

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Jarðhitadeild
GREINASAFN

37/1978

ÚTFELLINGAR Í DJÚPDÆLU HITAVEITU

SUDUREYRAR

Jón Steinar Guðmundsson

OS-JHD-7839

Júlí 1978

ORKUSTOFNUN

Jarðhitadeild

ÚTFELLINGAR Í DJÚPDÆLU HITAVEITU

SUBUREYRAR

Jón Steinar Guðmundsson

Ágrip

Sagt er frá bilun djúpdælu Hítaveitu Suðureyrar og orsökkin rakin til óvenjulegra kalkútfellinga. Efnagreiningar borholuvatnsins sýna að blöndun saltríkara vatns hefur átt sér stað. Þegar klóríðinnihaldið tvöfaldaðist minnkaði hitastig vatnsins um 3°C. Þrýstismælingar sýna að djúpdæla hitaveitunnar er of afkastamikil. Tíu atriði eru talin upp sem helstu tillögur Orkustofnunar til hitaveitunnar.

EFNISYFIRLIT

Ágrip	ii
1. Inngangur	1
2. Hitaveitan	2
3. Bilun djúpdælu	3
4. Vettvangsskoðun	4
5. Greining útfellinga	5
6. Heita vatnið	5
7. Umræður um útfellingar	8
8. Önnur atriði	11
9. Tillögur	13
Heimildir	16
Töflur	17
Myndir	19

1. INNGANGUR

Þann 5. mars 1978 bilaði djúpdæla Hitaveitu Suðureyrar og var bærinn vatnslaus í 10 daga. Dælan hafði þá gengið sleitulaust frá a.m.k. 27. júlí 1977 þegar fyrsta húsið var tengt veitunni. Þegar djúpdælan var tekin upp úr holunni kom í ljós að útfellingar höfðu myndast í dælunni og líklega valdið þessari bilun. Skömmu seinna var Orkustofnun beðin að rannsaka þessar útfellingar til að finna einhverja lausn á vandamálinu.

Dagana 2. og 3. maí 1978 var farið til Súgandafjarðar og gerðarmælingar á heita vatninu og allar aðstæður kannaðar. Jafnframt voru teknar prufur af hitaveituvatninu til almennrar efnagreiningar. Sýni af útfellinginu sem fannst í djúpdælunni barst skömmu eftir bilunina.

Til upplýsinga hefur verið talað við nokkra einstaklinga sem unnið hafa við Hitaveitu Suðureyrar. Á Suðureyri var rætt við Kristján Pálsson sveitarstjóra, Guðjón Jónsson hitaveitustjóra og Sigurð Sigurðsson. Í Reykjavík var rætt við Höskuld Ásgeirsson, fyrrverandi verkstjóra Hitaveitu Reykjavíkur, Gísla Guðlaugsson í Garðasmiðjunni s.f. og Skúla Skúlason hjá Verkfræðistofu Guðmundar G. Þórarinssonar.

Skýrsla þessi fjallar um þá athugun sem Orkustofnun hefur gert á útfellingayandamálinu að beiðni Hitaveitu Suðureyrar.

2. HITAVEITAN

Hitaveita Suðureyrar fær vatn úr borholu 2 við Laugar í Súgandafirði. Þessi hola var fyrst boruð sem rannsóknarhola 1975 (verktími 8.9.75-30.10.75) með bornum Ými. Borað var með 5 5/8" krónu í 549 m dýpi. Eftir borun var sjálfrennsli úr holunni. Þann 28. febrúar 1976 mældist rennslið um 5 l/s og hitastig vatnsins 63.4°C. Árið 1976 (verktími 8.9.76-10.11.76) var holan svo víkkuð og dýpkuð með bornum Glaumi. Víkkað var með 12 1/4" rýmara í 180 m og fóðrað með 10 3/4" fóðringu í sama dýpi. Síðan var borað með 7 7/8" í 558 m og 6 3/4" í 684 m dýpi.

Við borlok gaf holan svipað magn og hitastig og fyrir borun.

Frankvæmdir við hitaveituna hófust snemma sumars 1976. Frá borholunni við Laugar til Suðureyrar eru um 4 km. Aðveitulögnin er 6" stálpípa með einangrun og plastkápu. Lögnin er grafin í veginn sem liggur út með firðinum. Vatninu er dælt úr borholunni til bæjarins. Fyrir ofan bæinn skiptist aðveitulögnin í tvær greinar með mismunandi þrýsting. Þar er jafnframt yfirfall. Ráðgert er að koma fyrir 300 tonna jöfnunartanki á þessum stað. Dreifikerfið í bænum er einfalt kerfi úr einangruðum stálpípum. Heita vatnið er skammtað til húsanna með hemli. Í upphaflegri áætlun um vatnsþörf hitaveitunnar var gert ráð fyrir um 160 l/s. Nú þykir hinsvegar ljóst að salan verði ekki meiri en 10 l/s þegar öll hús á Suðureyri eru tengd. Til að byrja með var vatnsverðið 2410 kr hver mínútulíter en hækkaði í 3012 kr 1. febrúar 1978. Á Suðureyri búa um 500 manns í 100 húsum.

Djúpdælan sem bilaði og skemmdist var FLOWAY-dæla 8JKH með 75 kW (100 hö) mótör. Til að byrja með hafði dælan 8 þrep og átti að geta lyft 10 l/s um 249 m og 20 l/s um 229 m. Það sýndi sig strax í maí 1977, þegar dælan var fyrst prófuð, að 8 þrepa dæla væri of afkastamikil. Tvö efstu dæluhjólin (en ekki dæluhúsin) voru því fjarlægð. Dælan átti þá að geta lyft 10 l/s um 187 m og 20 l/s um 172 m. Við 50 m niðurdrátt í borholunni ætti þrýstingur í holutoppi því að vera um 12.2 bar við 20 l/s dælingu. Dælurörin eru 6" í þvermál og ná niður á 96 m (32 rör 3 m löng) dýpi. Smurrörin eru hinsvegar 2 1/2" í þvermál.

Enginn rennslismælir er í dæluskúr hitaveitunnar né annars staðar þar sem hægt væri að mæla borholurennslid. Talið er að rennslid úr borholunni hafi verið um 20 l/s þegar byrjað var að dæla en sé um 15 l/s núna. Til stendur að setja rennslismæli (magnmæli) á borholuna. Fylgst hefur verið með vatnsborði holunnar allt frá upphafi dælingar. Fyrstu vikurnar var vatnsborðið breytilegt og komst neðst í 74 m. Þá var dregið úr dælingu og hækkaði vatnsborðið jafnt og þétt eftir það og var í 50 m seinustu tvo mánuðina fyrir bilun. Vatnsborðið er mælt með

skammhlaupsmaeli frá Orkustofnun. Mælinum er slakað niður um gat á holufóðringunni.

