

ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Hitaveita Skagafjarðar

**Eftirlit með jarðhitavinnslu
árin 2001–2002**

**Guðni Axelsson
Steinunn Hauksdóttir**

Unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar

2003

OS-2003/009



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Verknr. 8-610511

Guðni Axelsson
Steinunn Hauksdóttir

HITAVEITA SKAGAFJARÐAR

Eftirlit með jarðhitavinnslu árin 2001-2002

Unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar

OS-2003/009

Febrúar 2003

ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

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

Akureyri: Háskólinn á Akureyri, Sólborg v. Norðurslóð, 600 Ak.

Sími 463 0957 - Fax 463 0999

Netfang os@os.is - Veffang <http://www.os.is>



Skýrsla nr: OS-2003/009	Dags: Febrúar 2003	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA SKAGAFJARÐAR Eftirlit með jarðhitavinnslu árin 2001-2002	Upplag: 30	
	Fjöldi síðna: 22	
Höfundar: Guðni Axelsson Steinunn Hauksdóttir	Verkefnisstjóri: Guðni Axelsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit	Verknúmer: 8-610511	
Unnið fyrir: Hitaveitu Skagafjarðar		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Fjallað er um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu Skagafjarðar á þremur jarðhitasvæðum árin 2001 og 2002. Orkustofnun sér um töku vatnssýna einu sinni á ári og samantekt gagna um vinnslu og viðbrögð jarðhitakerfanna. Við Áshildarholtsvatn nýtir hitaveitan sjálfrennandi vatn úr fjórum holum og er gerð grein fyrir vinnslu, vatnshita, holuþrýstingi 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. Meðalvinnslan við Áshildarholtsvatn var rúmlega 68 l/s þessi tvö ár, en heildarorkuvinnslan 99 GWh. Síðustu fjögur ár hefur vinnslan verið í sögulegu lágmarki og þrýstingur í jarðhitakerfinu hefur farið hækkandi allt frá árinu 1984. Hvorki hefur orðið marktæk breyting á hita né efnasamsetningu vatns úr vinnsluholum við Áshildarholtsvatn. Engin merki eru um breytingar á efnainnihaldi vatns úr holum 2 og 3 í Varmahlíð né úr lauginni á Steinsstöðum.		
Lykilorð: Jarðhitasvæði, jarðhitavinnsla, eftirlit, þrýstingur, hiti, efnastyrkur, Hitaveita Skagafjarðar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirfarið af: GAx, PI	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ ÁSHILDARHOLTSVATN	3
2.1 Vinnsla og viðbrögð	3
2.2 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	10
3. JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ VARMAHLÍÐ	15
3.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	15
4. JARÐHITASVÆÐIÐ Á STEINSSTÖÐUM	18
4.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	18
5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR	21
6. HEIMILDIR	22

TÖFLUSKRÁ

1. Ársmeðalvinnsla á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn	5
2. Þrýstingur í jarðhitakerfinu í lok árs til og með 1990	8
3. Efnasamsetning vatns á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn	11
4. Efnasamsetning vatns í Varmahlíð	15
5. Efnasamsetning vatns á Steinsstöðum	18

MYNDASKRÁ

1. Dagleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn 2001 og 2002	4
2. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1992 - 2002	4
3. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árin 2001 og 2002	7
4. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árin 1998 - 2002	7
5. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1993 - 2002 ásamt mælingum á þrýstingi holu 9	8
6. Hiti vatns úr holum 10 og 11 árin 1996 - 2002	9
7. Hiti vatns og rennsli úr holu 13 árin 1995 - 2002	10
8.-20. Mældur hiti við sýnatöku, styrkur aðalefna og hlutfall vetnis- og súrefnis-samsætna við Áshildarholtsvatn	12-14
21.-32. Mældur hiti við sýnatöku, styrkur aðalefna og hlutfall vetnis- og súrefnis-samsætna í Varmahlíð	16-17
33.-44. Mældur hiti við sýnatöku, styrkur aðalefna og hlutfall vetnis- og súrefnis-samsætna á Steinsstöðum	19-20

1. INNGANGUR

Skýrsla þessi fjallar um eftirlit með jarðhitavinnslu á jarðhitasvæðunum þremur sem Hitaveita Skagafjarðar nýtti árin 2001 og 2002, en það eru svæðin við Áshildarholtsvatn, Varmahlíð og Steinsstaði. Fjallað er um vinnslu, vatnshita, holuþrýsting og efnainnihald vatns við Áshildarholtsvatn og um efnainnihald jarðhitavatnsins í Varmahlíð og á Steinsstöðum. Fjallað hefur verið um vinnslueftirlit við Áshildarholtsvatn í sambærilegum skýrslum allt frá árinu 1989. Einnig hefur nokkuð reglulega verið fjallað um efnaeftirlit fyrir Varmahlíð síðan 1986, en reglulegt eftirlit með jarðhitavinnslunni á Steinsstöðum hófst á árinu 1999.

Hitaveita Skagafjarðar sér um mælingar á vinnslu, vatnshita og holuþrýstingi við Áshildarholtsvatn, að miklu leyti með tölvustýrðum gagnasöfnunarbúnaði, en Orkustofnun sér um töku vatnssýna til efnagreininga á svæðunum þremur einu sinni á ári. Auk þess sér Orkustofnun um þá samantekt gagna um vinnslu og viðbrögð jarðhitakerfanna, sem hér birtist, varar við óæskilegum breytingum og gerir tillögur til úrbóta, sé þeirra þörf.

2. JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ ÁSHILDARHOLTSVATN

Jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn hefur verið nýtt frá því í lok fimmta áratugarins. Þar 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.

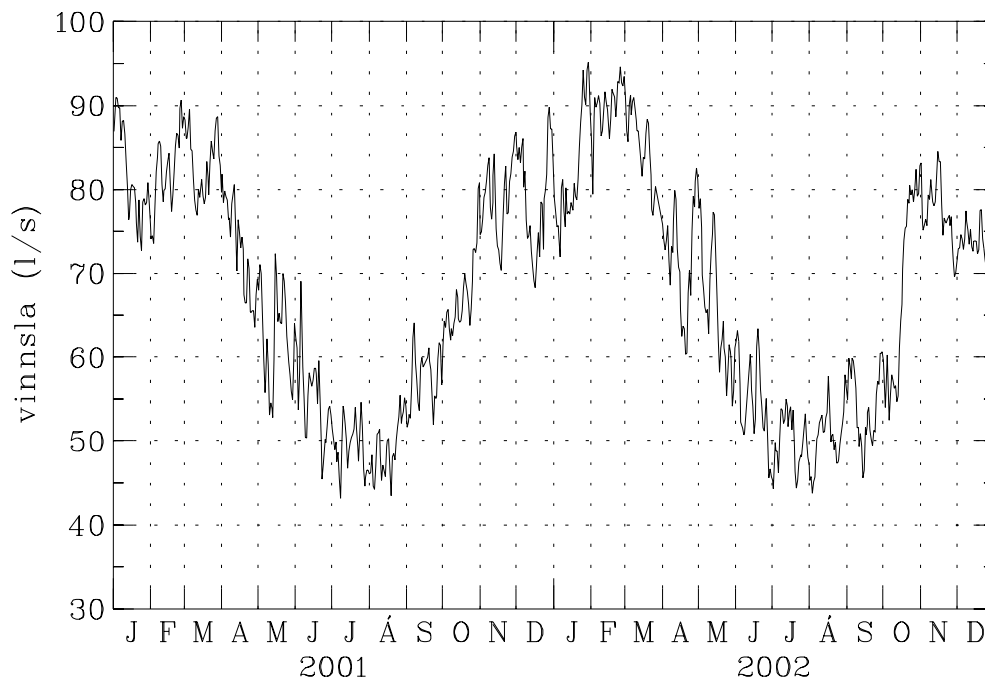
Vinnslan við Áshildarholtsvatn er nú með sjálfrennsli, en ekki djúpdælum eins og hjá flestum öðrum stærri hitaveitum landsins. Ef orkunotkunin vex í framtíðinni mun verða þrýstingslækkun í jarðhitakerfinu, sem aftur getur valdið því að sjálfrennsli úr núverandi vinnsluholum muni hætta að anna þörfum hitaveitunnar (Guðni Axelsson, 1992). Með nákvæmu vinnslueftirliti má sjá slíkt fyrir í tíma. Sérstaklega er mikilvægt að fylgst sé samfelld 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 Magnús Ólafsson, 2001). Vinnsla úr kerfinu hefur minnkað verulega síðasta áratuginn, væntanlega vegna bættrar orkunýtingar, og í kjölfarið hefur þrýstingur í jarðhitakerfinu farið hækkandi. Óvenjumikil hækkun þrýstings varð í jarðhitakerfinu sumarið 2000 og er talið að um afleiðingu Þjóðhátíðarskjálftans 17. júní 2000 hafi verið að ræða. Engar breytingar hafa orðið í efnainnihaldi, sem bent gætu til innstreymis kaldara vatns eða sjávar.

