



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

HITAVEITA FLÚÐA

**Efnasamsetning
vatns úr borholum
og úr Litlu Laxá**

Magnús Ólafsson

Unnið fyrir Hitaveitu Flúða

OS-99035

1999



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 8-600302

Magnús Ólafsson

HITAVEITA FLÚÐA

**Efnasamsetning vatns úr borholum
og úr Litlu Laxá**

Unnið fyrir Hitaveitu Flúða

OS-99035

Maí 1999



Skýrsla nr: OS-OS-990 ³ ₂₅	Dags: Maí 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA FLÚÐA Efnasamsetning vatns úr borholum og úr Litlu Laxá	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 10	
Höfundar: Magnús Ólafsson	Verkefnisstjóri: Hrefna Kristmannsdóttir	
Gerð skýrslu / Verkstig: Efnæftirlit	Verknúmer: 8-610563	
Unnið fyrir: Hitaveitu Flúða		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er gerð grein fyrir niðurstöðum efnagreininga á sýnum sem starfsmenn Orkustofnunar tóku þann 1. desember 1998 af vatni úr holu 8 á Flúðum, holu 2 á Grafarbakka og úr Litlu Laxá. Verkið er liður í eftirliti með efnasamsetningu vatnsins fyrir Hitaveitu Flúða. Hitaveitan nýtir vatn úr holum FL-04, 5, 6 og 8 auk holu GB-02 á Grafarbakka. Samhliða sýnatökunni var mældur hiti vatnsins og styrkur uppleysts súrefnis og brennisteinsvetnis. Hiti vatns við holutopp er um og yfir 100°C og vatnið er nýtt beint til upphitunar, í gróðurhús og sundlaug. Efnasamsetning vatns úr holunum er mjög svipað, enda vinna þær vatn úr einu og sama jarðhitakerfinu. Engar umtalsverðar breytingar í styrk einstakra efna í vatni úr holunum virðast hafa átt sé stað síðastliðin þrjátíu ár. Efnasamsetning vatnsins sýnir að það er vel hæft til beinnar nýtingar, eins gert hefur verið um árabíl. Æskilegt er að betri reglu verði komið á eftirlit með vinnslu á svæðinu og hugsanlegum breytingum á efnasamsetningu jarðhitavatsins.		
Lykilorð: Flúðir, hitaveita, borholur, efnæftirlit	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: <i>Hrefna Kristmannsdóttir</i>	
	Yfirfarið af: HK	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. BORHOLUR	3
3. NIÐURSTÖÐUR EFNAGREININGA	4
4. UMRÆÐA	6
5. LOKAORÐ	7
6. HEIMILDIR / RITASKRÁ	8

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1. Borholur á Flúðum, Grafarbakka og Hellisholti	3
Tafla 2. Efnasamsetning sýna	5

MYNDASKRÁ

Mynd 1. Borholur á Flúðum	4
Mynd 2. Hitamælingar í borholum á Flúðum og Grafarbakka	9
Mynd 3. Styrkur kísils í vatni, 1968 til 1998	10
Mynd 4. Kalkmettun vatns úr FL-08, GB-02 og Litlu Laxá	10

