

HITAVEITA HVERAGERÐIS

- orsakir útfellinga úr heita vatninu -
- leiðir til úrbóta -

eftir

Stefán Arnórsson

og

Karl Ragnars

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

HITAVEITA HVERAGERÐIS

- orsakir útfellinga úr heita vatninu -
- leiðir til úrbóta -

eftir

Stefán Arnórsson

og

Karl Ragnars

## INNGANGUR

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir rannsóknum Orkustofnunar, er varða útfellingar úr heita vatninu í kerfi Hitaveitu Hveragerðis. Þá eru og gerðar tillögur um úrbætur.

Áður en vatnið úr gufuborholum 2 og 4 í Reykjadal fyrir ofan Hveragerði voru teknar í notkun, var gerð sérstök efnarannsókn á vatni úr holu 2 og þá einkum með tilliti til útfellinga, varí vatnið notað til hitaveitu. Efnainnihald í holu 4 er eins og í holu 2. Niðurstöður efnarannsóknarinnar koma fram í skýrslu Orkustofnunar „Eiginleikar borholuvatns úr G-2 í Hveragerði“, maí 1972.

Efnarannsóknirnar leiddu í ljós, að ekki væri hætt á kísilútfellingum úr heita vatninu fyrr en það hefði kólnað niður í 65-70°C. Orðrétt stendur í skýrslunni: „Engin hætt er á kísilútfellingum úr borholuvatni úr G-2 (holu 2), fyrr en vatnið hefur kólnað niður í u.þ.b. 70°C. Þess vegna er ekki talið, að nein markverð hætt sé á útfellingum í leiðslum í bæjarkerfinu, en nokkur hætt á útfellingum í leiðslum í gróðurhúsum og miðstöðvarkerfum. Án efa er skynsamlegt að hafa varmaskipta við innrennsli í einstök íbúðarhús og jafnvel gróðurhús.“

Orkustofnun telur, að um tvær leiðir sé að velja til þess að bæta núverandi ástand Hitaveitu Hveragerðis, sem mundu stöðva útfellingar eða draga svo úr þeim, að þær væru ekki til boga. Önnur er bein blöndun kalds vatns með gufu frá þessum sömu holum. Fyrri leiðin er án efa mun ódýrari og miklu skemmri tíma tekur að koma henni í gagnið. Hins vegar er ekki

talið öruggt að hún gefi viðunandi lausn. Ekki er unnt að gefa Öyggjandi svar um árangur beinnar blöndunar kalds vatns við vatns-gufublönduna frá gufuborholunum nema með prófunum í nálægt eitt ár. Orkustofnun telur skynsamlegt að leggja þegar út í þá framkvæmd, er þarf til þess að afla nægilegs kalds vatns fyrir íblöndun. Þrú áætlað, að sú framkvæmd kosti kkr. 3.250 . Sýni rannsóknir, að sú aðferð reynist ekki fullnægjandi, mæli Orkustofnun með því að reisa varmaskiptastöð þar sem kalt vatn er hitað með beinni blöndun við gufu.

#### ORSAKIR ÚTFELLINGA ÚR HEITA VATNINU

Þar forsendur, sem lágu að baki þeirri ályktun að ekki yrðu kísilútfellingar fyrr en vatnið hefði kólnað niður í u.þ.b. 70°C, voru, að ekki þyrfti að gera ráð fyrir útfellingu kísils úr vatninu fyrr heldur en metnun á kísilsteintegundinni ópal væri náð, en það er við 65-70°C samkvæmt skýrslu Orkustofnunar frá 1972. Síðari og nákvæmari athuganir á borholuvatninu hafa leitt í ljós, að ópalmettun verður við 50-55°C, en ekki 65-70°C, enda höfð nokkur öryggismörk í upphaflegri umsögn um útfellingar.

Þegar kísill fellur út úr heitu vatni, getur hinn útfelldi kísill hugsanlega myndað eina af þremur kísilsteintegundum. Þar eru kvarz, kalsedón (afbrigði af kvarzi) og ópal. Af þessum steintegundum er ópal langauðleysanlegast en kvarz torleystast. Þess vegna er heitt vatn orðið verulega yfirmettað af kvarzi og kalsedón, þegar það er mettað af ópal. Uppleysanleiki allra kísilsteinanna eykst með hita og er því eingöngu möguleiki á myndun þeirra við útfellingu kísils, að kólnun verði á vatninu.

