

**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

**Hitaveita Skagafjarðar**  
**Eftirlit með jarðhita-**  
**vinnslu árið 1999**

**Guðni Axelsson**  
**Magnús Ólafsson**

**Unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar**

**2000**

**OS-2000/052**





**Guðni Axelsson**  
**Magnús Ólafsson**

*HITAVEITA SKAGAFJARÐAR*

**Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1999**

**Unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar**

**OS-2000/052**

**September 2000**

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](mailto:os@os.is) - Veffang: <http://www.os.is>

<b>Skýrsla nr:</b> OS-2000/052	<b>Dags:</b> September 2000	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> HITAVEITA SKAGAFJARÐAR Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1999		<b>Upplag:</b> 30
		<b>Fjöldi síðna:</b> 28
<b>Höfundar:</b> Guðni Axelsson Magnús Ólafsson		<b>Verkefnisstjóri:</b> Guðni Axelsson
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Árlegt vinnslueftirlit		<b>Verknúmer:</b> 8-610511
<b>Unnið fyrir:</b> Hitaveitu Skagafjarðar		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu Skagafjarðar á þremur jarðhitasvæðum árið 1999. Við Áshildarholtsvatn nýtir hitaveitan sjálfrennandi vatn úr fjórum holum og er gerð grein fyrir vinnslu, vatnshita, holuþrýsting og efnainnihaldi vatns þar. Í Varmahlíð eru nýttar tvær holur og á Steinsstöðum er tekið vatn úr Steinsstaðalaug, en á þessum stöðum er einungis fylgst með efnainnihaldi vatnsins. Orkustofnun annast samantekt gagna um vinnsluna við Áshildarholtsvatn og viðbrögð jarðhitakerfisins og jafnframt töku vatnssýna. Áætlað er að meðalvinnsla á árinu 1998 hafi verið rúmlega 67 l/s, og heildarorkuvinnslan nam um 97 GWh eða um 38 MWh/fbúa. Þrýstingur í jarðhitakerfinu hefur farið hækkandi síðustu ár vegna minnkandi vinnslu, en hvorki hefur orðið marktæk breyting á hita né efnasamsetningu vatns úr vinnsluholum og hlutfall súrefnissamsætna hefur heldur ekki breyst. Engin merki eru um breytingar á efnainnihaldi vatns úr holum 2 og 3 í Varmahlíð, og vatnið þar og hjá Hitaveitu Steinsstaða er ágætt í allra almenna jarðhitanotkun nema að því leyti að á Steinsstöðum er talsvert uppleyst súrefni í vatninu sem er tærandi fyrir járnlagfir.		
<b>Lykilorð:</b> Hitaveita Skagafjarðar, jarðhitasvæði, jarðhitavinnsla, eftirlit, þrýstingur, hiti, efnastyrkur	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> <i>f.h. Magnús Ólafsson</i>	
	<b>Yfirfarið af:</b> GAx	

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	5
2. JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ ÁSHILDARHOLTSVATN	5
2.1 Vinnsla og viðbrögð	5
2.2 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	13
3. JARÐHITASVÆÐIÐ Í VARMAHLÍÐ	20
3.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	20
4. JARÐHITASVÆÐIÐ Á STEINSSTÖÐUM	23
4.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	23
5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR OG LOKAORÐ	26
6. HEIMILDIR	26

## TÖFLUSKRÁ

1. Ársmeðalvinnsla á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn	7
2. Þrýstingur í jarðhitakerfinu í lok árs til og með 1990	10
3. Efnasamsetning vatns á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn	13
4. Efnasamsetning vatns í Varmahlíð	20
5. Efnasamsetning vatns á Steinsstöðum	23

## MYNDASKRÁ

1. Dagleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árið 1998	7
2. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1993 - 1998	8
3. Áætlað rennsli úr holum 10 og 11 árin 1995 - 1998	8
4. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árið 1998	9
5. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árin 1995 - 1998	10
6. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1993 - 1998 ásamt mælingum á þrýstingi holu 9	11
7. Hiti vatns úr holum 10 og 11 árin 1995 - 1998	12
8. Hiti vatns og rennsli úr holu 13 árin 1995 - 1998	12
9. Hiti vatns úr holum 12 og 13 við sýnatöku	14
10. Styrkur kísils í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	15
11. Styrkur natríums í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	15
12. Styrkur kalíums í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	16
13. Styrkur magnesíums í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	16

14. Styrkur kalsíums í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	17
15. Styrkur flúoríðs í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	17
16. Styrkur klóríðs í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	18
17. Styrkur súlfats í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	18
18. Hlutfall súrefnissamsætna í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999	19
19. Kalkmettun vatns í dælustöð, 1986 - 1999	19
20. Mældur hiti við sýnatöku	21
21. Styrkur kísils	21
22. Styrkur natríums	21
23. Styrkur kalíums	21
24. Styrkur magnesíums	21
25. Styrkur kalsíums	21
26. Styrkur flúoríðs	22
27. Styrkur klóríðs	22
28. Styrkur súlfats	22
29. Hlutfall súrefnissamætna	22
30. Kalkmettun vatnsins	22
31. Hlutfall vetnissamsætna	22
32. Mældur hiti við sýnatöku	24
33. Styrkur kísils	24
34. Styrkur natríums	24
35. Styrkur kalíums	24
36. Styrkur magnesíums	24
37. Styrkur kalsíums	24
38. Styrkur flúoríðs	25
39. Styrkur klóríðs	25
40. Styrkur súlfats	25
41. Hlutfall súrefnissamætna	25
42. Kalkmettun vatnsins	25
43. Hlutfall vetnissamsætna	25



## 1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu á þremur jarðhitasvæðum sem Hitaveita Skagafjarðar nýtti árið 1999. Það eru svæðin við Áshildarholtsvatn, Varmahlíð og Steinsstaði. Í skýrslunni er fjallað um vinnslu, vatnshita, holuþrýsting og efnainnihald vatns við Áshildarholtsvatn, en eingöngu um efnainnihald jarðhitavatsins í Varmahlíð og á Steinsstöðum. Þetta hefur verið gert árlega síðan 1990 fyrir Áshildarholtsvatn og nokkuð reglulega fyrir Varmahlíð, en niðurstöður birtar í aðgreindum skýrslum. Árlegt eftirlit með efnasamsetningu vatns á Steinsstöðum hófst á síðastliðnu ári. Eftir að nýting þessara svæða sameinaðist undir merkjum Hitaveitu Skagafjarðar er eðlilegt að fjallað sé um vinnslueftirlit þeirra í sömu skýrslu.

Hitaveita Skagafjarðar sér um allar mælingar á vinnslu, vatnshita og holuþrýstingi, að miklu leyti með tölvustýrðum gagnasöfnunarbúnaði, en Orkustofnun sér um töku vatns-sýna til efnagreininga einu sinni á ári. Auk þess sér Orkustofnun um samantekt gagna um vinnslu og viðbrögð jarðhitakerfanna, varar við óæskilegum breytingum og gerir tillögur til úrbóta, sé þeirra þörf.

## 2. JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ ÁSHILDARHOLTSVATN

Á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn, sem nýtt hefur verið frá því í lok fimmta áratugarins, nýtir Hitaveita Skagafjarðar sjálfrennandi vatn úr holum 10, 11, 12 og 13. Tölvustýrður gagnasöfnunarbúnaður var fyrst settur upp við vinnsluholurnar árið 1988, en síðan endurnýjaður frá grunni árið 1994. Nú eru til ítarleg gögn úr gagnasöfnunarbúnaðinum allt frá árinu 1995.

Ef vinnslan við Áshildarholtsvatn eykst vegna vaxandi orkunotkunar í framtíðinni mun verða þrýstingslækkun í jarðhitakerfinu, sem aftur getur valdið því að sjálfrennsli úr núverandi vinnsluholum muni hætta að anna þörfum hitaveitunnar (Guðni Axelsson, 1992). Með nákvæmu vinnslueftirliti má sjá slíkt fyrir í tíma. Sérstaklega er mikilvægt að fylgst sé samfelt með þrýstingi í jarðhitakerfinu, eins og nú er gert. Jafnframt má með efnaeftirliti sjá fyrir í tíma ýmsar óæskilegar breytingar, t.d. af völdum innstreymis kaldara vatns eða sjávar í jarðhitakerfið, og sjá fyrir vandræði við nýtingu vatnsins eins og hættu á útfellingum (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1994).

Ástand jarðhitakerfisins við Áshildarholtsvatn er gott um þessar mundir (Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999). Vinnsla úr kerfinu hefur minnkað um 10% frá 1990, væntanlega vegna bættrar orkunýtingar á Sauðárkróki. Þar af leiðandi hefur þrýstingur í jarðhitakerfinu farið hækkandi. Engar breytingar hafa orðið í efnainnihaldi, sem bent gætu til innstreymis kaldara vatns eða sjávar. Ef útlit er fyrir umtalsverða aukningu á vatnsnotkun á næstu árum verður þó full ástæða til þess að huga að sölukerfisbreytingu, sem myndi tryggja það að sjálfrennsli úr núverandi vinnsluholum héldi áfram að anna þörfum Sauðárkróks og nágrennis fyrir heitt vatn.

### 2.1 Vinnsla og viðbrögð

Mynd 1 sýnir daglega meðalvinnslu úr vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn árið 1999 en mynd 2 sýnir vikulega meðalvinnslu síðustu átta árin til samanburðar, þ.e. árin 1992 - 1999. Vikumeðalvinnslan frá og með 1996 var byggð á mæling-



um gagnasöfnunarbúnaðarins á rennsli í dælustöð að viðbættu rennsli til Sjávarborgar, en fram að því er hún byggð á aflestrum hitaveitunnar af  $m^3$ -mæli í dælustöðinni, sem bilaði hins vegar árið 1996. Um 2% misræmi var milli mælinga gagnasöfnunarbúnaðarins og aflestra af  $m^3$ -mælinum árið 1995, og voru tölur árána 1996, 1997 og 1998 leiðréttar fyrir því. Ekki þykir þó lengur ástæða til slíkrar leiðréttingar, en það getur valdið því að vinnslutölur síðustu ára séu ekki fullkomlega sambærilegar. Vegna eyða í rennslisgögnum á árunum 1996 - 1998 eru vinnslutölur fyrir þau ár nokkru ónákvæmari en vinnslutölur árána þar á undan.

Árið 1999 gekk gagnasöfnunin mjög vel og má segja að síðasta ár sé besta árið til þessa í sögu tölvuvæddrar gagnasöfnunar við Áshildarholtsvatn. Sárafaár og stuttar eyður eru í gögnum ársins. Gagnasöfnunarbúnaðurinn er nú farinn að safna gögnum um  $m^3$  sem renna um dælustöðina, annars vegar, og til Sjávarborgar, hins vegar. Einhverjar skekkjur voru í þeim mælingum hluta síðasta árs, en væntanlega munu þær tölur gefa enn nákvæmari upplýsingar um jarðhitavinnsluna í framtíðinni.

Árið 1999 var vikuleg meðalvinnsla mest um 87 l/s þriðju viku febrúar, en minnst var hún aftur á móti 42 l/s síðustu viku júlí. Eru þetta nokkru lægri tölur en árið áður. Dagleg meðalvinnsla var hins vegar mest 93 l/s 8. febrúar. Minnst var dagleg meðalvinnsla rúmlega 40 l/s þann 29. júlí. Ársmeðalvinnsla árána 1972 - 1999 er birt í töflu 1 hér á eftir og telst meðalvinnsla ársins 1999 67,3 l/s. Er sú tala um 4% lægri en meðalvinnsla árána 1996 - 1998. Hluti þeirrar lækkunar gæti stafað af leiðréttingunni, sem nú er hætt að beita, en ljóst er að vinnslan 1999 er þó umtasvert minni. Mynd 2 sýnir að minnkandi ársmeðalvinnsla skýrist af almennt minnkandi notkun, jafnt sumar sem vetur. Væntanlega stafar þessi minnkun aðallega af bættri orkunýtingu, eins og sjá má hjá mörgum hitaveitum landsins. Í töflu 1 eru einnig birtar tölur um áætlaða heildarorkuvinnslu miðað við nýtingu niður í 30°C og er hún minni en hún hefur verið í þrjá áratugi.