1. INNGANGUR

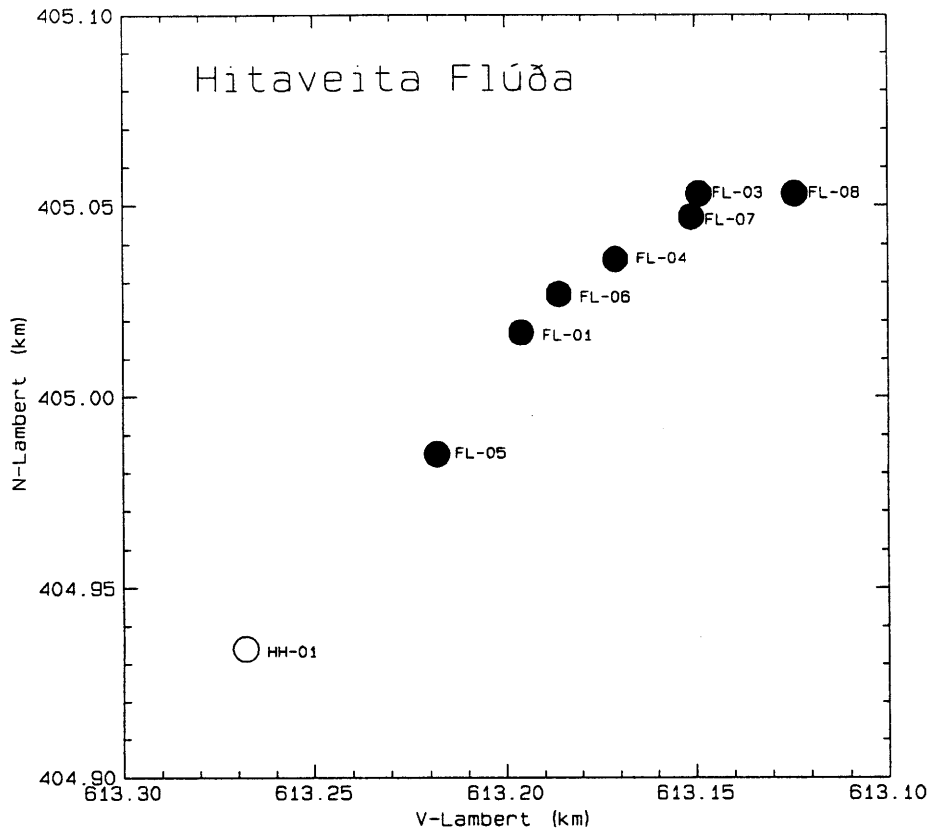
Að beiðni Hitaveitu Flúða tóku starfsmenn Orkustofnunar sýni til efnagreininga af vatni úr holu 8 (FL-08) á Flúðum, holu 2 (GB-02) á Grafarbakka og úr Litlu Laxá þann 1. desember 1998. Áður hefur Orkustofnun tekið sýni úr vinnsluholum veitunnar og eru niðurstöður varðveittar í gagnagrunni stofnunarinnar. Þær eru hafðar til hliðsjónar í þeirri umfjöllun sem hér fer á eftir. Sýni úr Litlu Laxá var tekið u.þ.b. fimm metra úti í ánni, beint neðanundir holu GB-02, en sýnin úr holunum voru tekin á holutoppi.

2. BORHOLUR

Átta holur hafa verið boraðar í jarðhitasvæðið að Flúðum í Hrunahreppi, og að auki tvær í landi Grafarbakka og ein í landi Hellisholts. Hitaveita Flúða nýtir holur FL-04, 5, 6 og 8 en lítill vinnsla hefur verið úr holu GB-02. Yfirlit um holurnar er sýnt í töflu 1. Staðsetning holna 1, 3, 4, 5, 6, 7 og 8 á Flúðum og holu HH-01 í landi Hellisholts var ákvörðuð með GPS gervitunglaviðtæki þann 10. júní 1998. Á hverjum stað var safnað u.þ.b. 100 punktum og staðsetning síðan leiðrétt eftir á. Þannig fékkst svokölluð DGPS staðsetning. Í töflu 1 eru niðurstöður GPS mælinga sýndar. Samsvarandi staðsetning var ekki mæld fyrir holu GB-02 á Grafarbakka. Mynd 1 sýnir afstöðu borholna á Flúðum.

Tafla 1. Borholur að Flúðum, Grafarbakka og Hellisholti.

