



Vatnsvinnsla úr holu LWN-4 að Laugalandi í  
Holtum

Lúðvík S. Georgsson, Þorsteinn Thorsteinsson, Sverrir  
Þórhallsson

Greinargerð LSG-ÞTh-SÞ-83/03

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

GREINARGERÐASAFN

VATNSVINNSLA ÚR HOLU LWN-4 AÐ LAUGALANDI Í HOLTUM

DES. '82 - MARS '83 OG BILUN DJÚPDÆLU

Lúðvík S. Georgsson  
Þorsteinn Thorsteinsson  
Sverrir Þórhallsson

Apríl-1983

Greinargerð-LSG-ÞTh-SP-83/03

VATNSVINNSLA ÚR HOLU LWN-4 AÐ LAUGALANDI Í HOLTUM DES. '82 -  
MARS '83 OG BILUN DJÚPÐÄLU

1 INNGANGUR

Hola LWN-4 að Laugalandi í Holtum var boruð sumarið 1980 niður á 844 m dýpi af jarðbornum Glaumi frá Jarðborunum ríkisins. Borunin var gerð fyrir skólann að Laugalandi í Holtum og stóðu að henni Holtahreppur, ásamt Ása- og Landmannahreppi. Jarðhitadeild Orkustofnunar var ráðunautur hreppanna um staðsetningu og borun holunnar. Við, fóðring og holudýpi var ákvörðuð með það í huga að halda borkostnaði niðri, enda var töluverð óvissa fyrirfram um árangur af borun. Sjálfrennsli í lok borunar var um 21 l/s af um 94 C heitu vatni aðallega úr æðum á 750 m dýpi og 830-840 m dýpi. Fljótlega minnkaði rennsli í um 9,5 l/s. Við mælingar kom í ljós að holan var stífluð á 817 m dýpi. Rennslismælingar, sem gerðar voru eftir að holan stíflaðist og sem fyrst og fremst voru ætlaðar til leiðsagnar um fóðrun, hreinsun og dýpkun holunnar, bentu til að úr holunni mætti þá vinna um 40 l/s með 110 m vatnsborðslækkun miðað við 1 árs vatnsvinnslu. Áætlað var að úr henni mætti vinna enn meira vatn ef hún yrði hreinsuð (Sjá greinargerð Orkustofnunar frá febrúar 1981: LSG-BTH-HK-81/01). Lagt var til að holan yrði rýmuð og fóðruð niður á 300 m dýpi með tilliti til hugsanlegrar aukningar vatnsvinnslu og stærðarvals á djúpdælu en einnig "til öryggis verði ófyrirsjáanleg viðbrögð jarðhitakerfisins við langtíma vatnsvinnslu óhagstæð". Þá var einnig lagt til að holan yrði hreinsuð og dýpkuð um 100-150 m. Loks segir m.a.: "Áður en holan LWN-4 verður virkuð þarf að gera mun ítarlegri mælingar á afköstum holunnar og svæðisins í heild".

Holan var síðan lokuð að mestu fram í mars 1982. Skömmu áður hafði Hitaveita Rangæinga (HVR) tekið við rekstri holunnar, en hún er sameignarfyrirtæki Rangárvallahrepps, Hvolhrepps og Holtahrepps. Að beiðni HVR var holan rýmuð og fóðruð í 292 m með 11 3/4" fóðringu í mars-apríl 1982 og dýpkuð í 1014 m. Verkið var unnið af bor Jarðborana ríkisins, Narfa. Dýpkun holunnar og hreinsun gekk mjög erfiðlega framan af og var mikið hrun úr æðinni í 840 m og útvíkkarir. Erfiðlega gekk því að skola borsvarfinu upp úr

holunni. Til þess að verkið næði fram að ganga var notað "vannglas" í holuna til að stöðva brunnið og í framhaldi af því var notuð borleðja (bentonit) og holan dýpkuð í 1014 m (Um nánari upplýsingar um verkið vísast í greinargerð Guðmundar Sigurðssonar, verkstjóra hjá Jarðborunum ríkisins, frá júlí 1982). Þegar borun lauk, 7. maí 1982, var sjálfrennsli hins vegar aðeins um 8 l/s af 93-94 C heitu vatni. Holan var loftdæld tvívegis í borlok til að hreinsa holuna og fá gróft mat á afköstum hennar og fylgst var með sjálfrennsli hennar næsta hálfu árið. Um stöðuna 2 mánuðum eftir borlok er fjallað í greinargerð Orkustofnunar frá júnílokum 1982: DTH-LSG-82/03. Þar kemur fram að afköst holunnar höfðu ekki aukist við þessar aðgerðir eins og vonir stóðu til. Þar segir m.a.: "Virðist lítil vafi vera á að bæði efri æðarnar - og þær neðri - séu ennþá að nokkru leyti stíflaðar af borsvarfi. Bitamæling gerð 6. júní 1982 gæti bent til þess að um 35% rennslisins sé úr efri æðinni en 65% úr þeim neðstu". Um vatnsvinnslu segir: "Hú hafa runnið úr holu LHM-4 7,8-8,2 l/s í rúmlega 50 daga samfelld (innsk.: þetta breyttist óverulega þangað til virkjun hófst). Ennþá er þó ekki unnt að segja fyrir um viðbrögð jarðhitakerfisins við meiri vatnsvinnslu í lengri tíma. Stöðugleiki vatnsmagnsins og hófleg vatnsvinnsla, 20-30 l/s, sem ráðgerð er fyrstu ár hitaveitunnar gefa ekki tilefni til uggs um óhóflegan niðurdrátt" og "Niðað við afköst holunnar eins og þau eru í dag og 30 l/s má búast við um 80 m vatnsborðslökkun í holunni fyrsta árið". Mælt var með 100 m lágmarksdæludýpi fyrst í stað.