Uppleystur kísill í vatni af háhitasvæðum hérlendis, svo og í öðrum löndum, samsvarar nákvæmlega uppleysanleika kvarz við hitastig vatnsins. Nú kólnar vatn, sem streymir inn í gufuborholur verulega, vegna suðu í holunni. Þessi kólnun leiðir til þess, að vatnið í holunni verður með meiri kísil en nemur uppleysanleika kvarz, þ.e.a.s. yfirmettað af kvarzi. Vegna þess hve kalsedón er lítið auðleystara en kvarz verður vatnið einnig fljóttlega mettað af því líka. Ætti kísillinn í vatninu auðvelt með að falla út og mynda kvarz, mundi það leiða til þess, að kísilútfellingar væru allstaðar vandamál í gufuborholum. Reynslan hefur hins vegar sýnt, að útfelling kísils við snögga kólnun í gufuborholum, til að mynda kvarz, er nánast óendanlega treg. Þessi reynsla tekur til athugana frá Nýja-Sjálandi, Bandaríkjunum og eftirtöldum háhitasvæðum á Íslandi: Námafjall, Reykjanes og Svartsengi. Sama reynsla hefur einnig fengist í Hveragerði, nánar tiltekið á Friðarstöðum, þar sem vatn úr holu 4 hefur verið notað í um 14 ár. Hitaveita Hveragerðis fær líka vatn úr þessari sömu holu.

Athuganir þar, sem Orkustofnun hefur gert með röntgentaki sínu á útfellingum í kerfi Hitaveitu Hveragerðis, sýna, að þessar útfellingar eru að nokkru kvarz (eða kalsedón), en að nokkru kalk, leir og ópal. Talið er, að þær útfellingar, sem til staðar eru af kalki og leir séu svo óverulegar, að þær hafi engin afgerandi áhrif á þau útfellingarvandamál, sem Hitaveita Hveragerðis hefur við að stríða. Það eru útfellingar kísilsteinanna, sem ráða mestu þar um.

Ekki hefur tekist að finna samband milli hitastigs vatns í hitaveitukerfinu og þess, hvort ópal eða kvarzútfellingar hafi átt sér stað. Útfellingar kvarz (eða kalsedóns) úr vatni frá gufuborholum eru áður óþekktar, samanber það, sem getið var um hér að framan. Það er einmitt þessi útfelling, sem mun vera

orsök þeirra vandamála, sem nú stefnir Hitaveitu Hveragerðis í voða. Í því sambandi er ástæða til þess að benda sérstaklega á, að bein reynsla hafði fengist frá 1960 á notkun vatns úr holu 4 fyrir gróðurhúsabýlið að Friðarstöðum. Þessi reynsla hefur verið jákvæð og nýleg athugun Orkustofnunar sýndi, að útfelling var nær engin í leiðslum í gróðurhúsum, sem settar höfðu verið upp árið 1965 og miklu minni en nú er í leiðslum Hitaveitu Hveragerðis eftir rúmlega eins árs notkun á vatni úr holu 4. Hitaveita Hveragerðis notar einnig vatn úr holu 2, en efnasamsetning vatns úr þeirri holu er hin sama og í holu 4. Það virðist vera almenn skoðun í Hveragerði, að vatn úr holu 2 sé verra gagnvart útfellingum en vatn úr holu 4. Þetta er talið hæpið.

Það eru utanaðkomandi áhrif, sem ráða mestu um það, hvaða kísilsteintegund (kvarz, kalsedón eða ópál) myndast við útfellingu kísils úr heitu vatni. Til dæmis er útfelling kísils, til að mynda kvarz, auðveld í rannsóknarstofutilraunum, ef hitastig vatnsins er herra en um það bil 150°C. Aðrir þættir hafa áhrif á hraða útfellingar, hver svo sem steintegundin er, sem myndast. Þessir þættir, sem örfa útfellingu, eru m.a. hvirflastreymi, hversu yfirmettunin er mikil, selta vatnsins, snerting vatnsins við ryðgað járn eða galvaniseringu. Þegar þess er gætt, að útfellingar eru ekki vandamál úr vatni frá holu 4 í gróðurhúsabýlinu að Friðarstöðum, en hins vegar mikið vandamál í kerfi Hitaveitu Hveragerðis, liggur ljóst fyrir, að skilningur á þeim mun, sem er á vatninu hjá hitaveitunni annars vegar og að Friðarstöðum hins vegar, hlýtur að fela í sér lausn á því vandamáli, sem hér er til umræðu.

