



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**Útfellingar úr upphituðu ferskvatni frá
Hitaveitu Hveragerðis**

Hrefna Kristmannsdóttir

OS-83011/JHD-02 B

Febrúar 1983



ORKUSTOFNUN
GRENSÁSVEGI 9. 108 REYKJAVÍK

SKILAGREIN

Útfellingar úr upphituðu ferskvatni frá Hitaveitu Hveragerðis

Hrefna Kristmannsdóttir

OS-83011/JHD-02 B

Febrúar 1983

ÁGRIP

Gerð er athugun á efnainnihaldi og útfellingarhættu í hitaveituvatninu, sem nú er blanda af háhitavatni og upphituðu ferskvatni. Einnig var efnagreint ferskvatn úr vatnsbólum hitaveitunnar og vatnsveitunnar og metin hætta á útfellingum við upphitun þess og nýtingu í hitaveitunni. Við mat á útfellingarhættu var bæði stuðst við reikninga og niðurstöður fellingatilrauna. Útkoman er sú að útfellingar muni líklega ekki minnka við það að nota eingöngu upphitað ferskvatn, en vatnið yrði þá hæft til beinnar neyslu. Einnig kom fram í þessari athugun að mikið súrefni er í hitaveituvatninu og er það mjög tærandi.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	1
EFNISYFIRLIT	3
TÖFLU- OG MYNDASKRÁ	4
INNGANGUR	5
SÝNATAKA OG NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	6
REIKNINGAR Á EFNAJAFNVÆGJUM Í VATNINU	7
FELLINGARTILRAUNIR Á RANNSÓKNASTOFU	8
NIÐURSTÖÐUR	9
HEIMILDASKRÁ	10

TÓFLUSKRÁ

	Bls.
TAFLA 1 Niðurstöður efnagreininga á vatni úr ferskvatns- bólum og hitaveitunni í Hveragerði	11

MYNDASKRÁ

MYND 1 Jafnvægisferli leysingar magnesíumsilikatsins krísótíls í vatni miðað við hitastig. Einnig er sýnd breyting á mettunarstigi í köldu vatni við hitun, suðu og afloftun og kælingu. Til viðmiðunar eru sýnd tilsvarendi virknimargfeldi í hitaveituvatni	12
MYND 2 Sama og mynd 1, nema miðað er við jafnvægi við magnesíumsilikatið talk	13
MYND 3 Jafnvægisferli fyrir talk. Bornar eru saman breyt- ingar á mettunarstigi við hitun, suðu og afloftun og kælingu á vatni frá Svartsengi, Reykjahlíð og Hvera- gerði	14

INNGANGUR

Samkvæmt bréfi frá sveitarstjóranum í Hveragerði, Karli Guðmundssyni, dags. 29/10 '82 var m.a. óskað eftir því við Orkustofnun, að hún annaðist eftirfarandi verkefni: "2. Efnagreining á köldu vatni sem blandað er heitri gufu og sett inn á vatnshitakerfi Hitaveitunnar. Ósk þessi er sett fram til þess að fyrir liggi hvort þetta vatn er not- hæft vegna hugsanlegrar útfellingar."

Eftirfarandi skýrsla fjallar um þennan þátt, þ.e. efnagreiningar á ferskvatni og hitaveituvatni, hættu á útfellingum úr vatninu og fell- ingartilraunir sem gerðar voru á rannsóknarstofu. Ekki er hér farið út í nákvæmar útskýringar á fræðilegum forsendum reikninga á mettnar- stigi, en vísað í sérstaka skýrslu um magnesíumsilikatútfellingar í hitaveitum (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1983).

