



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Hitaveita Rarik á Siglufirði

Vinnslueftirlit 1998-1999

**Ómar Sigurðsson
Steinunn Hauksdóttir**

Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins

1999

OS-99086



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið
Reykjavík - Akureyri

Verknr. 8-610501

Ómar Sigurðsson
Steinunn Hauksdóttir

HITAVEITA RARIK Á SIGLUFIRÐI

Vinnslueftirlit 1998-1999

Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins

OS-99086

Október 1999

ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

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

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

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



Skýrsla nr: OS-99086	Dags: Október 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Hitaveita RARIK á Siglufirði Vinnslueftirlit 1998-1999	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 10	
Höfundar: Ómar Sigurðsson Steinunn Hauksdóttir	Verkefnisstjóri: Ómar Sigurðsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit	Verknúmer: 8-610501	
Unnið fyrir: Rafmagnsveitur ríkisins		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er gerð grein fyrir eftirliti með jarðhitavinnslu Hitaveitu RARIK á Siglufirði árið 1998 og fram á árið 1999. Vinnslusvæði veitunnar er í Skútudal, og hafa Hitaveitan og Orkustofnun haft samráð um eftirlitið. Fjallað er um niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum úr vinnsluholu og dreifikerfi veitunnar, m.a. með tilliti til tæringar asbestlagna og virkni sblöndunarefnis til að eyða súrefni í jarðhitavatninu. Niðurstöður vinnslueftirlitsins sýna að ekki hefur orðið marktæk breyting á efnastyrk vinnsluvatns frá Skútudal á undanförunum árum. Vatnshiti við sýnatöku í holu 11 hefur þó farið lækkandi undanfarin ár. Örlítil hækkun hefur orðið í styrk magnesíums og gæti það verið vísbending um kólnun í jarðhitakerfinu, en breytingarnar eru enn ekki tölulega marktækar. Ekkert súrefni mælist í dreifikerfinu. Meðalársvinnsla hitaveitunnar árið 1998 var 17,34 l/s, sem er nærri meðaltali síðustu ára. Núverandi reiknilíkan fyrir jarðhitakerfið er að stofni til frá 1987 en var endurskoðað 1994. Líkanið hermír enn vel vinnslusögu jarðhitakerfisins, en þó er rétt að huga að endurskoðun þess fljótlega.		
Lykilorð: Siglufjörður, hitaveita, jarðhitavinnsla, vinnslusvæði, vinnsluhola, dreifikerfi, vatnssýni, efnagreiningar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: <i>Ómar Sigurðsson</i>	
	Yfirfarið af:	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS	3
3. VINNSLA OG VATNSBORÐ	5
4. NIÐURSTÖÐUR	7
5. HEIMILDIR	8

MYNDASKRÁ

Mynd 1. Hiti og styrkur efnanna kísils, magnesíums og natríums í vatni úr holu 11	9
Mynd 2. Samsvörun reiknilíkans við vatnsborðsgögn frá því farið var að safna þeim reglulega	10
Mynd 3. Vinnsluspá á meðalvatnsborði við holu 7 til ársins 2010 fyrir fjögur vinnslutilfelli	10
Mynd 4. Vinnslusaga og fjarlegri spá um vatnsborð við holu 7 til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli	10

1. INNGANGUR

Í skýrslunni er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu RARIK á Siglufirði á árinu 1998 og fram á árið 1999, en vinnslusvæði veitunnar er á Skútudal. Hitaveitan og Orkustofnun hafa í samvinnu staðið að þessu vinnslueftirliti og er það unnið samkvæmt samningi þar um númer 613501-1987. Fjallað er um niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum sem tekin voru í nóvember 1998, bæði úr vinnsluholu og dreifikerfi veitunnar. Með þeim er tæring asbestlagna könnuð og virkni fblöndunarefnis til eyðingar súrefnis í jarðhitavatninu. Vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútudal er uppfærð fram á mitt ár 1999. Endurmetin er nálgun einfalds tank-lfkans á stöðu vatnsborðs í jarðhitakerfinu og þeir reikningar síðan framlengdir til þess að spá vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu fram yfir aldamótin, allt til ársins 2010.