Lítill skilja er á holu 4, sem skilur að vatn og gufu, sem kemur upp úr holunni, og fá Friðarstaðir vatn af þeirri skilju. Nú liggur ljóst fyrir, að þessi skilja virkar ekki sem skyldi og fer blanda af vatni og gufu í leiðsluna að Friðarstöðum í stað vatns eingöngu. Heimill er á inntaki við gróðurhúsin, sem takmarkar rennsli eftir leiðslunni frá holunni og við það verður nokkur kólnun og þétting á gufu í þeirri leiðslu. Við það að gufan þéttist í vatninu lækkar sýrustig þess og innihald rokgjörnu efnanna, kolsýru og brennisteinsvetnis, í því verður hærra. Að því er best verður séð er þetta munurinn á því vatni, sem Friðarstaðir fá og hverfandi útfellingu veldur og því vatni, sem Hitaveita Hveragerðis fær, sem andstætt veldur svo mikilli útfellingu. Ekki er þó loka fyrir það skotið, að aðrir þattir gætu verið mismunandi, sem ekki hefur verið komið auga á. Líklegast er talið, að sýrustig vatnsins geti ráðið hér mestu um, hvað varðar myndun kvarz (eða kalsedóns) við útfellingu kísils og mundi þá hátt sýrustig (mikið afhydroxýljónum ( $\text{OH}^-$ ) í vatninu) vera hvetjandi á myndun kvarz við útfellingu.

#### LEIÐIR TIL ÚRBÓTA

Með því að blanda köldu vatni saman við heitu vatns-gufublönduna frá gufuborholunum lækkar sýrustig á vatnshluta þeirrar blöndu, m.a. vegna þess að hluti gufunnar þéttist við það að hita kalda vatnið upp. Jafnframt eykst innihald kolsýru og brennisteinsvetnis í vatninu. Íblöndun kalds vatns hefur því svipuð áhrif og þétting gufu með kalingu í leiðslunni yfir að Friðarstöðum, en eins og áður er getið, eru útfellingarvandamál úr heita vatninu að Friðarstöðum engin. Auk þess hefur íblöndun kalds vatns þau áhrif að lækka kísilinnihald hitaveituvatnsins, þar sem hverfandi kísill er í köldu vatni. Nokkuð súrefni er jafnan til

staðar í köldu vatni. Þess vegna er nauðsynlegt að blanda ekki svo miklu köldu vatni saman við vatnsgufublönduna frá holunum, að hin endanlega blanda verði kaldari en 100°C. Með því að hafa endanlega blöndu nálægt 130°C (heita) má afgasa hana með suðu í 100°C og losna þannig við allt súrefnið. Þetta atriði veldur því að hámarksblöndun kalds vatns, sem kemur til greina, er nálægt 35%. Suða, sem veldur kælingu úr 130°C í 100°C og afgösun um leið, gerir það að verkum, að aðstæður, sem fást með blöndun, verða aldrei þær sömu og nú eru á Friðarstöðum.

Samspil hinna ýmsu utanaðkomandi þátta, sem hafa áhrif á hvaða kísilsteintegund kísill myndar við útfellingu, er lítt þekkt. Af þeim ástæðum er ógerlegt að segja fyrir um það, hvort íblöndun kalds vatns skapi viðunandi lausn á útfellingarvandamálum Hitaveitu Hveragerðis. Í skýrslu, sem Baldur Línal, efnaverkfræðingur, hefur skrifað fyrir Hitaveitu Hveragerðis um útfellingarvandamálið, leggur hann til íblöndun á köldu vatni og telur, samkvæmt prófunum, að slík íblöndun muni leysa vandamál útfellinga. Í skýrslu Baldurs er ekki nefnt, hversu mikil íblöndunin skuli vera, né heldur leidd rök að því, að slík íblöndun leysi vandann, að öðru leyti en með niðurstöðum beinna prófana í um það bil einn mánuð. Þessi tími er að okkar mati alltof stuttur til þess að geta dæmt um það, hvort bein íblöndun kalds vatns muni gera útfellingar að engu eða hverfandi.

