



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Hitaveita Dalvíkur

**Efirlit með jarðhitavinnslu
árið 2000**

**Arnar Hjartarson
Vigdís Harðardóttir**

Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur

2001

OS-2001/093



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

**Arnar Hjartarson
Vigdís Harðardóttir**

Hitaveita Dalvíkur

Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2000

Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur

OS–2001/093

Desember 2001

ORKUSTOFNUN — RANNSÓKNASVIÐ

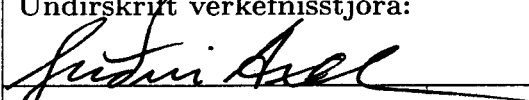
Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. — Sími: 569 6000 — Fax: 568 8896

Akureyri: Háskólinn á Akureyri, Sólborg v/Norðurslóð, 600 Akureyri

Sími: 463 0599 — Fax: 463 0560

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



Skýrsla nr: OS-2001/093	Dags: Desember 2001	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA DALVÍKUR Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2000	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 20	
Höfundar: Arnar Hjartarson Vigdís Harðardóttir	Verkefnisstjóri: Guðni Axelsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit	Verknúmer: 8 610 631	
Unnið fyrir: Hitaveitu Dalvíkur		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Hitaveita Dalvíkur nýtir vatn úr tveimur jarðhitakerfum, við Hamar og Brimnesboregir, og rekur tvö veitukerfi. Ársmeðalvinnsla úr holu HA-11 við Hamar nam 30,01/s á árinu 2000. Vatnsborð í jarðhitakerfinu við Hamar hefur verið í jafnvægi frá árinu 1998 og Suðurlandsskjálftarnir sumarið 2000 höfðu ekki mælanleg áhrif á vatnsborð í jarðhitakerfinu. Meðalvinnsla ársins 2000 úr holu ÁRS-29 við Brimnesborgir var 4,61/s. Vatnsborðsmælirinn í holunni bilaði í byrjun júní 2000 og hefur rétt vatnsborð ekki verið mælt síðan þá. Vikuleg meðalvinnsla á árinu var minnst 2,51/s en mest var hún 10,51/s og hefur ekki verið meiri eftir að reglubundin vinnsla hófst. Orkuvinnslan úr jarðhitakerfinu við Hamar var um 36,8 GWh, en 7,1 GWh úr kerfinu við Brimnesborgir. Heildarorkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur á árinu 2000 var um 43,9 GWh. Ekki hafa orðið marktækar breytingar á efnasamsetningu vatns úr holum við Hamar og Brimnesborgir undanfarin ár.		
Lykilorð: Dalvík, Hamar, Árskógsströnd, Brimnesborgir, lághitasvæði, vinnsla, vatnsborð, eftirlit, hiti, veðurfar og efnastyrkur.	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:  Yfirfarið af: GAX, PI	

Efnisyfirlit

1	Inngangur	5
2	Vinnsla og vatnsborð við Hamar	5
3	Jarðskjálftar á Suðurlandi	9
4	Vinnsla og vatnsborð við Brimnesborgir	10
5	Orkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur árið 2000	11
5.1	Orkuvinnsla og veðurfar	11
6	Efnasamsetning jarðhitavatns við Hamar	12
7	Efnasamsetning jarðhitavatns við Brimnesborgir	18
8	Samantekt	19
9	Heimildir	19

Töfluskrá

1	Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Hamar frá upphafi vinnslu 1970.	7
2	Veðurfar á Dalvík árin 1998, 1999 og 2000	12
3	Efnasamsetning jarðhitavatns úr holum HA-10 og HA-11 við Hamar, 1995-1999	12
4	Efnasamsetning jarðhitavatns úr holu ÁRS-29 við Brimnesborgir	18

Myndaskrá

1	Vatnsborð og vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitakerfinu við Hamar frá júlí 1998 til desember 2001	5
2	Vatnsborð og mánaðarleg meðalvinnsla úr jarðhitakerfinu við Hamar frá 1977 til desember 2001	6
3	Mánaðarlegur vatnshiti og vinnsla úr holu HA-11 við Hamar árin 1988-2000	6

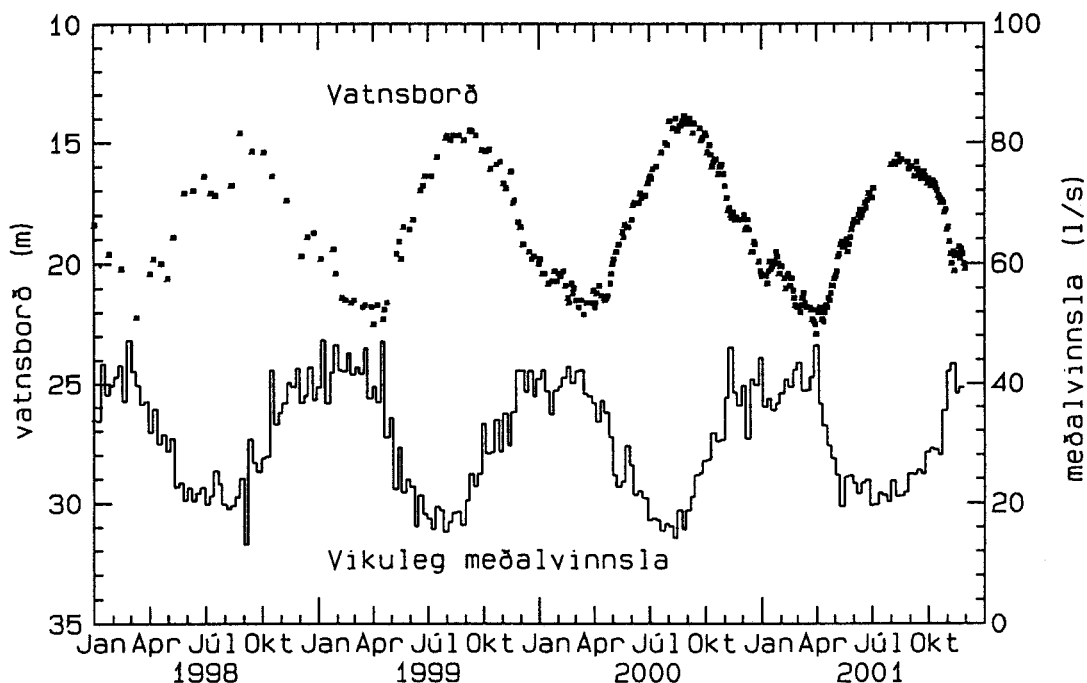
4	Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Hamar frá upphafi vinnslu 1970 til 2000	8
5	Vatnsborð í jarðhitakerfinu við Hamar frá 1. júní til 1. september árið 2000.	9
6	Vikuleg meðalvinnsla og vatnsborð í holu ÁRS-29 við Brimnesborgir . .	10
7	Vikuleg meðalvinnsla við Hamar og vindleiðréttur vikumeðalhiti við Dalvík árin 1998 og 1999	11
8	Hiti vatns við sýnatöku úr holum HA-10 og HA-11 við Hamar árin 1977 til 2000	13
9	Kísilstyrkur í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000	14
10	Styrkur natríums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000 .	14
11	Styrkur klóríðs í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000 . . .	15
12	Styrkur kalíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000 . .	15
13	Styrkur flúoríðs í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000 . .	16
14	Styrkur magnesíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000	16
15	Hlufall súrefnissamsæta í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000	17
16	Kalkmettun vatns úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000	17