2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS

Í nóvember 1998 voru tekin sýni til efnagreininga af jarðhitavatninu sem Hitaveita RARIK á Siglufirði nýtir, en það er liður í reglubundnu eftirliti með ástandi jarðhitakerfisins, sem Orkustofnun hefur haft með höndum. Kannað er hvort einhver breyting verður á efnasamsetningu vatnsins í jarðhitakerfinu við vinnslu, og einnig hvort breytingar verða á samsetningu þess við að fara um veitukerfið. Felst hið síðarnefnda einkum í því að mæla hvort súrefni komist inn í dreifikerfið, og þá hvort fblöndun natríumsúlfíts sé nægileg til að eyða súrefninu úr vatninu. Þá er kalsíum mælt til að fylgjast með tæringu asbeströra í stofnæðinni til bæjarins.

Sýni til heildarefnagreininga voru tekin úr aðalvinnsluholunni, holu 11 á Skútudal, og úr brunni við Hvanneyrarbraut 49, sem er nálægt enda dreifikerfisins. Hlutsýni til mælinga á súlfíti og kalsíum var tekið úr brunni 2 á Skútudal. Súlfít og súrefni var mælt við holutopp holu 11, í úttaki miðlunartanks og í brunni við Hvanneyrarbraut 49. Niðurstöður þessara efnamælinga eru sýndar í töflum 1, 2 og 3.

Tafla 1 sýnir niðurstöður heildarefnagreiningar vatns úr holu 11 frá síðasta ári, en einnig eru sýndar til samanburðar greiningar frá árunum 1994-1997. Ekki hafa orðið miklar breytingar á þeim tíma. Á mynd 1 eru hiti og styrkur þriggja efna teiknaðir með tíma frá því byrjað var að taka reglulega vatnsýni úr holu 11, árið 1986. Ekki eru sjáanlegar tölulega marktækar breytingar nema hægt er að merkja lækun í hita frá 1992. Styrkur magnesíums hefur farið hækkandi undanfarin ár, en í raun er ekki hægt að túlka þessar breytingar vegna þess hve litlar þær eru. Hins vegar, ef þær eru raunverulegar, bendir hækkun á styrk magnesíums til innrennslis á köldu grunnvatni í kerfið. Því þarf að fylgjast vel með efnastyrk vatnsins, einkum ef vinnsla úr kerfinu eykst.

Tafla 2 sýnir niðurstöður heildarefnagreininga síðustu 5 ára úr brunni við Hvanneyrarbraut, sem er nærri enda dreifikerfisins. Þar sést að lítilsháttar breytingar eiga sér stað á efnasamsetningu vatnsins á leið þess um dreifikerfið. Þær breytingar eru þó allar auðskýrðar. Í fyrsta lagi er styrkur kalsíums hærri en í vatni úr vinnsluholunni. Það er vegna tæringar á þeim asbestörum sem enn eru eftir af upphaflegu aðveituæðinni til bæjarins. Tæringin virðist bæta álfka miklu við styrk kalsíums á hverju ári síðustu 5 árin, jafnvel þó hluti asbestörana hafi verið endurnýjuð með stálrörum á þessum tíma. Það gæti bent til að tæringin væri að aukast miðað við yfirborð röranna. Þá sést að styrkur súlfats og natríums er lítið eitt hærri. Það er vegna þess að natríumsúlfíti er bætt í vatnið til að eyða súrefni og eftir hvörfun verður ögn af því eftir í vatninu. Í samræmi við það sést að súrefnið sem kemur upp með jarðhitavatninu hefur alveg eyðst og finnst ekki við enda dreifikerfisins.

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu 11 (mg/l).

Dagsetning Númer Hiti (°C)	1994-11-17 19940352 72,9	1995-11-19 19950337 72,1	1996-11-15 19960375 71,8	1997-11-19 19970726 72,2	1998-11-10 19980564 71,5
Sýrustig (pH/°C)	10,07/22	9,98/22	10,11/22	10,02/19	10,02/21
Kísill (SiO ₂)	96,5	94,8	93,9	92,5	93,8
Natríum (Na)	44,7	43,6	43,9	44,6	44,1
Kalíum (K)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kalsíum (Ca)	1,6	1,5	1,5	1,5	1,7
Magnesíum (Mg)	0,001	0,004	0,004	0,008	0,006
Karborat (CO ₂)	19,4	19,4	20,3	18,6	19,5
Súlfat (SO ₄)	9,4	9,5	9,4	9,3	9,7
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,4	8,6	8,7	8,5	8,8
Flúoríð (F)	0,38	0,35	0,37	0,34	0,37
Ál (Al)	-	-	0,092	0,082	0,080
Mangan (Mn)	0,0003	-	0,0000	0,0002	0,0004
Járn (Fe)	0,015	-	0,013	0,012	0,010
Uppleyst efni	190	190	199	192	202
Súrefni (O ₂)	0,03	0,06	0,05	0,04	0,05
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-11,34	-	-11,34	-11,35	-11,32

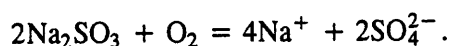
Tafla 2. Efnasamsetning vatns úr brunni við Hvanneyrarbraut 49 (mg/l).