Það var að frumkvæði Orkustofnunar, sem hafnar voru tilraunir með beina íblöndun í júlí, 1974, og ástæðurnar fyrir því, að hún taldi, að slíkt gæti dregið svo úr útfellingum, að þær yrðu ekki vandamál, byggist á þeirri staðreynd, að á Friðarstöðum var útfelling ekki vandamál, og þeirri reynslu, sem fengist hefur við varmaskipta-tilraunir í Svartsengi. Við íblöndunartilraunirnar



var notað vatn úr læk í hlífðinni ofan og norðaustan gufuborholanna. Reynsla og upplýsingar staðkunnugra manna hefur sýnt, að vatnsmagnið og rennslissveiflur í læk gerir þessi vatnsból ófullnægjandi. Þarf að afla meira og tryggara vatns og gera tilraunir í nokkurn tíma til þess að geta dæmt um, hvort íblöndun kalds vatns muni leysa útfellingarvandamálið á viðunandi hátt. Nýlega gerði Orkustofnun skýrslu (sept. '74, Alitsgerð um orsakir útfellingar, tillögur til úrbóta), sem fjallar m.a. um tillögur um rannsóknir, sem leiða muni í ljós gagnsemi íblöndunar. Fela rannsóknirnar m.a. í sér ísetningu stálkubba í leiðslur í dreifikerfinu og má taka kubba úr mánaðarlega í um það bil eitt ár og vigta þá til þess að mæla útfellinguna. Verði útfellingin hverfandi í þetta ár, verður að telja árangur íblöndunar jákvæðan. Verði hins vegar nokkur útfelling, blasir sá vandi við að dæma um, hvort nægilega hafi dregið úr útfellingu við íblöndun kalda vatnsins, að ástandið geti talist viðunandi eða ekki. Dæmist ástandið enn óviðunandi verður ekki séð, að önnur ráð séu tiltæk til úrbóta en bein upphitun kalds vatns með gufu og síðan að sjóða upphitaða vatnið til þess að afgasa það. Hugmyndin um þessa varmaskiptaðferð byggir á þeim tilraunum, sem Orkustofnun hefur gert í Svartsengi á þessu ári. Þykir fullvíst, að þessi aðgerð muni duga. Hitt er hins vegar ljóst, að slík varmaskiptastöð hefur ekki verið reist í fullri stærð héraendis né erlendis og er þess vegna nauðsynlegt að gera ráð fyrir einhverjum rekstrartruflunum í upphafi meðan verið er að afla reynslu um samrekstur hinna ýmsu tækja í slíkri varmaskiptastöð.

Það má telja fullvíst, að lausn vandamála við útfellingu í kerfi Hitaveitu hveragerðis, er miklu ódýrari með beinni blöndun kalds vatns við vatn-gufublönduna úr gufuborholunum, heldur en upphitun kalds vatns með gufu. Einnig tekur miklu skemmri tíma að vinna að

frankvæmd fyrir hina ódýrari lausn. Það verður þó að hafa í huga, að gufuskiljan er ekki byggð fyrir þá tæringu, sem hlýttst af afloftun súrefnis úr kalda vatninu.

Hér á eftir er kostnaðarátalun um öflun 25 l/sek af köldu vatni úr uppsprettum vestan Varmár gegnt holu 2. Þessi vatnsöflun nægir fyrir fulla blöndun kalds vatns við vatns-gufublönduna úr borholunum. Þó svo að þessi beina blöndun leysi ekki útfellingarvandamálið, koma mannvirki við þessa vatnsöflun að fullum notum fyrir aðrar hugsanlegar leiðir til úrbóta.

#### KOSTNAÐARÁTLUN UM ÖFLUN KALDS VATNS TIL ÍBLÖNDUNAR

##### 1. Plastpípa.

Áskileg vídd pípunnar fyrir 25 sek.l. rennsli er 150 mm, en sú vídd er ekki fánleg nema með löngum afgreiðslufresti. Hinsvegar liggur fyrir 200 mm pípa, framleidd sem kápa utanum einangruð rör, og notast vel í þessum tilgangi. Lengd pípunnar er 675 metrar og kostar hún frá Reykjalundi 970 þús.kr. Flutningur pípunnar til Hveragerðis kostar 30 þús.kr.