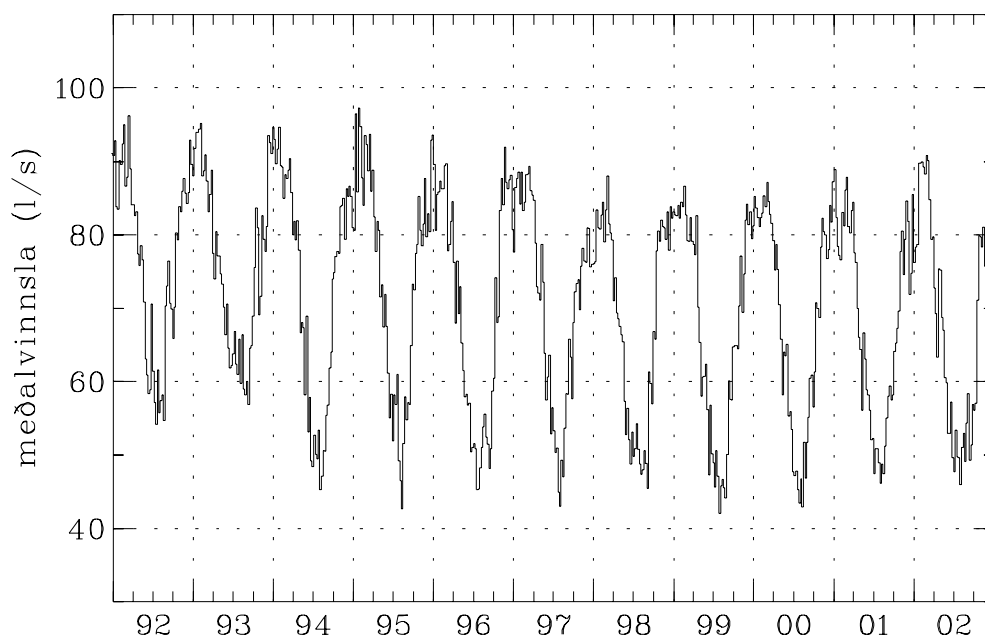
2.1 Vinnsla og viðbrögð

Mynd 1 sýnir daglega meðalvinnslu úr vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn árin 2001 og 2002 en mynd 2 sýnir vikulega meðalvinnslu síðustu ellefu árin til samanburðar, þ.e. árin 1992 - 2002. Vikumeðalvinnslan frá og með 1996 er byggð á mælingum gagnasöfnunarbúnaðarins á rennsli í dælustöð að viðbættu rennsli til Sjávarborgar, en fram að því er hún byggð á aflestrum hitaveitunnar af m³-mæli í dælustöðinni

sem bilaði hins vegar árið 1996. Vegna eyða í rennslisgögnum á árunum 1996 - 1998 eru vinnslutölur fyrir þau ár nokkru ónákvæmari en vinnslutölur árunna þar á undan og eftir.



Mynd 1. Dagleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 2001 og 2002.



Mynd 2. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1992 - 2002.

Síðustu ár hefur gagnasöfnunin gengið mjög vel og eru svo til engar eyður í gögnum áráanna 2001 og 2002. Gagnasöfnunarbúnaðurinn safnar nú auk þess gögnum um m³ sem renna um dælustöðina, annars vegar, og til Sjávarborgar, hins vegar. Þær tölur gefa enn nákvæmari upplýsingar um jarðhitavinnsluna en lengi vel voru tiltækar.

Ársmeðalvinnsla áráanna 1972 - 2002 er birt í töflu 1 hér á eftir og mældist meðalvinnsla ársins 2001 68,2 l/s (2.151.000 m³) og ársins 2002 68,3 l/s (2.154.000 m³). Meðalvinnslan þessi tvö ár var því nánast sú sama og reyndar aðeins 0,5% lægri en meðalvinnsla ársins 2000. Síðustu fjögur árin hefur meðalvinnslan verið í sögulegu lámarki. Mynd 2 sýnir að minnkandi ársmeðalvinnsla skýrist af almennt minnkandi notkun, jafnt sumar sem vetur, sem væntanlega stafar aðallega af bættri orkunýtingu, eins og áður hefur komið fram (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 2001).

Tafla 1. Ársmeðalvinnsla á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn.

Ár	Meðalvinnsla (l/s)	Heildarorkuvinnsla ¹⁾ (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 ²⁾	116 ²⁾
1992	77,0	111
1993	76,0	109
1994	73,0	105
1995	74,4	107
1996	69,9 ³⁾	100
1997	70,5 ³⁾	101
1998	69,8 ³⁾	100
1999	67,3	97
2000	68,6	99
2001	68,2	99
2002	68,3	99

¹⁾ Miðuð við nýtingu í 30°C.

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

³⁾ Eitthvað ónákvæmar tölur.

Í töflu 1 eru einnig birtar tölur um áætlaða heildarorkuvinnslu miðuð við nýtingu niður í 30°C, sem hefur verið innan við 100 GWh/ári síðustu fjögur ár. Þessi ár hefur orkuvinnsla Hitaveitu Skagafjarðar úr jarðhitakerfinu við Áshildarholtsvatn því numið um 39 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).

Ef vinnslan árin 2001 og 2002 er skoðuð nánar þá sést að árið 2001 var vikuleg meðalvinnsla mest um 89 l/s fyrstu viku janúar, en minnst var hún aftur á móti 46 l/s fyrstu viku ágúst. Árið 2002 var hún mest um 91 l/s fyrstu viku mars, en minnst 46 l/s fyrstu viku ágúst. Dagleg meðalvinnsla var mest um 91 l/s 3. janúar 2001 og 95 l/s 29. janúar 2002. Minnst var dagleg meðalvinnsla rúmlega 43 l/s þann 8. júlí 2001 og tæplega 44 l/s þann 24. júlí 2002. Minnsta og mesta vinnsla virðist hafa vaxið lítið eitt frá árunum 1999 og 2000, þó ársmeðalvinnslan hafi staðið í stað. Áberandi er lítil vinnsla haustið 2002, en þá var venju fremur hlýtt í veðri.

Gagnasöfnunabúnaðurinn mælir rennsli úr holum 10, 11, 12 og 13, rennsli frá dælustöð til Sauðárkróks og rennsli til Sjóvarborgar. Mælingar á rennsli einstakra holna hafa þó ekki verið áreiðanlegar. Holur 10 og 11 eru opnar allt árið og hefur rennsli úr þeim verið metið út frá þrýstingi í jarðhitakerfinu (hola 9) og iðustreymisstuðlum þeirra (Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999; sjá einnig Guðna Axelsson, 1992). Þannig fást þær niðurstöðurnar að meðalrennsli holu 10 árin 2001 og 2002 hafi verið um 14 l/s og meðalrennsli holu 11 um 26 l/s.

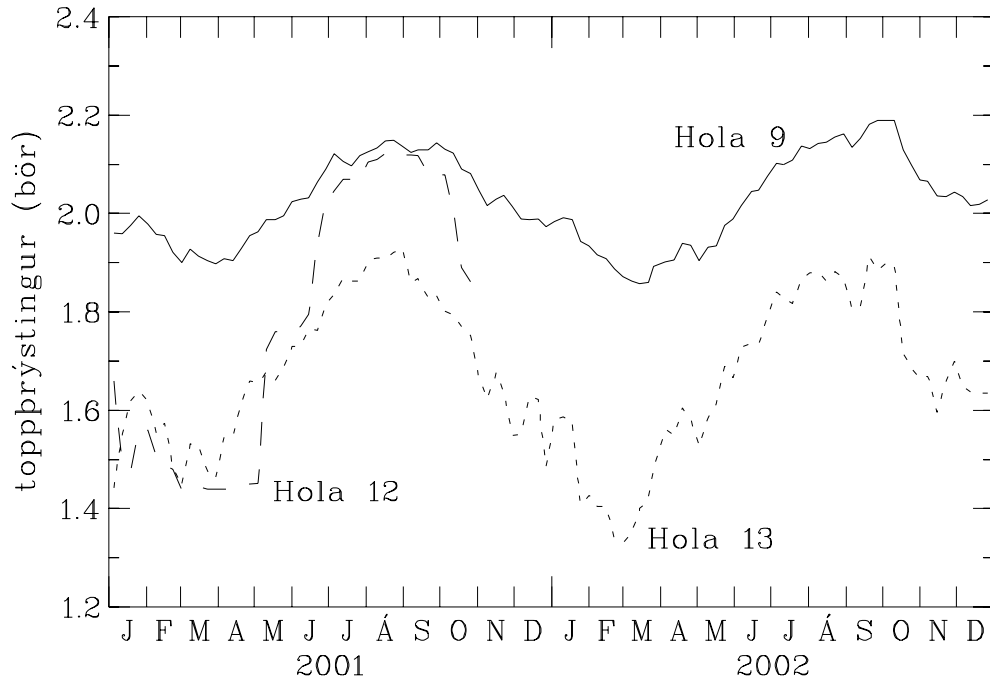
Hola 12 er höfð mismikið opin, allt eftir vatnspörfinni hverju sinni. Skv. tiltækum mælingum virðist hún hafa verið fullopin í u.þ.b. fjóra mánuði bæði árin, en hálf opin í 4 mánuði 2001 og í 2 1/2 mánuði 2002. Gróflega áætlað þýðir þetta að ársmeðalrennsli holu 12 hafi verið um 20 l/s árið 2001 og 18 l/s árið 2002, ef gengið út frá því að fullopin gefi hún um 40 l/s. Ef rennslið er metið á sama hátt og fyrir holur 10 og 11 fæst hins vegar að það hafi verið tæplega 18 l/s árið 2001. Ólag virðist hins vegar hafa verið á þrýstmælingum fyrir holu 12 árið 2002.