Árið 1999 nam orkuvinnsla Hitaveitu Skagafjarðar úr jarðhitakerfinu við Áshildarholtsvatn um 38 MWh/íbúa. Eins og áður hefur verið bent á þá hefur orkuvinnslan á hvern íbúa minnkað verulega frá því hún var mest um 50 MWh/íbúa fyrir um tveimur áratugum. Með sölukerfisbreytingu mætti minnka orkuvinnsluna enn frekar, eða niður í 15 - 25 MWh/íbúa, eins og fjallað hefur verið um í fyrri skýrslum. Þá mun sjálfrennsli úr núverandi vinnsluholum halda áfram að nægja Sauðárkróki og nágrenni næstu tvo til þrjá áratugi, jafnvel þó gert sé ráð fyrir vaxandi notkun eftir breytinguna (Guðni Axelsson, 1992).

Fyrir árið 1999 eru nú til ítarleg gögn um rennsli, hita og þrýsting úr gagnasöfnunarbúnaðinum, líkt og fyrir árin 1995 - 1998. Reyndar eru þau enn ítarlegri vegna óverulegra eyða í gögnunum. Búnaðurinn mælir rennsli úr holum 10, 11, 12 og 13, rennsli frá dælustöð til Sauðárkróks og rennsli til Sjávarborgar. Mælingar á rennsli einstakra holna hafa hins vegar ekki verið áreiðanlegar. Holur 10 og 11 eru opnar allt árið og í síðustu vinnslueftirlitsskýrslu var gripið til þess ráðs að meta rennsli úr þessum tveimur holum út frá þrýstingi í jarðhitakerfinu (hola 9) og iðustreymisstuðlum þeirra (Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999; sjá einnig Guðna Axelsson, 1992). Þannig fást niðurstöðurnar sem birtar eru á mynd 3. Meðalrennsli holu 10 er aftur áætlað 13,5 l/s, sem er þó nokkru minna en áður var talið. Meðalrennsli holu 11 er áætlað 25,5 l/s, sem er jafnt því sem áður var áætlað.

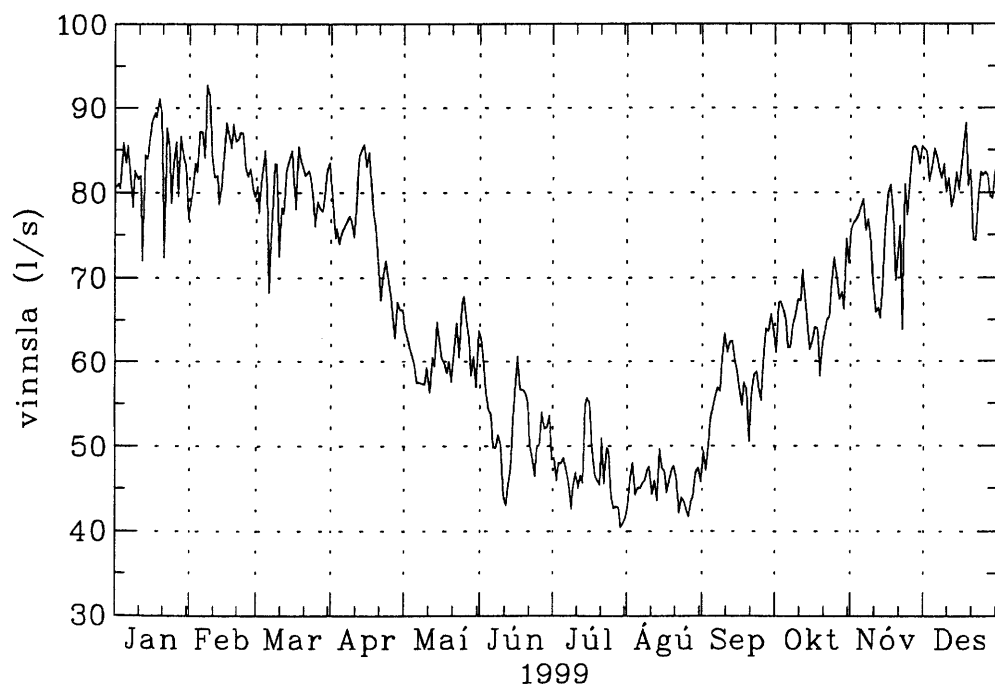
**Tafla 1.** Ársmeðalvinnsla á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn.

Ár	Meðalvinnsla (l/s)	Heildarorkuvinnsla <sup>1)</sup> (GWh)
1972-84	80 - 90	115 - 130
1985	87,0	126
1986	78,5	113
1987	77,0	111
1988	79,5	115
1989	78,5	113
1990	76,0	110
1991	80,5 <sup>2)</sup>	116 <sup>2)</sup>
1992	77,0	111
1993	76,0	109
1994	73,0	105
1995	74,4	107
1996	69,9 <sup>3)</sup>	100
1997	70,5 <sup>3)</sup>	101
1998	69,8 <sup>3)</sup>	100
1998	67,3	97

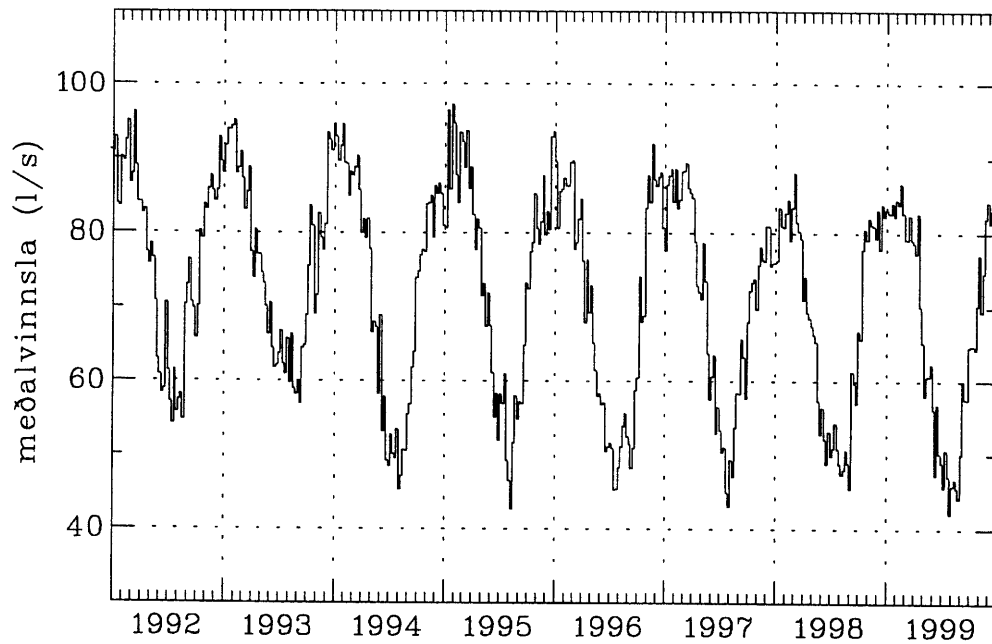
<sup>1)</sup> Míðuð við nýtingu í 30°C.

<sup>2)</sup> Umframvinnsla í prófun í júní 1991 jafngildir 4 l/s ársmeðalvinnslu og 6 GWh orkuvinnslu.

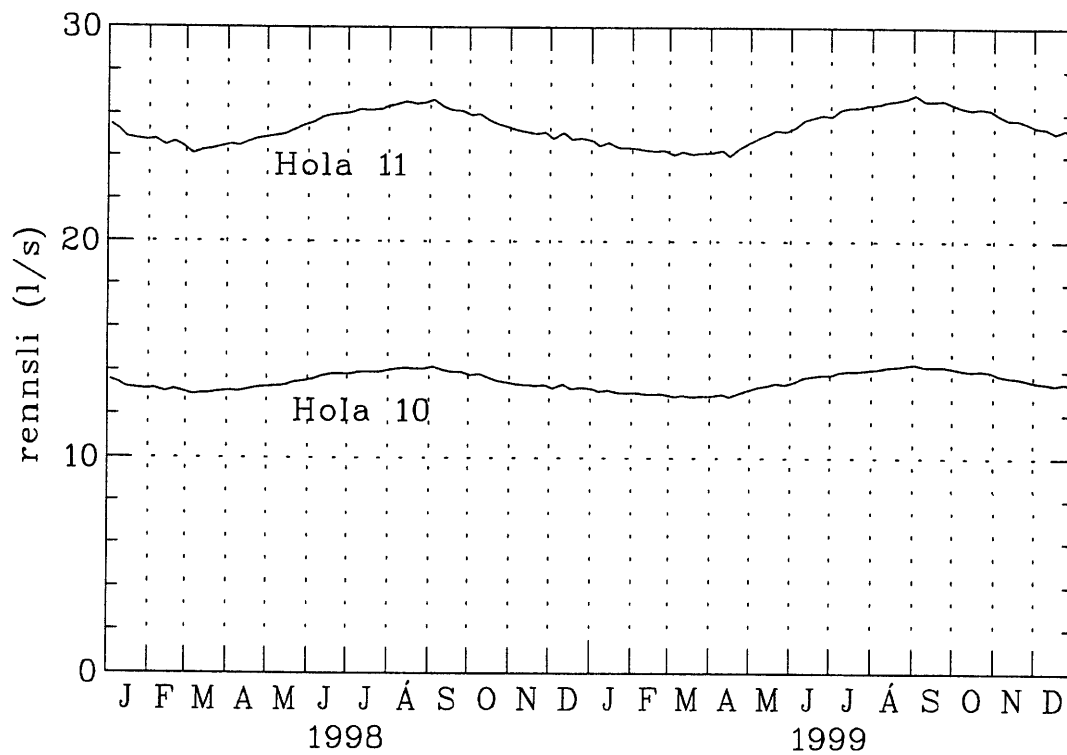
<sup>3)</sup> Eitthvað ónákvæmar tölur.



**Mynd 1.** Dagleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árið 1999.



Mynd 2. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1992 - 1999.

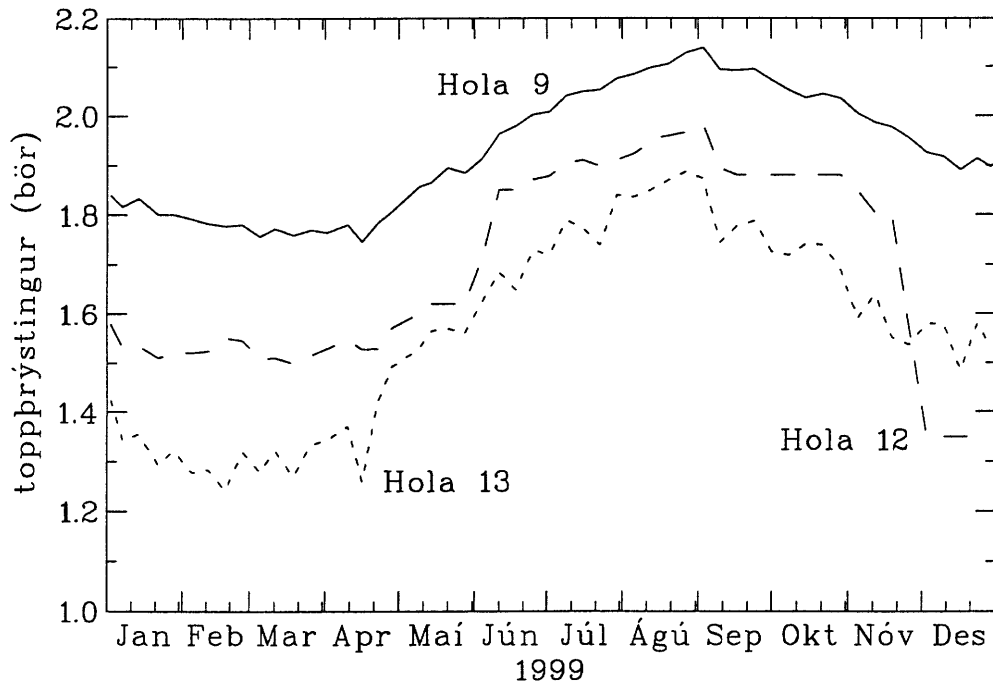


Mynd 3. Áætlað rennsli úr holum 10 og 11 árin 1998 og 1999.

