

hillu

R-1

OR

MÁLAFN

641.3

KISILÜTFELLINGAR I HITAVEITU REYKJAHLIÐAR

EFTIR

Karl Ragnars  
Stefán Arnórsson  
Jón Steinar Guðm.ss.  
Karl Ómar Jónsson

### 1. Ástæða um niðurstöður

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

### KISILÖTFELLINGAR I HITAVEITU REYKJAHLIDAR

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Karl Ragnars

Stefán Arnórsson

Jón Steinar Guðm. ss.

Karl Ómar Jónsson

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti. Þessi grein er um niðurstöðu Rannsóknarnefndar um lífshættu í lofti.

Agúst 1972



1. Ágrip og niðurstöður

Nokkru eftir að Hitaveita Reykjahlíðar var tekin í notkun í sept. 1971 komu í ljós erfiðleikar og vandamál í rekstri hennar vegna útfellinga kísils úr heita vatninu.

Varð fyrst vart við útfellinguna í varmaskiftum, en í þeim á sér stað kæling á heita vatninu.

Þurftu hreinsanir á þeim að vera mun tíðari en gert hafði verið ráð fyrir, þótt þar væri nokkur bót í máli, að varmaskiftarnir eru vel aðgengilegir til hreinsana. Ýmsar aðferðir og rannsóknir hafa verið gerðar, enda mátti gera ráð fyrir, að heimsóakerfi stíflaðist og alvarleg vandræði sköpuðust, þar sem fæst húsa hafa tök á annarri upphitun.

Niðurstöður þeirra athugana og rannsókna, sem gerðar hafa verið benda til þess, að rekstur hitaveitunnar á komandi vetri geti gengið vel og með fullu öryggi ef góð rékt er lögð við eftirlit og skipulagt viðhald og hreinsanir.

Þegar haft er í huga, að áætlun um stofn- og rekstrarkostnað hitaveitunnar hefur staðist fyllilega ætti sá kostnaður, sem er af slíku eftirliti og hreinsunum ekki að vera fjárhag hitaveitunnar ofviða.

Eins og fram kemur í skýrslunni hefur hola 5 í Námafjalli nú verið tekin í notkun og er ástæða til að álykta, að útfelling kísils úr vatni frá henni sé allmiklu minni en frá þeim holum, sem áður voru í notkun.

Eins og áður getur er það mjög afgerandi fyrir rekstraröryggi hitaveitunnar, að stjórn hennar komi á skipulögðum hreinsunum.

Því verki sem nú er hafið, að hreinsa varmaskifta og þípulagnir hitaveituvatnsins í öllum húsum á hitaveitusvæðinu ætti að geta verið lokið í lok þessa mánaðar (ágúst) og þarf þá þegar að gera ráðstafanir til þess að fylgst sé með útfellingum, og að miðað sé að því, að kerfin séu hreinsuð á ný, áður en til kvörtunar neytenda kann að koma.

Einnig er ástæða til að fara þess á leit við neytendur, að þeir beri fram kvörtun sína strax af þeim sýnist ástæða til kvörtunar, þannig að eftirlitsmaður geti tafarlaust kannað hvort hún sé á rökum reist.

Eftirliti með því, hvort ástæða sé til hreinsunar mætti haga á þann hátt að reglulega sé mælt innrennsli og útrennsli húsa, og þar sem sú fremkvæmd er auðveld og fljótleg er rétt að gera hana oftar en sjaldnar.

Til marks um það, hve nauðsynlegt er að kerfin séu hreinsuð skipulega, er að hálfstíflað kerfi getur annað vanaþörf í góðu veðri, en kólni veður skyndilega kvarta margir samtímis þannig að eftirlitsmaðurinn annar ekki hreinsunum.

Nokkur hús á hitaveitusvæðinu eru rekin án varmaskifta, þannig að heita vatnið rennur um efnakerfi húsanna. Þessa tilhögun verður að telja hið mesta óráð þar sem of mikil áhætta er tekin á fjármunum í hitakerfum húsanna eins og reyndar hefur þegar komið í ljós.