3. BILUN DJÚPDÆLU

Djúpdælan í borholu 2 við Laugar bilaði 5. mars 1978 og voru þá liðnir rúmir 7 mánuðir frá því að fyrsta húsið var tengt hitaveitunni. Dagana 6. og 7. mars var dælan tekin upp úr borholunni, 8. mars var dælan tekin í sundur og hreinsuð, 9. mars var dælan sett saman og byrjað að setja hana niður, 10. mars var klárað að setja niður og dælan sett í gang. Þann 12. mars var drepið á dælunni vegna mikils hávaða. Djúpdælan var aftur tekin upp 13. mars og dæmd ónýt. Daginn eftir var ný dæla sett niður og 15. mars voru húsinn tengd hitaveitunni og höfðu þau þá verið vatnslaus í 10 daga.

Nýja dælan er af sömu tegund (FLOWAY 8JKH) og sú gamla sem eyðilagðist. Hinsvegar hefur hún aðeins 5 þrep og var öxullinn því stytur til samræmis. Mótorinn og allt annað er hið sama. Dælan á að geta lyft 10 l/s um 157 m og 20 l/s um 143 m. Við 50 m niðurdrátt í holunni ætti þrýstingur í holutoppi því að vera um 9.3 bar við 20 l/s dælingu.

Þegar gamla dælan var tekin upp úr borholunni til viðgerðar komu í ljós útfellingar sem að öllum líkindum höfðu orðið þess valdandi að dælan stoppaði. Svo virðist sem álagið á rafmótorinn hafi aukist það mikið að öryggisrofinn sló út. Útfellinu var lýst sem harðri skán með viðkomu líkt og fíngerður sandpappír. Skánin var gulbrún að lit og var alls staðar þar sem heita vatnið streymdi upp dæluna og dælurörin. Útfellið sem kom út úr dælunni sjálfri var líkast hvíttri leðju þrátt fyrir það að dæluhjólin og húsinn hefðu harða skán. Útfellingar höfðu myndast á sigtISRörið en ekkert útfelli var að merkja utan á dælurörinu. Fyrir ofan vatnsborð var dælurörið ryðgað að utan, sérstaklega þar sem grænn þörungagróður hafði safnast fyrir. Útfelli hafði safnast fyrir í öllum legum dæluunnar. Ekki virtist útfellið vera öðruvísi í legunum þar sem tvö efstu dæluhjólin höfðu verið fjarlægð. Allar dælulegurnar

voru fastar vegna útfellinga þegar dælan var tekin upp til viðgerðar. Innan í smurrörunum mátti merkja örþunna gráa slikju en legurnar voru alveg eðlilegar. Útfellingarnar sem voru hreinsaðar úr dælunni og af rörunum þar fyrir ofan voru flögulaga og varla meira en 1 mm á þykkt. Svo virðist sem útfellingarnar hafi náð upp allt dælurörið, en þetta atriði er svolítið óljóst. Ekki hefur verið talað um neinar útfellingar í rörunum þar sem dælan tengist aðveituæðinni.

Þegar djúpdælan stoppaði hækkaði vatnsborðið smám saman í borholunni. Vatnsborðið hækkaði ört fyrstu dagana en hægði svo á sér. Frá fjórða til áttunda dags fór vatnsborðið úr 8 m í u.þ.b. 6 m.

4. VETVANGSSKOÐUN

Dagana 2. og 3. maí 1978 var farið til Súgandafjarðar til að taka sýni af hitaveituvatninu og mæla sýrustig (pH) og gasinnihald (CO_2 , H_2S og O_2) þess á staðnum. Þar að auki var hitaveitan skoðuð og aðstæður viðkomandi útfellingunum kannaðar.

Hitamælirinn frá borholunni sýndi 60°C og var talinn bilaður. Þar sem þetta hitastig var lægra en áður hafði mælst (um 63°C) var skrúfað frá slöngu við holutoppinn og mælt með nýjum kvikasilfursmæli. Hita- stigið mældist strax $60,0^\circ\text{C}$ og breyttist ekkert við langvarandi rennsli. Slangan var sett undir vatnsborðið í fötu og kom þá í ljós að gasbólur voru í vatninu. Gasbólur voru til staðar við bæði mikið og lítið rennsli og langvarandi.

Þrýstimælir á holutoppi sýndi 8.8 bar. Frá holutoppi fer vatnið um einstefnuloka og loka sem stjórnar rennsli til bæjarins. Þessi loki var mikið lokaður og minnkaði þrýstingurinn um 3.5 bar í 5.3 bar. Við tankstæðið fyrir ofan bæinn var þrýstingurinn 4.3 bar og hafði því fallið um 1.0 bar þá 4 km sem eru frá borholunni að Laugum. Þar skiptist aðalæðin í tvær greinar (auk yfirfalls) sem voru við 1.0 bar

og 1.5 bar. Lægri þrýstingurinn var fyrir bæinn neðan tankstæðisins en sá hærri fyrir nýtt hverfi upp á Hjöllum.

Ampermælir djúpdælunnar sýndi 95 A og voltmælirinn 355-360 V. Rafmagns-kostnaður vegna dælunnar er 330-340 þús. kr. á mánuði. Þá daga sem hitaveitan var skoðuð var útihitastigið um frostmark. Hitastig vatnsins í bænum mældist um 58°C. Í Sætúni 8 var þrýstingur vatnsins 3.8 bar.

Tæringatilraunir hafa verið í gangi frá áramótum 77/78 í verbúð hreppsins. Tæringateningarnir eru frá Rannsóknastofnun iðnaðarins en hitaveitan sér um uppsetningu og rekstur tækjanna. Aðrar tilraunir voru í gangi við borholuna að Laugum allt frá því að framkvæmdir hófust við hitaveituna snemma sumars 1977 fram til áramóta 77/78. Þær tilraunir mistókust vegna þess að loft komst að tækjunum nokkrum sinnum. Ekki hefur orðið vart við tæringar eða útfellingar í dreifikerfi hitaveitunnar fram til þessa. Sagt hefur verið frá 2" röri í Sætúninu sem var spegil-fagurt eftir að hafa verið í notkun frá ágúst 1977 til febrúar 1978.

5. GREINING ÚTFELLINGA

Fyrstu athuganir á útfellingunum gáfu til kynna að um kalsíum karbónat væri að ræða. Útfellingarnar voru settar í Röntgen-tæki til að athuga á hvaða kristalformi kalsíum karbónatíð væri. Greiningin sýndi að útfellingarnar væru kalsíum karbónat (CaCO_3) á kristalformi kalsíts. Með blautefnafræði var kalsítíð svo mælt sem 95 % af heildarmassa sýnisins. Í smásjá mátti sjá að 5% sýnisins var mest megnis ókrist-allaður massi í líkingu við kísil.