Hola 12 er höfð mismikið opin, allt eftir vatnsþörfinni hverju sinni. Hún var alveg lokuð í 5 mánuði árið 1999, en fullopin í einungis einn mánuð. Hálf opin var hún því í u.þ.b. 6 mánuði. Gróflega áætlað var ársmeðalrennsli hola 12 því um 13,5 l/s, og er þá gengið út frá því að fullopin gefi hún um 40 l/s. Skv. gagnasöfnunarbúnaðinum var ársmeðalrennsli holunnar nokkru minna.

Ársmeðalrennsli hola 13 árið 1999 var aðeins um 10 l/s skv. gagnasöfnunarbúnaðinum, en rennsli úr henni er hraðastýrt. Ef þetta er lagt við áætlað rennsli holna 10, 11 og 12 vantar um 5 l/s til þess að ná áætluðu heildarrennsli af svæðinu. Líklegast er að meðalrennsli hola 13 sé því vanáætlað, og að það hafi verið nær 15 l/s árið 1999.

Hingað til hafa viðbrögð jarðhitakerfisins við Áshildarholtsvatn fyrst og fremst einkenst af þrýstingsbreytingum, og er svo enn. Mynd 4 sýnir þrýsting á holum 9, 12 og 13 árið 1999. Holur 12 og 13 sýna lægri þrýsting, einkum þegar rennur úr þeim. Sumarið 1998, þegar hún var lokuð, sýndi hola 12 um 0,15 bar lægri þrýsting en hola 9. Mynd 5 sýnir síðan þrýsting á sömu holum árin 1995 - 1999. Þar sést að þrýstingur í jarðhitakerfinu hefur farið hægt hækkandi þessi ár og hækkar hann enn. Ástæðan er að sjálfsögðu minnkandi vinnsla.

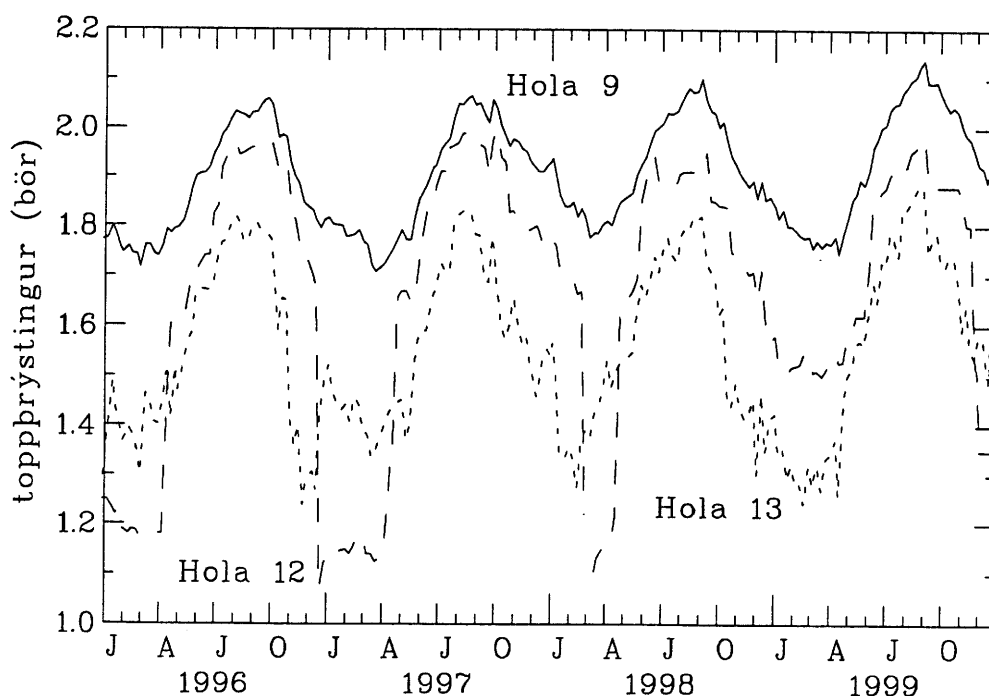


Mynd 4. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árið 1999.

**Tafla 2.** Þrýstingur í jarðhitakerfinu í lok árs til og með 1990.

Ár	Þrýstingur í lok árs (bar-g)
1972	(5,0)
1976	3,3
1980	1,7
1981	1,5
1984	1,3
1989	1,7
1990	1,7

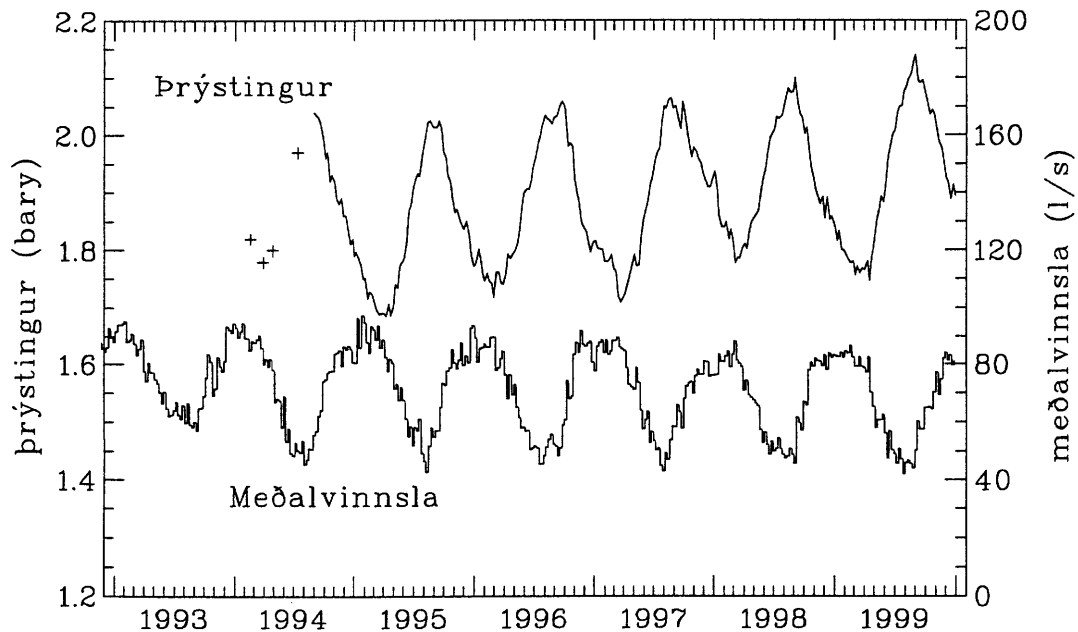
Mynd 6 sýnir tiltækar mælingar á þrýstingi á holu 9 ásamt vinnslu allt frá árinu 1993, en hola 9 er notuð til þess að hafa eftirlit með þrýstingi í jarðhitakerfinu. Samfelldar þrýstingsmælingar eru þó aðeins til frá byrjun hausts 1994. Fram að þeim tíma eru til mælingar fyrir allt árið 1990 og hluta árs 1991, auk nokkurra styttri tímabila og stakra mælinga (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1997). Tafla 2 sýnir tiltækar upplýsingar um þrýsting í lok árs frá 1972 til 1990 (Guðni Axelsson, 1992). Taflan, ásamt mynd 6, sýna því tiltækar upplýsingar tæpa þrjá áratugi aftur í tímann. Mynd 6 sýnir, eins og mynd 5, að þrýstingur hefur farið hækkandi frá 1995, og er það í samræmi við minnkandi vinnslu. Jafnframt sýnir tafla 2 að þrýstingur í jarðhitakerfinu hefur hækkað mikið frá því hann mældist lægstur árið 1984, en þá var vinnslan yfir 30% meiri en nú.



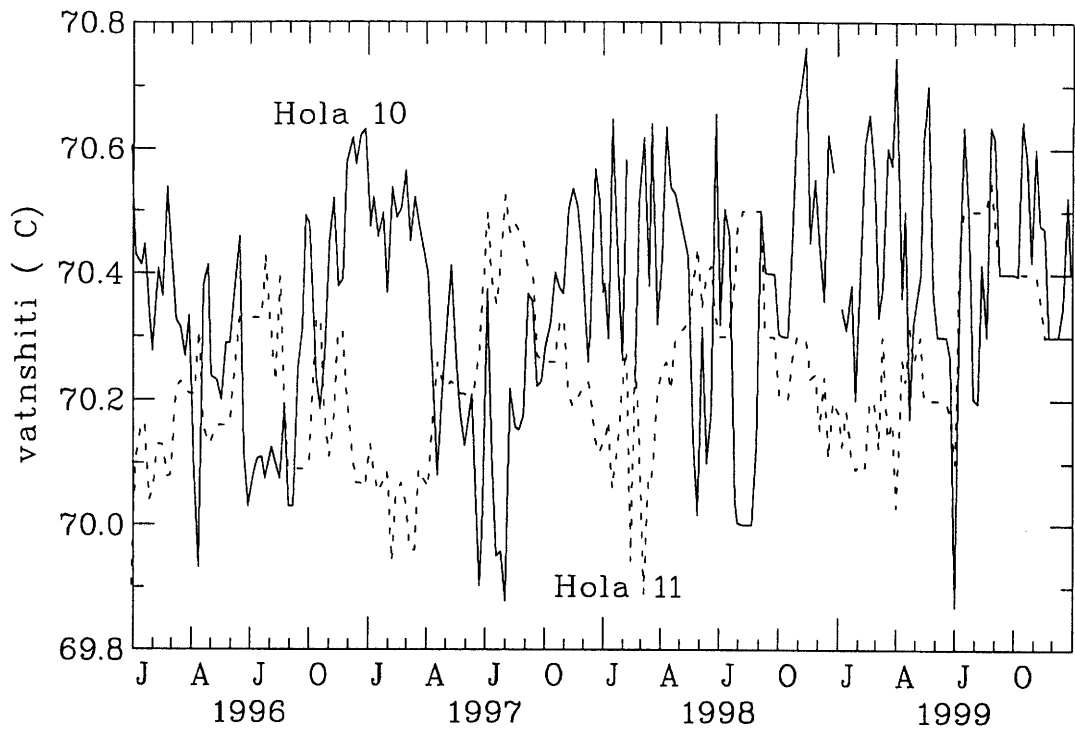
**Mynd 5.** Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árin 1996 - 1999.

Mynd 7 sýnir hita vatns úr holum 10 og 11 árin 1995 - 1998. Hann sveiflast um ca.  $\frac{1}{2}$  °C í hvorri holu og er öfug fylgni milli vatnshita í holunum, eins og kom í ljós er gögn ársins 1995 voru skoðuð (Guðni Axelsson o.fl., 1996). Þetta hefur verið talið stafa af smávægilegum breytingum á rennsli, og þar með vatnshita, þessara tveggja holna. Eins og bent var á í síðustu vinnslueftirlitsskýrslu þá er aðallega um árssveiflu að ræða (Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999). Hiti vatns úr holu 11 hækkar á sumrin, með vaxandi rennsli (mynd 3). Ekki er því ljóst hvað veldur því að hiti vatns úr holu 10 lækkar á sumrin, því rennsli úr þeirri holu eykst væntanlega einnig á sumrin. Meðalhiti vatnsins úr þessum holum er rétt rúmlega 70 °C. Það sama gildir um hita vatns úr holu 12, hann var tæplega 70 °C árið 1999. Hiti vatns úr holu 13 breytist hins vegar nokkuð, sveiflast milli 66,5 og 70,5 °C, eins og sést á mynd 8. Meðalhiti vatns úr holu 13 reiknast 69,3 °C árið 1998. Meðalhiti vatns frá dælustöðinni var 70,2 °C árið 1999, sem er sami meðalvatnshiti og árin 1995 - 1998. Hiti vatns úr þessum fjórum vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn hefur ekkert breyst síðustu árin, og virðist í raun ekkert hafa breyst í gegnum tíðina.

