



**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

**HITAVEITA DALVÍKUR**  
**Eftirlit með jarðhita-**  
**vinnslu árið 1998**

**Arnar Hjartarson**  
**Magnús Ólafsson**

**Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur**

**1999**

**OS-99102**





ORKUSTOFNUN  
Rannsóknasvið  
Reykjavík – Akureyri

Arnar Hjartarson, Akureyri  
Magnús Ólafsson, Reykjavík

## Hitaveita Dalvíkur

Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1998

Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur

OS-99102

Desember 1999

ORKUSTOFNUN — RANNSÓKNASVIÐ

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

Akureyri: Glerárgötu 36, 600 Ak. — Sími: 463 0957 — Fax: 463 0998

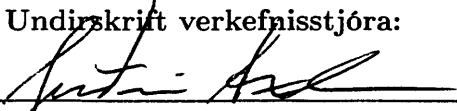
Netfang: os@os.is — Heimasíða: <http://www.os.is>

**ORKUSTOFNUN**

Rannsóknasvið

Reykjavík – Akureyri

Lykilsíða

<b>Skýrsla nr:</b> OS-99102	<b>Dags:</b> Desember 1999	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> HITAVEITA DALVÍKUR Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1998	<b>Upplag:</b> 25	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 27	
<b>Höfundar:</b> Arnar Hjartarson, Akureyri Magnús Ólafsson, Reykjavík	<b>Verkefnisstjóri:</b> Guðni Axelsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Árlegt vinnslueftirlit	<b>Verknúmer:</b> 8 610 631	
<b>Unnið fyrir:</b> Hitaveitu Dalvíkur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Hitaveita Dalvíkur sér nú um vinnslu úr tveimur jarðhitakerfum, við Hamar og Brimnesborgir, og rekstur tveggja veitukerfa, frá Hamri til Dalvíkur og frá Brimnesborgun til byggðakjarnanna þriggja á Árskógsströnd. Ársmeðalvinnsla úr holu HA-11 við Hamar nam 31,21/s. Árið 1998 fór vatnsborðið í 22,2m sem er það lægsta í yfir 10 ár. Jarðhitavinnsla á Brimnesborgum hófst þann 20. nóvember 1998 og var meðalvinnsla til áramóta um 5,61/s. Heildarorkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur var árið 1998 um 39,3 GWh. Þetta er um 7% aukning frá 1997 og eru 3% tilkomin vegna hitaveitunnar á Árskógsströnd. Fundin hefur verið reynslujafna sem lýsir heitavatnsvinnslu úr kerfinu við Hamar sem falli af vindleiðréttum vikulegum meðalútihita á Dalvík. Ekki eru marktækar breytinga á efnasamsetningu vatns úr holu HA-11 við Hamar. Niðurstöður efnagreininga á vatni úr holu ÁRS-29 við Brimnesborgir benda til þess að ekki verði vandamál við nýtingu þess.		
<b>Lykilorð:</b> Dalvík, Hamar, Árskógsströnd, Brimnesborgir, lághitasvæði, vinnsla, vatnsborð, eftirlit, hiti, veðurfar og efnastyrkur.	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Virfarið af:</b> GAx	

4	Mánaðarlegur vatnshiti og vinnsla úr holu HA-11 við Hamar árin 1988–1999 . . . . .	8
5	Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Hamar frá upphafi vinnslu 1970 fram til 1998 . . . . .	10
6	Vikuleg meðalvinnsla við Hamar og vindleiðréttur vikumeðalhiti við Dalvík árið 1998. . . . .	11
7	Samband vikulegrar meðalvinnslu og vindleiðréttis hitamunar úti og inni.	12
8	Hiti vatns við sýnatöku úr holum HA-10 og HA-11 við Hamar árin 1977 til 1998 . . . . .	15
9	Kísilstyrkur í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998 . . .	16
10	Styrkur natríums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998	16
11	Styrkur klóríðs í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998 . .	17
12	Styrkur súlfats í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998 . .	17
13	Styrkur flúoríðs í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998 .	18
14	Styrkur kalíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998 .	18
15	Styrkur kalsíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998 .	19
16	Styrkur magnesíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998 . . . . .	19
17	Hlutföll súrefnissamsætna í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998 . . . . .	20
18	Kalkmettun vatns úr holum HA-10 og HA-11, 1977 til 1998 . . . . .	20
19	Styrkur kísils í holu ÁRS-29 við Brimnesborgir í loftdælingu og dælu- prófun 1998 . . . . .	23
20	Styrkur kísils í holu ÁRS-29 í dæluþrófun 1998 . . . . .	23
21	Styrkur magnesíums í holu ÁRS-29 í dæluþrófun 1998 . . . . .	24
22	Styrkur klóríðs í holu ÁRS-29 í loftdælingu 1997 og dæluþrófun 1998 .	24
23	Kalkmettun vatns úr holum ÁRS-29 og HA-11 . . . . .	25

## 1 Inngangur

Hitaveita Dalvíkur hefur nýtt jarðhitakerfið við Hamar í Svarfaðardal til húshitunar á Dalvík frá 1970. Árið 1977 var hola HA-10 boruð og varð hún aðalvinnsluholan á svæðinu. Hola HA-11 var boruð 1988 og tók við aðalhlutverkinu af holu HA-10 sem þjónar nú hlutverki varholu fyrir hitaveituna. Fylgst hefur verið með vinnslu og vatnsborði í jarðhitakerfinu í um tuttugu ár, en reglubundnu vinnslueftirliti var ekki komið á fyrr en 1990 þegar hitaveitan og Orkustofnun gerðu með sér samning um slíkt eftirlit. Frá þeim tíma hefur eftirlit verið mjög gott sem hefur skilað sér í ítarlegri þekkingu á jarðhitakerfinu og viðbrögðum þess við vinnslu. Hitaveitan safnar gögnum um vatnsvinnslu, vatnsborð og vatnshita en Orkustofnun sér um töku vatnssýna og efnagreiningar á þeim. Orkustofnun annast úrvinnslu og túlkun þessara gagna sem birtast árlega í vinnslueftirlitsskýrslum eins og samningurinn frá 1990 kveður á um. Þessi vinnslueftirlitsskýrsla er sú ellefta í röðinni.

Árin 1996 og 1997 stóð Árskógshreppur fyrir jarðhitaleit á Árskógsströnd. Árangur þeirrar leitar var með ágætum og í lok árs 1997 gaf rannsóknarhola við Brimnesborgir nægjanlegt magn af 73 °C heitu vatni til þess að standa undir hitaveitu sem þjónaði Litla Árskógssandi, Hauganesi og þjónustu- og iðnaðarsvæðinu að Árskógum. Eftir að Dalvíkurbær og Árskógshreppur sameinuðust í Dalvíkurbyggð 1998, sá Hitaveita Dalvíkur um uppbyggingu hitaveitunnar á Árskógsströnd. Hitaveita Dalvíkur sér því nú um vinnslu úr tveimur jarðhitakerfum, við Hamar og Brimnesborgir, og rekstur tveggja veitukerfa til fjögurra byggðakjarna. Því er óhætt að segja að árið 1998 hafi verið merkisár í sögu Hitaveitu Dalvíkur. Þessi vinnslueftirlitsskýrsla greinir frá eftirliti með jarðhitavinnslu Hitaveitu Dalvíkur úr jarðhitakerfunum við Hamar og Brimnesborgir fyrir árið 1998 og fram til ágúst 1999.

## 2 Aðdragandi hitaveitu á Árskógsströnd

Árin 1996 annaðist Orkustofnun jarðhitaleit á Árskógsströnd með aðstoð Jarðfræðistofunnar Stapa. Þær rannsóknir sýndu að virk jarðskjálftasprungu (Hrísýjarsprungan) með NV stefnu liggur um Árskógsströnd vestanverða. Í framhaldi af þessarri vitneskju voru boraðar 15 hitastigulssholur á Árskógsströnd sem gáfu til kynna að jarðhitakerfi væri að finna skammt norðaustan Brimnesborga (Ólafur G. Flóvenz og Ómar Bjarki Smáráson, 1997). Sumarið eftir voru gerðar segulmælingar og í kjölfar þeirra voru boraðar fleiri hitastigulssholur við Brimnesborgir. Niðurstaða þessara rannsókna leiddu til borunar á tilraunarholu ÁRS-29 við Brimnesborgir í október 1997. Sú hola skar vatnsæð á u.þ.b. 429 m dýpi en varð 440 m að dýpt. Holan gaf í upphafi um 20 l/s af 73 °C heitu vatni við hámarks loftblástur. Holan var svo vinnsluþrófuð í janúar og febrúar 1998. Niðurstöður þeirra prófana voru mjög jákvæðar og hvöttu til hönnunar veitu frá holunni (Grímur Björnsson og Magnús Ólafsson, 1998). Bráðabirgðaniðurstöður efnagreininga bentu til þess að jarðhitavatnið væri svipað að gerð eins og vinnsluvatn hjá hitaveitum við utanverðan Eyjafjörð og því hentugt til vinnslu (Magnús Ólafsson, 1998). Í ágúst 1998 var hafist handa við lagningu hita-

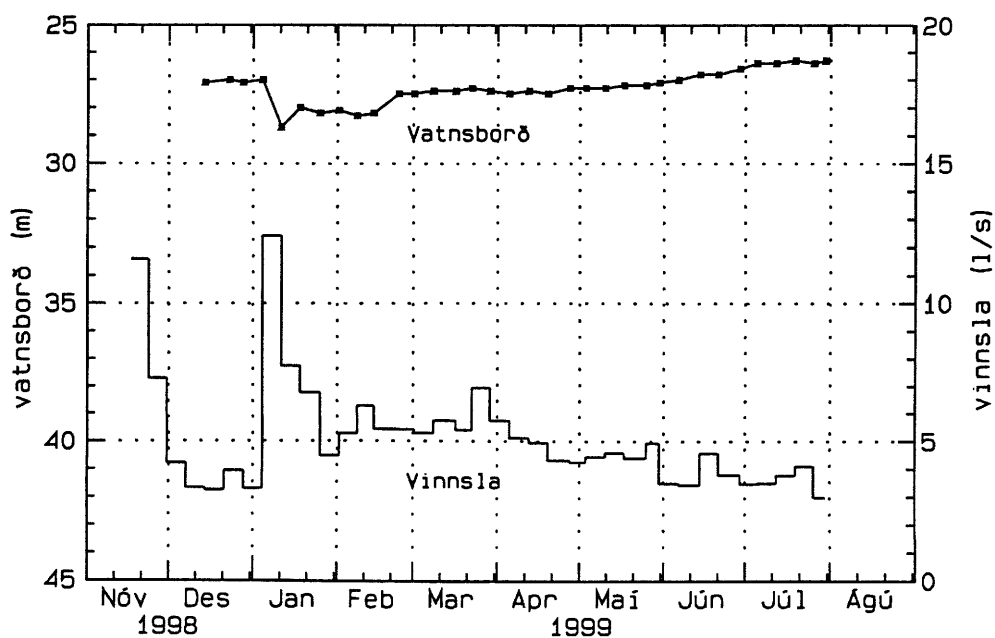
veitu frá holu ÁRS-29 að byggðakjörnunum við Litla Árskógssand og Hauganes og að þjónustu- og iðnaðarsvæðinu að Árskógum. Heitavatnsvinnsla úr holu ÁRS-29 til húshitunar og almennrar notkunar á þessum stöðum hófst í kringum 20. nóvember 1998 en hitaveitan var formlega tekin í notkun þann 5. desember, tæpum þremur viku síðar.

Ofangreindum rannsóknum hafa ekki verið gerð fullnægjandi skil í formi hefðbundinnar rannsóknarskýrslu. Því er mikilvægt að ráðist verði í að taka saman niðurstöður þessara rannsókna þátta sem fyrst, svo mikilvæg þekking á jarðhitasvæðinu við Brimnesborgir verði aðgengileg og glattist ekki með tímanum.