Ársmeðalrennsli holu 13 árin 2001 og 2002 var aðeins um 6 - 8 l/s skv. gagnasöfnunarbúnaðinum, en rennsli úr henni er hraðastýrt. Þetta eru greinilega of lág gildi. Ef miðað er við heildarvinnsluna, og áætlað rennsli holna 10, 11 og 12 má áætla að meðalrennsli holu 13 hafi verið um 8 l/s árið 2001 og 10 l/s árið 2002.

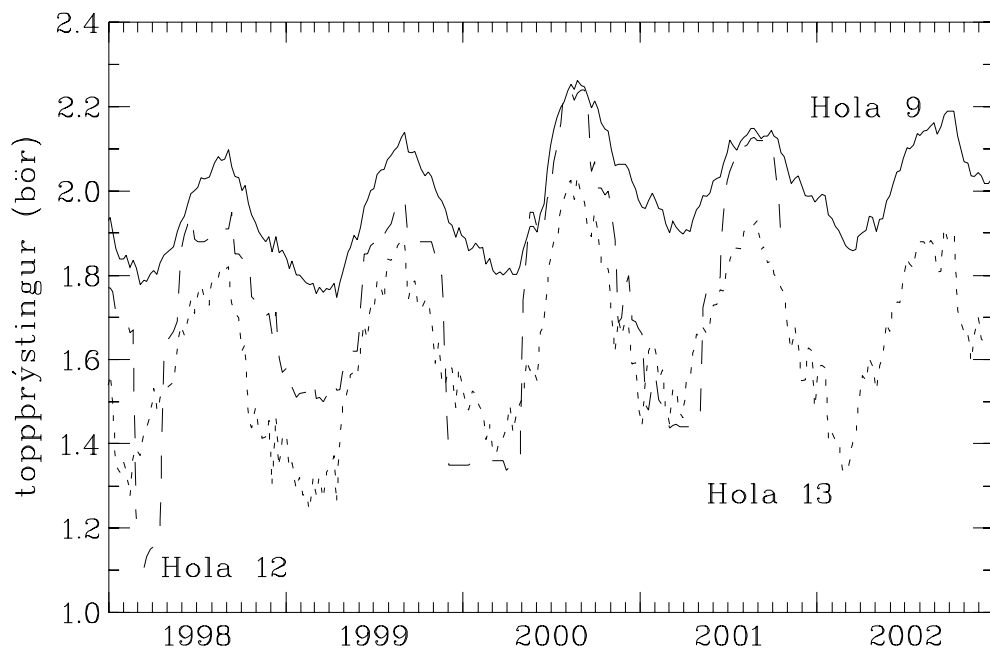
Viðbrögð jarðhitakerfisins við Áshildarholtsvatn einkennast fyrst og fremst af þrýstingsbreytingum, og sýnir mynd 3 þrýsting á holum 9, 12 og 13 árin 2001 og 2002. Ekki eru þó sýndar mælingar fyrir holu 12 árið 2002, enda einhver skekkja í mælingunum. Holur 12 og 13 sýna lægri þrýsting, einkum þegar rennur úr þeim (hola 12 sýnir þó mjög svipaðan þrýsting og hola 9 þegar hún er lokað). Mynd 4 sýnir síðan þrýsting á sömu holum árin 1998 - 2002. Þar sést að þrýstingur í jarðhitakerfinu hefur farið hægt hækkandi þessi ár og hækkar hann enn. Ástæðan er að sjálfsögðu minnkandi vinnsla.

Hola 9 er notuð til þess að hafa eftirlit með þrýstingi í jarðhitakerfinu og hefur því mjög mikilvægu hlutverki að gegna. Mynd 5 sýnir tiltækar mælingar á þrýstingi á holunni allt frá árinu 1994, en samfelldar þrýstingsmælingar eru til frá byrjun hausts það ár. 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 5, sýna því tiltækar upplýsingar tæpa þrjá áratugi aftur í tímann. Mynd 5 sýnir, eins og mynd 4, 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 um 1/3 meiri en nú.



Mynd 3. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árin 2001 og 2002.

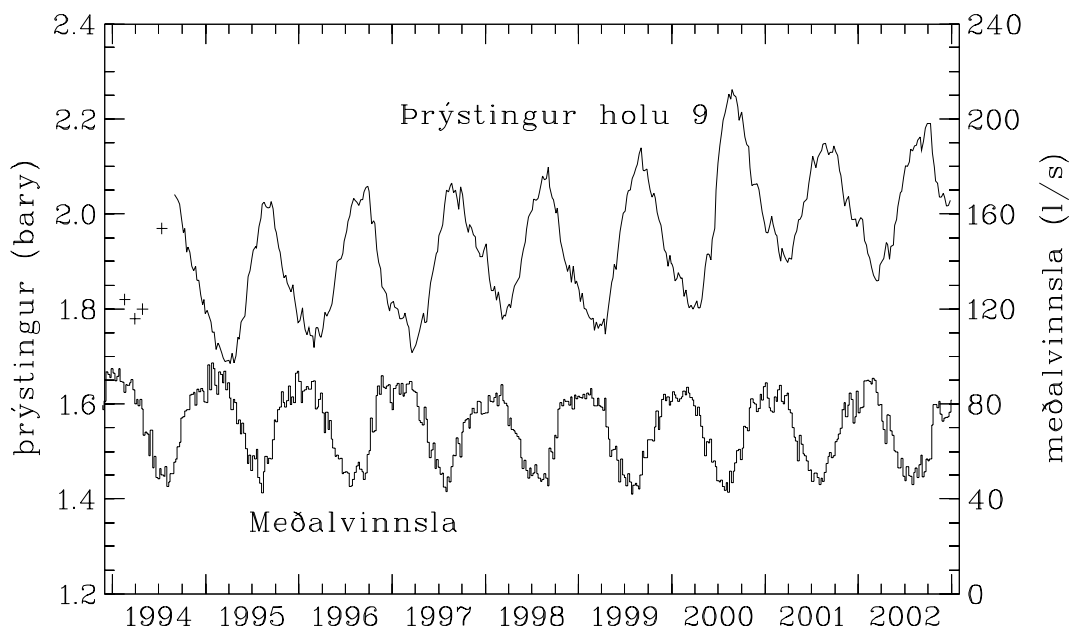


Mynd 4. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árin 1998 - 2002.

Myndir 4 og 5 sýna óvenjumikla hækkun þrýstings (1,0 - 1,5 bar) í jarðhitakerfinu sumaríð 2000, sem talin er hafa orðið fyrir áhrif Suðurlandskjálftanna það sumar (Guðni Axelson og Magnús Ólafsson, 2001). Miklar þrýstibreytingar urðu í jarðhitakerfum á Suðurlandi í kjölfar skjálftans, eins og frægt er orðið (Grímur Björnsson o.fl., 2001). Ekki var talið líklegt að áhrifa yrði vart í svo mikilli fjarlægð frá upptökum skjálftanna og hafa áhrif skjálftanna ekki sést annars staðar á Norðurlandi svo vitað sé. Myndirnar sýna jafnframt að þrýstingshækkunin virðist hafa gengið til baka á tæpu ári.

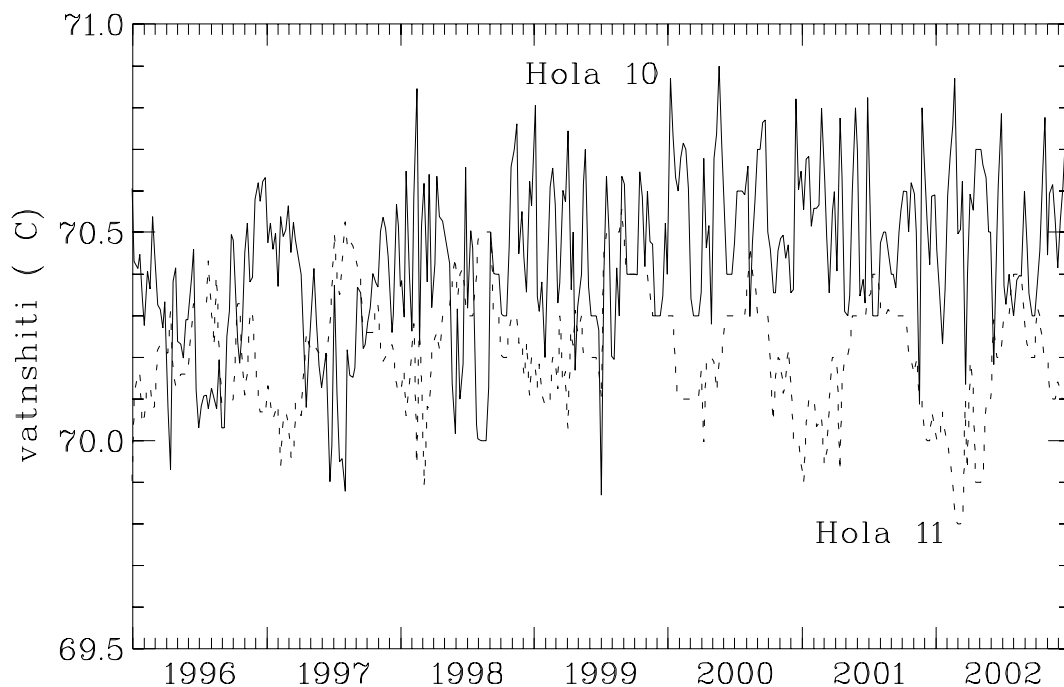
Tafla 2. Þrýstingur í jarðhitakerfinu í lok árs til og með 1990.