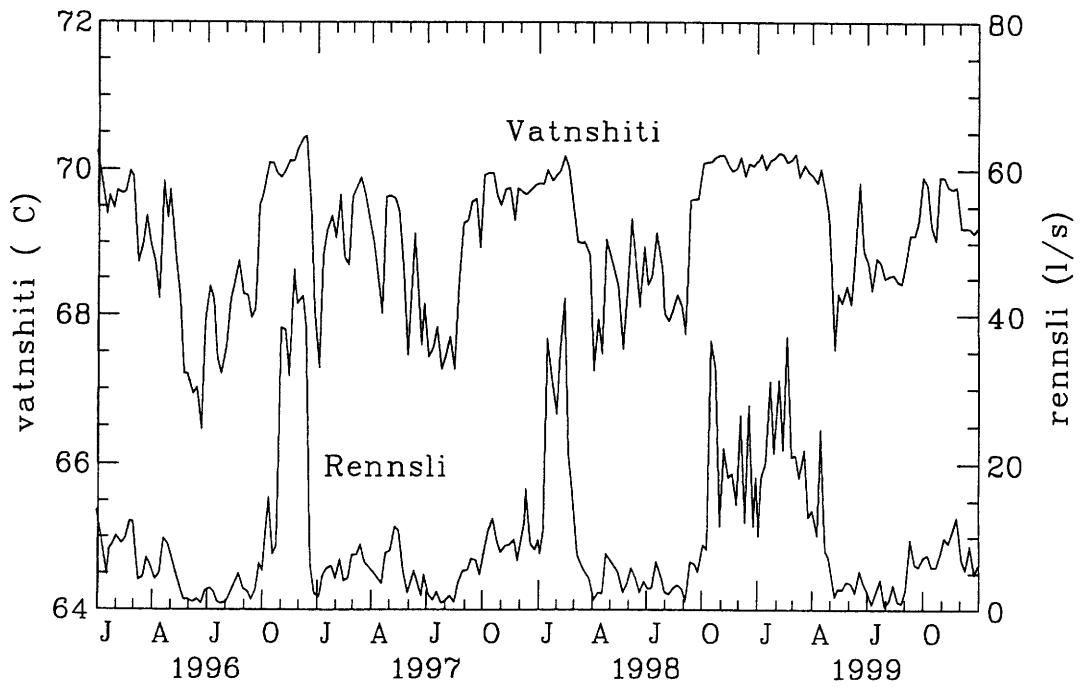
Mynd 8 sýnir að samband er milli vatnshita og rennslis úr holu 13, eins og fjallað hefur verið um áður. Sambandið er þannig að líklegast er að sveiflurnar stafi aðallega af því að við lítið rennsli kólnar vatnið meira á leið upp holuna, en við meira rennsli. Ef rennslið er hins vegar meira en 10 l/s helst vatnshitinn stöðugur, eða rúmlega 70 °C, líkt og úr hinum holunum á svæðinu.



**Mynd 6.** Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1993 - 1999 ásamt mælingum á þrýstingi holu 9.



Mynd 7. Hiti vatns úr holum 10 og 11 árin 1996 - 1999.



Mynd 8. Hiti vatns og rennsli úr holu 13 árin 1996 - 1999.

## 2.2 Efnasamsetning jarðhitavatnsins

Einn þáttur vinnslueftirlitsins hjá Hitaveitu Sauðárkróks er að fylgjast með efnasamsetningu heita vatnsins og kanna hvort einhverjar breytingar komi þar fram t.d. vegna langvarandi vinnslu úr jarðhitageyminum. Síðastliðin ár hefur efnaeftirlit verið fólgið í því að starfsmenn Orkustofnunar hafa tekið heilsýni úr holum 12 og 13 (BM-12 og BM-13) og úr dæluhúsi á Borgarmýrum einu sinni á ári.

Sýni til efnagreininga á vatni hjá Hitaveitu Sauðárkróks voru tekin þann 24. nóvember 1999. Sýni úr holunum voru tekin við holutopp líkt og undanfarin ár, og sýni úr dælustöð var tekið úr aðveitulögn rétt áður en hún fer úr dælustöðinni í átt til bæjarins. Að venju voru hiti, uppleyst súrefni og brennisteinsvetni mæld á staðnum. Sýrustig og karbónat voru mæld næsta dag. Önnur efni voru mæld á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar í vetur sem leið, að því frátöldu að samsætur súrefnis ( $\delta^{18}\text{O}$ ) og vetnis ( $\delta\text{D}$ ) voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 3, ásamt greiningum frá árinu 1998.

**Tafla 3.** Efnasamsetning vatns á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn (mg/l).

Staður	Dælustöð		Hola BM-12		Hola BM-13	
	11.11.1998 1998-0570	11.24.1999 1999-0515	11.11.1998 199-0571	11.24.1999 1999-0513	11.11.1998 1998-0572	11.24.1999 1999-0514
Dagsetning						
Númer						
Hiti (°C)	67,7	70,4	71,2	71,4	69,9	69,6
Sýrustig (pH/°C)	9,9/22	10,0/22,6	9,9/22	9,9/22,7	10,0/22	9,9/22,9
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	70,8	71,1	70,3	69,8	70,6	71,0
Natríum (Na)	57,1	56,8	59,7	59,7	55,2	55,2
Kalíum (K)	0,78	0,78	0,83	0,83	0,75	0,76
Kalsíum (Ca)	3,44	3,51	3,69	3,68	3,33	3,45
Magnesium (Mg)	0,007	0,005	0,006	0,004	0,005	0,006
Karbónat (CO <sub>2</sub> (t)	15,1	13,7	14,8	12,9	16,2	14,6
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	41,9	41,5	46,3	46,1	39,7	39,0
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	0,40	0,42	0,30	0,34	0,43	0,44
Klóríð (Cl)	20,5	21,0	23,3	24,0	18,7	19,2
Flúoríð (F)	1,42	1,53	1,40	1,51	1,48	1,55
Uppleyst efni	230	(156)	222	244	224	214
Bór (B)	0,19	0,15	0,22	0,18	0,20	0,14
Ál (Al)	0,056	0,073	0,056	0,072	0,056	0,069
Járn (Fe)	0,0015	0,0004	0,0015	0,0015	0,0025	0,0014
Mangan (Mn)	0,0004	0,001	0,0001	0,0009	0	0,0009
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0	0	0	0	0	0
$\delta\text{D}$ (‰ SMOW)	-	-	-	-98,9	-	-95,1
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-	-	-13,49	-13,48	-13,20	-13,25

Í töflu 3 kemur fram að efnasamsetning vatns úr holum 12 og 13 og dælustöð hefur lítið breyst á milli árána 1998 og 1999. Myndir 9 til 17 sýna hita vatns við holutopp og styrk allra aðalefna í vatni úr holum 12 og 13 á árunum 1984 til 1999.

Uppleyst súrefni var mælt við holutopp og í dælustöð samhliða sýnatöku og mældist styrkur þess 0 á öllum stöðum líkt og undanfarin ár. Við sýnatöku mældist hiti vatnsins 71,4°C í holu 12, 69,6°C í holu 13 og 70,4°C í dælustöð veitunnar. Í fyrri skýrslum um vinnslueftirlit hjá hitaveitunni hefur komið fram að hiti vatns úr holunum, allavega úr



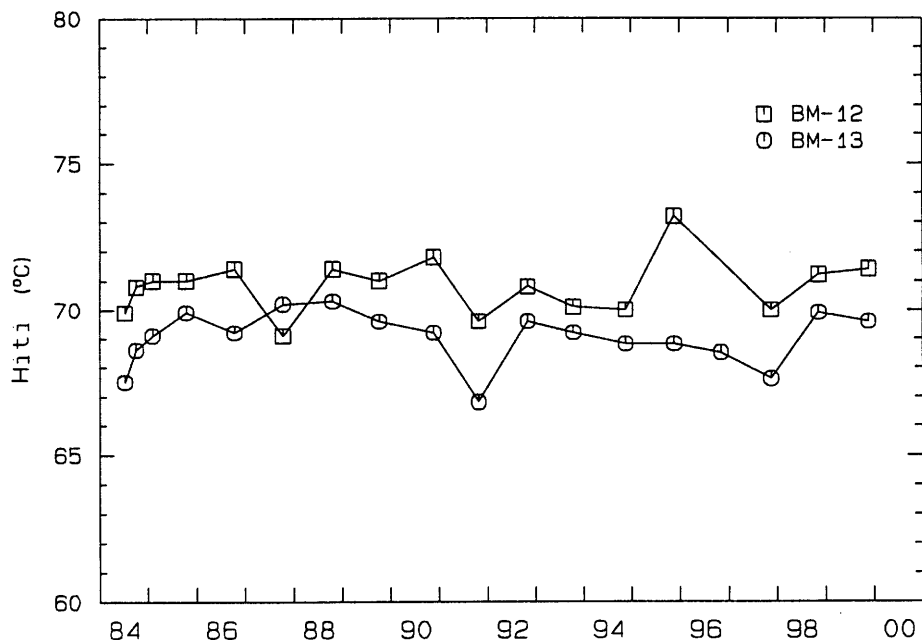
holu 13, sveiflast talsvert innan ársins, nokkuð í takt við vinnslu úr holunni.

Langtímabreytingar á efnasamsetningu vatns úr holunum eru ekki umtalsverðar og vart marktækar að teknu tilliti til t.d. breyttra efnagreiningaaðferða og breytilegrar vinnslu úr holunum. Lítilsháttar breytingar sjást þó í styrk einstakra efna milli árana 1998 og 1999. Styrkur magnesíums (Mg) og kalsíums (Ca) hefur hækkað lítillega í vatni úr holu 13 og styrkur flúoríðs (F) hefur hækkað í báðum holunum. Aftur á móti hefur styrkur magnesíums í holu 12 lækkað milli árana og styrkur kísils ( $\text{SiO}_2$ ) er svipaður og undanfarin ár ef undan er skilin lækking á árinu 1997.

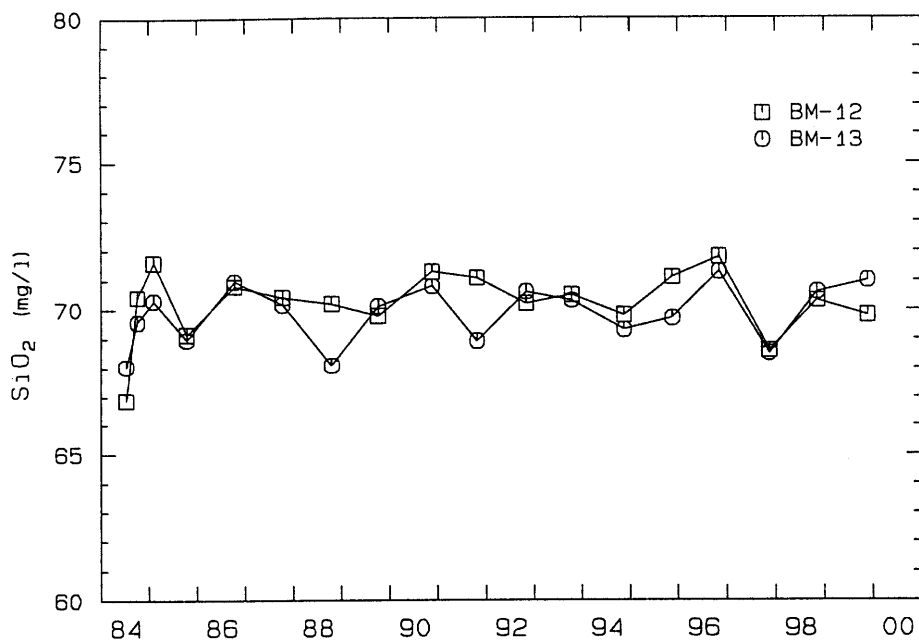
Mynd 18 sýnir hlutfall súrefnissamsætna í vatni úr holum 12 og 13, en hlutfall þetta getur sagt nokkuð til um uppruna vatnsins. Það er t.d. mismunandi í heitu vatni annars vegar og köldu vatni hins vegar og gefur því upplýsinar um innstreymi á köldu vatni inn í jarðhita-kerfi. Myndin sýnir að hlutfall súrefnissamsætna hefur ekkert breyst í vatni úr holunum allt frá árinu 1984.