### 3 Orkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur

#### 3.1 Vinnsla og vatnsborð við Brimnesborgir

Til að auðvelda vinnslueftirlitið á Brimnesborgum og gera það nákvæmara, hefur verið tengdur tölvustýrður stjórn- og eftirlitsbúnaður við holu ÁRS-29. Mynd 1 sýnir vikulega meðalvinnslu og vatnsborð í holu ÁRS-29 við Brimnesborgir, frá upphafi vinnslu í nóvember 1998 og fram í júlilok 1999. Meðalvinnsla er reiknuð út frá því vatnsmagni sem dælt er úr holunni yfir ákveðið tímabil sem líður á milli aflestra. Vatnsmagnið er lesið af rennslismæli á aðalæð af starfsmanni hitaveitunnar, þrisvar til fjórum sinnum í viku og standa því þrjú til fjögur meðalvinnslugildi bak við hvert gildi vikulegrar meðalvinnslu.



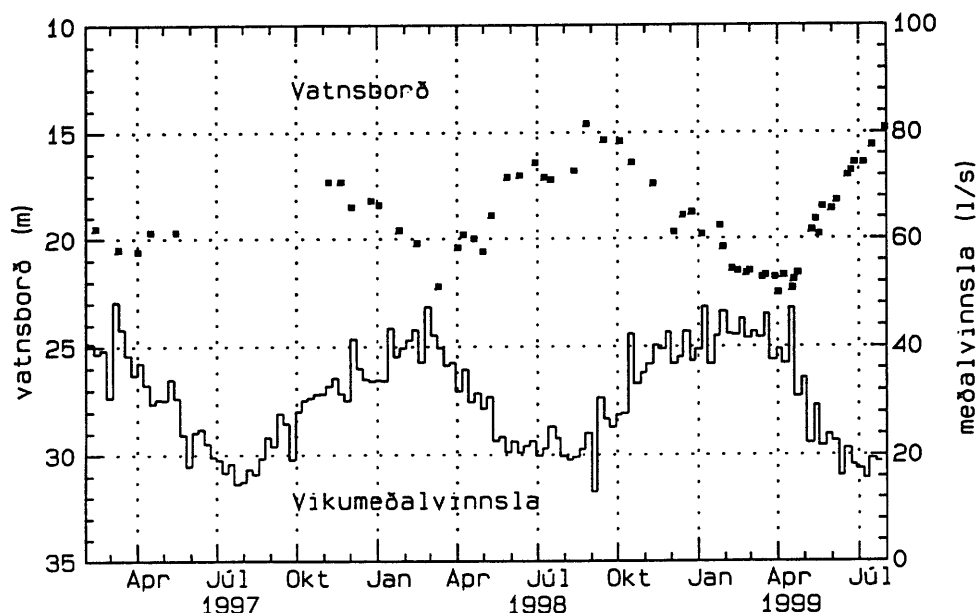
Mynd 1: Vikuleg meðalvinnsla og vatnsborð í holu ÁRS-29 við Brimnesborgir.

Á mynd 1 koma fram tveir vinnslutoppar, einn í lok nóvember og annar í janúar. Hærri toppurinn er í annarri viku í janúar, en þá var holan vinnsluþrófuð. Vikulegt meðalrennsli var þá hæst um 12,4 l/s og fór vatnsborðið þá lægst í 28,7 m. Í febrúar og mars var vikuleg meðalvinnsla að jafnaði milli 5 og 6 l/s en fór lækkandi í apríl og maí og var 3 til 4 l/s í júní og júlí. Tiltölulega litlar vatnsborðbreytingar fylgdu þessari vinnslu á tímabilinu. Frá miðjum febrúar var vatnsborðið í 27,5 m og fór hækkandi með minnkandi vinnslu. Síðast í júlí var vatnsborðið 26,3 m.

Meðalvinnslan frá 20. nóvember 1998 og fram til áramóta var um 5,6 l/s, eða 0,63 l/s yfir árið. Sé gert ráð fyrir orkunýtingu úr 73 °C í 30 °C var heildarorkuvinnslan úr jarðhitakerfinu við Brimnesborgir árið 1998 um 0,97 GWh. Sé gert ráð fyrir að meðalvinnsla ársins 1999 verði 5 l/s og orkunýtingin sú sama verður orkuvinnslan um 7,7 GWh.

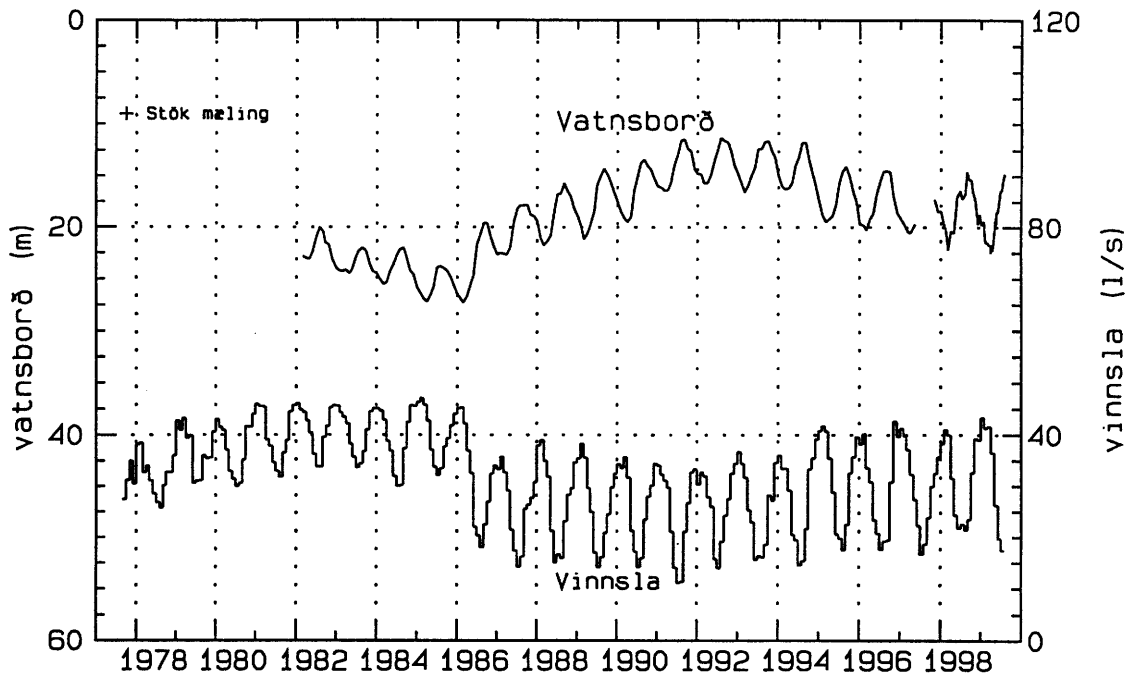
### 3.2 Vinnsla og vatnsborð við Hamar

Vatnsborð og vikulega meðalvinnslu úr jarðhitakerfinu við Hamar, frá febrúar 1997 og fram til ágúst 1999, má sjá á mynd 2. Vikulega meðalvinnslan er fundin á sama hátt og vikulega meðalvinnslan fyrir Brimnesborgir, nema lesið er af magnmælum annan hver dag og því eru 3,5 gildi bak við hvert meðaltal. Árið 1998 var heitavatnsvinnslan mest í kringum mánaðarmótin febrúar/mars um 47,2 l/s og fór vatnsborðið lægst í kerfinu það ár í 22,2 m. Sumarið 1998 voru norðanáttir þrálátar og sumarið óvenju kalt. Sumarvinnslan var því með allra mesta móti og fór vart niður fyrir 20 l/s, nema síðustu vikuna í september. Þá var hlýtt í veðri og var vinnslan þá lægst yfir árið um 13,1 l/s. Vatnsborðið stóð þá hæst í 14,6 m.

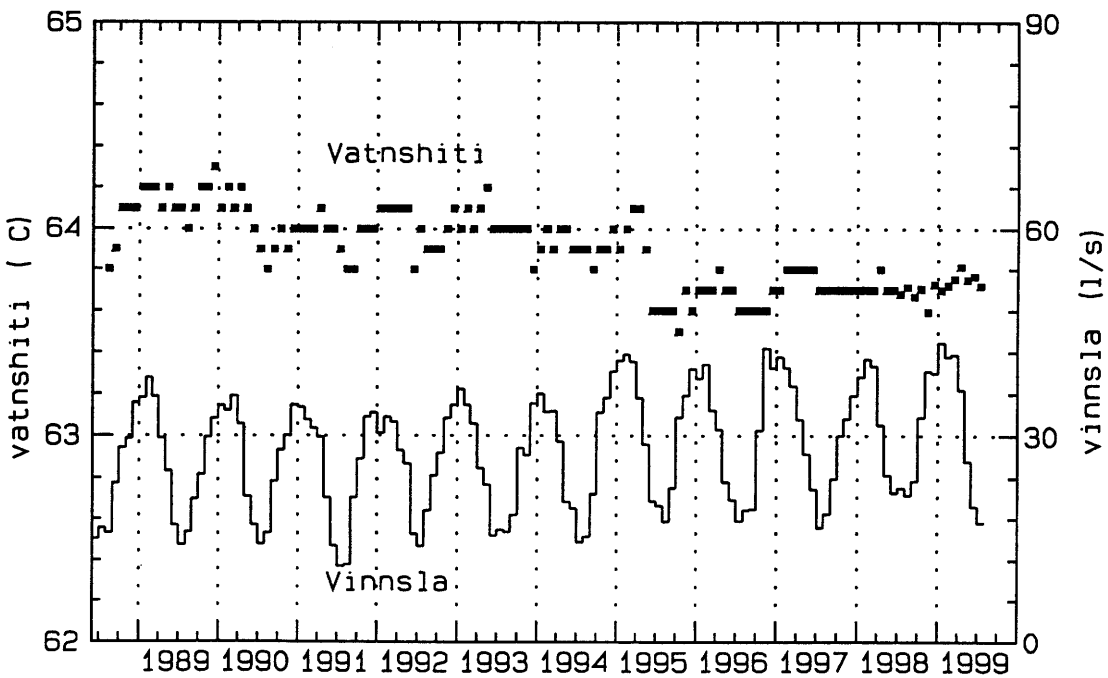


Mynd 2: Vatnsborð og vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitakerfinu við Hamar frá febrúar 1997 fram til ágúst 1999.





Mynd 3: Vatnsborð og mánaðarleg meðalvinnsla úr jarðhitakerfinu við Hamar frá 1977 fram til ágúst 1999.



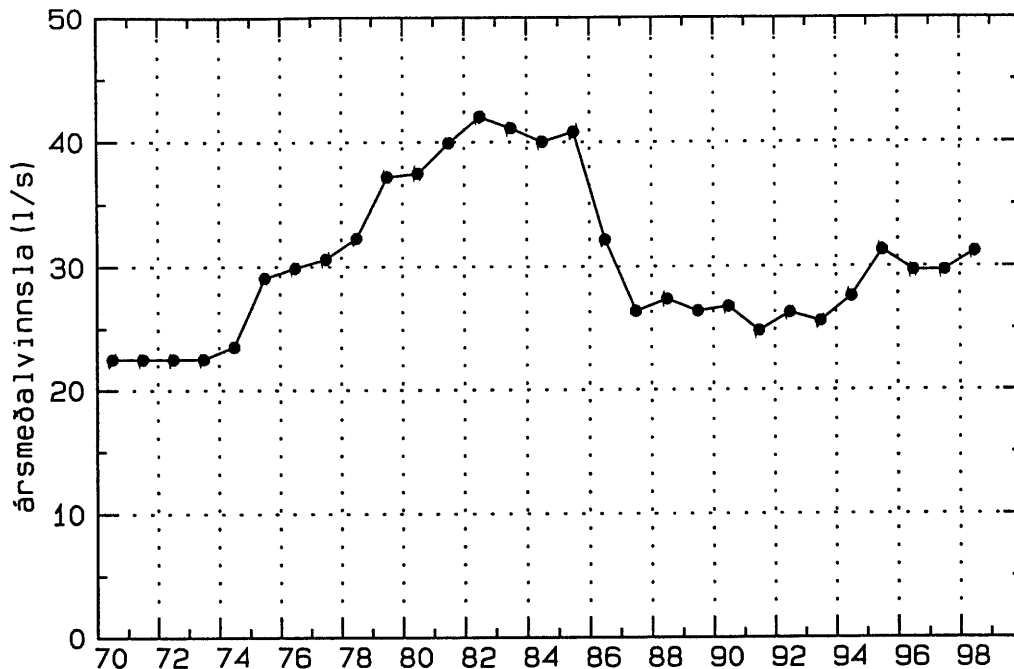
Mynd 4: Mánaðarlegur vatnshiti og vinnsla úr holu HA-11 við Hamar árin 1988 til 1999, skv. mælingum hitaveitunnar.