### Aðdragandi hitaveitunnar

Um langan tíma áður en hitaveitan til Reykjahlíðar varð til, voru uppi ráðagerðir um byggingu hennar.

Verulegur skriður komst þó fyrst á málið, þegar ákveðið var að reisa Kísilgúsværkemiðjuna við Mývatn, en í sambandi við hana var áætlað að reisa allt að 25 íbúðarhús og skipulögð hafði verið byggð fyrir 250 - 300 manna þorp við Reykjahlíð.

Árið 1967 gerði verkfræðistofan Vermir sf. frumáætlun um varmaveitu fyrir Reykjahlíðarhverfi, en þar voru hafðir í huga ýmsir valkostir við öflun heita vatns.

Allar áætlanir um stofnkostnað og rekstrarkostnað sýndu að hagkvæmast væri að nota afgangsvatn frá gufuveitu í Námafjalli til reksturs veitunnar.

Áætlun Vermis sf. byggðist í meginatriðum á því, að vatnið yrði leitt yfirhitað í stálpiðu til Reykjahlíðarhverfir að varmaskifti, þar sem kalt vatn yrði hitað upp og leitt til húsanna.

Stóðari rannsóknir leiddu þó í ljós, að ýmsir anmarkar voru á þessu fyrirkomu- lagí og þar þást skortur á köldu vatni á staðnum.

Í desember 1970 kom út önnur frumáætlun um hitaveitu Reykjahlíðar gerð af verkfræðistofunni Fjarhitun. Í þessari áætlun var gert ráð fyrir að vatnið væri tekið frá Námafjalli og leitt til Reykjahlíðar við 100 °C hitastig, en vegna skorts á köldu vatni var áætlað að hafa varmaskifti í hverju húsi og lokaða hringrás í húsunum.

Með samningum milli ríkissjóðs Íslands og landeigenda Reykjahlíðar og Voga í marz 1971 var ákveðið að hitaveitan væri byggð á því ári.

### Tilraun með útfellingar í ofnum.

Í ársbyrjun 1971 höfðu verið gerðar efnagreiningar á vatni frá öllum holum í Námafjalli nema holu nr. 9 en hún hafði þá nýlega verið tekin í notkun. Þessar efnagreiningar bentu til þess, að svipað magn af kísilsýru væri í vatni frá öllum holunum, og ekki var ástæða til að stla að kísilsýrumagn í vatni frá holu 9 væri frábrugðið því sem var í öðrum holum.

Kísilsýrumagn í holu 4 mældist í júlí 1969 654,8 ppm, en í sömu holu í marz 1970 mældist magnið 773,5 ppm og þá í holu 5 mældist magnið 745,5 ppm.



Þessi aukning í holu 4 var ekki óeðlileg þar sem holan er um 1200 m djúp með innstreymi á tveim stöðum, á 600 - 700 m dýpi og 1000 - 1100 m dýpi. Þetta mátti skýra þannig að innstreymi hefði minnkað úr efri aðunum en aukist úr þeim neðri.

Þetta kísilsýrumagn benti til þess, að fræðilega gæti átt sér stað útfelling á kísil þegar vatnið væri kelt niður fyrir 100°C en hins vegar var engin reynsla fyrir því, og þess vegna var ákveðið í jan 1971 að gera einfalda tilraun með útfellingu, þar sem vatnið var kelt niður í ofnum.

Með tilliti til efnagreininga sem gerðar voru í júní 1972 og fjallað er um hér á eftir ber að hafa í huga að þessi tilraun með útfellingar í ofnum er gerð u.þ.b. einu ári eftir að efnagreiningarnar sem stuðst var við voru gerðar. Útfellingar - tilrauninni var þannig háttað að þrjár ofnar voru tengdir samsíða og voru ofnarnir af gerðunum:

Panelofn, BT 40°C, 555 kcal/h, Teg P, Fjöldi rifja 26  
hæð 740 mm, M2 alls 1820 mm.

