46	42	45
Kalsedón-hiti	151	147	155
Kvars-hiti	160	155	164
Alkalí-hiti	106	98	98

Hár styrkur kísils gæti stafað af því að vatnið rennur um kísilútfellingar (hverahrúður) á kólnandi jarðhitasvæði. Þetta veldur síðan óeðlilega háum kalsedónhita. Líklegra er að alkalí-hiti sé nær réttum hita í undirliggjandi jarðhitakerfi, líklega um 100°C. Á það hefur

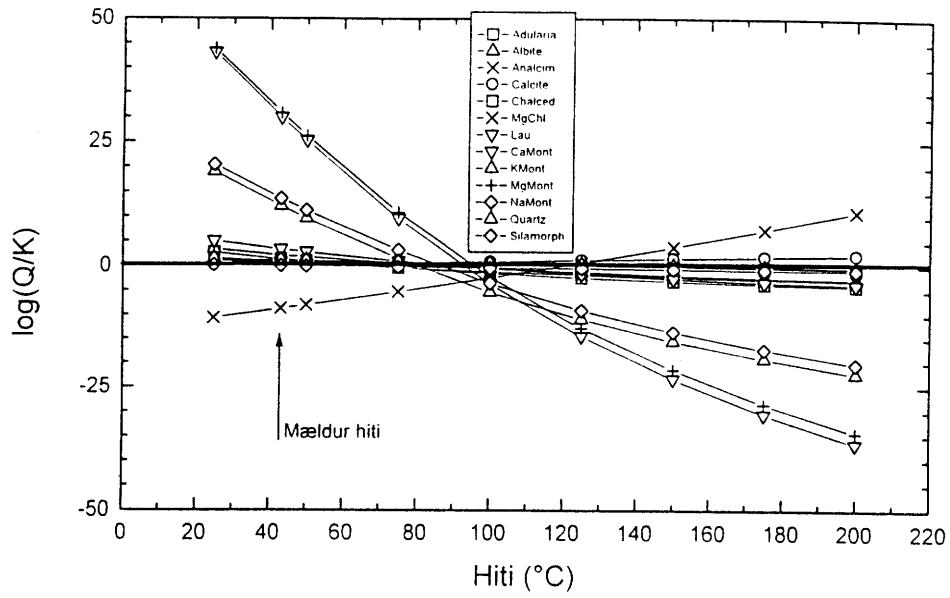
verið bent, út frá hitamælingum í holu SR-02 (mynd 3), að talsverðar líkur séu á 80 til 90°C heitu vatni í jarðhitakerfinu á Syðra-Rauðamel, á 1500 m dýpi. Þannig ber reiknuðum efnahita (alkalí-hita) sæmilega saman við áætlaðan hita í jarðhitakerfinu út frá mældum hita í holunni.

Hita í jarðhitakerfi má meta með því að skoða jafnvægi steinda, sem líklegt er að finnist í jarðhitakerfinu, við mismunandi hitastig. Það er gert á sama hátt og þegar metunarstig og útfellingahætta einstakra steinda er metinn líkt og lýst var hér að ofan fyrir kalk. Slíkir útreikningar hafa verið gerðir fyrir vatn úr holu SR-02 fyrir all nokkrar steindir og eru niðurstöður sýndar á mynd 5. Af myndinni má draga þá ályktun að vatnið í jarðhitakerfinu geti verið í jafnvægi við berggrunn þar sem hiti er  $90 \pm 20^\circ\text{C}$ .