Tafla 1: Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Hamar frá upphafi vinnslu 1970.

Ár	Meðalvinnsla (l/s)	Athugasemdir
1970-73	22,5	hola HA-2, áætlað
1974	23,5	hola HA-2, áætlað
1975	29,1	holur HA-2 og HA-9, áætlað
1976	29,9	hola HA-9, áætlað
1977	30,6	holur HA-9 og HA-10, áætlað
1978	32,3	hola HA-10, áætlað
1979	37,2	hola HA-10, áætlað
1980	37,5	hola HA-10, áætlað
1981	39,9	hola HA-10, áætlað
1982	42,0	hola HA-10
1983	41,1	hola HA-10
1984	40,0	hola HA-10
1985	40,8	hola HA-10
1986	32,2	hola HA-10
1987	26,4	hola HA-10
1988	27,4	holur HA-10 og HA-11
1989	26,4	hola HA-11
1990	26,8	hola HA-11
1991	24,8	hola HA-11
1992	26,3	hola HA-11
1993	25,6	hola HA-11 (+ hola HA-10)
1994	27,6	hola HA-11
1995	31,3	hola HA-11 (+ hola HA-10)
1996	29,7	hola HA-11 (+ hola HA-10)
1997	29,7	hola HA-11
1998	31,2	hola HA-11

Vatnsborð og mánaðarlega meðalvinnsla frá 1977 og fram til ágúst 1999 er að finna á mynd 3. Á þeirri mynd sést glögglega að sumarvinnslan hefur ekki verið meiri síðan 1985, eftir að sölufyrirkomulaginu á heita vatninu var breytt og rennslismælar settir upp í stað hemla. Á mynd 3 sést einnig að þegar vatnsborðið stóð í 22,2 m veturinn 1998, hafði það ekki staðið lægra í um 10 ár. Í apríl 1999 fór vatnsborðið þá enn neðar, eða í 22,5 m. Vatnsborðið í borholunum við Hamar hefur því farið lakkandi frá 1995 eftir að nýja sundlaugin var tekin í notkun.

Mynd 4 sýnir hita jarðhitavatsins úr holu HA-11 við Hamar, samkvæmt mælingum hitaveitunnar, eftir að hún tók við af holu HA-10 sem aðalvinnsluhola svæðisins. Þar kemur fram að ekki hafa orðið breytingar á vatnshitanum milli ára og er hann enn í kringum 63,7°C. Eins og áður hefur verið bent á er talið að skyndileg lökkun mælds vatnshita um mitt ár 1995 stafi af mæliskekkju, eða breytingu í hitamæli, frekar en svo skyndilegri breytingu í jarðhitakerfinu. Er þetta í samræmi við hitamælingar gerðar samhliða efnasýnatöku (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1998).



Mynd 5: Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Hamar frá upphafi vinnslu 1970 fram til 1998.

Tafla 1 sýnir ársmeðalvinnslu úr jarðhitakerfinu við Hamar frá því að vinnsla hófst árið 1970. Yfirlit yfir ársmeðalvinnsluna frá upphafi má einnig sjá á mynd 5. Ársmeðalvinnslan 1998 er reiknuð sem meðaltal vikulegrar meðalvinnslu yfir árið og er hún 31,21/s. Þetta er 5% aukning frá 1997 en 19% aukning frá meðalvinnslu árunna 1987 til 1993 er heitavatnsvinnslan var í tímabundnu lágmarki eftir sölukerfisbreytinguna. Miðað við orkunýtingu úr 64°C í 30°C jafngildir orkuvinnsla ársins 1998 úr jarðhitakerfinu við Hamar 38,3 GWh.

### 3.3 Heildarorkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur

Á árinu 1998 var orkuvinnslan úr jarðhitakerfinu við Hamar 38,3 GWh en um 1 GWh úr kerfinu við Brimnesborgir. Heildarorkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur árið 1998 er því um 39,3 GWh miðað við 36,5 GWh árið 1997. Þetta er um 7% aukning í orkuvinnslu milli ára en tæp 3% eru tilkomin vegna vinnslu úr jarðhitakerfinu við Brimnesborgir. Ef gert er ráð fyrir svipaðri vinnslu úr kerfinu við Hamar árið 1999 og var 1998 og að ársmeðalvinnsla úr kerfinu við Brimnesborgir verði um 51/s, og nýtingin verði úr 73°C í 30°C, verður heildarorkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur árið 1999 um 46 GWh. Orkubúskapur hitaveitunar gæti því hæglega aukist um 17% á árinu 1999 miðað við árið 1998.

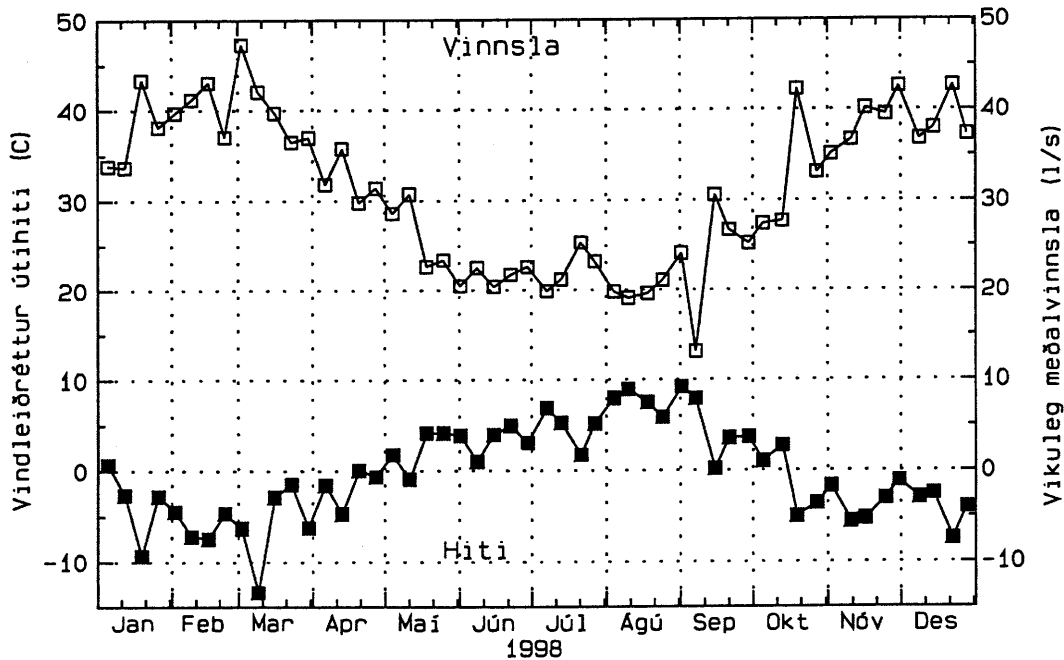
## 4 Áhrif veðurfars á orkuvinnslu

Það er vel þekkt að orkunotkun er breytileg milli árstíða og einnig frá ári til árs. Á myndum 2 og 3 má augljóslega sjá hvernig vinnslan úr jarðhitakerfinu við Hamar breytist eftir árstíðum. Notkun á heitu vatni til húshitunar er greinilega meiri á veturna en á sumrin. Nánari þekkingu á samhengi orkunotkunar og veðurfars er hægt að nota í margvíslegum hagnýtum tilgangi.

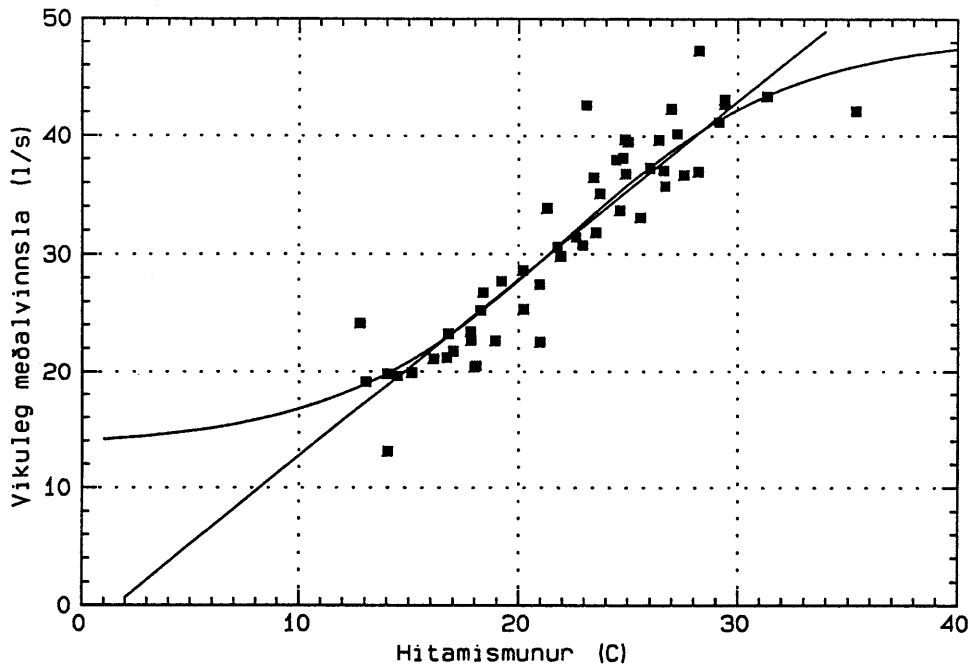
Samhengi heitavatnsvinnslu úr jarðhitakerfinu við Hamar og veðurfars á Dalvík hefur nú verið kannað. Fengin voru veðurfarsgögn úr sjálfvirkri veðurathugunarstöð 3662 við Dalvík frá Veðurstofu Íslands árið 1998. Þau hafa að geyma sólarhringsmeðaltöl á hitastigi og vindhraða. Þekkt er að vindkæling eyskt með auknum vindhraða. Mældan útihita er hægt að leiðrétta fyrir kælingaráhrifum vegna vinds samkvæmt jöfnunni (Ólafur G. Flóvenz o. fl., 1994):

$$T_c = T - 1,394(1,22 - 0,023T)\sqrt{v} \quad (1)$$

þar sem  $T_c$  er leiðréttur sólarhringsmeðalhiti í °C,  $T$  er mældur sólarhringsmeðalhiti í °C og  $v$  er vindhraði í m/s.



Mynd 6: Vikuleg meðalvinnsla við Hamar og vindleiðréttur vikumeðalhiti við Dalvík árið 1998.



Mynd 7: Samband vikulegrar meðalvinnslu og vindleiðrétts hitamunar úti og inni.