Runtalofn, V28 - 1800,  $\Delta T$  40°C, 430 kcal/h

Ofnasmiðjan, hitafl, 1,42 m<sup>2</sup>, þykkt 82 mm, hæð 600 mm, lengd 320 mm.

Ofnarnir voru settir upp 22. jan. 1971, tengdir samsíða eins og áður getur, og vatnið tekið úr hljóðdeyfi við holu 5. Þaðan var leiðd 1" leiðsla ca. 20 m löng að ofnunum þar sem þeir stóðu á litlum hól þannig að vindur léki sem best um þá og kæling væri mest. Við frárennsli ofnanna var komið fyrir koparlokum til að stilla vatnsmagnið og frárennslishitastig, en einnig var ætlunin að sjá áhrif vatnsins á koparinn.

Þegar ofnunum hafði verið komið fyrir voru gerðar eftirfarandi mælingar:

Útihiti -1°C norðan gola

Vatnshiti í hljóðdeyfi við inntak í pípu: 97°C

Vatnshiti við inntak í ofna: 82°C

Runtalofn: frárennslishiti 43°C, vatnsrennsli 0,50 l/mín.

Panelofn: frárennslishiti 49°C, vatnsrennsli 0,82 l/mín.

Ofnasmiðjan: frárennslishiti 50°C, vatnsrennsli 0,43 l/mín.

Vatnsmagn um aðrennsliapípu til ofnanna var nokkru meira en það sem rann um ofnana til þess að halda uppi hitastigi við inntak í ofnana en það var ekki mælt.

U.þ.b. hálf lengd aðfærslupípunnar lá í kafi í lak frá hljóðdeyfinum þar sem nánast engin kæling varð á vatninu, en það var gert til þess að rennsaka hvort útfelling yrði örvari við aukna kælingu á vatninu.

Síðan var reglulega fylgst með ofnunum, en rennsli um þá var alltaf svipað, en frárennslisþiti var ofurlítið mismunandi eftir veðurfari.

Í júlí voru ofnarnir teknir niður, eftir að vatnið hafði runnið um þá í u.þ.b. hálfu ár, og voru þeir þá sagaðir niður þannig að sjá mátti greinilega í alla ganga þeirra. Einnig voru koparlekarnir og aðfærsluáðin meðhöndluð á sama hátt. Í aðfærsluáðinni fannst ekki minnsti vottur af útfellingu, en svo sem vanta mátti var í rörunum svört húð, sem er járnsúlfid, en það myndar varnarhúð á veggum pípunnar.

Koparventlarnir voru sagaðir í tvennt og ekki varð vert við að uppleyst sulfat í vatninu hefði tært koparinn.

Við skoðun á ofnunum kom í ljós, að aðeins örulaði fyrir kísil á þeim stöðum, sem kaldastir voru og jafnvel hafði verið kyrrstaða á vatninu. Þannsóknir leiddu í ljós að þarna var um að ræða útfellingu opals, en hann er "stabil" útfelling kísilsýru við það hitastig, sem þarna er um að ræða.

Útfelling í ofnunum var þannig mjög óveruleg og þótti því ekki ástæða til, á þessu stigi málsins að óttast verulega útfellingu í hitaveitukerfinu og var jafnvel haft við orð að óhætt myndi vera að sleppa varmaskiftum, sem ástlað hafði verið að hafa í hverju húsi.

#### Lýsing hitaveitunnar, mannvirkjagerð og þekstur.

Frá gufuskiljunum við holur nr. 4,5 og 9 er leidd blanda af gufu og vatni eftir  $\varnothing$  200 stálpípum upp í vatnsskilju, sem stendur á brekkubrún ofan **Þjarnarflags**. Frá vatnsskiljunni rennur  $100^{\circ}$  C heitt vatn í litinn miðlunargeymi hitaveitunnar, en þaðan rennur vatnið í  $\varnothing$  200 og síðan  $\varnothing$  150 asbestpípum að byggðinni við Reykjahlíð. Þetta er tæplega 3 km leið og var jarðvegi ekið í garð yfir pípana, sem síðan var þakinn. Frá asbestáðinni greinast heimaðar í húsin (sjá uppdrætti), en þar eru gerðar úr stálpípum með hlífðarkápu úr plasti og fyllt með urethaneinangrun á milli. Frá enda 150  $\varnothing$  aðarinnar liggur  $\varnothing$  80 asbertpípa suður að Vogum og úr henni eru greindar heimaðar á sama hátt og áður er lýst.