## 2 VATTNSVINNSLA DES. 1982 - MARS 1983

Djúpdæla af gerðinni Floway 8-JKH 5 þrepa, knúin 65 ha (48 kw) rafmótor, var gangsett í holu LHM-4 4. desember 1982. Dæludýpi var 100 m. Dælan var látin ganga, með óverulegum hléum vegna rafmagnstruflana, fram til 22. febrúar 1983. Þann dag var hún stöðvuð í 8 klst. og síkkuð í 130 m. Hún var stöðvuð aftur næsta dag vegna minnkandi afkasta og við upptekt kom í ljós að dælan var sem næst ónýtt. Ný dæla af sömu gerð og í sama dýpi og sú fyrri, en knúin 85 ha rafmótor, var gangsett að kvöldi 24. febrúar. Hún gekk í 18 klst. en var stöðvuð 25. febrúar vegna ófullnægjandi afkasta. Við upptekt og skoðun kom í ljós að afköst höfðu minnkað vegna skemmda á hjólum og legum dælunnar.

Vatni er dælt upp í miðlunargeymi hitaveitunnar. Botnplata geymisins er 18 m yfir dæluúttaki en næsta vatnshæð um 5

m. Þrýstingur í dæluskúr hefur því verið á bilinu 18-23 m vs en mesti heildarþrýstingur 123 m vs, meðan dælan var í 100 m dýpi, en 152 m vs er hún var í 130 m. Á mynd 2 ná sjá afköst dælunnar við misrunandi lyftihæð. Á dælunni er hraðabreytibúnaður, en dælan hefur snúist um 2800 rpm

Vatnsvinnsla úr holunni hefur verið í umsjá starfsmanna Hitaveitu Rangninga, samskipt rágjöf og eftirliti Verkfræðistofunnar Fjarhitunar, en þeir síðarnefndu hefa séð um hönnun og gangsetningu hitaveitunnar. Upplýsingar um vatnsvinnsluna fyrstu 3 mánuðina voru fengnar frá Hitaveitu Rangninga og er eftirfarandi unnið upp úr dagbókun hennar.

Af dagbók hitaveitunnar er ekki að sjá að reglulegar mælingar á vatnsmagni úr holunni hafi verið gerðar fyrr en 21. desember er farið var að mæla rennsli úr niðlunargeymi inn á kerfi hitaveitunnar. Rennsli, reiknað út frá magnteljara og mældri vatnshæð í geymi, hefur skv. dagbókinni verið 16-19 l/s, mest 24 l/s, fram til 8. febrúar (sjá mynd 1). Þá var slegið af dælunni og dælt 13-16 l/s þar til fyrri dælan var síkkuð 22. febrúar. Einstakir aflestrar af rennslismæli, skráðir í dagbók, eru hins vegar að jafnaði um 15% hærri en ofangreindar tölur. Við þetta batist svo notkunin á Laugalandi og nágrenni.

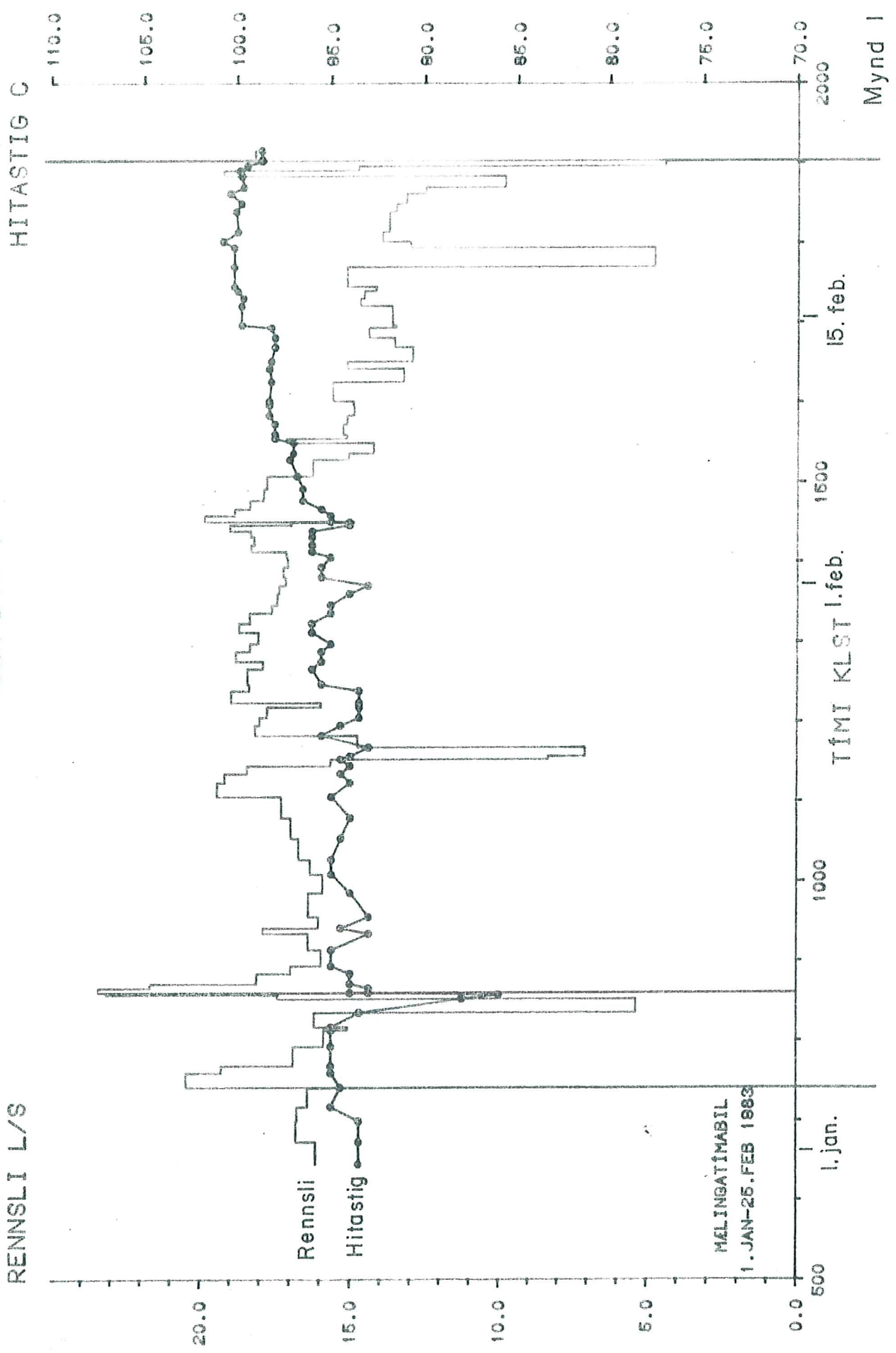
Aflestrar af aflmæli dælumótors frá upphafi dælingar eru skráðir í dagbók dælustöðvarinnar. Samskipt upplýsingum Sigþórs Jóhannessonar, verkfræðings hjá Fjarhitun, kom í ljós 24. febrúar að aflmælir hafði sýnt allt að 65% of lág aflgildi frá byrjun. Meðalaflestrar í kW ásamt leiðréttingu eru teknir saman í eftirfarandi töflu 1.

