



**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

## **Í Torfajökli**



**Efni í jarðgufu og heitu vatni**

**Jón Örn Bjarnason  
Magnús Ólafsson**

**Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar**

**2000**

**OS-2000/030**





**Jón Örn Bjarnason**  
**Magnús Ólafsson**

# **Í Torfajökli**

## **Efni í jarðgufu og heitu vatni**

**Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar**

**OS-2000/030**

**Maí 2000**

ISBN 9979-68-053-9

ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Akureyri: Glerárgötu 36, 600 Ak. - Sími 463 0957 - Fax 463 0998

Netfang os@os.is - Veffang: <http://www.os.is>



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Skýrsla nr:</b><br>OS-2000/030                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Dags:</b><br>Maí 2000 | <b>Dreifing:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til |
| <b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b><br>Í Torfajökli<br>Efni í jarðgufu og heitu vatni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                          | <b>Upplag:</b><br>35                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          | <b>Fjöldi síðna:</b><br>91                                                                      |
| <b>Höfundar:</b><br>Jón Örn Bjarnason<br>Magnús Ólafsson                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                          | <b>Verkefnisstjóri:</b><br>Ragna Karlsdóttir                                                    |
| <b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b><br>Könnun háhitasvæðis, þáttur efnarannsóknar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                          | <b>Verknúmer:</b><br>8-720102                                                                   |
| <b>Unnið fyrir:</b><br>Auðlindadeild Orkustofnunar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |                                                                                                 |
| <b>Samvinnuaðilar:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          |                                                                                                 |
| <b>Útdráttur:</b><br>Fjallað er um niðurstöður efnagreininga sýna af gufu og heitu vatni sem safnað var á jarðhitasvæðinu í Torfajökli á árunum 1994–1997, en verkið er þáttur í heildarrannsókn svæðisins. Styrkur gass í gufu mældist á bilinu 20–25000 mmól/kg, en meginþáttur þess er koldíoxíð. Gasstyrkur er langmestur á svæðinu sunnan- og suðaustanverðu, einkum vestan og norðaustan Háskerðings. Þar er styrkur kvikasilfurs og bórs í gufu einnig mestur. Minna gas mælist á rein, sem liggur um miðbik svæðisins. Gashitamælar benda til þess að hiti jarðhitakerfisins sé víðast naumlega 300 °C, en allt að 350 °C þar sem heitast er, sunnan- og suðaustantil. Fylgni samsætu hlutfalla vetnis og súrefnis í jarðgufu er skýrð með þéttingu vatns úr gufu í uppstreymisrásum. Efnahiti vatns úr hverum og laugum er á bilinu 100–200 °C, en þessi gildi eru ekki álitin trúverðugt mat á djúphita jarðhitakerfisins. Sunnantil á svæðinu er vatnið karbónatríkt, en styrkur klóríðs lítill. Norðantil er þessu öfugt farið. Uppruni vatns í hverum og laugum er rakinn til úrkomu sem fellur á Torfajökulshálendið. |                          |                                                                                                 |
| <b>Lykilorð:</b><br>Torfajökull, jarðhiti, efnasamsetning, gashiti, sýnataka, efnahitamælar, samsætur, kvikasilfur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          | <b>ISBN-númer:</b><br>ISBN 9979-68-053-9                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          | <b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b><br><i>Ragna Karlsdóttir</i>                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          | <b>Yfirfarið af:</b><br>GÓF,KS,RK                                                               |

## ÁGRIP

Fjallað er um niðurstöður efnagreininga sýna af gufu og heitu vatni sem safnað var á jarðhitasvæðinu í Torfajökli á árunum 1994–1997. Efnarannsókn þessi er einn þáttur víðtækrar yfirborðskönnunar svæðisins, sem unnin er af Orkustofnun og að frumkvæði hennar.

Styrkur gass í gufu er mjög mismikill, og mælist hann allt frá 20 mmól/kg upp í 25000 mmól/kg, ef frá er talið eitt firnagasríkt sýni. Meginþáttur gassins er koldíoxíð, en hlutur þess er meiri en 75 af hundraði í þorra sýna, og meiri en 90 af hundraði í liðugum helmingi. Hlutur vetnis í gasinu er víðast á bilinu 0,5–15 af hundraði, en hlutur brennisteinsvetnis 0,5–7 af hundraði. Köfnunarefni, metan og argon finnast í mun minna mæli.

Styrkur koldíoxíðs í gufu er mjög misdreifður. Langmestur er hann sunnan- og suðaustantil á svæðinu, einkum á boga sem liggur norðan Kaldaklofsfjalla og teygir sig frá hálendisbrúnninni vestan Háskerðings allt austur að jaðri íshettu Torfajökuls. Mikið koldíoxíð er einnig vestast í Reykjadölum og sums staðar í nágrenni Landmannalauga. Vetni og brennisteinsvetni fylgja sama mynstri, en dreifing þeirra er þó jafnari en koldíoxíðs. Styrkur kvikasilfurs og bórs í gufu er einnig mestur á téðum hlutum svæðisins. Allt eru þetta taldar vísbendingar um að hiti í jörðu sé þar hærri en annars staðar.

Um miðbik svæðisins liggur rein, frá Landmannalaugum að kalla í norðaustri og suðvestur fyrir Hrafninnusker. Minna gas mælist í gufu á reininni en víðast utan hennar. Þessi rein fylgir meginstefnu gossprungna sunnanlands, og kann hún að tengjast höggun og eldvirkni á svæðinu.

Gashitamælar sýna að jafnaði allt að 350 °C hita sunnan- og suðaustantil á svæðinu, svo og vestast í Reykjadölum og við Reyjakoll hjá Landmannalaugum. Annars staðar á svæðinu er gashiti lægri, víðast um eða rétt undir 300 °C.

Samsætuhlutföll vetnis og súrefnis í gufu spanna fremur breitt bil, en fylgjast þó vel að. Leitni gagnanna er skýrð með þéttingu vatns úr gufu í uppstreymisrásum.

Efnahiti vatns úr hverum og laugum er á bilinu 100–200 °C. Efnasamsetning þessa vatns er hins vegar ekki talin gefa rétta mynd af djúpvatni í jarðhitakerfinu, og þessi gildi eru ekki álitin trúverðugt mat á djúphita.

Sunnantil á svæðinu er vatn í laugum og vatnshverum karbónatríkt, en styrkur klóríðs yfirleitt lítill. Í nágrenni Landmannalauga er klóríðstyrkur hins vegar mikill, og styrkur karbónats hóflegur. Styrkur flúoríðs í vatni virðist stjórnað af efnaþjálfnægi við steindina flúorít.

Samsætuhlutföll vetnis og súrefnis benda til þess að uppruna vatns í hverum og laugum jarðhitasvæðisins megji rekja til úrkomu sem fellur á Torfajökulshálendið.

Meginniðurstaða rannsóknarinnar er þessi: Gashitamælar benda til þess að hiti jarðhitakerfisins í Torfajökli sé víðast naumlega 300 °C, eða þar um bil. Þó kann hitinn að vera allt að 350 °C þar sem heitast er, en það er einkum á suður- og suðausturhluta svæðisins.

## EFNISYFIRLIT

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| ÁGRIP                                           | 2  |
| EFNISYFIRLIT                                    | 3  |
| MYNDASKRÁ                                       | 4  |
| TÖFLUSKRÁ                                       | 5  |
| 1 INNGANGUR                                     | 7  |
| 2 RANNSÓKNARSVÆÐI                               | 9  |
| 3 SÖFNUN SÝNA                                   | 11 |
| 4 STAÐARÁKVARÐANIR                              | 16 |
| 5 EFNI Í GUFU                                   | 17 |
| 5.1 <i>Styrkur gass í gufu</i>                  | 17 |
| 5.2 <i>Hlutföll lofttegunda og gashitamælar</i> | 29 |
| 5.3 <i>Önnur efni í gufu</i>                    | 39 |
| 5.4 <i>Samsætuhlutföll í gufu</i>               | 43 |
| 6 EFNASAMSETNING VATNS                          | 47 |
| 6.1 <i>Efnastyrkur og efnahiti</i>              | 47 |
| 6.2 <i>Jafnvægi vatns við steindir</i>          | 61 |
| 6.3 <i>Samsætuhlutföll í vatni</i>              | 65 |
| 7 UMRÆÐA                                        | 67 |
| HEIMILDIR                                       | 70 |
| VIÐAUKI A: HNIT SÝNATÖKUSTAÐA                   | 73 |
| VIÐAUKI B: LÝSING SÝNATÖKUSTAÐA                 | 79 |

## MYNDIR

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Yfirlitskort af Torfajökulssvæði                               | 8  |
| 2 Tökustaðir gufusýna í Torfajökli                               | 14 |
| 3 Tökustaðir vatnssýna í Torfajökli                              | 14 |
| 4 Styrkur koldíoxíðs í jarðgufu                                  | 22 |
| 5 Styrkur brennisteinsvetnis í jarðgufu                          | 22 |
| 6 Styrkur vetnis í jarðgufu                                      | 24 |
| 7 Styrkur metans í jarðgufu                                      | 24 |
| 8 Styrkur köfnunarefnis í jarðgufu                               | 25 |
| 9 Styrkur argons í jarðgufu                                      | 25 |
| 10 Hluti koldíoxíðs af gasi í jarðgufu                           | 26 |
| 11 Hluti brennisteinsvetnis af gasi í jarðgufu                   | 26 |
| 12 Hluti vetnis af gasi í jarðgufu                               | 27 |
| 13 Hluti metans af gasi í jarðgufu                               | 27 |
| 14 Hluti köfnunarefnis af gasi í jarðgufu                        | 28 |
| 15 Hluti argons af gasi í jarðgufu                               | 28 |
| 16 Hlutfall köfnunarefnis við argon í jarðgufu                   | 32 |
| 17 Koldíoxíðhiti gufusýna                                        | 32 |
| 18 Vetnishiti gufusýna                                           | 33 |
| 19 Brennisteinsvetnishiti gufusýna                               | 33 |
| 20 Hlutfall koldíoxíðs við köfnunarefni í jarðgufu               | 34 |
| 21 Hlutfallshiti koldíoxíðs og köfnunarefnis                     | 34 |
| 22 Hlutfall brennisteinsvetnis við vetni í jarðgufu              | 35 |
| 23 Hlutfallshiti brennisteinsvetnis og vetnis                    | 35 |
| 24 Hlutfall koldíoxíðs við vetni í jarðgufu                      | 36 |
| 25 Hlutfallshiti koldíoxíðs og vetnis                            | 36 |
| 26 Hlutfall koldíoxíðs við metan í jarðgufu                      | 37 |
| 27 Hlutfallshiti metans og koldíoxíðs                            | 37 |
| 28 Styrkur klóríðs í jarðgufu                                    | 40 |
| 29 Styrkur súlfats í jarðgufu                                    | 40 |
| 30 Styrkur bórs í jarðgufu                                       | 41 |
| 31 Styrkur kvikasilfurs í jarðgufu                               | 41 |
| 32 Samsætu hlutfall súrefnis, $\delta^{18}\text{O}$ , í jarðgufu | 42 |
| 33 Samsætu hlutfall vetnis, $\delta\text{D}$ , í jarðgufu        | 42 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 34 Vensl samsætuhlutfalla vetnis og súrefnis í jarðgufu       | 44 |
| 35 Sýrustig (pH) vatns                                        | 46 |
| 36 Heildarstyrkur karbónats í vatni, reiknaður til koldíoxíðs | 46 |
| 37 Styrkur kísildíoxíðs í vatni                               | 50 |
| 38 Kalsedónhiti vatns                                         | 50 |
| 39 Styrkur klóríðs í vatni                                    | 54 |
| 40 Styrkur bórs í vatni                                       | 54 |
| 41 Styrkur líþíums í vatni                                    | 56 |
| 42 Styrkur natríums í vatni                                   | 56 |
| 43 Styrkur kalíums í vatni                                    | 57 |
| 44 Styrkur magnesíums í vatni                                 | 57 |
| 45 Styrkur kalsíums í vatni                                   | 58 |
| 46 Styrkur flúoríðs í vatni                                   | 58 |
| 47 Styrkur súlfats í vatni                                    | 59 |
| 48 Styrkur kvikasilfurs í vatni                               | 59 |
| 49 Mettunarstig kalsíts sem fall af mældum hita               | 60 |
| 50 Mettunarstig kalsíts sem fall af sýrustigi                 | 60 |
| 51 Mettunarstig flúoríts sem fall af mældum hita              | 62 |
| 52 Mettunarstig flúoríts sem fall af sýrustigi                | 62 |
| 53 Mettunarstig Mg-klóríts sem fall af mældum hita            | 63 |
| 54 Mettunarstig Mg-klóríts sem fall af sýrustigi              | 63 |
| 55 Samsætuhlutfall súrefnis, $\delta^{18}\text{O}$ , í vatni  | 64 |
| 56 Samsætuhlutfall vetnis, $\delta\text{D}$ , í vatni         | 64 |
| 57 Vensl samsætuhlutfalla vetnis og súrefnis í vatni          | 66 |

## TÖFLUR

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Efnasýni og sýnatökustaðir í Torfajökli                                 | 12 |
| 2 Gas í sýnum úr gufuaugum og pönnum: Verg og leiðrétt samsetning         | 18 |
| 3 Gas í sýnum úr gufuaugum og pönnum: Leiðrétt og hlutfallsleg samsetning | 20 |
| 4 Gashiti í gufuaugum í Torfajökli                                        | 31 |
| 5 Styrkur ýmissa efna í sýnum úr gufuaugum og pönnum                      | 38 |
| 6 Efnasamsetning sýna úr vatnshverum, laugum, lækjum og fönn              | 48 |
| 7 Efnahiti vatnssýna                                                      | 52 |

Ekki er þess getið hversu lengi Torfi hafi verið í jöklinum er síðan dregur nafn af honum og er kallaður Torfajökull. Það er sagt að þegar Torfi fór að flytja aftur úr jöklinum til byggða hafi nokkur af hjúum hans ekki viljað fara úr dalnum, hafi hann og látið það eftir þeim og gefið þeim húsabæ sinn eins og hann stóð. Síðan hefur það verið haft fyrir satt allt til skamms tíma að í Torfajökli væru útilegumenn og hafi ferðamenn er farið hafi fjallabaksveg austur í Skaftafellssýslu af Rangárvöllum sunnan undir Torfajökli þótzt kenna reykjareim af jöklinum með norðanátt líkan því er skógarviði væri kynt. Það var og trú manna að þessir útilegumenn yllu illum heimtum á sauðfé af afréttum er ósjaldan hafa að borið. En fyrir fáum árum er það staðreynt að eitthvað veldur annað illum heimtum en útilegumennirnir í Torfajökli því Landmenn tóku sig til og könnuðu Jökulgilið og komust svo langt inn í gilið að þeir sáu að dalurinn var allur orðinn fullur af jökli og óbyggilegur og því allsendis ólíkur því sem sagan segir að hann hafi verið á dögum Torfa.

(Byggð í Torfajökli. *Þjóðsögur Jóns Árnasonar II.*)

Sunnan Litlhöfða (1159 m), sem er annar Mógilshöfða (hinn er Stórhöfði, 1143 m) og austan Rauðfossafjalla (1163–1230 m) eru Reykjadalir, og voru fyrrum kallaðir „í Torfajökli“, en það orðalag heyrir sögunni til vegna bráðnunar jökla undanfarna áratugi.

(Ingólfur Einarsson: Landmannaafréttur. *Sunnlenskar byggðir V.*)

## 1 INNGANGUR

Jarðhitasvæði það, sem jafnan er kennt við Torfajökul, er hið stærsta á Íslandi og yfirleitt talið hið öflugasta, að Grímsvötnum einum frátöldum. Svæðið hefur þótt nokkuð óaðgengilegt, enda liggur það afskekkt, og mest af jarðhitnum er að finna í 850–1000 m hæð yfir sjó. Land er víða mjög gilskorið á þessum slóðum, einkum austantil, og af þeim sökum fremur ógreiðfært. Veður er þar rysjótt, þokur tíðar og úrkoma mikil, og oft tekur snjó ekki upp fyrr en að áliðnu sumri. Hefur því margt lagst á eina ár til að torvelda könnun á jarðhita og jarðfræði svæðisins.

Engu að síður hefur svæðið verið rannsakað nokkuð. Kristján Sæmundsson (1972, 1988) hefur lýst jarðlagaskipan, gosmyndunum og jarðhita. Björn Gunnarsson (1987) athugaði efnafræði nútímahrauna, og McGarvie (1985) beindi sjónum að kvikublöndun í slíkum hraunum. Gretar Ívarsson (1992) gerði ítarlega könnun á efnafræði bergs á nyrsta og austasta hluta svæðisins, en Stefán Arnórsson o.fl. (1987) rannsökuðu efnafræði jarðhitans norðan- og vestantil. Ýmsir fleiri hafa lagt hönd á plóg þótt ekki séu taldir hér. En þrátt fyrir téðar rannsóknir fer því fjarri að svæði þessu hafi verið gerð viðunandi skil.

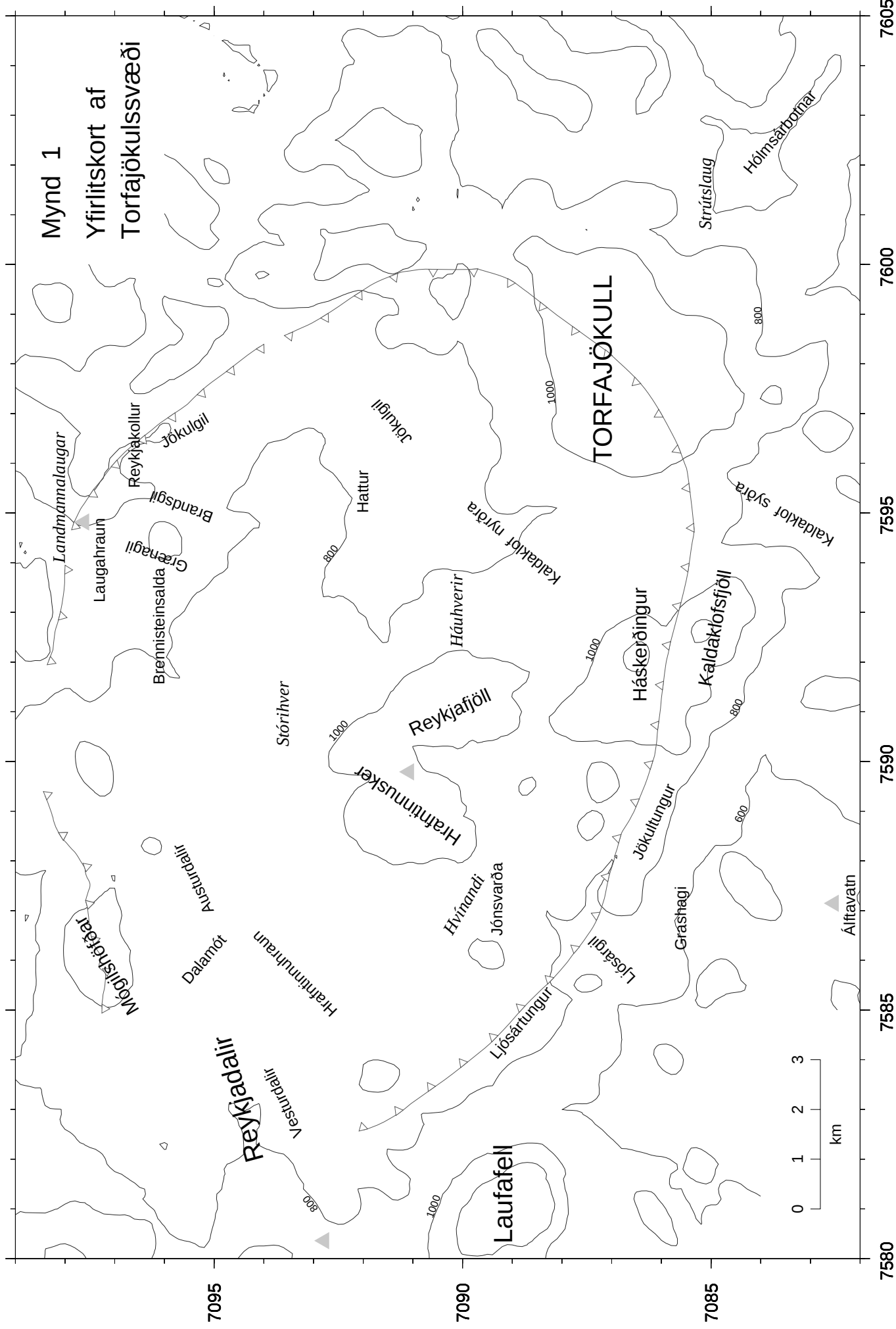
Árið 1992 var ýtt úr vör samvinnuverkefni Orkustofnunar og orkufyrirtækja, og fékk það heitið „Rannsókn jarðhita til raforkuvinnslu“ (Valgarður Stefánsson, 1992). Verkefnið var margþætt, en eitt markmiða var að gera yfirborðsrannsókn á öllu Torfajökulsvæðinu. Jarðfræði svæðisins skyldi kortlögð, svo og útbreiðsla jarðhita, en viðnám í jörðu mælt með TEM-aðferð, sem svo er nefnd. Loks skyldi efnasamsetning gufu og vatns úr hverum og laugum rannsökuð. Skýrsla sú sem hér birtist fjallar einmitt um árangur téðra efnarannsókna, söfnun sýna og niðurstöður efnagreininga.

Fimm sinnum var farið um svæðið til þess að safna sýnum af gufu og vatni, í september árin 1994, 1995, 1996 og 1997, og loks síðla í október 1997. Tökustaðir gufusýna urðu alls 41, en vatnssýna 21, og eru þá meðtalin þrjú sýni af snjó og köldu vatni, sem einungis voru ætluð til samsætugreininga. Þótt reynt hafi verið að ná sýnum sem víðast í Torfajökli, gefur augaleið, að hér er um rýrt úrtak jarðhitastaða að ræða, því svæðið er víðáttumikið og fjöldi gufuaugna og hvera þar gríðarlegur. Æskilegast hefði verið að safna margfalt fleiri sýnum og efnagreina, en þess var enginn kostur.

Aðferðum við söfnun og greiningu gufusýna hefur farið mjög fram á fáum árum. Ýmis búnaður er orðinn léttari og handhægari en áður, og gasgreiningar taka nú skemmri tíma en fyrr. Söfnun og greining fáeinna hundraða gufusýna ættu því að verða viðráðanlegt verk ef áhugi reynist fyrir slíku þegar fram líða stundir.

Í kaflanum hér á eftir er rannsóknarsvæðinu og jarðhitastöðum þar stuttlega lýst. Í þriðja kafla segir frá söfnun sýna og sýnatökustöðum, og tæpt er á aðferðum við töku gufusýna. Í fjórða kafla eru staðarákvörðunum gerð skil. Í fimmta kafla eru lagðar fram niðurstöður efnagreininga á gufu, og skiptist hann í fernt. Í fyrsta hlutanum er gerð grein fyrir gasstyrk í gufu, sá næsti fjallar um hlutföll lofttegunda og gashita, hinn þriðji um önnur efni í gufu en gas, og sá fjórði um samsætu hlutföll. Í sjötta kafla er að finna niðurstöður vatnsgreininga, og skiptist hann í þrennt. Fyrst segir frá efnastyrk og efnahitamælum, þá eru nokkur steindajafnvægi reifuð, og loks eru samsætu hlutföllum gerð skil. Í síðasta kafla er rætt um hvaða ályktanir megi helstar draga af þessum rannsóknum. Hnit sýnatökustaða er að finna í Viðauka A, en lýsingu staðanna í Viðauka B.

Mynd 1  
Yfirlitskort af  
Torfajökulssvæði



## 2 RANNSÓKNARSVÆÐI

Jarðhitinn í Torfajökli teygir sig yfir víðáttumikið svæði. Laugar og hverir af ýmsu tagi er að finna allt norðan frá Landmannalaugum suður að Álftavatni, og vestan frá Laufafelli austur í Hólmsárbotna. Yfirlitskortið á mynd 1 sýnir helstu kennileiti og þekktustu örnefni á þessu svæði. Kortið er í kvarða 1:100.000, með þverstæðri Mercatorvörpun (UTM) og Hjørsey 1955 hnattstöðuákvörðun. Eining merkinga á ásum er km, en hæðarlínur eru sýndar með 200 m bili. Öll önnur kort í skýrslu þessari eru í kvarða 1:200.000, en að öðru leyti eins, með sömu vörpun, viðmiðun, ásaeyningu og hæðarlínum. Tennti ferillinn á kortunum táknar brún Torfajökulsöskjunnar, en jarðfræðingar Orkustofnunar, þeir Guðmundur Ómar Friðleifsson og Kristján Sæmundsson (1999), hafa ákvarðað legu hennar. Skálar Ferðafélags Íslands í Landmannalaugum, í Hrafninnuskeri og við Álftavatn eru sýndir með gráum þríhyrningum, svo og Dalakofinn, en svo nefnist skáli í einkaeign við Markarfljót, norðan Laufafells.

Örnefni á þessum slóðum eru fremur strjál, enda áttu fáir þarna leið um þar til komið var nokkuð fram á 20. öld. Helsta ritaða heimild um örnefni á þessu svæði er grein Guðmundar Árnasonar (1928), „Örnefni á Landmannaafretti“, sem birtist í Árbók Hins íslenska fornleifafélags, en jarðhitasvæðið er á Landmannaafretti, allt nema allra syðsti hlutinn. Í grein Ingólfs Einarssonar (1987) um Landmannaafrett er einnig ýmsan fróðleik að finna. Þá skal bent á Árbækur Ferðafélags Íslands 1933, 1940, 1945 og 1976.

Aðeins örfá nöfn hvera og lauga á svæðinu virðast hafa unnið sér hefðarrétt. Þau eru: Landmannalaugar, Strútslaug, Hrótslaug, Stórihver og Hvínandi, og svo samheitið Háuhverir. Fáein önnur nöfn er að finna í doktorsritgerð Stefáns Arnórssonar (1969), en þau munu frá honum komin og sýnast ekki hafa náð útbreiðslu. Nafnið Hvínandi, sem Guðmundur í Múla minnst á, virðist fremur lítt þekkt, enda ekki að sjá að það hafi komist á landabréf. Hverinn sjálfur er samt mörgum kunnur, enda sést hann og heyrir langt að. Raunar staðsetur Guðmundur hverinn ekki nákvæmlega í grein sinni, en Olgeir Engilbertsson í Nefsholti í Holtahreppi hefur í símtali við annan höfunda (JÖB, 9. mars 1999) staðfest, að þetta sé einmitt hinn geysiöflugi og háværi hver, sem svo auðfundinn er líðlega 100 m norðan Jónsvörðu. Nafnið Hvínandi er á skrá um leiðréttingar og viðbætur við örnefni á kortum, sem Olgeir tók saman að beiðni Landmælinga Íslands. Standa því vonir til þess að Hvínandi komist loks á landabréf, enda sannarlega þess verður.

Í skýrslu þessari verður hefðbundnum örnefnum að sjálfsögðu fylgt eftir því sem unnt er. Frá þessari reglu verður þó eilítið að víkja með nafnið Kaldaklof, en svo heitir botninn þaðan sem rennur syðsta og vestasta upptakakvísl Jökulgilskvísarinnar. Svo nefnist einnig dalur sem gengur inn í hálendið upp frá Mælifellssandi, en á þeim slóðum eru einmitt Kaldaklofsfjöll, og Kaldaklofsjökull litlu vestar. Til aðgreiningar höfum við nefnt dalinn Kaldaklof syðra, en botninn í Jökulgilinu Kaldaklof nyrðra. Þessi auknefni helgast af vilja til að forðast rugling, en eiga sér enga stoð í hefð.

Jökulgil eru raunar einnig tvö á svæðinu, en hið syðra, sem fellur um Jökultungur til Ljósárgils, verður ekki frekar til umræðu hér.

Hverir og laugar í Torfajökli bera ekki nöfn, með þeim örfáu undantekningum sem getið hefur verið. Því brugðu höfundar á það ráð að gefa þessum stöðum heiti. Þau eru fyrst og fremst hugsuð sem vinnuheiti til þess að auðvelda umræðu, og er ekki endilega ætlað lengra líf. Hvort tveggja er, að flestir þessara jarðhitastaða skera sig

ekki svo mjög frá öðrum slíkum á svæðinu að þeir verðskuldi sérstök örnefni, og svo hitt, að einstök gufuaugu eru oft fremur skammlíf fyrirbæri.

Gríðarmikil hitavirkni er í Torfajökli, en miklu munar frá einum stað til annars hversu áberandi hitamerki eru á yfirborði. Við Hrafninnusker að sunnan- og vestanverðu er feiknamikill yfirborðsjarðhiti, en geysimikil ummerki jarðhita eru einnig á svæðinu skammt vestan íshettu Torfajökuls og norðan Háskerðings, upp af Kaldaklofi nyrðra. Þá er mikil virkni í Reykjadölum, einkum í Vesturdölum, svo og í Háuhverum austan í Reykjafjöllum. Loks má nefna nágrenni Landmannalauga. Minni jarðhitabletti er víða að sjá, sem þættu þó myndarlegir væru þeir á öðrum jarðhitasvæðum. Í Torfajökli er samt einnig að finna nokkrar stórar spildur, þar sem jarðhita á yfirborði er ekki að sjá. Má þar nefna svæði sunnan til í Reykjafjöllum, Hrafninnuhraun og hæðirnar suðvestur af því, svo og svæði norðvestur af Hatti, milli Jökulgils og Stórahvers.

Nýlegt kort Guðmundar Ómars Friðleifssonar og Kristjáns Sæmundssonar (1999) gefur glöggt yfirlit um útbreiðslu jarðhita og ummyndunar í Torfajökli. Kortið er í mælikvarða 1:40.000, en væntanleg eru fjögur blöð af þessu svæði í kvarðanum 1:20.000.

Ásýnd jarðhitans í Torfajökli er afar fjölbreytileg. Víða getur að líta stórar skellur af leir og ummynduðu bergi, sumar ljósar en aðrar litríkar, en annars staðar er ummyndun hulin þunnri fokmold. Fulltrúa allra helstu tegunda hvera og lauga má finna á svæðinu, stundum að kalla á sama blettinum.

Gufuaugu eru fleiri en tölu verði á komið, og gufuhverir fjölmargir. Þorra þeirra er að finna í 850–1000 m hæð yfir sjó, ef frá eru talin gufuaugun í nágrenni Landmannalauga, en þau eru í 600–700 m hæð. Greinarmunur sá sem hér verður gerður á gufuaugum og gufuhverum er fremur handahófskenndur, en útbreidd málvenja mun það vera að kalla öflugustu augun gufuhveri. Auk þess að vera meiri en önnur augu, eru gufuhverirnir gjarnan blautari og sjást oft langt að. Þá eru þeir tíðast í urð, en öflugt gufuútspreymi í jarðvegi myndi væntanlega fljótt breytast í sjóðandi vatnshver eða forarpytt.

Sjóðandi vatnshverir af því tagi eru margir á jarðhitasvæðinu, ljótir og gruggugir að sjá. Suða í þeim er oft mjög áköf, en frárennsli yfirleitt lítið. Þeir eru flestir mjög súrir og bera það með sér að vera gufuhitaðir þéttivatnspyttir. Skyldir þessum eru leirhverir, en streymi gufu að þeim síðarnefndu er augljóslega minna því forin í þeim er mun þykkari.

Pönnur eru allvíða, en svo kallast örgrunnir pollar, oftast aðeins fáeinir cm á dýpt, sem jafnt og fínlega kraumar í. Slíkar pönnur geta náð nokkrum m að þvermáli, en flestar eru miklu minni.

Ölkeldur finnast allmargar, og eru sumar þeirra stórar og vatnsmiklar. Flestar ölkeldurnar eru sunnan til á svæðinu, en á þeim slóðum hefur styrkur koldíoxíðs í gufuaugum einmitt einnig mælst mestur.

Tæra vatnshveri og laugar er helst að finna við jaðra jarðhitasvæðisins, neðan við brún Torfajökulshálendisins, í u.þ.b. 600 m hæð yfir sjó. Nokkra slíka má þó einnig sjá rétt vestan Hrafninnuskers, í 950 m hæð, en snjóbráð úr jöklinum sér þeim væntanlega fyrir vatni. Annars staðar er lítið um tæra hver og laugar. Í þessari skýrslu verður fylgt þeirri venju að flokka heitar uppsprettur sem laugar ef hiti er neðan 80 °C, en sem hver eða ella.

### 3 SÖFNUN SÝNA

Sýnum af gufu og vatni til efnagreininga var safnað í fimm ferðum á fjórum árum, svo sem fyrr er getið. Alls náðust 68 sýni af ýmsu tagi.

Skrá um þessi sýni, í tímaröð, er að finna í töflu 1. Í fyrsta dálki er nafn staðar þar sem sýni var tekið. Eins og þegar hefur verið dregið á, er þorri þessara staðarnafna kominn frá höfundum þeirrar skýrslu sem hér birtist, en aðeins örfá helgast af hefð. Í öðrum dálki töflunnar er tilgreint hvar á Torfajökulssvæðinu þessa staði sé að finna, en um örnefni þar vísast til kortsins á mynd 1. Í þriðja dálki kemur fram um hvers konar stað sé að ræða, og í fjórða dálki er skráningarnúmer sýnis á efnafræðistofu Orkustofnunar. Í fimmta dálki segir hvenær sýni var tekið, en eðli þess er tilgreint í þeim sjötta. Athugasemdir eru í síðasta dálki, þar sem við á.

Lýsingar allra sýnatökustaða er að finna í viðauka B.

Sýni úr gufuaugum og -hverum urðu samtals 45. Úr Hvínanda voru tvisvar tekin sýni, haustið 1995 og aftur 1997. Til þessarar endurtekningar lágu tvær ástæður. Í fyrsta lagi hefur nefndur gufuhver verið geysiöflugur mjög lengi, og má því telja líklegt, að hann sé fremur stöðugt fyrirbæri. Gæti hann því e.t.v. gefið vísbendingar um eðlilegar breytingar í jarðhitakerfinu, ef einhverjar eru. Væri þannig ekki fráleitt að hugsa sér, að sýni yrðu tekin reglulega úr Hvínanda framvegis. En í annan stað þótti miklu varða fyrir verkefni það sem hér er til umræðu, að efnasamsetning gufu úr hvernum væri sem best þekkt, því Hvínandi skilar efalítið stórum hluta þeirrar gufu sem upp kemur við Hrafninnusker.

Illa gekk að greina gas í þremur sýnum sem tekin voru haustið 1995, og þóttu niðurstöður ekki trúverðugar. Þessi sýni voru úr Gullauga, úr Mosþúfu og af Hvítu pönnunni. Lútarlausnin, sem koldíoxíð og brennisteinsvetni safnast í við gufusýnatöku, hljóp í köggul, enda styrkur gass í gufu þarna firnamikill. Af þessum sökum voru aftur tekin gufusýni til gasgreiningar á téðum stöðum haustið 1997, og tókst greining þá vel. Ekki voru tekin ný sýni til greininga á öðrum efnum í gufu frá þessum stöðum, svo sem bór og kvikasílfri, enda ekkert út á greiningar þeirra efna í eldri sýnunum að setja.

Nothæf gufusýni urðu þannig 42 að tölu, en tökustaðir einum færri, og eru þeir sýndir sem rauðir hringir á kortinu á mynd 2. Þrír síðustu stafir sýnanúmera auðkenna hringina.

Af vatni voru tekin 23 sýni alls. Þrettán voru heilsýni úr laugum eða vatnshverum, þar af tvö úr sjóðandi „forarpyttum“, og einu heilsýni var safnað úr ölkeldu. Þrjú hlutsýni voru tekin úr laugum, en eitt úr köldum læk. Til samsætugreininga eingöngu fengust þrjú sýni, eitt úr stórri fönn, en tvö úr lækjum. Loks voru tekin tvö staðfestingarsýni, annað af þéttivatnspönnu til samsætugreininga, en hitt úr sjóðandi forarpytt til endurákvörðunar kvikasílfurs. Ekki verður gerð sérstök grein fyrir þeim síðasttöldu í umfjöllun hér á eftir, og mega vatnssýnin því í raun teljast 21. Tökustaðir þeirra eru sýndir sem bláir ferningar á kortinu á mynd 3, og ferningarnir merktir með þremur síðustu stöfum sýnanúmera.

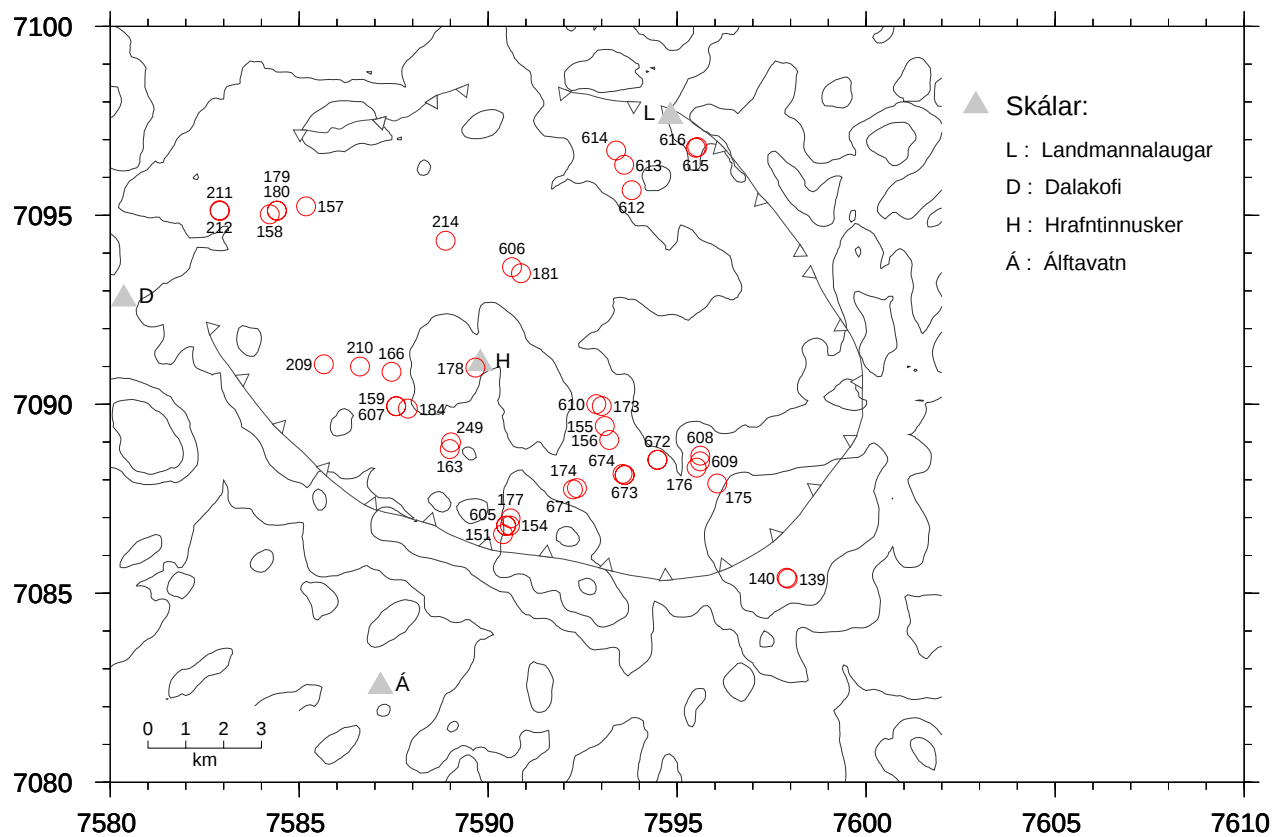
Sýni voru tekin með stöðluðum aðferðum, eins og venja er til á efnafræðistofu Orkustofnunar, en þessum aðferðum hefur verið lýst í skýrslu (Magnús Ólafsson, 1987).

Tafla 1. Efnaýsni og sýnatökustaðir í Torfajökli. Framhald á næstu blaðsíðu.

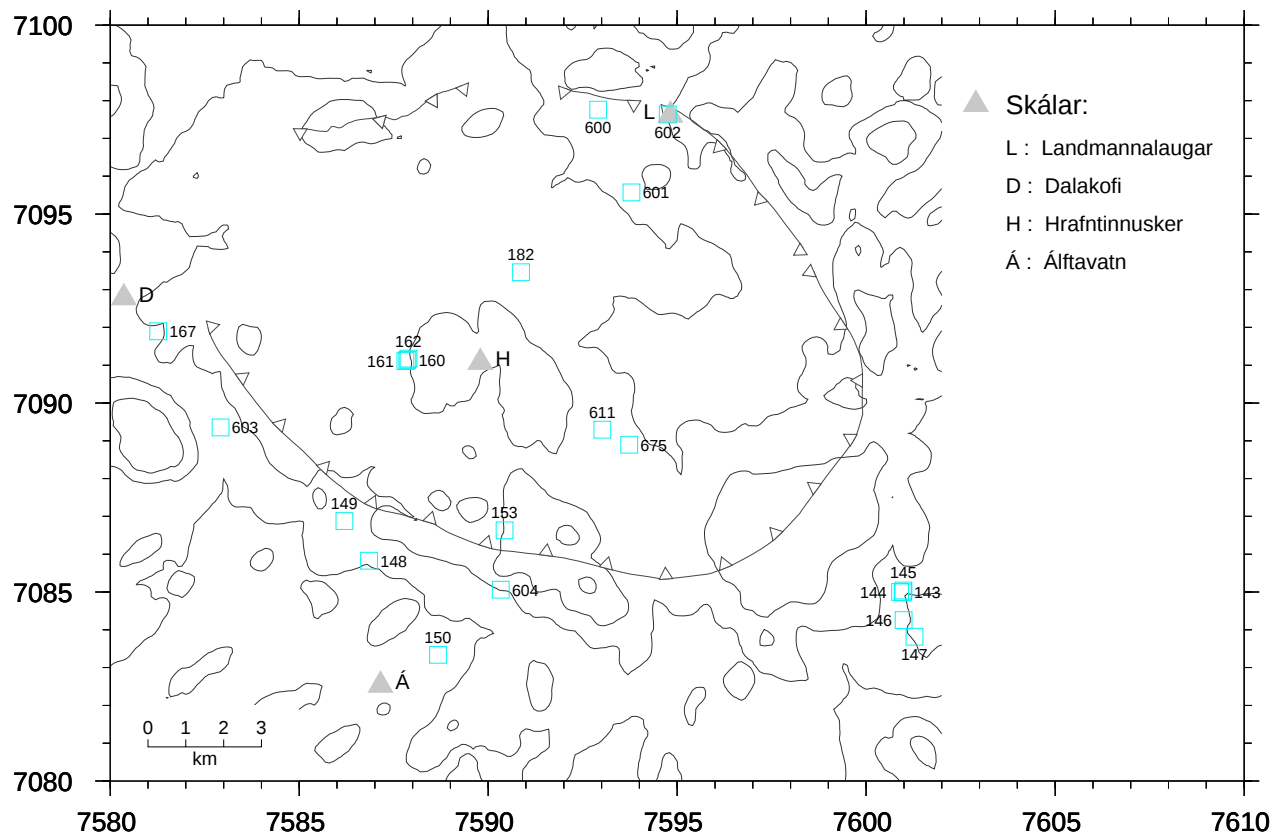
| Staðarheiti                      | Svæði                    | Tegund staðar | Sýni nr.  | Dags.      | Tegund sýnis | Aths.             |
|----------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|------------|--------------|-------------------|
| Lækjarbakki                      | Háuhverir                | Gufuauga      | 1994-0173 | 1994-09-09 | Gufa         |                   |
| Suðusíkið stóra                  | Norðan Háskerðings       | Gufuauga      | 1994-0174 | 1994-09-10 | Gufa         |                   |
| Ginnungagap                      | Vestan Torfajökuls       | Gufuauga      | 1994-0175 | 1994-09-11 | Gufa         |                   |
| Auga í Limbrekku                 | Vestan Torfajökuls       | Gufuauga      | 1994-0176 | 1994-09-11 | Gufa         |                   |
| Auga austan Skeifugamar          | Vestan Háskerðings       | Gufuauga      | 1994-0177 | 1994-09-12 | Gufa         |                   |
| Skálagilshver                    | Austan Hrafninnuskers    | Gufuhver      | 1994-0178 | 1994-09-12 | Gufa         |                   |
| Fífuhvammur, panna               | Reykjadalir              | Panna         | 1994-0179 | 1994-09-13 | Gufa         |                   |
| Fífuhvammur, auga                | Reykjadalir              | Gufuauga      | 1994-0180 | 1994-09-13 | Gufa         |                   |
| Kjallari við Laugaveg, auga      | Við Stórahver            | Gufuauga      | 1994-0181 | 1994-09-14 | Gufa         |                   |
| Kjallari við Laugaveg, vatnshver | Við Stórahver            | Vatnshver     | 1994-0182 | 1994-09-14 | Vatn         | Hiti 98,1°C       |
| Postulínsgil                     | Suðvestan Hrafninnuskers | Gufuauga      | 1994-0184 | 1994-09-15 | Gufa         |                   |
| Auga undir hvolfþaki             | Sunnan Torfajökuls       | Gufuauga      | 1995-0139 | 1995-09-08 | Gufa         |                   |
| Vindauga                         | Sunnan Torfajökuls       | Gufuhver      | 1995-0140 | 1995-09-08 | Gufa         |                   |
| Gullauga                         | Kaldaklof nyrðra         | Gufuauga      | 1995-0141 | 1995-09-09 | Gufa         |                   |
| Mosþúfa                          | Kaldaklof nyrðra         | Gufuauga      | 1995-0142 | 1995-09-09 | Gufa         |                   |
| Strútslaug                       | Hólmsárbotnar            | Laug          | 1995-0143 | 1995-09-11 | Vatn og gas  | Hiti 69,5°C       |
| Lækur vestan Strútslaugar        | Hólmsárbotnar            | Kalt vatn     | 1995-0144 | 1995-09-11 | Vatn         |                   |
| Stórasteinslaug                  | Hólmsárbotnar            | Laug          | 1995-0145 | 1995-09-11 | Vatn         |                   |
| Miðlaug                          | Hólmsárbotnar            | Laug          | 1995-0146 | 1995-09-11 | Vatn         |                   |
| Hrútslaug                        | Hólmsárbotnar            | Volgra        | 1995-0147 | 1995-09-11 | Vatn         |                   |
| Grashagahver                     | Grashagi                 | Vatnshver     | 1995-0148 | 1995-09-13 | Vatn         | Hiti 98,7°C       |
| Hæruskeggur                      | Ljósárgil                | Vatnshver     | 1995-0149 | 1995-09-13 | Vatn         | Hiti 82,0°C       |
| Brathálskvíslarker               | Austan Áltavatns         | Laug          | 1995-0150 | 1995-09-13 | Vatn         | Hiti 40,0°C       |
| Auga Kolbrúnar                   | Vestan Háskerðings       | Gufuauga      | 1995-0151 | 1995-09-14 | Gufa         |                   |
| Hvíta panna                      | Vestan Háskerðings       | Panna         | 1995-0152 | 1995-09-14 | Gufa         |                   |
| Fönn hjá Kolbrúnu                | Vestan Háskerðings       | Fönn          | 1995-0153 | 1995-09-14 | Vatn         | Samsætur eingöngu |
| Auga í Ljósubrekku               | Vestan Háskerðings       | Gufuhver      | 1995-0154 | 1995-09-14 | Gufa         |                   |
| Rautt og svart                   | Háuhverir                | Gufuauga      | 1995-0155 | 1995-09-15 | Gufa         |                   |
| Eimreið                          | Háuhverir                | Gufuhver      | 1995-0156 | 1995-09-15 | Gufa         |                   |
| Kringill                         | Reykjadalir              | Gufuauga      | 1995-0157 | 1995-09-17 | Gufa         |                   |
| Gilbúi                           | Reykjadalir              | Gufuhver      | 1995-0158 | 1995-09-17 | Gufa         |                   |
| Hvínandi                         | Suðvestan Hrafninnuskers | Gufuhver      | 1995-0159 | 1995-09-18 | Gufa         | Hiti 78,0°C       |
| Langþráða                        | Vestan Hrafninnuskers    | Laug          | 1995-0160 | 1995-09-18 | Vatn         | Hiti 96,5°C       |
| Steingráni                       | Vestan Hrafninnuskers    | Vatnshver     | 1995-0161 | 1995-09-18 | Vatn         |                   |

Tafla 1. Efnasýni og sýnatökustaðir í Torfajökli. Framhald af fyrri blaðsíðu.

| Staðarheiti           | Svæði                    | Tegund staðar | Sýni nr.  | Dags.      | Tegund sýnis | Aths.                  |
|-----------------------|--------------------------|---------------|-----------|------------|--------------|------------------------|
| Rauðhadda             | Vestan Hrafninnuskers    | Laug          | 1995-0162 | 1995-09-18 | Vatn         | Hiti 74,0°C            |
| Glókollur             | Sunnan Hrafninnuskers    | Gufuauga      | 1995-0163 | 1995-09-19 | Gufa         |                        |
| Belgingur             | Vestan Hrafninnuskers    | Gufuhver      | 1995-0166 | 1995-09-19 | Gufa         |                        |
| Mannætan svarta       | Reykjadalir              | Vatnshver     | 1995-0167 | 1995-09-20 | Vatn         | Hiti 98,0°C            |
| Glóðarauga            | Vestan Hrafninnuskers    | Gufuauga      | 1996-0209 | 1996-09-11 | Gufa         |                        |
| Jármbraut             | Vestan Hrafninnuskers    | Gufuauga      | 1996-0210 | 1996-09-11 | Gufa         |                        |
| Hallinkjammi          | Reykjadalir              | Gufuauga      | 1996-0211 | 1996-09-12 | Gufa         |                        |
| Stallpanna            | Reykjadalir              | Panna         | 1996-0212 | 1996-09-12 | Gufa         |                        |
| Fífuhammur, panna     | Reykjadalir              | Panna         | 1996-0213 | 1996-09-12 | Vatn         | Samsætur eingöngu      |
| Grasker               | Reykjadalir              | Panna         | 1996-0214 | 1996-09-13 | Gufa         |                        |
| Mannætan svarta       | Reykjadalir              | Vatnshver     | 1996-0215 | 1996-09-15 | Vatn         | Kvikasilfur endurtekið |
| Gilkollur             | Sunnan Hrafninnuskers    | Gufuauga      | 1996-0249 | 1996-09-15 | Gufa         |                        |
| Eyrarhver             | Vestan Laugahrauns       | Vatnshver     | 1997-0600 | 1997-09-06 | Vatn         | Hiti 98,4°C            |
| Sóðbolli              | Grænagil                 | Vatnshver     | 1997-0601 | 1997-09-06 | Vatn         | Hiti 100,0°C           |
| Landmannalaugar       | Landmannalaugar          | Laug          | 1997-0602 | 1997-09-07 | Vatn         | Hiti 77,2°C            |
| Laufafjarki           | Ljósfartungur            | Vatnshver     | 1997-0603 | 1997-09-07 | Vatn         | Hiti 91,8°C            |
| Ölstallur             | Jökultungur              | Ölkelda       | 1997-0604 | 1997-09-08 | Vatn og gas  | Hiti 23,8°C            |
| Hvíta panna           | Vestan Háskerðings       | Panna         | 1997-0605 | 1997-09-08 | Gufa         | Endurtekið sýni        |
| Rauðablástur          | Við Stórahver            | Gufuhver      | 1997-0606 | 1997-09-10 | Gufa         |                        |
| Hvínandi              | Suðvestan Hrafninnuskers | Gufuhver      | 1997-0607 | 1997-09-11 | Gufa         | Endurtekið sýni        |
| Auga á Vöglum         | Vestan Torfajökuls       | Gufuauga      | 1997-0608 | 1997-09-12 | Gufa         |                        |
| Grábjarnargin         | Vestan Torfajökuls       | Gufuhver      | 1997-0609 | 1997-09-12 | Gufa         |                        |
| Fílsauga              | Háuhverir                | Gufuauga      | 1997-0610 | 1997-09-13 | Gufa         |                        |
| Lækur sunnan Háuhvera | Háuhverir                | Kalt vatn     | 1997-0611 | 1997-09-13 | Vatn         | Samsætur eingöngu      |
| Silfurker             | Grænagil                 | Gufuauga      | 1997-0612 | 1997-09-14 | Gufa         |                        |
| Brúnaþung             | Grænagil                 | Gufuauga      | 1997-0613 | 1997-09-14 | Gufa         |                        |
| Urðargeil             | Brennisteinsalda         | Gufuauga      | 1997-0614 | 1997-09-14 | Gufa         |                        |
| Gullinglyrna          | Reykjakollur             | Gufuauga      | 1997-0615 | 1997-09-16 | Gufa         |                        |
| Branda                | Reykjakollur             | Gufuauga      | 1997-0616 | 1997-09-16 | Gufa         |                        |
| Gullbrá               | Norðan Háskerðings       | Gufuauga      | 1997-0671 | 1997-10-22 | Gufa         |                        |
| Mospúfa               | Kaldaklof nyrðra         | Gufuauga      | 1997-0672 | 1997-10-23 | Gufa         | Endurtekið sýni        |
| Gullauga              | Kaldaklof nyrðra         | Gufuauga      | 1997-0673 | 1997-10-23 | Gufa         | Endurtekið sýni        |
| Brekkubúi             | Kaldaklof nyrðra         | Gufuauga      | 1997-0674 | 1997-10-23 | Gufa         |                        |
| Á í Kaldaklofi        | Kaldaklof nyrðra         | Kalt vatn     | 1997-0675 | 1997-10-23 | Vatn         | Samsætur eingöngu      |



Mynd 2. Tökustaðir gufusýna í Torfajökli



Mynd 3. Tökustaðir vatnssýna í Torfajökli

Síðan hún birtist hafa aðferðir við söfnun vatnssýna haldist óbreyttar að kalla. Aðferðir til töku sýna af gufu hafa hins vegar þróast nokkuð, og er þar einkum tvennt sem vert er að nefna.

Lengst af var eftirfarandi háttur hafður á þegar gufusýnum var safnað. Gufan var kæld og sýni tekin af hvoru tveggja, gasi og þéttivatni, en hvoru í sínu lagi. Við þéttingu gufunnar leystist nokkuð af súru lofttegundunum, koldíoxíði og brennsteinsvetni, upp í þéttivatninu, og röskuðust því innbyrðis hlutföll lofttegunda í gasfasanum. Við þessu var séð með því að safna gufu í enn eitt ílát, lofttæmda flösku með lögg af rammri vítissóðalausn. Styrk súru lofttegundanna, sem bundnar voru í lútnum, mátti síðan ákvarða með títrun, og fannst þannig heildarstyrkur þeirra í gufu. Með því að bera þennan styrk saman við styrk í þéttivatni, sem einnig var mældur með títrun, og við samsetningu gasfasa yfir þéttivatni, sem fundin var með gasgreini, mátti loks reikna heildarstyrk allra lofttegunda í gufu.

