



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**HITAVEITA SIGLUFJARÐAR**

**Vinnslueftirlit 1993-1994**

Ómar Sigurðsson  
Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Siglufjarðar

OS-94038/JHD-21 B

Október 1994



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 501

## **HITAVEITA SIGLUFJARÐAR**

### **Vinnslueftirlit 1993-1994**

Ómar Sigurðsson  
Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Siglufjarðar

OS-94038/JHD-21 B

Október 1994

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS	3
3. EFTIRLIT MEÐ ÍBLÖNDUN	6
4. VINNSLA OG VATNSBORÐ	7
5. NIÐURSTÖÐUR	15
6. HEIMILDIR	16

## MYNDASKRÁ

1. Hiti og styrkur kísils, klóríðs og natríums í vatni frá holum 7 og 11	5
2. Samanburður rennslismælinga gerðum með nýjum mæli og rellumæli við eldri mælir	10
3. Ákvörðun á þrýstítapsstuðli fyrir holu 7 út frá rennslismælingum 1984	11
4. Ákvörðun á þrýstítapsstuðli fyrir holu 11 út frá rennslismælingum 1985 og 1989-1991	11
5. Samband meðalhita og meðaldælingar frá vinnslusvæðinu á Skútudal	12
6. Nálgun sambanda meðalhita og meðaldælingar við raundælingu 1989-1991	12
7. Vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútudal frá 1975	13
8. Samsvörun reiknilfkans við vatnsborðsgögn frá 1983	13
9. Vinnsluspá til ársins 2005 fyrir fimm vinnslutilfelli	14
10. Vinnslusaga og ítarlegri spá til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli	14

## TÖFLUSKRÁ

1. Efnasamsetning vatns úr holu 11	4
2. Efnasamsetning vatns úr brunni 2	6
3. Efnasamsetning vatns úr brunni við Hvanneyrarbraut 49	7

## 1. INNGANGUR

Í skýrslunni er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu Siglufjarðar á Skútudal árið 1993 og fram á árið 1994. Hitaveitan og Orkustofnun hafa í samvinnu staðið að þessu vinnslu-  
eftirliti og er það unnið samkvæmt samningi þar um númer 613501-1987. Fjallað er um niður-  
stöður efnagreininga á vatnssýnum sem tekin voru í október 1993. Þá voru einnig tekin vatns-  
sýni úr dreifikerfi veitunnar til að kanna tæringu asbestlagna og lækun súrefnisstyrks vegna  
efnaflöndunar. Vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútudal er uppfærð fram á mitt ár 1994. Auk  
þess voru öll vinnslugögn leiðrétt og samræmd mælingum gerðum með nýjum rennismæli, en  
samrekstur þriggja rennismæla sýndi að nokkur skekkja var í gamla rennismælinum sem tek-  
inn var í notkun í desember 1988. Verulegar breytingar urðu á vinnslumynstri veitunnar á árinu  
1992 samfara breytingum á sölukerfi hennar, sem leitt hefur til varanlegs sparnaðar í vatnstöku  
úr jarðhitakerfinu. Endurreiknuð er nálgun einfalds tank-líkans á stöðu vatnsborðs í jarðhita-  
kerfinu. Þeir reikningar eru síðan framlengdir til þess að spá vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu  
fram yfir aldamótin.

## 2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS

Í október 1993 voru tekin sýni til efnagreininga hjá Hitaveitu Siglufjarðar, en árleg athugun á  
efnasamsetningu jarðhitavatnsins er þáttur í reglubundnu eftirliti Orkustofnunar hjá veitunni.  
Sýni var tekið við holutopp holu 11 á Skútudal, en hún er aðalvinnsluhola veitunnar. Þá voru  
tekin sýni úr tveimur brunnnum á veitukerfinu, brunni 2 sem er skammt frá holunum á Skútudal,  
og brunni við Hvanneyrarbraut 49 sem er nærri enda dreifikerfisins á Siglufirði. Ennfremur var  
súrefni mælt í miðlunartanki veitunnar fyrir ofan bæinn. Auk þessa var tekið vatnssýni úr holu  
8 til ákvörðunar á brennisteinsvetni.

Hiti vatnsins og styrkur súrefnis var mælt við sýnatöku, en sýrustig, karbónat, brennisteinsvetni  
og súlfít voru greind samdægurs í sýnum sem tekin voru á loftþétt glerflát. Önnur efni voru  
greind síðar á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar. Niðurstöður greininganna eru í töflum 1, 2  
og 3.

Efnaeftirlit með jarðhitavatni þjónar tvennum tilgangi. Í fyrsta lagi að fylgjast með ef einhverjar  
breytingar verða í jarðhitakerfinu sjálfu, en smávægilegar breytingar í efnasamsetningu vatnsins  
geta sagt fyrir um stærri breytingar, eins og hugsanlega kólnun kerfisins. Í öðru lagi að fylgjast  
með breytingum sem verða á vatninu eftir að það kemur inn á veitukerfið, og hugsanlegri tær-  
ingar og útfellingahættu í lagnakerfinu.

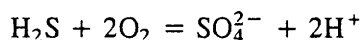
Hola 11 hefur verið aðalvinnsluhola veitunnar frá árinu 1983 og eru holur 7 og 10 nú eingöngu  
nýttar sem varaholur. Tafla 1 sýnir heildarefnasamsetningu vatns úr holu 11 síðastliðið haust,  
og til samanburðar eru sýndar niðurstöður efnagreininga úr holunni undanfarin þrjú ár. Þar sést  
að efnasamsetningin hefur haldist óbreytt síðustu árin og á mynd 1 sést að hún hefur raunar ekki  
breytst marktækt frá 1986 eða frá því farið var að taka reglulega sýni úr henni. Mynd 1 er í  
fjórum hlutum og sýnir hitastig og styrk þriggja efna sem eru uppleyst í vatninu úr holu 11. Á  
myndinni eru samsvarandi upplýsingar einnig birtar fyrir holu 7 til samanburðar. Vatnið úr  
holu 11 er heitara en úr holu 7, og efnasamsetning þess er stöðug. Sýnataka úr holu 7 var mun  
strjálli og því ekki hægt að fullyrða að að sveiflurnar sem þar sjást séu fyrirboði einhverra  
breytinga.

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

Dagsetning	90-11-22	91-10-26	92-11-04	93-10-15
Númer	90-0276	91-0210	92-0279	93-0202
Hiti (°C)	74,0	74,8	73,7	73,4
Sýrustig (pH/°C)	10,0/18	10,10/23	10,04/18	10,08/17
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	94,4	96,6	94,4	94,8
Natríum (Na)	44,3	44,0	44,5	43,8
Kalíum (K)	0,8	0,7	0,7	0,7
Kalsíum (Ca)	1,5	1,5	1,5	1,5
Magnesíum (Mg)	<0,001	0,003	0,007	0,004
Karbónat (CO <sub>2</sub> )	18,6	16,7	16,8	19,9
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	8,6	9,1	9,3	9,1
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,6	8,9	8,7	8,7
Flúoríð (F)	0,36	0,37	0,36	0,36
Uppleyst efni	202	213	206	185
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0,06	0,05	0,06	0,06

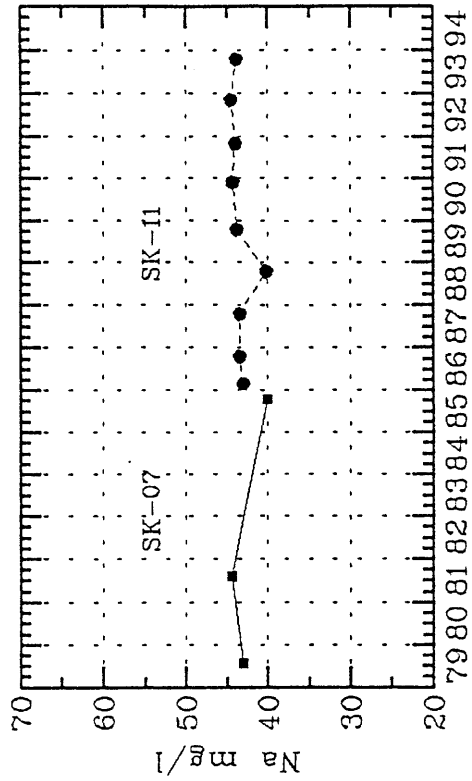
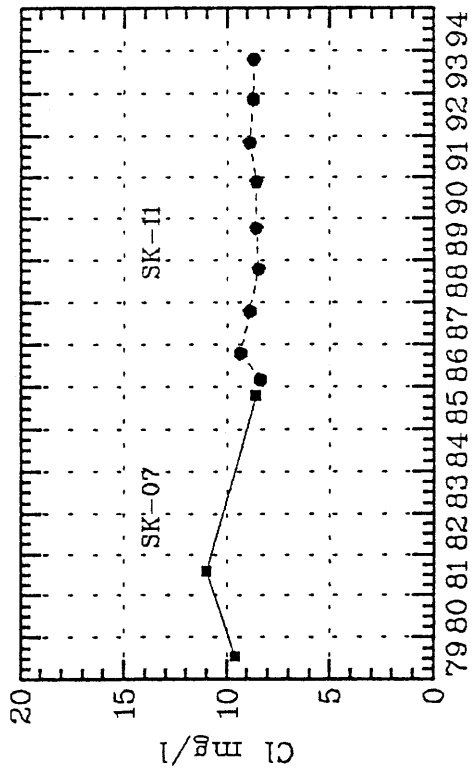
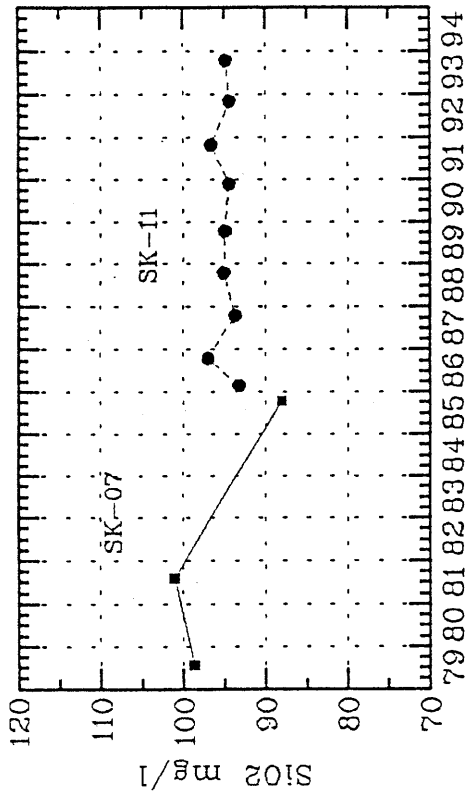
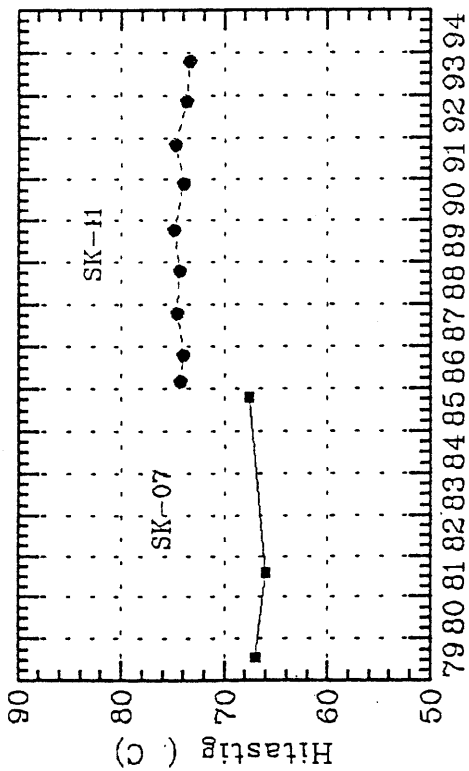
Haustið 1992 vaknaði grunur um að brennisteinsvetni væri í sjálfrennsli holu 8. Ekki tókst að staðfesta þetta fyrr en síðastliðið haust, en þá mældust 0,13 mg/l í sjálfrennsli holunnar. Þessi niðurstaða styrkir enn það sem fram kom í síðustu vinnslueftirlitsskýrslu (Ómar Sigurðsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993) um að hola 8 taki vatn dýpst úr jarðhitakerfinu og að vatnið hafi ekki náð að hvarfast við efni í efri jarðlögum á leið sinni til yfirborðs.

Ef nægilegt brennisteinsvetni er í jarðhitavatni eyðir það súrefni úr vatninu samkvæmt efna-hvarfinu:



Þá er ekki þörf á íblöndun súlfíts til að eyða því. Styrkur brennisteinsvetnisins í holu 8 er lágmarksstyrkur sem nægir til að eyða súrefni úr svona kerfi. Því myndi ekki nægja að blanda vatni úr holu 8 við vatnið sem dælt er úr hinum holunum til að eyða súrefninu í því.

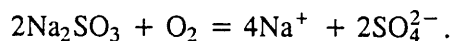
JHD BM 5000 GSV  
94.10.0559 T



Mynd 1. Hiti og styrkur kísils, klóríðs og natríúms í vatni frá holum 7 og 11.

### 3. EFTIRLIT MEÐ ÍBLÖNDUN

Vegna þess hve styrkur súrefnis er hár í vatninu úr holu 11 er það mjög tærandi og því hefur verið gripið til þess ráðs að blanda natrúmsúlfíti í vatnið. Það eyðir súrefni samkvæmt efnahvarfinu:



Mikilvægt er að blanda réttum skammti af efninu í vatnið, þ.e. nægilegu til að eyða öllu súrefni, en ekki svo miklu að það spilli vatninu. Dálftið af natrúum og súlfíti verður eftir í vatninu, en það er skaðlaust í litlu magni. Hámarksgildi súlfíts sem leyfilegt er í neysluvatni er 15 mg/l, en það er talið hæfilegt að 2 mg/l séu eftir í vatninu á enda dreifikerfisins til að öruggt sé að súlfítið hafi eytt öllu súrefni. Til að fylgjast með þessu er árlega mældur styrkur súrefnis og súlfíts í safnæð skömmu eftir að natrúmsúlfítinu hefur verið blandað í það og ennfremur nálægt enda dreifikerfisins þegar íblöndunin á að hafa gert sitt gagn. Íblöndun fer fram í dæluhúsi við holu 7. Undanfarin ár hefur reynst hæfilegt að leysa 50 kg af efninu í 1000 l af vatni og skammta inn í kerfið á 2 sólarhringum. Sýni var tekið úr brunni 2 sem er skammt frá holu 7, niðurstöður efnagreininga þáðan frá síðustu 4 árum eru sýndar í töflu 2. Þá var tekið sýni úr brunni við Hvanneyrarbraut 49 og eru niðurstöður þeirra greininga í töflu 3.

Í töflu 2 sést að í brunni 2 er allt súrefni horfið úr vatninu og venjulega 2-3 mg/l eftir af súlfíti. Hins vegar var þar aðeins 1 mg/l af súlfíti eftir á síðastliðnu hausti. Tafla 3 sýnir svo efnasamsetningu vatnsins nálægt enda dreifikerfisins, á Hvanneyrarbraut 49. Þar sést að ekkert súrefni hefur greinst þar árin 1990-1992, en súlfít í vatninu hefur minnkað. Því er ljóst að auk þess súrefnis sem kemur með vatninu upp úr holunni er einhver súrefnisupptaka í lögninni eða í miðlunartanki. Haustið 1993 hefur íblöndun natrúmsúlfíts greinilega ekki verið næg, þar sem súrefni mældist í vatninu á Hvanneyrarbraut 49 og súlfítið var uppurið, mældist aðeins 0,2 mg/l, sem er nálægt greiningarmörkum aðferðarinnar. Þetta á sér sennilega þá skýringu að þegar sýnataka fór fram var verið að byggja skúr við holu 7 og setja upp nýtt íblöndunarkerfi, þannig að magn íblöndunar hefur raskast vegna þessa. Því má ætla að þetta hafi verið mjög tímabundin truflun.

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

Dagsetning	90-11-22	91-10-26	92-11-04	93-10-15
Númer	90-0277	91-0211	92-0283	93-0203
Hiti (°C)	73,9	73,7	72,0	72,0
Kalsíum (Ca)	1,6	1,6	1,6	1,5
Súlfít (SO <sub>3</sub> )	3,2	2,9	2,3	1,0
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0,000	0,000	0,000	0,000

Ef efnasamsetning vatnsins við enda kerfisins (tafla 3) er borin saman við upphaflega samsetningu vatnsins (tafla 1), sést að auk breytinga á súrefnisstyrk og styrkukningar natrúms og súlfíts vegna íblöndunar, eykst styrkur kalsíums lítillega. Ástæða þess er tæring á asbestlögnum dreifikerfisins. Styrkukningin hefur verið sú sama undanfarin ár þannig að tæringarhraðinn virðist vera nokkuð stöðugur. Á árinu 1986 var tæringarhraði asbeströra í aðveitunni að jafnaði um 240 g kalsíum/m<sup>2</sup> á ári (Hrefna Kristmannsdóttir og Ásbjörn Einarsson, 1986), sem er talið fremur lágt miðað við sambærilegar veitur. Styrkur kalsíums var þá um 10 % hærri í brunni við

Tafla 3. Efnasamsetning vatns úr brunni við Hvanneyrarbraut 49 (mg/l).

Dagsetning	90-11-22	91-10-26	92-11-04	93-10-15
Númer	90-0275	91-0212	92-0284	93-0201
Hiti (°C)	69,4	68,8	68,9	-
Sýrustig (pH/°C)	10,0/18	10,1/23	9,99/20	10,13/16
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	95,2	96,4	95,2	94,3
Natríum (Na)	48,4	48,6	47,9	45,4
Kalíum (K)	0,8	0,7	0,7	0,7
Kalsíum (Ca)	2,1	2,0	2,1	2,0
Magnesíum (Mg)	0,012	0,001	0,003	0,001
Karborat (CO <sub>2</sub> )(t)	19,0	16,8	18,0	21,8
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	16,6	16,7	16,3	11,8
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,6	8,8	8,7	8,6
Flúoríð (F)	0,36	0,37	0,36	0,35
Uppleyst efni	214	212	212	166
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0,00	0,00	0,00	0,04
Súlfít (SO <sub>3</sub> )	1,4	2,2	1,2	0,2

Hvanneyrarbraut, en rennsli er nú talsvert minna en það var þá. Búið er að endurnýja hluta lagnarinnar með stálpípum og því erfitt að gera beinan reikningslegan samanburð á tæringarhraða, en hann hefur allavega ekki aukist verulega.

#### 4. VINNSLA OG VATNSBORÐ

Á safnæðinni skammt fyrir framan miðlunartank hitaveitunnar var rekinn rellu-rennslismælir á tímabilinu 23. maí 1984 til 14. september 1985. Hljóð-rennslismælir var síðar settur á safnæðina 8. desember 1988 og hefur verið í nær samfelldum rekstri síðan. Fljótlega eftir að hljóð-rennslismælirinn var settur upp vöknudu grunsemdir um að hann teldi of mikið. Ekki var hægt að sannreyna þetta þá. Í október 1992 var bætt inn rellu-rennslismæli á safnæðina og í júlí 1993 var nýr hljóð-rennslismælir tekinn í notkun, en hann er á frárennsli miðlunartanks. Allir þrjár rennslismælarnir voru reknir samtímis fram til 4. októbers 1993 að rellu-mælirinn var tekinn út. Hljóð-rennslismælarnir fyrir framan og aftan miðlunartank eru hins vegar reknir enn. Bæði rellumælirinn og nýi mælirinn staðfesta að vatnstakan var oftalin með gamla hljóð-rennslismælinum. Rennslismælingum með nýja hljóð-mælinum og rellu-mælinum ber nokkurn veginn saman og er samanburðurinn við eldri hljóð-mælinn sýndur á mynd 2. Eldri vinnslugögn sem mæld voru með eldri hljóð-mælinum hafa nú verið leiðrétt að nýja hljóð-mælinum samkvæmt jöfnu 1 á mynd 2.

Þar sem nú var hægt að lagfæra eldri vinnslugögn með samanburði við nýja rennslismæla var mat á stuðlum fyrir þrýstistöp í holum 7 og 11 einnig lagað (Ómar Sigurðsson o.fl., 1987). Þessi þrýstistöp stafa aðallega af iðustreymi í og við holurnar ásamt töpum í holunum sjálfum. Mynd 3 sýnir þannig þrýstítapstuðul holu 7 eins og hann er ákvarðaður fyrir dælingu árið 1984. Mynd 4 sýnir svo þrýstítapstuðul holu 11 eins og hann er ákvarðaður fyrir árið 1985 (plúsar) og árin 1989-1991 (hringir). Samkvæmt því hafa þrýstistöp minnkað í holu 11 á því tímabili.



Ýmis önnur gögn benda einnig til að einhver breyting hafi átt sér stað í jarðhitakerfinu, líklega á síðari hluta árs 1987, en ekki er hægt að tengja breytingarnar neinum þekktum atburðum á svæðinu. Breytingarnar hafa þó verið til batnaðar fyrir jarðhitakerfið, þar sem þrýstistöð við holurnar hafa minnkað og niðurdráttur einnig minnkað við svipaða eða meiri dælingu.

Í skýrslu frá 1992 (Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson, 1992) var kannað samband milli dælingar í hverjum mánuði og meðalhita þess mánaðar eins og hann er skráður á veðurathugunarstöð við Siglufjörð. Það samband sem fannst var síðan notað til að bæta mat á vinnslu úr jarðhitakerfinu á Skútudal fyrir þau tímabil þar sem mælingar vantaði. Þegar vinnsla hófst á Skútudal í lok árs 1975 var veðurathugunarstöð á Reyðará. Í júní 1980 fluttust veðurathuganir yfir á Siglunes og í febrúar 1990 fluttust þær að Sauðanesvita (Veðráttan). Hitaveitan skráði úti-hita við dæluskúrana á Skútudal fyrri hluta árs 1984, mestan hluta árs 1985 og fram á mitt ár 1986. Samkvæmt þeim mælingum er meðalhiti á Skútudal nær sá sami og gefinn er upp fyrir nærliggjandi veðurathugunarstöð. Meðalhiti veðurathugunarstöðvarinnar lýsir því vel meðalúti-hita við Siglufjörð. Samband meðalhita og dælingar var endurskoðað nú fyrir leiðrétt vinnslugögn frá árunum 1989-1991 og er sýnt á mynd 5 (hringir). Eldri gögn um dælingu frá árunum 1984-1985 eru sýnd á mynd 5 sem krossar. Af myndinni sést að mun meira samræmi er milli nýlegra gagna og eldri gagna nú eftir að þau hafa verið leiðrétt. Þannig er sambandið milli meðalhita og dælingar svipað fyrir nýleg og eldri gögn þegar meðalhiti er orðinn 2-3 °C. Fyrir lægri meðalhita benda eldri gögnin til aðeins meiri dælingar og er munurinn mestur um 1 sek-úndulfrí. Nýlegri gögnin eru nálgueð með fjórðu gráðu margliðu, þar sem

$$Q = A + B_1X + B_2X^2 + B_3X^3 + B_4X^4$$

með

A	=	26.3854
B <sub>1</sub>	=	-0.066055
B <sub>2</sub>	=	0.0191188
B <sub>3</sub>	=	-0.0035416
B <sub>4</sub>	=	6.05736e-5

og  $X = \text{meðalhiti} + 4 \text{ °C}$ . Á mynd 6 er sýnt hvernig þessi nálgun (hringir) nálgast mæld og leiðrétt vinnslugögn fyrir árin 1989-1991. Á myndinni er einnig sýnd nálgun sem tekur mið af eldri gögnunum (krossar). Könnunin sýnir að sterkt samband er milli ríkjandi meðalhita og meðaldælingar hvers mánaðar. Með ofangreingum nálgunum ætti því að vera hægt að áætla meðalvinnslu hvers mánaðar með að jafnaði minna en +/- 1 l/s skekkju, allt frá því dæling hófst á Skútudal. Nokkrar undantekningar eru þó, en það eru nokkurra mánaða tímabil þegar verið er að taka nýjar holur í notkun. Þá gilda ofangreindar nálganir ekki eftir að sölukerfi veitunnar var breytt, því þá breyttist vinnslumynstrið, en eftir sem áður er sterkt samband milli meðalhita og dælingar.

Öll vinnslugögn frá því 1988 hafa nú verið samræmd að nýjum rennslismæli. Fyrir tímabil þar sem vatnstaka úr jarðhitakerfinu á Skútudal hefur ekki verið mæld hefur vinnslan verið endurmetin með hliðsjón af ofangreindu sambandi við meðalhita, allt frá því dæling hófst í janúar 1977. Mat á vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu hefur einnig verið lagfært með tilliti til ofangreindra tapstuðla í vinnsluholunum. Mynd 7 sýnir vinnslusögu jarðhitakerfisins á Skútudal eins og hún er mæld og áætluð. Sýnd er meðalvinnsla hvers mánaðar og vatnsborðsstaðan í jarðhitakerfinu, sem vinnslan orsakar, miðað við holu 7. Vatnsborð hefur lengst verið mælt í holu 7 og er sú hola því notuð sem viðmiðun fyrir vatnsborð í jarðhitakerfinu á hverjum tíma.

Mælingar á vatnsborði voru strjálar fyrir 1983, en hafa verið nokkuð samfeldar síðan. Í febrúar 1993 færast mælingar á vatnsborði yfir í holu 6, en hún er í tæplega 40 m fjarlægð frá holu 7 og stendur um 4,6 m lægra. Fjarlægð holu 6 til holu 11 er hins vegar svipuð og fjarlægð holu 7 til holu 11. Vatnsborðmælingum úr holu 6 hefur verið breytt um sem nemur hæðarmuninum milli hennar og holu 7 til að halda sömu viðmiðun og áður.

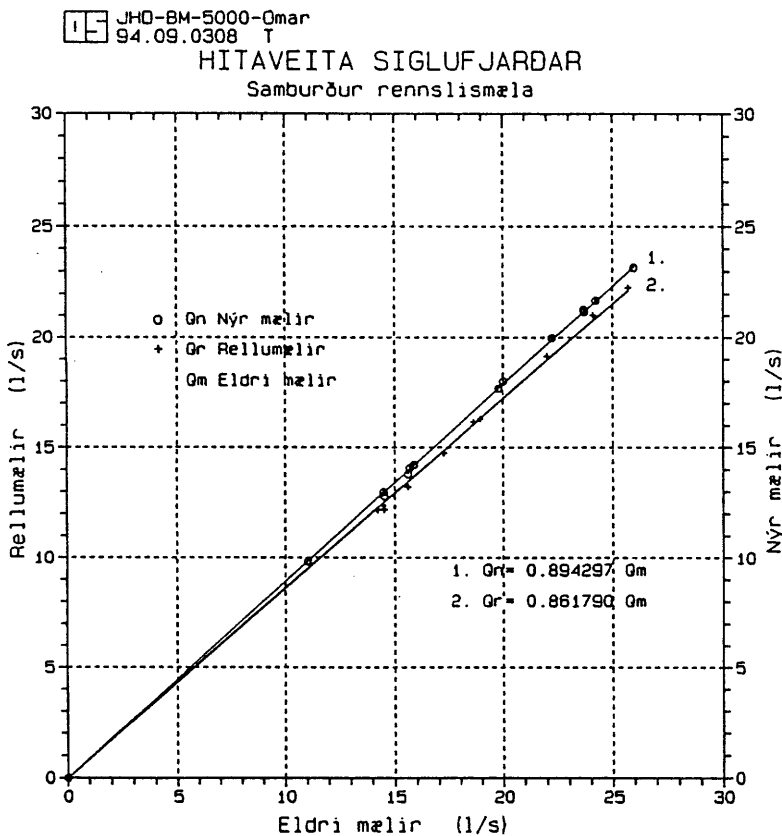
Framan af var hola 7 aðalvinnsluhola veitunnar. Þá var dælt úr henni allt árið og holu 10 bætt inn þegar hola 7 annaði ekki þörfinni. Síðla árs 1983 var hola 11 tekin í notkun og tók hún við hlutverki holu 7. Þá var dælt úr holu 11 yfir vetrartímann, en holu 7 á sumrin og hola 11 þá hvíld. Um áramótin 1991-92 breytti hitaveitan sölukerfi sínu frá hemlum í magnmæla og í júní 1992 var tekin í notkun hraðastýring fyrir dælingu úr holu 11. Eftir þessar breytingar hefur verið dælt nær samfellt úr holu 11 allt árið. Við breytingarnar minnkaði meðalársvinnslan fyrir árið 1992 niður í 18,3 l/s, en hafði áður verið að jafnaði um 25 l/s. Milli árana 1991 og 1992 minnkaði þannig vatnsvinnslan um 25%. Á árinu 1993 var meðalársvinnslan 17,2 l/s og fyrir fyrri hluta árs 1994 virðist vinnslan svipuð og fyrir sama tíma 1993. Sölukerfisbreytingin ásamt uppsetningu hraðabreytis fyrir dælingu virðist því ætla að skila varanlegum sparnaði í vatnsvinnslu sem nemur allt að 25%. Ofangreindar breytingar hafa dregið nokkuð úr dælingu yfir vetrartímann, en mest hefur dælingin minnkað yfir sumartímann. Sumurin 1992 og 1993 fór mánaðarvinnslan niður í um 12,5 l/s og sumarið 1994 niður í tæpa 10 l/s. Sumarvinnslan samsvarar eða er minni en það sem jarðhitakerfið gaf í sjálfrennsli við upphaf vinnslu. Þetta hefur orðið til þess að vatnsborð hefur hækkað mikið í jarðhitakerfinu (mynd 7) og þar með í holunum á svæðinu. Þannig byrjaði sjálfrennsli úr holu 8 fyrri hluta árs 1992, en hola 8 stendur um 30 metrum lægra en hola 7. Sumarið 1994 fór hola 6 á tímabili í sjálfrennsli, en hola 6 er núverandi mælingahola og stendur um 4,6 m lægra en hola 7. Vatnsborð hefur því ekki verið hærra í jarðhitakerfinu á Skútudal frá því dæling hófst þar í janúar 1977.

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. Eins og áður hefur komið fram virðast eiginleikar jarðhitakerfisins til vinnslu hafa batnað, líklega um eða eftir mitt ár 1987. Þetta veldur því að breyta þarf aðeins vatnsleiðni- og vatnshrýmdarstuðlum í líkaninu á árinu 1988, þar sem upphafleg gerð þess nær aðeins að herma vinnslugögn með viðunandi hætti fram að þeim tíma. Með skekkjunni í rennismælingum og þeim miklu vatnsborðssveiflum sem urðu með breyttu vinnslumynstri voru líkanreikningarnir orðið óstöðugir og sundurleitnir. Stefndi jafnvel í að líkanið yrði ónothæft innan fárra ára af þeim sökum. Eftir að rennismælingarnar hafa verið leiðréttar núna og vinnslan endurskoðuð hefur stöðugleiki og samleitni reikninganna batnað mikið. Líkanið á nú auðvelt með að nálgva vatnsborðsbreytingarnar, en forritið LUMPFIT er notað við reikningana (Guðni Axelsson og Þórður Arason, 1992). Mynd 8 sýnir nálgun líkansins að mældu vatnsborði í holu 7 fyrir síðastliðin tíu ár. Þó ljóst sé nú að hið einfalda tank-líkan muni duga áfram til að herma vinnslugöguna er rétt að stefna að gerð flóknara líkans af jarðhitakerfinu, sem tæki til fleiri þátta í innri gerð þess.

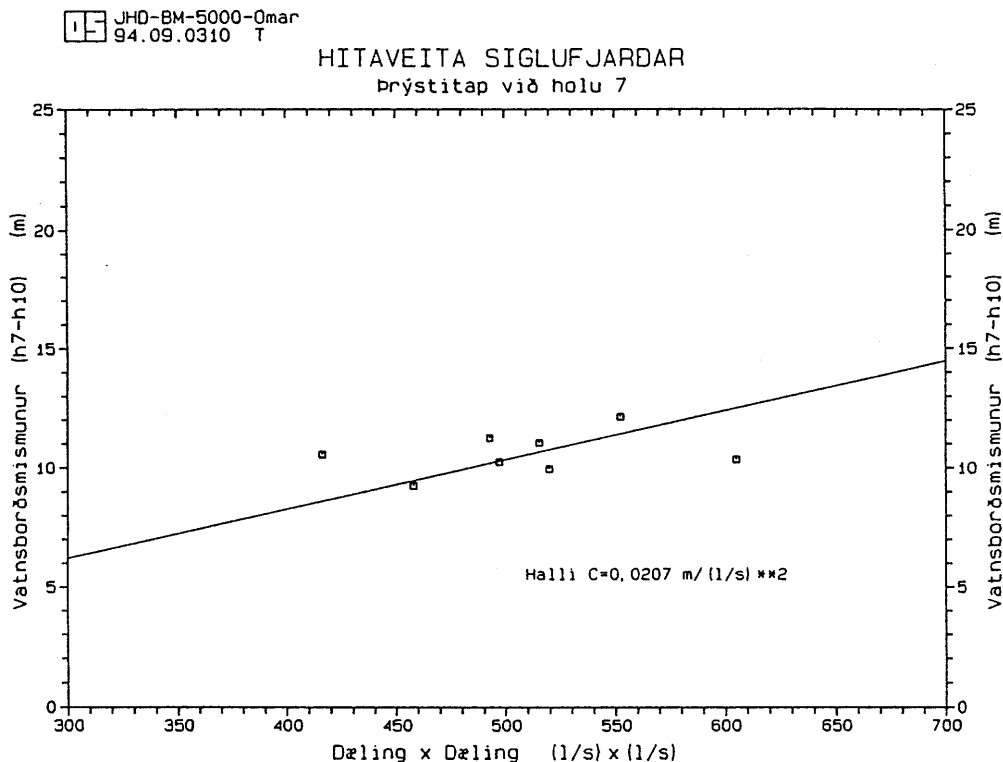
Líkt og áður var tank-líkanið notað til að gera spár fram í tímann fyrir nokkur vinnslutilfelli. Reiknað var fyrir svipuð vinnslutilfelli og notuð hafa verið í fyrri spám. Tölulega er þó ekki hægt að bera eldri spár beint við spárnar á mynd 9 þar sem nú eru notuð leiðrétt vinnslugögn í spánum. Leiðrétt vinnslugögn eru 2-2,5 l/s lægri en óleiðrétt gögn sem notuð voru í eldri spánum. Til að bera spárnar nú saman við eldri spár þá samsvarar vinnslutilfellið 17,5 l/s núna

nokkurn veginn vinnslutilfellinu 20,0 l/s í eldri spám og svo koll af kolli. Spárnar á mynd 9 eru reiknaðar frá áramótum 1993-94 og fram til ársins 2005. Þær sýna meðalvatnsborð í jarðhitakerfinu við holu 7 fyrir meðalársvinnslu. Auk þess er á myndinni sýnt mælt meðalvatnsborð og punktur eins og það virðist stefna í á árinu 1994. Áður er komið fram að meðalársvinnslan eftir sölukerfisbreytinguna hefur verið kringum 18 l/s.

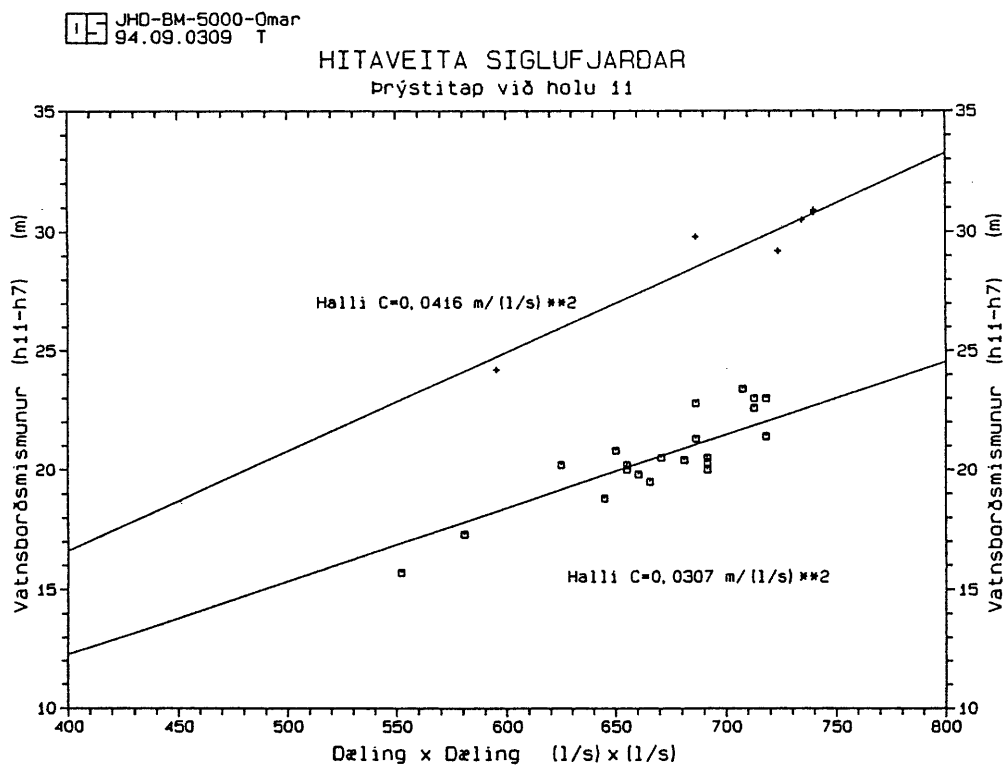
Vitað er að vatnsborð sveiflast mikið með vinnslunni yfir árið. Til að gera sér betur grein fyrir þessu eru á mynd 10 sýndar spár fyrir þrjú tilfelli, þar sem meðalársvinnslan er 17 l/s, 20 l/s og 23 l/s. Spárnar ná eins og fyrr þrjú ár fram í tímann frá mánaðarmótum júlí-ágúst 1994 og breytist vinnslan 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 holanna og vegna þrýstítaps við holuna samfara dælingu. Eftir leiðréttingar samsvarar ársvinnslan nú að meðaltali 17-18 l/s. Ef vinnsla yrði hins vegar aukin að jafnaði um rúma 2 l/s ætti vatnsborð að fylgja nokkurn veginn 20 l/s spáferlinum. Í því tilfelli getur vatnsborð í holu 7 farið niður á um 90 m dýpi yfir vetrartímann og þá á um 120 m dýpi í holu 11 á sama tíma. Í öllu falli benda spár til að óhætt sé að auka meðalársvinnsluna upp í 20 l/s. Raunsparnaður miðað við fyrri vinnslu yrði þá um 20% í stað um 25% nú og því enn um að ræða verulega minnkun vatnstöku sem ætti að leiða til hagstæðar afkomu jarðhitakerfisins til lengri tíma litið.



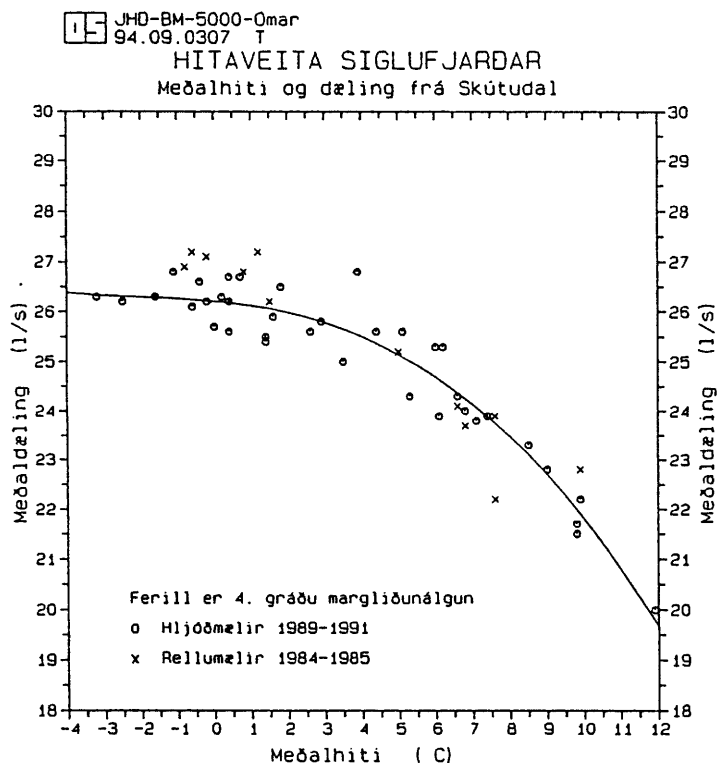
Mynd 2. Samanburður rennslismælinga gerðum með nýjum mæli og rellumæli við eldri mælir.



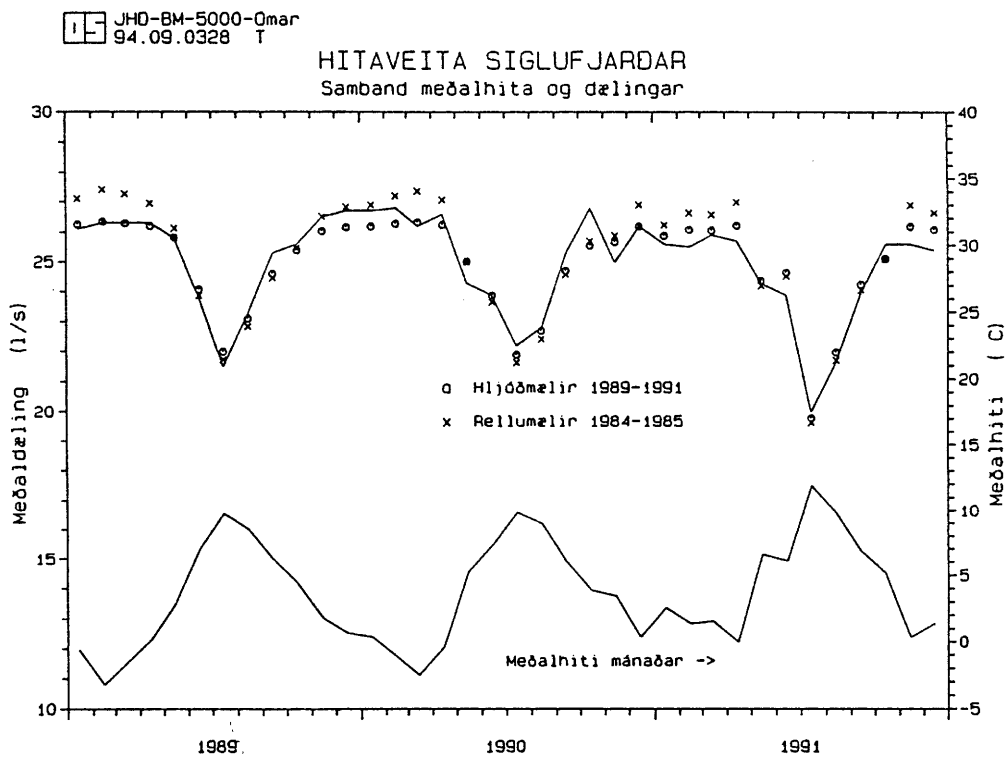
Mynd 3. Ákvörðun á þrýstítapstuðuli fyrir holu 7 út frá rennslismælingum 1984.



Mynd 4. Ákvörðun á þrýstítapstuðuli fyrir holu 11 út frá rennslismælingum 1985 (plúsar) og 1989-1991 (hringir).



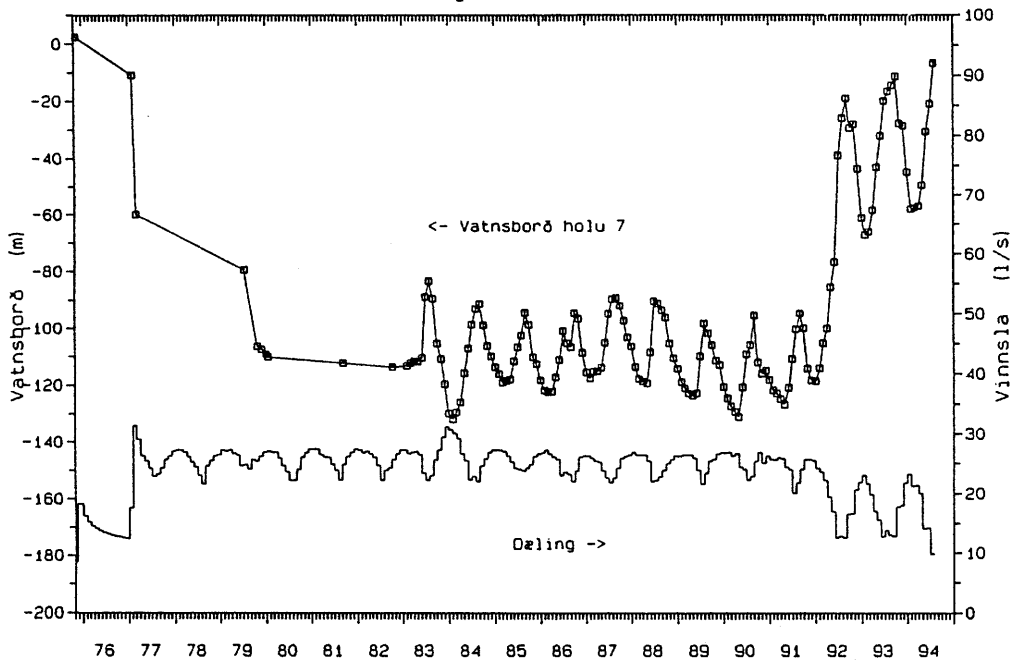
Mynd 5. Samband meðalhita og meðaldælingar frá vinnslusvæðinu á Skútudal.



Mynd 6. Nálgun sambanda meðalhita og meðaldælingar við raun dælingu 1989-1991.

JHD-BM-5000-Omar  
94.09.0324 T

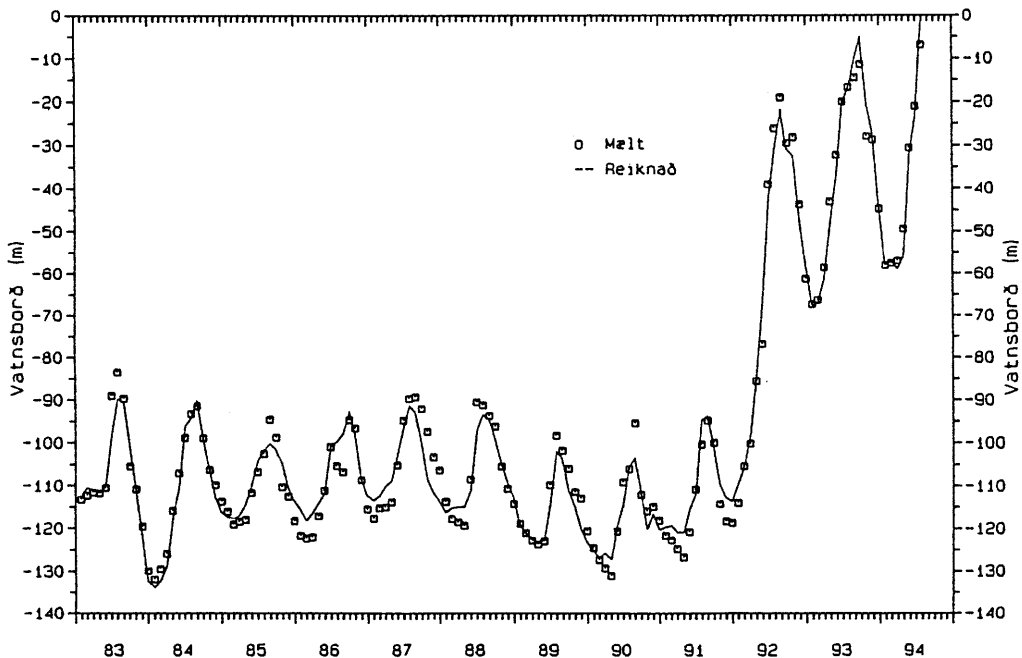
HITAVEITA SIGLUFJARÐAR  
Vatnsborð og vinnsla á Skútudal



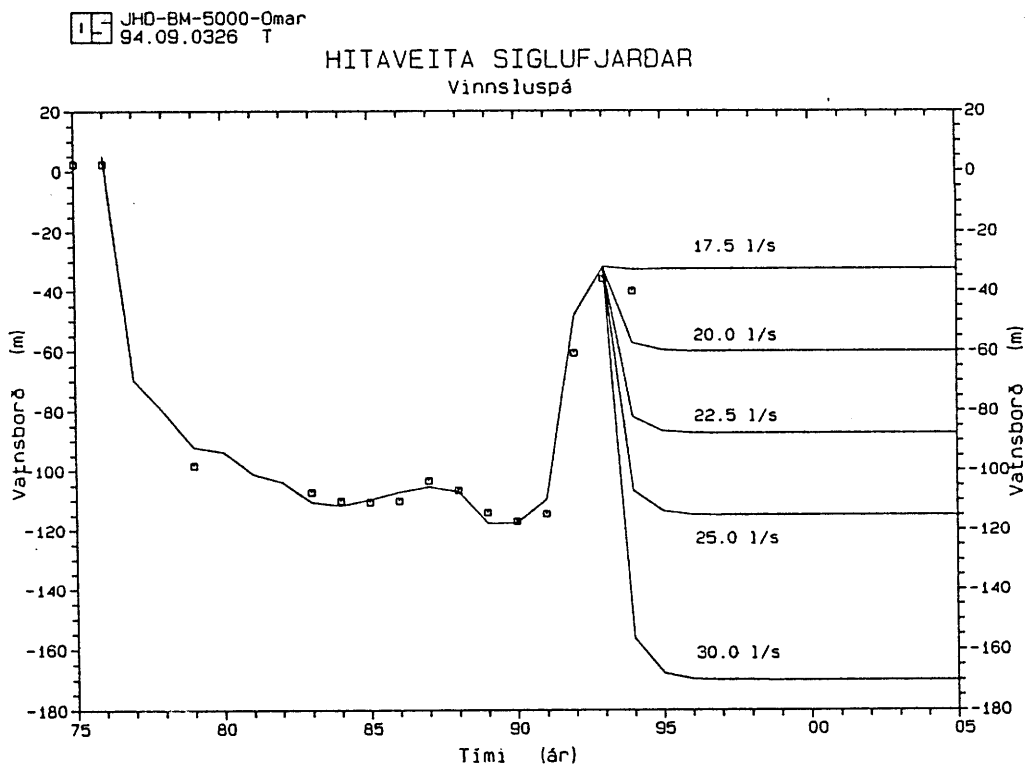
Mynd 7. Vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútudal frá 1975.

JHD-BM-5000-Omar  
94.09.0325 T

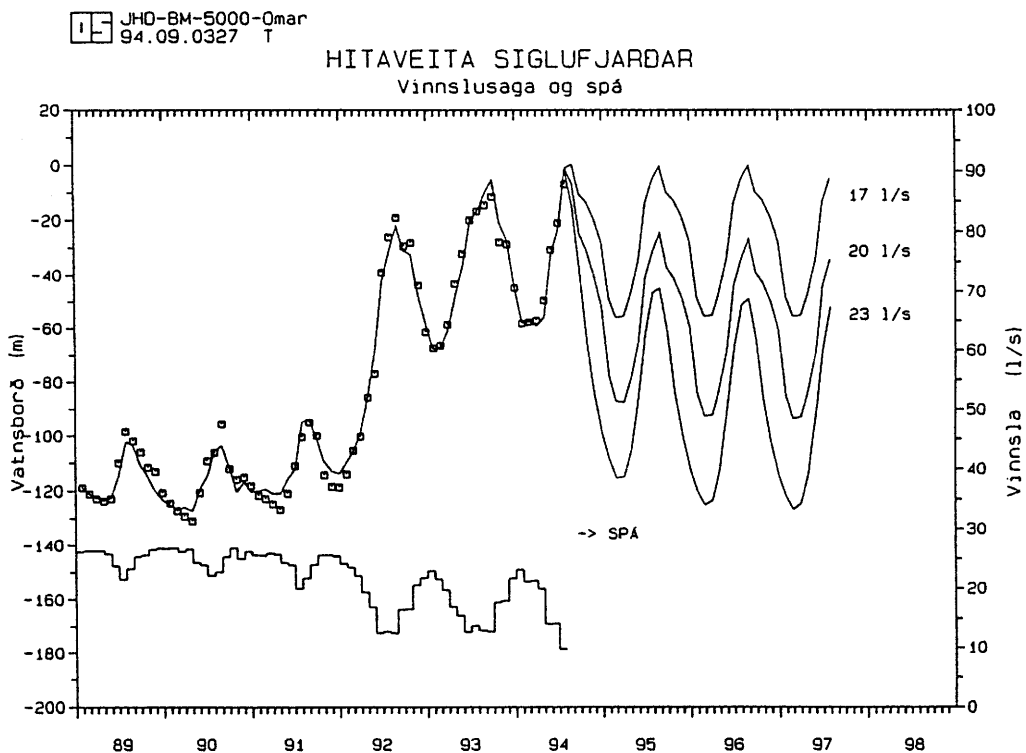
HITAVEITA SIGLUFJARÐAR  
Vatnsborð við holu 7



Mynd 8. Samsvörun reiknilkans við vatnsborðsgögn frá 1983.



Mynd 9. Vinnsluspá til ársins 2005 fyrir fimm vinnslutilfelli.



Mynd 10. Vinnslusaga og ítarlegri spá til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli.

## 5. NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður vinnslueftirlits fyrir árið 1993 hjá Hitaveitu Siglufjarðar eru eftirfarandi:

1. Ekki hafa orðið marktækar breytingar á efnasamsetningu vatns úr holu 11 frá því farið var að fylgjast reglulega með því árið 1986. Sama gildir um allt vinnsluvatn Hitaveitu Siglufjarðar síðustu 15 árin. Vatnið úr holu 11 er 74-75 °C heitt, en nokkru kaldara úr varaholunum.
2. Þegar starfsmenn Orkustofnunar tóku vatnssýni til efnagreininga síðastliðið haust var verið að vinna við uppsetningu kerfis til sjálfvirkrar skömmtunar natríumssúlffits til eyðingar súrefnis úr vatninu. Íblöndun hafði því dregist, verið of lítil eða farist fyrir þannig að súrefni var komið út í dreifikerfið. Talið er að þetta hafi verið tímabundið tilvik.
3. Í sjálfrennsli holu 8 mældust 0,13 mg/l af brennisteinsvetni. Það er lágmarksstyrkur til að eyða því súrefni sem líklegt er talið að sleppi inn í veitukerfi úr andrúmslofti. Þó vatni úr holu 8 væri blandað í vatn frá vinnsluholunum myndi það engan veginn nægja til að eyða súrefninu úr því vatni.
4. Samrekstur þriggja rennismæla staðfesti að vatnstakan úr jarðhitakerfinu var oftalin með gamla rennismælinum, en hann hefur verið í notkun frá því í desember 1988. Nýr mælir var tekinn í notkun í júlí 1993 og ber honum saman við þriðja mælinn sem rekinn var tímabundið.
5. Öll gögn og afleiddar stærðir sem byggðu á rennismælingum gerðum með gamla rennismælinum hafa verið lögð og uppfærð. Meðalársvinnsla Hitaveitu Siglufjarðar var þannig að jafnaði um 25 l/s, en eftir að sölukerfi veitunnar var breytt um áramótin 1991-92 og hraðastýring sett á dæluna í aðalvinnsluholunni varð meðalvinnslan 18,3 l/s. Meðalvinnsla ársins 1993 varð svo 17,2 l/s. Ofangreindar breytingar hafa því minnkað meðalvinnsluna og þar með vatnspörf veitunnar um allt að 25%.
6. Samfara minni vatnstöku úr jarðhitakerfinu hefur vatnsborð hækkað og er nú hærra en það hefur verið frá því 1976. Þannig hófst á ný sjálfrennsli úr holu 8 vorið 1992 og sumarið 1994 fór hola 6 á tímabili í sjálfrennsli.
7. Óhætt er að auka meðalvinnsluna úr jarðhitakerfinu í 20 l/s. Vatnstakan yrði þá um 20% minni en hún var áður fyrr og var talin fullnýting jarðhitakerfisins miðað við vinnslubúnaðinn á svæðinu. Því yrði enn um að ræða verulega bót fyrir jarðhitakerfið. Búast má við að sjálfrennslið sem vart hefur orðið hætti ef af vinnsluaukningu verður.



## 6. HEIMILDIR

Guðni Axelsson and Þórður Arason, 1992: LUMPFIT User's Guide, Orkustofnun, 32 s.

Hrefna Kristmannsdóttir og Ásbjörn Einarsson, 1986: Tæring asbestlagna Hitaveitu Siglufjarðar. Greinargerð Orkustofnunar, 20.04.1986, 3 s.

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

Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson, 1992: Hitaveita Siglufjarðar. Vinnslueftirlit 1991. Orkustofnun, OS-92017/JHD-06 B, 12 s.

Ómar Sigurðsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993: Hitaveita Siglufjarðar. Vinnslueftirlit 1992. Orkustofnun, OS-93047/JHD-25 B, 17 s.

Veðráttan 1976-1992. Mánaðar- og ársyfirlit samið á Veðurstofnunni.