Í húsunum er óbein hitun bæði á krana vatni og ofnakerfi. Yfirleitt rennur vatnið fyrst um hitaflöt baðvatnsgeymis og síðan í gegnum millihitara, sem hitar ofnakerfið. Þaðan rennur vatnið út úr húsinu og beint út í hraun.

Vatnið er selt um heimil, sem ársminútulítrar og getur húseigandi ráðið hversu stóran vatnsskammt hann kaupir og hvernig hann er nýttur. Einnig átti húseigandi að sjá um hreinsun á millihitara sínum.



## 5 Rannsóknir á útfellingum sumarið 1972

Hinn 5.mai síðastliðinn voru athugaðar útfellingar í hitaveitukerfinu til þess að gera sér grein fyrir hversu miklar útfellingar hefðu orðið á þeim tíma, sem hitaveitan hafði verið í notkun og við hvaða aðstæður þær yrðu örastar. Í þessu skyni voru skoðaðar aðveituaðar, heimaðar, safnþró og varmaskiftar ásamt leiðslum í nokkrum húsum.

Alls staðar séust útfellingar og mynduðu þær jafnan ljósgráar nálar, 1-2 mm að lengd, sem höfðu greinilega vaxið á mótum vatnsstraumnum. Á milli þessara nála (1 - 2 mm) voru asbest- og stálrörin að mestu eða alveg hrein. Röntgengraining sýndi, að þessi útfelling var óþal, en við því hafði verið búizt. Ekki voru útfellingarnar jafnmiklar alls staðar. Í beygjum á leiðslum var útfelling oft hverfandi, eins og vatnsrennslið í beygjunni rífi hana með sér um leið og útfellingin myndaðist. Mestar voru útfellingarnar, þar sem þrengingar voru í leiðslum og því ólgustreymi. Vitað var af niðurstöðum tilrauna, sem er að finna í prentuðum vísindagreinum, að ólgustreymi örvar útfellingu kísils úr yfirmettaðri lausn.

Athugunin 5.mai sýndi það ljóslega, að ör útfelling í þrengingum á leiðslum gat leitt til stíflunar á skömmum tíma og að útfelling í öllu kerfinu væri það ör, að nauðsynlegt væri að gera ráðstafanir hið fyrsta til þess að minnka útfellinguna. Samkvæmt upplýsingum frá starfsmanni hitaveitunnar voru útfellingar örastar í húsum Kísiliðjuporsins, þar sem vatnið kemur heitast ( $90^{\circ}\text{C}$ ) inn í húsin, en minnst í Vogum, en þar er inntakshiti vatnsins um  $60^{\circ}\text{C}$ .

Kísill í yfirmettaðri lausn hefur tilhneigingu til að kollast (polymerast), en útfelling á kolluðum kísil er miklu hægari en ókolluðum. Það var því hugsa-legt að draga úr útfellingu með því að láta vatnið úr borholunum dvelja nokkurn tíma í asafnþró, við  $100^{\circ}\text{C}$ , áður en það fer í leiðslur. Með þessu móti fengist tími fyrir kollunina. Í Japan hafði útfellingarvandamál í fráfernslis-leiðslu frá gufuaflstöð verið leyst með þessu móti. Af niðurstöðum tilrauna, sem birtar hafa verið í vísindaritum mátti ráða, að sýrustig og selta ráða mestu um hraða kollunar á kísil í yfirmettaðri lausn.

Selta eykur hraða kollunar. Við sýrustig pH 8-8,5 er kollun hröðust, en verður hægari við herra og lægra sýrustig.