Mynd 6 sýnir vikulega meðalvinnslu við Hamar og vindleiðréttan vikumeðalhita við Dalvík árið 1998. Þar kemur greinilega fram hvernig sveiflur í útihita valda sveiflum í vinnslu, þ.e. notkun. Með því teikna vikulega vinnslu sem fall af mismun innihita og vindleiðrétts vikumeðalútihita má kanna samband vinnslu og veðurfars nánar, en það er í raun mismunur úti- og innihita sem ræður heitavatnsnotkuninni fremur en útihitinn. Þetta hefur verið gert eins og fram kemur á mynd 7. Besta beina lína hefur verið felld að punktastafninu og má lýsa henni með jöfnunni

$$Q = -2,35 + 1.51T_m \quad (2)$$

Vikuleg meðalvinnsla er táknuð með  $Q$  og  $T_m$  er mismunur innihita og vindleiðrétts útihita. Samband vinnslu og útihita er ekki línulegt í raun. Þegar útihiti nálgast meðalinnihita (mismunur úti- og innihita er þá núll), sem er væntanlega í kringum  $22^\circ$ , stefnir vinnslan ekki á núll eins og hún myndi gera ef sambandið væri línulegt, heldur stefnir vinnslan á gildi sem lýsir almennri neyslu heitavatnsins. Þar er um að ræða kranavatnsnotkun og það magn sem rennur gegnum illa stillt ofnakerfi í húsum. Einnig þarf að vera ákveðið lágmarksrennsli í dreifikerfinu til að tryggja notendum viðunandi hita á vatninu. Þessar ástæður lýsa frávikum frá línulegri hegðun þegar útihiti nálgast innihita. Svipað er uppi á teningnum þegar mjög kalt er í veðri. Notkunin verður ekki eins mikil og búast má við ef litið er á línulega sambandið. Ein ástæða þess er sú að varmatap dreifikerfisins minnkar með auknu rennsli og vatnið kemur heitara til notandans. Hugsanlega takmarka ofnastillar rennslið í ofnakerfum húsa og dreifikerfið sjálft getur takmarkað framboð á heitu vatni í ofnakerfin, sérstaklega ef

Tafla 2: Veðurfar á Dalvík 1998.

Ársmeðalhiti	2,82 °C
Meðal vindhraði	4,12 m/s
Vindleiðréttur meðalhiti	-0.45 °C
Fjöldi sólarstunda á Akureyri	1003,5

Þau eru gömul. Þetta gæti skýrst frávik frá línulegri hegðun þegar mjög kalt er í veðri (Ólafur G. Flóvenz o. fl., 1994).

Sú jafna sem lýsir þessu samhengi hvað best er líklega hýperbólskur tangens:

$$Q = 31 + 17,5 \tanh(0.095(T_m - 22)) \quad (3)$$

Ef hitamismunur inni og út er 0 °C fæst að vinnslan er 141/s. Almenn notkun heitavatnsins fyrir utan húshitun á Dalvík árið 1998 er því um 141/s, þ.e. um 45% af 31,21/s ársmeðalvinnslu úr jarðhitakerfinu við Hamar. Inn í þessa almennu notkun telst upphitun sundlaugarinnar og önnur föst notkun, t. d. til iðnaðar. Venjuleg neysla á heituvatni á heimilum til annarra notkunar en húshitunar er því eitthvað undir 45%.

Ef hinsvegar verður mjög kalt í veðri og vindleiðréttur útihiti fer í u. þ. b. -20 °C, þá verður mismunahitinn um 40 °C og vinnslan ætti að haldast kringum 481/s. Jafna (3) gefur almennt séð sambandið milli vinnslu og veðurfars. Það skal í huga haft að breytingar eru í veðurfari frá ári til árs og því þarf að kanna þetta samband árlega til að fá samband vinnslu og veðurfars í meðalári. Fjöldi sólarstunda hefur einnig áhrif á vinnsluna en þau áhrif eru ekki greind hér. Yfir vetrarmánuðina eru þessi áhrif lítil. Til að fá út enn nákvæmara samhengi á milli vinnslu og veðurfars mætti beyta aðferð minnstu kvaðrata á jöfnu (3) en það verkefni verður látið bíða um sinn.

Hér á eftir koma nokkrir punktar um gagnsemi þess að þekkja samband vinnslu og veðurfars en í töflu 2 má sjá nokkrar tölur um veðurfar við Dalvík árið 1998.

- Ef vinnslugögn tapast yfir lengri tíma má nota veðurfarsgögn til að áætla vinnsluna með jöfnu (3).
- Segja til um neysluvatnsnotkun og þar með lágmarks orkunotkun.
- Segja til um eðlilega hámarksorkunotkun þegar kalt er í veðri.
- Sjá hvort vinnslan er eðlileg miðað við veðurfar. Óeðlilega mikil vinnsla miðað við veðurfar gæti t. d. bent til vatnsleka úr lögnum eða skemmdir einangrunar á aðalæð.
- Áætla fyrirfram vinnslu út frá langtíma veðurspám.

## 5 Efnasamsetning jarðhitavatns við Hamar

Einn þáttur vinnslueftirlits hjá Hitaveitu Dalvíkur er að fylgjast með efnasamsetningu heita vatnsins og kanna hvort einhverjar breytingar komi þar fram t. d. vegna langvarandi dælingar úr jarðhitageyminum. Síðastliðin ár hefur efnaeftirlitið verið fólgið í því að starfsmenn Orkustofnunar hafa tekið heilsýni úr holu HA-11 einu sinni á ári, í október eða nóvember.

Á árinu 1998 fór sýnataka fram þann 9. nóvember. Sýni úr holu HA-11 var tekið við holutopp líkt og undanfarin ár. Að venju voru hiti, uppleyst súrefni ( $O_2$ ) og brennisteinsvetni ( $H_2S$ ) mæld samhliða sýnatöku. Sýrustig (pH) og karbónat ( $CO_2$ ) voru síðan mæld innan tveggja dag. Önnur efni voru greind á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsætur súrefnis ( $\delta^{18}$ ) voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 3, ásamt efnagreiningum á vatni úr holu HA-11 frá árunum 1994 til 1997.

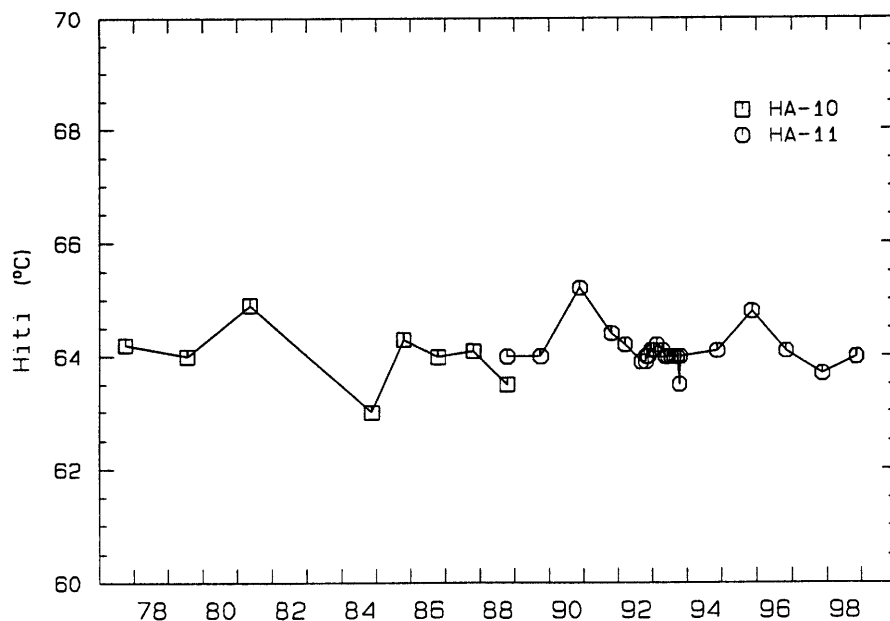
Í töflu 3 kemur fram að efnasamsetning vatns úr holu HA-11 hefur vart breyst á marktækan hátt milli árana 1994 og 1998. Í stórum dráttum á þetta reyndar við allt tímabilið frá því vinnsla hófst úr holunni á árinu 1988. Þetta kemur reyndar skýrar fram á myndum 8 til 18 á bls. 15 til 20, en þær sýna hita vatns við holutopp, mældan samhliða sýnatöku hverju sinni, og styrk allra aðalefna auk hlutfalls súrefnissamsæta í vatni úr holum HA-10 og HA-11 allt frá árinu 1977.

Tafla 3: Efnasamsetning jarðhitavatns úr holu HA-11 við Hamar, 1994–1998 (mg/l).

Dagsetning Númer	1994.11.15 1994-0345	1995.11.14 1995-0315	1996.11.06 1996-0347	1997.11.17 1997-0719	1998.11.09 1998-0555
Hiti ( $^{\circ}C$ )	64,1	64,8	64,1	63,7	64,0
Sýrustig (pH/ $^{\circ}C$ )	10,4/17	10,4/16	10,4/16	10,2/22	10,3/21
Kísill ( $SiO_2$ )	90,8	90,1	89,8	88,3	90,2
Natríum (Na)	49,3	49,2	48,9	49,3	49,3
Kalíum (K)	0,5	0,5	0,51	0,53	0,55
Kalsíum (Ca)	2,2	2,1	2,1	2,1	2,15
Magnesium (Mg)	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004
Karbónat ( $CO_2(t)$ )	15,7	16,5	14,1	14,9	15,8
Súlfat ( $SO_4$ )	13,0	12,5	13,4	12,7	13,1
Brennisteinsvetni ( $H_2S$ )	<0,03	<0,03	0,03	0,04	0,03
Klóríð (Cl)	8,8	8,9	9,2	8,4	9,2
Flúoríð (F)	0,50	0,50	0,49	0,44	0,50
Járn (Fe)	–	–	0,0035	0,0019	0,0027
Mangan (Mn)	–	–	0,0013	0,0003	0,0001
Bór (B)	–	0,08	0,03	0,07	0,08
Ál (Al)	–	–	0,082	0,075	0,068
Uppleyst efni	216	197	228	188	163
Uppleyst súrefni ( $O_2$ )	0	0	0	0	0
$\delta D$ (‰ SMOW)	–	-105,8	-104,5	–	–
$\delta^{18}O$ (‰ SMOW)	-14,66	-14,66	-14,62	-14,7	-14,62

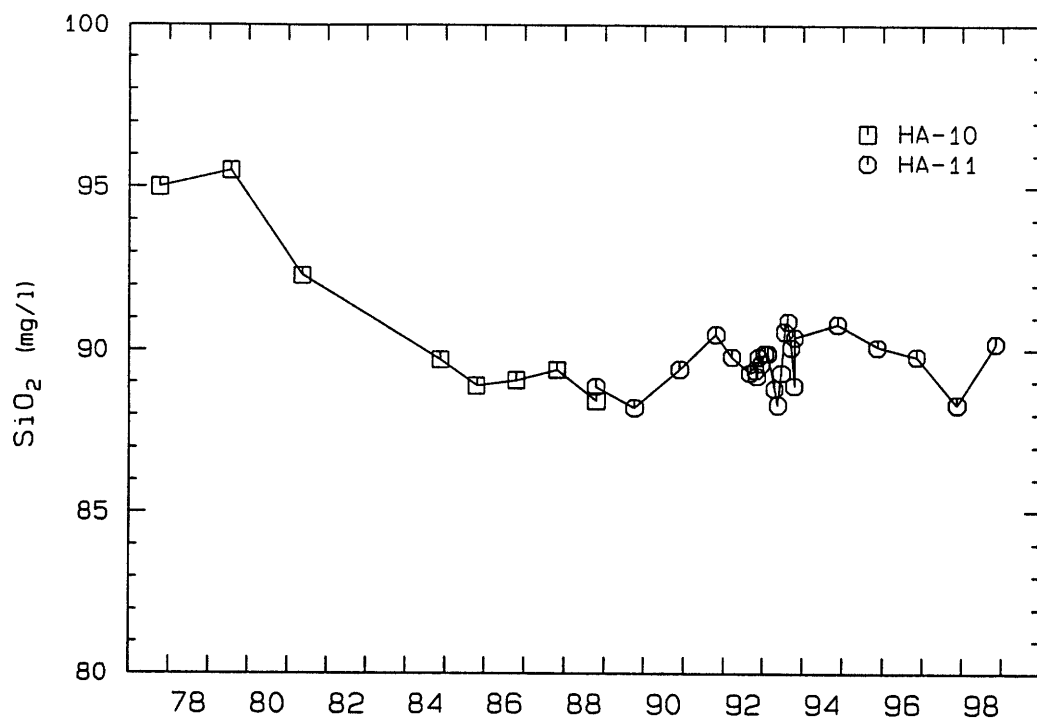
Í vinnslueftirlitsskýrslu síðastliðins árs (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1998) var greint frá breytingum á efnasamsetningu vatns úr holum HA-10 og HA-11 á tuttugu ára bilinu 1977 til 1997. Þar kom fram að í heild þá hafa breytingar verið fremur litlar, mestar fyrstu árin eftir að hola HA-10 var tekin í notkun. Í sýni, sem tekið var haustið 1997, kom fram lækkaður styrkur nokkurra efna (t. d. kísils, klóríðs og flúoríðs), en í sýni frá síðastliðnu hausti greindist styrkur þessara efna nánast sá sami og í sýnum þar á undan.