Dagsetning Númer Hiti (°C)	1994-11-17 19940354 66,3	1995-11-19 19950341 61,8	1996-11-15 19960378 -	1997-11-19 19970728 64,0	1998-11-10 19980567 64,6
Sýrustig (pH/°C)	10,07/22	10,00/22	10,12/22	10,07/19	10,00/23
Kísill (SiO ₂)	94,7	94,2	93,7	92,3	94,2
Natríum (Na)	47,3	45,7	45,6	47,1	46,4
Kalíum (K)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,69
Kalsíum (Ca)	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
Magnesíum (Mg)	0,001	0,004	0,004	0,006	0,009
Karborat (CO ₂)(t)	19,4	21,2	17,7	19,4	20,0
Súlfat (SO ₄)	13,8	13,7	12,6	13,1	14,3
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,4	8,7	8,6	8,7	8,8
Flúoríð (F)	0,37	0,34	0,37	0,33	0,37
Ál (Al)	-	0,098	0,086	0,082	0,073
Mangan (Mn)	-	0,0000	0,0002	0,0004	0,0002
Járn (Fe)	-	0,0180	0,0129	0,0214	0,0098
Uppleyst efni	215	185	202	205	213
Súrefni (O ₂)	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
Súlfít (SO ₃)	0,3	0,0	0,6	1,5	0,3

Tafla 3. Efnasamsetning vatns úr brunni 2 (mg/l).

Dagsetning	1994-11-17	1995-11-19	1996-11-15	1997-11-19	1998-11-10
Númer	19940353	19950338	19960376	19970727	19980565
Hiti (°C)	72,5	71,0	71,0	70,9	70,9
Kalsíum (Ca)	1,5	1,4	-	1,5	1,66
Súlfít (SO ₃)	2,0	0	2,16	1,5	1,2
Súrefni (O ₂)	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00

Jarðhitavatnið á Skútudal er snautt af brennisteinsvetni en hefur háan styrk súrefnis. Þar sem þessi styrkur súrefnis er nægilega hár til að tæra lagnir og ofna úr járni hefur verið beitt þeirri aðferð að eyða súrefni úr vatninu með íblöndun natríumsúlfíts. Súlfítið hvarfast við súrefnið í vatninu og oxast yfir í sulfat samkvæmt efnahvarfinu:



Þetta er ástæðan fyrir því að styrkur sulfats og natríums hækkar í vatninu. Styrkur sulfíts var mældur á nokkrum stöðum til að fylgjast með að íblöndunin sé hæfileg og geri sitt gagn. Miðað er við að efnið sé nægilega mikið til að eyða öllu súrefni sem er í vatninu og afgangur sé til að eyða súrefni sem kann að leka inn í kerfið um óþéttar lagnir eða miðlunartank. Afgangur sem nemur um 2-3 mg/l við enda lagnar þykir æskilegur til að mæta sveiflum í súrefnisleka. Rétt er að taka fram að natríumsúlfít er talið skaðlaust í þessum styrk jafnvel þó um neysluvatn væri að ræða. Leyfilegt hámark sulfíts í neysluvatni er 15 mg/l og hefur styrkurinn þess í hitaveituvatninu alltaf mælst langt undir þeim mörkum.