1 Inngangur

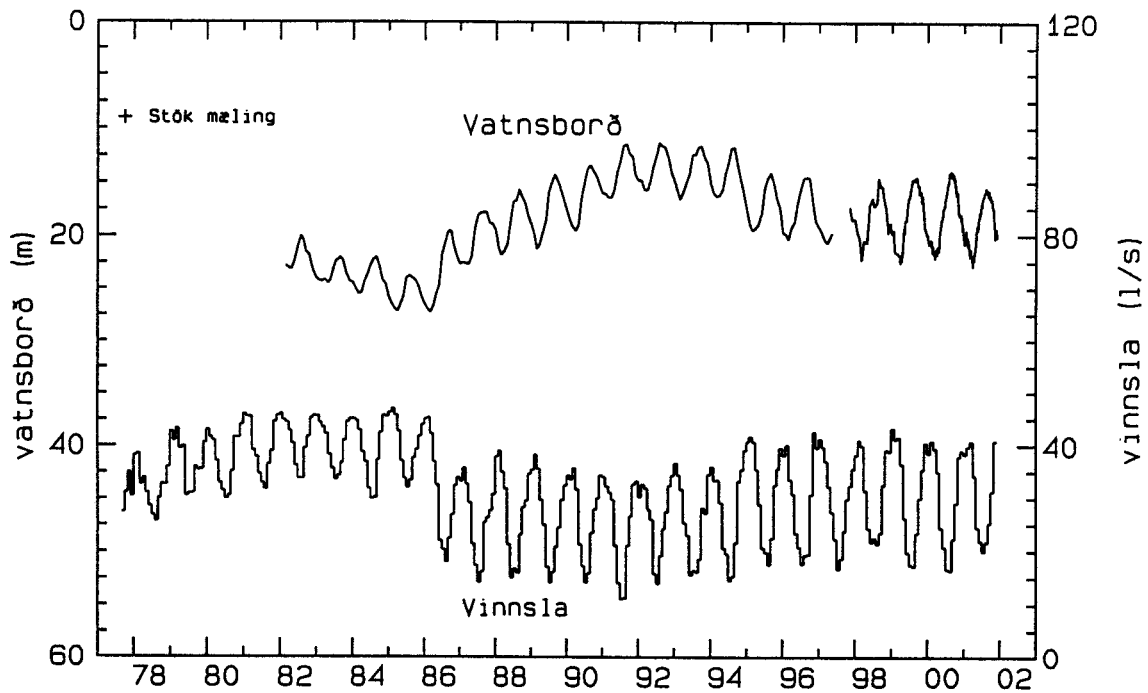
Hitaveita Dalvíkur nýtir vatn úr tveimur jarðhitakerfum og rekur tvö veitukerfi. Hitaveitan hefur nýtt jarðhitakerfið við Hamar í Svarfaðardal til húshitunar á Dalvík frá 1970 en jarðhitakerfið við Brimnesborgir var virkjað 1998 og veitir heitu vatni til byggðakjarnanna þriggja við Árskógsströnd: Litla Árskógsands, Hauganess og Þjónustu- og iðnaðarsvæðisins við Árskóga. Hitaveita Dalvíkur safnar gögnum um vatnsvinnslu, vatnsborð og vatnshita fyrir jarðhitakerfin tvö en Orkustofnun hefur séð um töku vatnssýna. Orkustofnun annast úrvinnslu og túlkun þessara gagna sem birtast árlega í vinnslueftirlitsskýrslum, eins og samningurinn milli Hitaveitu Dalvíkur og Orkustofnunar frá 1990 kveður á um. Þessi vinnslueftirlitsskýrsla er sú þrettánda í röðinni og fjallar um vinnslueftirlit ársins 2000 auk þess sem vinnslugögn til loka nóvember 2001 eru birt.

2 Vinnsla og vatnsborð við Hamar

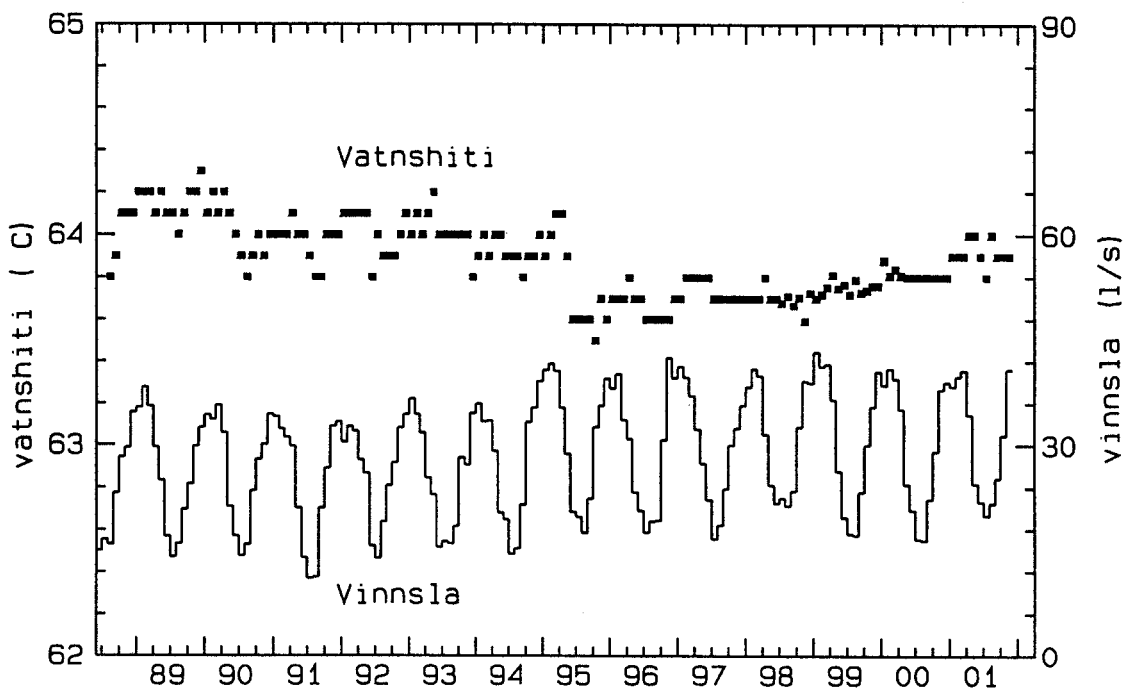
Frá 1970 hefur Hitaveita Dalvíkur nýtt jarðhitakerfið við Hamar í Svarfaðardal til húshitunar á Dalvík. Árið 1977 var hola HA-10 boruð og varð hún þá aðalvinnsluholan á svæðinu. Við aðalhlutverkinu tók síðan hola HA-11, sem var boruð 1988, en hola HA-10 er nú varahola fyrir hitaveituna. Fylgst hefur verið með vinnslu og vatnsborði í jarðhitakerfinu við Hamar í rúm tuttugu ár, en það var ekki fyrr en 1990 sem reglubundnu eftirliti var komið á. Frá þeim tíma hefur eftirlitið verið mjög gott, sem hefur skilað sér í ítarlegri þekkingu á kerfinu og viðbrögðum þess við vinnslu.



Mynd 1: Vatnsborð og vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitakerfinu við Hamar frá júlí 1998 til desember 2001.



Mynd 2: Vatnsborð og mánaðarleg meðalvinnsla úr jarðhitakerfinu við Hamar frá 1977 til desember 2001.



