

ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

HITAVEITA RANGÆINGA

**Eftirlit með jarðhita-
vinnslu 1998-1999**

**Vigdís Harðardóttir
Guðni Axelsson
Hrefna Kristmannsdóttir**

Unnið fyrir Hitaveitu Rangæinga

1999

OS-99116



gAx

Skýrsla nr: OS-99116	Dags: Desember 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA RANGÆINGA Eftirlit með jarðhitavinnslu 1998-1999	Upplag: 30	
	Fjöldi síðna: 17	
Höfundar: Vigdís Harðardóttir Guðni Axelsson Hrefna Kristmannsdóttir	Verkefnisstjóri: Hrefna Kristmannsdóttir	
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit	Verknúmer: 8-610861	
Unnið fyrir: Hitaveita Rangæinga		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Fjallað er um vinnslueftirliti hjá Hitaveitu Rangæinga árið 1998-1999. Gerð er grein fyrir efnasamsetningu vatns úr vinnsluholu veitunnar, LWN-4, og breytingum sem verða á efnastyrk í dreifikerfinu. Gefið er yfirlit um vatnsvinnslu og áhrif hennar á vatnsborð og hita í vinnsluholunni. Helstu niðurstöður vinnslueftirlitsins eru þær að engar marktækar breytingar eru á vatninu í LWN-4 og engin súrefnisupptaka kemur fram í veitukerfinu, en veruleg aukning er á tæringu á asbestinu á aðveitulögnum til Hvolsvallar. Meðalvatnsvinnsla árið 1999 á Laugalandi í Holtum nam 17,9 l/s, sem er um 7 prósent aukning frá meðalvinnslu 1993-1997, en orkuvinnsla ársins nam 42,5 GWh. Engir verulegir vinnslutoppur urðu veturinn 1998-1999 og vatnsborð fór ekki eins neðarlega og veturinn áður, en mikill vinnslutoppur kom fram í desember 1999 og náði meðalvinnsla þá 28 l/s, sem er mesta vinnsla á Laugalandi síðasta áratug. Eftir viðamikla jarðhitaleit við Kaldárholt hefur hola KH-36 þar nú verið virkjuð og verður tekin í gagn við miðjan janúar 2000. Því ætti ekki að vera hætt á vatnsskortri síðar í vetur þótt veður verði óhagstætt. Þessi hola getur staðið undir 30 l/s langtímavinnslu af 67 gráðu heitu vatni.		
Lykilorð: Hitaveita, lághitasvæði, vinnsla, eftirlit, þrýstingur, hiti, efnastyrkur, útfellingar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: <i>Hrefna Kristmannsdóttir</i>	
	Yfirfarið af:	



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið
Reykjavík - Akureyri

Verknr. 8-610861

Vigdís Harðardóttir
Guðni Axelsson
Hrefna Kristmannsdóttir

Hitaveita Rangæinga

Eftirlit með jarðhitavinnslu 1998-1999

Unnið fyrir Hitaveitu Rangæinga

OS-99116

Desember 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>

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	3
2. EFNASAMSETNING VATNS Í HOLU LWN-4.....	3
3. EFNASAMSETNING VATNS Í DREIFIKERFI.....	6
4. ATHUGUN Á TÆRINGARPLÖTUM.....	8
5. VINNSLA, VATNSBORÐ OG VATNSHITI.....	8
6. JARÐHITAKERFIÐ Í KALDÁRHOLTI.....	13
7. NIÐURSTÖÐUR.....	16
8. HEIMILDIR.....	17

TÖFLUR

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu LWN-4.	4
Tafla 2. Styrkur kalsíums og súrefnis í dreifikerfi, sýni tekin 9/8 1999 (mg/l).	7
Tafla 3. Þyngd útfellinga- og tæringaplatna í brunni við kyndistöð Hitaveitu Rangæinga.	8
Tafla 4. Vinnsla úr jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Holtum 1982 - 1999.	9

MYNDIR

Mynd 1. Klóríðinnihald í vatni úr holu LWN-4.....	5
Mynd 2. Natríuminnihald í vatni úr holu LWN-4.....	5
Mynd 3. Kísilinnihald í vatni úr holu LWN-4.....	6
Mynd 4. Styrkur kalsíums (Ca) í vatni í dreifikerfi Hitaveitu Rangæinga, 1999.	7
Mynd 5. Vatnsborð í holum LWN-4 (----) og GN-1 (—) ásamt vinnslu, október 1997 til desember 1999.	10
Mynd 6. Vikumeðaldæling úr LWN-4 og útihiti, október 1996 til nóvember 1998.....	11
Mynd 7. Vatnsborð og vinnsla á Laugalandi frá 1982.	12
Mynd 8. Vikumeðaldæling og hiti vatns úr LWN-4, okt. 1997 til des. 1999.	12
Mynd 9. Hiti vatns úr LWN-4 skv. mælingum Hitaveitunnar og vinnsla á Laugalandi frá 1987.....	13
Mynd 10. Mælt og áætlað samband rennslis og vatnsborðs í holu KH-36 í Kaldárholti.	15

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um vinnslueftirlit hjá Hitaveitu Rangæinga árið 1998-1999. Verkið er unnið samkvæmt samningi Hitaveitu Rangæinga og Orkustofnunar nr. 611861-1989. Fjallað er um efnasamsetningu vatns úr vinnsluholu hitaveitunnar LWN-4 og breytingar sem verða á efnasamsetningu í dreifikerfinu. Sambærilegar skýrslur hafa verið teknar saman í mörg undanfarin ár (Hrefna Kristmannsdóttir o. fl.1991, 1992, 1993, 1994, 1996; Guðrún Sverrisdóttir o. fl.1997; Magnús Ólafsson o. fl. 1990).