Gufusýnum var safnað haustið 1994 með þeirri aðferð sem að ofan er lýst. Haustið 1995 varð hins vegar breyting á. Þá höfðu verið teknar í not nýjar flöskur til gufusöfnunar, mjög haglega gerðar, og hafa verið notaðar síðan. Flöskur þessar eru lofttæmdar með lögg af lútarlausn, sem bindur súru lofttegundirnar eins og áður. Ósúru lofttegundirnar, sem torleystar eru í lút, fljóta ofan á og mynda bólu í flöskunni. Við greiningu er gas úr bólunni dregið ofan af lútarglundrinu og fært inn á gasgreini með þar til gerðum búnaði (Fahlquist og Janik, 1992). Á þennan hátt má ákvarða styrk allra lofttegunda í gufu með sýni úr sama íláti.

Þessi aðferð hefur ýmsa kosti fram yfir hina eldri. Sýnataka er mun fljótlegri en áður því aðeins þarf að safna gufu í eitt ílát í stað þriggja, en söfnun þéttivatns með eldri aðferðinni tók oft drjúga stund ef þrýstingur á gufunni var lítill og streymi tregt. Þá sparast vinna við efnagreiningar því ekki þarf að greina þéttivatn sérstaklega. En mestu varðar þó, að nákvæmni nýju aðferðarinnar er mun meiri en hinnar eldri og óvissa minni.

Önnur nýjung er sú að leiða gufu frá auga að flösku með títanrörum sem eru þumlungur í þvermál. Þessi rör eru afar létt og meðfærileg, og streymi um þau greitt. Áður voru notuð grönn rör úr ryðfríu stáli, og voru þau miklu síðri. Með títanrörunum varð auðvelt að ná sýnum úr öflugum gufuhverum, en það hafði verið vandkvæðum bundið með stálrörunum, sem erfitt var að hemja í miklum blæstri.

Úr gufuaugum voru tekin sýni til greiningar lofttegundanna koldíoxíðs, brennisteinsvetnis, vetnis, metans, köfnunarefnis og argons. Í sýnunum frá 1994, sem tekin voru með eldri aðferðinni, var þó ekki mælt argon. Í gufusýnum var einnig greint klóríð, súlfat, kvikasilfur, natríum og bór. Þá voru samsætuhlutföll súrefnis og vetnis ákvörðuð.

Í heilsýnum af vatni var mældur styrkur kísils, bórs, líþíums, natríums, kalíums, magnesíums, kalsíums, flúoríðs, klóríðs, brómíðs, súlfats, áls, járns, mangans og kvikasilfurs. Þá var heildarstyrkur karbónats og súlfíðs fundinn, svo og heildarstyrkur uppleystra efna, og sýrustig og rafleiðni mæld. Í þremur hlutsýnum vatns úr laugum var aðeins mældur styrkur átta efna, en styrkur sex efna í einu sýni af köldu vatni. Samsætuhlutföll vetnis og súrefnis voru þó ákvörðuð í öllum sýnum. Sérstök sýni voru tekin til greiningar á gasi því sem bólar upp með vatni í Strútslaug og á Ölstalli.

## 4 STAÐARÁKVARÐANIR

Sýni voru tekin á samtals 62 mismunandi stöðum. Hnattstaða þeirra var ákvörðuð með GPS viðtæki, en staðarviti þessi, sem nemur merki frá gervitunglum, var tengdur búnaði til að taka við leiðréttingum frá strandstöðvum. Fengust þannig mun nákvæmari staðarákvarðanir en ella, svokallaðar DGPS mælingar. Hér verður undan að skilja Læk sunnan Háuhvera, en þar var mælt án leiðréttingar, enda ekki talin þörf nákvæmari ákvörðunar á tökustað sýnis af rennandi vatni. Staðsetning Fannar Kolbrúnar var fundin með því að stika fjarlægð frá Auga Kolbrúnar og Hvítu pönnunni og mæla stefnur með áttavita.

Staðarákvörðunum var safnað á 30 sekúndna fresti, og fengust þannig oftast 40 eða 50 mæligildi á hverjum stað, en stundum færri. Af þessum gildum var reiknað meðaltal og staðalfrávik. Í því sem hér fer á eftir verður átt við þessi meðaltöl flatarhnita og hæða þegar rætt er um staðsetningar. Við Glókoll náðist raunar aðeins ein mæling með leiðréttingu, enda skilyrði afar slæm þann dag.

Staðarmælingar voru allar gerðar í hnatthnitum með WGS-84 viðmiðun, og skráðar voru hæðir yfir samsvarandi sporvölu. Hæð yfir sjó var fundin út frá sporvöluhæð með forriti Gunnars Þorbergssonar í Orkustofnun, *ell2ele*. Til hægðarauka var hnitum allra staða síðan varpað úr WGS-84 yfir í önnur kerfi með öðru forriti Gunnars, *transco*.

Tafla A-1 í viðauka A sýnir hnit allra sýnatökustaða með WGS-84 hnattstöðuviðmiðun. Fyrst eru hnatthnit, í gráðum breiddar og lengdar, þá hæð yfir WGS-84 sporvölu og hæð yfir sjó. Næst eru hnit með þverstæðri Mercator vörpun (UTM) og loks Lambert sniðkeiluhnit. Hin síðastnefndu eru raunar með ISNET93 hnattstöðuákvörðun, en sú nákvæmni sem hér er unnið með gefur fráleitt ástæðu til að gera þar greinarmun á. Aftast í töflu A-1 eru staðalfrávik breiddar, lengdar og hæðar í metrum talin, svo og fjöldi mæligilda á hverjum stað.

Staðalfrávik staðarákvörðunar er mælikvarði á óvissu í einstakri mælingu. Staðalskekkja, sem er hlutfallslega minni en staðalfrávik sem nemur kvaðratrót af fjölda mælinga, er mælikvarði á óvissu meðaltals. Í þessum staðarákvörðunum er staðalskekkja breiddar og lengdar, hvorrar um sig, oftast minni en fet eða svo, og staðalskekkja geisla þá minni en hálfur metri. Sé mið tekið af 95% vissumörkum má segja að nákvæmni langflestra staðsetninga sé betri en einn metri. Óvissa hæðarákvarðana er u.þ.b. tvöfalt meiri, eins og ævinlega í GPS mælingum. Staðfesting á þessari nákvæmni fékkst með því að GPS mæla þrjú fastmerki í nágrenni Torfajökulssvæðis, tvö merkt Landmælingum Íslands en eitt Orkustofnun, og bera niðurstöður saman við áður mæld hnit, fengin frá Gunnari Þorbergssyni.

Við Glókoll náðist aðeins ein leiðrétt mæling, eins og fyrr segir. Engu að síður ætti nákvæmni þeirrar ákvörðunar ekki að vera lakari en 5 m eða svo. Staðsetningu Fannar Kolbrúnar ætti ekki að skeika um meira en 25 m, en óvissa í staðarákvörðun Lækjar sunnan Háuhvera er væntanlega á bilinu 50–100 m.

Tafla A-2 sýnir aftur hnit sömu staða og tafla A-1, en nú með Hjörsey 1955 hnattstöðuákvörðun. Fyrst eru hnatthnit í gráðum breiddar og lengdar, þá UTM hnit og loks Lambert snertikeiluhnit.

## 5 EFNI Í GUFU

### 5.1 Styrkur gass í gufu

Styrkur koldíoxíðs ( $\text{CO}_2$ ), brennisteinsvetnis ( $\text{H}_2\text{S}$ ), vetnis ( $\text{H}_2$ ), metans ( $\text{CH}_4$ ), köfnunarefnis ( $\text{N}_2$ ), súrefnis ( $\text{O}_2$ ) og argons (Ar) var ákvarðaður í öllum gufusýnum, að vísu með þeirri undantekningu, að í sýnum þeim sem tekin voru haustið 1994 var styrkur argons ekki mældur sérstaklega heldur talinn með súrefni. Niðurstöður þessara greininga eru skráðar í töflu 2. Í fyrri gagnadálkum töflunnar eru vergar tölur, og er þá meðtalið súrefni, en það fellur til vegna mengunar andrúmslofts. Slík mengun getur orðið hvort heldur við sýnatöku eða greiningu, ellegar þá í rás gufuaugans. Áhrif nýrrar aðferðar við töku gufusýna má glögggt greina í styrk súrefnis, en í þorra sýna sem safnað var 1995 og síðar reyndist hann svo lítill að hann mældist ekki. Í seinni dálkum töflu 2 hafa niðurstöður verið leiðréttar fyrir mengun andrúmslofts, þannig að styrkur súrefnis hefur verið dreginn frá og svo mikið köfnunarefni og argon sem samsvarar hlutfalli þessara lofttegunda í andrúmslofti.

Í töflu 3 er einnig að finna tölur um efnasamsetningu gufusýna. Fyrri gagnadálkar töflunnar eru samhljóða seinni dálkum töflu 2 og sýna leiðréttu efnasamsetningu. Dálkurinn þar á eftir hefur að geyma heildarstyrk gass í gufu, og er hann summa dálkanna á undan, færð til þriggja markverðra stafa. Síðustu dálkar töflunnar sýna aftur samsetningu gassins, en nú sem hundraðshluta mólstyrks einstakra lofttegunda.

Myndir 4–9 sýna hvernig styrkur þessara lofttegunda í gufu dreifist um Torfajökulsvæðið. Miðjur rauðu hringjanna falla á sýnatökustaði, en flatarmál hrings er í réttu hlutfalli við mólstyrk lofttegundar í gufu á hverjum stað.

Styrkur koldíoxíðs, sem sýndur er á mynd 4, er bersýnilega mjög misdreifður. Langmestur er hann suðaustantil á svæðinu, þótt einnig sé hann umtalsverður allra vestast í Reykjadalum, svo og í nágrenni Landmannalauga. Á heildina litið er mestan styrk koldíoxíðs að finna á boga sem liggur að mestu norðan Kaldaklofsfjalla, frá hálendisbrúninni vestan Háskerðings og allt austur að ísjaðri Torfajökuls. Eitt sýni sker sig raunar úr vegna feiknamikils gasstyrks, en það er úr gufuauga við Mosþúfu, sem við höfum kallað svo, en þessi staður er á svæðinu við Kaldaklof nyrðra. Ekki liggur fyrir nein sérstök skýring á þessum firnamikla gasstyrk, en hann er a.m.k. stærðargráðu meiri en í nokkru öðru gufuaugasýni sem gagnasafn Orkustofnunar hefur að geyma. Eftirtektarvert er að styrkur koldíoxíðs í gufu er minnstur á rein sem liggur frá Landmannalaugum í norðaustri og suðvestur fyrir Hrafninnusker.

Mynd 5 sýnir styrk brennisteinsvetnis í gufu. Það dreifist mun jafnar um jarðhitasvæðið en koldíoxíðið. Þó er styrkur þess að jafnaði heldur meiri sunnan- og suðaustantil en annars staðar, ef Branda er undanskilin, en það auga er við Reykjakoll skammt frá Landmannalaugum.

Tafla 2. Gas í sýnum úr gufuaugum og pönnum: Verg og leiðrétt samsetning. Framhald á næstu blaðsíðu.

| Staðarheiti                 | Númer     | Verg efnasamsetning<br>(mmól/kg) |                  |                |                 |                |                | Leiðrétt efnasamsetning<br>(mmól/kg) |                 |                  |                |                 |                |       |
|-----------------------------|-----------|----------------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|-------|
|                             |           | CO <sub>2</sub>                  | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | Ar                                   | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> | Ar    |
| Lækjarbakki                 | 1994-0173 | 249                              | 12,8             | 16,9           | 0,135           | 1,49           | 0,054          | -                                    | 249             | 12,8             | 16,9           | 0,135           | 1,30           | -     |
| Suðusíkið stóra             | 1994-0174 | 1944                             | 15,3             | 11,1           | 0               | 7,81           | 0,781          | -                                    | 1944            | 15,3             | 11,1           | 0               | 5,02           | -     |
| Ginnungagap                 | 1994-0175 | 2305                             | 29,9             | 20,9           | 1,18            | 15,5           | 3,30           | -                                    | 2305            | 29,9             | 20,9           | 1,18            | 3,72           | -     |
| Auga í Límbrekku            | 1994-0176 | 3865                             | 21,1             | 15,2           | 0,390           | 23,4           | 6,24           | -                                    | 3865            | 21,1             | 15,2           | 0,390           | 1,13           | -     |
| Auga austan Skeifugarnar    | 1994-0177 | 2990                             | 17,8             | 15,1           | 0               | 19,6           | 5,13           | -                                    | 2990            | 17,8             | 15,1           | 0               | 1,29           | -     |
| Skálagilshver               | 1994-0178 | 30,9                             | 5,44             | 18,5           | 0,564           | 1,62           | 0,144          | -                                    | 30,9            | 5,44             | 18,5           | 0,564           | 1,11           | -     |
| Fífuhvammur, panna          | 1994-0179 | 132                              | 4,00             | 2,35           | 0,233           | 45,7           | 13,9           | -                                    | 132             | 4,00             | 2,35           | 0,233           | -              | -     |
| Fífuhvammur, auga           | 1994-0180 | 142                              | 3,91             | 2,34           | 0,238           | 3,31           | 0,640          | -                                    | 142             | 3,91             | 2,34           | 0,238           | 1,03           | -     |
| Kjallari við Laugaveg, auga | 1994-0181 | 23,5                             | 4,21             | 2,19           | 0,109           | 0,407          | 0,016          | -                                    | 23,5            | 4,21             | 2,19           | 0,109           | 0,350          | -     |
| Postulíngil                 | 1994-0184 | 177                              | 12,6             | 21,9           | 0,225           | 1,35           | 0,020          | -                                    | 177             | 12,6             | 21,9           | 0,225           | 1,28           | -     |
| Auga undir hvolfpaki        | 1995-0139 | 821                              | 25,1             | 35,3           | 0,655           | 1,26           | 0              | 0,022                                | 821             | 25,1             | 35,3           | 0,655           | 1,26           | 0,022 |
| Vindauga                    | 1995-0140 | 819                              | 20,1             | 28,9           | 0,704           | 2,14           | 0              | 0,042                                | 819             | 20,1             | 28,9           | 0,704           | 2,14           | 0,042 |
| Auga Kolbrúnar              | 1995-0151 | 2272                             | 12,7             | 23,8           | 0,017           | 1,03           | 0              | 0,017                                | 2272            | 12,7             | 23,8           | 0,017           | 1,03           | 0,017 |
| Auga í Ljósubrekku          | 1995-0154 | 4515                             | 29,0             | 166            | 0,107           | 12,6           | 0              | 0,196                                | 4515            | 29,0             | 166            | 0,107           | 12,6           | 0,196 |
| Rautt og svart              | 1995-0155 | 554                              | 13,3             | 21,2           | 0,095           | 0,337          | 0              | 0,006                                | 554             | 13,3             | 21,2           | 0,095           | 0,337          | 0,006 |
| Eimreið                     | 1995-0156 | 995                              | 26,8             | 29,5           | 0,118           | 0,528          | 0              | 0,009                                | 995             | 26,8             | 29,5           | 0,118           | 0,528          | 0,009 |
| Kringill                    | 1995-0157 | 153                              | 4,84             | 6,17           | 0,234           | 1,11           | 0              | 0,025                                | 153             | 4,84             | 6,17           | 0,234           | 1,11           | 0,025 |
| Gilbúi                      | 1995-0158 | 242                              | 4,40             | 3,55           | 0,207           | 0,904          | 0              | 0,020                                | 242             | 4,40             | 3,55           | 0,207           | 0,904          | 0,02  |
| Hvínandi                    | 1995-0159 | 223                              | 17,1             | 34,5           | 0,130           | 0,414          | 0              | 0,007                                | 223             | 17,1             | 34,5           | 0,130           | 0,414          | 0,007 |
| Hvínandi                    | 1997-0607 | 370                              | 21,1             | 41,8           | 0,190           | 0,576          | 0              | 0,011                                | 370             | 21,1             | 41,8           | 0,190           | 0,576          | 0,011 |
| Glókollur                   | 1995-0163 | 0                                | 1,91             | 12,0           | 0,075           | 24,9           | 2,49           | 0,295                                | 0               | 1,91             | 12,0           | 0,075           | 15,6           | 0,184 |
| Belgingur                   | 1995-0166 | 128                              | 10,2             | 25,3           | 1,42            | 2,26           | 0              | 0,055                                | 128             | 10,2             | 25,3           | 1,42            | 2,26           | 0,055 |

*Tafla 2. Gas í sýnum úr gufuaugum og pönnum: Verg og leiðrétt samsetning. Framhald af fyrri blaðsíðu.*

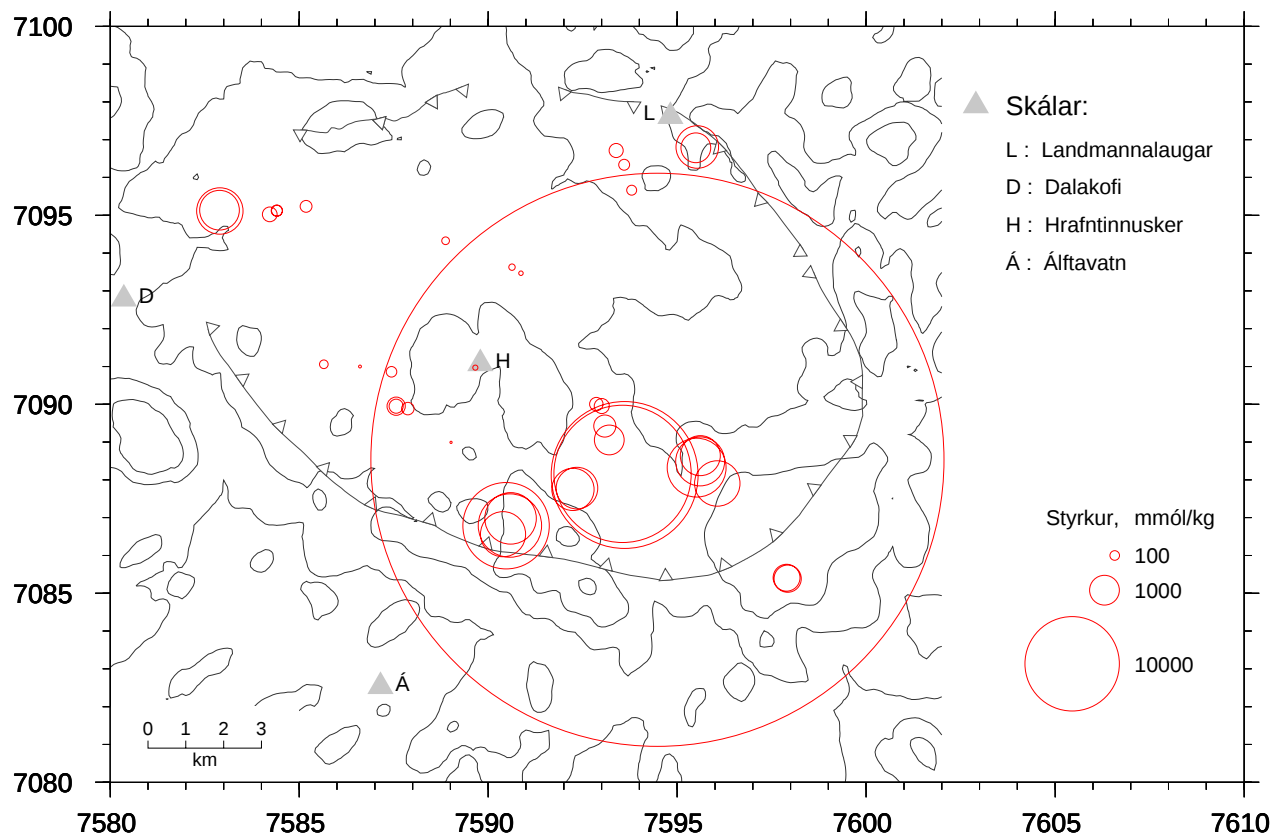
| Staðarheiti   | Númer     | Verg efnasamsetning<br>(mmól/kg) |                  |                |                 |                |                | Leiðrétt efnasamsetning<br>(mmól/kg) |                 |                  |                |                 |                |       |
|---------------|-----------|----------------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|-------|
|               |           | CO <sub>2</sub>                  | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | Ar                                   | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> | Ar    |
| Glóðarauga    | 1996-0209 | 83,8                             | 7,81             | 13,3           | 0,155           | 0,992          | 0              | 0,023                                | 83,8            | 7,81             | 13,3           | 0,155           | 0,992          | 0,023 |
| Járnbraut     | 1996-0210 | 8,91                             | 5,69             | 4,39           | 0,032           | 0,271          | 0              | 0,006                                | 8,91            | 5,69             | 4,39           | 0,032           | 0,271          | 0,006 |
| Hallinkjammi  | 1996-0211 | 2415                             | 6,28             | 16,2           | 0,305           | 3,19           | 0              | 0,059                                | 2415            | 6,28             | 16,2           | 0,305           | 3,19           | 0,059 |
| Stallpanna    | 1996-0212 | 1768                             | 7,34             | 15,9           | 0,239           | 2,09           | 0              | 0,040                                | 1768            | 7,34             | 15,9           | 0,239           | 2,09           | 0,040 |
| Grasker       | 1996-0214 | 67,0                             | 3,79             | 4,17           | 0,085           | 0,332          | 0              | 0,008                                | 67,0            | 3,79             | 4,17           | 0,085           | 0,332          | 0,008 |
| Gilkollur     | 1996-0249 | 6,43                             | 6,07             | 9,12           | 0,068           | 0,222          | 0              | 0,005                                | 6,43            | 6,07             | 9,12           | 0,068           | 0,222          | 0,005 |
| Hvíta pannan  | 1997-0605 | 8334                             | 38,5             | 47,9           | 0,036           | 3,67           | 0              | 0,057                                | 8334            | 38,5             | 47,9           | 0,036           | 3,67           | 0,057 |
| Rauðablástur  | 1997-0606 | 43,7                             | 4,53             | 4,28           | 0,062           | 0,191          | 0,004          | 0,005                                | 43,7            | 4,53             | 4,28           | 0,062           | 0,176          | 0,005 |
| Auga á Vöglum | 1997-0608 | 1797                             | 8,50             | 12,5           | 0,310           | 1,62           | 0              | 0,025                                | 1797            | 8,50             | 12,5           | 0,310           |                | 1,62  |
| Grábjarnargin | 1997-0609 | 2669                             | 9,69             | 1,62           | 0,409           | 2,52           | 0,099          | 0,041                                | 2669            | 9,69             | 1,62           | 0,409           | 2,15           | 0,037 |
| Fílsauga      | 1997-0610 | 199                              | 17,2             | 12,9           | 0,223           | 7,15           | 1,66           | 0,088                                | 199             | 17,2             |                | 12,9            | 0,223          | 0,962 |
| Silfurker     | 1997-0612 | 110                              | 19,8             | 39,2           | 0,318           | 0,362          | 0              | 0,009                                | 110             | 19,8             | 39,2           | 0,318           | 0,362          | 0,009 |
| Brúnaþung     | 1997-0613 | 132                              | 10,7             | 16,6           | 0,240           | 0,536          | 0              | 0,014                                | 132             | 10,7             | 16,6           | 0,240           | 0,536          | 0,014 |
| Urðargeil     | 1997-0614 | 220                              | 13,1             | 1,61           | 0               | 37,0           | 9,92           | 0,442                                | 220             | 13,1             | 1,61           | 0               | 0,024          | 0,002 |
| Gullinglyrna  | 1997-0615 | 985                              | 0,442            | 225            | 1,34            | 799            | 107            | 9,60                                 | 985             | 0,442            | 225            | 1,34            | 400            | 4,85  |
| Branda        | 1997-0616 | 2038                             | 123              | 359            | 19,2            | 5,38           | 0              | 0,134                                | 2038            | 123              | 359            | 19,2            | 5,38           | 0,134 |
| Gullbrá       | 1997-0671 | 1995                             | 14,5             | 49,7           | 0,035           | 2,11           | 0              | 0,032                                | 1995            | 14,5             | 49,7           | 0,035           | 2,11           | 0,032 |
| Mospúfa       | 1997-0672 | 367880                           | 15,9             | 383            | 9,37            | 679            | 4,14           | 8,37                                 | 367880          | 15,9             | 383            | 9,37            | 663            | 8,19  |
| Gullauga      | 1997-0673 | 24203                            | 14,6             | 15,2           | 0,390           | 10,4           | 0              | 0,165                                | 24203           | 14,6             | 15,2           | 0,390           | 10,4           | 0,165 |
| Brekkubúi     | 1997-0674 | 21098                            | 0,807            | 36,3           | 0,594           | 26,4           | 0              | 0,385                                | 21098           | 0,807            | 36,3           | 0,594           | 26,4           | 0,385 |

Tafla 3. Gas í sýnum úr gufuaugum og pönnum: Leiðrétt og hlutfallsleg samsetning. Framhald á næstu blaðsíðu.

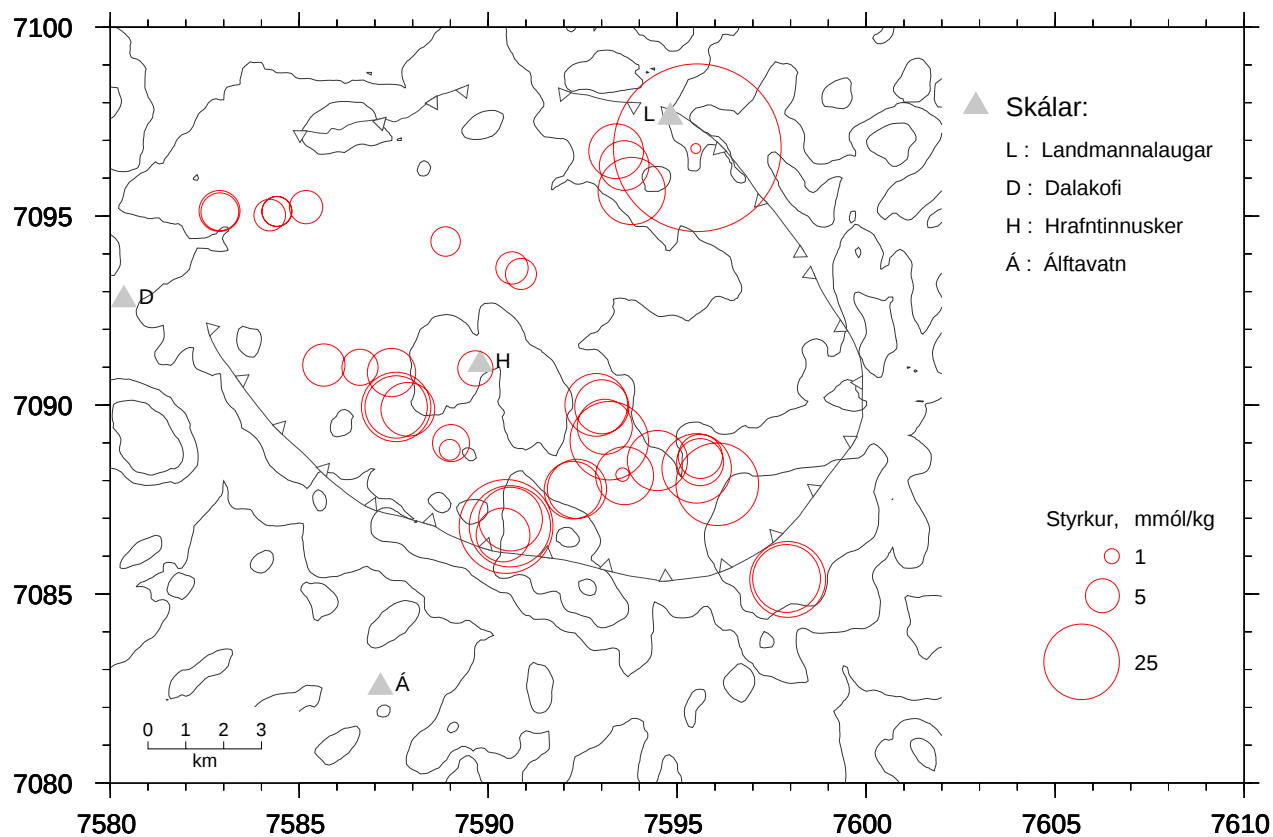
| Staðarheiti                 | Númer     | Leiðrétt efnasamsetning<br>(mmól/kg) |                  |                |                 |                | Gasstyrkur<br>samtals<br>(mmól/kg) | Hlutfallsleg efnasamsetning<br>(mól-%) |                 |                  |                |                 |                |       |
|-----------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|-------|
|                             |           | CO <sub>2</sub>                      | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> |                                    | Ar                                     | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> | Ar    |
| Lækjarbakkí                 | 1994-0173 | 249                                  | 12,8             | 16,9           | 0,135           | 1,30           | -                                  | 280                                    | 88,89           | 4,57             | 6,04           | 0,05            | 0,46           | -     |
| Suðsíkíð stóra              | 1994-0174 | 1944                                 | 15,3             | 11,1           | 0               | 5,02           | -                                  | 1980                                   | 98,41           | 0,77             | 0,56           | 0,00            | 0,25           | -     |
| Ginnungagap                 | 1994-0175 | 2305                                 | 29,9             | 20,9           | 1,18            | 3,72           | -                                  | 2360                                   | 97,64           | 1,27             | 0,89           | 0,05            | 0,16           | -     |
| Auga í Límbrekku            | 1994-0176 | 3865                                 | 21,1             | 15,2           | 0,390           | 1,13           | -                                  | 3900                                   | 99,03           | 0,54             | 0,39           | 0,01            | 0,03           | -     |
| Auga austan Skeifugarnar    | 1994-0177 | 2990                                 | 17,8             | 15,1           | 0               | 1,29           | -                                  | 3020                                   | 98,87           | 0,59             | 0,50           | 0,00            | 0,04           | -     |
| Skálagilshver               | 1994-0178 | 30,9                                 | 5,44             | 18,5           | 0,564           | 1,11           | -                                  | 56,5                                   | 54,68           | 9,63             | 32,74          | 1,00            | 1,96           | -     |
| Fífuhvammur, panna          | 1994-0179 | 132                                  | 4,00             | 2,35           | 0,233           | -              | -                                  | 138                                    | 95,25           | 2,89             | 1,70           | 0,17            | -              | -     |
| Fífuhvammur, auga           | 1994-0180 | 142                                  | 3,91             | 2,34           | 0,238           | 1,03           | -                                  | 150                                    | 94,97           | 2,62             | 1,57           | 0,16            | 0,69           | -     |
| Kjallari við Laugaveg, auga | 1994-0181 | 23,5                                 | 4,21             | 2,19           | 0,109           | 0,350          | -                                  | 30,4                                   | 77,41           | 13,87            | 7,21           | 0,36            | 1,15           | -     |
| Postulínsgil                | 1994-0184 | 177                                  | 12,6             | 21,9           | 0,225           | 1,28           | -                                  | 213                                    | 83,10           | 5,92             | 10,28          | 0,11            | 0,60           | -     |
| Auga undir hvolfpaki        | 1995-0139 | 821                                  | 25,1             | 35,3           | 0,655           | 1,26           | 0,022                              | 883                                    | 92,94           | 2,84             | 4,00           | 0,07            | 0,14           | <0,01 |
| Vindauga                    | 1995-0140 | 819                                  | 20,1             | 28,9           | 0,704           | 2,14           | 0,042                              | 870                                    | 94,04           | 2,31             | 3,32           | 0,08            | 0,25           | <0,01 |
| Auga Kolbrúnar              | 1995-0151 | 2272                                 | 12,7             | 23,8           | 0,017           | 1,03           | 0,017                              | 2310                                   | 98,37           | 0,55             | 1,03           | <0,01           | 0,04           | <0,01 |
| Auga í Ljósubrekku          | 1995-0154 | 4515                                 | 29,0             | 166            | 0,107           | 12,6           | 0,196                              | 4720                                   | 95,60           | 0,61             | 3,51           | <0,01           | 0,27           | <0,01 |
| Rautt og svart              | 1995-0155 | 554                                  | 13,3             | 21,2           | 0,095           | 0,337          | 0,006                              | 589                                    | 94,07           | 2,26             | 3,60           | 0,02            | 0,06           | <0,01 |
| Eimreið                     | 1995-0156 | 995                                  | 26,8             | 29,5           | 0,118           | 0,528          | 0,009                              | 1050                                   | 94,59           | 2,55             | 2,80           | 0,01            | 0,05           | <0,01 |
| Kringill                    | 1995-0157 | 153                                  | 4,84             | 6,17           | 0,234           | 1,11           | 0,025                              | 165                                    | 92,51           | 2,93             | 3,73           | 0,14            | 0,67           | 0,02  |
| Gilbúi                      | 1995-0158 | 242                                  | 4,40             | 3,55           | 0,207           | 0,904          | 0,020                              | 251                                    | 96,38           | 1,75             | 1,41           | 0,08            | 0,36           | <0,01 |
| Hvínandi                    | 1995-0159 | 223                                  | 17,1             | 34,5           | 0,130           | 0,414          | 0,007                              | 275                                    | 81,05           | 6,21             | 12,54          | 0,05            | 0,15           | <0,01 |
| Hvínandi                    | 1997-0607 | 370                                  | 21,1             | 41,8           | 0,190           | 0,576          | 0,011                              | 434                                    | 85,32           | 4,87             | 9,64           | 0,04            | 0,13           | <0,01 |
| Glókollur                   | 1995-0163 | 0                                    | 1,91             | 12,0           | 0,075           | 15,6           | 0,184                              | 29,8                                   | 0,00            | 6,41             | 40,28          | 0,25            | 52,43          | 0,62  |
| Belgingur                   | 1995-0166 | 128                                  | 10,2             | 25,3           | 1,42            | 2,26           | 0,055                              | 167                                    | 76,54           | 6,10             | 15,13          | 0,85            | 1,35           | 0,03  |

Tafla 3. Gas í sýnum úr gufuaugum og pönnum: Leiðrétt og hlutfallsleg samsetning. Framhald af fyrri blaðsíðu.

| Staðarheiti                                                                                                                                                                                                                                                                  | Númer     | Leiðrétt efnasamsetning<br>(mmól/kg) |                  |                |                 |                | Gasstyrkur<br>samtals<br>(mmól/kg) | Hlutfallsleg efnasamsetning<br>(mól-%) |                 |                  |                |                 |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |           | CO <sub>2</sub>                      | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> |                                    | Ar                                     | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> |
| Glóðarauga<br>Járnbraut<br>Hallinkjammni<br>Stallpanna<br>Grasker<br>Gilkollur<br>Hvíta pannan<br>Rauðablástur<br>Auga á Vöglum<br>Grábjarnargin<br>Fílsauga<br>Silfurker<br>Brúnaþung<br>Urðargeil<br>Gullinglyrna<br>Brandá<br>Gullbrá<br>Mosþúfa<br>Gullauga<br>Brekkuþúi | 1996-0209 | 83,8                                 | 7,81             | 13,3           | 0,155           | 0,992          | 106                                | 79,00                                  | 7,36            | 12,54            | 0,15           | 0,94            | 0,02           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1996-0210 | 8,91                                 | 5,69             | 4,39           | 0,032           | 0,271          | 19,3                               | 46,17                                  | 29,48           | 22,75            | 0,17           | 1,40            | 0,03           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1996-0211 | 2415                                 | 6,28             | 16,2           | 0,305           | 3,19           | 2440                               | 98,93                                  | 0,26            | 0,66             | 0,01           | 0,13            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1996-0212 | 1768                                 | 7,34             | 15,9           | 0,239           | 2,09           | 1790                               | 98,57                                  | 0,41            | 0,89             | 0,01           | 0,12            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1996-0214 | 67,0                                 | 3,79             | 4,17           | 0,085           | 0,332          | 75,4                               | 88,88                                  | 5,03            | 5,53             | 0,11           | 0,44            | 0,01           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1996-0249 | 6,43                                 | 6,07             | 9,12           | 0,068           | 0,222          | 21,9                               | 29,34                                  | 27,70           | 41,61            | 0,31           | 1,01            | 0,02           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0605 | 8334                                 | 38,5             | 47,9           | 0,036           | 3,67           | 8420                               | 98,93                                  | 0,46            | 0,57             | <0,01          | 0,04            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0606 | 43,7                                 | 4,53             | 4,28           | 0,062           | 0,176          | 52,8                               | 82,84                                  | 8,59            | 8,11             | 0,12           | 0,33            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0608 | 1797                                 | 8,50             | 12,5           | 0,310           | 1,62           | 1820                               | 98,74                                  | 0,47            | 0,69             | 0,02           | 0,09            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0609 | 2669                                 | 9,69             | 1,62           | 0,409           | 2,15           | 2680                               | 99,48                                  | 0,36            | 0,06             | 0,02           | 0,08            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0610 | 199                                  | 17,2             | 12,9           | 0,223           | 0,962          | 230                                | 86,41                                  | 7,47            | 5,60             | 0,10           | 0,42            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0612 | 110                                  | 19,8             | 39,2           | 0,318           | 0,362          | 170                                | 64,82                                  | 11,67           | 23,10            | 0,19           | 0,21            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0613 | 132                                  | 10,7             | 16,6           | 0,240           | 0,536          | 160                                | 82,45                                  | 6,68            | 10,37            | 0,15           | 0,33            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0614 | 220                                  | 13,1             | 1,61           | 0               | 0,024          | 235                                | 93,72                                  | 5,58            | 0,69             | 0              | 0,01            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0615 | 985                                  | 0,442            | 225            | 1,34            | 400            | 1620                               | 60,92                                  | 0,03            | 13,92            | 0,08           | 24,75           | 0,30           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0616 | 2038                                 | 123              | 359            | 19,2            | 5,38           | 2540                               | 80,09                                  | 4,83            | 14,11            | 0,75           | 0,21            | <0,01          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1997-0671 | 1995                                 | 14,5             | 49,7           | 0,035           | 2,11           | 2060                               | 96,78                                  | 0,70            | 2,41             | <0,01          | 0,10            | <0,01          |
| 1997-0672                                                                                                                                                                                                                                                                    | 367880    | 15,9                                 | 383              | 9,37           | 663             | 369000         | 99,71                              | <0,01                                  | 0,10            | <0,01            | 0,18           | <0,01           |                |
| 1997-0673                                                                                                                                                                                                                                                                    | 24203     | 14,6                                 | 15,2             | 0,390          | 10,4            | 24200          | 99,83                              | 0,06                                   | 0,06            | <0,01            | 0,04           | <0,01           |                |
| 1997-0674                                                                                                                                                                                                                                                                    | 21098     | 0,807                                | 36,3             | 0,594          | 26,4            | 21200          | 99,70                              | <0,01                                  | 0,17            | <0,01            | 0,12           | <0,01           |                |



Mynd 4. Styrkur koldíoxíðs í jarðgufu



Mynd 5. Styrkur brennisteinsvetnis í jarðgufu

Á mynd 6 kemur fram að styrkur vetnis í gufu er einnig að jafnaði mestur sunnan- og suðaustantil, en Gullinglyrna og Branda við Reykjakoll eru þó með vetnisríkustu augum.

Dreifing metans, sem mynd 7 sýnir, fylgir ekki augljósu mynstri. Ekki er t.d. að sjá að styrkur þess í gufu sé verulega meiri á suður- og suðaustursvæðinu en annars staðar, þótt metan sé eitthvað ofan meðallags í þorra sýna þar. Branda sker sig úr með langmesta metanstyrkinn. Eftirtektarvert er hve lítið metan er í gufuaugunum vestan Háskerðings, en þau eru tiltölulega rík af koldíoxíði, brennisteinsvetni og vetni.

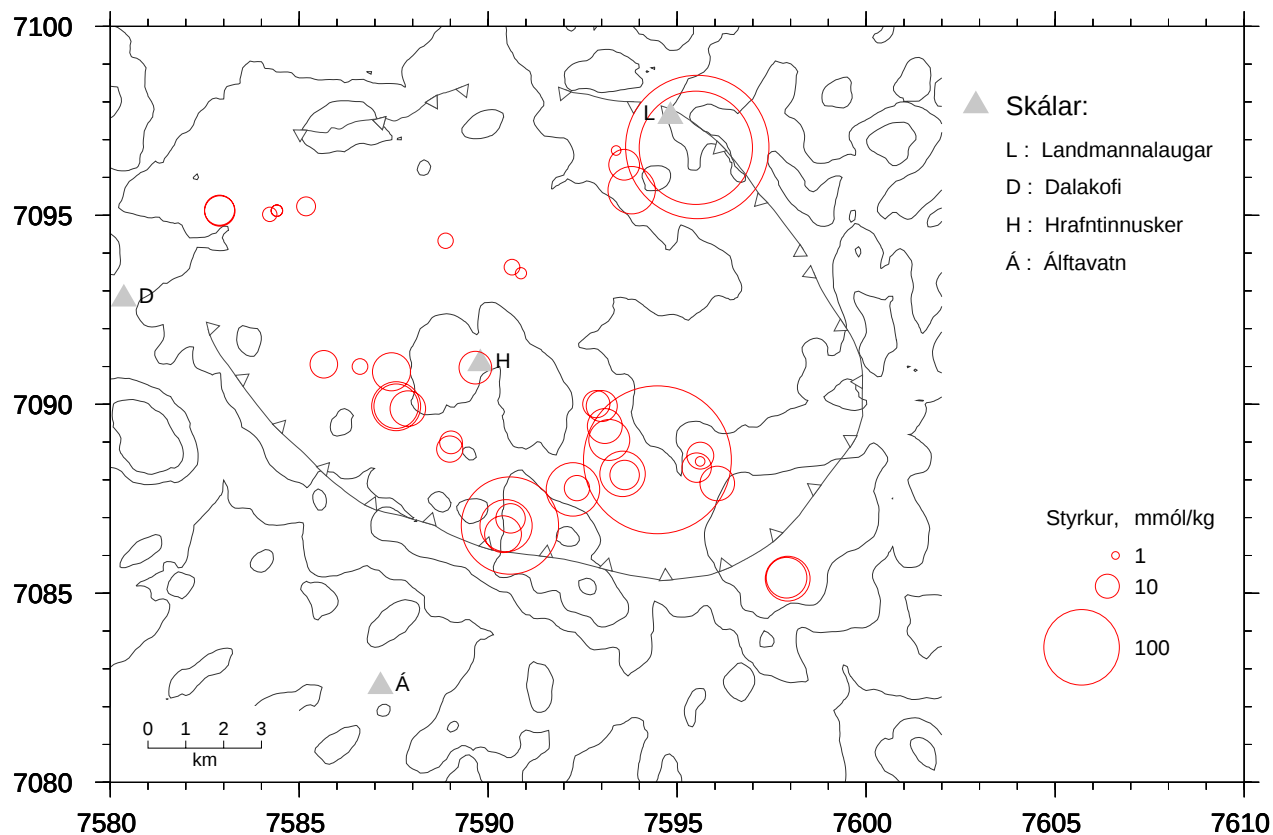
Styrkur köfnunarefnis er langmestur við Mosþúfu, en Gullinglyrna fylgir fast á eftir, eins og sjá má á mynd 8. Þegar á heildina er lítið virðist styrkur köfnunarefnis í gufu vera ívið meiri sunnan- og suðaustantil á svæðinu en annars staðar, en þó sýnist hann dreifast miklu jafnar en styrkur koldíoxíðs og vetnis.

Styrkur argons, sem sýndur er á mynd 9, dreifist á sama hátt og styrkur köfnunarefnis. Myndir 8 og 9 eru raunar svo líkar, að fljótt á lítið er naumast nema tvennt sem greinir þær að. Annað er mismunandi kvarði styrks, en hitt að nokkra hringi vantar á mynd 9 vegna þess að argon var ekki greint sérstaklega í sýnum sem safnað var haustið 1994.

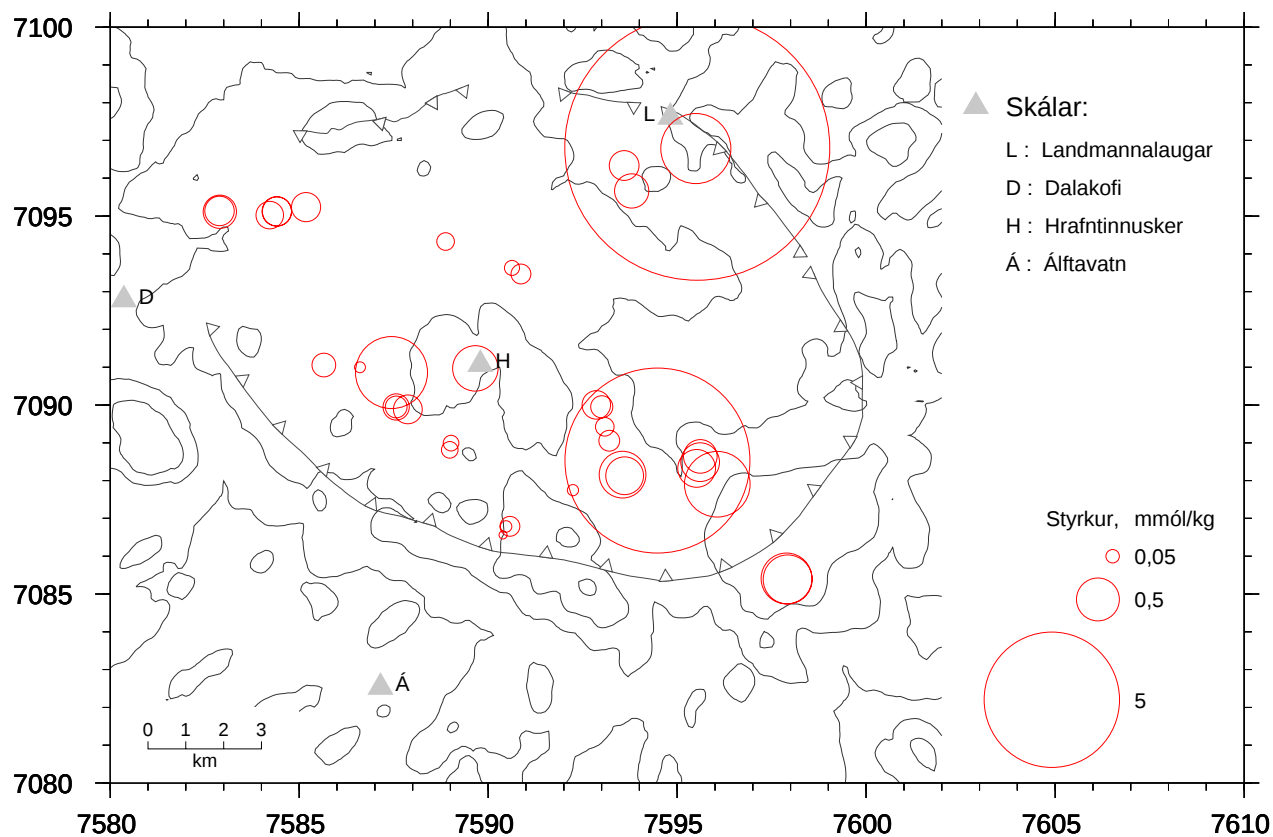
Myndir 10–15 sýna styrk einstakra lofttegunda sem hundradshluta af mólstyrk gass í gufu. Tiltölulega litlu munar á hluta koldíoxíðs milli sýna eins og fram kemur á mynd 10, enda er koldíoxíð víðast meginhluti gassins. Hluti brennisteinsvetnis í gasi, sem sýndur er á mynd 11, er hins vegar langmestur um miðbik svæðisins, á fyrrnefndri rein sem liggur frá Landmannalaugum og suðvestur fyrir Hrafninnusker, en minnstur suðaustantil á svæðinu. Sama máli gegnir um hluta vetnis, sem mynd 12 sýnir, og hluta metans, sem dreginn er á mynd 13. Svipaða drætti má raunar greina á myndum 14 og 15, sem sýna hluta köfnunarefnis og argons í gasi, og það eins þótt lítið sé fram hjá gufusýnum af Glókolli og úr Gullinglyrnu, en hluti köfnunarefnis og argons í þessum sýnum er mjög mikill. Mynstrið á myndum 11, 12 og 13 er þó miklu ákveðnara en á myndum 14 og 15.

Sú dreifing, sem fram kemur á myndum 10–15, er í raun aðeins breytt sjónarhorn á gögnin á myndum 4–9. Þannig má segja, að hinn mikli styrkur koldíoxíðs á suður- og suðausturhluta svæðisins sé orsök þess að hluti flestra lofttegunda í gasi reynist lítill á þessum slóðum, en á hinn bóginn meiri á áðurnefndri rein milli Landmannalauga og Hrafninnuskers, þar sem minna er af koldíoxíði. Þetta má einnig orða sem svo, að hinn mikli gasstyrkur á suður- og suðausturhluta jarðhitasvæðisins sé aðallega af völdum koldíoxíðs; aðrar lofttegundir eiga þar lítinn hlut að máli.

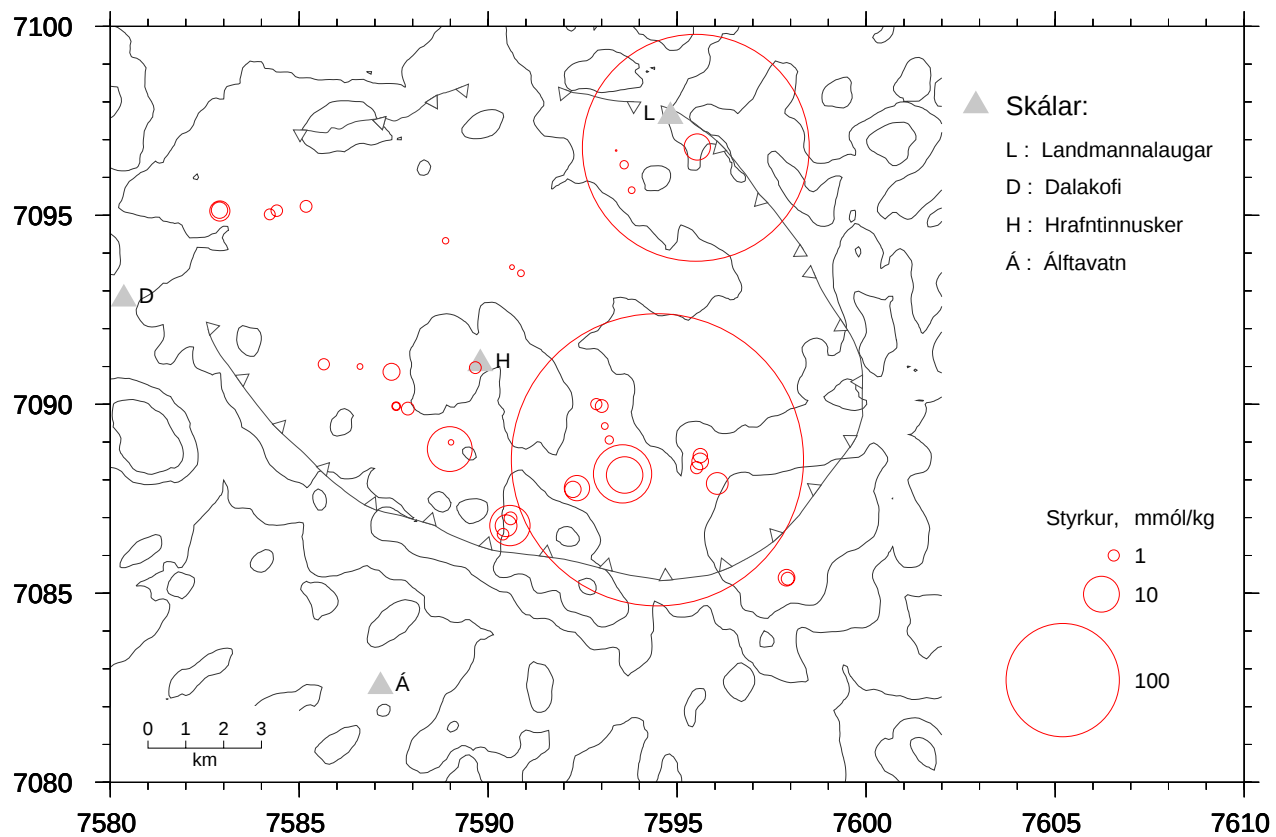
Hlutfall mólstyrks köfnunarefnis við argon í gufu er sýnt á mynd 16. Það er á bilinu 36,5–84,7, ef frá er talið sýni úr Urðargeil, sem er dálítið gallað vegna mengunar frá andrúmslofti eins og síðar verður vikið að. Hlutfall þessara lofttegunda er nálægt 37 í köldu grunnvatni í jafnvægi við andrúmsloft (Stefán Arnórsson, 1987). Við suðu rýkur köfnunarefnið í meira mæli úr vatni en argon, því argon er leysanlegra. Þess er því einmitt að vænta að í gufunni sé hlutfall köfnunarefnis við argon hærra en 37, eða þar um bil.



