



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HITAVEITA ÞORLÁKSHAFNAR
Áhrif vinnslu á jarðhitasvæðið og
tillögur til úrbóta

Hrefna Kristmannsdóttir, Magnús Ólafsson,
Hilmar Sigvaldason, Helga Tulinius,
Sverrir Þórhallsson og Kristján Sæmundsson

OS-90021/JHD-09 B

Júní 1990

HITAVEITA ÞORLÁKSHAFNAR
Áhrif vinnslu á jarðhitasvæðið og
tillögur til úrbóta

Hrefna Kristmannsdóttir, Magnús Ólafsson,
Hilmar Sigvaldason, Helga Tulinius,
Sverrir Þórhallsson og Kristján Sæmundsson

OS-90021/JHD-09 B

Júní 1990

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	5
2. ÁGRIP AF VINNSLUSÖGU VEITUNNAR	5
3. VATNSVINNSLA 1989	6
4. EFNABREYTINGAR JARÐHITAVATNS	7
4.1 Efnasamsetning jarðhitavatns á svæðinu	7
4.2 Breytingar með tíma í HJ-01	7
4.3 Efnasamsetning djúpsýna	9
4.4 Breytingar 1990	10
5. MÆLINGAR Í BORHOLUM	13
5.1 Hitamælingar við 15 l/s	14
5.2 Hitamælingar við 5 l/s	14
5.3 Rennslismælingar	15
6. SAMANTEKT	16
7. TILLÖGUR UM ÚRBÆTUR	16

VIÐAUKAR:

VIÐAUKI I. Borun nýrrar borholu á Bakkasvæðinu fyrir Hitaveitu Þorlákshafnar	35
VIÐAUKI II. Hitaveita Þorlákshafnar Kostnaður við djúpdæluþau	37
VIÐAUKI III. Kostnaðaráætlun við viðgerð á holu HJ-01	39

MYNDASKRÁ

1. Staðsetning borhola og lauga á Bakkasvæðinu og afstaða svæðisins til Þorlákshafnar
2. Vinnsla úr holu BA-01 á Bakka og holu HJ-01 á Hjallakróki
3. Rennsli og hiti úr holu BA-01 á Bakka
4. Rennsli og hiti úr holu HJ-01 í Hjallakróki
5. Breytingar á styrk klóríðs (Cl) með tíma í vatni úr holum BA-01 og HJ-01
6. Breytingar á styrk kísils (SiO₂) með tíma í vatni úr holum BA-01 og HJ-01
7. Styrkur klóríðs (Cl) á móti styrk sulfats (SO₄) í vatni úr holum BA-01 og HJ-01 og úr kaldri lind á svæðinu
8. Breytingar á reiknuðum kalsedónhita í vatni úr holum BA-01 og HJ-01 með tíma
9. Súrefnisisótópahlutfall á móti tíma í vatni úr holum á Bakkasvæðinu
10. Súrefnisisótópahlutfall á móti klóríðstyrk í jarðhitavatninu
11. Styrkur klóríðs sem fall af dýpi í holu HJ-01
12. Breytingar í styrk klóríðs með tíma og rennsli
13. Styrkur kísils sem fall af dýpi í holu HJ-01
14. Kalsedonhitastig vatns, sem fall af dýpi
15. Súrefnisisótópahlutfall, sem fall af dýpi
16. Styrkur klóríðs með tíma í holum HJ-01 og BA-01 1989 og 1990
17. Hitamælingar í holu HJ-01, gerðar 1988 og 1990 við 10, 15 og 5 l/s rennsli
18. Hitamælingar í holu HJ-01, gerðar 1984 og 1990 við 1 l/s og 5 l/s rennsli
19. Hitamælingar í holu HJ-01 frá 16. febrúar 1990 við breytilegt rennsli
20. Rennslismæling í holu HJ-01 frá 30. mars 1990
21. Víddarmæling í holu HJ-01 gerð 30. mars 1990

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu eru teknar saman niðurstöður reglubundins vinnslueftirlits, samkvæmt samningi Hitaveitu Þorlákshafnar og Orkustofnunar nr. 687171-1988. Einnig er greint frá niðurstöðum mælinga, sem gerðar voru samkvæmt beiðni hitaveitunnar þegar ljóst varð að breytingar áttu sér stað á jarðhitasvæðinu, og gerðar tillögur um úrbætur.

Byrjað var að bora eftir jarðhita fyrir Hitaveitu Þorlákshafnar við Litlaland í Ölfusi 1975 (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1976). Árið 1977 var svo borað við Bakka (Jens Tómasson, 1977). Hóla BA-01 var staðsett í hveralínu (mynd 1) og líklega á sprungu (Kristján Sæmundsson, 1976). Dýpi holunnar er 885,9 m. Talið var að hitaferill gæti verið viðsnúinn, en úr því fékkst ekki skorið fyrir víst vegna fyrirstöðu í holunni sem hindruðu mælingar. Viðsnúinn hitaferill var í borholunni á Þóroddstöðum rétt norðaustan við Bakkaholuna. Vegna jarðfræðilegra aðstæðna er ekki óeðlilegt að búast við viðsnúnum hitaferli á svæði eins og þessu, þ.e. sprungusvæði þar sem jarðhitavatnið kemur upp um sprungur og hittir síðan á lek lárétt lög sem það breiðist út í. Niðurstöður umfangsmikilla viðnámsmælinga á þessu svæði (Lúdvík Georgsson, 1977) bentu til þess að jarðhitasvæðið lægi frá SV-NA og Bakkaholan væri miðsvæðis í því, en Þóroddstaðaholan í NA-jaðri þess. Viðnámsmælingarnar bentu þannig til að uppstreymi heita vatnsins væri tengt norðaustlægru misfelli í berggrunninum og að heitavatns-holan við Bakka væri nálægt aðaluppstreymisrás svæðisins. Síðari mælingar hafa að mestu sýnt svipaða mynd, bara fyllt frekar upp í eyður og skýrt útlínur í þessari mynd. Hóla HJ-01 var svo boruð 1984. Hún er 180 m sunnan við hól BA-01 og er 605,4 m djúp.

Vel hefur verið fylgst með vinnslu úr jarðhitasvæðinu, en þó var ekki farið að mæla rennsli úr hvorri hól um sig fyrr en haustið 1988. Hitaveitan gerði samning um vinnslueftirlit við Jarðhitadeild 1988. Tekin hafa verið sýni a.m.k. árlega til efnagreininga á jarðhitavatninu, og mun oftar nú eftir að breytinga varð vart.

2. ÁGRIP AF VINNSLUSÖGU VEITUNNAR

Hitaveitan tók til starfa 1979 og nýtti í fyrstu aðeins eina hól, BA-01, sem dugði veitunni í rúm sjö ár. Önnur vinnsluhóla, HJ-01, var boruð löngu áður en bein þörf var fyrir hana, til að tryggja öryggi veitunnar, og var svo tengd 1987. Báðar holurnar eru gjóсандi og er hitastig á holutoppi BA-01 um 117°C og um 110°C í HJ-01. Hámarkshitastig í hól BA-01 er 135°C og var í fyrstu 121°C í hól HJ-01.

Hóla BA-01 var boruð 1.-18. febrúar 1977. Holan varð 885,9 m djúp og fódruð með 254 mm röri niður í 204 m dýpi. Mikil skoltöp urðu í borun og er hluti holunnar boraður með algjöru skoltapi. Aðalvatnsæðarnar eru á 475 m, 590 m, 645 m og 870 m dýpi en einnig virðast vera vatnsæðar á 220-380 m dýpi. Úr fullopinni hól runnu í upphafi 35 l/s (Jens Tómasson, 1977) og eftir fjögurra mánaða rennslisprófun með 20 l/s rennsli var þrýstingur á holutoppi í rennsli um 0,8 bar, sem svarar til 117°C og er nánast sama hitastig og nú er á holutoppi.

Hóla HJ-01 var boruð af Höggbor 6 á tímabilinu 7. nóv. 1983 til 30. maí 1984 í 50 m og síðan dýpkuð af Narfa frá 9. apríl 1984 til 30. maí 1984 í 605,4 m. Holan er fódruð með 11 3/4" fódruingu í 270,6 m og boruð með 8 3/4" borkrónu í 605,4 m. Í borun töpuðust 30 l/s af skolvatni á 431,5 m dýpi en tapið minnkaði smám saman í 10-15 l/s við borun. Næsta skoltap varð í 472,5 m en þá tapaðist allt skolvatn um stund. Í 570 m jókst skoltap og í 574 m tapaðist allt skolvatn um tíma. Í 597 m töpuðust 30 l/s og eftir það gekk erfiðlega að bora þar sem mikill sandur var í holunni.

Ekki eru til nákvæmar tölur um rennsli úr svæðinu frá upphafi, en á síðasta ári voru látnir renna um 16 l/s úr HJ-01 og um 33 l/s að meðaltali úr svæðinu í heild.

Hvorki hefur orðið vart við miklar breytingar á hitastigi né þrýstingi við holutopp né heldur á merkjanlega minnkun á rennsli í holunum. Ekki hefur verið fylgst með hitastigi né þrýstingi í jarðhitakerfinu að jafnaði, en mælingar á holutoppi segja aðeins til um suðuborð holunnar. Vegna breytinga í efnainnihaldi hafa verið gerðar nokkrar mælingar í holu HJ-01 á undanförunum árum.

Vatnið á Bakka er talsvert salt og því vandmeðfarið í nýtingu. Upphaflega var mælt með því að sett yrði upp varmaskiptistöð og tvöfalt kerfi en því ráði var ekki fylgt. Hins vegar er forhitari í hverju húsi og kerfið vandað, vel stillt og eftirlit með því hefur verið til fyrirmyndar. Því hefur auðnast að komast hjá öllum meiriháttar rekstrarvandamálum. Þurft hefur að hreinsa forhitara af og til því kalk og vottur af kísli hefur fallið út í þeim, en þetta hefur ekki verið neitt stórvandamál.

3. VATNSVINNSLA 1989

Samkvæmt vinnslueftirlitssamningi milli Hitaveitu Þorlákshafnar og Orkustofnunar sem undirritaður var 15.02.88, er tekið fram að mæla skuli vatnsrennsli, þrýsting, gangtíma dælu, straum og spennu sem og aðrar tiltækar mælistærðir um vatnsvinnslu. Mæla skal einu sinni í viku. Með slíkum gögnum er hægt að spá um viðbrögð jarðhitakerfisins við frekari vinnslu og meta afkastagetu þess í framtíðinni. Reyndin er sú að nokkrar stærðir hafa verið mældar allt að sex sinnum á dag. Í byrjun var heildarrennslið úr svæðinu mælt í l/s, en í nóvember 1988 var byrjað að mæla heildarmassatöku úr því fyrir hvern dag. Í nóvember 1989 var síðan farið að mæla rennsli úr hvorri holu fyrir sig ásamt hitastigi vatnsins sem upp kom.

Með þessum mælingum er hægt að sjá hversu mikið er tekið úr jarðhitakerfinu, en ekki hvernig það bregst við þeirri vinnslu. Þrýstingur í jarðhitakerfinu gefur upplýsingar um viðbrögð þess við vinnslu úr svæðinu. Vatnið er heitara en 100°C við holutopp og því er það sjóðandi. Suðan byrjar niðri í holunni og gefur því holutoppþrýstingur eingöngu hita vatnsins sem upp kemur en ekki þrýsting í jarðhitakerfinu. Á sama hátt gefa hitamælingar við holutopp fyrst og fremst þrýsting vatnsins þar. Mjög brýnt er að byrjað verði að mæla þrýsting og/eða hita í jarðhitakerfinu sem allra fyrst. Í skýrslu um vinnslueftirlit 1988 (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1988) er tillaga um hvernig best væri að mæla þrýsting í jarðhitakerfinu. Hitamælt hefur verið niður holuna við Hjallakrök nokkrum sinnum og er fjallað um það nánar annars staðar í skýrslunni, en þar sem hvorki er mældur hiti né þrýstingur í jarðhitakerfinu eru þessar mælingar mjög nauðsynlegar og þyrfti að hitamæla holuna a.m.k. einu sinni á ári.

Mynd 2 sýnir vatnsrennsli úr svæðinu frá 19.04.88 til ársloka 1989. Gögnin eru ekki alveg samfelld því nokkra daga vantar svo og heilan mánuð yfir sumarið 1988 eða frá 16.07.88 - 15.08.88. Í fyrstu, eða til 29.11.88, er aðeins gefin upp vinnsla í l/s, 1-4 sinnum á dag. Valið var eitt gildi á dag sem næst miðjum degi og rennslið teiknað upp (lína 1 á mynd 2). Eftir 30.11.88 er einnig gefið upp heildarrúmmál þess vökva sem tekinn er úr svæðinu yfir heilan sólarhring (lína tvö á mynd 2). Eins og sést á myndinni var vinnslan töluvert minni yfir sumarmánuðina eða 29 l/s að meðaltali í júní - september. Yfir vetrarmánuðina (október - apríl) var vinnslan um 35 l/s að meðaltali. Á myndum 3 og 4 er rennsli og hiti fyrir hvora holu fyrir sig teiknað upp, frá því þær mælingar hófust og til ársloka 1989.

4. EFNABREYTINGAR JARÐHITAVATNS

4.1 Efnasamsetning jarðhitavatns á svæðinu

Úr holu BA-01 eru til efnagreiningar á nokkrum sýnum frá því skömmu eftir borun. Sýni eru til frá 1978, 1979, 1982, og frá árinu 1985 hafa verið tekin sýni reglulega sem liður í vinnslueftirliti hitaveitunnar (Hrefna Kristmannsdóttir 1982; Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1988; Auður Ingimarsdóttir o.fl., 1989). Fyrsta sýnið var tekið úr holu HJ-01 í janúar 1985 og síðan reglulega sem liður í vinnslueftirliti hitaveitunnar um leið og sýni voru tekin úr holu BA-01. Hóla HJ-01 var ekki tengd fyrr en í maí 1987 og var því ekki á henni skilja. Fram til þess er hólun var tengd voru sýni af vatninu tekin af holutoppi og kæld undir þrýstingi. Yfirleitt var látið blæða svólítið af holunni þann tíma sem leið fram til þess að hún var tengd. Fljótlega eftir að skilja kom á hóluna voru sýni tekin af vatni úr skiljubotni, en í fyrstu voru tekin sýni á báðum stöðum samhliða. Í töflu 1 eru sýndar nokkrar greiningar á vatni úr holu BA-01 og í töflu 2 nokkrar greiningar á vatni úr holu HJ-01. Einnig eru í töflu 2 greiningar á vinnsluvatni úr dreifistöð og til samanburðar er tekin með í töflu 1 greining á vatni úr vinnsluholu fiskeldisfyrirtækisins Vatnaræktar, sem er í landi Bakka, skammt frá vinnsluholum hitaveitunnar (Jens Tómasson, 1987). Vatnið í holu BA-01, Vatnaræktarholunni og upphaflegt vatn í holu HJ-01 er allt mjög svipað. Vatnaræktarholan hafði minnst salt vatn í upphafi og hún er köldust og kemur það fram í efnastyrk vatnsins. Selta jarðhitavatns á þessu svæði stafar af því að í berggrunnum eru setlög mynduð í sjó sem vatnið skolar salti út úr. Það er því talsvert mismunandi á milli svæða hversu salt vatnið er og ekki óeðlilegt að mismunandi vatnskerfi séu missölt. Vatnið í holu BA-01 hefur verið nánast óbreytt að samsetningu þau ár, sem vinnsla hefur staðið. Merkja má örlitlar breytingar, sem bent geta til innstreymis á köldu vatni, en þær eru svo smávægilegar að þær eru á mörkum þess að vera marktækar. Fyrstu efnagreiningar á vatni úr þessari holu eru á vatnssýnum, sem tekin voru við mismunandi aðstæður og eru greiningarnar því ekki beint sambærilegar, en sé tekið mið af þeim aðstæðum eru niðurstöður nær eins.