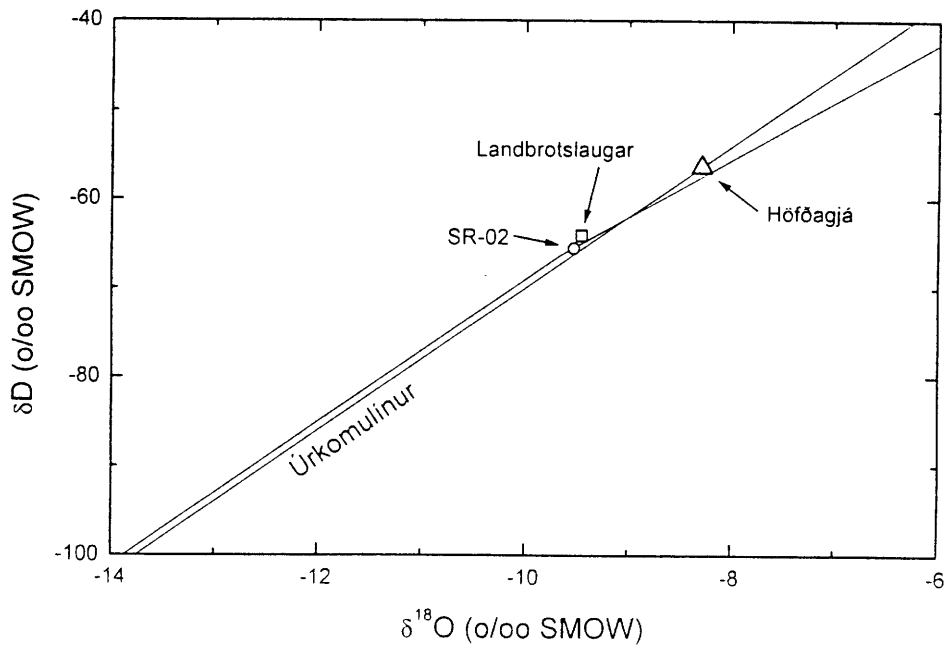
Hvað varðar hættu á tæringu málma við nýtingu vatnsins þá kemur þar helst tvennt til. Í fyrsta lagi má búast við tæringu járn af völdum frjálstrar kolsýru, en styrkur hennar í vatninu er hár. Í öðru lagi þá mældist uppleyst súrefni í vatninu við holutopp, eins og sést í töflu 3. Styrkur þess mældist reyndar ekki hár, og hugsanlegt er að um andrúmsloftmengun geti verið að ræða í opinni holunni. Með góðum frágangi við holutopp er trúlega unnt að útiloka slíka mengun. Súrefni í vatni er skaðlegt járn og þó styrkurinn hafi mælst lágur þá er hann nógu hár til að valda tæringu smátt og smátt. Þar sem ekkert brennisteinsvetni ( $\text{H}_2\text{S}$ ) mælist í vatninu þá er unnt að nota eir og kopar við nýtingu þess.

Niðurstöður mælinga á hlutfalli vetnis- og súrefnissamsæta (mynd 6) bendir til þess að vatnið í holu SR-02 og Landbrotslaugum, eigi uppruna sinn sem úrkoma sem hefur fallið á hálendið norður og austur af Hnappadal (Bragi Árnason, 1976). Hverjar rennislisleiðir vatnsins eru þaðan er ekki unnt að segja um.

Tafla 2 sýnir að gasið sem upp kemur með jarðhitavatninu, hvort sem er í holu SR-02 eða lauginni, er að meginuppistöðu kolsýra ( $\text{CO}_2$ ). En við því má reyndar búast þegar ölkelduvatn er annars vegar. Aðrar gastegundir sem mælast eru köfnunarefni og súrefni, líklega ættuð frá andrúmslofti.



Mynd 5. Mettnarstig ýmissa steinda í vatni úr holu SR-02.



Mynd 6. Hlutfall vetnis- og súrefnissamsæta í vatni.

## 8. LOKAORÐ

### Helstu niðurstöður jarðlagagreiningar holu 2 eru:

- Mislægi er á 28 m dýpi. Gamall berggrunnur er undir en setlög frá lokum ísaldar og nútíma yfir. Hverahrúður á 8 m dýpi bendir til að jarðhitaflæði til yfirborðs hafi byrjað snemma á nútíma.
- Von um að jarðhitavatnið hitnaði strax neðan við mislægið brást.
- Gamli berggrunnurinn er talin vera 7,5 til 8 m ára gamall.
- Svökölluð þóleiít-basalthraun einkenna staflann niður á um 140 m dýpi.
- Þaðan fara setlög að milli hraunlaga að einkenna jarðlagastaflann og einkum milli 240 og 370 m.
- Stór vatnsæð kom í holuna á 240 m dýpi á lagmótum setlags og hraunlags og síðan bættust fleiri vatnsæðar við, líklega á lagmótum innan setlaganna.
- Ummyndun bergsins er í svökölluðu mesólít-skólesít zeólítabelti sem myndast við 50-70 C hita.
- Laumontít fannst á milli 360-360 m dýpi. Laumontít myndast við lágmarkshita milli 110-120 C, og gæti það bent til að mun heitara vatn hafi streymt upp til yfirborðs fyrr á tímum, t.d. í byrjun nútíma þegar mest af hverahrúðrinu varð til á yfirborði.
- Umtalsverð vandræði urðu í borun eftir að komið var í hrungjarnt setlag neðan 274 m dýpis, og þurfti að margsteypa í holuna til að hægt væri að bora áfram.
- Æskilegt er að holan verði jarðlagamæld til að fá nákvæmara mat á setlögin og hruns úr þeim. Mylja þurfti stein á 275 m dýpi með bor áður en til þess kæmi, en steinninn kann að vera kominn úr næsta hraunlagi ofan við hrungjarna setið. Fyrirstaðan í holunni á 275 m virðist ekki valda rennslistregðu á vatni neðar í holunni svo sem fram kemur neðar.