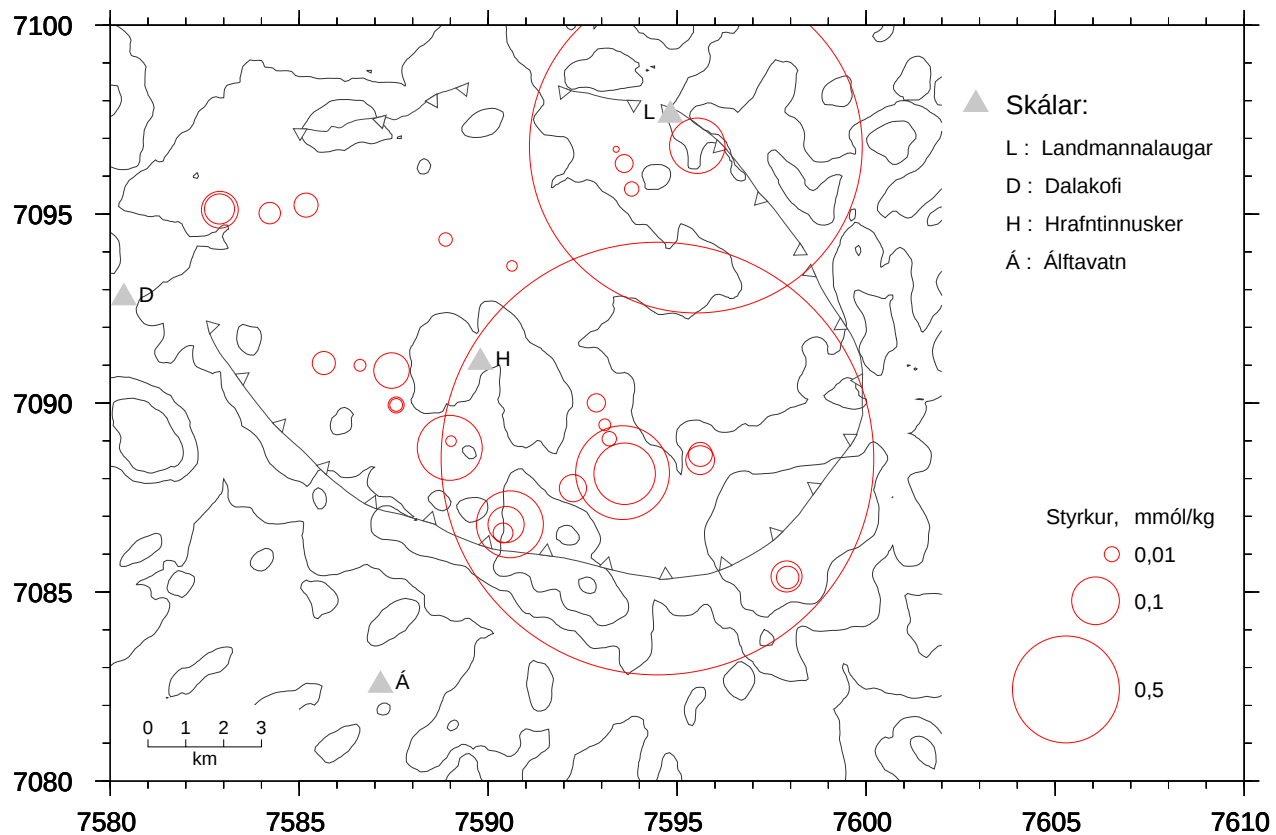
Mynd 6. Styrkur vetnis í jarðgufu



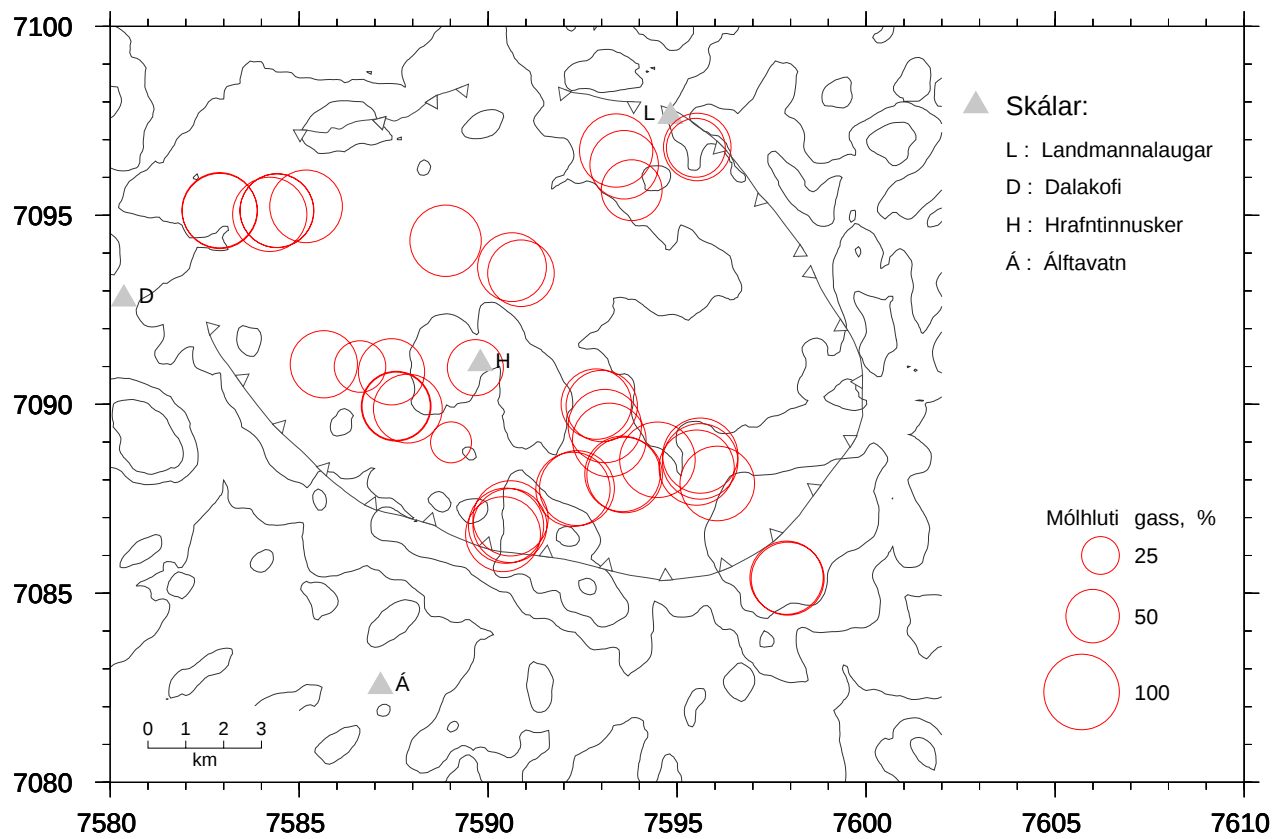
Mynd 7. Styrkur metans í jarðgufu



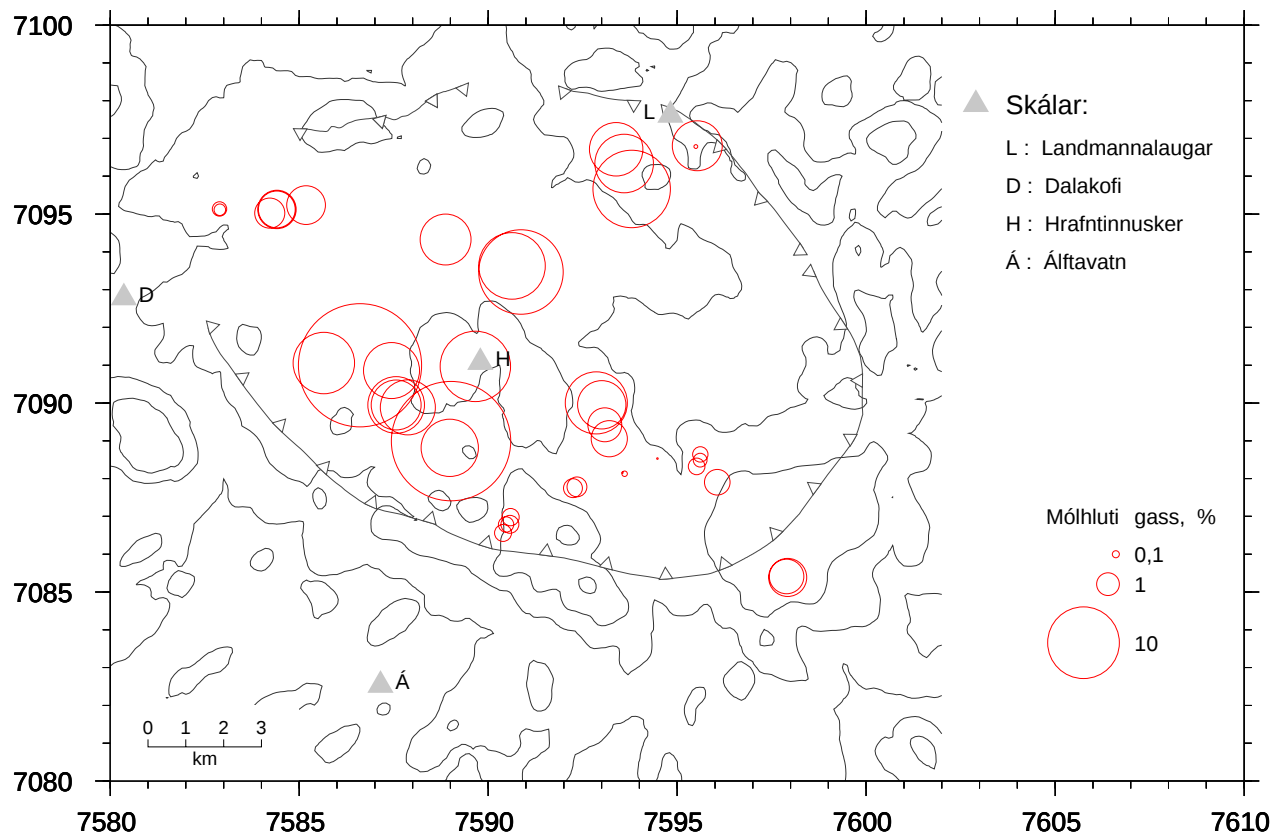
Mynd 8. Styrkur köfnunarefnis í jarðgufu



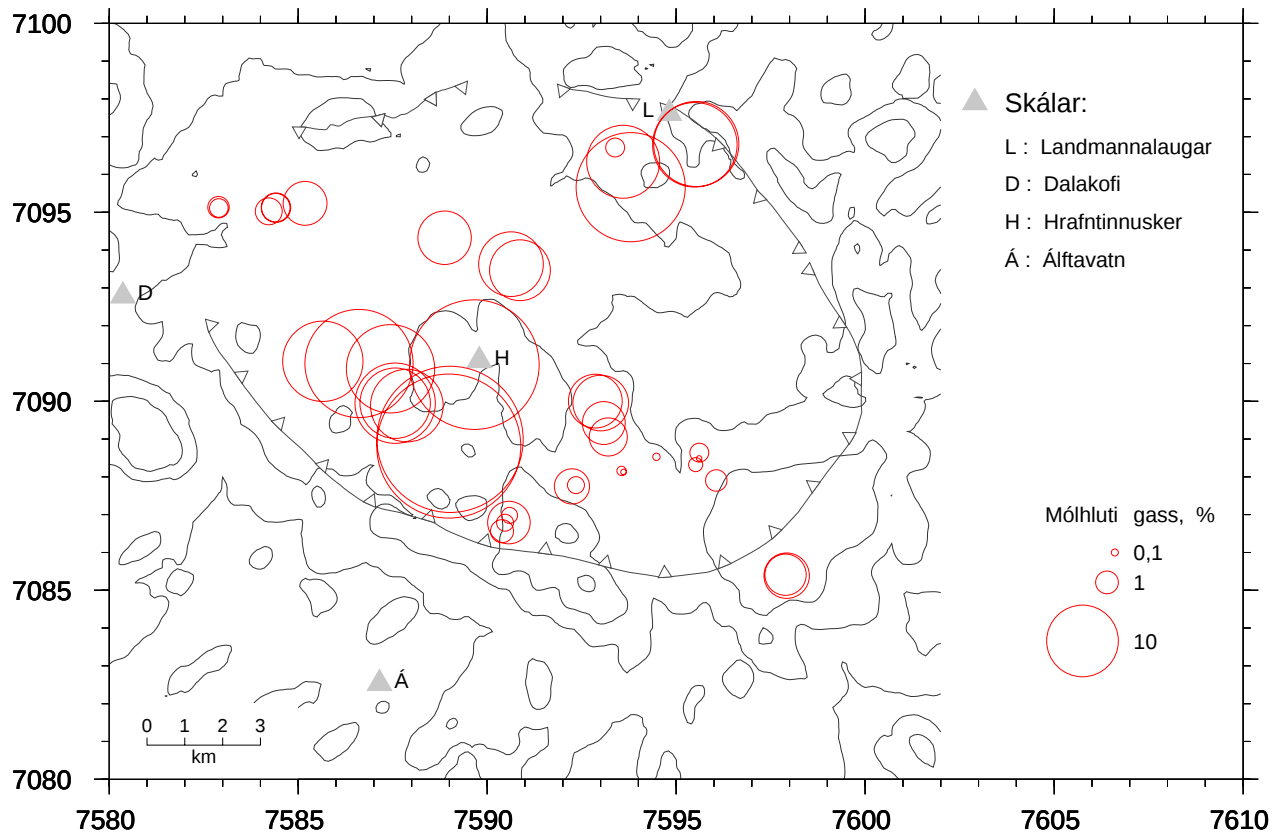
Mynd 9. Styrkur argons í jarðgufu



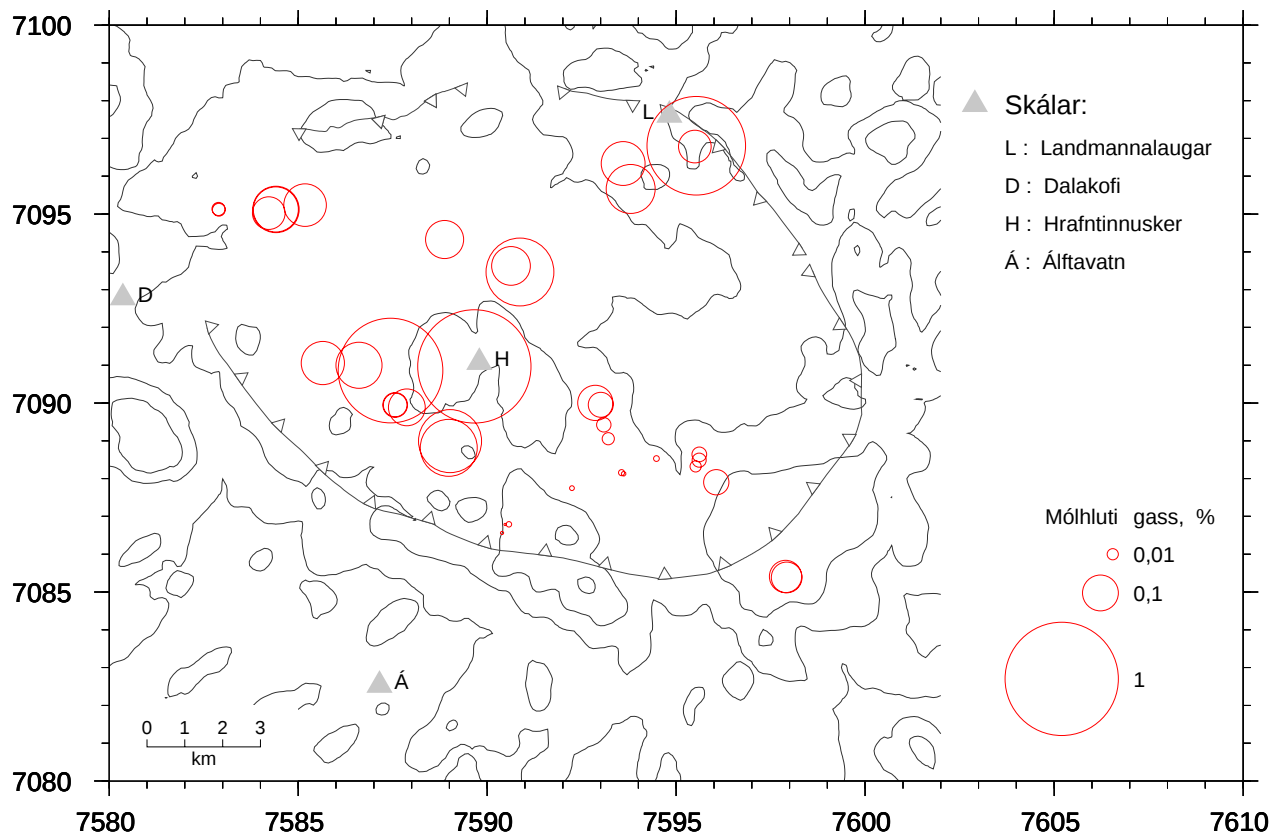
Mynd 10. Hluti koldíoxíðs af gasi í jarðgufu



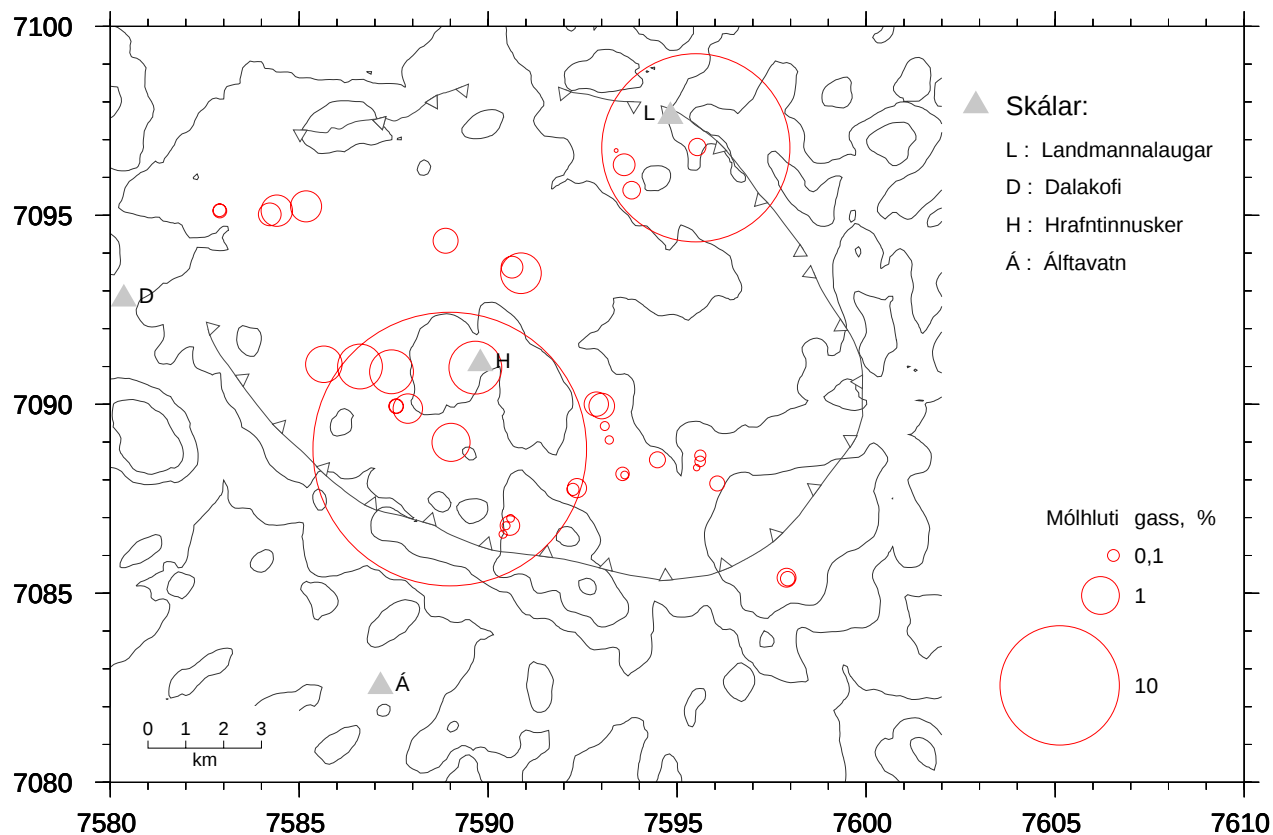
Mynd 11. Hluti brennisteinsvetnis af gasi í jarðgufu



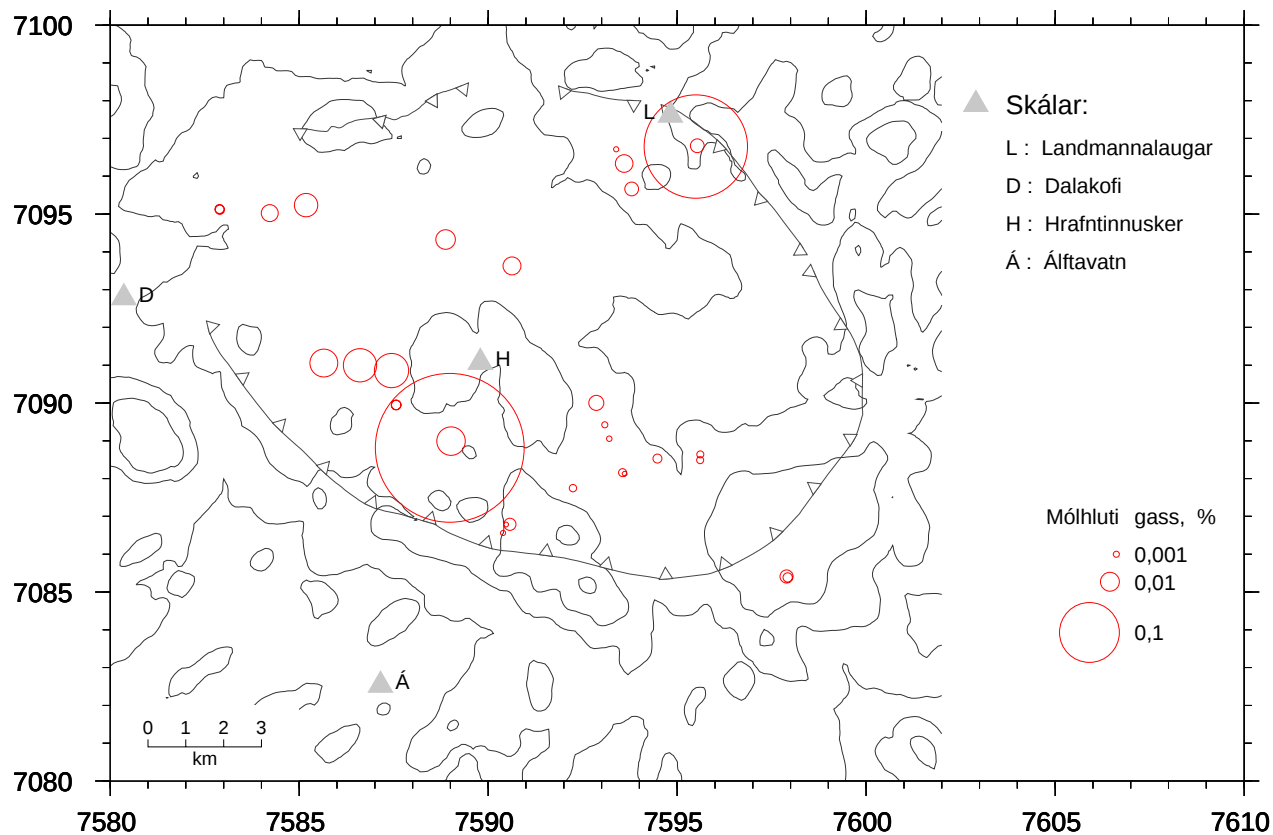
Mynd 12. Hluti vetnis af gasi í jarðgufu



Mynd 13. Hluti metans af gasi í jarðgufu



Mynd 14. Hluti köfnunarefnis af gasi í jarðgufu



Mynd 15. Hluti argons af gasi í jarðgufu

## 5.2 Hlutföll lofttegunda og gashitamælar

Styrkur gass í gufu á yfirborði er talinn stjórna að mestu leyti af hita djúpt í jarðhitakerfinu, þar sem vatn og gufa skildust að. Þannig getur styrkhlutfall tiltekinna lofttegunda í gufu, eða styrkur einnar lofttegundar, verið beinn mælikvarði á hita djúpt í jörðu. Slíkt samband hita og gasstyrks kallast gashitamælir. Allmargir slíkir hafa verið kvarðaðir, og sýna þeir nokkuð mismunandi hita. Til þess að túlka gögn af jarðhitasvæðinu í Torfajökli voru valdir sjö hitamælar.

Fimm þessara mæla voru kvarðaðir á sínum tíma af Stefáni Arnórssyni og Einari Gunnlaugssyni (1985). Þrír þeirra byggjast, hver um sig, á styrk einnar lofttegundar í gufu, koldíoxíðs, brennisteinsvetnis og vetnis. Hinir tveir lýsa sambandi hita í jörðu og styrkhlutföllum lofttegunda í gufu, þ.e.a.s. koldíoxíðs við vetni og brennisteinsvetnis við vetni. Í þremur tilvikum af þessum fimm kvörðuðu Stefán og Einar raunar tvo mæla, þ.e. fyrir hlutfall  $\text{CO}_2$  við  $\text{H}_2$ , fyrir styrk  $\text{H}_2\text{S}$  og fyrir styrk  $\text{H}_2$ . Var þá annar mælirinn, í hverju tilviki, ætlaður fyrir háan hita, ellegar svæði þar sem styrkur klóríðs í djúpvökva væri talinn fremur mikill, en hinn mælirinn var kvarðaður fyrir lægri hita og ferskara vatn. Augljóst virðist, að í Torfajökli eigi háhitamælarnir betur við. Sjötti hitamælirinn byggist á hlutfalli koldíoxíðs við köfnunarefni (Stefán Arnórsson, 1987), og hefur reynst vel. Sá sjöundi, sem tengir hita og hlutfall metans við koldíoxíð, var kvarðaður af Werner Giggenbach (1991).

Gashitar allra gufusýnanna voru fundnir með þessum sjö mælum, og eru niðurstöður skráðar í töflu 4.

Á mynd 17 má sjá hvernig koldíoxíðhiti dreifist um svæðið. Hæstu gildin falla flest á áðurnefndan boga, sem teygir sig frá brúninni vestan Háskerðings og austur að íshettu Torfajökuls. Á þessum slóðum reiknast  $\text{CO}_2$ -hiti flestra sýna um eða yfir  $350^\circ\text{C}$ . Blettir með áþekktum hita finnast einnig við Landmannalaugar og vestast í Reykjadölum. Á fyrrnefndri rein suðvestur af Landmannalaugum reiknast koldíoxíðhitinn hins vegar miklu lægri, og nær þar  $300^\circ\text{C}$  í aðeins einu sýni.

Vetnishitinn er víðast hvar nálægt  $300^\circ\text{C}$  eins og sjá má af mynd 18. Að vísu eru gildin á suður- og suðausturhluta jarðhitasvæðisins ögn hærri en hin, en dreifingin er þó furðu jöfn. Þannig er vetnishitinn svolítið yfir  $300^\circ\text{C}$  suðaustantil á svæðinu og við Landmannalaugar, en svolítið neðan við  $300^\circ\text{C}$  víðast annars staðar.

Gashiti brennisteinsvetnis er sýndur á mynd 19. Dreifing hans er ekki eins jöfn og dreifing vetnishita, en engu að síður miklu jafnari en dreifing koldíoxíðhita. Mynstrið er svipað og áður, og þorri hæstu gildanna er suðaustantil á svæðinu. Þar reiknast hitinn um  $300^\circ\text{C}$ , en  $270\text{--}290^\circ\text{C}$  víðast annars staðar. Flest lægstu gildin raða sér frá Stórahver og vestur eftir Reykjadölum.

Myndir 20–27 sýna gildi gashita fundin með hlutfallshitamælunum fjórum, svo og samsvarandi styrkhlutföll lofttegunda.

Hlutfall  $\text{CO}_2$  við  $\text{N}_2$  er að jafnaði hæst á suður- og suðausturhluta svæðisins og lægst á margnefndri rein suðvestan Landmannalauga, eins og sést á mynd 20. Undan verður þó að skilja sýni úr Urðargeil í Brennisteinsöldu þar sem þetta hlutfall virðist geysihátt. Orsök þessa frávíks er væntanlega sú að sýnið var dálítið mengað andrúmslofti. Eftir leiðréttingu reiknast styrkur köfnunarefnis mjög lítill og téð hlutfall því hátt. Eins og

gögnin standa af sér þarf skekkja í þessari leiðréttingu ekki að vera stór til að breyta þessu hlutfalli mikið. Skal því litið fram hjá þessu sýni nú.

Mynd 21 sýnir hita fundinn með  $\text{CO}_2/\text{N}_2$ -hitamælinum. Hann reiknast hæstur vestan og norðan Háskerðings og þaðan austur eftir, allt til Ísjaðars Torfajökuls. Kemur það ekki á óvart eftir mynd 20. Á þessum slóðum reiknast hitinn vel yfir  $300^\circ\text{C}$  og raunar víðast nálægt  $350^\circ\text{C}$ . Þá reiknast  $\text{CO}_2/\text{N}_2$ -hiti einnig hár vestast í Reykjadölum. Annars staðar er hann yfirleitt lægri. Þótt hitadreifing fundin með þessum mæli sé ekki mjög ólík dreifingu koldíoxíðhitans er hún samt nokkru jafnari, og hin allra hæstu og lægstu gildi hverfa. Þykir höfundum  $\text{CO}_2/\text{N}_2$ -hitamælirinn af ýmsum ástæðum einn hinn trúverðugasti.

Mynd 22 sýnir hlutfall  $\text{H}_2\text{S}$  við  $\text{H}_2$ , og mynd 23 sýnir hita fundinn með samsvarandi gashitamæli. Hitinn reiknast víðast um eða rétt ofan við  $300^\circ\text{C}$ , en ekki verður sagt að hitadreifingin falli í sérstakt mynstur.

Um hlutfall  $\text{CO}_2$  við  $\text{H}_2$ , sem sýnt er á mynd 24, og gashita fundinn með hitamæli þess hlutfalls, sem sýndur er á mynd 25, gegnir nokkuð öðru máli. Hlutfallið er augsýnilega hæst á suður- og suðausturhluta svæðisins, og svo vestast í Reykjadölum. Lægst er það á títtnefndri rein suðvestur af Landmannalaugum. Mynstur svipað þessu hefur raunar komið fram á mörgum fyrri mynda og kemur ekki á óvart. En nú bregður svo við að gashitinn reiknast hæstur á norðaustur-suðvestur reininni, en lægstur sunnan- og suðaustantil á svæðinu og vestast í Reykjadölum. Segja má að þessi dreifing sé í mótfasa við alla aðra hitamæla. Þótt hér verði ekki fullyrt mikið um ástæðu þessa, er því ekki að neita, að þau gögn, sem að baki  $\text{CO}_2/\text{H}_2$ -hitamælinum liggja og birt eru í tilvitnaðri grein Stefáns og Einars (1985), virðast ekki nærri eins sannfærandi og þau sem t.d.  $\text{CO}_2$ -mælirinn,  $\text{H}_2\text{S}$ -mælirinn og  $\text{H}_2$ -mælirinn byggjast á. Sá kostur verður því valinn hér að líta framhjá niðurstöðum  $\text{CO}_2/\text{H}_2$ -mælisins.

Mynd 26 sýnir hlutfall  $\text{CO}_2$  við  $\text{CH}_4$  í gufu. Mynstrið er líkt og á mörgum fyrri myndum. Þannig er hlutfallið langhæst á suður- og suðausturhluta svæðisins, en einnig fremur hátt vestast í Reykjadölum. Þetta endurspeglar að nokkru dreifingu koldíoxíðsins, en metandreifingin er jafnari, og kemur mynstrið því ekki á óvart. Hlutfall koldíoxíðs við metan er langhæst vestan Háskerðings, enda er metanstyrkur í gufu lítill þar, eins og þegar hefur komið fram.

$\text{CH}_4/\text{CO}_2$ -hitinn dreifist eftir kunnuglegu mynstri, eins og sjá má á mynd 27. Hann reiknast hæstur á suður- og suðausturhluta svæðisins og vestast í Reykjadölum, en lægstur á margnefndri rein í suðvestur frá Landmannalaugum. Þótt mynstrið sé svipað og fyrr, sýnir þessi mælir hins vegar í flestum tilvikum miklu hærri hita en aðrir. Þannig gefur hlutfall metans við koldíoxíð í þriðjungi sýnanna vísbendingu um hærri hita en  $400^\circ\text{C}$ .

Það er raunar reglan að  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$ -hlutfallið sýni hærri gashita en aðrir hitamælar. Metan hvarfast hægt, og það tekur hlutfallið því langan tíma að ná jafnvægi. Sömu leiðis tekur langan tíma að raska því. Af þessum sökum taldi Giggenbach (1991) að þessi gashitamælir geymdi upplýsingar um hærri hita í dýpri hlutum jarðhitakerfisins.

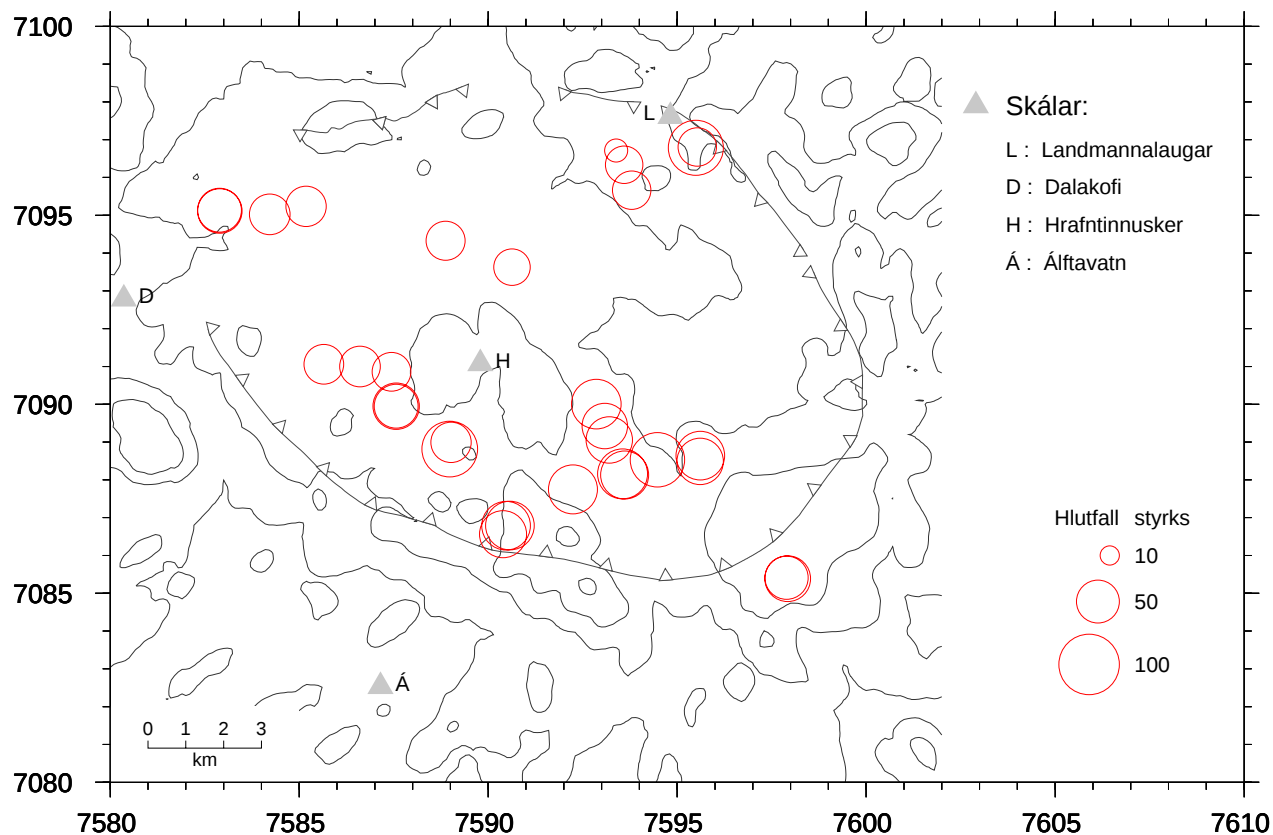
Tafla 4. Gashiti í gufuaugum í Torfajökli (°C).

| Staðarheiti                 | Númer     | CO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | H <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S/H <sub>2</sub> |
|-----------------------------|-----------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Lækjarbakki                 | 1994-0173 | 291             | 301                             | 375                              | 296              | 303            | 308                             | 309                             |
| Suðusíkið stóra             | 1994-0174 | 349             | 318                             | -                                | 300              | 299            | 278                             | 299                             |
| Ginnungagap                 | 1994-0175 | 354             | 329                             | 378                              | 313              | 305            | 283                             | 298                             |
| Auga í Límbrekku            | 1994-0176 | 372             | 361                             | 449                              | 306              | 302            | 273                             | 299                             |
| Auga austan Skeifugarnar    | 1994-0177 | 363             | 354                             | -                                | 303              | 302            | 276                             | 301                             |
| Skálagilshver               | 1994-0178 | 218             | 247                             | 261                              | 280              | 304            | 335                             | 325                             |
| Fífuhvammur, panna          | 1994-0179 | 272             | -                               | 332                              | 274              | 285            | 292                             | 295                             |
| Fífuhvammur, auga           | 1994-0180 | 274             | 293                             | 334                              | 273              | 285            | 291                             | 295                             |
| Kjallari við Laugaveg, auga | 1994-0181 | 205             | 273                             | 300                              | 275              | 284            | 312                             | 293                             |
| Postulínsgil                | 1994-0184 | 281             | 292                             | 343                              | 296              | 305            | 316                             | 314                             |
| Auga undir hvolfpaki        | 1995-0139 | 323             | 331                             | 361                              | 310              | 310            | 303                             | 310                             |
| Vindauga                    | 1995-0140 | 323             | 318                             | 358                              | 305              | 308            | 300                             | 310                             |
| Auga Kolbrúnar              | 1995-0151 | 354             | 354                             | 603                              | 296              | 306            | 285                             | 315                             |
| Auga í Ljósubrekku          | 1995-0154 | 378             | 317                             | 529                              | 312              | 324            | 301                             | 334                             |
| Rautt og svart              | 1995-0155 | 312             | 349                             | 425                              | 297              | 305            | 301                             | 312                             |
| Eimreið                     | 1995-0156 | 329             | 351                             | 442                              | 311              | 308            | 298                             | 306                             |
| Kringill                    | 1995-0157 | 277             | 293                             | 337                              | 277              | 294            | 302                             | 308                             |
| Gilbúi                      | 1995-0158 | 290             | 310                             | 358                              | 276              | 289            | 289                             | 300                             |
| Hvínandi                    | 1995-0159 | 288             | 326                             | 373                              | 302              | 309            | 318                             | 316                             |
| Hvínandi                    | 1997-0607 | 302             | 330                             | 378                              | 306              | 311            | 315                             | 316                             |
| Glókollur                   | 1995-0163 | -               | -                               | -                                | 259              | 300            | -                               | 336                             |
| Belgingur                   | 1995-0166 | 271             | 268                             | 275                              | 292              | 307            | 322                             | 320                             |
| Glóðarauga                  | 1996-0209 | 257             | 279                             | 331                              | 287              | 301            | 319                             | 313                             |
| Járnbraut                   | 1996-0210 | 150             | 252                             | 309                              | 281              | 291            | 333                             | 300                             |
| Hallinkjammi                | 1996-0211 | 356             | 334                             | 439                              | 283              | 302            | 279                             | 320                             |
| Stallpanna                  | 1996-0212 | 346             | 336                             | 436                              | 286              | 302            | 283                             | 317                             |
| Grasker                     | 1996-0214 | 249             | 303                             | 344                              | 273              | 290            | 307                             | 306                             |
| Gilkollur                   | 1996-0249 | 128             | 248                             | 276                              | 282              | 297            | 346                             | 311                             |
| Hvíta pannan                | 1997-0605 | 404             | 354                             | 646                              | 318              | 312            | 278                             | 308                             |
| Rauðablástur                | 1997-0606 | 233             | 308                             | 340                              | 276              | 290            | 313                             | 303                             |
| Auga á Vöglum               | 1997-0608 | 346             | 342                             | 424                              | 288              | 300            | 280                             | 311                             |
| Grábjarnargin               | 1997-0609 | 359             | 344                             | 430                              | 291              | 282            | 250                             | 273                             |
| Fílsauga                    | 1997-0610 | 284             | 303                             | 349                              | 302              | 300            | 308                             | 299                             |
| Silfurker                   | 1997-0612 | 266             | 313                             | 316                              | 305              | 311            | 329                             | 316                             |
| Brúnaþung                   | 1997-0613 | 272             | 308                             | 331                              | 293              | 303            | 316                             | 312                             |
| Urðargeil                   | 1997-0614 | 287             | 366                             | -                                | 297              | 281            | 281                             | 268                             |
| Gullinglyrna                | 1997-0615 | 328             | 175                             | 341                              | 231              | 327            | 323                             | 411                             |
| Branda                      | 1997-0616 | 350             | 318                             | 280                              | 340              | 331            | 320                             | 322                             |
| Gullbrá                     | 1997-0671 | 349             | 338                             | 545                              | 299              | 313            | 296                             | 325                             |
| Mospúfa                     | 1997-0672 | 714             | 327                             | 524                              | 301              | 331            | 256                             | 359                             |
| Gullauga                    | 1997-0673 | 461             | 355                             | 553                              | 299              | 302            | 250                             | 305                             |
| Brekkubúi                   | 1997-0674 | 452             | 335                             | 518                              | 241              | 310            | 263                             | 371                             |

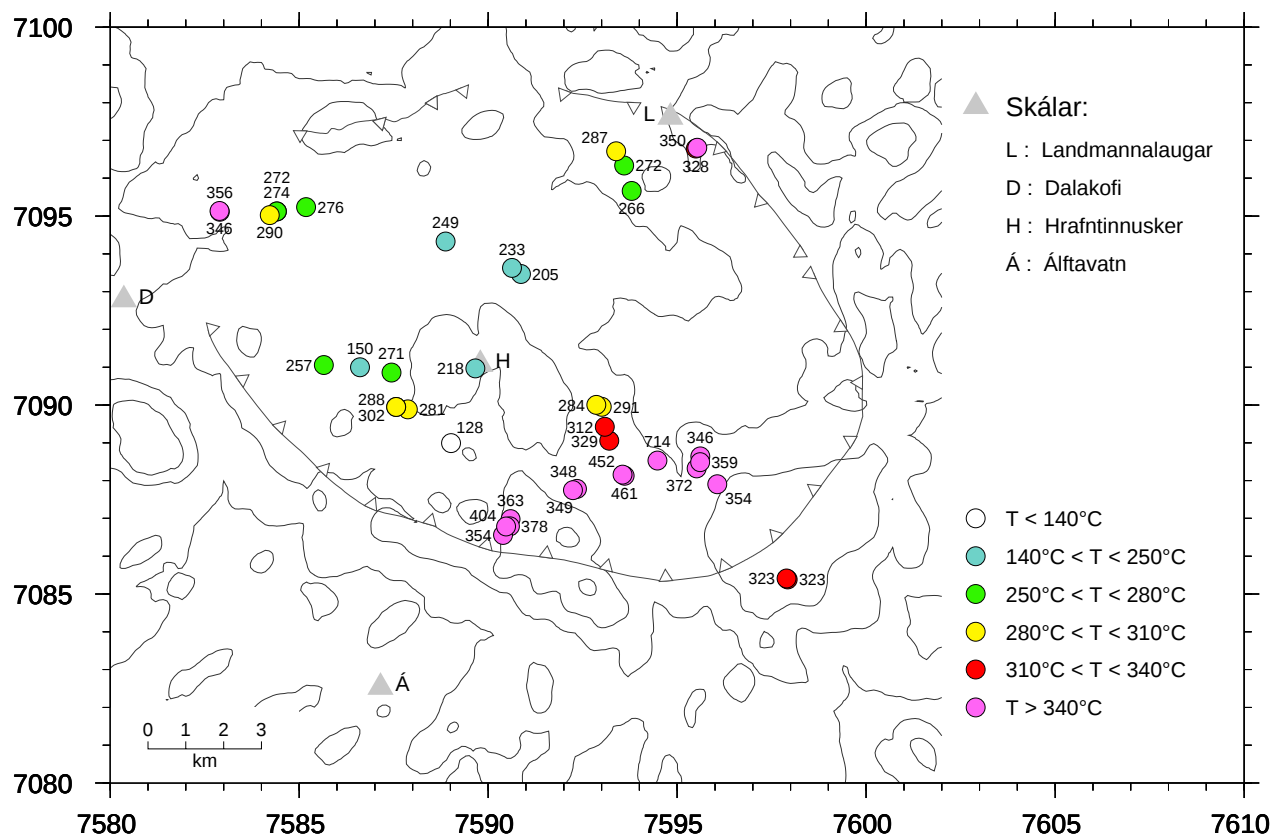
Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson, 1985: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>, og H<sub>2</sub>S/H<sub>2</sub>

Stefán Arnórsson, 1987: CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>

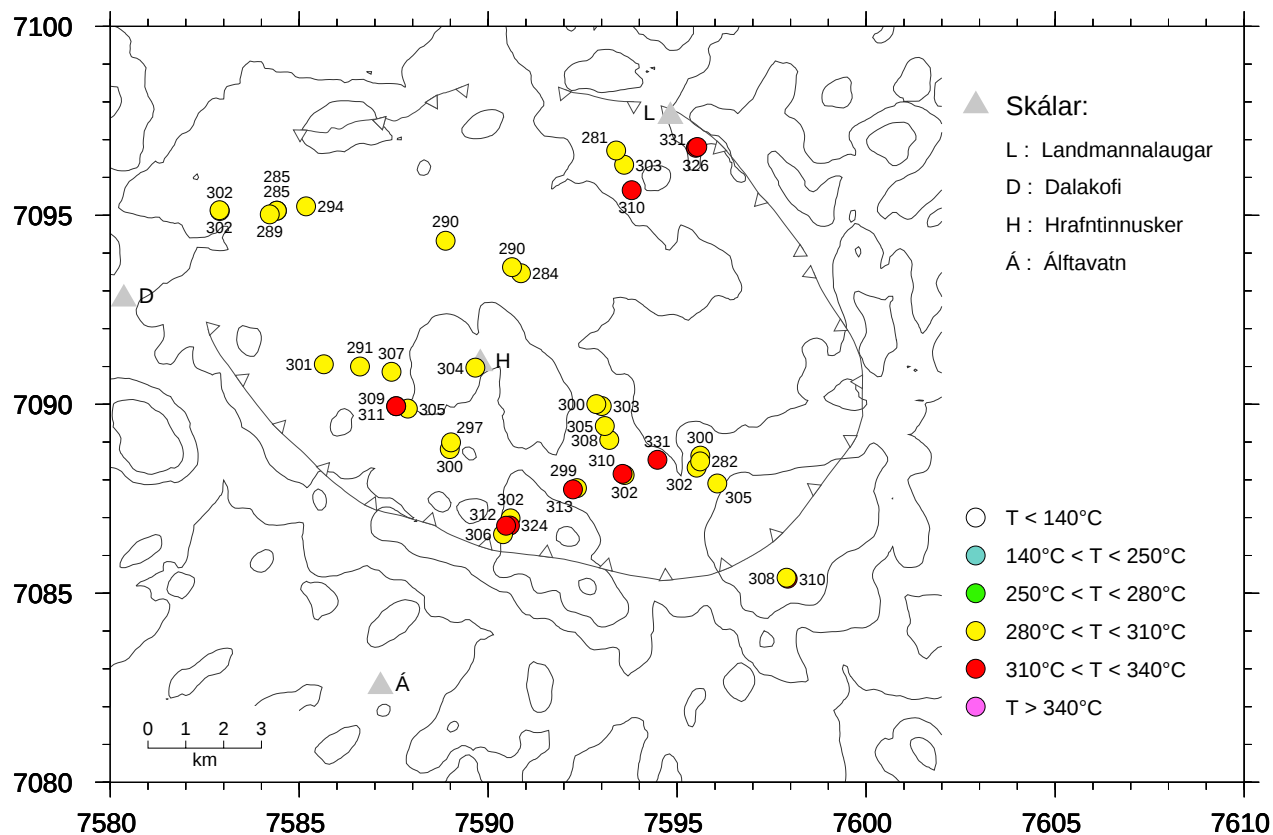
Giggenbach, 1991: CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>



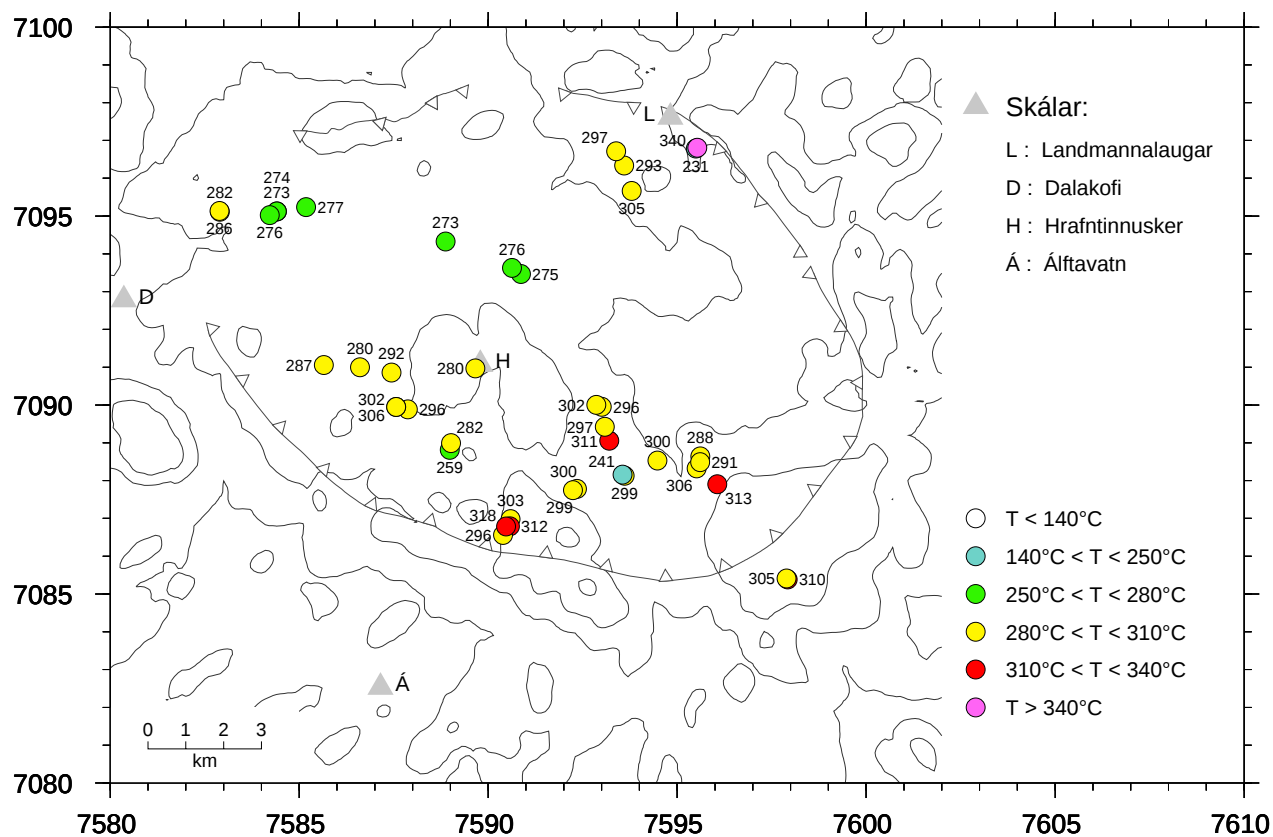
Mynd 16. Hlutfall köfnunarefnis við argon í jarðgufu