2. EFNASAMSETNING VATNS Í HOLU LWN-4

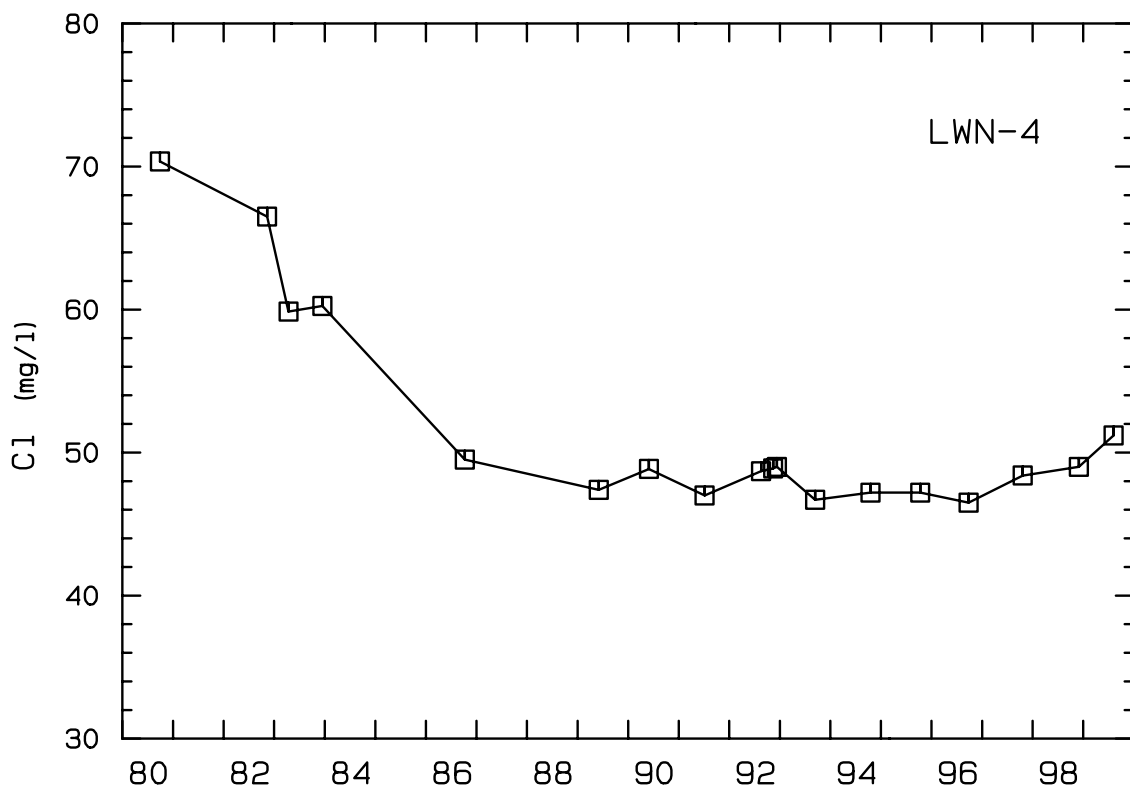
Í ágúst s.l. var tekið sýni úr vinnsluholu hitaveitunnar LWN-4, til efnagreiningar. Niðurstöður greininga á öllum helstu uppleystum efnum, nokkrum sporefnum og vetnis- og súrefnissamsætum í vatnssýnunum úr holunni eru í töflu 1 ásamt eldri efnagreiningum til samanburðar. Einnig var mældur styrkur súrefnis á nokkrum stöðum á veitukerfinu og tekin sýni til kalsíummælinga. Niðurstöður þeirra mælinga eru í töflu 2. Eins og fram kemur í töflu 1 er ekki um neinar stórfelldar breytingar að ræða á efnasamsetningu vatns í holu LWN-4 frá fyrra ári. Efnainnihald vatnsins hefur verið að lækka með tímanum (myndir 1, 2, 3) vegna innstreymis kaldara og efnasnaðara vatns inn í jarðhitakerfið, en hægt hefur á þeirri þróun á síðustu árum. Þetta kemur vel fram á myndum 1 og 2, sem sýna breytingar á styrk klóríðs og natríum, sem eru mælikvarði á seltu vatnsins. Styrkur natríums er reyndar einnig háður hitastigi þess. Sé litið á styrk natríums (mynd 2) yfir síðustu fjögur ár, má reyndar með góðum vilja sjá merki um örlita aukningu, en hún er á mörkum þess að vera marktæk og á milli ára er breytingin alls ekki marktæk.

Styrkur kísils er háður hitastigi vatnsins og breytist hann lítið (mynd 3), sem þýðir að kæling er ekki yfirvofandi í náninni framtíð. Svæðið virðist þannig ná að hita upp það innstreymi, sem nú er af köldu efnasnaðu vatni. Flúoríð hefur hækkað frá því í fyrra um rúmlega 10 % sem og súlfat sem hefur hækkað eitthvað minna. Á árunum 1997 - 1999 kemur fram örlítill aukning í styrk klóríðs en hún ertæpleg marktæk á milli ára.

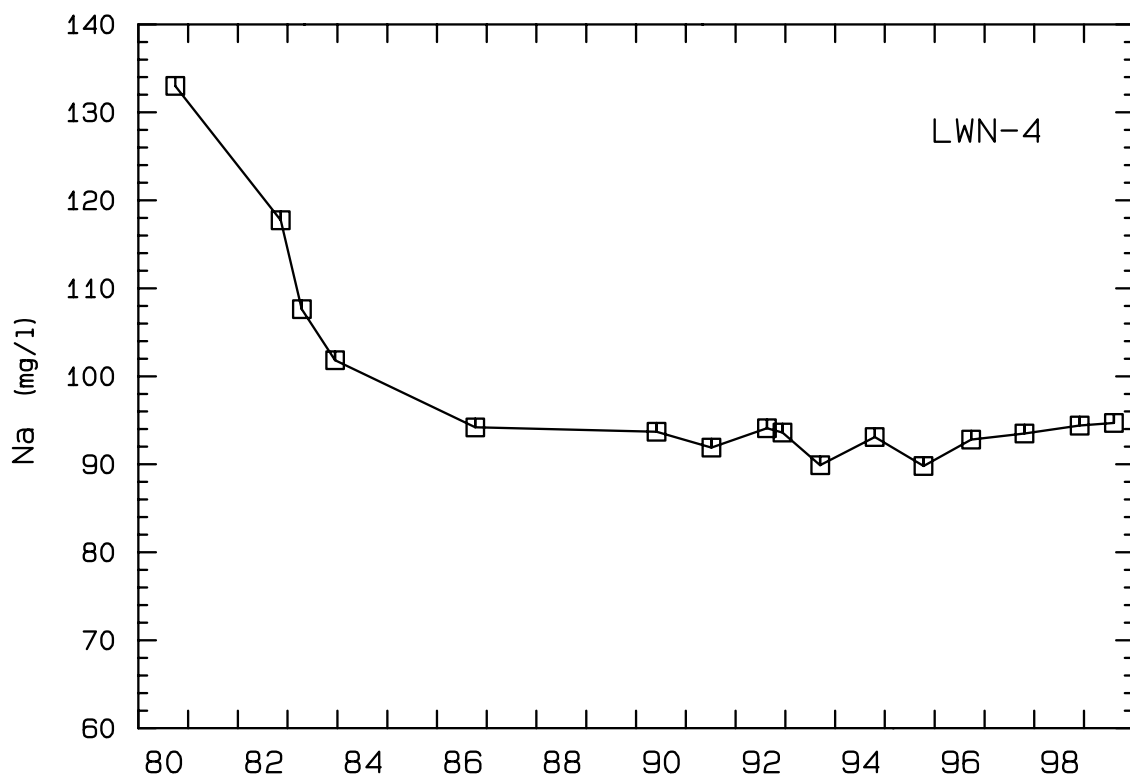
Hugsanleg skýring gæti verið að sýnin eru nú greind á nýju tæki, en þar sem óverulegar breytingar sjást í öðrum efnum er talið ólíklegt að þetta séu raunverulegar styrkbreytingar.

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu LWN-4.