Hitaveitan í Hveragerði var í fyrstu rekin með háhitavatni, sem var aðskilið frá gufunni (Sverrir Þórhallsson o.fl. 1972; Hrefna Kristmanns- dóttir o.fl. 1983). Miklar útfellingar urðu þá í dreifikerfinu og var þessari aðferð því hætt. Síðan hefur hitaveitan í Hveragerði verið rekin að hluta með því að leiða blöndu af gufu og háhitavatni beint inn á dreifikerfið. Sú aðferð hefur hvorki valdið tæringu né útfell- ingum, en erfitt er að ná jöfnun í dreifikerfinu vegna þrýstifalls. Að öðrum hluta hefur hún svo verið rekin með því að hita ferskvatn með innspýtingu jarðgufu. Of lítið hefur verið af ferskvatni á vet- urna og því hefur orðið að blanda háhitavatni í upphitaða ferskvatnið. Talsvert hefur borið á útfellingum í veitunni þótt í minna mæli sé en þegar aðeins var notað háhitavatn. Útfellingarnar eru líka af annarri gerð (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1983). Nú falla út úr vatninu ó- kristölluð magnesíumsiliköt, en álsiliköt áður.

SÝNATAKA OG NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

Í nóvember og desember 1982 voru tekin vatnssýni úr tveimur kaldavatnsbólum í Hveragerði, þ.e. úr vatnsbólum hitaveitunnar og vatnsveitunnar. Einnig voru tekin sýni á tveimur stöðum í hitaveitukerfinu, annað sýnið úr safnþró hitaveitunnar og hitt úr hitaveituæð á horni Reykjamerkur og Þelamerkur. Þegar sýnin af hitaveituvatninu voru tekin vakti það strax athygli hversu mikið súrefni mældist í vatninu (100 og 150 ppb) og var á það bent við staðarmenn að afloftun hlyti að vera ófullnægjandi. Öll sýnin voru svo efnagreind á efnarannsóknastofu Orkustofnunar. Á sýnunum úr kaldavatnsbólunum voru einnig gerðar fellingatilraunir. Reiknað var út fyrir heita vatnið mettnarstig miðað við magnesíumsilikötin talk og krísótíl. Í kalda vatninu var reiknað út samskonar mettnarstig við hitun, suðu, afloftun og kælingu vatnsins.

Í töflu 1 eru sýndar niðurstöður efnagreininga á vatnssýnunum, sem tekin voru í Hveragerði í nóvember og desember 1982. Einnig eru teknar með niðurstöður efnagreininga á tveim sýnum úr hitaveitunni frá 1977 og 1980. Kalda vatnið úr báðum vatnsbólunum verður að teljast venjulegt íslenskt, kalt grunnvatn (sbr. gagnaskrá Orkustofnunar). Magn uppleystra efna er þó í hærra lagi einkum í sýnum úr dælustöð hitaveitunnar. Magn uppleysts kísils og magnesíums er mjög dæmigert fyrir íslenskt ferskvatn. Efnasamsetning háhitavatnsins í Hveragerði er vel þekkt (Gagnaskrá Orkustofnunar). Hitaveituvatnið í sýnunum frá 1982 er 40-45% háhitavatn. Í sýnunum frá 1977 og 1980 er hlutfall háhitavatns enn hærra. Þessi blanda er óhæf til neyslu. Einnig er talsverð hættu á málmtæringu við nýtingu hennar.

REIKNINGAR Á EFNARANNÓKNASTOFU Í VATNINU

Útfellingarnar sem verða í hitaveituvatninu eru ókristölluð magnesíumsiliköt af svipaðri gerð og falla út í hitaveitunum í Svartsengi og Reykjahlíð (Hrefna Kristmannsdóttir 1980 og 1982). Við reikninga á útfellingahættu hafa verið notuð jafnvægi við kristölluð magnesíumsiliköt af svipaðri samsetningu og útfellingarnar. Reiknað var út mettnarstig miðað við þessi magnesíumsiliköt, talk og krisótíl. Við þá reikninga kemur í ljós (myndir 1 og 2) að hitaveituvatnið er mettað miðað við krisótíl ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) og verulega yfirmettað miðað við talk ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$). Reiknaðar voru út breytingar sem yrðu á mettnarstigi í kalda vatninu við hitun þess frá 40°C í 105°C, suðu og 100% afloftun og kælingu í 40°C. Þessir ferlar eru sýndir á myndum 1 og 2. Veruleg yfirmettun kemur fram bæði miðað við talk og krisótíl og er ekki verulegur munur á vatni úr vatnsbólunum tveim. Vegna blöndunar við háhitavatn er raunverulegt mettnarstig í hitaveituvatninu lægra en reiknast í kalda vatninu. Háhitavatn er ávallt mjög magnesíumsnautt vegna útfellinga og efnaskipta sem verða í berggrunninum þegar vatnið hitnar upp. Önnur orsök lægra mettnarstigs getur verið sú að afloftun við suðu sé minni en 100%. Þá verður sýrustig vatnsins lægra og hefur veruleg áhrif á mettnarstig miðað við magnesíumsiliköt.