Hola	Borár	Dýpi (m)	Fjöldi mælipunta	Breidd (N - S) Hnathnit er WGS - 84	Lengd (A - V)	Hæð (m y.s.)	Athugasemdir
FL-01	1949	65	107	64°07'44,8777"	20°19'25,9857"	79	Ekki notuð
FL-02	1949	43					Týnd
FL-03	1949	22	103	64°07'46,1107"	20°19'22,6167"	81	Á lækjarbakka
FL-04	1966	206	107	64°07'45,5113"	20°19'24,1589"	86	Vinnsluhola
FL-05	1973	321	119	64°07'43,8113"	20°19'27,5138"	77	Vinnsluhola
FL-06	1985	365	87	64°07'45,2060"	20°19'25,2470"	73	Vinnsluhola
FL-07	1985	59	104	64°07'45,9119"	20°19'22,7448"	81	Í læknum
FL-08	1994	274	103	64°07'46,1260"	20°19'20,6997"	77	Vinnsluhola
GB-01	1945	58					Ekki notuð
GB-02	1997	187					Vinnsluhola
HH-01	1949	28	102	64°07'42,1113"	20°19'31,0406"	69	Ekki notuð



Mynd 1. Borholur á Flúðum.

3. NÐURSTÖÐUR EFNAGREININGA

Hiti vatns, styrkur uppleysts súrefnis og brennisteinsvetnis voru mæld samhliða sýnatöku. Önnur efni voru mæld á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsettur vetnis (δD) og súrefnis ($\delta^{18}O$) voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Gas/vatns hlutfall var ekki mælt við gassöfnun úr holu FL-08.

Tafla 2. Efnasamsetning sýna úr holum FL-08 og GB-02 og úr Litlu Laxá (mg/l).

Hola	FL-08	GB-02	Litla Laxá
Dagsetning	1998-12-01	1998-12-01	1998-12-01
Númer	1998-0630	1998-0631	1998-0632
Hiti (°C)	104,3	107,5	3,1
Vatn			
Uppleyst súrefni (O ₂)	0	0	-
Sýrustig (pH/°C)	9,2/22	9,2/22	7,5/22
Karbónat (CO ₂ (t))	45,9	46,8	32,6
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	2,23	2,15	<0,03
Leiðni ((μS/cm)/°C)	384/25	388/25	109/25
Bór (B)	0,35	0,39	0,04
Kísill (SiO ₂)	148	145	22,9
Natríum (Na)	78,4	73,3	9,31
Kalíum (K)	2,16	1,90	0,95
Magnesíum (Mg)	0,005	0,005	3,17
Kalsíum (Ca)	1,50	1,96	6,5
Flúoríð (F)	1,35	1,37	0,11
Klóríð (Cl)	24,0	29,2	8,05
Súlfat (SO ₄)	59,8	60,8	3,61
Ál (Al)	0,114	0,132	0,033
Mangan (Mn)	0,0009	0,0005	0,127
Járn (Fe)	0,0084	0,0048	0,349
Uppleyst efni	287	279	63
δD (‰ SMOW)	-73,1	-72,8	-66,8
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-9,93	-9,91	-9,20
Gas			
Vetni (H ₂)	0,03	-	-
Koltvíoxíð (CO ₂)	0,26	-	-
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	0	-	-
Súrefni + Argon (O ₂ + Ar)	1,28	-	-
Köfnunarefni (N ₂)	97,85	-	-
Metan (CH ₄)	0,58	-	-

4. UMRÆÐA

Í töflu 2 hér að ofan eru sýndar niðurstöður efnagreininga á sýnunum sem tekin voru þann 1. desember 1998. Niðurstöður eru jafnframt sýndar á mynd 3, sem sýnir styrk kísils í þeim sýnum frá Flúðum, sem til eru í gagnagrunni Orkustofnunar. Á myndinni kemur fram að efnasamsetning vatns úr öllum holunum á svæðinu (Flúðir og Grafarbakki) er nánast sú sama, enda vinna þær vatn úr sama jarðhitakerfinu (Grímur Björnsson, 1994 og 1999). Á myndinni sést að efnasamsetning vatns hefur lítið breyst á undanförunum árum.