Að venju hefur kalkmettun verið reiknuð fyrir sýni tekin í dælustöð veitunnar og eru niðurstöður sýndar á mynd 19. Niðurstöður eru svipaðar og undanfarin ár. Vatnið er lítillega yfirmettað m.t.t. kalsíts (kalks) en vel innan þeirra marka þar sem útfellingar verða ekki til vandræða, sem sýnt er með strikálínu á mynd 19.

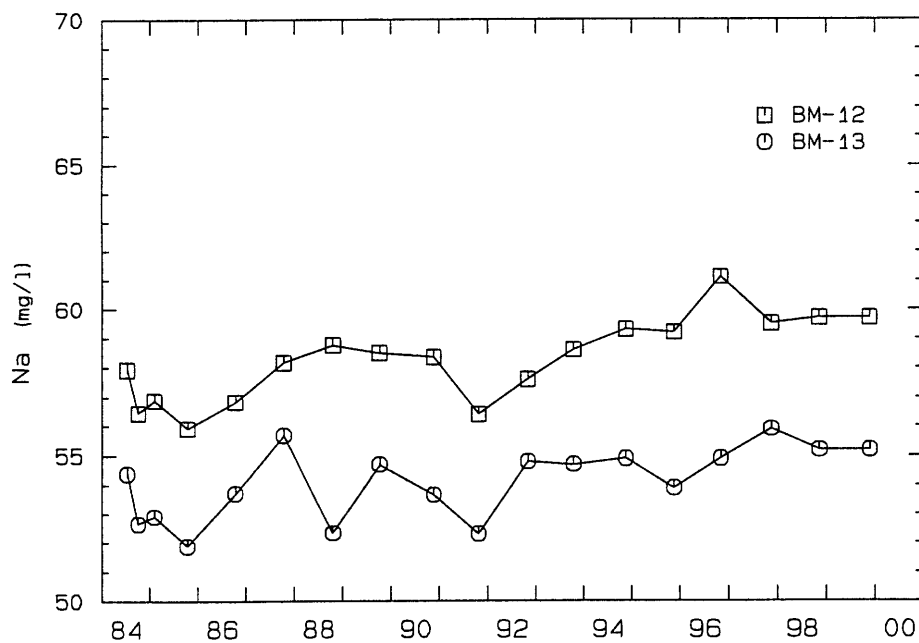
Heita vatnið hjá Hitaveitu Sauðárkróks er vel fallið til allrar almennrar hitaveitunýtingar og styrkur allra efna, nema flúoríðs (F), er innan þeirra marka sem gerðar eru til neysluvatns. Sýrustig vatnsins er reyndar hærra en neysluvatnsstaðlar kveða á um, en það er ekki hættulegt.



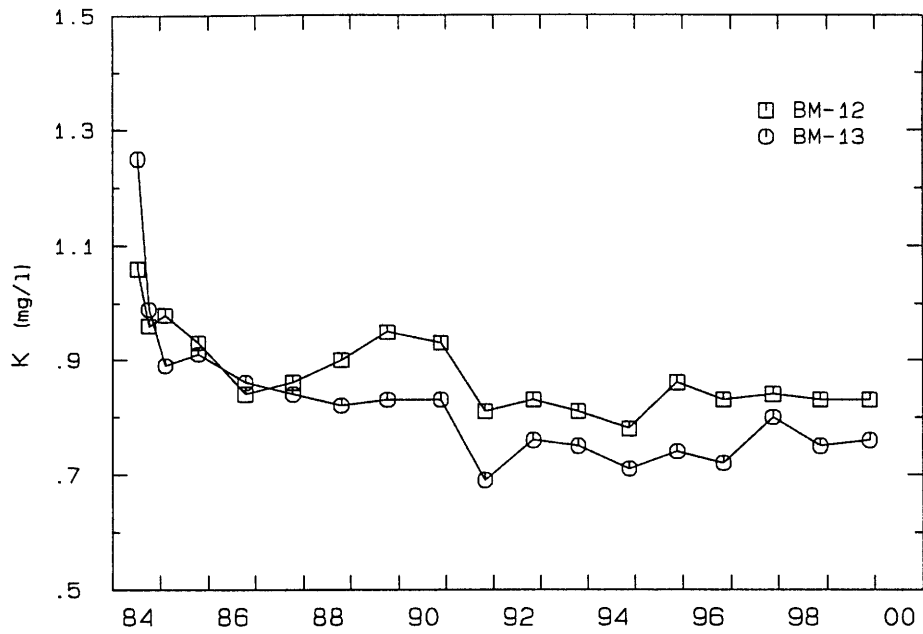
Mynd 9. Hiti vatns úr holum 12 og 13 við sýnatöku.



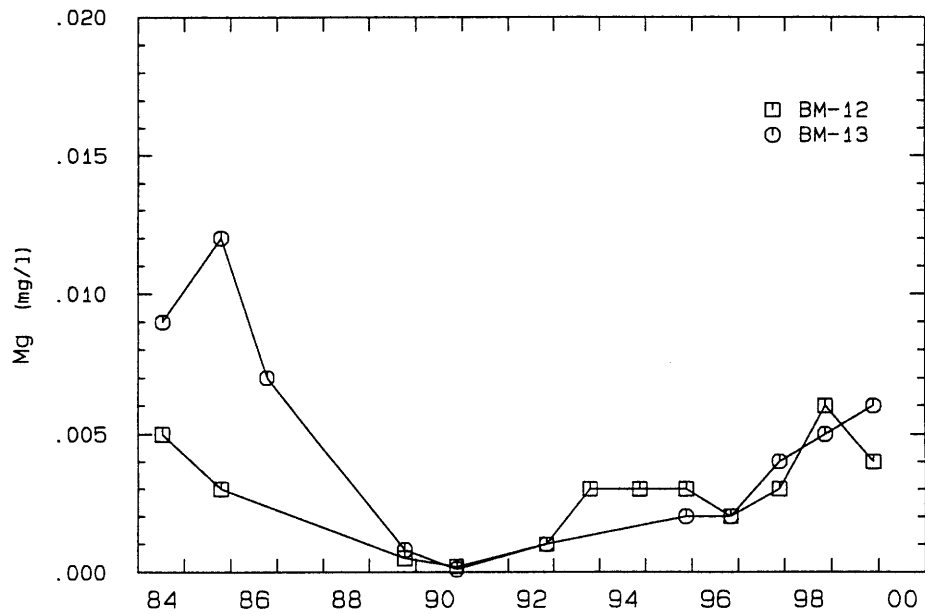
Mynd 10. Styrkur kísils í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999.



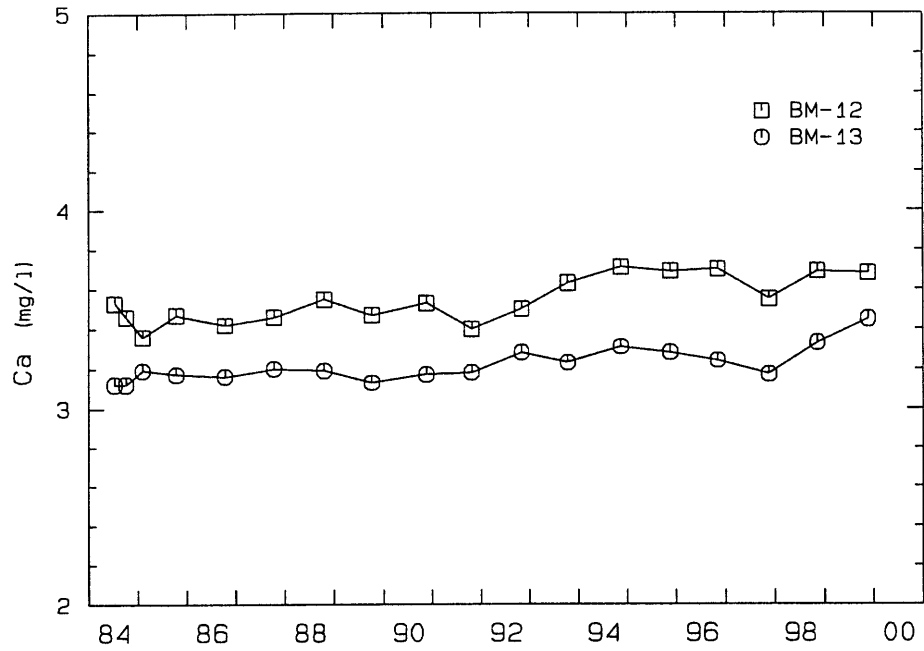
Mynd 11. Styrkur natríums í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999.



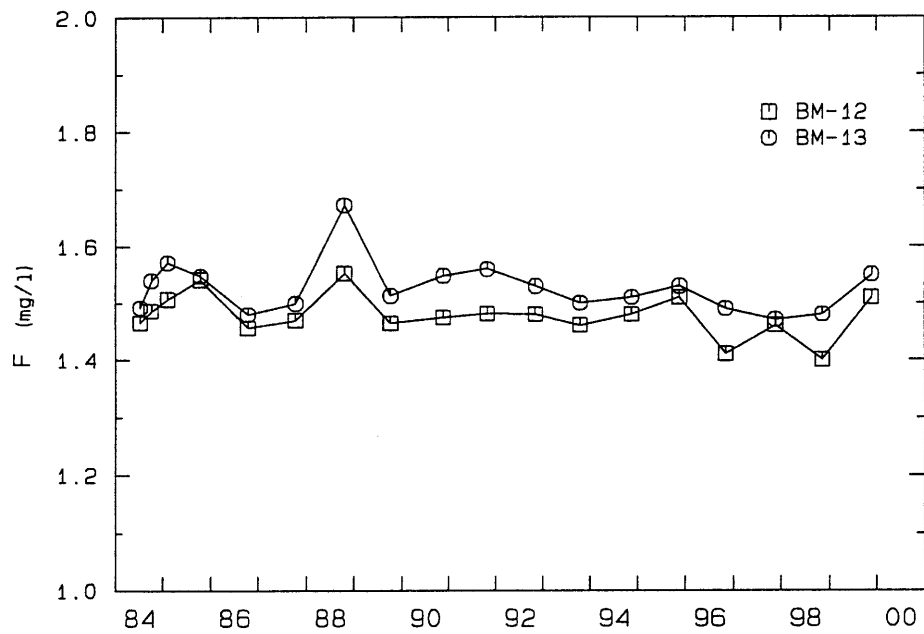
Mynd 12. Styrkur kalíums í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999.



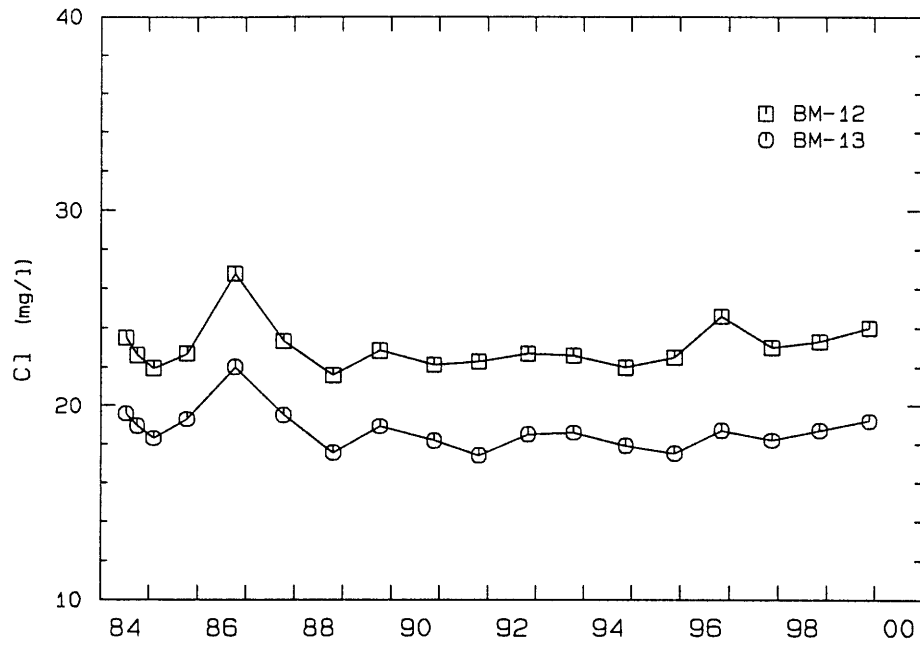
Mynd 13. Styrkur magnesíums í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999.