Sýrustig borholuvatns er pH 9.8-9.9 við  $20^{\circ}\text{C}$ , þegar vatnið hefur soðið niður í  $100^{\circ}\text{C}$ . Við þetta háa sýrustig er kollun hæg, en þó sýndi sig, að eftir um 3 klst. hafði það mikill hluti kísilsins kollast, að það kæmi að gagni fyrir hitaveituna. Meginallinn á þessari úrlausn er sá, að vatnið kólnar allmikið í hitaveitukerfinu og leiðir þessi kólnun til þess, að frekari yfirmettun verður af ókolluðum kísil.

Samt atti kollun, sem fast með taftíma í safnþró að draga eitthvað úr útfellingum í Kísiliðjuporpinu, þar sem vatnið kemur heitast inn í húsin.

Efnagreiningar á vatninu úr borholunum í júní sýndu, að kísilinnihald þess hafði minnkað verulega frá því sem áður var að holu 4 undanskilinni og breytir það nokkru um gagnsemi kollunar til að draga úr útfellingu. Ekkert gagn er að taftíma í safnþró, með vatnshita nálægt  $100^{\circ}\text{C}$ , svo fremi sem vatn úr borholu 5 er eingöngu sett í þróna, en ópalmettun í því vatni og því hætta á útfellingu verður ekki fyrr en við  $90^{\circ}\text{C}$  og lagri hita.

Holu 5 var hleypt á hitaveituna í byrjun ágúst og er verið að gera ráðstafanir til þess að hún ein sjái hitaveitunni fyrir vatni og holur 4 og 9 séu til vara. Semkvæmt efnagreiningum á vatni úr henni er gert ráð fyrir að útfelling úr vatni frá henni verði ekki fyrr en vatnið hefur kólnað í  $90^{\circ}\text{C}$ , en því hitastigi á að vera hægt að halda allt að forhiturum húsa í Reykjahlíðarhverfi með nægu vatnsrennsli, þannig að ekki atti að vera veruleg hætta á útfellingum í aðfarslu- að til Reykjahlíðar og í dreifikerfinu þar, en reynslan sker þó fljótlega úr um það.

Kelling á vatninu verður þó meiri í aðfarsludönni til Voga en vatnið við inntak í hús í Vogum er nokkru kaldara en í Reykjahlíðarhverfi.

Um miðjan ágúst stíflaðist heimað að Hótel Reykjahlíð, þannig að ekki fékkst nægilegt vatnsmagn til upphitunar á því húsi.

Métti gera ráð fyrir að heimaðar voru nú almennt að lokast vegna útfellinga, en leitað hafði verið eftir ýmsum ráðum til að hreinsa kísilinn úr rörunum. Tilraun var gerð með að deila vítisóðaupplausn um heimaðina í því skyni að leysa upp kísilinn en þeirri tilraun er lýst sérstaklega hér á eftir.

Það kom hins vegar í ljós, að orsök þessarar stíflu var aðskotahlutur í heimaðinni, tréflís eða einangrunarplast, líklega frá þeim tíma að mannvirkin voru byggð, og hafði kísill hlaðist utan á þetta þar til alveg stíflaðist. Eftir að stíflan var staðsett var særið grafið upp og hreinseð.

Til að ganga úr skugga um, hvort tregt aðrennsli væri til fleiri húsa var gengið í flest hús í hverfinu og mesta mögulega vatnsmagn til húsa mælt, þ.e. það vatnsmagn, sem rann til húsa áður en það rann um hemla og sarnaskifta. Í ljós kom að vatnsmagnið var meira en nóg í öllum tilfellum, en þó minna en atti að renna um hreinar pípur. Tafla um mælt vatnsmagn til húsa fylgir hér á eftir.

Þá kom í ljós að hægt er að hreinsa pípurnar með sérstökum færibandagormum, sem eru úr ryðfríu stáli og um 10 mm í þvermál. Voru þannig gormar þreiddir í píparnar allt að 35 m, en við það óx vatnsmagnið í sumum tilvikum verulega. Með þessu móti er hægt að hreinsa a.m.k. 70 m langa pípu með því að þreða



gominnn í báða enda.