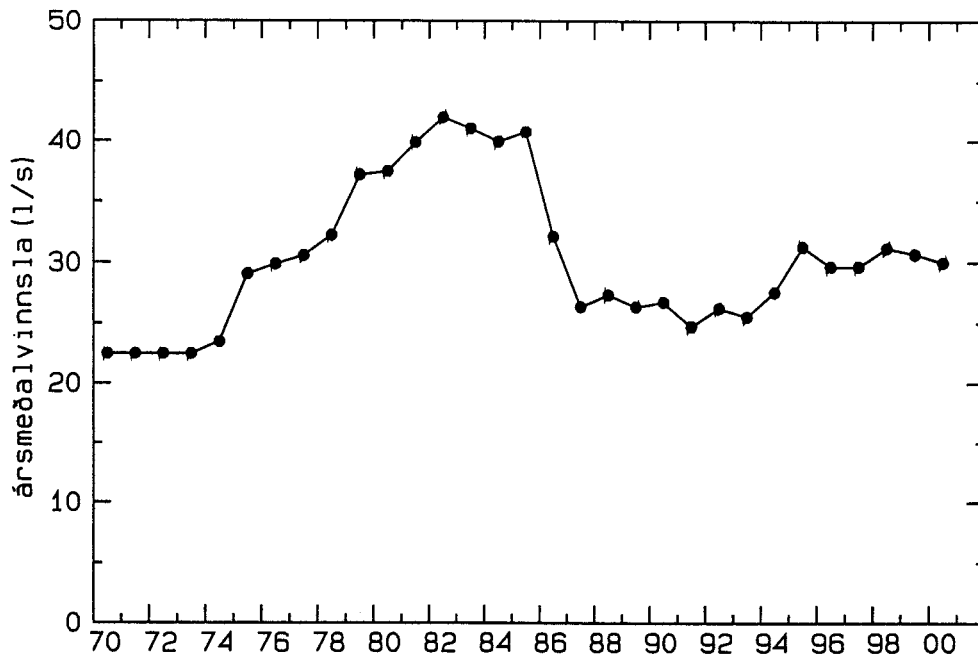
Mynd 3: Mánaðarlegur meðalvatnshiti og vinnsla úr holu HA-11 við Hamar árið 1988 til desember 2001, samkvæmt mælingum hitaveitunnar.

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
1999	30,7	hola HA-11
2000	30,0	hola HA-11

Vatnsborð og vikulega meðalvinnslu úr jarðhitakerfinu við Hamar, frá júlí 1997 og fram í desember 2001, má sjá á mynd 1. Vikuleg meðalvinnsla er reiknuð út frá aflestrum af magnmæli en að jafnaði er lesið af þeim annan hvern dag. Vinnsluögnin, sem skráð eru daglega með tölvustýrða stjórn- og eftirlitsbúnaðinum, voru skoðuð. Söfnunin var frekar gloppótt á árinu 2000 en mun betri á árinu 2001. Til að áætla vinnsluna er öruggast að nota aflestra af magnmæli en ekki rennslistölur. Þar sem búnaðurinn skráir rennsli en ekki magn voru gögnin frá búnaðinum ekki notuð við úrvinnsluna.

Á árinu 2000 var vikuleg meðalvinnsla mest í annarri viku nóvembermánaðar þegar hún fór í 46,11/s. Minnst var vinnslan í annarri viku ágúst þegar hún var 14,21/s. Vatnsborðið stóð að jafnaði heldur hærra í kerfinu á árinu 2000 en það gerði á árinu 1999. Hæst fór það í 13,9 m í lok ágúst en lægst í 22,1 m í miðjum mars.



Mynd 4: Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Hamar frá upphafi vinnslu 1970 til 2000.

Á mynd 2 má sjá vatnsborð og mánaðarlega meðalvinnslu úr jarðhitakerfinu við Hamar frá 1977 og fram til 2000. Þar sést að sumarvinnslan árið 2000 hefur ekki verið minni síðan 1994, þ.e. áður en sundlaugin á Dalvík var tekin í notkun. Einnig sést þar að sumarvinnslan árið 2001 var umtalsvert meiri en sumarið 2000 enda var það sumar ekki eins hagstætt veðurfarslega, en nánar verður fjallað um þetta í næstu skýrslu. Af mynd 2 má ráða að vatnsborðið í kerfinu hefur verið í jafnvægi síðan 1998 en á árunum 1992 til 1998 fór það lækkandi í kerfinu.

Mynd 3 sýnir hita jarðhitavatnsins úr holu HA-11 við Hamar, samkvæmt hitamælingum hitaveitunnar, eftir að hún tók við af holu HA-10 sem aðalvinnsluhola svæðisins. Þar sést að á árunum 1989 til 1995 sveiflaðist hitinn kringum 64°C . Á miðju ári 1995 lækkar hitinn snögglega um tæpa hálfu gráðu. Þessi breyting stafar líklega í breyttri mæliaðferð eða skipt hefur verið um hitamæli. Frá árinu 1995 hefur hitinn frekar verið á uppleið og er ástæða þeirrar breytingar frekar talin vera rek í hitamæli frekar en að breytingar hafi verið í jarðhitakerfinu. Hitamælingar sem gerðar hafa verið samfara sýnatöku (sjá mynd 8) benda til að hitinn í kerfinu hafi ekkert breyst frá upphafi vinnslu.

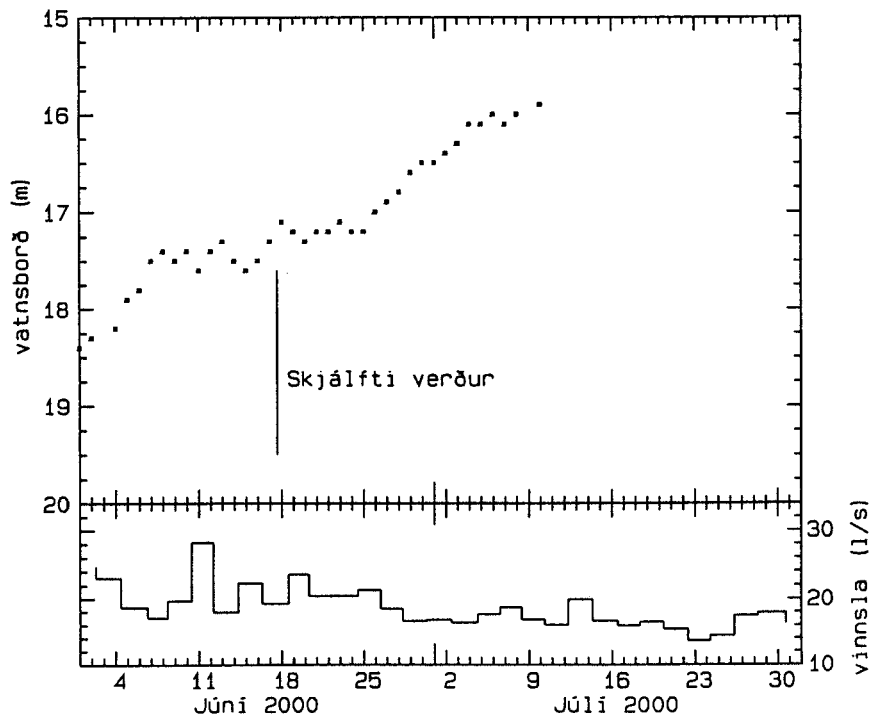
Ársmeðalvinnslan 2000 úr jarðhitakerfinu við Hamar er 30,01/s. Hún er reiknuð út frá aflestrum af magnmæli við upphaf og enda ársins. Tafla 1 sýnir ársmeðalvinnsluna úr jarðhitakerfinu frá því vinnsla hófst árið 1970. Þróun hennar með tíma má einnig sjá á mynd 4. Ársmeðalvinnslan 2000 er rúmum 2% lægri en hún var 1999 en um 25% lægri en hún var á árunum 1981 til 1985 þegar hún var hvað mest.

Míðað við orkunýtingu úr 64°C í 30°C jafngildir orkuvinnsla ársins 1999 úr jarðhitakerfinu við Hamar 36,8 GWh.