### Helstu niðurstöður afkastaprófana á holu 2 eru:

- Holan skilar verulegu magni af tæplega 50°C heitu vatni við lítinn niðurdrátt.
- Mest af vatninu virðist koma úr æðum á 270-360 m dýpi.
- Fyrirstaða er í holunni á rúmlega 275 m dýpi, en vatn virðist renna greiðlega í gegnum hana.
- Jarðhitakerfið við holuna þoldi vel tæplega 60 sekúndulíttra og 5 klukkustunda langa dælingu. Allar mælistærðir fóru í jafnvægi á innan við 15 mínútum. Hálf tíma eftir lok dælingar var upphafsvatnsborðið aftur komið á. Þessar mælingar geta bent til



verulega afkastamikils jarðhitakerfis.

- Gera verður þann fyrirvara við niðurstöður að hugsanlega sækja æðarnar í holu 2 vatn að ofan jafnt sem neðan frá. Það mun þá leiða til kólnunar með tímanum. Auðvelt er að skera úr þessu með nokkurra vikna eða mánaða löngu dæluþrófi.

#### **Helstu niðurstöður varðandi efnasamsetningu vatns úr holu 2 eru:**

- Vatnið úr holu SR-02 er ölkelduvatn og með því bólar upp talsvert magn af gasi sem samanstendur aðallega af kolsýru.
- Djúphiti í jarðhitakerfinu reiknast á bilinu 70 til 150°C með hinum ýmsu efnahitamælum. Talið er líklegast að 150°C hiti endurspegli hita í fornu jarðhitakerfi, en að hiti þess í dag sé nær 90°C.
- Útfellingahætta kalks úr vatninu er óveruleg ef það er nýtt beint frá holunni. Aftur á móti eykst útfellingahættan við upphitun vatnsins.
- Tæring járns af völdum frjálstrar kolsýru og/eða uppleyst súrefnis gæti orðið vandamál við nýtingu vatnsins.

Að svo stöddu sýnist árangurinn af borun holu 2 viðunandi því varla er hægt að hugsa sér meiri vatnsgæfni en þarna fékkst. Vatnshitinn mætti þó vera hærri, einkum ef af lagningu hitaveitu verður. Það mál verður að skoða í samráði við hönnuði veitunnar. Eins þarf að taka afstöðu til dýpkunar holunnar, því búast má við 70 - 90°C vatnshita á 1000 - 1500 m dýpi ef hitaferlar eru framlengdir. Þá er sjálfsagt að skoða möguleikann á langtíma-dæluþrófun þar sem fyrsta skrefið væri að koma rafmagni að holunni.

## 9. HEIMILDIR

- Bragi Árnason, 1976. *Groundwater systems in Iceland traced by deuterium*. Vísindafélag Íslendinga, XLII, 236 s.
- Grímur Björnsson, 1998. *Afkastaprófun holu SR-2, Syðri-Rauðamel, í maí 1998*. Orkustofnun, GrB-98/04, 5 s.
- Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1998. *Líkur á árangri djúpbörunar við Syðri-Rauðamel í Kolbeinsstaðahreppi*. Orkustofnun, GÓF-98/06, 7 s.
- Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1997. *Jarðhitanýting í Kolbeinsstaðahreppi*. Orkustofnun, GÓF-97/08, 6 s.
- 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 s.
- Kristín Vala Ragnarsdóttir, 1979. *Jarðlagaskipan Fargaskógarfjalls og Vatnshlíðar í Hítardal*. Háskóli Íslands, Jarðfræðiskor, B.S ritgerð, 83 s.
- Reed, M. H., 1991. *Computer modelling of chemical processes in geothermal systems: Examples of boiling, mixing and water-rock reactions*. In: D'Amore, F. (ritstj.) Applications of geochemistry in geothermal reservoir development. UNITAR/UNDP, 275-297.
- Stefán Arnórsson, Sven Sigurðsson og Hörður Svavarsson, 1982. *The chemistry of geothermal waters in Iceland I. Calculation of aqueous speciation from 0°C to 370°C*. Geochim. Cosmochim. Acta, 46, 1513-1532.