4.2 Breytingar með tíma í HJ-01

Vatnið úr holu HJ-01 var í upphafi með svipaða eða jafnvel heldur hærri seltu en vatnið í holu BA-01. Vatnið var kaldara og því var styrkur kísils lægri og karbónat hærra. Hlutfall súrefnisísótópa var svipað og í vatninu úr BA-01, sem bendir til sama uppruna vatnsins. Strax í fyrsta sýni eftir tengingu holunnar, sem tekið var í febrúar 1988, varð vart við breytingar í efnasamsetningu. Greining þess sýnis benti til þynningar með þéttivatni, en þynningin var reyndar óeðlilega mikil miðað við aðrar breytingar. Greining næsta sýnis sem tekið var (tafla 2) sýndi ótvírætt að mikil þynning hafði orðið á vatninu. Það eitt þótti í sjálfu sér ekki slæmt, ef ástæðan væri ekki innstreymi af köldu vatni í hóluna eða næsta nágrenni hennar. Önnur möguleg skýring gat verið sú að við aukið rennsli úr holunni hefði hlutfall mismunandi æða, sem gefa inn í hóluna breyst, og nú kæmi meira úr minna saltri æð en gerði í litlu rennsli áður. Sýni sem tekið var skömmu síðar styrkti frekar síðari skýringuna og var því beðið átekta en fylgst betur með holunni en áður.

Styrkur kísils (SiO_2) í jarðhitavatni er í beinu hlutfalli við hitastig og er notaður til að reikna út jafnvægishitastig í jarðhitageyminum. Einkennandi fyrir innstreymi á köldu vatni inn í jarðhitageyminn er að sveiflur koma fram í kísilstyrk þar sem ekki næst alltaf jafnvægi við nýtt hitastig. Útreiknað kísilhitastig fer einnig lækkandi við slíkar aðstæður. Þessi einkenni komu fram í efnasamsetningu vatnssýnis úr holu HJ-01 1988, en ekki sérlega afgerandi. Hitamælt var til öruggis, en kæling var ekki staðfest með þeirri mælingu og því beðið átekta og fylgst örur með efnasamsetningu vatnsins. Þynning hefur haldið jafnt og þétt áfram (mynd 5, 6 og 7) og lækkun í styrk kísils hefur fylgt í kjölfarið. Í síðasta sýni frá í febrúar s.l. tilsvavar þetta lækkun í reiknuðum kísilhita sem nemur u.þ.b. 5°C kælingu á vatninu (mynd 8).

TAFLA 1. BA-01. Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Dagsetning Númer	790718 3034	850115 0006	870121 0009	880211 0008	880829 0114	890330 0023	900201 004	Vatnarækt 900201 001
Hiti (°C)	126,0	116,0	111,0	117,0	117,0	117,5	118	103
Sýrustig (pH/°C)	8,36/20	8,71/22	8,89/23	8,91/22	8,92/21	8,87/24	8,88/24	9,07/24
Kísill (SiO ₂)	133,6	132,6	129,9	131,4	131,4	130,6	131,2	120,6
Natríum (Na)	388	386	407	395	388	396	397	326
Kalíum (K)	19,6	19,2	17,9	18,2	21,0	19,0	19,3	15,0
Kalsíum (Ca)	67,1	74,4	73,9	72,9	75,6	70,9	69,9	51,5
Magnesium (Mg)	0,07	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,013	0,019
Karbónat (CO ₂)	6,7	7,7	6,8	10,2	6,4	6,4	6,0	4,7
Súlfat (SO ₄)	122,5	121,2	124,5	120,5	120,2	122,7	119,5	125,8
Brennist. vetni (H ₂ S)	0,56	0,29	0,36	0,47	0,35	0,37	0,27	<00,3
Klóríð (Cl)	659	634	658	654	653	649	637	470
Flúoríð (F)	0,50	0,50	0,50	0,52	0,50	0,54	0,49	0,54
Uppleyst efni	1513	1470	1505	1423	1459	1468	1470	1158
Járn (Fe)	<0,025	-	0,05	<0,025	-	0,05	-	-
Mangan (Mn)	-	-	<0,05	<0,05	-	-	-	-
Bór (B)	0,33	0,27	-	-	-	0,30	-	-
Brómíð (Br)	-	-	2,28	-	2,31	2,36	2,29	1,71
Ál (Al)	-	0,08	-	-	-	-	-	-
δ ¹⁸ O ‰	-	-9,3	-9,2	-	-9,3	-9,3	-9,2	-9,3

TAFLA 2. HJ-01. Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Dagsetning Númer	850115 0007	870121 0010	880728 0097	880829 0112	890330 0022	900201 003	890330 0024 dreifistöð	900201 002 dreifistöð
Hiti (°C)	108,0	102,0	98,8	99,1	99,2	100	93,0	95,2
Sýrustig (pH/°C)	8,72/22	8,82/23	8,94/23	9,01/20	9,00/24	9,02/24	8,84/24	8,96/24
Kísill (SiO ₂)	118,3	117,7	114,2	116,6	110,5	108,7	123,7	124,1
Natríum (Na)	402	427	322	335	300	282	358	360
Kalíum (K)	17,3	15,8	14,0	14,7	11,6	11,1	16,0	16,3
Kalsíum (Ca)	86,8	78,6	55,8	59,6	44,1	36,4	56,6	59,2
Magnesium (Mg)	0,02	0,02	0,06	0,03	0,02	0,007	0,02	0,008
Karbónat (CO ₂)	8,7	8,8	9,8	8,5	6,4	7,7	5,9	7,7
Súlfat (SO ₄)	127,3	128,4	100,1	101,6	93,5	82,7	110,7	106,3
Brennist. vetni (H ₂ S)	0,29	0,26	<0,03	0,11	0,10	0,13	0,10	<0,03
Klóríð (Cl)	682	674	525	540	463	415	580	553
Flúoríð (F)	0,47	0,48	0,53	0,53	0,58	0,54	0,55	0,53
Uppleyst efni	1546	1555	1160	1202	1076	989	1291	1269
Járn (Fe)	-	0,05	<0,025	-	<0,025	-	<0,025	-
Mangan (Mn)	-	<0,05	<0,05	-	-	-	-	-
Bór (B)	0,26	-	-	-	0,23	-	0,27	-
Brómíð (Br)	-	2,32	-	1,90	1,68	1,46	2,08	1,98
Ál (Al)	0,06	-	0,09	-	-	-	-	-
Súrefni (O ₂)	-	-	-	-	-	0	0,05	0,001
δ ¹⁸ O ‰ sp 0.3	-9,3	-9,2	-8,8	-8,9	-8,8	-8,8	-	-

- ekki mælt

Jafnframt var mælt hlutfall súrefnisísótópa í öllum vatnssýnunum sem til voru, en það er ekki hluti af venjubundnum vinnslueftirlitsmælingum. Það hlutfall segir til um uppruna vatnsins og oft má sjá innstreymi kalds vatns frá breytingum í því. Jarðhitavatn er að uppruna vatn, sem hefur fallið sem regn langt frá jarðhitakerfinu, og hefur því allt annað ísótópahlutfall en kalt grunnvatn á svæðinu, sem er af mun staðbundnari uppruna. Jarðhitavatnið á Bakka hafði súrefnisísótópahlutfallið ($\delta^{18}\text{O}$) um -9,3 í upphaf og í kaldri lind á svæðinu er þetta hlutfall -8,2. Úrkoma á svæðinu hefur líklega hlutfallið -8 - -8,2 og er sú ályktun byggð á mælingum á vetnisísótópahlutfalli og mælingum á nálægum svæðum og er í góðu samræmi við þá einu mælingu, sem til er á súrefnisísótópahlutfallinu í staðbundnu grunnvatni. Strax í sýninu frá 1988 úr holu HJ-01 höfðu orðið miklar breytingar á þessu hlutfalli, sem benda til að vatnið sé mun meira staðbundið að uppruna en fyrr. Vatnið í holu BA-01 sýnir ekki marktækar breytingar í þessu hlutfalli þótt með góðum vilja megi sjá að það sé örlítið að þyngjast, en enn er þessi breyting of lítil til að teljast marktæk. Fyrstu sýnin voru líka greind á annari rannsóknarstofu og komið hefur í ljós að líklega er hliðrun í gildum á milli þessara rannsóknarstofa. Vatnið í holu Vatnaræktar á Bakka hefur sama hlutfall og BA-01 og upphaflegt gildi í HJ-01. Breytingin í súrefnisísótópahlutfalli í holu HJ-01 kemur fram allt öðruvísi en breytingin í efnasamsetningu (mynd 9 og 10) og bendir til að endurnýjun á vatni í jarðhitasvæðinu hafi skyndilega breyst yfir í mun staðbundnara vatn en efnabreytingarnar sýna mun samfelldari og jafnari breytingar.

4.3 Efnasamsetning djúpsýna

Hola HJ-01 var hitamæld fljótlega eftir að fyrstu niðurstöður efnagreininga lágu fyrir á sýnum teknum úr borholunum í febrúar 1990 til að athuga hvort ekki sæist kæling í holunni og þá hvar kalda vatnið kæmi inn. Sú mæling (sjá næsta kafla) sýndi að kæling hafði orðið í botni holunnar og var ákveðið með hliðsjón af niðurstöðum þeirra mælinga að taka djúpsýni til efnagreininga og gera ítarlegri mælingar. Niðurstöðum allra mælinga er lýst í næsta kafla en hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum efnagreininga á djúpsýnunum.

Djúpsýnatakan gekk fremur illa í byrjun vegna tæknilegra orsaka. Fyrst var tekið eitt sýni á 70 m dýpi í 15-16 l/s rennsli og síðan á 425 m, 480 m og 583 m dýpi, sem er botn holunnar nú. Tekið var eitt djúpsýni í 5 l/s rennsli á 410 m dýpi. Meðan á mælingum og breytingu á rennsli stóð voru tekin sýni úr toppskiljunni annað slagíð, samtals 16 sýni. Í flestum sýnunum úr toppskiljunni var einungis greint klóríð og þau voru einungis ætluð til að tengja túlkun hitamælinganna og skýra fylgni milli heildarrennslis og rennslis úr mismunandi æðum. Gerð var heildargreining á öllum djúpsýnum og einu skiljusýni við 15 l/s rennsli og öðru við 5 l/s rennsli. Yfirlit yfir sýnatöku er í töflu 3 og niðurstöður greininga á heilsýnum í töflu 4 og hlutsýna í töflu 5. Á myndum 11-15 eru einnig sýndar niðurstöður þessara greininga. Mjög skýr munur kemur fram í efnasamsetningu misdjúpra æða og við mismunandi rennsli og eru niðurstöðurnar í góðu samræmi við niðurstöður hitamælinga eins og skýrt verður í næsta kafla. Á mynd 11 er sýnt klóríð sem fall af dýpi bæði við 5 l/s og 15 l/s rennsli. Í 15 l/s rennsli var klóríð í vatninu um 410 mg/l við holutopp en fór niður í um 300 mg/l í neðstu æðinni. Í 5 l/s rennsli náðist ekki sýni við botn en sýni af 410 m dýpi hefur yfir 30 mg/l hærri klóríðstyrk en tilsvareandi sýni í 15 l/s rennsli, sem bendir til óverulegs rennslis úr botnæðinni. Styrkur klóríðs með tíma meðan á mælingum og sýnatöku stóð er sýndur á mynd 12 og tengsl rennslis og seltu koma þar skýrt fram. Einnig sést að jafnvægi við minnkað rennsli hefur ekki náðst þar sem selta er á hraðri uppleið þegar rennslið er aftur aukið. Styrkur klóríðs fór yfir 450 mg/l í 5 l/s rennslinu og var enn á uppleið þegar rennslið var aukið á ný. Til að fá jafnvægissamsetningu í efri æðunum hefði þurft að bíða lengur og e.t.v. minnka heildarrennslið enn meira. Styrkur kísils með dýpi og útreiknaður kísilhiti með dýpi (sjá myndir 13 og 14) sýna að neðstu æðarnar eru verulega kældar. Einnig kemur fram að í 5 l/s rennsli er kalsedónhitastig í aðalæðinni á 435 m dýpi

um 2°C hærra en í 15 l/s rennslinu. Æðin á 360 m dýpi hlýtur að vera kaldari en sú á 435 m dýpi út frá kísilstyrk og útreiknuðu kalsedónhitastigi á 70 m dýpi. Súrefnisisótópahlutfallið (mynd 15) er hæst í botni í kaldasta vatninu, -8,5, en léttast í aðalæðinni um -9,0 á 435 m dýpi. Svo virðist sem vatnið í efstu æðinni á 300 m sé þyngra en í aðalæðinni. Niðurstöðurnar sýna að einnig í efri æðum hefur orðið verulegt innstreymi af staðbundnu grunnvatni, en einna minnst í aðalæðinni á 435 m dýpi.

4.4 Breytingar 1990

Fyrstu aðgerðir sem gripið var til eftir þessar mælingar var að reyna að draga úr rennsli úr holu HJ-01 og fylgjast með því hvaða áhrif það hefði á efnasamsetningu vatnsins. Í töflu 6 og á mynd 16 eru sýndar niðurstöður mælinga sem gerðar voru í því skyni. Mjög litlar breytingar hafa orðið á efnasamsetningu vatnsins í holu HJ-01 á þessu tímabili, en nokkrar sveiflur sjást. Áhrif vegna minnkandi dælingar eru ekki sjáanleg enn. Rennsli hefur farið lægst niður í um 10 l/s og virðist þurfa að draga meira úr rennsli til að hætti að renna úr botnæðinni. Talsverð hækkun hefur orðið á klóríðstyrk í vatni úr holu BA-01, en styrkurinn er þó ekki hærri en hann hefur orðið hæstur á undanförunum árum. Líklegt er að þarna komi fram árstíðasveifla, sem ekki hefur sést áður vegna strjálle sýnatöku.

TAFLA 3. Yfirlit um sýnatöku

Sýni númer	rennsli l/s	tími	staður	hvernig sýni
Fimmtudagur				
90-0010	15	11	skilja	lítið heilsýni
Föstudagur				
90-0011	15	11	skilja	Ru
90-0012	15	12	70 m	lítið heilsýni
90-0013	15	14	425 m	lítið heilsýni
90-0014	15	15	480 m	lítið heilsýni
90-0015	15	16:30	583 m	lítið heilsýni
90-0016	5	18:30	410 m	lítið heilsýni
90-0017	5	20:00	skilja	Ru
90-0018	15	17:15	skilja	Ru
90-0019	5	17:25	skilja	Ru
90-0020	5	17:35	skilja	Ru
90-0021	5	17:45	skilja	Ru
90-0022	5	18:00	skilja	Ru
90-0023	5	18:15	skilja	Ru
90-0024	5	18:25	skilja	Ru
90-0025	5	19:00	skilja	Ru
90-0026	5	19:30	skilja	Ru
90-0027	5	21:00	skilja	Ru
90-0028	5	21:15	skilja	Ru
90-0029	15	21:25	skilja	Ru
90-0030	15	21:40	skilja	Ru
90-0031	15	22:10	skilja	Ru
90-0032	15	23:00	skilja	Ru

TAFLA 4. Niðurstöður greininga á djúpsýnum og sýnum úr skilju fyrir djúpsýnatökuna.

Sýni	HJ-01 skilja	HJ-01 skilja kl.11	HJ-01 70 m	HJ-01 425 m	HJ-01 480 m	HJ-01 583 m	HJ-01 410 m kl.18:30	HJ-01 skilja kl.20
Dagsetn.	900215	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216
Númer	900010	900011	900012	900013	900014	900015	900016	900017
Rennsli l/s	-	15	15	15	15	15	5	5
pH/°C	9,03/24		8,89/23	8,78/22	8,94/23	8,98/23	8,87/24	9,03/23
SiO ₂	107,8		104,7	105,1	95,4	90,9	109,9	113,7
Na			258	263	232	208	287	290
K			10,6	10,7	8,4	7,2	11,9	12,0
Ca			36,8	36,9	31,6	26,4	41,3	42,7
Mg			0,015	0,035	0,016	0,008	0,009	0,008
CO ₂	7		12	12	11	11	9	6
SO ₄	83,0	82,9	80,6	80,6	70,2	64,0	86,9	88
H ₂ S	0,16		0,10	<0,03	<0,03	<0,003	<0,003	0,20
Cl	410	408	398	398	344	303	431	442
F			0,52	0,51	0,50	0,50	0,52	0,56
Br	1,45	1,48	1,42	1,42	1,23	1,09	1,53	1,58
Uppl.efni			950	936	832	750	1027	1046
δ ¹⁸ O	-8,7		-8,8	-9,0	-8,7	-8,5	-8,9	-8,8

TAFLA 6. Bakki-Hjallakrókur. Mælingar á breytingum efnasamsetningar 1990.