3 Jarðskjálftar á Suðurlandi

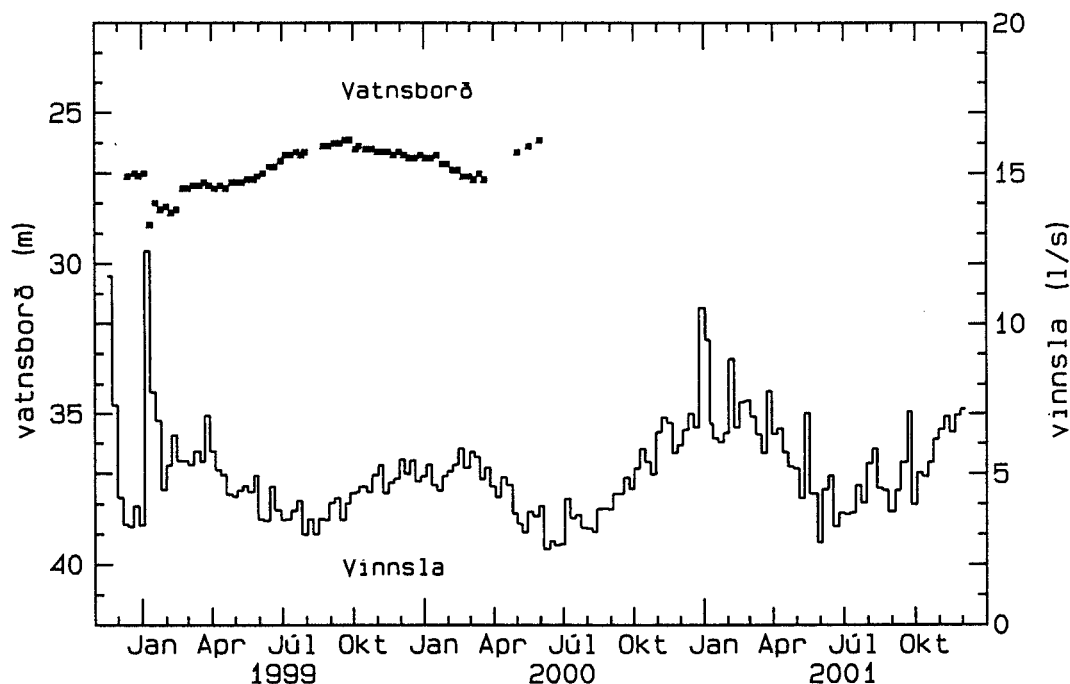
Eins og kunnugt er urðu tveir jarðskjálftar á Suðurlandi 17. og 21. júní árið 2000. Stærð þeirra var metin 6,6 stig á Richterskvarða. Þeir ollu tjóni á Suðurlandi og fundust víða um land. Í kjölfar skjálftanna mældust miklar vatnsborðsbreytingar í borholum um allt Suðurland. Ýmist lækkaði vatnsborð eða hækkaði eftir því hvar holurnar voru staðsettar miðað við upptök skjálftanna. Nánari upplýsingar um vatnsborðsbreytingar í tengslum við skjálftana má finna á heimasíðu Orkustofnunar (www.os.is) og í grein eftir Grím Björnsson ofl. (2001).

Vatnsborðsbreytinga varð einnig vart í Skagafirði í kjölfar skjálftanna (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 2001). Þegar vinnslueftirlit fyrir Hitaveitu Skagafjarðar var unnið á árinu 2001 kom í ljós að toppþrýstingur á holu 9 við Áshildarholtsvatn jókst um 0,2 bör í kjölfar skjálftans þann 17. júní. Þetta vekur spurningar um hvort áhrifa skjálftanna hafi orðið vart í vatnsborði í jarðhitakerfinu við Hamar. Mynd 5 sýnir vatnsborð og vinnslu við Hamar frá 1. júní til 1. september árið 2000. Vatnsborðsgögnin eru fengin úr sjálfvirka gagnasöfnunarbúnaðinum. Á henni sést að vatnsborðið er almennt að hækka í kerfinu eins og það gerir ávalt um sumarmánuðina. Vatnsborðsbreytingarnar sem verða dagana eftir skjálftana eru kringum 20 cm og eru þær breytingar líklegast til komnar vegna breytinga í vinnslu. Suðurlandsskjálftarnir sumarið 2000 höfðu því ekki mælanleg áhrif á vatnsborð í jarðhitakerfinu við Hamar í Svarfaðardal.



Mynd 5: Vatnsborð í jarðhitakerfinu við Hamar frá 1. júní til 1. september árið 2000.

4 Vinnsla og vatnsborð við Brimnesborgir



Mynd 6: Vikuleg meðalvinnsla og vatnsborð í holu ÁRS-29 við Brimnesborgir.

Vatnsvinnsla úr holu ÁRS-29 við Brimnesborgir, til húshitunar og almennrar notkunar á Litla Árskógssandi, Hauganesi og Árskógum, hófst síðla árs 1998 þegar hitaveitan til byggðakjarnanna þriggja var tekin í notkun. Vinnslunni úr holunni er stjórnað með tölvustýrðum stjórn- og eftirlitsbúnaði en vinnslugögnum er safnað saman af starfsmanni hitaveitunnar.

Mynd 5 sýnir vikulega meðalvinnslu og vatnsborð í holu ÁRS-29. Líkt og fyrir Hamar er meðalvinnslan reiknuð útfrá því vatnsmagni sem dælt er úr holunni yfir það tímabil sem líður á milli aflestra. Vatnsmagnið er lesið af magnmæli á aðalæð af starfsmanni hitaveitunnar, tvisvar til þrisvar í viku að jafnaði. Tvö til þrjú gildi standa því á bak við hvert gildi vikulegrar meðalvinnslu.

Í febrúar 2000 fór að gæta undarlegra vatnsborðsmælinga í holu ÁRS-29. Í mars var komið ólag á mælinn, en þó fengust nokkrar trúverðugar mælingar fram í lok maí. Í júní sama ár bilaði mælirinn endanlega og eru því ekki til réttar vatnsborðsmælingar í kerfinu frá þeim tíma.

Vikuleg meðalvinnsla á árinu 2000 var minnst í miðjum júnímánuði, eða um 2,5 l/s. Mest var hún yfir áramótin 2000/2001 þegar hún fór í 10,5 l/s. Hefur hún ekki verið meiri eftir að reglubundin vinnsla hófst.

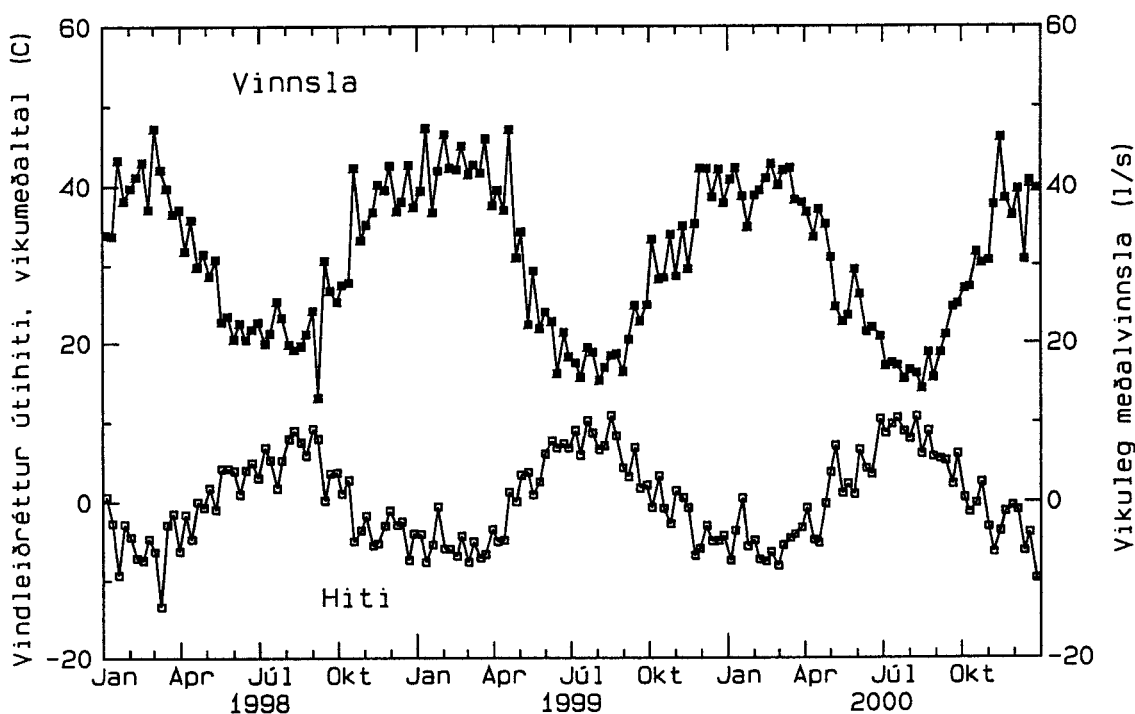
Meðalvinnsla ársins 2000 úr jarðhitakerfinu við Brimnesborgir er 4,6 l/s en hún var 4,7 l/s árið 1999. Meðalvinnslan er reiknuð útfrá aflestrum af magnmæli við upphaf og enda ársins. Sé gert ráð fyrir orkunýtingu úr 73 °C í 30 °C er orkuvinnslan úr kerfinu um 7,1 GWh.