6. HEITA VATNIÐ

Fimm efnagreiningar hafa nú verið gerðar af heita vatninu úr borholu 2 við Laugar. Þrjár greiningar eru til af vatninu á meðan borholan var 549 m og tvær greiningar eftir að holan var víkkuð og dýpkuð í 684 m. Tafla 1 sýnir þessar fimm efnagreiningar.

Allar efnagreiningarnar voru gerðar af Orkustofnun nema fjórða greiningin frá febrúar 1977 sem Rannsóknastofnun iðnaðarins gerði eftir að borholan var dýpkuð. Við úrvinnslu efnagreininganna hefur tölvuforrit Orkustofnunar WATCH2 verið notað til að reikna ýmsa eiginleika (stærðir) heita vatnsins sem skipta máli fyrir útfellingarnar.

Þess skal getið að í skýrslu Orkustofnunar frá mars 1977 var gefin umsögn um nýtingarhæfni heita vatnsins. Umsögnin var byggð á sýninu frá 28. febrúar 1976 þegar um 5 l/s höfðu runnið úr holunni í fjóra mánuði. Vatnið var talið hentugt til beinnar notkunar í hitaveitu og vel fallið til almennrar neyslu. Líkur á útfellingum voru taldar litlar og bent var á nauðsyn þess að mæla súrefnið í vatninu til að meta tæringahættuna. Ekki verður betur séð en að þessi umsögn hafi verið í fullu samræmi við þáverandi reynslu og þekkingu okkar á venjulegu hitaveituvatni.

Við athugun á töflu 1 kemur í ljós að töluverðar breytingar hafa orðið á efnainnihaldi heita vatnsins frá því að fyrsta sýnið var tekið. Þessar breytingar virðast öllu meiri en þykir eðlilegt. Til að sjá breytingarnar betur má teikna styrkleika hinna ýmsu efna eftir ári og mánuði. Þetta hefur verið gert á mynd 1 fyrir magn kísils (SiO_2), klóríðs (Cl) og heildarmagn uppleystra efna. Myndin sýnir greinilega að klóríðinnihald og magn uppleystra efna fara minnkandi til að byrja með og eru í lágmarki mánuði fyrir dýpkun holunnar í 684 m. Magn klóríðs og uppleystra efna hefur aukist örlítið þremur mánuðum eftir dýpkunina og í maí 1978, tveimur mánuðum eftir að djúpdælan bilaði, nær efnainnihald heita vatnsins hæsta melda gildinu.

Samskonar myndir má teikna fyrir önnur efni sem voru mæld í borholuvatninu. Slíkar myndir sýna að natríum (Na), kalí (K), kalsíum (Ca) og flúoríð (F) fylgja álíka ferli og klóríð (Cl). Súlfat (SO_4) virðist hinsvegar ekki breytast mikið. Mynd 1 sýnir að magn kísils (SiO_2) fylgir ekki samskonar ferli og uppleyst efni og klóríð. Kísilmagnið eykst þegar uppleyst efni minnka og minnkar þegar uppleyst efni aukast. Fyrir

jarðhitavatn gildir sú almenna regla að kísilmagníð er í hlutfalli við hitastig vatnsins.

Til að athuga samband hitastigs og efnainnihalds vatnsins var mynd 2 teiknuð. Myndin sýnir klóríðinnihald borholuvatnsins gegn mældu hitastigi þess í holutoppi. Það er greinilegt að vatnið kólnar þegar klóríðmagníð eykst. Við athugun á mynd 2 sést að punktarnir sem mynda þetta línulega samband á milli klóríðs og hitastigs eru ekki í tímaröð.

Kalkútfellingar verða þar sem kalsíum karbónat (CaCO_3) kemur úr upplausn vegna minnkandi uppleysanleika. T.d. minnkar uppleysanleikinn með vaxandi hitastigi og veldur gjarnan útfellingum í gufukötlum. Við jarðhitaaðstæður geta margar ástæður legið að baki kalkútfellinga. Útfellingar verða gjarna þar sem einhverju jafnvægisástandi er raskað vegna bólu myndunar eða blöndunar við öðruvísi vatn. Þar skiptir miklu máli sýrustig (pH) vatnsins og magn koldíoxíðs (CO_2) ásamt uppleystum efnum. Á mynd 3 má sjá hvernig pH og CO_2 hitaveituvatnsins tengjast klóríðinnihaldinu. Það er greinilegt að koldíoxíðið minnkar línulega með vaxandi klóríðinnihaldi. Eins og á mynd 2 eru punktarnir ekki í tímaröð.

Út frá þeim stærðum sem tölvuforritið WATCH2 reiknar fyrir efnagreiningarnar er hægt að meta kalkmettunarástand borholuvatnsins. Í töflu 2 er búið að reikna út leysnimargfeldið $K = (\text{Ca}^{2+})(\text{CO}_3^{2-})$ sem er mælikvarði á uppleysanleika kalsíum karbónats (CaCO_3). Ef margfeldið er fyrir neðan mettnarmörkin er vatnið undirmettað en yfirmettað ef það er fyrir ofan mettnarmörkin. Mettnarmörk kalsíts (það kristalform kalsíum karbónats sem fannst í djúpdælunni) má finna í skýrslu Orkustofnunar frá september 1973 um "Uppleyst efni í heitu vatni".

Á mynd 4 er búið að teikna leysnimargfeldið ($\log K$) gegn ári og mánuði. Gildin eru úr töflu 2. Til viðmiðunar er líka búið að teikna á myndina leysnimargfeldin fyrir kalsítmettað vatn við 40°C , 60°C og 80°C . Fyrir 60°C heitt vatn er leysnimargfeldið $\log K = - 8.75$.

Vatnið úr borholu 2 að Laugum er um 60°C. Fari útreiknað leysnimargfeldi vatnsins því yfir þetta gildi þá telst vatnið yfirmettað og gera verður ráð fyrir kalkútfellingum á þeim stað sem vatnssýnið var tekið. Mynd 4 sýnir að 1975 var heita vatnið kalsít undirmettað en nálgast svo mettunarmörkin með hverju árinu. Sýnið frá 1978 verður að teljast kalsítmettað.

Á myndum 2,3 og 4 og töflu 2 er efnagreining Rannsóknastofnunar iðnaðarins ekki tekin með sökum þess að hitastig borholuvatnsins vantar og koldíoxíðmælingin virðist allt of há til að vera trúverðug. Það má vera að vatninu hafi verið safnað í brúsa en ekki í loftþétta glertúbu og hafi því vatnið komist í snertingu við andrúmsloftið. Eins má vera að of langur tími hafi liðið frá söfnun sýnisins þar til þar var efnagreint.