Á mynd 3 eru bornir saman reiknaðir ferlar fyrir talkmettun (eins og á mynd 2) kalda vatnsins sem notað er í hitaveitunum í Hveragerði, Reykjahlíð og Svartsengi. Kalda vatnið í Hitaveitu Reykjahlíðar er langmest yfirmettað, en vatn úr Svartsengi og Hveragerði er mjög áþekkt. Þótt yfirmettun sé í vatni miðað við ákveðið efnasamband er alls ekki víst að neitt falli út úr vatninu. Það er háð ýmsum þáttum, sem ekki er hægt að reikna með neinu öryggi. Til að komast að því hvort og hversu hröð útfelling verður þarf að gera líkantilraunir.

Vegna hás kostnaðar hafa ekki enn verið gerðar magnbundnar tilraunir með fellingu magnesíumsilikata á efnarannsóknastofu Orkustofnunar. Á síðastliðnu sumri voru gerðar nokkrar einfaldar fellingatilraunir (Páll Árnason 1983), þar sem notað var Gvendarbrunnvatn, vatn úr kaldavatnsholu Hitaveitu Reykjahlíðar og vatn úr Austaraselslindum, sem eru nýtt vatnsból fyrir Reykjahlíðarþorp.

Í tengslum við þá athugun, sem gerð er grein fyrir í þessari skýrslu, voru einnig gerðar tilraunir með fellingum magnesíumsilikata.

FELLINGARTILRAUNIR Á RANNSÓKNARSTOFU

Í fellingartilraununum voru notuð kaldavatnssýni úr vatnsbólunum í Hveragerði. Í fyrstu tilrauninni voru notuð sýni af kalda vatninu óblönduðu, sýni sem bætt var í 100 mg/l af NaCl og sýni sem bætt var í NaOH uns sýrustig varð 9,4. Sýnin voru hituð í nokkra daga í ofni við 90°C í Erlenmayer flöskum með lausum tappa. Á þriðja degi hafði orðið útfelling í öllum sýnunum. Hvenær útfellingin byrjaði að myndast er ekki alveg víst því hún sást illa í glerlátunum.

Útföllnu efnin voru síuð frá og mældur magnesíumstyrkur og sýrustig í lausnunum. Magnesíumstyrkur hafði hækkað verulega í flestum lausnanna og þær höfðu orðið basískari, þ.e. pH gildið hækkað. Í lausnunum sem lút var bætt í höfðu pH gildin þó lækkað. Í annarri tilraun voru aðeins notuð óblönduð vatnssýni, sem voru ýmist soðin í fimm mínútur og síðan sett í hitaskáp við 90°C, eða sett beint í hitaskápinn án undanfarandi suðu. Í sýnunum sem soðin voru fyrst komu fram útfellingar eftir um sex klukkustundir, en eftir um ellefu klukkustundir í hinum. Þær tilraunir sem gerðar voru eru mjög einfaldar og líkja aðeins að vissu leyti eftir því sem skeður við hitun ferskvatns í hitaveitum. Niðurstöður sýna þó að útfelling getur orðið innan fárra klukkustunda í kalda vatninu við hitun jafnvel þótt afloftun sé ekki mjög mikil.

Niðurstöður seinni tilraunarinnar sýna mikla hröðun útfellingar við aukna afloftun.