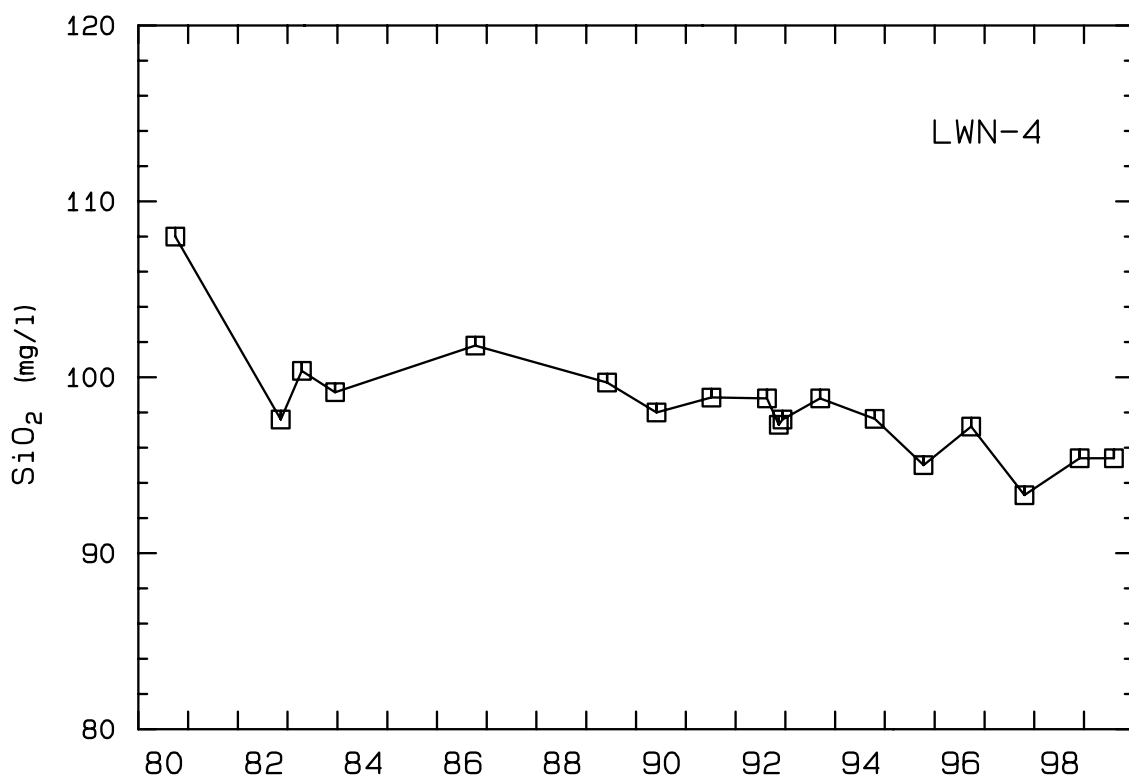
Sýnanúmer	1993-0158	1994-0240	1995-0168	1996-0283	1997-0649	1998-0625	1999-0254
Dagsetning	93-09-13	94-10-18	95-10-12	96-09-25	97-10-21	98-12-01	99-08-09
Hitastig °C	98,6	99,2	100,6	98,4	98,2	99,2	98
pH/°C	9,8/24	9,7/24	9,8/22	9,9/22	9,8/22	9,8/22	9,8/23
Heildar karbónat (CO ₂)	23,7	20,3	22,7	21,0	22,1	22,5	20,9
Brennist. vetni (H ₂ S)	0,07	<0,03	0,2	0,13	0,12	0,11	0,12
Bór (B) mg/l	0,26	-	0,25	0,33	0,19	0,25	0,26
Leiðni µS/cm	464	467	464	462	472	472	470
Kísill (SiO ₂) mg/l	98,8	97,6	95,0	97,2	95,3	95,4	95,4
Heildar uppl. mg/l	343	353	361	307	309	333	358
Súrefni O ₂ mg/l	0	0	0	0	0	0	0
Natríum(Na) mg/l	89,9	93,1	89,8	92,8	93,5	94,4	94,7
Kalíum (K) mg/l	1,8	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8
Magnesium (Mg) mg/l	0,006	0,004	0,005	0,003	0,001	0,002	0,003
Kalsíum (Ca) mg/l	3,1	2,9	3,1	3,0	3,0	3,2	3,08
Fluoríð (F) mg/l	0,89	0,86	0,80	0,86	0,86	0,86	1,0
Klóríð (Cl) mg/l	46,7	47,2	47,2	46,5	49,4	49,0	51,2
Súlfat (SO ₄) mg/l	67,8	66,9	67,0	65,9	66,5	69,8	71,9
Ál (Al) mg/l	0,217	-	0,202	0,191	0,212	0,197	0,205
Járn (Fe) mg/l	0,0013	-	0,0052	0,008	0,0017	0,0041	0,0022
Mangan (Mn) mg/l	0,0005	-	0,0003	0,0001	0	0	0,001
δD ‰	-	-	-	-	-77,4	-77,1	
δ18O ‰	-10,55	-10,58	-10,58	-10,57	-10,53	-10,55	-10,55



Mynd 1. Klóríðinnihald í vatni úr holu LWN-4.



Mynd 2. Natríuminnihald í vatni úr holu LWN-4.



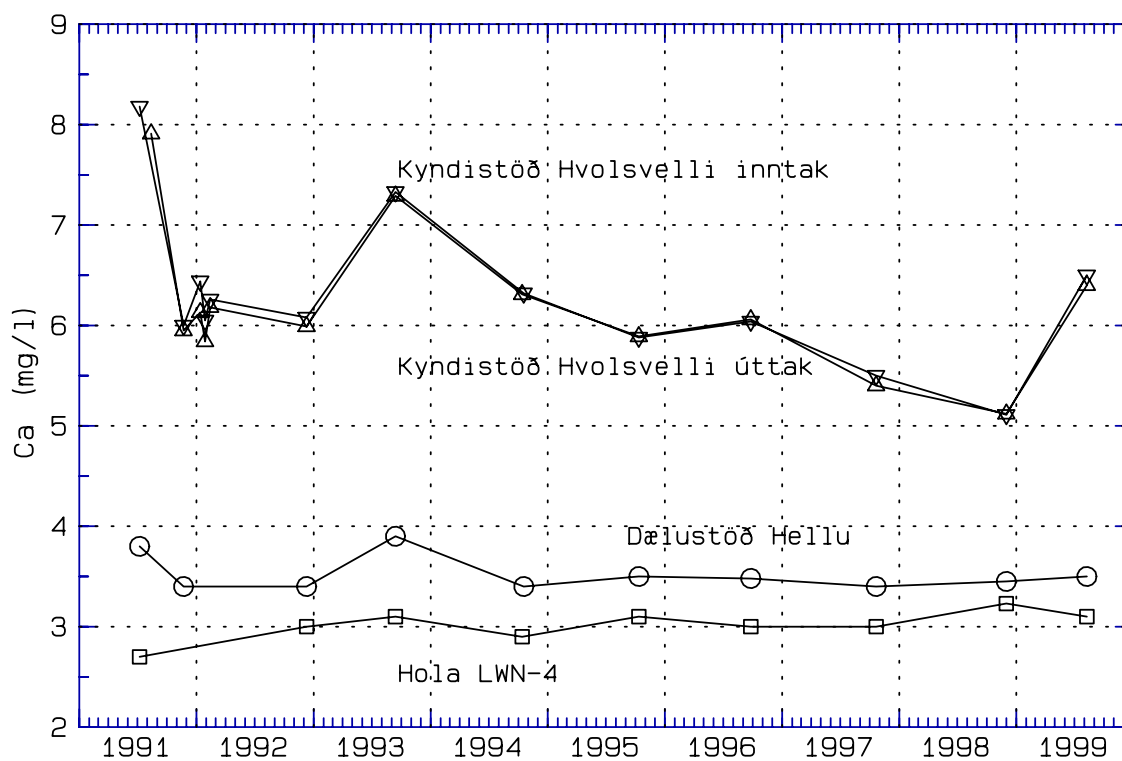
Mynd 3. Kísilinnihald í vatni úr holu LWN-4.

3. EFNASAMSETNING VATNS Í DREIFIKERFI

Til að fylgjast með tæringarhraða asbestlagnar í aðveitunni og til að meta hættu á kalkútfellingunni í vatninu er mældur styrkur kalsíums (Ca) í dreifikerfinu. Við tæringu á asbesti hækkar styrkur kalsíums og sýrustig vatnsins og við það verður vatnið yfirmettað af kalki og útfelling getur átt sér stað. Þar sem uppleysanleiki kalks minnkar með auknum hita eykst útfellingahætta við upphitun vatnsins í rafskautskatlinum á Hvolsvelli. Mynd 4 sýnir styrk kalsíums á tímabilinu 1991 til 1999 á þremur stöðum í dreifikerfinu, Hellu, framrás, við varmaskiptinn, inntak og úttak, á Hvolsvelli og til viðmiðunar úr holutopp LWN-4. Styrkur kalsíums í holunni og í dælustöðinni á Hellu er nær óbreyttur frá ári til árs og hefur farið lækkandi í kyndistöðinni á Hvolsvelli með árunum þangað til í ár er styrkurinn hefur aukist um 18 % úr 5,5 í 6,5 ppm. Líklegasta skýringin á því er veruleg aukning á tæringu í kerfinu. Einnig var athugað á sömu stöðum hvort súrefni væri á kerfinu en það mælist ekki.