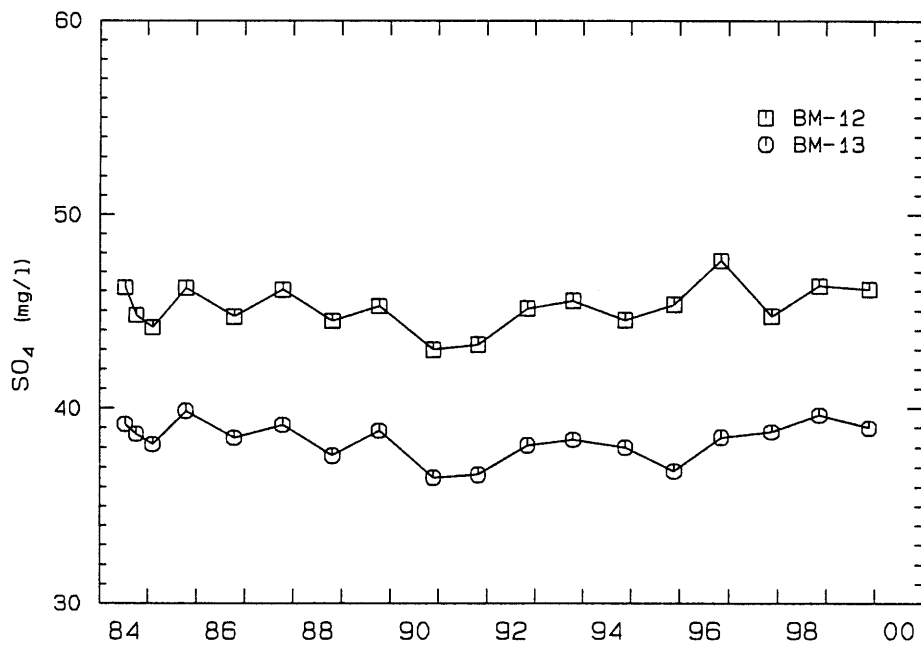
Mynd 14. Styrkur kalsíums í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999.



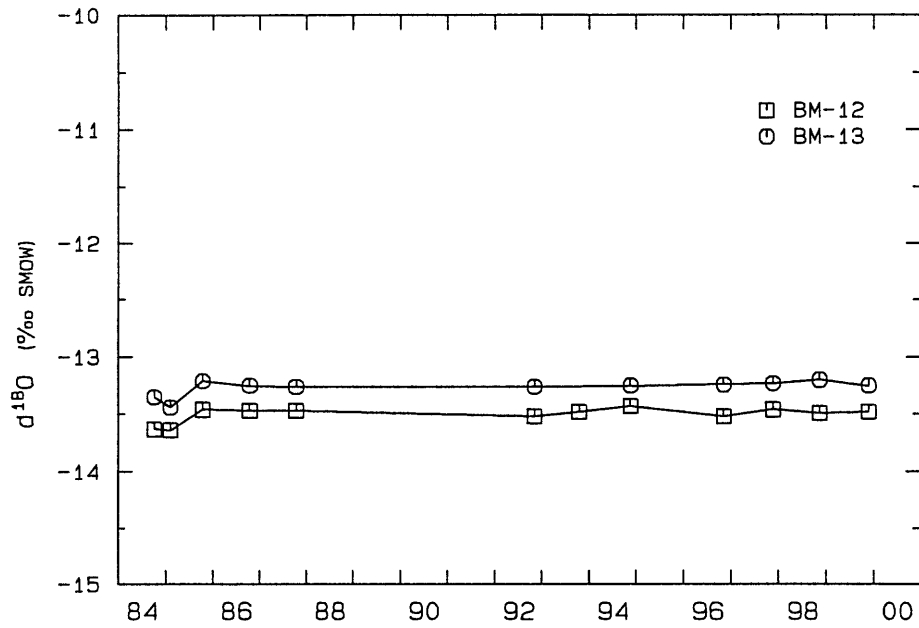
Mynd 15. Styrkur flúoríðs í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999.



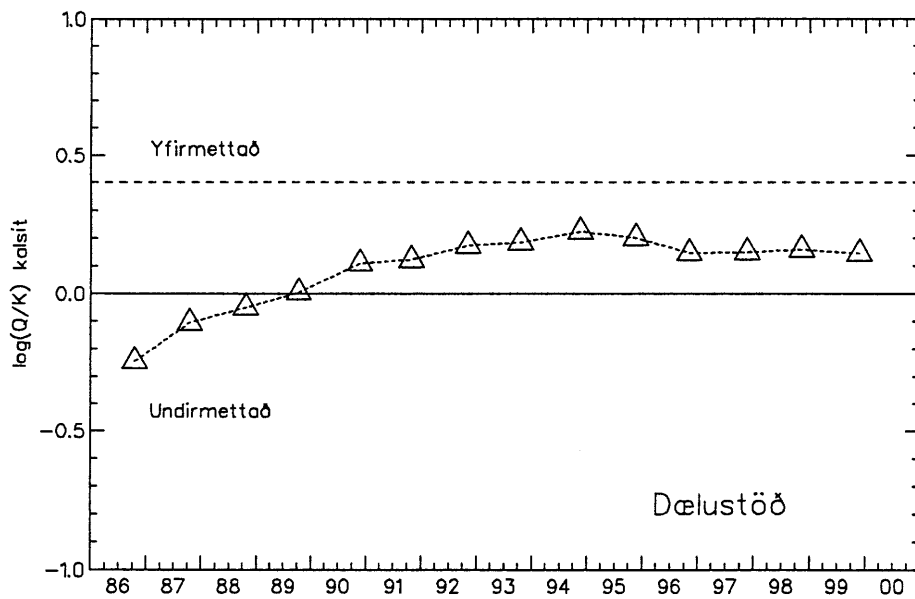
Mynd 16. Styrkur klóríðs í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999.



Mynd 17. Styrkur súlfats í vatni úr holum 12 og 13, 1984 - 1999.



Mynd 18. Hlutfall súrefnissamsætna í vatni úr holum 12 og 13, 1985 - 1999.



Mynd 19. Kalkmettun vatns í dælustöð, 1986 - 1999.

### 3. JARÐHITASVÆÐIÐ Í VARMAHLÍÐ

#### 3.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins

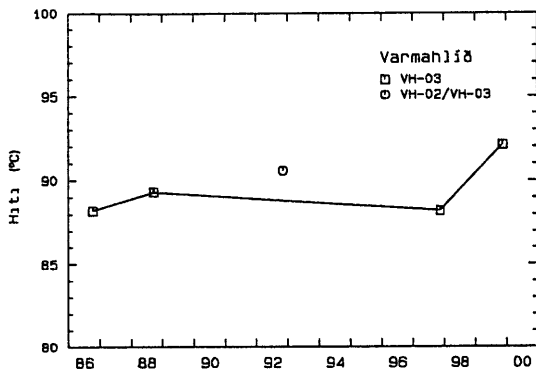
Hitaveita Varmahlíðar hefur um langa hríð nýtt vatn úr borholum 2 og 3 (VH-02 og VH-03) í Varmahlíð. Nýlega var holu 3 endurvirkjuð með dælu og einnig var byggt hús yfir holutopp. Frá dæluhúsi er vatni dreift til notenda í Varmahlíð og í sveitina þar um kring. Fylgst hefur verið með efnasamsetningu með vatni hjá hitaveitunni af og til frá árinu 1986 (sjá heimildir).

Starfsmenn Orkustofnunar tóku sýni af vatni hjá veitunni þann 24. nóvember 1999. Sýnið var tekið í dæluhúsi við holu 3. Hiti, uppleyst súrefni og brennisteinsvetni voru mæld við sýnatöku. Önnur efni hafa verið mæld á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsætur súrefni og vetnis voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður eru sýndar í töflu 4.

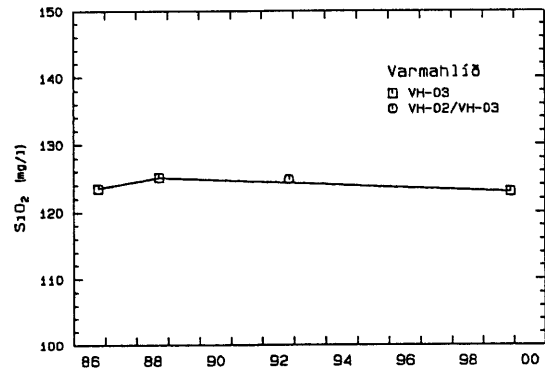
Tafla 4. Efnasamsetning vatns í Varmahlíð (mg/l).

Staður	VH-03
Dagsetning	11.24.1999
Númer	1999-0517
Hiti (°C)	92,1
Sýrustig (pH/°C)	9,54/22,7
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	123,0
Natríum (Na)	77,9
Kalíum (K)	1,95
Kalsíum (Ca)	1,68
Magnesium (Mg)	0,004
Karborat (CO <sub>2</sub> (t))	35,6
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	48,6
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	2,0
Klóríð (Cl)	28,4
Flúoríð (F)	2,35
Uppleyst efni	344
Bór (B)	0,40
Ál (Al)	0,078
Járn (Fe)	0,0025
Mangan (Mn)	0,0018
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0
δD (‰ SMOW)	-107,5
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-13,82

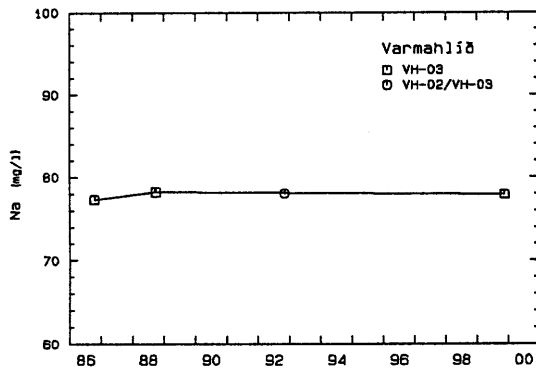
Myndir 20 til 31 sýna að styrkur einstakra efna í vatni úr holum 2 og 3 hefur ekki breyst á marktækan hátt á þeim tíma sem gögnin ná yfir, 1986 til 1999. Útreiknaður efnahiti í jarðhitakerfinu, sem holur 2 og 3 vinna vatn sitt úr er um 100 til 110°C. Vatnið úr holum 2 og 3 er ágætt í alla almenna jarðhitanoftkun. Styrkur súlfíðs (brennisteinsvetnis) er nokkuð hár og ætti að duga til að eyða súrefni úr vatninu, sem í það kemst t.d. í gegnum veggj plaströra í dreifikerfi. Rétt er að benda á, að styrkur flúoríðs í vatninu er nokkuð hærri en hámark neysluvatnsstaðla segir til um. Vatnið úr holum 2 og 3 í Varmahlíð er nánast í jafnvægi með tilliti til kalsíts, sem í daglegu tali kallast kalk (mynd 30). Af þeim sökum er ekki líklegt að kalkútfellingar verði til vandræða við nýtingu vatnsins.



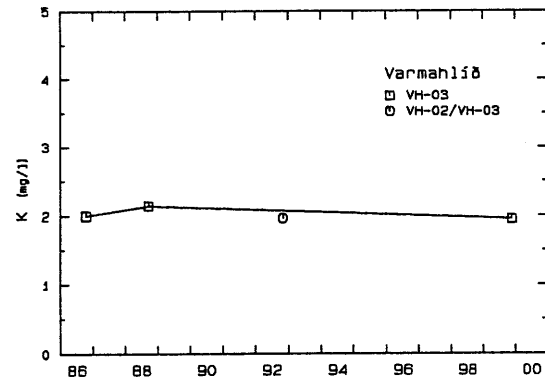
Mynd 20. Mældur hiti við sýnatöku.