NIÐURSTÖÐUR

Hitaveituvatnið í Hveragerði er mettað eða yfirmettað með tilliti til magnesíumsilikata. Kalt vatn úr vatnsbólum hitaveitunnar og vatnsveitunnar reiknast enn meira yfirmettað við hitun þess, suðu og afloftun, en hitaveituvatnið er nú. Hægt er að framkalla útfellingu í sýnum af kalda vatninu á örfáum tímum á rannsóknastofu. Hætta á útfellingu mundi því ekki minnka þó notað væri eingöngu upphitað ferskvatn, en óvíst er hvort hún ykist verulega. Í háhitavatni er meira magn uppleystra efna en í ferskvatni og aukið magn uppleystra efna hraðar efnahvörfum.

Þótt yfirmettun yrði þannig meiri í upphituðu ferskvatni en í blöndunni sem nú er notuð yrðu efnahvörf, eins og t.d. útfelling magnesíumsilikata, hægari. Upphitað ferskvatn er auk þess hæft til beinnar neyslu, en núverandi hitaveituvatn er óneysluhæft.

HEIMILDASKRÁ

Hrefna Kristmannsdóttir, 1980: Magnesium silicate scaling in Icelandic District Heating systems. Proc. 3rd International symposium on Water Rock interaction: 110-111.

Hrefna Kristmannsdóttir, Sverrir Þórhallsson & Karl Ragnars, 1983: Magnesiumsilikatútfellingar í Hitaveitum. Orkustofnun, (í útgáfu).

Páll Arnason, 1982: Athuganir á magnesiumsilikatútfellingum við upphitun vatns. Orkustofnun, OS82128/JHD39 B.

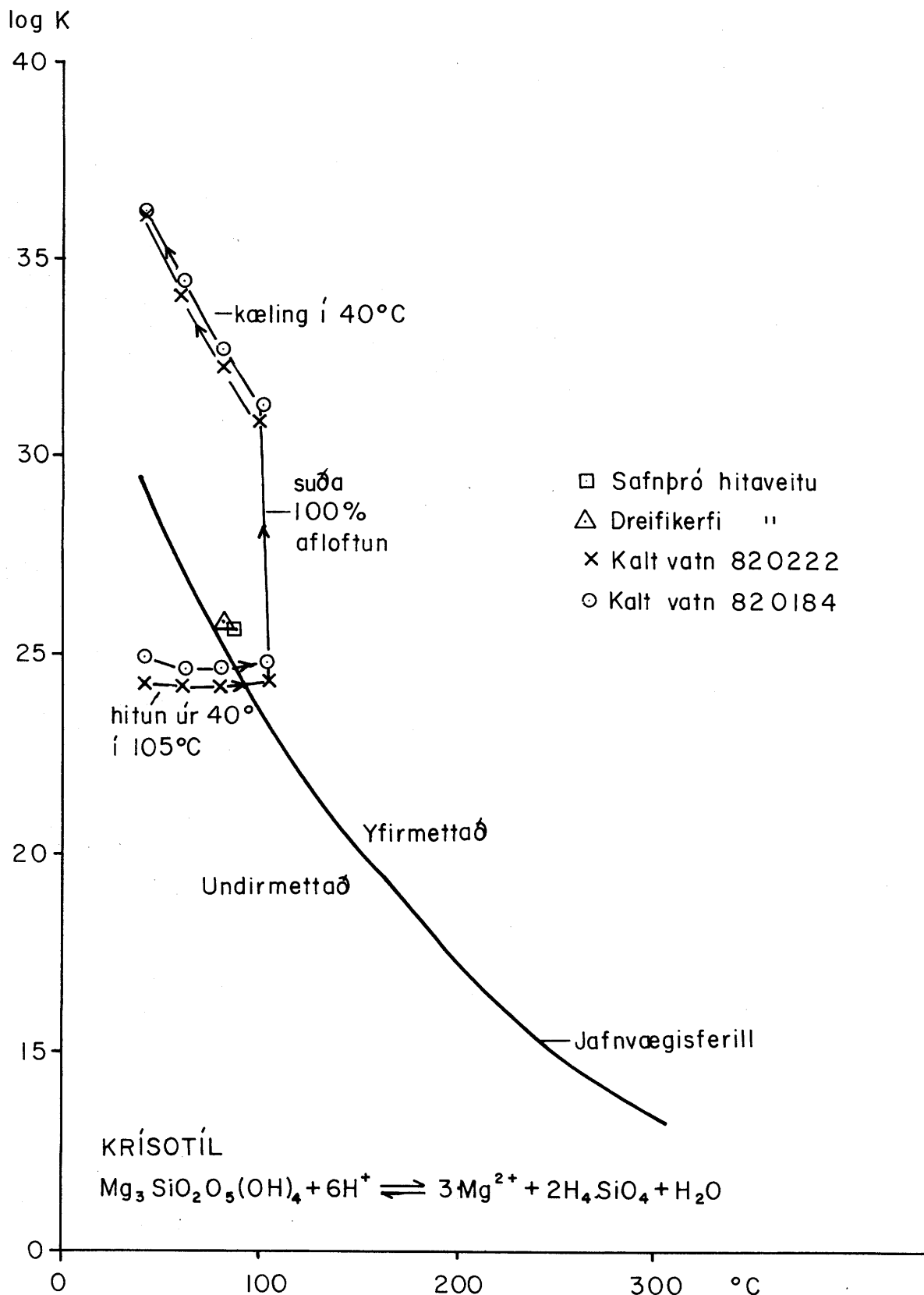
Sverrir Þórhallsson, Karl Ragnars, Stefán Arnórsson & Hrefna Kristmannsdóttir, 1975: Rapid scaling of silica in two district heating systems. Orkustofnun, OSJHD 7534, 14 s.