7. UMRÆÐA UM ÚTFELLINGAR

Hér að framan hefur hitaveitunni og bilun djúpdællunnar verið lýst með hliðsjón af útfellingavandamálinu. Sagt hefur verið frá ríkjandi aðstæðum og öðrum atriðum er kunna að skipta máli. Greint hefur verið frá útfellingunum og að þær séu aðallega kalsíum karbónat (kalk) á kristalforminu kalsít. Síðan er allra efnagreininga heita vatnsins getið og sýnt hvernig hin ýmsu efni og eiginleikar tengjast saman. Hinsvegar hefur lítið verið sagt um hvers vegna útfellingarnar verða og hvernig Hitaveita Suðureyrar ætti að bregðast við þeim.

Frá upphafi hafa tvær skýringar útfellinganna verið nærtækastar; bóllumyndun eða blöndun. Sú staðbundna bóllumyndun sem hér um ræðir verður gjarnan í dælum sem hafa of lágan bakþrýsting. Á vissum stöðum í dælunni fer þrýstingurinn niður fyrir suðuprýsting vatnsins og gufubólur myndast. Vegna þess að lágþrýstingurinn er staðbundinn þá fellur gufubólun saman þegar hún kemur í hærri þrýsting en samsvarar suðuprýstingi vatnsins. Útfellingar við bóllumyndun verða sökum þess að vatnið sem gufar upp til að mynda gufubóluna skilur eftir þau uppleystu efni sem það inniheldur. Töluverður hávaði er samfara bóllumyndun í dælum.

Skoðun dæluhjólis úr biluðu djúpdælunni sýndi að útfellingarnar voru jafnt dreifðar (ekki staðbundnar) og því ekki um bóllumyndun að ræða. Auk þess var ekki vart titrings eða hávaða frá dælunni í rekstri sem gæti stafað af bóllumyndun. Og þar sem útfellingarnar voru m.a. í dælurörinu fyrir ofan dæluhausinn þykir afar ólíklegt að staðbundin bóllumyndun hafi valdið myndun kalksins.

Líkleg skýring á kalkútfellingunum er að einhver blöndun við borholuvatnið eigi sér stað. Sú almenna regla virðist gilda fyrir jarðhitavatn að það sé kalkmettað í samræmi við uppleysanleika kalsíts. Venjulegt berg inniheldur kalsít sem tekur þátt í efnajafnvægi bergsins við heita vatnið eins og aðrar steindir. Verði einhver röskun á þessu jafnvægi hliðrast það til undir eins og veldur útfellingu eða upplausn kalsíts eftir því sem við á. Vatn í jafnvægi við umhverfi sitt mundi t.d. leysa upp kalsít ef það færi að renna um kaldara berg vegna þess að uppleysanleikinn eykst við minnkandi hita. Hinsvegar mundi kalsít falla út ef koldíoxíðinnihald vatnsins minnkaði af einhverjum orsökum.

Orsaka kalkútfellinganna má eflaust rekja til breytinga á efnainnihaldi borholuvatnsins. Í kafla 6 um heita vatnið var sýnt hvernig saltefnainnihaldið minnkaði til að byrja með, en jókst svo þegar búið var að víkka og dýpka holuna og farið var að dæla úr henni þegar hitaveitan tók til starfa. Að svo stöddu er ekki hægt að segja hvers vegna saltinnihaldið breytist eins og það gerir en hinsvegar má leiða að því líkur að það séu breytingarnar sem orsaka útfellingarnar í djúpdælunni.

Í kafla 6 hér að framan og skýrslu Orkustofnunar frá mars 1976 kemur fram að efnainnihald heita vatnsins er ekki svo frábrugðið því sem tíðkast í öðrum hitaveitum. Í hitaveitum sem nýta svipað vatn og Hitaveita Suðureyrar hefur hvergi orðið vart kalkútfellinga svo vitað sé. Útfellinga var því ekki að vænta í borholunni við Laugar. Það sem sker borholu Hitaveitu Suðureyrar frá öðrum hitaveituholum er þessi mikli breytileiki á efnainnihaldi borholuvatnsins.

Myndir 1-4 sýna hvernig efnainnihald og eiginleikar heita vatnsins tengjast saman. Það er athyglisvert að eina myndin sem sýnir eiginleika með breytingu í samræmi við tímaröð er mynd 4. Leysnimargfeldið

(logK) eykst með tíma, fyrst ört, en svo nálgast það metnunarmörkin hægar. Hinar myndirnar þrjár sýna allar eiginleika sem skipta um stefnu þegar holan var dýpkuð en hafa samt sem áður vissa innri fylgni eins og á milli klóríðinnihalds og hitastigs.

Til að útfellingar eigi sér stað þarf borholuvatnið að vera yfirmettað. Mynd 4 sýnir hinsvegar að heita vatnið var til að byrja með undirmettað en nálgast síðan metnunarmörkin neðanfrá. Borholuvatnið hefur því varla verið yfirmettað í holutoppi. Sé mynd 4 rétt má gera ráð fyrir að mestu útfellingarnar gerist neðan holutopps áður en vatnið nær til yfirborðsins. Kalkútfellingar ganga yfirleitt það greiðlega fyrir sig að þær myndast þar sem yfirmettunin á sér stað. Ekki er þó útilokað að útfellingar eigi sér stað í aðveituzæð hitaveitunnar og jafnvel í dreifikerfinu.

Í kafla 4 um vettvangsskoðun er greint frá því að gasbólur (ekki gufubólur) hafi verið í heita vatninu. Efnafræði kalkútfellinga er þess eðlis að gastegundin koldíoxíð (CO_2) tekur virkan þátt í uppleysanleika kalsíum karbónats. Djúpt í jarðhitakerfinu við Laugar ríkir jafnvægisástand og koldíoxíð er uppleyst í vatninu. Uppleysanleiki koldíoxíðs í vatni eykst með auknum þrýstingi. Þegar heita vatnið leitar upp til yfirborðsins getur þrýstiminnkunin verið það mikil að eitthvað af koldíoxíðinu fer úr upplausn og myndar gasbólur. Þessi hugsanlega röskun á efnajafnvægi heita vatnsins leiðir til yfirmettunar á kalsíum karbónati og myndunar kalkútfellinga á formi kalsíts. Gasbólurnar sem eru í borholuvatninu geta því verið mestmægnis koldíoxíð.

Séu gasbólurnar koldíoxíð þurfa þær ekki endilega að vera tilkomnar vegna minnkandi þrýstings. Gasbólurnar (CO_2) eru einungis vísbending um að útfellingar hafi orðið fyrir neðan holutopp. Þessi staðreynd byggir á því að þegar kalkútfellingar myndast þarf koldíoxíð nauðsynlega að fara úr upplausn (vegna efnajafnvægisins) sé vatnið kalkmettað eins og venja er með jarðhitavatn.