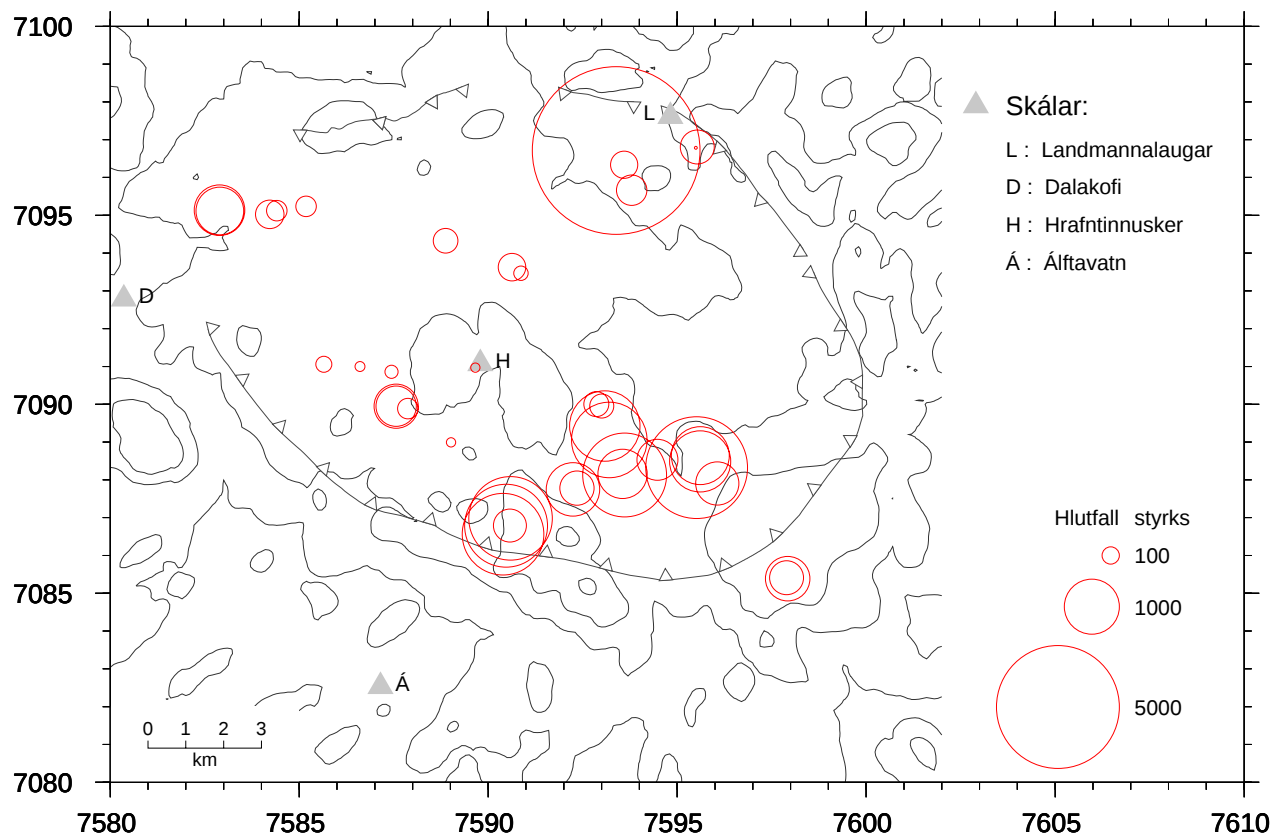
Mynd 17. Koldíoxíðhiti gufusýna



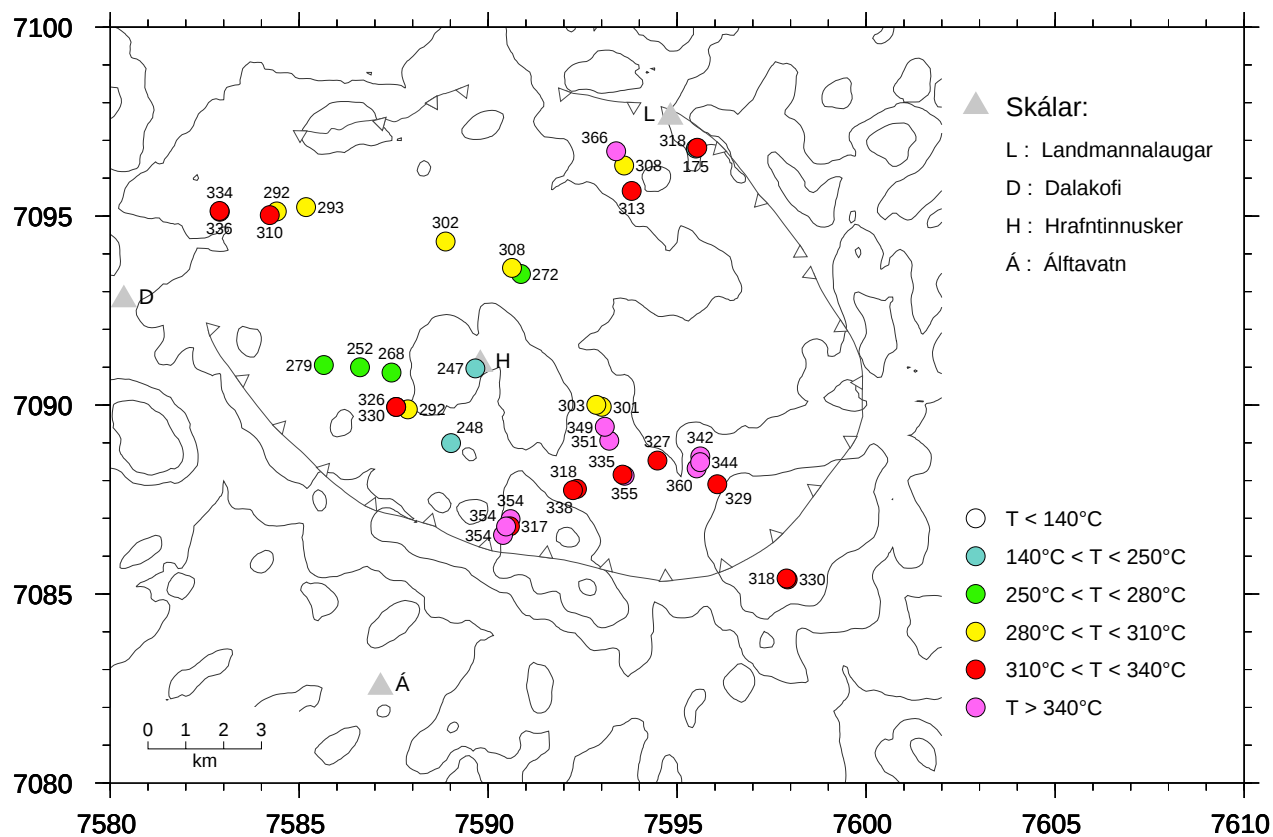
Mynd 18. Vetnishiti gufusýna



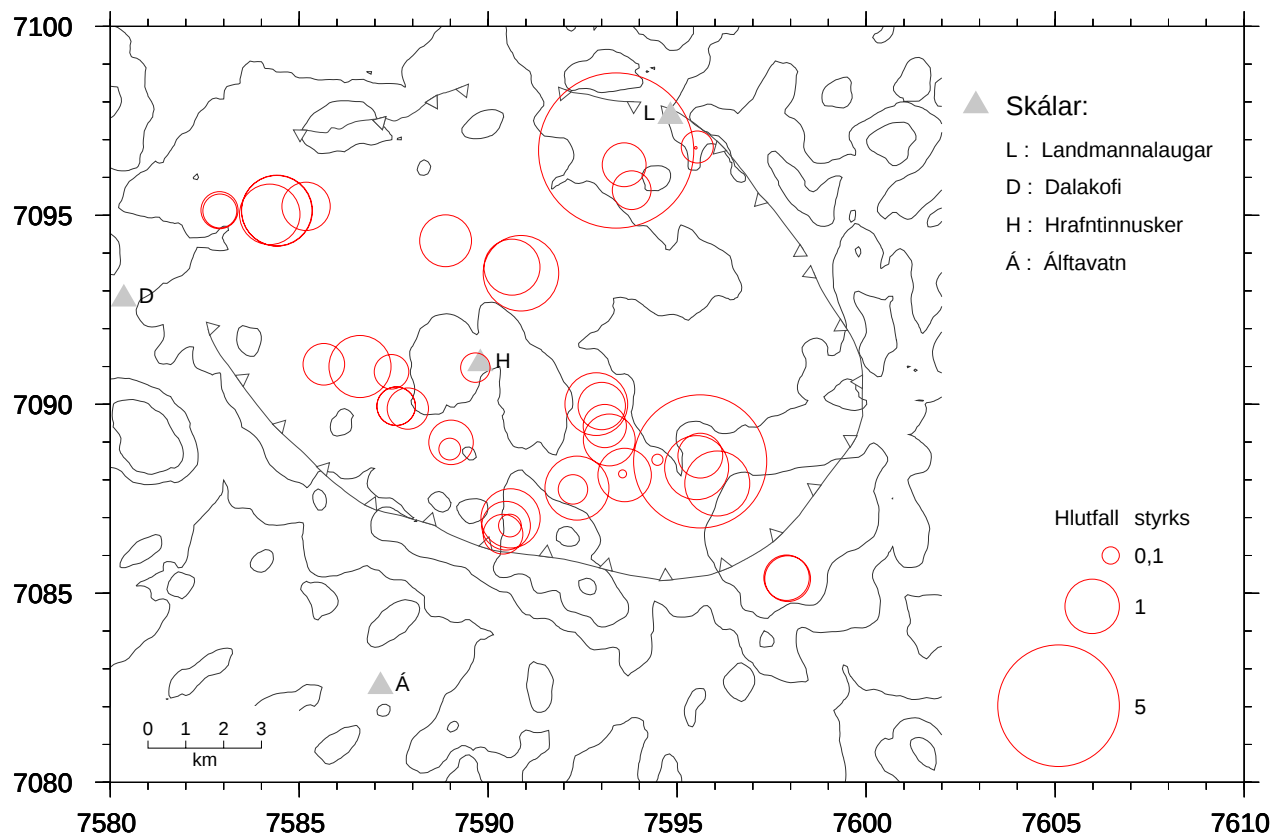
Mynd 19. Brennisteinsvetnishiti gufusýna



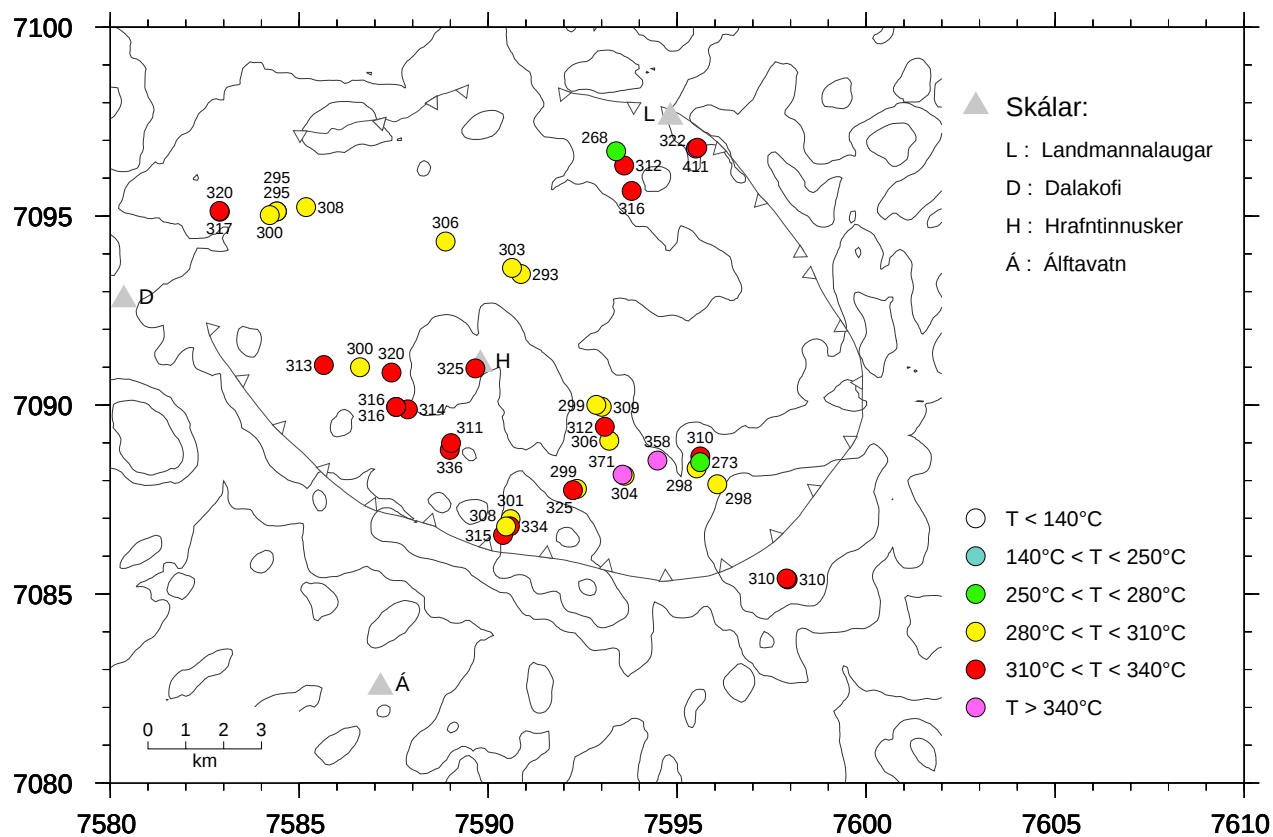
Mynd 20. Hlutfall koldíoxíðs við köfnunarefni í jarðgufu



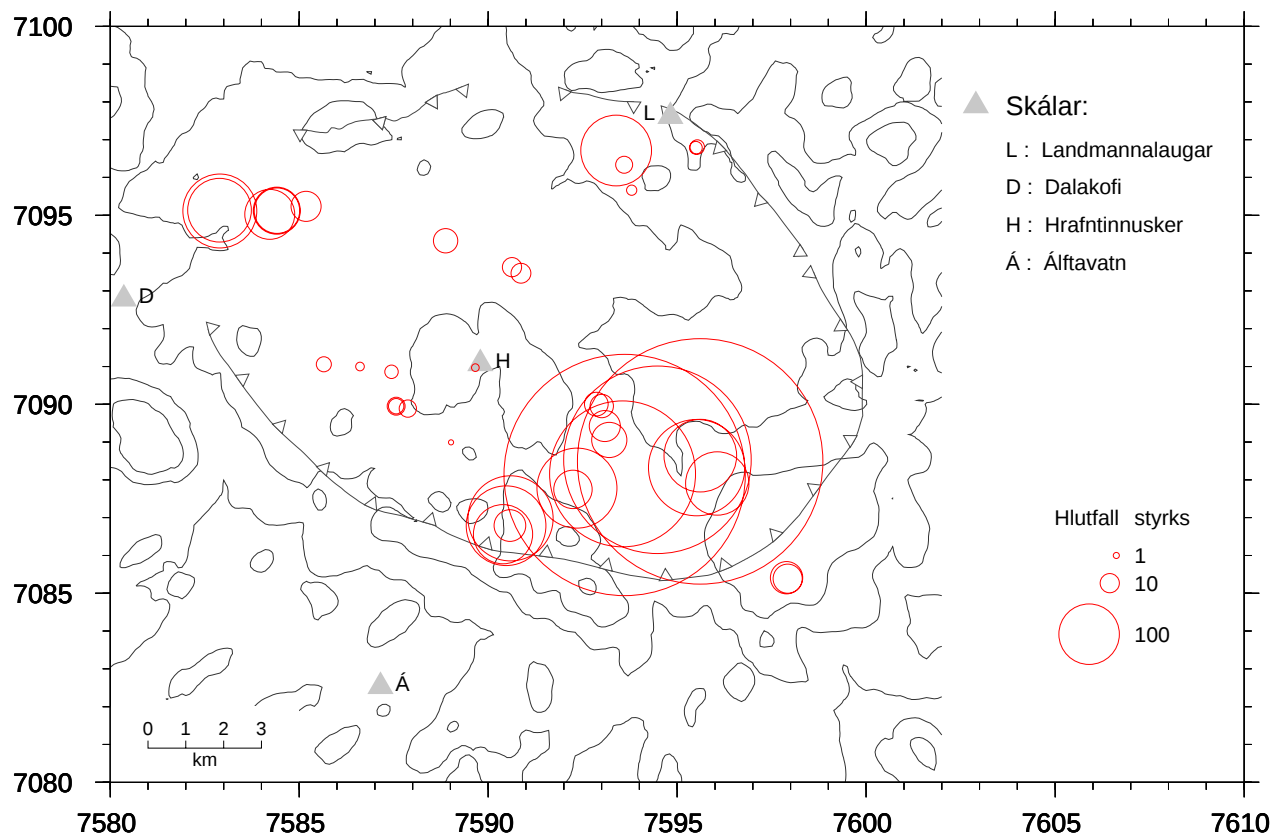
Mynd 21. Hlutfallshiti koldíoxíðs og köfnunarefnis



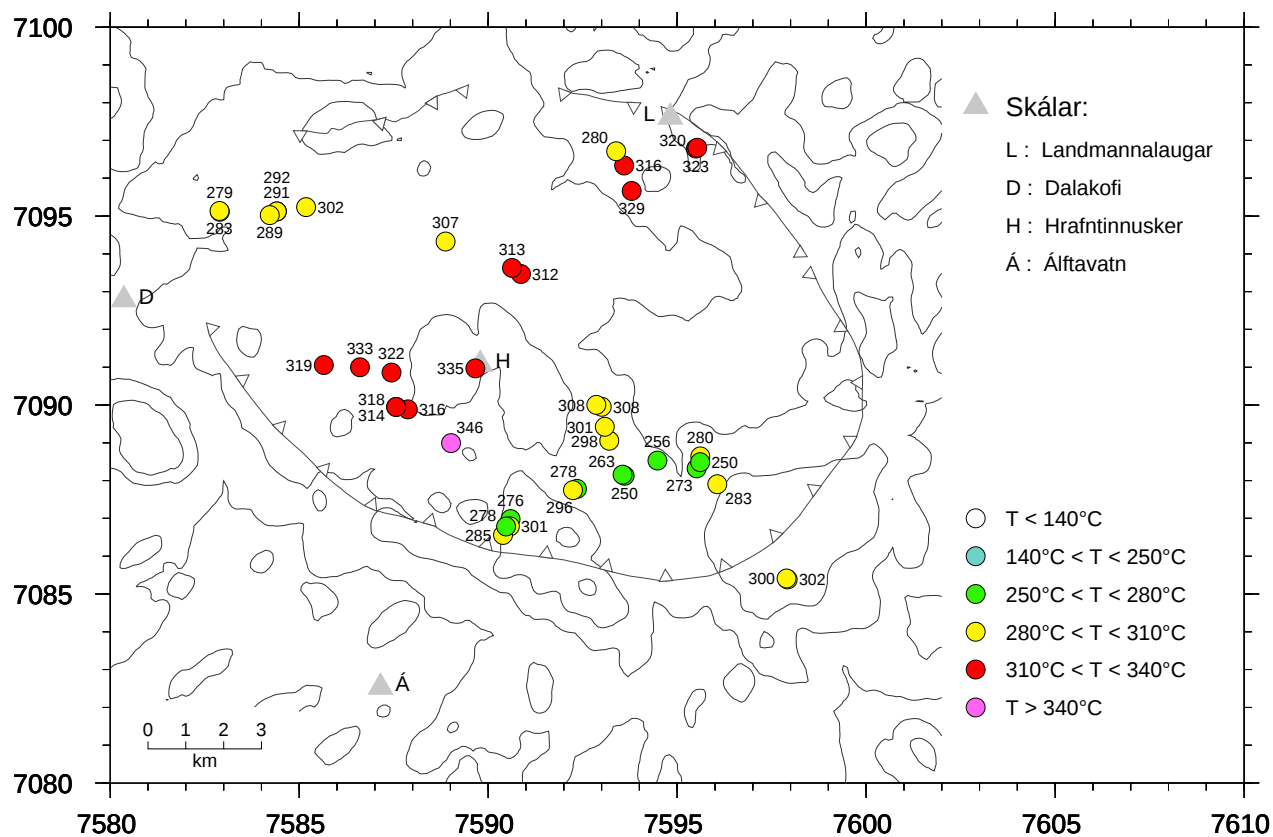
Mynd 22. Hlutfall brennisteinsvetnis við vetni í jarðgufu



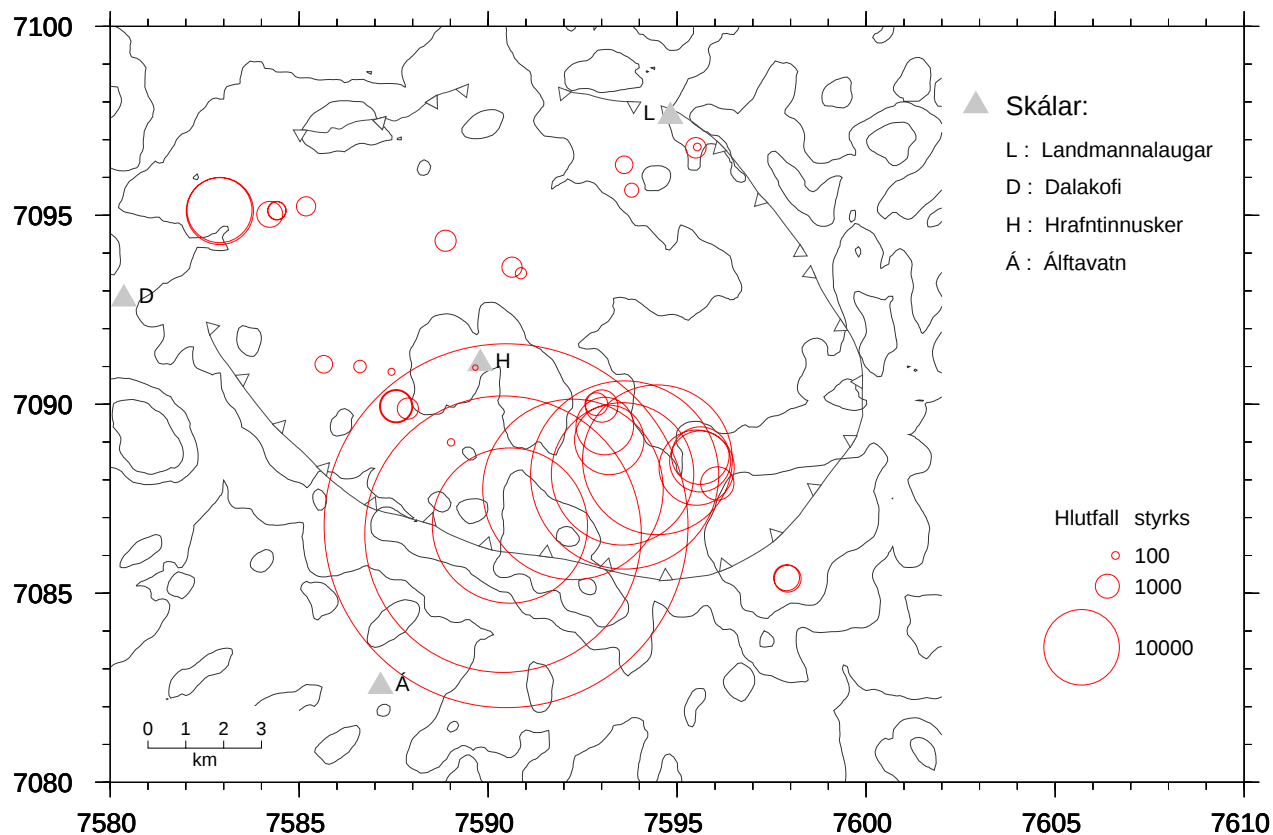
Mynd 23. Hlutfallshiti brennisteinsvetnis og vetnis



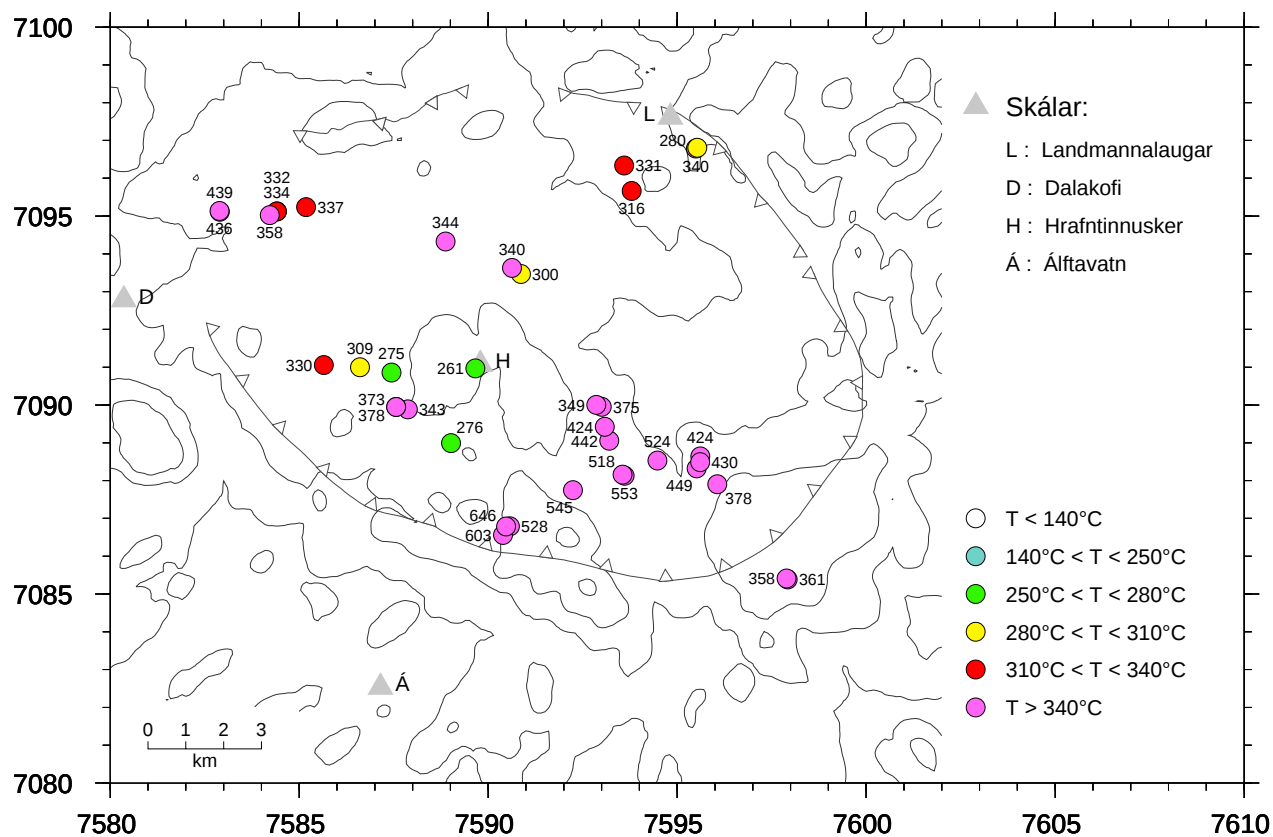
Mynd 24. Hlutfall koldíoxíðs við vetni í jarðgufu



Mynd 25. Hlutfallshiti koldíoxíðs og vetnis



Mynd 26. Hlutfall koldíoxíðs við metan í jarðgufu



Mynd 27. Hlutfallshiti metans og koldíoxíðs

Tafla 5. Styrkur ýmissa efna í sýnum úr gufuaugum og pönnum.

| Staðarheiti                 | Númer     | Gufa    |      |      |                 |     | Gufa     |                   | Þéttivatn |                   |
|-----------------------------|-----------|---------|------|------|-----------------|-----|----------|-------------------|-----------|-------------------|
|                             |           | B       | Na   | Cl   | SO <sub>4</sub> | Hg  | δD       | δ <sup>18</sup> O | δD        | δ <sup>18</sup> O |
|                             |           | (mg/kg) |      |      |                 |     | (‰ SMOW) |                   | (‰ SMOW)  |                   |
|                             |           |         |      |      |                 |     |          |                   |           |                   |
| Lækjarbakki                 | 1994-0173 | <0,03   | 0,02 | 0,18 | 7,54            | 300 | -79,9    | -11,31            | -         | -                 |
| Suðusíkið stóra             | 1994-0174 | <0,03   | 0,02 | 0,12 | 5,59            | 300 | -83,8    | -11,95            | -         | -                 |
| Ginnungagap                 | 1994-0175 | <0,03   | 0,18 | 0,36 | 6,98            | 250 | -84,6    | -13,02            | -         | -                 |
| Auga í Límbrekku            | 1994-0176 | <0,03   | 0,09 | 0,24 | 6,57            | 300 | -89,2    | -14,74            | -         | -                 |
| Auga austan Skeifugarnar    | 1994-0177 | 0,03    | 0,02 | 0,15 | 5,90            | 600 | -82,2    | -13,14            | -         | -                 |
| Skálagilshver               | 1994-0178 | <0,03   | 0,33 | 0,43 | 6,20            | 300 | -82,4    | -13,72            | -         | -                 |
| Fífuhvammur, panna          | 1994-0179 | <0,03   | 4,60 | 0,33 | 5,86            | 200 | -67,8    | -9,22             | -         | -                 |
| Fífuhvammur, auga           | 1994-0180 | <0,03   | 0,12 | 0,14 | 5,64            | 120 | -74,8    | -10,41            | -         | -                 |
| Kjallari við Laugaveg, auga | 1994-0181 | <0,03   | 0,09 | 0,15 | 6,13            | 60  | -75,4    | -11,12            | -         | -                 |
| Postulínsgil                | 1994-0184 | <0,03   | 0,03 | 0,10 | 3,75            | 130 | -75,1    | -11,88            | -         | -                 |
| Auga undir hvolfþaki        | 1995-0139 | 0,045   | 0,06 | 0,51 | 0,91            | 210 | -98,8    | -15,83            | -         | -                 |
| Vindauga                    | 1995-0140 | 0,065   | 0,04 | 0,76 | 0,53            | 120 | -96,8    | -15,44            | -         | -                 |
| Gullauga                    | 1995-0141 | <0,03   | 0,21 | 0,23 | 0,68            | 170 | -85,1    | -17,70            | -         | -                 |
| Mosþúfa                     | 1995-0142 | <0,03   | 1,58 | 0,16 | 0,58            | 210 | -95,3    | -16,86            | -         | -                 |
| Auga Kolbrúnar              | 1995-0151 | <0,03   | 0,10 | 0,15 | 0,80            | 130 | -85,7    | -13,64            | -         | -                 |
| Hvíta pannan                | 1995-0152 | <0,03   | 0,04 | 0,09 | 1,83            | -   | -89,3    | -13,48            | -         | -                 |
| Auga í Ljósubrekku          | 1995-0154 | 0,51    | 1,27 | 0,16 | 0,51            | 150 | -79,9    | -12,86            | -         | -                 |
| Rautt og svart              | 1995-0155 | -       | 291  | -    | 0,70            | 60  | -90,1    | -12,69            | -         | -                 |
| Eimreið                     | 1995-0156 | 0,06    | 3,20 | 0,17 | 0,39            | 50  | -75,1    | -9,27             | -         | -                 |
| Kringill                    | 1995-0157 | <0,03   | 0,45 | 0,15 | 0,60            | 80  | -83,4    | -12,19            | -         | -                 |
| Gilbúi                      | 1995-0158 | <0,03   | 0,14 | 0,17 | 0,31            | 70  | -88,7    | -13,57            | -         | -                 |
| Hvínandi                    | 1995-0159 | <0,03   | 0,08 | 0,15 | 1,22            | 110 | -82,6    | -12,02            | -         | -                 |
| Hvínandi                    | 1997-0607 | <0,03   | 80,3 | 0,33 | 2,42            | 20  | -87,9    | -13,29            | -         | -                 |
| Glókollur                   | 1995-0163 | <0,03   | 0,15 | 0,18 | 0,48            | 20  | -80,4    | -12,16            | -         | -                 |
| Belgingur                   | 1995-0166 | 0,08    | 8,24 | 0,25 | 0,41            | 30  | -76,6    | -11,68            | -         | -                 |
| Glóðarauga                  | 1996-0209 | <0,03   | 0,20 | 0,10 | 1,90            | 60  | -82,3    | -12,99            | -         | -                 |
| Járnbraut                   | 1996-0210 | <0,03   | 0,73 | 0,13 | 1,01            | 40  | -74,4    | -10,73            | -         | -                 |
| Hallinkjammi                | 1996-0211 | <0,03   | 0,04 | 0,03 | 1,12            | 150 | -93,6    | -15,55            | -         | -                 |
| Stallpanna                  | 1996-0212 | <0,03   | 0,02 | 0,03 | 0,96            | -   | -83,5    | -14,17            | -57,4     | -7,62             |
| Grasker                     | 1996-0214 | <0,03   | 0,05 | 0,04 | 2,59            | 100 | -78,2    | -11,47            | -55,6     | -5,44             |
| Gilkollur                   | 1996-0249 | <0,03   | 0,47 | 0,13 | 2,22            | 80  | -82,2    | -12,31            | -         | -                 |
| Rauðablástur                | 1997-0606 | <0,03   | 1,38 | 0,22 | 1,07            | 20  | -73,6    | -11,11            | -         | -                 |
| Auga á Vöglum               | 1997-0608 | <0,03   | 0,36 | 0,42 | 1,25            | 50  | -77,2    | -12,05            | -         | -                 |
| Grábjarnargin               | 1997-0609 | 0,04    | 0,19 | 0,18 | 0,65            | 90  | -89,1    | -14,06            | -         | -                 |
| Fílsauga                    | 1997-0610 | 0,03    | 113  | 0,47 | 2,28            | 50  |          | -12,11            | -         | -                 |
| Silfurker                   | 1997-0612 | 0,03    | 0,37 | 0,17 | 1,43            | 30  | -97,6    | -13,47            | -         | -                 |
| Brúnaþung                   | 1997-0613 | <0,03   | 18,0 | 0,27 | 0,74            | 40  | -90,7    | -13,32            | -         | -                 |
| Urðargeil                   | 1997-0614 | <0,03   | 2,36 | 0,27 | 1,04            | 100 |          | -13,38            | -         | -                 |
| Gullinglyrna                | 1997-0615 | <0,03   | 0,60 | 0,31 | 28,6            | 80  | -111,0   | -15,29            | -         | -                 |
| Branda                      | 1997-0616 | <0,03   | 0,60 | 0,13 | 4,03            | 170 | -111,4   | -16,74            | -         | -                 |
| Gullbrá                     | 1997-0671 | 0,04    | 0,12 | 0,13 | 0,99            | 140 | -85,2    | -12,48            | -         | -                 |
| Brekkubúi                   | 1997-0674 | 0,04    | 0,47 | 0,11 | 1,04            | 90  | -103,6   | -19,13            | -         | -                 |

### 5.3 Önnur efni í gufu

Styrkur nokkurra efna í gufu annarra en lofttegunda var ákvarðaður, og sýnir tafla 5 niðurstöður. Verður nú stuttlega gerð grein fyrir hverju efni um sig.

Styrkur klóríðs í gufu mældist á bilinu 0,03–0,76 mg/kg, en í tveimur sýnum af hverjum þremur reyndist hann milli 0,10 og 0,30 mg/kg. Eins og mynd 28 sýnir er klóríð fremur jafndreift um svæðið, og ekki sérstakt mynstur að sjá. Ekki mældist meira klóríð í gufu í nágrenni Landmannalauga en annars staðar, enda þótt styrkur klóríðs í vatnshverum sé talsvert mikill þar. Ekki virðist heldur fylgni milli hitavísbendinga og klóríðs í gufu.

Ef brennisteinsvetni í jarðguflu kemst í snertingu við súrefni, hvort heldur beint úr andrúmslofti ellegar uppleyst í grunnvatni eða snjóbráð, oxast brennisteinninn. Við hvarfið geta myndast ýmis efni, t.d. sulfat, þíósulfat, tetraþíonat og óbundinn brennisteinn. Efnahvörfin eru flókin, og fer hlutfall myndefna eftir aðstæðum í hvert sinn, svo sem sýrustigi, súrefnisstyrk og hita.

Styrkur sulfats í gufusýnunum spannar mikið bil, allt frá 0,31 mg/kg upp í 28,6 mg/kg. Langmest sulfat mældist í sýni úr Gullinglyrnu, en hún er í kjafti Brandsgils, skammt suðaustan Landmannalauga. Gufuauga þetta, sem er fremur kraftlítið, er í óþétu og ummynduðu molabergi, og má ætla að súrefni hafi síast inn í klettastandinn og oxað þar brennisteinsvetni. Til vitnis um þetta er allmikil útfelling brennisteins í auganu.

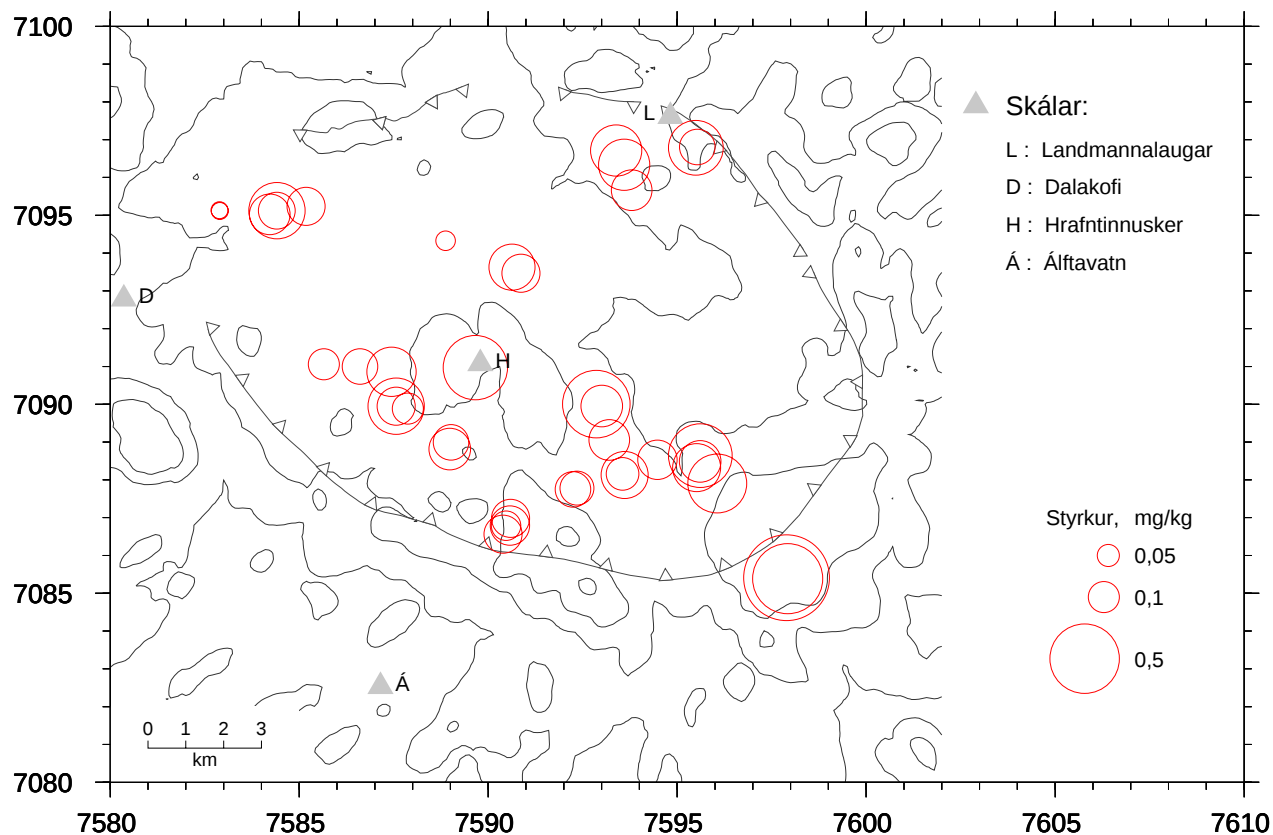
Dreifing sulfatstyrks í gufu er sýnd á mynd 29. Augljóst mynstur er ekki að finna. Á hinn bóginn vekur athygli að nær öll hæstu gildin skuli koma fram í sýnum frá hausti 1994. Næstu þrjú árin mældist minna sulfat í gufu úr öllum gufuaugum, að Gullinglyrnu og Bröndu frátöldum. Á þessum mun þykir sú skýring líklegust, að oxun hafi verið meiri haustið 1994 en síðar, enda var þá miklum mun meiri snjór á svæðinu en hin seinni haust, og grunnvatnsstaða augljóslega hærri, enda snjóbráð ennþá talsverð því veður var gott, en því var ekki að heilsa seinni haustin þrjú.

Styrkur natríums reyndist lítill í þorra gufusýna. Dreifing hans fylgir ekki reglu, að séð verði. Í fáeinum sýnum greindist þó geysimikið natríum, og eru þau frávik vandskýrð á annan hátt en sem mengun af völdum rammrar vítissódalausnar sem höfð er um hönd við söfnun gufusýna. Ekki er ástæða til að fjölyrða frekar um þennan efnabátt.

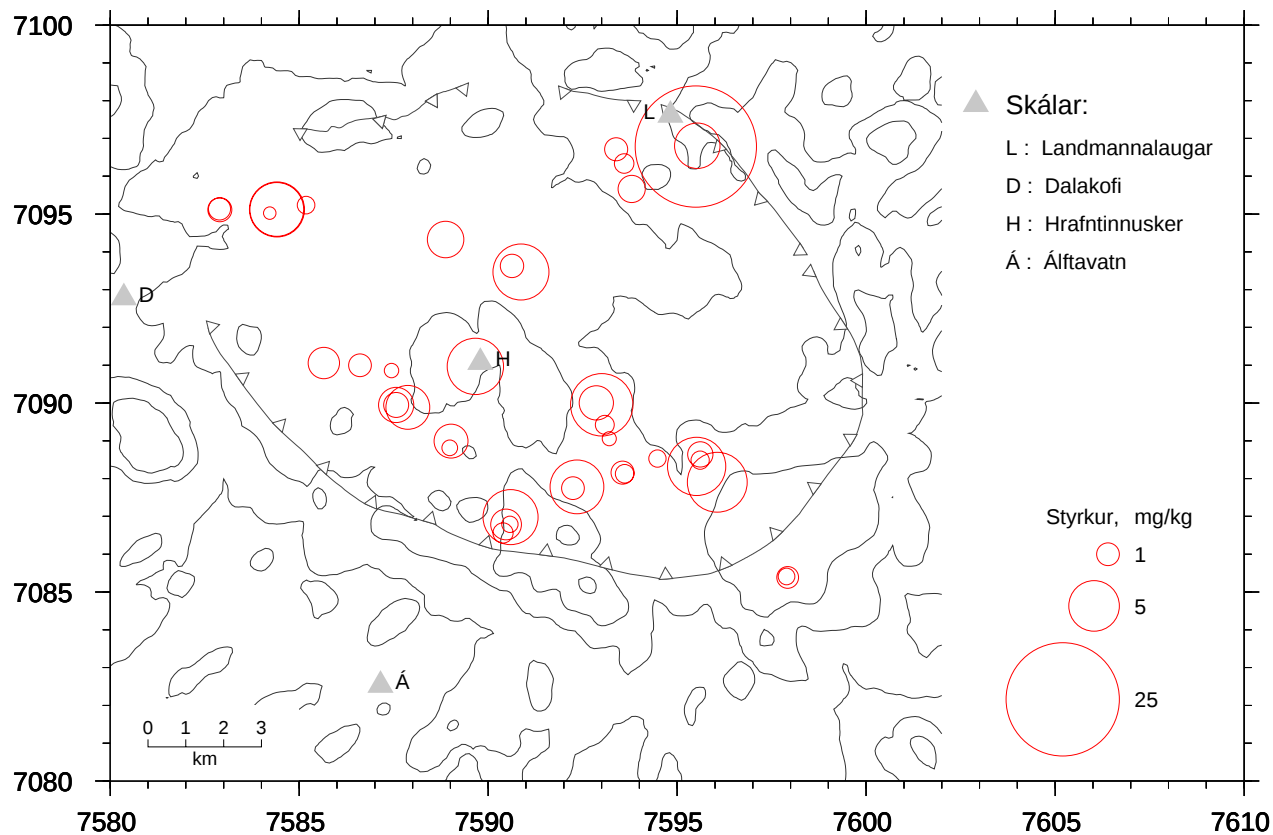
Eimþrýstingur bórsýru yfir vatnslausn vex ört með hita, og því er bór í gufu gjarnan talinn vísbending um háan hita í jörðu. Í flestum gufusýnanna mældist vottur af bór, en víðast reyndist styrkur hans neðan 0,03 mg/kg, sem eru mörk magnbundinnar greiningar. Eins og sjá má á mynd 30 eru sýni sem ná þessum styrk nær öll úr gufuaugum á suður- og suðausturhluta svæðisins, en þar mældist bórinn mest 0,51 mg/kg. Á þeim slóðum er einmitt einnig að finna aðrar vísbendingar um háan hita.

Suðumark kvikasilfurs er aðeins 357 °C, enda er eimþrýstingur þess umtalsverður ofan við 200 °C, og vex ört með hita. Styrkur málsins í gufu hefur því verið notaður til að kortleggja útbreiðslu jarðhita.

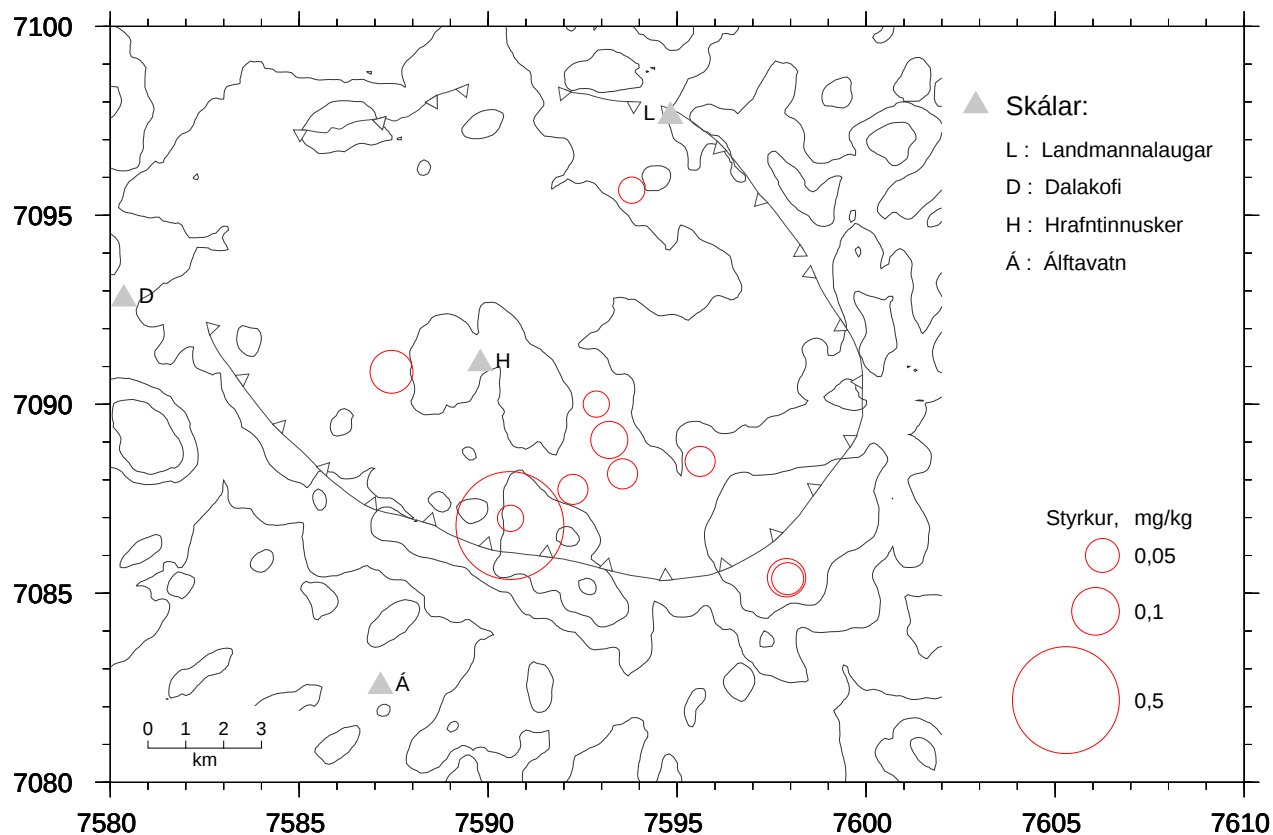
Styrkur kvikasilfurs í gufu í Torfajökli mældist minnstur 20 ng/kg, en mestur 600 ng/kg. Minnst er af kvikasilfri á margnefndri rein milli Landmannalauga og Hrafninnuskers, ef frá er talinn Skálagilshver, sem er gufuauga hjá skála Ferðafélags Íslands við Hrafninnusker. Mest er kvikasilfrið hins vegar á suður- og suðausturhluta svæðisins, á áður nefndum boga norðan Kaldaklofsfjalla. Mynd 31 sýnir þessa dreifingu.



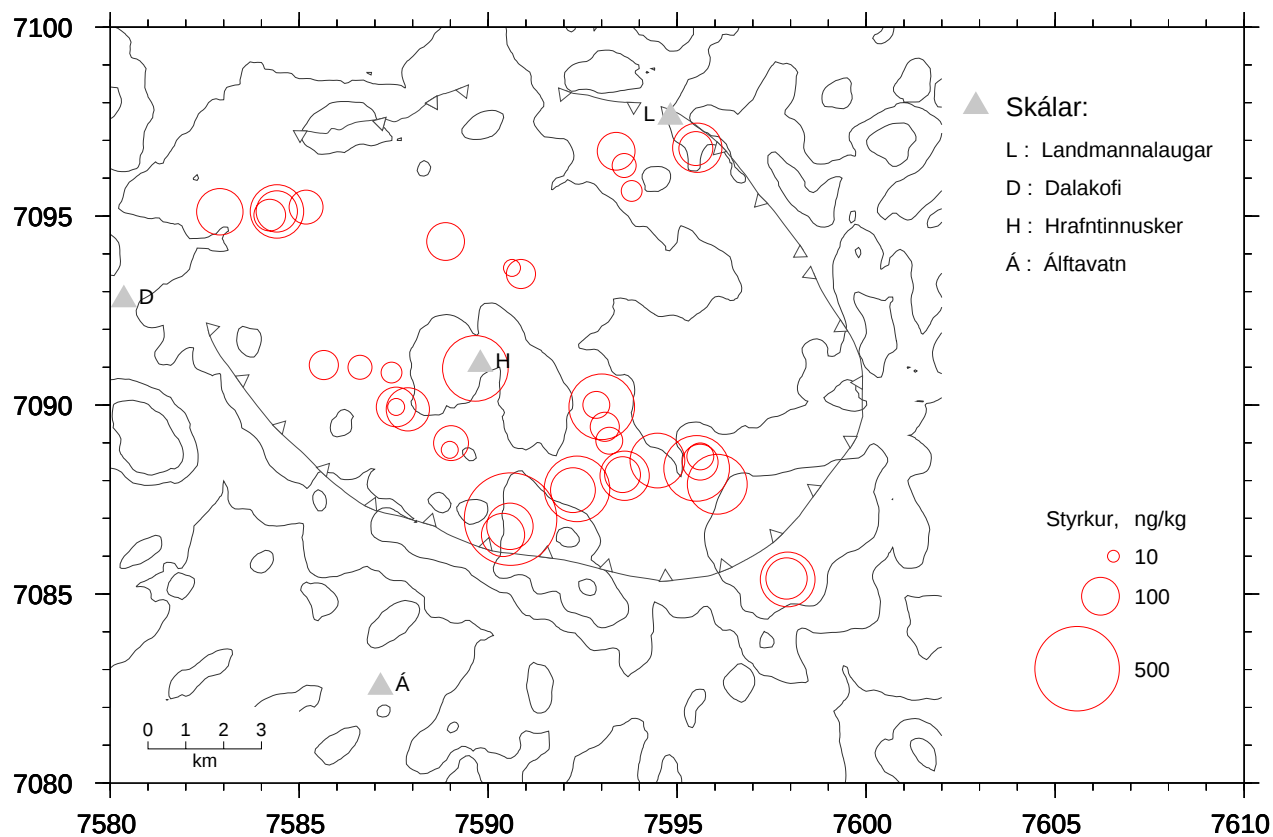
Mynd 28. Styrkur klóríðs í jarðgufu



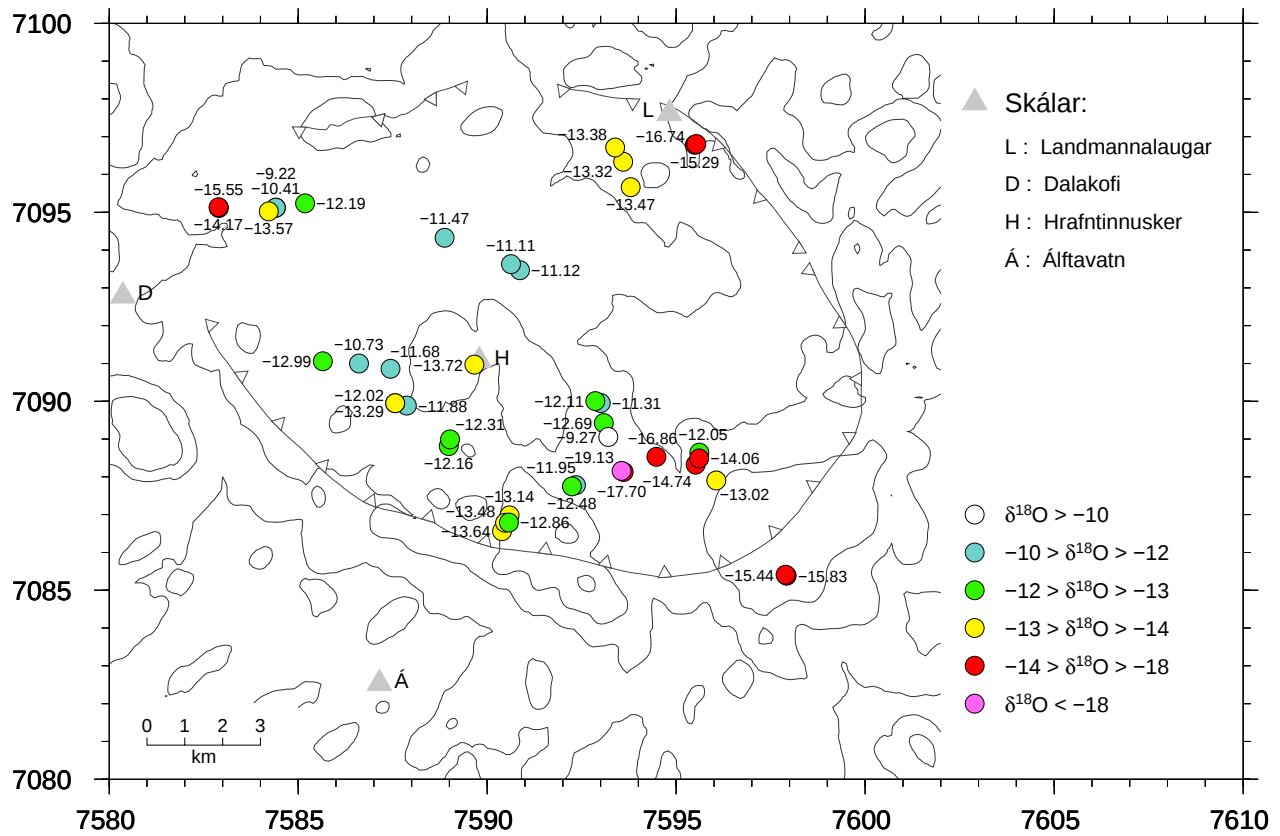
Mynd 29. Styrkur súlfats í jarðgufu



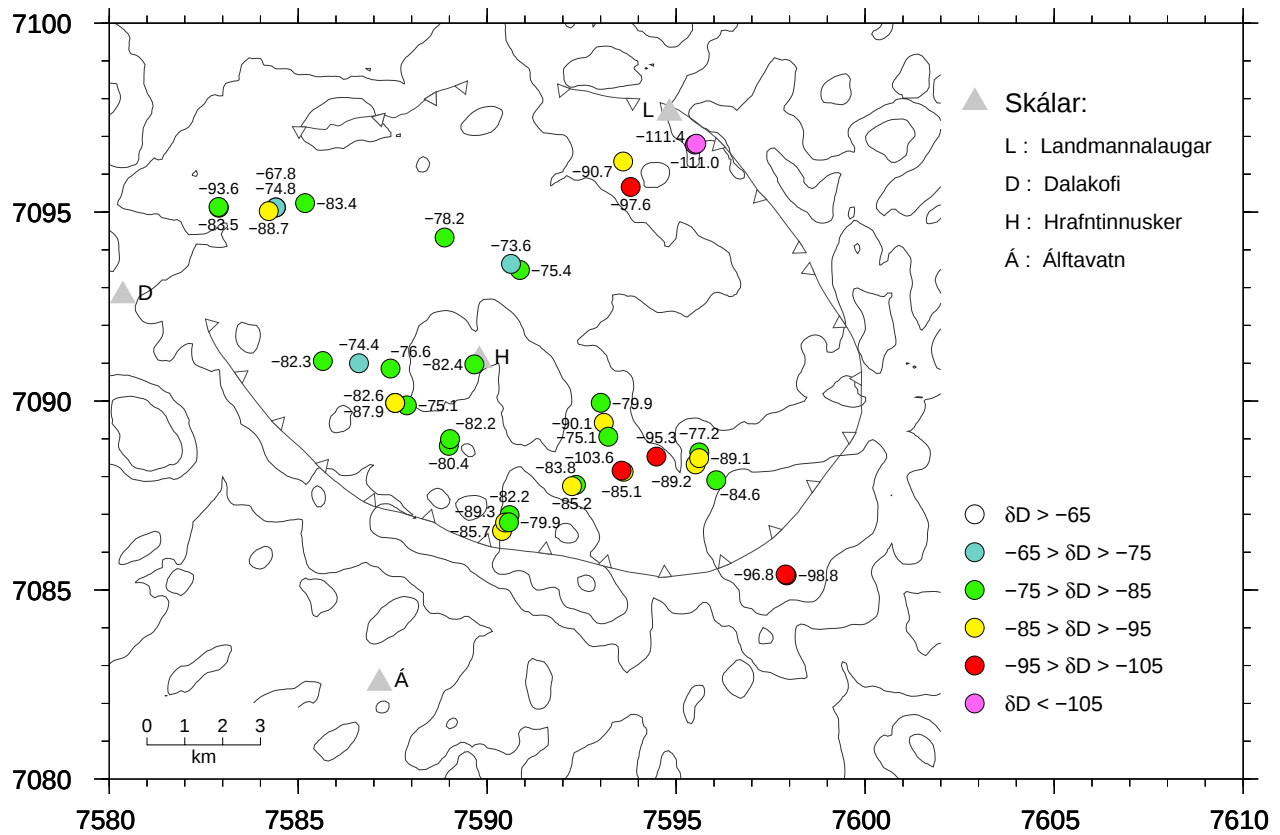
Mynd 30. Styrkur bórs í jarðgufu



Mynd 31. Styrkur kvikasilfurs í jarðgufu



Mynd 32. Samsætuhlutfall súrefnis í jarðgufu



Mynd 33. Samsætuhlutfall vetnis í jarðgufu

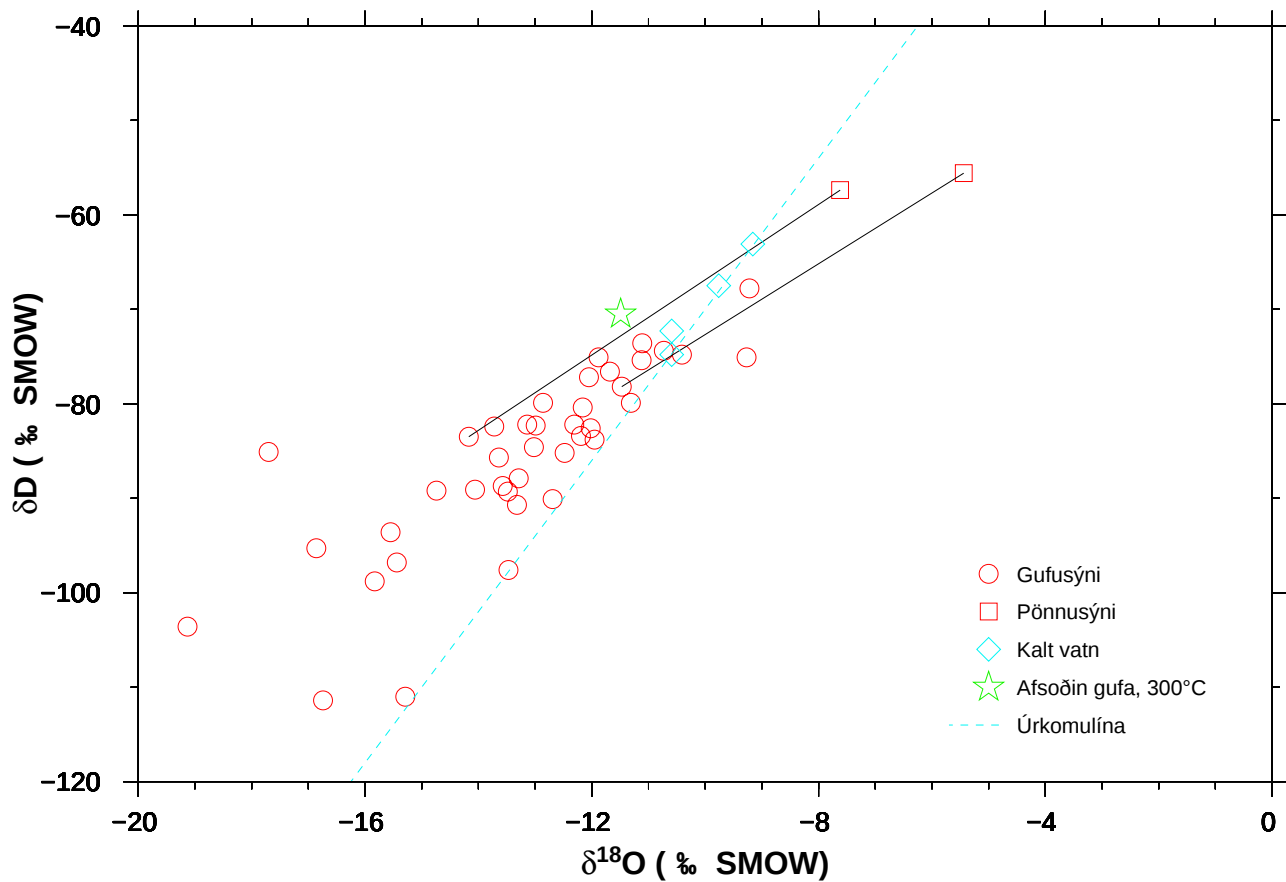
#### 5.4 Samsætuhlutföll í gufu

Samsætuhlutföll vetnis og súrefnis voru ákvörðuð í öllum gufusýnum, og eru mæligildin skráð í töflu 5, í þriðja og fjórða dálki að aftan. Hlutfall  $^{18}\text{O}$  við  $^{16}\text{O}$ , táknað með  $\delta^{18}\text{O}$ , spannar bilið frá  $-9,22\text{‰}$  niður í  $-19,13\text{‰}$ , en hlutfall  $^2\text{H}$  við  $^1\text{H}$ , táknað sem  $\delta\text{D}$ , mælist frá  $-67,8\text{‰}$  niður í  $-111,4\text{‰}$ . Bæði hlutföllin eru talin sem frávik frá staðalsjó (SMOW) og mæld í þúsundustu hlutum. Í tveimur öftustu dálkum töflunnar er að finna samsætuhlutföll í sýnum þéttivatns, sem tekin voru af pönnum þar sem gufusýnum var einnig safnað.

Mynd 32 sýnir hvernig samsætuhlutfall súrefnis dreifist um svæðið, en mynd 33 sýnir dreifingu tvívetnisins. Þegar rýnt er í myndirnar sýnist votta fyrir kunnuglegu mynstri, þótt ekki verði sagt að þeir drættir séu glöggir. Þannig virðist sem flest lægstu gildi beggja hlutfalla mælist við Landmannalaugar, á suðausturjaðri svæðisins og vestast í Reykjadölum. Þorra hæstu gildanna er hins vegar að finna í gufuaugum í nágrenni Hrafninnuskers. Þótt þetta mynstur samsætuhlutfallanna komi að vísu heim við útbreiðslu gass og kvikasilfurs í gufu, verða ekki dregnar sérstakar ályktanir af því hér, enda ekki augljóst hvers vegna „léttasta“ gufan ætti að fylgja hæstum hita.

Vetnishlutfallið er dregið á móti súrefnishlutfallinu á mynd 34. Rauðu hringirnir tákna gufusýni, en rauðu feringarnir sýni þéttivatns af pönnum. Sýni þéttivatns og gufu af sömu pönnu eru tengd með striki. Bláu tíglarnir á mynd 34 tákna sýni af köldu vatni og snjó, en samsætuhlutföll þeirra eru væntanlega svipuð og samsætuhlutföll úrkomu í grennd. Úrkomulína heimsins (Craig, 1961), sem svo er kölluð, er sýnd með bláum strikum. Hún lýsir sambandi  $\delta\text{D}$  og  $\delta^{18}\text{O}$  í úrkomu víða um heim. Bláu tíglarnir falla á þessa línu að kalla má, og kemur það ekki á óvart.

Lækur sunnan Háuhvera fellur úr a.m.k. 900 m hæð yfir sjó, eða þar um bil, en sýni úr honum var tekið í u.þ.b. 850 m hæð. Sýni úr Á í Kaldaklofi var safnað í tæplega 700 m hæð, en þorri vatns hennar virtist þó leggjast til ofan 800 m. Neðri tíglarnir tveir á mynd 34 sýna samsætuhlutföll þessara straumvatna. Sýnið úr Læk vestan Strútslaugar var tekið í liðlega 600 m hæð, en ekki er ljóst hvaðan það vatn muni komið. Líklegt er þó að það falli til í minni hæð en vatnið í Læk sunnan Háuhvera og Á í Kaldaklofi, enda er vetnishlutfall þess hærra. Munar þar  $7,3\text{‰}$ , sem svarar til nærri 400 m í hæð, ef mið er tekið af hæðarfylgni Braga Árnasonar (1976). Sýnið úr Læk vestan Strútslaugar er merkt með næstefsta tíglinum á myndinni. Samsætuhlutföll Fannar Kolbrúnar voru ennþá hærri, eins og efsti tígullinn sýnir, og var þó fönnin í 950 m hæð, þannig að búast hefði mátt við svipuðum hlutföllum og í Læk sunnan Háuhvera, og ekki hærri. Eftir á að hyggja er alls ekki víst að fönnin hafi gefið rétta mynd af úrkomu í grenndinni, enda var hún orðin gömul og staðin, og nokkuð sigin. Snjóbráð er „léttari“ en hjarnið sem eftir situr, og hækka því samsætuhlutföll þess eftir því sem meira þiðnar úr því. Af þessum ástæðum verður litið svo á, að neðri tíglarnir tveir á mynd 34 lýsi best samsætuhlutföllum úrkomunnar á hærri hluta jarðhitasvæðisins, þar sem þorra gufuaugnanna er að finna.



Mynd 34. Vensl samsætu hlutfalla vetnis og súrefnis í jarðgufu

Nær öll gufusýnin liggja vinstra megin við úrkomulínuna. Samsætu hlutföll þeirra eru lægri en hlutföll úrkomunnar; gufan er „léttari“ en úrkoman, eins og það er venjulega orðað. Fljótt á litið sýnist gufan því geta verið einhvers konar afsuða af úrkomuvatni.

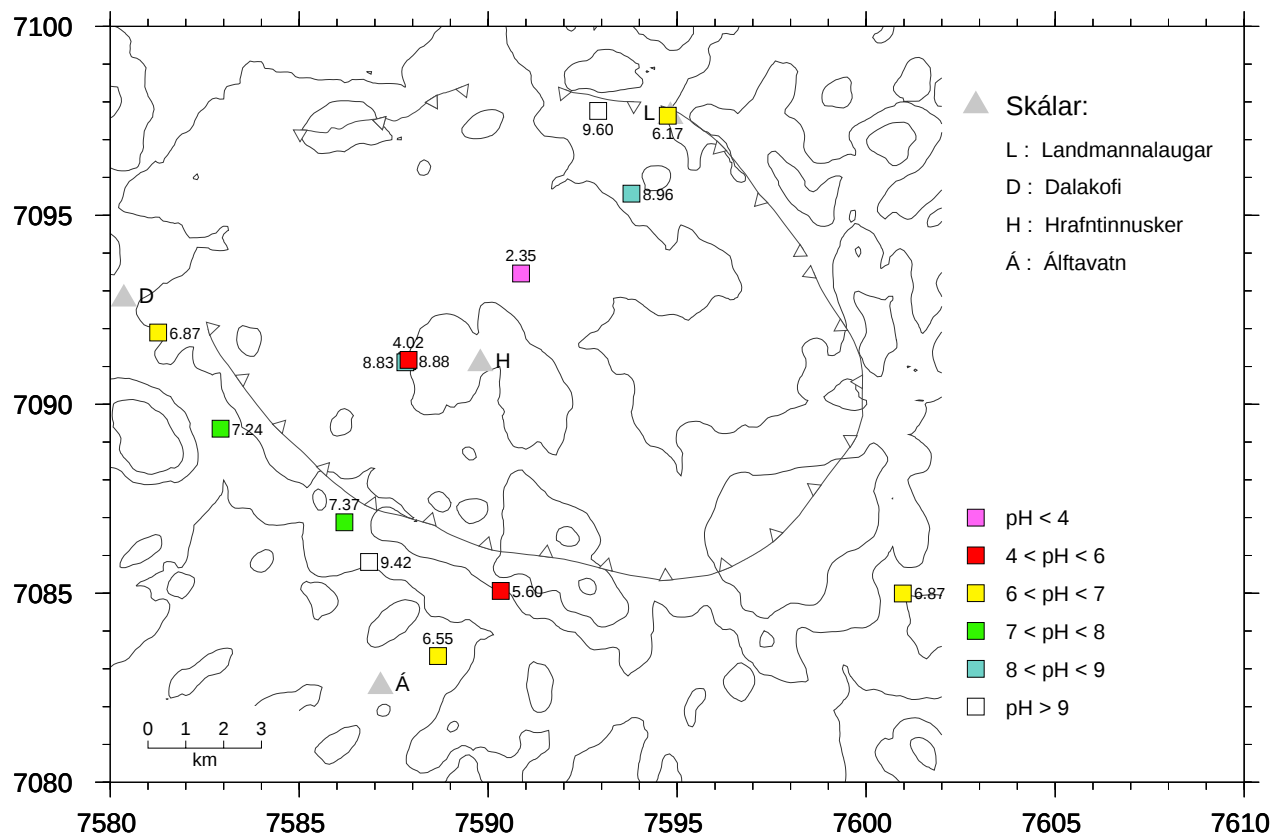
En hér er að fleiru að hyggja. Við ástandsbreytingar, uppgufun og þéttingu, ráðast samsætu hlutföll vatns og gufu m.a. af sérstöku jafnvægisstuðlum, einum fyrir hvora samsætu. Þessir stuðlar, sem táknaðir eru með  $\alpha_D$  og  $\alpha_{18O}$ , eru háðir hitastigi. Gildi beggja eru hæst við 0 °C, en lækka jafnt og þétt með hækkandi hita. Súrefnisstuðullinn er ávallt  $>1$ , en nálgast það gildi við háan hita. Þetta þýðir, að samsætu hlutföll súrefnis í jafnvægisblöndu vatns og gufu leita æ meir saman eftir því sem hiti hækkar, en samsætu hlutfallið er þó ávallt lægra í gufunni en í vatninu. Jafnvægisstuðull vetnisins lækkar örar með hækkandi hita en súrefnisstuðullinn, og nær gildinu 1 við 220 °C, eða þar um bil. Við þennan hita er samsætu hlutfall vetnis hið sama í vatni og gufu. Við hærri hita lækkar  $\alpha_D$  niður fyrir 1, og þá verður samsætu hlutfall vetnis herra í gufu en í vatni.

Sennilegt þykir, að uppruna vökvans í jarðhitakerfinu megi rekja til úrkomu þeirrar sem fellur á svæðið. Samsætu hlutfall vetnis í þorra sýna úr laugum og vatnshverum í Torfajökli er svipað og í úrkomunni, og verður nánar vikið að því í næsta kafla. Þá liggur meginhluti jarðhitasvæðisins 400–500 m hærra en landið umhverfis, og því líklegt að grunnvatnsstraumar falli fremur frá Torfajökulshálendinu en að því.

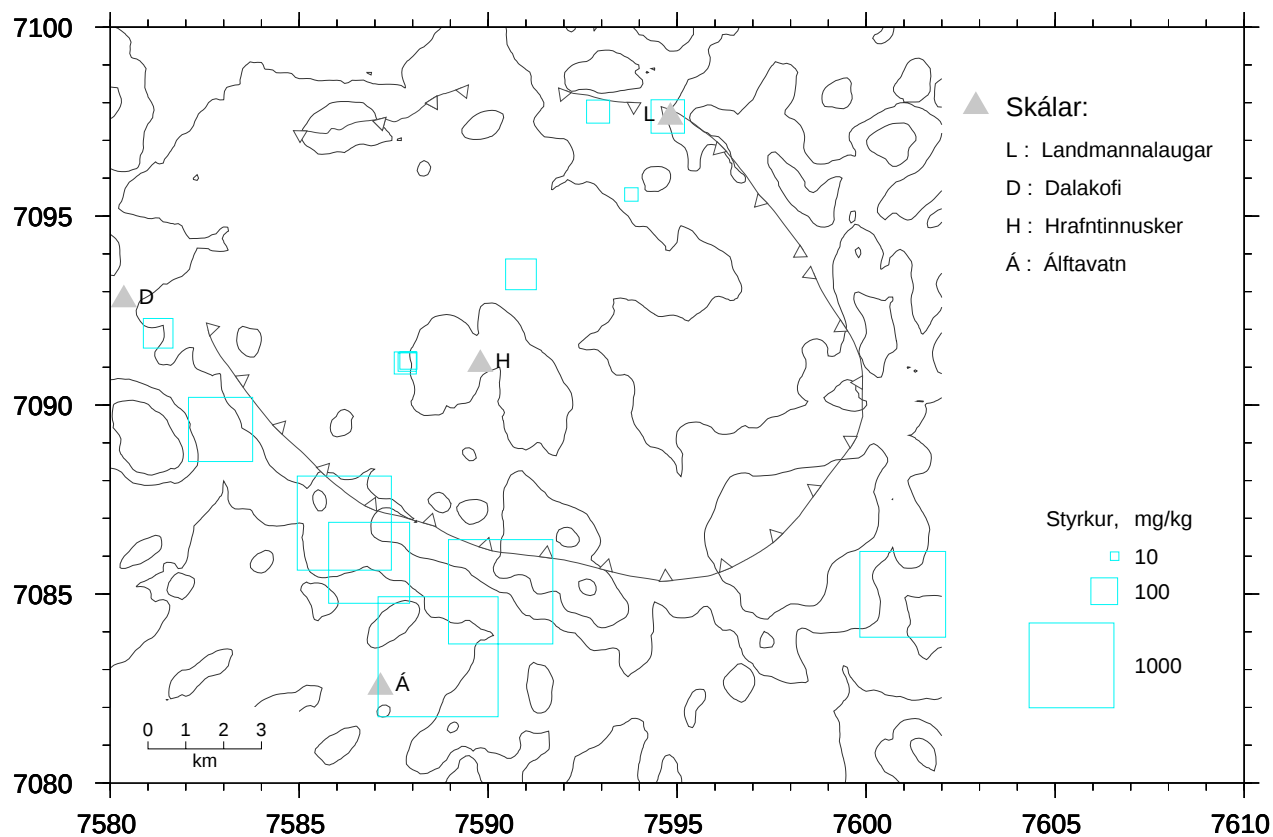
Sjóði gufa af vatni við  $300^{\circ}\text{C}$ , verður samsætuhlutfall vetnis  $4,3\text{‰}$  hærra í gufunni en vatninu, en samsætuhlutfall súrefnis hins vegar  $0,9\text{‰}$  lægra. Séu samsætuhlutföll í vatninu hin sömu og í Læk sunnan Háuhvera verður samsætuhlutfall vetnis í gufunni því  $-70,5\text{‰}$ , en súrefnis u.þ.b.  $-11,5\text{‰}$ . Hitinn  $300^{\circ}\text{C}$  er valinn með hliðsjón af gashitamælum.

Græna stjarnan á mynd 34 sýnir samsætuhlutföll þessarar gufu. Það má ljóst vera, að afsuða við  $300^{\circ}\text{C}$ , eins og að ofan er lýst, getur ekki ein saman skýrt dreifingu samsætuhlutfalla gufusýnanna á myndinni. Raunar er torvelt að sjá, að gufunar- og þéttingarferli við háan hita geti yfirleitt skýrt þetta mynstur. Samsætuhlutföllin spanna breitt bil, en litlu munar á hlutföllum í vatni og gufu við háan hita, því stuðlarnir  $\alpha_D$  og  $\alpha_{18O}$  eru þá báðir nálægt 1.

Leitni dreifarinnar á mynd 34 er mjög nálægt því að vera samsíða tengistrikum pönnusýnanna, en gufa og þéttivatn hvorrar pönnu eru væntanlega í jafnvægi. Þetta gæti bent til þess að jafnvægisferli nálægt  $100^{\circ}\text{C}$  ráði dreifingu samsætuhlutfalla gufusýnanna. Hér verður stungið upp á þéttingu gufu ofarlega í uppstreymisrásum sem líklegri skýringu á formi dreifingarinnar. Þyngri samsæturnar leita meira í þéttivatnið en hinar léttari, þannig að samsætuhlutfall gufunnar lækkar jafnt og þétt eftir því sem meira vatn þéttist úr henni. Engum getum verður hér að því leitt hvort Rayleigh-þétting ellegar þétting í einu eða fáum þrepum sé líklegra ferli.



Mynd 35. Sýrustig (pH) vatns



Mynd 36. Heildarstyrkur karbónats í vatni, reiknaður til koldíoxíðs

## 6 EFNASAMSETNING VATNS

### 6.1 Efnastyrkur og efnahiti

Laugar og vatnshverir í Torfajökli eru harla sundurleitir flokkur.

Pennan flokk skipa m.a. sjóðandi þéttivatnspollar, sem eru fjölmargir. Efnasamsetning þeirra ræðst fyrst og fremst af tvennu, annars vegar af uppleysingu jarðvegs og bergs á yfirborði, og hins vegar af oxun brennisteinsvetnis sem gufan færir til yfirborðs. Efnastyrkur og efnahlutföll forarpyttanna veita því litlar vísbendingar um innra ástand jarðhitasvæðisins.

Tærir vatnshverir eru líklegri til að geyma upplýsingar um efnaástand djúpt í jarðhitakerfinu. Þeir eru nokkrir á svæðinu, aðallega við jaðrana, en þó miklu færri en ætla mætti þegar mið er tekið af umfangi og afli jarðhitans. Sama máli gegnir um laugar.

Sums staðar er vatn í hverum og laugum ísalt, en annars staðar ósalt. Sumar laugar eru kolsýruríkar, en aðrar karbónatsnauðar. Þá er nokkuð um ölkeldur.

Þess er því ekki að vænta að unnt sé að draga víðtækar ályktanir um eðli jarðhitans af þeim fáu vatnssýnum sem safnað var í þessari rannsókn. Efnasamsetning sýnanna er of ólík innbyrðis til þess að hún geti, ein sér, veitt mikla vísbendingu um efnasamsetningu djúpvatns í jarðhitakerfinu. Þá gefur fæð sýna og fjarlægð á milli söfnunarstaða ekki tilefni til blöndunarreikninga. Hér á eftir verður þó engu að síður leitast við að gera almenna grein fyrir dreifingu uppleystra efna í heitu vatni á svæðinu, að svo miklu leyti sem sundurleitni sýnanna leyfir.

Styrkur allra helstu efnaþátta, sem eru um 20 að tölu, var ákvarðaður í 14 sýnum, en slík sýni kallast heilsýni. Eitt þeirra var úr ölkeldu, fimm úr laugum, en átta úr vatnshverum, þar af tvö úr sjóðandi forarpyttum. Styrkur átta efna var mældur í þremur hlutsýnum úr laugum, en styrkur sex efna í einu hlutsýni úr köldum læk. Samsætu hlutföll vetnis og súrefnis,  $\delta D$  og  $\delta^{18}O$ , voru ákvörðuð í öllum ofantöldum sýnum. Þá voru samsætu hlutföll mæld í þremur sýnum, úr læk, á og fönn. Gas sem bolar upp í Strútslaug og á Ölstalli var greint sérstaklega. Efnasamsetning allra þessara sýna er skráð í töflu 6.

Á myndunum hér á eftir sést hvernig styrkur helstu efnaþátta í vatni dreifist um jarðhitasvæðið. Sýnatökustaður er í miðju hvers fernings, en efnastyrkur á hverjum stað er í réttu hlutfalli við flatarmál ferningsins.

Sýrustig (pH) vatns í laugum og hverum er sýnt á mynd 35. Langlægsta pH-gildið, 2,35, mældist í sýni úr sjóðandi forarpolli í Kjallara við Laugaveg, og þarf það raunar ekki að koma á óvart. Hitt virðist undarlegra, að sýrustig vatns úr Mannætunni svörtu, sem einnig er þéttivatnspollur, skuli reynast 6,87. Pyttir sem þessir eru yfirleitt mjög súrir, og veldur því oxun brennisteinsvetnis sem berst með gufunni. Súlfatstyrkur vatns úr Mannætunni er aðeins tæpur fjórðungur þess sem mælist í Kjallara við Laugaveg, og bendir þetta til minni súlfíðstyrks eða minni oxunar sem þessum mun nemur.

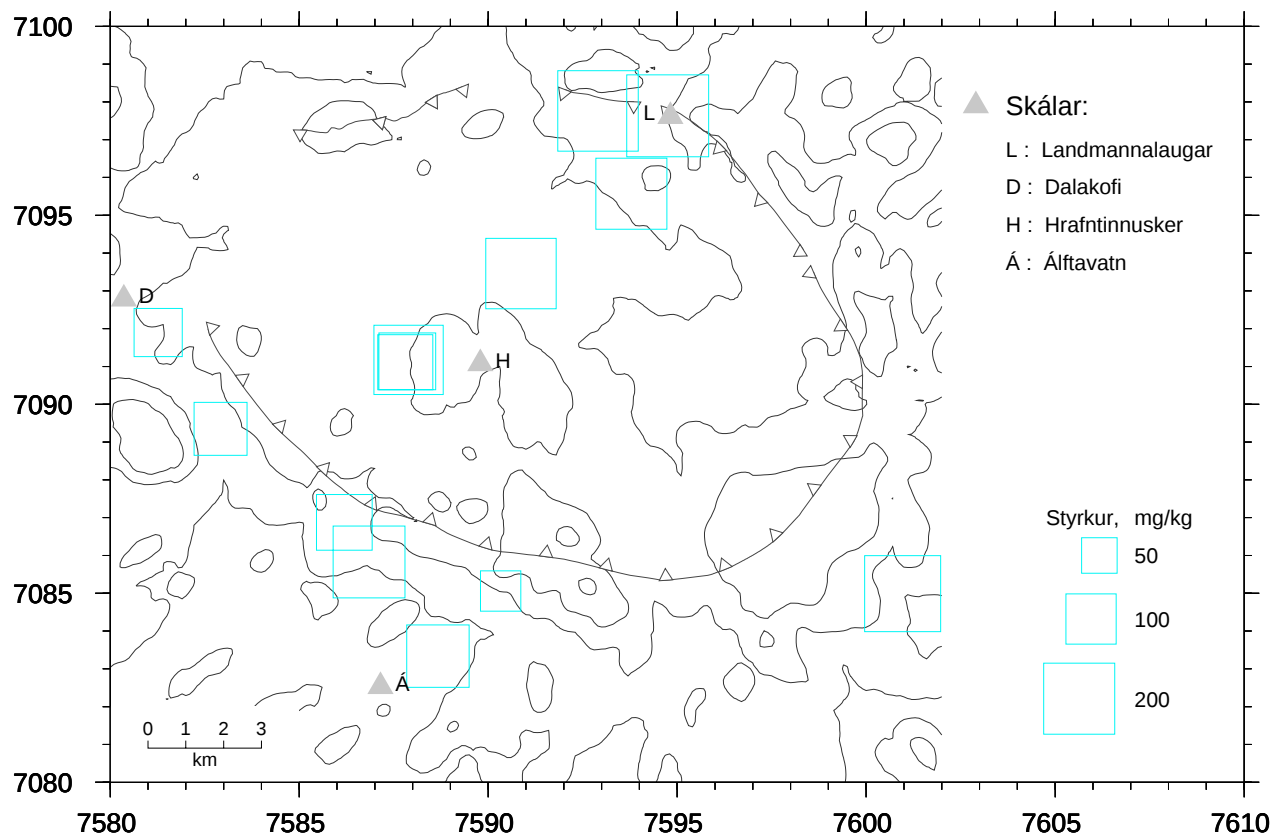
Tafla 6. Efnasamsetning sýna úr vatnshverum, laugum, lækjum og fönn. Framhald á næstu blaðsíðu.

| Staðarheiti                          | Kjallari við Laugaveg 1994-0182 | Strútslaug 1995-0143 | Lækur við Strútslaug 1995-0144 | Stórasteinslaug 1995-0145 | Miðlaug 1995-0146 | Hrútslaug 1995-0147 | Grashagahver 1995-0148 | Hæruskeggur 1995-0149 | Bratthálskvíslarker 1995-0150 | Fönn hjá Kolbrúnnu 1995-0153 |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Númer                                | 98,1                            | 69,5                 | 2,4                            | 61,7                      | 41,5              | 25,0                | 98,7                   | 82,0                  | 40,0                          | -                            |
| Hiti (°C)                            |                                 |                      |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |
| <b>Vatn (mg/l)</b>                   |                                 |                      |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |
| Sýrustig (pH/°C)                     | 2,35/13,6                       | 6,87/13,7            | -                              | -                         | -                 | -                   | 9,42/15,0              | 7,37/15,5             | 6,55/16,8                     | -                            |
| Karbónat (CO <sub>2</sub> )(t)       | 132                             | 1023                 | -                              | -                         | -                 | -                   | 912                    | 1234                  | 2003                          | -                            |
| Súlfíð (H <sub>2</sub> S)(t)         | 0,20                            | <0,03                | -                              | -                         | -                 | -                   | 9,2                    | <0,03                 | <0,03                         | -                            |
| Leiðni (µS/cm)/°C)                   | 2120/25                         | 1671/25              | -                              | -                         | -                 | -                   | 2230/25                | 2710/25               | 2310/25                       | -                            |
| Kísill (SiO <sub>2</sub> )           | 196,7                           | 229,1                | -                              | -                         | -                 | -                   | 204,1                  | 123,1                 | 154,5                         | -                            |
| Bór (B)                              | 0,092                           | 1,78                 | -                              | -                         | -                 | -                   | 2,48                   | 2,48                  | 2,18                          | -                            |
| Líþíum (Li)                          | -                               | 0,34                 | -                              | -                         | -                 | -                   | 0,28                   | 0,72                  | 0,55                          | -                            |
| Natríum (Na)                         | 15,6                            | 365,4                | 3,7                            | 380,4                     | 461,6             | 276,8               | 614,5                  | 755,5                 | 552,8                         | -                            |
| Kalíum (K)                           | 10,5                            | 39,5                 | 0,34                           | 46,7                      | 43,5              | 22,5                | 41,6                   | 33,0                  | 45,7                          | -                            |
| Magnesium (Mg)                       | 14,2                            | 8,67                 | 0,46                           | 9,91                      | 18,2              | 20,3                | 0,020                  | 0,43                  | 42,0                          | -                            |
| Kalsíum (Ca)                         | 27,8                            | 27,4                 | 0,92                           | 30,8                      | 47,2              | 44,3                | 0,48                   | 7,76                  | 102,0                         | -                            |
| Flúoríð (F)                          | 0,39                            | 8,57                 | -                              | 7,96                      | 8,34              | 4,58                | 29,52                  | 20,49                 | 3,18                          | -                            |
| Klóríð (Cl)                          | 3,46                            | 29,2                 | 0,97                           | 31,2                      | 33,9              | 21,2                | 29,5                   | 198                   | 18,7                          | -                            |
| Brómíð (Br)                          | -                               | 0,08                 | -                              | 0,07                      | 0,08              | 0,05                | 0,07                   | 0,64                  | 0,02                          | -                            |
| Súlfat (SO <sub>4</sub> )            | 623                             | 38,3                 | 1,57                           | 39,0                      | 37,5              | 25,1                | 35,5                   | 27,9                  | 77,3                          | -                            |
| Al (Al)                              | 21,4                            | 0,017                | -                              | -                         | -                 | -                   | 0,075                  | 0,028                 | 0,003                         | -                            |
| Mangan (Mn)                          | -                               | 0,026                | -                              | -                         | -                 | -                   | 0,001                  | 0,061                 | 0,081                         | -                            |
| Járn (Fe)                            | 42,9                            | 0,40                 | -                              | -                         | -                 | -                   | 0,008                  | 0,022                 | 2,01                          | -                            |
| Kvikasilfur (Hg)                     | -                               | 0,000015             | -                              | -                         | -                 | -                   | 0,000043               | -                     | -                             | -                            |
| Uppleyyst efni                       | 981                             | 1287                 | -                              | -                         | -                 | -                   | 1655                   | 914                   | 1786                          | -                            |
| δD (‰ SMOW)                          | -56,6                           | -75,1                | -67,5                          | -73,3                     | -73,8             | -71,4               | -79,2                  | -91,8                 | -80,6                         | -63,1                        |
| δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)           | -5,80                           | -10,20               | -9,76                          | -10,09                    | -10,38            | -10,19              | -9,89                  | -11,66                | -11,22                        | -9,16                        |
| <b>Gas (% rúmmáls)</b>               |                                 |                      |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |
| Vetni (H <sub>2</sub> )              |                                 | 0                    |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |
| Koldíoxíð (CO <sub>2</sub> )         |                                 | 95,05                |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |
| Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S) |                                 | 0,01                 |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |
| Súrefni+Argon (O <sub>2</sub> + Ar)  |                                 | 0,16                 |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |
| Köfnunarefni (N <sub>2</sub> )       |                                 | 4,73                 |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |
| Metan (CH <sub>4</sub> )             |                                 | 0,05                 |                                |                           |                   |                     |                        |                       |                               |                              |

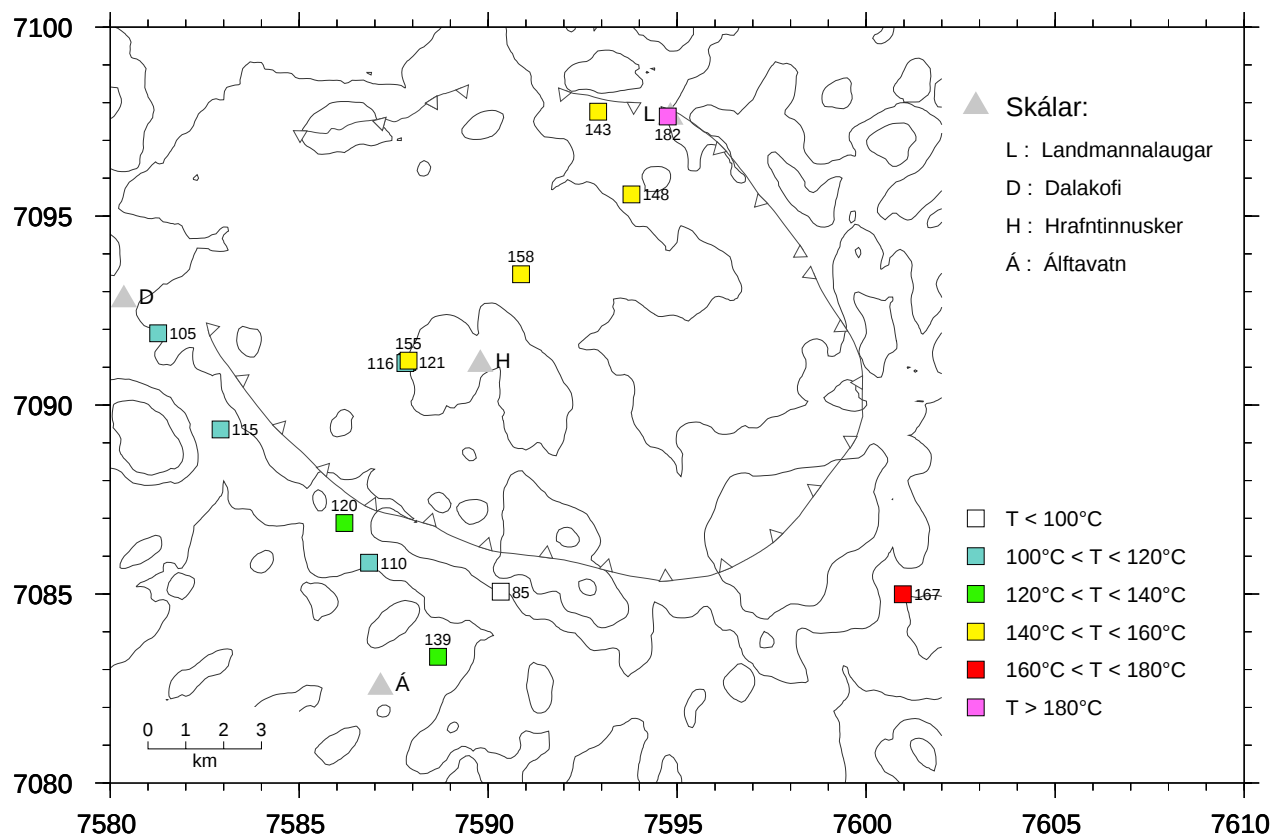
Tafla 6. Efnasamsetning sýna úr vatnshverum, laugum, lækjum og fönn. Framhald af fyrri blaðsíðu.

| Staðarheiti                          | Langbráða | Steingráni | Rauðhadda | Mammætan svarta      | Eyrarhver | Soðbolli  | Landmanna-<br>laugar | Laufafjarki | Ölstallur | Lækur sunnan<br>Háuhvera | Á í Kalda-<br>klofi |
|--------------------------------------|-----------|------------|-----------|----------------------|-----------|-----------|----------------------|-------------|-----------|--------------------------|---------------------|
| Númer                                | 1995-0160 | 1995-0161  | 1995-0162 | 1995-0167            | 1997-0600 | 1997-0601 | 1997-0602            | 1997-0603   | 1997-0604 | 1997-0611                | 1997-0675           |
| Hiti (°C)                            | 78        | 96,5       | 74        | 98                   | 98,4      | 100       | 77,2                 | 91,8        | 23,8      | -                        | -                   |
| <b>Vatn (mg/l)</b>                   |           |            |           |                      |           |           |                      |             |           |                          |                     |
| Sýrustig (pH/°C)                     | 8,88/20,0 | 8,83/21,0  | 4,02/21,6 | 6,87/22,1            | 9,60/21,9 | 8,96/21,7 | 6,17/21,7            | 7,24/21,5   | 5,60/21,7 | -                        | -                   |
| Karbónat (CO <sub>2</sub> )(t)       | 47,3      | 67,5       | 41,1      | 122,3                | 74,3      | 25,2      | 156                  | 573         | 1515      | -                        | -                   |
| Súlfíð (H <sub>2</sub> S)(t)         | 0,72      | 3,79       | 0,26      | 0,08                 | 16,3      | 4,86      | <0,03                | 0,06        | <0,03     | -                        | -                   |
| Leiðni ((μS/cm)/°C)                  | 224/25    | 259/25     | 280/25    | 526/25               | 1966/25   | 1884/25   | 1433/25              | 1620/25     | 618/25    | -                        | -                   |
| Kísill (SiO <sub>2</sub> )           | 127,9     | 120,0      | 190,0     | 91,6                 | 256,6     | 199,5     | 266                  | 111,4       | 64,4      | -                        | -                   |
| Bór (B)                              | 0,014     | 0,066      | 0,017     | 0,04                 | 5,55      | 7,93      | 1,84                 | 0,83        | 0,18      | -                        | -                   |
| Lípíum (Li)                          | 0,11      | 0,09       | 0,026     | 0,008                | 0,176     | 0,070     | 0,661                | 0,119       | 0,095     | -                        | -                   |
| Natríum (Na)                         | 49,5      | 57,4       | 21,6      | 35,1                 | 404       | 356       | 262                  | 387         | 71,6      | -                        | -                   |
| Kalíum (K)                           | 3,78      | 4,43       | 12,8      | 8,1                  | 14,2      | 14,6      | 32,1                 | 9,74        | 12,0      | -                        | -                   |
| Magnesium (Mg)                       | 0,036     | 0,15       | 1,48      | 14,3                 | 0,006     | 0,030     | 2,44                 | 0,56        | 6,62      | -                        | -                   |
| Kalsíum (Ca)                         | 1,28      | 1,87       | 3,15      | 55,3                 | 1,00      | 15,0      | 12,1                 | 5,19        | 35,6      | -                        | -                   |
| Flúoríð (F)                          | 8,89      | 9,53       | 1,41      | 0,40                 | 22,3      | 9,61      | 5,86                 | 20,7        | 8,39      | -                        | -                   |
| Klóríð (Cl)                          | 3,40      | 3,13       | 3,42      | 5,00                 | 468       | 575       | 310                  | 115         | 3,84      | -                        | -                   |
| Brómíð (Br)                          | 0,006     | 0,006      | 0,007     | 0,007                | 1,83      | 2,19      | 1,22                 | 0,35        | 0,007     | -                        | -                   |
| Súlfat (SO <sub>4</sub> )            | 22,9      | 20,6       | 84,1      | 153,4                | 19,2      | 18,9      | 62,9                 | 31,1        | 214       | -                        | -                   |
| Ál (Al)                              | 0,281     | 0,179      | 0,371     | 0,170                | 0,11      | 0,26      | 0,014                | 0,037       | 3,5       | -                        | -                   |
| Mangan (Mn)                          | 0,007     | 0,025      | 0,21      | 0,12                 | 0,0005    | 0,0171    | 0,62                 | 0,0333      | 9,60      | -                        | -                   |
| Járn (Fe)                            | 0,012     | 0,014      | 3,58      | 0,023                | 0,0056    | 0,16      | 0,069                | 0,058       | 97,6      | -                        | -                   |
| Kvikasilfur (Hg)                     | 0,000068  | 0,000065   | 0,000010  | 0,0008 <sup>1)</sup> | <0,000005 | <0,000005 | <0,000005            | 0,000016    | <0,000005 | -                        | -                   |
| Uppleyst efni                        | 306       | 258        | 337       | 414                  | 1310      | 1200      | 960                  | 1020        | 350       | -                        | -                   |
| δD (‰ SMOW)                          | -77,6     | -79,8      | -82,9     | -60,7                | -74,3     | -74,6     | -75,0                | -75,5       | -71,0     | -74,8                    | -72,3               |
| δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)           | -10,45    | -11,26     | -11,95    | -7,27                | -9,00     | -8,43     | -10,30               | -10,82      | -10,75    | -10,59                   | -10,59              |
| <b>Gas (% rúmmáls)</b>               |           |            |           |                      |           |           |                      |             |           |                          |                     |
| Vetni (H <sub>2</sub> )              |           |            |           |                      |           |           |                      |             | 0         |                          |                     |
| Koldíoxíð (CO <sub>2</sub> )         |           |            |           |                      |           |           |                      |             | 98,34     |                          |                     |
| Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S) |           |            |           |                      |           |           |                      |             | 0         |                          |                     |
| Súrefni+Argon (O <sub>2</sub> + Ar)  |           |            |           |                      |           |           |                      |             | 0,17      |                          |                     |
| Köfnunarefni (N <sub>2</sub> )       |           |            |           |                      |           |           |                      |             | 1,47      |                          |                     |
| Metan (CH <sub>4</sub> )             |           |            |           |                      |           |           |                      |             | 0,02      |                          |                     |

<sup>1)</sup> : Endurtekin mæling sýni 1996-0215; Hg = 0,0022 mg/l



Mynd 37. Styrkur kísildíoxíðs í vatni



Mynd 38. Kalsedónhiti vatns

Lágt pH-gildi vatns í lauginni Rauðhöddu (4,02) vekur athygli. Vandséð er að ástæðan geti verið önnur en oxun brennisteinsvetnis, enda finnast svo súrar laugar ekki utan háhitasvæða á Íslandi. Hitt er þó eftirtektarverðara, að Rauðhadda er aðeins um 50 m frá lauginni Langþráðu, en pH-gildi vatns úr henni er 8,88. Þá er hverinn Steingráni skammt undan. Þar er sýrustig 8,83.

Vatnið á Ölstalli er fremur súrt, en sýrustig þess (5,60) er þó alls ekki lægra en búast má við af ölkelduvatni. Hátt pH-gildi mælist í vatni úr þremur hverum, Eyrarhver (9,60), Soðbolla (8,96) og Grashagahver (9,42). Annars staðar mælist pH-gildi nálægt hlutleysismörkum.

Mynd 36 sýnir heildarstyrk karbónats í vatni. Hann er langmestur utan öskjunnar sunnantil á svæðinu, allt vestan frá Markarfljóti og austur í Hólmsárbotna. Skiptingin er einkar glögg, og fer því fjarri að nokkurt sýni innan öskjunnar nái minnsta karbónatstyrk sunnan hennar, en að vísu er innan öskjunnar að finna ölkeldur sem sýni voru ekki tekin úr. Þessi dreifing tengist væntanlega miklum styrk koldíoxíðs í gufu á suður- og suðausturhluta jarðhitasvæðisins, enda líklegt að þar hafi gufa hitað vatnið og lagt því til koldíoxíð.

Styrkur kísildíoxíðs í vatni er sýndur á mynd 37. Hann er tiltölulega jafndreifður um svæðið, enda ræðst hann fyrst og fremst af hitastigi vatnsins djúpt í jörðu.

Allmargir efnahitamælar byggjast á sambandi hita við jafnvægisstyrk eða jafnvægis-  
ishlutföll uppleystra efna. Þeir veita vísbendingar um hita djúpt í jörðu, þar sem vökvinn var síðast í jafnvægi við berg. Tafla 7 sýnir efnahita reiknaðan með nokkrum algengum mælum. Meðal þeirra eru kalsedónmælirinn, sem reynst hefur vel við hita allt að 180 °C, og kvarshitamælirinn, sem dugar ágætlega þegar hiti er hærri en 180 °C, en þetta eru þeir efnahitamælar sem mest hafa verið notaðir hér á landi. Í töflunni eru einnig gildi efnahita reiknuð með fjórum hlutfallamælum alkalí- og jarðalkalímálma. Loks er ópalmettunarhiti skráður í töflu 7, þótt að jafnaði geti hann vart talist efnahitamælir í venjulegum skilningi.

Engu að síður er áhugavert að bera ópalmettunarhita saman við mældan hita. Í flestum tilvikum er ópalmettunarhitinn miklu lægri en sá mældi, en við því er einmitt að búast ef vatnið hefur náð jafnvægi við kvars eða kalsedón djúpt í jörðu og kólnað hóflega á leið sinni til yfirborðs. Ópalmettunarhiti er þó nærri jafnhár og mældur hiti í Bratthálskvíslarkeri, Landmannalaugum og Strútslaug. Þetta bendir til þess að vatn í uppstreymi þessara þriggja lauga hafi kólnað mjög mikið, og a.m.k. niður að mettnarmörkum ópals. Öllu líklegra er þó að vatnið hafi kólnað meira, niður fyrir upphafleg mettnarmörk, og að jafnvægi hafi náðst á ný með útfellingu ópals. Sé þessi tilgáta rétt, hlýtur reiknaður kísilhiti að vera lægri en raunverulegur djúphiti.

Mynd 38 sýnir dreifingu kalsedónhitans. Athygli vekur að hann skuli einmitt reiknast hæstur í Landmannalaugum (182 °C), í Strútslaug (167 °C) og í Bratthálskvíslarkeri (139 °C).

Tafla 7. Efnahiti vatnssýna (°C).

| Staðarheiti           | Númer     | Mældur<br>hiti | Ópal-<br>hiti | Kalsedón-<br>hiti | Kvars-<br>hiti | Na/K<br>hiti | Na-K-Ca<br>hiti | Mg/Li<br>hiti | Na/Li<br>hiti |
|-----------------------|-----------|----------------|---------------|-------------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| Kjallari við Laugaveg | 1994-0182 | 98,1           | 55            | 158               | 179            | -            | 246             | -             | -             |
| Strútslaug            | 1995-0143 | 69,5           | 65            | 167               | 187            | 209          | 169             | 70            | 144           |
| Stórasteinslaug       | 1995-0145 | 61,7           | -             | -                 | -              | 205          | 174             | -             | -             |
| Miðlaug               | 1995-0146 | 41,5           | -             | -                 | -              | 183          | 160             | -             | -             |
| Hrútslaug             | 1995-0147 | 25,0           | -             | -                 | -              | 171          | 124             | -             | -             |
| Grashagahver          | 1995-0148 | 98,7           | 46            | 110               | 135            | 162          | 219             | 152           | 113           |
| Hæruskeggur           | 1995-0149 | 82,0           | 28            | 121               | 145            | 123          | 171             | 132           | 145           |
| Brathálskvíslarker    | 1995-0150 | 40,0           | 40            | 139               | 162            | 181          | 140             | 63            | 147           |
| Langþráða             | 1995-0160 | 78,0           | 26            | 121               | 147            | 174          | 169             | 112           | 190           |
| Steingráni            | 1995-0161 | 96,5           | 23            | 116               | 142            | 175          | 169             | 87            | 171           |
| Rauðhadda             | 1995-0162 | 74,0           | 53            | 155               | 177            | -            | 139             | 35            | 157           |
| Mannætan svarta       | 1995-0167 | 98,0           | 13            | 105               | 132            | 278          | 188             | -             | 87            |
| Eyrarhver             | 1997-0600 | 98,4           | 47            | 143               | 171            | 108          | 167             | 157           | 111           |
| Soðbolli              | 1997-0601 | 100            | 49            | 148               | 172            | 119          | 150             | 102           | 81            |
| Landmannalaugar       | 1997-0602 | 77,2           | 76            | 182               | 200            | 222          | 205             | 103           | 198           |
| Laufafjarki           | 1997-0603 | 91,8           | 22            | 115               | 141            | 85           | 137             | 78            | 97            |
| Ölstallur             | 1997-0604 | 23,8           | -             | 85                | 114            | 245          | 89              | 46            | 162           |

Fournier, 1977: Ópalhiti og kalsedónhiti  
Fournier og Potter, 1982: Kvarshiti  
Stefán Arnórsson o.fl., 1983: Na/K hiti  
Fournier og Truesdell, 1973: Na-K-Ca hiti  
Kharaka og Mariner, 1988: Mg/Li hiti  
Kharaka o.fl., 1982: Na/Li hiti

Kjallari við Laugaveg og Mannætan svarta eru forarpyttir þéttivatns. Þar eru berg og jarðvegur sem ákafast að leysast upp, og engin ástæða til að ætla að jafnvægi ríki milli steinda og uppleystra efna í vatninu. Efnahiti þessara hvera segir því trúlega ekkert um hita í jarðhitakerfinu.

Þótt talsvert beri á milli hitamæla, reiknast efnahiti flestra annarra lauga og hvera á svæðinu á bilinu 120–200 °C. Þessi gildi virðast mjög lág þegar mið er tekið af annarri vitneskju um svæðið.

Styrkur klóríðs í heitu vatni er mestur á svæðinu við Landmannalaugar, u.þ.b. 300–600 mg/l, en hann er einnig talsvert mikill í hverunum Laufafjarka og Hæruskegg við suðvesturjaðar jarðhitasvæðisins, 100–200 mg/l. Viðast annars staðar á sunnanverðu svæðinu er klóríðstyrkurinn minni, u.þ.b. 20–30 mg/l. Í uppsprettunum vestan undir Hrafninnuskeri, Rauðhöddu, Langþráðu og Steingrána, svo og á Ölstalli, er styrkur klóríðs hins vegar aðeins 3–4 mg/l. Svipað er raunar að segja um forarpyttina tvo, Mannætuna svörtu og Kjallara við Laugaveg. Til samanburðar má benda á að klóríðstyrkur vatns í Læk vestan Strútslaugar er aðeins um 1 mg/l, en það er sá styrkur sem búast má við í úrkomu á þessum slóðum.

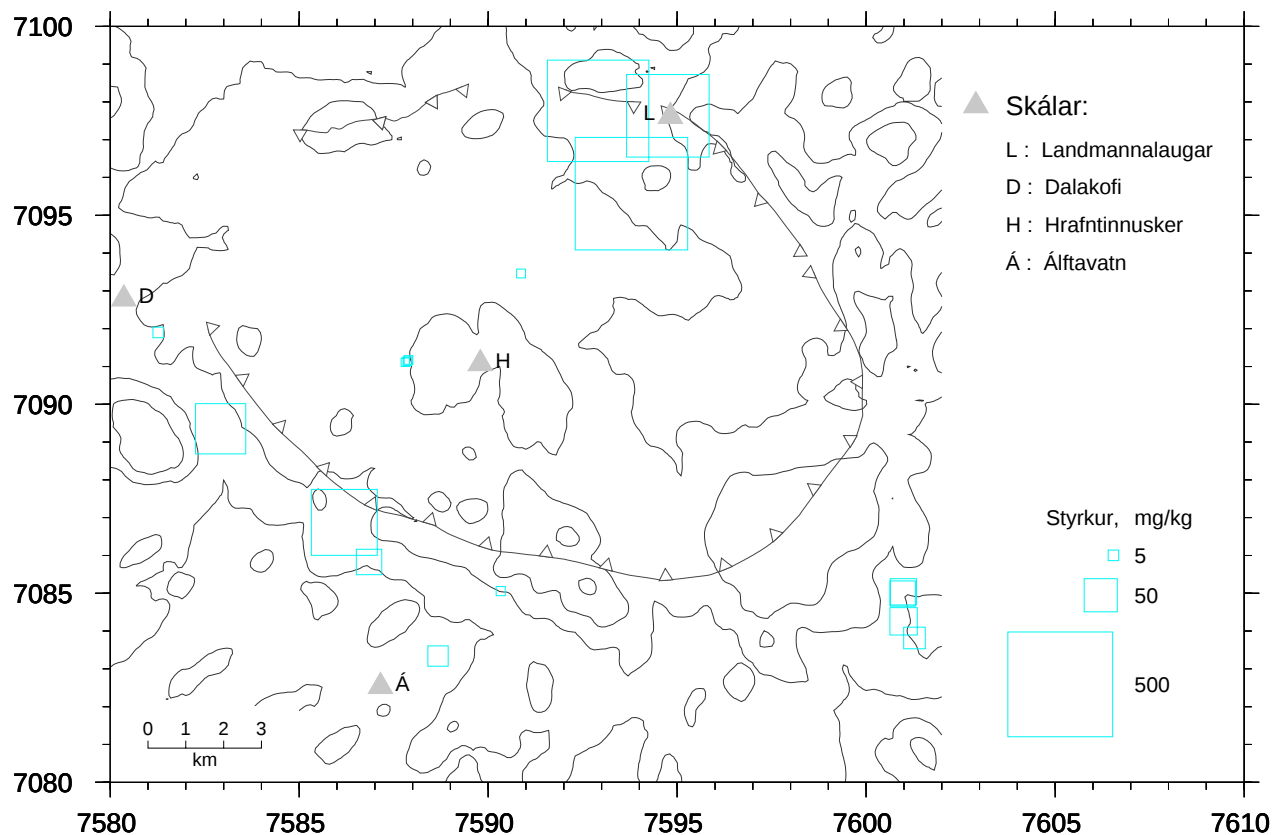
Dreifing klóríðstyrksins er sýnd á mynd 39.

Það er ekki ný vitneskja að vatnið í Landmannalaugum sé dálítið salt. Það hefur ávallt þótt bragðmikið, og sagt er að gangnamönnum hafi því löngum þótt „Laugakaffi“ betra en annað kaffi. Uppruni saltsins er hins vegar ekki með öllu ljós. Líklegast þykir þó, að það sé komið úr berginu (Stefán Arnórsson o.fl. 1987), enda er klóríðstyrkur yfirleitt meiri í súru bergi, eins og líparítinu í Torfajökli, en í blágrýti því og móbergi sem víðast er að finna á Íslandi, þótt ekki sé þetta einhlítt (Niels Óskarsson o.fl., 1982). Sennilegt þykir, að klóríðið hafi skolest rakleitt úr berginu með heita vatninu, en tilgátur eru einnig um að það sé dýpra að komið og hafi flust sem klórvetni með gufu. Loks má vel vera, að afsuða gufu eigi hér nokkra sök. Við slíkt ferli myndi styrkur klóríðs aukast, og vatnið gæti skilað sér sem eins konar undanrenna við jaðar jarðhitasvæðisins þar sem land liggur lægra. Eitthvað þessu líkt er að finna á jarðhitasvæðinu við Lassen í Kaliforníu (Muffler o.fl., 1982). Um miðbik þess eru öflugir gufuhverir, en klóríðríkir vatnshverir við jaðrana.

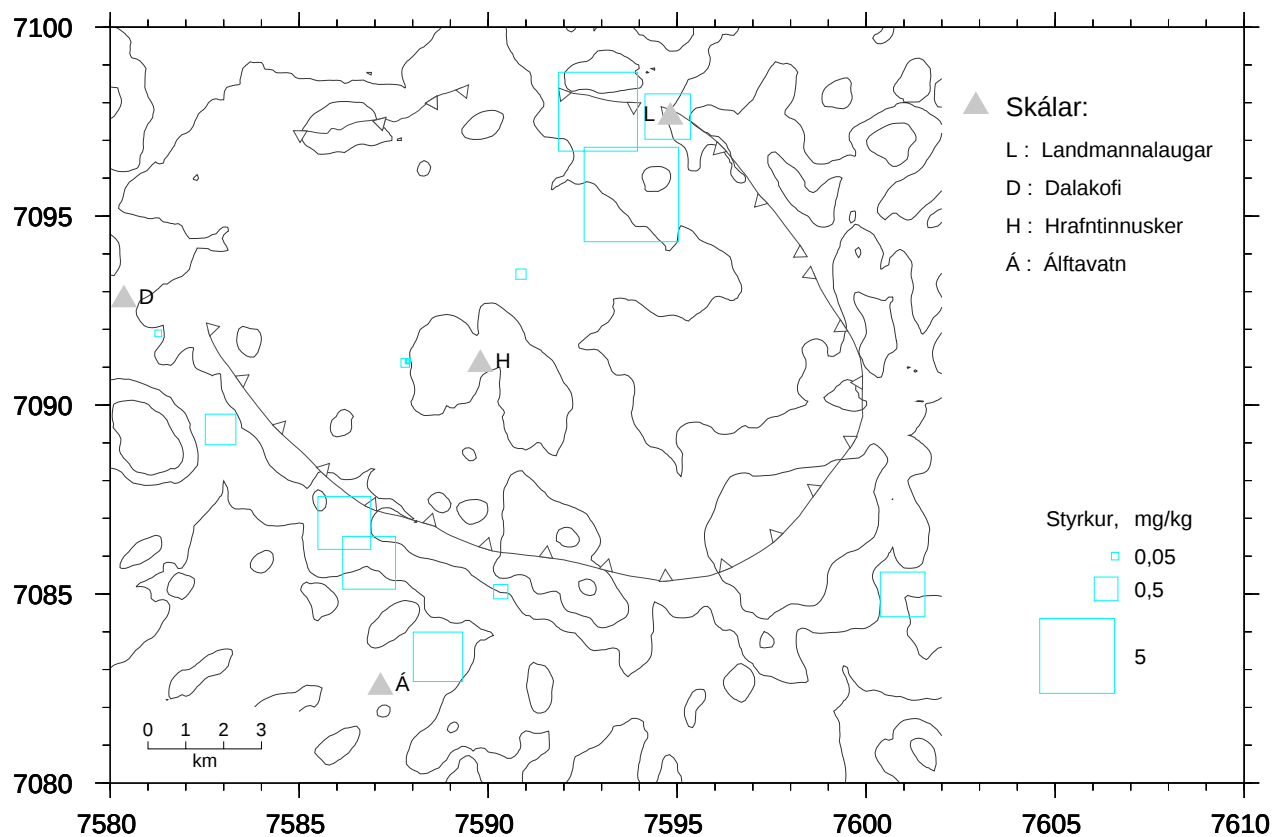
Vatnið í uppsprettunum við Hrafninnusker er klóríðsnautt, eins og áður segir, enda væntanlega gufuhitað bræðsluvatn úr jöklinum sem liggur norðan og vestan á fjallinu.

Styrkur bórs í vatni er sýndur á mynd 40. Hann dreifist um jarðhitasvæðið á líkan hátt og styrkur klóríðs. Fylgni þessara efna verður að teljast góð.

Dreifing líþíums í vatni er sýnd á mynd 41, dreifing natríums á mynd 42 og dreifing kalíums á mynd 43. Fylgni þessara þriggja alkalímálma innbyrðis er sæmleg. Fylgni þeirra með klóríði er hins vegar lítil sem engin, enda er það bíkarbónat, en ekki klóríð, sem stendur á móti þessum málum sem helsta anjón í vatni sunnantil á svæðinu.



Mynd 39. Styrkur klóríðs í vatni



Mynd 40. Styrkur bórs í vatni

Á mynd 44 sést hvernig styrkur magnesíums dreifist um svæðið, en hann er mestur í laugunum sunnantil. Þar er einnig mikið karbónat og bíkARBónat, en magnesíum í vatni myndar samsettar spesiur með þessum jónum og auka þær heildarleysni málmsins. Í tæru hverunum er styrkur magnesíums hins vegar minni en í laugunum, og það eins þótt karbónatstyrkur sé mikill, eins og í Grashagahver og Hæruskegg. Ástæðan er sú, að magnesíum myndar steindir sem torleystar eru við háan hita. Mikið magnesíum er þó í forarpyttunum tveimur þar sem jarðvegur og berg eru að leysast upp.

Styrkur kalsíums í vatni er sýndur á mynd 45. Kalsíum hegðar sér á svipaðan hátt og magnesíum, enda er fylgni þessara málma góð. Í hverunum er styrkur kalsíums að vísu hlutfallslega mun hærri en styrkur magnesíums, en þetta stafar af því að leysni ýmissa magnesíumsteinda fellur mun örar með hita en leysni kalsíumsteinda.

Mynd 46 sýnir styrk flúoríðs. Dreifing hans fylgir nokkuð öðru mynstri en styrkur flestra annarra efna. Þokkaleg fylgni er þó á milli flúoríðs og pH-gildis, sem stafar væntanlega af því að hýdroxýljónin ( $\text{OH}^-$ ) getur staðgengið fyrir flúoríðjónina í sumum steindum, enda eru þessar jónir svipaðar að stærð og hafa sömu hleðslu.

Styrkur súlfats í vatni er sýndur á mynd 47. Hann er langmestur í Kjallara við Laugaveg, enda er vökvinn þar mjög súr. Þá er einnig mjög mikið súlfat í Mannætunni svörtu, eins og við er að búast, því hún er sömuleiðis þéttivatnspyttur, þótt pH-gildið sé þar hærra. Í báðum þessum pollum er súlfíð úr gufu væntanlega að oxast. Hitt vekur meiri athygli hversu mikið súlfat er í vatninu á Ölstalli, en skýring þessa liggur ekki fyrir.

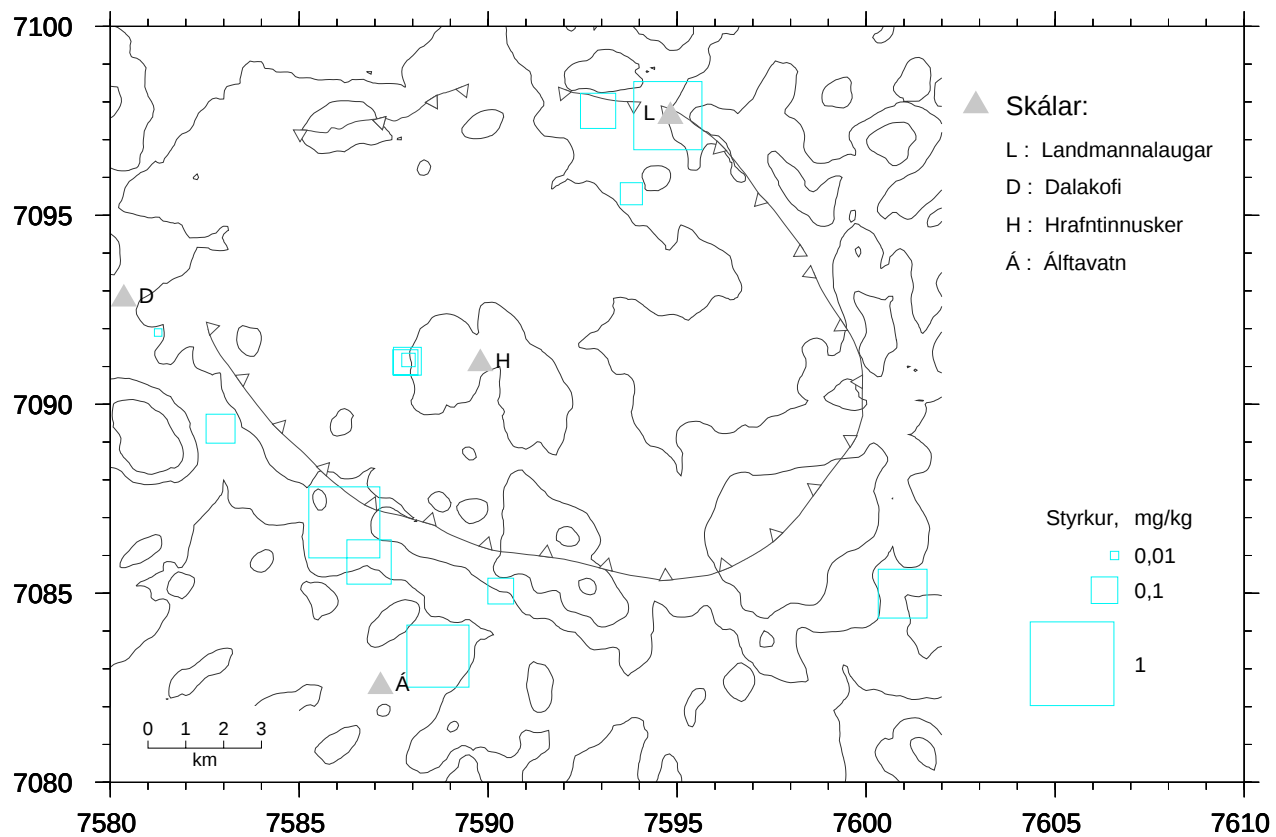
Styrkur kvikasilfurs, sem sýndur er á mynd 48, er víðast lítill. Í fjórum af ellefu sýnum reyndist hann neðan greiningarmarka, en þau eru nálægt 5 ng/l. Í öðrum sex sýnum reyndist hann á bilinu frá 10 ng/l upp í u.þ.b. 70 ng/l. Mannætan svarta sker sig þó mjög úr, en þar mældist styrkur kvikasilfurs 800 ng/l í síuðu sýni haustið 1995, en 2200 ng/l í ósíuðu sýni ári seinna.

Á Ölstalli mældist styrkur járns nærri 100 mg/l, en u.þ.b. helmingi minni í Kjallara við Laugaveg. Í Rauðhöddu reyndist járnstyrkurinn einnig nokkur, nálægt 3,6 mg/l, og um 2 mg/l í Bratthálskvíslarkeri, en annars staðar mun minni. Hinn mikli járnstyrkur á Ölstalli kemur raunar ekki á óvart, því feiknalegir ryðtaumar hafa myndast þar sem vatnið fossar af stallinum og sjást þeir langt að.

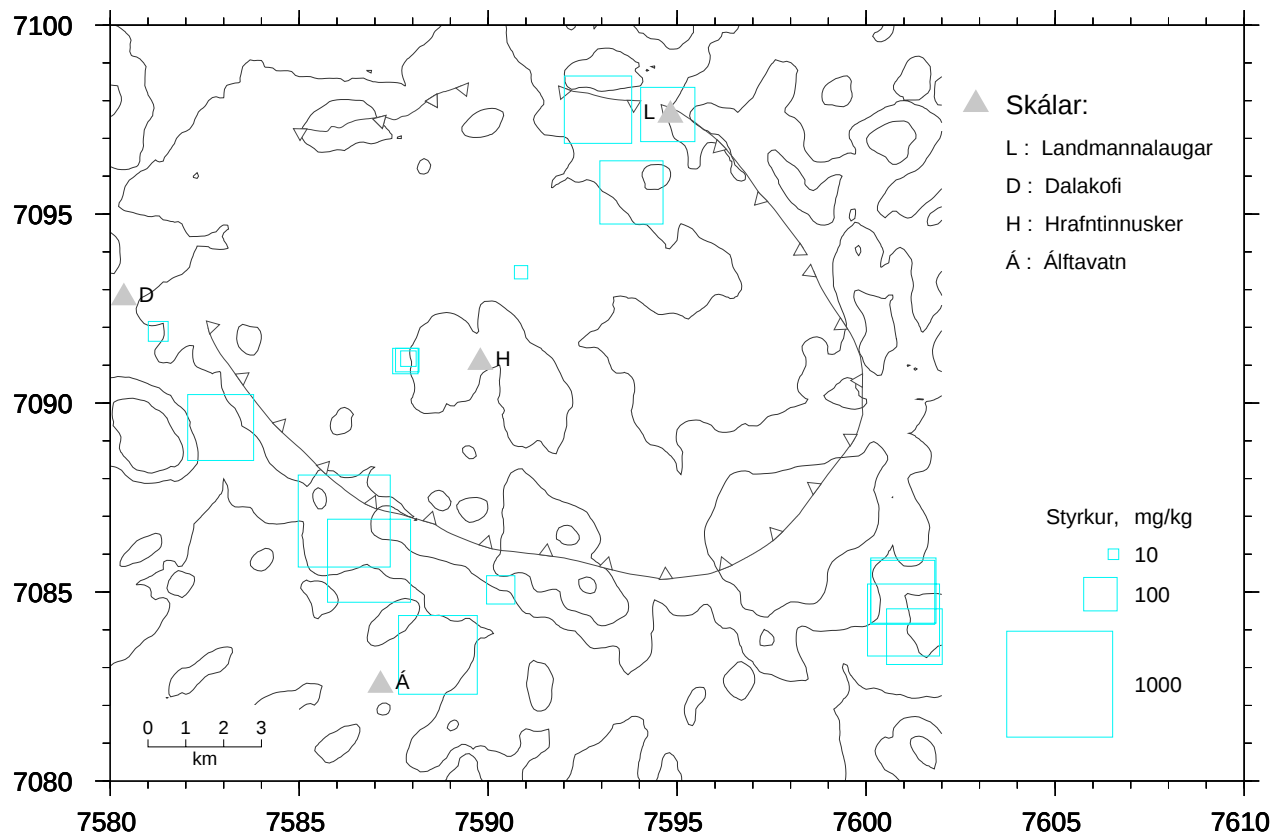
Álstyrkur reyndist mestur í Kjallara við Laugaveg, 21,4 mg/l, sem er geysihátt gildi. Þarna eru jarðvegur og berg bersýnilega að leysast upp, enda er vökvinn mjög súr. Það vekur athygli, að mólstyrkur áls er að kalla nákvæmlega hinn sami og mólstyrkur járns; hlutfall þessara gilda er 1,03. Ekki er ósennilegt að þetta sé afleiðing uppleysingar einhverrar steindar sem inniheldur jafnmikið ál og járn.

Þá mældist mikið ál í vatni af Ölstalli, 3,5 mg/l, en minna í öðrum sýnum.

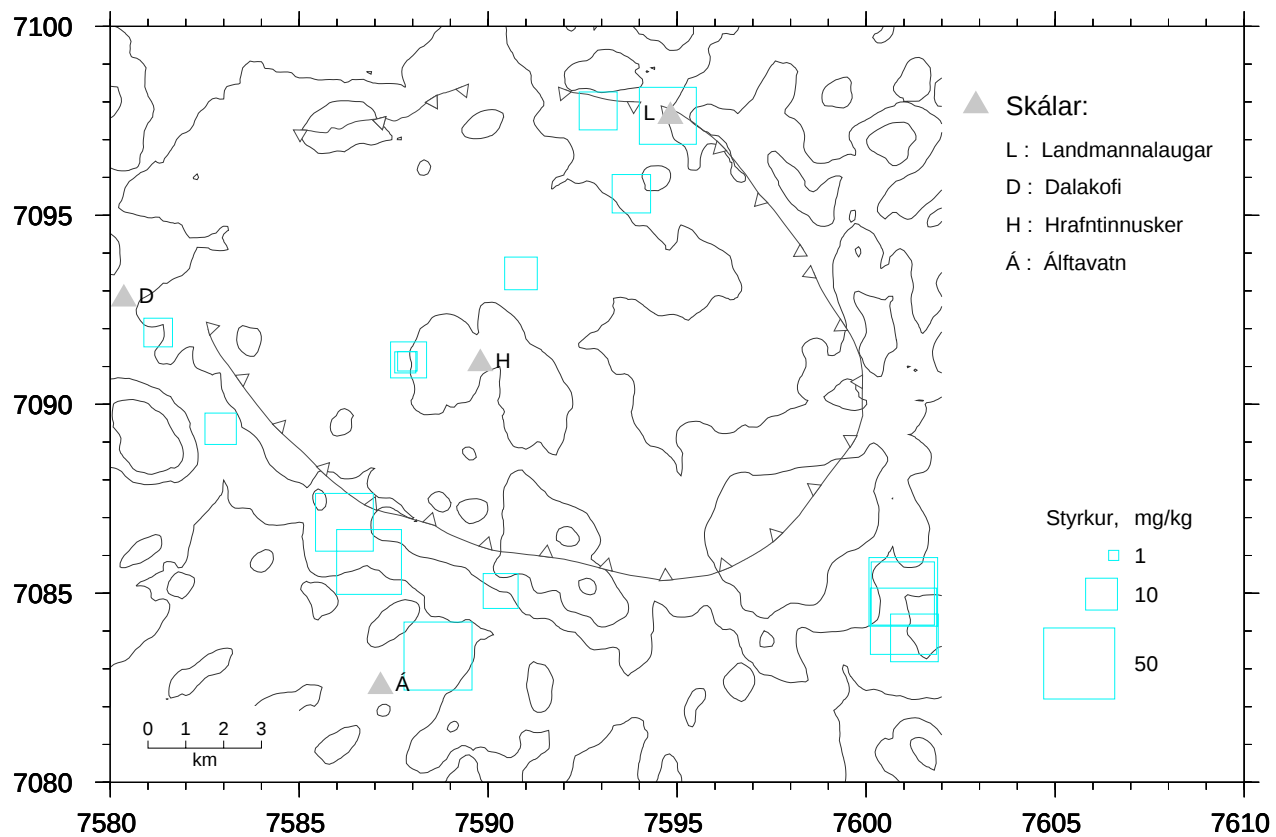
Manganstyrkur reyndist mestur á Ölstalli, 9,6 mg/l, en miklu minni annars staðar. Styrkur mangans var raunar ekki ákvarðaður í vatni úr Kjallara við Laugaveg, en þar kann hann einnig að vera mikill.



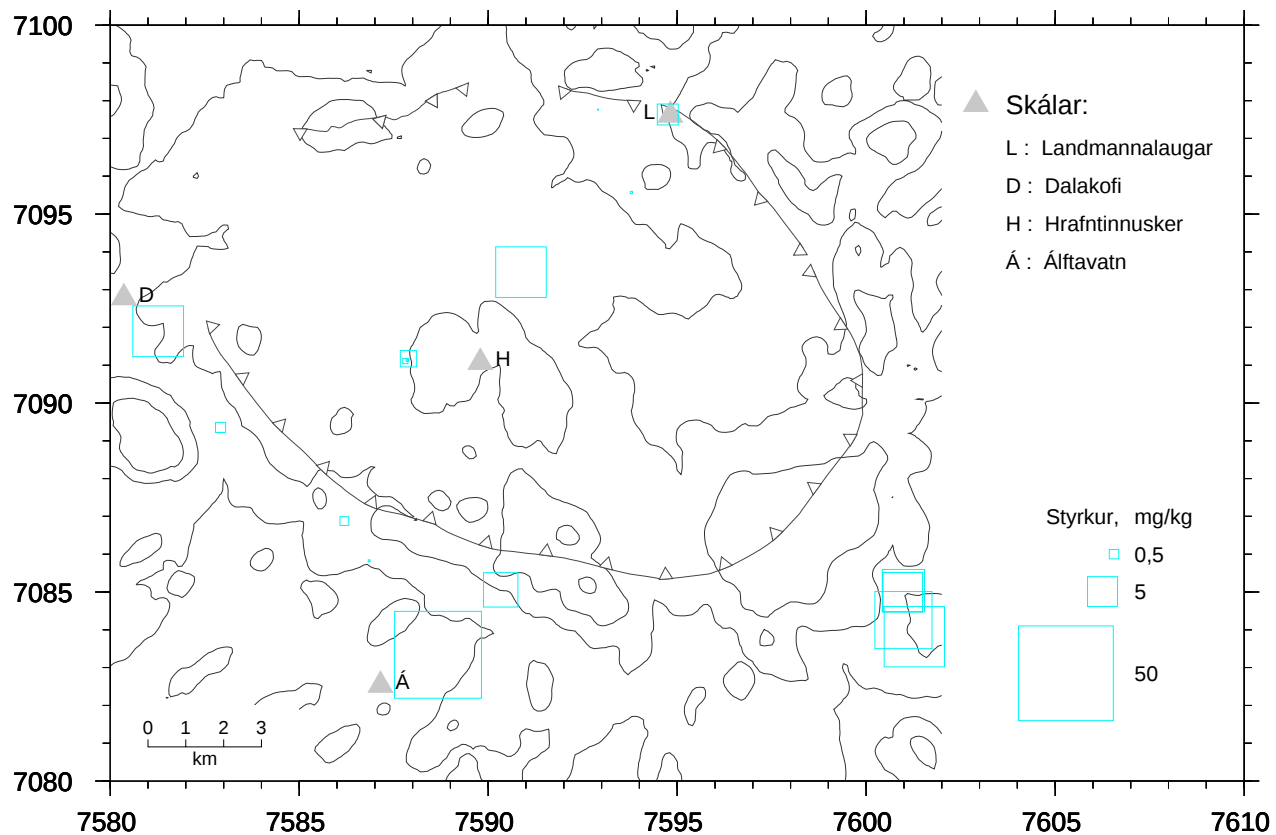
Mynd 41. Styrkur líþíums í vatni



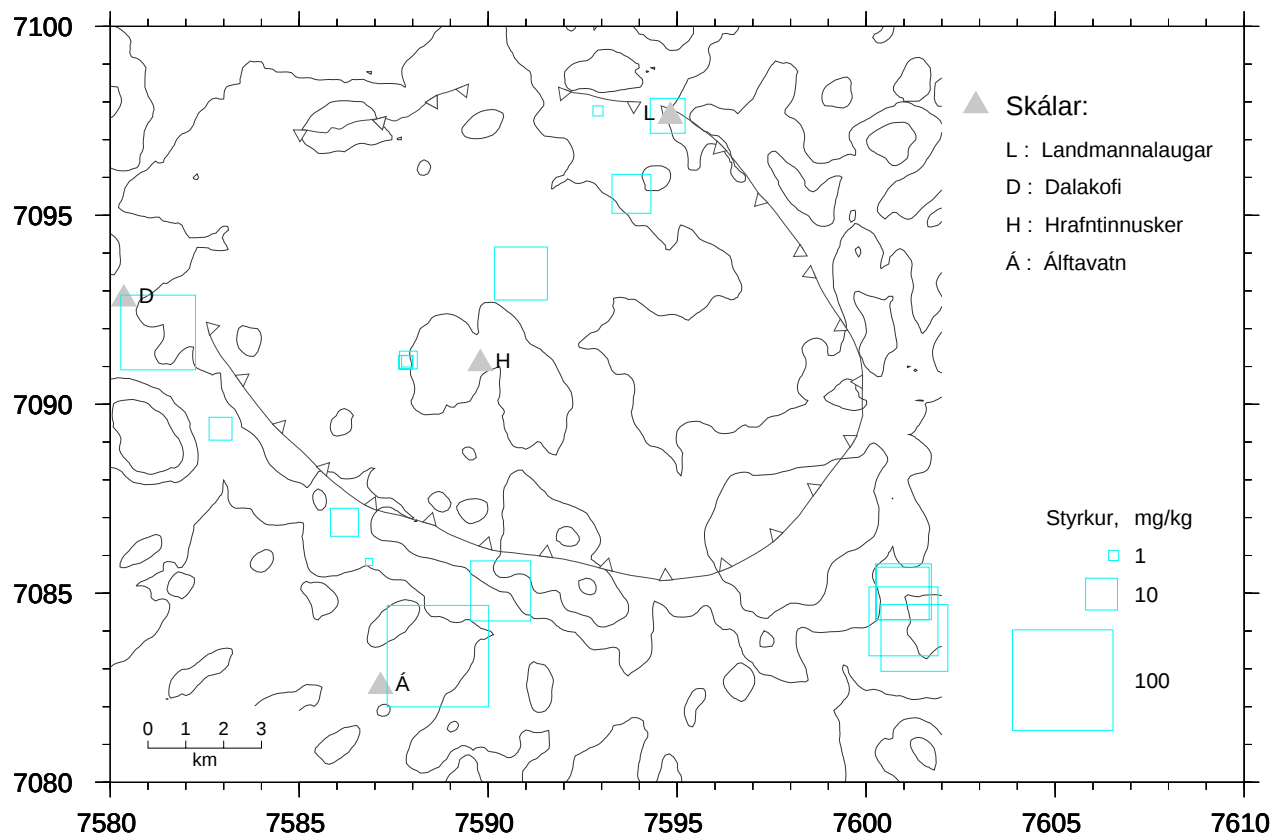
Mynd 42. Styrkur natríums í vatni



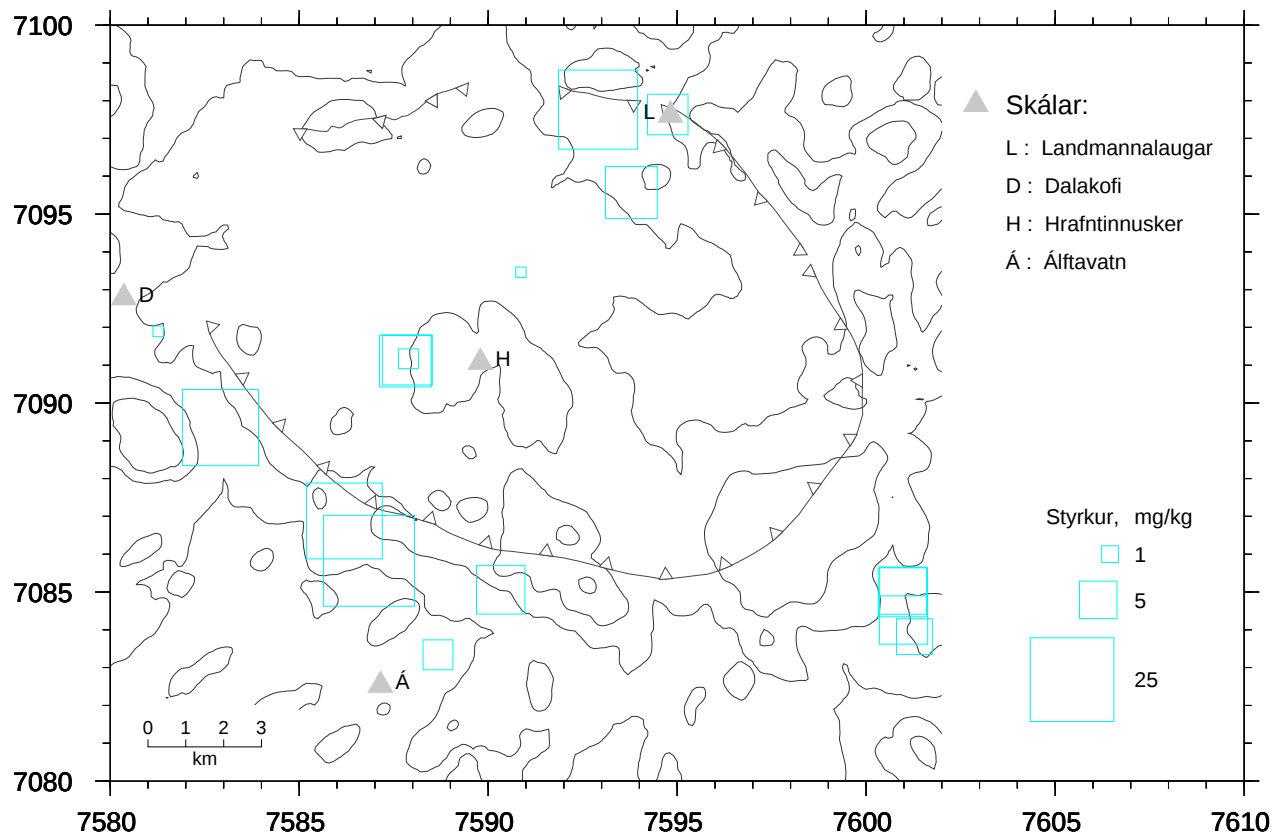
Mynd 43. Styrkur kalíums í vatni



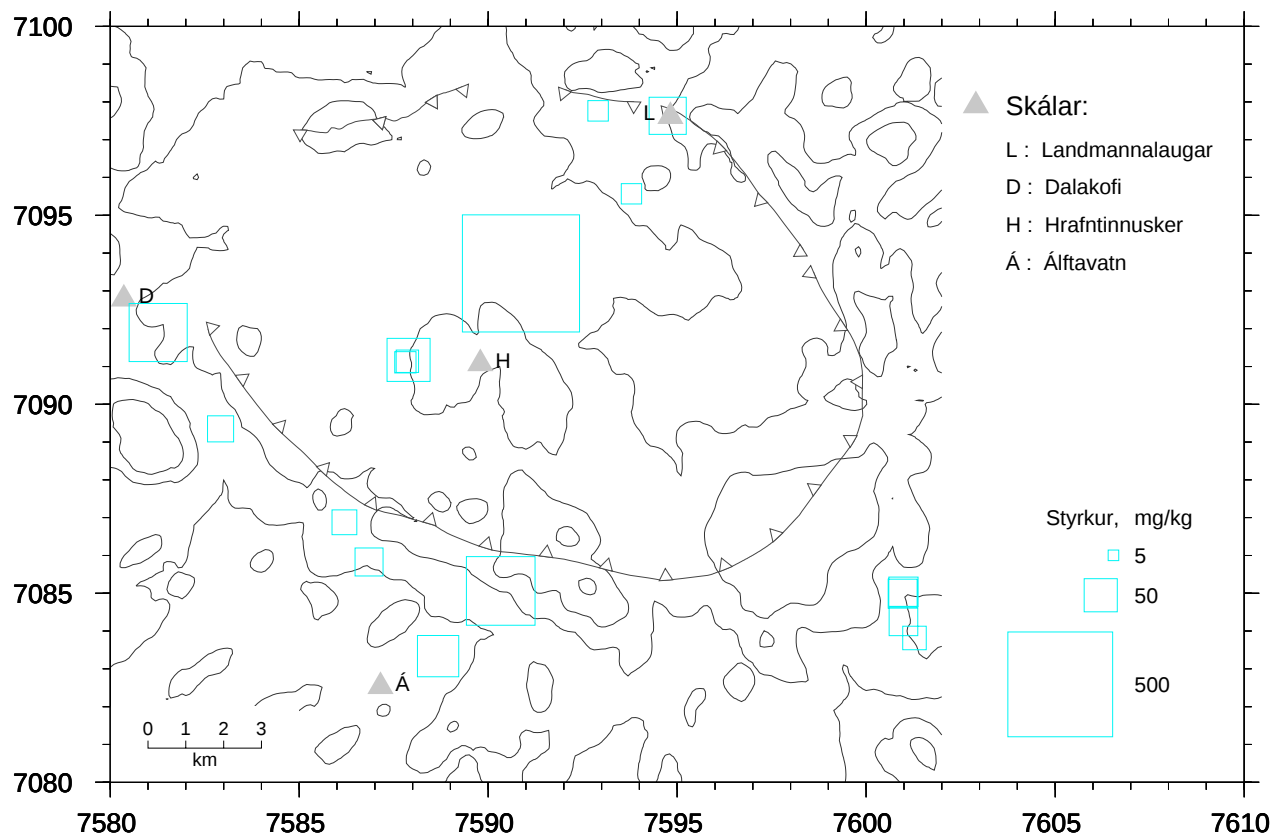
Mynd 44. Styrkur magnesíums í vatni



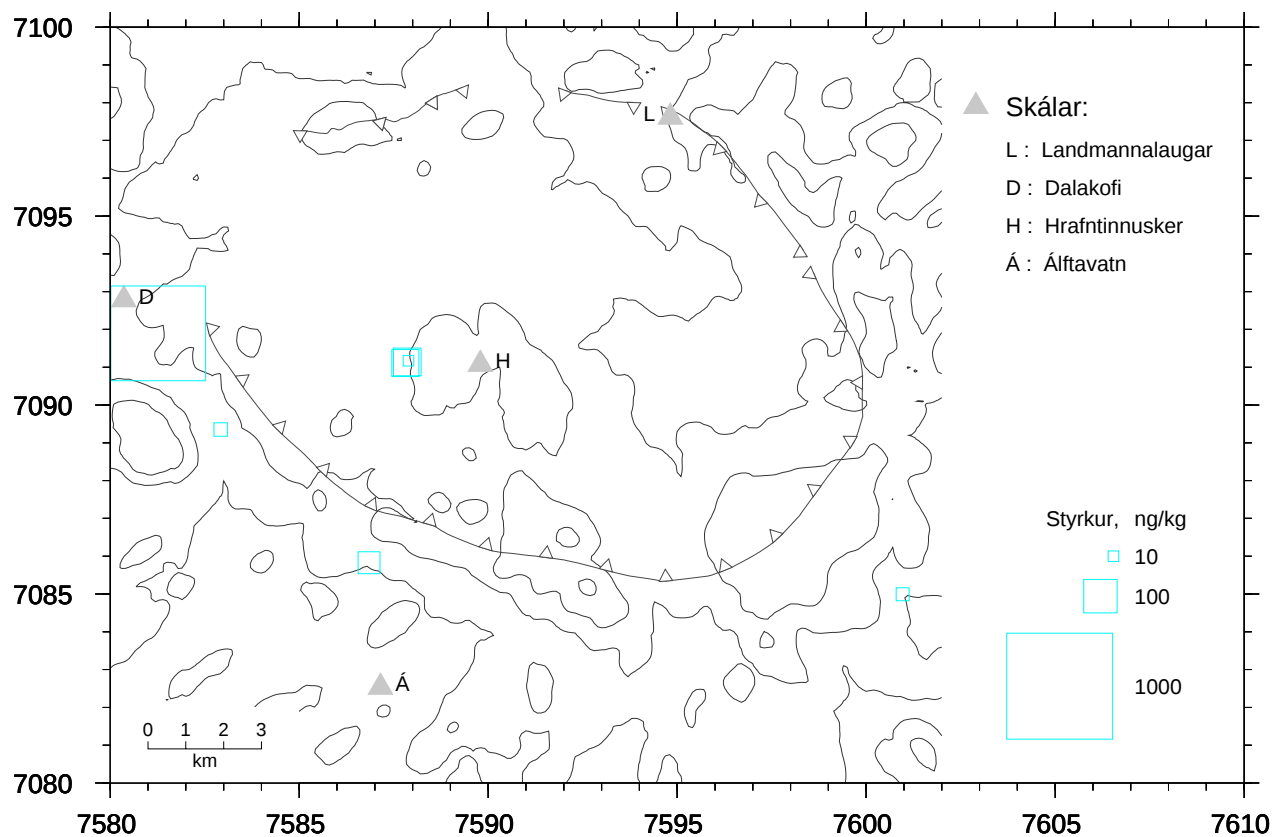
Mynd 45. Styrkur kalsíums í vatni



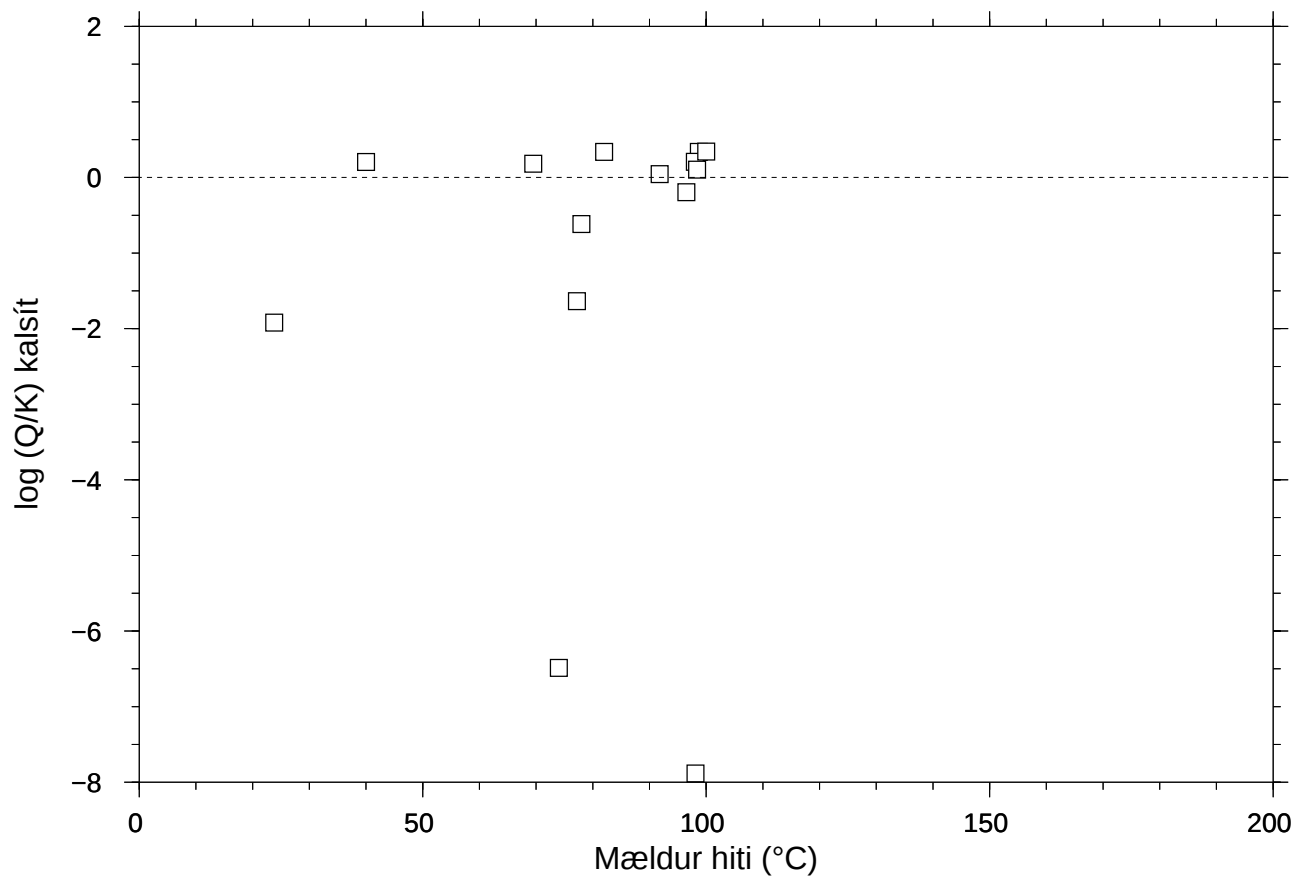
Mynd 46. Styrkur flúoríðs í vatni



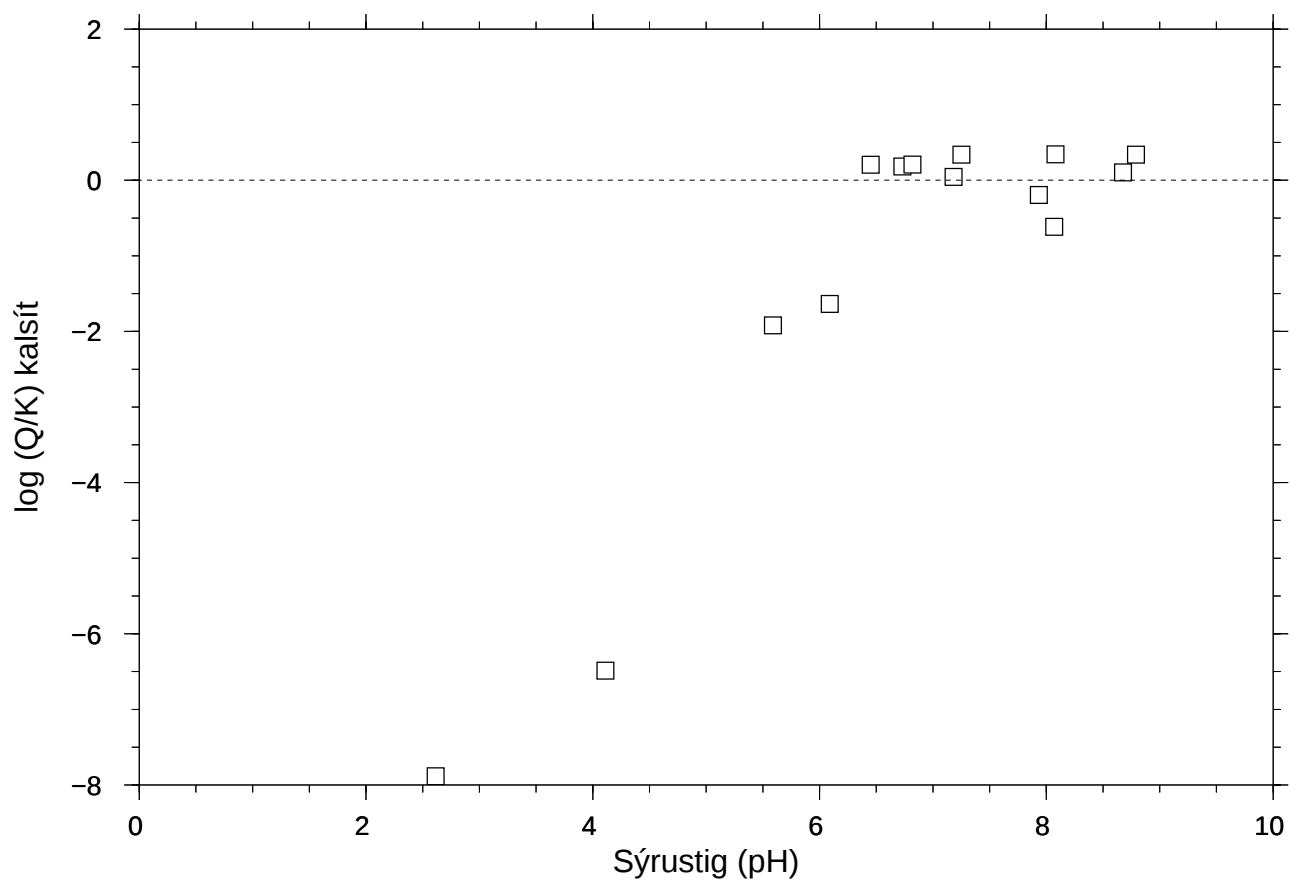
Mynd 47. Styrkur súlfats í vatni



Mynd 48. Styrkur kvikasilfurs í vatni



Mynd 49. Mettunarstig kalsíts sem fall af mældum hita



Mynd 50. Mettunarstig kalsíts sem fall af sýrustigi

## 6.2 Jafnvægi vatns við steindir

Þegar vatn leikur um heit jarðlög leysast upp ýmis efni, en önnur falla út. Með tímanum næst jafnvægi milli uppleystra efna og steinda bergsins. Jafnvægisástand vökvans ræðst einkum af hita, en einnig af gerð bergsins og efnasamsetningu vatns þess sem inn í það seytla. Af þessum sökum getur efnainnihald vatns úr laugum og hverum veitt ýmsar vísbendingar um innra ástand jarðhitakerfis, og eru þar nærtækastir efnahitamælar, sem fyrr var sagt frá.

Ekki eru hér efni til mikillar umræðu um jafnvægi í jarðhitakerfinu í Torfajökli, því vatnssýnin eru í senn fá og sundurleit, en þó verður tæpt á jafnvægisástandi þriggja steinda.

Mynd 49 sýnir reiknað mettunarstig kalsíts í vatni hvera og lauga sem fall af mældum hita, en mettunarstig steindar í vatni er skýrgreint sem lógariðmi hlutfalls viðeigandi jónamargfeldis við leysnimargfeldið. Jafnvægi ríkir þegar mettunarstigið er jafnt núlli; þá er vatnið hvorki undir- né yfirmettað af steindinni. Þótt fullvíst megi telja að jafnvægi við kalsít hafi náðst við ríkjandi hita djúpt í jörðu, sem vafalaust er mun hærri en hiti á yfirborði, hefur sá kostur verið valinn að miða hér við mældan hita. Til þess liggja eftirfarandi ástæður. Svo virðist sem vatnið hafi kólnað á leið sinni til yfirborðs og efnasamsetning þess raskast, en mikill munur á efnahita gass og vatns kann einmitt að benda í þá átt. Því er alls ekki ljóst hvaða djúphita væri rétt að velja hverju sýni, enda alls óvíst að efnasamsetning sé í samræmi við þann hita hvort eð er. Jafnvægi við kalsít næst nefnilega á mjög skömmum tíma, og það endurstillist því fljótt að hita á hverjum stað.

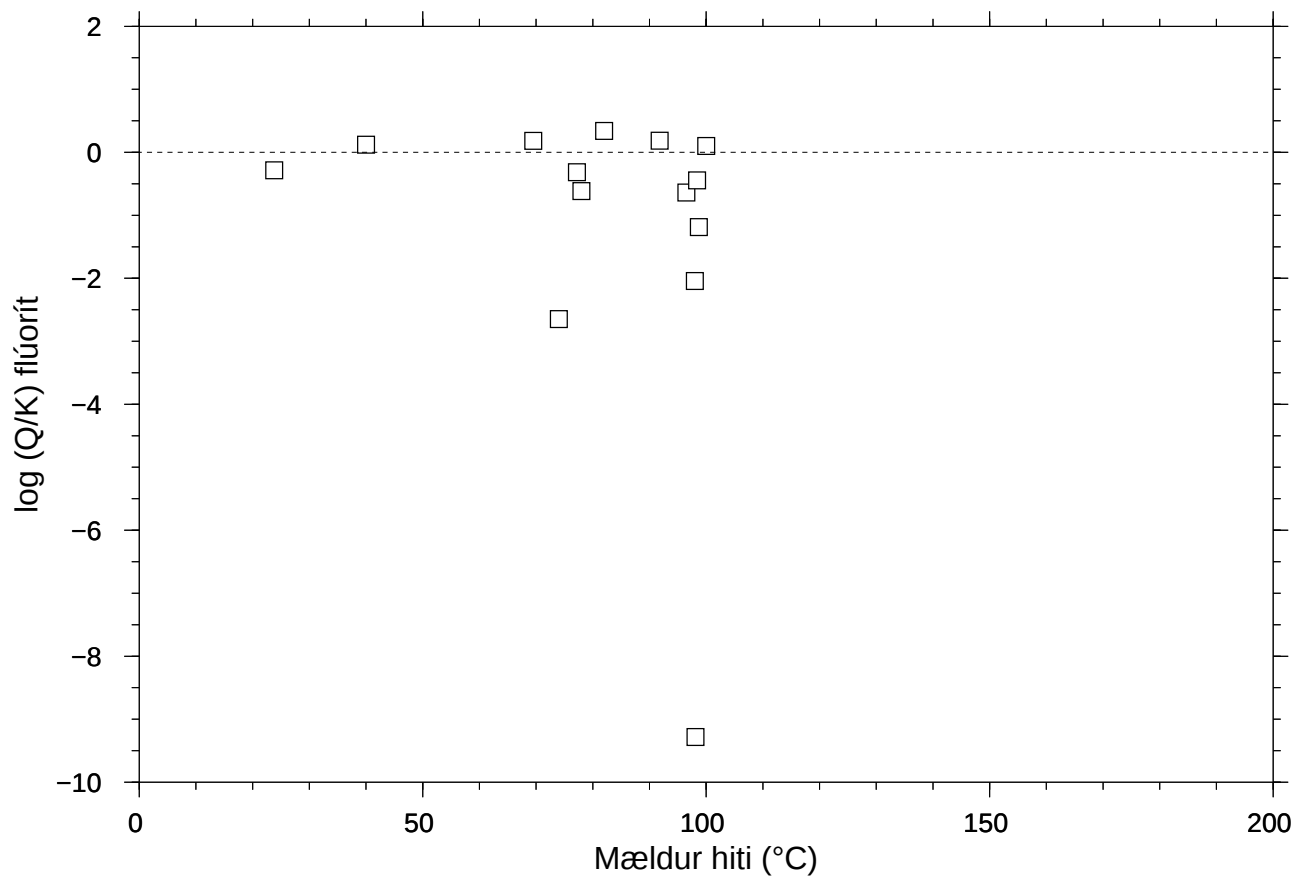
Eins og sjá má á myndinni er vatn í þorra lauga og hvera kalsítmettað. Fjögur sýni skera sig að vísu úr, því þau virðast talsvert undirmettuð. Á mynd 50, sem sýnir mettunarstigið sem fall af pH-gildi, sést að þetta eru einmitt súrustu sýnin.

Mettunarstig steindarinnar flúoríts er dregið á móti hita á mynd 51 og á móti sýrustigi á mynd 52. Miðað er við mældan hita eins og áður. Flest eru sýnin flúorítmettuð, eða því sem næst. Flúorítmettun er ekki algeng í íslensku jarðhitavatni, enda er vatn hér á landi að jafnaði flúoríðsnautt, og því yfirleitt undirmettað af flúoríti. Þar sem vatn leikur um súrt berg getur styrkur flúoríðs þó orðið umtalsverður. Þannig hagar einmitt til í Torfajökli.

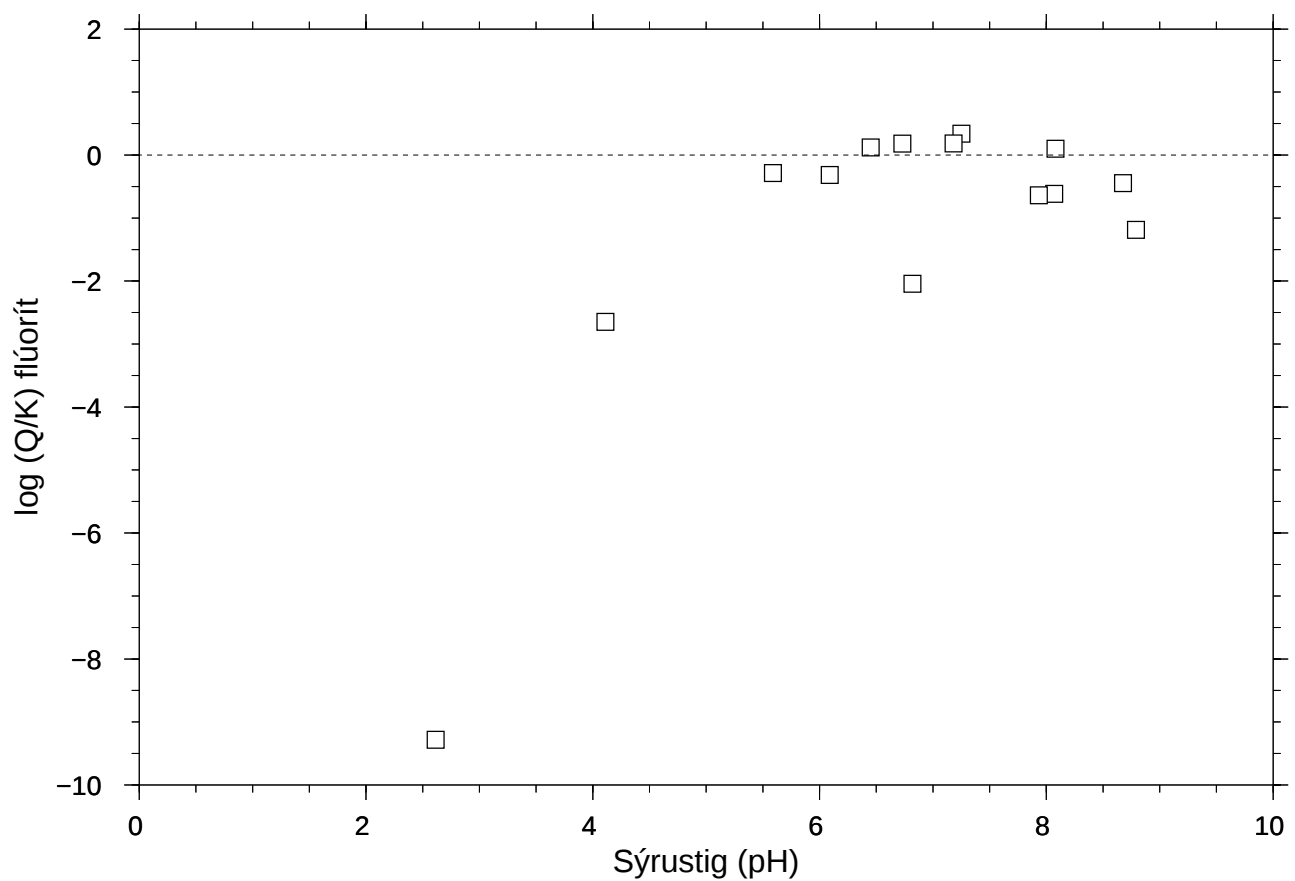
Næstu tvær myndir sýna mettunarstig magnesíum-klóríts, mynd 53 sem fall af mældum hita og mynd 54 sem fall af pH-gildi. Flest eru sýnin undirmettuð, meira eða minna, og aðeins fáein eru nálægt jafnvægi. Sem fyrr eru það súrustu sýnin sem lengst eru frá mettun, en undirmettunin minnkar með hækkandi pH-gildi.

Mynstur það sem fram gengur af mynd 54 er að ýmsu leyti dæmigert fyrir þetta safn vatnssýna af Torfajökulssvæðinu. Mettunarstig margra steinda sýnir mjög eindregna leitni með pH-gildi, ýmist til hækkunar eða lækkunar. Í flestum tilvikum eru súru sýnin lengst frá jafnvægi, hvort heldur þau eru undir- eða yfirmettuð, en þau basísku hins vegar miklu nær mettun. Magnesíum-klórít er hér valið sem dæmi úr allstórum hópi steinda sem hegða sér á þennan hátt.

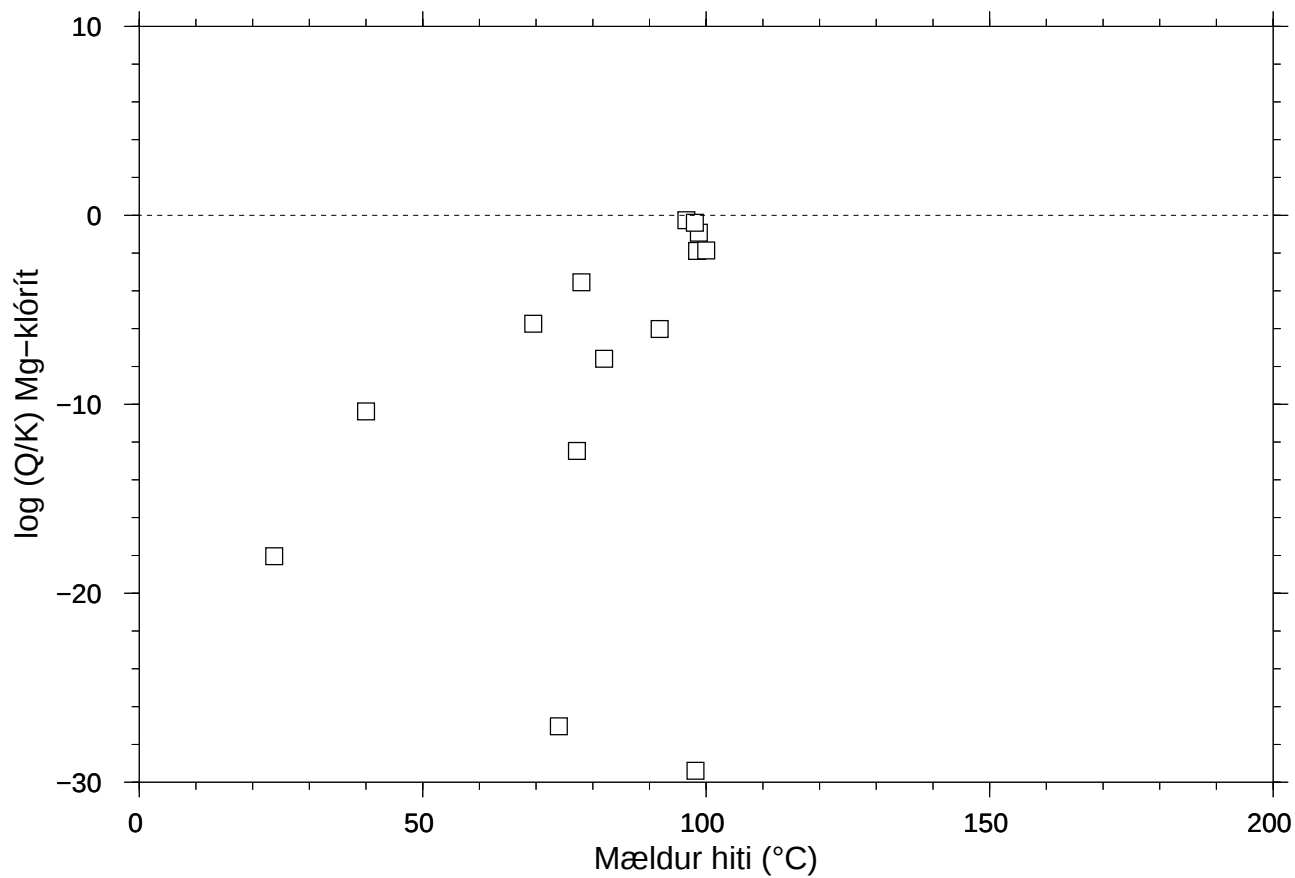
Þessu er öfugt farið með nokkrar steindir, t.d. eru súru sýnin næst jafnvægi við anhydrit, en þau basísku lengst frá mettun.



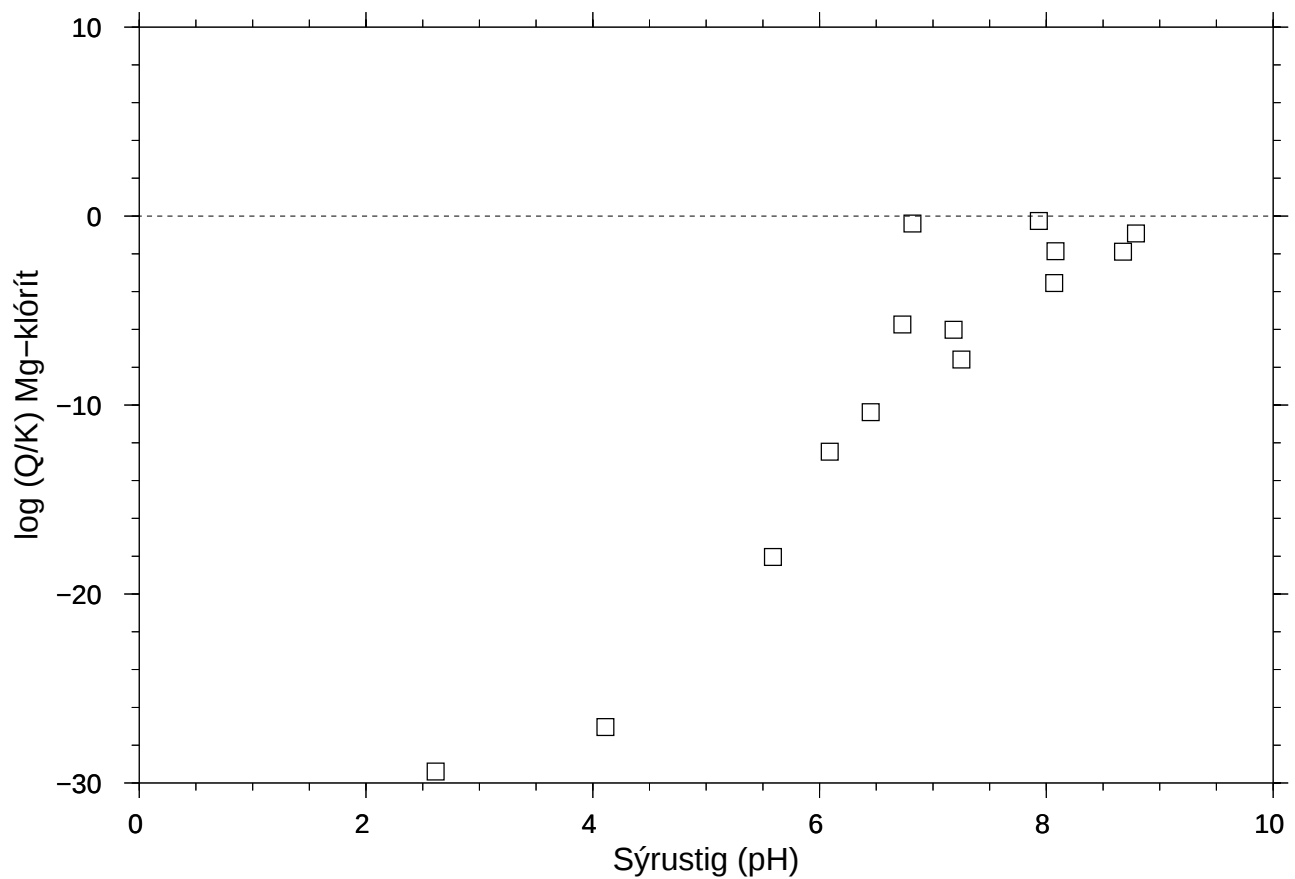
Mynd 51. Mettunarstig flúoríts sem fall af mældum hita



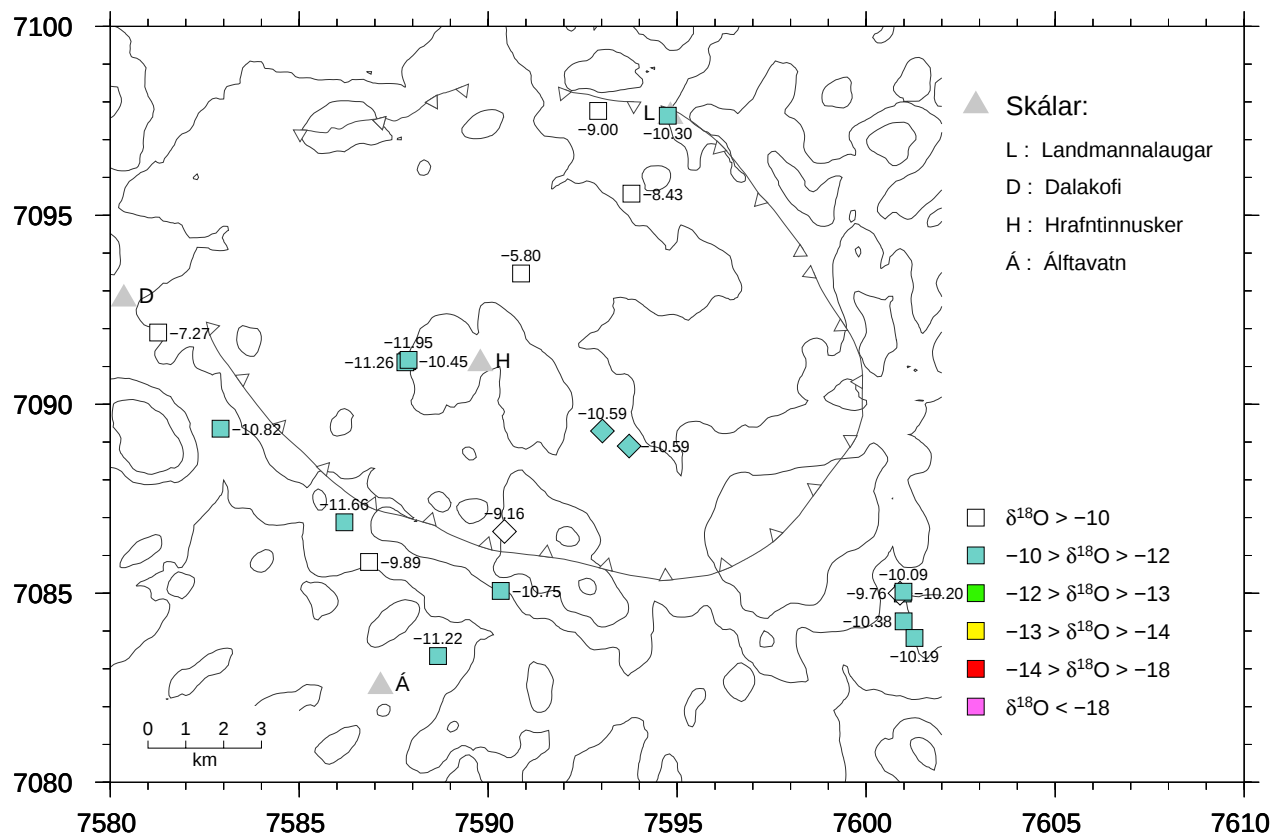
Mynd 52. Mettunarstig flúoríts sem fall af sýrustigi



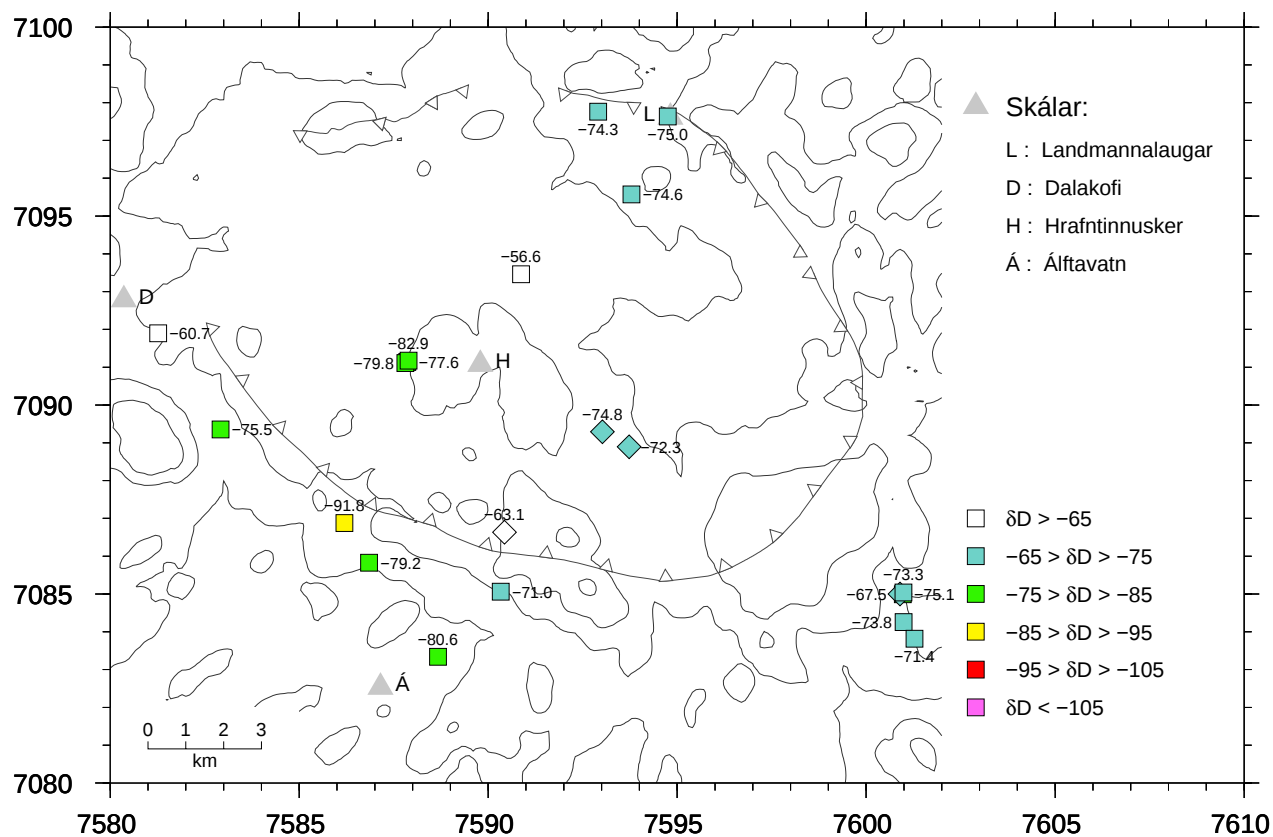
*Mynd 53. Mettunarstig Mg–klóríts sem fall af mældum hita*



*Mynd 54. Mettunarstig Mg–klóríts sem fall af sýrustigi*



Mynd 55. Samsæthlutfall súrefnis í vatni



Mynd 56. Samsæthlutfall vetnis í vatni

### 6.3 Samsætuhlutföll í vatni

Samsætuhlutföll vetnis og súrefnis voru ákvörðuð í 16 sýnum, sem safnað var úr laugum og vatnshverum, og í einu sýni sem tekið var úr ölkeldu. Sömu hlutföll voru einnig mæld í þremur sýnum af köldu vatni og einu af snjó. Mæligildin eru skráð neðarlega í töflu 6. Þau eru talin í þúsundustu hlutum sem frávik frá meðalsjó (SMOW), á sama hátt og mæligildi gufusýnanna. Vetnishlutfallið,  $\delta D$ , spannar bilið frá  $-56,6\text{‰}$  og niður í  $-91,8\text{‰}$ , en súrefnishlutfallið,  $\delta^{18}O$ , bilið frá  $-5,80\text{‰}$  niður í  $-11,95\text{‰}$ .

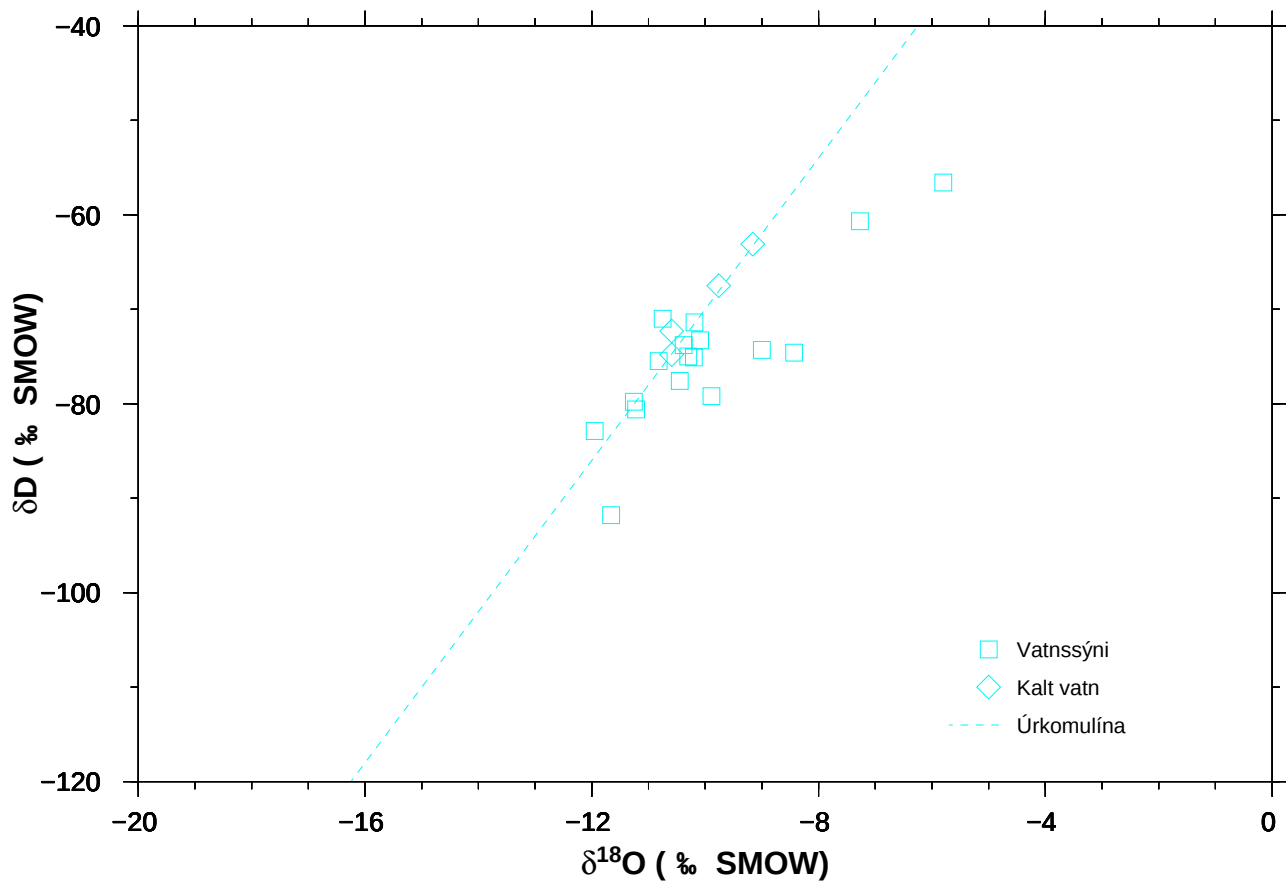
Á mynd 55 sést hvernig súrefnishlutfallið dreifist um Torfajökulssvæðið, en dreifing vetnishlutfallsins er sýnd á mynd 56. Sýni af snjó og köldu vatni eru táknuð með tíglum, en önnur sýni með ferningum. Samband  $\delta D$  og  $\delta^{18}O$  innbyrðis er sýnt á mynd 57, og þar er úrkomulína heimsins dregin með strikum, eins og á mynd 34.

Lækur sunnan Háuhvera og Á í Kaldaklofi (nyrðra) eru talin gefa besta mynd af samsætuhlutföllum úrkomunnar á jarðhitasvæðinu. Þetta kom fram í kafla 5.4, en þar voru Læk vestan Strútslaugar og Fönn Kolbrúnar raunar einnig gerð skil. Vetnishlutfallið í Læk sunnan Háuhvera reyndist  $-74,8\text{‰}$ , en  $-72,3\text{‰}$  í Á í Kaldaklofi, og súrefnishlutfallið var  $-10,59\text{‰}$  í báðum. Þessi sýni eru merkt með tíglum á myndum 55 og 56, nálægt miðju.

Vetnishlutfall vatnsins í laugunum í Hólmsárbotnum, Strútslaug, Miðlaug, Stórstainslaug og Hrútslaug, er að kalla hið sama og vetnishlutfall kalda vatnsins uppi á hálendinu. Sama máli gegnir um Landmannalaugar og hverina í nágrenni þeirra, Soðbolla og Eyrarhver, svo og Laufafjarkann vestur undir Laufafelli við Markarfljót. Raunar mætti einnig telja Ölstall sunnan í Háskerðingi í þessum hópi. Uppruna vatnsins í þessum laugum og hverum má væntanlega rekja til úrkomu sem fellur á Torfajökulshálendið.

Vatn í laugunum Langþráðu og Rauðhöddu og hvernum Steingrána, sem öll liggja fast undir Hrafninnuskeri að vestan, er svolítið „léttara“ en vatn úr nýttöldum laugum og hverum. Þessar uppsprettur, sem og aðrar í næsta nágrenni, draga trúlega bræðsluvatn úr jöklinum sem liggur norðan og vestan á Hrafninnuskeri, enda er laugin Langþráða aðeins 200 m vestan við nafntogaða íshella sem jarðhitinn hefur étið í jökulröndina. Sléttan á kolli Hrafninnuskers er í 1120–1140 m hæð yfir sjó, og jökullinn liggur nær allur ofan við 1000 m. Hæð ákomusvæðisins er því á að giska 200 m meiri hér en í Kaldaklofi nyrðra og við Háuhveri, og gæti þetta skýrt lægra vetnishlutfall. Ekki er augljóst hvers vegna vetnishlutfall er  $5,3\text{‰}$  lægra í Rauðhöddu en í Langþráðu, þótt aðeins séu 50 m á milli. Þó má giska á að íblöndun gufu valdi, en í kafla 6.1 kom einmitt fram, að þetta vatn kunni að vera gufuhitað. Mikill súlfatstyrkur Rauðhöddu styður þessa ályktun, því hann ber vott um umtalsverða oxun brennisteinsvetnis.

Örðugra virðist þó að skýra lágt vetnishlutfall Bratthálskvíslarkers ( $-80,6\text{‰}$ ) og Grashagahvers ( $-79,2\text{‰}$ ) með hæð úrkomusvæðis. Staðirnir eru báðir sunnan hins eiginlega Torfajökulshálendis, og báðir neðan við 600 m hæð. Vetnishlutfall grenndarúrkomu þar er því væntanlega eitthvað hærra en í Læk vestan Strútslaugar ( $-67,5\text{‰}$ ), en sýnið úr honum var tekið í u.þ.b. 620 m hæð. Íblöndun gufu gæti hugsanlega átt hér þátt, þótt ekki skuli það fullyrt, en súlfatstyrkur vatns í Bratthálskvíslarkeri er talsvert mikill, og samanlagður mólstyrkur súlfats og súlfíðs er einnig umtalsverður í Grashagahver. Til þess að finna úrkomu með vetnishlutfall nálægt  $-80\text{‰}$  þyrfti hins vegar að leita langt upp í Háskerðing, en raunar er ekki með öllu útilokað að vatnið sé þaðan komið.



Mynd 57. Vensl samsætuhlutfalla vetnis og súrefnis í vatni

Torveldast er samt að skilja hið lága vetnishlutfall í Hæruskegg (-91,8 ‰). Þótt hverinn sé að vísu karbónatríkur, ber vatnið ekki sérstök merki gufuþlöndunar að öðru leyti, því súlfíð mælist ekki og súlfatstyrkur er hóflegur. Til að þetta lága vetnishlutfall næðist dygði hins vegar ekki minna en helmingsþlöndun léttustu gufu sem finnst á svæðinu. Vandséð er hvaðan úrkoma með svo lágt vetnishlutfall gæti verið ættuð.

Samsætuhlutföll vetnis og súrefnis eru hæst í sýnum vatns úr Mannætu og Kjallara við Laugaveg, og skera þau sig mjög úr hópnum. Þau falla efst til hægri á mynd 57. Samsætuhlutföll þessara sýna eru raunar mjög áþekkt og samsætuhlutföll pönnusýna þéttivatns, sem merkt eru með ferningum efst til hægri á mynd 34. Þetta þarf ekki að koma mjög á óvart, því bæði Mannæta og Kjallari við Laugaveg eru nær örugglega gufuhitaðir þéttivatnspyttir, og því frábrugðin hinum eiginlegu tæru vatnshverum. Samsætuhlutföll í sýnum úr þessum tveim pyttum gefa því ekki aðrar vísbendingar en þær, að vatnið sé þétting úr gufu með svipuð samsætuhlutföll og gufan á mynd 34.

Vetnishlutfalli sýna úr laugum og vatnshverum á svæðinu má því koma beint heim við úrkomu á Torfajökulshálendinu, ef sýnin úr Mannætu, Kjallara við Laugaveg og Hæruskegg eru talin frá. Flest hinna sýnanna falla á úrkomulínuna, eða mjög nærri henni. Hér verður þó að undanskilja sýni úr Eyrarhver, Soðbolla og Grashagahver, en súrefnishlutföll þeirra eru nokkru minni en við mætti búast. Orsök þessa er óljós, en gíska má á, að afsuða gufu valdi. Karbónatstyrkur vatns í Grashagahver sýnist þó mæla því í gegn. En svo mikið er ljóst, að samsætuhlutföll sýna úr laugum og hverum, öðrum en nefndum sex, eru áþekkt hlutföllum í úrkomu á Torfajökulshálendinu.

## 7 UMRÆÐA

Þegar litið er yfir niðurstöður efnagreininga jarðgufu af Torfajökulssvæðinu hlýtur athyglin að beinast að tveimur atriðum öðrum fremur. Í fyrsta lagi er vert að gefa því gaum hvernig styrkur gass í gufu og aðrar hitavísbendingar dreifast um jarðhitasvæðið. Í annan stað vekur eftirtekt að gashiti er víða mjög hár.

Styrkur gass í gufu er langmestur sunnan- og suðaustantil á svæðinu, og á það einkum við um koldíoxíð, þótt aðrar lofttegundir fylgi þessu mynstri raunar einnig. Þá mælist mikið gas sums staðar í nágrenni Landmannalauga svo og á spildu vestast í Reykjadalum. Á þessum stöðum öllum gefa gashitamælar vísbendingar um mjög háan hita.

Á suður- og suðausturhluta svæðisins er einnig að finna mestan styrk bórs og kvikasilfurs í gufu. Þetta er talið vísbending um að hiti þar sé hærri en annars staðar. Eimþrýstingur bórsýru og kvikasilfurs vex ört með hita, og berast þessi efni því auðveldlega með gufu þar sem hiti er hár.

Ásýnd jarðhitans sunnan- og suðaustantil á Torfajökulshálendinu kann einnig að benda til þess að hiti þar sé hærri en víðast annars staðar. Í Kaldaklofi nyrðra virðist ummyndun víðtækari og ákafari en t.d. í Reykjadalum, hvítur leir útbreiddari og brennisteinsútfellingar algengari. Hér ber þó að gæta þess, að jarðlög á yfirborði eru talsvert ólík eftir stöðum. Því er líklegt að eðli og efnasamsetning yfirborðslaga, gjósku, sets eða storku, ráði talsverðu um ásýnd jarðhitans.

Um miðbik jarðhitasvæðisins liggur rein, og nær hún að kalla frá Landmannalaugum í norðaustri og nokkuð suðvestur fyrir Hrafninnusker. Á þessari rein er styrkur gass í gufu að jafnaði talsvert minni en suðaustantil á svæðinu, og flestir gashitamælar sýna hér lægri gildi. Stefna hennar, frá norðaustri til suðvesturs, hlýtur strax að vekja athygli, enda er þetta meginstefna sprungna í gosbeltinu sunnanlands. Skammt sunnan og suðvestan Torfajökulshálendisins eru margir móbergshryggir með sömu stefnu, og má þar nefna Skygnishlíðar, Faxe, Sátu, Torfatind, Brattháls og Ófæruhöfða. Má raunar kalla svo að reinin liggi í beinu framhaldi af Sátu, en ekki sjást augljós merki hennar í landslagi uppi á hálendinu. Þessi rein kann á einhvern hátt að tengjast höggun og eldvirkni á svæðinu.

Að fyrra bragði hefði e.t.v. mátt ætla, að gashiti myndi reynast hæstur á sömu rein og gossprungurnar, en lægri annars staðar, gagnstætt því sem nú virðist raunin. Þótt styrkur gass í gufu sé að vísu minni á reininni en utan hennar, og efnahiti lægri, ber þess þó að gæta, að sums staðar á reininni er gufuúttstreymi geysimikið, einkum við Hrafninnusker. Þar eru einnig merki um miklu nýlegri eldvirkni en t.d. í Kaldaklofi nyrðra, þar sem jarðlög eru mun meira rofin, og hefur þessi nýlega eldvirkni væntanlega brotið sprungur í staflann. Það er því freistandi að ímynda sér að lekt sé meiri um miðbik jarðhitasvæðisins en annars staðar, og því eigi gufan tiltölulega greiðan gang til yfirborðs á títtnefndri rein.

Nokkrar skýringar koma þá til álita á því hvers vegna hiti virðist lægri á reininni en utan hennar. Í fyrsta lagi má vera að jarðhitavökvinn á reininni hafi kólnað eitthvað vegna mikillar afsuðu gufu. Í annan stað kann greiðara innstreymi af köldu vatni vegna meiri lektar að hafa kælt þennan hluta svæðisins umfram aðra. Þriðja skýringin er þó e.t.v. sennilegust. Sé aðrennsli að uppstreymisrásum gufunnar tiltölulega tregt utan reinarinnar, t.d. í Kaldaklofi nyrðra, má vænta þess að suðuborð í þessum rásum hafi

smám saman færst neðar, í heitara berg, og liggi því dýpra en á svæðum þar sem bergið er lekara. Þannig gætu gashitamælarnir einfaldlega verið vísbending um suðu á mismiklu dýpi, og færi hiti hækkandi með dýpi, eins og títt er. Þessar vangaveltur geta þó aðeins talist lauslegar tilgátur.

Gashitamælar benda til þess að hiti í iðrum Torfajökulssvæðisins sé mjög hár, þótt nokkru muni á mælum. Þannig sýnir  $\text{CO}_2/\text{N}_2$ -mælirinn um eða yfir  $350^\circ\text{C}$  hita þar sem heitast er, einkum á suður- og suðausturhluta svæðisins, en einnig vestast í Reykjadölum og við Reykjakoll hjá Landmannalaugum. Annars staðar sýnir hann talsvert lægri hita, víðast um eða undir  $300^\circ\text{C}$ . Svipuðu máli gegnir um  $\text{CO}_2$ -mælinn, en þó eru hæstu gildi hans hærri og lægstu gildin lægri.  $\text{H}_2$ -hiti er víðast hvar nálægt  $300^\circ\text{C}$ , ögn hærri suðaustantil, en eilítið lægri annars staðar.  $\text{H}_2\text{S}$ -hiti er einnig nálægt  $300^\circ\text{C}$  suðaustantil, en annars staðar á bilinu  $270\text{--}290^\circ\text{C}$ .  $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2$ -mælirinn sýnir u.þ.b.  $300^\circ\text{C}$  hita á öllu svæðinu.

Þegar á heildina er litið virðist ekki fráleitt að ætla að hiti í Torfajökulskerfinu sé allt að  $350^\circ\text{C}$  þar sem hann er hæstur, en það er á svæðinu sunnan- og suðaustanverðu, vestast í Reykjadölum og við Reykjakoll í kjafti Brandsgils. Víðast annars staðar virðist hitinn vera um eða rétt neðan við  $300^\circ\text{C}$ .

Stefán Arnórsson o.fl. (1987) mældu gasstyrk í jarðgufu við Landmannalaugar, í Reykjadölum og við Hrafninnusker. Verður ekki annað sagt en að vel beri saman niðurstöðum þeirra og þeim sem hér birtast. Hlutföll lofttegunda í gasi eru að kalla þau sömu í báðum rannsóknum. Gashiti þeirra félagar reyndist hæstur vestast í Reykjadölum og fremst í Brandsgili, yfir  $300^\circ\text{C}$ , en annars staðar á bilinu  $240\text{--}290^\circ\text{C}$ . Þessi gildi eru að jafnaði ívið lægri en þau sem skýrt var frá í kafla 5. Stefán og félagar hans rannsökuðu ekki gufu af suðausturhluta Torfajökulshálendisins, þar sem okkar athugun leiddi í ljós hæstan hita.

Gufuhverir á jarðhitasvæðinu eru allir innan rima Torfajökulsöskjunnar. Sama er að segja um sjóðandi þéttivatnsþytti, svo og nærri öll gufuaugu sem standa undir nafni. Einustu undantekningarnar er að finna á svolítilli hitaskellu hátt uppi við suðausturrönd íshettu Torfajökuls. Þar eru Vindauga og Auga undir hvolfpaki. Þessi skella fellur utan öskjubrúnarinnar eins og Guðmundur Ómar Friðleifsson og Kristján Sæmundsson (1999) hafa dregið hana á jarðhitakort sitt. Þorra tærra vatnshvera og lauga er hins vegar að finna fast við öskjubrotið eða utan þess.

Mjög skiptir í tvö horn um styrk karbónats í vatni þessara tæru hvera og lauga. Norðantil er hann hóflegur, en sunnan öskjunnar er hann mjög mikill, og líklegt að gufuhitun valdi. Dreifingin tengist væntanlega miklum styrk koldíoxíðs í jarðgufu sunnan- og suðaustantil á svæðinu. Á þeim slóðum eru ölkeldur einmitt flestar og stærstar.

Með klóríð er þessu öfugt farið. Styrkur þess í heitu vatni er umtalsverður norðantil á svæðinu, í nágrenni Landmannalauga, og hlýtur raunar að teljast mjög mikill þegar horft er til þess að svæðið er fjarri sjó. Klóríðstyrkur vatns á sunnanverðu jarðhitasvæðinu er hins vegar ekki tiltakanlega mikill. Hæruskeggur og Laufafjarki skera sig þó að vísu nokkuð úr, en miklu meira klóríð er í þessum tveimur hverum en í öðrum uppsprettum sunnan öskjunnar. Mjög lítið klóríð er í laugum þeim og hverum sem liggja vestan undir Hrafninnuskeri, enda er vatnið þar að öllum líkindum gufuhituð snjóbráð.

Hæruskeggur og Laufafjarki eru báðir við suðvesturenda títtnefndar reinar. Það er því umhugsunarefni hvort þessir hverir kunni að tengjast á einhvern hátt heitum uppsprettum á Landmannalaugasvæðinu, sem liggur við hinn enda hennar. A.m.k. gæti klóríðinnihald hveranna tveggja bent til meiri skyldleika við laugar og hverir norðursvæðisins en við nágranna sunnan öskjunnar. Á milli Hæruskeggs og Landmannalauga eru að vísu u.þ.b. 12 km, og sýnist þá langsótt að um bein tengsl þeirra geti verið að ræða. Engu að síður er unnt að ímynda sér að reinin fylgi einhvers konar sprungu sem leitt gæti vatn til yfirborðs af meira dýpi en annars staðar. Sé lekt á þessum slóðum tiltölulega mikil, eins og ýjað hefur verið að, kann vatnið að hafa hringisólað meira um bergið og komist í snertingu við stærra yfirborð en ella, og því leyst meira klóríð úr berginu en vatn annars staðar. Þetta eru þó aðeins getgátur.

Hitt virðist engu ósennilegra að mikil afsuða gufu, sem lýsir sér í öflugu útstreymi á reininni, einkum við Hrafninnusker, kunni að eiga nokkra sök á miklum styrk klóríðs í vatni. Fljótt á litið sýnast samsætuhlutföll vatnsins styðja þessa tilgátu, því sýni úr Eyrarhver, Soddbolla og Hæruskegg falla öll talsvert hægra megin við úrkomulínuna á mynd 57. Á móti mælir, að vatn úr Landmannalaugum fellur á línuna þótt í því sé talsvert klóríð, en vatn úr Grashagahver fellur talsvert hægra megin við línuna og er þó klóríðstyrkur þess tíu sinnum minni. Þá bendir mikið karbónat Hæruskeggs til þess að það vatn sé ósoðið.

Af samsætuhlutföllum vetnis og súrefnis má ráða að uppruna vatns í hverum og laugum á jarðhitasvæðinu megi rekja til úrkomu sem fellur á Torfajökulshálendið. Þetta kemur ekki á óvart. Samsætuhlutföll í gufu spanna hins vegar fremur breitt bil, en leitni gagnanna er talin skýrast af þéttingu vatns úr gufunni í uppstreymisrásum.

Efnahitamælar þeir sem byggjast á uppleystum steinefnum í vatni sýna flestir hita á bilinu 120–200 °C. Þetta eru miklu lægri gildi en gashitamælarnir sýna. Harla ólíklegt hlýtur þó að teljast að hiti í iðrum svo öflugs háhitakerfis sem Torfajökulssvæðið bersýnilega hefur að geyma sé um eða innan við 200 °C. Líklegra er, að efnasamsetning lauga og vatnshvera á svæðinu gefi ekki rétta mynd af samsetningu djúpvatns í jarðhitakerfinu. Þar kann að valda afsuða gufu og íblöndun kaldara vatns.

Stefán Arnórsson (1985) gerði blöndunarlíkan af vatni í Landmannalaugum og áætlaði þannig að djúphiti þar væri nálægt 265 °C. Ekki eru talin efni til slíkra reikninga hér.

Hér að framan hafa verið raktar helstu niðurstöður rannsóknar á efnum í gufu og heitu vatni á jarðhitasvæðinu í Torfajökli. Þótt þær kunni við fyrstu sýn að virðast nokkuð sundurleitar er meginniðurstaðan þó í raun aðeins ein. Hana má orða svo: Gashitamælar benda til þess að hiti í jarðhitakerfinu sé víðast naumlega 300 °C, eða þar um bil. Þó kann hitinn að vera allt að 350 °C þar sem heitast er, en það er einkum á suður- og suðausturhluta svæðisins.

## HEIMILDIR

Björn Gunnarsson, 1987: *Petrology and petrogenesis of silicic and intermediate lavas on a propagating oceanic rift. The Torfajökull and Hekla central volcanoes, South-Central Iceland*. Doktorsritgerð, Johns Hopkins University: 432 s.

Bragi Árnason, 1976: *Groundwater systems in Iceland traced by deuterium*. Vísindafélag Íslendinga, Reykjavík: 236 s.

Craig, H., 1961: Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, Vol. 133: 1702–1703.

Giggenbach, W.F., 1991: Chemical techniques in geothermal exploration. *Applications of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development*. UNITAR/UNDP Centre on Small Energy Resources, Róm: 119–144.

Gretar Ívarsson, 1992: *Geology and petrochemistry of the Torfajökull central volcano in central south Iceland, in association with the Icelandic hot spot and rift zones*. Doktorsritgerð, University of Hawaii: 332 s.

Guðmundur Árnason, 1928: Örnefni á Landmannafrétti. *Árbók hins íslenska fornleifafjelags 1928*. Reykjavík: 81–93.

Guðmundur Ómar Friðleifsson og Kristján Sæmundsson, 1999: *Jarðhitakort af Torfajökulssvæði, 1:40.000*. Fyrsta útgáfa, 31.12.1999 GÓF-KS. Orkustofnun, Reykjavík.

Ingólfur Einarsson, 1987: Landmannafréttur. *Sunnlenskar byggðir V. Rangárþing vestan Eystri-Rangár*. Búnaðarsamband Suðurlands: 140–147.

Fahlquist, L. og Janik, C.J., 1992: *Procedures for collecting and analyzing gas samples from geothermal systems*. U.S. Geological Survey Open-File Rept. 92-211: 19 s.

Fournier, R.O., 1977: Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, Vol. 5: 41–50.

Fournier, R.O. og Truesdell, A.H., 1973: An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 37: 1255–1275.

Fournier, R.O. og Potter, R.W., 1982: A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. *Geothermal Resources Council Bulletin*, November: 3–12.

Kharaka, Y.K. og Mariner, R.H., 1988: Chemical geothermometers and their application to formation waters from sedimentary basins. Í *Thermal History of Sedimentary Basins*, Naeser, N.D. og McCollon, T.H. (ritstj.). Springer, New York: 99–117.

Kharaka, Y.K., Lico, M.S. og Law, L.M., 1982: Chemical geothermometers applied to formation waters, Gulf of Mexico and California basins (abs.). *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol 66: 588.

Kristján Sæmundsson, 1972: Jarðfræðiglefsur um Torfajökulssvæðið. *Náttúrufræðingurinn*, 42. ár, 3. hefti, nóvember: 81–99.

Kristján Sæmundsson, 1988: Jarðfræðipáttur um Torfajökulsöræfi. *Árbók Ferðafélags Íslands*: 164–180.

Magnús Ólafsson, 1987: *Handbók um söfnun vatns- og gassýna*. Orkustofnun, Reykjavík, OS-87021/JHD-03: 43 s.

McGarvie, D.W., 1985: *Volcanology and petrology of mixed magmas and rhyolites from the Torfajökull volcano, Iceland*. Doktorsritgerð, University of Lancaster: 255 s.

Muffler, L.J.P., Nehring, N.L., Truesdell, A.H., Janik, C.J., Clynne, M.A. og Thompson, J.M., 1982: The Lassen geothermal system. *Proceedings of Pacific Geothermal Conference 1982 incorporating the 4th New Zealand Geothermal Workshop, part 2*. Auckland: 349–356.

Níels Óskarsson, Guðmundur E. Sigvaldason og Sigurður Steinþórsson, 1982: A Dynamic Model of Rift Zone Petrogenesis and the Regional Petrology of Iceland. *Journal of Petrology*, Vol. 23, Part 1: 28–74.

Stefán Arnórsson, 1969: *A geochemical study of selected elements in thermal waters of Iceland*. Doktorsritgerð, University of London: 353 s.

Stefán Arnórsson, 1985: The use of mixing models and chemical geothermometers for estimating underground temperatures in geothermal systems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol 23: 299–335.

Stefán Arnórsson, 1987: Gas chemistry of the Kríuvík geothermal field, Iceland, with special reference to evaluation of steam condensation in upflow zones. *Jökull*, 37. ár: 31–47.

Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson og Hörður Svavarsson, 1983: The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 47: 567–577.

Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson, 1985: New gas geothermometers for geothermal exploration—Calibration and application. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 49: 1307–1325.

Stefán Arnórsson, Gretar Ívarsson, Kevin E. Cuff og Kristján Sæmundsson, 1987: Geothermal activity in the Torfajökull field, South Iceland: Summary of geochemical studies. *Jökull*, 37. ár: 1–11.

Valgarður Stefánsson, 1992: *Jarðhiti til raforkuvinnslu. Greinargerð með fjárlagatillögum fyrir árið 1993*. Orkustofnun, greinargerð VS-92/05: 4 s.



**VIÐAUKI A**

**Hnit sýnatökustaða**

Tafla A-1. Hnit sýnatökustaða í Torfajökli. Hnattstöðuviðmiðun er WGS-84. Framhald á næstu blaðsíðu.

| Staðarheiti                      | Hnatthnit<br>WGS-84 |            | Hæð yfir<br>sporvölu<br>(m) | Hæð yfir<br>sjó<br>(m) | UTM<br>WGS-84 |            | Lambert<br>ISNET93 |          | σ<br>(m) |     | Fjöldi |
|----------------------------------|---------------------|------------|-----------------------------|------------------------|---------------|------------|--------------------|----------|----------|-----|--------|
|                                  | N-S                 | A-V        |                             |                        | N-S           | A-V        | N-S                | A-V      | N-S      | A-V |        |
| Lækjarbakkí                      | 63,922333°          | 19,103222° | 952,5                       | 885,4                  | 7089742,7     | 27593022,5 | 379864,3           | 494934,7 | 1,2      | 0,8 | 3,1    |
| Suðuskið stóra                   | 63,903034°          | 19,117955° | 993,2                       | 926,0                  | 7087571,5     | 27592363,6 | 377714,0           | 494207,7 | 1,8      | 1,0 | 1,6    |
| Ginnungagap                      | 63,903138°          | 19,042278° | 989,8                       | 922,7                  | 7087694,9     | 27596076,3 | 377720,8           | 497923,9 | 2,1      | 0,9 | 2,5    |
| Auga í Limbrekku                 | 63,907050°          | 19,053150° | 888,8                       | 821,7                  | 7088114,3     | 27595529,6 | 378157,4           | 497390,4 | 1,7      | 0,9 | 3,5    |
| Auga austan Skeifugarnar         | 63,896307°          | 19,154144° | 1088,7                      | 1021,6                 | 7086770,3     | 27590609,6 | 376967,8           | 492428,8 | 1,8      | 2,0 | 1,8    |
| Skálagilshver                    | 63,932348°          | 19,170852° | 1076,5                      | 1009,4                 | 7090761,5     | 27589674,5 | 380988,0           | 491619,0 | 2,3      | 3,2 | 5,4    |
| Fífuhvammur, panna               | 63,970890°          | 19,275567° | 925,1                       | 858,0                  | 7094912,1     | 27584425,7 | 385303,0           | 486501,0 | 0,8      | 0,9 | 1,9    |
| Fífuhvammur, auga                | 63,970908°          | 19,275588° | 925,1                       | 858,0                  | 7094914,1     | 27584424,6 | 385305,0           | 486500,0 | 0,8      | 0,9 | 1,9    |
| Kjallari við Laugaveg, auga      | 63,954412°          | 19,144782° | 959,4                       | 892,2                  | 7093256,3     | 27590880,8 | 383444,6           | 492903,5 | 2,2      | 1,8 | 3,8    |
| Kjallari við Laugaveg, vatnshver | 63,954359°          | 19,144742° | 959,4                       | 892,2                  | 7093250,4     | 27590882,9 | 383438,7           | 492905,4 | 2,2      | 1,8 | 3,8    |
| Postulinsgil                     | 63,923069°          | 19,207889° | 1060,8                      | 993,7                  | 7089676,3     | 27587888,2 | 379959,0           | 489798,8 | 2,3      | 1,0 | 3,1    |
| Auga undir hvolfbaki             | 63,880044°          | 19,005897° | 1093,1                      | 1026,1                 | 7085177,8     | 27597941,7 | 375145,5           | 499710,2 | 2,4      | 0,8 | 2,2    |
| Vindauga                         | 63,880251°          | 19,006566° | 1100,8                      | 1033,8                 | 7085199,8     | 27597908,1 | 375168,6           | 499677,3 | 2,4      | 0,8 | 2,2    |
| Gullauga                         | 63,905831°          | 19,092052° | 955,4                       | 888,2                  | 7087920,9     | 27593625,2 | 378023,7           | 495480,2 | 2,2      | 1,0 | 3,9    |
| Mospúfa                          | 63,909180°          | 19,074097° | 953,7                       | 886,6                  | 7088320,4     | 27594494,8 | 378395,9           | 496362,2 | 1,7      | 2,2 | 4,1    |
| Strútslaug                       | 63,875633°          | 18,944283° | 685,0                       | 618,1                  | 7084782,5     | 27600983,0 | 374654,9           | 502738,7 | 0,8      | 0,6 | 2,1    |
| Lækur vestan Strútslaugar        | 63,875742°          | 18,945688° | 685,8                       | 618,9                  | 7084792,4     | 27600913,6 | 374667,0           | 502669,7 | 1,2      | 0,6 | 3,5    |
| Stórasteinslaug                  | 63,876046°          | 18,943895° | 686,5                       | 619,5                  | 7084829,1     | 27601000,6 | 374701,0           | 502757,8 | 2,0      | 0,4 | 3,0    |
| Miðlaug                          | 63,869044°          | 18,944335° | 678,7                       | 611,8                  | 7084048,5     | 27601004,1 | 373920,3           | 502736,8 | 1,1      | 1,3 | 1,9    |
| Hrútslaug                        | 63,865016°          | 18,938760° | 667,4                       | 600,5                  | 7083608,6     | 27601292,4 | 373471,5           | 503011,4 | 1,7      | 1,3 | 4,0    |
| Grashagahver                     | 63,886920°          | 19,231047° | 651,1                       | 584,1                  | 7085617,6     | 27586864,4 | 375932,8           | 488647,7 | 0,6      | 0,7 | 1,8    |
| Hæruskeggur                      | 63,896505°          | 19,243776° | 679,3                       | 612,2                  | 7086668,1     | 27586210,0 | 377003,7           | 488026,4 | 1,3      | 1,4 | 2,4    |
| Brathálskvíslarker               | 63,864134°          | 19,195379° | 614,1                       | 547,1                  | 7083128,4     | 27588687,3 | 373386,6           | 490392,3 | 0,9      | 1,1 | 1,5    |
| Auga Kolbrúnar                   | 63,892620°          | 19,158459° | 1011,8                      | 944,7                  | 7086353,4     | 27590409,7 | 376557,3           | 492215,8 | 1,8      | 1,2 | 2,5    |
| Hvíta pannan                     | 63,894597°          | 19,156669° | 1039,2                      | 972,0                  | 7086576,2     | 27590491,2 | 376777,5           | 492304,3 | 0,8      | 0,4 | 1,0    |
| Fönn hjá Kolbrúnu                | 63,89324°           | 19,1576°   | 1016                        | 949                    | 7086423       | 27590447   | 376626             | 492255   | -        | -   | -      |
| Auga í Ljósubrekku               | 63,894634°          | 19,154630° | 1048,6                      | 981,5                  | 7086583,2     | 27590591,2 | 376781,4           | 492404,5 | 2,1      | 0,9 | 5,9    |
| Rautt og svart                   | 63,917584°          | 19,101958° | 945,9                       | 878,7                  | 7089215,6     | 27593100,3 | 379334,7           | 494995,9 | 0,7      | 1,0 | 1,4    |
| Eimreið                          | 63,914222°          | 19,099741° | 917,2                       | 850,0                  | 7088844,3     | 27593220,1 | 378959,7           | 495104,1 | 1,0      | 0,7 | 3,4    |
| Kringill                         | 63,971730°          | 19,259702° | 937,7                       | 870,6                  | 7095026,8     | 27585199,7 | 385393,3           | 487278,6 | 1,2      | 1,0 | 2,5    |
| Gilbúi                           | 63,970076°          | 19,279462° | 907,0                       | 839,8                  | 7094816,3     | 27584237,4 | 385213,1           | 486309,8 | 1,1      | 0,5 | 1,9    |

Tafla A-1. Hnit sýnatökustaða í Torfajökli. Hnattstöðuvíðmiðun er WGS-84. Framhald af fyrri blaðsíðu.

| Staðarheiti           | Hnatthnit<br>WGS-84 |            | Hæð yfir<br>sporvölu<br>(m) | Hæð yfir<br>sjó<br>(m) | UTM<br>WGS-84 |            | Lambert<br>ISNET93 |          | σ<br>(m) |     | Fjöldi |
|-----------------------|---------------------|------------|-----------------------------|------------------------|---------------|------------|--------------------|----------|----------|-----|--------|
|                       | N-S                 | A-V        |                             |                        | N-S           | A-V        | N-S                | A-V      | N-S      | A-V |        |
| Hvínandi              | 63,923716°          | 19,214132° | 1051,4                      | 984,2                  | 7089739,8     | 27587580,0 | 380032,1           | 489492,7 | 1,1      | 0,8 | 50     |
| Langbráða             | 63,934308°          | 19,207422° | 1034,5                      | 967,4                  | 7090928,9     | 27587875,9 | 381211,9           | 489825,8 | 0,7      | 0,5 | 50     |
| Steingráni            | 63,934078°          | 19,208523° | 1026,5                      | 959,4                  | 7090901,8     | 27587822,6 | 381186,4           | 489771,7 | 0,7      | 0,7 | 50     |
| Rauðhadda             | 63,934613°          | 19,206758° | 1037,6                      | 970,5                  | 7090963,8     | 27587907,5 | 381245,8           | 489858,5 | 1,5      | 0,7 | 50     |
| Glókollur             | 63,913165°          | 19,185898° | 1002,8                      | 935,7                  | 7088603,5     | 27588997,8 | 378851,4           | 490874,6 | -        | -   | 1      |
| Belgingur             | 63,931908°          | 19,216111° | 988,3                       | 921,1                  | 7090649,6     | 27587457,5 | 380945,7           | 489398,7 | 1,4      | 1,2 | 50     |
| Mannætan svarta       | 63,942722°          | 19,341405° | 831,6                       | 764,5                  | 7091688,6     | 27581284,5 | 382178,4           | 483259,0 | 1,0      | 0,9 | 36     |
| Glóðarauga            | 63,934156°          | 19,252530° | 965,9                       | 898,8                  | 7090850,6     | 27585665,5 | 381203,0           | 487613,2 | 1,2      | 0,9 | 50     |
| Járnbraut             | 63,933355°          | 19,232987° | 974,6                       | 907,5                  | 7090787,8     | 27586625,8 | 381110,0           | 488571,4 | 0,9      | 0,9 | 50     |
| Hallinkjammí          | 63,971195°          | 19,306403° | 922,8                       | 855,7                  | 7094905,6     | 27582915,3 | 385343,9           | 484990,7 | 1,6      | 1,6 | 50     |
| Stallpanna            | 63,971356°          | 19,306571° | 923,0                       | 855,9                  | 7094923,3     | 27582906,6 | 385361,9           | 484982,5 | 3,8      | 1,1 | 50     |
| Grasker               | 63,962656°          | 19,184906° | 911,5                       | 844,3                  | 7094118,1     | 27588889,5 | 384368,8           | 490939,5 | 1,0      | 1,0 | 50     |
| Gilkollur             | 63,914762°          | 19,185087° | 1025,0                      | 957,8                  | 7088782,5     | 27589032,5 | 379029,4           | 490915,0 | 2,1      | 0,9 | 27     |
| Eyrarhver             | 63,992413°          | 19,100515° | 690,1                       | 623,0                  | 7097553,2     | 27592922,6 | 387676,9           | 495080,0 | 2,2      | 0,9 | 40     |
| Soðbolli              | 63,972517°          | 19,083840° | 759,6                       | 692,5                  | 7095361,3     | 27593804,8 | 385457,7           | 495893,2 | 1,8      | 1,0 | 40     |
| Landmannalaugar       | 63,990758°          | 19,062926° | 655,3                       | 588,2                  | 7097424,2     | 27594766,7 | 387490,1           | 496919,7 | 2,1      | 1,1 | 40     |
| Laufafjarki           | 63,919501°          | 19,309121° | 681,5                       | 614,5                  | 7089143,3     | 27582935,0 | 379581,5           | 484829,4 | 1,7      | 1,4 | 5      |
| Ölstallur             | 63,879151°          | 19,160632° | 799,7                       | 732,6                  | 7084850,0     | 27590346,3 | 375055,9           | 492105,3 | 2,1      | 0,7 | 40     |
| Rauðablástur          | 63,955909°          | 19,149487° | 974,8                       | 907,6                  | 7093416,3     | 27590645,5 | 383612,0           | 492673,2 | 0,9      | 0,6 | 50     |
| Auga á Vöglum         | 63,909852°          | 19,050946° | 907,3                       | 840,3                  | 7088429,8     | 27595628,2 | 378469,7           | 497498,9 | 1,4      | 1,4 | 50     |
| Grábjamargin          | 63,908492°          | 19,051156° | 896,2                       | 829,1                  | 7088277,9     | 27595622,5 | 378318,1           | 497488,4 | 1,1      | 0,9 | 50     |
| Fílsauga              | 63,922838°          | 19,106158° | 986,9                       | 919,8                  | 7089794,7     | 27592876,9 | 379920,8           | 494790,7 | 1,1      | 0,9 | 50     |
| Lækur sunnan Háuhvera | 63,9164°            | 19,1033°   | 917                         | 850                    | 7089085       | 27593035   | 379206             | 494927   | -        | -   | 1      |
| Silfurker             | 63,973366°          | 19,083638° | 773,7                       | 706,6                  | 7095456,2     | 27593811,9 | 385552,3           | 495903,3 | 3,7      | 3,9 | 50     |
| Brúnaþung             | 63,979437°          | 19,087275° | 783,9                       | 716,8                  | 7096127,1     | 27593613,6 | 386229,4           | 495726,0 | 4,6      | 7,2 | 30     |
| Urðargeil             | 63,982871°          | 19,091391° | 792,1                       | 725,0                  | 7096503,6     | 27593400,7 | 386612,5           | 495525,0 | 1,9      | 1,0 | 50     |
| Gullinglyrna          | 63,982931°          | 19,048248° | 673,7                       | 606,6                  | 7096574,2     | 27595511,3 | 386616,8           | 497637,5 | 1,2      | 1,3 | 50     |
| Branda                | 63,983137°          | 19,047513° | 679,4                       | 612,3                  | 7096598,3     | 27595546,5 | 386639,8           | 497673,5 | 4,4      | 2,3 | 50     |
| Gullbrá               | 63,902744°          | 19,120088° | 1005,6                      | 938,5                  | 7087536,1     | 27592259,9 | 377681,8           | 494102,9 | 1,2      | 0,9 | 50     |
| Brekkubúi             | 63,906092°          | 19,093133° | 939,0                       | 871,9                  | 7087948,4     | 27593571,3 | 378052,8           | 495427,1 | 1,3      | 1,7 | 49     |
| Á í Kaldaklofi nyrðra | 63,912661°          | 19,089145° | 748,2                       | 681,1                  | 7088686,0     | 27593745,0 | 378784,9           | 495624,0 | 4,1      | 2,3 | 10     |

Tafla A-2. Hnit sýnatökustaða í Torfajökli. Hnattstöðuvíðmiðun er Hjörsey 1955. Framhald á næstu blaðsíðu.

| Staðarheiti                     | Hnatthnit<br>Hjörsey 1955 |            | UTM<br>Hjörsey 1955 |           | Lambert<br>Hjörsey 1955 |          | Hæð yfir<br>sjó<br>(m) |
|---------------------------------|---------------------------|------------|---------------------|-----------|-------------------------|----------|------------------------|
|                                 | N-S                       | A-V        | N-S                 | A-V       | N-S                     | A-V      |                        |
| Lækjarbakki                     | 63,922644°                | 19,103621° | 7089951,7           | 7593006,7 | 380351,9                | 554160,8 | 885,4                  |
| Suðusíkið stóra                 | 63,903345°                | 19,118353° | 7087780,4           | 7592347,7 | 378213,1                | 554921,8 | 926,0                  |
| Ginnungagap                     | 63,903449°                | 19,042678° | 7087903,7           | 7596060,5 | 378161,1                | 551205,5 | 922,7                  |
| Auga í Límbrekku                | 63,907361°                | 19,053550° | 7088323,2           | 7595513,8 | 378606,1                | 551732,1 | 821,7                  |
| Auga austan Skeifugarnar        | 63,896618°                | 19,154541° | 7086979,1           | 7590593,8 | 377495,1                | 556712,4 | 1021,6                 |
| Skálagilshver                   | 63,932658°                | 19,171249° | 7090970,4           | 7589658,6 | 381528,0                | 557458,6 | 1009,4                 |
| Fífuhvammur, panna              | 63,971198°                | 19,275961° | 7095121,0           | 7584409,7 | 385923,7                | 562508,1 | 858,0                  |
| Fífuhvammur, auga               | 63,971216°                | 19,275982° | 7095123,0           | 7584408,7 | 385925,7                | 562509,1 | 858,0                  |
| Kjallari við Laugaveg, auga     | 63,954721°                | 19,145180° | 7093465,1           | 7590864,9 | 383964,2                | 556135,3 | 892,2                  |
| Kjallari við Laugaveg, vamshver | 63,954668°                | 19,145140° | 7093459,3           | 7590867,0 | 383958,2                | 556133,5 | 892,2                  |
| Postulinsgil                    | 63,923379°                | 19,208285° | 7089885,1           | 7587872,2 | 380527,7                | 559295,1 | 993,7                  |
| Auga undir hvolfpaki            | 63,880356°                | 19,006298° | 7085386,6           | 7597925,9 | 375557,6                | 549460,1 | 1026,1                 |
| Vindauga                        | 63,880563°                | 19,006967° | 7085408,6           | 7597892,3 | 375581,2                | 549492,6 | 1033,8                 |
| Gullauga                        | 63,906142°                | 19,092451° | 7088129,7           | 7593609,4 | 378502,6                | 553644,5 | 888,2                  |
| Mosbúta                         | 63,909491°                | 19,074497° | 7088529,2           | 7594478,9 | 378860,9                | 552756,6 | 886,6                  |
| Strútslaug                      | 63,875946°                | 18,944686° | 7084991,3           | 7600967,2 | 375019,2                | 546439,4 | 618,1                  |
| Lækur vestan Strútslaugar       | 63,876055°                | 18,946091° | 7085001,3           | 7600897,8 | 375032,4                | 546508,3 | 618,9                  |
| Stórasteinslaug                 | 63,876359°                | 18,944298° | 7085038,0           | 7600984,8 | 375065,0                | 546419,6 | 619,5                  |
| Miðlaug                         | 63,869357°                | 18,944738° | 7084257,3           | 7600988,3 | 374284,7                | 546452,9 | 611,8                  |
| Hrútslaug                       | 63,865329°                | 18,939163° | 7083817,4           | 7601276,7 | 373831,5                | 546185,5 | 600,5                  |
| Grashagahver                    | 63,887231°                | 19,231442° | 7085826,4           | 7586848,4 | 376519,9                | 560509,8 | 584,1                  |
| Hæruskeggur                     | 63,896816°                | 19,244170° | 7086877,0           | 7586194,1 | 377600,7                | 561114,1 | 612,2                  |
| Brathálskvíslarker              | 63,864446°                | 19,195774° | 7083337,2           | 7588671,4 | 373946,1                | 558805,5 | 547,1                  |
| Auga Kolbrúnar                  | 63,892931°                | 19,158856° | 7086562,2           | 7590393,8 | 377087,9                | 556931,9 | 944,7                  |
| Hvíta pannan                    | 63,894908°                | 19,157066° | 7086785,0           | 7590475,3 | 377306,7                | 556839,9 | 972,0                  |
| Fönn hjá Kolbrúnu               | 63,89355°                 | 19,1580°   | 7086632             | 7590431   | 377156                  | 556890   | 949                    |
| Auga í Ljósubrekku              | 63,894945°                | 19,155027° | 7086792,0           | 7590575,3 | 377309,0                | 556739,7 | 981,5                  |
| Rautt og svart                  | 63,917895°                | 19,102357° | 7089424,5           | 7593084,4 | 379821,4                | 554108,0 | 878,7                  |
| Eimreið                         | 63,914533°                | 19,100140° | 7089053,2           | 7593204,3 | 379444,6                | 554005,7 | 850,0                  |
| Kringill                        | 63,972038°                | 19,260097° | 7095235,7           | 7585183,7 | 386001,8                | 561729,2 | 870,6                  |
| Gilbúi                          | 63,970384°                | 19,279856° | 7095025,1           | 7584221,5 | 385836,8                | 562700,7 | 839,8                  |

Tafla A-2. Hnit sýnatökustaða í Torfajökli. Hnattstöðunviðmiðun er Hjörsey 1955. Framhald af fyrri blaðsíðu.

| Staðarheiti           | Hnatthnit<br>Hjörsey 1955 |            | UTM<br>Hjörsey 1955 |           | Lambert<br>Hjörsey 1955 |          | Hæð yfir<br>sjó<br>(m) |
|-----------------------|---------------------------|------------|---------------------|-----------|-------------------------|----------|------------------------|
|                       | N-S                       | A-V        | N-S                 | A-V       | N-S                     | A-V      |                        |
| Hvínandi              | 63,924026°                | 19,214528° | 7089948,6           | 7587564,1 | 380605,7                | 559600,0 | 984,2                  |
| Langþráða             | 63,934618°                | 19,207818° | 7091137,8           | 7587860,0 | 381780,2                | 559248,2 | 967,4                  |
| Steingráni            | 63,934388°                | 19,208919° | 7091110,7           | 7587806,7 | 381755,6                | 559302,7 | 959,4                  |
| Rauðhadda             | 63,934923°                | 19,207154° | 7091172,7           | 7587891,5 | 381813,6                | 559215,0 | 970,5                  |
| Glókollur             | 63,913476°                | 19,186294° | 7088812,4           | 7588981,9 | 379403,3                | 558236,7 | 935,7                  |
| Belgingur             | 63,932218°                | 19,216507° | 7090858,5           | 7587441,5 | 381520,8                | 559679,5 | 921,1                  |
| Mannætan svarta       | 63,943031°                | 19,341797° | 7091897,4           | 7581268,6 | 382850,6                | 565799,5 | 764,5                  |
| Glóðarauga            | 63,934466°                | 19,252925° | 7091059,5           | 7585649,5 | 381806,3                | 561460,9 | 898,8                  |
| Jámbraut              | 63,933665°                | 19,233382° | 7090996,7           | 7586609,9 | 381698,2                | 560504,1 | 907,5                  |
| Hallinkjammí          | 63,971503°                | 19,306797° | 7095114,5           | 7582899,4 | 385988,6                | 564017,8 | 855,7                  |
| Stallpanna            | 63,971664°                | 19,306964° | 7095132,2           | 7582890,7 | 386006,7                | 564025,6 | 855,9                  |
| Grasker               | 63,962965°                | 19,185303° | 7094327,0           | 7588873,6 | 384919,5                | 558084,6 | 844,3                  |
| Gilkollur             | 63,915073°                | 19,185483° | 7088991,4           | 7589016,6 | 379580,6                | 558193,6 | 957,8                  |
| Eyrarhver             | 63,992721°                | 19,100915° | 7097762,2           | 7592906,8 | 388162,0                | 553891,9 | 623,0                  |
| Sodbolli              | 63,972826°                | 19,084240° | 7095570,3           | 7593789,0 | 385929,9                | 553113,8 | 692,5                  |
| Landmannalaugar       | 63,991066°                | 19,063327° | 7097633,1           | 7594750,8 | 387946,0                | 552055,2 | 588,2                  |
| Laufafjarki           | 63,919811°                | 19,309514° | 7089352,1           | 7582919,1 | 380228,9                | 564270,3 | 614,5                  |
| Ölstallur             | 63,879463°                | 19,161029° | 7085058,8           | 7590330,4 | 375588,4                | 557066,2 | 732,6                  |
| Rauðablástur          | 63,956218°                | 19,149885° | 7093625,2           | 7590629,6 | 384135,2                | 556362,9 | 907,6                  |
| Auga á Vöglum         | 63,910163°                | 19,051346° | 7088638,6           | 7595612,3 | 378916,7                | 551618,7 | 840,3                  |
| Grábjarnargin         | 63,908803°                | 19,051556° | 7088486,8           | 7595606,7 | 378765,3                | 551631,6 | 829,1                  |
| Fílsauga              | 63,923149°                | 19,106557° | 7090003,6           | 7592861,0 | 380410,7                | 554303,9 | 919,8                  |
| Lækur sunnan Háuhvera | 63,9167°                  | 19,1037°   | 7089294             | 7593020   | 379694                  | 554178   | 850                    |
| Silfurker             | 63,973675°                | 19,084038° | 7095665,2           | 7593796,0 | 386024,4                | 553102,3 | 706,6                  |
| Brúnaþung             | 63,979746°                | 19,087675° | 7096336,1           | 7593597,7 | 386704,2                | 553268,8 | 716,8                  |
| Urðargeil             | 63,983179°                | 19,091791° | 7096712,5           | 7593384,9 | 387090,4                | 553463,7 | 725,0                  |
| Gullinglyma           | 63,983240°                | 19,048649° | 7096783,2           | 7595495,5 | 387061,5                | 551351,2 | 606,6                  |
| Branda                | 63,983446°                | 19,047914° | 7096807,3           | 7595530,7 | 387083,8                | 551314,8 | 612,3                  |
| Gullbrá               | 63,903055°                | 19,120486° | 7087745,0           | 7592244,0 | 378182,6                | 555027,1 | 938,5                  |
| Brekubúi              | 63,906403°                | 19,093532° | 7088157,2           | 7593555,5 | 378532,7                | 553697,0 | 871,9                  |
| Á í Kaldaklofi nyrðra | 63,912972°                | 19,089544° | 7088894,8           | 7593729,2 | 379261,6                | 553488,6 | 681,1                  |



# **VIÐAUKI B**

## **Lýsing sýnatökustaða**

### **Lækjarkakki**

Sýni nr.: 1994-0173

Nýrst í Háuhverum er gilskorningur og lækur í honum. Í næsta skorningi fyrir sunnan er einnig lækur og koma þeir saman neðst og austast á Háuhverasvæðinu. Um 12 m ofan við lækjarmótin í norðurbakka syðri skorningsins, rétt ofan við lækinn, er gufuauga sem sýni var tekið úr. Skammt norðan hins eiginlega Háuhverasvæðis er hitaskella með miklum gufum.

### **Suðusíkið stóra**

Sýni nr.: 1994-0174

Norðan Háskerðings er kambur með stefnu frá vest-suðvestri til aust-norðausturs, mikið ummyndaður efst. Austan til endar kamburinn í allstórum hól með gufuaugum og brennisteini. Vestan í þessum hól er gríðarstór vatnshver og sýður ákaflega í honum. Á kápu ársskýrslu Orkustofnunar fyrir árið 1997 birtist mynd af þessum hver. Austan í hólnum, þar sem hallar ofan í gil nokkurt, er allkröftugt gufuauga undir gufusoðnum, brúnleitum móbergshnaus. Þar var sýni tekið.

### **Ginnungagap**

Sýni nr.: 1994-0175

Í vesturjaðri íshettu Torfajökuls er hnúkur og suður undan honum brött skriða. Í miðri skriðunni, austast, er lág klettabrák, mikið ummynduð. Fast undir brákinni er gufuaugað sem sýnið var tekið úr, en staðurinn er allur fremur grýttur. Afrennslið frá auganu hefur brætt allstóran helli í jökulbrúnina og dregur staðurinn nafn af honum.

### **Auga í Límbrekku**

Sýni nr.: 1994-0176

Liðlega 0,5 km norðvestan við Ginnungagap (sjá lýsingu) er allstórt hitasvæði, og hallar því öllu til vesturs niður að stóru gili. Í gegnum svæðið skerast nokkur minni gil og falla í það stóra. Sýni var tekið úr gufuauga nærri efst í gili sunnarlega á svæðinu. Augað er í miðri suðurhlíð gilsins. Í kringum það var mikill leir þegar að því var komið, mjög seigur og límkenndur. Augað er nokkuð stórt og vel afmarkað.

### **Auga austan Skeifugarnar**

Sýni nr.: 1994-0177

Liðlega 1 km vestan Háskerðings og um 0,5 km austan Laugavegar er hlíð sem veit á móti norðri. Í hlíðinni er skál og í henni stór þúfa. Í þúfunni miðri er gufuauga sem sýni var tekið úr. Á að giska 30 m vestan við augað er stór sjóðandi vatnshver undir kletti. Hverinn er bogadreginn, um 10 m langur, og furðulega líkur skeifugörn að lögun. Gat er inn í klettinn við austurendann, en suðan er mest í miðri görninni. Neðst er panna, rétt áður en smágirnið (afrennslið) byrjar.

### **Skálagilshver**

Sýni nr.: 1994-0178

Suður og vestur af skála Ferðafélags Íslands við Hrafninnusker er gil. Við botn þess að sunnanverðu er gufuauga sem sýni var tekið úr. Þetta er efsta augað í gili, þeirra sem eitthvað kveður að. Augað er sæmilega kröftugt, en staðurinn grýttur. Augað er um 170 m suðvestan við hinn nýja skála, sem reistur var haustið 1994.

### **Fífuhvammur**

Sýni nr.: 1994-0179, 1994-0180 og 1996-0213

Á að giska 0,5 km vestan Hrafninnuhrauns er vað á Markarfljóti, þar sem bíslóðin vestan um Reykjadalí liggur yfir á hægri bakkann. Dálitlum spöl austar liggur vegurinn

upp á hæð með talsverðum rauðum leir. Þar í slakka sunnan vegar er skál, mikið gróin. Í henni er talsvert mikil hveravirkni, þ.á.m. tvær pönnur. Sýni var tekið af þeirri nyrðri og minni. Líðlega 2 m norð-norðvestur af pönnunni er gufuauga. Þar var einnig tekið sýni.

### **Kjallari við Laugaveg**

Sýni nr.: 1994-0181 og 1994-0182

U.þ.b. 2,5 km norðaustan við brún Hrafninnuskers, nálægt svonefndum Stórahver, liggur Laugavegurinn að norðan, ofan af hól niður í enda á gili og þaðan upp á allháan kamb. Stór fönn var þar í slakkanum þegar að var komið í september 1994, enda veit hann á móti norðri, en gilið liggur til vesturs. Endi gilsins er að kalla við vatnaskil, og kemur sá syðri af tveimur austustu upptakalækjum Markarfljóts þaðan, en nokkru austar tekur að halla ofan til Stóra-Hamragils sem liggur til Jökulgils. Nálægt gilsendanum, að norðanverðu, er dálítill geil. Hún er um 30 m fyrir vestan og neðan Laugaveginn. Í henni er sjóðandi vatnshver, um 3 m í þvermál, gruggugur. Þar var tekið sýni. Um 1 m ofan og vestan við hverinn er gufuauga. Úr því var einnig tekið sýni. Vatnshverinn er 98,1 °C heitur.

### **Postulínsgil**

Sýni nr.: 1994-0184

Efst í nyrstu og vestustu Ljósárdrögum, u.þ.b. 300 m austur af Jónsvörðu og á að giska 1 km suðvestur af brún Hrafninnuskers, er mikið ummyndaður gilskorningur með hvítum leir. Þegar skóflu er stungið í jörð er sömuleiðis víða komið niður á þennan hvíta leir, sem lítur út fyrir að geta verið kaólin. Af þessu fékk staðurinn nafn. Í hvílt eða rás um 10 m vestur af þessum skorningi er allkröftugt gufuauga sem sýni var tekið úr.

### **Auga undir hvolfpaki**

Sýni nr.: 1995-0139

Í hvílt, sem verður sunnan undir Torfajökli, líðlega 1 km norðan Sandfells, er jarðhiti. Raunar er hvíltin efsti hluti gils, en ofan og norðan við hana dálítill hól eða kambur. Ofarlega í hvíltinni er fremur lítil panna, en mikill hávaði í henni, og sést gufustrókurinn talsvert á lengdar. U.þ.b. 40 m suðaustan pönnunnar er gufuauga, sem brætt hafði af sér snjó og myndað hringlaga íshelli, á að giska 20 m í þvermál, þegar að var komið í september 1995. Í hellinum var hvolfpak, um 6 m hátt, og var þar kominn dálítill þakgluggi. Sýni var tekið úr téðu gufuauga, innandyrá. Glyrnan er gul af brennisteini.

### **Vindauga**

Sýni nr.: 1995-0140

Pannan, sem frá segir í lýsingu Auga undir hvolfpaki, reyndist ekki sýnatæk vegna gusugangs og írennslis leysingavatns. Var því brugðið á það ráð að losa nokkra steina úr urðinni, og fékkst þannig kröftugt gufuauga um 1 m suðvestan við pönnuna. Úr því var tekið sýni. Af belgingnum og nálægð við gluggann á hvolfpakinu fékk augað nafn.

### **Gullauga**

Sýni nr.: 1995-0141 og 1997-0673

Norður úr melunum milli Torfajökuls og Háskerðings ganga nokkur gil niður í Kalda-klof nyrðra. Ofarlega í einu þeirra er öflugur hver, eða öllu heldur gufuauga niðri í

læk. Talsverður strókur er af hvernum, og mikill gusugangur, og lætur mjög hátt í. Uppi við austurbarm gilsins, á að giska 60 m ofan við hverinn eftir hliðinni talið, er skál, u.þ.b. 4 m í þvermál, sem öll er fódruð innan brennisteini. Þar er augað gullna sem sýni var tekið úr.

### Mospúfa

Sýni nr.: 1995-0142 og 1997-0672

Nærri 1 km aust-norðaustan við Gullauga (sjá lýsingu) er dæld nokkur og í henni mjög stór sjóðandi vatnshver. U.þ.b. 25 m frá honum, í stefnu  $105^\circ$ , er gufauga sem sýni var tekið úr. Um 8 m norðan við augað er stór þúfa vaxin mjög fingerðum mosa.

### Strútslaug

Sýni nr.: 1995-0143

Þetta er hin nafntogaða laug í Hólmsárbotnum suðaustan Torfajökuls. Laugin sprettur upp við brekkufót, og er allt umhverfi hennar vel gróið hið næsta. Skammt neðan laugarinnar hefur verið grafið stórt ker, þangað sem afrennsli hennar fellur. Getur þar fjöldi manns setið í baði samtímis. Gríðarmikið gas streymir upp úr lauginni. Hún er  $69,5^\circ\text{C}$  heit.

### Lækur við Strútslaug

Sýni nr.: 1995-0144

Vestan Strútslaugar (sjá lýsingu) fellur lækur úr gili. Úr honum var tekið sýni, niðri í giliinu, en ofan við sýnilegan jarðhita (laugar) neðst í því, tæplega 100 m vestan Strútslaugar. Hiti var  $2,4^\circ\text{C}$ .

### Stórasteinslaug

Sýni nr.: 1995-0145

Í giliinu ofan við Strútslaug eru víða laugar, volgar eða heitar. Sýni var tekið úr einni þeirra, en hún kemur fram í árbakkanum á mótis við gríðarstóran stein u.þ.b. 50 m norð-norðaustan við Strútslaug. Úr lauginni streymir gas. Hún er  $61,7^\circ\text{C}$  heit.

### Miðlaug

Sýni nr.: 1995-0146

U.þ.b. 80 m ofan og vestan við Hólmsá, og á að giska 30 m ofan við gönguleiðina milli Skófluklifs og Strútslaugar, er dálítil þúfa við læk sem kemur að vestan úr gili sem þar verður. Í þúfunni er volg sytra sem gas bólar úr. Þar var sýni tekið. Laugin er liðlega 700 m sunnan Strútslaugar (sjá lýsingu), þar sem leiðin þaðan að Hrútslaug (sjá lýsingu) er á að giska hálfnuð, og fékk hún þannig nafn sitt. Hiti er  $41,5^\circ\text{C}$ .

### Hrútslaug

Sýni nr.: 1995-0147

Við gönguleiðina milli Skófluklifs og Strútslaugar (sjá lýsingu), liðlega 1 km sunnan eða suð-suðaustan við Strútslaug, er hringlaga laug með grónum bökkum, sem sýni var tekið úr. Hún er 5–6 m í þvermál og nokkuð djúp. Hiti í lauginni mældist  $25,0^\circ\text{C}$ .

### Grashagahver

Sýni nr.: 1995-0148

Niður úr hliðunum norðan Grashaga, en svo kallast svæði um 3 km norðan Álftavatns, ganga nokkur gil. Í einu því helsta, vestanhallt, er jarðhiti á nokkrum stöðum. Tæpan metra frá bakka lækjarsytru, sem sameinast um 10 m neðar læknum í giliinu, er lítill,

tær og sjóðandi vatnshver í gróinni laut. Vatnið í honum spýttist út um svolítið op, en rennsli er lítið, u.þ.b. peli á mínútu. Um 50 m norð-norðvestan við hverinn er nokkuð áberandi ummyndað nef, sem gengur út í aðalgilið. Hverinn er 98,7°C heitur.

### **Hæruskeggur**

Sýni nr.: 1995-0149

Um 6 km vestur af Háskerðingi koma saman Ljósárgil og Jökulgil í Jökultungum. Þar er hár og fallegur foss sem kallast Ljósárfoss. Á að giska 200 m neðan við hann er hver í suðurbakka gilsins, u.þ.b. 1,5 m ofan við farveginn sem næst er. Rennsli úr hvernunum er drjúgt, líklega a.m.k. mínútulítri. Mikið er þarna af grænu slýi sem greiðist niður af hvernunum og líkist skeggi, en hverinn stendur í brattri brekku. Undir því sést í tauma af útfellingu, hvítri. Hún freyðir ákaflega í saltsýru. Mynd af staðnum birtist á blaðsíðu 28 í ársskýrslu Orkustofnunar fyrir 1994. Hiti í hvernunum mældist 82,0°C.

### **Bratthálskvíslarker**

Sýni nr.: 1995-0150

U.þ.b. 2 km norðaustur af austurhorni Álftavatns rennur Bratthálskvísl austan í hornið á dálitlum hrygg. Á austurbakka kvíslarinnar er dálítið uppstreymi, og bólar talsvert gas upp með því. Þar var sýni tekið. Uppstreymið er rétt hjá gangi sem liggur út í ána, og verður þar dálítið vik. Hlaðið hefur verið fyrir mynnið til að halda ánni frá og mynda baðker. Í nágrenninu voru merki um mjög nýlegt grjótnám í þessa hleðslu, þegar að var komið í september 1995. Vísbendingar eru um jarðhita á vesturbakkanum, en ekkert rennsli. Uppstreymið er 40,0°C heitt.

### **Auga Kolbrúnar**

Sýni nr.: 1995-0151

Skammt ofan Jökultungna, vestan Háskerðings, verður hlykkur á Laugaveginum þar sem hann beygir til suðvesturs eftir að hafa stefnt suðaustur og austur á nokkrum kafla. Þessi beygja er að kalla efst á brúninni þar sem Laugavegurinn liggur bratt niður að Álftavatni, og er þá leiðin þangað frá skála Ferðafélags Íslands við Hrafninnusker talin hálfnuð. Á að giska 300 m austan beygjunnar er ílöng hvilft, með stefnu N–S, um 25×100 m að stærð. Mikill jarðhiti er í hvilftinni, mest sjóðandi vatnsaugu. Grunnur lækur, en nokkuð breiður, 4–6 m, rennur eftir austurhlið hennar. Botn lækjarins er ljós af útfellingum. Austan hans er brött brekka, mjög dökk að lit — alveg upp í brún. Gufuaugað, sem sýni var tekið úr, er það nyrðra af tveim öflugustu augum í hvilftinni, skammt fyrir norðan hana miðja, um 8 m fyrir sunnan stóran vatnshver, 2×4 m, sem ákaflega sýður í. Á börmum hversins er svartur sandur. Vegna þessa og austurhlíðar hvilftarinnar má staðurinn vel heita Kolbrún. Milli augans og vatnshversins er annar vatnshver, ílangur, öllu rólegri en hinn fyrri.

### **Hvíta panna**

Sýni nr.: 1995-0152 og 1997-0605

Í slakka u.þ.b. 250 m í stefnu 20° frá Auga Kolbrúnar (sjá lýsingu) er stór og falleg panna, um 2×4 m að stærð, en u.þ.b. 3 m sunnan hennar er önnur, miklu minni, sem stendur í dálítilli alhvítri þúfu. Þúfan líkist fuglshaus þegar horft er á hana sunnan frá. Suðan í stóru pönnunni er mjög jafndreifð, og var sýni tekið af henni. Á að giska 70 m neðar í hlíðinni er önnur panna, ekki mjög stór. Þar var snjórinn úr Fönn Kolbrúnar (sjá lýsingu) bræddur.

## Fönn hjá Kolbrúnu

Sýni nr.: 1995-0153

Um 80 m í stefnu 30° frá Auga Kolbrúnar (sjá lýsingu) var tekið sýni af hjarni úr þykkri fönn. Þetta var gert á þann hátt að ristur var 2 m lóðréttur skurður í stálið, sem var u.þ.b. 2,5 m á hæð. Úr þessum skurði var hjarnið skafið í pott og brætt á nálægri pönnu. Skafið var ofan frá og niður úr til þess að fá meðalsýni af fönninni. Bræðsluvatnið var síðan látið blandast vel með því að hristast í brúsa í bakpoka.

## Auga í Ljósubrekku

Sýni nr.: 1995-0154

Um 100 m austan við Hvítu pönnuna er öflugt gufuauga í miðri brekku, nokkuð langri, þaktri ljóstri líparítmöl eða -urð. Þar var tekið sýni. Á að giska 50 m austan augans er allstór gróinn hvammur með jarðhita. U.þ.b. 2 m vestan við augað er smálægð, 1×4 m að stærð, með allmikilli ummyndun og jarðhita.

## Rautt og svart

Sýni nr.: 1995-0155

Um 0,5 km suður af hinum eiginlegu Háuhverum er rani milli tveggja lækja. Sá vestari er venjulegur fjallalækur, og botninn dökkur eins og tíðast er. Hinn eystri er allur bleikur og rauðgulur í botninn og afar skrautlegur. Lækirnir renna saman í fossi, og er eystri helmingur hans laxableikur, en hinn svartur. Fossinn er við enda ranans. Uppi á rananum miðjum, á að giska 250 m ofan við fossinn, er hitaskella og nær hún að kalla þversum yfir ranann, þ.e.a.s. vestasta og aðalhluta hans. Sýni var tekið úr auga austan til í þessari skellu, suðaustan í hól sem einna hæst ber á rananum. Norðan til við hólinn í dálitlum söðli er önnur skella, minni um sig með talsvert miklum gufum.

## Eimreið

Sýni nr.: 1995-0156

Nokkru neðan við Rautt og svart (sjá lýsingu) er sérkennilegur tvílitur foss þar sem tveir lækir koma saman í einn. Um 100 m sunnan við fossinn er dálítill gilskorningur og rennur væntanlega vatn eftir honum í leysingum þótt þurr væri þegar að var komið. Skorningurinn liggur niður í lækinn, nokkru neðan við fossinn. Ofan við lækinn, um 30–40 m leið upp eftir skorningnum, var tekið sýni haustið 1995 úr mjög öflugu gufuauga sem hátt lét í. Það var gert með því að reka títanrör nærri hálfan metra niður í augað. Þegar staðurinn var skoðaður haustið 1997 var gufuaugað horfið, en í staðinn kominn vatnshver sem sauð ákaflega.

## Kringill

Sýni nr.: 1995-0157

Við Dalamót í Reykjadölum liggur bíslóðin að vestan yfir dálítinn hrygg rétt áður en komið er að vegamótum þar sem leiðin af Pokahrygg liggur í átt að Hrafninnuskeri. Um 100 m sunnan vegar er dálítill hvilft sem opnast á móti suðri, en sunnan við hana er lækur og handan hans brattur bakki, á að giska 10 m hár. Mikið rýkur úr hvilftinni og hún því auðfundin, enda er í henni stór vatnshver, nær fullkominn hringur að lögun og u.þ.b. 6 m í þvermál. Suða er um nær allan hverinn. Um 4 m norðaustan við hverinn er öflugt auga sem sýni var tekið úr.

## Gilbúi

Sýni nr.: 1995-0158

Um 200 m suð-suðvestan við Fífuhvamm í Reykjadölum (sjá lýsingu), handan bíslóðar, eru nokkrir litlir gilskorningar sem sameinast neðar í gili, sem stefnir til suð-vesturs. Efst í einum þessara skorninga er öflugt gufuauga, og sjást reykirnir langt

tilsýndar. Þessi litli skorningur er talsvert gróinn, gagnstætt hinum. Augað er undir u.þ.b. 4 m háum bakka eða barði, og blæs nærri lárétt.

### **Hvínandi**

Sýni nr.: 1995-0159 og 1997-0607

Um 150 m norð-norðvestan Jónsvörðu, suðvestan Hrafninnuskers, er geysilega kröftugur gufuhver. Er raunar ekki ósennilegt að hann kunni að vera öflugasti hver á Íslandi, enda sýnist afl hans fljótt á litið vera sambærilegt við þokkalega gufuborholu á háhitasvæði. Í kyrru veðri heyrir þyturinn í hvernum norður fyrir Hrafninnusker, a.m.k. 2 km leið, og í björtu veðri sést strókurinn langt að. Í grein sinni, Örnefni á Landmannafrétti, sem birtist í Árbók Hins íslenska fornleifafjelags árið 1928, segir Guðmundur Árnason frá því að vestan Hrafninnuskers sé hver sem hafi hátt og nefnist Hvínandi. Olgeir Engilbertsson í Nefsholti staðfesti í mars 1999, að hér myndi um sama hver að ræða. Hafði Olgeir heimildarmann fyrir því að hverinn hefði verið óbreyttur að kalla frá því sá fór að fara á fjall um 1940. Stór hnellingur, u.þ.b. 80 cm í þvermál, liggur ofan á opinu og blæs gufan upp sitt hvoru megin við hann. Er þetta líkt því sem sjái framan á granir eiturspúandi dreka. Af þessum sökum kölluðu starfsmenn Orkustofnunar hverinn stundum Fáfni sín á milli áður en þeir vissu hans rétta nafn. Sýni var tekið með því að reka titánrör upp í aðra nösina. Svo hátt lætur í hvernum, að sýnatökumenn sáu ástæðu til að nota eyrnahlífar við verk sitt.

### **Langþráða**

Sýni nr.: 1995-0160

Um 200 m frá íshellunum við Hrafninnusker, í stefnu  $280^\circ$ , er heit laug, sem sýni var tekið úr. Laugin er sunnan undir dálitlum kambi, sem teygist á að giska 200 m í austur-vestur stefnu og er líðlega 1 m á hæð. Hvít ummyndun er við lagina, sem og við aðra laug útlitslíka, um 6–8 m austan við Langþráðu. Nokkuð rennsli er frá þessum laugum báðum og sameinast það strax í svolitla lækjarsytru. Mikill örverugróður er í lauginum og myndar langa þræði, sem nafnið er dregið af. Uppstreymisrásir sjást greinilega í báðum lauginum sem víð rör eða gígar. Laugin Langþráða er um 2,5 m í þvermál og  $78,0^\circ\text{C}$  heit.

### **Steingráni**

Sýni nr.: 1995-0161

Um 60 m í stefnu  $245^\circ$  frá lauginni Langþráðu (sjá lýsingu) er sjóðandi vatnshver. Hverinn er undir endanum á dálitlu barði, en steinhnullungar hafa að mestu hrunið fyrir opið. Þaðan berast slettur og kokhljóð. Hverinn er mjög tær, en grár í botninn. Vegna litarins og hnellinganna má hann vel heita Steingráni. Pollurinn framan við hverinn og afrennislækurinn eru báðir gráir í botninn líka. Dálítill brennisteinn er á steinunum við opið. Hiti í hvernum mældist  $96,5^\circ\text{C}$ .

### **Rauðhadda**

Sýni nr.: 1995-0162

Norðan við kambinn lága, sem frá segir í lýsingu Langþráðu, rennur dálítill lækur til vesturs. Ofan og norðan við hann er hvílt í slakka, á að giska  $50 \times 70$  m, og markast efri brún hennar af veginum að íshellunum, rétt áður en slóðina þrýtur. Austast í hvíltinni, neðarlega, er heit laug og örverugróður í henni, einkum nálægt börmunum og í læknum sem frá rennur. Gróðurinn er dökkrauður að lit og líklegt að járn valdi. Í lauginni og afrennislæknum líkist hann rauðu hári með flétu. Rauðhadda er 1–

1,5 m í þvermál. Hún er tæpum 50 m norðaustan við laugina Langbráðu. Rauðhadda er 74,0 °C heit.

### **Glókollur**

Sýni nr.: 1995-0163

Skammt frá Hrafninnuskeri, í suðurátt að kalla, er samfelld rein með stefnu 340 °–350 °, á að giska 500 m að lengd. Reinin er mikið ummynduð, en í giljum er blár leir og gufuúttstreymi. Í norðurhallandi slakka nærri syðst í reininni er kröftugt gufuauga, sem sýni var tekið úr. U.þ.b. 25 m suðvestur af auganu er kollur sem gnæfir yfir botni hrikalegs gils sem stefnir suðvestur, en beygir í vestur þegar neðar dregur. Gilið, sem liggur til Ljósár, er allt mikið ummyndað, og grænar og hvítar skellur eru áberandi. Augað er það öflugasta af afmörkuðum gufuaugum á svæðinu.

### **Belgingur**

Sýni nr.: 1995-0166

U.þ.b. 700 m frá íshellunum við Hrafninnusker, í stefnu 250 °, er öflugur gufuhver. Þar er gil með stefnu til vesturs, og í því myndarlegur lækur. Hverinn veit á móti norðri, enda er hann nærri efst í hlíðinni sunnanmegin. Hann er í flokki öflugustu gufuhvera, ásamt Eimreið (sjá lýsingu), en Hvínandi (sjá lýsingu) er sér í flokki.

### **Mannætan svarta**

Sýni nr.: 1995-0167 og 1996-0215

Skammt norður af Laufafelli er vað á Markarfljóti þar sem leiðin liggur um Reykjadal í Hrafninnusker. Um 150 m norðan vaðs rennur lækur úr gili í fljótið úr norðaustri. Niður undir botni gilsins, á að giska 300 m upp með læknum, er vatnshver, svartur og ljótur ásýndum, u.þ.b. 3×7 m, og var sýni tekið úr honum. Hverinn er djúpur, a.m.k. 1,5 m en máske miklu dýpri, og bullsýður allur. Hann er illúðlegur og gæti sem hægast étið mann þann sem hrasa kynni í brekkunni. Innar í giliinu, um 10 m norðaustur af hvernum, er annar pottur, u.þ.b. 7 m í þvermál, en miklu blíðlegri en hinn fyrri. Þessi mannæta er græn að lit vegna einhvers konar gróðurs, og hitinn aðeins 66 °C þar sem hann mældist hæstur. Gas bólar upp úr Mannætunni grænu. U.þ.b. 3 m suðaustur af henni er lítill hver, 1 m í þvermál; hann er dökkur og sýður ákaflega. Hann verður svört mannæta þegar hann verður stór. Allir eru þessir pyttir fast við lækinn. Mannætan svarta er 98,0 °C heit.

### **Glóðarauga**

Sýni nr. : 1996-0209

Um 2,5 km vestur af íshellunum við Hrafninnusker og u.þ.b. 1,5 km sunnan Hrafninnuhrauns er gil sem gengur inn í norðurhlíð fells, 995 m á hæð, sem þar stendur. Nyrst og yst er gilið fremur þröngt, en víkkar dálítið innst. Eystri bakkinn er brattur, en sá vestari síður, en þar er jarðhitinn, allmörg gufuaugu og litlir sjóðandi vatnshverir. Þegar að var komið, í september 1996, var myndarleg fönn innst í giliinu, og rann lækur úr fallegri hvelfingu neðst í stálinu. Augað er það vestasta af þeim sem eitthvað kveður að og með þeim nyrstu, en um 20 m norðar er panna í dálítilli dæld. Augað sem sýnið var tekið úr er í svolítilli skál, um 3 m í þvermál. Skálin er rauð öðru megin, en blá hinum megin og má því augað draga nafn af útlitinu. Svolfíll brennisteinn er í skálinni.

## **Járnbraut**

Sýni nr. : 1996-0210

Um 1,5 km vestur af íshellunum við Hrafninnusker er brekka sem veit á móti vestri. Í henni er mikil ljós ummyndun og nokkur brennisteinn. Efst í henni er einnig rauðleit ummyndun. Ofarlega í brekkunni eru tveir vatnshverir, en strókar þeirra er nokkuð áberandi vestan frá að sjá. Fyrir ofan brekkuna er flatur kollur og vestast á honum eru þrír stórir vatnsþyttir. Tveir þeir syðri eru nær samvaxnir, um 6–8 m í þvermál hvor. Sá nyrsti er líklega helmingi meiri að þvermáli. Allir eru þeir dökkgráir. Um 4 m austan við haftið milli syðri og nyrðri pyttanna er öflugt gufuauga. Þar var sýni tekið. Um 15 m suðvestan við augað er „klöpp“ úr járngrýti af þeirri tegund sem víða hefur sést á Torfajökulssvæðinu og annars staðar. Klöppin er 4–5 m í þvermál og brotið af henni. Að auki er dreif af þessu járngrýti á allstóru svæði.

## **Hallinkjammi**

Sýni nr. : 1996-0211

Vestarlega í Reykjadalum, norðan Markarfljóts, er allstór jarðhitaskella uppi í gili, þó ekki mjög hátt. Þetta er vestasti háhitabletturinn á svæðinu, þeirra sem eitthvað kveður að. Mesti jarðhitinn er á litlu nefi milli tveggja lækjarsytra. Í brattanum eru allmörg augu og eitt op, sem líkist gini með tönnum. Allt er þetta í talsverðum halla. Augað sem sýni var tekið úr er nærri neðst á nefinu og fremst á því. Þarna er mikil hvít ummyndun.

## **Stallpanna**

Sýni nr. : 1996-0212

Skammt ofan við öll augun á Hallinkjamma (sjá lýsingu) er dálítill stallur, u.þ.b. 5 m á breidd, sem veit til vesturs. Þar situr falleg panna og sýður vel í henni. Þar var tekið sýni.

## **Grasker**

Sýni nr. : 1996-0214

Nærri 3 km norður af brún Hrafninnuskers eru nokkrar hæðir, og er einkum ein þeirra talsvert gróin. Hún er norðan við eina af upptakakvísllum Markarfljóts, sem þarna rennur en kemur upp skammt frá Stórahver. Þarna er eini umtalsverði jarðhitinn á nokkuð stóru svæði. Uppi á hæðinni er skál eða hvilft sem veit á móti norðaustri. Í kringum skálina er vel gróið, en ofan í henni eru vatnshverir og pönnur. Suðvestast í skálinni er stór og falleg panna, sem sýni var tekið úr.

## **Gilkollur**

Sýni nr. : 1996-0249

Nyrst á rana, á að giska 200 m norðan við Glókoll (sjá lýsingu) er dálítill gilskorningur. Efst í honum er auga sem sýni var tekið úr. Það veit á móti suðvestri.

## **Eyrarhver**

Sýni nr.: 1997-0600

Pegar haldið er frá Landmannalaugum í vestur meðfram Námskvísl verða fyrir breiðar eyrar neðan Vondugilja. Nærri miðju eyranna er lítill sjóðandi hver, u.þ.b. 30 cm í þvermál, sem sýnið var tekið úr. Hann á sér afrennsli í austurátt. Nafnið er í doktorsritgerð Stefáns Arnórssonar, en Eyrarhver ætti e.t.v. betur við. Líðlega 100 m austan við hverinn er heitur pollur á að giska 4 m í þvermál. Í kringum pollinn er kafgresi og fífa. Mikið slý er í pollinum. Vatnið í honum virðist mjög blandað, en hiti mælist hæstur u.þ.b. 80 °C. Eyrarhver er 98,4 °C heitur.

### **Soðbolli**

Sýni nr.: 1997-0601

Austan úr Grænagili, liðugum 2 km frá Landmannalaugum, ganga tveir minni skorningar með greinilegum gufuaugum. Syðri skorningurinn er á að giska 150 m innan við mjög áberandi grænan rana, sem gengur fram í Grænagil að austan. Í þessum skorningi, u.þ.b. 20 m ofan við læk sem þar rennur, er fallegur hver, nálægt 1 m á lengd og 0,5 m á breidd. Hann er fremur tær og djúpur að sjá, grár í botninn og myndar eins konar bolla í hlíðinni. Í honum sýður öðru hverju. Hiti í bollanum mældist 100,0 °C.

### **Landmannalaugar**

Sýni nr.: 1997-0602

Um það bil 70 m frá skála Ferðafélags Íslands, í stefnu 285°, er steinsteypt þró, sem sýni var tekið úr. Þróin er sú nyrðri og vestari af tveimur. Hún er fast við Laugaveginn, á stígnum að kalla, hægra megin þegar gengið er frá skálanum. Þessi þró er líklega eldri en hin, og virðist ekki notuð. Heitt vatn fossar út um rör vestan á henni. Það er 77,2 °C heitt.

### **Laufafjarki**

Sýni nr.: 1997-0603

Austan Laufafells rennur Markarfljót í djúpu gili. Þar verður bugða á fljótinu þar sem það beygir til austurs við áberandi klettahaus, og svo strax aftur til suðurs, þar sem fallegur foss kemur niður úr kverkinni að austan. Undir moldarbakka um 20 m frá fossinum, upp með fljótinu að austan, eru nokkrir hverir sem seytla úr. Eru þar fjórir helstir. Rétt fyrir framan þá eru tveir allstórir steinar. Auga það, sem sýnið var tekið úr, er um 2 m norðan við vestari steininn. Annar smáhver er um 2 m austan við þann sem sýnið var tekið úr, og enn annar um 3 m austan við þann síðartalda og virðist vatnsmestur en ekki eins heitur og sá sem sýnið var tekið úr. Rétt vestan við sýnatökustað er fjórða augað. Skammt niður með fljótinu, fyrir sunnan fossinn, eru fleiri hverir, líkir. Laufafjarki er 91,8 °C heitur.

### **Ölstallur**

Sýni nr.: 1997-0604

Í hlíðunum suðvestan Háskerðings, um 4,5 km norðaustur af Álftavatni og um 2 km austur af Laugavegi, er stallur, á að giska 100×200 m. Á honum ofan- og austanverðum er ölkelda og mikið rennsli úr henni. Farvegur afrennslisins er allur ryðrauður, og þar sem vatnið fellur fram af stallinum er stór og áberandi ryðskella í hlíðinni og sést hún langt að. Sýnið var tekið úr uppsprettunni. Mynd af ölkeldunni birtist á blaðsíðu 21 í ársskýrslu Orkustofnunar fyrir árið 1994. Hiti ölkeldunnar mældist 23,8 °C.

### **Rauðablástur**

Sýni nr.: 1997-0606

Vestan við Stórahver verður allmikið og langt gil. Í norðurhlíðum þess, innarlega, er talsverður jarðhiti. Um 300 m norðvestan Stórahvers er ljós urð ofarlega í hlíðinni. Fram af henni gengur rani og er jarðhiti báðum megin hans. Gilið vestan ranans er rautt og ummyndað að austan (á rananum), en hvanngreint og gróið mosa og grasi að vestan. Gilið byrjar neðst í urðinni. Þar er jarðhitaskella, ekki tiltakanlega stór, en öflug. Í henni er skorningur u.þ.b. 0,5–1 m á breidd, mjög dökkrauður í sárið. Þar er geysiöflugt gufuauga og panna bak við það. Um 5 m vestar og svolítið neðar er annað, mjög öflugt auga og panna hjá því. Petta auga er mjög blautt. Sýni var tekið úr því fyrrnefnda. Fremur hátt lætur í því.

## **Auga á Vöglum**

Sýni nr.: 1997-0608

Um 250–300 m norður af Límbrekku (sjá lýsingu) eru nokkur gil og skorningar í stefnu austur-vestur. Jarðhiti er í þeim flestum eða öllum og gufuaugu víða. Við norðurmörk svæðisins er berghaus sem horfir ofan í gilið mikla fyrir vestan. Rétt sunnan hans er dalverpi sem veit til vesturs niður að téðu gili. Í næstnyrsta skorningi efst í þessu dalverpi eru mörg gufuaugu. Nærri efst í skorningnum, að sunnanverðu, er dálítill stallur, u.þ.b. 2 m á breidd, og geil á bak við hann og stálið þar um 5 m hátt. Þar er sæmilega öflugt gufuauga, sem sýni var tekið úr. Þetta er líklega öflugasta augað í skorningnum. Stallurinn er nær efst í dalverpinu og má segja að hann myndi eins konar hanabjálka þar.

## **Grábjarnargin**

Sýni nr.: 1997-0609

Í þriðja gilskorningi suður af Auga á Vöglum (sjá lýsingu) er lækjarsytra, rauð í botninn. Mikið er af gráleitum leir í bökkum skorningsins. Niðri við lækinn er op, á að giska 50 cm í þvermál og blæs það mikilli gufu. Opið minnir á hvæsandi gin eða kjaft og má meira að segja sjá í því úf. Grátt er það á litinn að innan. Sýni var tekið með því að reka rör djúpt í kokið. Annað op, u.þ.b. 25 cm í þvermál, er fast við hliðina á gininu. Það er húnninn.

## **Fílsauga**

Sýni nr.: 1997-0610

Sunnan skorningsins í Háuhverum þar sem sýni var tekið á Lækjarbakka (sjá lýsingu) er allmikill og langur rani. Mikill jarðhiti og ummyndun eru á rananum og í giljunum beggja vegna, og mörg gufuaugu. Nær efst á rananum að norðanverðu er allgott auga sem sýni var tekið úr. Dregur það nafn af legu sinni efst við hlið ranans. Um 15 m austan og neðan augans er dálítið brot í ranann og svolítill hóll þar fyrir neðan. Um 10 m norðan augans er brún.

## **Lækur sunnan Háuhvera**

Sýni nr.: 1997-0611

Rautt og svart er staður sem áður er nefndur (sjá lýsingu). Þetta er lækurinn svarti sem þar segir frá. Sýnið úr læknum var tekið á að giska 150 m niður af Rauðu og svörtu.

## **Silfurker**

Sýni nr.: 1997-0612

Ofarlega í næsta gilskorningi norðan við Soðbolla (sjá lýsingu) eru nokkur gufuaugu í þyrpingu í brattri brekku. Sýni var tekið úr öflugasta auganu, nærri miðri þyrpingunni. Mikið er af gráum leir í kringum augun, en þó einkum neðan við þau og í brekkunni á móti. Raunar virðist þennan gráa leir víðast vera að finna undir ljósbrúnni mölinni í skorningnum. Vegna þessa gráa leirs og nálægðar við Soðbolla, má þessi staður sem best heita Silfurker.

## **Brúnaþung**

Sýni nr.: 1997-0613

Vestan í Grænagili við Landmannalaugar, einmitt þar sem Laugahraunið kemur fyrst ofan á bakka gilsins, er dálítill gilskorningur og nær hann alveg ofan frá hraunbrúninni. Nokkur gufuaugu eru í skorningnum. Sýni var tekið úr syðsta gufuauganu í honum, um 25 m neðan við hraunbrúnina. Í suðurhlið skorningsins, en hann stefnir austur-vestur,

er mikil ljós ummyndun. Ofarlega í þeirri skellu er sjóðandi vatnshver og hrafntinna í honum. Hann er u.þ.b. 12 m norð-norðaustan við augað sem sýni var tekið úr. Hraunbrúnin sem liggur efst á kambinum er bæði dökk og þung.

### Urðargeil

Sýni nr.: 1997-0614

Norðan í Brennisteinsöldu, rétt hægra megin við Laugavegin þegar gengið er suður, er kambur, klettum krýndur. Skammt uppi í hliðinni suðaustan við hann, en nokkru hærra, er stór klettur, og verður geil milli kambsins og klettsins. Í geilinni eru nokkrar litlar ummyndunarskellur og dreif af gufuaugum. Sýni var tekið úr vel afmörkuðu auga 4 m norðan við klettinn, á móts við miðjar rætur hans. Ljós urð er í hliðinni, viðsjárverð til göngu. Jarðhiti er einnig í skorningi norðan við kambinn.

### Gullinglyrna

Sýni nr.: 1997-0615

Við kjaftinn á Brandsgili, við rætur Reykjakolls, um 1,5 km suðaustur af skála Ferðafélags Íslands í Landmannalaugum, er hitaskella. Þar er dreif af gufuaugum, og eru sum í austurbakka gilsins, en önnur á eyrunum fyrir neðan. Fremur innarlega í þessari skellu er áberandi ljósgrár klettur við eyrarnar, um 6 m hár. Kletturinn er ummyndaður og molnar auðveldlega. Um 3,5 m ofan við eyrarnar er dálítið auga sem horfir í norðvestur. Það er fallega kringt brennisteini. Augað reyndist fremur kraftlítið, en sýni náðist þó úr því.

### Branda

Sýni nr.: 1997-0616

Um 30–50 m norðan Gullinglyrnu (sjá lýsingu) opnast hvílt í austurbakka Brandsgils. Hvíltinni má skipta í tvennt; syðri hlutinn er mikið gróinn neðan til, en í nyrðri hlutanum er urð og skriða. Sýnið var tekið úr auga í skriðunni, aðeins 1–2 m norðan við grastóna. Augað er hið efsta í brekkunni, og það besta, þó ekki sé það mjög öflugt. Rétt norðan augans er ljósgrá skella, sem teygir sig niður eftir brekkunni. Þar fyrir norðan er urðin gulbrún, en aftur ljósgrá rönd þar fyrir norðan. Þessir litir minna á gulbröndóttan kött.

### Gullbrá

Sýni nr.: 1997-0671

Frá Suðusíkinu stóra (sjá lýsingu) gengur kambur í vest-suðvestur. Hann er mikið ummyndaður efst, en ummyndunin er ekki sérstaklega áberandi neðan úr giljunum að sjá, og verður fyrst greinileg þegar upp er komið. Þar eru mörg gufuaugu, og talsverður brennisteinn í bland við gráleitan leir. Ummyndunin á þessum kambi er u.þ.b. 100 m löng og er Suðusíkið við aust-norðausturendann. Við hinn endann, þar sem ummynduninni sleppir, er 10–12 m há brún. Neðan við hana er dálítill pallur og mynda jarðhitapúfur e.k. brjóstvörn um hann. Á miðjum pallinum er þúfa, lægri en hinar, og nokkur augu í henni. Þúfan er ílöng í stefnu norður-suður, á að gíska 5 m á breidd og 10 m á lengd, dálítið klofin. Þar sem þúfan er hæst, en það er vestantil á henni, er gott gufuauga sem sýni var tekið úr. Þurrt og þokkalegt er á pallinum.

### Brekkubúi

Sýni nr.: 1997-0674

Um 60 m í stefnu 300 ° frá Gullauga (sjá lýsingu), og um 40 m beint norðan við hverinn í læknum, sem frá segir í lýsingu Gullaugans, er stakt, en gott gufuauga. Augað er

nokkru lægra í hlíðinni og neðar með læknum í gílinu en Gullauga. Það stendur nokkru neðan við miðja hlíðina, en 12–14 m ofan við lækinn. Um 25 m suðvestan við augað er fallegur foss í læknum, mjög rauður í botninn.

### **Á í Kaldaklofi**

Sýni nr.: 1997-0675

Úr Kaldaklofi nyrðra fellur á sem verður að Jökulgilskvísl. Sýni var tekið úr henni, rétt ofan við mót lækjar, sem fellur úr gili að austan. Staðurinn er u.þ.b. 400 m neðan við myndarlegan foss sem lokar gílinu í Kaldaklofi.