A fáum stöðum er heimæðakerfið lengra en nemur umræddri lengd, og að sjálfsögðu verulegur hagur af því, að mögulegt sé með litilli fyrirhöfn að framkvæma hreinsun á þennan hátt.

Það hefur enn ekki verið kannað hvort mögulegt sé að hreinsa allt heimæðakerfið með þessu móti, en komi í ljós, að pípur séu einhvers staðar of langar er fyrirhafnarlítið að koma upp fleiri brunnum, en sú aðgerð hefur ekki í för með sér mikinn kostnað.

Um miðjan ágúst var tengdur vatnsmegnmælir í brunni 1 á aðveituum um 600 m frá safnþró.

Mæling á rennslinu um aðveituumina til Reykjahlíðar sýndi að rennsli var 4,5 l/sek, en það er mun minna rennsli en æskilegt væri vegna hitataps. Hitamælingar í vatninu sýndu að vatnshiti í safnþró var 95<sup>o</sup> í brunni 1 91<sup>o</sup> og í aðalbrunni við Reykjahlíð 86<sup>o</sup>.

Vatnshiti í heimæðarbrunni við Voga var 68<sup>o</sup>C. Ástæða er til að auka rennslið um aðfærsluumina til að hækka hitastigið við inntak í hús, þegar vatnsmagnsmælirinn var settur í aðfærsluumina, fékkst tækifæri til að skoða útfellingu í henni og reyndist hún vera í öldum þvert á strauminn og mesta hæð í öldunum um 10 mm og millibil í milli þeirra um 20 - 30 mm.

Af ofangreindum lýsingum er það ljóst að þarna er á ferð vandamál vegna útfellinga kísils, þótt e.t.v. megi halda rekstri hitaveitunnar í góðu ástandi með vel skipulögðu viðhaldi og hreinsunum, þar sem þeim verður komið við, en það verður að stefna að því með áframhaldandi rannsóknum að vinna bug á þessu vandamáli bæði með tilliti til Hitaveitu Reykjahlíðar og norkun háhitavatns almennt.

#### 6 Fræðilegar niðurstöður jarðefnaathugana á borholuvatninu.

Heildarefnasamsetning heita vatnsins, sem streymir inn í borholur við Námafjall, er vafalítið fyrst og fremst háð ríkjandi hitaástandi í berggrunni og bergtegundum þeim (basalt), sem vatnið streymir um. Að kísil undanskildum er innihald allra efna í vatninu svipað á því hitabili, sem um er að ræða í borholunum. Innihald kísils eykst nokkuð hratt með hækkingu hita. Eftir því sem kísilinnihald vatnsins, sem streymir inn í holurnar, er herra, því meiri verður hættan á útfellingu kísils við kólnun á vatninu.

Styrkur kísilsins í djúpvatninu stjórnast af uppleysanleika kvars. Nákvæmar niðurstöður mælinga á uppleysanleika kvars við mismunandi hita liggja nú fyrir. Þær sýna, að uppleysanleiki kvars eykst með hita, einkum á hitabilinu 200-300<sup>o</sup>C. Uppleystur kísill í vatni kemur fyrir sem veik sýra, kísilsýra

( $H_4SiO_4$ ). Ef sýrustig vatnsins er hátt, er kísilsýran að nokkru klofin í  $H^+$  og  $H_3SiO_4^-$  jónir. Kleyfnistuðullinn (K) við  $20^\circ C$  er:

$$10^{-10} \left( K = \frac{(H^+) (H_3SiO_4^-)}{(H_4SiO_4)} \right).$$

Sýrustig hefur ekki áhrif á uppleysanleika kvars. Við ákveðinn hita fer ákveðið magn af kvasi í lausn sem  $H_4SiO_4$ . Hátt sýrustig eykur því heildarstyrk uppleystrar kísilsýru á þann hátt, að hluti  $H_4SiO_4$  klofnar í  $H^+$  og  $H_3SiO_4^-$ .

Þegar kísilsýra fellur út úr yfirmettaðri vatnsupplausn, eins og í borholum og leiðslum frá þeim, fellur hún ekki út sem kvars, heldur sem ópall.