5 Orkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur árið 2000

Á árinu 2000 var orkuvinnslan úr jarðhitakerfinu við Hamar 36,8 GWh en 7,1 GWh úr kerfinu við Brimnesborgir. Heildarorkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur árið 2000 var því um 43,9 GWh. Orkuvinnsla hitaveitunnar á árinu 1999 var um 44,9 GWh.

5.1 Orkuvinnsla og veðurfar

Það er vel þekkt að orkunotkun er breytileg milli árstíða og einnig frá ári til árs. Á myndum 1 og 2 má augljóslega sjá hvernig vinnslan úr jarðhitakerfinu við Hamar breytist eftir árstíðum. Mynd 6 sýnir vikulegan vindleiðréttan meðalhita og vikulega meðalvinnslu á Dalvík á árunum 1998, 1999 og 2000, en yfirlit yfir veðurfar á Dalvík á þessum árum má finna í töflu 2. Veðurfarsgögnin eru fengin hjá Veðurstofu Íslands sem rekur sjálfvirka veðurathugunarstöð við Dalvík. Veðurathugunarstöðin var í nokkru ólagi á árinu 2000 og því voru fengin gögn frá sjálfvirkri veðurathugunarstöðinni á Möðruvöllum í staðin, sem er næst stöðinni á Dalvík.



Mynd 7: Vikuleg meðalvinnsla við Hamar og vindleiðréttur vikumeðalhiti við Dalvík árin 1998 og 1999.

Vindleiðréttur ársmeðalhiti á Möðruvöllum á árinu 2000 var $0,18^{\circ}\text{C}$ sem er $0,08^{\circ}\text{C}$ lægra en á Dalvík árið 1999. Í vinnslueftirlitsskýrslunni frá 1999 (Arnar Hjartarson og Magnús Ólafsson) var sambandi vikulegrar meðalvinnslu við Hamar og vindleiðréttis vikumeðalhita við Dalvík lýst. Slíkt samband má nota til að segja til um eðlilega orkunotkun miðað við veðurfar eða áætla hve mikill hluti vinnslunnar er notaður til húshitunar eða almennrar neyslu. Einnig má nota þetta samband til að áætla vatnsvinnslu ef vinnslugögn tapast.

Tafla 2: Veðurfar á Dalvík árin 1998, 1999 og 2000. (Gögn frá árinu 2000 eru fengin frá sjálfvirkri veðurathugunarstöð á Möðruvöllum.)

Ár	1998	1999	2000
Ársmeðalhiti	2,8 °C	3,4 °C	3,5 °C
Ársmeðalvindhraði	4,12 m/s	3,9 m/s	4,2 m/s
Vindleiðréttur ársmeðalhiti	-0,45 °C	0,26 °C	0,18 °C
Fjöldi sólarstunda á Akureyri	1003,5	1067,9	1276,1

6 Efnasamsetning jarðhitavatns við Hamar

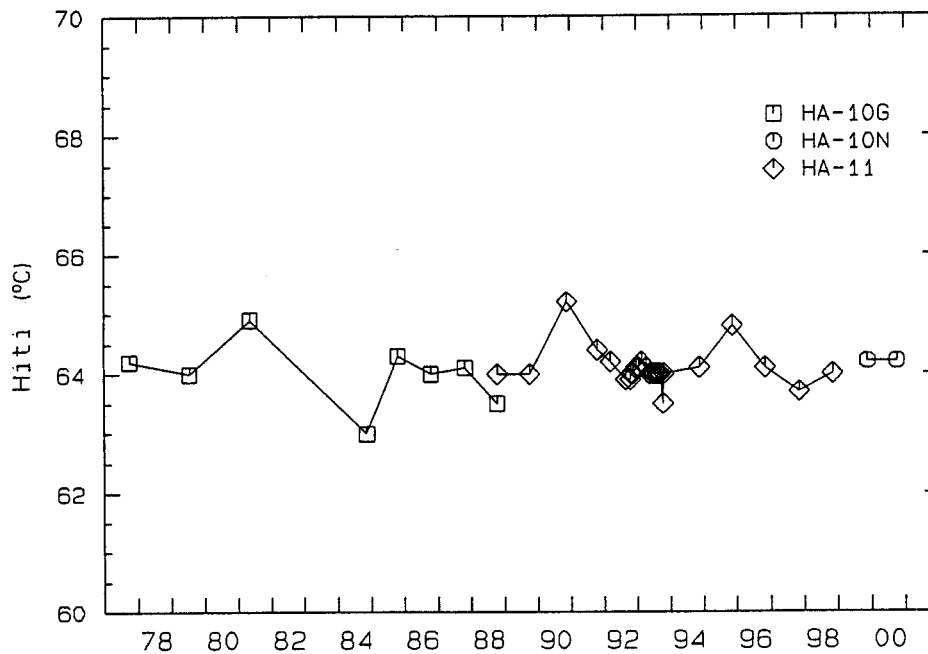
Einn þáttur vinnslueftirlits hjá Hitaveitu Dalvíkur er að fylgjast með efnasamsetningu heita vatnsins og kanna hvort einhverjar breytingar komi fram t.d. vegna langvarandi dælingar úr jarðhitageyminum. Eftirlitið hefur verið mjög reglulegt þannig að góð heildarmynd hefur náðst af efnasamsetningu vatnsins.

Tafla 3: Efnasamsetning jarðhitavatns úr holum HA-10 og HA-11 við Hamar, 1996–2000 (mg/l).