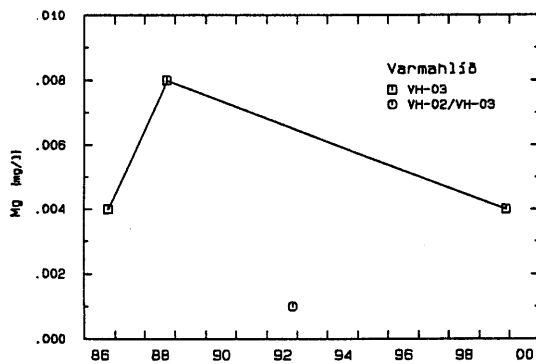
Mynd 21. Styrkur kísils.



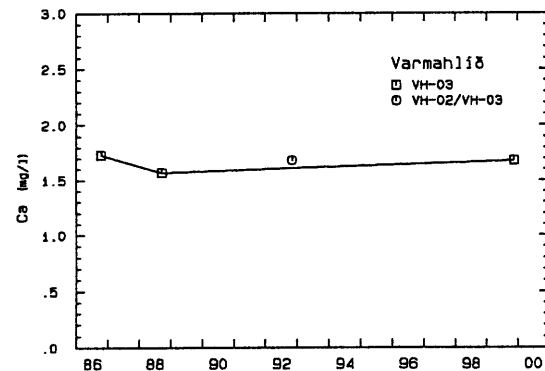
Mynd 22. Styrkur natrúms.



Mynd 23. Styrkur kalíums.

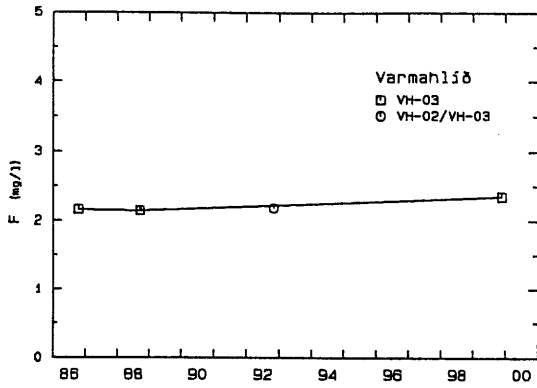


Mynd 24. Styrkur magnesíums.

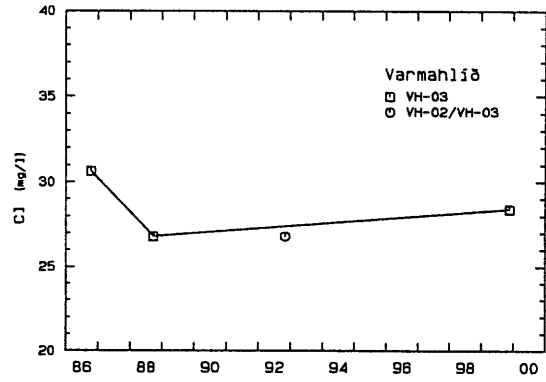


Mynd 25. Styrkur kalsíums.

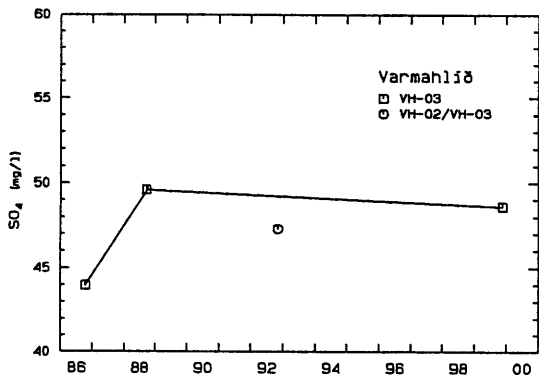




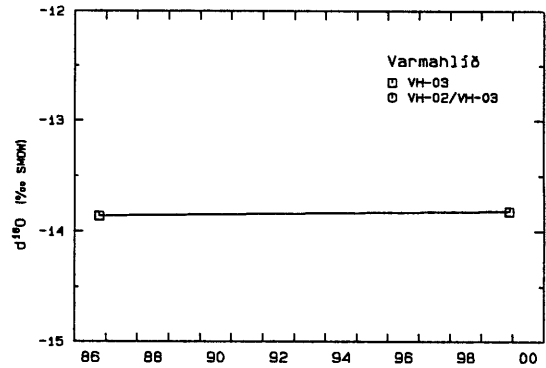
Mynd 26. Styrkur flúoríðs.



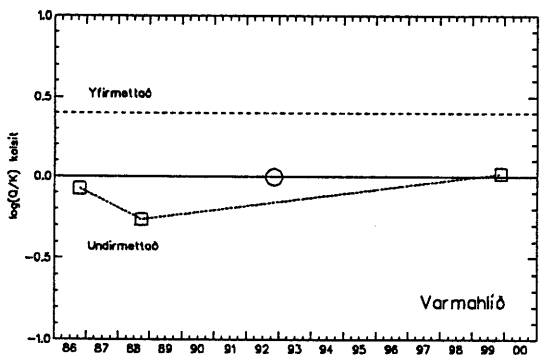
Mynd 27. Styrkur klóríðs.



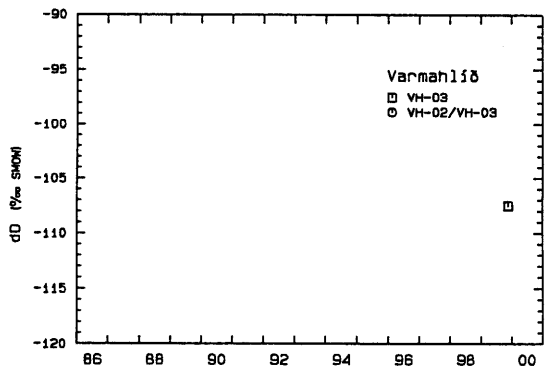
Mynd 28. Styrkur súlfats.



Mynd 29. Hlutfall súrefnissamsætna.



Mynd 30. Kalkmettun vatnsins.



Mynd 31. Hlutfall vetnissamsætna.

## 4. JARÐHITASVÆÐIÐ Á STEINSSTÖÐUM

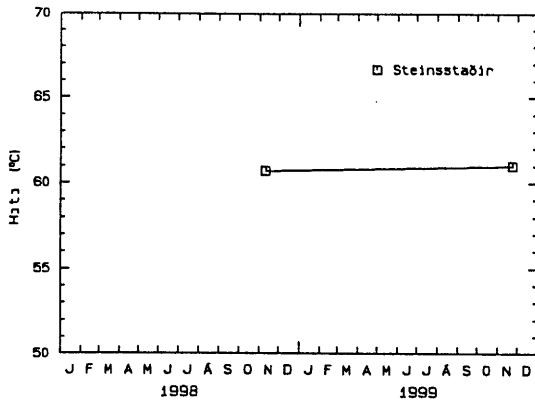
### 4.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins

Hitaveitan á Steinsstöðum í Skagafirði tekur vatn úr Steinsstaðalaug. Vatnið rennur frá lauginni að dælu í dæluhúsi við bókasafnið. Frá dæluhúsinu er vatninu dreift til notenda. Starfsmenn Orkustofnunar tóku sýni af vatni hjá veitunni þann 24. nóvember 1999. Sýnið var tekið í dæluhúsinu, á sama stað og árið áður (Magnús Ólafsson, 1999). Hiti, uppleyst súrefni og brennisteinsvetni voru mæld við sýnatöku. Önnur efni hafa verið mæld á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsætur súrefni og vetnis voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður eru sýndar í töflu 5.

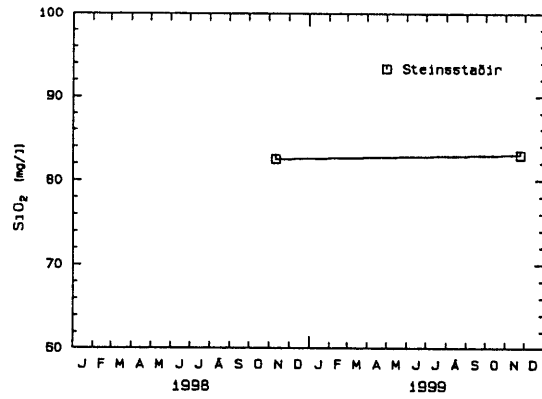
**Tafla 5.** Efnasamsetning vatns á Steinsstöðum (mg/l).

Staður	Dæluhús	
	11.11.1998 1998-0574	11.24.1999 1999-0516
Hiti (°C)	60,7	61,0
Sýrustig (pH/°C)	10,15/22,2	10,15/22,8
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	82,5	83,0
Natríum (Na)	54,7	54,7
Kálfum (K)	0,47	0,47
Kalsíum (Ca)	1,58	1,40
Magnesium (Mg)	0,015	0,009
Karborat (CO <sub>2</sub> (t))	21,6	20,4
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	17,0	16,3
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	0,03	0,03
Klóríð (Cl)	12,9	13,2
Flúoríð (F)	0,97	1,07
Uppleyst efni	217	215
Bór (B)	0,28	0,24
Ál (Al)	0,10	0,12
Járn (Fe)	0,0064	0,0056
Mangan (Mn)	0,0001	0,0005
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0,35	0,5
δD (‰ SMOW)	-99,1	-97,4
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-13,34	-13,28

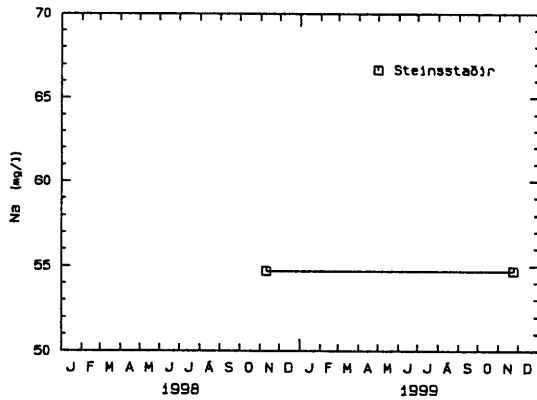
Í töflu 5 kemur fram að efnasamsetning vatnsins úr Steinsstaðalaug hefur ekki breyst að neinu marki milli ára 1998 og 1999. Nánar er það sýnt á myndum 32 til 43 sem fylgja hér á eftir. Vatnið úr Steinsstaðalaug er um flest ágætt í alla almenna jarðhitanothun. Styrkur uppleysts súrefnis er þó mjög hár og vatnið er því tærandi fyrir járn- og stállagnir. Hár súrefnisstyrkur stafar af því, að vatnið er nánast tekið við yfirborð og því eiga sér stað ör efnaskipti milli vatnsins og andrúmslofts. Yfirleitt má koma í veg fyrir súrefni í jarðhitavatni með því að ná vatninu á meira dýpi, t.d. um borholu. Vatnið úr Steinsstaðalaug er lítillega yfirmettað með tilliti til kalsíts, sem í daglegu tali kallast kalk (mynd 42), líkt og algengt er um jarðhitavatn hér á landi. Yfirmettunin er þó lítil og ekki líklegt að kalkútfellingar verði til vandræða við nýtingu vatnsins.



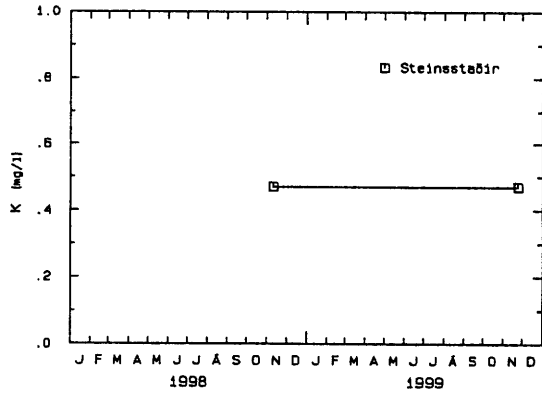
Mynd 32. Mældur hiti við sýnatöku.