Tafla 2. Styrkur kalsíums og súrefnis í dreifikerfi, sýni tekin 9/8 1999 (mg/l).

Staður	LWN-4 Holutoppur	Hella Dælustöð Framrás	Hella Miðlunartankur út Bakrás	Kyndistöð Hvolsvöllur Varmaskiptir Inntak	Kyndistöð Hvolsvöllur Varmaskiptir Úttak
Númer	19990254	19990256	19990255	19990257	19990258
Kalsíum (Ca)	3,1	3,5	-	6,5	6,4
Súrefni (O ₂)	0	0	0	0	0



Mynd 4. Styrkur kalsíums (Ca) í vatni í dreifikerfi Hitaveitu Rangæinga, 1999.

4. ATHUGUN Á TÆRINGARPLÖTUM

Þann 1. desember 1998 var tekinn út tæringarplötuhaldari með prófunarplötu fyrir útfellingu og tæringu í brunni við kyndistöð Hitaveitu Rangæinga á Hvolsvelli. Ekki er vitað hvenær haldarinn var settur í lögnina, en líklegt er talið að hann hafi verið þar í a.m.k. tvö ár. Plöturnar hafa númer R1 og R2. Þær voru þaktar svörtum útfellingum, sem greinilega hafa myndast fyrst og síðan hefur vaxið örlítið af hvítum eða ljósum útfellingum þar utan á. Skafið var af plötunum og sýnið malað í heilu lagi og greint í XRD tæki sem magnetít (járnoxíð) og vottur af kalsíti (kalsíum karbónat). Þyngd platnanna er sýnd í töflu 3 og þar má sjá að plöturnar hafa eyðst eitthvað og er það trúlega tæring. Hins vegar er léttingin aðeins um 1% í þyngd. Útfellingarnar valda sömuleiðis óverulegi þyngdaraukningu, eða um 2% í þyngd. Vegna leka við samskeyti á haldaranum hafði myndast nokkuð mikið af hvítu hrúðri utan á honum. Hvíta hrúðrið var greint í XRD tæki og reyndist vera ópall (myndlaus kísill), kalsít (CaCO_3) og salt (halít, NaCl).

Tafla 3. Þyngd útfellinga- og tæringaplatna í brunni við kyndistöð Hitaveitu Rangæinga.

Þyngd platna	dags.	R1	R2
Upphafsbþyngd	1994 12.29	6,599	6,548
Þyngd fyrir hreinsun	1999 12.16	6,671	6,621
Þyngd eftir hreinsun	1999 12.16	6,502	6,471

5. VINNSLA, VATNSBORÐ OG VATNSHITI

Eftirlit með vinnslu, vatnsborði og vatnshita á jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Holtum hefur verið mjög nákvæmt mestan hluta vinnslusögu Hitaveitu Rangæinga, og var það einnig svo árið 1999. Eftirlitið byggir jafnt á vikulegum mælingum Hitaveitunnar sem mælingum sjálfvirks gagnasöfnunarbúnaður. Vikulega er lesið af rennslismælum við holur LWN-4 og GN-1 og vatnsborð og vatnshiti mæld samtímis. Gagnasöfnunarbúnaðurinn safnar síðan stöðugt upplýsingum um augnabliksvinnslu, meðalvinnslu, vatnshita og útihita og skráir í minni á 6 klst. fresti. Nokkuð gott samræmi hefur verið milli vikulegu mælinganna og mælinga gagnasöfnunarbúnaðarins. Þó hafa rennslismælingar gagnasöfnunarbúnaðarins verið eitthvað lægri en aflestrar Hitaveitunnar, og var sá munur um 8% síðasta árið. Tölur um vinnslu hér á eftir eru miðaðar við aflestrana. Einnig hefur verið um 0,5–1°C ósamræmi milli mælinga Hitaveitunnar og gagnasöfnunarbúnaðarins á vatnshita. Gagnasöfnunarbúnaðurinn gefur þó samfelldar, og miklu ítarlegri, upplýsingar en vikulegu aflestrarnir.

Í töflu 4 eru birtar tölur um ársmeðalvinnslu úr svæðinu árin 1982–1999. Meðalvinnsla ársins 1999 mældist 17,9 l/s, sem er mesta ársmeðalvinnsla í 7 ár. Gildið fyrir meðalvinnslu ársins 1998 í síðustu eftirlitsskýrslu var byggð á mældri vinnslu fyrstu 11 mánuði ársins og áætlaðri vinnslu í desember (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1998). Sú

tala hefur hér verið leiðrétt. Vinnslan stóð nokkurn veginn í stað árin 1993–1997 og var að meðaltali 16,7 l/s. Nú hefur hún aukist um rúmlega 7%, væntanlega fyrst og fremst vegna aukinnar notkunar á veitusvæði Hitaveitu Rangæinga.

Árin 1993–1997 var orkuvinnslan á Laugalandi um 40 GWh á ári að jafnaði (tafla 4), en árið 1999 varð hún 42,5 GWh. Þá var framrásarhiti í veitukerfinu hækkaður úr 74 í 80°C í 2½ mánuð á árinu (í janúar, febrúar og seinni hluta desember) til að koma í veg fyrir orkuskort, en það jafngildir 1 GWh orkuframleiðslu. Áætlað hefur verið að u.þ.b. fjórðungur orkunnar sem framleidd er á Laugalandi tapist í aðveituæðinni milli Laugalands og Hellu (Grímur Björnsson o.fl., 1993). Einnig tapast mikil orka milli Hellu og Hvolsvallar, sem kyndistöðin á Hvolsvelli bætir þó upp að miklu leyti. Jafnframt er töluvert af bakrásarvatni hitað í kyndistöðinni, en kyndingin þar svarar til a.m.k. 10 GWh viðbótarorkuframleiðslu (Grímur Björnsson o.fl., 1993).