TAFLA 1 Niðurstöður efnagreininga á vatni úr ferskvatnsbólum og hitaveitunni í Hveragerði

Staðsetning	Númer	t°C	pH/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	CO ₂	SO ₄	H ₂ S	Cl	F	Uppl. efnir	Leiðni Ωm/°C
Kalt vatn úr dælustöð	820184	6	7,33/20	25,5	17,61	1,26	9,94	3,18	43,3	7,59	0,0	13,06	0,09	115,6	66,7/22
Hitaveitu Hveragerðis															
Vatnsveita															
Hveragerðis	820222		7,23/21,5	18,3	8,83	1,01	8,33	3,95	28,9	6,05	0,0	7,36	0,09	84,3	95,2/22
Vatnsból ofan Ölfusborga															
Safnþró															
Hitaveitu Hveragerðis	820185	84,5	7,55/20	118,5	72,72	6,02	6,85	1,92	62,40	46,76	4,0	60,15	0,75	356,5	24,7/22
Hitaveita															
Hveragerðis	820186	80,1	7,60/20	119,5	71,24	5,84	7,11	1,99	63,0	11,53	5,4	60,48	0,75	353,0	24,7/22
Reykjamörk/ Þelamörk															
Hitaveita															
Hveragerðis	770135		8,68/24	138,6	78,5	6,4	6,55	1,43	39,1	48,7	19,2	73,6	0,89	425,0	22,7/-
Tengistöð ofan þorps															
Safnþró															
Hitaveitu Hveragerðis	800010	83,6	8,62/23	162,0	83,5	6,90	6,34	1,52	57,8	49,9	7,8	62,7	0,92	435,0	21,1/25,5
Hveragerðis															