Líkt og mestallt jarðhitavatn hér á landi er vatnið úr holum HA-10 og HA-11 lítillega yfirmettað af kalsíti, öðru nafni kalki. Reyndar er það svo að þrátt fyrir umtalsverða yfirmettun þá eru útfellingar ekki til vandræða, nema þar sem þættir sem örva útfellingar eru til staðar í vatninu. Slíkir þættir eru t. d. selta og mikið magn uppleystra efna. Mynd 18 sýnir mettnarstig vatns úr holum HA-10 og HA-11 m. t. t. kalks (kalsíts) eins og það hefur verið allt frá árinu 1977. Mettnarstigið er sýnt sem hlutfall jónamargfeldis og virknimarkfeldis ( $\log(Q/K)$ ) vatnsins. Vatnið er yfirmettað (útfellingahætta) ofan línunnar sem markast af  $\log(Q/K) = 0$ , undirmettað neðan línunnar en í jafnvægi á línunni. Reynslan hér á landi hefur kennt að kalkútfellingar verða yfirleitt ekki til vandræða fyrr en ofan við strikálínuna á mynd 18 ( $\log(Q/K) = 0,4$ ), nema þar sem örvandi þættir hafa áhrif, eins og lýst var hér að ofan. Á mynd 18 sést að mettnarstig vatns úr holu HA-11 hefur haldist óbreytt allt frá árinu 1990, en þar áður var mettnarstigið nokkuð breytilegt. Samskonar breytingar koma fram í styrk kalsíums (mynd 15). Hugsanleg skýring á þessu geta verið bættar efnagreiningaaðferðir á seinni árum. Kalkútfellinga er því ekki að vænta í vatninu nema við upphitun eða suðu. Að venju var uppleyst súrefni mælt við holutopp og mældist styrkur þess 0 líkt og undanfarin ár.

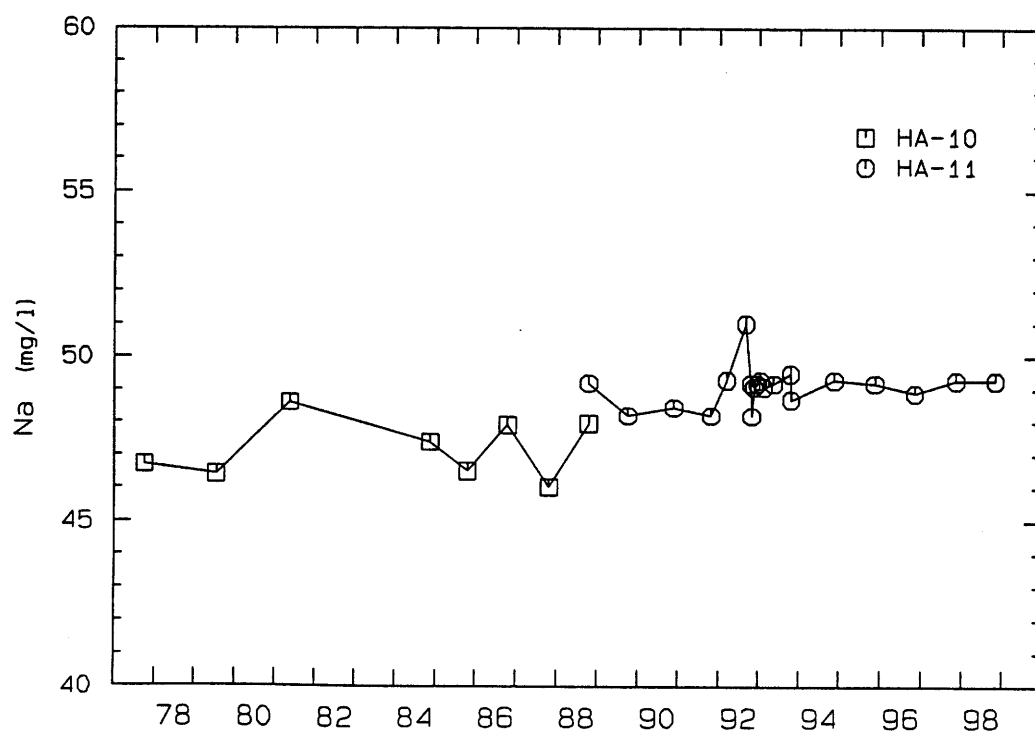


Mynd 8: Hiti vatns við sýnatöku úr holum HA-10 og HA-11 við Hamar árin 1977 til 1998.

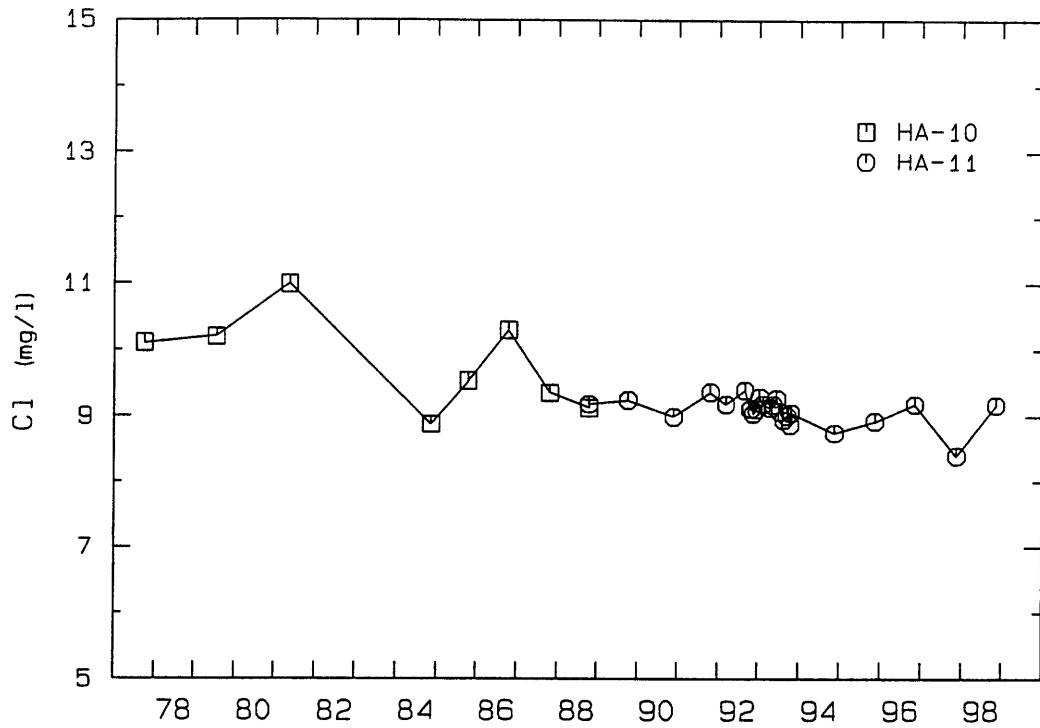




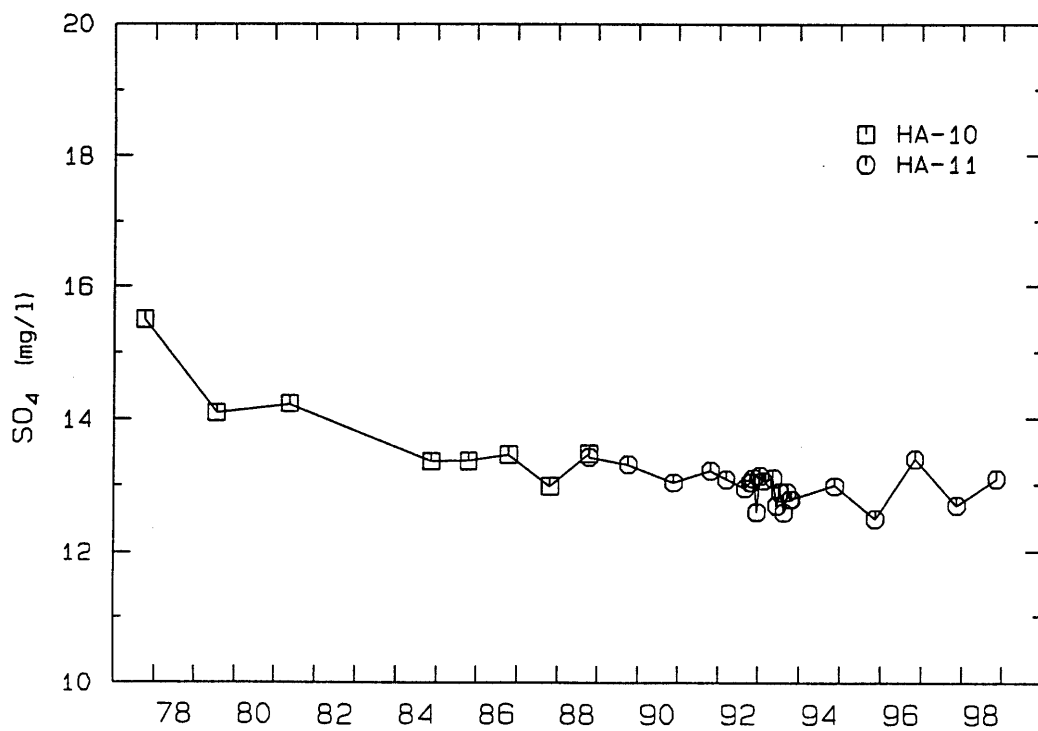
Mynd 9: Kísilstyrkurur í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



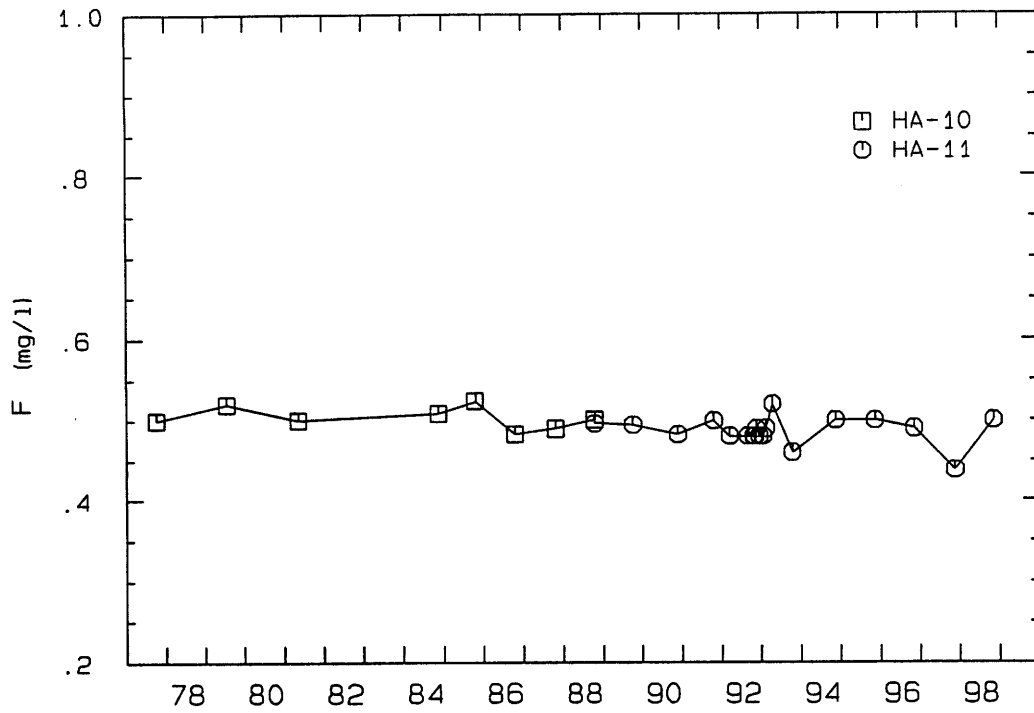
Mynd 10: Styrkur natriúms í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