Efnasamsetningu vatns úr laugum og hverum, eða borholum, má nota til að meta hita í undirliggjandi jarðhitakerfi. Hér á landi hafa svokallaðir kísilhitamælar reynst bestu efna-hitamælarnir. Á lághitasvæðum er gert ráð fyrir að vatnið í jarðhitakerfinu sé í jafnvægi við kísilsteindina kalsedón, en á háhitasvæðum sé vatnið í jafnvægi við kvars. Einnig hafa svokallaðir alkalíhitamælar verið notaðir með ágætum árangri. Er þá gert ráð fyrir að hlutfallslegur styrkur natríums og kalíums í vatninu endurspegli hitaháð jafnvægi við ákveðnar steindir í jarðhitakerfinu. Auk þessa þarf einnig að gera ráð fyrir að engin efna-skipti eigi sér stað á leið vatnsins úr jarðhitakerfinu, þar sem jafnvægi ríkir við viðkomandi steindir, upp til yfirborðs. Útreiknaður kalsedónhiti fyrir vatn úr holum FL-08 og GB-02 reyndist vera nánast sá sami, rétt um 125°C. Alkalíhiti reiknast aftur á móti talsvert lægri, rétt um 105°C. Það er nánast sami hiti og mælist í holunum. Efnahiti vatns úr öðrum holum er svipaður. Talið er líklegt að þessir tveir mismunandi efnahitar endurspegli annars vegar hita grunnt í jarðhitakerfinu (alkalíhiti) enda er hann í samræmi við hita í efstu 200 m kerfisins eins og sést á mynd 2. Hins vegar er talið að kalsedónhiti geti endurspeglad hita "dýpra" í jarðhitakerfinu, eða nær upprunastað jarðhitavatsins. Hita-mælingar í holunum sýna viðsnúinn hitaferil (mynd 2), þ.e. neðan 200-300 m dýpis kólna holurnar, sem getur þýtt að uppstreymi jarðhitans liggi einhvers staðar til hliðar við hvera- og borholusvæðið á Flúðum.

Almennt má segja að lághitavatn á Íslandi er lítillaga yfirmettað af kalksteindinni kalsíti, öðru nafni kalki, án þess að hætta sé á myndum útfellinga. Útreikningar fyrir sýnin úr holum FL-08 og GB-02 auk sýnis úr Litlu Laxá eru sýndar á mynd 4. eru útreikningarnir sýndir sem hlutfall jónamargfeldis og virknimargfeldis ($\log(Q/K)$) vatnsins. Vatn er yfirmettað (útfellingahætta) ofan línunnar sem markast af $\log(Q/K)=0$, undirmettað (ekki útfellingahætta) neðan línunnar en vatnið er í jafnvægi við kalsít (kalk) á línunni. Á myndinni sést að vatnið úr holum FL-08 og GB-02 fellur á eða rétt neðan við jafnvægislínuna við hita eins og hann mældist á holutoppi. Ferlarnir sýna svo hvernig mettnarstig vatnsins breytist ef vatnið er hitað eða kælt í lokuðu kerfi, þ.e. án þess að það afgangist. Þar sem uppleysanleiki kalsíts eykst með lækkingu hita, en lækkar aftur á móti með hækkandi hita, þá verður vatnið úr báðum holunum undirmettað við kælingu, en lítillaga yfirmettað við hitun. Við snögga suðu og afgösum gætu þessi efnajafnvægi raskast við hækkun sýrustigs (pH) og valdið útfellingu. Vatn úr Litlu Laxá er undirmettað líkt og algengast er um kalt vatn hér á landi.

Gasi var safnað úr holu FL-08 og eru niðurstöður sýndar í töflu 2. Þar kemur fram að gasið er nánast hreint köfnunarefni og án brennisteinsvetnis. Styrkur vetnis, koltvíoxíðs, metans auk súrefnis og argons, sem greint var saman, er lágur. Þessar niðurstöður eru í ágætu samræmi við efnasamsetningu gass á lágheatasvæðum hér á landi, en þar er köfnunarefni er aðalgastegundin. Til að fá koltvíoxíð í meira magni þarf hiti jarðhitakerfisins annað hvort að vera talsvert hærra (>150°C) ellegar að jarðhitakerfið liggi nærri uppstreymi af koltvíoxíði frá kólnandi kvikuinnskotum dýpra í jarðskorpunni.