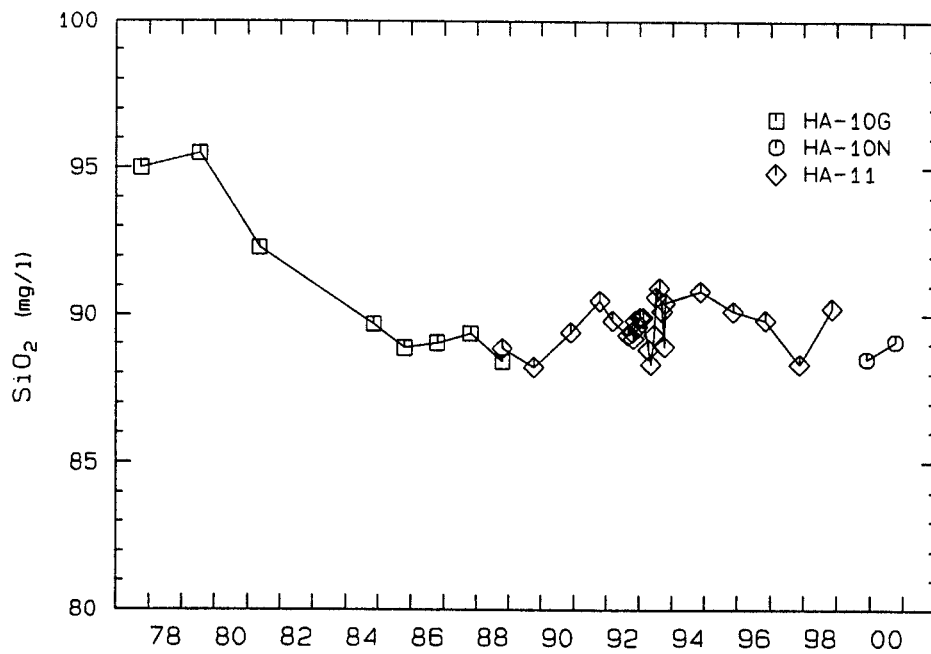
Dagsetning	1996.11.06	1997.11.17	1998.11.09	1999.11.22	2000.10.05
Númer	1996-0347	1997-0719	1998-0555	1999-0500	2000-0382
Hola	HA-11	HA-11	HA-11	HA-10	HA-10
Hiti (°C)	64,1	63,7	64,0	64,2	64,2
Sýrustig (pH/°C)	10,4/16	10,2/22	10,3/21	10,2/22	10,24/22,4
Kísill (SiO ₂)	89,8	88,3	90,2	88,5	89,1
Natríum (Na)	48,9	49,3	49,3	48,8	48,9
Kalíum (K)	0,51	0,53	0,55	0,54	0,55
Kalsíum (Ca)	2,1	2,1	2,15	2,1	2,19
Magnesíum (Mg)	0,002	0,003	0,004	0,004	0,003
Karbónat (CO ₂ (t))	14,1	14,9	15,8	14,9	16,4
Súlfat (SO ₄)	13,4	12,7	13,1	13,3	12,9
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03
Klóríð (Cl)	9,2	8,4	9,2	9,4	9,22
Flúoríð (F)	0,49	0,44	0,50	0,51	0,48
Járn (Fe)	0,0035	0,0019	0,0027	0,0039	0,0033
Mangan (Mn)	0,0013	0,0003	0,0001	0,0002	<0,0001
Bór (B)	0,03	0,07	0,08	0,08	0,10
Ál (Al)	0,082	0,075	0,068	0,083	0,075
Uppleyst efni	228	188	163	214	-
Uppleyst súrefni (O ₂)	0	0	0	0	0
δD (‰ SMOW)	-104,5	-	-	-103,4	-104,7
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-14,62	-14,7	-14,62	-14,67	-14,61

Árið 2000 fór sýnataka fram í október. Sýni var tekið úr holu HA-10 við holutopp eins og á árinu 1999 en þar á undan voru sýnin tekin úr holu HA-11. Holurnar tvær eru hlið við hlið og er vatnið í þeim nánast eins (Arnar Hjartarson og Magnús Ólafsson, 1999). Hiti, uppleyst súrefni (O_2) og brennisteinsvetni (H_2S) voru mæld samhliða sýnatöku. Sýrustig (pH) og karbónat (CO_2) voru síðan mæld innan tveggja dag. Önnur efni voru greind á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar veturinn 2000, að því frátöldu að samsætur súrefnis ($\delta^{18}O$) voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 3, ásamt efnagreiningum á vatni úr holu 11 frá árunum 1996 til 1998. Niðurstöður efnagreininga á helstu aðalefnum frá 1978 má sjá á myndum 8 til 16. Séu greiningar úr holu 10 frá 1999 og 2000 bornar saman er munurinn á styrk efna innan skekkjumarka mælinganna, það er að segja, að marktæk breyting hefur ekki átt sér stað á styrk efna á milli ára. Samanburður efnagreininga á rúmum tveim áratugum sýnir vel áhrif vinnslunnar á efnastyrk kísils (SiO_2) sem lækkaði fyrstu árin, en það getur bent til kólnunar í jarðhitakerfinu. En undanfarin ár hefur styrkur kísils verið nokkuð stöðugur, um 90 ppm, og hitastigið svipað á milli ára, um $64^\circ C$. Ekki er talið að hætta sé á kalkútfellingu nú frekar en áður (mynd 16). Uppleyst súrefni (O_2) mældist ekki.

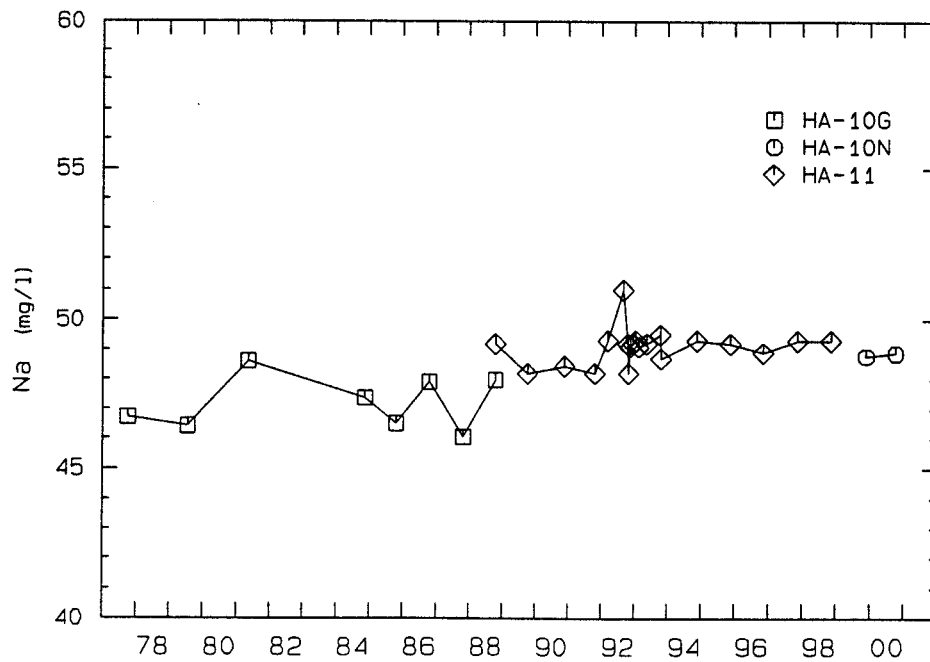
Niðurstöðum efnagreininga á vatni úr holu HA-11, sem eru mjög svipaðar og úr holu HA-10, hafa verið gerð skil í skýrslum undanfarinna ára (sjá heimildalista í lok skýrslunnar).



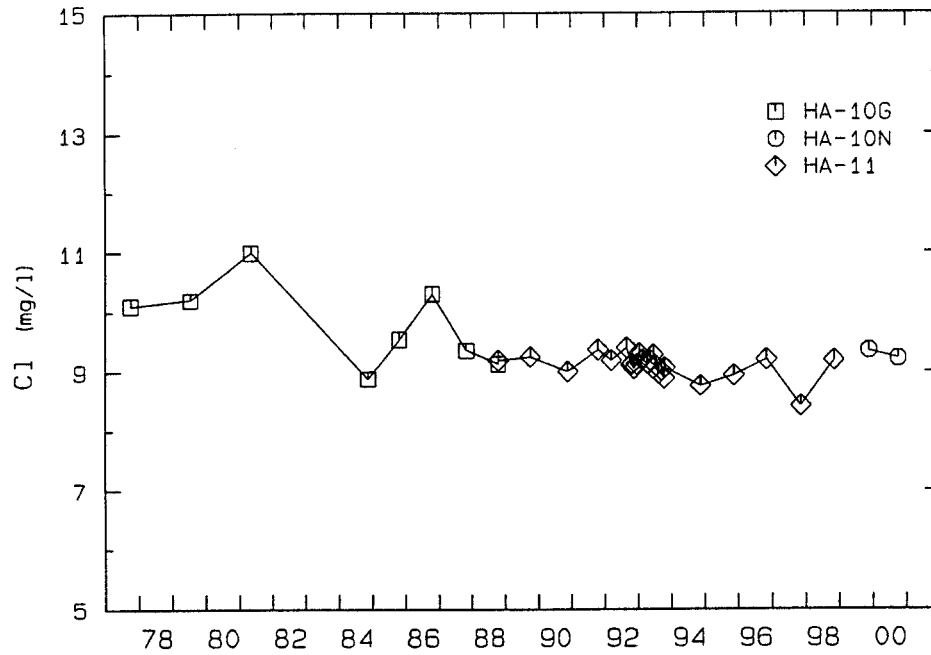
Mynd 8: Hiti vatns við sýnatöku úr holum HA-10 og HA-11 við Hamar árin 1977 til 2000.