Tafla 1.

Dags.	Aflestur kW	Leiðr. kW
4.des.-14.des.'82	30	50
15.des.-21.des.'82	23	38
22.des.'82-8.febr.'83	29	48
8.febr.-22.febr.'83	20-23	33-38

Engar marktækar mælingar eru til á niðurdrætti í holunni lengst af þar sem gat var talið vera á röri fyrir vatnsborðsmælingar og niðurstöður vatnsborðsmælis í snúru reyndust rangar. Þó er líklegt að síðustu tvær vikurnar áður en dælur biluðu hafi vatnsborð verið í um 88 m. Sé

LAUGALAND HOLTUM  
HOLA LWN-4



Mynd 1

JHD-VT-8609-HJ.  
83-03-0482

RENSLI L/S

HITASTIG C

Rensli  
Hitastig

MALINGATIMABIL  
1. JAN-25. FEB 1983

1. jan.

1000

1500  
1. feb.

15. feb.

2000

niðað við vatnsborð á 90 m dýpi og leiðrétt afl, bendir aflferill dæluunnar (sjá mynd 2) til þess að vatnsmagn geti hafa verið talsvert meira en reiknað er hér að ofan, og upp undir 40 l/s á tímabilinu 4.-14. desember 1982.

Hiti vatnsins úr holunni mældist lengi vel um 92°C. Síðar kom í ljós að hitamælirinn sýndi um 3°C of lágt gildi, þannig að rétt gildi hefur verið um 95°C og var þetta leiðrétt þann 8. febrúar. Nálegt 4. febrúar fór vatnið að hitna og var komið í um 100°C þann 16. febrúar og hélst svo heitt uns hætt var að dæla þann 25. febrúar. Hitaferillinn er sýndur á mynd 1.

Eftir að dælur voru teknar upp lét Orkustofnun gera ýmsar athuganir á holunni. Holan var hitamæld og víddarmæld og kom þá í ljós að holan hafði í engu breytt sér frá því að hún var mæld skömmu eftir að dýpkun lauk. 1. mars var dælt á hana 45 m af 42°C heitu vatni og tók holan vel við því. Holan var hitamæld tvívegis eftir það og sýndi hęga upphitnun. Hitamælingarnar ásamt tveim eldri mælingum eru sýndar á mynd 3. Í mælingunum kemur fram að með kaldara vatni á um 330 m dýpi. Þessi að virðist þó vera mjög treg og er því ekki ástæða til að óttast kælingu út frá henni.