Natríumsúlfíti er blandað í vatnið með sjálfvirkum skömmtunarbúnaði við varaholuna, holu 7. Styrkur sulfíts og súrefnis var síðan mældur á þremur stöðum; í brunni 2 sem er á aðveituaðinni nokkur hundruð metrum neðar, við úttak miðlunartanks bæjarins og nálægt enda dreifikerfisins í brunni við Hvanneyrarbraut. Ef töflur 1, 2 og 3 eru skoðaðar sést að súlfítið hefur strax í brunni 2 náð að eyða öllu súrefni úr jarðhitavatninu og er sulfítstyrkurinn komið niður í 1,2 mg/l. Í sýni sem tekið var við úttak miðlunartanksins er sulfítstyrkurinn kominn niður í 0,2 mg/l og hefur náð að eyða öllu súrefni sem vatnið tók mögulega upp þar. Ekkert súrefni mældist við úttak miðlunartanksins og heldur ekki í sýni sem tekið var í brunni við Hvanneyrarbraut. Þar mældist styrkur sulfíts um 0,3 mg/l. Styrkur sulfíts sem mælist við úttak miðlunartanks og á Hvanneyrarbraut er nálægt greiningarmörkum aðferðarinnar sem notuð er við mælingarnar. Afgangs sulfít í vatninu er því alveg í minnsta lagi til að bregðast við ef súrefni færi að koma inn á kerfið.

3. VINNSLA OG VATNSBORÐ

Hitaveitan hefur fylgst nær samfellt með vatnsborði í holu 7 frá árinu 1983, en á tímabilinu febrúar 1993 til mars 1995 var það mælt í holu 6. Þó hola 6 sé í tæplega 40 m fjarlægð frá holu 7 eru viðbrögð hennar við vinnslu úr holu 11 nær sömu og holu 7, þegar tillit hefur verið tekið til hæðarmunar milli þeirra. Vatnsborðsstaða í jarðhitakerfinu sem lýsir þrýstingi þess er því miðuð við holu 7. Vatnsborð hefur einnig verið mælt í holu 11 frá árinu 1983, fyrstu tvö árin stopult, þá reglulega utan sumarstoppa og svo samfellt frá árinu 1992. Hola 11 hefur hins vegar verið í vinnslu á þessum tímum og því erfiðara að miða vatnsborð jarðhitakerfisins við það.

Vatnstaka úr jarðhitakerfinu hefur verið mæld nær samfelld frá desember 1988. Á tímabili voru jafnvel þrjár rennismælur í gangi samtímis og fékkst þá góður samanburður milli þeirra og kvörðun á þeim. Þannig var nýjasti mælirinn, sem tekinn var í notkun í júlí 1993, talinn vera réttastur, en hann er á frárennsli miðlunartanks. Öll vinnsla úr jarðhitakerfinu er nú miðuð við þann mæli.

Eftir sölukerfisbreytingu um áramótin 1991-92, og frekari hagræðingu í vinnslustýringu jarðhitakerfisins í kjölfarið, þá dró verulega úr vinnslunni og vatnsborð í jarðhitakerfinu hækkaði. Undanfarin sumur hefur vatnsborð hækkað upp fyrir holutoppa fyrstu vinnsluholnanna á svæðinu, holna 6 og 7, en sjálfrennsli var úr þeim við upphaf vinnslu. Vatnsvinnslan á árinu 1998 var 546.947 m³ og að meðaltali 17,34 l/s, en frá árinu 1993 hefur vinnslan verið að meðaltali kringum 17 l/s. Fyrir breytingu sölukerfis og samhliða umbótum var ársvinnslan að jafnaði tæpir 25 l/s. Þær aðgerðir sem ráðist var í hafa skilað sér í tæplega 30% minnkun á vatnstöku úr jarðhitakerfinu, sem þýðir að afl kerfisins hefur aukist. Vatnsvinnslan fyrir fyrri hluta árs 1999 bendir til að hún verði svipuð og á árinu 1998, eða um 17 l/s.

Síðustu ár hefur vinnslan verið mest í janúar eða febrúar rúmum 23 l/s, en minnst í júlímánuði allt niður í tæpa 10 l/s. Mesta mánaðarvinnsla er nú minni en ársvinnslan var áður að jafnaði og minnsta mánaðarvinnsla er nú sambærileg við það sem jarðhitakerfið gaf í upphafi í sjálfrennsli. Því hefur vatnsborð í jarðhitakerfinu hækkað eins og sjá má á myndum 2 og 3. Árið 1998 var vatnsborð að meðaltali á tæplega 25 m dýpi miðað við holu 7. Fyrir 1992 var það hins vegar á um 115 m dýpi (myndir 2 og 3).