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

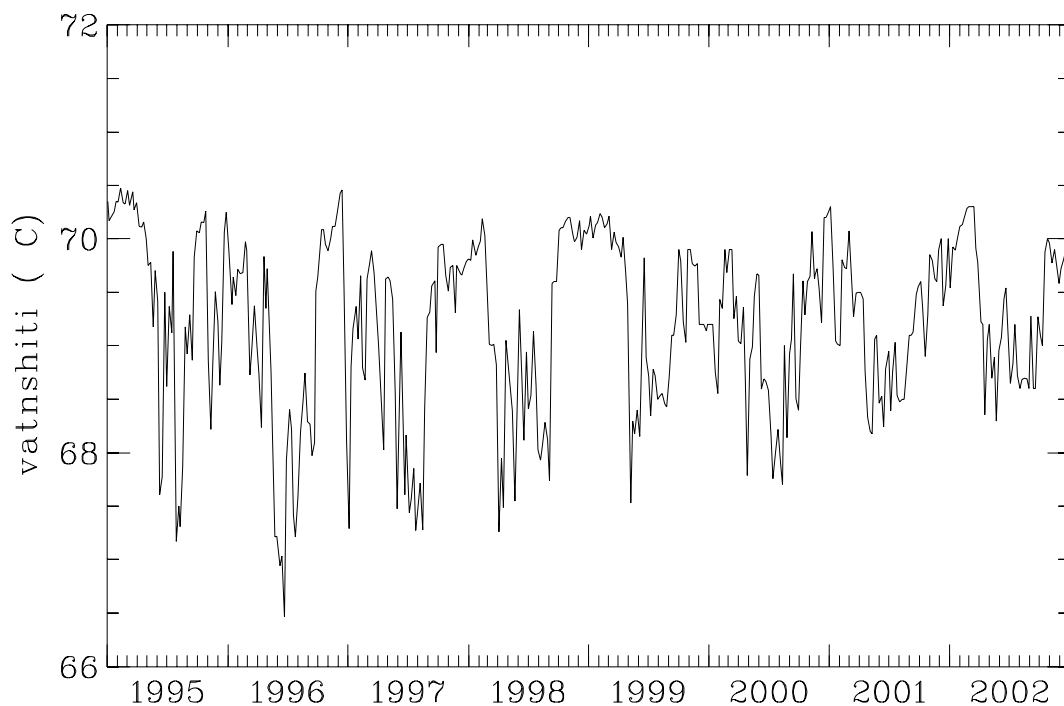


Mynd 5. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1993 - 2002 ásamt mælingum á þrýstingi holu 9.

Mynd 6 sýnir hita vatns úr holum 10 og 11 árin 1996 - 2002. Hann sveiflast um c.a. 0,5 - 1°C í hvorri holu, sem er talið stafa af smávægilegum breytingum á rennsli, og þar með vatnshita, holnanna. Fyrir holu 11 virðist aðallega um árssveiflu að ræða. Meðalhiti vatns úr holu 10 var um 70,5°C árin 2001 og 2002 og meðalhiti vatns úr holu 11 rétt rúmlega 70°C þessi sömu ár. Þá var meðalhiti vatns úr holu 12 69,8°C árin 2001 og 2002. Hiti vatns úr holu 13 sveiflast hins vegar nokkuð eins og sést á mynd 7, en þó hafa sveiflurnar minnkað nokkuð síðustu árin. Samband er milli vatnshita og rennslis úr holu 13 og er líklegast að sveiflurnar stafi af því að við lítið rennsli kólnar vatnið meira á leið upp holuna, en við meira rennsli. Meðalhiti vatns úr holu 13 reiknast 69,1°C árið 2001 og 69,4°C árið 2002. Meðalhiti vatns frá dælustöðinni var 70,4 °C bæði umrædd ár. Segja má að meðaliti vatns úr fjórum vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn hafi ekki breyst marktækt síðustu árin, og virðist hitinn hafa breyst óverulega í gegnum tíðina.



Mynd 6. Hiti vatns úr holum 10 og 11 árin 1996 - 2002.



Mynd 7. Hiti vatns og rennsli úr holu 13 árin 1995 - 2002.

2.2 Efnasamsetning jarðhitavatnsins

Einn þáttur vinnslueftirlitsins hjá Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn felst í því 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 og úr dælustöð á Borgarmýrum.

Á árinu 2001 voru sýni tekin á hefðbundnum stöðum, á holutoppi á báðum vinnsluholum, og einnig úr aðveitulögn rétt áður en hún fer úr dælustöðinni í átt til bæjarins, en árið 2002 var sýni til eftirlits eingöngu tekið úr dælustöð. 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, að því frátöldu að samsætur súrefnis ($\delta^{18}\text{O}$) og vetnis (δD) voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 3, ásamt greiningum frá árinu 2000.

Uppleyst súrefni var mælt við holutopp og í dælustöð samhliða sýnatöku og mældist styrkur þess 0 á öllum stöðum líkt og undanfarin ár. Í sýni frá 2001 mældist hiti vatns við sýnatöku 70,9°C í holu 12 og 69,3°C í holu 13 sem er svipað því sem áður hefur mælst og hið sama má segja um sýnið frá 2002 úr dælustöð. Eins og segir hér að framan þá sveiflast hiti vatns úr holu 13 nokkuð í takt við vinnslu.

Í töflu 3 kemur fram að efnasamsetning vatns úr holum 12 og 13 hefur ekki breyst milli árana 2000 og 2001 og ekki er að sjá marktækar breytingar á vatni úr dælustöð til ársins 2002. Myndir 8 til 20 sýna hita vatns við sýnatöku og styrk allra aðalefna í vatni úr holum

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

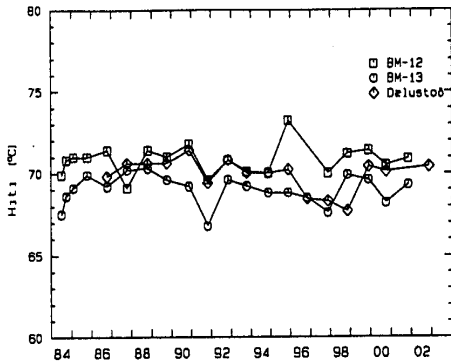
Staður	Dælustöð		Hola BM-12		Hola BM-13	
	2002.11.14 Númer 2002-0360	2001.11.10 2001-0371	2001.11.10 2001-0369	2000.10.04 2000-0370	2001.11.10 2001-0370	2000.10.04 2000-0371
Hiti (°C)	70,4	-	70,9	70,5	69,3	68,2
Sýrustig (pH/°C)	9,94/22,6	10,02/22,6	10,00/22,0	9,94/22,0	10,02/22,4	9,98/22,6
Leiðni ((µS/cm)/25°C)	-	295	311	308	282	276
Uppleyst súrefni (O ₂)	0	0	0	0	0	0
Karbonsat (CO ₂ (t))	14,0	13,8	13,5	14,1	14,8	15,2
Brennist.vetni (H ₂ S)	0,40	0,42	0,35	0,28	0,45	0,43
Bór (B)	0,18	0,18	0,18	0,20	0,13	0,14
Kísill (SiO ₂)	70,3	70,2	70,3	70,0	70,0	68,9
Natríum (Na)	56,9	56,6	58,8	59,9	54,4	55,1
Kalíum (K)	0,76	0,78	0,83	0,82	0,73	0,71
Magnesium (Mg)	0,003	0,008	0,009	0,003	0,007	0,002
Kalsíum (Ca)	3,48	3,44	3,69	3,76	3,26	3,25
Flúoríð (F)	1,51	1,60	1,59	1,44	1,65	1,50
Klóríð (Cl)	20,7	20,9	23,5	24,0	18,4	18,0
Súlfat (SO ₄)	41,5	41,6	45,8	45,7	37,9	36,8
Ál (Al)	0,058	0,060	0,065	0,065	0,066	0,064
Mangan (Mn)	-	<0,0005	<0,0005	0,0002	<0,0005	0,001
Járn (Fe)	<0,01	0,0021	0,0015	0,0052	0,0018	0,0037
Uppleyst efni	-	215	228	218	210	195
δD (‰ SMOW)	-	-	-100,0	-100,1	-96,8	-97,0
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-	-	-13,50	-13,48	-13,25	-13,22

12 og 13 og í dælustöð á árunum 1984 til 2002, auk hlutfalls vetnis- og súrefnissamsætna í vatni úr holum 12 og 13. Myndirnar eru sambærilegar myndum í fyrri vinnslueftirlitskýrslum og sýna það sem áður hefur verið sagt að ekki hefur orðið markverð breyting á styrk efna á því tímabili sem þessi skýrsla nær yfir.