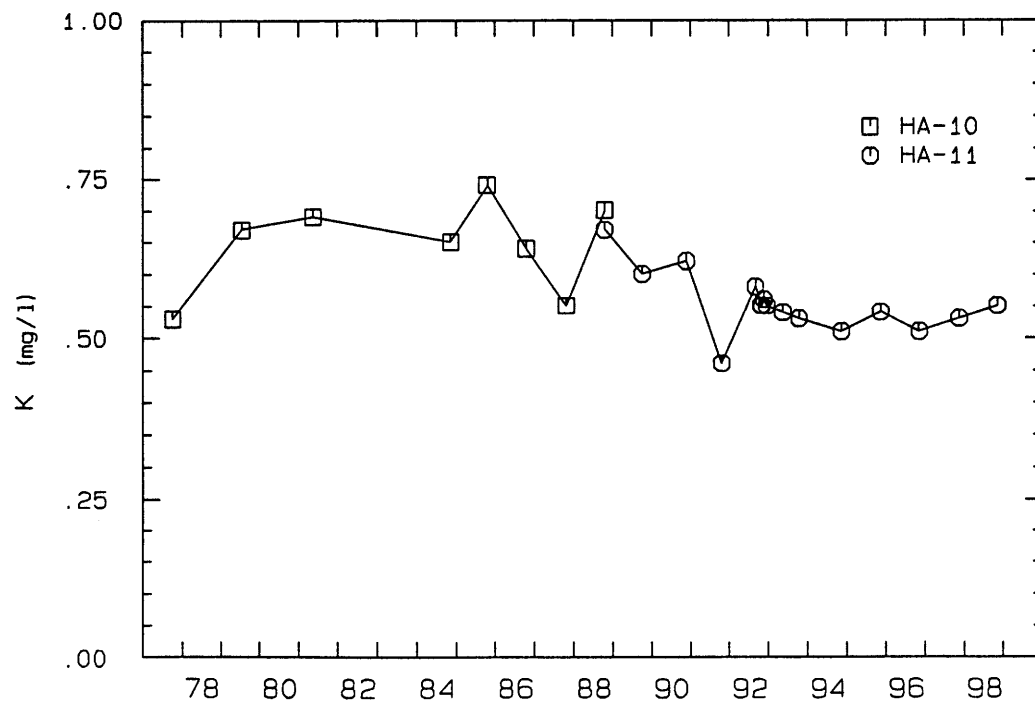
Mynd 11: Styrkur klóríðs í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



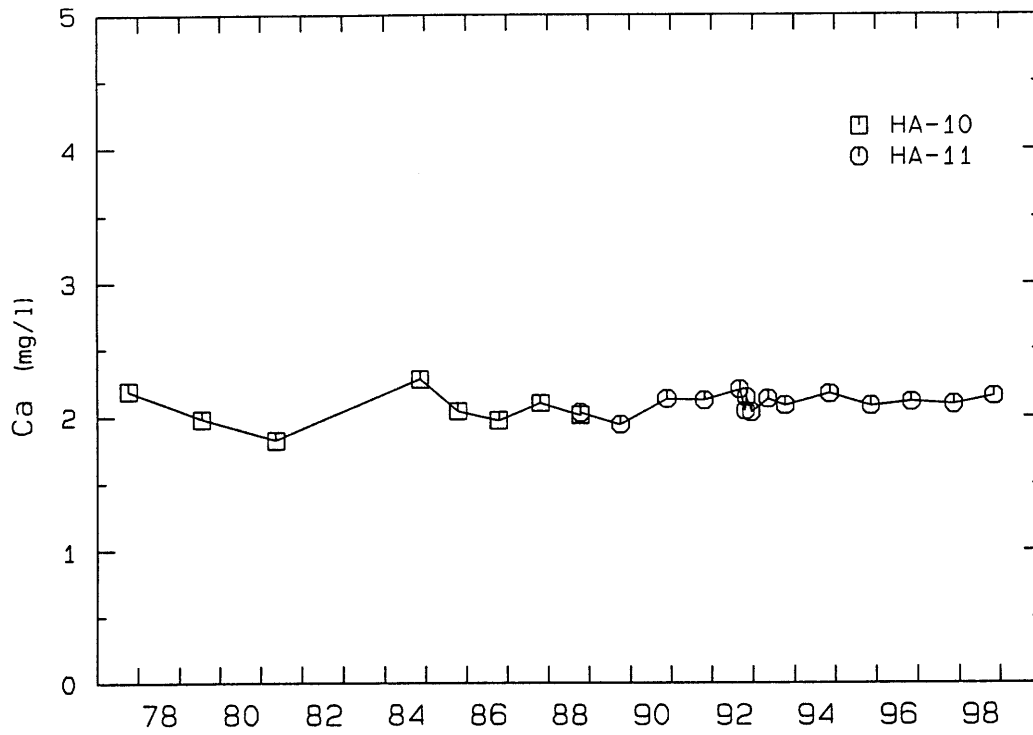
Mynd 12: Styrkur súlfats í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



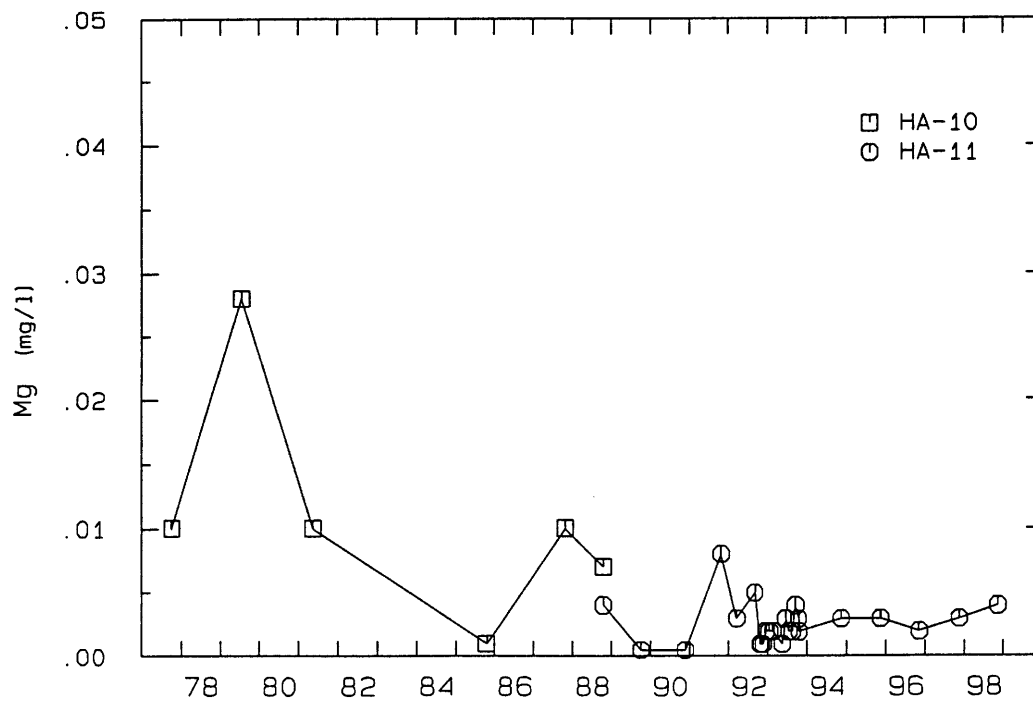
Mynd 13: Styrkur flúoríðs í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



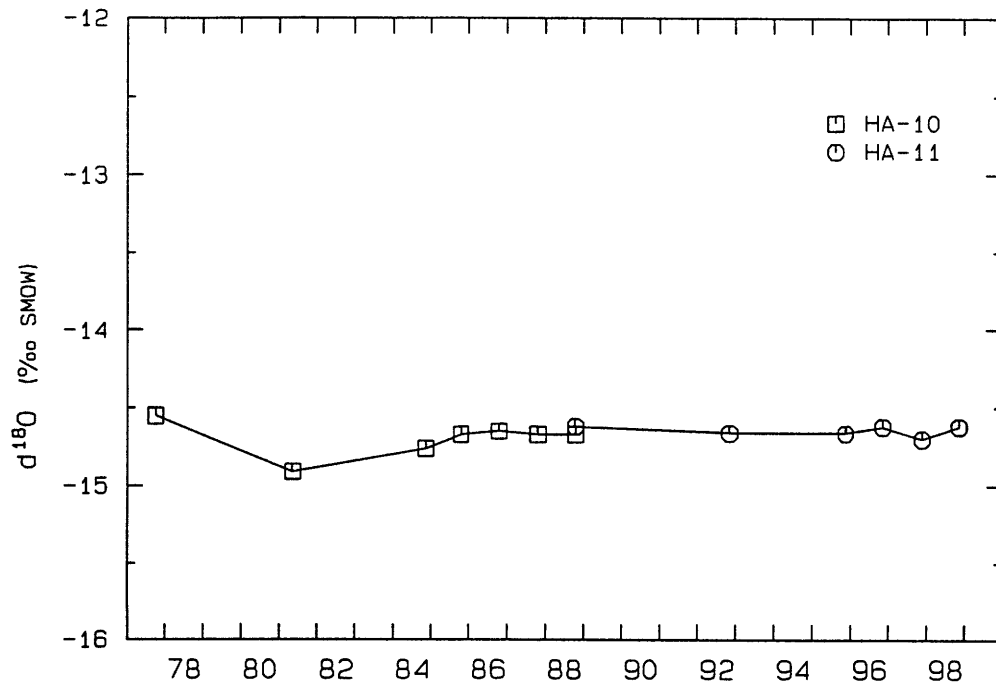
Mynd 14: Styrkur kalíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



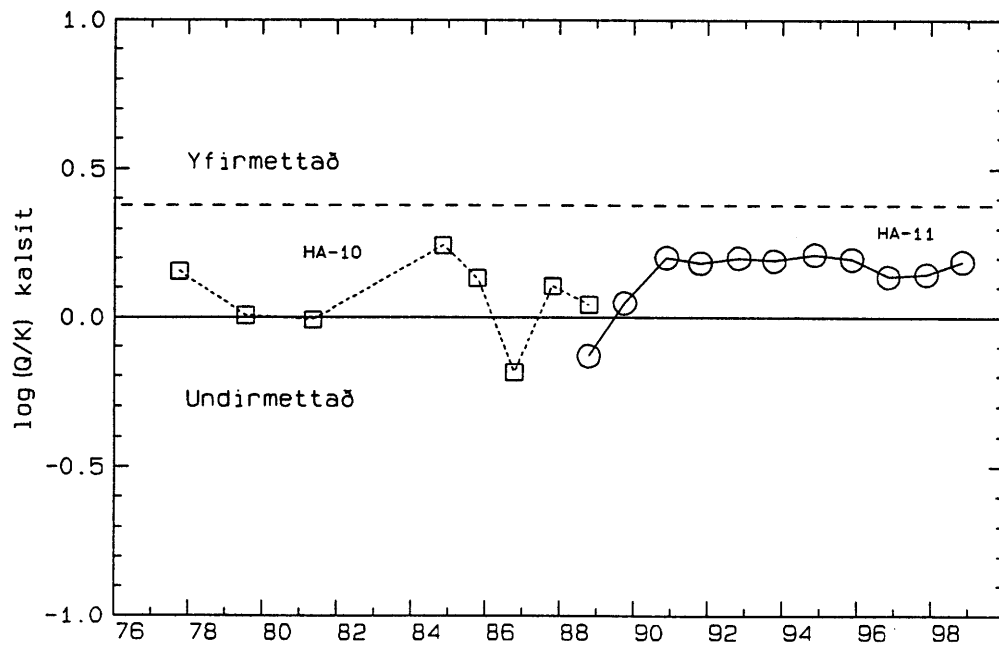
Mynd 15: Styrkur kalsíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



Mynd 16: Styrkur magnesíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



Mynd 17: Hlutföll súrefnissamsætna í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 1998.