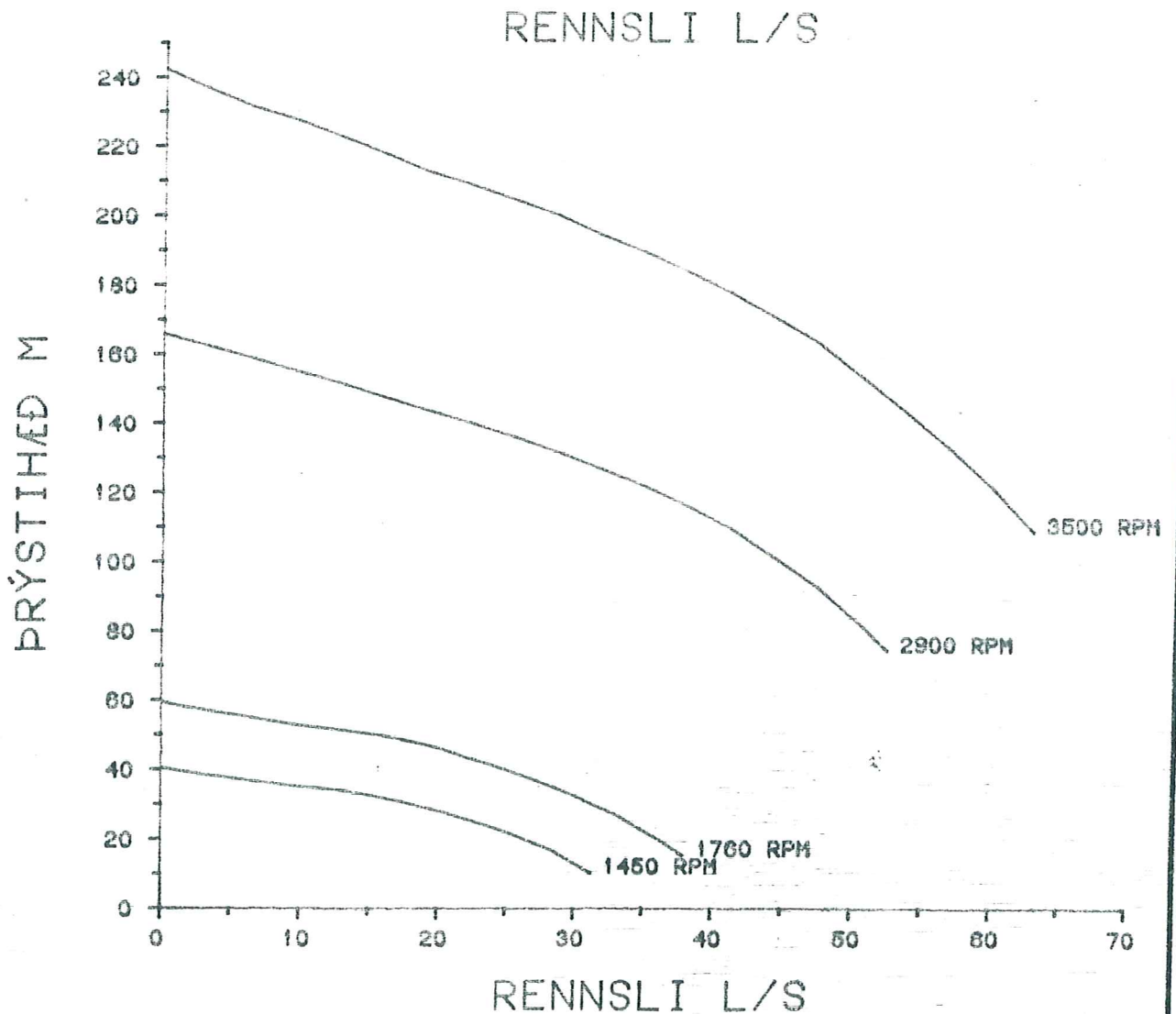
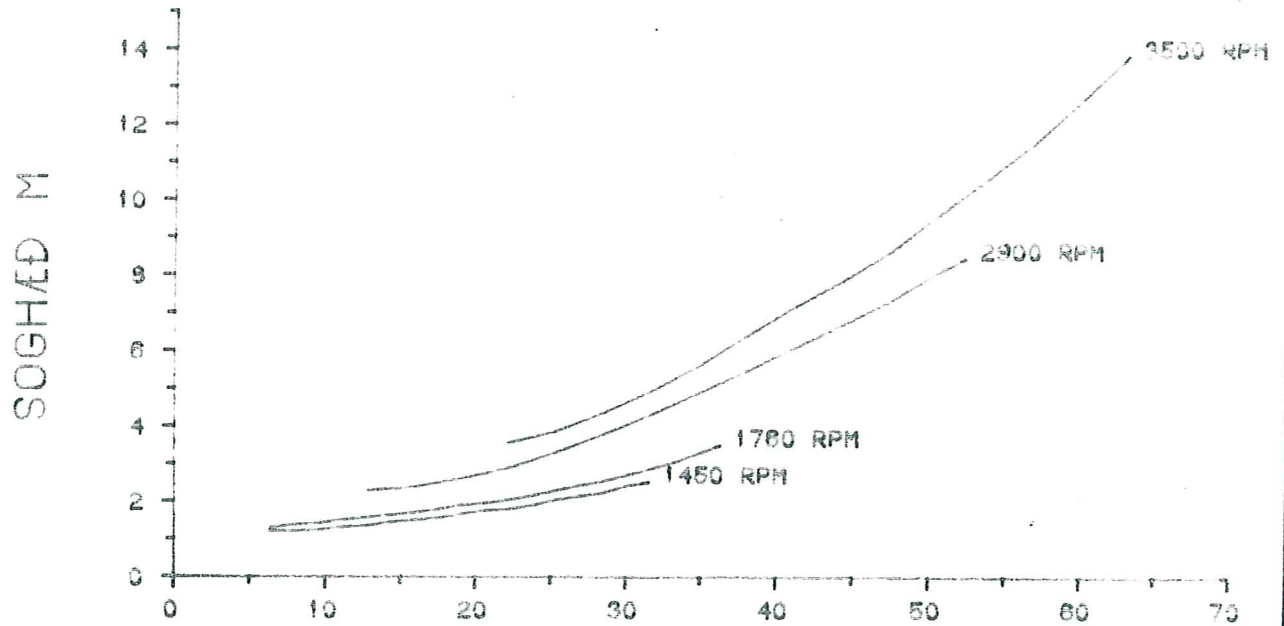
Þann 11. mars var þriðja dælan gangsett í holunni og er hún á 130 m dýpi. Vatnsborðið hafði þá stigið úr um 35 m, 1. mars, 4 dögum eftir að hætt var að dæla, upp í um 12 m. Samkvæmt tillögum Orkustofnunar var dælt í þrepum, fyrst 15 l/s í 2 tíma, síðan 25 l/s og 35 l/s í 2 tíma hvort þrep. Loks var dælt með hámarksdæluafköstum í 1 tíma um 38 l/s. Eftir það var dregið úr dælingu í 25 l/s og ákveðið að halda þeirri dælingu nokkra mánuði til að kanna vatnsgæfni svæðisins. Á þeim 4 vikum, sem liðnar eru, hefur vatnsborðið lækkað í um 80 m og er enn á hægri niðurleið. Hitinn hefur hins vegar farið úr 97°C í um 100°C.