Hér að ofan kom það fram að líklegasta skýringin á kalkútfellingunum eru þær breytingar sem hafa orðið á efnainnihaldi borholuvatnsins. Fyrir

heitt vatn gildir sú almenna regla að uppleysanleiki koldíoxíðs minnkar með auknu saltmagni. Á mynd 3 má sjá hvernig koldíoxíðinnihald (CO_2) heita vatnsins fylgir klóríðinnihaldi (Cl) þess. Svo virðist sem aukið klóríðmagn reki koldíoxíðið úr upplausn og valdi þar með kalkútfellingunum. Samfara minnkandi uppleysanleika koldíoxíðs við aukið saltmagn (hér sem aukning á uppleystum efnum) vex styrkur kalsíums (Ca) í svipuðu hlutfalli, eins og tafla 1 ber með sér. Aukning á kalsíum leiðir til myndunar kalsíum karbónats (CaCO_3). Við aukningu uppleystra efna í borholuvatninu eru því a.m.k. tvö atriði sem leggjast á eitt með að valda útfellingum; kalsíum eykst og koldíoxíð minnkar.

8. ÖNNUR ATRIÐI

Í kaflanum á undan var aðallega fjallað um útfellingarnar sem Hitaveita Suðureyrar bað Orkustofnun að athuga. Lítið hefur verið sagt um atriði sem tengjast útfellingavandamálinu óbeint en skipta engu að síður miklu máli fyrir hitaveituna. Hér verður fjallað um nokkur slík atriði. Í kafla 4 kom fram að hitaveitan stendur fyrir tæringatilraunum sem Rannsóknastofnun iðnaðarins mun vinna úr. Niðurstöður úr þeim tilraunum liggja væntanlega fyrir um næstu áramót. Í þessu sambandi má hinsvegar benda á að núna er búið að mæla súrefnisinnihald borholuvatnsins. Það var gert með CheMetrics tæki (mælisvið 0-0.1 mg/kg) þegar sýni var tekið til efnagreiningar 3. maí 1978. Súrefnisinnihaldið mældist 0.08 mg/kg. Í töflu 1 má jafnframt sjá að klóríðinnihald vatnsins á sama tíma var 168 mg/kg. Þessi gildi súrefnis og klóríðs eru í herra lagi fyrir hitaveituvatn og er því full ástæða til að fylgjast vel með tæringatilraununum sem eru í gangi.

Þegar Hitaveita Suðureyrar var skoðuð 2. og 3. maí 1978 voru aflestrar helstu þrýstimæla skráðir. Út frá þekktum holutoppsþrýstingi og niðurdrætti ásamt einkennisferli djúpdælnnar er hægt að reikna út hvaða magni hún dælir. Holutoppsþrýstingurinn var 8.8 bar eins og kemur fram í kafla 4. Útreikningarnir sýna að við 40 m, 45 m og 50 m niðurdrátt á 5 þrepa FLOWAY-dæla 8JKH að afkasta 26 l/s, 23 l/s og 20 l/s. Við 50 m niðurdrátt á dælan því að afkasta um 20 l/s. Nú hefur komið fram að vatnspörf hitaveitunnar er um 10 l/s. Djúpdælan er því greinilega

allt of afkastamikil. Samkvæmt einkennisferli dælnnar er nýtnin 70% við 20 l/s dælingu. Við bestu skilyrði getur nýtni djúpdælu af þessari tegund verið 80%. Verði dælan látin afkasta 10 l/s verður nýtnin aðeins 60%. Í holutoppi var þrýstingurinn strax felldur í renniloka úr 8.8 bar í 5.3 bar og féll síðan um 1 bar til bæjarins. Á tankstæðinu var þrýstingurinn felldur úr 4.3 bar í 1.5 bar (og 1 bar). Því má segja að um 6.3 bar af þrýstigetunni dælnnar hafi farið til spillis á þeim tíma sem mælingarnar voru gerðar. Við 20 l/s er lyftigetunni 5 þrepa 8JKH dælu um 143 m (sjá kafla 3) sem samsvarar 14.3 bar þrýstingi. Þessi 6.3 bar jafngilda því um 44% af lyftigetunni dælnnar. Í 5 þrepa dælu gefur hvert þrep 20% af lyftigetunni. Samkvæmt þessu mætti lækka þrýstigetunni dælnnar með því að fjarlægja tvö þrep og gera hana 3. þrepa, án þess að það komi niður á afköstunum (20 l/s). Séu tvö þrep fjarlægð úr dælunni gæti rafmagnsnotkunin minnkað um 40%. Miðað við 330.000 kr í rafmagnskostnað á mánuði gæti því sparast um 1.5 Mkr á ári. Þessari upphæð er núna eytt í óþarfa þrýstifall í lokum.

Til að spara rafmagnskostnað við núverandi djúpdælu kæmi til greina að stoppa dæluna á milli þess sem 300 m³ tankurinn væri að tæmast. Miðað við núverandi afkastagetunni dælnnar þyrfti aðeins að dæla hálfan sólarhringinn í tankinn til að fullnægja vatnsþörf Suðureyrar. Rafmagnskostnaðurinn mundi hinsvegar ekki lækka um helming. Hitaveitan borgar væntanlega fyrir bæði afl og orku. Aflþörf dælnnar verður hin sama en orkunotkunin minnkar um helming. Sjálfstýrðan búnað þyrfti á dæluna til að setja hana í gang þegar lækkar niður fyrir ákveðið vatnsborð í miðlunartankinum. Það eru einkum tvö atriði sem gætu útilokað þessa lausn. Á meðan útfellingar eiga sér stað í djúpdælunni er hætt við því að legurnar endist skemur ef stöðugt er verið að slökkva og kveikja á dælunni. Tankurinn kemur til með að fyllast og tæmast á víxl. Þegar tankurinn er að tæmast þarf eitthvað að fylla tómarúmið. Þegar heitt vatn á í hlut gufar alltaf það mikið upp að andrúmsloftið snertir aldrei vatnið. Vatnið í Hitaveitu Suðureyrar er hinsvegar aðeins 60°C og gefur það miklu minni vatnsgufu af sér en t.d. 80°C vatnið í tönkum Hitaveitu Reykjavíkur. Það er hætt við því að andrúmsloft nái að leika um hitaveituvatnið og auka all verulega við súrefnisinnihald þess. Það gæti valdið alvarlegum tæringum í dreifikerfi hitaveitunnar.

Á væntanlegu tankstæði skiptist aðveitulögnin frá borholunni við Laugar í tvær greinar við 1 bar og 1.5 bar þrýsting. Þegar hitaveitan var skoðuð í maí 1978 kom fram að hærri þrýsting þyrfti til að nægilegt rennsli fengist í öll hús bæjarins. Talað var um helming hærri þrýsting eða 2 bar og 3 bar á fyrirhuguðu tankstæði. Nú ber þess að gæta að frárennslisþrýstingurinn frá 300 m³ tankinum verður á bilinu 0-1 bar. Þykir því augljóst að verði tankurinn settur á fyrirhugað tankstæði þurfi að setja dælu til að halda þrýstingi á bænnum. Þar með er brostið það öryggi sem miðlunartankur á að veita þegar rafmagnið fer af og dælur stoppa. Auk þess yrði dýrt að reka þessa aukadælu dag og nótt.