Númer	Hola	Dags.	Dæling	ppm Cl	°C
0008	BA-01	90.02.11	21 l/s	655	98
0009	HJ-01	90.02.11	15 l/s	414	98
0033	BA-01	90.02.19	25 l/s	658	98
0034	HJ-01	90.02.19	15 l/s	415	97,5
0036	BA-01	90.02.26	20 l/s	667	98
0037	HJ-01	90.02.26	15 l/s	418	98
0043	BA-01	90.03.05	19 l/s	666	98
0044	HJ-01	90.03.05	14,5 l/s	413	99
0045	BA-01	90.03.11	19,5 l/s	666	99
0046	HJ-01	90.03.11	14,6 l/s	410	99
0047	BA-01	90.03.19	16,5 l/s	674	98
0048	JH-01	90.03.19	14 l/s	410	98
0055	HJ-01	90.03.26	12 l/s	418	98
0056	BA-01	90.03.26	21 l/s	679	98
0063	BA-01	90.04.02	18,5 l/s	664	98
0064	HJ-01	90.04.02	12 l/s	420	98
0075	BA-01	90.04.09	19 l/s	670	98
0076	HJ-01	90.04.09	10 l/s	418	98
0077	BA-01	90.04.17	19 l/s	676	99,5
0078	HJ-01	90.04.17	10 l/s	413	99,8

TAFLA 5 Niðurstöður greininga á hlutsýnum

Sýni	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01	HJ-01
Kl.	17:15	17:25	17:35	17:45	18:00	18:15	18:35	19:00	19:30	20:00	21:00	21:15	21:25	21:40	22:10	23:00			
Dagsctn.	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216	900216			
Númer	900018	900019	900020	900021	900022	900023	900024	900025	900026	900017	900027	900028	900029	900030	900031	900032			
Rennsli l/s	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15			
pH/°C										113,7									
SiO ₂																			
Na																			
K																			
Ca																			
Mg																			
CO ₂										6									
SO ₄										88									
H ₂ S										0,20									
Cl										442									
F										0,56									
Br										1,58									
Uppl.efni										1046									
δ ¹⁸ O										-8,8									
											449	452	452	455	422	421			

5. MÆLINGAR Í BORHOLUM

Alls hafa verið gerðar 12 hitamælingar í holu HJ-01 og þar af 10 eftir að borun lauk. Í töflu 7 eru sýndar allar mælingar í holu HJ-01. Hitamælingarnar eru gerðar við mismunandi rennsli úr holunni (1, 5, 10, 15 og 16 l/s) og breytist hitaferillinn verulega eftir því hvert rennslið er. Þetta þarf að hafa í huga þegar hitamælingar eru bornar saman.

Helstu breytingar á hita í holunni eru á botnæðinni og æðinni í 435 m. Til að skoða hitastig botnæðarinnar tókum við hitamælingar þar sem hún gefur inn í holuna (mynd 17). Þar má glögg sjá að botnæðin hefur kólnað úr rúmum 110°C í 104°C frá 02.09.1988 til 16.02.1990, og á hitamælingu frá 30.03.90 mælist hitastigið vera 102,9°C. Æðin á 435 m dýpi er heitasta æðin í holunni og um leið sú gjöfulasta. Hiti æðarinnar er nálægt 119,5°C í dag skv. hitamælingum við 5 l/s rennsli en á hitamælingu frá 20. des. 1984 mælist hún rúmlega 121°C heit og virðist því hafa kólnað um rúma eina gráðu (mynd 18). (Í þessari mælingu er stuðst við kvörðun á hitamæli frá 21. ágúst 1984).

Á árinu 1990 hefur holan verið mæld þrisvar: 2. febrúar, 16. febrúar og 30. mars. Þann 2. febrúar var hún hitamæld bæði við 5 l/s og 15 l/s rennsli, en það var mælt uppi í dæluhúsi af hitaveitustjóra. Þann 16. febrúar voru gerðar ýtarlegri mælingar á holunni, þ.e. hitamælingar og rennslismælingar ásamt því að nokkur djúpsýni voru tekin úr henni. Holan var hitamæld við 15 l/s og 5 l/s rennsli en nokkru ítarlegar en 2. febrúar. Þá er þess að geta að mælingarnar voru teknar upp á tölvu sem gerir kleift að vinna betur úr þeim. Mælingar 30. marz voru gerðar til að reyna að átta sig betur á rennsli í holunni við 15 l/s heildarrennsli, og var holan hitamæld enn á ný, en nú var reynt sérstaklega að finna hitastig á æðunum sem gefa inn í holuna og einnig var reynt að rennslismæla hana við 15 l/s rennsli. Þá var holan einnig víddarmæld.

Hér verður stuttlega gerð grein fyrir niðurstöðum hita- og rennslismælinga í holunni og bolla- lagt um rennsli í henni út frá þeim.

TAFLA 7. Mælingar í holu HJ-01

Dags	Tími	Tegund mælingar	Rennsli (l/s)	Mælitæki
15-MAÍ-84		Hiti-dT-CCL		R-24585
21-MAR-84		Hiti		Handrúlla
20-DES-84	15:00	Hiti-dT-CCL	1	R-47453
02-SEP-88	15:00	Hiti-dT-CCL	10	R-47453
02-FEB-90	15:00	Hiti-dT-CCL	16	R-47453
02-FEB-90	16:00	Hiti-dT-CCL	5	R-47453
02-FEB-90	16:51	Hiti-dT-CCL	5	R-47453
16-FEB-90	16:40	Hiti-dT-CCL	15	R-47454
16-FEB-90	17:28	Hiti-dT-CCL	5	R-47454
16-FEB-90	17:55	Hiti-dT-CCL	5	R-47454
16-FEB-90	18:22	Hiti-dT-CCL	5	R-47454
16-FEB-90	19:00	Rennslismæling	5	R-47454
30-MAR-90	13:20	Hiti-dT-CCL	15	R-47454
30-MAR-90	14:30	Vídd	15	R-47454
30-MAR-90	16:00	Rennslismæling	15	R-47454

5.1 Hitamælingar við 15 l/s

Hitamælingar í holunni frá 16. febrúar eru sýndar á mynd 19. Á hitaferlinum við 15 l/s rennsli sjást nokkrar vatnsæðar sem gefa inn í holuna. Þær helstu eru á 300 m, 435 m, 467 m, 490 m, 525 m og í botni holunnar sem er nú um 583 m. Þá eru einnig æðar á 285 m og 325 m sem sjást á hitamælingu við 5 l/s rennsli. Glöggst sést á hitamælingu við 15 l/s rennsli að botnæðin gefur inn kaldasta vatnið en síðan bætist við heitara vatn úr efri æðum. Ekkert bætist svo inn í holuna fyrir ofan 280 m dýpi en vatnið kólnar úr 115,3°C í 114,5°C á leiðinni upp fóðringuna að suðuborði sem er nálægt 7 m dýpi. Ef við reynum að áætla hve mikið kemur úr hverri æð út frá hitamælingu við 15 l/s er fyrst að líta á æðina í 300 m (æðin í 285 m kemur aðeins fram á hitamælingu við 5 l/s rennsli). Hún er að öllum líkindum mjög lítil og kemur þar tvennt til. Æðin veldur mjög lítilli hitabreytingu en lægsti hiti sem mælist við hana er 114,3°C, en hitinn á æðinni er líklega eitthvað lægri. Í rennslismælingu frá 30. mars 1990 (mynd 20) kemur fram að ekki varð vart við aukið rennsli á þessum stað. Ef við færum okkur síðan niður eftir holunni og reiknum með því að neðan við 400 m gefi holan 15 l/s og skoðum blöndunarhitastigin við hverja æð og áætlum hita hvernar æðar út frá hitamælingu við 5 l/s rennsli (en við 5 l/s rennsli gefa þessar æðar inn í holuna en ekki botnæðin) þá getum við gert okkur grófa mynd af rennslinu í holunni við 15 l/s heildarrennsli. Niðurstöður reikninganna eru í töflu 8 en reikningarnir eru ekki sýndir hér.

TAFLA 8. Vatnsmagn æða við 15 l/s heildarrennsli reiknað út frá hitamælingum.

Dýpi á vatnsæð m	Vatnsmagn l/s
435 og 443	10
467	0.3
490	0.3
525	1.6
botn	2.5

Rétt er að taka þessar tölur með fyrirvara, þar sem þær eru byggðar á ágiskuðum hita vatnsæðanna.

5.2 Hitamælingar við 5 l/s

Eftir að rennsli úr holunni var takmarkað við 5 l/s hætti botnæðin að gefa inn í holuna og í staðinn fór að renna út um hana. Nú gefur æðin á 435 m inn í holuna rúmlega 4 l/s af 119,5°C heitu vatni sem streymir upp holuna og æðarnar í 280 m, 300 m og 325 m bætast við með kaldara vatn. En úr 435 m æðinni lekur einnig niður holuna og æðarnar í 443 m, 467 m og 525 m bæta einhverju við og þetta fer svo út um botnæðina. Með því að skoða fyrstu hitamælingu eftir að rennsli var minnkað í 5 l/s, sem var kl.17:20, má greina að hitastökkin í 455 m, 490 m og 525 m (í 15 l/s mælingunni) eru komin 20-25 m neðar í holuna 10-13 mínútum síðar. Þetta samsvarar 1,5-2,5 m/mín hraða eða, ef við áætlum 38,8 l/m (8 3/4" hola tekur 38,8 lítra á meter) í holunni, að úr æðunum milli 435 m og 525 m dýpis streymir samtals um 1,6 l/s út um botnæðina.

Ef við skoðum uppstreymið úr 435 m æðinni og reynum að áætla hraða þess upp holuna, þá er líklegt að það sé komið upp í 315 m eða ofar eftir 21 mínútu en þetta er ekki nákvæmt þar sem 300 m æðin truflar. Þessi hraði svarar til 3,7 l/s rennslis. Þá gefa æðarnar í 285 m og 300 m báðar eitthvað í viðbót. Með því að skoða blöndunarhitann við æðarnar og áætla hit-

ann á æðunum fæst út að þessar æðar gætu gefið 0,5 l/s og 0,4 l/s. Æðinni á 325 m er sleppt enda er hún óveruleg. Þetta gaf okkur um $3,7 + 0,4 + 0,5 = 4,6$ l/s upp úr holunni, sem er ekki fjarri því sem hitaveitustjóri mældi (5 l/s). Rétt er að minna á að þetta er byggt á þeirri ágiskun að hiti í 285 m og 300 m æðunum sé 115 °C, þannig að rennlistölurnar eru ekki nákvæmar. Við 5 l/s mældist suðuborð á um 4 m dýpi.

5.3 Rennslismælingar

Við rennslismælingarnar var notuð heimasmíðuð rennslispróba, sem smíðuð var utan um rennslisskrúfu frá fyrirtækinu A.Ott. Þetta er mjög vakur skrúfumælir, sem snýst í tiltölulega litlu flæði. Þessi rennslisskrúfa er reyndar ekki smíðuð fyrir svo erfiðar aðstæður en með lagfæringum þótti rétt að reyna hana þarna. Það tókst að fá nokkuð heillega mynd af rennslinu við 15 l/s heildarrennsli (mynd 20) en þess ber að geta að mælingin er ekki kvörðuð en sýndur er snúningshraði rennslisskrúfunnar í holunni. Skýrt kemur fram á mælingunni að snúningshraði skrúfunnar er lægri uppi í fóðringu enda er hún mun víðari en opni hluti holunnar. Það kom fram að snúningshraðinn dettur verulega niður í 286 m, 301,5 m og 324 m en það er á þessum stöðum sem æðarnar eru. Líklegt er að innstreymið hægi á skrúfunni meðan hún fer framhá á æðinni þar sem innstreymið er hornrétt á snúningsásinn, en einnig er mögulegt að hvirfilstreymi sé við æðarnar sem hægt geta á skrúfunni. Þegar komið er niður fyrir 435 m dýpi minnkar snúningshraðinn mikið enda lítið rennsli þar.

Holan var víddarmæld 30. mars 1990 (mynd 21) og sést á mælingunni að stórir skápar eru á bilinu 170-300 m og eins við botn holunnar.

6. SAMANTEKT

Efnabreytingar sem orðið hafa á s.l. þrem árum á Bakkasvæðinu, túlkaðar í samhengi við mælingar á borholu HJ-01, sýna að mikið innstreymi er af staðbundnu köldu grunnvatni inn í hluta jarðhitasvæðisins. Mest er innstreymið í botnæðina í HJ-01 eða æðarnar nálægt botni. Þar er selta vatnsins meira en helmingi lægri en hún var í upphafi og kæling nemur um 5°C á s.l. 2 árum. Vatnshitastig í þessum æðum er orðið svo lágt að holan syði ekki ef ekki væru heitari æðar ofar. Hitastig í aðalæð holunnar á 435 m dýpi hefur líka lækkað um 1-2°C frá 1984 og talsverðar efnabreytingar eru á vatninu. Miðað við þær forsendur að upphafleg efnasamsetning allra æða hafi verið sú sama og að 10 l/s renni úr æð á 435 m dýpi, 2,5 l/s úr botnæð og 2,2 l/s úr æðum þar á milli hefur selta vatns úr aðalæð lækkað um 35% miðað við upprunalegan styrk heildarrennslis. Styrkur kísils miðað við sömu forsendur hefur lækkað um 6%, sem er rétt marktækt. Þar er súrefnisísótópahlutfall vatnsins minnst breytt ($\delta O^{18} = 9,2$), sem þýðir að vatnið er mun minna mengað af staðbundnu grunnvatni. Vatn úr æð á 300 m dýpi er þyngra (hærra δO^{18}) og kaldara en álíka salt og vatnið úr aðalæðinni á 435 m dýpi.

Vatn úr holu BA-01 sýnir ekki kerfisbundanar langtímabreytingar í efnasamsetningu og líklega heldur ekki í súrefnisísótópahlutfalli. Súrefnisísótópahlutfall sýnis, sem tekið var í holu Vatnaræktar á Bakka, er það sama og í holu BA-01 og upphaflegt gildi í holu HJ-01. Seltan er hins vegar lægri í Vatnaræktar-holunni. Frá mælingum í holu HJ-01 sést að í 15 l/s heildarrennslis koma um 2,5 l/s úr botnæð og um 4,7 l/s úr tveim neðstu æðunum, en í 5 l/s heildarrennslis rennur ekkert úr þeim. Minnkun á rennslis úr HJ-01 í 10 l/s úr 15 l/s í um tvo mánuði veldur ekki breytingum á efnasamsetningu vatnsins og því væntanlega ekki hlutfallslegu rennslis úr vatnsæðunum. Við áframhaldandi vinnslu svipaða því sem verið hefur undanfarin ár er líklegt að hola HJ-01 haldi áfram að kólna og hætti að lokum að sjóða. Erfitt er að spá fyrir um hversu langan tíma það tekur en miðað við svipaðan innstreymishraða tekur það örfá ár. Í næsta kafla eru rædd þau úrræði sem eru tiltæk fyrir hitaveituna til að tryggja vatnsvinnslu sína.

7. TILLÖGUR UM ÚRBÆTUR

Til að tryggja öryggi hitaveitunnar er ljóst að grípa þarf fljótlega til einhverra aðgerða í vatnsöflunarmálum. Ýmsir valkostir koma til greina eftir því hversu varanlegar og dýrar aðgerðir er um að ræða. Þeir valkostir sem einkum hefur verið rætt um eru:

1. Viðgerð á holu HJ-01.
2. Kaup og uppsetning djúpdælu.
3. Borun nýrrar holu.

Í viðaukum með skýrslunni eru kostnaðaráætlanir um þessi þrjú atriði og greinargerð um forsendur fyrir staðsetningu nýrrar borholu.

- 1) Varðandi fyrsta atriðið þ.e. viðgerð á holunni hefur verið sýnt fram á að aðalinnstreymið af kaldara vatni er inn í botn holunnar og að vatnskerfin, sem fæða efri æðar eru mun minna menguð af staðbundnu grunnvatni. Í 15 l/s rennslis koma um 4,5 l/s úr botnæðunum. Hins vegar er ljóst að breytingar hafa einnig orðið á aðalvatnsæð holunnar og einkum á efstu vatnsæðinni. Kæling í botnæð er 6°C á s.l. 2 árum, en tæplega 2 °C frá 1984 í aðalæð. Viðgerð á botnæð stöðvar örugglega ekki kælingu holunnar, en hún gæti seinkað henni.

Það virðist því vera eftir talsverðu að slægjast að loka innstreymi í botnæðunum þar sem aðalkælingin kemur þaðan og ekki yrði um verulega rennslisminnkun að ræða. Þetta virð-

ist fýsilegur kostur til að tefja kælingu holunnar og halda henni lengur í sjálfrennsli. Lokun æðanna með steypu og bortæki á staðnum kostar um 1,5 Mkr, en vegna öryggis er nauðsynlegt að gera það með þeim hætti.