### 3 ORSAKIR VATNSLEYSIS

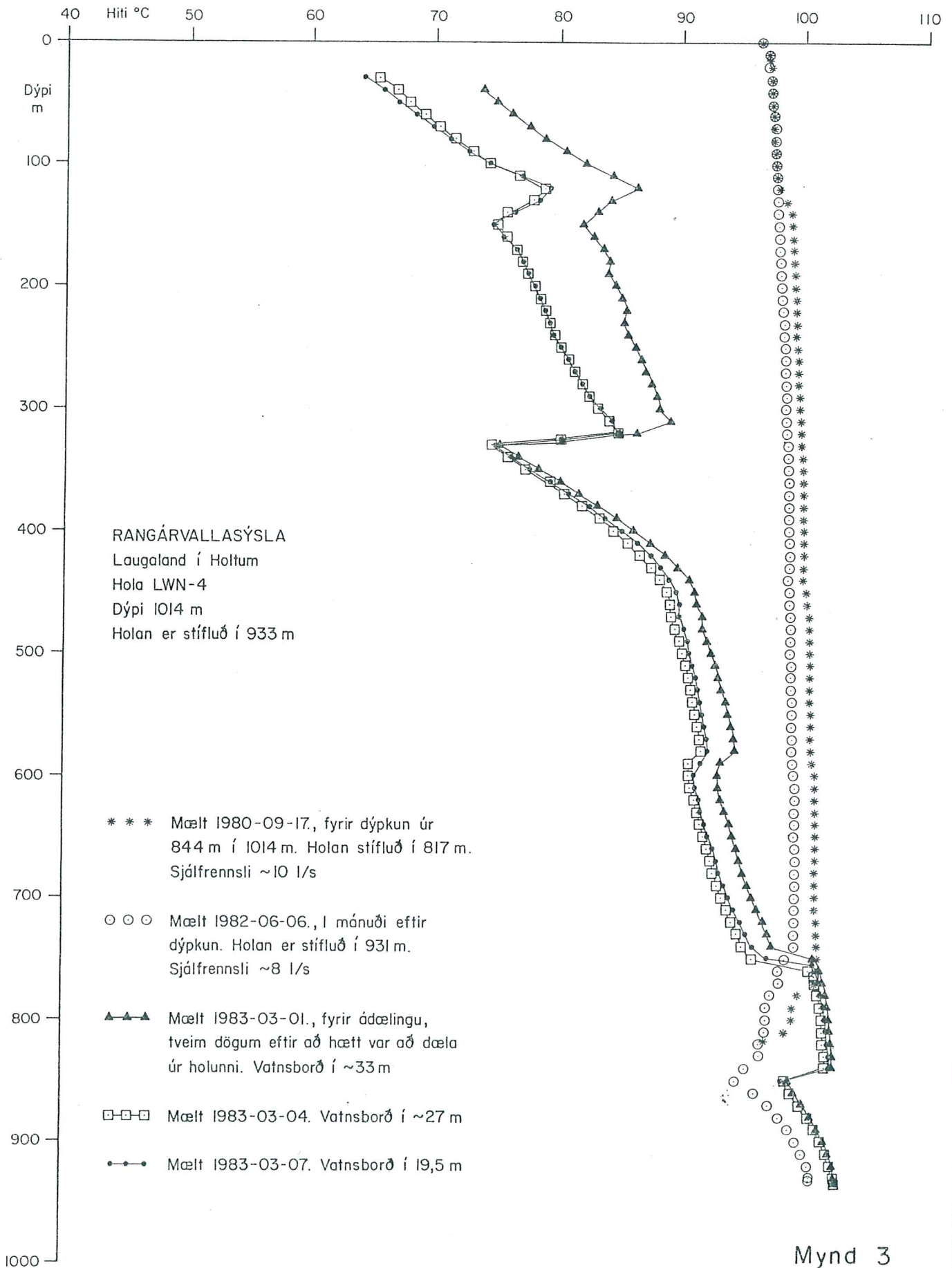
Þær dælur, sem teknar voru upp úr holu LHM-4 voru báðar mjög illa farnar og gátu ekki dælt nema óverulegu vatnsmagni, er þær voru stöðvaðar. Afköst dælaþanna minnkuðu ört í kjölfar síkkunar eða niðursetningar þeirra. Vatnsleysi Hitaveitu Rangæinga um mánaðamótin feb.-mars stafaði því af biluðum djúpdælum. Þessar bilanir eru tæknilegs eðlis og verður ekki fjallað ýtarlega um orsakir þeirra hér, þar sem umsjá eða eftirlit með dælu hefur ekki verið í höndum