Frá upphafi hefur verið gert ráð fyrir því að Hitaveita Suðureyrar ætti tvær nothæfar borholur. Orkustofnun hefur rannsakað jarðhitann í Súgandafirði og mun staðsetja borholu fyrir hitaveituna þegar þess verður óskað. Sumarið 1978 eru ráðgerðar ýmsar mælingar og athuganir á jarðhitasvæðinu.

9. TILLÖGUR

Í þessari skýrslu hefur verið fjallað um útfellingavandamálið frá ýmsum hliðum og mörgum þáttum sem kunna að skipta máli gerð skil. Bent hefur verið á hugsanlegar orsakir kalkútfellinganna og vakin athygli á því að vandamálið sé nýtt af nálinni. Engin ein lausn hefur fundist sem gerir Hitaveitu Suðureyrar kleift að sneiða hjá útfellingavandamálinu. Hinsvegar er ýmislegt sem má gera til að nálgast varanlega lausn. Auk þess eru nokkur atriði sem gætu bætt öryggi og rekstrarafkomu hitaveitunnar, væru viðeigandi ráðstafanir gerðar. Helstu tillögur Orkustofnunar vegna útfellingavandamálsins eru þessar:

1. Taka upp djúpdæluna innan þess tíma sem fyrsta dælan bilaði.

Rúmir 7 mánuður liðu frá því að hitaveitan tók til starfa þar til djúpdælan bilaði. Samkvæmt því ætti að skipta um dælu um mánaðarmótin september/október 1978.

2. Gera hita-, víddar- og vatnsborðsmælingar þegar dælan verður tekin upp. Slíkar mælingar gefa upplýsingar um vatnsæðar holunnar,

hvort einhverjar útfellingar séu í fóðurrörum fyrir neðan dæluna og hver sé vatnsleiðni holunnar.

3. Athuga sýrupvott og stillingu á sýrustigi. Komi í ljós að ekki sé hægt að sneiða hjá kalkútfellingum í djúpdælunni þarf að athuga hvort einfaldur og reglubundinn sýrupvottur sé ekki hentugri og ódýrari en upptekt og skipting á djúpdælu á 6-8 mánaða fresti. Athuga þarf hvort ekki sé hægt að þvo djúpdæluna í borholunni sjálfri með saltsýru (HCl) sem hefur í sér viðeigandi efni til að hefta sýrutæringar. Eins kemur til greina að stilla sýrustig (pH) heita vatnsins með saltsýru eða brennisteinssýru (H_2SO_4) til að breyta efnahlutföllum þess nægilega mikið að litlar sem engar útfellingar verði í dælunni, aðveituæðinni né dreifikerfinu.

4. Dæla ekki meira úr borholunni en Hitaveita Suðureyrar þarfnast. Minni dæling gæti dregið úr breytingum á efnainnihaldi heita vatnsins og ef til vill hækkað hitastig þess í fyrra gildi. Útfellingarnar gætu hugsanlega minnkað eða allt að horfið ef borholan væri í um 5 l/s sjálfrennsli.

5. Fylgjast með breytingum á efnainnihaldi borholuvatnsins. Nauðsynlegt er að taka sýni af vatninu fyrir almenna efnagreiningu á 3. til 6 mánaða fresti fyrst um sinn. Til greina kemur að mæla einstök efni (t.d. klóríð) oftast til eftirlits. Rétt væri að taka sýni af gasbólunum sem koma með vatninu. Hitaveitan verður að vita hvernig efnainnihald heita vatnsins þróast með tíma.

6. Mæla þrýstifall og rennsli í aðveituæð. Til að athuga hvort útfellingar myndist í aðveituæð hitaveitunnar má mæla öðru hvoru þrýstifallið frá borholu til þæjar við mismunandi rennsli. Einfaldir útreikningar geta sýnt hvort þvermál eða hrjúfleiki aðveituæðarinnar breytist með tíma. Þessar mælingar verða mögulegar þegar búið er að fá rennslismæli í aðveitulögnina.

Auk ofangreindra tillagna um útfellingarvandamálið er eftirfarandi tillögum komið á framfæri:

7. Endurskoða stærð og tegund djúpdælu. Djúpdælan sem er notuð er auðsýnilega allt of stór bæði hvað varðar afköst (l/s) og lyftigetu (m). Þegar skipt verður um dælu haustið 1978 mætti fækka þrepunum úr fimm í þrjú og spara þannig um 1.5 Mkr á ári í rafmagnskostnað. Til frekari sparnaðar má velja aðra tegund djúpdælu með afköst sem falla betur að þörfum hitaveitunnar.
8. Rekstrarform djúpdælu verði ekki breytt í af/á fyrirkomulag. Það er hugsanlega að af/á fyrirkomulag geti leitt til styttri endingatíma lega (styttri en 7 mánuðir) vegna kalkútfellinga og valdið meiri tæringum í dreifikerfinu sökum aukins súrefnis (andrúmsloft) í miðlunartanki. Auk þess sparast ekki eins mikið í rafmagnskostnað og samsvarar styttingu gangtíma dælunnar.
9. Miðlunartankur hærra yfir bæinn. Verði 300 m³ tankurinn settur á fyrirhugað tankstæði þarf dælu til að halda 2-3 bar þrýstingi á tankstæðinu. En vegna þess að miðlunartankurinn á m.a. að tryggja hitaveitunni vatn þegar rafmagnsið bilar og dælur stoppa þá verður ekki séð að tankurinn skili tilætluðu hlutverki. Auk þess er dýrt að reka dælur allan sólarhringinn. Tankurinn þyrfti samkvæmt þessu að fara 20-30 m ofar í fjallið.
10. Láta bora nýja holu sem fyrst. Til að tryggja rekstraröryggi hitaveitunnar í framtíðinni þarf að bora aðra holu eins og reiknað hefur verið með frá upphafi.

HEIMILDIR

1. "Uppleyst efni í heitu vatni", Stefán Arnórsson, Orkustofnun OS-JHD-7317, september 1973.
2. "Jarðhitaathugun í Súgandafirði 1974", Valgarður Stefánsson, Kristján Sæmundsson, Stefán Arnórsson, Orkustofnun OS-JHD-7503, janúar 1975.
3. "Hitaveita Suðureyrar við Súgandafjörð - Frumáætlun", Verkfræðistofa Guðmundar G. Þórarinssonar, nóvember 1975.
4. "Mælingar í borholu 2 Súgandafirði", Benedikt Steingrímsson, Jón Benjamínsson, Kristján Sæmundsson, Orkustofnun OS-JHD-7624, mars 1976.
5. "Jarðhiti á Vestfjörðum 1976", Ólafur G. Flóvenz, Orkustofnun OS-JHD-7701, mars 1977.