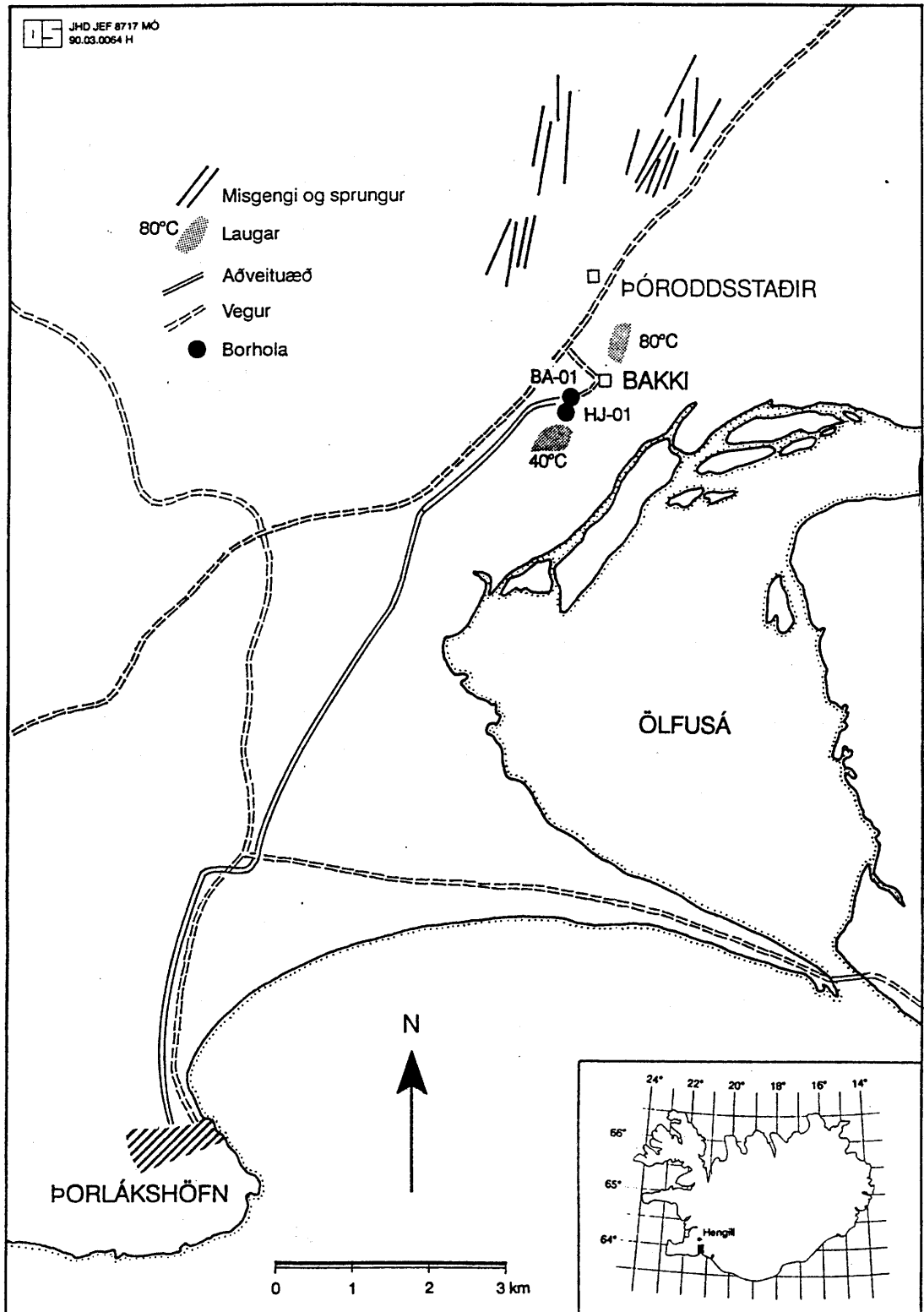
- 2) Kaup og uppsetning á djúpdælu er nokkuð sem líklega verður að gera fyrr eða síðar og hvenær það verður, ræðst af því hvernig tekst til að halda uppi þrýstingi á svæðinu. Eins og fram kemur hér á eftir er líklegt að reka megi svæðið í mörg ár enn í sjálfrennsli, ef boruð verður ný hola í miðju jarðhitasvæðinu. Dæling úr holu HJ-01 hefur eins og bent er á í Viðauka 1 þann kost að vatnið verður heitara til að byrja með og orkunýting betri. Unnt er að flytja meiri varma á þann hátt í núverandi leiðslu án verulegra breytinga á henni. Þar sem leiðslan er fullnýtt nú er þetta hlutur sem taka þarf inn í kostnaðarreikninga. Nokkra endurbuyggingu og breytingar þarf hins vegar að gera á dreifikerfi hækki hitastigið. Þegar vatnið kólnar niður aftur gætu orðið vandkvæði á að blanda því saman við vatnið í hinni holunni vegna útfellingahættu og útfellingar gætu orðið í holu eða dælu við blöndun misheitra æða. Vatn úr holu BA-01 er nákvæmlega kalkmettað en úr HJ-01 er vatnið lítillaga yfirmettað. Íblöndun 75°C heits vatns í vatn úr BA-01 mundi auka yfirmettun kalks fimmfalt og stóreykur hættu á útfellingum. Því væri æskilegt að loka af kaldasta hluta holu HJ-01 áður en sett væri dæla í holuna. Búast má við að kæling gæti orðið örari í HJ-01 einkum ef farið væri að auka dælingu úr henni og því meiri hitamunur, sem veldur meiri hættu á útfellingavandræðum.
- 3) Hola BA-01 hefur ekki dalað í afli eftir ellefu ára vinnslu, sem bendir til þess að jarðhitasvæðið sé öflugt. Svæði af svipaðri gerð og Bakkasvæðið hafa verið rekin áratugum saman í sjálfrennsli. Eins og rakið er í Viðauka 1 eru líkur til þess að hola HJ-01 sé í útjaðri jarðhitasvæðisins, en BA-01 mun meira miðsvæðis. Ný vinnsluhola miðsvæðis á jarðhitasvæðinu gæti haldist í sjálfrennsli í fjölda ára. Að mati okkar er borun nýrrar holu fýsilegur kostur og góðar líkur á árangri, en þó ekki hægt að lofa fyrirfram að hún heppnist eins vel og BA-01.

Kostnaður við kaup á dælu og uppsetningu hennar er um 4 M.kr., borun nýrrar holu kostar um 15 M.kr. og viðgerð á holunni kostar allt að 1,5 M.kr. eftir því hvernig staðið verður að henni.

Hitaveitan verður að meta í ljósi kostnaðar og þess sem komið hefur fram hér á undan um mat á árangri, hvað hún vill leggja í fyrst. Að okkar mati væri æskilegt að reyna að gera við holuna fyrst og fylgjast með áhrifum þess. Sú aðgerð er bráðabirgðaaðgerð sem í besta falli gæti lengt líftíma holunnar í blæstri um örfá ár. Það er svo nokkurt matsatriði hvort farið yrði af stað með borun eða sett upp djúpdæla. Kostnaður er tvöfalt hærri við borun en uppsetningu dælu í báðum holum. Borun er bundin nokkurri áhættu, en ef hún tekst má líklega reka svæðið í sjálfrennsli mörg ár enn. Dælingu fylgir aukinn rekstrarkostnaður og hugsanlega einhverjir rekstrarörðugleikar vegna útfellinga. Orkunýting yrði væntanlega betri í fyrstu og þar með má fresta byggingu nýrrar leiðslum, en gera þyrfti nokkrar breytingar á dreifkerfi.

HEIMILDIR

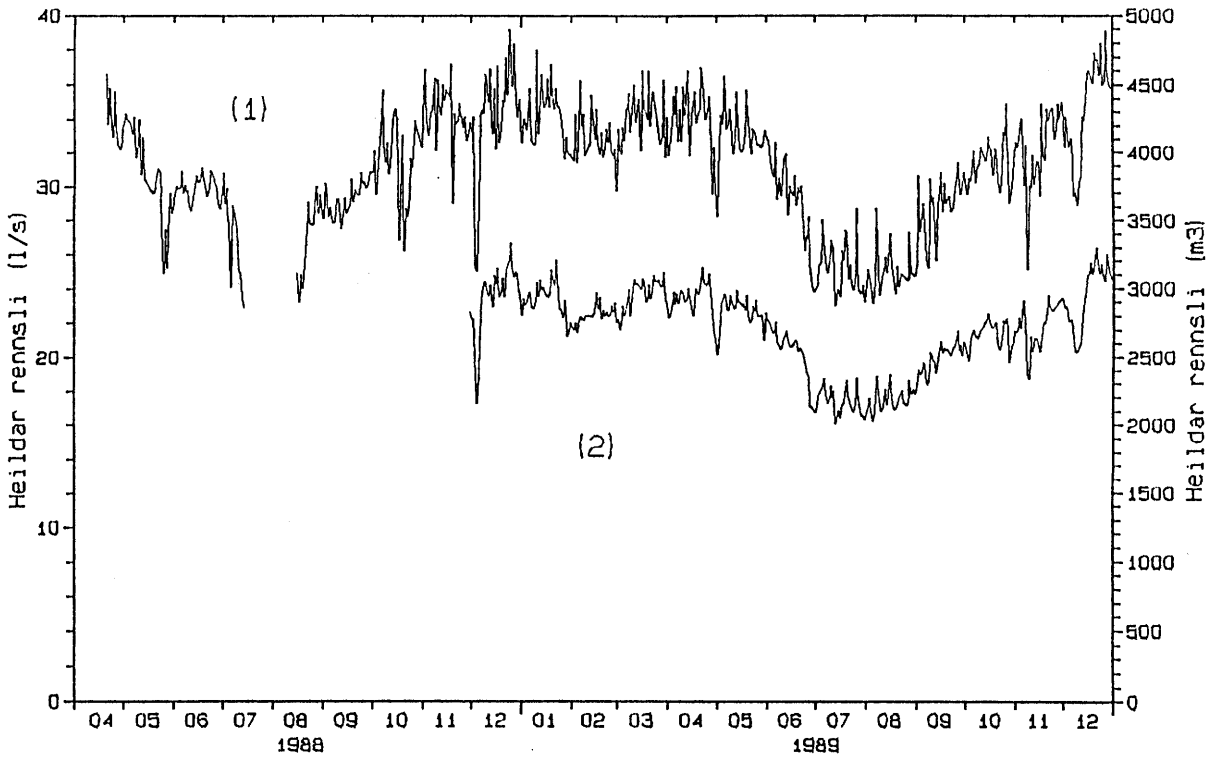
- Auður Ingimarsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir, Helga Tulinius, Hrefna Kristmannsdóttir og Sæþór L. Jónsson, 1989: *Hitaveita Þorlákshafnar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1988-1989*. OS-89029/JHD-13 B. 12 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1982: *Efnainnihald vatnssýnis úr Hitaveitu Þorlákshafnar*. Orkustofnun, Jarðhitadeild, Greinargerð HK-82/03. 2 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Rögnvaldur Finnbogason, Kristján Sæmundsson, Ólafur Sigfússon, 1976: *Greinargerð um borun eftir heitu vatni fyrir Þorlákshöfn við Litlaland, Ölfusi*. OS-JHD-7615. 6 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Jens Tómasson og Þorsteinn Thorsteinsson, 1976: *Hola 1 við Litlaland, Ölfusi. Borun, jarðlög og þrýstiprófanir*. Orkustofnun, Jarðhitadeild, Greinargerð OS-JHD-7605. 24 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir, Guðjón Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason, 1988: *Hitaveita Þorlákshafnar. Efnasamsetning jarðhitavatts í holu 1 á Bakka og holu 2 í Hjallakróki, og hitamæling holu 2*. OS-88043/JHD-22 B. 8 s.
- Jens Tómasson, 1977: *Varðar borholuna á Bakka í Ölfusi*. Orkustofnun, JHD, Greinargerð 1977-08-11. 4 s.
- Jens Tómasson, Guðmundur Ingi Haraldsson, Ómar Sigurósson og Helga Tulinius, 1987: *Borun og prófanir holu 1 í landi Bakka í Ölfusi*. OS-87031-JHD-19 B. 46 s.
- Kristján Sæmundsson, 1976: *Varðar staðsetningu borholu fyrir Þorlákshöfn*. Orkustofnun, Jarðhitadeild, Greinargerð KS, 1976-07-02, 2 s.
- Lúðvík Georgsson, 1977: *Rafleiðnimælingar í vestanverðu Ölfusi sumarið 1976*. Orkustofnun, Jarðhitadeild, Greinargerð OS-JHD-7706. 18 s.



MYND 1. Staðsetning borhola og lauga á Bakkasvæðinu og afstaða svæðisins til Þorlákshafnar.

JHD-BK-8717 HTu1
90.06.0226 T

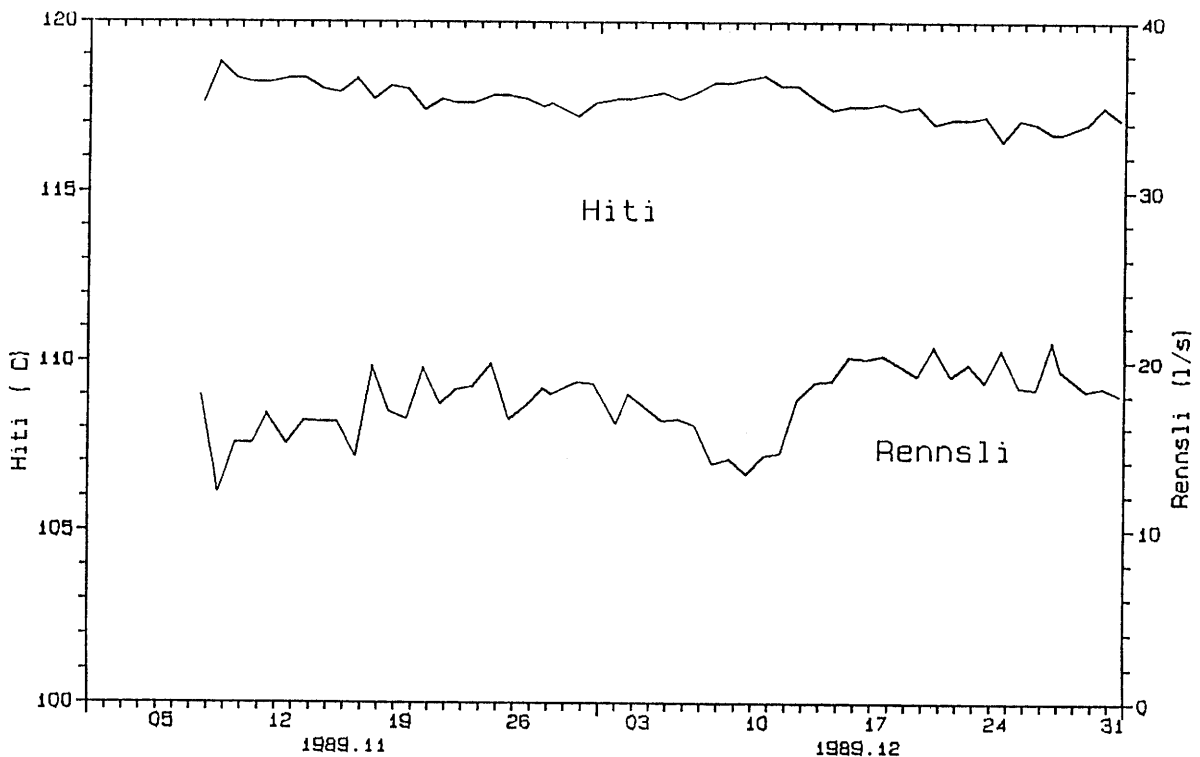
Hitaveita Þorlákshafnar Vinnslueftirlit



MYND 2. Vinnsla úr holu BA-01 á Bakka (1) og holu HJ-01 í Hjallakróki (2) fyrir hitaveitu Þorlákshafnar. Ferlarnir sýna heildarrennsli úr holunum; lína (1) í l/s og lína (2) í (m³/dag).