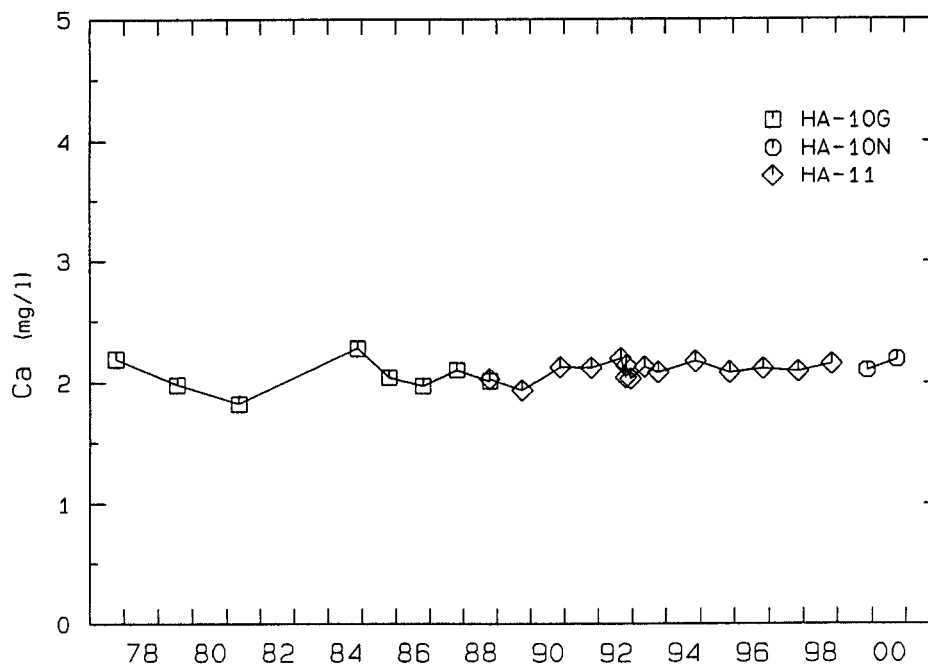
Mynd 9: Kísilstyrkur í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000.



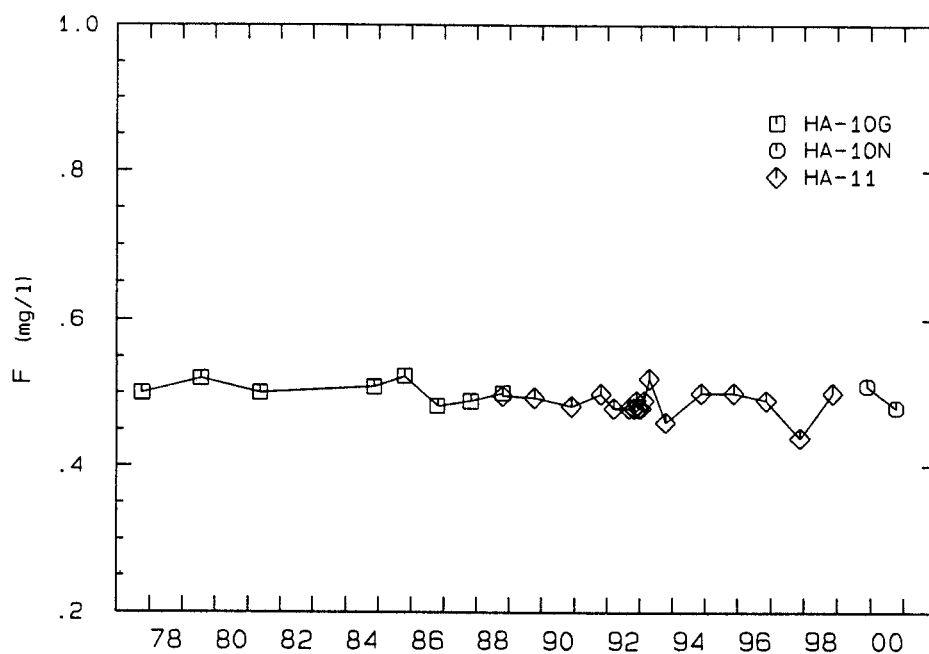
Mynd 10: Styrkur natríúms í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000.



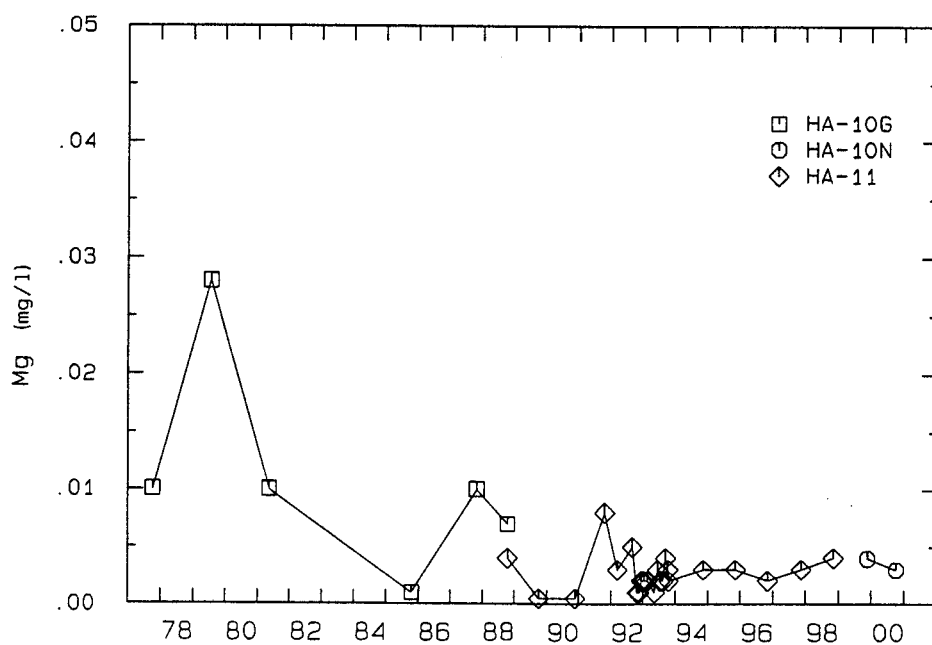
Mynd 11: Styrkur klóríðs í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000.



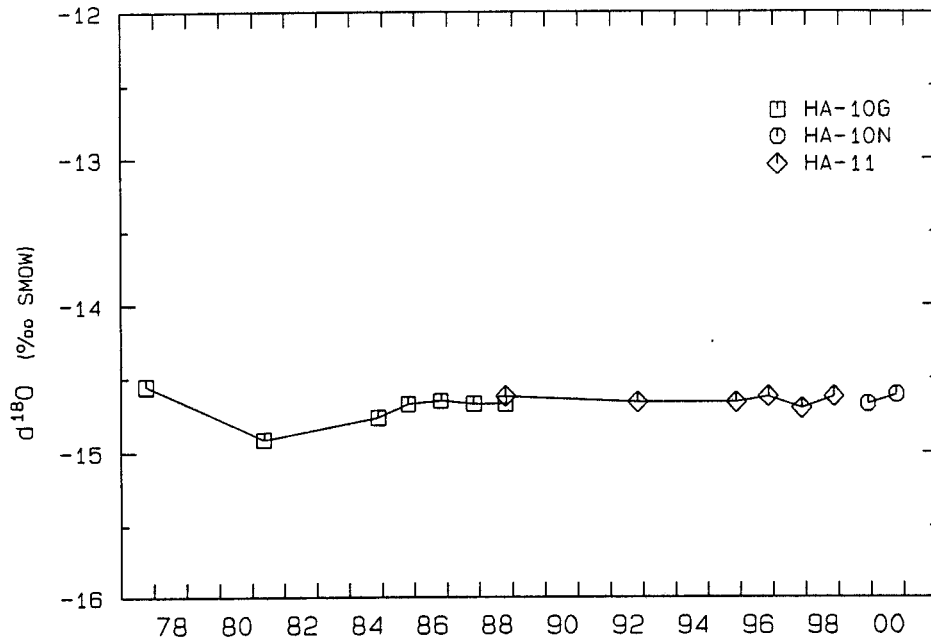
Mynd 12: Styrkur kalíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000