Tafla 1 - Efnagreiningar af borholuvatni Hitaveitu Suðureyrar

Dagsetning	3.12.75	28.2.76	3.8.76	X.2.77	3.5.78
Númer sýnis	ISAV12750186	ISAV02760024	ISAV08760111	E77/40	ISAV05780018
Hitastig (C°)	62.0	63.4	63.8	-	60.0
pH/°C	8.81/21	9.63/19	9.80/17	9.60/25	9.66/18
Eðlisviðnám (Ωm)	16.7	22.5	23.8	17.9	14.9
SiO ₂	53	60	59	54	55
Na	117.7	83.3	87.6	88.5	121
K	1.9	1.2	0.99	1.1	1.2
Ca	11.6	6.7	6.1	7.8	27.8
Mg	0.32	0.04	0.02	0.60	0.26
CO ₂ (alls)	7.0	8.3	9.5	15.6	5.7
SO ₄	72.1	68.6	71.2	66.2	75.4
H ₂ S (alls)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1
O ₂	-	-	-	-	0.08
Cl	131	71.9	63.4	75.2	168
F	0.33	0.36	0.3	0.27	0.39
Uppleyst efni	413	327	296	333.2	488

Styrkur efna í mg/kg = ppm

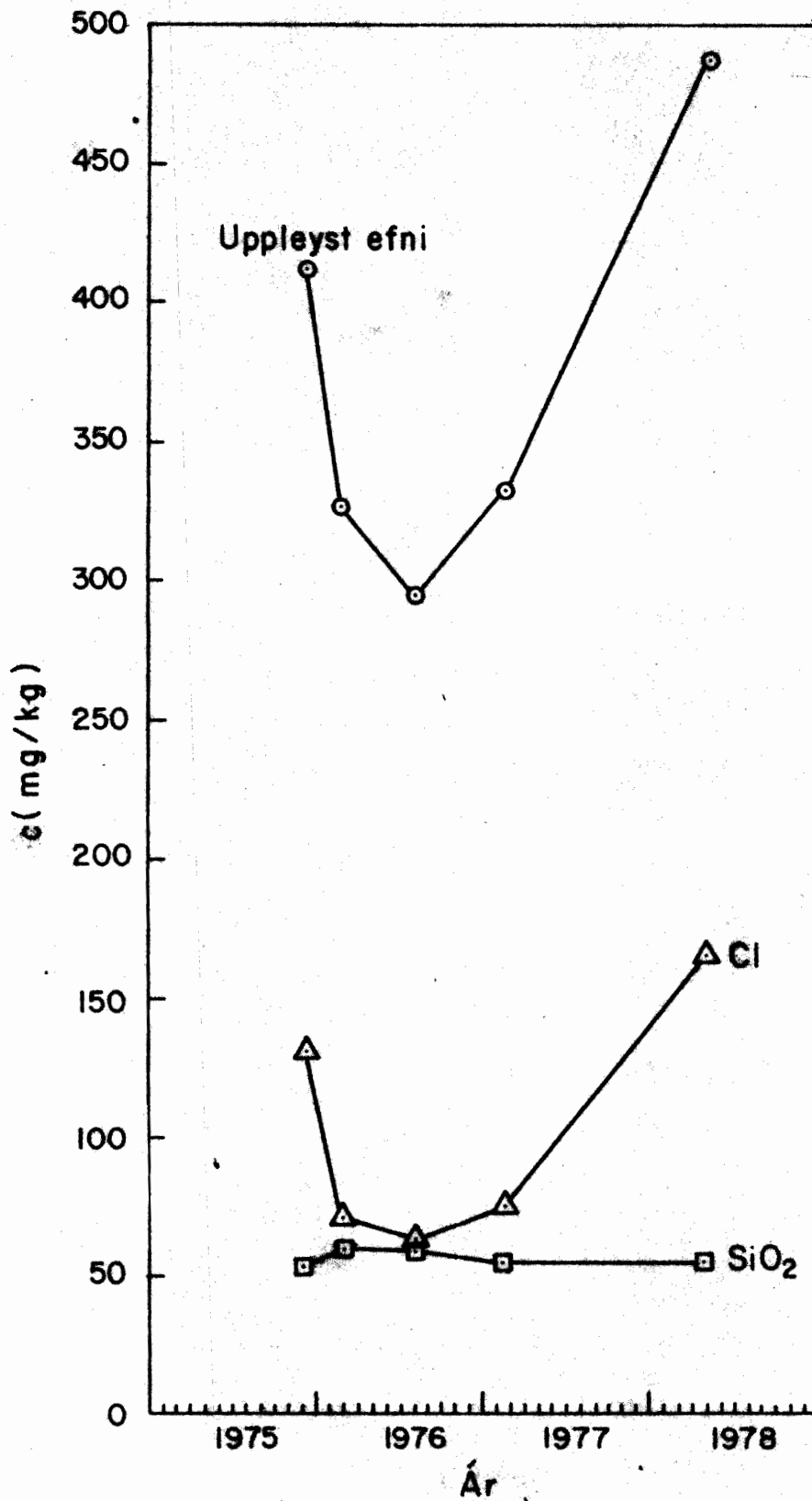
Tafla 2 - Útreikningar á kalkmettunarástandi borholuvatnsins

Dagsetning	3.12.75	28.2.76	3.8.76	3.5.78
Númer sýnis	ISAV12750186	ISAV02760024	ISAV08760111	ISAV05780018
[Ca ²⁺]	0.272	0.155	0.139	0.647
[CO ₃ ²⁻]	0.00152	0.00877	0.0129	0.00488
γ _{Ca²⁺}	0.707	0.739	0.738	0.682
γ _{CO₃²⁻}	0.699	0.732	0.731	0.672
(Ca ²⁺)	0.192	0.115	0.103	0.441
(CO ₃ ²⁻)	0.00106	0.00642	0.00943	0.00328
K	0.000204 · 10 ⁻⁶	0.000738 · 10 ⁻⁶	0.000971 · 10 ⁻⁶	0.00145 · 10 ⁻⁶
-logK	9.69	9.13	9.01	8.84
T °C	62.0	63.4	63.8	60.0