HVERAGERÐI

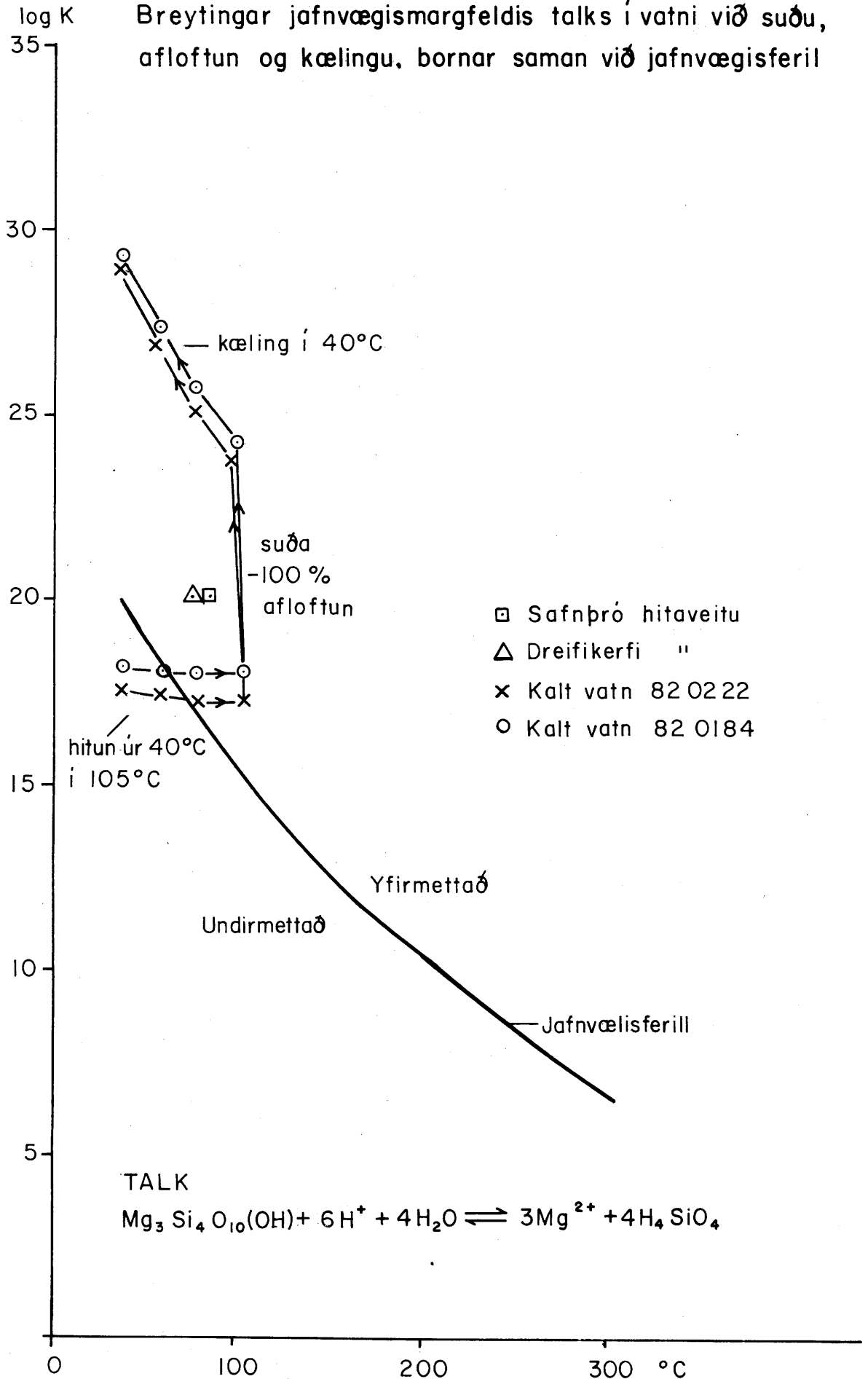
Breytingar jafnvægismargfeldis krísótíls í vatni við suða, afloftun og kælingu, bornar saman við jafnvægisferil





HVERAGERÐI

Breytingar jafnvægis margfeldis talks í vatni við suðu, afloftun og kælingu, bornar saman við jafnvægisferil



Breytingar jafnvægis margfeldis talks í vatni frá Svartsengi, Hveragerði og Reykjahlíð við suðu, afloftun og kælingu, bornar saman við jafnvægisferil