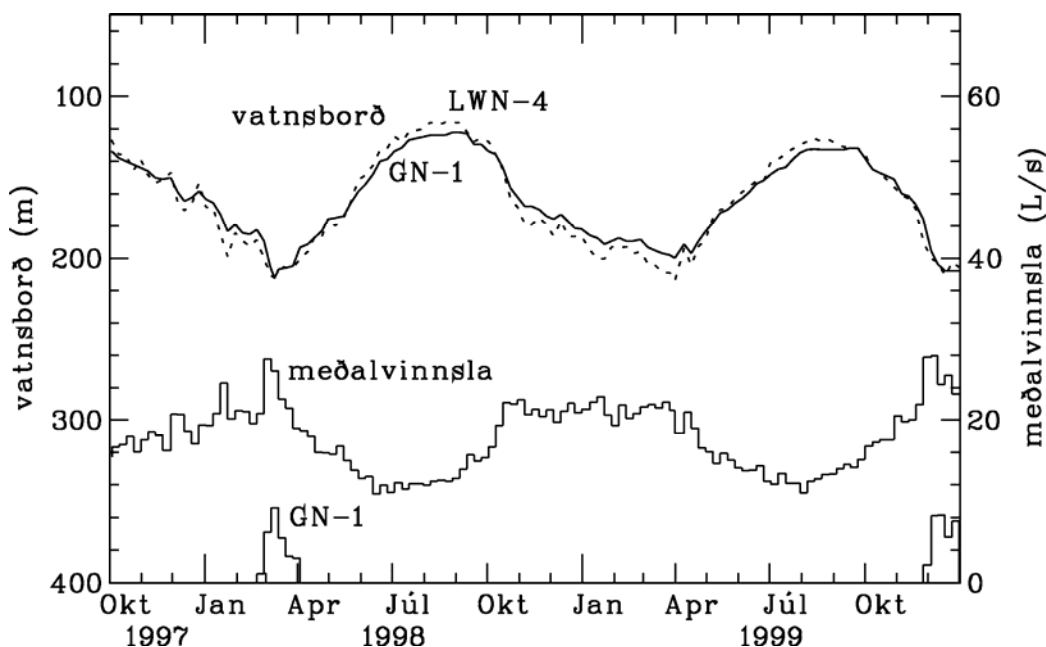
Gögn um vikumeðaldælingu síðustu tveggja ára, ásamt vatnsborði í holum LWN-4 og GN-1, eru birt á mynd 5. Eins og áður var hola LWN-4 aðalvinnsluholan árið 1999. Þó var hola GN-1 notuð samhliða LWN-4 allan desember. Þetta var gert eins og stundum áður til þess að létta á, og draga úr iðustreymistapi í, holu LWN-4. Óvenjumikil vinnsla var þetta tímabil, sérstaklega fyrri hluta desember, vegna kalds veðurs. Í desember var meðalvinnslan úr holu GN-1 um 6,9 l/s. Notkun holu GN-1 síðustu tvö árin er sýnd sérstaklega á mynd 5.

Tafla 4. Vinnsla úr jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Holtum 1982 - 1999.

Ár	Ársmeðalvinnsla (l/s)	Heildarorkuvinnsla ¹⁾ (GWh)
1982	7,4	17,8
1983	19,4	46,6
1984	19,1	46,0
1985	21,8	52,4
1986	21,1	50,7
1987	19,4	46,6
1988	18,5	44,6
1989	17,6	42,3
1990	16,6	39,9
1991	16,7	40,1
1992	18,0	43,4
1993	16,6	39,9
1994	16,9	40,6
1995	16,6	39,9
1996	16,6	39,6
1997	16,8	39,6
1998	17,5	41,6
1999	17,9	42,5

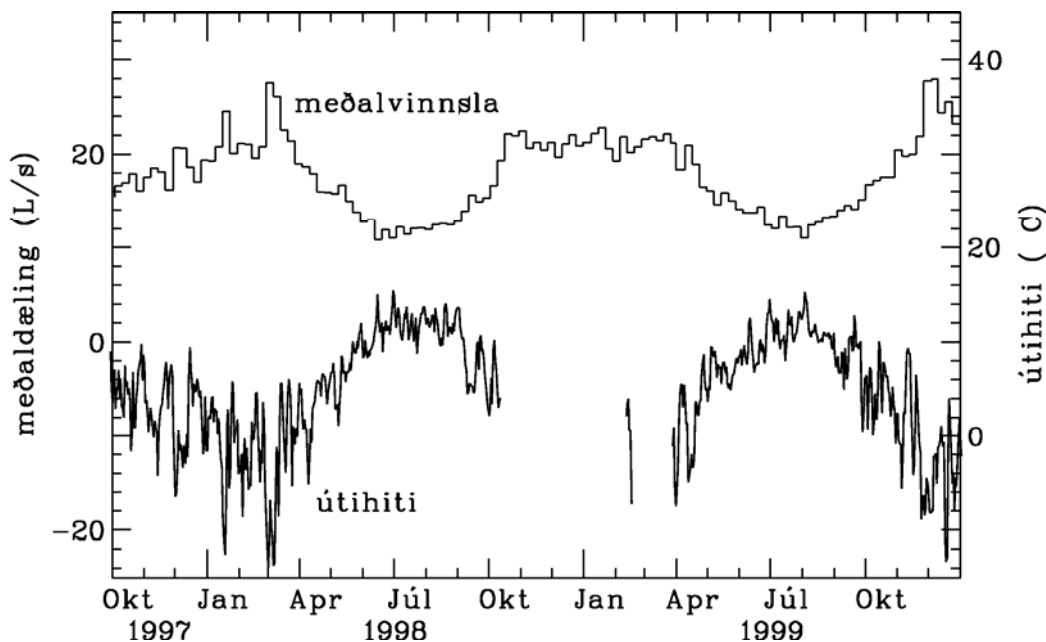
1) Miðað við nýtingu í 30°C

Árið 1999 var vikumeðalvinnslan á jarðhitasvæðinu (báðar holur) mest 27,9 l/s aðra vikuna í desember. Þetta er mesta vinnsla sem verið hefur á Laugalandi síðasta áratuginn. Ástæðan sést að hluta á mynd 6, sem sýnir dagleg meðalgildi útihita skv. gagnasöfnunarbúnaðinum og vikumeðaldælingu, en á þessum tíma var kalt í veðri. Áður hafði hún mest mælst um 27,5 l/s í mars 1998, en þá kom óvenju slæmt kuldakast. Ekki var veður þó nærri eins slæmt nú í desember s.l. Því hlýtur þessi mikla vinnsla að endurspeglar vaxandi notkun, og ekki síður vaxandi afltoppa, eins og fjallað var um í síðustu eftirlitsskýrslu (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1998). Þess má geta að ef undan eru skildir þessir tveir vinnslutoppar þá hafði vikumeðalvinnslan síðasta áratuginn áður mælst mest 25,8 l/s í janúar 1994. Árið 1999 var vikumeðalvinnslan minnst 11,0 l/s fyrstu vikuna í ágúst 1999.



Mynd 5. Vatnsborð í holum LWN-4 (----) og GN-1 (—) ásamt vinnslu, október 1997 til desember 1999.

Mynd 5 hér að framan, ásamt mynd 7 hér á eftir, sýna vatnsborðsbreytingar á jarðhitasvæðinu. Sú fyrnefnda sýnir breytingarnar síðustu tvö árin í báðum holunum, en sú síðarnefnda sýnir gögn um vatnsborð, mælt í holu GN-1, og vinnslu á jarðhitasvæðinu allt frá árinu 1982. Í kuldakastinu í mars 1998 fór vatnsborð neðar en búist hafði verið við og er fjallað um hvað gæti hafa valdið því í síðustu eftirlitsskýrslu (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1998). Talið var að í fyrsta lagi hefði það verið vegna þess að vinnslutoppurinn í kuldakastinu varð mun meiri en sambærilegir toppar undanfarin ár, í öðru lagi vegna lítils rúmmáls jarðhitakerfisins, lágrar lektar þess og takmarkaðs aðstreymis og í þriðja lagi vegna þess að lektin næst vinnsluholunum minnkar hugsanlega þegar vatnsborð er komið jafn neðarlega og það hefur farið síðustu vetur.



