

LV-2014-064



Landsvirkjun



# Krafla og Bjarnarflag

Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í  
borholum og vinnslurás árið 2013

Lykilsíða



Landsvirkjun

Skýrsla LV nr:

LV-2014-064

Dags: 17. mars 2014

Fjöldi síðna: 73

Upplag: 5

Dreifing:

Birt á vef LV

Opin

Takmörkuð til

Titill:

Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í  
borholum og vinnslurás árið 2013

Höfundar/fyrirtæki:

Trausti Hauksson

Verkefnisstjóri:

Steinn Ágúst Steinsson

Unnið fyrir:

Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Kemía

Útdráttur:

Skýrslan fjallar um árlegt eftirlit með borholum og vinnslurás orkuveranna í Kröflu og Bjarnarflagi. Fjallað er um breytingar á afköstum og ástandi borhola og á styrk efna í borholuvatni og gufu á milli ára. Teknar eru saman magntölur fyrir heildarupptekt gufu og vatns sem og um losun á yfirborð, í borholur og til andrúmslofts. Birtar eru mælingar á efnastyrk frárennslisvatns og útblástursgufo og tekna saman tölur um heildarlosun gróðurhúsalofttegunda og þungmálma frá virkjununum.

Lykilord: Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola. Efnainnihald vatns og gufu. Frárennsli. Útblastur. Dæling í hólum.  
Gróðurhúsalofttegundir. Þungmálmar

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra  
Landsvirkjunar

LV-2014-064



# Krafla og Bjarnarflag

Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í  
borholum og vinnslurás árið 2013

## EFNISYFIRLIT

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 1     | INNGANGUR .....                 | 6  |
| 2     | KRAFLA .....                    | 7  |
| 2.1   | VINNSLURÁS ORKUVERSINS .....    | 7  |
| 2.2   | AFKASTAMÆLINGAR .....           | 16 |
| 2.2.1 | Afköst borhola .....            | 16 |
| 2.2.2 | Massa og varmavinnsla .....     | 23 |
| 2.3   | EFNAMÆLINGAR .....              | 28 |
| 2.3.1 | Vatn og gufa úr borholum .....  | 28 |
| 2.3.2 | Frárennsli frá Kröflustöð ..... | 31 |
| 2.3.3 | Efnabreytingar í holum .....    | 38 |
| 3     | BJARNARFLAG .....               | 49 |
| 3.1   | AFKASTAMÆLINGAR .....           | 49 |
| 3.1.1 | Afköst borhola .....            | 49 |
| 3.1.2 | Massa og varmavinnsla .....     | 51 |
| 3.2   | EFNAMÆLINGAR .....              | 53 |
| 3.2.1 | Vatn og gufa úr borholum .....  | 53 |
| 3.2.2 | Frárennsli .....                | 53 |
|       | Efnabreytingar í holum .....    | 59 |
| 4     | NIÐURSTÖÐUR .....               | 61 |
| 4.1   | Krafla .....                    | 61 |
| 4.2   | Bjarnarflag .....               | 61 |
| 5     | HEIMILDASKRÁ .....              | 62 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| VIÐAUKI 1 | Krafla og Bjarnarflag. Massa- og varmavinnsla og<br>losun koldíoxíðs ( $\text{CO}_2$ ) og brennisteinsvetnis ( $\text{H}_2\text{S}$ ). . . . . | 63 |
| VIÐAUKI 2 | Meðhöndlun sýna og efnagreiningaaðferðir. . . . .  | 69 |

## TÖFLUSKRÁ

|  | bls |
|--|-----|
| Tafla 1 Kröflustöð, efnagreining gufu inn í stöð, sýnataka 2013-07-01 .....                    | 8   |
| Tafla 2 Kröflustöð, efnagreining gass, sýnataka 2013-07-02 .....                               | 8   |
| Tafla 3 Kröflustöð, efnagreining kælivatns, sýnataka 2013-07-02 .....                          | 8   |
| Tafla 4 Kröflustöð, afköst borhola árið 2013 .....   | 17  |
| Tafla 5 Kröflustöð. Styrkur efna í vatni og gufu borhola árið 2013.....                        | 29  |
| Tafla 6 Kröflustöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2013.....                         | 30  |
| Tafla 7 Kröflustöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2013 .....                               | 30  |
| Tafla 8 Kröflustöð. Frárennslissýni árið 2013. ....  | 35  |
| Tafla 9 Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Kröflu 2013.....                                 | 36  |
| Tafla 10 Styrkur mengunarefna í yfirborðsvatni í Kröflu 2013.....                              | 36  |
| Tafla 11 Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki.....                   | 36  |
| Tafla 12 Heildarlosun mengunarefna frá Kröflu árið 2013.....                                   | 37  |
| Tafla 13 Bjarnarflag. Afköst borhola 2013.....   | 49  |
| Tafla 14 Bjarnarflag. Gas í gufu inn á veitu 2013.....   | 54  |
| Tafla 15 Bjarnarflag. Berghiti 2013 .....  | 54  |
| Tafla 16 Bjarnarflag. Styrkur efna í vatni og gufu í borholum árið 2013 .....                  | 57  |
| Tafla 17 Bjarnarflag. Frárennslissýni 2013.....  | 57  |
| Tafla 18 Hitaveita Reykjahlíðar.....   | 57  |
| Tafla 19 Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Bjarnarflagi 2013. ....                         | 58  |
| Tafla 20 Styrkur mengunarefna ( $\mu\text{g/l}$ ) í frárennslissvatni í Bjarnarflagi 2013..... | 58  |
| Tafla 21 Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki.....                   | 58  |
| Tafla 22 Heildarlosun mengunarefna frá Bjarnarflagi árið 2013 .....                            | 58  |

## MYNDASKRÁ

|         | bls   |    |
|---------|---|----|
| Mynd 1  | Kröflustöð vél 1 og 2. Raforkuframleiðsla árið 2013.....              | 9  |
| Mynd 2  | Kröflustöð vél 1 og 2. HP-gufa árið 2013 .....                        | 9  |
| Mynd 3  | Kröflustöð vél 1 og 2. LP-gufa árið 2013.....                         | 10 |
| Mynd 4  | Kröflustöð. Meðburður í HP-gufu árið 2013.....                        | 10 |
| Mynd 5  | Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig í eimsvala árið 2013.....             | 11 |
| Mynd 6  | Kröflustöð vél 1 og 2. Gasþrýstingur í eimsvala árið 2013.....        | 11 |
| Mynd 7  | Kröflustöð vél 1 og 2. Gashiti í eimsvala árið 2013.....              | 12 |
| Mynd 8  | Kröflustöð. Gas í HP-gufu árið 2013. ....                             | 12 |
| Mynd 9  | Kröflustöð vél 1 og 2. Varmanýtni árið 2013. ....                     | 13 |
| Mynd 10 | Kröflustöð vél 1og 2. Vélarnýtni árið 2013. ....                      | 13 |
| Mynd 11 | Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig kælivatns árið 2013. ....             | 14 |
| Mynd 12 | Kröflustöð vél 1 og 2. Sýrustig kælivatns.....                        | 14 |
| Mynd 13 | Borholur í Kröflu í júlí árið 2013. ....                              | 15 |
| Mynd 14 | Leirbotnar, gufurennslí úr grunnum holum. ....                        | 18 |
| Mynd 15 | Leirbotnar, vatnsrennslí úr grunnum holum. ....                       | 18 |
| Mynd 16 | Leirbotnar, gufurennslí úr djúpum holum.....                          | 19 |
| Mynd 17 | Leirbotnar, vatnsrennslí úr djúpum holum. ....                        | 19 |
| Mynd 18 | Suðurhlíðar, gufurennslí úr holum. ....                               | 20 |
| Mynd 19 | Suðurhlíðar, vatnsrennslí úr holum. ....                              | 20 |
| Mynd 20 | Hvíthólaklif, gufurennslí úr holu KJ-21.....                          | 21 |
| Mynd 21 | Hvíthólaklif, vatnsrennslí úr holu KJ-21.....                         | 21 |
| Mynd 22 | Vesturhlíðar, gufurennslí úr holum. ....                              | 22 |
| Mynd 23 | Vesturhlíðar, vatnsrennslí úr holum. ....                             | 22 |
| Mynd 24 | Leirbotnar, grunnar holur. Árleg vinnsla og vermi. ....               | 23 |
| Mynd 25 | Leirbotnar, djúpar holur. Árleg vinnsla og vermi.....                 | 24 |
| Mynd 26 | Suðurhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi. ....                      | 24 |
| Mynd 27 | Hvíthólaklif. Árleg vinnsla og vermi. ....                            | 25 |
| Mynd 28 | Vesturhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi. ....                     | 25 |
| Mynd 29 | Kröflusvæði. Árleg vinnsla og vermi. ....                             | 26 |
| Mynd 30 | Kröflusvæði. Árleg gufuvinnsla og frárennslí.....                     | 27 |
| Mynd 31 | Flæðirit fyrir Kröflustöð í ágúst 2013 .....                          | 31 |
| Mynd 32 | Kröflusvæði. Árleg losun koldíoxíðs (CO <sub>2</sub> ). ....          | 33 |
| Mynd 33 | Kröflusvæði. Árleg losun brennisteinsvætnis (H <sub>2</sub> S). ....  | 34 |
| Mynd 34 | Leirbotnar, grunnar holur, SiO <sub>2</sub> í vatni á móti tíma. .... | 38 |
| Mynd 35 | Leirbotnar, djúpar holur, CO <sub>2</sub> í gufu á móti tíma. ....    | 39 |
| Mynd 36 | Leirbotnar, djúpar holur, H <sub>2</sub> S í gufu á móti tíma.....    | 40 |
| Mynd 37 | Leirbotnar, djúpar holur, SiO <sub>2</sub> í vatni á móti tíma. ....  | 40 |
| Mynd 38 | Leirbotnar, djúpar holur, SO <sub>4</sub> í vatni á móti tíma. ....   | 41 |
| Mynd 39 | Leirbotnar, djúpar holur, Cl í vatni á móti tíma. ....                | 41 |
| Mynd 40 | Suðurhlíðar, CO <sub>2</sub> í gufu á móti tíma. ....                 | 42 |
| Mynd 41 | Suðurhlíðar, Cl í vatni á móti tíma. ....                             | 43 |
| Mynd 42 | Hvíthólaklif, vermi á móti tíma. ....                                 | 44 |
| Mynd 43 | Hvíthólaklif, SiO <sub>2</sub> í vatni á móti tíma. ....              | 45 |
| Mynd 44 | Hvíthólaklif, CO <sub>2</sub> í gufu á móti tíma.....                 | 45 |
| Mynd 45 | Hvíthólaklif, H <sub>2</sub> S í gufu á móti tíma .....               | 46 |
| Mynd 46 | Hvíthólaklif, H <sub>2</sub> í gufu á móti tíma. ....                 | 46 |
| Mynd 47 | Vesturhlíðar Kröflu, CO <sub>2</sub> í gufu á móti tíma .....         | 47 |
| Mynd 48 | Vesturhlíðar Kröflu, H <sub>2</sub> í gufu á móti tíma.....           | 48 |
| Mynd 49 | Vesturhlíðar Kröflu, SO <sub>4</sub> í vatni á móti tíma. ....        | 48 |
| Mynd 50 | Bjarnarflag, gufurennslí úr holum.....                                | 50 |
| Mynd 51 | Bjarnarflag, vatnsrennslí úr holum.....                               | 50 |
| Mynd 52 | Bjarnarflag. Árleg vinnsla og vermi. ....                             | 51 |
| Mynd 53 | Bjarnarflag. Árleg gufuvinnsla og frárennslí.....                     | 52 |
| Mynd 54 | Flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð ágúst 2013.....                       | 53 |
| Mynd 55 | Bjarnarflag. Árleg losun koldíoxíðs (CO <sub>2</sub> ). ....          | 55 |
| Mynd 56 | Bjarnarflag. Árleg losun brennisteinsvætnis (H <sub>2</sub> S). ....  | 56 |
| Mynd 57 | Bjarnarflag, CO <sub>2</sub> í gufu á móti tíma. ....                 | 59 |
| Mynd 58 | Bjarnarflag, H <sub>2</sub> S í gufu á móti tíma. ....                | 60 |
| Mynd 59 | Bjarnarflag, Cl í vatni á móti tíma . ....                            | 60 |

## 1 INNGANGUR

Í júlí mánuði árið 2013 voru tekin vatns- og gufusýni úr samtals 18 holum í Kröflu og úr 2 holum í Bjarnarflagi til álegs eftirlits.

Tekin voru sýni úr eftirfarandi tengdum vinnsluholum sem voru blásandi:

Bjarnarflag: BN-09 og BJ-13

Hvíthólaklif: KJ-21

Leirbotnar: KG-05, KG-13, KG-24 og KJ-27

Suðurhlíðar: KJ-14, KJ-16, KJ-17, KJ-19, KJ-20, KJ-30, KJ-31 og KJ-37

Vesturhlíðar: KJ-32, KJ-33, KJ-34, KJ-36 og KT-40.

Staðsetning borhola í Kröflu er sýnd á mynd 13 (Kafla 3) og eru þær holur, sem voru blásandi og safnað var úr, auðkenndar með fylltum hring.

Borholurnar voru afkastamlældar samhliða sýnatöku með þynningaraðferð og mælingu á þrýstifalli yfir blendu.

Að auki var safnað sýnum úr vinnslurásum Kröflustöðvar þ.e. millieimsvala og gasútblæstri, háþrýsti- og lágþrýstigufu og kælivatni og einnig úr frárennsli frá skiljustöðvum og niðurdælingarvatni.

Í Bjarnarflagi var safnað sýnum úr Bjarnarflagslóni og skiljuvatni í skiljustöðvum. svo og af hitaveituvatni.

Trausti Hauksson hafði umsjón með afkastamælingum og sýnatöku og tók saman þessa skýrslu.

Ásgerður K. Sigurðardóttir og Baldur Brynjarsson aðstoðuðu við framkvæmd sýnatöku og afkastamælinga og efnagreindu sýnin.

Niðurstöður mælinga voru skráðar á tölvutækt form, og var forritið ViewData (útgáfa V1.65) notuð til úrvinnslu gagna við gerð skýrslunnar (Kemía 2010). Allar mæliniðurstöður eru aðgengilegar í ViewData.

## 2 KRAFLA

### 2.1 VINNSLURÁS ORKUVERSINS

Heildargufustreymi og afl hverfla sem og sýrustig kælivatns, lútgjöf, kælivatnsrennsli og hitastig, var skráð daglega af vaktmönnum í gagnavinnsluforritið ViewData.

Að auki var gasstyrkur og meðburður borholuvatns í háþrýsti- og lágþrýstilögnum mældur vikulega og niðurstöður skráðar í gagnagrunninn. Á myndum 1 til 12 eru dregnir upp ferlar þessara mæliniðurstaðna árið 2013.

Raforkuframleiðsla hverflanna er sýnd á mynd 1. Hverfill 1 var í gangi í 356 daga á árinu. Framleiðsla hans var að jafnaði um 28,2 MW. Orkuframleiðslan var 869 TJ á árinu. Framleiðsla hverfils 2 var að jafnaði um 28,1 MW en hann gekk í 346 daga og orkuframleiðslan var 839 TJ. Samtals var raforkuframleiðsla stöðvarinnar 1708 TJ.

Afkost virkjunarinnar voru 57 MW í upphafi árs en voru komin niður í 55 MW þegar vél 2 var tekin út um miðjan ágúst, en minnkunin átti sér stað nánast öll í maí mánuði. Eftir viðhaldsstopp náðist 56 MW framleiðsla og hélst hún þannig nánast óbreytt út árið.

Mælt gufurennslu inn á hverflana er sýnt á myndum 2 og 3. Gufuflæðimælar vélar 2 voru óvirkir allt árið.

Enginn meðburður borholuvatns mældist í háþrýstigufunni (sjá mynd 4).

Gas í háþrýsti- og lágþrýstigufu við stöðvarvegg var efnagreint og er samsetning gassins sýnd í töflu 1. Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýstigufu, reknast um 0,91 %, samanborið við 0,95 % árið 2012. Heildargasstreymi inn í stöðina reknast 1,22 kg/s samanborið við 1,38 kg/s í fyrra.

Gassýnum var safnað úr millieimsvala og eftirkæli og er efnasamsetningin sýnd í töflu 2. Ástand gaslosunarþúnaðar virðist í góðu horfi.

Niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum úr eimsvala og kæliturni vélasamstæðu 1 og 2 eru sýndar í töflu 3. Vatnið var í nokkuð góðu jafnvægi.

Hitastig í eimsvala er sýnt á mynd 5, eimsvalaþrýstingur á mynd 6 og hiti gass á mynd 7.

Gasstyrkur var mældur reglulega með rúmmálmælingu í háþrýstigufu (sjá mynd 8). Gasstyrkur mældist að jafnaði frá 0,90 % til 0,95 % en aukning varð í lok ársins. Gas í lágþrýstigufunni var ómælanlegt með rúmmálsaðferð.

Orkunýtni vélar 1 reiknaðist um 62,5% og varmanýtnin 17% sem eru trúlegar tölur. Ekki var hægt að reikna nýtni fyrir vél 2 því gufumælar voru óvirkir.

Mynd 11 sýnir hitastig kælivatnsins og mynd 12 sýrustig. Sýrustigi kælivatnsins er stjórnað með íblöndun skiljuvatns sem leitt er frá lágþrýstiskiljum. Sýrustig vatnsins var í sæmilegu jafnvægi allt árið lítilsháttar yfir pH 5.

**Tafla 1 Kröflustöð, efnagreining gufu inn í stöð, sýnataka 2013-07-01**

| Nafn            | Rennsli<br>kg/s | Gufa         |              |             |             |              |              |             | Gas<br>hlutfall<br>% |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|----------------------|
|                 |                 | CO2<br>mg/kg | H2S<br>mg/kg | H2<br>mg/kg | N2<br>mg/kg | CH4<br>mg/kg | NH3<br>mg/kg | Ar<br>mg/kg |                      |
| Hþ-Gufa         | 113,4           | 9375         | 1195         | 37,6        | 14,7        | 2,55         |              | 0,45        | 1,06                 |
| Lþ-Gufa         | 21,7            | 706          | 304          | 0,7         | 10,2        | 1,57         |              | 0,49        | 0,10                 |
| <b>Samtölur</b> | <b>135,1</b>    | <b>7983</b>  | <b>1052</b>  | <b>31,7</b> | <b>14</b>   | <b>2,39</b>  |              | <b>0,45</b> | <b>0,91</b>          |

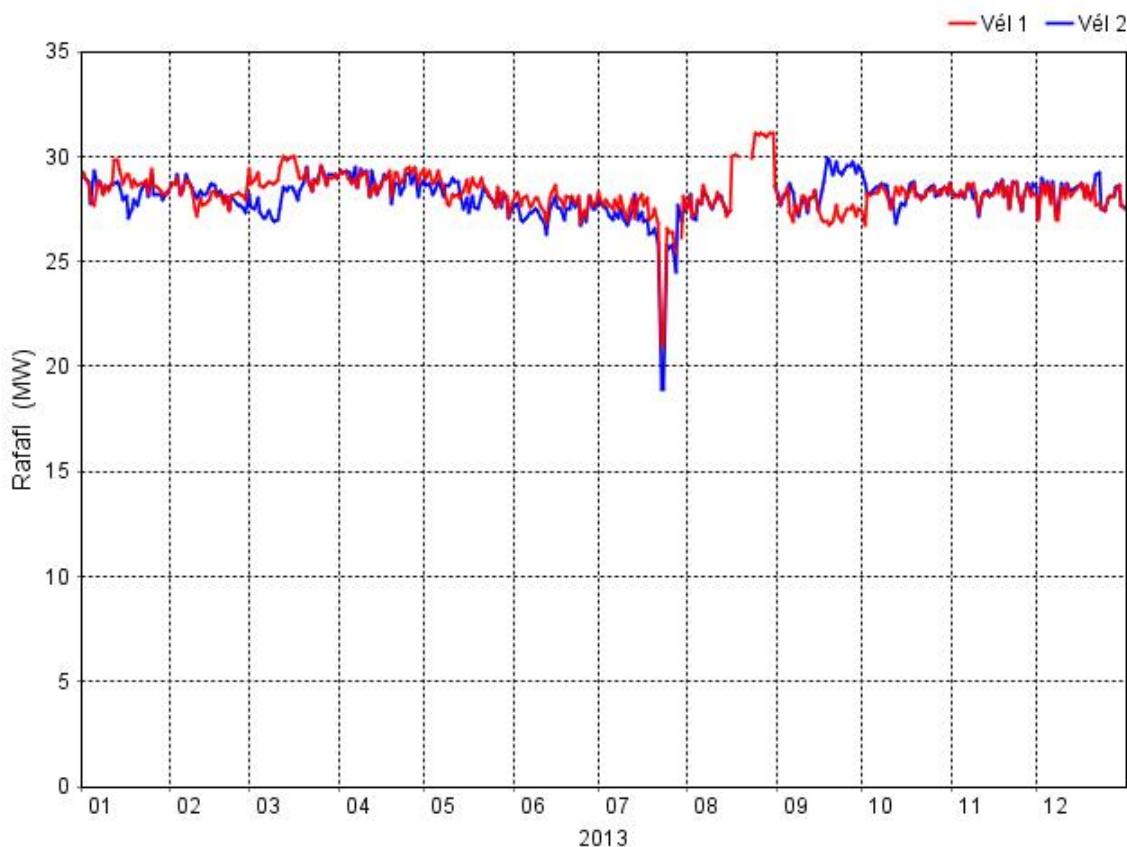
**Tafla 2 Kröflustöð, efnagreining gass, sýnataka 2013-07-02**

|                  | CO2<br>% | H2S<br>% | H2<br>% | O2<br>% | N2<br>% | CH4<br>% | Ar<br>% |
|------------------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Nafn             | %        | %        | %       | %       | %       | %        | %       |
| Hþ-Gufa          | 79,65    | 13,11    | 6,97    |         | 0,20    | 0,06     | 0,00    |
| Lþ-Gufa          | 62,21    | 34,59    | 1,36    |         | 1,41    | 0,38     | 0,05    |
| Millieimsvalli 1 | 71,59    | 10,73    | 7,60    | 2,92    | 6,63    | 0,33     | 0,20    |
| Gas 1            | 60,40    | 7,45     | 5,88    | 6,07    | 19,82   | 0,05     | 0,33    |
| Millieimsvalli 2 | 73,38    | 11,10    | 7,17    | 2,56    | 5,56    | 0,05     | 0,18    |
| Gas 2            | 59,00    | 8,46     | 5,82    | 6,30    | 20,00   | 0,07     | 0,35    |

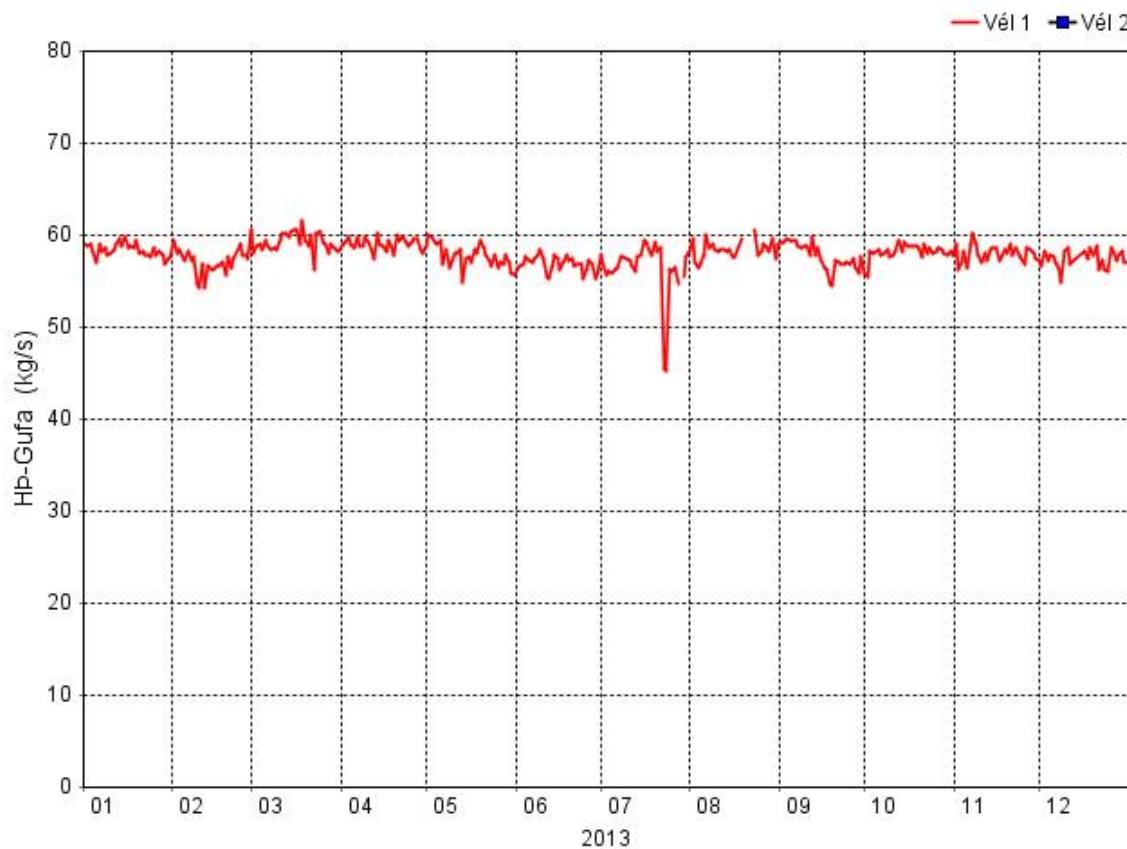
**Tafla 3 Kröflustöð, efnagreining kælivatns, sýnataka 2013-07-02**

| Nafn       | Hitastig<br>°C | pH   | Basi | CO2<br>mg/kg | H2S<br>mg/kg | SiO2  | Na    | SO4<br>mg/kg | Rafleiðni<br>µS/cm | SS<br>mg/kg |
|------------|----------------|------|------|--------------|--------------|-------|-------|--------------|--------------------|-------------|
|            |                |      |      | mg/kg        | mg/kg        | mg/kg | mg/kg | mg/kg        | mg/kg              | mg/kg       |
| Eimsvali 1 | 39,7           | 5,86 | 2,7  | 28           | 6,7          |       | 19,2  |              |                    | 10,7        |
| Eimsvali 2 | 40             | 5,91 | 2,4  | 23           | 5,4          |       | 29,1  |              |                    | 12,1        |
| Kæliturn 1 | 20,4           | 6,63 | 1,5  | 6            |              |       | 20,3  |              |                    | 6,1         |
| Kæliturn 2 | 19,8           | 6,71 | 2,7  | 10           |              |       | 29,2  | 45,5         |                    | 5,9         |

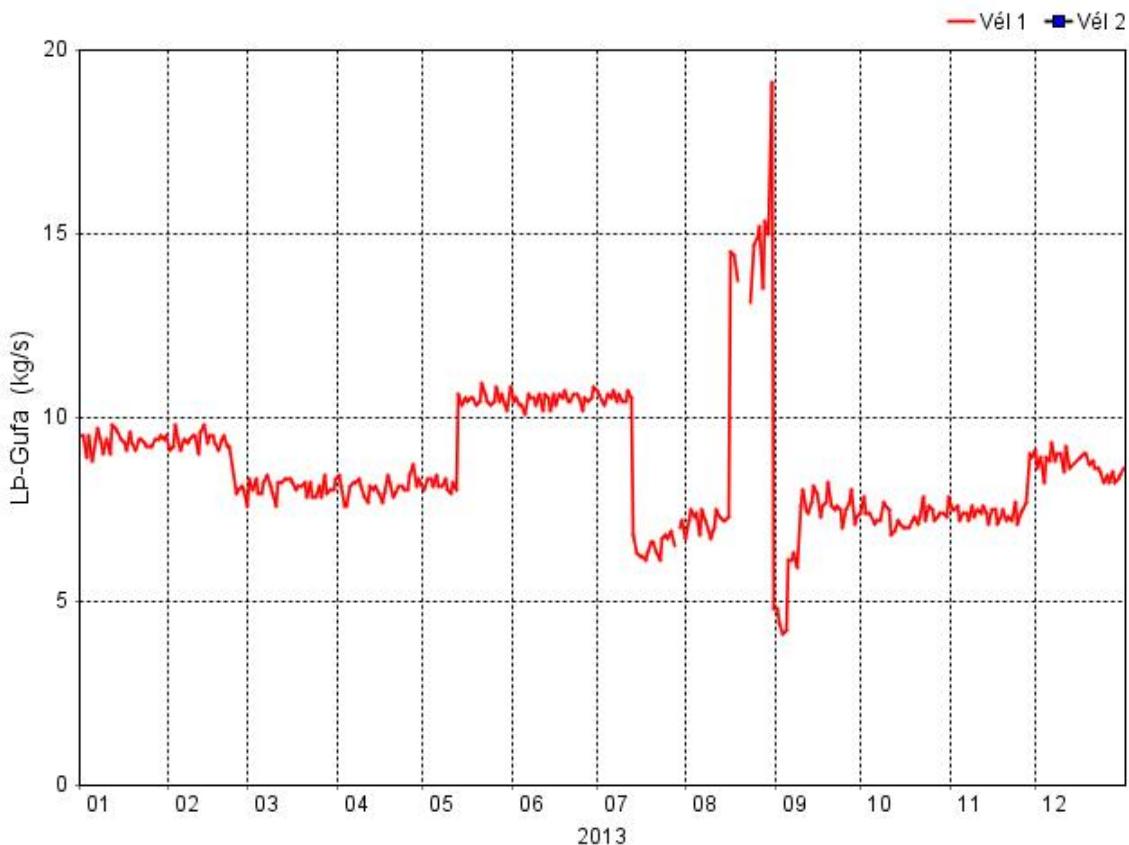
SS=brennisteinn



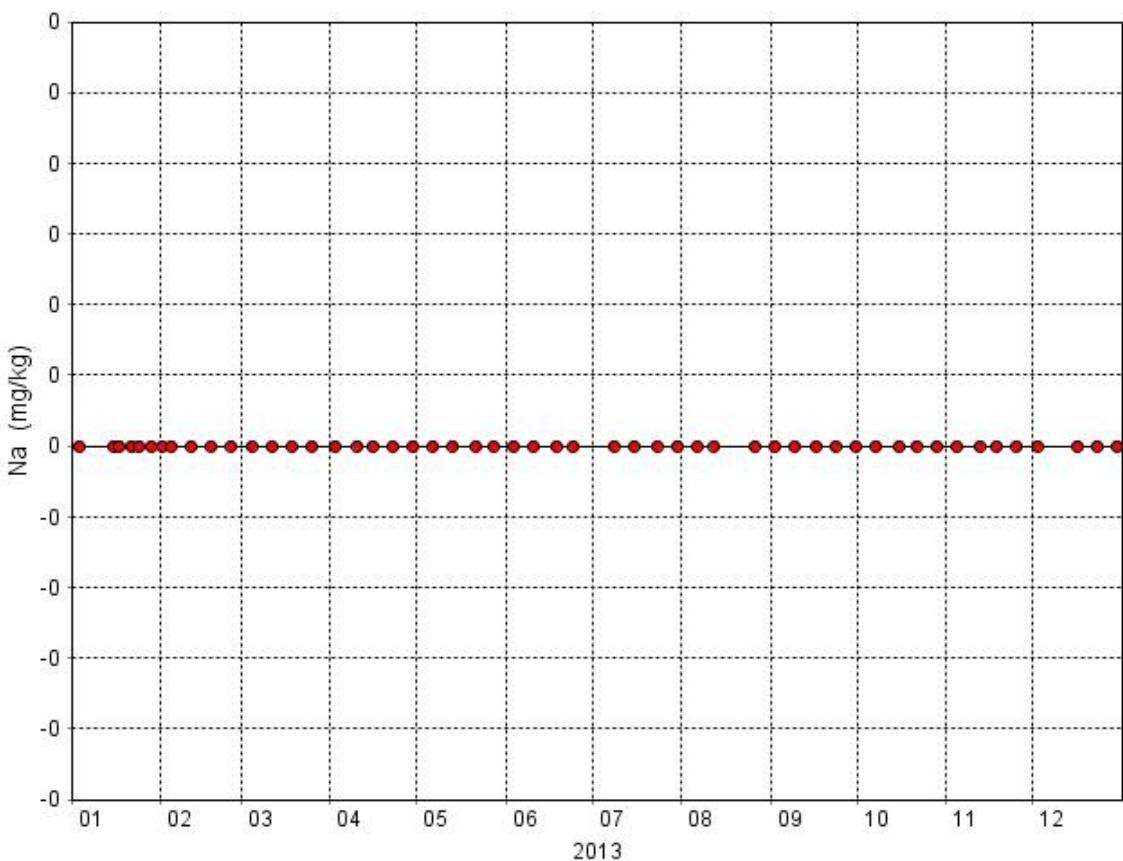
**Mynd 1** Kröflustöð vél 1 og 2. Raforkuframleiðsla árið 2013.