JHD-BK-8717 HTu1
90.06.0228 T

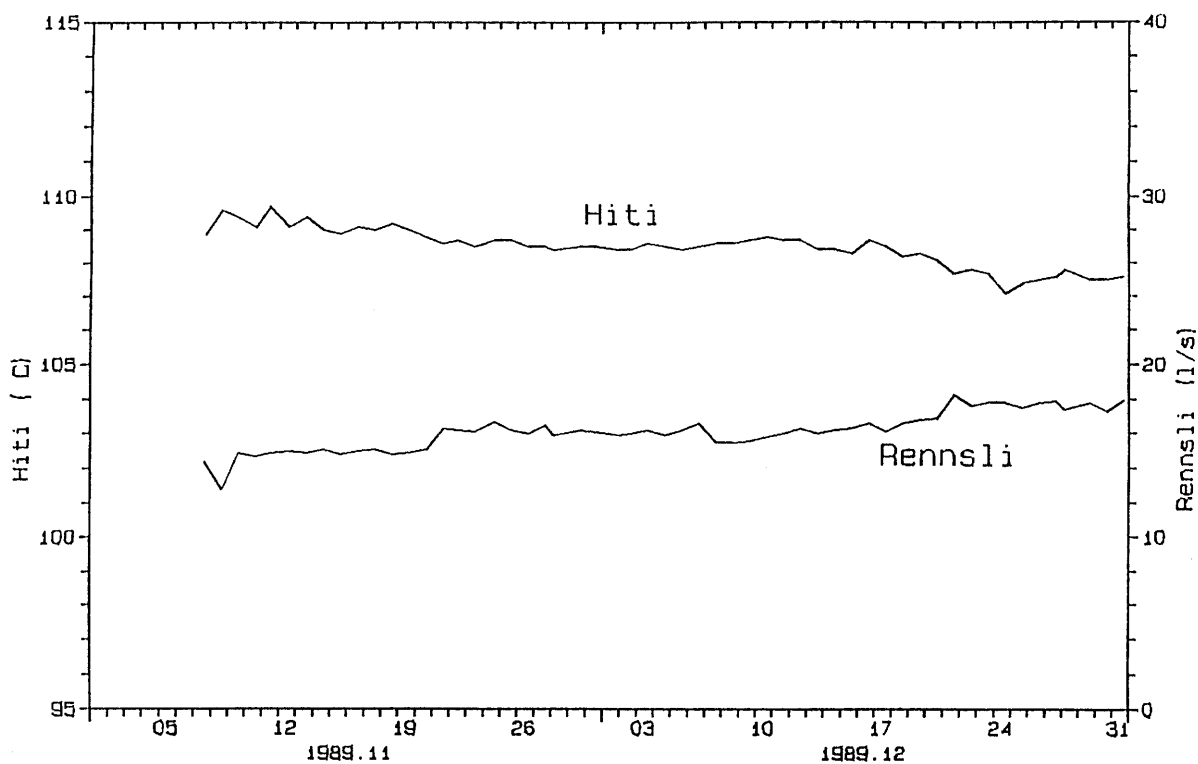
Hitaveita Þorlákshafnar



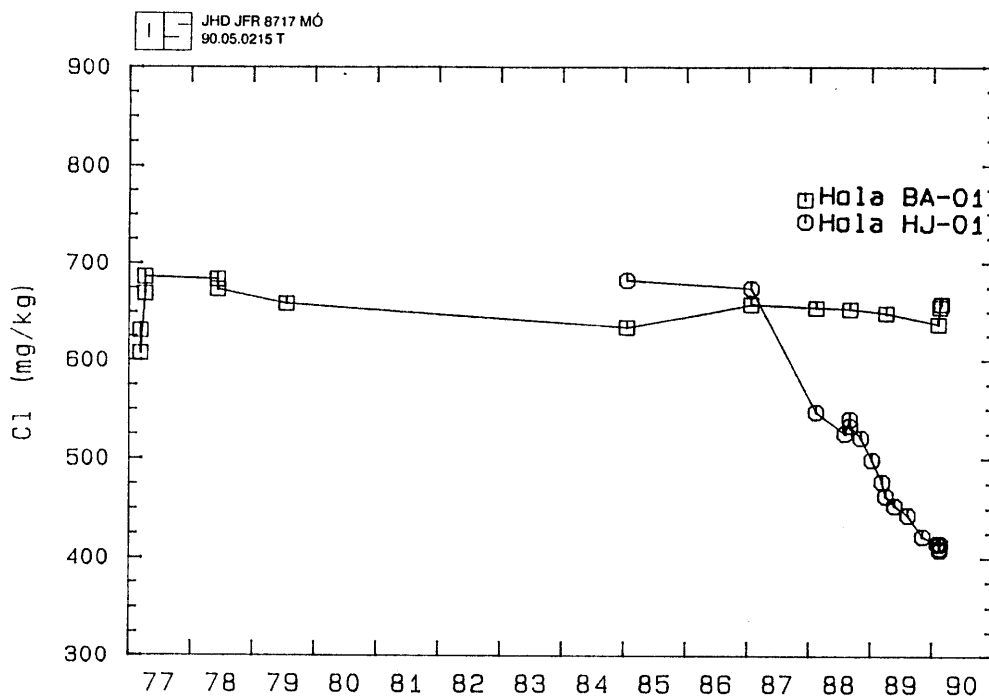
MYND 3. Rennsli og hiti úr holu BA-01 á Bakka.

JHD-BK-8717 HTu1
90.06.0227 T

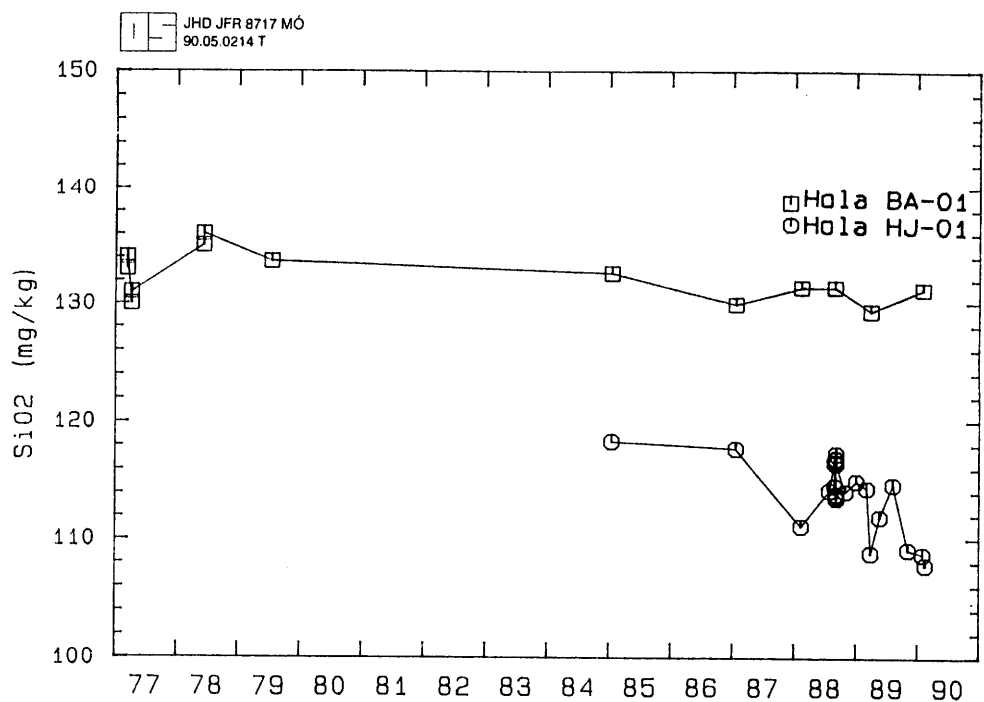
Hitaveita Þorlákshafnar



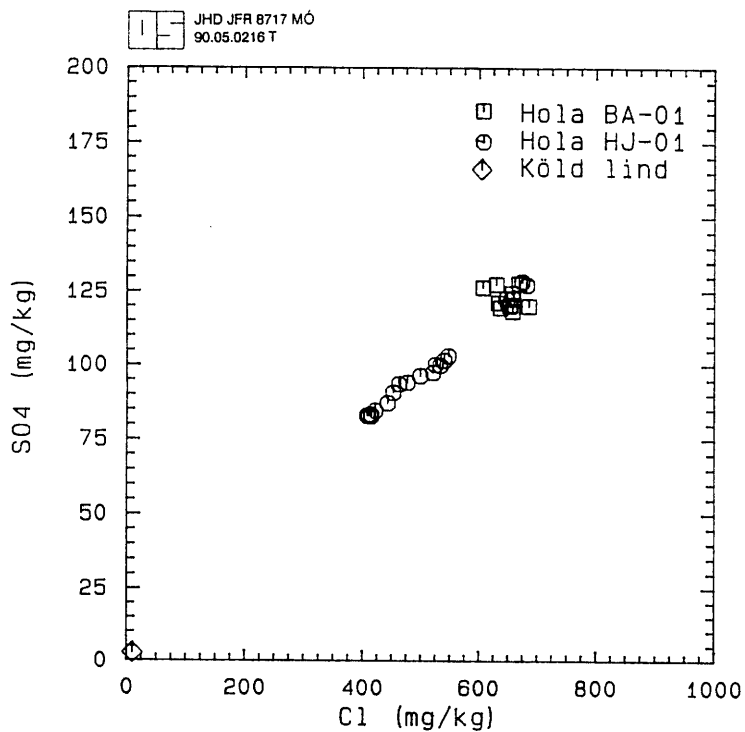
MYND 4. Rennsli og hiti úr holu HJ-01.



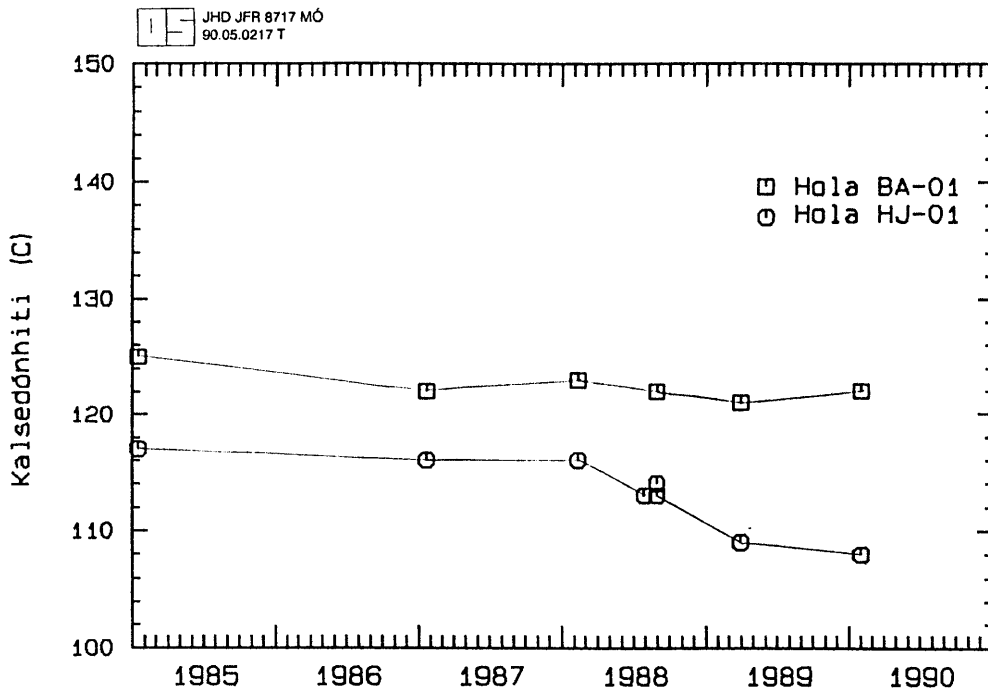
MYND 5. Breytingar á styrk klóríðs (Cl) með tíma í vatni úr holum BA-01 og HJ-01.



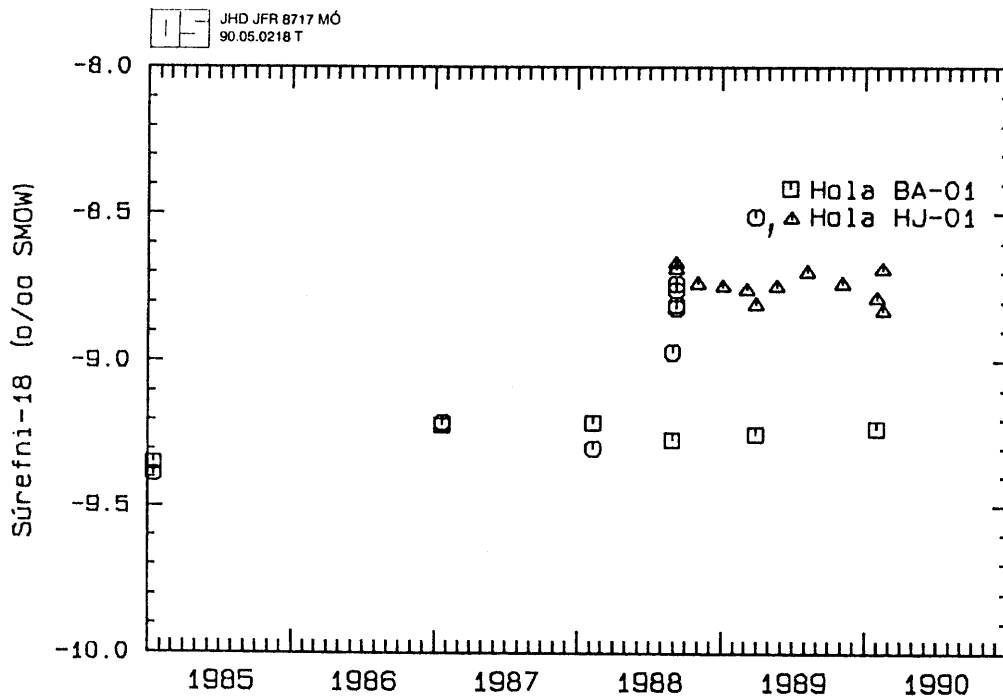
MYND 6. Breytingar á styrk kísils (SiO_2) með tíma í vatni úr holum BA-01 og HJ-01.



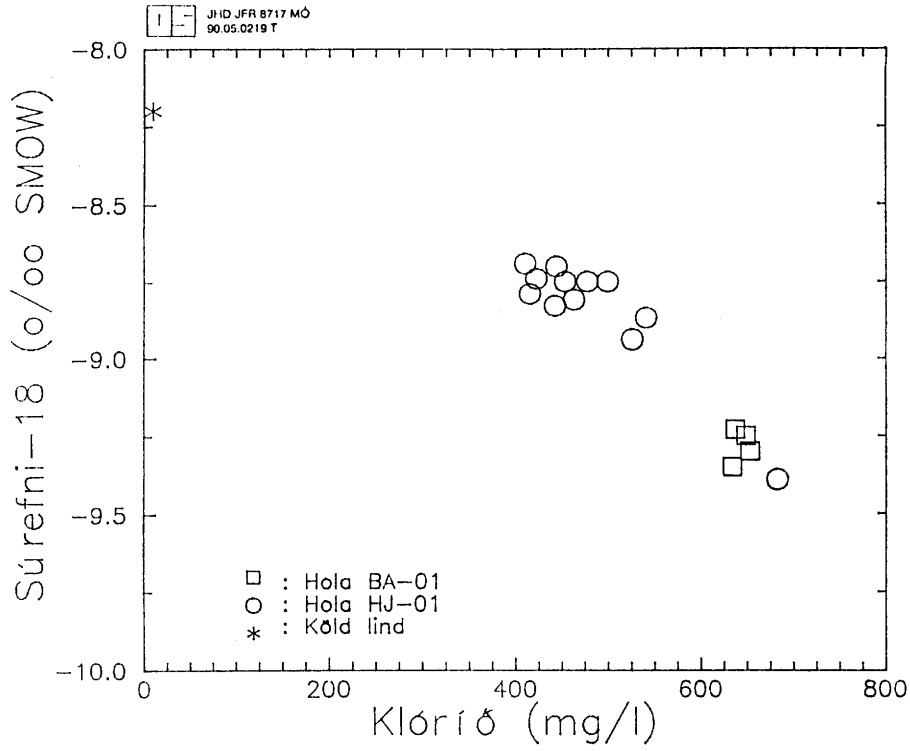
MYND 7. Styrkur klóríðs (Cl) á móti styrk sulfats (SO_4) í vatni úr holum BA-01 og HJ-01 og úr kaldri lind á svæðinu.