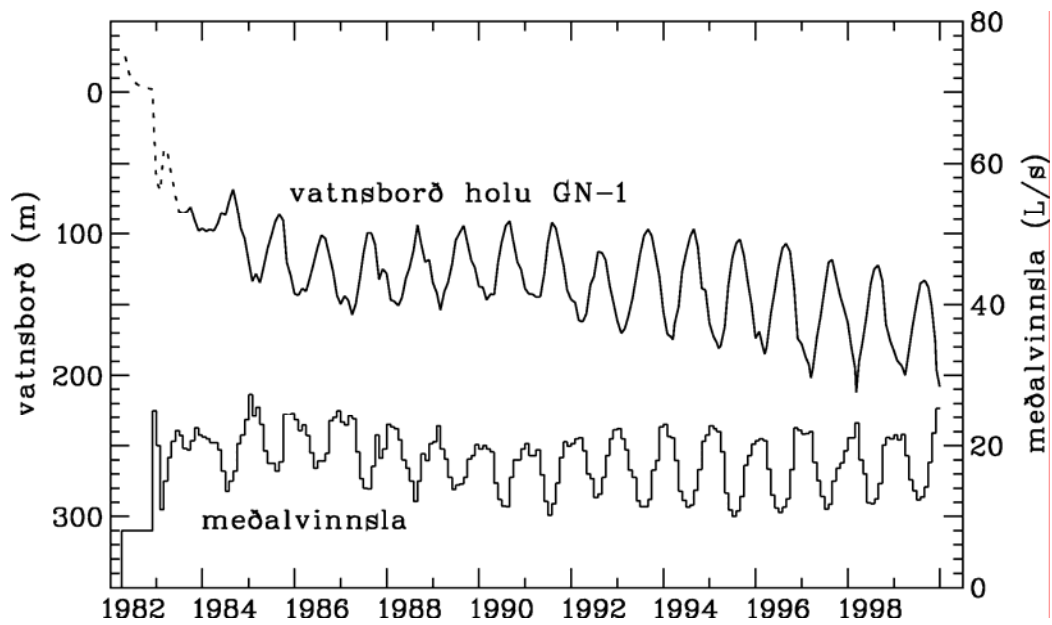
Mynd 6. Vikumeðaldæling úr LWN-4 og úthiti, október 1996 til nóvember 1998.

Fyrri hluta ársins 1999 fór vatnsborð ekki jafn djúpt, enda komu engir viðlíka vinnslutoppar á þeim tíma. Í reynd var vinnslan óvenju jöfn allan veturinn (mynd 5). Dýpst fór vatnsborðið í lok mars, í 214 m dýpi í holu LWN-4 og í 200 m dýpi í holu GN-1. Í desember brá hins vegar svo við að vatnsborð í holunum fór niður á 211 m dýpi í LWN-4, og á 208 m dýpi í GN-1, vegna þeirrar óvenju miklu vinnslu, sem fjallað var um hér að framan. Vatnsborð fór neðar en ella í þeirri síðarnefndu vegna dælingar úr holunni sjálfri. Vatnsborð hefur ekki áður farið svo neðarlega svo snemma vetrar. Ef ekki kæmi til virkjun Kaldárhólts, en nýting vatns þaðan mun hefjast mjög fljótlega, væri hætta á vatnsskortri seinna í vetur. Það er þó alfarið háð veðurfari.

Síðustu tólf mánuðina var vatnsborð hæst á 126 m dýpi í holu LWN-4, um miðjan ágúst, og á 132 m dýpi í holu GN-1, í lok september. Þetta er meira en 10 m neðar en árið áður. Frá árinu 1993 hefur hæsta vatnsborð í jarðhitakerfinu lækkað að jafnaði um 5 m á ári. Er það annars vegar vegna hægfara lækkunar vatnsborðs í jarðhitakerfinu, en hins vegar vegna þess að sumarvinnslan hefur farið vaxandi frá árinu 1995. Sú aukning sést greinilega á mynd 7.

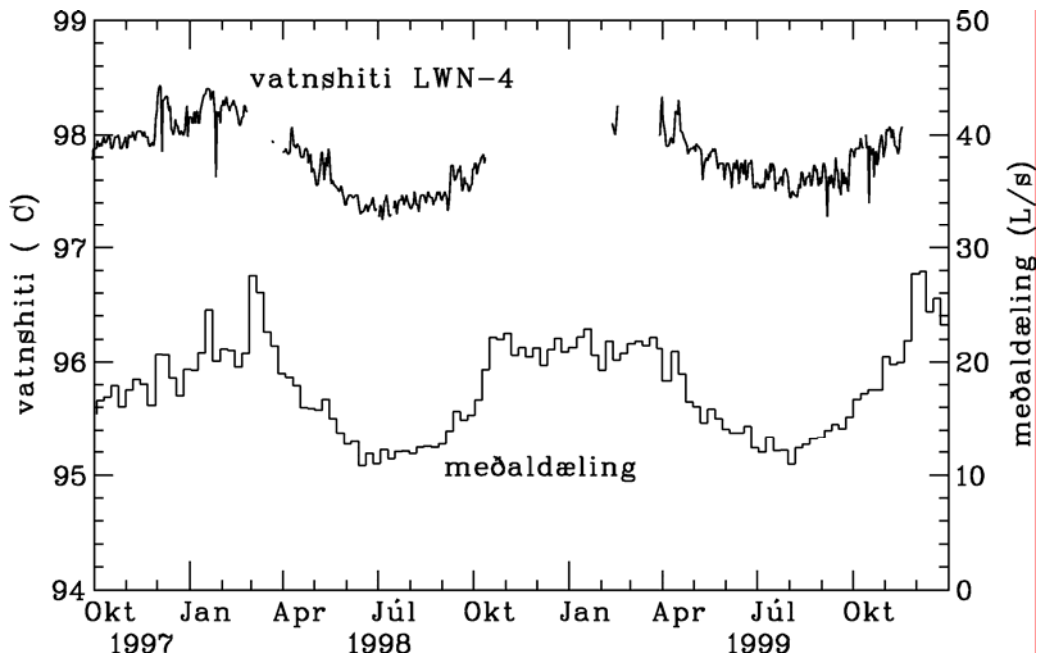
Eins og áður segir þá sýnir mynd 7 gögn um vatnsborð (í holu GN-1) og vinnslu á jarðhitasvæðinu allt frá árinu 1982. Þar sjást vel þær langtímabreytingarnar, sem orðið hafa. Frá árinu 1991 hefur vatnsborð farið stöðugt lækkandi, þó ársmeðalvinnslan hafi staðið nokkurn veginn í stað (ef undan eru skilin síðustu tvö árin). Lægsta vatnsborð hefur að jafnaði lækkað um 8 m á ári þetta tímabil. Árssveiflan í vatnsborði hefur aukist mikið frá því sem áður var, úr u.þ.b. 50 m í allt að 90 m. Um ástæður þessa var fjallað af Hrefnu Kristmannsdóttur o.fl. (1998).

Mynd 8 sýnir mælingar gagnasöfnunarþúnaðarins á hita vatns úr LWN-4 ásamt vikumeðaldælingunni síðustu tvö árin. Þar sést sambandið sem greinilega er á milli