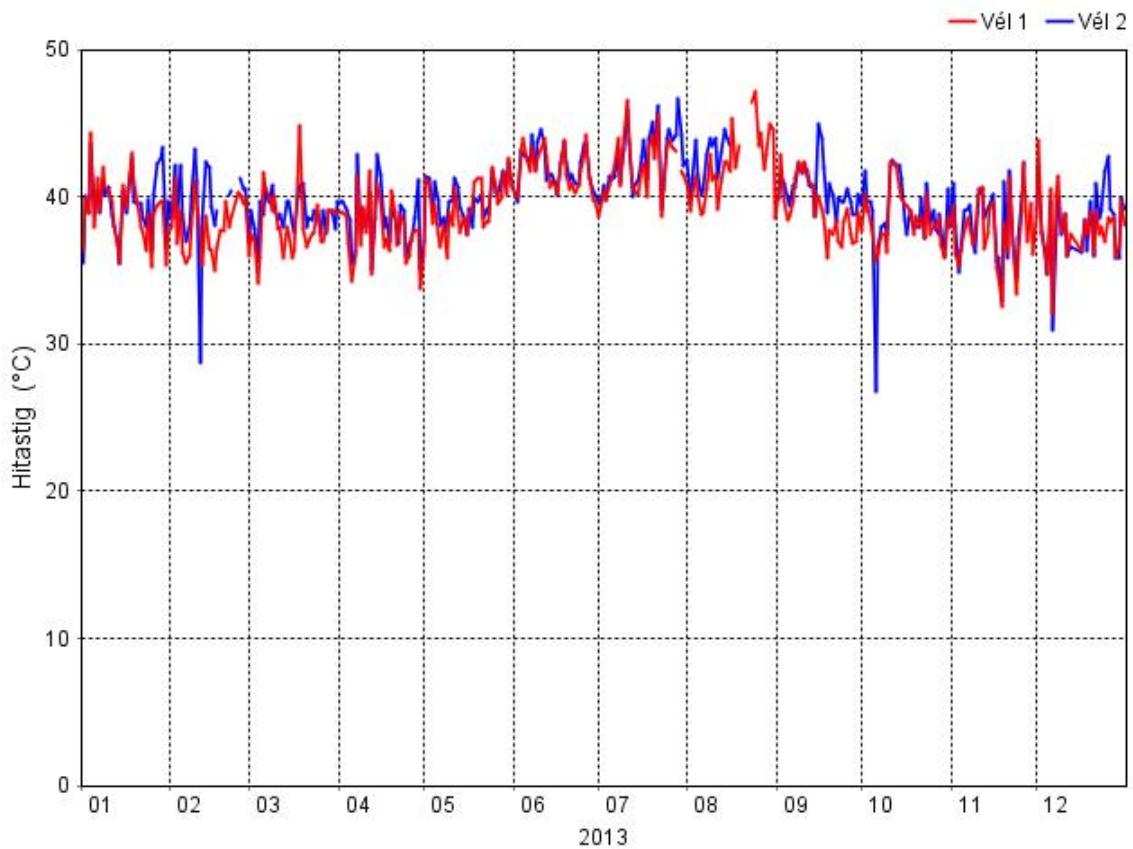
**Mynd 2** Kröflustöð vél 1 og 2. Hp-gufa árið 2013.



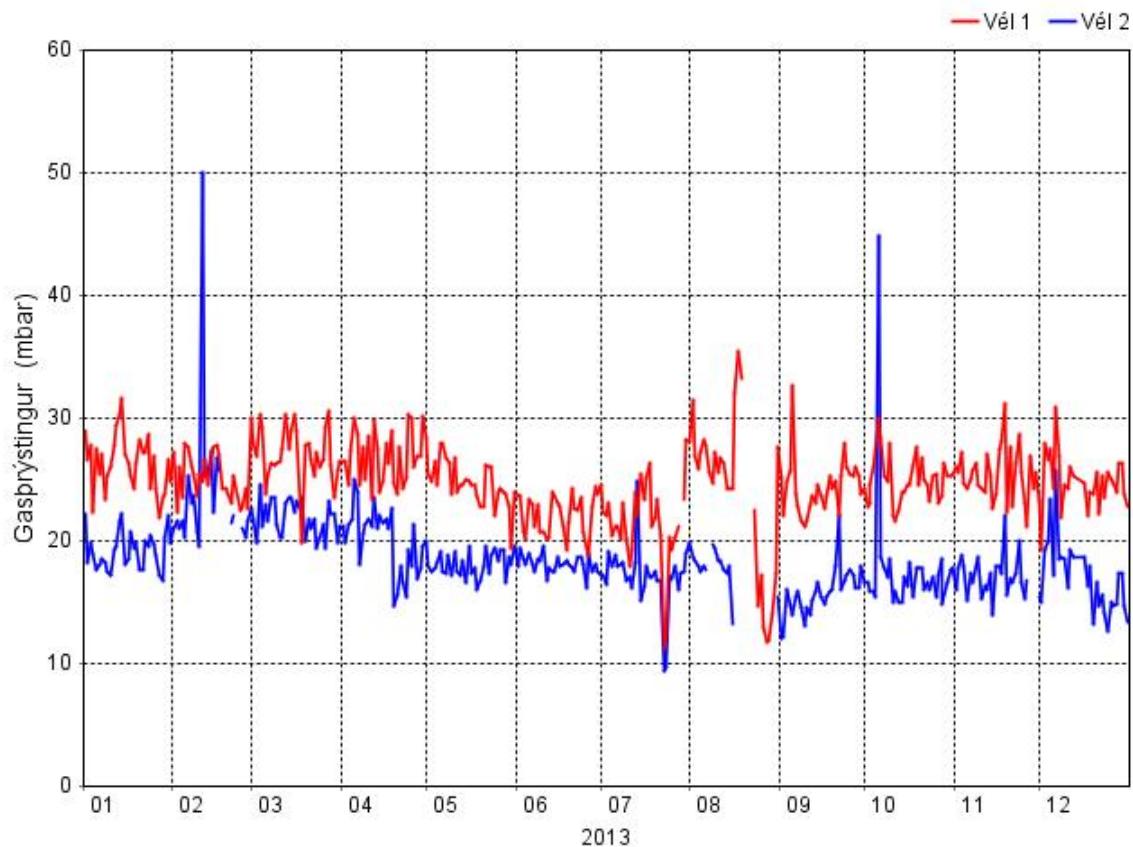
*Mynd 3 Kröflustöð vél 1 og 2. LP-gufa árið 2013.*



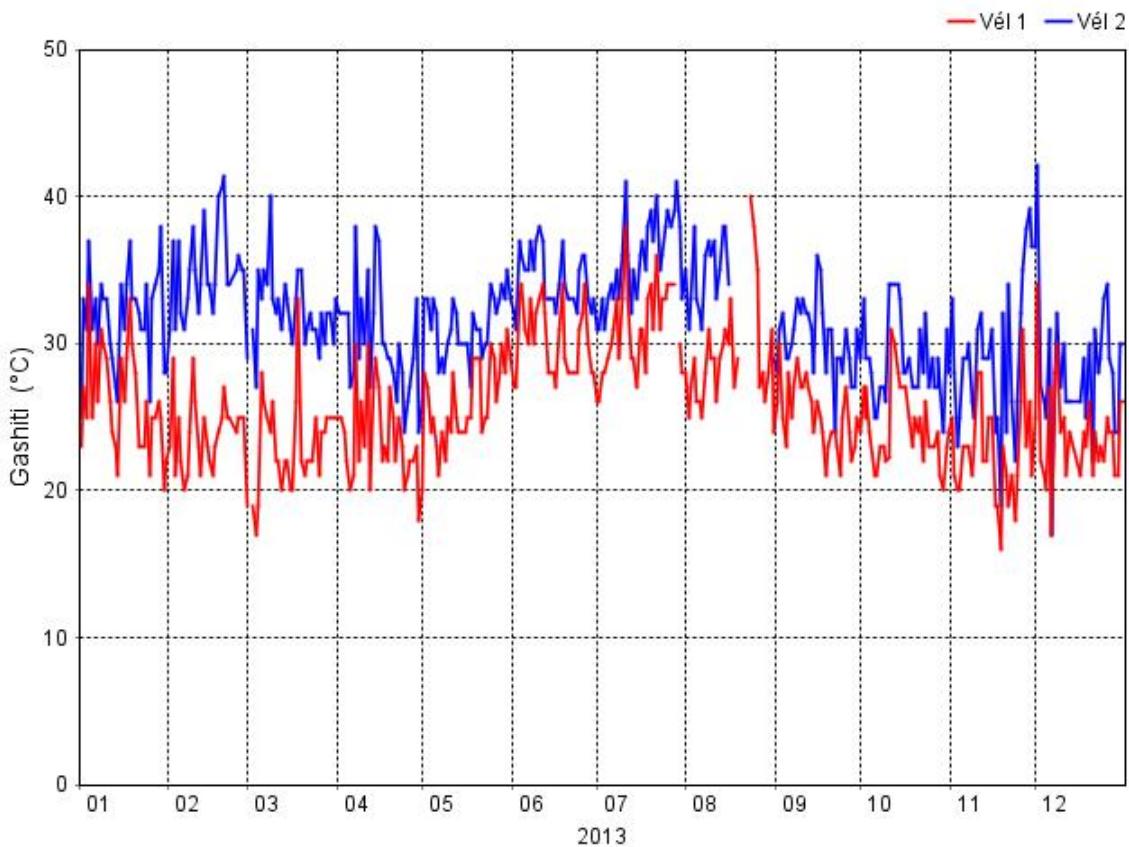
*Mynd 4 Kröflustöð. Meðburður í HP-gufu árið 2013.*



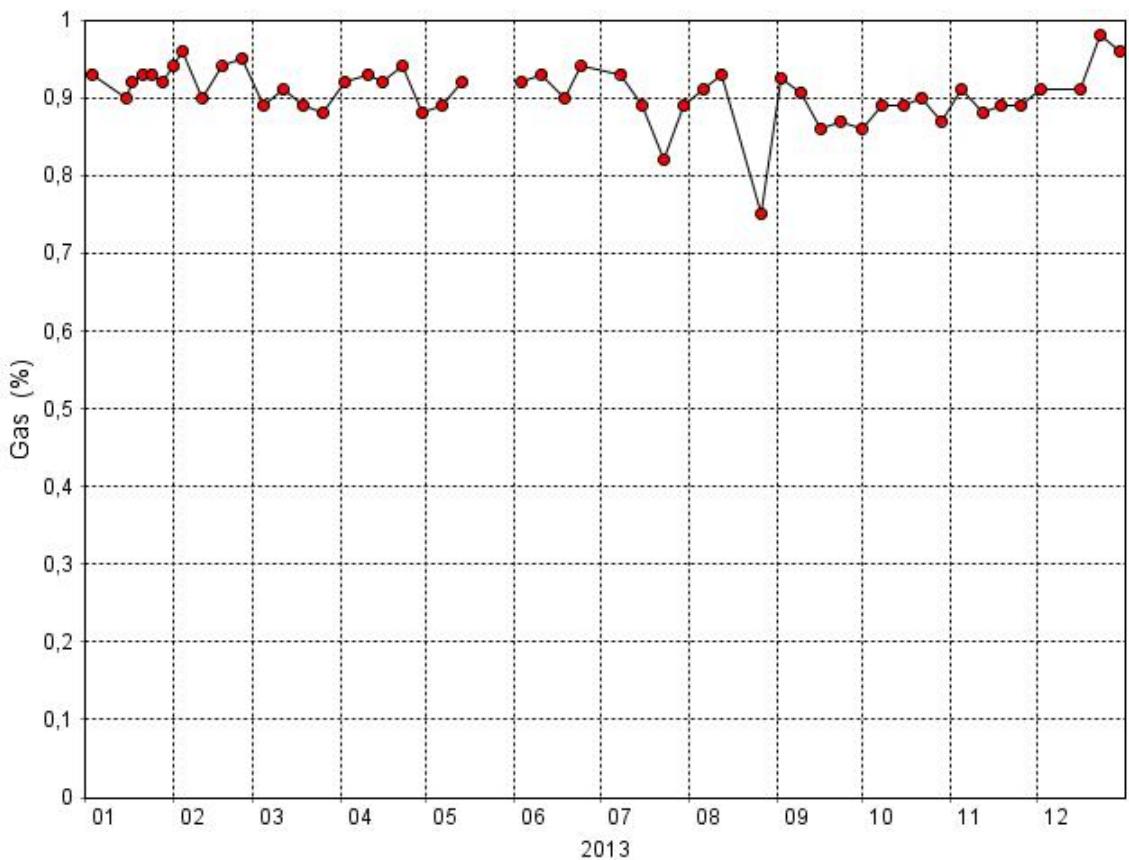
**Mynd 5 Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig í eimsvala árið 2013.**



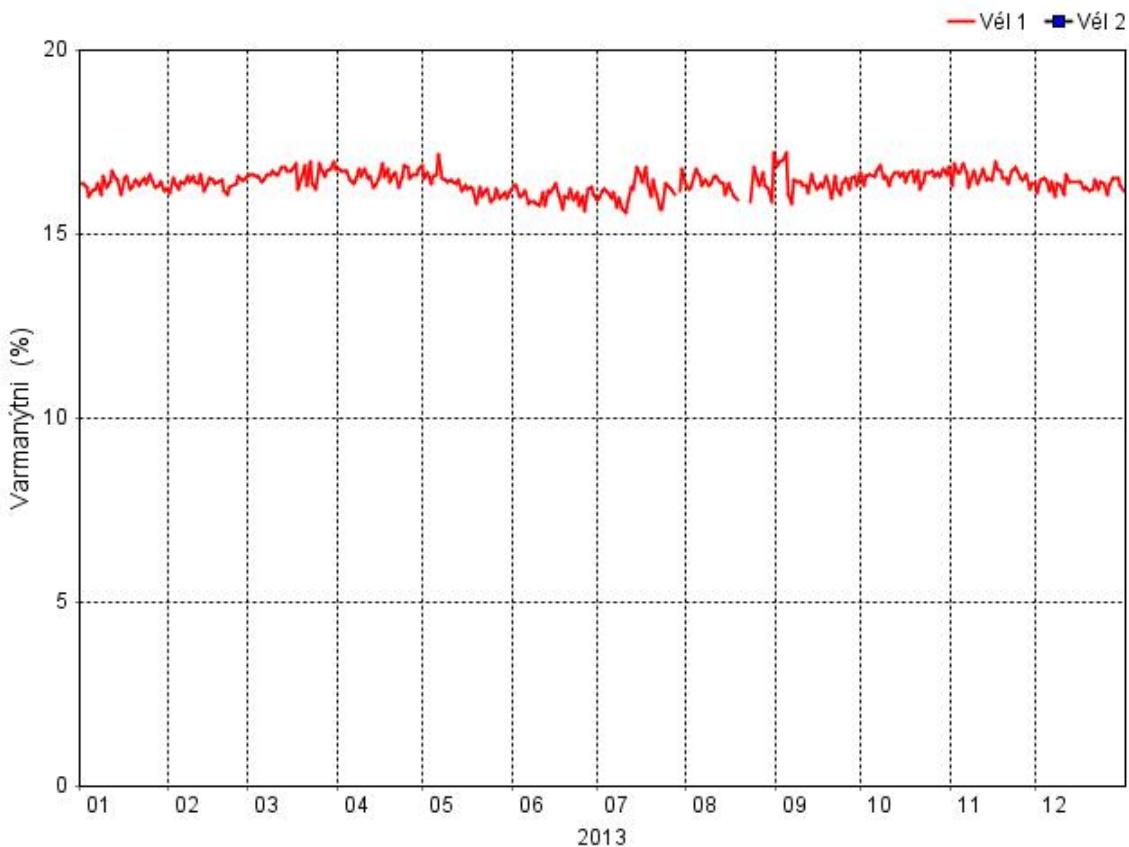
**Mynd 6 Kröflustöð vél 1 og 2. Gasþýstingur í eimsvala árið 2013.**



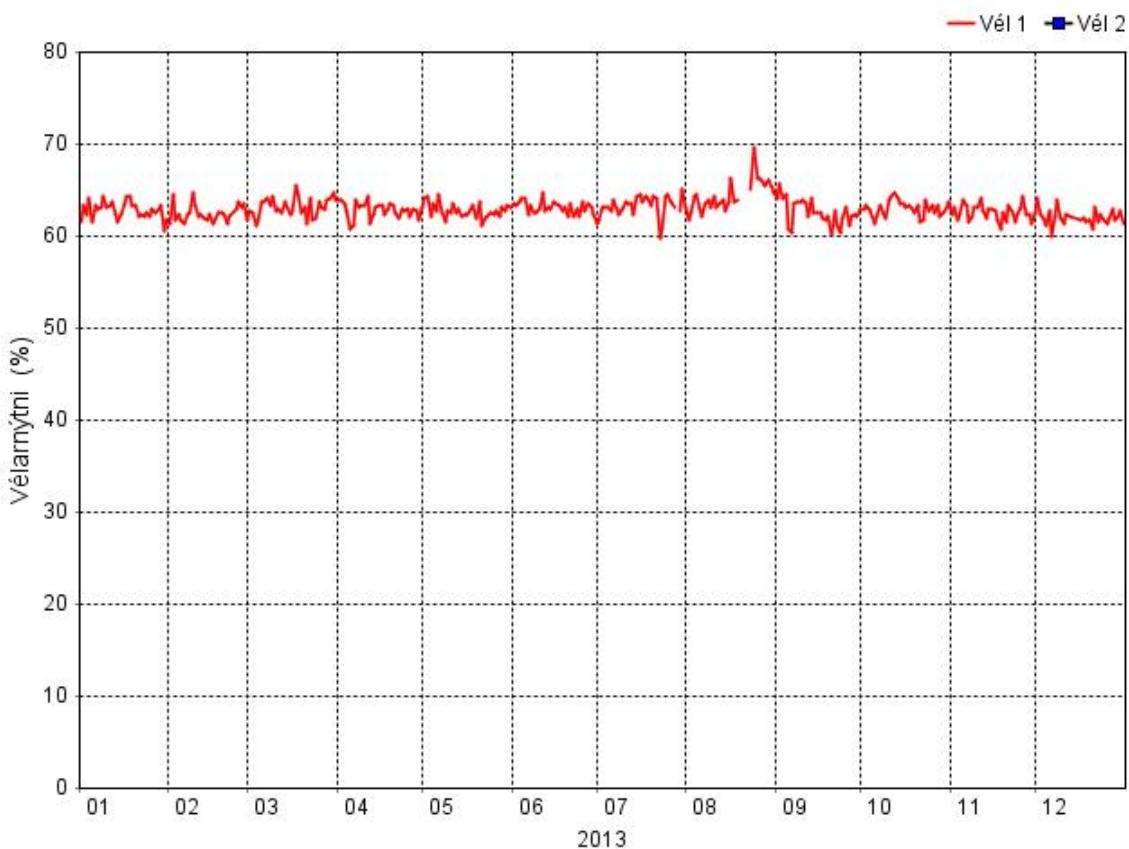
**Mynd 7** Kröflustöð vél 1 og 2. Gashiti í eimsvala árið 2013.



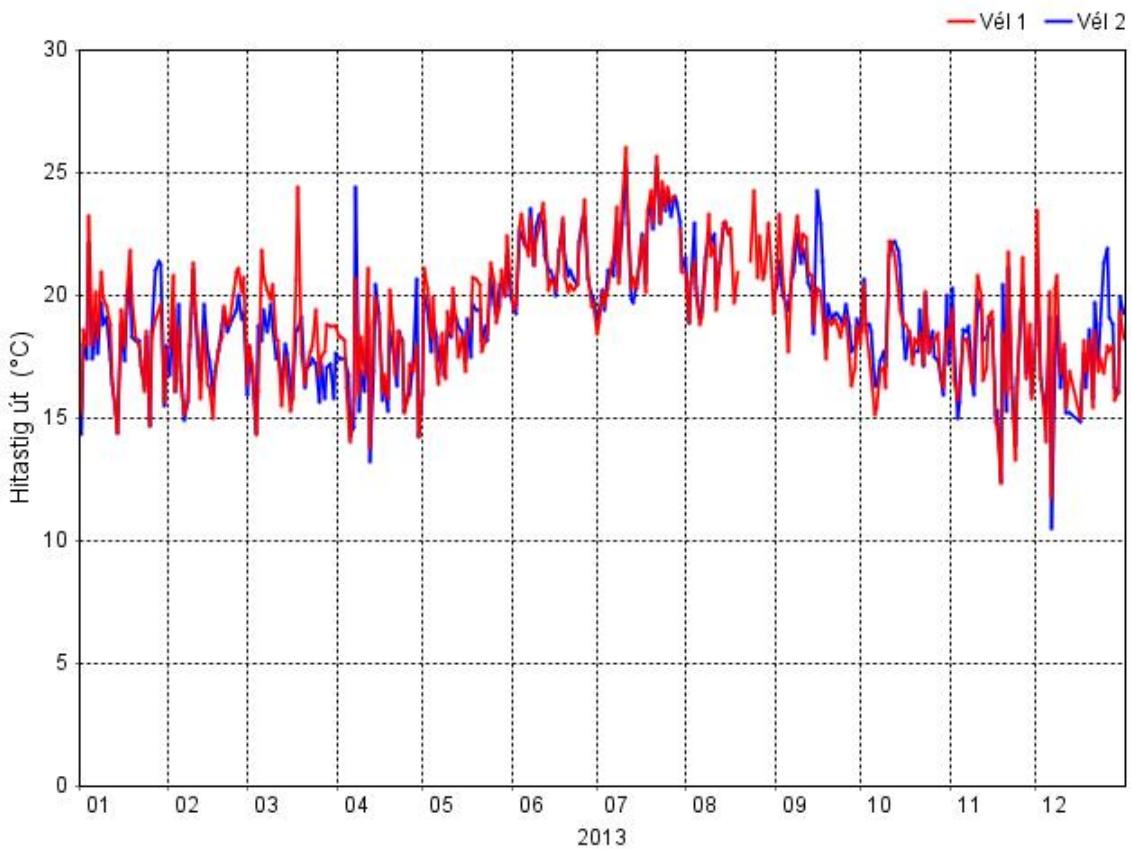
**Mynd 8** Kröflustöð. Gas í HP-gufu árið 2013.



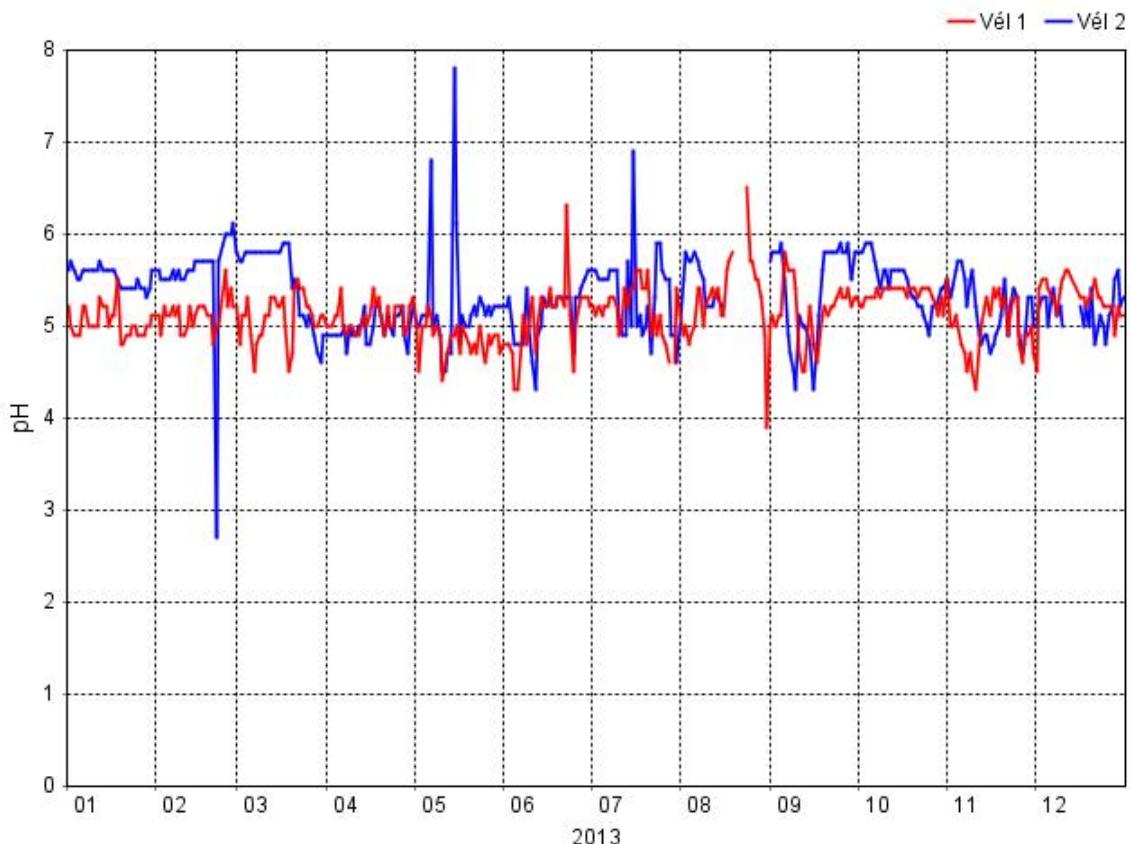
**Mynd 9** Kröflustöð vél 1 og 2. Varmanýtni árið 2013.



**Mynd 10** Kröflustöð vél 1 og 2. Vélarnýtni árið 2013.

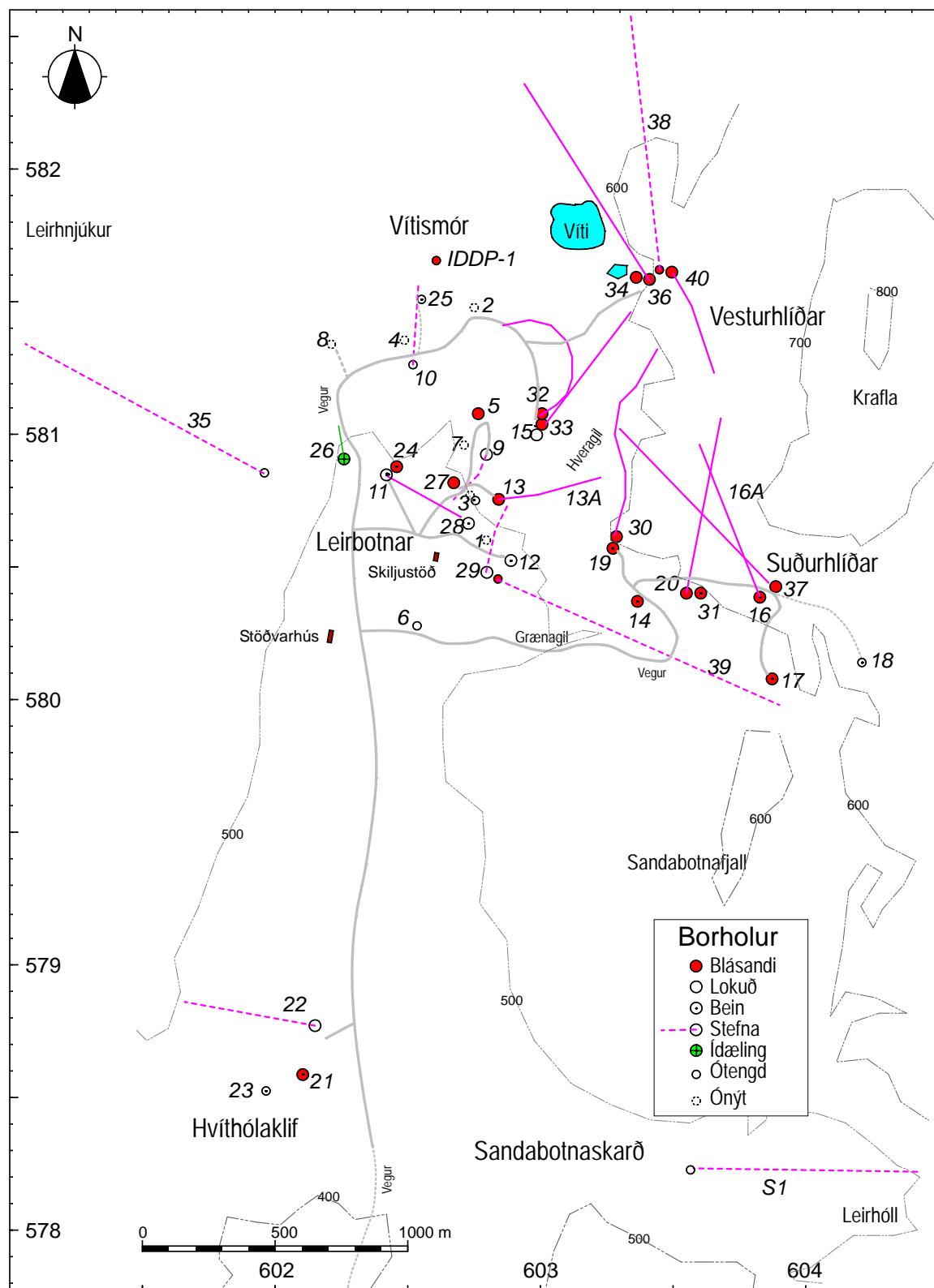


**Mynd 11** Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig kælivatns árið 2013.



**Mynd 12** Kröflustöð vél 1 og 2. Sýrustig kælivatns.

## BORHOLUR Í KRÖFLU



Mynd 13

Borholur í Kröflu í júlí árið 2013.

## 2.2 AFKASTAMÆLINGAR

### 2.2.1 Afköst borhola

Afköstin voru ákvörðuð með mælingu á mismunaþrýstingi yfir tvífasa blendu samhliða vatnsákvörðun með þynningaraðferð. Vatnsákvörðun með þynningaraðferð byggist á því að litarefni er dælt inn í rennslispípuna með jöfnu rennsli og styrkur þess í sýni af vatninu ákvarðaður. Vermi og rennsli er síðan reiknað út frá þessum tveimur mælingum. Þar sem ekki var blenda í lögninni var vermið reiknað út frá kísilhita. Aðferðinni er lýst í skýrslu um innleiðingu hennar. (Trausti Hauksson 2011).

Mælingarnar voru skráðar í gagnagrunn ViewData og eru gögnin aðgengileg þeim sem þurfa, í gegnum vefaðgang. Forritið reiknar vermi og heildarrennsli sem og háþrýsti- og lágþrýstigufu og frárennslisvatn og gufu úr holunum eftir aðskilnað vatns og gufu í skiljustöð. Forritið reiknar einnig rafafl, sem framleiða má úr gufunni, miðað við uppgefna nýtni hverflanna í Kröflu (62,5%). Í töflu 4 eru birtar reiknaðar stærðir fyrir valdar mælingar úr hverri holu.