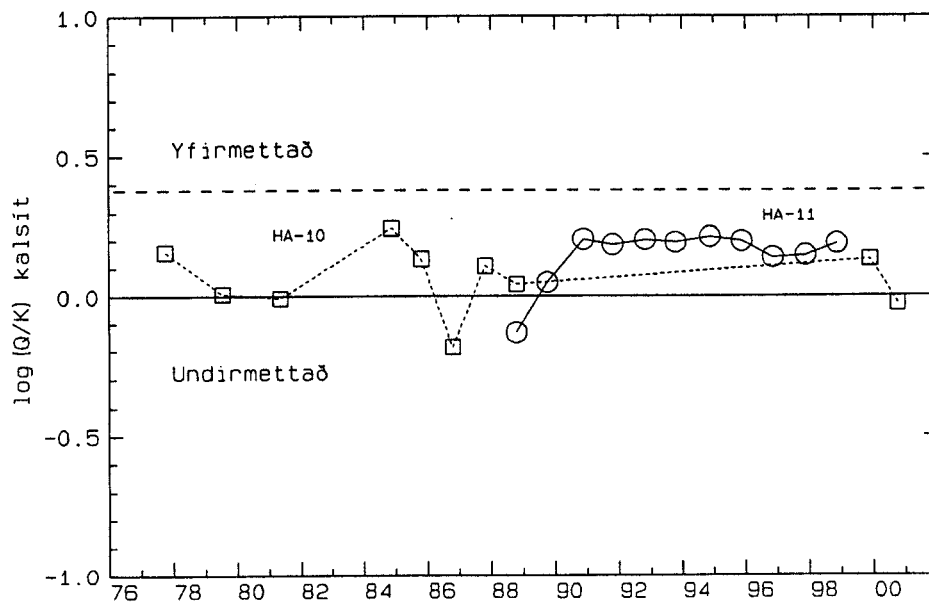
Mynd 13: Styrkur flúoríðs í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000.



Mynd 14: Styrkur magnesíums í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000.



Mynd 15: Hlufall súrefnissamsæta í vatni úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000.



Mynd 16: Kalkmettun vatns úr holum HA-10 og HA-11 árin 1977 til 2000

7 Efnasamsetning jarðhitavatns við Brimnesborgir

Sýni til heildarefnagreiningar á vatni úr holu ÁRS-29 var tekið þann 5. október 2000 og niðurstöður greininganna er að finna í töflu 4 ásamt efnagreiningunum frá árunum 1998 og 1999. Ekki er að sjá að neinar breytingar hafi átt sér stað í jarðhitageyminum á milli ára. Vatnið er efnaríkara en vatnið í borholum HA-10 og HA-11 við Hamar en vel undir viðmiðunarmörkum Evrópustaðals um neysluvatn frá árinu 1998. Það er frekar basískt með $\text{pH} = 10$ eins og gjarnan er um íslenskt jarðhitavatn. Bent hefur verið á að brennisteinsvetnið (H_2S) er einnig í hærra lagi, sem getur valdið tæringu á eir og kopar með tímanum, en brennisteinsvetnið er ekki alslæmt þar sem það eyðir súrefni ef það er í kerfinu (Arnar Hjartarson og Magnús Ólafsson, 1999). Ekki er talið að hætta sé á kalkútfellingu nú frekar en áður. Uppleyst súrefni (O_2) mældist ekki við holutopp, né í úttaki miðlunarbrunnis.

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

Dagsetning Númer	1998.01.21 1998-0010	1999.11.22 1999-0501	2000.10.05 2000-0386
Hiti ($^{\circ}\text{C}$)	73,5	73,4	73,0
Sýrustig ($\text{pH}/^{\circ}\text{C}$)	10,1/21	10,04/22,9	10,05/22,6
Kísill (SiO_2)	104,9	106	106,5
Natríum (Na)	55,4	54,8	56,2
Kalíum (K)	0,9	0,81	0,79
Kalsíum (Ca)	2,1	2,09	2,02
Magnesíum (Mg)	0,01	0,004	0,001
Karbónat ($\text{CO}_2(\text{t})$)	16,0	16,1	17,0
Súlfat (SO_4)	15,7	15,8	15,5
Brennisteinsvetni (H_2S)	0,18	0,16	0,16
Klóríð (Cl)	13,7	14,5	13,9
Flúoríð (F)	0,86	1,01	0,92
Járn (Fe)	0,003	0,0007	0,0019
Mangan (Mn)	0,003	0,0001	<0,0001
Bór (B)	0,15	0,16	0,16
Ál (Al)	0,073	0,074	0,068
Leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	–	259	260
Uppleyst súrefni (O_2)	0	0	0
Uppleyst efni (mg/l)	150	185	–
δD ($_{\text{o}/\text{o}}$ SMOW)	-109,1	-107,3	-110,3
$\delta^{18}\text{O}$ ($_{\text{o}/\text{o}}$ SMOW)	-14,96	-14,91	-14,92
Kalsedónhiti ($^{\circ}\text{C}$)	70	–	–

8 Samantekt

- Meðalvinnsla ársins 2000 úr holu HA-11 við Hamar nam 30,01/s. Á árinu stóð vatnsborðið hæst í 13,9m en lægst í 22,1m. Vikuleg meðalvinnsla var mest í nóvember, eða 46,11/s, en minnst var hún 14,21/s í ágúst.
- Vatnsborðið í jarðhitakerfinu við Hamar hefur verið í jafnvægi frá árinu 1998 en á árunum 1992 til 1998 fór það lækkandi í kerfinu.
- Suðurlandsskjálftarnir sumarið 2000 höfðu ekki mælanleg áhrif á vatnsborð í jarðhitakerfinu við Hamar.
- Meðalvinnsla ársins 2000 úr holu ÁRS-29 við Brimnesborgir var 4,61/s. Vatnsborðsmælirinn í holunni bilaði í byrjun júní 2000 og hefur rétt vatnsborð ekki verið mælt síðan þá. Vikuleg meðalvinnsla á árinu var minnst 2,51/s en mest var hún 10,51/s og hefur ekki verið meiri eftir að reglubundin vinnsla hófst.
- Heildarorkuvinnsla Hitaveitu Dalvíkur á árinu 2000 var 43,9 GWh. Orkuvinnslan úr jarðhitakerfinu við Hamar var 36,8 GWh en 7,1 GWh úr kerfinu við Brimnesborgir.
- Ekki hafa orðið marktækar breytinga á efnasamsetningu vatns úr holum HA-10 og HA-11 við Hamar undanfarin ár.
- Engin efnabreyting hefur orðið á vatninu við Brimnesborgir á milli ára.
- Ekkert uppleyst súrefni mældist í vatni úr holum HA-10 og ÁRS-29.

9 Heimildir

Arnar Hjartarson og Magnús Ólafsson, 1999: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1998*. Orkustofnun, OS-99102, 12 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Arnar Hjartarson og Vigdís Harðardóttir, 2000: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1999*. Orkustofnun, OS-2000/045, 19 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Grímur Björnsson, Ólafur G. Flóvenz, Kristján Sæmundsson og Einar H. Einarsson, 2001: Pressure changes in Icelandic geothermal reservoirs associated with two large earthquakes in June 2000. *Proceedings, twenty-sixth workshop on geothermal reservoir engineering*. Stanford, Kalifornía, janúar 29-31, 2001.

Guðni Axelsson, 1995: *Jarðhitakerfið 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, 2001: *Hitaveita Skagafjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2000*. Orkustofnun, OS-2001/079, 23 s.

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