Yfirmettunin verður við snögga kælingu, sem stafar af suðu í borholunni.

Reynslan sýnir, að útfelling er mjög hæg, þrátt fyrir mikla yfirmettun og er ekki um það að ræða, að svo mikill kísill falli út að jafnvægi náist.

Aðeins bein prófun gefur vitneskju um útfellingarhraða, en hin fræðilega niðurstaða gefur áreiðanlegar upplýsingar um hvenær hætta á útfellingu sé til staðar og hvenær ekki.

Þegar vatn í borholu sýður hækkar sýrustig þess, vegna þess að kolsýra og brennisteinsvetni rjúka úr vatninu á gufunu.

Djúpvatnið, sem streymir inn borholur við Námafjall, en það hefur ekki soðið, er basískt, þó ekki svo mikið að kísilsýrar ( $H_4SiO_4$ ) sé klofin sem neinu nemur. Aftur á móti er sýrustig vatnsins svo hátt (pH 9,7 - 9,9 við  $20^\circ C$ ), þegar það hefur soðið og þrýstingur er fallinn í  $10 \text{ kp/cm}^2$ , að 25 - 45% kísilsýrunnar er klofin. Hækkun á sýrustigi vegna suðu veldur þess vegna því, að styrkur óklofinnar kísilsýru ( $H_4SiO_4$ ) í vatninu minnkar og þarf þess vegna meiri kólnun en ella, til þess að vatnið mettist affópal og útfelling eigi sér stað.

Samkvæmt efnagreiningum úr borholum 4,5,6 og 7 frá 1969 og 1970 var búizt við ópalmettun við  $102-116^\circ C$  í köldustu holunum (4 og 5) en við  $136^\circ C$  í heitustu holunni (7).

Efnagreiningar á sýnum úr borholum 4,5,6,7,8 og 9, sem safnað var í júní 1972 sýna, að miklar breytingar hafa orðið á kísilinnihaldi vatnsins úr hinum ýmsu borholum. Lækkun hefur orðið á kísilinnihaldi hola 5,6 og 7, en nokkur hækkun á kísilinnihaldi hola 4. Samanburður er ekki til fyrir holur 8 og 9. Talið er að þessi breyting á kísilinnihaldi og því innstreymishita stafi af þrýstingslækkun á heita vatnskerfinu vegna langtímablásturs borholanna.



Þrýstingslökkunin verður til þess, að suða byrjar á meira dýpi en áður og úti í berginu, fyrr en vatnið kemst inn í borholurnar. Þegar kólnun verður vegna suðu á háhitavatni í berggrunni kemst jafnvægi mjög fljótt á milli uppleysts kísils og kvars. Því fellur kísill út í berginu, þar sem suða verður og jafnvægi nálgast eða kemst á. Þrýstingslökkunin veldur því, að grynsta holan (5) hefur lágstan innstreymishita og því lágst kísilinnihald. Hola 5 er því æskilegust til notkunar fyrir hitaveitu, þótt enn sé hætt á útfellingu. Hitastig ópalmettunar (útfellingarhættu) fyrir hinar ýmsu borholur fyrr og nú er sýnt í töflu.

#### 7 Vítisóðahreinsun

Tilraunir voru gerðar til að kanna áhrif vítisóða á stál, steypukopar, gúmmí og asbest, einnig rörbút með útfellingu.

Allt að 50% upplausn við 80°C var prófuð. Noraður var segulhrærari með hitaplötu. Tilraunasýnin voru 5 klst. í vítisóðaupplausninni.

Asbestið þyngdist lítillega, sennilega vegna myndunar kalsíum hydrozid húðar þegar vítisóði hvarfast við sement.

Kalsíum hydrozid er torleysanlegt í vatni og því álitamál hvort varmahúð myndast eða skolist burt. Fast aðeins úr því skorið með tilraunum á pípunum sjálfum. Framleiðendur asbestpípanna segja vítisóða ekki skaðlegan. Stál, Steypukopar og gúmmí virtust ekkert breytast, enda í samræmi við reynslu annarra. Bæta má við, að ál þolir alls ekki vítisóða og ber að hafa það sérstaklega í huga við val á delu.