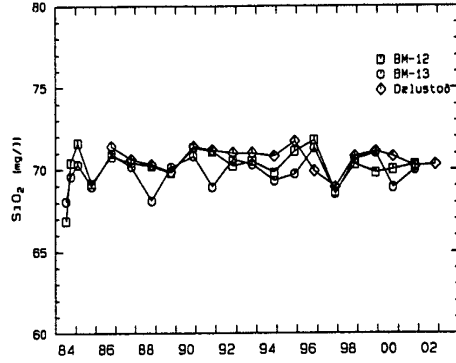
Langtímabreytingar á efnasamsetningu vatns úr holunum eru ekki umtalsverðar og vart marktækar að teknu tilliti til ýmissa þátta svo sem breyttra efnagreiningaaðferða og breytilegrar vinnslu úr holunum. Þær breytingar sem hafa komið fram eru taldar endurspeglar mismunandi vinnslu úr holunum á þeim tímum sem sýnataka fór fram. Það er vel þekkt að styrkur margra efna er háður hita þess á þann hátt að hann er hærri eftir því sem hitinn er hærri.

Að venju hefur kalkmettun verið reiknuð fyrir sýni tekin í dælustöð veitunnar og eru niðurstöður sýndar á mynd 20. 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 strikalinu á mynd 20.

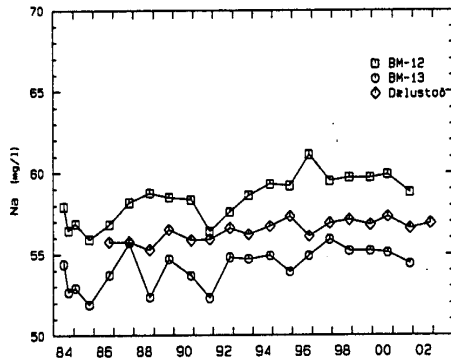
Heita vatnið hjá Hitaveitu Sauðárkróks er vel fallið til allrar almennrar hitaveitunýtingar og styrkur allra efna, nema flúoríðs (F), er innan þeirra marka sem gerðar eru til neysluvatns. Sýrustig vatnsins er reyndar herra en neysluvatnsstaðlar kveða á um, en það er ekki hættulegt.



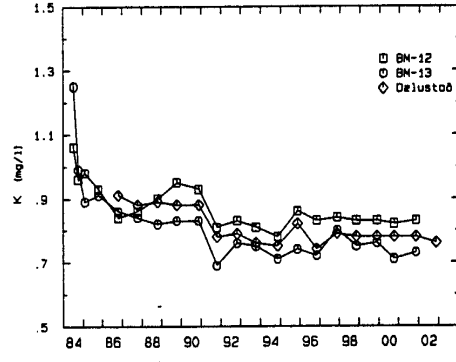
Mynd 8. Mældur hiti við sýnatöku.



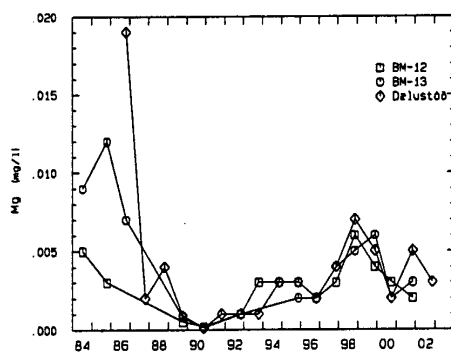
Mynd 9. Styrkur kísils.



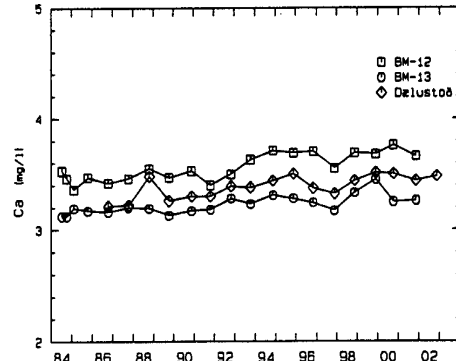
Mynd 10. Styrkur natríums.



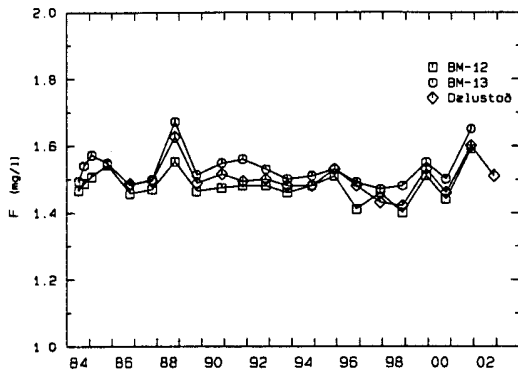
Mynd 11. Styrkur kalíums.



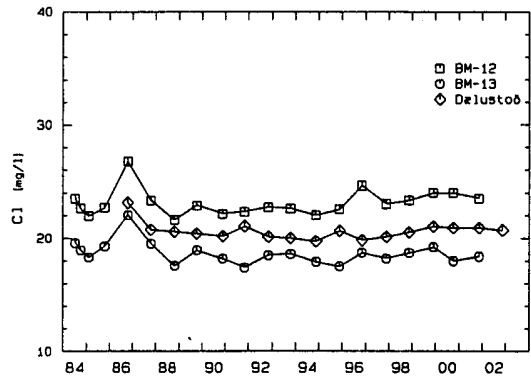
Mynd 12. Styrkur magnesíums.



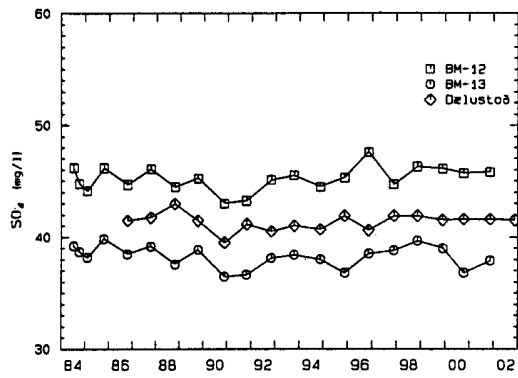
Mynd 13. Styrkur kalsíums.



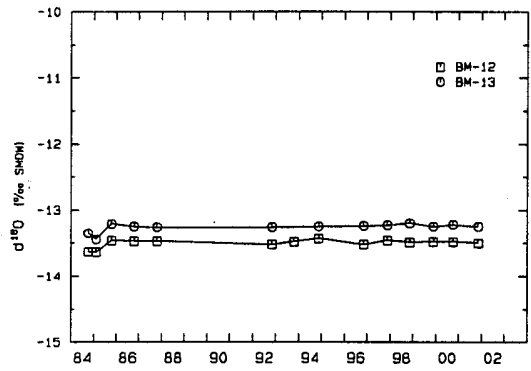
Mynd 14. Styrkur flúoríðs.



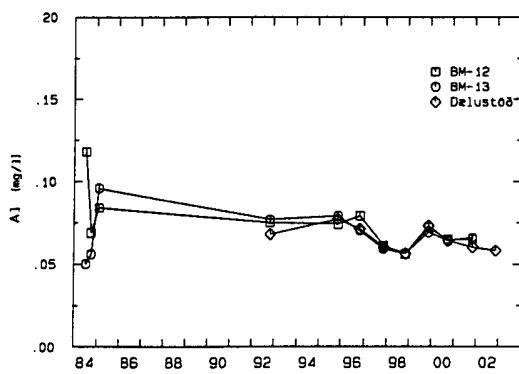
Mynd 15. Styrkur klóríðs.



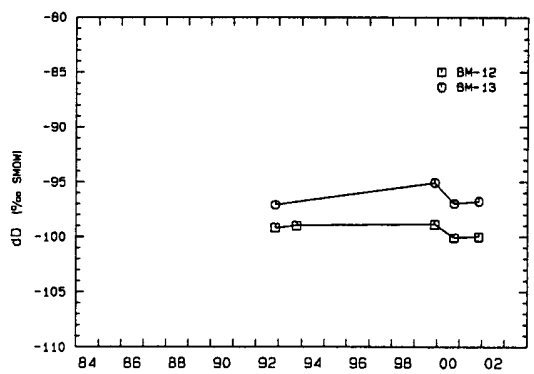
Mynd 16. Styrkur súlfats.



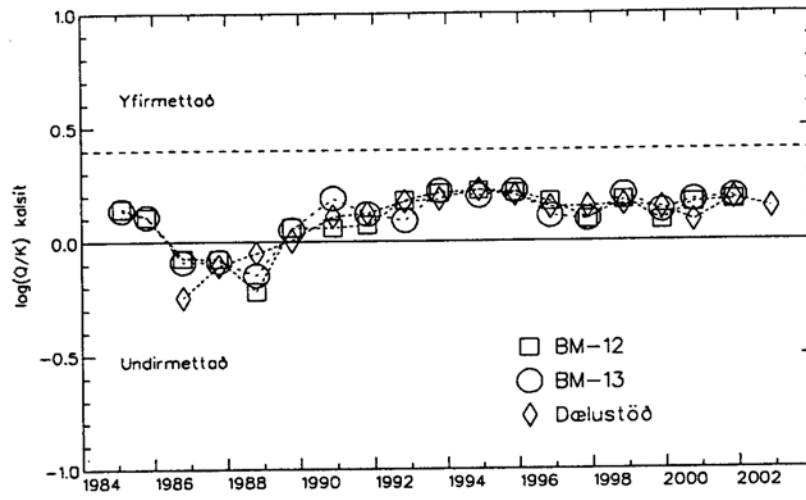
Mynd 17. Hlutfall súrefnissamsætna.