Vatnsborð og dæling eru þær stærðir sem notaðar eru til að meta afköst jarðhitakerfisins og áætla framtíðarviðbrögð þess fyrir gefið vinnslumynstur. Á undanförunum árum hefur verið notað einfalt vatnafræðilegt tank-líkan til að herma viðbrögð kerfisins við vinnslu (Ómar Sigurðsson o.fl., 1987). Líkanið hefur verið uppfært reglulega fyrir ný vinnslugögn og síðan notað við gerð spáa. Mynd 2 sýnir nálgun líkansins að mældu vatnsborði í holu 7 frá árinu 1983 eða frá því samfelld skráning hófst á því. Vatnsborðs- og vinnslugögn yfir þetta sama tímabil eru notuð til að stilla reiknilíkanið. Eins og sést á mynd 2 þá er árstíðarsveifla vatnsborðs milli vetrar og sumars mikil. Árstíðarsveiflan er minni fyrir sölukerfisbreytinguna, fyrir árið 1991, þá breytist vatnsborðsstaðan í jarðhitakerfinu nokkuð mikið á árinu 1992 og árstíðarsveifla þess verður meiri eftir það. Hingað til hefur reiknilíkanið gert ráð fyrir opnu kerfi með tveim tönkum og mismunandi rennslisviðnámi milli þeirra. Þannig má líta á að fyrsti tankurinn samsvari tiltölulega litlu rúmmáli umhverfis vinnsluholurnar og er vinnslan tekin úr honum. Næsti tankur samsvari síðan rúmmáli stærra jarðhitakerfis fjær vinnsluholunum, og rennslisviðnámið samsvari lektinni í hvoru rúmmáli fyrir sig. Þannig er lektin góð við vinnsluholurnar en minni fjær þeim, hugsanlega vegna þess að holufyllingar þetta bergið þar meira. Vegna þess að rúmmálið (tankurinn) næst vinnsluholunum er tiltölulega lítið og lektin minni utan þess verður vatnsborðsveiflan mikil í vinnslusvæðinu við litla breytingu í vinnslu. Undanfarin ár hefur líftill munur verið milli tveggja-tankanna líkans og þriggja-tankanna líkans hvað varðar nálgun við mælt vatnsborð. Því hefur einfaldara tveggja-tankanna líkanið verið notað til að herma vatnsborðsbreytingarnar og fyrir spáreikningana. Hins vegar er nú að verða marktækur munur í þá átt að flóknara þriggja-tankanna líkanið hermi betur vinnslugögnin. Í framtíðinni er því rétt að endurskoða reiknilíkanið í heild sinni.

Líkt og áður var tveggja-tankanna reiknilíkanið notað til að gera spár fram í tímann fyrir nokkur vinnslutilfelli. Reiknað var fyrir svipuð vinnslutilfelli og notuð hafa verið í fyrri spám. Spárnar eru sýndar á mynd 3, en þær eru reiknaðar frá áramótum 1998-99 og fram til ársins 2010.

Þær sýna meðalvatnsborð í jarðhitakerfinu við holu 7 fyrir meðalársvinnslu. Auk þess er á myndinni sýnt mælt meðalvatnsborð (opnir kassar) og punktur eins og vatnsborð virðist stefna í að verða á árinu 1999. Eins og áður er sagt þá sveiflast vatnsborð mikið með vinnslunni yfir árið. Til að gera sér betur grein fyrir þessu eru á mynd 4 sýndar spár fyrir þrjú tilfelli, þar sem meðalársvinnslan er 17 l/s, 20 l/s og 23 l/s. Spárnar ná eins og fyrr þrjú ár fram í tímann frá mánaðarmótum júlí-ágúst 1999 og breytist vinnslan milli mánaða í líkingu við það sem hún gerir í raunveruleikanum. Enn miðast vatnsborð við holu 7 þannig að í holu 11 er vatnsborð á sama tíma allt að 30 m lægra vegna hæðarmunar milli holnana og vegna þrýstítaps við holu 11 samfara dælingu. Eins og er fylgir vatnsborð nokkurn veginn spáferlinum fyrir 17 l/s.