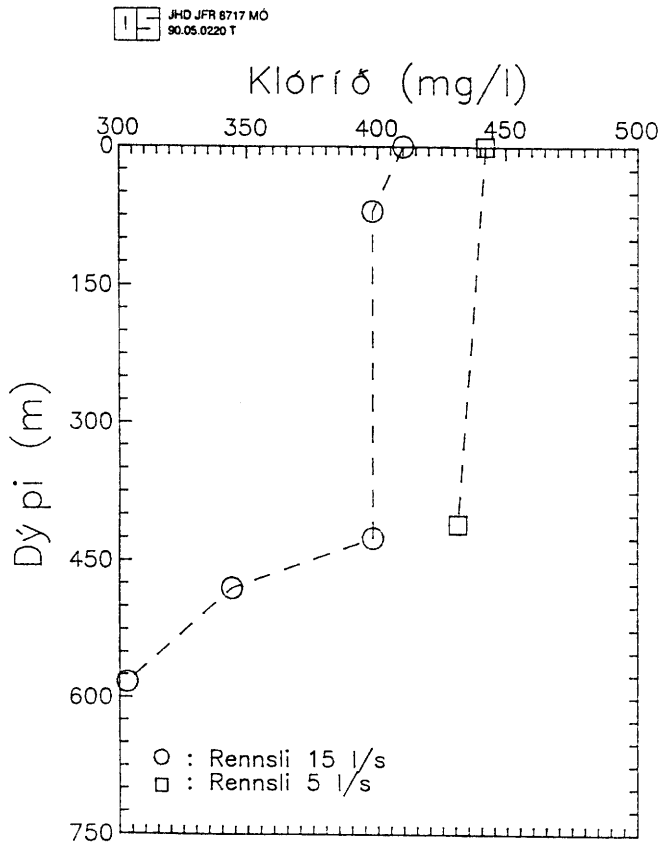
MYND 8. Breytingar á reiknuðum kalsedónhita í vatni úr holum BA-01 og HJ-01 með tíma.



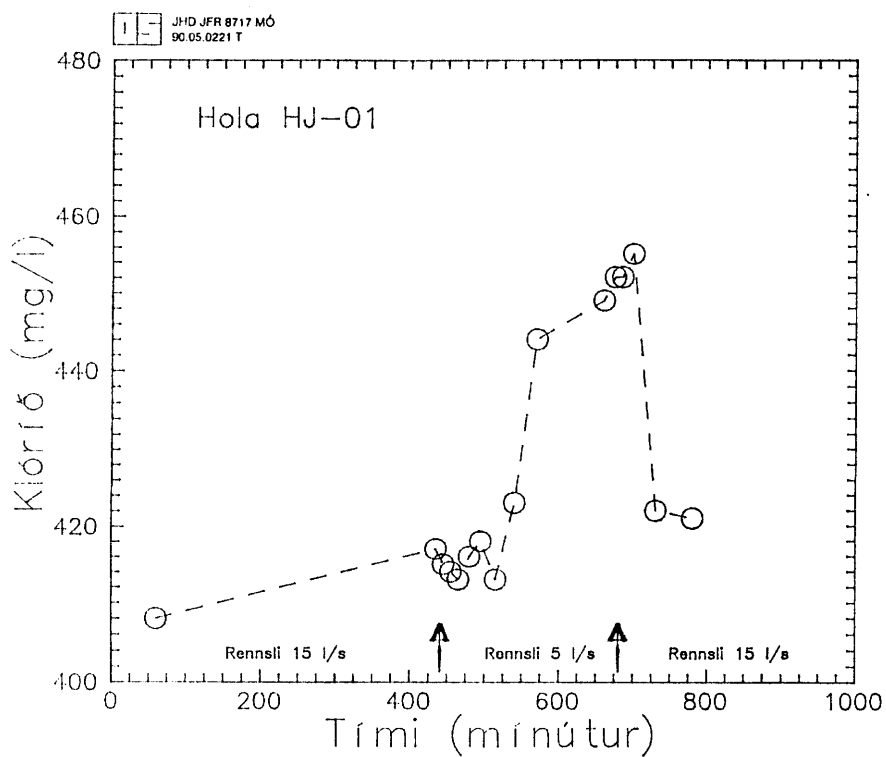
MYND 9. Súrefnisíótópahlutfall á móti tíma í vatni úr holum á Bakkasvæðinu.



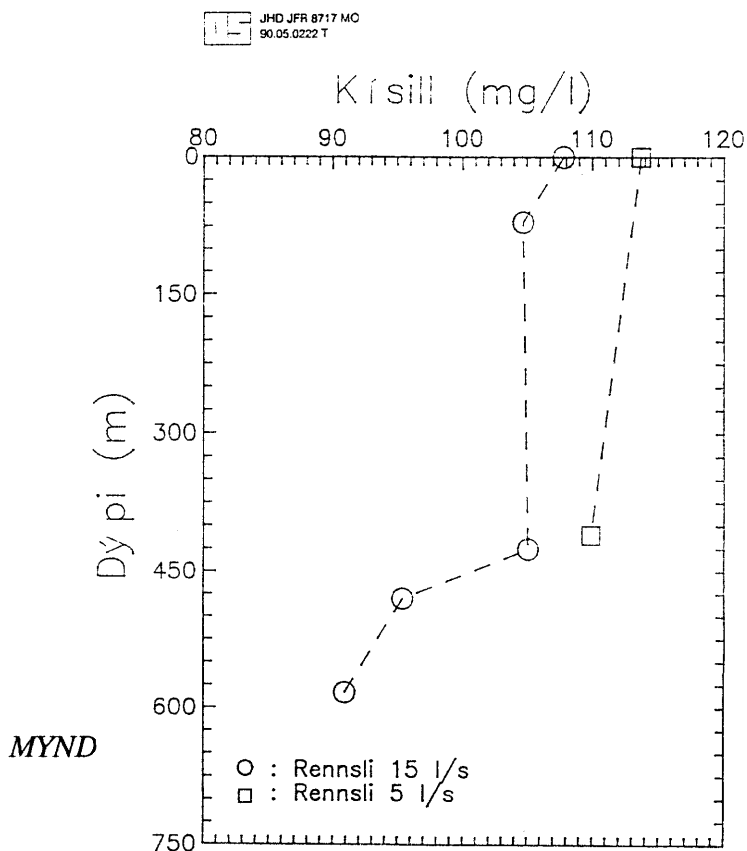
MYND 10. Súrefnissótópahlutfall á móti klóríðstyrk í jarðhitavatninu.



MYND 11. Styrkur klóríðs sem fall af dýpi í holu HJ-01.

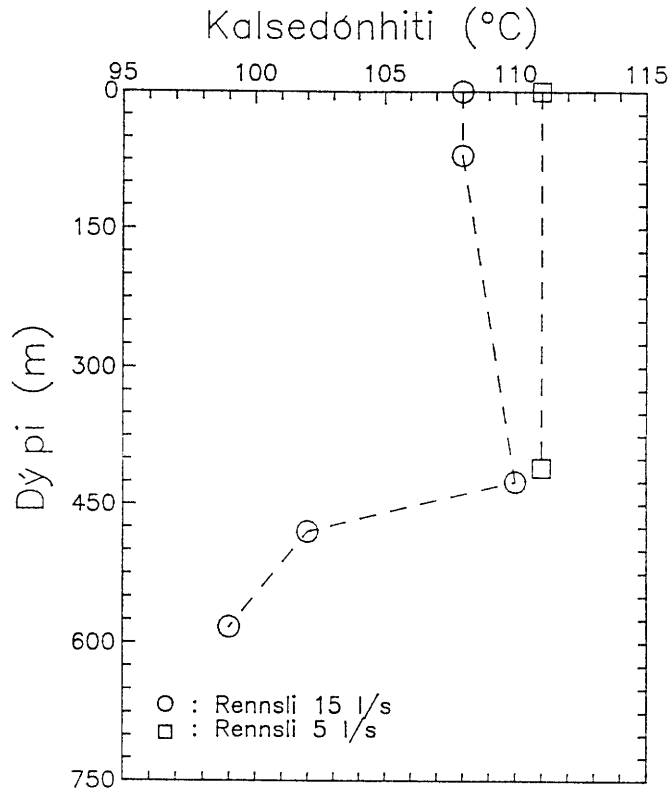


MYND 12. Breytingar í styrk klóríðs með tíma og rennsli.



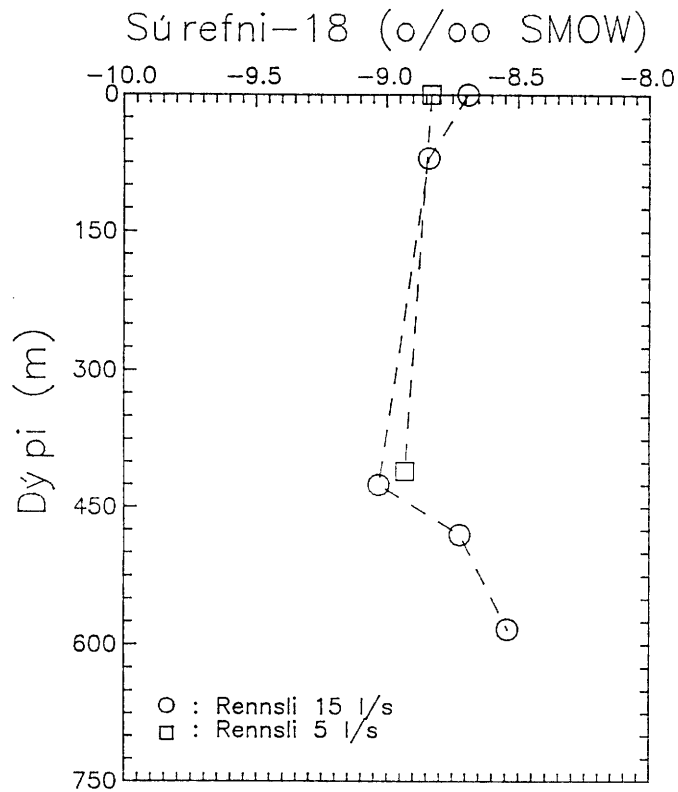
MYND 13. Styrkur klóríðs sem fall af dýpi í holu HJ-01.

JHD JFR 8717 MÓ
90.05.0223 T

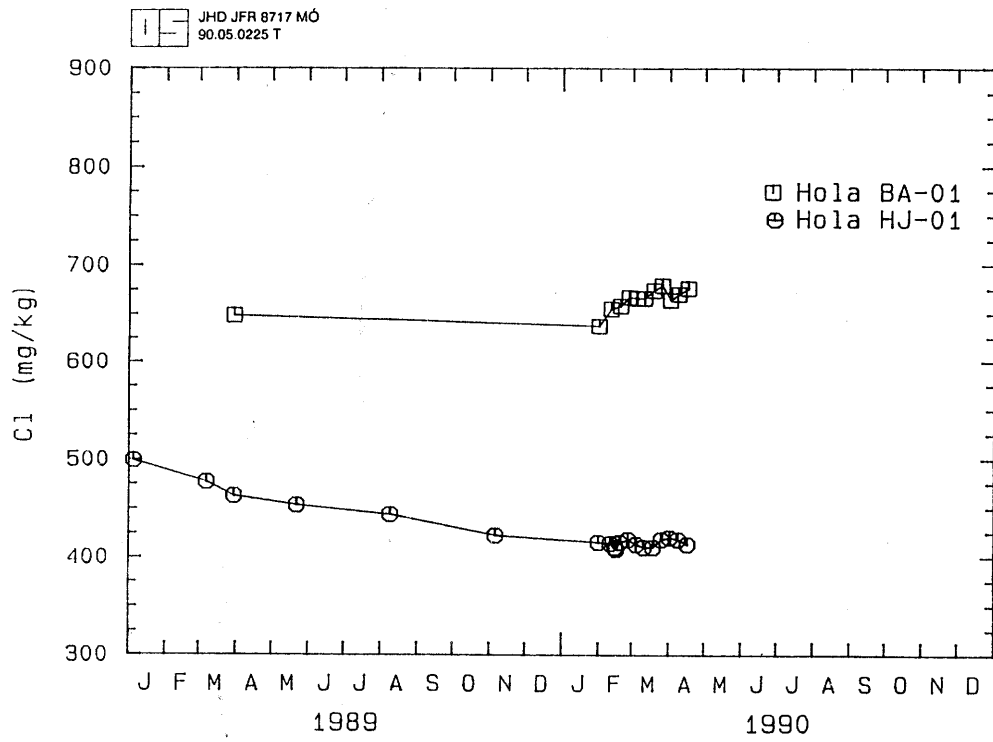


MYND 14. Kalsedonhitastig vatns, sem fall af dýpi.

JHD JFR 8717 MÓ
90.05.0224 T



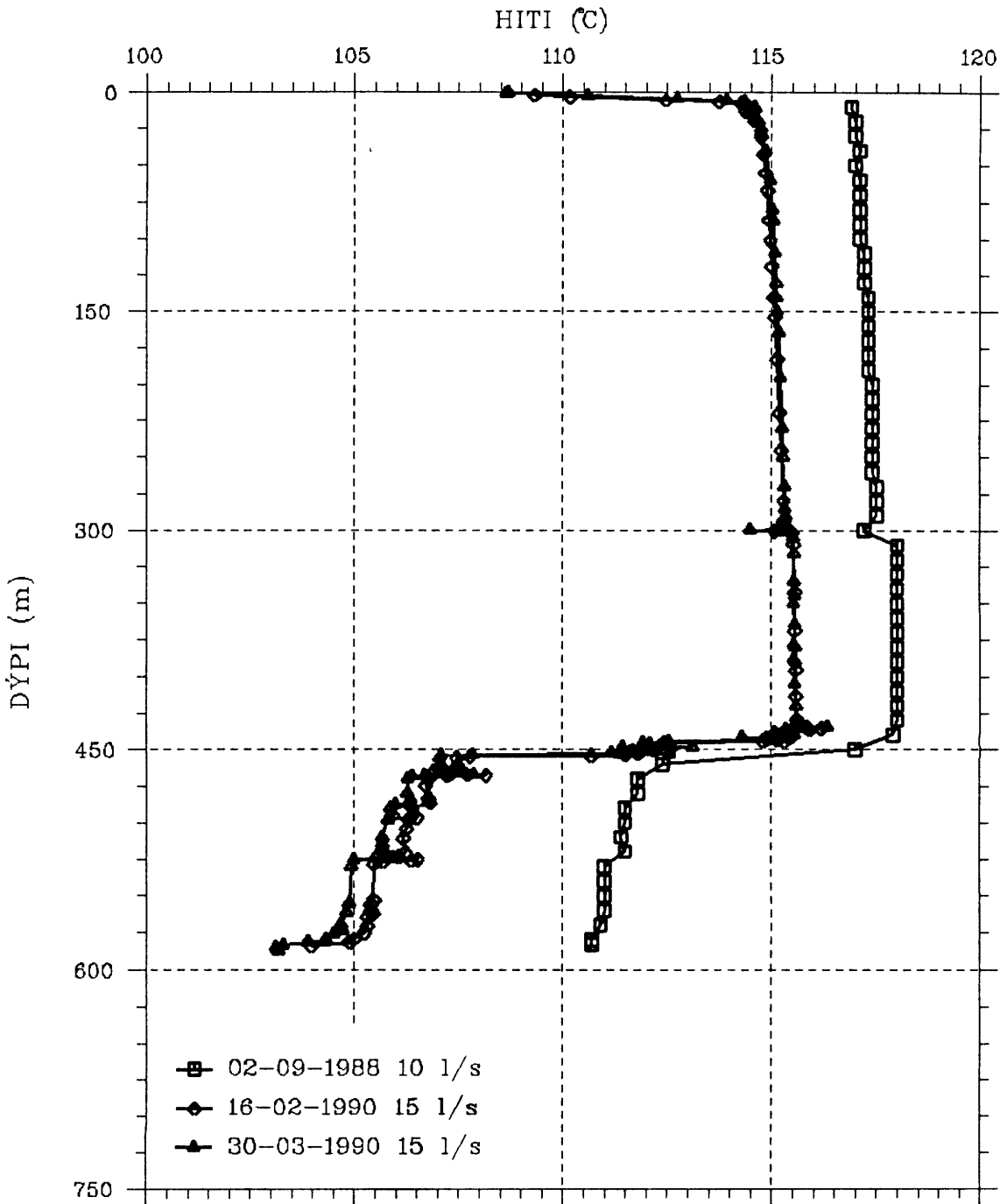
MYND 15. Súrefnisísótópahlutfall, sem fall af dýpi.