Mynd 18. Styrkur áls.



Mynd 19. Hlutfall vetnissamsætna.



Mynd 20. Kalkmettun vatns í dælustöð og úr holum 12 og 13.

3. JARÐHITASVÆÐIÐ Í VARMAHLÍÐ

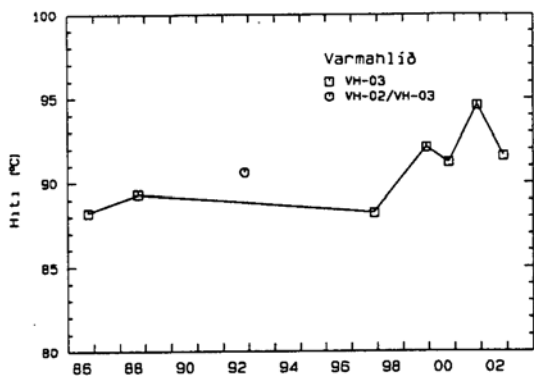
3.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins

Hitaveitan frá Varmahlíð, sem nú heyrir undir Hitaveitu Skagafjarðar, hefur um langa hríð nýtt vatn úr borholum 2 og 3 (VH-02 og VH-03) í Varmahlíð. Hóla 3 hefur verið endurvirkjuð með dælu og í tengslum við það 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 vatns hjá hitaveitunni af og til frá árinu 1986 og undanfarin fjögur ár hafa sýni verið tekin árlega. Starfsmenn Orkustofnunar tóku sýni af vatni hjá veitunni 10. nóvember 2001 og 14. nóvember 2002. Bæði sýnin voru tekin 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 vetn- is voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður eru sýndar í töflu 4. Einnig eru sýndar niðurstöður efnagreininga á sýnum frá 1999 og 2000 til samanburðar.

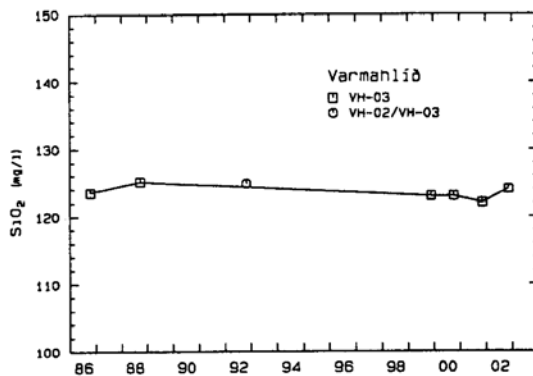
Tafla 4. Efnasamsetning vatns í Varmahlíð (mg/l).

Staður	VH-03			
	2002.11.14 2002-0359	2001.11.10 2001-0368	2000.10.03 2000-0368	1999.11.24 1999-0517
Hiti (°C)	91,6	94,6	91,2	92,1
Sýrustig (pH/°C)	9,54/22,1	9,66/20,4	9,60/20,3	9,54/22,7
Leiðni ((µS)/25°C)	-	378	375	374
Uppleyst súrefni (O ₂)	0	0	0	0
Karbónat (CO ₂ (t))	36,0	35,7	35,7	35,6
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	1,93	1,96	1,96	2,0
Bór (B)	0,42	0,41	0,43	0,40
Kísill (SiO ₂)	124	122	123,0	123,0
Natríum (Na)	78,4	79,2	78,4	77,9
Kalíum (K)	1,92	1,91	1,98	1,95
Magnesíum (Mg)	0,004	0,014	0,003	0,004
Kalsíum (Ca)	1,89	1,81	1,74	1,68
Flúoríð (F)	2,19	2,33	2,23	2,35
Klóríð (Cl)	27,6	27,9	28,0	28,4
Súlfat (SO ₄)	47,1	47,5	46,7	48,6
Ál (Al)	0,06	0,065	0,070	0,078
Mangan (Mn)	-	<0,0005	0,0006	0,0018
Járn (Fe)	<0,01	0,0025	0,0028	0,0025
Uppleyst efni	-	323	242	344
δD (‰ SMOW)	-106,7	-107,9	-108,2	-107,5
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-13,82	-13,85	-13,84	-13,82

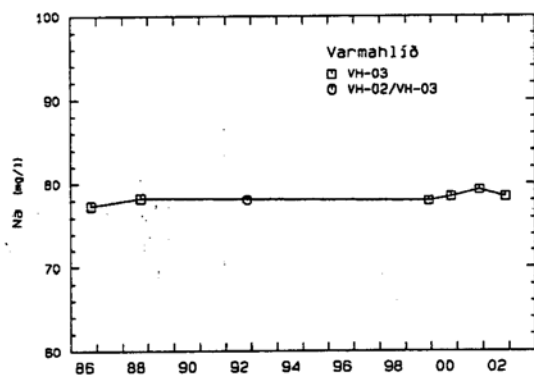
Myndir 21 til 32 sýna að styrkur einstakra efna í vatni úr holum 2 og 3 hefur ekki breyst á marktækan hátt á þeim tíma sem gögnin ná yfir, frá 1986 til 2002. Útreiknaður efnahiti í jarðhitakerfinu, sem holur 2 og 3 vinna vatn sitt úr er um 100 til 110°C. Vatnið úr holum 2 og 3 er ágætt í alla almenna jarðhitanotkun. Styrkur súlfíðs (brennisteinsvetnis) er nokkuð hár og hjálpar til við 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 staðla fyrir drykkjarvatn 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 31). Af þeim sökum er ekki líklegt að kalkútfellingar verði til vandræða við nýtingu vatnsins.



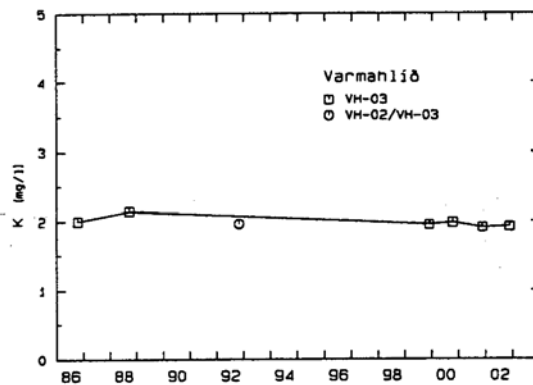
Mynd 21. Mældur hiti við sýnatöku.



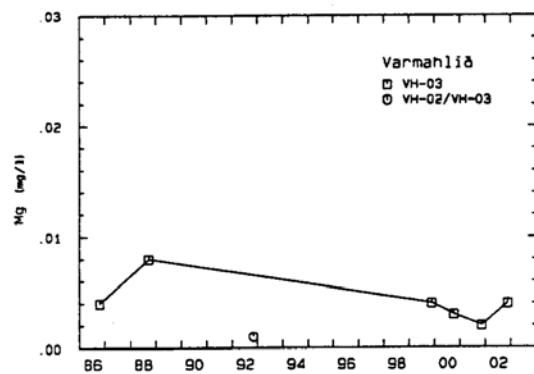
Mynd 22. Styrkur kísils.



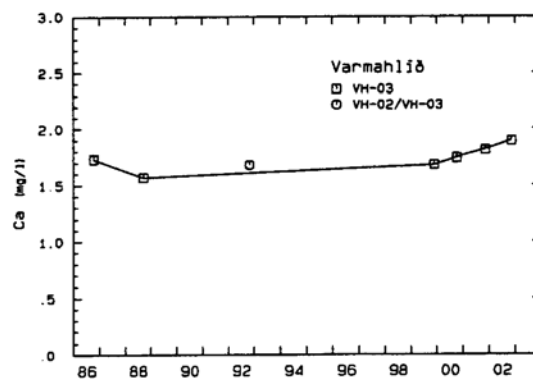
Mynd 23. Styrkur natríúms.



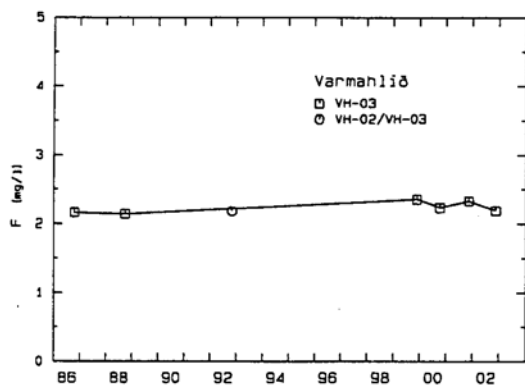
Mynd 24. Styrkur kalfúms.



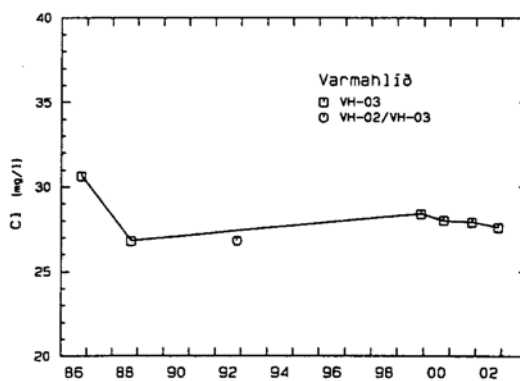
Mynd 25. Styrkur magnesíúms.