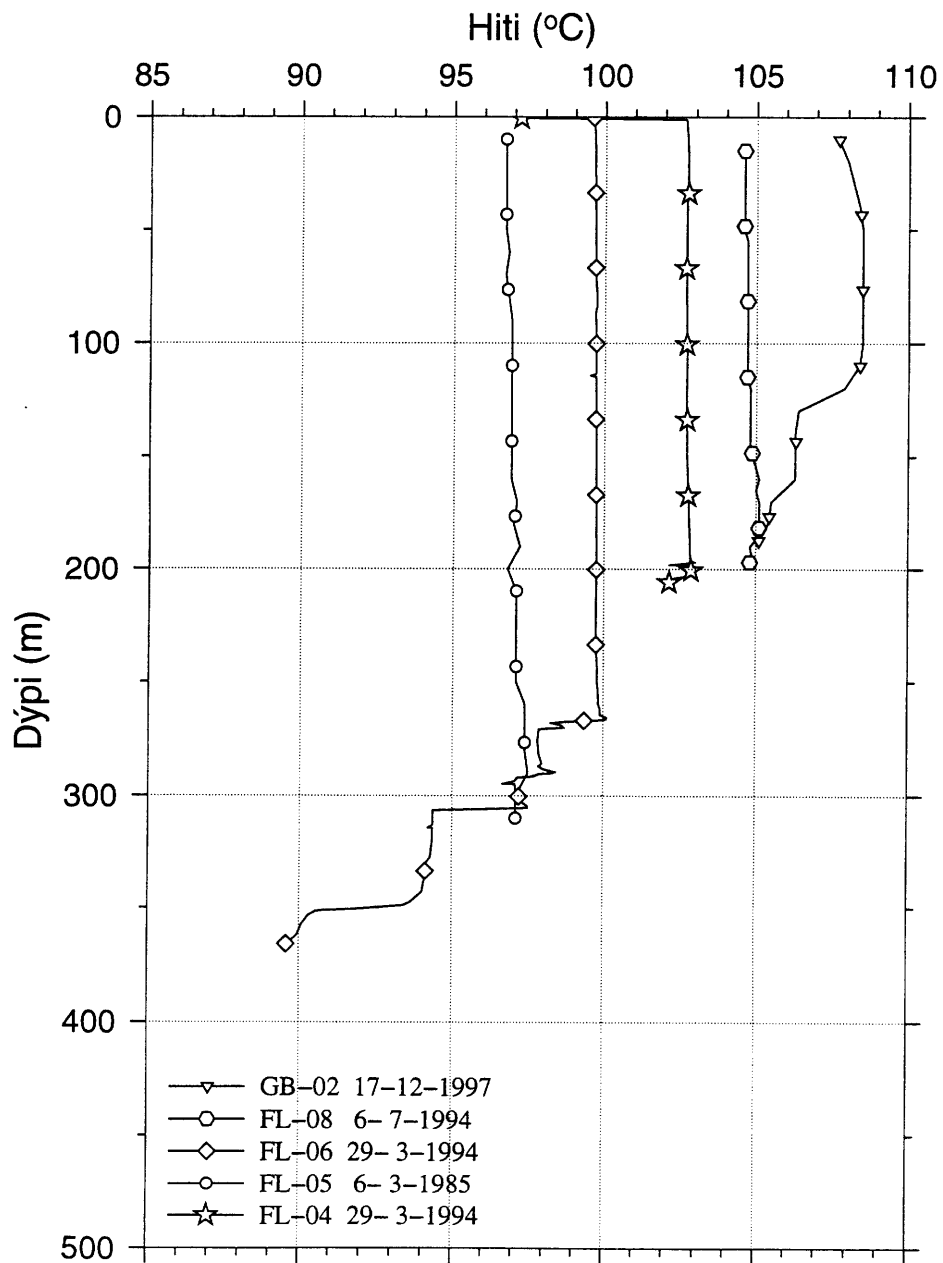
Hiti vatnsins í Litlu Laxá mældist rúmar 3°C þegar sýnataka fór fram. Þá var nokkuð mikið í ánni eftir rigningu undangengna daga. Sýrustig vatnsins (pH) var þá 7,5 og efnainnihald þess áþekkt því sem gerist í köldu árvatni hér á landi. Ekki sást nein veruleg jarðhitaáhrif á vatninu. Styrkur þungmálma járns og mangans er þó í hærra lagi miðað við íslenskt ferskvatn. Talið er að efnasamsetning þess geti verið breytileg frá einum tíma til annars og ráðist af því hve mikið er í ánni hverju sinni.