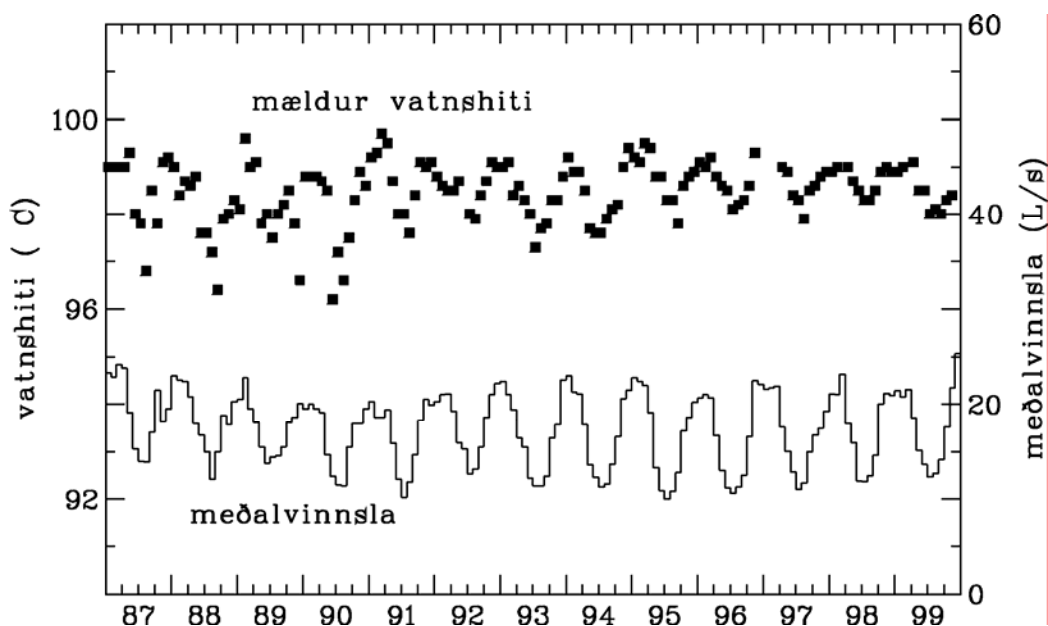
Mynd 7. Vatnsborð og vinnsla á Laugalandi frá 1982.

vatnshita og dælingar, sem er aðallega vegna þess að við meira rennsli kólnar vatnið minna á leið upp holuna, og öfugt. Ekki eru til gögn um hita vatns úr holunni þann tíma sem hola GN-1 var líka í gangi, en þá var hiti blöndunnar úr báðum holum mældur í staðinn. Mælingar Hitaveitunnar á hita vatns úr holu GN-1 sýna að hann er um 73-74°C.



Mynd 8. Vikumeðaldæling og hiti vatns úr LWN-4, okt. 1997 til des. 1999.

Mynd 9 sýnir hita vatns úr holu LWN-4 frá því um áramótin 1986/1987, samkvæmt mælingum Hitaveitunnar, en síðan þá er talið að um sambærilegar mælingar sé að ræða. Myndin sýnir mánaðarmeðaltöl vikulegra aflestra. Fyrir utan ársveifluna virðist ekki hafa orðið marktæk breyting á hita vatnsins úr LWN-4 á þessum tíma, skv. mælingum Hitaveitunnar. Síðustu tólf mánuðina var vatnshitinn að meðaltali 98,6°C, skv. mælingum veitunnar, sem er sambærilegt við meðalhitann undanfarin ár.



Mynd 9. Hiti vatns úr LWN-4 skv. mælingum Hitaveitunnar og vinnsla á Laugalandi frá 1987.

6. JARÐHITAKERFIÐ Í KALDÁRHOLTI

Árið 1998 fór fram viðamikil jarðhitaleit í Kaldárholti, sem lauk með borun tveggja tilraunaholna, KH-34 og 35, sem gáfu mikið af 67-68 °C vatni. Jarðhitaleitin, sem aðallega fólst í borun grannra rannsóknarholna, var tímfrekari en reiknað hafði verið með, fyrst og fremst vegna þess að uppstreymið í jarðhitakerfið reyndist liggja mun austar en yfirborðsummerki þess. Þær greinargerðir, sem skrifaðar voru í tengslum við leitina eru teknar saman í viðauka síðustu vinnslueftirlitsskýrslu (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1998). Þar er auk þess birt samantekt um niðurstöður jarðhitaleitarinnar og möguleika Hitaveitu Rangæinga á nýtingu vatns frá Kaldárholti. Helstu niðurstöður athugana á nýtingu þess voru eftirfarandi:

1. Hóla KH-34 er talin geta gefið a.m.k. 30 l/s af 67°C vatni, með hóflegum niðurdrætti, sem jafngildir um 40 GWh orkuvinnslu.
2. Ef ársmeðalvinnslan á Laugalandi minnkar í 12 l/s, vegna íblöndunar vatns frá Kaldárholti, mun vatnsborð í vinnsluhölnum haldast ofan 150-160 m dýpis næstu árin, skv. líkanreikningum.

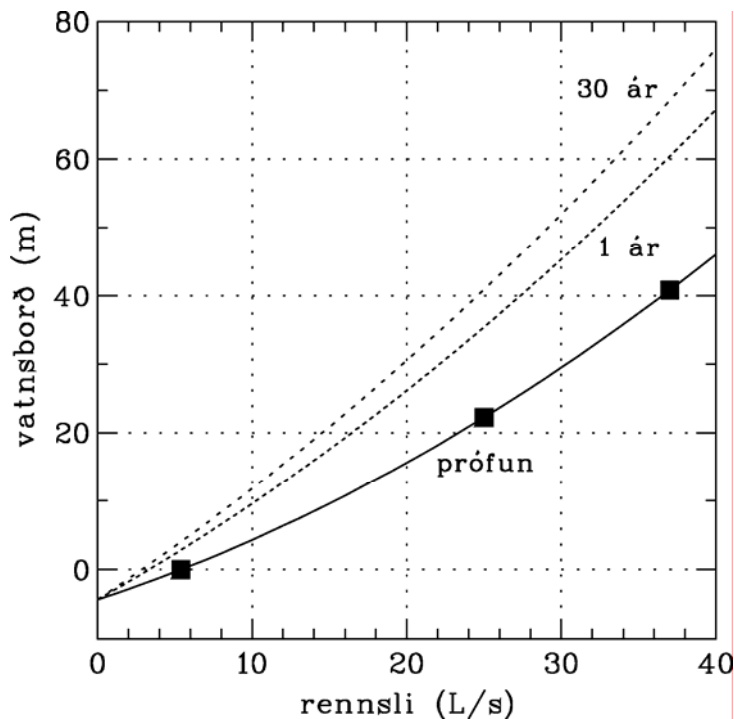
3. Ef 10 l/s vatns frá Kaldárholti og 12 l/s vatns úr holu LWN-4 er að jafnaði blandað saman munu fást 22 l/s af 82°C vatni, sem hafa sama orkuinnihald og 17 l/s af vatni úr holu LWN-4 eingöngu. Þannig fæst ívið meiri orka til Hellu og Hvolsvallar, þó vatnshitinn lækki nokkuð á báðum stöðum, eða í u.þ.b. 69°C á Hellu að jafnaði og í u.þ.b. 50°C á Hvolsvelli. Ef gamla asbestlögnin yrði endurnýjuð fengist mun meiri orka til Hellu og Hvolsvallar og má áætla að aukningin yrði um 30% á Hellu og 70% á Hvolsvelli, miðað við sömu blöndun.
4. Niðurdæling vatns frá Kaldárholti í holu GN-1 verður fyrst og fremst hagkvæm á vetrum, annað hvort lítið magn í nokkra mánuði eða meira magn í skemmri tíma (aflaukning í kuldakasti).

Frá því þetta var skrifað hefur síðasta rannsóknarholan, hola KH-35, einnig verið dæluprófuð og reyndist hún jöfn holu KH-34 í afköstum (Guðni Axelsson o.fl., 1999). Í framhaldi af því ákvað Hitaveita Rangæinga að virkja Kaldárholtssvæðið til þess að afla viðbótarorku. Fyrsta skrefið fólst í borun vinnsluholu, holu KH-36, og lauk borun hennar í lok apríl 1999. Hún varð 445 m djúp og var fódruð með 8 ⁵/₈” röri í 254 m.