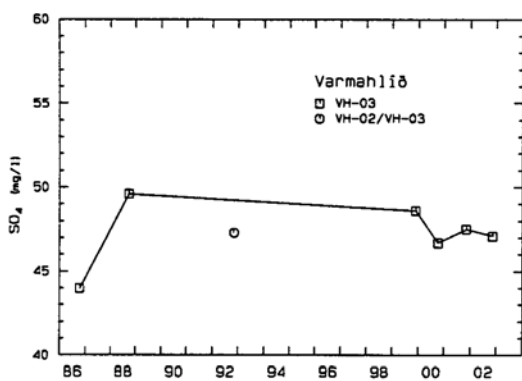
Mynd 26. Styrkur kalsíúms.



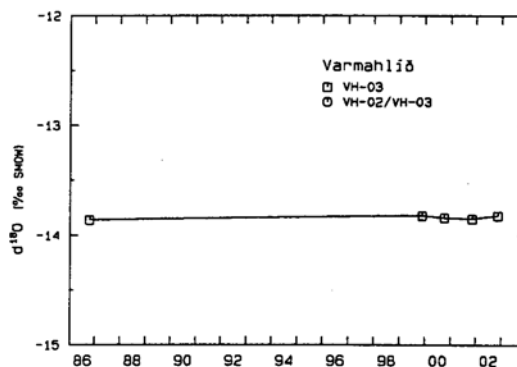
Mynd 27. Styrkur flúoríðs.



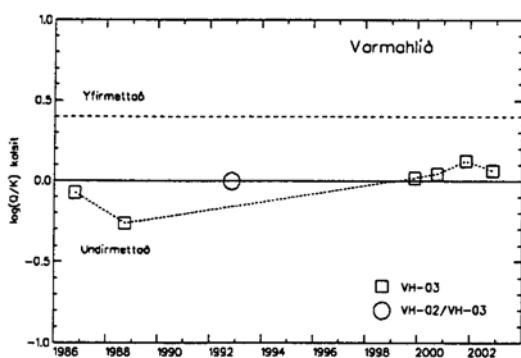
Mynd 28. Styrkur klóríðs.



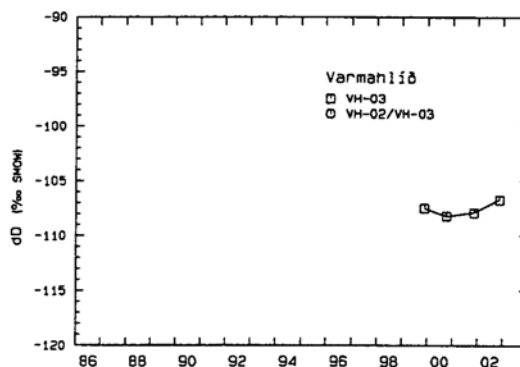
Mynd 29. Styrkur súlfats.



Mynd 30. Hlutfall súrefnissamsætna.



Mynd 31. Kalkmettun vatnsins.



Mynd 32. Hlutfall vetnissamsætna.

4. JARÐHITASVÆÐIÐ Á STEINSSTÖÐUM

4.1 Efnasamsetning jarðhitavatsins

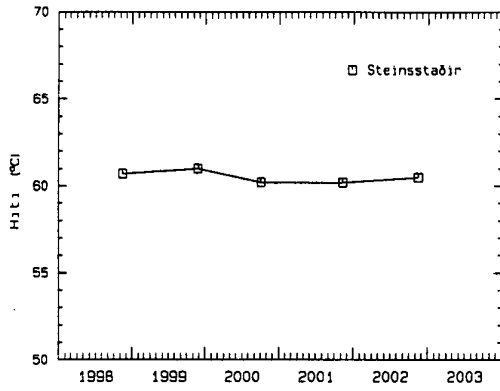
Hitaveitan á Steinsstöðum í Skagafirði, sem nú heyrir líka undir Hitaveitu Skagafjarðar, tekur vatn úr Steinsstaðalaug. Vatnið rennur frá lauginni að dælu í dæluhúsi við bóka-safnið. Frá dæluhúsinu er vatninu dreift til notenda.

Til eftirlits á vatni hjá veitunni tóku starfsmenn Orkustofnunar sýni 10. nóvember 2001 og 14. nóvember 2002. Sýnin voru tekin í dæluhúsinu, á sama stað og undanfarin tvö ár (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 2000). Hiti, uppleyst súrefni og brennisteinsvetni voru mæld við sýnatöku. Önnur efni hafa verið mæld á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsætur súrefnis og vetnis voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður eru sýndar í töflu 5 ásamt niðurstöðum efnagreininga á sýnum frá 1998 til 2000 til samanburðar.

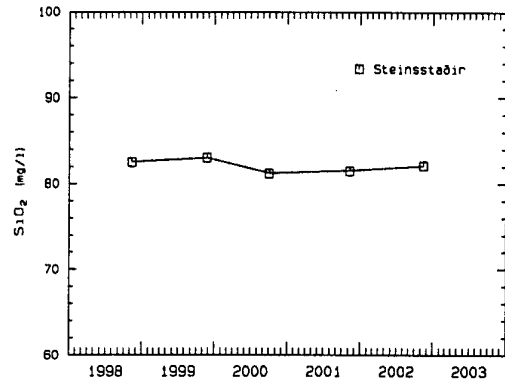
Tafla 5. Efnasamsetning vatns á Steinsstöðum (mg/l).

Staður	Dæluhús				
	2002.11.14 2002-0358	2001.11.10 2001-0372	2000.10.03 2000-0369	1999.11.24 1999-0516	1998.11.11 1998-0574
Hiti (°C)	60,5	60,2	60,7	61,0	60,7
Sýrustig (pH/°C)	10,2/21,6	10,2/22,6	10,19/21,1	10,15/22,8	10,15/22,2
Leiðni ((μ S/cm)/25°C)	-	263	257	261	271
Uppleyst súrefni (O ₂)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,35
Karborat (CO ₂ (t))	21,2	20,7	20,9	20,4	21,6
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	0	0,03	0,04	0,03	0,03
Bór (B)	0,25	0,23	0,25	0,24	0,28
Kísill (SiO ₂)	82,1	81,5	81,2	83,0	82,5
Natríum (Na)	55,2	54,4	54,8	54,7	54,7
Kalíum (K)	0,47	0,50	0,47	0,47	0,47
Magnesium (Mg)	0,004	0,016	0,006	0,009	0,015
Kalsíum (Ca)	1,62	1,54	1,45	1,40	1,58
Flúoríð (F)	1,00	1,08	0,95	1,07	0,97
Kloríð (Cl)	13,1	13,0	12,5	13,2	12,9
Súlfat (SO ₄)	15,9	16,2	15,4	16,3	17,0
Ál (Al)	0,101	0,101	0,114	0,120	0,100
Mangan (Mn)	-	<0.0005	0,0002	0,0005	0,0001
Járn (Fe)	0.01	0.0047	0,0095	0,0056	0,0064
Uppleyst efni	230	203	180	215	217
δ D (‰ SMOW)	-97,2	-99,4	-97,8	-97,4	-99,1
δ^{18} O (‰ SMOW)	-13,33	-13,26	-13,30	-13,28	-13,34

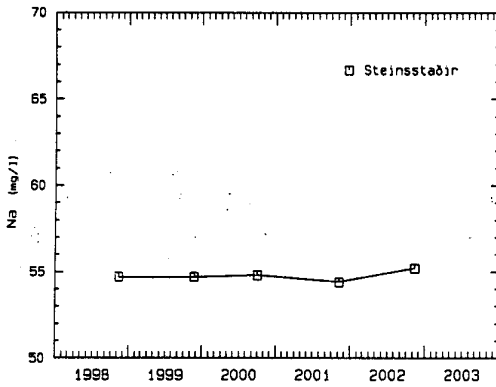
Styrkur einstakra efna, hiti við sýnatöku og hlutföll samsætna er teiknað á myndir 33 til 44 og fylgja þær hér á eftir. Af þeim má lesa að efnasamsetning vatnsins úr Steinsstaðalaug hefur ekki breyst að neinu marki frá árinu 1998. Lítilsháttar hækkun á hlutfalli vetnissamsæta hefur orðið í sýninu frá 2002 en þar sem breyting hefur ekki orðið í styrk aðalefna eða súrefnissamsætum er ekki talið að um marktæka breytingu sé að ræða.