Mynd 18: Kalkmettun vatns úr holum HA-10 og HA-11, 1977 til 1998.

## 6 Efnasamsetning jarðhitavatns við Brimnesborgir

Tafla 5 sýnir niðurstöður á efnagreiningum þeirra hlutsýna sem tekin voru í loftdælingu 21. október 1997 og í dæluprófun í holu ÁRS-29 við Brimnesborgir í janúar og febrúar 1998. Tafla 4 sýnir niðurstöður efnagreininga á heilsýni sem tekið var úr ÁRS-29 í dæluprófun 21. janúar 1998. Þar er að auki er sýnd efnasamsetning heits vatns úr vinnsluholum hjá Hitaveitu Dalvíkur og Hitaveitu Hríseyjar, auk nýlegrar vinnsluholu Sveins Jónssonar bónda á Kálfskinni, sem staðsett er á Sólbakka í landi Syðrihaga.

Tafla 4: Efnasamsetning jarðhitavatns úr holu ÁRS-29 við Brimnesborgir (mg/l).

Staður	Brimnesborgir	Sólbakki	Hrísey	Dalvík
Borhola	ÁRS-29	YV-14	HR-10	HA-11
Dagsetning	1998.01.21	1997.04.04	1996.11.07	1996.11.06
Númer	98-0010	97-0121	96-0352	96-0347
Hiti (°C)	73,5	77,8	77,0	64,1
Sýrustig (pH/°C)	10,1/21	10,1/22	9,5/16	10,4/16
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	104,9	110,9	65,9	89,8
Bór (B)	0,15	0,17	0,11	0,07
Natríum (Na)	55,4	56,1	252	48,9
Kalíum (K)	0,9	1,0	4,1	0,5
Kalsíum (Ca)	2,1	2,0	90,3	2,1
Magnesíum (Mg)	0,01	0	0,01	0,002
Karborát (CO <sub>2</sub> (t))	16,0	19,2	3,4	14,1
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	15,7	15,4	59,5	13,4
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	0,18	0,05	0,06	0,03
Klóríð (Cl)	13,7	13,4	471	9,2
Flúoríð (F)	0,86	1,15	0,24	0,5
Ál (Al)	0,073	0,111	0,022	0,082
Járn (Fe)	0,003	0,009	0,004	0,004
Mangan (Mn)	0,003	0,0002	0,005	0,001
Uppleyst efni	150	241	1056	228
δD (‰ SMOW)	-109,1	-107,3	-	-104,5
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-14,96	-14,78	-14,9	-14,62
Kalsedónhiti (°C)	70	75	73	50

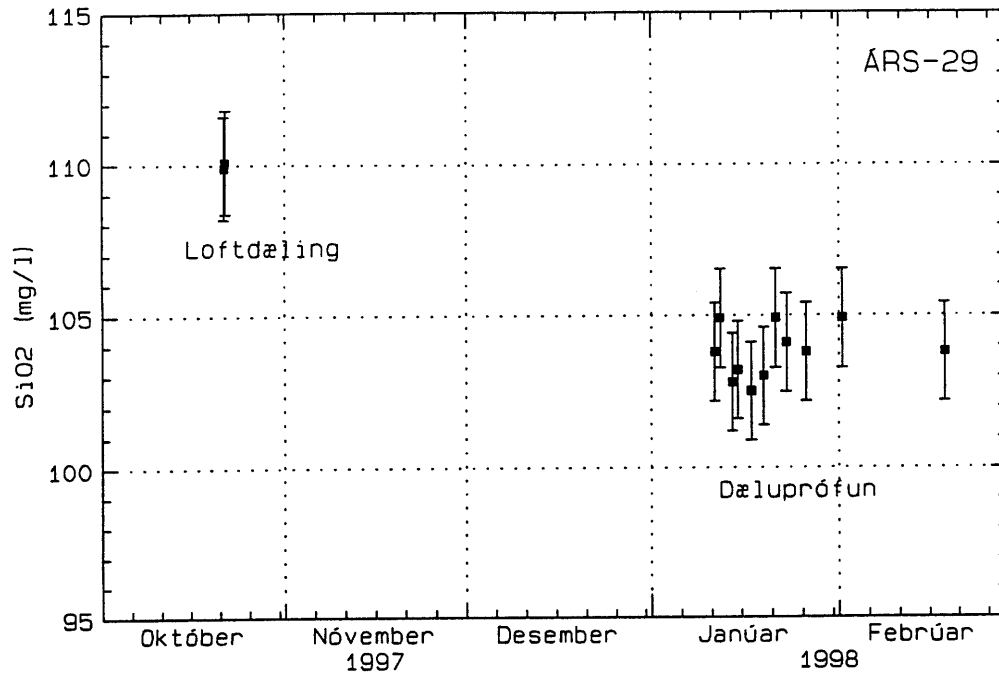
Myndir 19 til 23 sýna niðurstöður efnagreininga kísils, magnesíums og klóríðs í öllum sýnum. Á myndunum sést að efnasamsetning vatnsins breyttist lítið sem ekkert meðan á dæluprófun stóð. Selta vatnsins (styrkur klóríðs) reyndist sú sama í loftdælingu við lok borunar og í dæluprófun, en styrkur kísils mældist talsvert hærri í loftdælingunni en í dæluprófun. Slíkt hefur oft sést áður, að styrkur kísils mælist hæstur fyrst þegar dæling hefst á nýjum jarðhitasvæðum, en síðan lækkar hann fljótt og helst þá nánast óbreyttur með skynsamlegri vinnslu úr viðkomandi svæði. Kísill er helsta uppleysta efnið í jarðhitavatni. Styrkur hans er háður hita vatnsins í jarðhitageyminum og má nota hann til að reikna svokallaðan efnahita í vatninu. Fyrir lághitavatn eins og hér um ræðir er algengast að nota kalsedónhita. Á grundvelli heilsýnisins reiknast hann um

Tafla 5: Efnasamsetning hlutsýna úr holu ÁRS-29 við Brimnesborgir (mg/l).

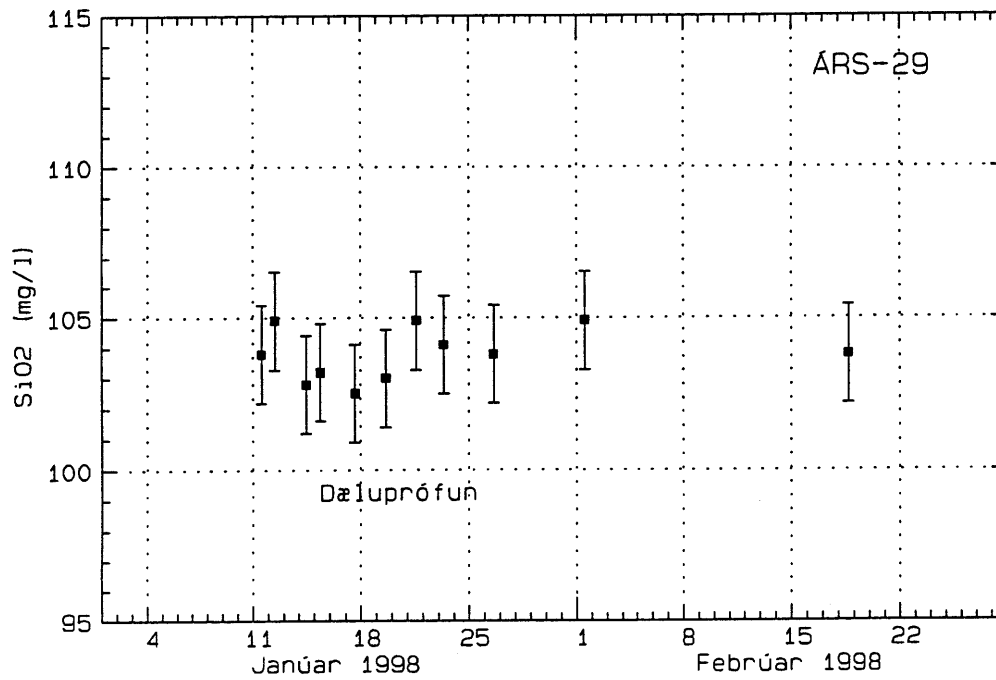
Númer	Dagsetning	Tími	Hiti (°C)	Rennsli (l/s)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)
Loftdæling							
97-0657	1997.10.21	16:40	73,3		109,9		13,8
97-0658	1997.10.21	21:05	73,3	55	0,1		13,7
Dæluprófun							
98-0017	1998.01.11	13:40	73	16,8	103,8	0,008	13,8
98-0018	1998.01.12	10:30	73	16,7	104,9	0,018	13,6
98-0019	1998.01.14	11:30	73	16,6	102,8	0,010	13,7
98-0020	1998.01.15	09:45	73	16,6	103,2	0,006	13,8
98-0021	1998.01.16	11:40	73	16,9			
98-0022	1998.01.17	15:10	73	16,6	102,5	0,006	13,7
98-0023	1998.01.18	16:10	73	16,5			
98-0024	1998.01.19	15:05	73	16,7	103,0	0,006	13,7
98-0025	1998.01.20	10:10	73	16,5			
98-0026	1998.01.21	13:35	73	16,5			
98-0010	1998.01.21	14:30	73,5	16,5	104,9	0,01	13,7
98-0045	1998.01.23	08:45			104,1	0,008	13,8
98-0046	1998.01.26	14:45			103,8	0,009	13,6
98-0047	1998.02.01	13:45			104,9	0,007	13,7
98-0048	1998.02.18	16:10			103,8	0,004	13,7

70 °C fyrir vatnið úr holu ÁRS-29, sem er nærri raunverulegum hita þess. Niðurstöður efnagreininga benda því til þess, að ekki sé að vænta heitara vatns á þessu svæði.

Niðurstöður efnagreininga á vatni úr holu ÁRS-29 benda til þess að vinnslueiginleikar þess séu svipaðir og fyrir vatn t. d. hjá Hitaveitu Dalvíkur og ekki er búist við vandamálum við nýtingu þess í hitaveitu. Reyndar er styrkur brennisteinsvetnis (H<sub>2</sub>S) umtalsvert hærri en í vatni hjá Hitaveitu Dalvíkur, sem gæti orsakað tæringu á eir og kopar þegar til lengri tíma er litið. Að öðru leyti er heppilegt að hafa brennisteinsvetni í vatninu til að eyða súrefni sem hugsanlega kemst í það í dreifikerfi og miðlunartanki. Efnasamsetning vatns hjá Hitaveitu Hríseyjar er allt önnur og þar er meiri hætta á útfellingum og tæringu. Mynd 23 sýnir kalkmettun vatns úr holu ÁRS-29 við mismunandi hita. Þar kemur fram að vatnið er lítillega yfirmettað, þ.e.  $\log(Q/K)$  er stærra en 0, en það er nánast reglan varðandi lághitavatn hér á landi. Yfirmettun er þó það lítil, og vel innan við 0,36 mörkin sem sýnd eru með brotalínu á myndinni, að ekki er búist við kalkútfellingum. Á myndinni er sýnd til samanburðar kalkmettun fyrir vatn úr vinnsluholu Hitaveitu Dalvíkur (HA-11) og sést þar að ferlarnir falla nánast saman.