MYND 16. Styrkur klóríðs með tírna í holum HJ-01 og BA-01 1989 og 1990

☐ 1 Jun 1990 hs
L= 96811 Oracle

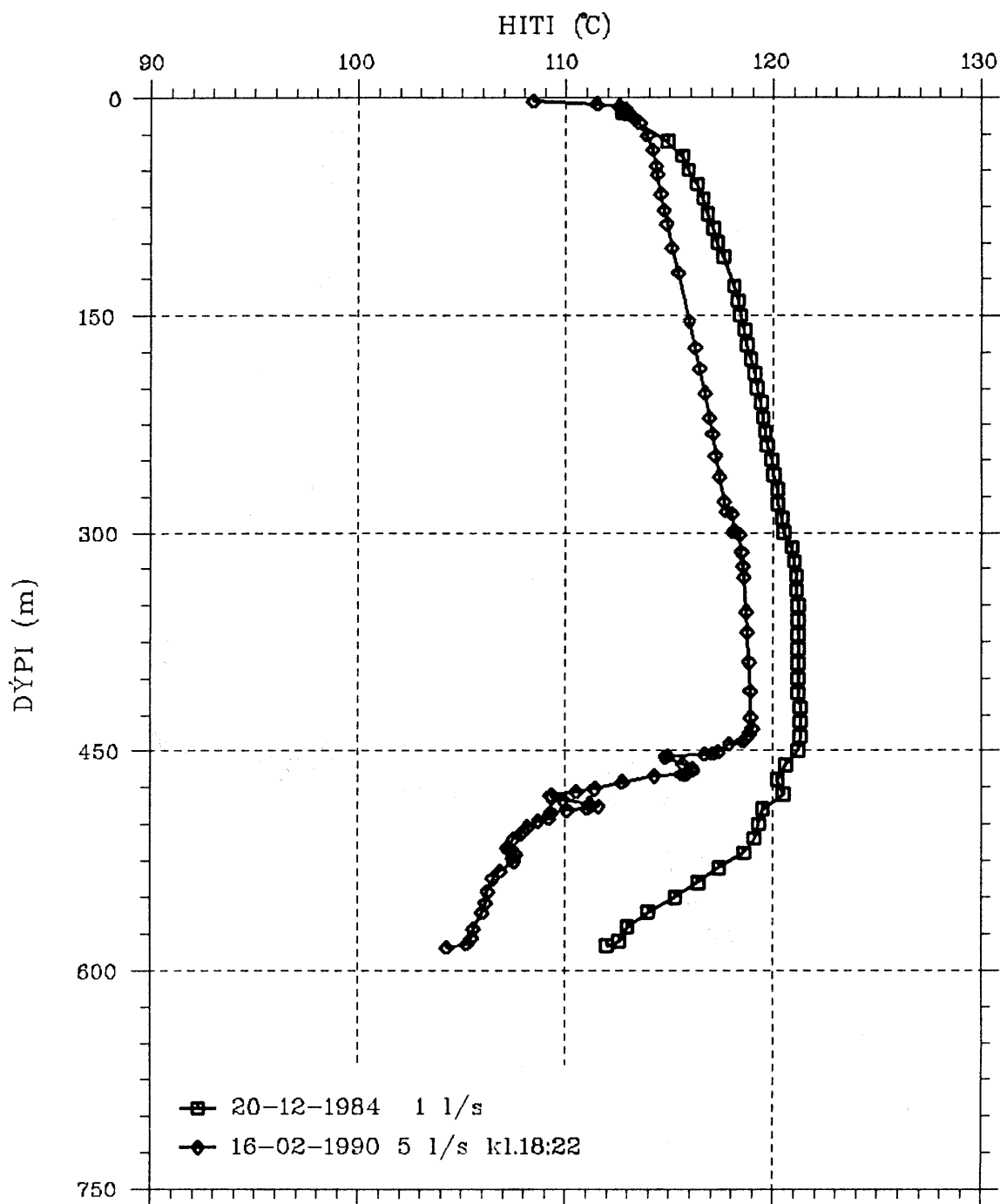
Hjallakrókur Ölfushreppi Holu HJ-01 Hitamælingar



MYND 17. Hitamælingar í holu HJ-01, gerðar 1988 og 1990 við 10, 15 og 5 l/s rennsli.

1 Jun 1990 hs
L= 96811 Oracle

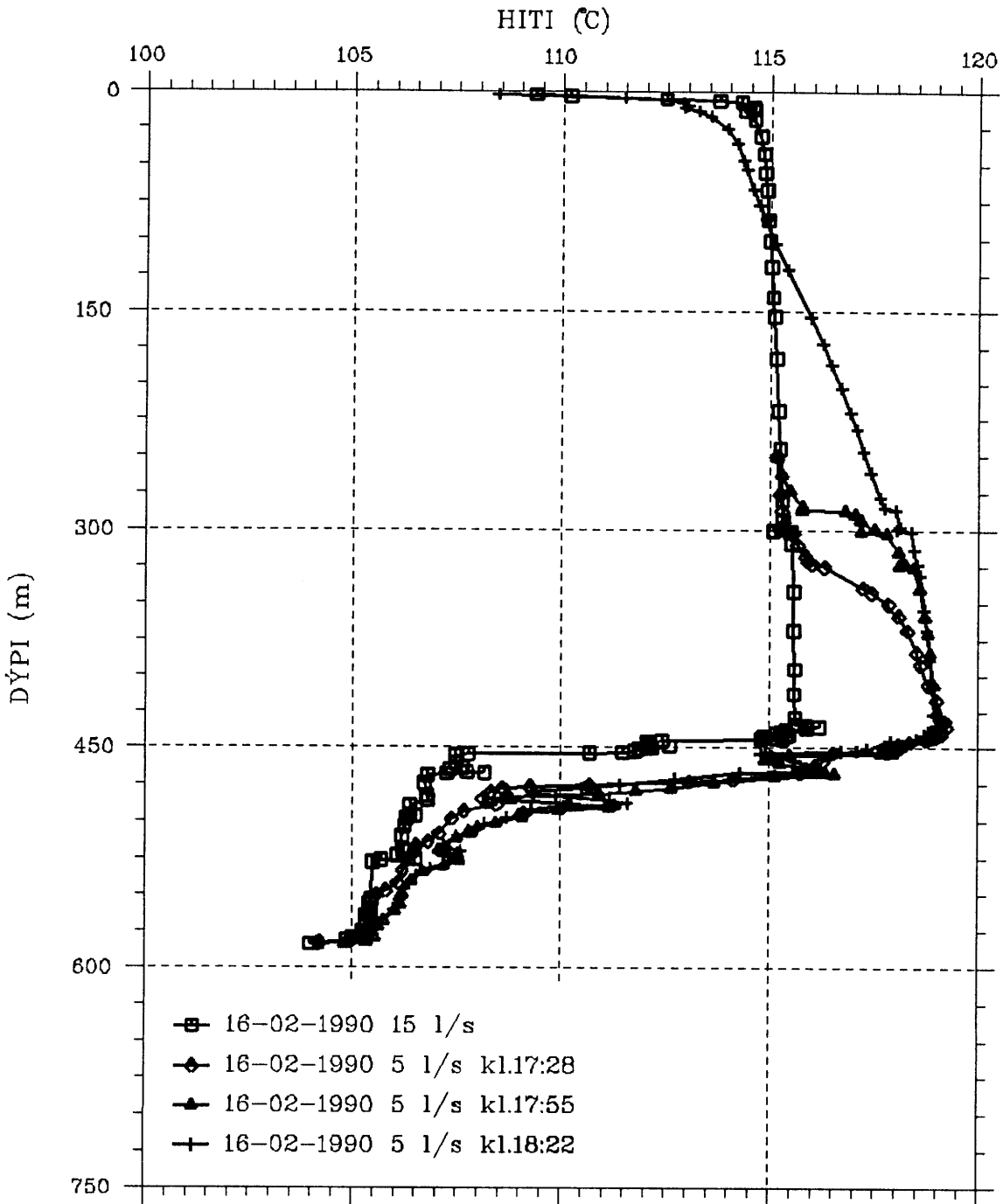
Hjallakrókur Ölfushreppi Hóla HJ-01 Hitamælingar



MYND 18. Hitamælingar í hólum HJ-01, gerðar 1984 og 1990 við 1 l/s og 5 l/s rennsli.

1 Jun 1990 hs
L= 96811 Oracle

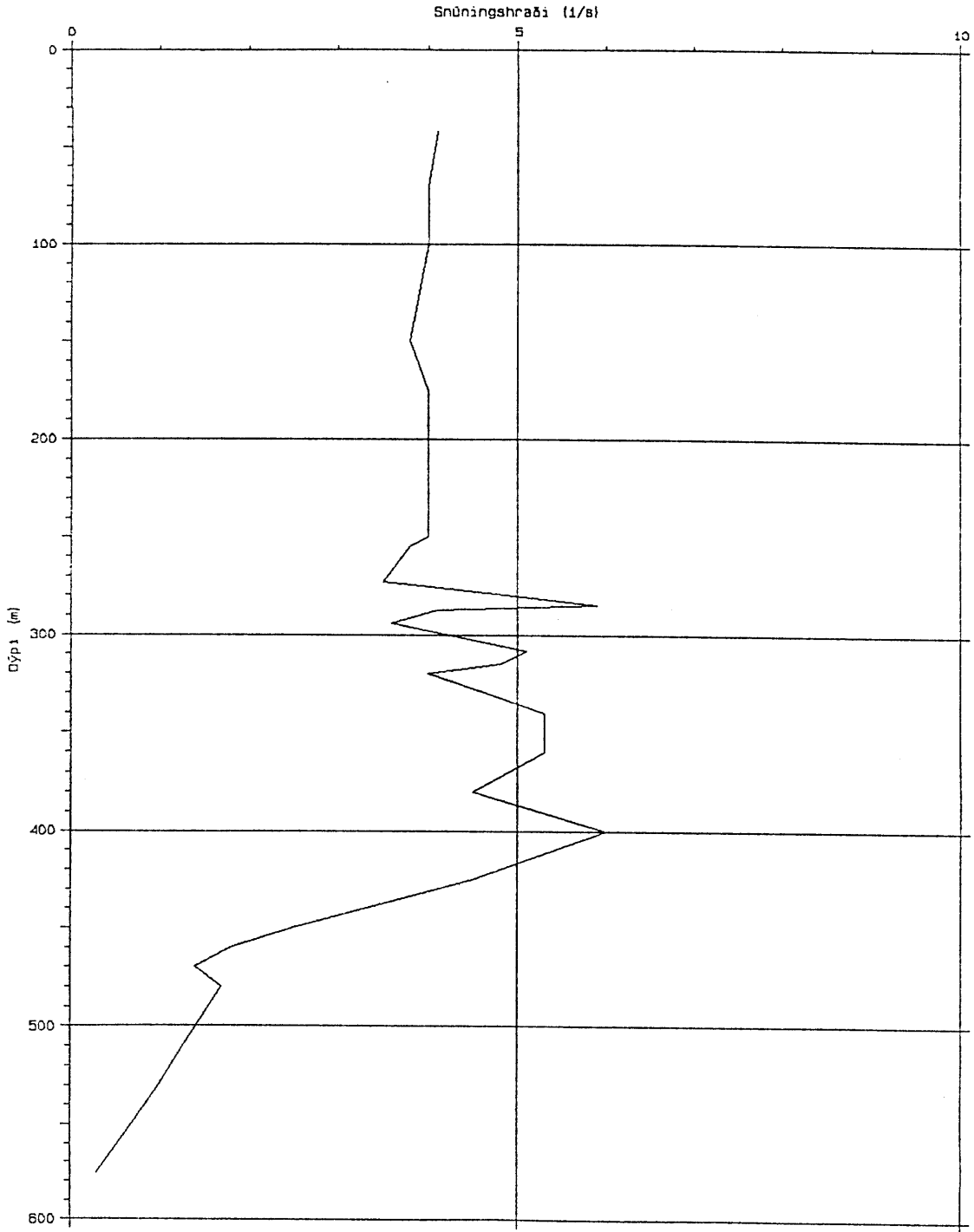
Hjallakrókur Ölfushreppi
Hola HJ-01
Hitamælingar 16.feb.1990



MYND 19. Hitamælingar í holu HJ-01 frá 16. febrúar 1990 við breytilegt rennsli.

JHD-FF-8717-HS
03-04-1990 T

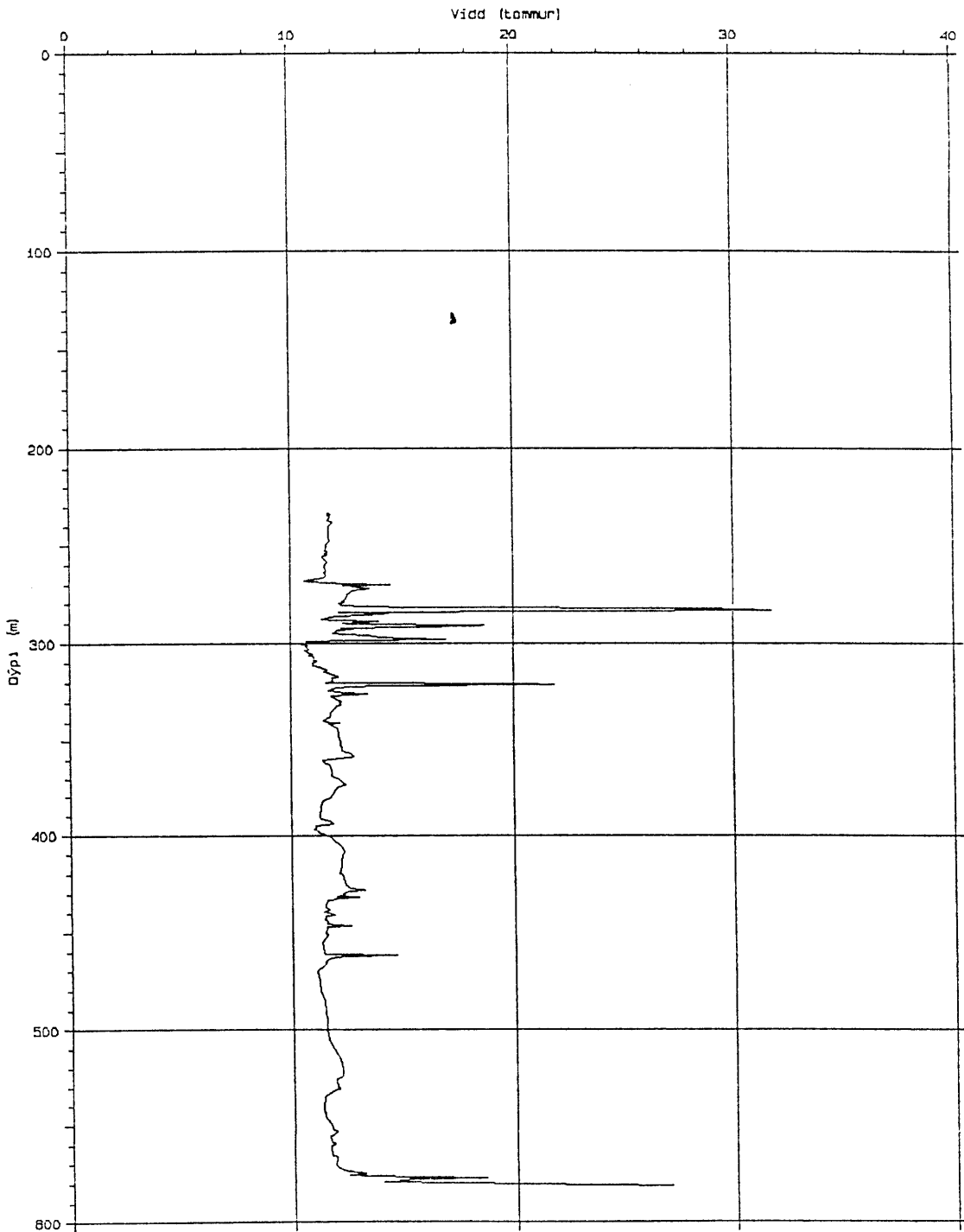
Hjallakrókur Ölfushreppi
Hola HJ-01
Rennslismæling 30-03-1990



MYND 20. Rennslismæling í holu HJ-01 frá 30. mars 1990.

JHD-FF-8717-HS
03-04-1990 T

Hjallakrókur Ölfushreppi
Hóla HJ-01
Viddarmæling 30-03-1990



MYND 21. Viddarmæling í holu HJ-01 gerð 30. mars 1990.