Vítisóðaupplausnin hafði ekki mikil áhrif á útfellinguna á rörbútnum, þó losnuðu einstaka flögur. Við rörbútsendana mátti merkja hreinsun, sennilega vegna meira streymis en annars staðar.

Við heimæð að Hótel Reykjahlíð var mynduð hringrás og 47% (180 kg + 200 l) vítisóða dælt í 4 klst. Fyrst var hitastig 85°C, en lækkaði síðan um 10 - 15°C á klst. Engin breyting varð á rennsli, sem var 2 l/mín.

Gormur var nú rekinn í pípunar og fannst stífla, sem var grafin upp.

Stíflan var líklega trébútur, sem sat fastur í pípunni og hafði safnast sandur og kísill umhverfis. Eftir viðgerð reyndist rennsli vera 36 l/mín.

Um áhrif vítisóða á útfellingu á pípum er því ekki enn vitað. Þó má segja að ört rennsli sé nauðsynlegt svo einhver árangur náist. Rétt væri að prófa aftur þá við aðstæður þar sem minnkað rennsli er talið stafa af kísilútfellingu.

T A F L A I

Hitastig óþalmettunar í borholum við

Námufjall

Borhola	safnað dags.	SiO <sub>2</sub> ppm	Kísilniti ° C	pH/20° C	Óþalmettun ° C
4	28.07.69		255	9,75	116
4	07.04.70	774	258	9,90	106
4	11.06.72	824	263	9,80	120
5	07.04.70	746	255	9,90	102
5	11.06.72	614	240	9,87	90
6	07.04.70	834	264	9,90	112
6	11.06.72	736	254	9,89	104
7	08.04.70	1031	258	9,85	136
7	11.06.72	808	262	9,61	116
8	13.06.72	732	253	9,87	104
9	13.06.72	796	260	9,61	116



Mælt inn og útrennsli húsa 15.08.72

Gata	Nafn	Innrennsli mín.l.	Útrennsli mín.l.	Ath.sæmdir
Lynghr. 1	Snæbjörn	26	6	
" 2	Valgeir	19	-	
" 3	Haraldur	-	13	Ný hreinsað
" 4	Björn Lindal	19	-	Mjög lítið útrennsli
" 5	Sverrir Þ.	11	-	
" 6	Egill Steingr.	-	5	
" 7	Helgi Þ.	10	-	Ekkert útrennsli
" 8	Ríkharð	11	2	
" 9	Þorsteinn	26	6	Hreinsað 13.ág.
" 10	-	-	-	
Hlíðarvegur 1	Vésteinn	14	1	
" 2	Gústaf	-	5	
" 3	-	-	-	
Helluhr. 1	Hafliði	12	1	
" 2	-	-	-	
" 3	Gunnar E.	33	0	Enginn hemill
" 4	-	-	-	
" 5	Sigfús B.	33	2	
" 6	Alfðís	13	0	2 mán frá hreinsun
" 7-8	Kísiliðjan	9	7	Hreinsuð sía, þá 14 <sup>l</sup> /mín
" 9	-	-	-	
" 10	-	-	-	
" 11	Ríkarður	11	7	
" 12	Egill Sig	5		Hreinsuð aðf.æð, þá 35 l/mín.
" 13	-	-	-	
" 14	Sig.Rúnar	26	0	
" 15	Jón Illúgason	22	-	
" 16	-	-	-	
" 17	Birgir	-	-	
Reykjahlíð I		9	4	
" IV		15	2	
Kaupfélag		10	3	
Bjarg		11	5	Hreinsað 14.ág.
Hótel Reykjahl.		36		Eftir hreinsun stíflu
Mikligaðður		-	-	

Gata	Nafn	Innrennsli mín.l.	Útrennsli mín.l.	Ath.sæmdir
Austurhlíð		-	-	
Víðihlíð		19	3	
Reynihl. símtöð		-	-	
Hótel Reynihlíð				Núg vatn
Reykjahlíð III		-	-	
Kirkja		-	-	