### DJÚPDELA AÐ LAUGALANDI HOLTUM VINNSLUFERLAR







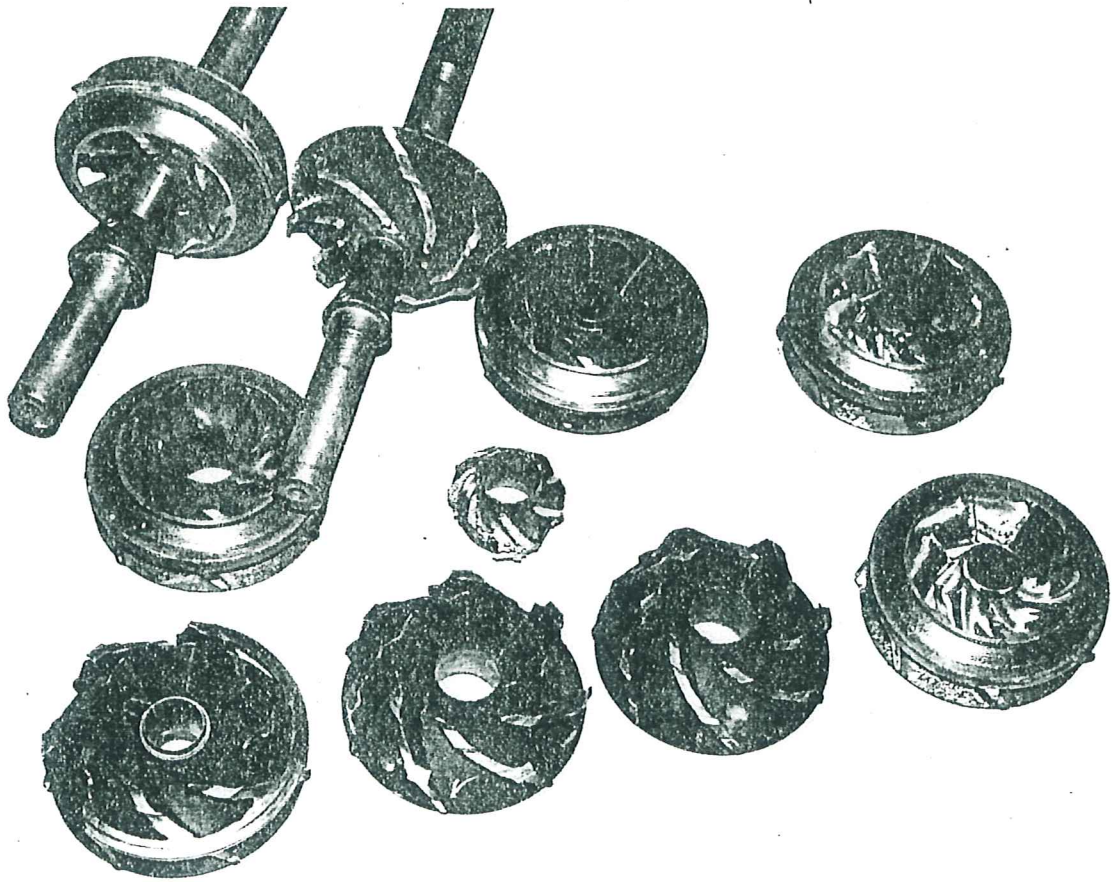
Orkustofnunar. Allar líkur eru þó á að þær eigi rötur að rekja til mismunandi hitapenslu dælurörs og öxla eftir að dælurnar voru settar í gang eftir síkkun eða dæluskipti og að það hafi leitt til röskunar á stillingu þeirra. Afleiðingin var núningur dæluhjóla og dæluhúss og mikið slit á dælunni. Við gangsetningu dælu 3 var dælan endurstillt eftir að hafa gengið í nokkrar mínútur til að koma í veg fyrir þetta og reyndist full ástæða til þess. Þessi endurstilling mun ekki hafa verið gerð eftir síkkun dælu 1 eða gangsetningu dælu 2. Mynd 4 sýnir ónýtt dæluhjól og öxla úr dælunni. Myndir 5 og 6 sýna muninn á óslitnu dæluhjóli og einu af verst förru hjólunum úr ónýtu dælunum. Mynd 7 sýnir loks eitt dæluhúsið og útslegin legusæti þess.

Eftir stöðvun dælanna komu fram ýmsar tilgátur um að orsakir vatnsleysisins mætti rekja til innrennslisins í holuna. Hér verða þær helstu raktar:

a) Breyting á holunni, brun eða lokun vatnsæða. Samanburður á víddarmælingum úr holunni fyrir og eftir dælingu sýnir að holan sjálf er óbreytt. Miðurdæling á holuna þann 1. mars og dæling úr henni frá 11. mars sýna að holan er vel opin. Getum var að því leitt að holan hafi tæmst eða lokast algjörlega um tíma og dælurnar því gengið þurrar og eyðilagst. Þetta verður að teljast afsannað. Holan er opin og hefur ekki breyst ef hækun í hita vatnsins er frá talin. Dælurnar voru mun viðkvæmari fyrir sveiflum í vatnsborði meðan þær voru á 100 m dýpi en eftir að þær voru síkkaðar í 130 m. Ef miðað er við að vatnsborð hafi verið á um 90 m dýpi fyrir síkkun, þá hefði slík sveifla þurft að vera upp á meira en 40 m til að setja dælurnar á þurrt. Það væri ótrúleg tilviljun að fá slíka feikna sveiflu í vatnsborðið vegna stíflu í holunni einmitt þegar dælan var síkkuð 22. febrúar, og enn ótrúlegra að hún hafi staðið yfir í 3 sólarhringa og þar með valdið eyðileggingu á annarri dælu, en að engin merki sjáist um hana, þegar dælt var vatni á holuna þann 1. mars né er dæling hófst að nýju þann 11. mars. Svona sveifla hefur verið sett í samband við jarðhræringar en í því sambandi verður að benda á að þær hreyfingar sem mælst hafa voru annars vegar í byrjun febrúar og hins vegar þann 25. febrúar, rétt eftir að seinni dælan var stöðvuð.

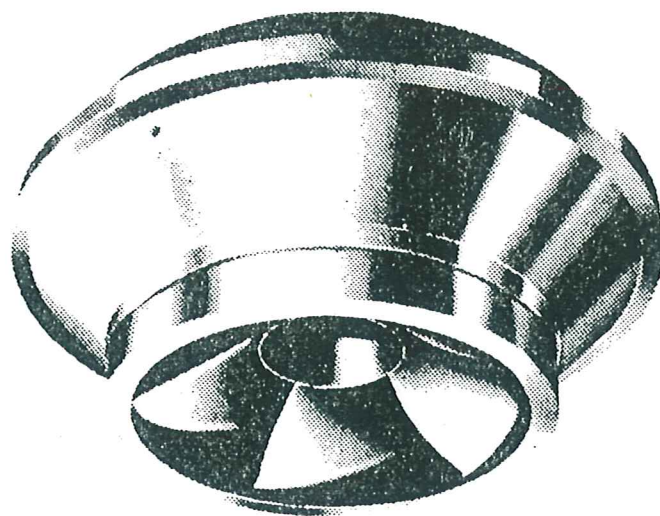
b) Lágt vatnsborð í holu og suða í dælu ("cavitation"). Líklegt er að vatnsborð hafi verið neðarlega í holunni seinni hluta dælingartímabilsins og síðustu tveir

DJÚPDÆLA HITAVEITU RANGÆINGA



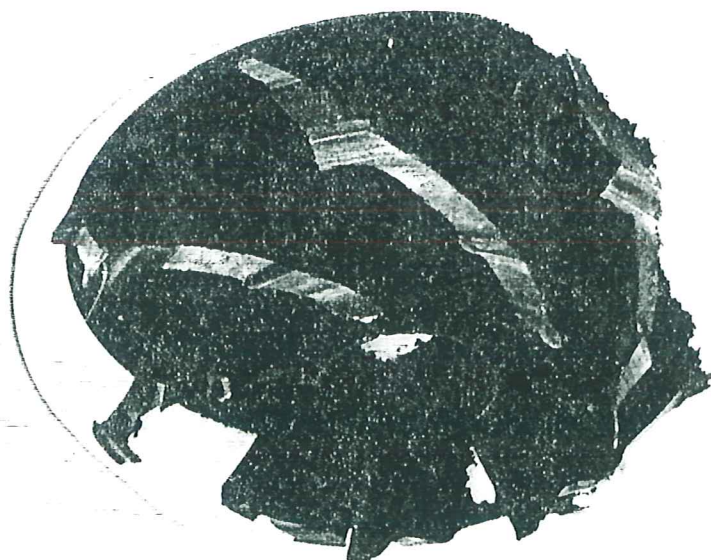
Mynd 4. Eydd dæluhjól og öxlar úr tveimur djúpdælum.

FLOWAY DJÚPDÆLA



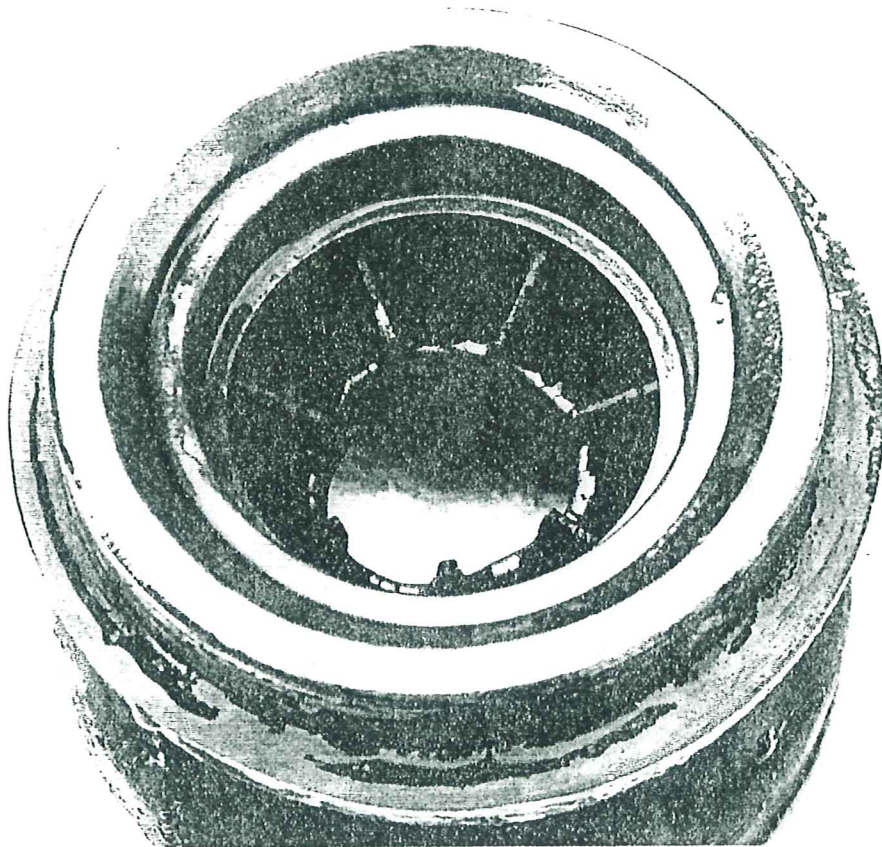
ENCLOSED TYPE IMPELLER

Mynd 5. Dæluhjól (óskemmt)



Mynd 6. Dæluhjól úr djúpdælu Hitaveitu Rangæinga (skemmt).

DJÚPDÆLA HITAVEITU RANGÆINGA



Mynd 7. Útslegin legusæti úr dæluhúsi

vikurnar var það trúlega í um 88 m. Ef vatnsborð hefur komist niður undir dælu (í 96 m) um tíma hefur það valdið suðu í dælunni (sbr. mynd 2). Slík suða dregur úr afköstum dælunnar og getur valdið ákveðnu sliti á henni ef hún viðgengst lengi. Slíkt slitmunstur kom ekki fram við skoðun.