Pípan er lögð ofanjarðar frá vatnsbóli þvert yfir Varmá þar sem hún er grafin í botninn í skurði og fergð niður með steypusekkjum. Þaðan liggur hún til hliðar við heitavatnspípuna til að forðast frosthættu upp að gufuskiljunni. Pípan er lögð af fjórum mönnum, dráttarbil og suðubíl frá Reykjalundi á 3 dögum. Kostnaður við lagningu pípunnar er áætlaður 130 þús.kr.

## 2. Rafmagn.

Áætlað er að rafmagn fyrir dælu sé fengið frá Rafmagnsveitum ríkisins úr háspennulínu, sem liggur að Reykjakoti. Samkvæmt upplýsingum frá Rarik er kostnaður vegna spennis og háspennustrengs að dælustöð um 500 þús.kr.

Til viðbótar þessum kostnaði er skurður fyrir jarðstreng og raibúnaður í dælustöð. Er sá kostnaður áætlaður 180 þús. kr.

Reksturskostnaður rafmagns vegna dælingarinnar er áætlaður samkvæmt gjaldskrá Rarik 700 þús.kr. á ári.

## 3. Vatnsból.

Kalt, ferskt vatn rennur undan hrauninu vestan Varmár. Athuganir hafa leitt í ljós, að vatnið rennur í hraunlagi, sem runnið hefur ofan á ummynduðu jarðlagi, þannig að veita verður vatninu í þrær þar sem því yrði dælt, en ekki er um að ræða niðurdrátt vatnsborðs. Þar sem vatnið kemur undan hrauninu á þrem stöðum þarf að hafa þrjár slíkar þrær auk einnar, sem dælan tekur vatnið úr. Nokkra jarðvinnu þarf að gera á staðnum til þess að ná vatninu í hraunhranglinu, en einnig þarf allmikla uppfyllingu bæði til frágangs við vatnsbólíð og til þess að hægt sé að koma tækjum á staðinn. Áætlað er, að jarðvinnan sé unnin með gröfu, jarðýtu og vörubílum. Ekki er enn ljóst, hvort þrærnar verða gerðar úr timbri eða steypu og kemur það ekki í ljós fyrir en jarðvinnan hefur verið gerð. Áætlaður kostnaður við vatnsbólíð, jarðvinna og vatnsþrær er 450 þús.kr.

4. Vatnsdæla.

Tengin verður að láni 30 kw vatnsdæla frá Hitaveitu Hveragerðis. Ekki er reiknað með neinni leigu fyrir dæluna, en þar sem öxull í henni er ónýtur, þarf viðgerð að fara fram, en hún er talin kosta með flutningi 70 þús.kr. Steypa þarf plan undir dæluna og reisa yfir hana skýli og er sá kostnaður áætlaður 290 þús.kr.

5. Tenging plastlagnar við heitavatnskerfið.

Plastpípan er tengd við heitavatnskerfið á þann hátt, að tengt er inn á 16" pípu, sem liggur að gufuskiljunni. Tvær inntakspípur koma sitt hvoru megin á 16" pípunna. Á þessum stað þurfa að vera ventlar og einstreymislokar. Áætlaður kostnaður fyrir efni og vinnu við inntak er 60 þús.kr.

6. Ferðir og uppihald.

Áætlað er, að verkið taki 70 manndaga og er fæði áætlað um 1500 kr pr. manndag. 20 ferðir frá Rvk. eru áætlaðar vegna verksins, en hver ferð er talin kosta 2000 kr. Kostnaður vegna uppihalds og ferða verður þá 145 þús.kr.

Kostnaðaráætlun uppblöndunar  
í Hveragerði.

KR/sv

---

1. Plastpípa, uppsett	1130	pús.kr.
2. Rafmagn, inntak	680	" "
3. Vatnsból	450	" "
4. Vatnsdæla	360	" "
5. Tenging	60	" "
6. Ferðir og uppihald	145	" "
7. Ófyrirséð 15%	425	" "
		<hr/>
Alls	3250	pús.kr.