Í júlímánuði árið 2013 voru 18 holur tengdar Kröflustöð og framleiddu þær 113,4 kg/s af háþrýstigufu og 21,7 kg/s lágþrýstigufu, sem reikningslega nægir til framleiðslu á 56,0 MW af rafmagni. Hluti háþrýstigufunnar er notaður til þess að knýja gasdælur og voru afköst virkjunarinnar því nokkuð minni eða 54 MW.

Háþrýstigufa mældist 2,3 kg/s minni en á árið 2012 sem er minni árleg rýrnun en verið hefur undanfarin ár. Lágþrýstigufa mældist 0,8 kg/s minni en fyrir ári. Gufuframleiðsla á svæðinu dugar sem stendur ekki fyrir fullum afköstum stöðvarinnar sem á að geta framleitt a.m.k. 62 MW en framleiðir um 54 MW.

Á myndum 14 til 23 eru sýndar breytingar sem orðið hafa á gufu og vatnsrennsli úr vinnsluholunum frá því að þær voru teknar í notkun. Rennslið er reiknað við 7 bar þrýsting fyrir hávermisr holur og 1,2 bar þrýsting fyrir lágvermis holur.

Aðeins tvær grunnar lágvermisholur eru blásandi, holur KG-05 og KG-24. Rennsli úr þeim hefur ekki breyst mikið frá því að þeim var hleypt upp þar til síðustu tvö skipti. Sjá myndir 14 og 15. Það er vegna þess að nú eru holurnar ekki lengur teknar út á hljóðdeyfi til afkastamælinga við um 3 bar toppþrýsting heldur eru þær nú mældar á veitu með þynningaraðferð við mun lægri toppþrýsting.

Tvær holur vinna úr dýpri hluta Leirbotnasvæðisins, þ.e. holur KJ-13 og KJ-27. Vatnsrennsli úr þeim jókst fram að 2004 en gufurennсли breyst minna. Eftir 2004 hafa orðið óverulegar breytingar á afköstum þeirra. Sjá myndir 16 og 17.

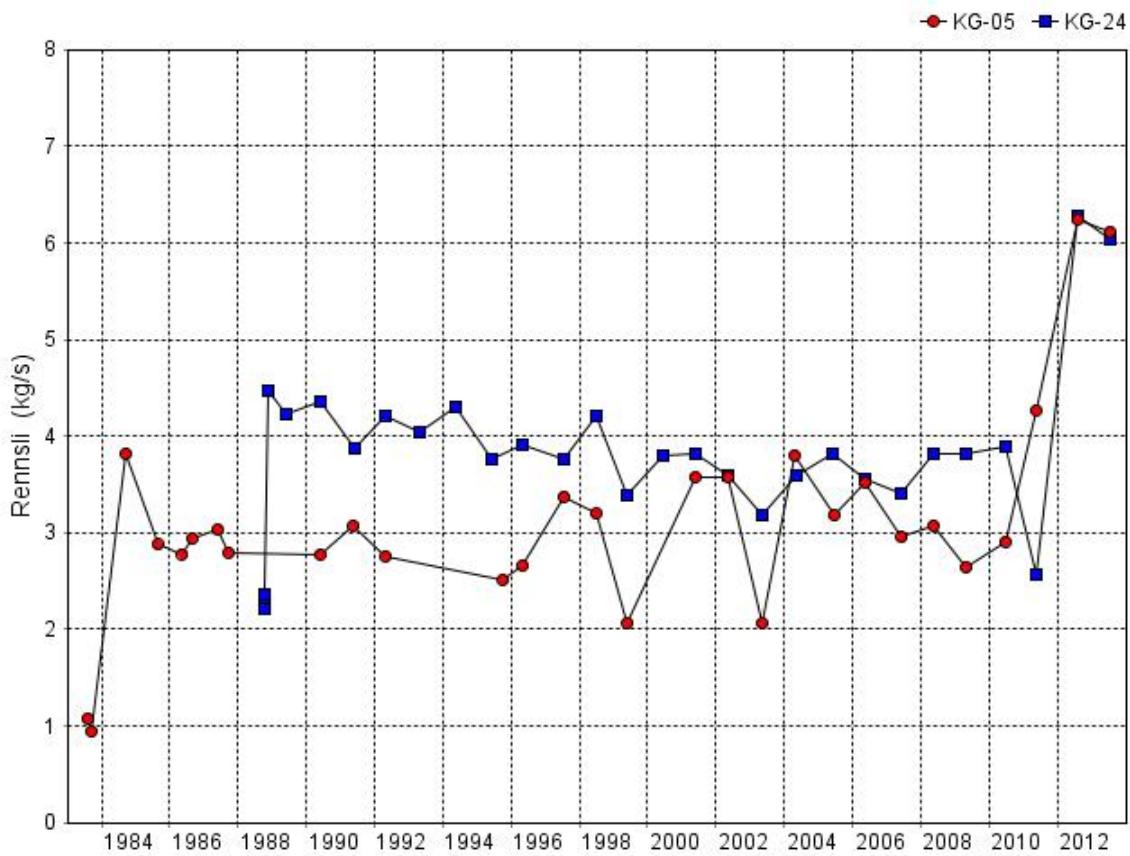
Afköst KJ-14, KJ-31 og KJ-37 í Suðurhlíðum hafa minnkað verulega frá því að þeim var hleypt upp. Þær gefa nú sáralítið afl. Huga ætti að örvinaraaðgerðum á þessum holum. Í framhaldi er æskilegt að þær verði reknar á hærri toppþrýstingi til þess að minnka haettu á uppsuðu og útfellingum í æðum. Hola KJ-30 minnkaði einnig í aflí frá síðasta ári en ekki tímabært að eiga við hana. Sjá myndir 18 og 19.

Hola KJ-21 á Hvíthólasvæði jók lítilsháttar við sig í aflí eftir afkastaminnkun síðustu ár. Sjá myndir 20 og 21.

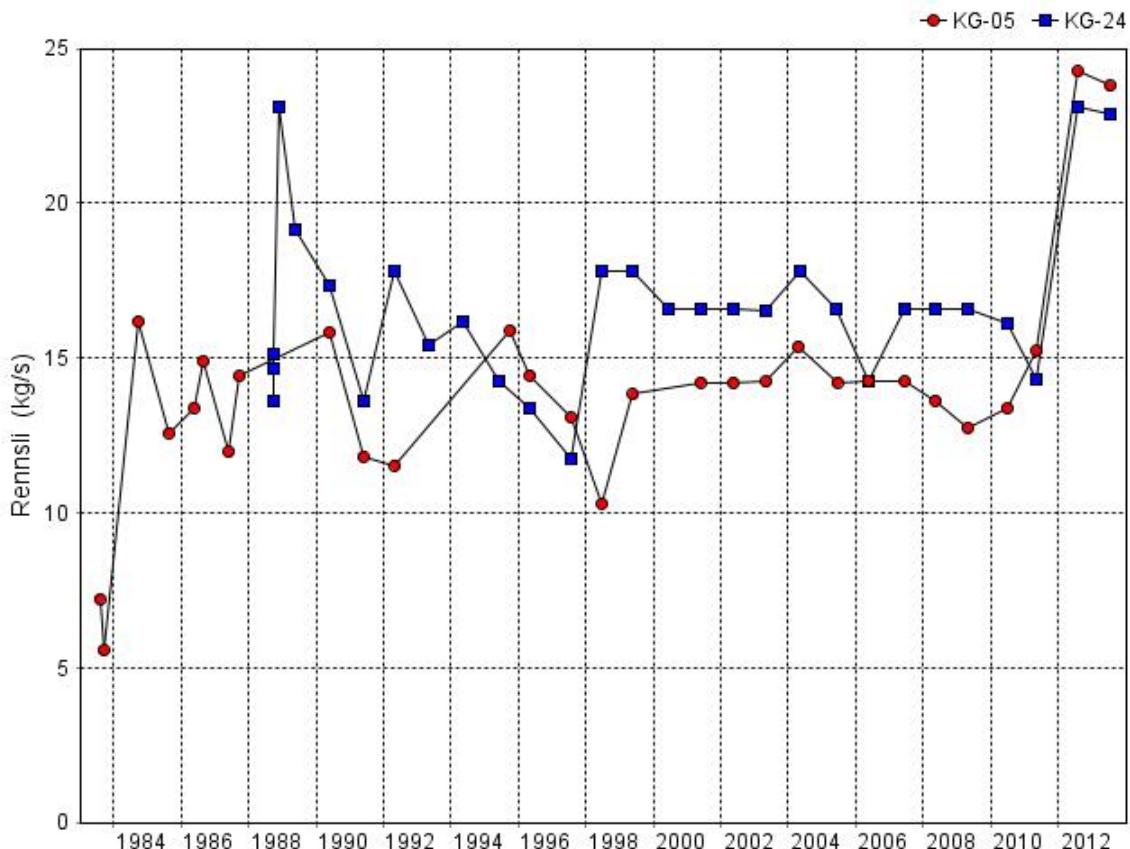
Holur KJ-32, KJ-34, KJ-36 á Vesturhlíðasvæðinu minnkuðu lítilsháttar í aflí en aðrar stóðu í stað. Sjá myndir 22 og 23.

**Tafla 4 Kröflustöð, afköst borhola árið 2013**

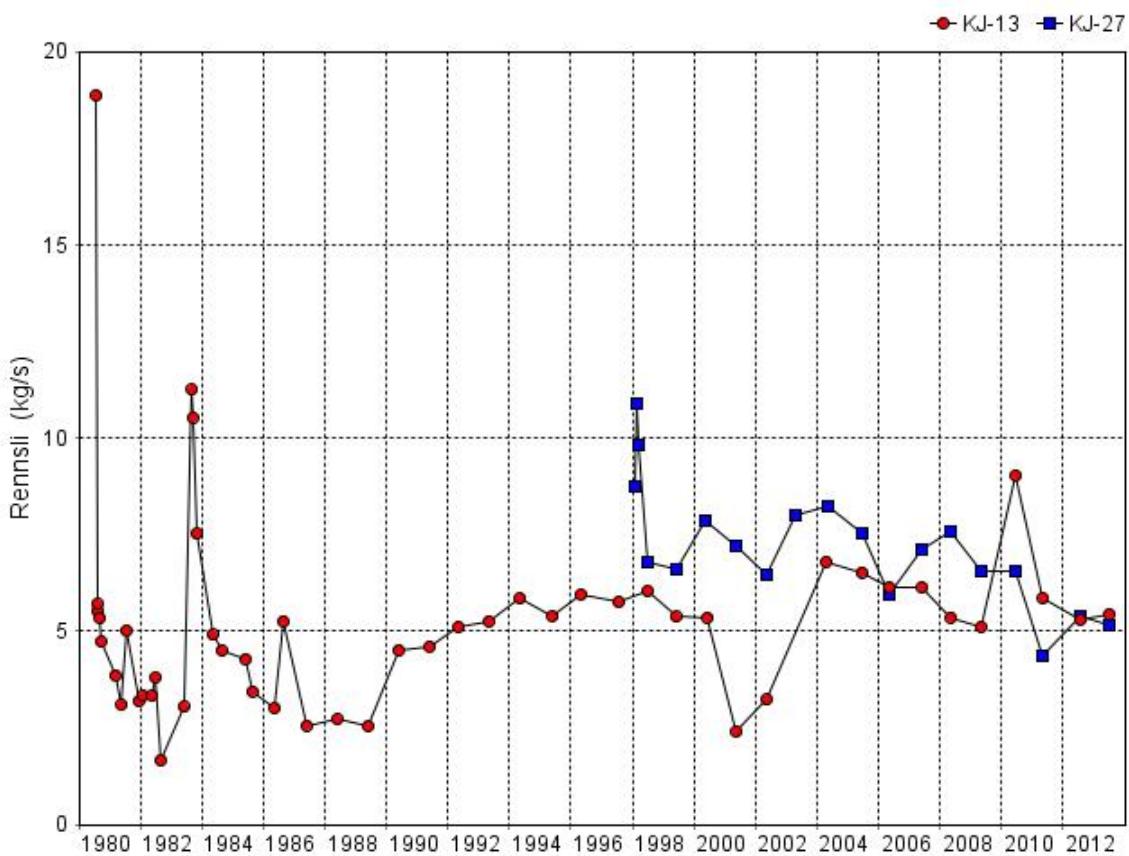
| <b>Nafn</b>     | <b>Tími</b> | <b>Heildar</b> |                |                 | <b>Hþ-Skilja</b> | <b>Lþ-Skilja</b> | <b>Frárennsli</b> |              | <b>Hverfill</b> |
|-----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|--------------|-----------------|
|                 |             | <b>Vermi</b>   | <b>Rennsli</b> | <b>Varmaafl</b> | <b>Gufa</b>      | <b>Gufa</b>      | <b>Gufa</b>       | <b>Vatn</b>  | <b>Rafafl</b>   |
|                 |             | <b>kJ/kg</b>   | <b>kg/s</b>    | <b>MW</b>       | <b>kg/s</b>      | <b>kg/s</b>      | <b>kg/s</b>       | <b>kg/s</b>  | <b>MW</b>       |
| KG-05           | 2013-07-16  | 967            | 29,9           | 23,9            |                  | 6,1              | 1,0               | 22,7         | 1,9             |
| KG-24           | 2013-07-16  | 976            | 28,9           | 23,4            |                  | 6,0              | 1,0               | 21,9         | 1,9             |
| KJ-13           | 2013-07-04  | 1446           | 15,4           | 19,7            | 5,5              | 0,9              | 0,4               | 8,7          | 2,7             |
| KJ-14           | 2013-07-10  | 2724           | 2,8            | 7,2             | 2,7              | 0,0              | 0,0               | 0,1          | 1,2             |
| KJ-16           | 2011-01-05  | 2660           | 1,4            | 3,4             | 1,3              | 0,0              | 0,0               | 0,1          | 0,6             |
| KJ-17           | 2013-07-03  | 2412           | 6,5            | 14,6            | 5,4              | 0,1              | 0,0               | 1,0          | 2,4             |
| KJ-19           | 2013-07-10  | 2728           | 2,9            | 7,4             | 2,8              | 0,0              | 0,0               | 0,0          | 1,2             |
| KJ-20           | 2013-07-10  | 2652           | 4,7            | 11,8            | 4,5              | 0,0              | 0,0               | 0,2          | 1,9             |
| KJ-21           | 2013-07-03  | 1100           | 37,7           | 35,1            | 7,0              | 2,8              | 1,2               | 26,6         | 3,9             |
| KJ-27           | 2013-07-04  | 1035           | 33,5           | 29,0            | 5,1              | 2,6              | 1,1               | 24,6         | 3,0             |
| KJ-30           | 2013-07-08  | 2720           | 19,3           | 49,3            | 18,9             | 0,0              | 0,0               | 0,4          | 8,2             |
| KJ-31           | 2013-07-11  | 2787           | 1,0            | 2,6             | 1,0              | 0,0              | 0,0               | 0,0          | 0,4             |
| KJ-32           | 2013-07-16  | 1160           | 42,3           | 42,0            | 9,1              | 3,1              | 1,3               | 28,8         | 4,9             |
| KJ-33           | 2013-07-11  | 2492           | 3,2            | 7,5             | 2,8              | 0,0              | 0,0               | 0,4          | 1,2             |
| KJ-34           | 2013-07-09  | 2654           | 19,5           | 48,4            | 18,4             | 0,1              | 0,0               | 0,9          | 8,0             |
| KJ-36           | 2013-07-09  | 2681           | 10,7           | 26,9            | 10,2             | 0,0              | 0,0               | 0,4          | 4,5             |
| KJ-37           | 2013-07-11  | 2299           | 1,2            | 2,5             | 0,9              | 0,0              | 0,0               | 0,2          | 0,4             |
| KT-40           | 2013-07-09  | 2727           | 18,2           | 46,5            | 17,8             | 0,0              | 0,0               | 0,3          | 7,7             |
| <b>Samtölur</b> |             | <b>1605</b>    | <b>279,1</b>   | <b>401,2</b>    | <b>113,4</b>     | <b>21,7</b>      | <b>6,0</b>        | <b>137,3</b> | <b>56,0</b>     |



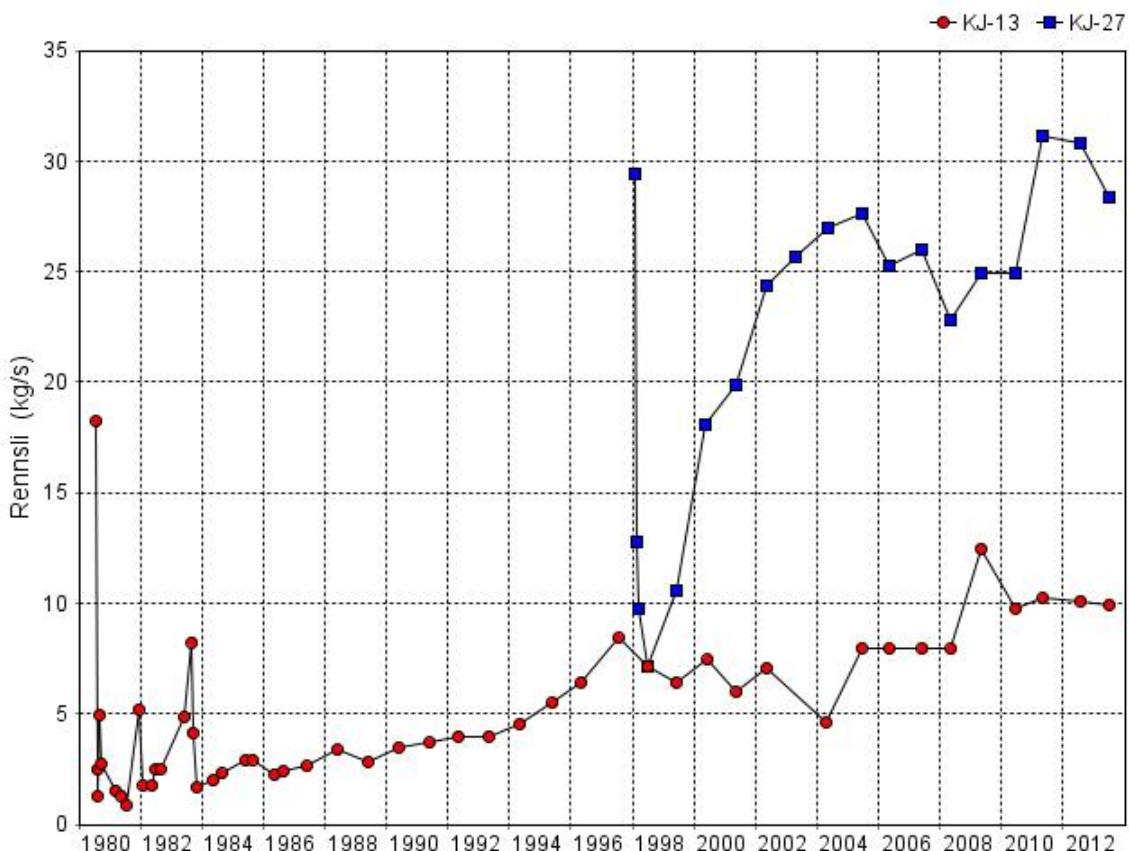
Mynd 14      *Leirbotnar, gufurennslí úr grunnum holum.*



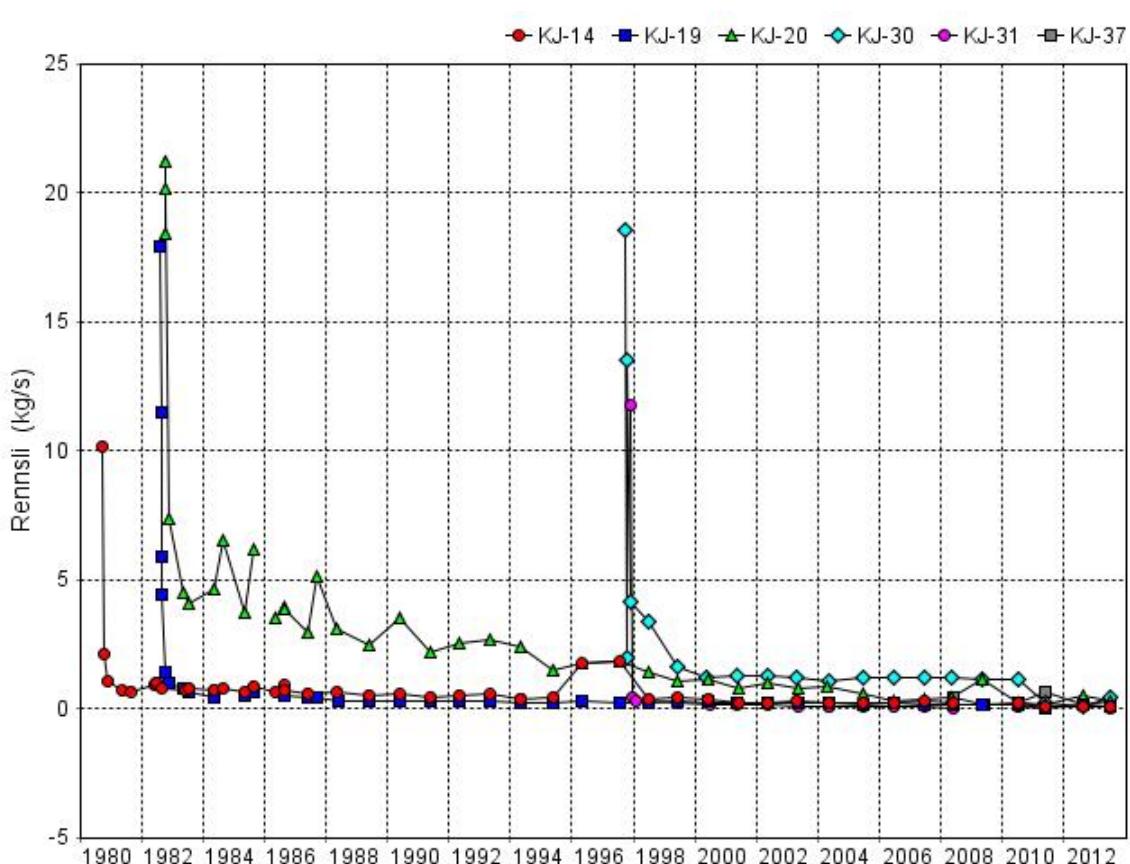
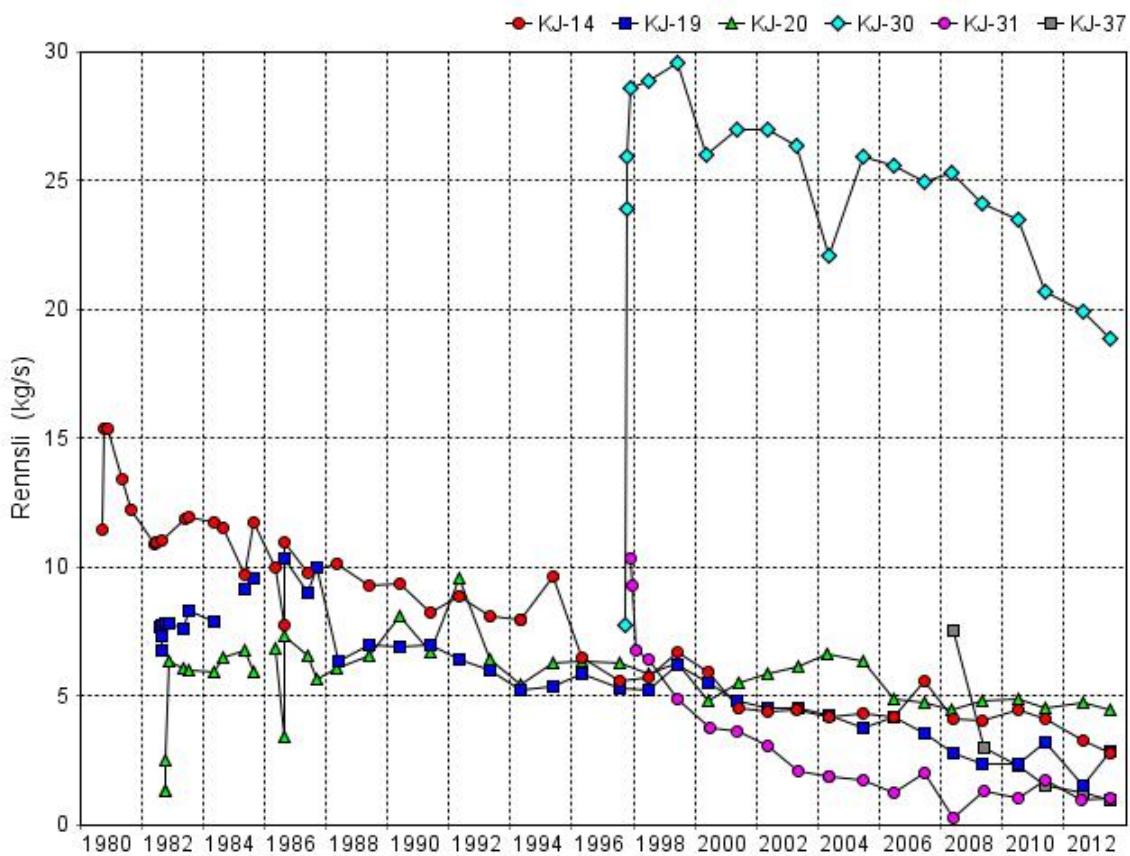
Mynd 15      *Leirbotnar, vatnsrennsli úr grunnum holum.*

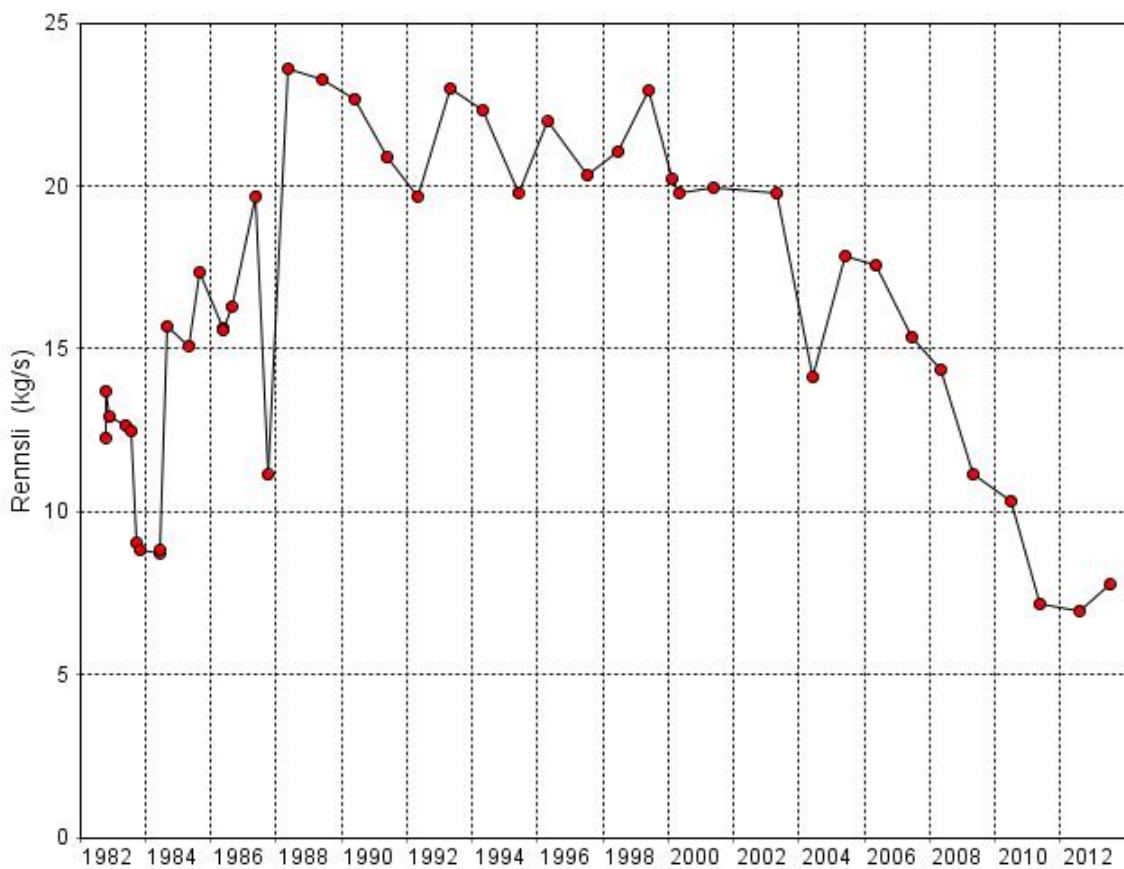


Mynd 16 Leirbotnar, gufurennslí úr djúpum holum.

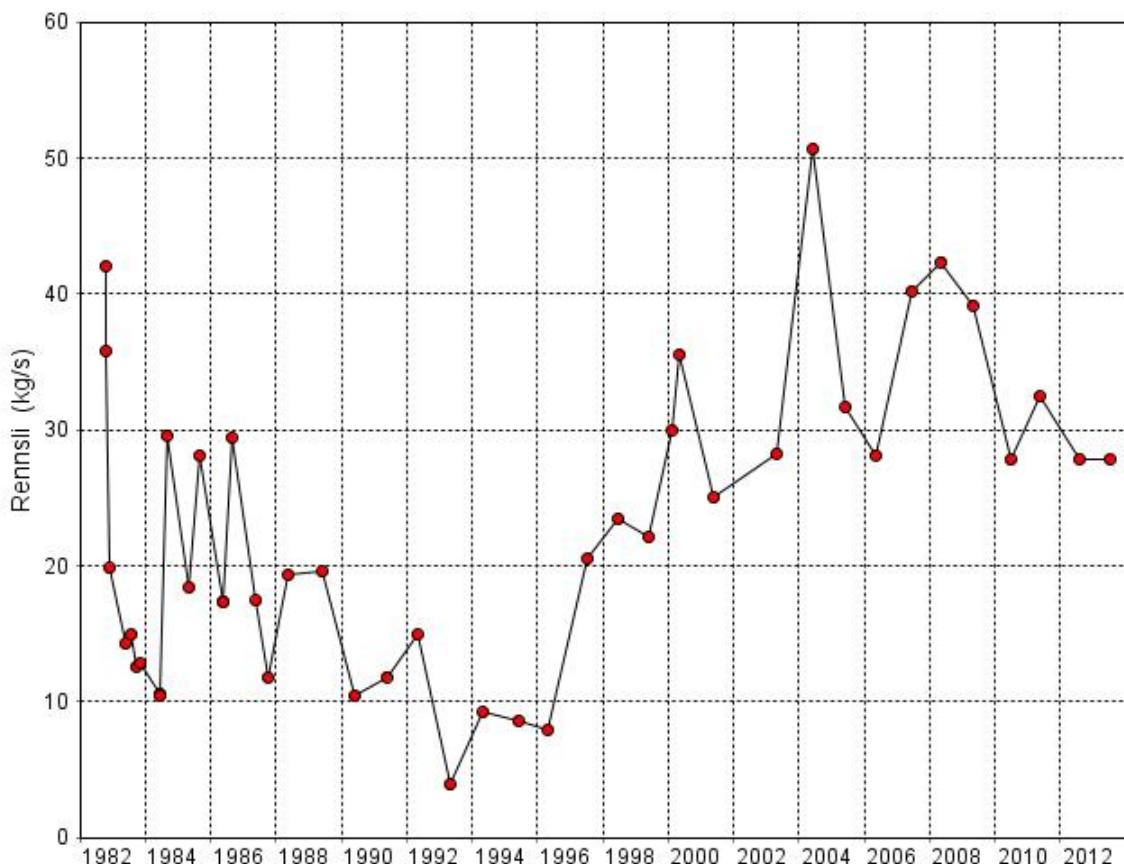


Mynd 17 Leirbotnar, vatnsrennslí úr djúpum holum.

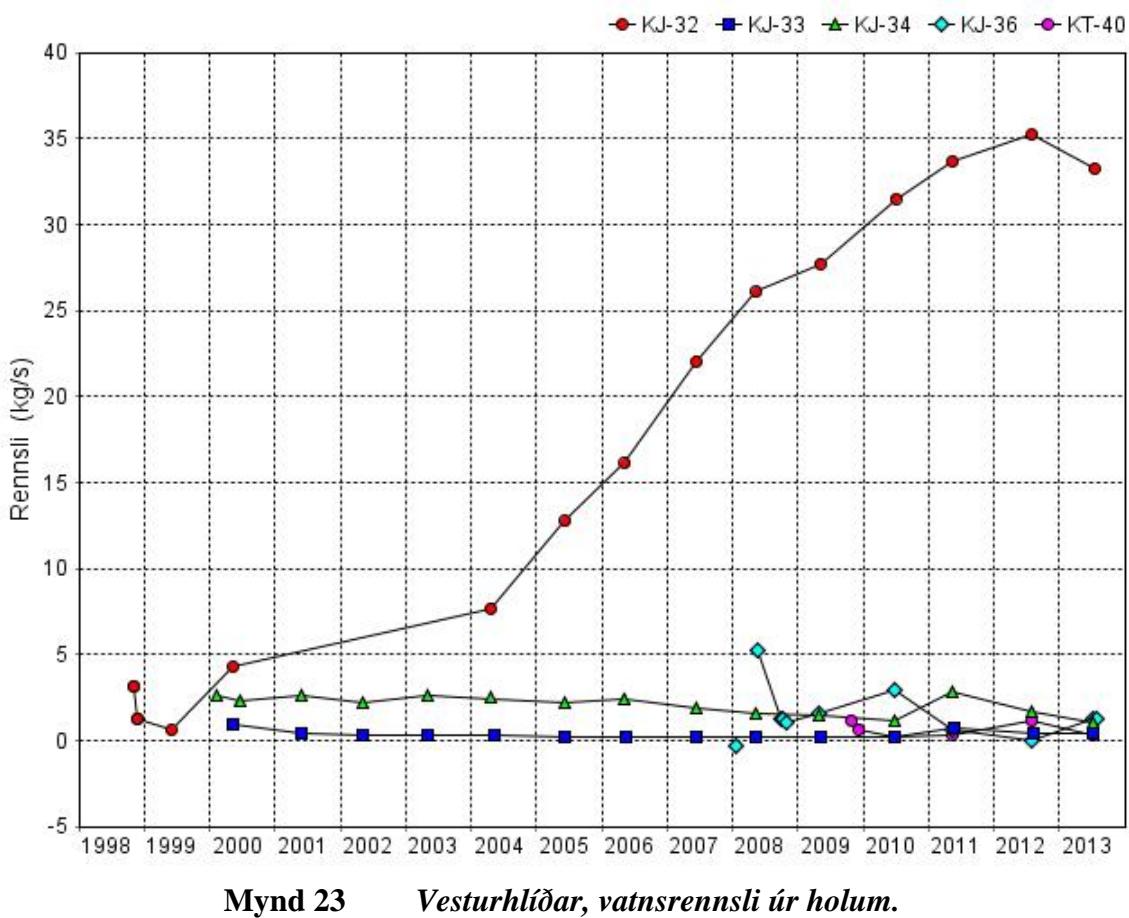
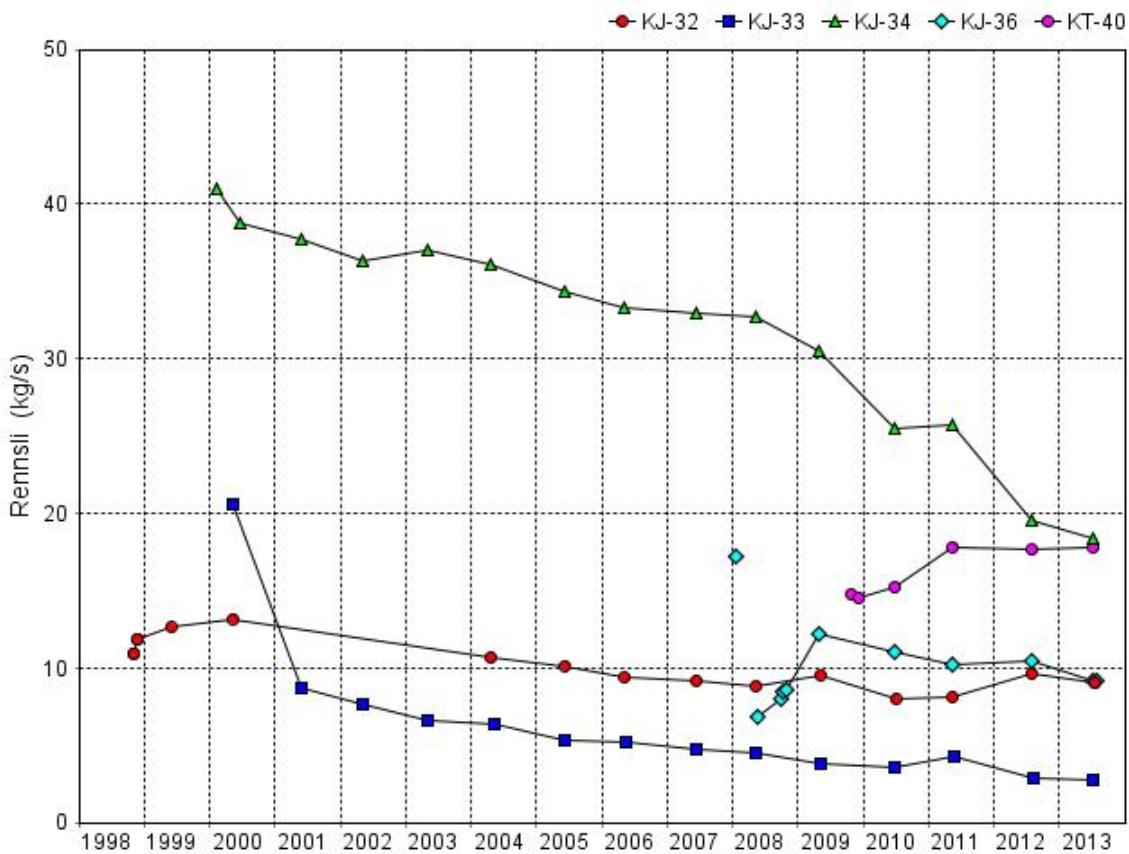




**Mynd 20 Hvíthólaklif, gufurennslir úr holu KJ-21.**



**Mynd 21 Hvíthólaklif, vatnsrennslir úr holu KJ-21.**



## 2.2.2 Massa og varmavinnsla

Árleg massa- og varmavinnsla úr jarðhitageyminum í Kröflu var reiknuð fyrir einstök vinnslusvæði og eru niðurstöður birtar í Viðauka 1 en þar kemur einnig fram hversu miklu var dælt í holur.

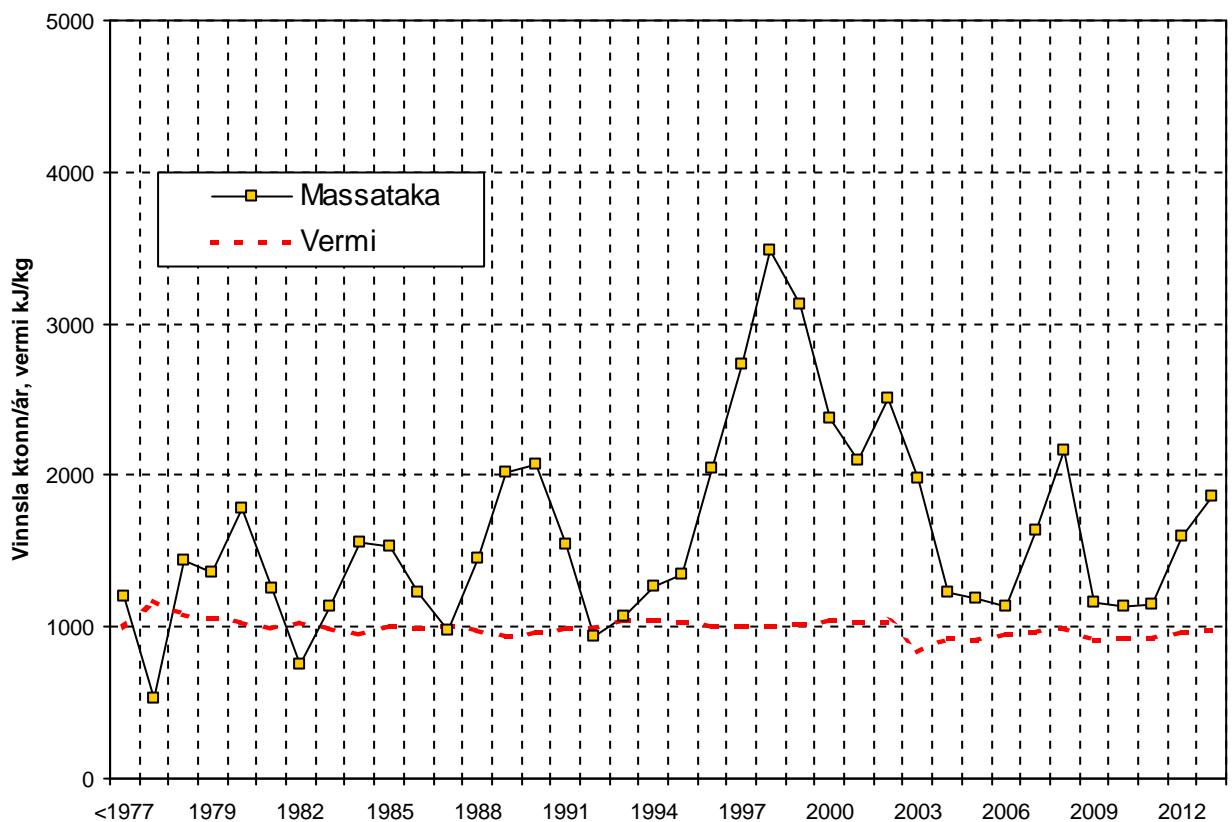
Árleg massavinnsla úr hverju svæði, meðalvermi og niðurdæling er sýnt á myndum 24 til 28, og heildar massavinnsla og meðalvermi úr Kröflusvæði er sýnt á mynd 29.

Tekin voru samtals um 9.541 þúsund tonn af vatn og gufu úr svæðinu á árinu 2013. Þar af var gufa til raforkuframleiðslu 4.810 þúsund tonn. Upptekt vegna prófunar á nýjum holum var 550 þúsund tonn.

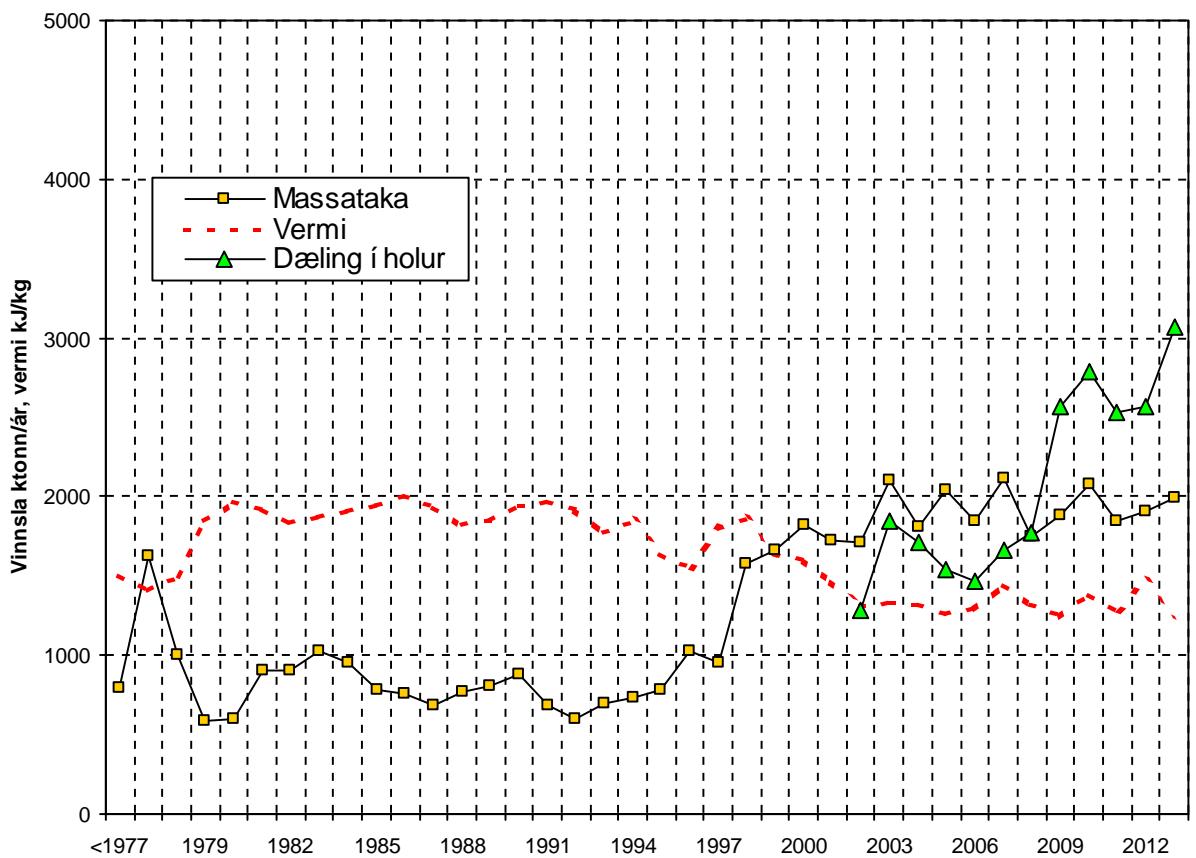
Dælt var samtals 2.706 þúsund tonnum af vatni í holu KJ-26 og 361 þúsund tonnum í KJ-39. Nettó vinnsla úr jarðhitageyminum var því 6.474 þúsund tonn.

Mynd 30 sýnir magn gufu og vatns sem upp er tekið og skiptingu milli frárennslis og dælingar í holur.

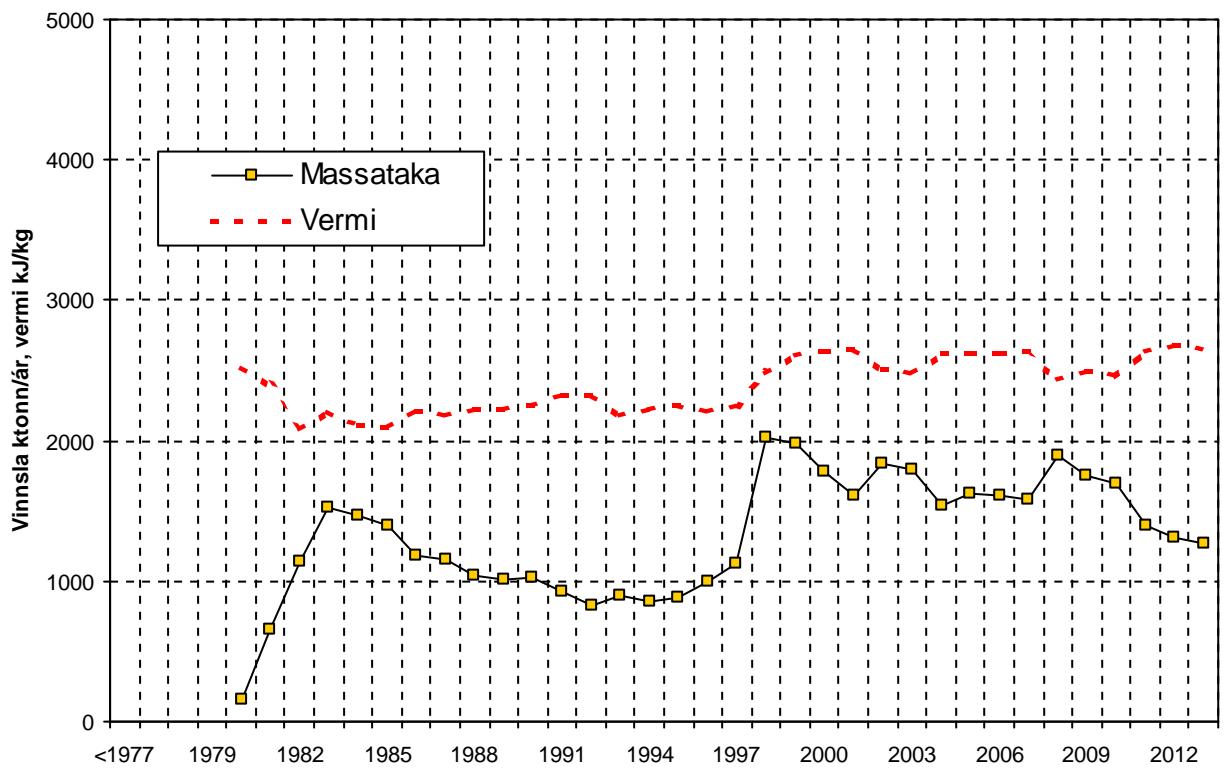
Áætlað er að um 40% gufunnar þéttist í kælikerfi stðvarinnar. Frárennsli jarðhitavökva frá stöðinni þ.e. skiljuvatn sem ekki er dælt niður ásamt þéttivatni frá kæliturnum var því um 3.039 þúsund tonn á árinu 2013.



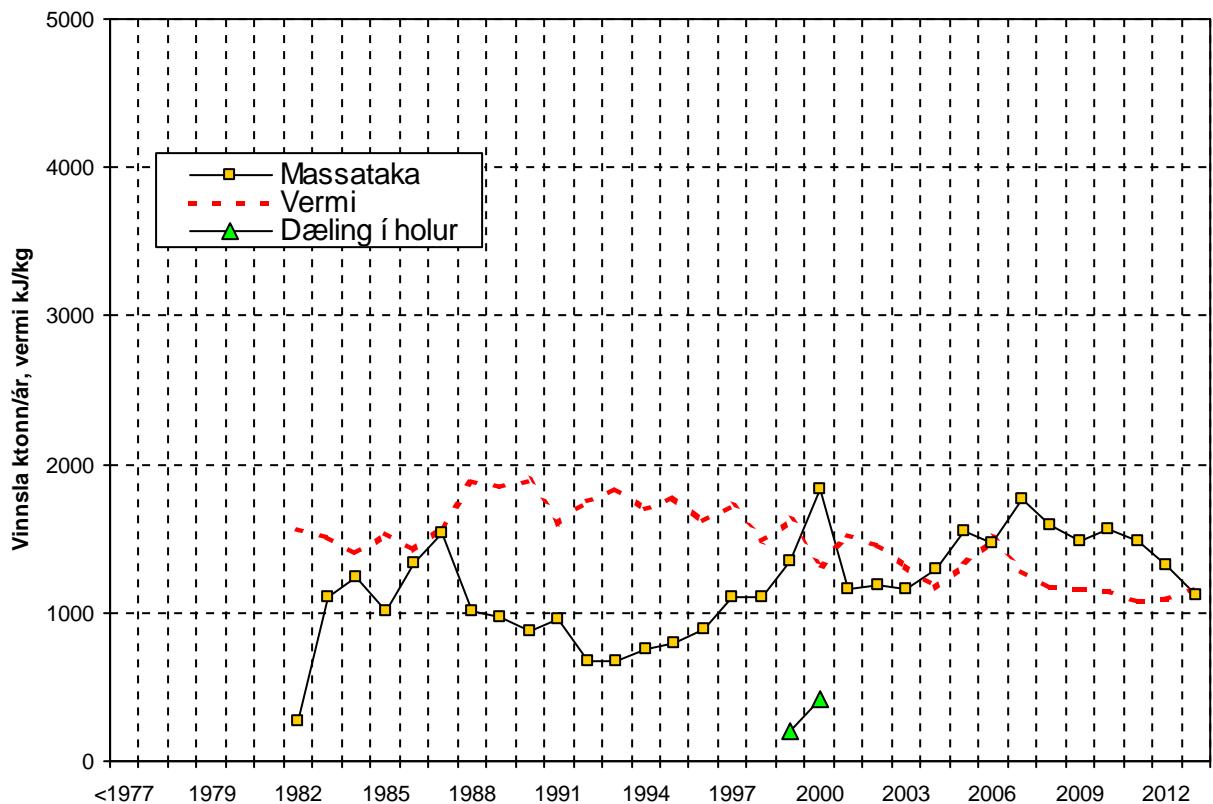
Mynd 24 Leirbotnar, grunnar holur. Árleg vinnsla og vermi.



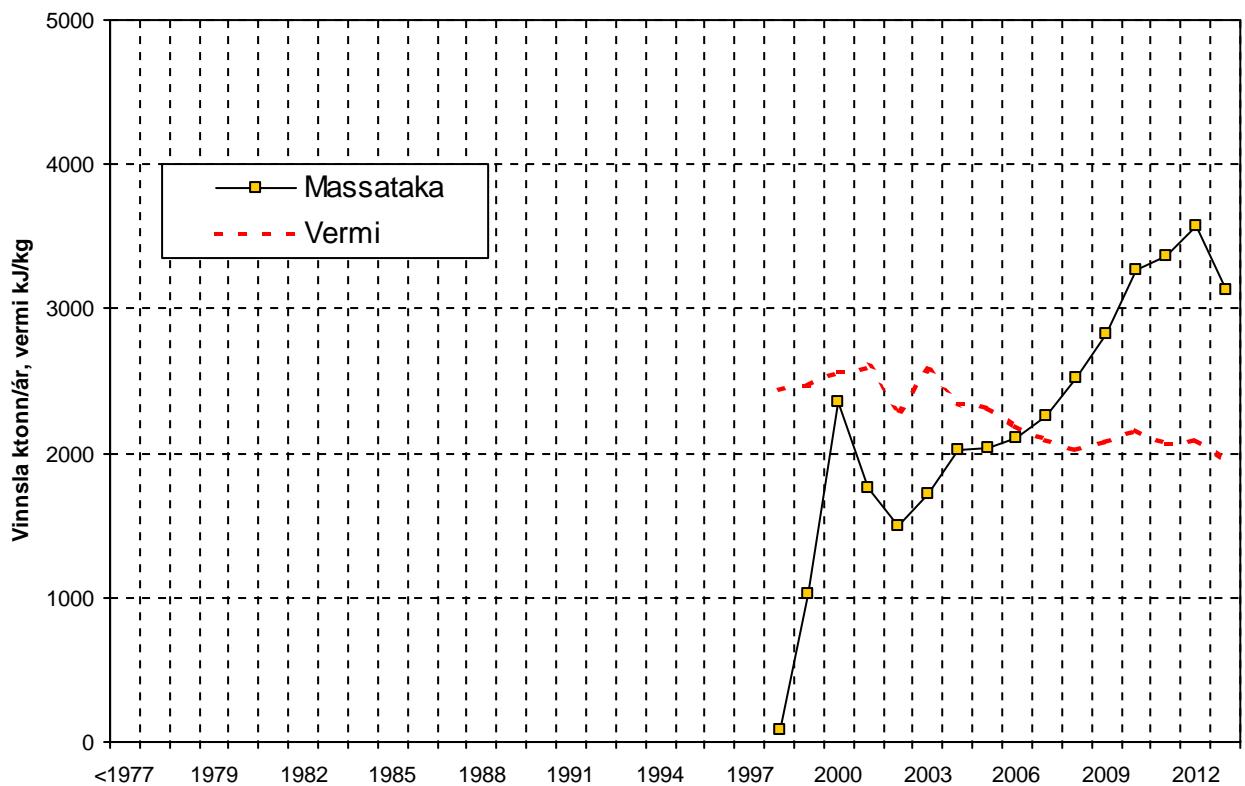
**Mynd 25** Leirbotnar, djúpar holur. Árleg vinnsla og vermi.



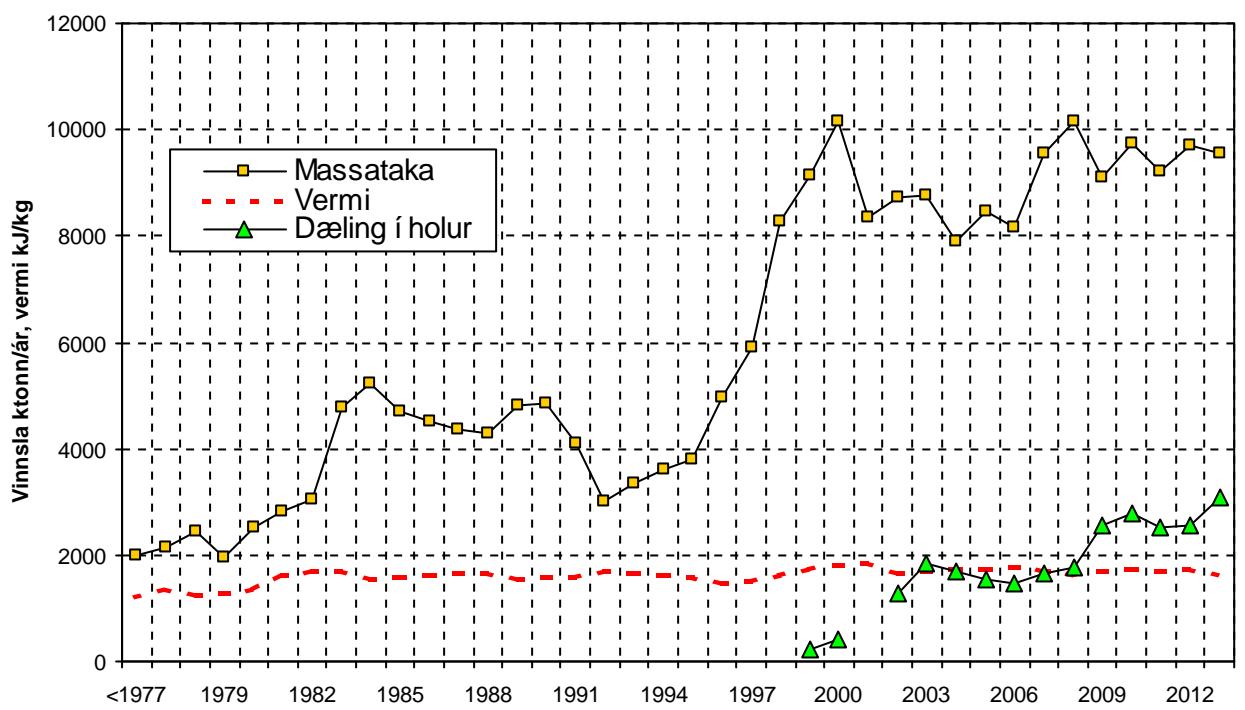
**Mynd 26** Suðurhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi.



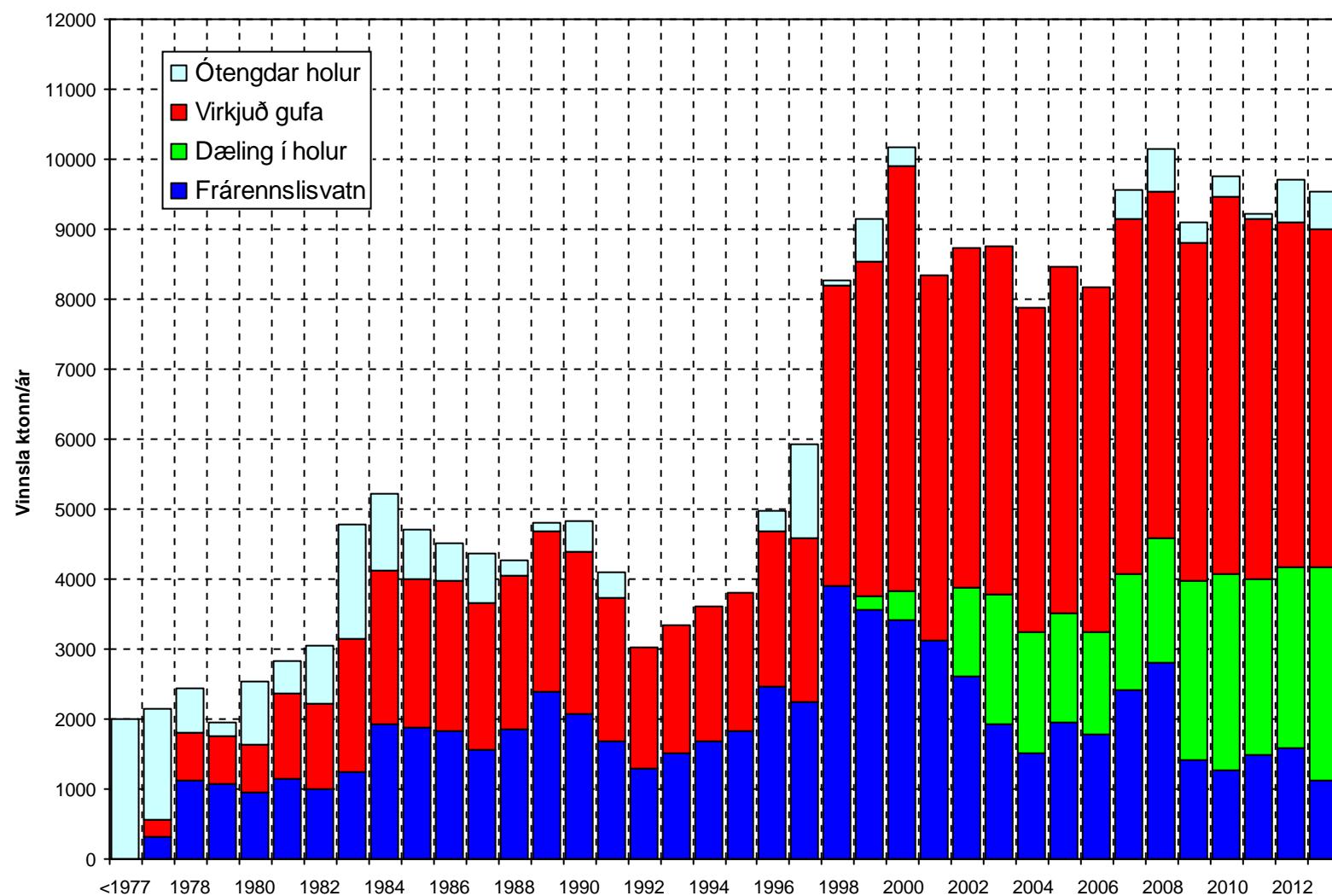
Mynd 27 Hvíthólaklif. Árleg vinnsla og vermi.



Mynd 28 Vesturhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi.



**Mynd 29 Kröflusvæði. Árleg vinnsla og vermi.**



Mynd 30 Kröflusvæði. Árleg gufuvinnsla og frárennsli.

## **2.3 EFNAMÆLINGAR**

### **2.3.1 Vatn og gufa úr borholum**

Niðurstöður efnagreininga á vatni og gufu úr borholum í Kröflu, sem safnað var 2013, eru varðveittar í gagnagrunni ViewData og eru aðgengilegar þeim sem til þess hafa leyfi.

Reiknaður efnastyrkur í gufu og vatni við skiljuþrýsting er sýndur í töflu 5. Fyrir lágvermisholurnar er miðað við 1,2 bar skiljuþrýsting og 7,0 bar þrýsting fyrir hávermisholur. Í töflunni kemur fram styrkur allra helstu efna sem og rennsli gufu og vatns í hverri holu.

Í töflu 6 er tekið saman yfirlit um gasstyrk í gufu ásamt gassamsetningu og hversu mikið gas streymir úr hverri holu og í töflu 7 er enn fremur sýndur reiknaður berghiti árið 2013.

Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýstigufu (Tafla 6), reiknast um 0,89 %, samanborið við 1,00 % árið 2012. Heildargasstreymi inn í stöðina minnkaði verulega og reiknast 1,11 kg/s samanborið við 1,28 kg/s í fyrra. Það er vegna minnkandi gufu og einnig minni gasstyrks í gufu.

Gas í holunum í Vesturhlíðum Kröflufjalls þ.e. KJ-34, KJ-36, og KJ-40 minnkaði en þær eru afkastamiklar og munar mikið um gasið úr þeim. Gas í öðrum holum breyttist lítið milli ára.

**Tafla 5 Kröflustöð. Styrkur efna í vatni og gufu borhola árið 2013**

| Nafn            | Tími       | Skilja      | Gufa         |             |             |             |             |            |            |              |             | Vatn        |             |            |              |             |            |              |              |             |             |             |              |             |       |
|-----------------|------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------|
|                 |            |             | Vermi        | Rennsli     | CO2         | H2S         | H2          | N2         | CH4        | Ar           | Rennsli     | pH          | CO2         | H2S        | SiO2         | Na          | K          | Ca           | Mg           | Fe          | Al          | F           | Cl           | SO4         | B     |
|                 |            |             | kJ/kg        | kg/s        | mg/kg       | mg/kg       | mg/kg       | mg/kg      | mg/kg      | mg/kg        | kg/s        |             | mg/kg       | mg/kg      | mg/kg        | mg/kg       | mg/kg      | mg/kg        | mg/kg        | mg/kg       | mg/kg       | mg/kg       | mg/kg        | mg/kg       | mg/kg |
| KG-05           | 2013-07-16 | 967         | 6,12         | 406         | 193         | 1,1         | 19,4        | 2,9        | 0,7        | 23,78        | 9,54        | 13,2        | 15,3        | 536        | 205,9        | 18,0        | 4,2        | 0,001        | 0,001        | 1,00        | 1,03        | 44,4        | 262,7        | 0,57        |       |
| KG-24           | 2013-07-16 | 976         | 6,03         | 683         | 194         | 0,3         | 22,6        | 4,0        | 0,9        | 22,87        | 9,56        | 23,6        | 16,4        | 583        | 221,2        | 17,5        | 3,4        | 0,001        | 0,001        | 0,83        | 0,78        | 46,2        | 268,1        | 0,60        |       |
| KJ-13           | 2013-07-04 | 1446        | 5,46         | 2660        | 674         | 31,8        | 4,6         | 1,7        | 0,3        | 9,94         | 9,17        | 46,7        | 45,4        | 523        | 236,8        | 27,1        | 3,7        | 0,001        | 0,001        | 1,26        | 1,21        | 39,8        | 290,1        | 0,98        |       |
| KJ-14           | 2013-07-11 | 2724        | 2,74         | 9090        | 1075        | 62,8        | 5,8         | 2,3        | 0,8        | 0,06         | 9,08        | 172,9       | 79,2        | 841        | 217,8        | 25,7        | 0,4        | 0,001        | 0,003        | 0,21        | 7,23        | 26,3        | 4,0          | 13,42       |       |
| KJ-16           | 2013-07-17 | 2660        | 1,33         | 19452       | 1310        | 74,8        | 9,0         | 10,4       | 0,7        | 0,07         | 8,34        | 122,2       | 31,1        | 868        | 171,1        | 29,0        | 0,7        | 0,001        | 0,001        | 1,02        | 1,42        | 120,1       | 8,8          | 1,50        |       |
| KJ-17           | 2013-07-17 | 2412        | 5,37         | 4738        | 833         | 40,0        | 19,5        | 7,5        | 0,8        | 1,13         | 9,07        | 70,1        | 47,6        | 1042       | 150,0        | 24,5        | 0,4        | 0,001        | 0,002        | 1,09        | 3,01        | 21,9        | 6,7          | 2,20        |       |
| KJ-19           | 2013-07-10 | 2728        | 2,84         | 11508       | 1153        | 63,0        | 7,2         | 2,2        | 0,1        | 0,06         | 9,11        | 356,8       | 138,7       | 263        | 249,4        | 28,7        | 0,2        | 0,002        | 0,01         | 0,26        | 7,72        | 40,9        | 11,0         | 13,25       |       |
| KJ-20           | 2013-07-10 | 2652        | 4,44         | 14438       | 1278        | 52,2        | 8,0         | 4,9        | 0,2        | 0,26         | 8,82        | 160,2       | 54,4        | 1109       | 299,5        | 40,9        | 1,5        | 0,002        | 0,002        | 0,54        | 2,12        | 259,0       | 27,4         | 3,62        |       |
| KJ-21           | 2013-07-04 | 1167        | 7,76         | 1933        | 335         | 6,3         | 32,4        | 13,6       | 1,3        | 27,84        | 9,23        | 36,1        | 24,1        | 592        | 189,3        | 25,5        | 1,5        | 0,001        | 0,003        | 1,47        | 1,04        | 152,1       | 63,1         | 0,75        |       |
| KJ-27           | 2013-07-04 | 1035        | 5,14         | 1383        | 298         | 4,2         | 26,8        | 4,4        | 1,0        | 28,36        | 9,32        | 30,4        | 25,0        | 540        | 232,0        | 31,0        | 3,6        | 0,001        | 0,005        | 1,47        | 1,09        | 40,4        | 278,6        | 0,59        |       |
| KJ-30           | 2013-07-09 | 2720        | 18,85        | 9750        | 1522        | 43,3        | 8,6         | 1,6        | 1,2        | 0,45         | 9,12        | 252,7       | 152,9       | 567        | 52,0         | 6,9         | 0,3        | 0,005        | 0,019        | 1,44        | 3,84        | 4,4         | 5,2          | 22,92       |       |
| KJ-31           | 2013-07-11 | 2787        | 1,00         | 5386        | 1005        | 47,3        | 4,2         | 1,6        | 0,2        | 0,00         |             |             |             |            |              |             |            |              |              |             |             |             |              |             |       |
| KJ-32           | 2013-07-16 | 1160        | 9,07         | 1453        | 629         | 15,0        | 6,6         | 1,6        | 0,2        | 33,23        | 9,59        | 60,7        | 100,2       | 756        | 259,8        | 30,5        | 3,6        | 0,001        | 0,001        | 1,49        | 1,18        | 41,3        | 322,4        | 0,61        |       |
| KJ-33           | 2013-07-11 | 2492        | 2,77         | 2998        | 1487        | 42,7        | 8,2         | 1,3        | 0,4        | 0,43         | 8,96        | 36,0        | 68,6        | 968        | 184,2        | 25,9        | 0,9        | 0,001        | 0,001        | 0,71        | 2,37        | 120,0       | 13,4         | 3,08        |       |
| KJ-34           | 2013-07-09 | 2654        | 18,42        | 6843        | 1337        | 41,8        | 20,1        | 1,8        | 0,4        | 1,08         | 8,57        | 48,2        | 35,5        | 822        | 215,1        | 30,8        | 2,7        | 0,01         | 0,051        | 0,82        | 2,19        | 220,0       | 75,0         | 6,55        |       |
| KJ-36           | 2013-07-09 | 2518        | 9,22         | 12252       | 2211        | 50,9        | 17,2        | 1,9        | 0,6        | 1,28         | 8,30        | 75,7        | 51,5        | 633        | 124,1        | 15,0        | 1,1        | 0,002        | 0,005        | 1,30        | 0,93        | 58,1        | 29,5         | 2,83        |       |
| KJ-37           | 2013-07-11 | 2299        | 0,93         | 7800        | 1100        | 63,4        | 4,9         | 2,5        | 0,4        | 0,27         | 8,87        | 85,9        | 46,5        | 686        | 140,6        | 15,7        | 0,5        | 0,001        | 0,003        | 0,67        | 0,79        | 32,3        | 28,4         | 2,65        |       |
| KT-40           | 2013-07-10 | 2727        | 17,84        | 16270       | 968         | 16,7        | 12,1        | 2,9        | 0,6        | 0,36         | 8,26        | 92,9        | 20,8        | 799        | 94,9         | 14,0        | 1,4        | 0,008        | 0,016        | 2,55        | 2,21        | 21,1        | 25,9         | 3,84        |       |
| <b>Samtölur</b> |            | <b>1611</b> | <b>125,3</b> | <b>7687</b> | <b>1046</b> | <b>30,8</b> | <b>14,8</b> | <b>3,4</b> | <b>0,7</b> | <b>151,5</b> | <b>9,40</b> | <b>37,6</b> | <b>41,0</b> | <b>611</b> | <b>222,1</b> | <b>25,2</b> | <b>3,2</b> | <b>0,001</b> | <b>0,003</b> | <b>1,28</b> | <b>1,09</b> | <b>64,3</b> | <b>236,3</b> | <b>0,82</b> |       |

**Tafla 6 Kröflustöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2013**

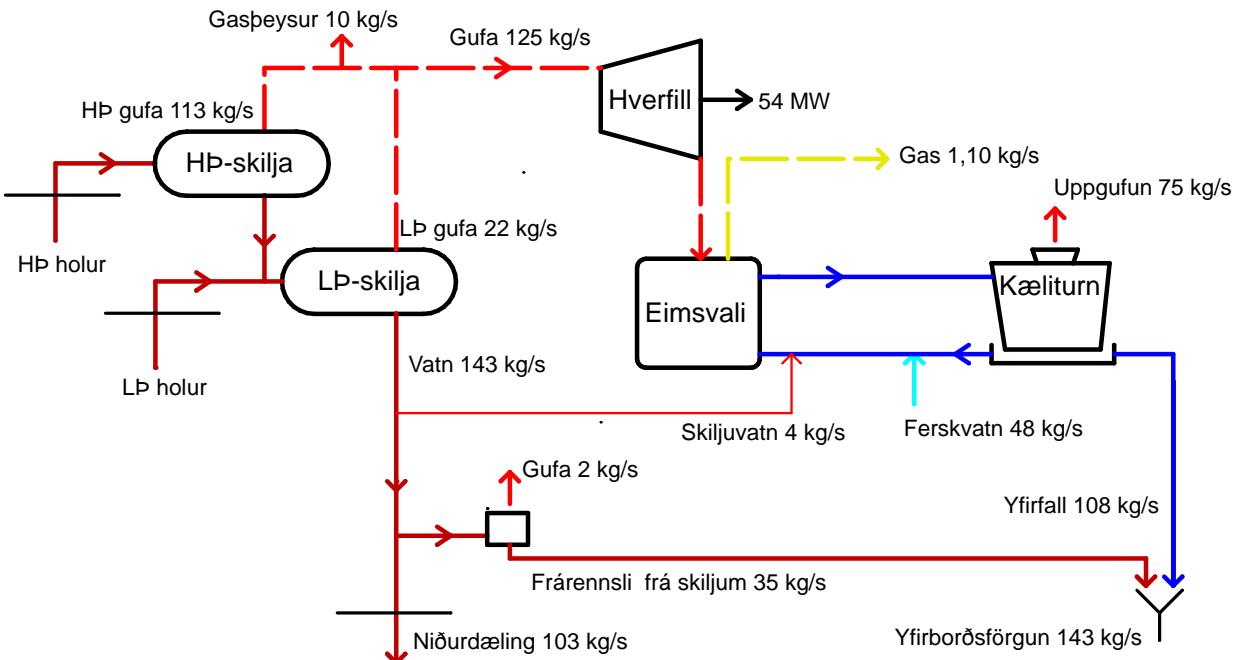
| <b>Staður</b>   | <b>Tími</b> | <b>Gufa</b>                   | <b>Gas</b>                |                               |                              |                        |                        |                       |                       |                        |                       |  |
|-----------------|-------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--|
|                 |             | <b>Rennsli</b><br><b>kg/s</b> | <b>Hlutf.</b><br><b>%</b> | <b>Rennsli</b><br><b>kg/s</b> | <b>Hlutf.</b><br><b>l/kg</b> | <b>CO2</b><br><b>%</b> | <b>H2S</b><br><b>%</b> | <b>H2</b><br><b>%</b> | <b>N2</b><br><b>%</b> | <b>CH4</b><br><b>%</b> | <b>Ar</b><br><b>%</b> |  |
| KG-05           | 2013-07-16  | 6,12                          | 0,06                      | 0,00                          | 0,40                         | 56,54                  | 34,73                  | 3,27                  | 4,24                  | 1,11                   | 0,11                  |  |
| KG-24           | 2013-07-16  | 6,03                          | 0,09                      | 0,01                          | 0,55                         | 69,13                  | 25,41                  | 0,64                  | 3,60                  | 1,12                   | 0,10                  |  |
| KJ-13           | 2013-07-04  | 5,46                          | 0,34                      | 0,02                          | 2,36                         | 62,78                  | 20,54                  | 16,39                 | 0,17                  | 0,11                   | 0,01                  |  |
| KJ-14           | 2013-07-11  | 2,74                          | 1,02                      | 0,03                          | 6,60                         | 76,61                  | 11,70                  | 11,56                 | 0,08                  | 0,05                   | 0,01                  |  |
| KJ-16           | 2013-07-17  | 1,33                          | 2,09                      | 0,03                          | 12,69                        | 85,24                  | 7,42                   | 7,15                  | 0,06                  | 0,13                   | 0,00                  |  |
| KJ-17           | 2013-07-17  | 5,37                          | 0,56                      | 0,03                          | 3,75                         | 70,31                  | 15,96                  | 12,95                 | 0,46                  | 0,31                   | 0,01                  |  |
| KJ-19           | 2013-07-10  | 2,84                          | 1,27                      | 0,04                          | 8,00                         | 79,98                  | 10,35                  | 9,55                  | 0,08                  | 0,04                   | 0,00                  |  |
| KJ-20           | 2013-07-10  | 4,44                          | 1,58                      | 0,07                          | 9,59                         | 83,68                  | 9,57                   | 6,60                  | 0,07                  | 0,08                   | 0,00                  |  |
| KJ-21           | 2013-07-04  | 7,76                          | 0,23                      | 0,02                          | 1,44                         | 74,55                  | 16,70                  | 5,28                  | 1,97                  | 1,44                   | 0,06                  |  |
| KJ-27           | 2013-07-04  | 5,14                          | 0,17                      | 0,01                          | 1,06                         | 72,22                  | 20,09                  | 4,81                  | 2,20                  | 0,64                   | 0,06                  |  |
| KJ-30           | 2013-07-09  | 18,85                         | 1,13                      | 0,21                          | 7,05                         | 76,90                  | 15,50                  | 7,45                  | 0,11                  | 0,04                   | 0,01                  |  |
| KJ-31           | 2013-07-11  | 1,00                          | 0,64                      | 0,01                          | 4,30                         | 69,70                  | 16,79                  | 13,37                 | 0,09                  | 0,06                   | 0,00                  |  |
| KJ-32           | 2013-07-16  | 9,07                          | 0,21                      | 0,02                          | 1,45                         | 55,71                  | 31,14                  | 12,57                 | 0,40                  | 0,17                   | 0,01                  |  |
| KJ-33           | 2013-07-11  | 2,77                          | 0,45                      | 0,01                          | 3,26                         | 51,09                  | 32,72                  | 15,90                 | 0,22                  | 0,06                   | 0,01                  |  |
| KJ-34           | 2013-07-09  | 18,42                         | 0,82                      | 0,15                          | 5,29                         | 71,89                  | 18,14                  | 9,58                  | 0,33                  | 0,05                   | 0,00                  |  |
| KJ-36           | 2013-07-09  | 9,22                          | 1,45                      | 0,13                          | 9,03                         | 75,39                  | 17,57                  | 6,84                  | 0,17                  | 0,03                   | 0,00                  |  |
| KJ-37           | 2013-07-11  | 0,93                          | 0,9                       | 0,01                          | 5,90                         | 73,45                  | 13,38                  | 13,03                 | 0,07                  | 0,07                   | 0,00                  |  |
| KT-40           | 2013-07-10  | 17,84                         | 1,73                      | 0,31                          | 9,96                         | 90,83                  | 6,98                   | 2,04                  | 0,11                  | 0,04                   | 0,00                  |  |
| <b>Samtölur</b> |             | <b>125,3</b>                  | <b>0,89</b>               | <b>1,11</b>                   | <b>5,42</b>                  | <b>79,40</b>           | <b>13,52</b>           | <b>6,74</b>           | <b>0,24</b>           | <b>0,10</b>            | <b>0,01</b>           |  |

**Tafla 7 Kröflustöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2013**

| <b>Nafn</b>     | <b>Tími</b> | <b>Vermi</b><br><b>kJ/kg</b> | <b>tSiO2q</b><br><b>°C</b> | <b>tNa/K</b><br><b>°C</b> | <b>tCO2</b><br><b>°C</b> | <b>tH2/H2S</b><br><b>°C</b> |
|-----------------|-------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| KG-05           | 2013-07-16  | 967                          | 240                        | 195                       | 125                      | 264                         |
| KG-24           | 2013-07-16  | 976                          | 246                        | 185                       | 166                      | 241                         |
| KJ-13           | 2013-07-04  | 1446                         | 244                        | 224                       | 244                      | 298                         |
| KJ-14           | 2013-07-11  | 2724                         | 246                        | 228                       | 280                      | 301                         |
| KJ-16           | 2013-07-17  | 2660                         |                            | 267                       | 293                      | 301                         |
| KJ-17           | 2013-07-17  | 2412                         |                            | 263                       | 264                      | 298                         |
| KJ-19           | 2013-07-10  | 2728                         | 186                        | 225                       | 284                      | 300                         |
| KJ-20           | 2013-07-10  | 2652                         |                            | 244                       | 288                      | 298                         |
| KJ-21           | 2013-07-04  | 1167                         | 254                        | 242                       | 226                      | 284                         |
| KJ-27           | 2013-07-04  | 1035                         | 247                        | 241                       | 195                      | 279                         |
| KJ-30           | 2013-07-09  | 2720                         | 220                        | 240                       | 281                      | 291                         |
| KJ-31           | 2013-07-11  | 2787                         |                            | 318                       | 268                      | 298                         |
| KJ-32           | 2013-07-16  | 1160                         | 276                        | 227                       | 210                      | 288                         |
| KJ-33           | 2013-07-11  | 2492                         |                            | 247                       | 251                      | 292                         |
| KJ-34           | 2013-07-09  | 2654                         | 274                        | 249                       | 273                      | 293                         |
| KJ-36           | 2013-07-09  | 2518                         | 253                        | 230                       | 285                      | 288                         |
| KJ-37           | 2013-07-11  | 2299                         | 264                        | 222                       | 276                      | 301                         |
| KT-40           | 2013-07-10  | 2727                         | 239                        | 252                       | 290                      | 283                         |
| <b>Samtölur</b> |             | <b>1611</b>                  | <b>246</b>                 | <b>241</b>                | <b>250</b>               | <b>289</b>                  |

### 2.3.2 Frárennsli frá Kröflustöð

Á mynd 31 er sýnt flæðirit fyrir Kröflustöð þegar sýnum af frárennsli var safnað til efnagreininga.



Mynd 31 Flæðirit fyrir Kröflustöð í ágúst 2013

Frárennsli frá LP-skiljum í skiljustöðinni í Leirbotnum reiknast um 143 kg/s út frá afkastamælingum borhola. Um 4 kg/s var notað til sýrustigsstýringar í kæliturnum, 80 kg/s var dælt í holu KG-26 og um 23 kg/s í KJ-39 en það sem umfram var rann niður Hlíðardalinn. Við skiljuvatnið bættist vatn úr kæliturnum blandað ferskvatni. Útrennsli frá kæliturnum var mælt og áætlað um 108 l/s. Samkvæmt því streymdu 143 l/s af vatni frá stöðinni og niður Hlíðardalslæk þegar sýnum af frárennsli var safnað.

Teknar voru saman gasmælingar á einstökum holum og árleg gasupptekt úr hverri holu var reiknuð. Þær tölur voru síðan lagðar saman til þess fá út heildargaslosun vegna jarðhitavinnslunnar þ.e. bæði gaslosun vegna orkuvinnslunnar og vegna rannsóknaboranna á árinu 2013. Niðurstöður eru birtar í Viðauka 1.

Gas 1,10 kg/s er losað til andrúmslofts um gasþípu fyrir ofan kæliturnana. Losun koldíoxíðs var 31.681 tonn á árinu 2013 en orkuframleiðslan var 1708 TJ og reiknast koldíoxíðlosunin því vera um 67 g/kWh. Losun brennisteinsvetnis til andrúmslofts var 4.323 tonn sem eru 9,1 g/kWh..

Á myndum 32 og 33 er sýnd árleg losun CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S vegna orkuvinnslunnar og rannsóknaborana frá upphafi vinnslu.

Sýnum var safnað úr frárennsislislæk skiljustöðvar í Leirbotnum sem og frárennsislislæk kæliturna. Einnig var safnað tveimur sýnum úr Hlíðardalslæk eftir að rennsli úr kæliturnum og skiljustöð hefur blandast þ.e. úr V-yfirfalli og einnig þar sem lækurinn rennur undir Austurlandsveg. Niðurstöður efnagreininga eru í töflu 8.

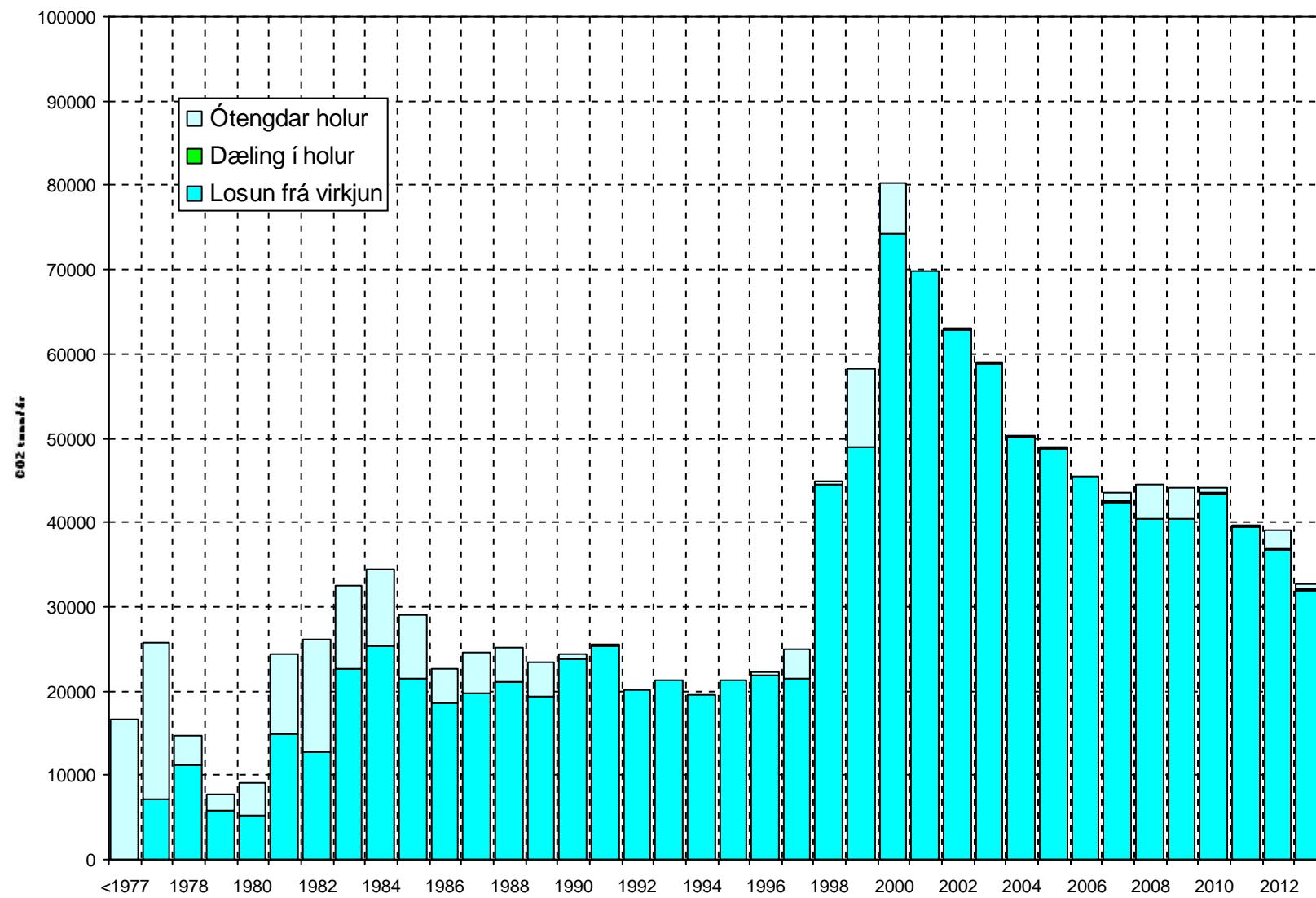
Mældur var styrkur mengunarefna í borholna- og yfirborðssýnum og eru niðurstöður birtar í töflum 9 og 10. Til samanburðar er birt tafla 11 sem notuð er til að flokka yfirborðsvatn m.t.t. mengandi efna samkvæmt *Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 með síðari breytingum* og *Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns nr.*

797/1999 með síðari breytingum (Umhverfisráðuneytið 1999). Þau gildi sem eru hærri en mörk fyrir fyrsta flokk skv. reglugerð nr. 796/1999 eru feitletruð í töflum 9 og 10.

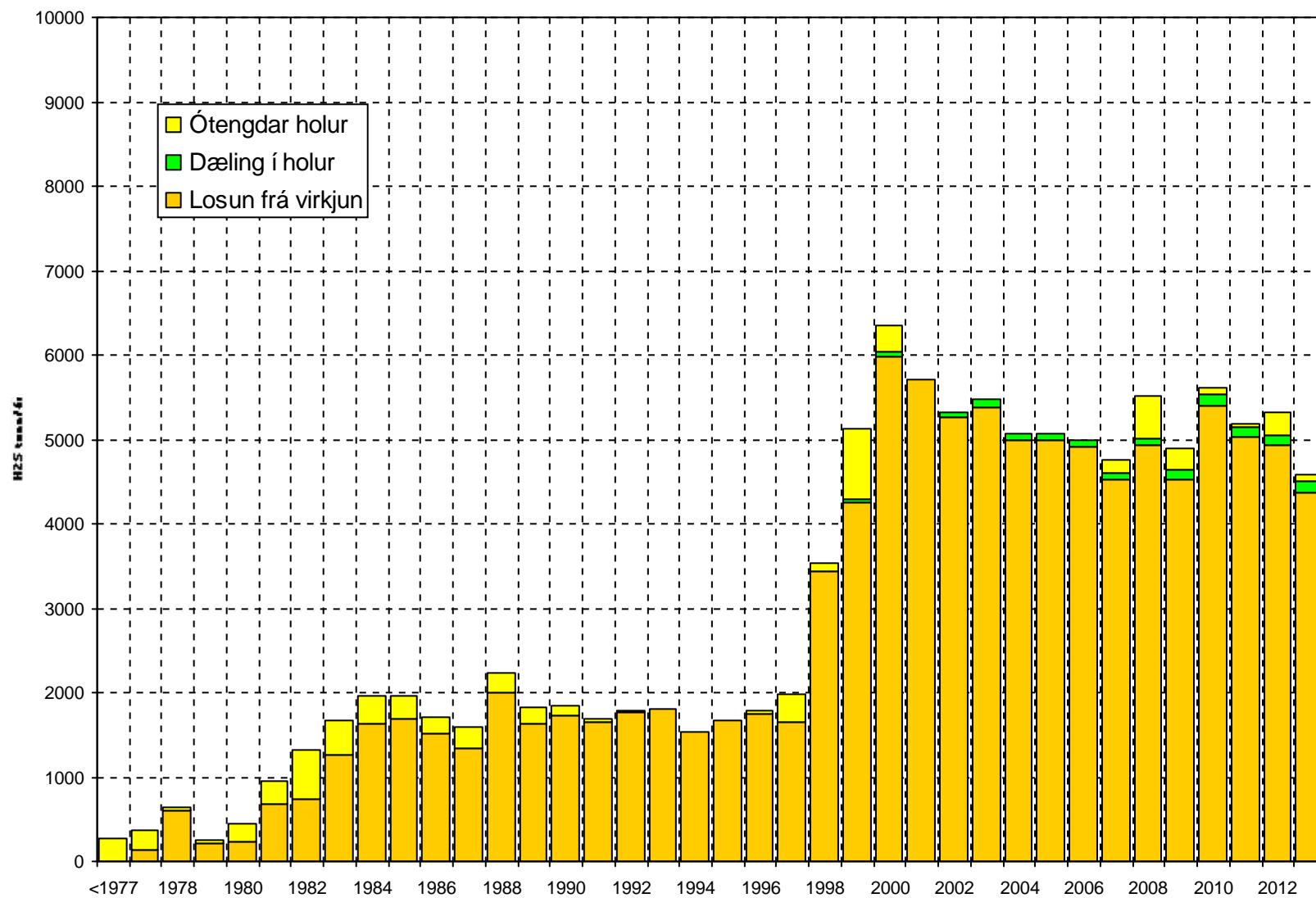
Styrkur arsens (As) í frárennslisvatninu fer yfir mörk fyrir III. flokk sem þýðir að áhrifa sé að vænta á viðkvæmt lífríki og við skiljustöð yfir mörk fyrir IV. flokk sem þýðir að áhrifa sé að vænta.

Króm (Cr) fer yfir mörk í vatni frá kæliturnum. Það er vegna tæringar vélbúnaðar.

Heildarlosun mengunarefna frá Kröflu árið 2013 var reiknuð út frá þessum greiningum og heildar losun vatns til yfirborðs og í niðurdælingarholur. Þetta er tekið saman í töflu 12.



Mynd 32 Kröflusvæði. Árleg losun koldíoxiðs (CO<sub>2</sub>).



Mynd 33 Kröflusvæði. Árleg losun brennisteinsvætnis (H2S).

**Tafla 8 Kröflustöð. Frárennslissýni árið 2013.**

| Nafn               | Tími       | Hitastig | pH   | CO2   | H2S   | SiO2  | Na    | K     | Ca    | Mg    | Fe    | Al    | F     | Cl    | SO4   | B     | Rafleiðni | SS    |
|--------------------|------------|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
|                    |            | °C       |      | mg/kg | µS/cm     | mg/kg |
| <b>Niðurdæling</b> |            |          |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |
| LÞ vatn            | 2013-07-15 | 127      | 9,26 | 43    | 30,1  | 557   | 232   | 22,2  | 3,49  | 0,001 | 0,001 | 1,32  | 1,17  | 70,8  | 252   | 0,89  | 1177      | 1,7   |
| <b>Frárennsli</b>  |            |          |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |
| Skiljustöð         | 2013-07-15 | 64,5     | 9,44 | 53    | 6,8   | 617   | 243   | 23,2  | 3,56  | 0,004 | 0,017 | 1,83  | 1,5   | 64,2  | 240   | 0,84  | 1204      | 4,8   |
| Kæliturnar         | 2013-07-15 | 45,3     | 6,00 | 127   | 20,6  | 63    | 26    | 2,4   | 52    | 18,1  | 0,1   | 0,1   | 0,13  | 10,4  | 181   | 0,09  | 540       | 8,7   |
| V-yfirfall         | 2013-07-15 | 34,9     | 8,86 | 85    | 1,0   | 223   | 93,8  | 8,9   | 42    | 12,64 | 0,061 | 0,552 | 0,53  | 27,5  | 213   | 0,34  | 754       | 5,4   |
| Austurlandsvegur   | 2013-07-15 | 20,6     | 8,40 | 93    |       | 185   | 80,4  | 7,4   | 38,2  | 11,34 | 0,071 | 0,374 | 0,43  | 23,2  | 191   | 0,28  | 675       | 8,1   |

**Tafla 9 Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Kröflu 2013.**

| Nafn  | Tími       | Hg<br>µg/kg | Zn<br>µg/kg | Cu<br>µg/kg | Cr<br>µg/kg | Ni<br>µg/kg | Cd<br>µg/kg | Pb<br>µg/kg | As<br>µg/kg | P<br>mg/kg |
|-------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| KG-05 | 2013-07-16 | 0,01        | 0,24        | <0,1        | 0,01        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 2,78        | <0,001     |
| KG-24 | 2013-07-16 | <0,002      | 0,33        | <0,1        | <0,01       | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 0,59        | <0,001     |
| KJ-13 | 2013-07-04 | <0,02       | 0,27        | <0,1        | 0,05        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 3,54        | <0,001     |
| KJ-14 | 2013-07-11 | 0,03        | 0,52        | 0,13        | <0,01       | 0,06        | <0,002      | <0,01       | 11,26       | <0,001     |
| KJ-16 | 2013-07-17 | <0,02       | 0,44        | <0,1        | <0,01       | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 17,45       | <0,001     |
| KJ-17 | 2013-07-17 | <0,02       | 0,48        | 0,33        | 0,12        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 0,06        | <0,001     |
| KJ-19 | 2013-07-10 | 0,03        | 0,89        | 0,14        | 0,42        | 0,22        | <0,002      | <0,01       | 18,98       | 0,002      |
| KJ-20 | 2013-07-10 | <0,02       | 0,72        | 0,12        | 0,02        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 9,55        | 0,002      |
| KJ-21 | 2013-07-04 | <0,002      | 0,36        | <0,1        | 0,02        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 3,68        | <0,001     |
| KJ-27 | 2013-07-04 | <0,002      | 0,31        | <0,1        | 0,05        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 3,60        | <0,001     |
| KJ-30 | 2013-07-09 | 0,01        | 1,07        | 0,13        | 0,17        | 0,10        | <0,002      | <0,01       | 68,51       | <0,001     |
| KJ-31 | 2013-07-11 | 0,10        | 0,28        | <0,1        | 0,09        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 1,03        | <0,001     |
| KJ-32 | 2013-07-16 | <0,02       | 0,29        | <0,1        | <0,01       | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 4,96        | <0,001     |
| KJ-33 | 2013-07-11 | <0,02       | 0,54        | <0,1        | 0,02        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 5,94        | 0,005      |
| KJ-34 | 2013-07-09 | <0,002      | 0,62        | 0,22        | 0,22        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 15,33       | 0,004      |
| KJ-36 | 2013-07-09 | <0,02       | 0,41        | 0,18        | 0,22        | 0,17        | <0,002      | <0,01       | 9,89        | <0,001     |
| KJ-37 | 2013-07-11 | <0,02       | 0,52        | <0,1        | 0,10        | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 7,68        | <0,001     |

**Tafla 10 Styrkur mengunarefna í yfirborðsvatni í Kröflu 2013.**

| Nafn            | Tími       | Hg<br>µg/kg | Zn<br>µg/kg | Cu<br>µg/kg | Cr<br>µg/kg | Ni<br>µg/kg | Cd<br>µg/kg | Pb<br>µg/kg | As<br>µg/kg | P<br>mg/kg |
|-----------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Ídælingarvatn   | 2013-07-15 | <0,002      | 0,2         | 0,14        | 0,01        | 0,05        | <0,002      | <0,01       | 1,57        | <0,001     |
| Frá skiljustöð  | 2013-07-15 | <0,002      | 0,54        | <0,1        | 0,05        | 0,14        | <0,002      | <0,01       | 26,9        | 0,002      |
| Frá kæliturnum  | 2013-07-15 | 0,02        | 1,02        | <0,1        | 1,27        | 0,74        | <0,002      | <0,01       | 2,14        | 0,003      |
| V-yfirfall      | 2013-07-15 | 0,03        | 0,83        | 0,17        | 0,72        | 0,93        | <0,002      | 0,02        | 14,2        | 0,003      |
| Hlíðardalslækur | 2013-07-15 | 0,01        | 0,66        | 0,23        | 0,59        | 1,23        | <0,002      | <0,01       | 12,9        | 0,005      |

Feitletruð gildi eru yfir viðmiðunarmörkum (sjá töflu 11).

**Tafla 11 Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki.**

|               | Hg<br>µg/kg | Zn<br>µg/kg | Cu<br>µg/kg | Cr<br>µg/kg | Ni<br>µg/kg | Cd<br>µg/kg | Pb<br>µg/kg | As<br>µg/kg | P<br>mg/kg |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Flokkur I <   |             | 5           | 0,5         | 0,3         | 0,7         | 0,01        | 0,2         | 0,4         | 0,02       |
| Flokkur II <  |             | 20          | 3           | 5           | 1,5         | 0,1         | 1           | 5           | 0,04       |
| Flokkur III < |             | 60          | 9           | 15          | 4,5         | 0,3         | 3           | 15          | 0,09       |
| Flokkur IV <  |             | 300         | 45          | 75          | 22,5        | 1,5         | 15          | 75          | 0,15       |
| Flokkur V >   | 1           | 300         | 45          | 75          | 22,5        | 1,5         | 15          | 75          | 0,15       |

Umhverfismörk I: Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum.

Umhverfismörk II: Lítil hætta á áhrifum.

Umhverfismörk III: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki.

Umhverfismörk IV: Áhrifa að vænta.

Umhverfismörk V: Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði.

(Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns nr. 796/1999 með síðari breytingum og Reglugerð um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kvikasilfri í yfirborðsvatn nr. 800/1999)

**Tafla 12 Heildarlosun mengunarefna frá Kröflu árið 2013**

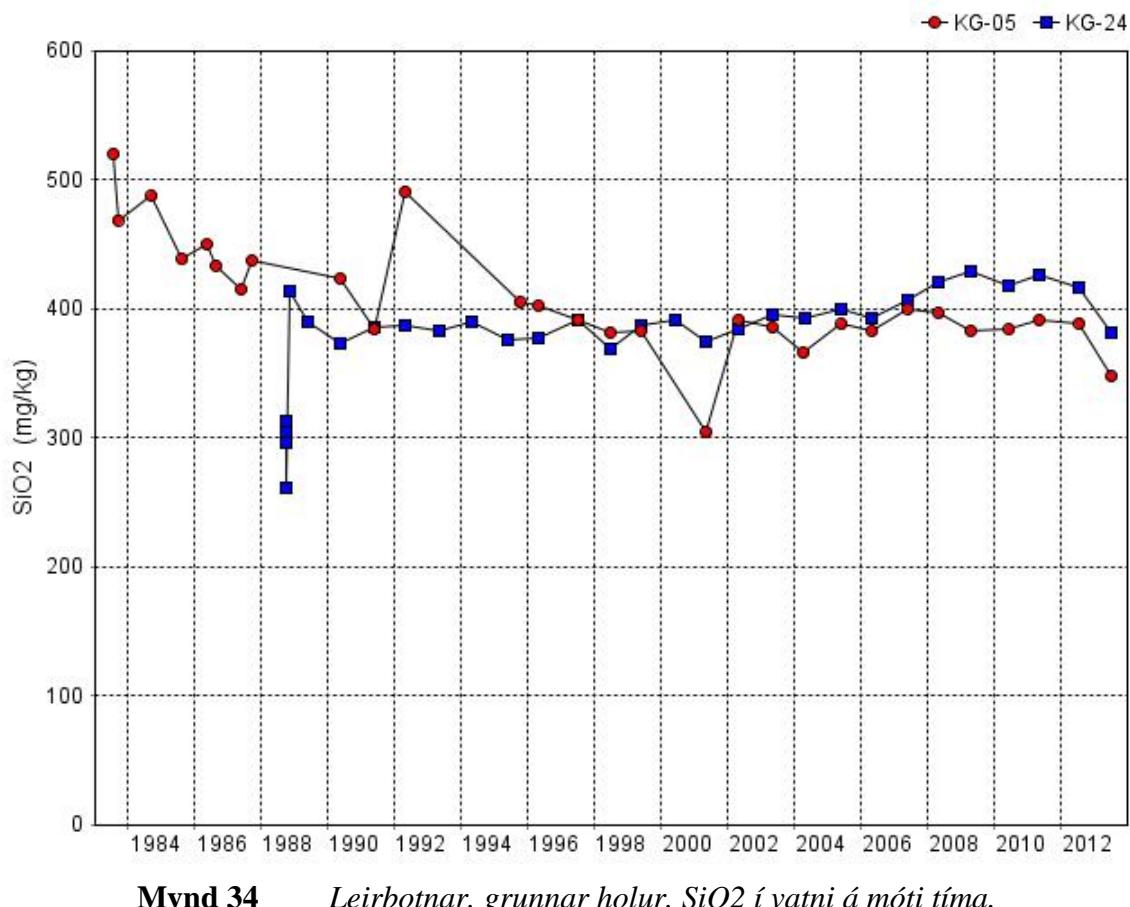
| Krafla 2013                          |      | Heildar-upptekt | Orkuframleiðsla - losun |           |             | Rannsóknir |
|--------------------------------------|------|-----------------|-------------------------|-----------|-------------|------------|
|                                      |      |                 | Niðurdæling             | Yfirborð  | Andrúmsloft | Útblástur  |
| Skiljuvatn                           | tonn | 4.181.512       | 3.067.000               | 1.114.512 | 0           | 0          |
| Gufa / þéttivatn                     | tonn | 5.359.488       | 0                       | 1.923.928 | 2.885.892   | 549.668    |
| Samtals                              | tonn | 9.541.000       | 3.067.000               | 3.038.440 | 2.885.892   | 549.668    |
|                                      |      |                 |                         |           |             |            |
| Koldíoxíð (CO <sub>2</sub> )         | tonn | 32.737          | 127                     | 303       | 31.681      | 626        |
| Metan (CH <sub>4</sub> )             | tonn | 10              | 0                       | 0         | 10          | 0          |
| Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S) | tonn | 4.584           | 144                     | 47        | 4.323       | 69         |
|                                      |      |                 |                         |           |             |            |
| Kvikasilfur (Hg)                     | kg   | 0               | 0                       | 0         | 0           | 0          |
| Kopar (Cu)                           | kg   | 1               | 0                       | 0         | 0           | 0          |
| Sink (Zn)                            | kg   | 1               | 1                       | 3         | 0           | 0          |
| Kadmíum (Cd)                         | kg   | 0               | 0                       | 0         | 0           | 0          |
| Blý (Pb)                             | kg   | 0               | 0                       | 0         | 0           | 0          |
| Króm (Cr)                            | kg   | 0               | 0                       | 3         | 0           | 0          |
| Nikkel (Ni)                          | kg   | 0               | 0                       | 2         | 0           | 0          |
| Arsen (As)                           | kg   | 7               | 5                       | 34        | 0           | 0          |
| Fosfór (P)                           | kg   | 4               | 3                       | 8         | 0           | 0          |

### 2.3.3 Efnabreytingar í holum

#### Leirbotnar - Efnabreytingar í grunnum holum

Safnað var sýnum til efnagreininga úr tveimur grunnu holum í Leirbotnum þ.e. KG-5, og KG-24 sem voru í vinnslu. Holar KJ-9 og KJ-28 voru lokaðar.

Styrkur steinefna hefur ekki breyst mikið milli ára í holum KG-05 og KG-24 og virðist jarðhitakerfið í jafnvægi. Kísilstyrkur í vatni minnkaði þó milli ára (mynd 34).



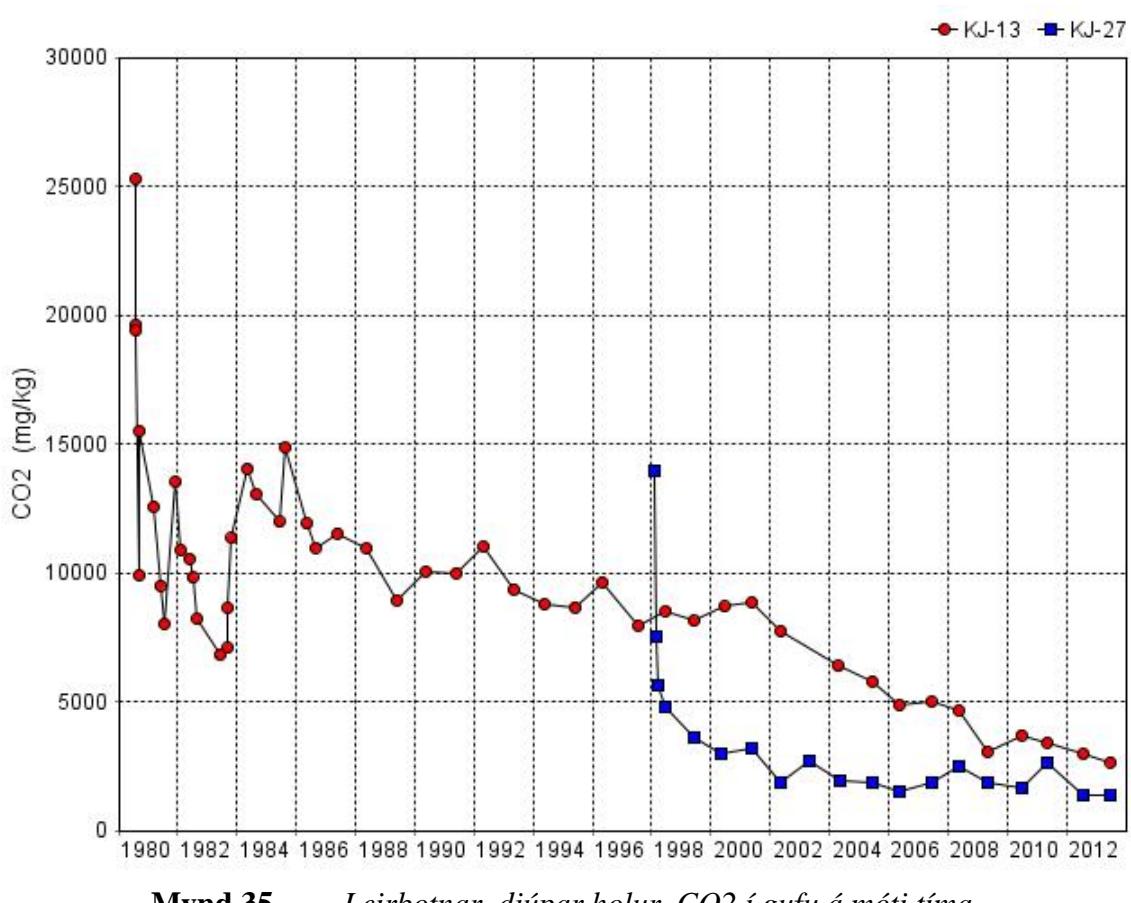
**Mynd 34** Leirbotnar, grunnar holur,  $SiO_2$  í vatni á móti tíma.

## Leirbotnar - Efnabreytingar í djúpum holum

Safnað var sýnum úr tveimur holum, KJ-13 og KJ-27, sem vinna úr dýpri hluta kerfisins í Leirbotnum. Holur KJ-11, KG-12, KJ-15 og KJ-29 voru lokaðar og dælt var í holu KJ-26.

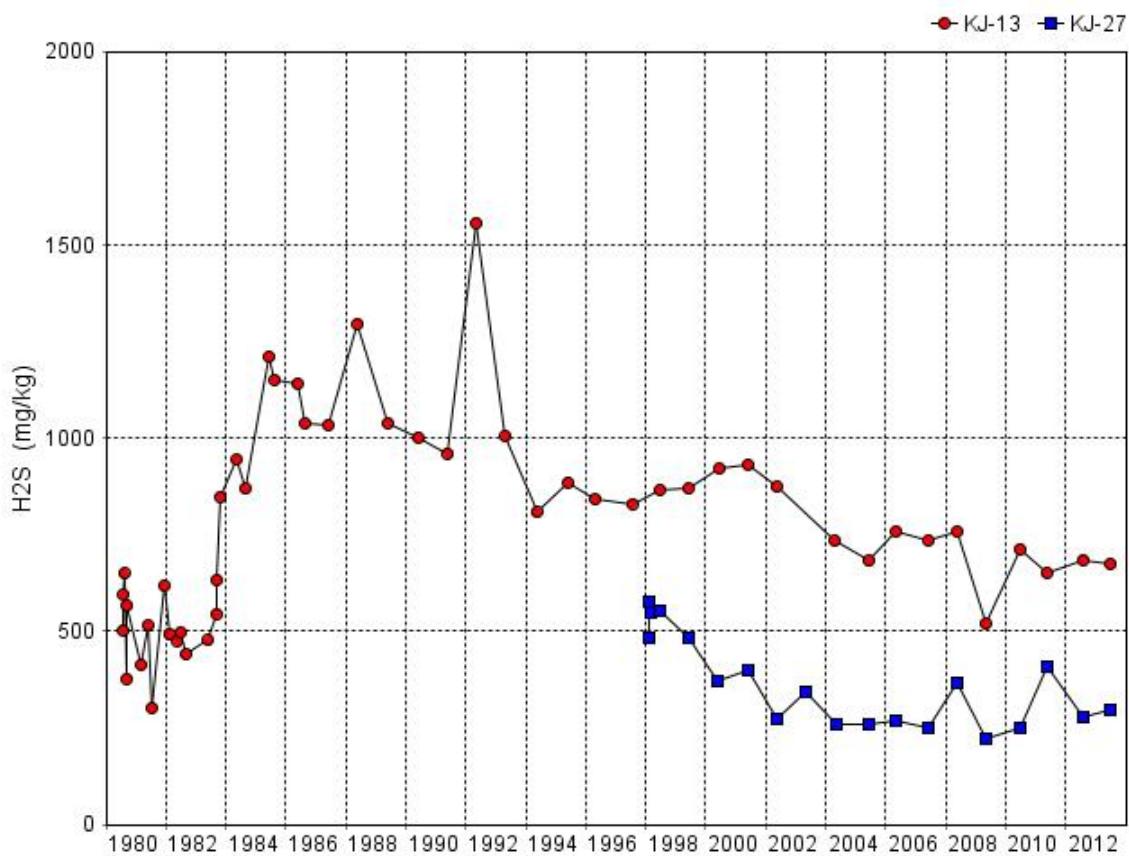
Á undanförnum árum hafa orðið breytingar á styrk gastegunda og steinefna í holunum eins og sýnt er á myndum 35 til 39. Þetta hefur gerst samfara auknu vatnsrennsli úr holunum (sjá mynd 17).

Gasstyrkur í gufu úr holu KJ-13 hefur minnkað jafnt og þért frá því hún var boruð og minnkar enn.

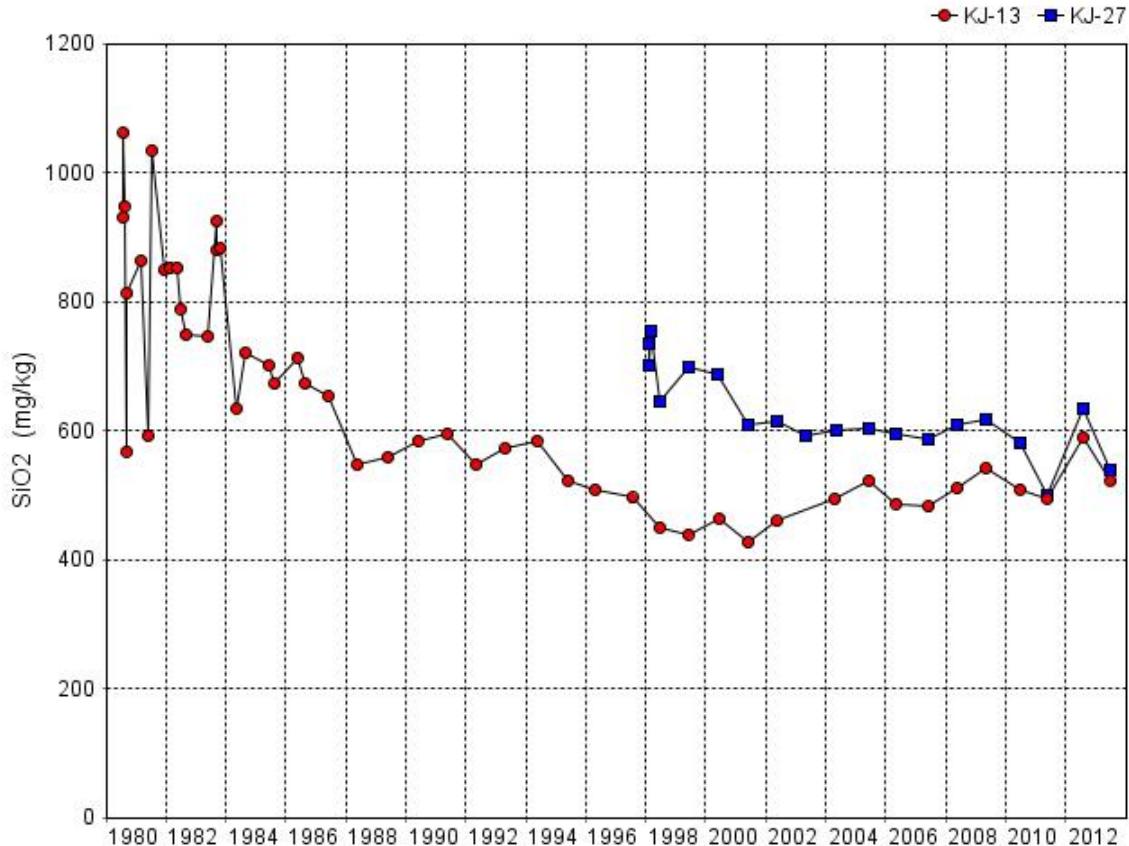


**Mynd 35**

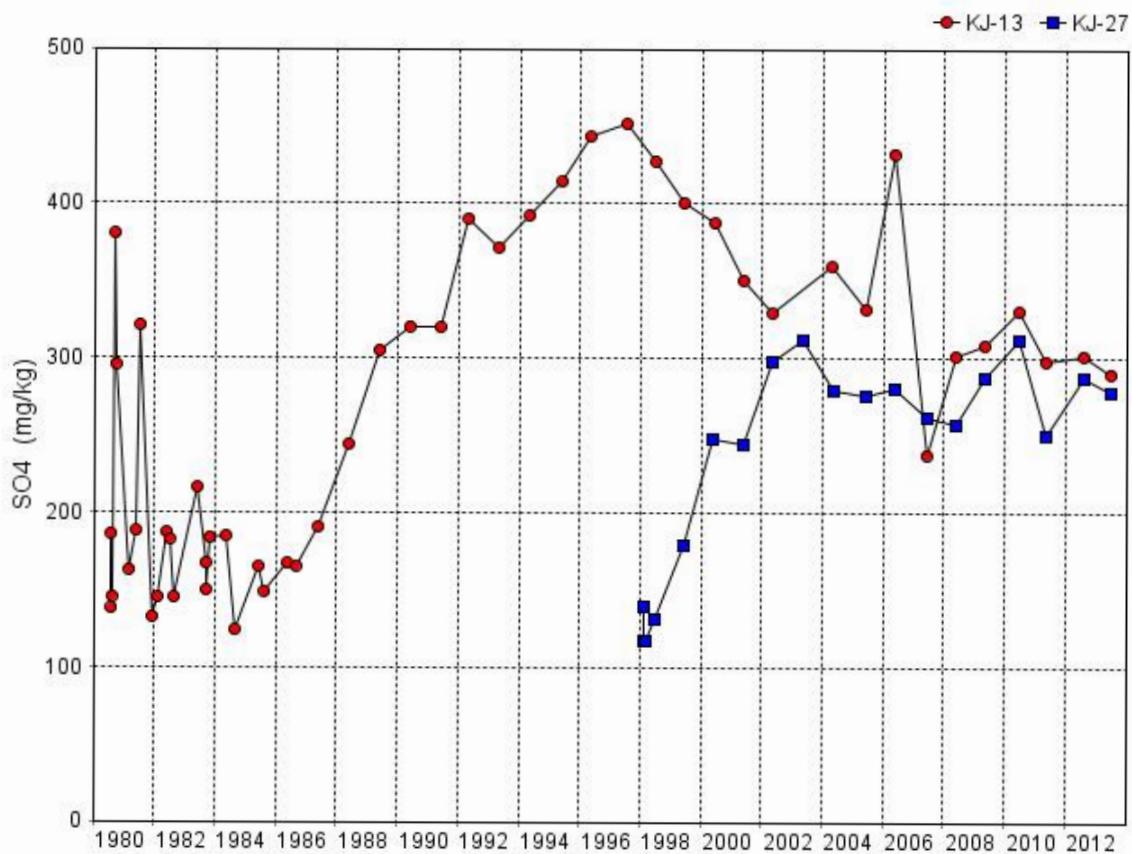
Leirbotnar, djúpar holur, CO<sub>2</sub> í gufu á móti tíma.



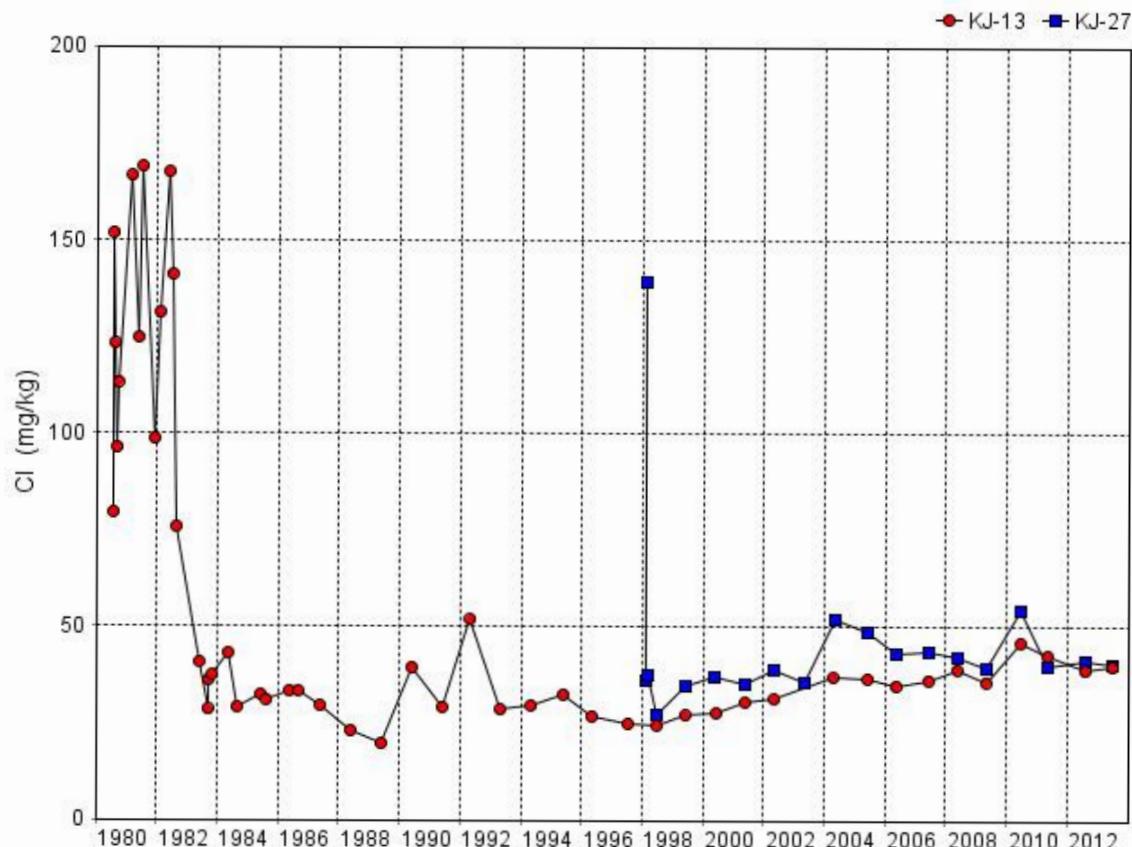
**Mynd 36** Leirbotnar, djúpar holur, H<sub>2</sub>S í gufu á móti tíma.



**Mynd 37** Leirbotnar, djúpar holur, SiO<sub>2</sub> í vatni á móti tíma.



**Mynd 38** Leirbotnar, djúpar holur, SO<sub>4</sub> í vatni á móti tíma.



**Mynd 39** Leirbotnar, djúpar holur, Cl í vatni á móti tíma.

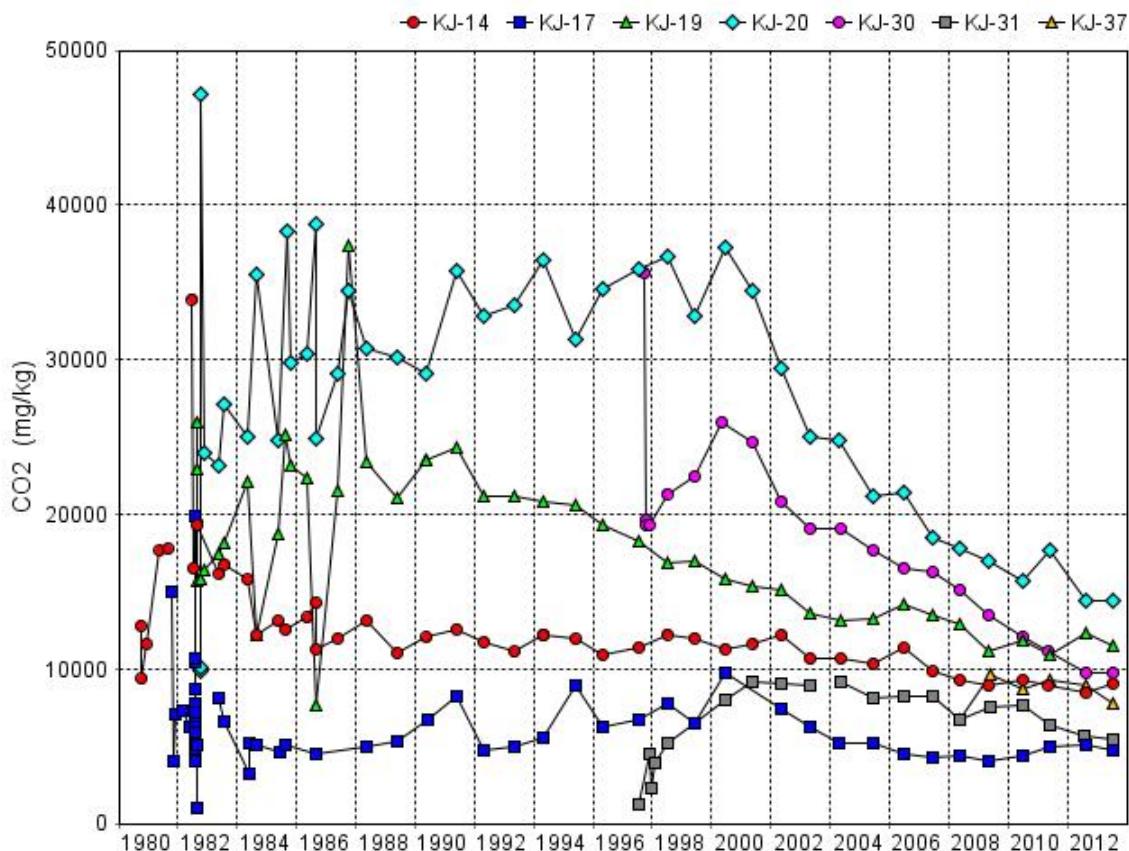
## Suðurhlíðar Kröflu – Efnabreytingar í holum

Sýnum var safnað úr samtals átta holum í Suðurhlíðum Kröflu, KJ-14, KJ-16A, KJ-17, KJ-19, KJ-20, KJ-30, KJ-31 og KJ-37.

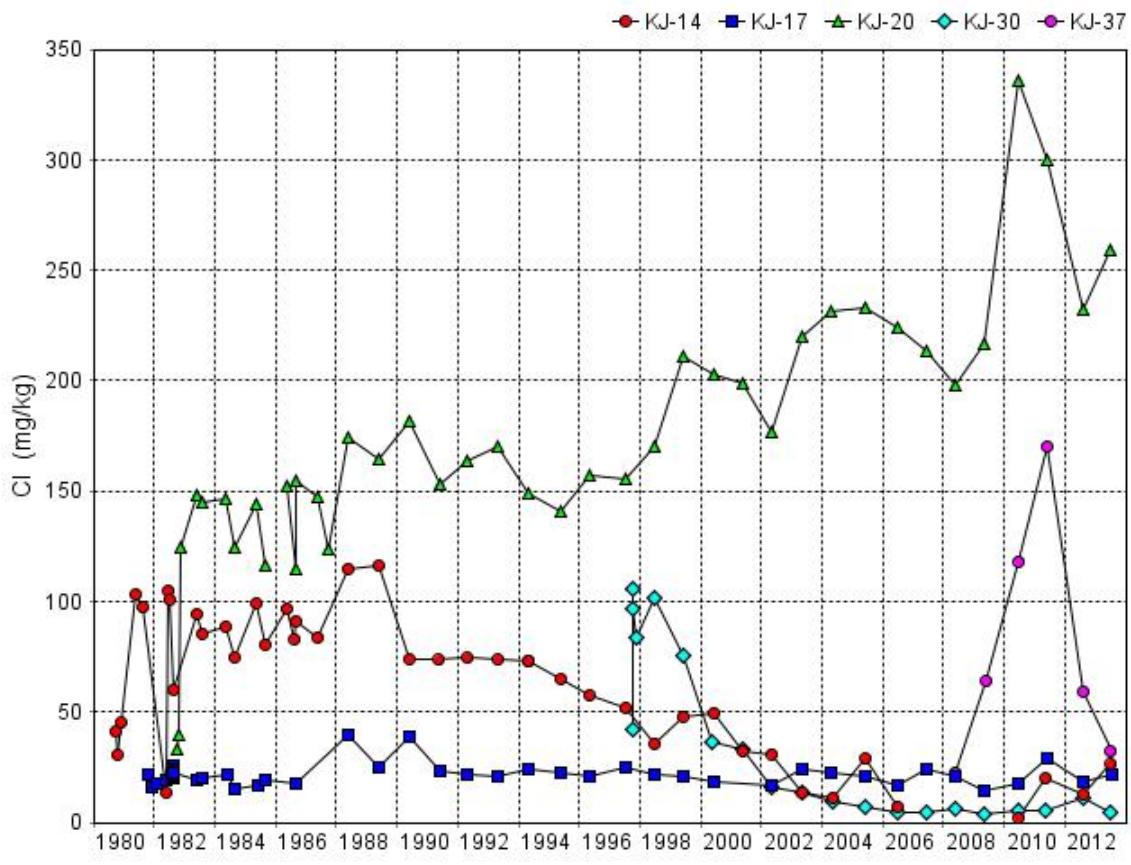
Á mynd 40 er gasstyrkur (koldíóxíð (CO<sub>2</sub>) í gufu reiknaður við skiljuþrýsting, sýndur á móti tíma fyrir holurnar.

Þar kemur fram að styrkur CO<sub>2</sub> í gufu breytist lítið eftir að hafa minnkað stöðugt í holum KJ-20 og KJ-30 undanfarin ár.

Styrkur klóríðs (Cl) er sýndur á móti tíma á mynd 41. Klóríðstyrkur í holu KJ-20 er með því mesta sem mælist í Kröflu.



Mynd 40      Suðurhlíðar, CO<sub>2</sub> í gufu á móti tíma.



Mynd 41 Suðurhlíðar, Cl í vatni á móti tíma.

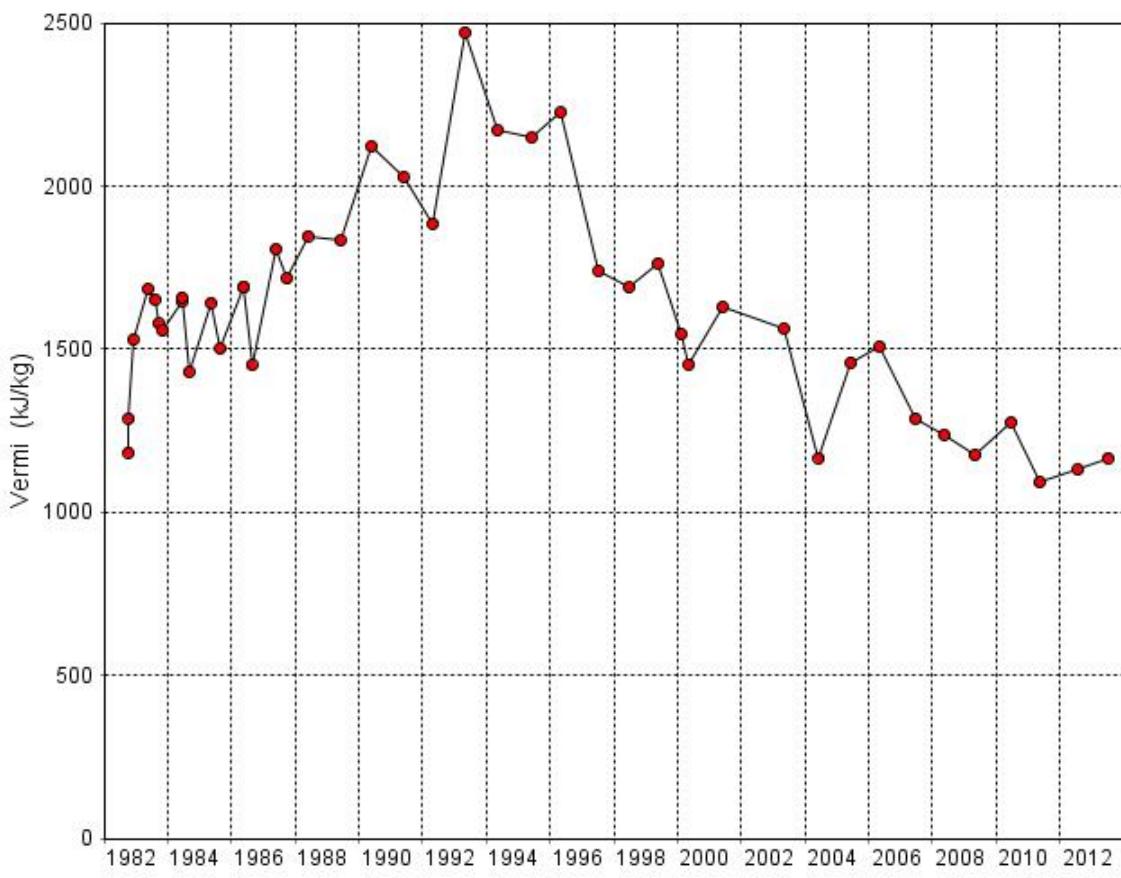
## Hvíthólaklif – Efnabreytingar í holum

Vermi rennis úr holu KJ-21 hefur verið minnkandi undanfarin ár samhliða minnkandi gufuafköstum (Mynd 42). Á mynd 43 er sýndur kísilstyrkur í holu KJ-21 frá upphafi. Kísilstyrkurinn hefur ekki minnkað samsvarandi og vermið, sem bendir til þess að berghiti hafi lítið breyst og að vermisminnkun verði ekki skýrð með lækkandi berghita.

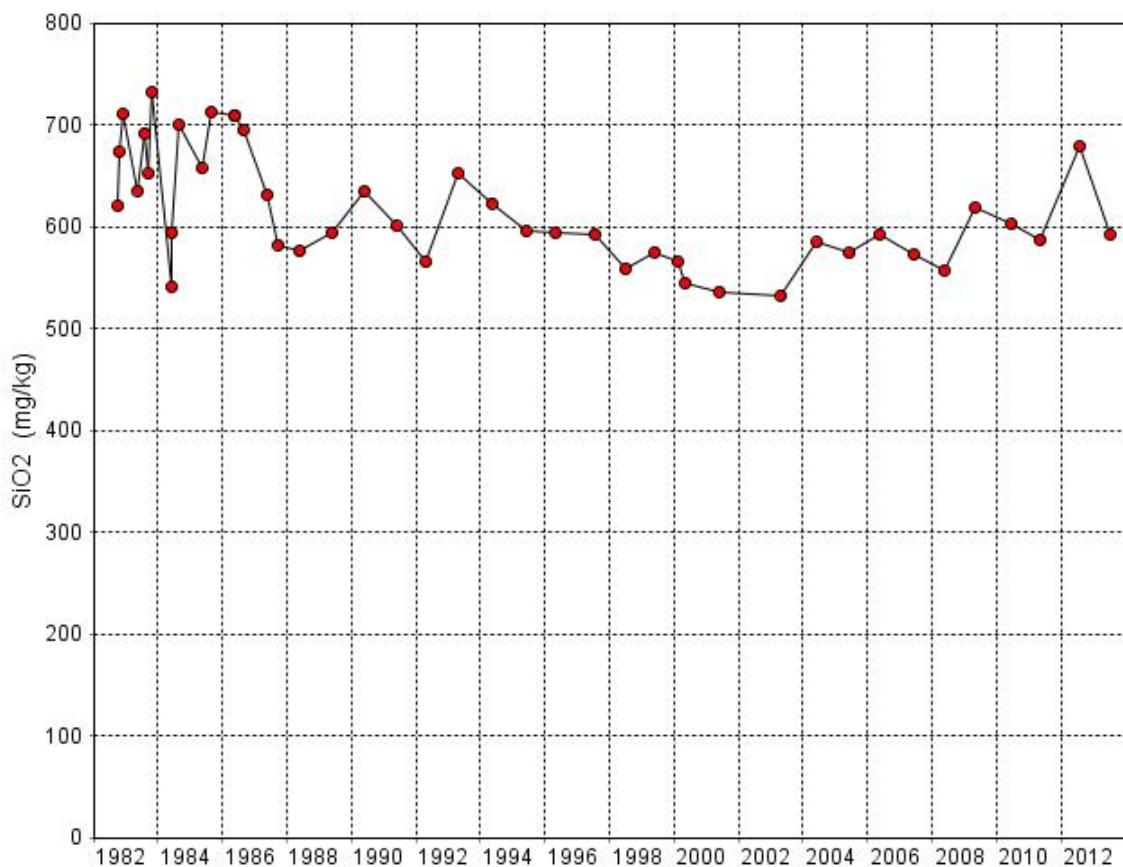
Gasstyrkur í gufunni hefur minnkað en það getur bæði bent til lækkandi hita og hins að hlutur gufu úr gufuæð sem fæðir holuna á um 600 m dýpi sé að minnka í rennsli holunnar (sjá mynd 44, 45 og 46). Gufan í gufuæðinni er gasríkari en gufa sem sýður af vatni sem ættað er dýpra úr holunni.

Möguleg skýring getur verið breytt þrýstiástandi í jarðhitageymnum og minni suða á 600 m dýpi. Það gæti t.d. stafað af innstreymi vatns og vermislækkun þeirri sem orðið hefur í Leirbotnaholunum. Í upphafi vinnslu í Leirbotnum varð aukning í gufuvirkni á yfirborði á Hvítholasvæðinu og því líklegt að þrýstitingengi sé á milli svæðanna. Einnig er mögulegt að niðurdæling í holu KJ-26 hafi áhrif á þrýstiástandið í kerfinu.

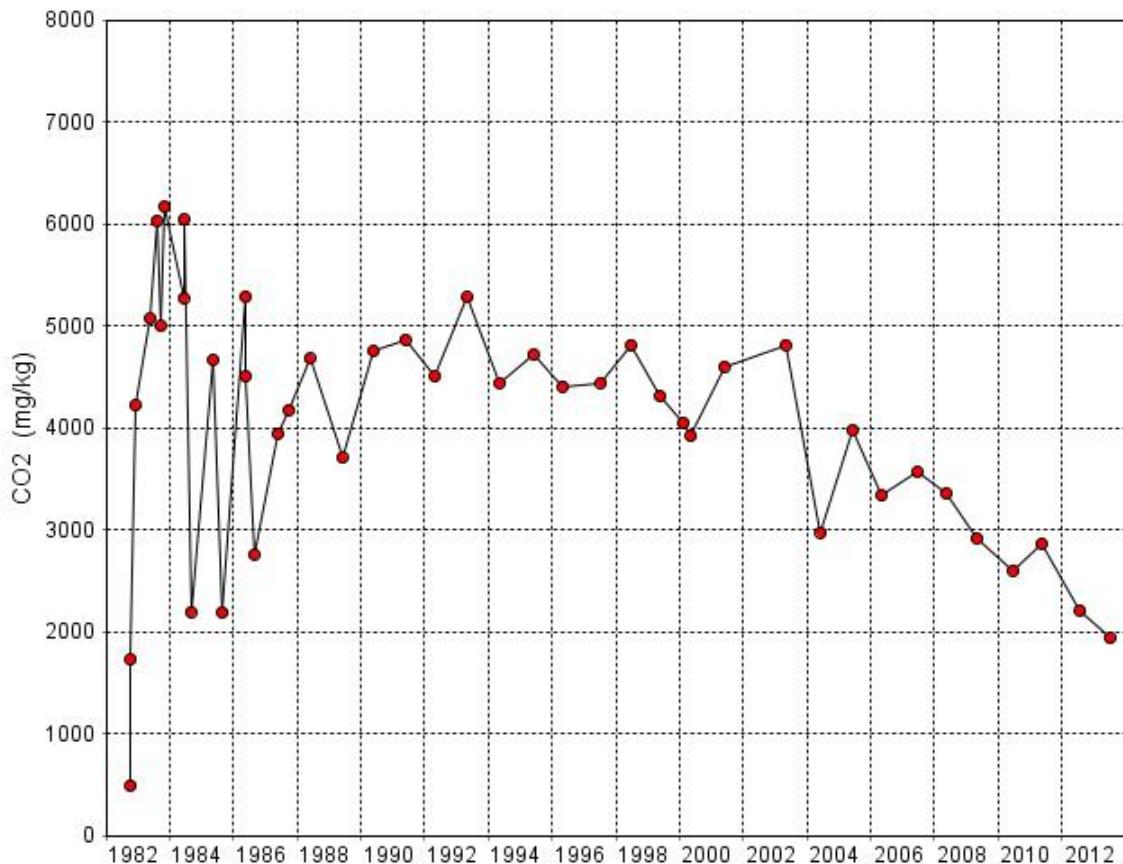
Önnur skýring gæti verið stífla í gufuæðinni. Slíka stíflu mætti reyna að losa með sýruhreinsun.



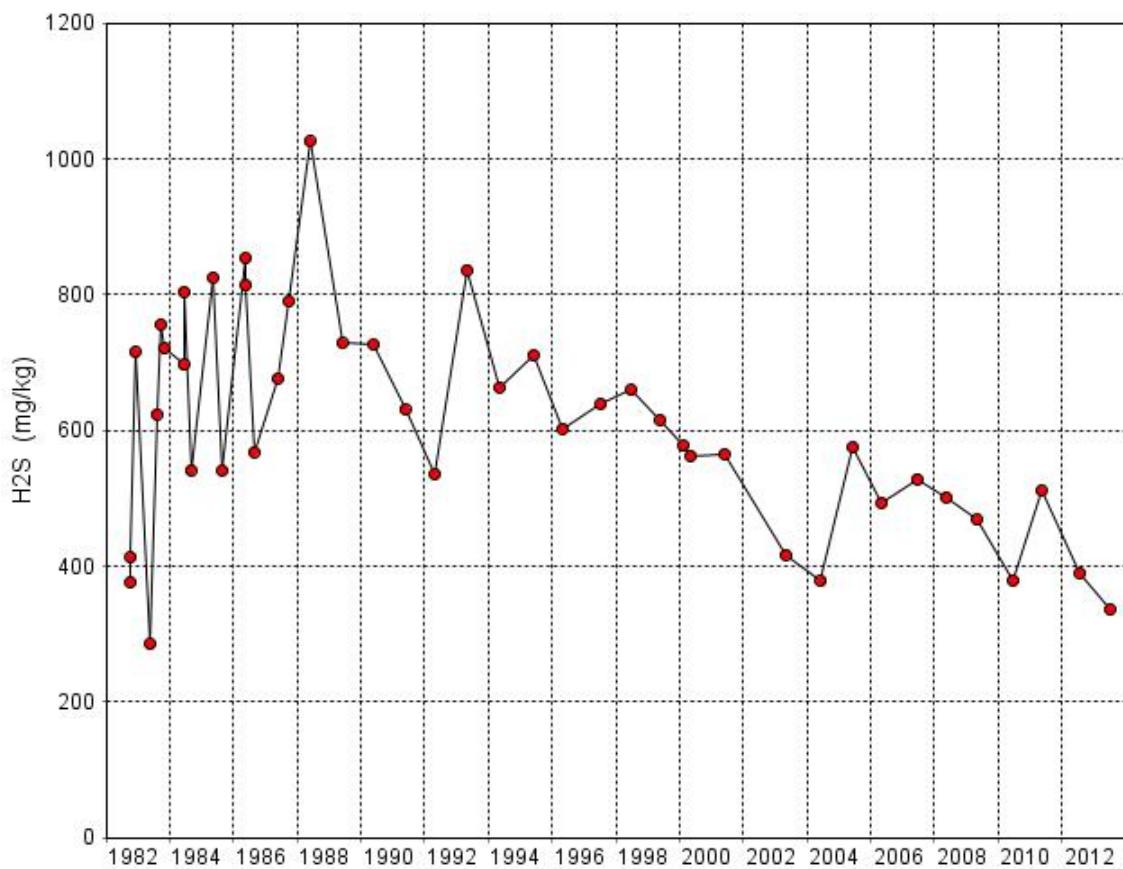
**Mynd 42** Hvíthólaklif, vermi á móti tíma.



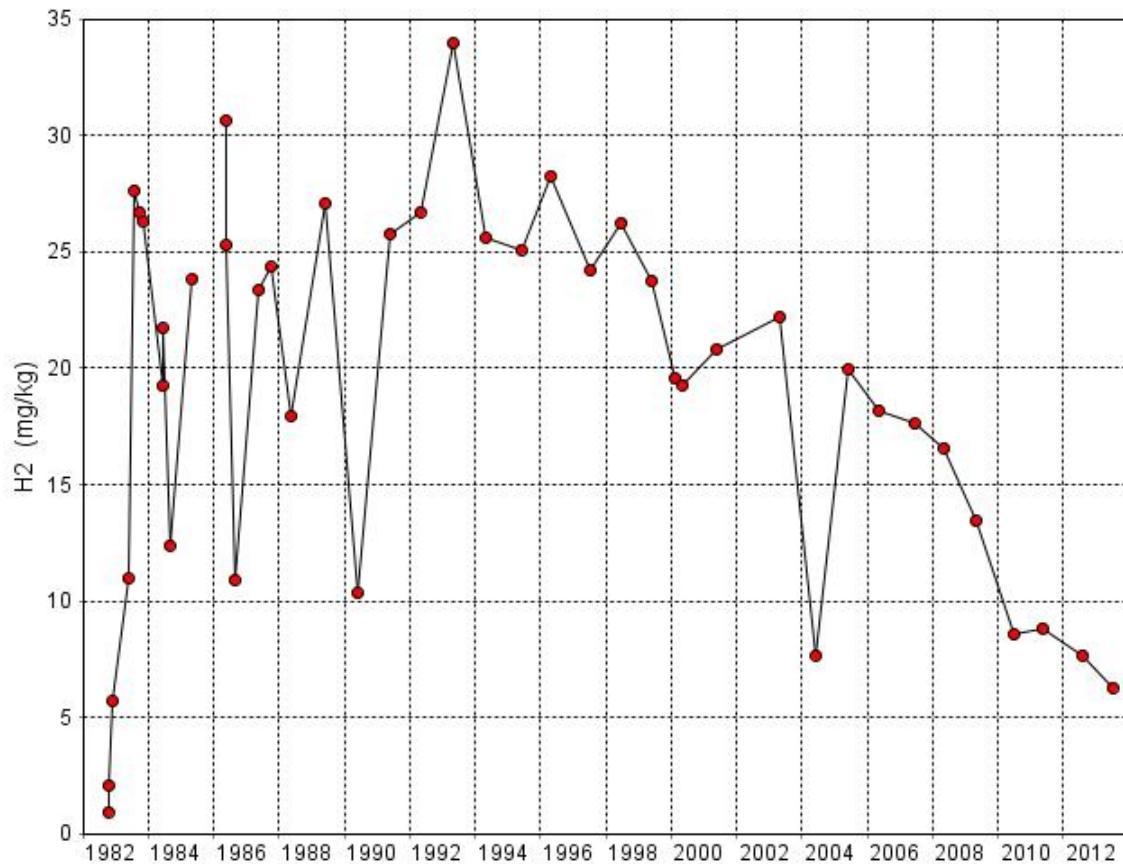
**Mynd 43** Hvíthólaklif,  $\text{SiO}_2$  í vatni á móti tíma.



**Mynd 44** Hvíthólaklif,  $\text{CO}_2$  í gufu á móti tíma.



**Mynd 45** Hvíthólaklif, H<sub>2</sub>S í gufu á móti tíma



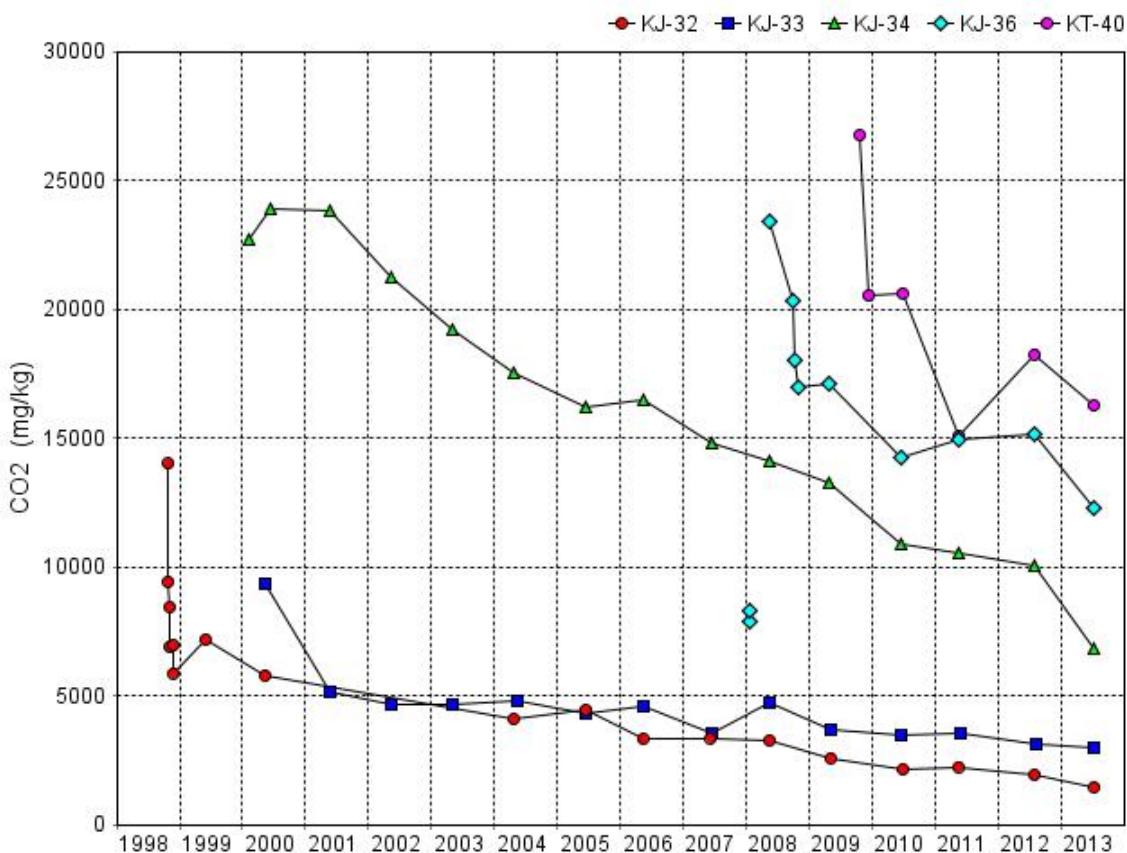
**Mynd 46** Hvíthólaklif, H<sub>2</sub> í gufu á móti tíma.

## Vesturhlíðar Kröflu – Efnabreytingar í holum

Á mynd 47 er styrkur koldíoxíðs (CO<sub>2</sub>) í gufu úr holum í Vesturhlíðum Kröflu sýndur. Koldíoxíðstyrkur í gufu úr holunum hefur minnkað en mest í holu KJ-34. Mest gas mælist í gufu úr holu KJ-40 en það hefur þó minnkað frá því að henni var hleypt upp.

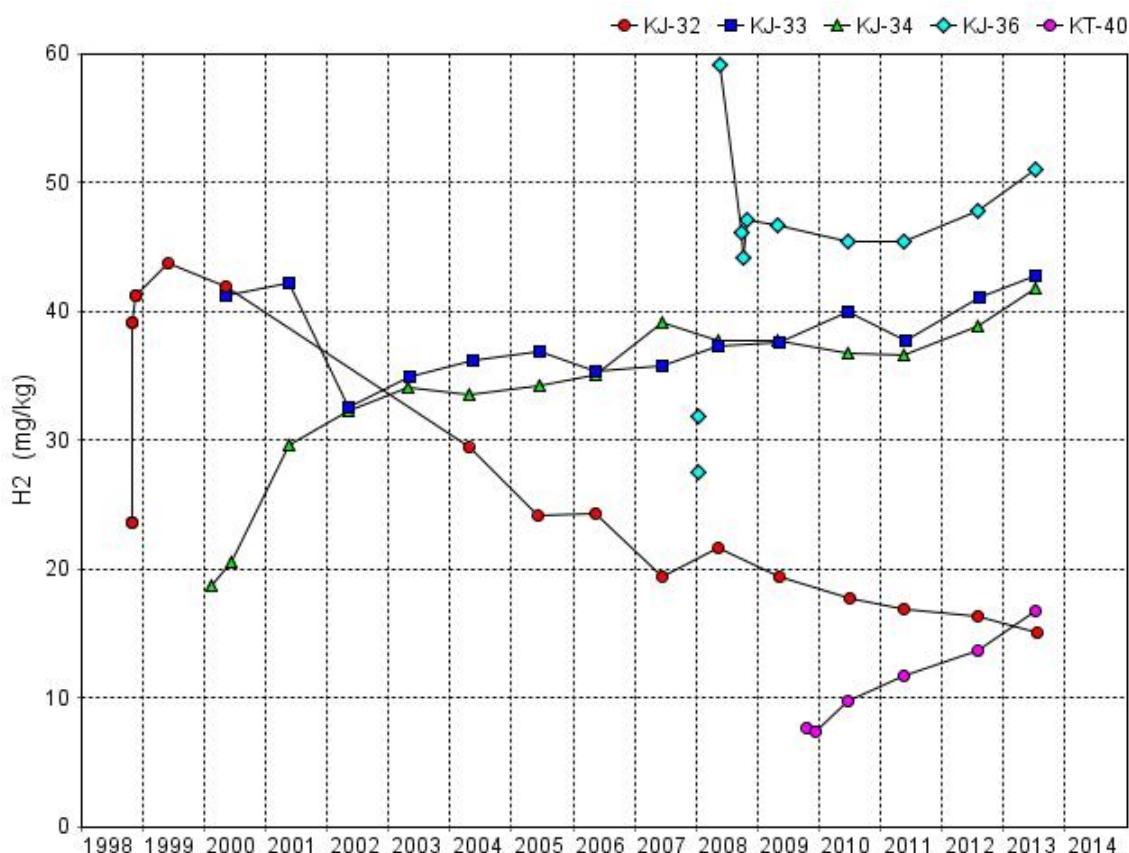
Styrkur vetrnis (H<sub>2</sub>) í gufu hefur verið vaxandi nema í KJ-32 (mynd 48). Það gæti bent til þess að holurnar séu að draga að heitari gufu.

Á mynd 49 er styrkur súlfats í borholuvatninu sýndur. Þar kemur fram að styrkur súlfats í holu KJ-32, sem hefur verið að aukast síðustu árin, hefur nú náð jafnvægi.

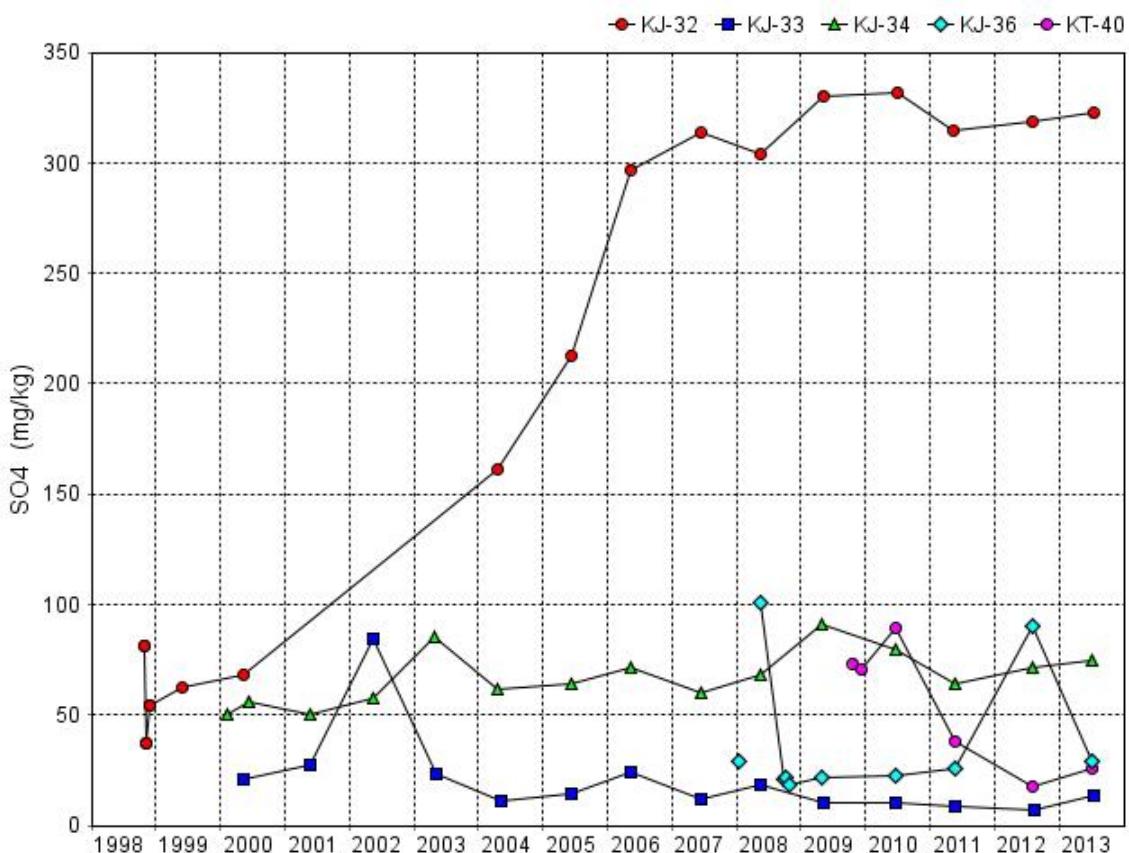


Mynd 47

Vesturhlíðar Kröflu, CO<sub>2</sub> í gufu á móti tíma



**Mynd 48**      *Vesturhlíðar Kröflu, H<sub>2</sub> í gufu á móti tíma*



**Mynd 49**      *Vesturhlíðar Kröflu, SO<sub>4</sub> í vatni á móti tíma.*

### 3 BJARNARFLAG

Gufa frá svæðinu er nýtt til rafmagnsframleiðslu í Gufuaflsstöðinni í Bjarnarflagi sem rekin er af Landsvirkjun. Einnig er skiljuvatn úr holu BN-09 notað til upphitunar hitaveituvatns fyrir Hitaveitu Skútustaðahrepps. Ennfremur er kældu skiljuvatni úr holunni veitt í Jarðbaðalónin.