Bent hefur verið á að afköst dælu minnkuðu í byrjun febrúar og var þá slegið af henni. Ein skýring á þessum minnkandi afköstum er að þá hafi suða hafist í dælu vegna hækkandi hitastigs vatnsins (og undirprýstings í dælu). Eftir að suða hófst þurfti því vatnsborð að vera ofar með tilliti til dælu til að hindra suðu. Þessu var svarað á réttan hátt og er ekki ástæða til að ætla að soðið hafi í dælunni síðustu tveir vikurnar sem hún var í 100 m. Hugsanleg suða í dælu um tíma skýrir ekki skyndilega eyðileggingu dælunnar við síkkun í 130 m og ennþá síður eyðileggingu seinni dælunnar strax eftir niðurstetningu.

c) Leir í vatninu. Getum hefur verið leitt að því að finn leir í vatninu hafi komist í legur og eyðilagt dælurnar. Hvort leir hefur komist í vatnið við jarðhræringar skal ekki fullyrt, en aftur verður að benda á að tímasetning jarðhræringa passar illa við þá skýringu. Ennfremur að lítil sem engin vísbending fannst um leir í miðlunartanki við skoðun.

Með tilvísun í það sem hér hefur komið fram á undan, er það því mat Orkustofnunar að orsakir þess vatnsleysis sem stöðvaði rekstur EVR í hálfan mánuð sé að finna í dælubilunum og að orsök þeirra sé ekki hegðun holunnar.

#### 4 AFKÖST HOLU LWH-4

Til að hægt sé að gera áreiðanlega spá um áhrif langtíma vatnsvinnslu í borholu er nauðsynlegt að gera a.m.k. nokkurra vikna dæluprófanir á henni. Slík dæluprófun var ekki gerð á holu LWH-4 áður en holan var virkjuð þar sem 3 fasa rafmagn var ekki til staðar fyrr en rétt í þann mund er virkjun hennar hófst. Það er miður að gögnin um dælinguna fyrstu mánuðina eru ekki betri, því að þau hefðu getað verið grundvöllur að traustri spá. Eftirlit með vinnslunni er hinsvegar komið í fastar skorður nú og ættu málin því að skýrast mjög á næstu mánuðum.

Þrepadæling við gangsetningu dælu 3 bendir til að holan sé opnari nú, en hún var í lok hreinsunar og dýpkunar. Á móti kemur að vatnsborðsferlar benda til að sá geymir sem vatnið er sótt í geti verið eitthvað takmarkaðri en áður var talið. Í þessu sambandi er þó rétt að minna aftur á að fóðrun holunnar í 292 m gefur mikið svigrúm til síkkunar dælu ef viðbrögð jarðhitakerfisins við langtíma vatnsvinnslu reynast óhagstæð.

Síðan dæling hófst að nýju (11. mars 1983) hefur verið dælt 22-25 l/s af 100°C heitu vatni. Þetta vatnsmagn hefur fullnægt núverandi þörfum hitaveitunnar.

#### 5 TILLÖGUR ULL FYRIRKOMULAG OG EFTIRLIT MEB VATNSVINNSLU:

1. Ferðar verði inn á eyðublöð, sem Orkustofnun hefur gert, viðeigandi upplýsingar um vinnsluna.
2. Dælt verði áfram með sömu afköstum (25 l/s) um nokkurra mánaða skeið og er mjög mikilvægt að halda vatnsmagninu stöðugu (sbr. fyrri tillögur í greinargerð eftir Þorstein Thorsteinsson o.fl. 1983). Gerðar verði vatnsborðsmælingar og lesið af mælum a.m.k. tvisvar á sólarhring.
3. Fylgst verði með vatnsborði í holun L-2 og LN-3.
4. Hitastig í þeim laugum sem enn eru uppi (við holu 1 og vestan vegar) verði mælt vikulega og skráð.
5. Tekið verði efnasýni af vatninu á næstunni og síðan mánaðarlega, a.m.k. fyrst um sinn.
6. Ný vinnsluhola verði boruð á svæðinu seinni part sumars eða í haust. Slíkt mundi auka rekstraröryggi HVR verulega næsta vetur, sérstaklega ef viðbrögð jarðhitakerfisins við langtíma vatnsvinnslu reynast óhagstæð, og koma í veg fyrir að skyndilegar dælubílanir verði meiriháttar vandamál. Ákvörðun um staðsetningu holunnar og hugsanlegar forrannsóknir mundu þó biða þangað til frekari upplýsingar liggja fyrir um afköst holu LWN-4 og svæðisins í heild.
7. HVR tryggi sér nýjar dælur, dæluöxla og dælurör til að hægt sé að dæla af meira dýpi ef í ljós kemur að 130 m dæludýpi sé ófullnægjandi.

HEIMILDIR

Guðmundur Sigurðsson 1982: Fóðring og dýpkun holu 4, Laugalandi, Holtum. Verk 2031 Narfi. Jarðboranir ríkisins, greinargerð.

Lúðvík S. Georgsson, Þorsteinn Thorsteinsson og Krefna Kristmannsdóttir 1981: Hola LW-4 við Laugaland í Holtum. Greinargerð Orkustofnunar LSG-BTH-UK-81/01.

Þorsteinn Thorsteinsson og Lúðvík S. Georgsson 1982: Afköst holu LWH-4 við Laugaland í Holtum. Greinargerð Orkustofnunar BTH-LSG-82/03.

Þorsteinn Thorsteinsson, Lúðvík S. Georgsson og Sverrir Þórhallsson 1983: Vatnsvinnsla úr holu LWH-4 við Laugaland í Holtum. Greinargerð Orkustofnunar BTH-LSG-SD-83/02.