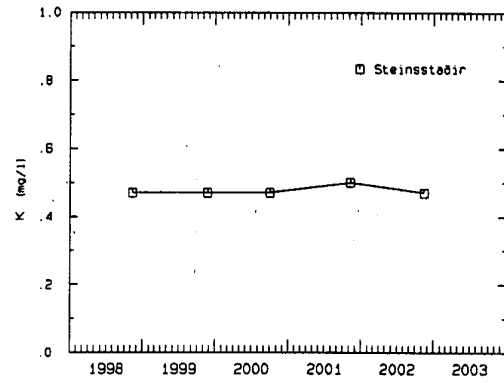
Mynd 32. Mældur hiti við sýnatöku



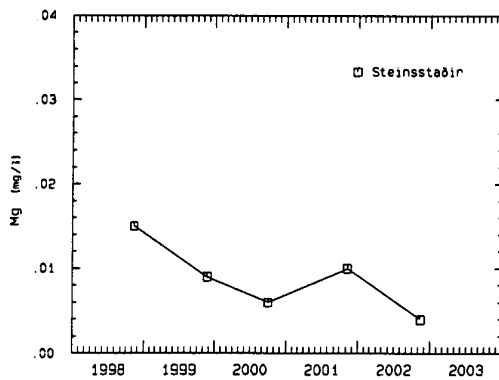
Mynd 34. Styrkur kísils



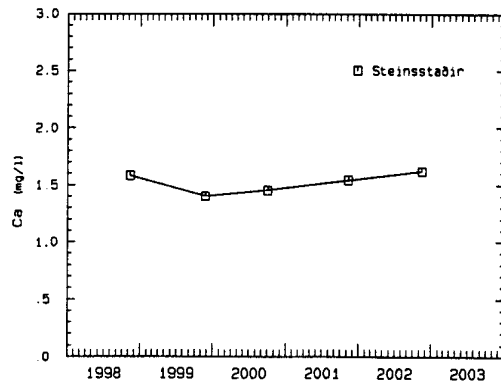
Mynd 35. Styrkur natríums



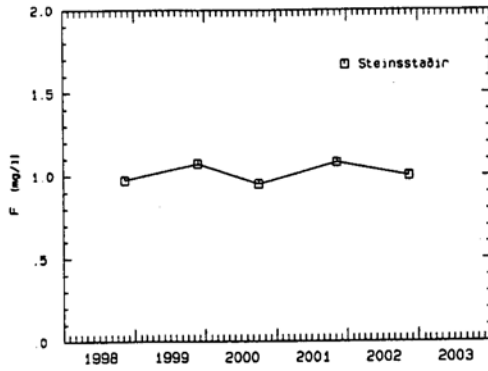
Mynd 36. Styrkur kalíums



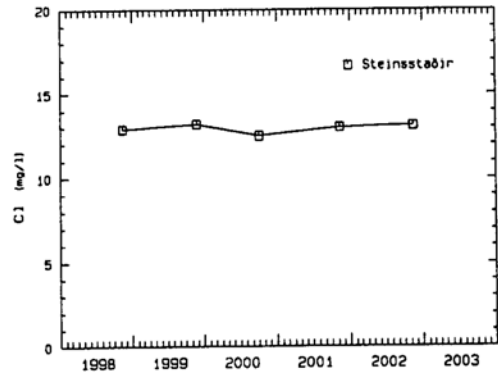
Mynd 37. Styrkur magnesíums



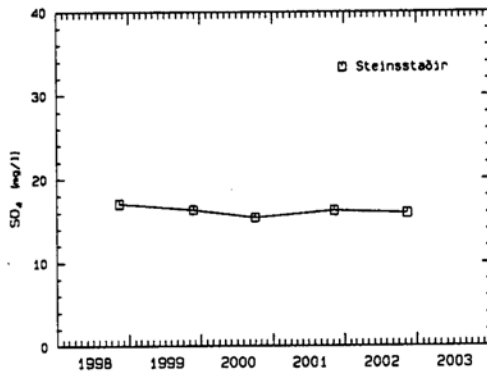
Mynd 38. Styrkur kalsíums



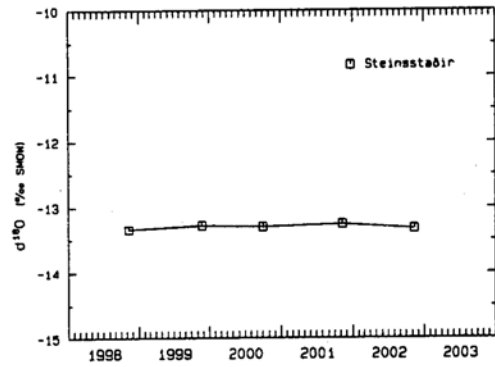
Mynd 39. Styrkur flúoríðs



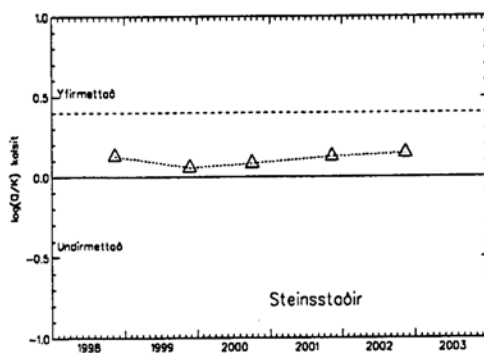
Mynd 40. Styrkur klóríðs



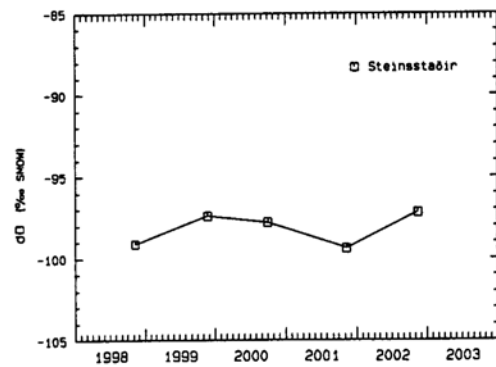
Mynd 41. Styrkur súlfats



Mynd 42. Hlutfall súrefnissamsætna



Mynd 43. Kalkmettun vatnsins



Mynd 44. Hlutfall vetnissamsætna

Vatnið úr Steinsstaðalaug er um flest ágætt í alla almenna jarðhitanoftkun. Styrkur uppleysts súrefnis er þó mjög hár og vatnið er því tærandi fyrir járn- og stállagnir. Hár súrefnisstyrkur stafar vafalítið 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 43), líkt og algengt er um jarðhitavatn hér á landi. Yfirmettunin er þó lítil og ekki líklegt að kalkútfellingar verði til vandræða við nýtingu vatnsins.

5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður vinnslueftirlits árána 2001 og 2002 á jarðhitasvæðunum við Áshildarholtsvatn, í Varmahlíð og á Steinsstöðum eru eftirfarandi:

1. Á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn var meðalvinnsla beggja ára rúmlega 68 l/s, sem er örlítið minni vinnsla en árið 2000. Síðustu fjögur ár hefur vinnslan verið í sögulegu lágmarki, aðallega vegna bættrar orkunýtingar á Sauðárkróki. Heildarorkuvinnslan þessi tvö ár var um 99 GWh, eða um 39 MWh/íbúa.
2. Meðalrennsli einstakra holna við Áshildarholtsvatn þessi tvö ár er áætlað sem hér segir: 14 l/s fyrir holu 10, 26 l/s fyrir holu 11, 20 l/s fyrir holu 12 árið 2001 og 18 l/s árið 2002 og 8 l/s fyrir holu 13 árið 2001 og 10 l/s árið 2002. Taka ber fram að þetta eru ónákvæmar áætlanir.
3. Þrýstingur í jarðhitakerfinu við Áshildarholtsvatn hefur farið hægt hækkandi síðustu árin vegna minnkandi vinnslu, og hækkar hann enn. Þrýstingurinn hefur hækkað allt frá árinu 1984 er hann var í lágmarki. Óvenjumikil hækkun þrýstings af völdum Þjóðhátíðarskjálftans 17. júní 2000 virðist hafa gengið til baka á tæpu ári. Áhrifa skjálftans hefur ekki orðið vart annars staðar svo langt frá upptökunum, svo vitað sé.
4. Hiti vatns úr fjórum vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn hefur ekki breyst marktækt síðustu árin, og virðist hann hafa breyst óverulega í gegnum tíðina.
5. Sjálfvirk gagnasöfnun við Áshildarholtsvatn hefur gengið mjög vel síðustu árin og eru nú til ítarleg gögn frá lokum árs 1994, sem eru mjög mikils virði. Mælingar búnaðarins á rennsli einstakra holna eru þó ekki áreiðanlegar.
6. Ekki hafa orðið neinar þær breytingar í efnasamsetningu vatns úr borholum við Áshildarholtsvatn sem benda til breytinga í jarðhitakerfinu (svo sem innstreymis kalds vatns eða sjávar) eða breytinga í vinnslueiginleikum.
7. Niðurstöður efnagreininga á vatni úr borholum í Varmahlíð, sem gerðar hafa verið reglulega frá 1986, benda ekki til breytinga í jarðhitakerfinu þar.
8. Niðurstöður efnagreininga á heitu vatni á Steinsstöðum, sem gerðar hafa verið árlega frá 1999, benda ekki til breytinga í jarðhitakerfinu þar. Vatnið er ágætt í alla almenna heitavatnsnotkun að því frátöldu að það inniheldur talvert magn af uppleystu súrefni, og er það því tærandi fyrir járn- og stálagnir.

6. HEIMILDIR

- Grímur Björnsson, Ólafur G. Flóvenz, Kristján Sæmundsson og Einar M. Einarsson, 2001: Áhrif jarðskjálfta í júní 2000 á jarðhitakerfi á Suðurlandi. Erindi flutt á Orkuþingi 2001, 252-258.
- 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, 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 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, 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 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, 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 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, 1997: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1996*. Orkustofnun, OS-97051, 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, 2000: *Hitaveita Skagafjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1999*. Orkustofnun, OS-2000/052, 28 s., unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar.
- Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 2001: *Hitaveita Skagafjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2000*. Orkustofnun, OS-2001/079, 23 s., unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar.
- Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1998*. Orkustofnun, OS-99050, 19 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.