5. LOKAORÐ

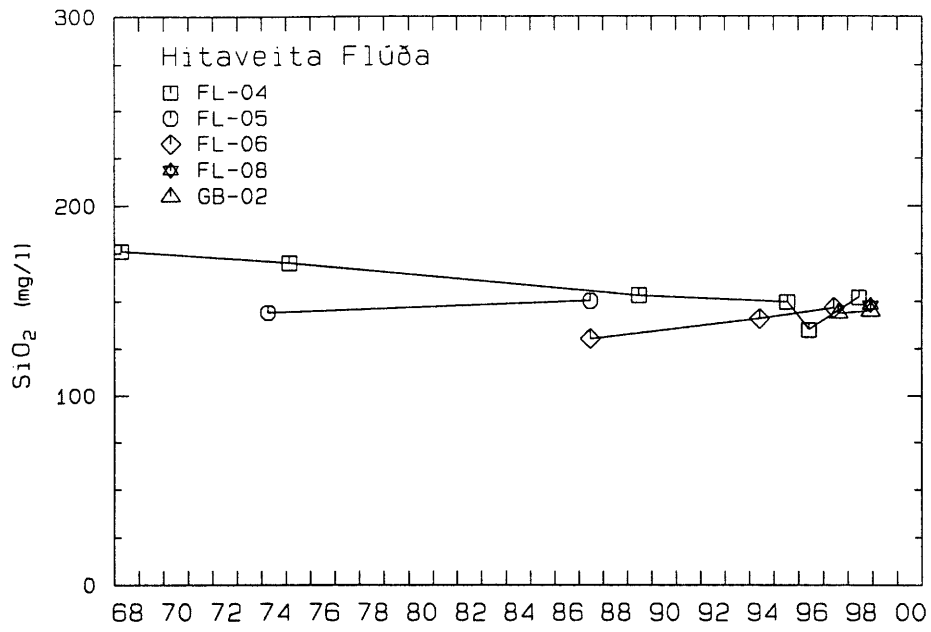
- Hitaveita Flúða nýtir vatn úr holum FL-04, 5, 6 og 8 auk holu GB-02 á Grafarbakka.
- Hiti vatns við holutopp er um og yfir 100°C og vatnið er nýtt beint til upphitunar, í gróðurhús og sundlaug.
- Efnasamsetning vatns úr holunum er mjög svipað, enda vinna þær vatn úr einu og sama jarðhitakerfinu.
- Engar umtalsverðar breytingar í styrk einstakra efna í vatni úr holunum virðast hafa átt sé stað síðastliðin þrjátíu ár.
- Efnasamsetning vatnsins sýnir að það er vel hæft til beinnar nýtingar, eins gert hefur verið um árabíl.
- Efnasamsetning vatns í Litlu Laxá er dæmigert fyrir kalt árvatn á Íslandi. Talið er líklegt að efnasamsetning þess geti þó verið nokkuð breytileg eftir því hve mikið vatn er í ánni.
- Æskilegt er að betri reglu verði komið á eftirlit með vinnslu á svæðinu og hugsanlegum breytingum á efnasamsetningu jarðhitavatnsins.

6. HEIMILDIR / RITASKRÁ

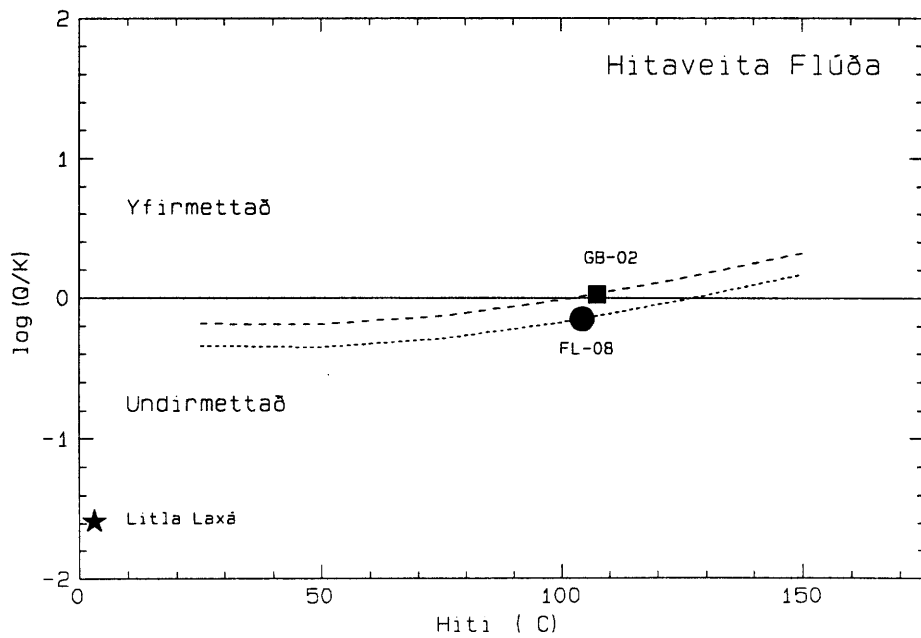
- Grétar Leifsson, 1981: *Jarðvegshitun: Mælingar á Flúðum 1981*. Orkustofnun, GL-81/03.
- Grímur Björnsson, 1994: *Rennslismælingar á Flúðaholum í júlí 1994*. Orkustofnun, GrB-94/03.
- Grímur Björnsson, 1997: *Mælingar á holu 2 á Grafarbakka í Hrunamannahreppi*. Orkustofnun, GrB-97/04.
- Grímur Björnsson, 1999: *Rennslisprófun holu 2 á Grafarbakka í maí 1998, og tengsl hennar við borholur á Flúðum*. Orkustofnun, GrB-99/01.
- Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1997: *Hitamælingar í jarðvegi við Litlu Laxá í landi Grafarbakka 2*. Orkustofnun, GÓF-97/04.
- Jón Steinar Guðmundsson, 1979: *Jarðvegshitun. Mælingar a rennsli og hitastigi í kál-garði að Hvammi við Flúðir*. Orkustofnun, JSG-1979.
- Kristján Sæmundsson, 1985: *Heitavatnsborun á Flúðum, Hrunamannahreppi*. Orkustofnun, KS-85/08.
- Kristján Sæmundsson, 1985: *Heitavatnsborun á Flúðum*. Orkustofnun, 85/09.
- Kristján Sæmundsson, 1994: *Staðsetning borholu fyrir Hitaveitu Flúða*. Orkustofnun, KS-94/07.
- Kristján Sæmundsson, 1994: *Mælingar í holum 4 og 6 á Flúðum*. Orkustofnun, KS-94/10.
- Kristján Sæmundsson, 1997: *Staðsetning holu 2 á Grafarbakka í Hrunamannahreppi*. Orkustofnun, KS-97/02.
- Sveinbjörn Björnsson, 1966: *Greinargerð um hita- og rennslismælingar á Flúðum og í Gröf Hrunamannahreppi*. Raforkumálastjóri.



Mynd 2. Hitamælingar í borholum á Flúðum og Grafarbakka.



Mynd 3. Styrkur kísils í vatni, 1968 til 1998.



Mynd 4. Kalkmettun vatns úr holum FL-08 og GB-02 og Litlu Laxá.