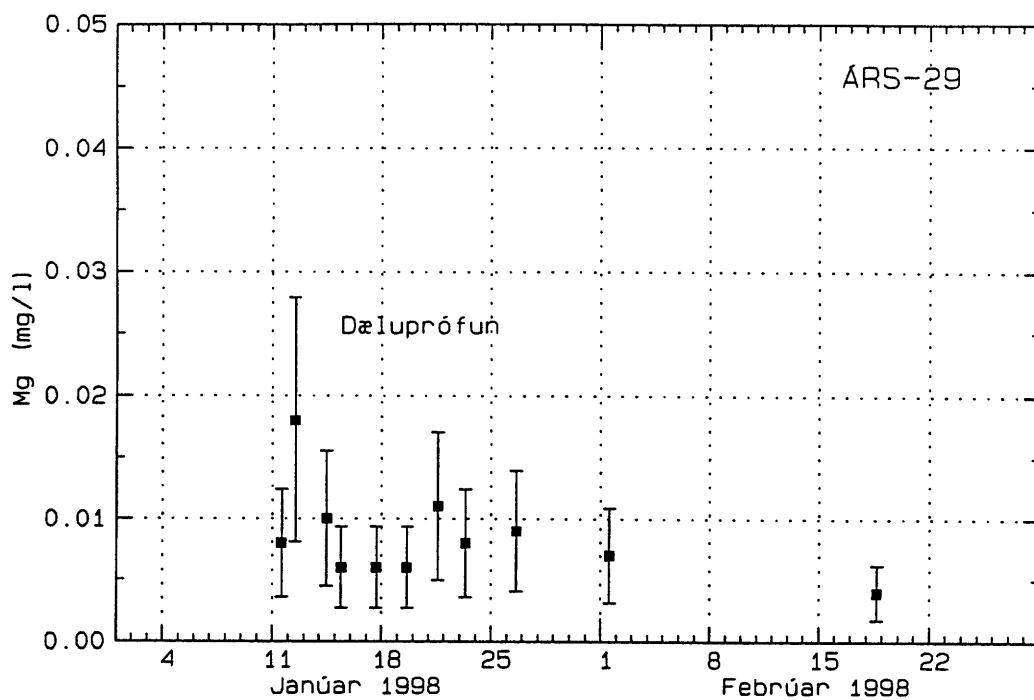


Mynd 19: Styrkur kísils í holu ÁRS-29 við Brimnesborgir í loftdælingu og dæluprófun 1998.

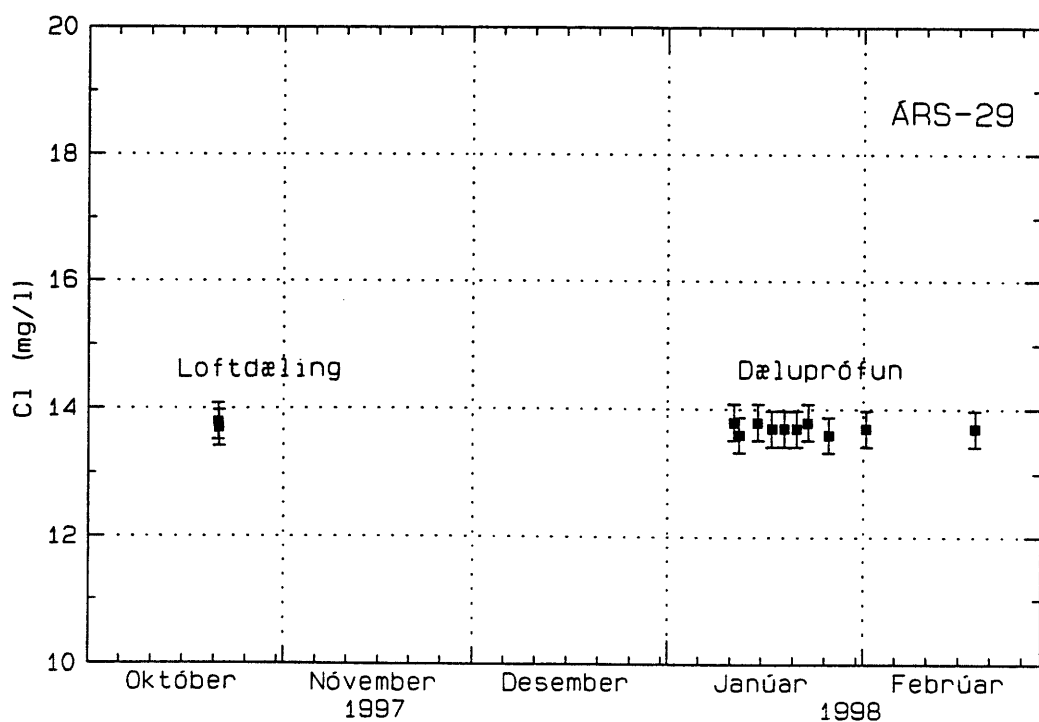


Mynd 20: Styrkur kísils í holu ÁRS-29 í dæluprófun 1998.

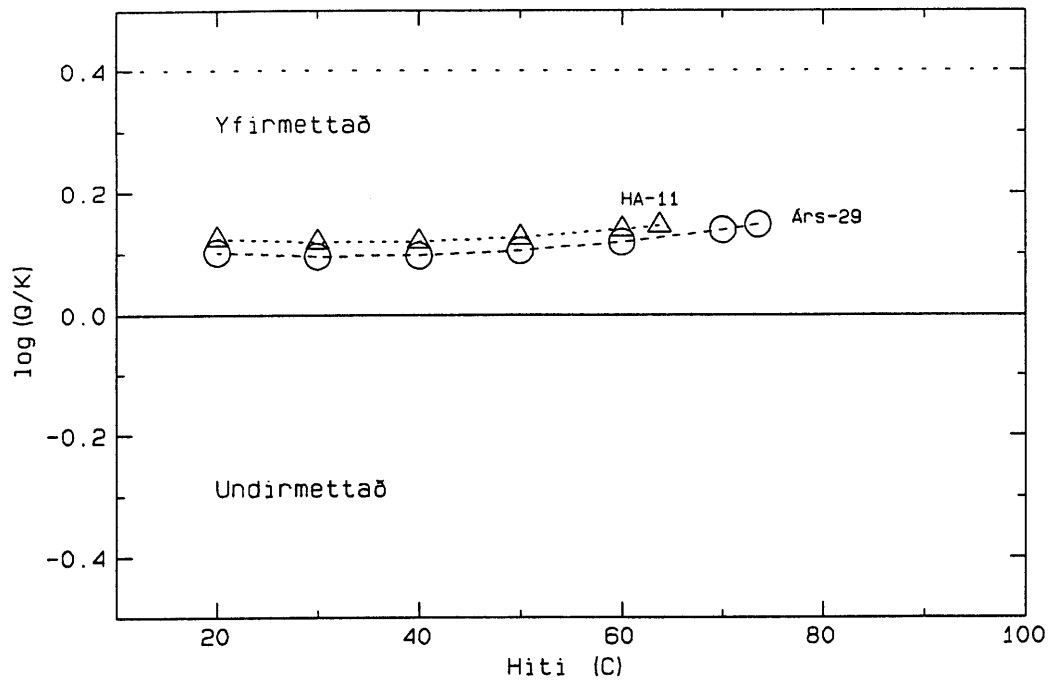




Mynd 21: Styrkur magnesíums í holu ÁRS-29 í dæluþrófun 1998.



Mynd 22: Styrkur klóríðs í holu ÁRS-29 í loftdælingu 1997 og dæluþrófun 1998.



Mynd 23: Kalkmettun vatns úr holum ÁRS-29 og HA-11.

## 7 Samantekt

- Hitaveita Dalvíkur sér nú um vinnslu úr tveimur jarðhitakerfum, við Hamar og Brimnesborgir, og rekstur tveggja veitukerfa. Annarsvegar frá Hamri til Dalvíkur og hinsvegar frá Brimnesborgun til byggðakjarnanna þriggja á Árskógsströnd, Litla Árskógssands, Hauganess og Árskóga.
- Orkuvinnslan úr jarðhitakerfinu við Hamar var árið 1998 38,3 GWh en um 1 GWh úr kerfinu við Brimnesborgir. Heildarorkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur var því árið 1998 um 39,3 GWh. Þetta er um 7% aukning frá 1997 og eru 3% tilkomin vegna hitaveitunnar á Árskógsströnd.
- Búast má við að orkuframleiðsla Hitaveitu Dalvíkur verði allt að 17% hærrí árið 1999 en 1998 vegna tilkomu hitaveitunnar á Árskógsströnd.
- Ársmeðalvinnsla úr holu HA-11 við Hamar nam 31,21/s. Sumarvinnslan var að jafnaði um 201/s og hefur ekki verið meiri frá því fyrir sölukerfisbreytinguna árið 1986. Árið 1998 fór vatnsborðið í 22,2 m sem er það lægsta í yfir 10 ár. Veturinn 1999 fór vatnsborðið enn lægra, eða í 22,5 m. Vatnsborðið í jarðhitakerfinu við Hamar hefur farið lækandi undanfarin ár.
- Jarðhitavinnsla á Brimnesborgum hófst þann 20. nóvember 1998 og var meðalvinnsla til áramóta um 5,61/s. Búast má við að ársmeðalvinnslan úr kerfinu, fyrir árið 1999, verði um 51/s. Árleg vatnsborðssveifla á Brimnesborgum er líklega í kringum 1,5 m.
- Samhengi heitavatnsvinnslu úr jarðhitakerfinu við Hamar og veðurfars á Dalvík hefur verið kannað. Fundin hefur verið reynslujafna sem lýsir vinnslu sem falli af vindleiðréttum vikulegum meðalúthita. Samkvæmt henni virðist um 45% af heildarvinnslunni fara til almennrar neyslu, upphitun á sundlaug og til iðnaðar en 55% virðast fara til húshitunar. Ef að mjög kalt verður í veðri má búast við að heildarnotkunin verði um 481/s.
- Ekki hafa orðið marktækar breytinga á efnasamsetningu vatns úr holu 11 við Hamar undanfarin ár.
- Vatnið úr holu HA-11 er lítillaga yfirmettað m.t.t. kalks, en ekki meira en svo að kalkútfellingar eru ekki til vandræða við nýtingu vatnsins.
- Ekkert uppleyst súrefni mældist í vatni úr holu HA-11 við Hamar.
- Niðurstöður efnagreininga á vatni úr holu ÁRS-29 við Brimnesborgir benda til þess að vinnslueiginleikar þess séu svipaðir og fyrir vatn t.d. úr holu HA-11 við Hamar og ekki er búist við vandamálum við nýtingu þess.

## 8 Heimildir

Grímur Björnsson og Magnús Ólafsson, 1998: *Fyrstu niðurstöður úr vinnsluprófun holu ÁRS-29, Árskógshreppi*. Orkustofnun, greinargerð GrB/MÓ-98/01.

Guðni Axelsson, 1995: *Jarhitakerfið við Hamar í Svarfaðardal. Endurskoðaðar vatnsborðsspár*. Orkustofnun, OS-95037/JHD-23 B, 8 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar árið 1992*. Orkustofnun, OS-93020/JHD-11 B, 12 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar árið 1990*. Orkustofnun, OS-91018/JHD-6 B, 7 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1990: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu að Hamri 1989*. Orkustofnun, OS-90011/JHD-4 B, 7 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1998: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar árið 1997*. Orkustofnun, OS-98069, 17s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1997: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar árið 1996*. Orkustofnun, OS-97048, 11 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1996: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar árið 1995*. Orkustofnun, OS-96034/JHD-04 B, 12 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1995: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar árið 1994*. Orkustofnun, OS-95020/JHD-13 B, 15 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1994: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar árið 1993*. Orkustofnun, OS-94024/JHD-12 B, 16 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1993: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar*. Orkustofnun, OS-94024/JHD-11 B, 13 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðrún Sverrisdóttir og Guðni Axelsson, 1989: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu að Hamri ágúst 1988 - maí 1989*. Orkustofnun, OS-89025/JHD-10 B, 8 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Magnús Ólafsson, 1998: *Hola ÁRS-29 á Árskógsströnd. Efnasamsetning jarðhitavatns*. Orkustofnun, greinargerð MÓ-98/11.

Ólafur G. Flóvenz, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994: *Hitaveita Akureyrar. Vinnslueftirlit 1993*. Orkustofnun, OS-94011/JHD-03 B, 43 s. Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.