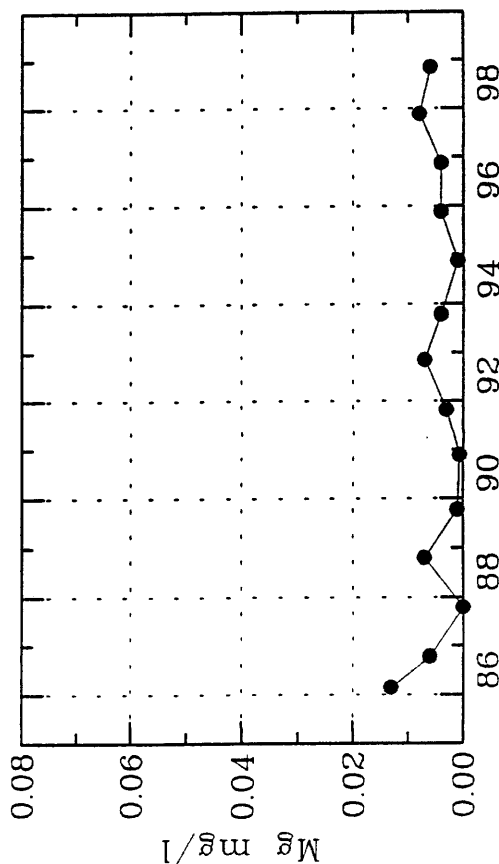
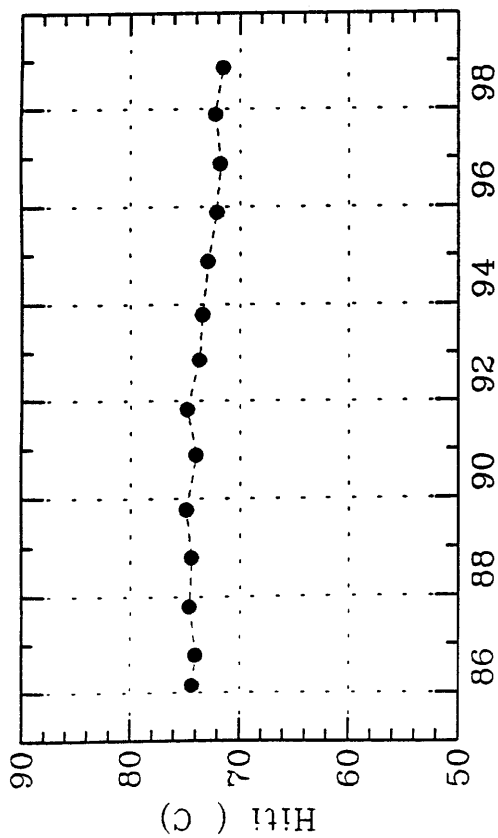
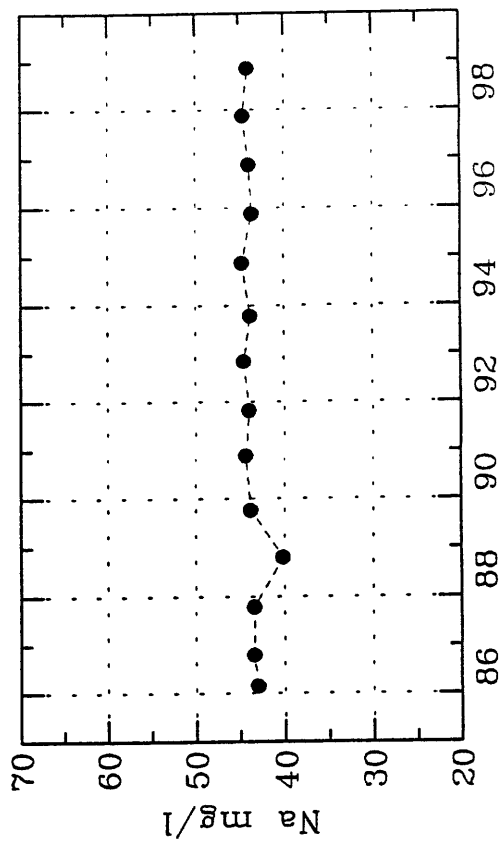
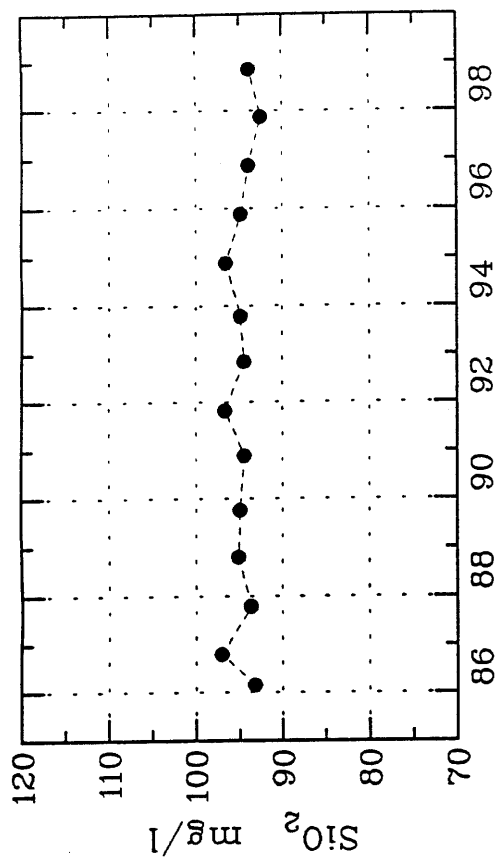
4. NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður vinnslueftirlits fyrir árið 1998 hjá Hitaveitu RARIK á Siglufirði eru eftirfarandi:

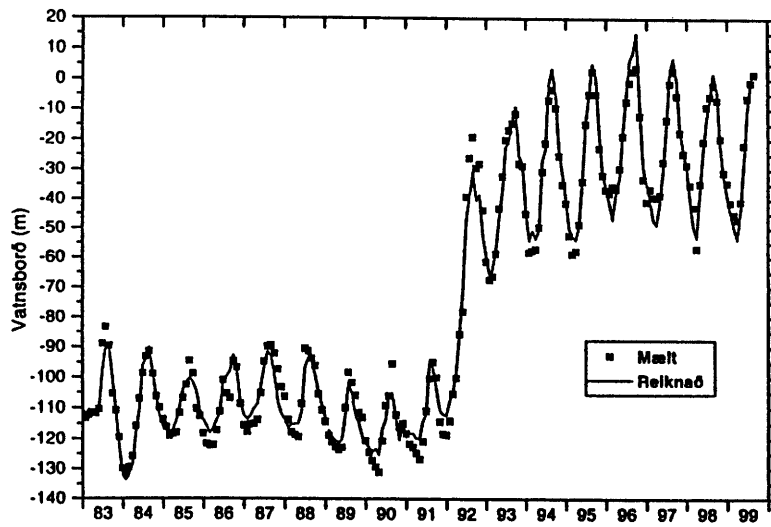
1. Ekki hefur orðið marktæk breyting á efnasamsetningu vatns úr jarðhitakerfinu á Skútudal á undanförunum árum. Mældur vatnshiti við sýnatöku úr aðalvinnsluholunni, holu 11, hefur þó verið lækkandi undanfarin ár. Örlítil hækkun á styrk magnesíums gæti bent til kólnunar í jarðhitakerfinu af völdum aukins innstreymis kaldara grunnvatns. Breytingarnar eru þó enn það litlar að ekki er hægt að fullyrða um það og á þeim kunna að vera aðrar skýringar.
2. Ekkert súrefni mældist í dreifikerfinu og því virðist fblöndun natríumsúlffts vera næg. Styrkur þess við enda dreifikerfisins er hins vegar mjög lágur og óvíst að það myndi duga til að eyða súrefni sem hugsanlega kæmist inn í dreifikerfið vegna bilana.
3. Tæring asbeströra í aðveituæð heldur áfram að skila sér í auknum styrk kalsíums og er styrkur þess sá sami og undanfarin ár. Búist hafði verið við að styrkur þess lækkaði þar sem asbeströrin hafa í auknum mæli verið endurnýjuð með stálrörum á síðustu árum. Þetta gæti bent til þess að tæring þeirra asbeströra sem eftir eru hafi aukist.
4. Meðalársvinnsla hitaveitunnar var 17,34 l/s á árinu 1998 sem er nærri meðaltali síðustu ára, eða frá 1993. Fyrir árið 1992 var meðalvinnslan hins vegar að jafnaði um 25 l/s. Sölukerfisbreyting veitunnar um áramótin 1991-92 ásamt öðrum aðgerðum til að bæta vinnslustýringu hennar minnkaði vatnsþörf veitunnar um tæp 30%.
5. Samfara minni vatnstöku úr jarðhitakerfinu hefur vatnsborð hækkað í því og kemur upp að holutoppum á sumrin. Góður árangur af vatnssparnaði veitunnar og góð staða vatnsborðs í jarðhitakerfinu veita hitaveitunni svigrúm til að fjölga notendum eitthvað í náinni framtíð.
6. Núverandi reiknilíkan fyrir jarðhitakerfið á Skútudal er að stofni til frá árinu 1987, en endurskoðað 1994 eftir að betri upplýsingar um vinnslu höfðu fengist frá rennismælingum árið áður. Þó reiknilíkanið hermi enn vel vinnsluögu jarðhitakerfisins, og sé uppfært reglulega, er rétt að huga að endurskoðun þess fljótlega.