Vinnsluholan var prófuð með loftdælingu þann 30. apríl 1999. Loftdælt var úr holunni í tveimur 2-3 klst. þrepum, 25 og 37 l/s. Í báðum þrepunum kom niðurdrátturinn fram strax og dæling hófst, en síðan jókst hann mjög hægt. Nokkru meiri niðurdráttur er í holu KH-36 en í holum KH-34 og 35. Það er ekki óeðlilegt því efstu 250 m vinnsluholunnar eru fódraðir af, en tilraunaholurnar eru aðeins fódraðar í 20-30 m. Þá er nokkurt iðustreymistap í holunni. En langtímaniðurdráttur er mjög hægur, og í samræmi við það sem fram kom við prófanir holna KH-34 og 35 (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1998; Guðni Axelsson o.fl., 1999).

Mynd 10 sýnir samband dælingar og vatnsborðs í holu KH-36, bæði niðurstöður prófunarinnar og spá til 30 ára. Spáin er byggð á niðurstöðum fyrri prófana um eiginleika jarðhitakerfisins. Mælingar í öðrum holum á svæðinu, meðan á prófun holu KH-36 stóð, staðfesta fyrri niðurstöður um mikla stærð og góða lekt jarðhitakerfisins. Samkvæmt myndinni mun holan hæglega geta staðið undir 30 l/s langtíma vinnslu, eins og prófanir á holum KH-34 og 35 höfðu bent til. Á það má benda að við 40 l/s dælingu eru u.þ.b. 20 m niðurdráttarins vegna iðustreymistaps.

Í framhaldinu var lögð aðveituæð milli Kaldárhólts og Laugalands, byggður miðlunartankur og holan dæluvædd. Er þetta er skrifað í byrjun janúar 2000 er nýting Kaldárholtssvæðisins u.þ.b. að hefjast. Eins og áður kemur fram þá er ítarlega fjallað um áhrif nýtingar vatns frá Kaldárholti í eftirlitsskýrslu ársins 1998, bæði á jarðhitakerfið á Laugalandi og orkuframleiðslu Hitaveitu Rangæinga (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1998).



Mynd 10. Mælt og áætlað samband rennslis og vatnsborðs í holu KH-36 í Kaldárholti.

Eftir að vinnsla hefst í Kaldárholti er rétt að eftirlit með vinnslu vatnsborði og hita verði með nákvæmlega sama sniði og á Laugalandi, þ.e:

- 1) vikulegir aflestrar af rennslismæli (m^3 -teljari og augnabliksrennsli);
- 2) vikulegar mælingar á dýpi á vatnsborð í KH-36.
- 3) vikulegar mælingar á vatnshita;
- 4) vikulegar mælingar á dýpi á vatnsborð í KH-33 (og e.t.v. KH-22).

Fyrstu tvær vikurnar þyrftu mælingar á þessum atriðum þó að vera þéttari, þ.e:

- a) nokkrum sinnum fyrsta daginn;
- b) síðan a.m.k. daglega næstu vikuna;
- c) síðan annan hvern dag aðra vikuna.

Æskilegt væri að komið yrði upp sjálfvirku eftirliti með þessum þáttum, eins og verið hefur á Laugalandi, við fyrstu hentugleika.

Nú þegar aðveitukerfi Hitaveitu Rangæinga er orðið flóknara væri rétt að koma upp rennslismælingum á nokkrum stöðum á aðveitunni, en eflaust hefur Hitaveitan þegar hugsað fyrir því. Þá þarf að huga að endanlegum frágangi (steypingar og mælirör) allra rannsóknarholnanna í Kaldárholti, til þess að koma í veg fyrir niðurrennsli kaldara vatns um holurnar.

7. NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður vinnslueftirlits síðustu tólf mánaða hjá Hitaveitu Rangæinga eru eftirfarandi:

1. Engar marktækar breytingar eru á vatninu í holu LWN-4.
2. Engin súrefnisupptaka kemur fram í veitukerfinu.
3. Veruleg aukning er á tæringu á asbestinu í aðveitulögnum til Hvolsvallar.
4. Meðalvinnsla ársins 1999 á Laugalandi í Holtum var 17,9 l/s, sem er um 7% aukning frá meðalvinnslu árána 1993–1997 (16,7 l/s), er vinnslan hélst nokkuð jöfn. Orkuvinnslan ársins 1999 á Laugalandi nam 42,5 GWh auk þess sem hækkun framrásarhita hluta ársins jafngilti 1 GWh orkuframleiðslu til viðbótar. Árin 1993–1997 nam orkuframleiðslan um 40 GWh að jafnaði.
5. Engir verulegir vinnslutoppur urðu veturinn 1998-1999 og var vinnsla nokkuð jöfn allan þann vetur. Mikill vinnslutoppur kom hins vegar í desember 1999, en þá náði vikumeðalvinnslan tæplega 28 l/s, sem er mesta vinnsla sem orðið hefur á Laugalandi síðasta áratuginn. Kalt var í veðri á þessum tíma, en auk þess greinilegt að afltoppar fara vaxandi hjá Hitaveitu Rangæinga.
6. Vatnsborð fór ekki eins neðarlega veturinn 1998-1999 og veturinn 1997-1998. Nú í desember s.l. fór vatnsborð þó næstum því eins djúpt vegna vinnslutoppans, eða niður á u.þ.b. 210 m dýpi. Frá árinu 1993 hefur vatnsborð í jarðhitakerfinu lækkað um 5-10 m á ári, bæði vegna hægfara lökkandi þrýstings í jarðhitakerfinu og vaxandi vinnslu.
7. Vatnsborð hefur ekki áður farið svo neðarlega svo snemma vetrar. Ef ekki kæmi til virkjun Kaldárhólts, sem tekin verður í gagnid um miðjan janúar 2000, hefði því verið hætta á vatnsskort hjá Hitaveitu Rangæinga seinna í vetur, ef veður reynist óhagstætt.
8. Hiti vatns úr holu LWN-4 hefur ekki breyst undanfarinn áratug, að undanskilinni árssveiflu. Hann hefur haldist rúmlega 98,5°C að jafnaði.
9. Viðamikilli jarðhitaleit í Kaldárholti lauk með borun 445 m djúprar vinnsluholu, holu KH-36, sem nú hefur verið virkjuð. Hún er talin geta staðið undir 30 l/s langtímavinnslu 67°C vatns. Lögð hefur verið aðveituæð milli Kaldárhólts og Laugalands og mun vatn frá Kaldárholti verða blandað vatni frá Laugalandi áður en því verður dælt til Hellu. Eins má nýta vatnið frá Kaldárholti að einhverju leyti til niðurdælingar á Laugalandi. Ítarlega er fjallað um áhrif nýtingar vatns frá Kaldárholti í eftirlitsskýrslu ársins 1998, bæði á jarðhitakerfið á Laugalandi og orkuframleiðslu Hitaveitu Rangæinga (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1998).

8. HEIMILDIR

Guðrún Sverrisdóttir, Guðni Axelsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1997. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1996-1997. Orkustofnun, Rannsóknasvið OS-97070.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1996. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1995-1996. Orkustofnun, OS-96072/JHD-03 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1992. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1991-1992. Orkustofnun, OS-92060/JHD-23 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1992-1993. Orkustofnun, OS-93076/JHD-38 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1993-1994. Orkustofnun, OS-94058/JHD-34 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1995. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1994-1995. Orkustofnun, OS-95063/JHD-42 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, Magnús Ólafsson og Sverrir Þórhallsson, 1991. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1990-1991. Orkustofnun, OS-91050/JHD-29 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson, Kristján Sæmundsson, Halldór Ármannsson og Grímur Björnsson 1998. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1997-1998. Orkustofnun, Rannsóknasvið OS-98077.