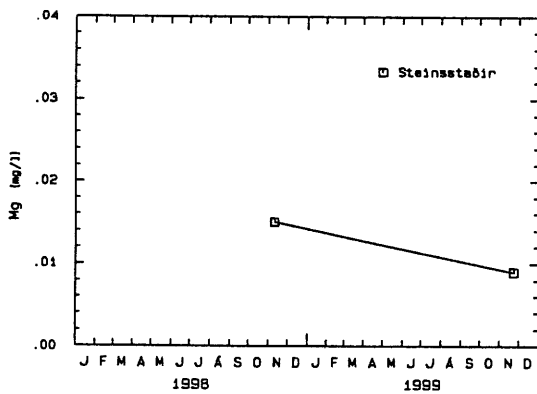
Mynd 33. Styrkur kísils.



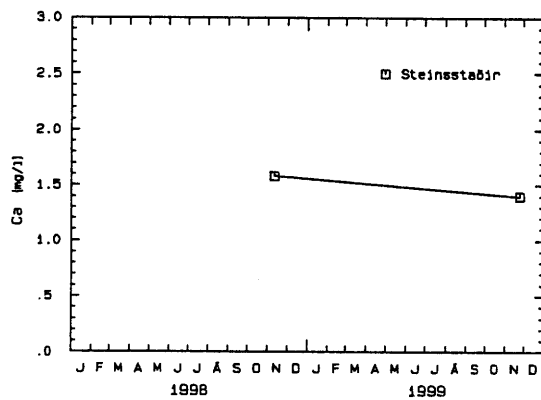
Mynd 34. Styrkur natrúms.



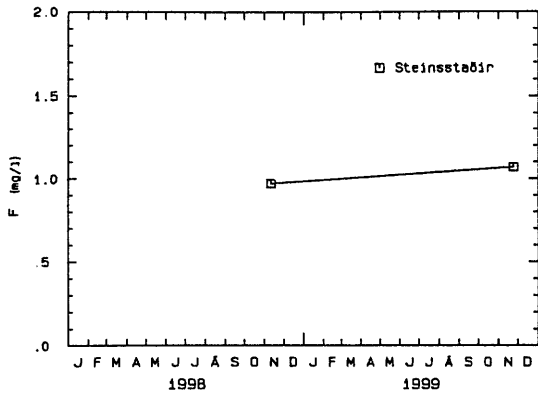
Mynd 35. Styrkur kalfúms.



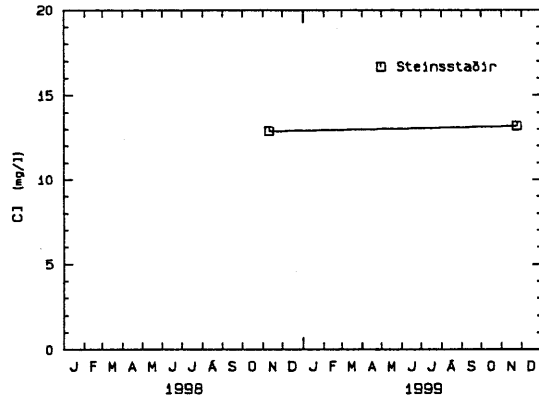
Mynd 36. Styrkur magnesíums.



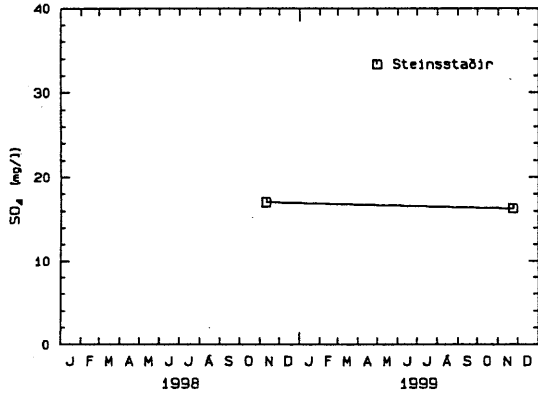
Mynd 37. Styrkur kalsíums.



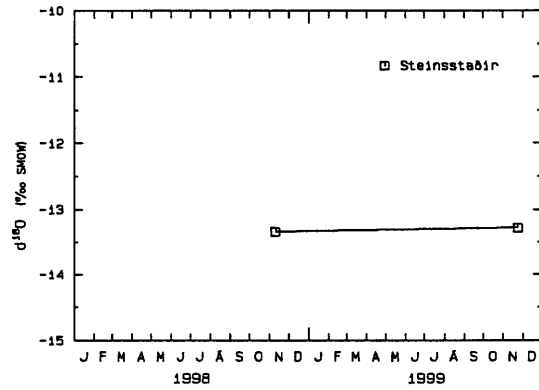
Mynd 38. Styrkur flúoríðs.



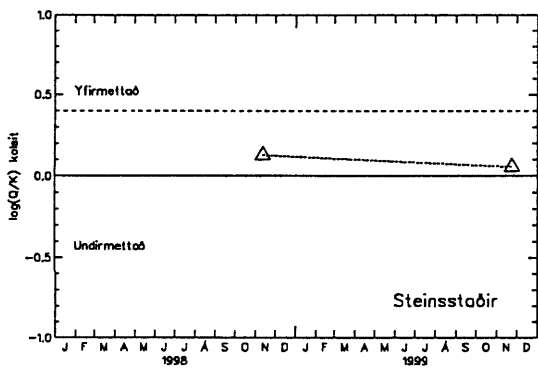
Mynd 39. Styrkur klóríðs.



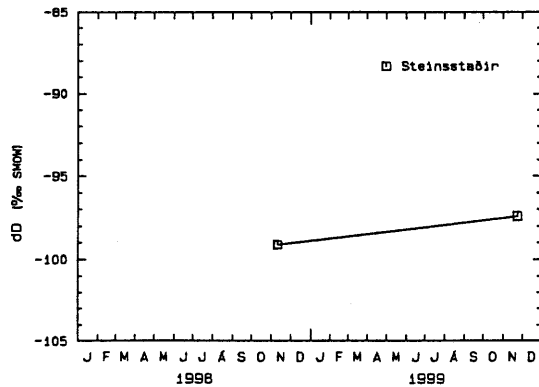
Mynd 40. Styrkur súlfats.



Mynd 41. Hlutfall súrefnissamsætna.



Mynd 42. Kalkmettun vatnsins.



Mynd 43. Hlutfall vetnissamsætna.

## 5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR OG LOKAORÐ

Helstu niðurstöður vinnslueftirlits ársins 1999 á jarðhitasvæðunum við Áshildarholtsvatn, í Varmahlíð og á Steinsstöðum eru eftirfarandi:

1. Áætlað er að meðalvinnsla ársins á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn hafi verið rúmlega 67 l/s, eða töluvert minni en árin 1996 - 1999. Vinnslan hefur minnkað verulega síðasta áratuginn. Ástæðan er væntanlega bætt orkunýting á Sauðárkróki. Heildarorkuvinnslan 1999 var um 97 GWh, eða um 38 MWh/íbúa.
2. Meðalrennsli einstakra holna við Áshildarholtsvatn árið 1999 er áætlað sem hér segir: 13,5 l/s fyrir holu 10, 25,5 l/s fyrir holu 11, 13,5 l/s fyrir holu 12 og 15 l/s fyrir holu 13.
3. Þrýstingur í jarðhitakerfinu við Áshildarholtsvatn hefur farið hækkandi síðustu árin vegna minnkandi vinnslu. Hann hefur í raun hækkað allt frá árinu 1984 er hann var í lágmarki.
4. Hiti vatns úr fjórum vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn hefur ekkert breyst síðustu árin, og virðist hann ekkert hafa breyst í gegnum tíðina.
5. Sjálfvirk gagnasöfnun við Áshildarholtsvatn gekk mjög vel á síðasta ári (besta árið frá upphafi gagnasöfnunar þar) og eru nú til ítarleg gögn frá lokum árs 1994. Mælingar búnaðarins á rennsli einstakra holna eru þó ekki áreiðanlegar.
6. Frá árinu 1984, þegar reglubundið eftirlit hófst með efnasamsetningu vatns úr jarðhitakerfinu við Áshildarholtsvatn, er vart unnt að greina marktækar breytingar í efnasamsetningu vatns úr holum 12 og 13. Engin merki um innstreymi grunnvatns eru sýnileg og vinnslueiginleikar vatnsins eru kjörnir fyrir alla almenna jarðhitanothkun.
7. Engin merki um breytingar á efnainnihaldi vatns úr holum 2 og 3 í Varmahlíð eru merkjanleg í þeim gögnum sem til eru. Vatnið er ágætt í alla almenna jarðhitanytingu.
8. Heitt vatn hjá Hitaveitu Steinsstaða er um flest ágætt í alla almenna jarðhitanothkun að því frátöldu að uppleyst súrefni er talsvert í vatninu. Vatnið er því tærandi fyrir járnlagir.

## 6. HEIMILDIR

### Hitaveita Sauðárkróks

Guðni Axelsson, 1992: *Jarðhitasvæðið við Áshildarholtsvatn í Skagafirði. Rennslisprófun og mat á afkastagetu*. Orkustofnun, OS-92019/JHD-08 B, 32 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1995: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1994*. Orkustofnun, OS-95022/JHD-15 B, 10 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

- Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1992*. Orkustofnun, OS-93030/JHD-15 B, 10 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.
- Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1990*. Orkustofnun, OS-91021/JHD-08 B, 10 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.
- Guðni Axelsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1990: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1989*. Orkustofnun, OS-90022/JHD-10 B, 11 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.
- Guðni Axelsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðrún Sverrisdóttir, 1996: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1995*. Orkustofnun, OS-96037/JHD-22 B, 17 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.
- Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1998: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1997*. Orkustofnun, OS-98053, 18 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.
- Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1997: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1996*. Orkustofnun, OS-97051, 17 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.
- Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1994: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1993*. Orkustofnun, OS-94017/JHD-08 B, 13 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.
- Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1992: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1991*. Orkustofnun, OS-92033/JHD-16 B, 12 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.
- Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1998*. Orkustofnun, OS-99050, 19 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

### **Hitaveita Varmahlíðar**

- Guðrún Sverrisdóttir, 1993. *Hitaveita Varmahlíðar. Efnæftirlit með jarðhitavatni 1992*. Orkustofnun, OS-93028/JHD-14 B, 4 s., unnið fyrir Hitaveitu Varmahlíðar.
- Magnús Ólafsson, 1999. *Hitaveita Varmahlíðar. Mælingar á súrefni og brennisteinsvetni 1998*. Orkustofnun, MÓ-1999/10, 1 s., unnið fyrir Hitaveitu Varmahlíðar.
- Magnús Ólafsson, 1998. *Hitaveita Varmahlíðar. Súrefnis- og brennisteinsmælingar 1997*. Orkustofnun, MÓ-98/06, 2 s., unnið fyrir Hitaveitu Varmahlíðar.
- Magnús Ólafsson, 1990. *Varmahlíð í Skagafirði. Tæringarprófun vorið 1990*. Orkustofnun, MÓ-90/03, 2 s., unnið fyrir Hitaveitu Varmahlíðar.
- Magnús Ólafsson, 1989. *Varmahlíð í Skagafirði. Tæringarprófun*. Orkustofnun, MÓ-89/02, 2 s., unnið fyrir Hitaveitu Varmahlíðar.
- Magnús Ólafsson, 1988. *Varmahlíð í Skagafirði. Efnasamsetning vatns og súrefnismælingar*. Orkustofnun, MÓ-88/18, 4 s., unnið fyrir Hitaveitu Varmahlíðar.

Magnús Ólafsson, 1987. *Varmahlíð í Skagafirði. Hitaveitueftirlit 1986*. Orkustofnun, MÓ-87/14, 4 s., unnið fyrir Hitaveitu Varmahlíðar.

Magnús Ólafsson og Auður Ingimarsdóttir, 1990. *Hitaveita Varmahlíðar. Sýnataka, mælingar og tæringarprófun 1989*. Orkustofnun, OS-90010/JHD-03 B, 7 s., unnið fyrir Hitaveitu Varmahlíðar.

#### **Hitaveita Steinsstaða**

Magnús Ólafsson, 1999: *Hitaveita Skagafjarðar - Steinsstaðir. Efnasamsetning jarðhitavatts*. Orkustofnun, MÓ-1999/11, 2 s.