5. HEIMILDIR

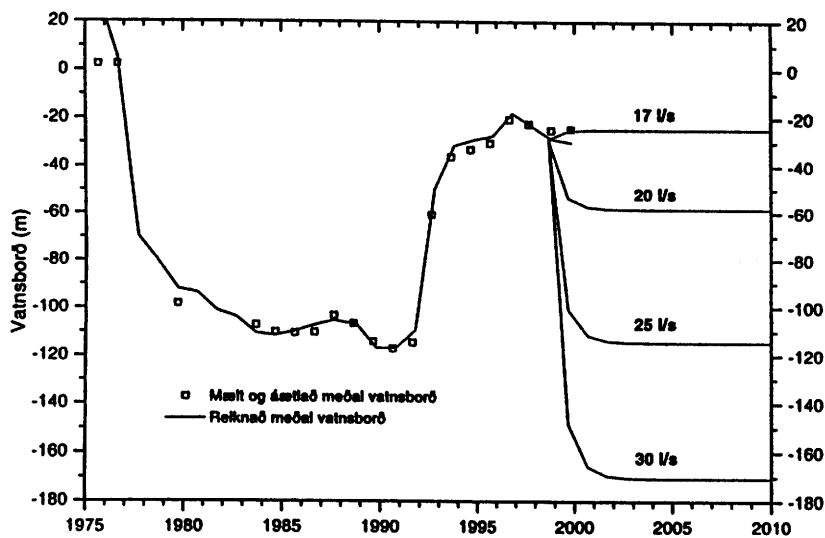
Ómar Sigurðsson, Ragna Karlsdóttir og Margrét Kjartansdóttir, 1987: Hitaveita Siglufjarðar.
Mat á jarðhitasvæðinu í Skútudal. Orkustofnun, OS-87034/JHD-08, 71 s.



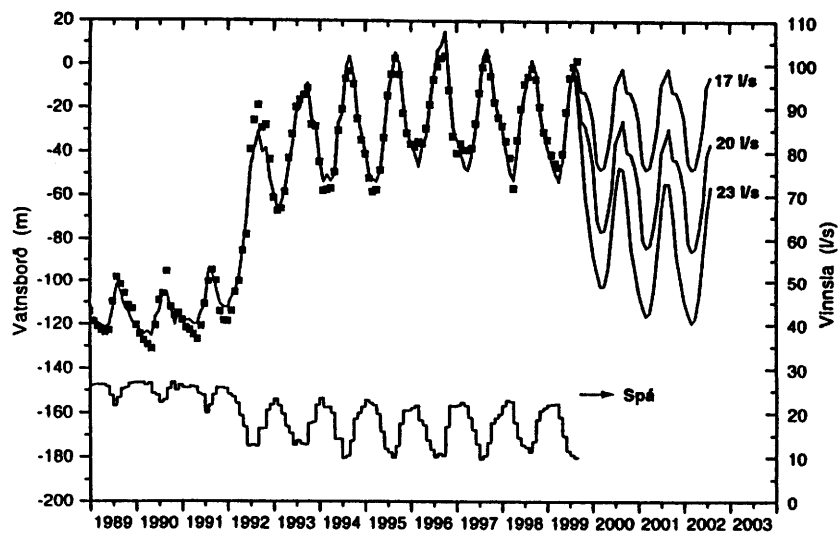
Mynd 1. Hiti og styrkur efnanna kísils (SiO₂), magnesíums (Mg) og natrífums (Na) í vatni úr holu 11.



Mynd 2. Samsvörun reiknilfkans við vatnsborðsgögn frá því farið var að safna þeim reglulega.



Mynd 3. Vinnsluspá á meðalvatnsborði við holu 7 til ársins 2010 fyrir fjögur vinnslutilfelli.



Mynd 4. Vinnslusaga og ítarlegri spá um vatnsborð við holu 7 til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli.