



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

REYKIR Á REYKJABRAUT

Yfirborðsmælingar og vinnslueftirlit 1974-1990

Helga Tulinius
Magnús Ólafsson
Ragna Karlsdóttir
Grímur Björnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Blönduóss

OS-91045/JHD-26 B

Nóvember 1991

REYKIR Á REYKJABRAUT

Yfirborðsmælingar og vinnslueftirlit 1974-1990

Helga Tulinius
Magnús Ólafsson
Ragna Karlsdóttir
Grímur Björnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Blönduóss

OS-91045/JHD-26 B

Nóvember 1991

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. YFIRBORÐSATHUGANIR	4
3. VINNSLA OG VATNSBORÐ Í BORHOLUM	8
3.1 Hola 4	8
3.2 Hola 5	8
3.3 Hola 6	10
3.4 Mælingar á Dýhóli og Húnavöllum	10
3.5 Saga vatnsborðs á Reykjum	10
4. EFNASAMSETNING VATNS ÚR BORHOLUM	15
5. NIÐURSTAÐA OG UMRÆÐA	19
HEIMILDIR	21

MYNDASKRÁ

1. Reykir við Reykjabraut, afstöðumynd	6
2. Staðsetning viðnámsmælinga á Reykjasvæði	7
3. Staðsetning viðnámsmælinga utan Reykjasvæðis	7
4. Vinnsluferill djúpdælu í holu 5	9
5. Vinnsluferill djúpdælu í holu 6	9
6. Mælt vatnsborð og vinnsla í holu 5	12
7. Leiðrétt vatnsborð og mánaðarmeðatöl vinnslu í holu 5	12
8. Mælt vatnsborð og vinnsla í holu 6	13
9. Leiðrétt vatnsborð og mánaðarmeðatöl vinnslu í holu 6	13
10. Mælt vatnsmagn um Dýhól	14
11. Vatnsnotkun Húnavallaskóla	14
12. Vinnsluhiti holu 5	17
13. Kísilstyrkur vatns úr holu 5	17
14. Kalíumstyrkur vatns úr holu 5	18
15. Kalsíumstyrkur vatns úr holu 5	18
16. Klóríðstyrkur vatns úr holu 5	18
17. Súlfatstyrkur vatns úr holu 5	18

TÖFLUSKRÁ

1. Yfirlit um viðnámsmælingar að Reykjum við Reykjabraut og í nágrenni	5
2. Vatnsstaða jarðhitakerfisins að Reykjum	11
3. Efnasamsetning vatns úr holum 5 og 6 og úr Áhaldahúsi	16

1. INNGANGUR

Árið 1990 gaf Orkustofnun út skýrslu um samantekt og úrvinnslu á efnainnihaldi vatns, vatnsborði og dælingu úr borholum á Reykjum við Reykjabraut (Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1990). Eftir að niðurstöður lágu fyrir, afréð Hitaveita Blönduóss að úrvinnslu vinnsluganga frá Reykjum skyldi fram haldið á Orkustofnun. Var eftirfarandi samningur gerður um verkið:

1. VINNSLUEFTIRLIT: Orkustofnun fái gögn um vatnsvinnslu s.s. dælingu, hita og vatnsborð sem mæld eru af starfsmönnum Hitaveitu Blönduóss. Þessum gögnum verði komið í tölvu og þau teiknuð upp. Gögnin síðan skoðuð í samhengi við fyrri mælingar.
2. ÚRVINNSLA VINNSLUGAGNA: Unnið verði frekar úr vinnslugögnum fram að 1991, svo síðar megi gera einfalda líkanreikninga og spá fyrir um vinnslueiginleika svæðisins. M.a. verði áætluð vinnsla úr holum út frá vatnsborði og dælufarlum fram til ársins 1986, en þá var byrjað að mæla dælingu úr holunum. Einnig verði reiknuð (áætluð) mánaðarmeðaltöl vinnslu og tekin inn iðustreymi við leiðréttingu vatnsborðsmælinga.
3. SAUÐANES: Töluvert er til af yfirborðsmælingum frá Reykjum við Reykjabraut og nágrenni. Eru þar viðnámsmælingar í meirihluta. Farið verður yfir viðnámsmælingarnar og þær túlkaðar. Að því loknu verði niðurstöður mælinganna skoðaðar í samhengi hver við aðra og áætlun gerð um áframhaldandi úrvinnslu og/eða lagt á ráðin um frekari viðnámsmælingar.
4. EFNAGREININGAR: Sýni var tekið af vatni úr holu 5 í nóvember 1990. Gerð verði heildarefnagreining á sýninu og niðurstöður hennar bornar saman við fyrri efnagreiningar á Reykjum.

Við gerð þessarar skýrslu var fylgt ofangreindum samningi. Þó kom í ljós við skoðun vinnslu- og vatnsborðsmælinga frá Reykjum að ekki var unnt að fá eins mikið út úr gögnunum og haldið var í fyrstu. Hins vegar komst úrvinnsla jarðeðlisfræðimælinga lengra en áætlað var.

2. YFIRBORÐSATHUGANIR

Á sjöunda og áttunda áratugnum voru gerðar allitarlegar jarðhitarannsóknir að Reykjum við Reykjabraut. Beitt var hitamælingum í jarðvegi, segulmælingum og viðnámsmælingum. Í þessari skýrslu er gerð úttekt á þessum mælingum og metið hversu mikið upplýsingagildi þær hafa nú.

Hitamælingar í jarðvegi gáfu til kynna 20 °C hita á 0,5 metra dýpi á aflöngu svæði með NV-SA stefnu (200 m að lengd og 50-100 m á breidd). Helstu laugarnar, sem þornuðu þegar boranir hófust, eru syðst á þessu svæði. Hitasvæðið er sýnt á mynd 1.

Segulmælingum var beitt til þess að reyna að finna gang eða misgengi sem stýrði uppstreymi heits vatns á Reykjum. Niðurstöður segulmælinganna sýndu að gangur með N-S stefnu liggur við laugarnar. Unnt reyndist að rekja þennan gang h.u.b. 100 m í suður og um 400 m norður frá laugunum. Lega gangsins er sýnd á mynd 1 ásamt öðrum jarðeðlisfræðilegum upplýsingum.

Viðamestu jarðhitarannsóknir við og umhverfis Reyki eru tvímælalaust viðnámsmælingar, sem gerðar voru á árunum 1973-1975. Beitt var Schlumberger-mælingum, en þær nýtast vel við könnun á viðnámi í jörðu á víðáttumiklum svæðum. Aftur á móti gefa þær síður upplýsingar um finni drætti í viðnámi jarðar. Þessar mælingar þóttu mjög öflugar við leit að jarðhita á sínum tíma. Á síðari árum hafa þróast aðrar aðferðir, sem gefa betri upplýsingar um sjálf uppstreymissvæði jarðhitans og þá jafnframt upplýsingar um hvar á að staðsetja borholur.

Árið 1973 voru mældar 13 Schlumberger mælingar við og umhverfis Reyki. Mælingar R1-R4 voru gerðar með 900 m straumarmi og R5-R13 með 250-400 m straumarmi. Árið 1974 voru gerðar 7 mælingar, R14-R20. Allar voru þær með 1200-1500 m straumarmi nema mæling R14, sem er með 500 m straumarmi. Árið 1975 voru gerðar 16 mælingar R21-R36, allar með 1200-1500 m straumarmi. Staðsetning mælinganna er sýnd á myndum 2 og 3, og í töflu 1 er gefið gróft yfirlit um mælingarnar.

Gagnsemi Schlumbergermælinga ræðst nokkuð af því hver er lengsti straumarmur hennar. Segja má að mælingin sjái viðnám í jörðu því dýpra sem straumarmurinn er lengri. Þannig gefa mælingar með 1200-1500 m straumarmi upplýsingar um viðnám niður á allt að 1000 metra dýpi. Mælingar með stuttum straumörmum gefa aftur á móti upplýsingar um viðnám einungis niður á 100-200 metra og nýtast því aðeins til hliðsjónar við hinar mælingarnar.

Allar Schlumberger mælingarnar í töflu 1 voru skoðaðar og túlkaðar einvitt. Þá er gert ráð fyrir að viðnám jarðlaga breytist einungis með dýpi, og að jörðinni megi skipta í lárétt lög með mismunandi viðnámi. Viðnám bergsins lækkar síðan með vaxandi hita og auknu vatnsinnihaldi jarðlaga. Svæði með mjög lágu viðnámi eru því talin líkleg uppstreymissvæði heits vatns.

Við túlkun viðnámsmælinga frá Reykjasvæði kom í ljós að viðnámsgerð jarðlaga er of flókin til að treysta megi einvíðri túlkun við úrvinnslu mælinganna. Samt sem áður má sjá ákveðna drætti í viðnámsgerð svæðisins (mynd 1). Þannig kemur fram lágt viðnám (30-40 Ωm) í mælingum R1, R13, og R14 og afmarkar aflangt svæði með NA-SV stefnu. Þetta lágviðnámsvæði fellur saman við hæstan hita á yfirborði í hitamælingum frá 1967. Gangur með N-S stefnu liggur um svæðið. Þar sem þessar tvær stefnur skerast voru laugar áður en borað var. Vinnslu-svæði hitaveitunnar er innan og rétt við lágviðnámsvæðið. Ekki er ljóst hvernig uppstreymi heita vatnsins er háttað, hvort gangurinn ræður þar mestu um eða hugsanlega sprunga með

NA-SV stefnu. Svör við þeirri spurningu kynnu að fást með svonefndum viðnámsniðsmælingum (Kínámælingum), en þær hafa gefið góða raun við leit að uppstreymisrásum jarðhitasvæða. Slík rannsókn tæki 3-4 daga ef miðað er við að mældar verði þrjár viðnámsniðslínur á Reykjasvæðinu. Auk lágviðnámsvæðisins við Reyki, virðist vera fremur lágt viðnám í mælingum R33 og R36 (40-50 Ω m), en þær eru staðsettar tæpum kílómetra NNA við Reyki (mynd 2).

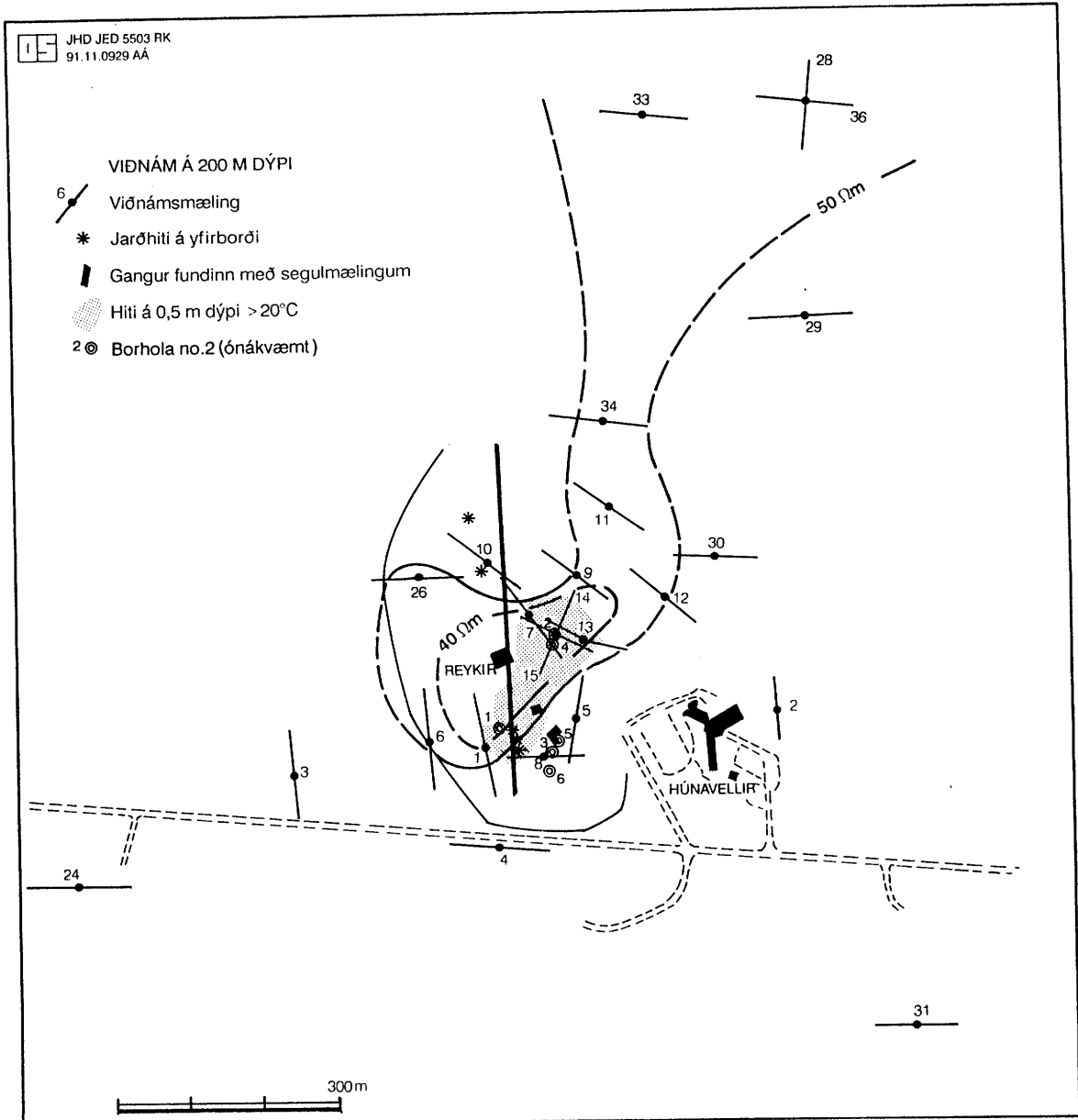
Greinilegt lágviðnám (30 Ω m) kemur fram í mælingu R20 við norðanvert Svínavatn (mynd 3). Gerðar voru segulmælingar á vatnsbakkanum og hitamælingar í vatninu, en þær gáfu ekki til kynna að jarðhiti leyndist þar. Hvort jarðhiti er valdur að þessari viðnámslækkun má svara með borun hitastigulsholu.

Ein mæling, R17, er við jarðhitann á Sauðanesi (mynd 3). Lágt viðnám kemur fram ofarlega í jörðu og er jarðhitinn talinn valda því. Laugin er nú úti í Laxárvatni og gerir það frekari rannsókn á henni erfiðari.

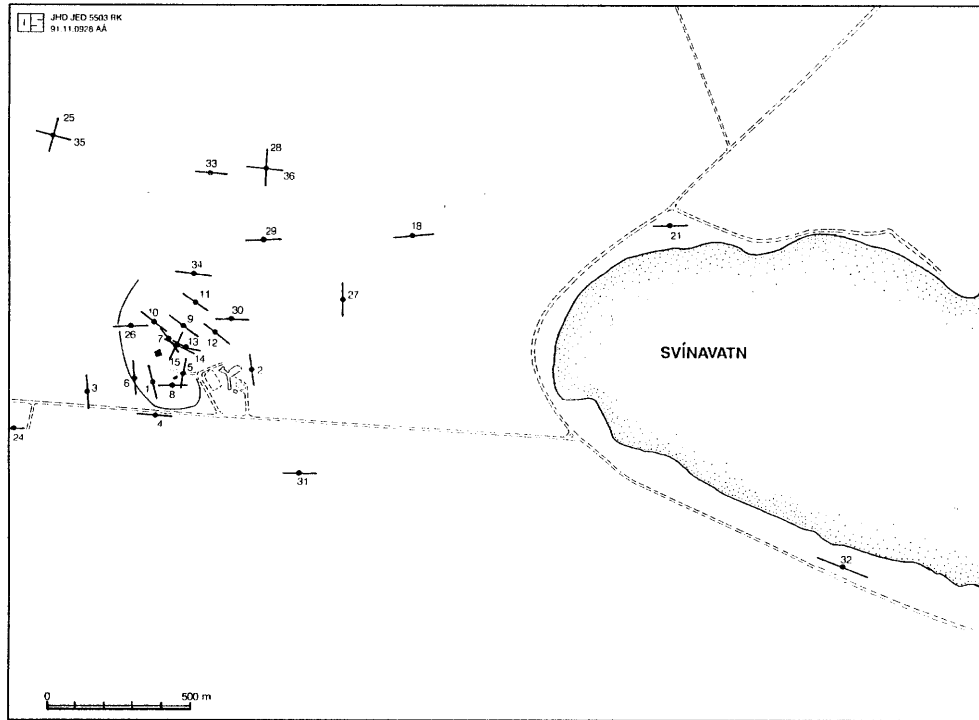
Almennt svæðisviðnám umhverfis Reyki virðist vera á bilinu 50-90 Ω m og fer það hækkandi með dýpi. Þó er það misjafnt eftir svæðum.

TAFLA 1: Yfirlit um viðnámsmælingar að Reykjum við Reykjabraut og í nágrenni.

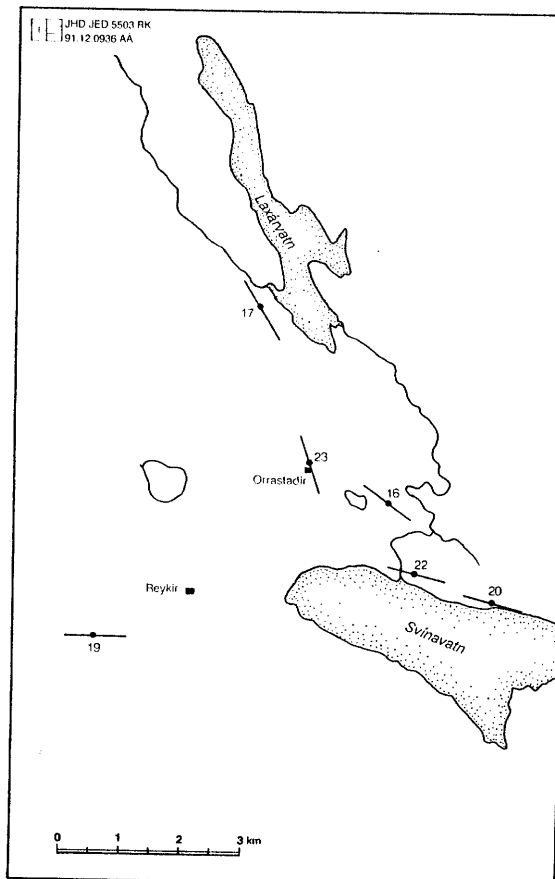
Mæling	Mælt (ár)	Staður	Straumarmslengd (m)	Mæling	Mælt	Staður	Straumarmslengd (m)
R1	1973	Reykir	900	R20	1974	Svínavatn	1500
R2	-	Reykir	900	R21	1975	Svínavatn	1400
R3	-	Reykir	900	R22	-	Svínavatn	1400
R4	-	Reykir	900	R23	-	Orrastaðir	1500
R5	-	Reykir	400	R24	-	Reykir	1400
R6	-	Reykir	250	R25	-	Reykir	1400
R7	-	Reykir	400	R26	-	Reykir	1300
R8	-	Reykir	250	R27	-	Reykir	1100
R9	-	Reykir	400	R28	-	Reykir	1400
R10	-	Reykir	250	R29	-	Reykir	1400
R11	-	Reykir	400	R30	-	Reykir	1300
R12	-	Reykir	250	R31	-	Reykir	1400
R13	-	Reykir	250	R32	-	Mosfell	1300
R14	1974	Reykir	1200	R33	-	Reykir	1200
R15	-	Reykir	500	R34	-	Reykir	1400
R16	-	Svínavatn	1400	R35	-	Reykir	1400
R17	-	Sauðanes	1500	R36	-	Reykir	1400
R18	-	Reykir	1400				
R19	-	Reykir	1500				



Mynd 1. Reykjavík við Reykjabraut, afstöðumynd.



Mynd 2. Staðsetning viðnámsmælinga á Reykjasvæði



Mynd 3. Staðsetning viðnámsmælinga utan Reykjasvæðis

3. VINNSLA OG VATNSBORÐ Í BORHOLUM

Samfelldar mælingar á vatnsborði borholna og vinnslu úr þeim eru nauðsynlegar þegar meta á afl og endingu jarðhitasvæðis með líkanreikningum. Mjög skortir á slíkar mælingar í borholum á Reykjum við Reykjabraut. Þannig var ekki byrjað að mæla samfelld rennsli úr holum fyrr en 1986 að rennslismælar voru settir við holur 4,5 og 6. Þá ryðguðu í sundur loftrör, sem notuð voru við vatnsborðsmælingar í holum 5 og 6, árið 1989 og hafa enn ekki komist í lag. Að síðustu má nefna að vatnsborð var einungis mælt í vinnsluholum þannig að leiðrétta verður það fyrir iðustreymistapi í og næst holu svo mat fáist á vatnsborð í jarðhitasvæðinu sjálfu.

Það einkennir vinnslugögn borholna á Reykjum að stundum er til samfelld saga vatnsborðs en ekki vinnslu og öfugt. Nauðsynlegt er að þekkja báðar stærðirnar og var þá farin nokkur krókaleið.

Þorsteinn Thorsteinsson (persónulegar upplýsingar) áætlaði dælingu úr holum 5 og 6 út frá vinnsluferli djúpdælnanna í holunum. Liggja þá til grundvallar toppþrýstingur á dælu og dýpi á vatnsborð. Myndir 4 og 5 sýna mat Þorsteins á dælingu úr holunum tveimur sem fall af samanlögðu "vatnsborði" toppþrýstings dælu og raunverulegu vatnsborði í holunum. Hægt er að nota myndir 4 og 5 til að meta dælingu úr holum 5 og 6.

Rétt er að taka fram að þó ofangreindum aðferðum væri beitt á vinnslugögnin frá Reykjum, á enn eftir að fylla í stórar eyður í vinnslusögunni. Hugsanlega er best að gera það með því að finna samband milli útihita og vatnsnotkunar á Blönduósi.

3.1 HOLA 4

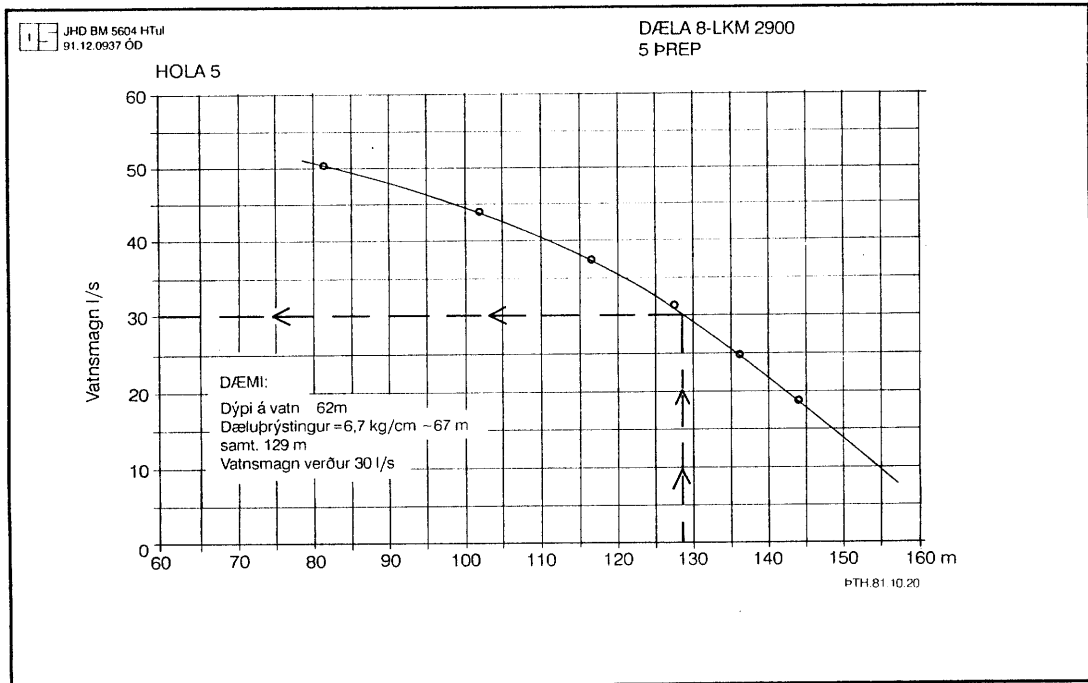
Hola 4 hefur þjónað sem varahola fyrir hitaveituna og er lítið til af mælingum í henni. Árið 1990 var vinnsla úr holunni að meðaltali 0,1 l/s. Staða teljara á rennslismæli í árslok 1990 var 82.208 tonn, en mælirinn var settur við holuna 20. mars 1986.

3.2 HOLA 5

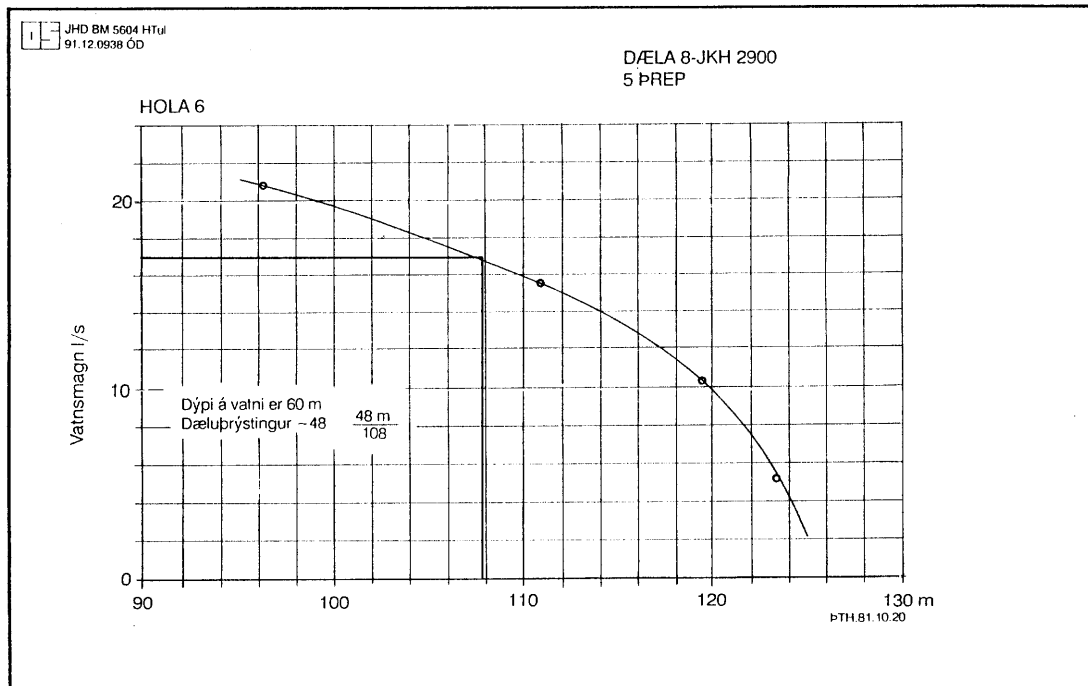
Mynd 6 sýnir mælingar á vatnsborði og dælingu úr holu 5. Ef vatnsborð holunnar er skoðað nánar sést að skyndileg hækkun verður í vatnsborði um áramótin 1983/1984. Um þetta leyti var skipt um þrýstimæli á loftröri holunnar og mældist vatnsborð mjög hátt fyrstu mánuðina á eftir. Er ólíklegt að vatnsborð í svæðinu hafi hækkað á þessum tíma, því dæling hefur að öllum líkindum verið í meira lagi vegna vetrarkulda. Má því til stuðnings nefna háan toppþrýsting djúpdælu á þessu tímabili. Vatnsborðshækkunin verður því að teljast ólíkleg, og að skýring hennar sé að nýi loftþrýstimælirinn hafi verið vanstilltur fyrst eftir að hann var settur við holuna.

Vatnsborð holu 5 er óvenju stöðugt frá miðju ári 1982 og fram til ársloka 1983. Verður að telja þessi mæligögn varasöm, því þrýstingur á djúpdælu er vaxandi á þessu tímabili sem gefur til kynna aukna vinnslu. Því var ekki reynt að áætla dælingu fyrir þetta tímabil.

Dæling úr holu 5, frá því að dæla var sett í hana 1980 fram til miðs árs 1982, er áætluð út frá vatnsborði holunnar (mynd 4). Einnig er hægt að áætla dælingu í nokkra mánuði árið 1984, áður en hraðastýring var sett á djúpdæluna. Að lokum eru til gögn um dælingu úr holunni eftir að magnmælir var settur á hana 1986 (mynd 6). Þau rennslisgögn eru ágæt nema fyrir seinasta ár (1990), en þá var lesið of sjaldan af magnmæli holunnar. Mikilvægt er að hitaveitan fjölgi



Mynd 4. Vinnsluferill djúpdælu í holu 5.



Mynd 5. Vinnsluferill djúpdælu í holu 6.

aflestrum í framtíðinni. Væntanlega má tryggja samfellda og góða gagnasöfnun með sjálfvirkum skráningartækjum.

Mynd 7 sýnir mánaðarmeðaltöl dælingar og vatnsborðs í holu 5. Er þá búið að leiðrétta vatnsborðið fyrir iðustreymistöpum, en iðustreymisstuðull holunnar er áætlaður $0,043 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ (Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1990). Meðalvinnsla úr holu 5 árið 1990 var 23,8 l/s. Töluverður munur er á sumar- og vetrarnotkun. Þannig var meðalvinnsla frá 14. júlí til 13. september 19,3 l/s á móti 27,5 l/s frá 13. september til 13. desember 1990.

3.3 Hola 6

Mynd 8 sýnir vatnsborð og vinnslu úr holu 6. Rennslíð var mælt meðan sjálfrann úr holunni síðari hluta árs 1979, en síðan er vinnslan ekki mæld fyrr en rennismælir kemur á holuna árið 1986. Ekki er hægt að meta vinnsluna milli 1979 og 1986, því vinnsluferill djúpdælu, sem sýndur er á mynd 5 er ónákvæmur. Þannig er áætluð dæling allt of mikil eða 10-15 l/s, meðan raunveruleg dæling var sennilega 5-6 l/s (Gestur Þórarinnsson, Blönduósi, munnlegar upplýsingar). Gat kom á mælirör vatnsborðs um mitt ár 1989 og eru ekki til vatnsborðsmælingar síðan þá.

Mynd 9 sýnir mánaðarmeðalvinnslu og vatnsborð holu 6 frá miðju ári 1986. Búið er að leiðrétta vatnsborðið fyrir iðustreymi, en iðustreymisstuðull holunnar er áætlaður $0,6 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ (Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1990). Líkt og í holu 5 er lítið til af rennislögögnum frá 1990. Hola 6 var mjög lítið notuð seinnihluta árs 1990. Var meðalvinnsla úr henni frá 2. júlí til 31. desember aðeins 0,54 l/s á móti 4,26 l/s fyrri hluta ársins. Meðalvinnsla ársins var 2,4 l/s.

3.4 Mælingar á Dýhóli og Húnavöllum

Einhverjar bestu mælingar sem til eru um vatnsvinnsluna frá Reykjum, eru magnmælingar á Dýhól. Mynd 10 sýnir meðalrennslíð þar. Rennslíð til Dýhóls er samanlögð vinnsla úr holum 4 Reykjum að frádreginni notkun Húnavallaskóla og nokkurra sveitabæja. Vatnsnotkun Húnavallaskóla er sýnd á mynd 11.

Meðalrennsli um Dýhól árið 1990 var 22,5 l/s á móti 27,5 l/s árið 1989. Þessi munur stafar af breyttu sölufyrirkomulagi Hitaveitunnar. Meðalársnotkun Húnavallaskóla árið 1990 var 1,8 l/s, sem er svipað og seinnihluta árs 1989. Meðalvinnsla ársins 1990, eins og hún er mæld úr holum 5 og 6, var 26,3 l/s. Það er 3,8 l/s meira en mælist við Dýhól. Af þessum 3,8 l/s fara 1,8 l/s til Húnavalla.

Ef vatnsvinnslan á myndum 10 og 11 er lögð saman, fæst heildarvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Reyki að frádreginni notkun fátta sveitabæja. Hugsanlega má nýta heildarvinnsluna til að fylla upp í göt í vinnslusögu holna 5 og 6 frá og með 1. janúar 1988.

3.5 Saga vatnsborðs á Reykjum

Tafla 2 sýnir nokkur gildi "vatnsborðs" í jarðhitakerfinu á Reykjum. Er þá búið að taka tillit til iðustreymistapa við vinnsluholur. Ef vatnsborð er yfir holutoppi er því gefið jákvætt formerki í töflunni, og neikvætt ef það mælist neðan holutopps.

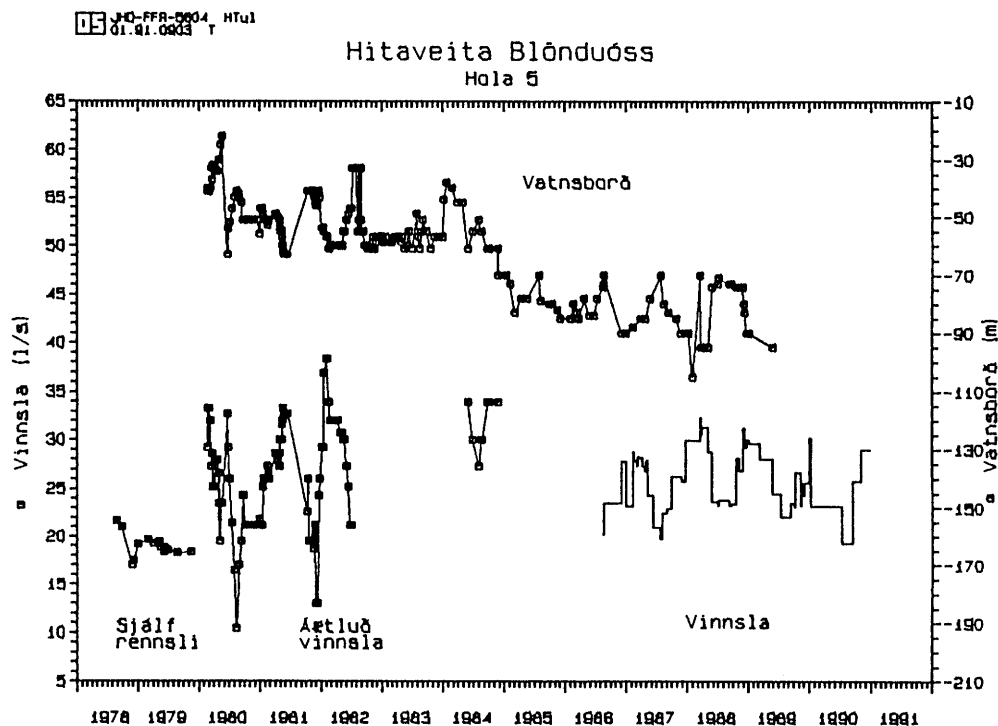
Þegar mæla á þrýsting í jarðhitakerfum er best að hafa til þess sérstaka mælingaholu, sem ekki er dælt úr. Hola 3 er mjög vel staðsett til þess hlutverks þar sem hún er mitt á milli

holna 5 og 6. Engar mælingar eru til á vatnsborði hennar utan mæling sem gerð var í janúar 1990. Hóla 6 fór í sjálfrennsli í október 1980 eftir þriggja daga hvíld. Þá hefur þrýstingur í jarðhitakerfinu enn verið yfir núlli.

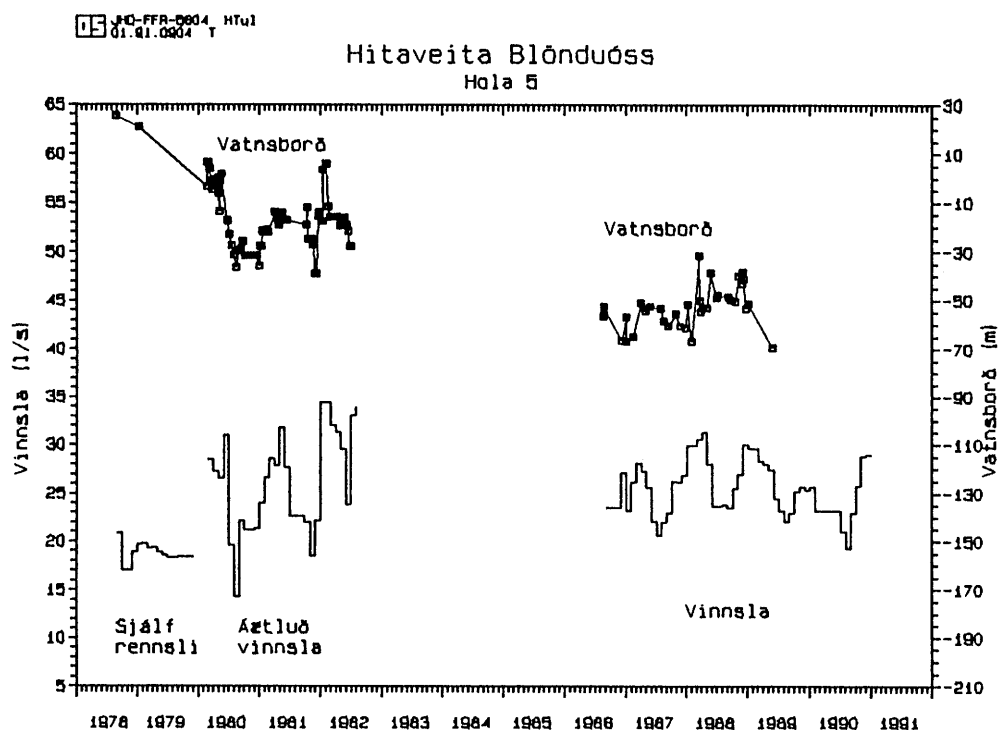
*TAFLA 2: Vatnsborð í jarðhitakerfinu á Reykjum. Jákvæðar tölur þýða að vatnsborð er yfir holu-
toppi og neikvæðar undir.*

Dags.	Vatnsstaða (m)	Athugasemdir
	+ 100-110	Við upphaf borana.
14.09.74	+ 50	
15.09.77	+ 35	
28.08.78	+ 25,5	
10.01.79	+ 21,1	
10.10.80	>0	Hóla 6 fór í sjálfrennsli
11.01.90	-48	Vatnsborð holu 3

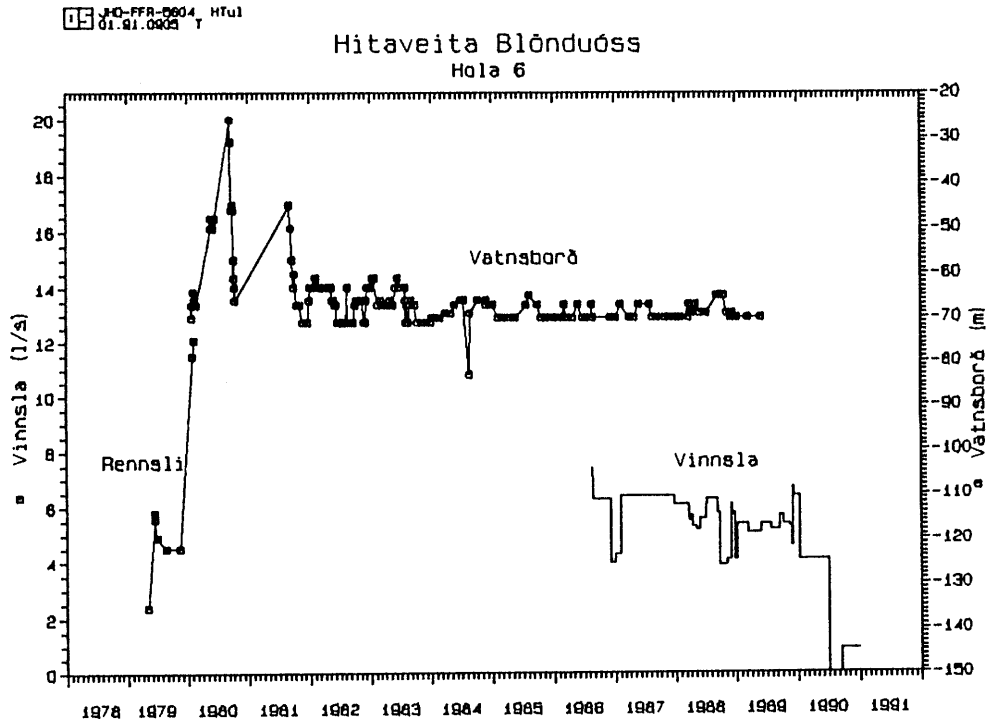
Eins og fram kemur á myndum 7 og 9 fór vatnsborð sílækkandi á Reykjasvæði og náði niður fyrir 50 m dýpi 1989. Engar vatnsborðsmælingar eru tiltækar síðan þá sökum þess að vatnsborðmælirör í holum 5 og 6 gáfu sig. Á þessu ári var skipt um sölufyrirkomulag hjá Hitaveitunni, úr hemlakerfi í mælakerfi, og minnkaði dæling töluvert við það. Sennilega hefur vatnsborð hækkað aftur eftir 1990 og bendir vatnsborðsmælingin í holu 3 reyndar til þess (tafla 2).



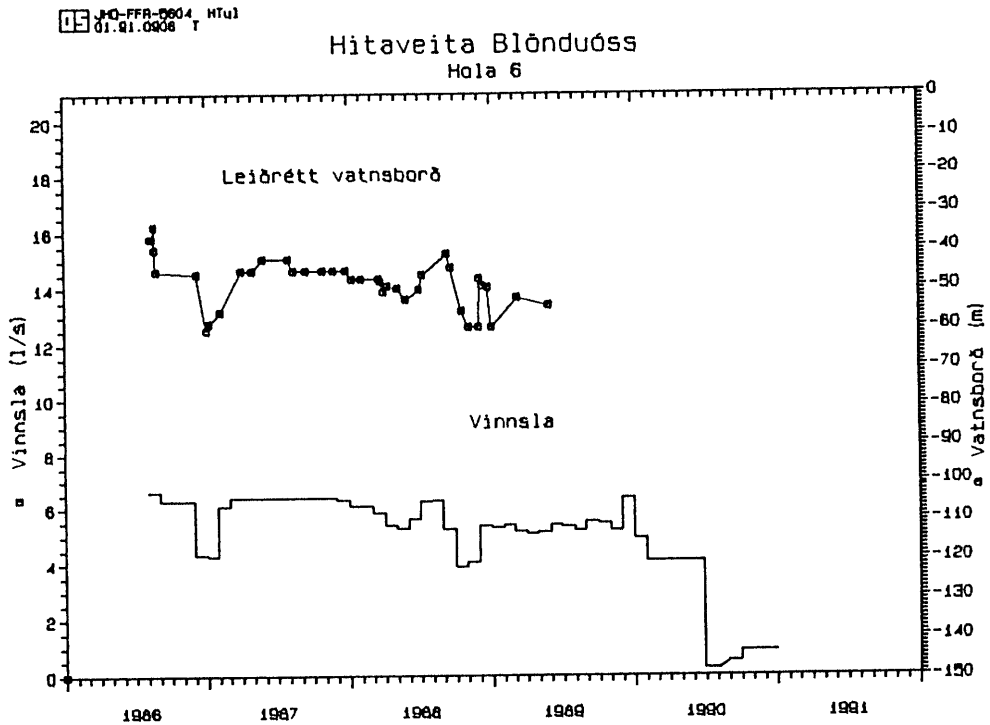
Mynd 6. Mælt vatnsborð og vinnsla í holu 5.



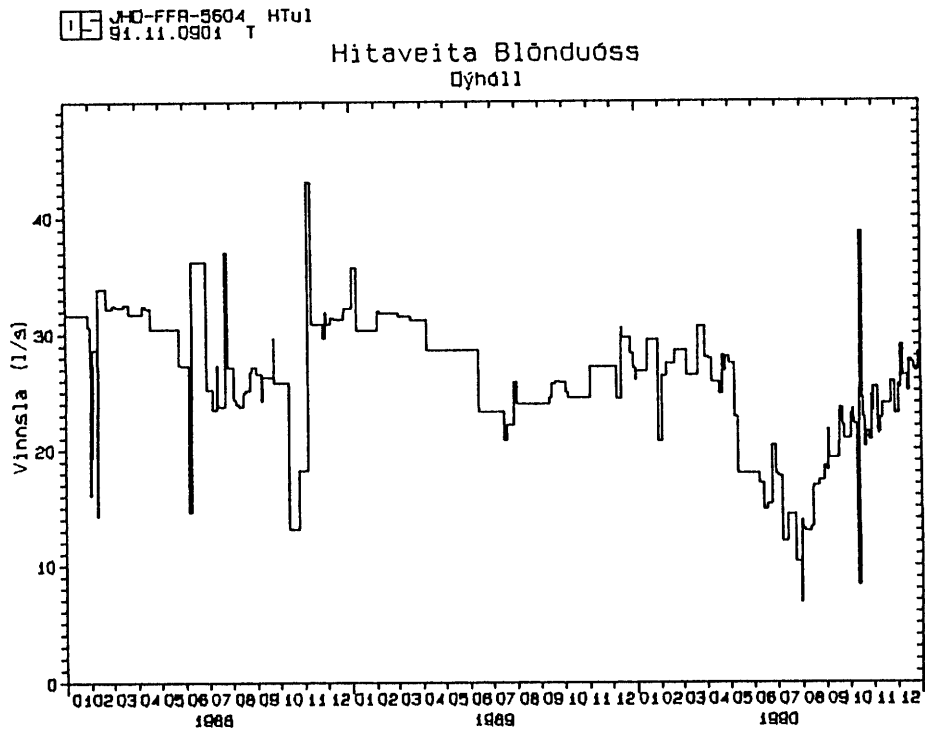
Mynd 7. Leiðrétt vatnsborð og mánaðarmeðaltöl vinnslu í holu 5.



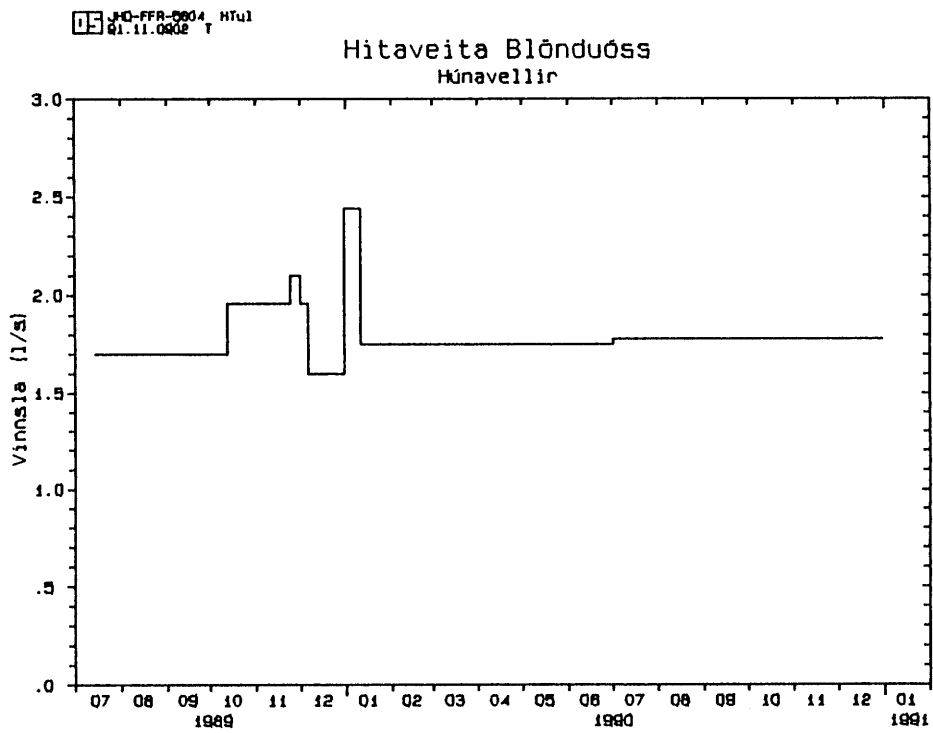
Mynd 8. Mælt vatnsborð og vinnsla í holu 6.



Mynd 9. Leiðrétt vatnsborð og mánaðarneðaltöl vinnslu í holu 6.



Mynd 10. Mælt vatnsmagn um Dýhdól.



Mynd 11. Vatnsnotkun Húnavallaskóla.

4. EFNASAMSETNING VATNS ÚR BORHOLUM

Á undanförunum árum hefur Jarðhitadeild Orkustofnunar tekið sýni af heitu vatni til efnarannsóknna úr holu 5, aðalvinnsluholu Hitaveitu Blönduóss á Reykjum. Jafnframt hafa verið tekin sýni úr holu 6 og í Áhaldahúsi Blönduóss. Yngsta vatnssýnið var tekið í holu 5 í nóvember 1990. Hér á eftir verður fjallað nánar um niðurstöður efnagreininga og aðaláherslan lögð á sýni úr holu 5.

Niðurstöður efnagreininga úr holum 5 og 6 og úr Áhaldahúsi eru sýndar í töflu 3. Þar er sýnt magn ýmissa uppleystra efna sem greind eru í hverju sýni, ásamt mælingum á hita og uppleystu súrefni í vatninu.

Mynd 12 sýnir vinnsluhita vatns úr holu 5, eins og hann hefur mælst við sýnatöku hverju sinni. Þar sést að hiti vatnins sveiflast lítillega rétt í kringum 72°C. Myndir sýnir að engar marktækar breytingar hafa átt sér stað í vinnsluhita holu 5 frá 1986.

Mynd 13 sýnir styrk kísils í holu 5. Sést þar að styrkur kísils hefur fallið verulega frá 1976 og nær lágmarki haustið 1989. Þá hækkar styrkurinn á ný í kjölfar minnkandi vinnslu úr Reykjavæði. Kísill er eitt aðal uppleysta efnið í heita vatninu og er styrkur hans háður hita vatns djúpt í jarðhitakerfum. Til að mynda er lækkun í kísilstyrk merki um kólnun í jarðhitakerfi. Elsta vatnssýnið úr holu 5 var tekið 18. nóvember 1976, fimm mánuðum eftir að borun holunnar lauk. Þá var u.þ.b. 30 l/s sjálfrennsli úr holunni. Erfitt er að bera efnasamsetningu þessa sýnis saman við sýnin frá 1986 og síðar, vegna þess að nýjar aðferðir við efnagreiningar hafa verið teknar upp. Samt er ljóst að styrkur kísils hefur lækkað talsvert. Lækkandi styrkur kísils í vatninu bendir því til kólnunar í jarðhitageyminum, þó hennar sjáist engin merki enn í hita vatns við holutopp. Er það í andstöðu við þá ályktun sem dregin var í eldri skýrslu Orkustofnunar til Hitaveitu Blönduóss, að ekki hefðu orðið neinar marktækar breytingar í efnasamsetningu jarðhitavatns á Reykjum (Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1990). Var þá einingis miðað við sýni sem tekin voru 1986-1989.

Ef árin 1986-1990 eru skoðuð sérstaklega á mynd 13, sést að efnasamsetning vatnsins breytist talsvert kringum árið 1989. Erfitt er að segja til um ástæðu þessarar breytingar, en áreiðanlega má tengja hana minnkandi vinnslu úr jarðhitakerfinu og hækkuðum þrýstingi þess.

Á myndum 14 og 15 er sýndur styrkur kalíums og kalsíums í holu 5. Þar sést að styrkur þeirra breytist lítið fram til ársins 1989, en hækkar aftur á móti umtalsvert milli árana 1989 og 1990. Þessi breyting bendir til að þá fari að gæta meiri áhrifa frá kaldara vatni en áður. Einkum á það við um hækkun í kalsíum-styrk. Þetta er ekki í samræmi við kísilgreiningarnar sem fjallað var um hér á undan, en gæti hugsanlega stafað af breytilegri efnasamsetningu í vatnsæðum í holunnar.

Að lokum sýna myndir 16 og 17 styrk klóríðs og súlfats í vatni holu 5. Á tímabilinu 1986 til 1990 lækkaði styrkur klóríðs til að byrja með en hefur verið nánast óbreyttur frá árinu 1988. Aftur á móti hækkaði styrkur súlfats á fyrri hluta tímabilsins, þó varla sé unnt að tala um marktækar breytingar ef sýnið frá 1986 er undanskilið.

Efnainnihald jarðhitavatns sem tekið er við yfirborð, ýmist úr laugum eða borholum, segir oft til um hita djúpt í jörðu þar sem ríkir jafnvægi milli vatns og bergs, þ.e. í sjálfum jarðhitageyminum. Hér á landi hefur aðallega verið stuðst við tvo slíka efnahitamæla. Annars vegar þann sem byggir á jafnvægi milli heits vatns og kísilsteinda í berginu (kísilhitamælar) og hins vegar

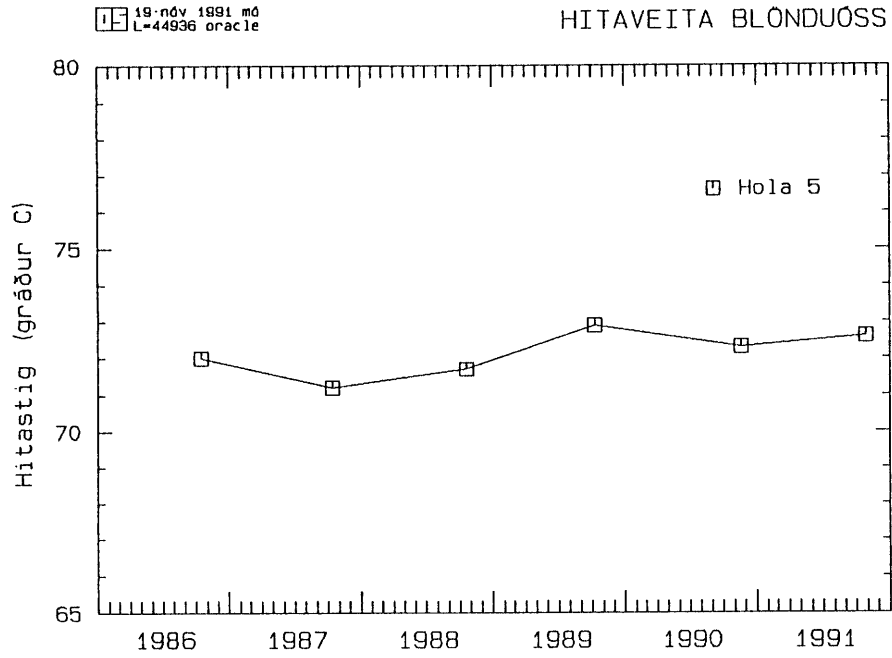
Þann sem byggir á hlutföllum alkalímálma í vatninu (natríum, kalíum og kalsíum) og jafnvægi við feldspatsteindir (alkalíhitamælar). Útreikningur á slíkum efnahita fyrir vatn úr jarðhita-kerfinu við Reyki, bæði úr holu 5 og 6, bendir til að upprunahiti vatnsins geti verið á bilinu 90-100°C. Efnamælingarnar ná ekki að segja til um hvar svo heitt vatn er að finna í jarðhita-kerfinu, þar þarf aðrar athuganir til.

Myndir 13-17 sýna að talsverðar breytingar hafa átt sér stað á efnasamsetningu heita vatnsins úr holu 5 á undanförunum árum. Þar sem sýni til efnagreininga hafa einungis verið tekin einu sinni á ári, er erfitt að tengja sveiflur í efnasamsetningu við t.d. mismikla vatnstöku úr svæðinu. Hér er lagt til að sýnataka úr holunni verði aukin tímabundið til að kanna megi slík tengsl betur. Er þá ekki verið að leggja til heilsýnatöku, eins og starfsmenn Orkustofnunar hafa framkvæmt á undanförunum árum, heldur að starfsmenn Hitaveitunnar taki sýnin og sendi þau til greininga á Orkustofnun. Í sýnum þessum yrðu einungis greind tvö efni, kísill og kalsíum, en samhlíða sýnatöku yrði hiti vatnsins mældur og lesið af rennslismæli við holutopp. Gert er ráð fyrir að sýni verði tekin einu sinni á mánuði í eitt ár.

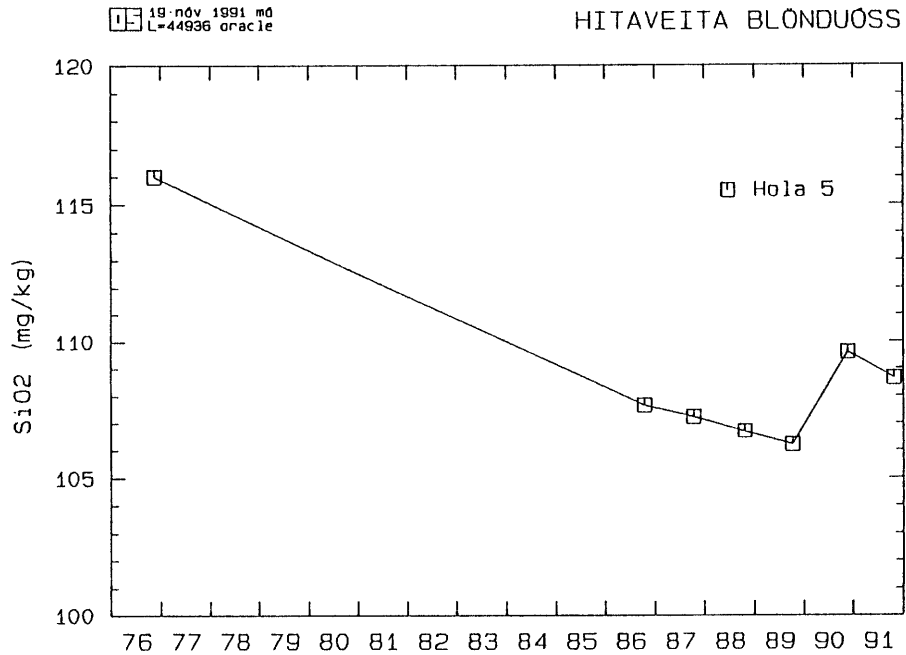
TAFLA 3: Efnasamsetning vatns úr holum 5 og 6 og úr Áhaldahúsi

Staður	Hola 5						Hola 6			Áhaldahús		
	761118 760191	861015 860151	871013 870149	881021 880195	891010 890116	901121 900271	861015 860152	871013 870150	881021 880196	861015 860150	871013 870151	881021 880197
Hiti (°C)	69,2	72,0	71,2	71,7	72,9	72,3	73,5	74,5	74,4	61,5	60,7	-
Sýrustig (pH/°C)	9,6/21	9,6/18	9,7/20	9,6/20	9,6/23	9,6/19	9,6/18	9,7/20	9,6/21	9,6/18	9,6/20	9,6/27
Kísill (SiO ₂)	116	107,6	107,2	106,7	106,2	109,6	108,1	108,3	108,4	108,6	107,7	107,7
Natríum (Na)	54,8	65,5	67,0	64,4	68,8	68,6	64,9	67,1	65,1	65,7	66,3	66,1
Kalíum (K)	1,8	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
Kalsíum (Ca)	2,9	3,1	3,0	3,2	3,6	3,5	3,3	3,2	3,2	3,9	3,6	3,6
Magnesium (Mg)	0,01	0,024	0,011	0,017	0,017	0,008	0,031	0,017	0,028	0,019	0,009	0,009
Karbonsat (CO ₂)	24,0	29,1	26,7	22,4	25,9	28,4	29,4	29,1	25,3	29,5	29,1	24,2
Súlfat (SO ₄)	59,0	56,2	60,0	60,3	61,6	60,1	56,4	59,6	58,9	56,3	60,2	58,2
Brennist.vetni (H ₂ S)	1,2	1,4	1,2	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,6	1,4	1,4	1,5
Klóríð (Cl)	13,3	9,4	9,0	8,4	8,4	8,6	10,0	9,6	8,9	9,5	9,1	8,4
Flúoríð (F)	5,84	5,40	5,43	5,52	5,27	5,45	5,45	5,45	5,61	5,49	5,47	5,59
Uppleyst efni	306	295	285	304	291	297	294	291	306	299	294	303
Járn (Fe)	-	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Mangan (Mn)	-	-	0,0	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-
Bór (B)	-	-	-	0,01	-	0,02	-	0,01	-	-	-	0,01
Súrefni (O ₂)	-	0,005	0,010	0,005	0,010	0	0,005	-	0,005	0,005	0,015	0,015
δ ¹⁸ O (o/oo)	-	-	-12,42	-	-	-	-	-12,69	-	-	-12,44	-

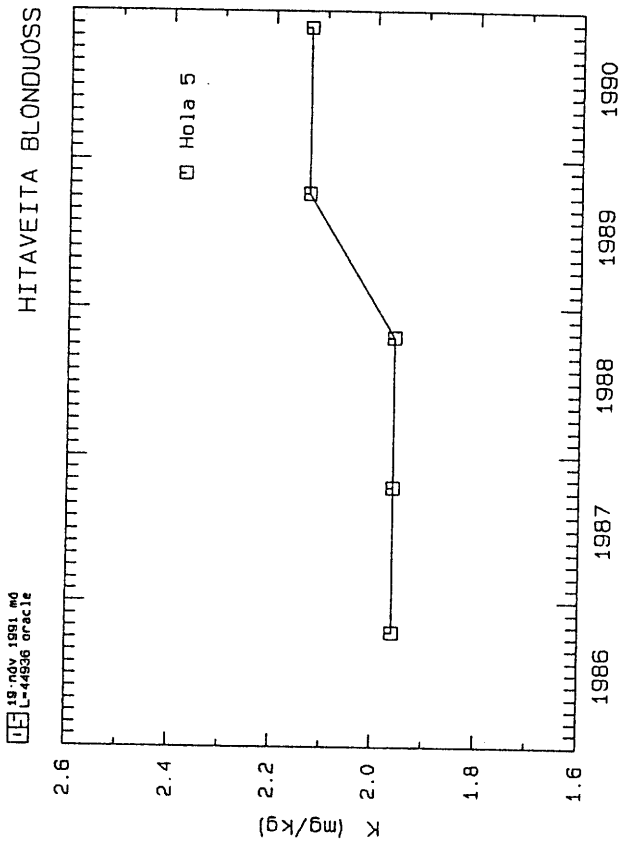
- ekki mælt



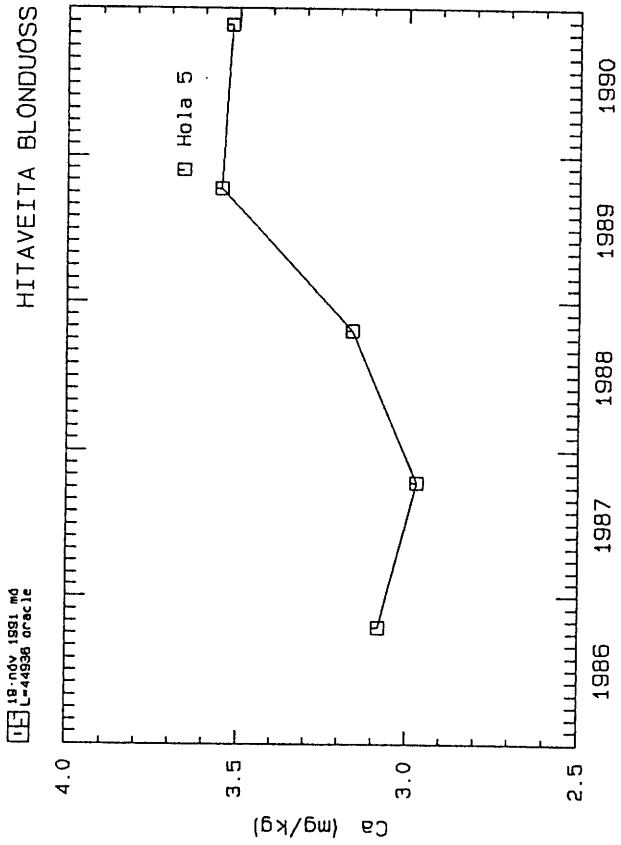
Mynd 12. Vinnsluhiti holu 5.



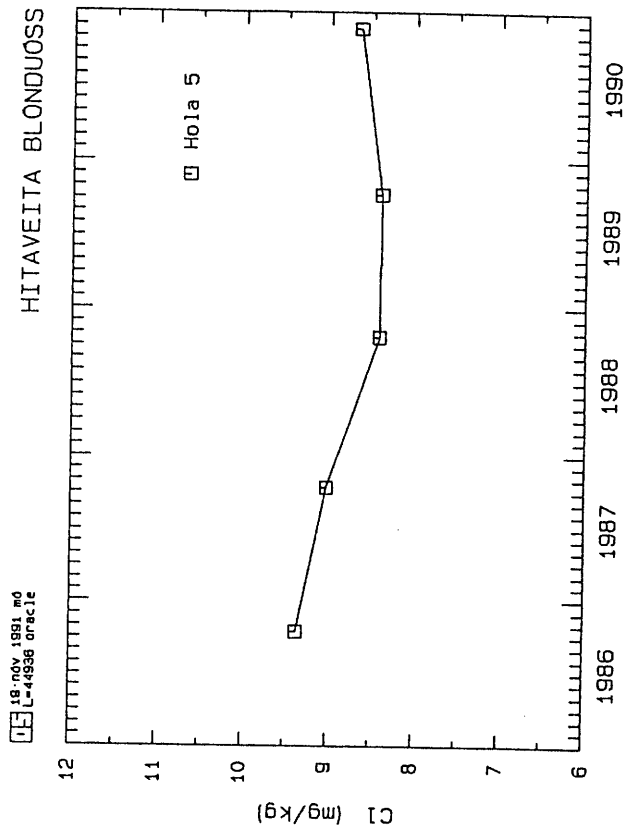
Mynd 13. Kísilstyrkur vatns úr holu 5.



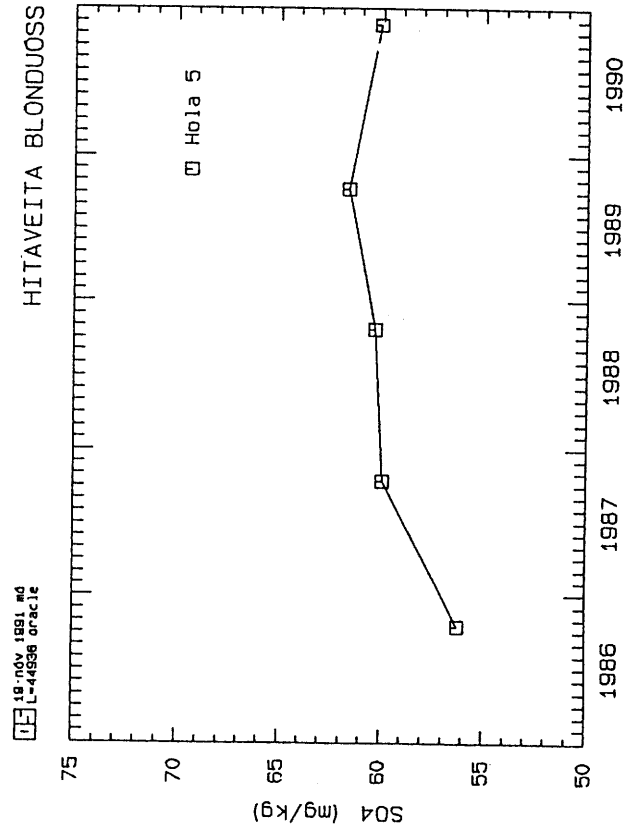
Mynd 14. Kalíumstyrkur vatns úr holu 5.



Mynd 15. Kalsíumstyrkur vatns úr holu 5.



Mynd 16. Klórínstyrkur vatns úr holu 5.



Mynd 17. Súlfatstyrkur vatns úr holu 5.

5. NIÐURSTAÐA OG UMRÆÐA

Helstu niðurstöður þessarar skýrslu eru eftirfarandi:

1. Hitamælingar í jarðvegi á laugasvæðinu á Reykjum við Reykjabraut afmarka aflangt svæði með NV-SA stefnu. Segulmælingar benda á gang eða misgengi með N-S stefnu á laugasvæðinu, sem gæti stýrt uppstreymi heita vatnsins.
2. Einvið túlkun Schlumberger viðnámsmælinga afmarkar lágviðnámsvæði með NA-SV stefnu um laugasvæðið á Reykjum. Hitasvæðið í yfirborði og laugarnar eru innan þess.
3. Greinilegt merki finnst um lágt viðnám í jörðu við norðanvert Svínavatn og á Sauðanesi. Eins er viðnám lágt í mælingu 1 km norðan við Reyki.
4. Rennslis- og vatnsborðsmælingar í borholum á Reykjum eru gloppóttar. Hægt var að nota aflferla dælna til að fylla í eyður í rennslismælingum. Enn vantar samt nokkuð á að saga vatnsborðs og vinnslu sé fullrakin.
5. Meðalrennsli um aðveituað til Dýhóls var 22,5 l/s árið 1990 borið saman við 27,5 l/s árið 1989. Þessa u.þ.b. 20 % lækkun í vinnslu má þakka breyttu sölufyrirkomulagi hitaveitunnar, en skipt var úr hemlakerfi í mælakerfi árið 1989.
6. Þrýstingur hefur lækkað jafnt og þétt á Reykjasvæði frá því vinnsla hófst úr borholum. Upphaflegt vatnsborð svæðisins var rúmlega 100 m yfir holutoppi þegar boranir hófust, en féll meir en 50 m undir holutopp þegar vinnsla náði hámarki 1989. Síðan virðist vatnsborð hafa hækkað lítillega í kjölfar minnkandi vinnslu.
7. Styrkur kísils hefur fallið verulega frá því vinnsla hófst úr holu 5. Beinast liggur við að skýra lækkunina með kólnun í jarðhitakerfinu, þó hennar gæti ekki enn í vinnsluhita borholna.
8. Styrkur kísils hækkaði lítillega í kjölfar minnkandi vinnslu árið 1990. Styrkur kalíums og kalsíums hækkaði einnig um þetta leyti. Er líklegt að samspil æða í holu 5 valdi sveiflum í efnainnihaldi sem eru háðar vinnslu úr holunni.
9. Efnahitamælar benda til þess að upprunahiti vatns úr holum 5 og 6 sé á bilinu 90-100 °C.

Í heild má segja að samantekt og úrvinnsla fyrirliggjandi athugana og mælinga á jarðhitasvæðinu við Reyki sé að komin á lokastig. Enn eru þó lausir endar í sumum þáttum og eins þarf að ákveða á hvaða þætti rannsókna beri að leggja áherslu með framtíðarhagsmunum Hitaveitunnar í huga. Hér má nefna nokkra þætti til sem skýrsluhöfundum þykja fýsilegir til frekari athugana og úrvinnslu.

- *Sjálfvirkt vinnslueftirlit:* Borholurnar á Reykjum eru í 13 km fjarlægð frá Blönduósi og getur reynst úrhendis að skutlast þangað til einstakra rennslis- og vatnsborðsmælinga í holum. Hér er lagt til að hitaveitan prófi í nokkurn tíma sjálfvirkt vinnslueftirlit í samvinnu við Orkustofnun. Til þess að það sé hægt þarf að koma upp vatnsborðsmælum í holum 3, 5 og 6 og hitamælum við vinnsluholurnar.
- *Handvirkt vinnslueftirlit:* Meðan og ef sjálfvirk skráning er að komast á í holum þarf að mæla vatnsborð í holu 3 reglulega (2 sinnum í mánuði) og skrá vatnsmagn, hita og að til-

tækar stærðir vinnsluholna um leið. Eins verði tekin vatnssýni og efnagreind einu sinni á ári, a.m.k. úr holu 5.

Efnasveiflur: Efnamælingar benda til sambands vinnslu og efnastyrks nokkurra efna í vatni úr holu 5. Lagt er til að starfsmenn hitaveitunnar taki vatnssýni úr holu 5 á mánaðarfresti og sendi Orkustofnun í 1 ár. Hún mun síðan greina styrk kísils og kalsíums í sýnunum. Gróft áætlað gæti kostnaður við þessar efnagreiningar orðið kringum kr 50.000.

- *Frekari úrvinnsla vinnslugagna og vatnsborðsspá:* Fyllt verði í eyður í vinnslusögu Reykjasvæðisins með samanburði vatnsnotkunar og útihita á Blönduósi. Eins verði bætt við hana skráningu á núverandi og komandi vinnslu (sbr. liði hér að ofan). Að því loknu verði framtíðarvatnsborð svæðisins áætlað fyrir mismikla vinnslu með aðstoð þjappaðra reiknilíkana (Guðni Axelsson, 1986).
- *Jarðhitaleit á Reykjum:* Farið verði ítarlega yfir öll jarðfræðileg gögn frá Reykjum, t.d. gerð borsvarfs o.fl. Þá er til í handriti jarðfræðiskýrsla um Reyki við Reykjabraut og Sauðanes. Er ástæða til að fara yfir hana í ljósi nýrrar vitneskju um svæðið og koma henni út. Að því loknu má kanna möguleika á viðbótarborunum og vinnslu úr jarðhitasvæðinu við Reyki. Ekki er ljóst hvernig uppstreymi heita vatnsins á Reykjasvæðinu er hátað, hvort gangur ræður þar mestu um eða hugsanlega sprunga með NA-SV stefnu. Hugsanlega gætu viðnámsniðsmælingar veitt svar við þeirri spurningu. Viðbótarboranir á Reykjum eru freistandi sökum hás efnahita vatns úr borholum.
- *Jarðhitaleit utan Reykjasvæðis:* Ef niðurstöður þjappaðra reiknilíkana benda til að áframhaldandi lækkun vatnsborðs sé óumflýjanleg á Reykjasvæði, er fyllsta ástæða til könnunar á öðrum mögulegum vinnslusvæðum. Eins kæmi til greina að reka kyndistöð, t.d. við Dýhól, hluta úr árinu og minnka þannig það vatnsmagn sem tekið er á Reykjum.

HEIMILDIR

Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1990: *Hitaveita Blönduóss. Samantekt á gögnum um vatnsvinnslu fram til 1990*. Orkustofnun, OS-90053/JHD-31 B, 17 s.

Guðni Axelsson, 1986: *Forðafraði jarðhitans. Vinnsluefirlit, hermireikningar og vinnsluspár*. Erindi flutt á aðalfundi Sambands Ísleskra hitaveitna, Egilsstöðum, júní 1989, 9 s.