Styrkur [] og virkni () í millimólum



Mynd 1





ORKUSTOFNUN

Klóríðinnihald og samsvarandi hitastig
borholuvatnsins

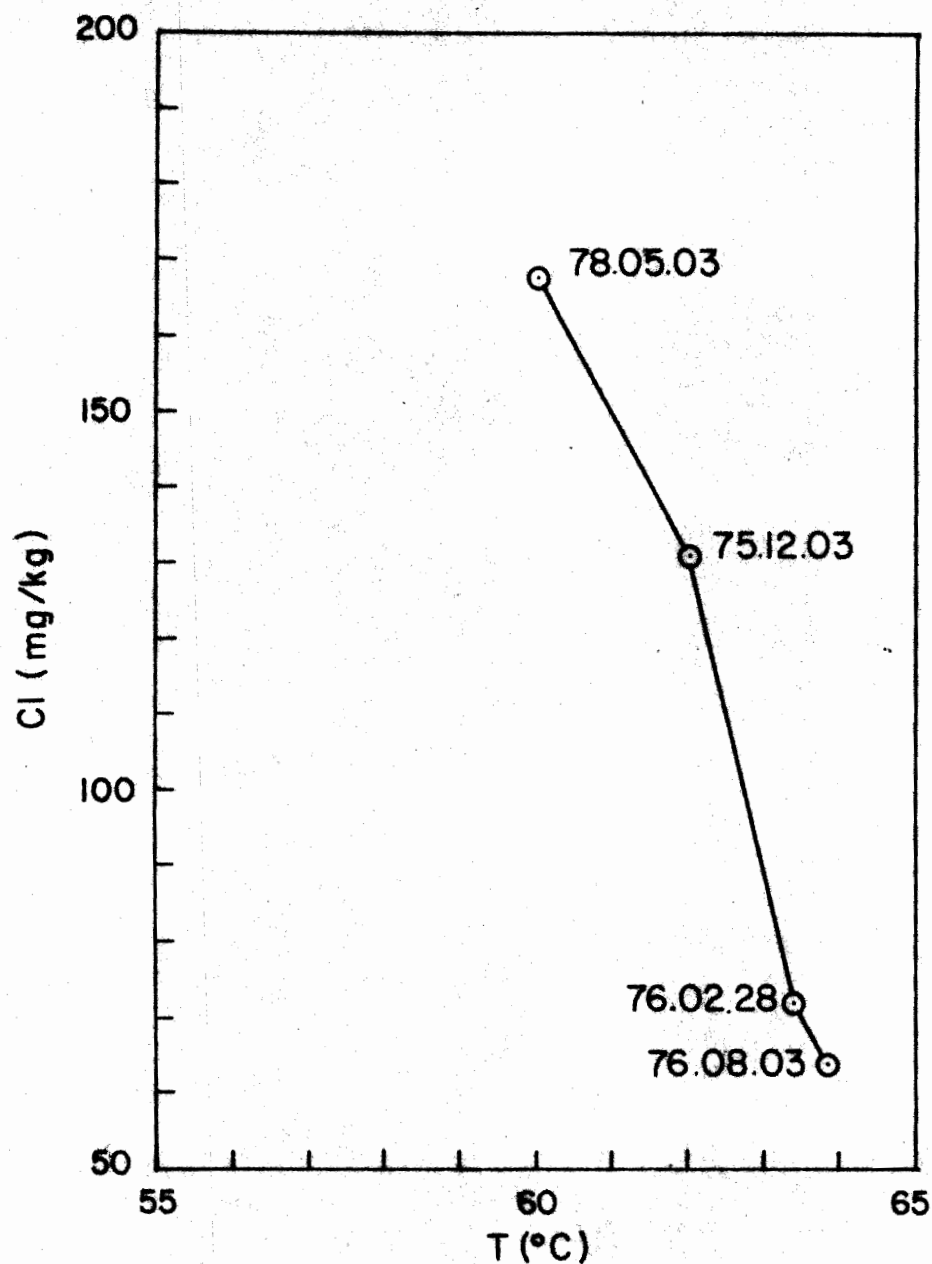
78.07.26 JSG/H

T-118 T-33

Ísafj. Vinnslut.

F-17416

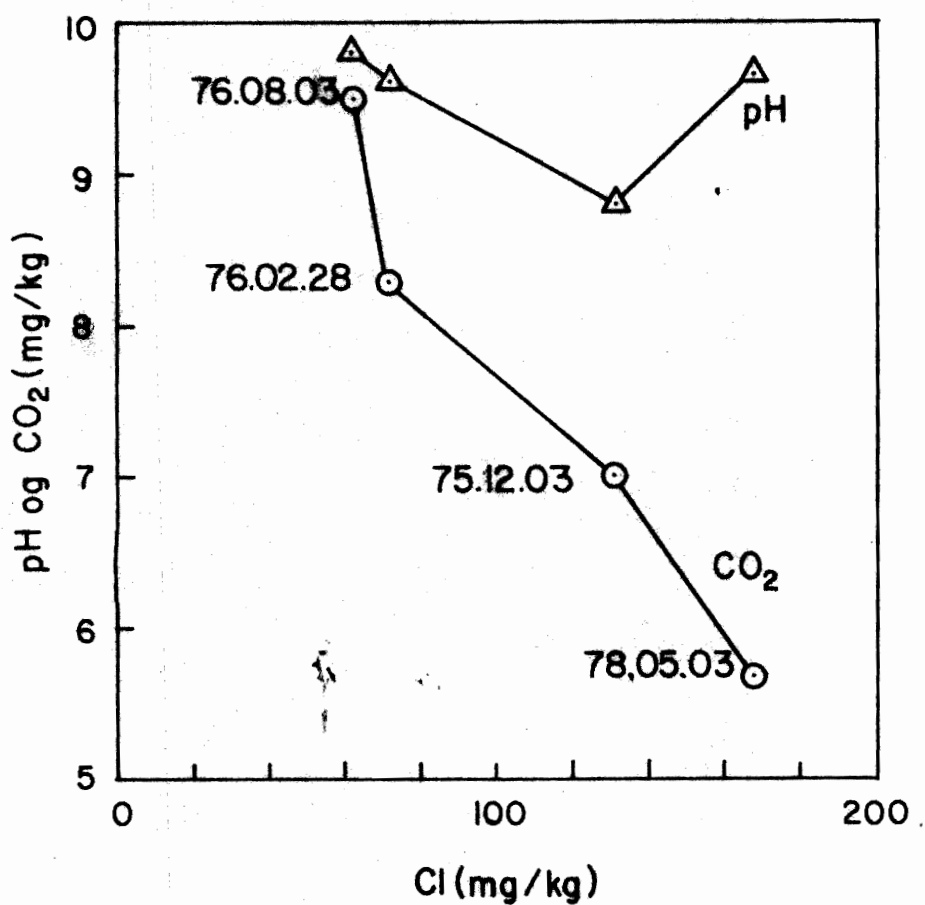
Mynd 2





Magn CO_2 í borholuvatninu og sýrustig þess við samsvarandi klóríðinnihald

Mynd 3





Mynd 4