VIÐAUKAR

STAÐSETNING NÝRRAR BORHOLU Á BAKKASVÆÐINU
FYRIR HITAVEITU PORLÁKSHAFNAR

Staðsetning borhola á Bakkasvæðinu byggðist á dreifingu jarðhitans og á viðnámsmælingum. Þegar fyrsta holan var staðsett í ársbyrjun 1976 lá fyrir fremur ófullkomið viðnámskort af Bakkasvæðinu. Aukið var í það með frekari mælingum sumrin 1976 og 1977 og fullteiknað kort lá fyrir 1978. Hola BA-01 á Bakka var staðsett á lágviðnámsvæði sem þá var vitað um milli Hjallalauga og Þóroddstaðalauga. Reiknað var með 125-145°C heitu vatni og allt að 1600 m djúpri holu (Kristján Sæmundsson, 1976). Holan var þó aldrei boruð nema í 886 m enda var hún þá orðin vatnsmikil og hiti í henni nálægt 140°C. Þegar HJ-01 var staðsett, var tekið mið af viðnámskortinu sem þá lá fyrir og af volgrunum suður frá Bakkaholu 1. Var nýju holunni því valinn staður um 180 m sunnar. Í ljós kom, að Hjallakröksholan er ~10° kaldari en Bakkaholan. Hitaferillinn í henni er viðsnúinn og innstreymi hefur komið fram á kaldara vatni en 100°C nálægt botni hennar. Fælir þetta eðlilega frá því að reyna frekari borun á því svæði sem fyrri ályktanir gáfu til kynna að væri álitlegast. Fleira hefur komið á daginn varðandi Bakkasvæðið á síðustu árum, t.d. hár hiti í borholum uppi við veg bæði á Læk og hjá Vatna-rækt í landi Bakka. Virðist eftir þessu einsýnt að bora næstu vinnsluholu á Bakkasvæðinu ca 200 m norðaustur af BA-01 eins og lengi var raunar fyrirhugað, áður en Hjallakröksholan var staðsett. Ekki sýnist ástæða til frekari mælinga áður en ný hola verður staðsett.

Kristján Sæmundsson

ORKUSTOFNUN JHD
1. júní 1990
S. Þórh.

KOSTNAÐARÁÆTLUN Á BORUN 700 m HOLU
FYRIR HITAVEITU PORLÁKSHAFNAR

VERKÞÁTTUR	EININGAVERÐ (kr/#)	FJÖLDI EININGA	SAMTALS (kr)
0. Borplan, yfirborðsfóðr.	200.000	1	200.000
A. Flutn. t/f borstað	350.000	1	350.000
B. Borun fyrir öryggisfóðr.	25.000	60	1500.000
C. Borun fyrir vinnslufóðr.	15.000	210	3150.000
D. Borun vinnsluhluta 8,5"	10.000	500	5000.000
E. Tímagjald í biðstöðu	12.000	10	120.000
F.1. Tímagjald áh. og bor	15.000	10	150.000
F.2. Tímagjald áh. og loftþr	20.000	10	200.000
G.1. Öryggisfóðring 14"	10.000	60	600.000
G.2. Vinnslufóðring 10 3/4"	8.000	270	2160.000
G.3. Holutoppur	110.000	1	110.000
G.4. Sement	8.700	20	174.000
Borun og efni			13514.000
Ráðgjöf og mælingar			600.000
		Ófyrirséð 10%	1411.400
Samtals áætl. kostn. við eina holu (kr)			14925.400

Forsendur:
Verð án VSK
Verðlag 1. júní 1990



1. júní, 1990

HITAVEITA ÞORLÁKSHAFNAR KOSTNAÐUR VIÐ DJÚPDÆLUKAUP

INNGANGUR

Í eftirfarandi greinargerð er gerð tillaga um að stefnt skuli að endurvirkjun borhola Hitaveitu Þorlákshafnar með djúpdælum. Keyptar verði 1-2 djúpdælur og þær hafðar til taks ef sjálfrennsli hættir úr holunum. Kostnaður við dælukaupin og uppsetningu er gróflega áætlaður um 4 milljónir króna á hvora holu. Einnig er bent á þann möguleika að bæta orkunýtinguna um 25% eftir þessa breytingu.

ÁSTÆÐUR FYRIR ENDURVIRKJUN

Um tíu ára skeið hefur sjálfrennsli verið úr holunum sem Hitaveita Þorlákshafnar hefur nýtt. Rennsli hefur verið stöðugt og hefur gufa verið "soðin af", en vatninu dælt um 100°C heitu til Þorlákshafnar.

Miklar líkur eru nú taldar á að sjálfrennslið hætti við frekari kólnun á hitaveituvatninu í svæðinu á Bakka og Hjallakrök. Orkustofnun er að taka saman skýrslu um mælingar sem gerðar hafa verið til að afla frekari vitneskju um hvar og hve mikil kólnunin sé og er þessi greinargerð viðauki við hana.

Almennt eru áhrif mikillar vinnslu á jarðhitakerfi þau að vatnsborð lækkar og einnig getur kólnun að suðumarki valdið því að sjálfrennsli hættir. Nú eru aðeins tólf holur í notkun hjá hitaveitum (af 123 holum alls) sem eru í sjálfrennsli (Þorláksh. 2 holur, Sauðárkr. 5 holur, Flúðir 3 holur, Hrísey 1 hola og Hitav. Húsav. 1 hola). Sjálfrennslið úr holum Hitaveitu Þorlákshafnar má rekja til þess að vatnið er yfirhitað (115°C) og eru holurnar í sí-gosi. Hitastigið er þó á mörkum þess að halda holum í sí-gosi og er næsta öruggt að kólnun um ca. 5°C mun taka fyrir það. Þótt sjálfrennsli hafi verið í upphafi hjá hitaveitum á Íslandi hefur fyrr eða síðar þurft að dæla vatninu. Sá tími nálgast hjá Hitaveitu Þorlákshafnar.

KOSTIR VIÐ BREYTINGU YFIR Í DJÚPDÆLU

Virkjun holu með djúpdælu hefur ekki eingöngu aukinn kostnað í för með sér, því fylgja einnig nokkrir kostir sem vert er að vika að.

- Hægt verður að auka rennsli úr holum frá því sem er í sjálfrennsli, því gosið er ekki nógu kröftugt til að valda miklum niðurdrætti. Hitamælingar í blæstri sýndu að suðuborðið var á ca. 5,5 m dýpi þegar úr holunni runnu um 5 l/s og á ca 7 m dýpi þegar rennslið var 15 l/s. Með djúpdælu má lækka vatnsborðið um tugi metra, og um hundruð ef á þarf að halda, og fá þannig mun meira vatn.

- Vatnið verður heitara, um 115°C í stað 100°C nú. Stafar þetta af því að með dælu er hægt að halda yfirþrýstingi á vatninu sem kemur í veg fyrir að það sjóði af sér gufu og kólni í 100°C.

Sérstök ástæða er til að benda á jákvæð áhrif þess að nýta heitara vatn (115°C) því að afl hitaveitunnar eykst um 25-35%. Gera þarf nokkrar breytingar á núverandi virkjunarhúnaði og í dreifikerfi til að það sé hægt. Kostir betri orkunýtingar eru m.a. að fresta má lögn nýrrar aðflutningsæðar (eða byggingu nýrrar dælustöðvar á aðveituæðinni) frá Bakka til Þorlákshafnar, og einnig dregur það úr vatnsnámi úr svæðinu sem skilar sér í minni kólnun í framtíðinni.

KOSTNAÐUR VIÐ DÆLUKAUP

Miðað er við að nota djúpdælu af þeirri gerð sem hitaveitur nota mest, þ.e. dælan sjálf er keypt frá Bandaríkjunum (Peabody Floway), en öxlar og annað smíðað hjá Vélsmiðju Sigurðar Sveinhjörnssonar í Garðabæ. Aflað var verðupplýsinga frá

Þessum fyrirtækjum fyrir dælu sem hentaði til virkjunar hola á Bakka. Ofan á fob verð dælu og mótors var bætt 50% vegna flutnings, innflutningsgjalda og virðisaukaskatts. Virðisaukaskattur er innifalinn í verði efnis sem smíðað er innanlands.

1. Djúpdæla, Floway, 40 l/s og 40 m lyftihæð, 10DKH	460.000
2. Rafmótor, 30 hö	230.000
3. Toppstykki og tilheyrandi	290.000
4. Dælurör, 40 m, 13 stk.	1009.000
5. Hraðabreytir og rafb.	700.000
<hr/> Samtals áætl. kostn. (kr)	<hr/> 2689.000

Auk þess kemur til kostnaður við byggingu skýlis yfir dælubúnaðinn og breytingar á lögnum og niðursetning dælu. Að þessu meðtöldu er áætlaður heildarkostnaður við að setja djúpdælu í hverja holu um 4 milljónir króna.

UM FORSENDUR FYRIR DÆLUVALI

Rétt er að gera grein fyrir helstu forsendum fyrir dæluvali, því þar eru atriði sem þurfa frekari skoðunar við.

Afköst:

Núverandi afköst hvorrar holu um sig í sjálfrennsli eru 15-20 l/s. Miðað er við að hvor djúpdæla hafi 40 l/s hámarksafköst, þannig að önnur holan geti annað þörfinni t.d. ef bilun kemur upp. Öllu jafna yrðu báðar holurnar í rekstri og er þá dregið úr afköstunum með því að hægja á snúningi dælnnar, en til þess þarf hraðabreyti. Hraðabreytir er nokkuð dýr, en raforkusparnaður vegur á móti.

Hitastig:

Miðað er við að dælt verið um 115°C heitu vatni úr holunni til að byrja með, og því þarf lágmarksþrýstingur á holutoppi að vera um 0,5 bar. Hátt hitastig veldur því að velja verður dælu af hefðbundinni gerð með öxlum smíðuðum hérlendis, því dælur með sambyggðum rafmótor sem eru ódýrari, þola ekki svo hátt hitastig, enn sem komið er.

Niðurdráttur:

Mest óvissa ríkir um þetta atriði við val á djúpdælu. Vatnsborðið stendur nú mjög ofarlega og hitamælingarnar bentu til að niðurdrátturinn vaxi aðeins um nokkra metra við að rennslið jökst úr 5 l/s í 15 l/s.

Í þessari athugun var gert ráð fyrir að vatnsborðið (suðuborð) geti farið í 35 m, og að a.m.k. 5 m vatnsborð þurfi að hafa ofan á dælu. Dælurörin sem eru einn stærsti liðurinn í kostnaði yrðu því 40 m að lengd.

Gera þarf nákvæmari mælingu á holunum til að fá fram vatnsborð (niðurdrátt) við mismikla dælingu úr holunni, áður en unnt er að ganga endanlega frá hönnun á umræddum breytingum og dæluvali.

Dæluval:

Framleiðandi dælnnar, Floway, valdi að bjóða 10" djúpdælu af hæggengari gerðinni, 1500 snúninga/mínútu, frekar en dælu fyrir 2900 snúninga/mínútu eins og nú eru í notkun hjá Hitaveitu Þorlákshafnar. Þetta hefur þá kosti að ending dælnnar verður lengri, og dælan þarf ekki að vera jafn lagt undir vatnsborði. Eftir sem áður kemur til álitu að kaupa hraðgengari dælu sem yrði þá 8" í þvermál, og yrði það nokkru ódýrara. Þetta dæluval og einnig afköst í magni og lyftihæð þarf að endurskoða við hönnun á breytingunum. Dælan Floway 10DKH x 6 þrep hefur afköstin 40 l/s við 40 m lyftihæð og 1500 s/m, og þarf 30 hestafra rafmótor til að knýja hana. Raforku-notkun hitaveitunnar mun aðeins aukast um 10% við hverja dælu. Afgreiðslufrestur á djúpdælu er nú um hálf ár.

LOKAORÐ

Virkjun borhola að Bakka með djúpdælum er tæknilega örugg framkvæmd sem mun tryggja að stöðvun sjálfrennslis trufla ekki rekstur Hitaveitu Þorlákshafnar, auk þess sem hún gefur kost á orkusparnaði. Á þessari stundu er ekki hægt að segja hvenær grípa þurfi til þessa ráðs, en þó er lagt til að nú þegar verði umrædd breyting hönnuð og djúpdæla keypt vegna langs afgreiðslufrests (dæla og rafmótor ca. 700.000 kr). Stöðvist sjálfrennsli úr holu má viðhalda því til bráðabirgða með loftblæstri, á meðan öxlar eru smíðaðir og aðrar breytingar gerðar. Þar með yrði fjárfestingum frestað í lengstu lög, en viðunandi rekstraröryggi þó náð.

Sverrir Þórhallsson, yfirverkfr.



1. júní, 1990

HITAVEITA ÞORLÁKSHAFNAR KOSTNAÐUR VIÐ AÐ STÍFLA BOTNÆÐ HJ-01

INNGANGUR

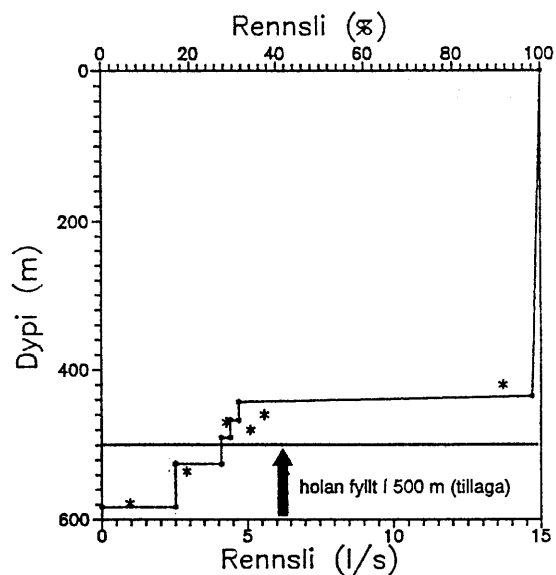
Í skýrslu Orkustofnunar um holu HJ-01 er m.a. gerð tillaga um að stífla botnæð holunnar, þar eð vatn í henni hefur kólnað og auk þess þynnst af ferskara vatni úr næsta nágrenni holunnar. Aðgerðinni er ætlað að hægja á kólnun holunnar. Myndin sýnir hvar innrennsli hefur mælst og hve mikið og einnig hvaða hluta holunnar lagt er til að stífla. Til þess þarf að fylla holuna frá botni og upp í 500 m. Aðgerðin mun stífla æðar sem gefa nú um 4 l/s við 15 l/s rennsli, eða um 30% af því sem úr holunni kemur.

KOSTNAÐUR

Framkvæmdin felst í að fyrst verður sandur settur í holuna, síðan borleðja, þá aftur sandur og loks steypt efst. Til að efnin lendi á réttum stað og til að draga úr hættu á að aðrar æðar hafi illt af aðgerðinni, er lagt til að efnin verði sett niður um borstengur og því þarf aðstoð jarðbors við verkið. Talið er að aðgerðin taki 3-4 daga og að holan geti verið óvirk í a.m.k. eina viku. Kostnaður við verkið í heild er áætlaður samtals kr. 1,5 milljón kr. án VSK.

HITAVEITA ÞORLÁKSHAFNAR

Túlkun mælinga í holu HJ-01



* "spinner" mæling

— túlkun hitamælinga

ORKUSTOFNUN JHD
1. júní 1990
S. Þórh.

KOSTNAÐARÁÆTLUN Á BORUN 700 m HOLU
FYRIR HITAVEITU ÞORLÁKSHAFNAR

VERKÞÁTTUR	EININGAVERÐ (kr/#)	FJÖLDI EININGA	SAMTALS (kr)
O. Borplan, yfirborðsfóðr.	200.000	1	200.000
A. Flutn. t/f borstað	350.000	1	350.000
B. Borun fyrir öryggisfóðr.	25.000	60	1500.000
C. Borun fyrir vinnslufóðr.	15.000	210	3150.000
D. Borun vinnsluhluta 8,5"	10.000	500	5000.000
E. Tímagjald í biðstöðu	12.000	10	120.000
F.1. Tímagjald áh. og bor	15.000	10	150.000
F.2. Tímagjald áh. og loftþr	20.000	10	200.000
G.1. Öryggisfóðring 14"	10.000	60	600.000
G.2. Vinnslufóðring 10 3/4"	8.000	270	2160.000
G.3. Holutoppur	110.000	1	110.000
G.4. Sement	8.700	20	174.000
Borun og efni			13514.000
Ráðgjöf og mælingar			600.000
		Ófyrirséð 10%	1411.400
Samtals áætl. kostn. við eina holu (kr)			<u>14925.400</u>

Forsendur:
Verð án VSK
Verðlag 1. júní 1990