#### 3.1 AFKASTAMÆLINGAR

##### 3.1.1 Afköst borhola

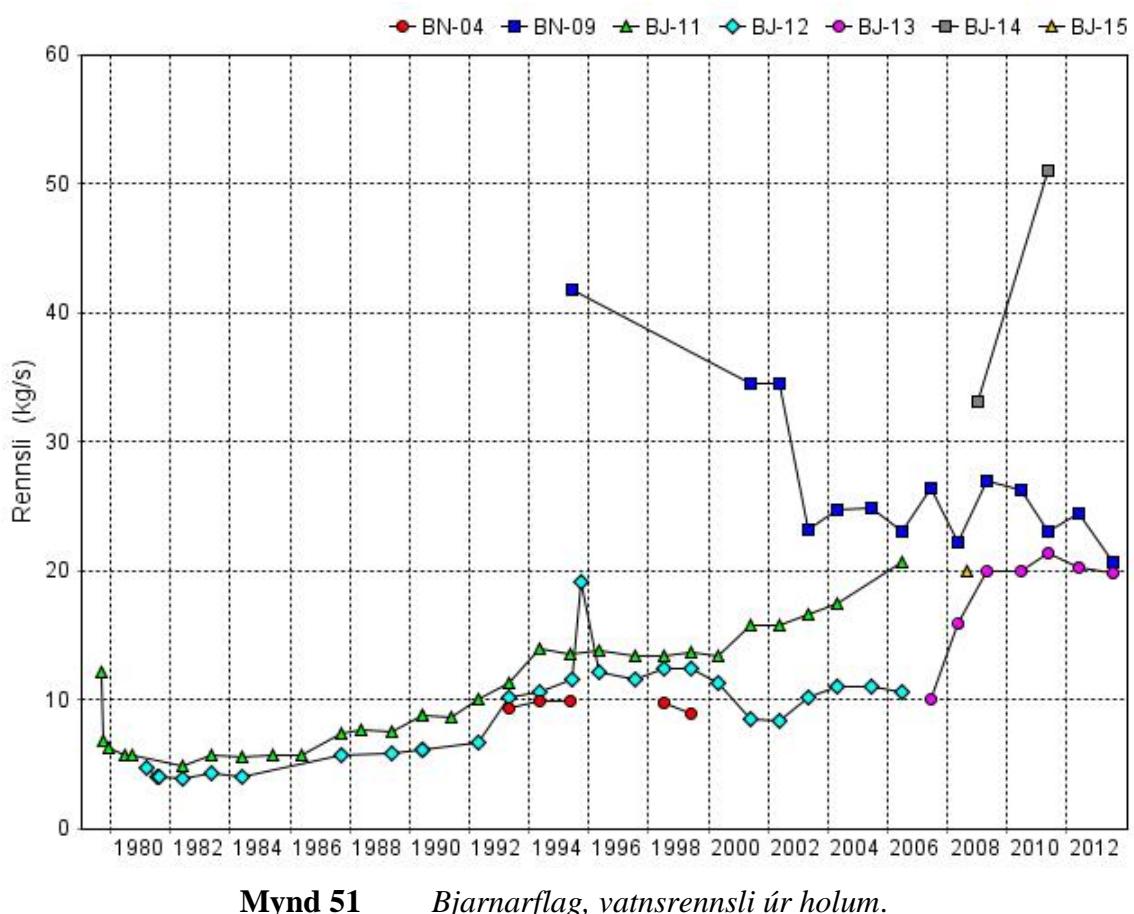
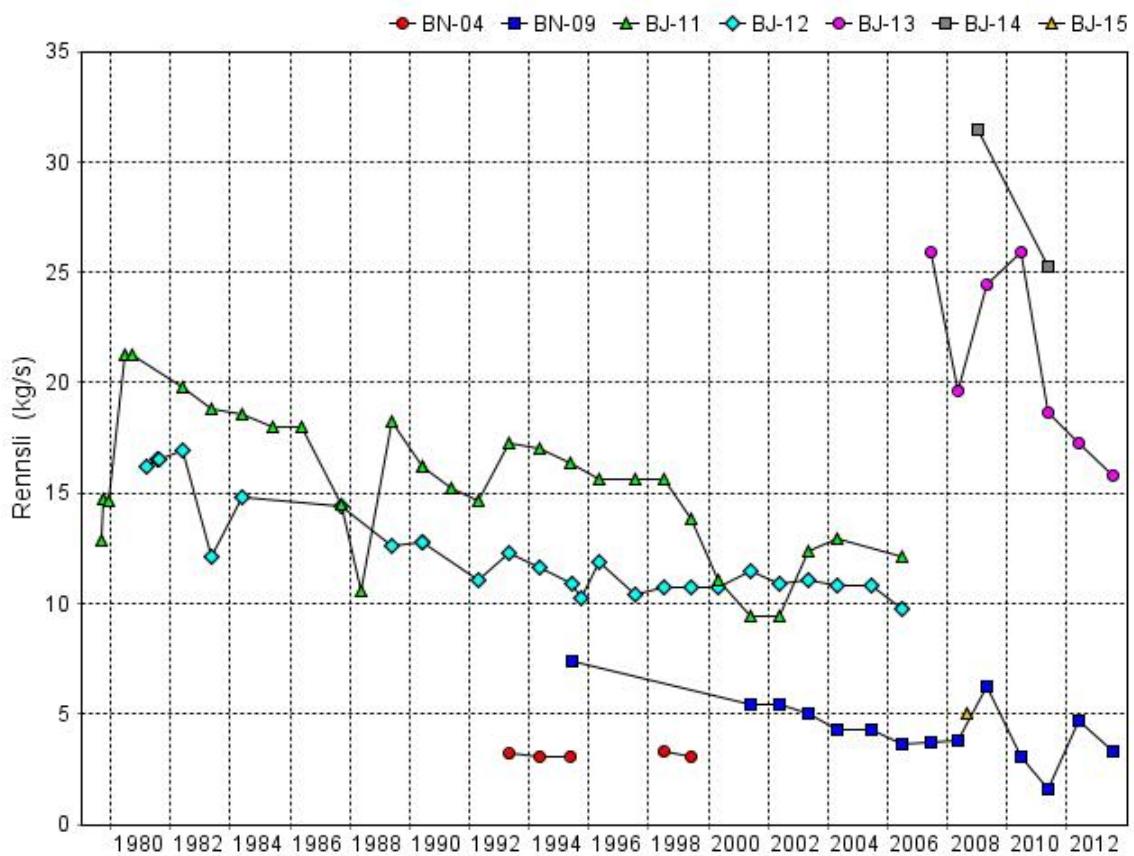
Afköstin voru ákvörðuð með mælingu á mismunaþrýstingi yfir tvífasa blendu samhliða vatnsákvörðun með þynningaraðferð. Vatnsákvörðun með þynningaraðferð byggist á því að litarefni er dælt inn í rennslispípuna með jöfnu rennsli og styrkur þess í sýni af vatninu ákvarðaður (Trausti Hauksson 2011).

Í júlímaðuði árið 2013 voru 2 holur tengdar Bjarnarflagsstöð og framleiddu þær samkvæmt aflmaelingum 18,7 kg/s af háþrýstigufu en stöðin framleiddi 2,0 MW af rafmagni. Frá holu BJ-13 renna 16,8 kg/s af skiljuvatni í Bjarnarflagslónið en 21,8 kg/s renna úr holu BN-09 í Jarðböðin.

Niðurstöður afkastamælinga eru birtar í töflu 13. Breytingar á afköstum borhola í Bjarnarflagi eru sýndar á myndum 50 og 51.

**Tafla 13 Bjarnarflag. Afköst borhola 2013.**

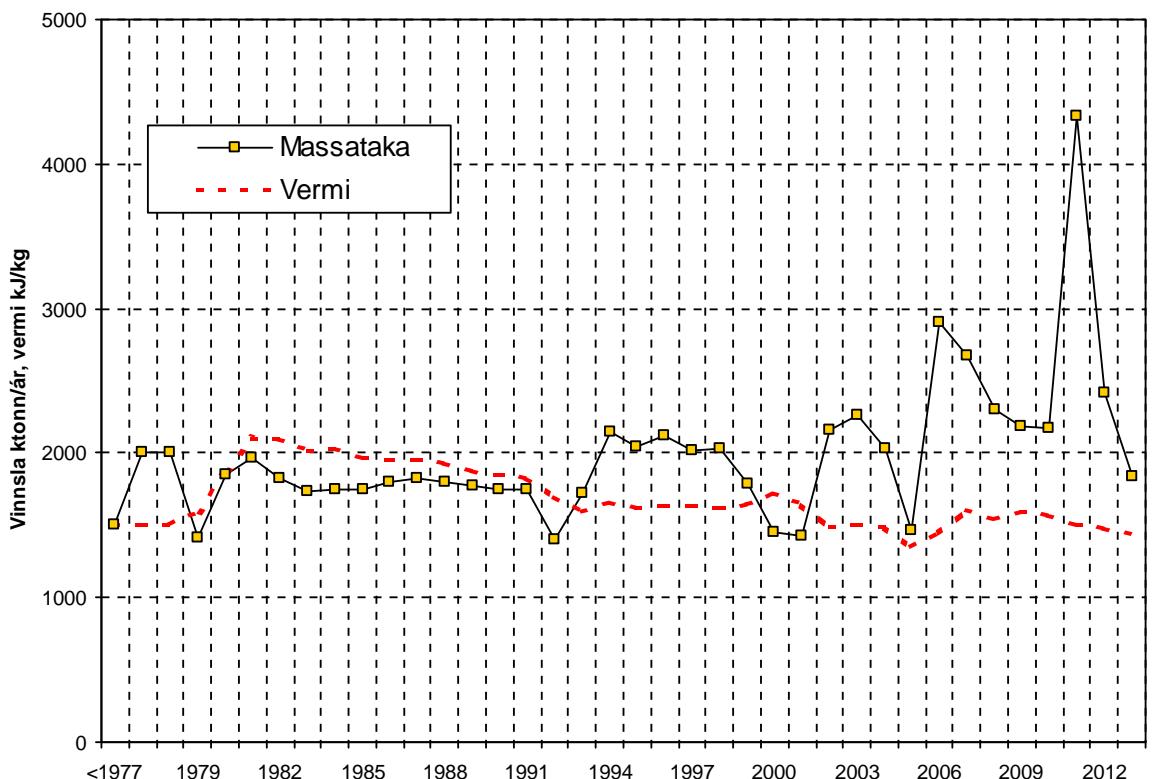
| Nafn  | Tími            | Heildar     |             |           | Hþ-Skilja   | Frárennsli |             | Hverfill   |
|-------|-----------------|-------------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|
|       |                 | Vermi       | Rennsli     | Varmaafl  |             | Gufa       | Vatn        |            |
|       |                 | kJ/kg       | kg/s        | MW        |             | kg/s       | kg/s        |            |
| BN-09 | 2013-07-17      | 1042        | 24          | 21        | 3,1         | 3,3        | 17,5        | 1,4        |
| BJ-13 | 2013-07-17      | 1658        | 35,6        | 53        | 15,6        | 3,2        | 16,8        | 7,2        |
|       | <b>Samtölur</b> | <b>1410</b> | <b>59,6</b> | <b>74</b> | <b>18,7</b> | <b>6,6</b> | <b>34,3</b> | <b>8,7</b> |



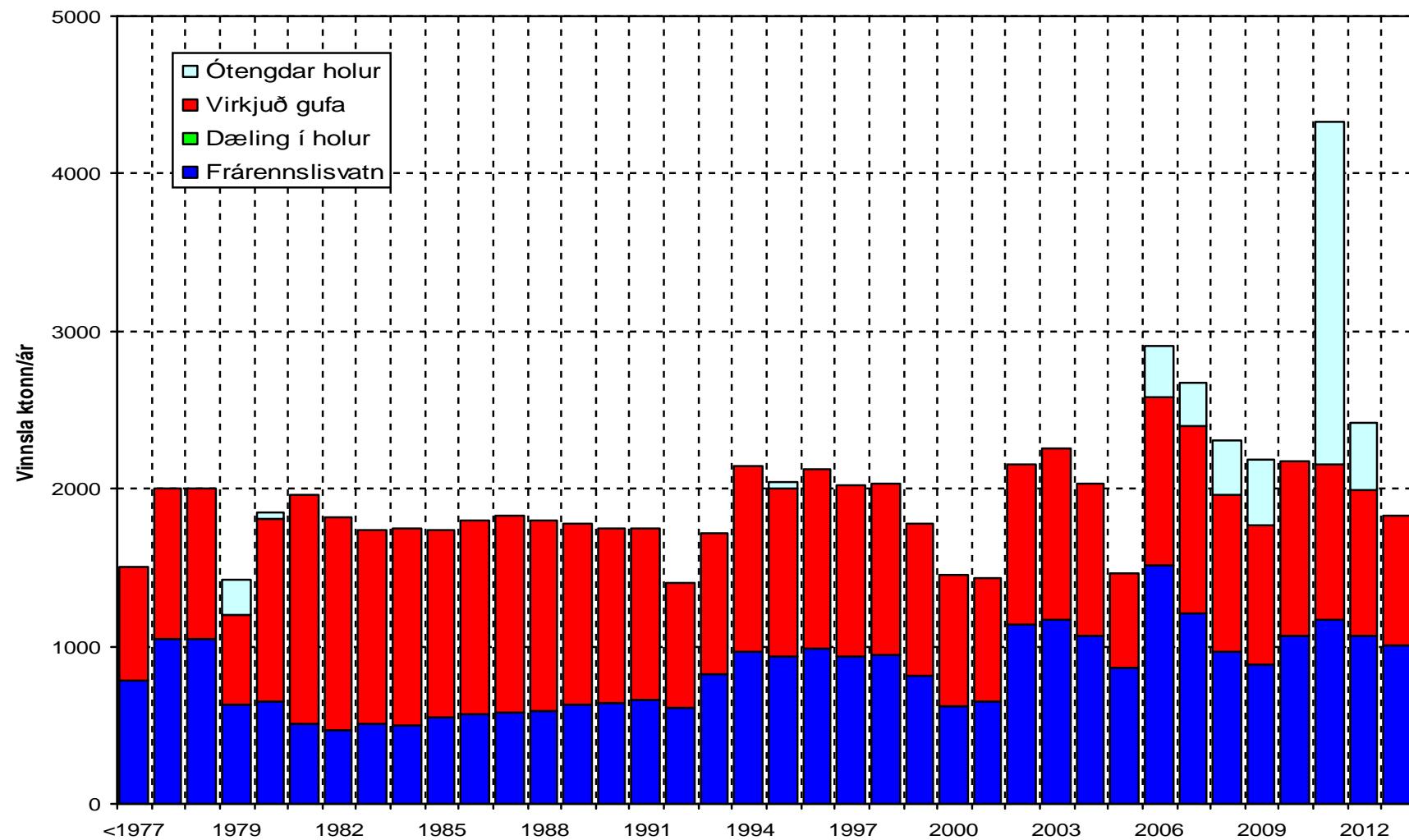
### 3.1.2 Massa og varmavinnsla

Yfirlit um árlega vinnslu úr holum í Bjarnarflagi er birt í Viðauka 2 aftast í skýrslunni. Á mynd 52 er sýnd árleg massavinnsla ásamt meðal vermi úr holunum síðan árið 1977. Tölur um árlega vinnslu sem tekna eru saman í mynd 53 sýna vinnslu vatns og gufu frá upphafi.

Heildarmassataka árið 2013 var 1.832 þúsund tonn eða nokkuð minna en 2012 en þá var vinnslan 2.418 þúsund tonn. Í fyrra voru tekin upp 425 þúsund tonn vegna prófunar á nýjum holum en nú ekkert. Virkjuð gufa á árinu var 823 þúsund tonn og vatnsstreyimi frá virkjun 1.008 þúsund tonn.



**Mynd 52** Bjarnarflag. Árleg vinnsla og vermi.



Mynd 53 Bjarnarflag. Árleg gufuvinnsla og frárennsli.

## 3.2 EFNAMÆLINGAR

### 3.2.1 Vatn og gufa úr borholum

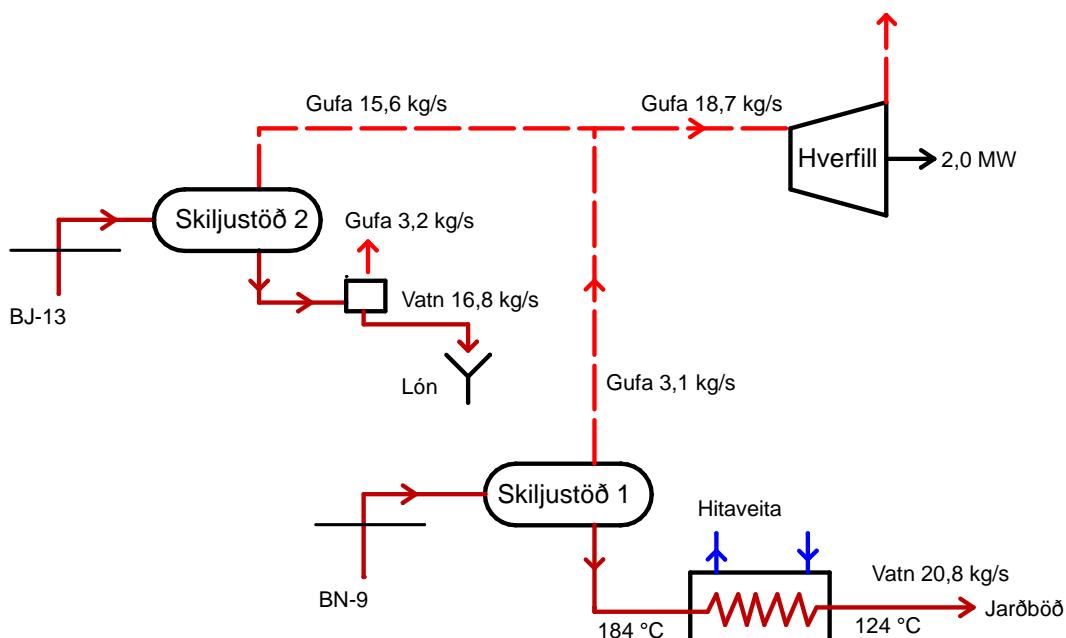
Safnað var sýnum til efnagreininga úr borholum BN-09 og BJ-13 í Bjarnarflagi og eru niðurstöður greininga á vatni og gufu úr borholunum vistaðar í gagnagrunni fyrir jarðhitagögn (ViewData).

Gasstyrkur í gufu og efnahiti eru sýnd í töflum 14 og 15. Gas er lítið í gufu frá holunum og reiknast meðal gasstyrkur 0,18 %, sem er minna en í fyrra en þá mældist meðalstyrkur 0,23%.

Í töflu 16 er sýndur reiknaður efnastyrkur í gufu og vatni úr borholunum í Bjarnaflagi við skiljuþrýsting.

### 3.2.2 Frárennsli

Á mynd 54 er sýnt flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð þegar sýnum af frárennsli var safnað til efnagreininga.



**Mynd 54 Flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð ágúst 2013**

Teknar voru saman árlegar gasmælingar á einstökum holum og árleg gasupptekt úr hverri holu var reiknuð. Þær tölur voru síðan lagðar saman til þess fá út heildarlosun vegna jarðhitavinnslunnar. Þannig fengust tölur bæði um gaslosun vegna orkuvinnslunnar og vegna rannsóknaboranna Niðurstöður eru birtar í Viðauka 1.

Á myndum 55 og 56 er sýnd árleg losun CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S vegna orkuvinnslunnar og rannsóknaboranna frá upphafi vinnslu.

Losun koldíoxíðs var 347 tonn árið 2013 sem er minna en árið 2012 en losunin var 980 tonn í fyrra. Losun brennisteinsvetnis var einnig minni í ár eða 671 tonn samanborið við 888 tonn í fyrra.

Frárennslissýni til efnagreininga var safnað úr útrennsli Bjarnarflagslónsins, þar sem það rennur ofan í sprungu vestanvert við lónið. Jafnframt voru tekin sýni úr skiljuvatni frá

báðum skiljustöðum. Niðurstöður eru sýndar í töflu 17 og mælingar á samsetningu hitaveituvatns er sýnd í töflu 18.

Kísilstyrkur í vatni úr skiljustöð 1 sem rennur í Jarðböðin mældist 690 mg/kg sem er nokkuð yfir mettunarmörkum við 128 °C (490 mg/kg).

Mengandi efni í vatninu voru efnagreind og eru niðurstöður birtar í töflum 19 og 20. Til hliðsjónar er jafnframt tafla 21 yfir umhverfismörk fyrir ástand vatns úr *Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 með síðari breytingum (533/2001 og 913/2003)* (Umhverfisráðuneytið 1999). Ennfremur er stuðst við *Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns nr. 797/1999, Reglugerð um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kvikasilfri í yfirborðsvatn nr. 800/1999 og Reglugerð um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kadmíum í yfirborðsvatn nr. 802/1999* (Umhverfisráðuneytið 1999).

Styrkur arsens (As) fer yfir mengunarmörk eins og áður. Sérstaklega í Bjarnarflagslóninu en þar er styrkinn 218 µg/l og er vatnið í flokkun V sem telst ávalltt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/pynningarsvæði. Styrkur arsens er minni í Jarðbaðavatninu. Kopar (Cu) mældist einnig yfir viðmiðunarmörkum.

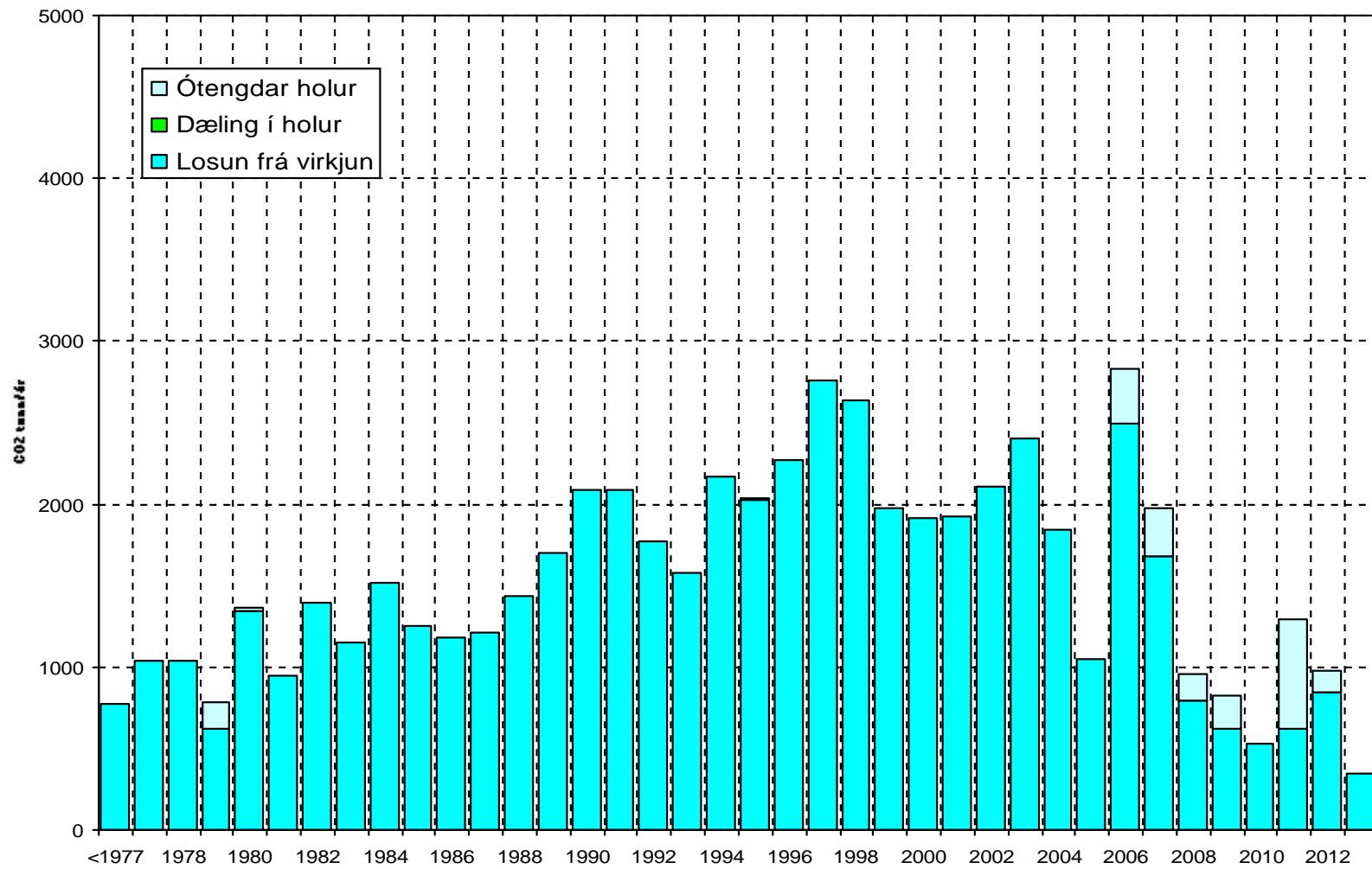
Heidarlosun mengunarefna frá Bjarnarflagi er birt í töflu 21.

**Tafla 14 Bjarnarflag. Gas í gufu inn á veitu 2013**

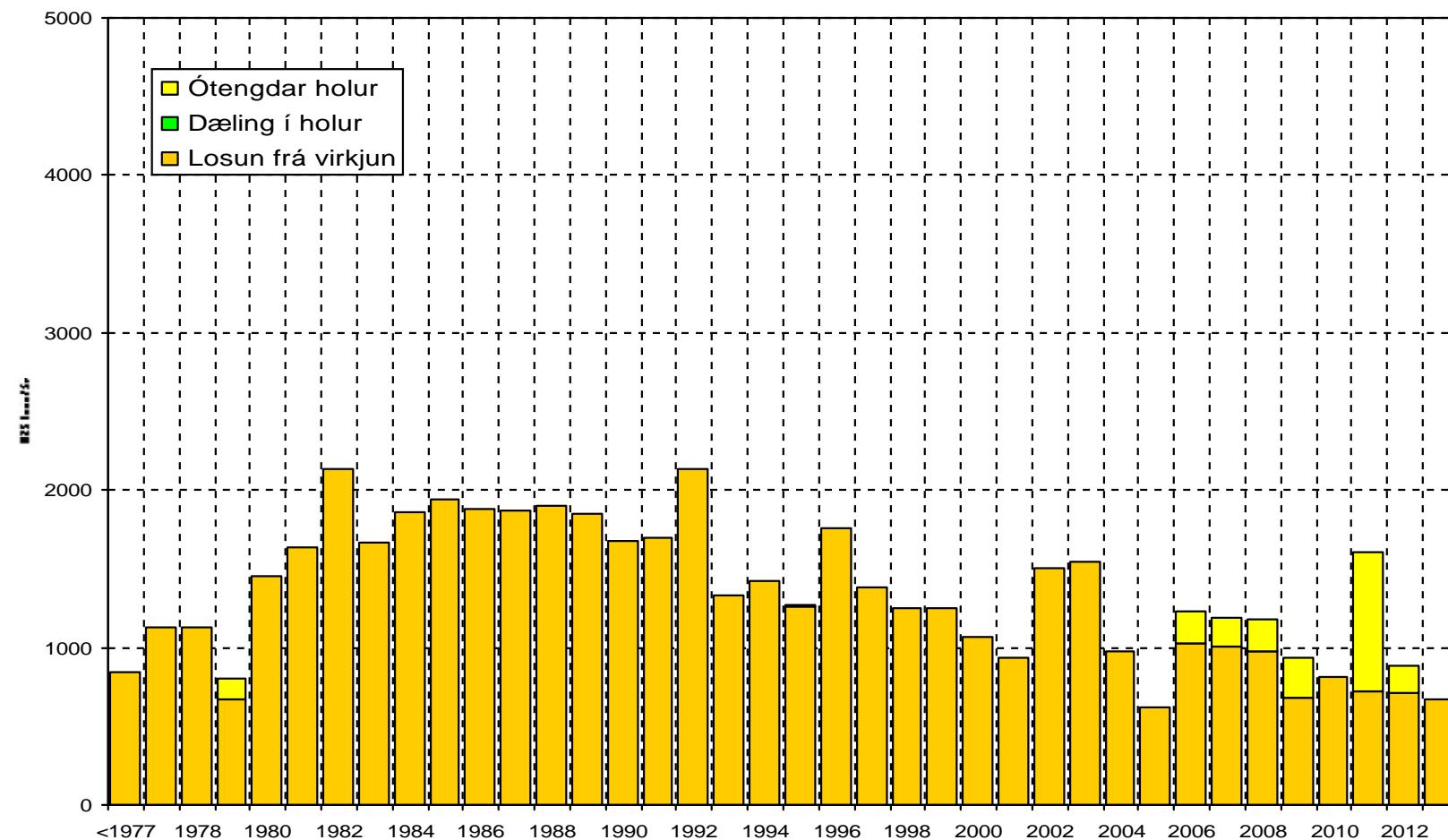
| Nafn  | Tími            | Rennsli      | Gas         |             |             |             |              |              |             |             |             |
|-------|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|       |                 |              | Massa       | Rennsli     | Rúmmál      | CO2         | H2S          | H2           | N2          | CH4         | Ar          |
|       |                 |              | kg/s        | %           | l/kg        | %           | %            | %            | %           | %           | %           |
| BN-09 | 2013-07-17      | 3,33         | 0,29        | 0,01        | 2,97        | 26,65       | 30,11        | 38,07        | 2,5         | 2,6         | 0,07        |
| BJ-13 | 2013-07-17      | 15,83        | 0,14        | 0,02        | 1,51        | 13,85       | 43,52        | 41,27        | 0,92        | 0,42        | 0,04        |
|       | <b>Samtölur</b> | <b>19,16</b> | <b>0,18</b> | <b>0,03</b> | <b>1,76</b> | <b>17,8</b> | <b>39,38</b> | <b>40,28</b> | <b>1,41</b> | <b>1,09</b> | <b>0,04</b> |

**Tafla 15 Bjarnarflag. Berghiti 2013**

| Nafn  | Tími            | Skilja      | Efnahitar |            |            |            |
|-------|-----------------|-------------|-----------|------------|------------|------------|
|       |                 |             | Vermi     | tSiO2q     | tNa/K      | tCO2       |
|       |                 |             | kJ/kg     | °C         | °C         | °C         |
| BN-09 | 2013-07-17      | 1042        |           | 270        | 232        | 187        |
| BJ-13 | 2013-07-17      | 1658        |           | 313        | 284        | 120        |
|       | <b>Samtölur</b> | <b>1410</b> |           | <b>292</b> | <b>258</b> | <b>154</b> |
|       |                 |             |           |            |            | <b>303</b> |



Mynd 55 Bjarnarflag. Árleg losun koldíoxiðs (CO<sub>2</sub>).



Mynd 56      Bjarnarflag. Árleg losun brennisteinsvætnis (H2S).

## Tafla 16 Bjarnarflag. Styrkur efna í vatni og gufu í borholum árið 2013

|       |            | Gufa |       |       |       |       |       |       | Vatn  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nafn  | Tími       | Qs   | CO2   | H2S   | H2    | N2    | CH4   | Ar    | Qw    | pH    | CO2   | H2S   | SiO2  | Na    | K     | Ca    | Mg    | Fe    | Al    | F     | Cl    | SO4   | B     |
|       |            | kg/s | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | kg/s  | /25°C | mg/kg |
| BN-09 | 2013-07-17 | 3,33 | 1423  | 1245  | 93,1  | 85,0  | 50,6  | 3,24  | 20,67 | 9,21  | 27,4  | 96,9  | 695   | 153   | 18,8  | 2,96  | 0,001 | 0,001 | 0,835 | 0,63  | 33,6  | 47,5  | 0,65  |
| BJ-13 | 2013-07-17 | 15,8 | 377   | 917   | 51,4  | 15,9  | 4,1   | 0,87  | 19,77 | 8,97  | 4,6   | 45,4  | 1047  | 115   | 22,7  | 0,36  | 0,001 | 0,002 | 2,763 | 0,93  | 65,3  | 12,8  | 1,95  |
|       | Samtölur   | 19,2 | 559   | 974   | 58,7  | 27,9  | 12,2  | 1,28  | 40,44 | 9,09  | 16,2  | 71,7  | 867   | 134   | 20,7  | 1,69  | 0,001 | 0,001 | 1,777 | 0,78  | 49,1  | 30,6  | 1,29  |

## Tafla 17 Bjarnarflag. Frárennslissýni 2013.

| Nafn             | Tími       | Hitastig | pH    | CO2   | H2S   | SiO2  | Na    | K     | Ca    | Mg    | Fe    | Al    | F     | Cl    | SO4   | B     | Rafleiðni | SS    |
|------------------|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
|                  |            | °C       | /25°C | mg/kg | µS/cm     | mg/kg |
| Skiljustöð 1 *)  | 2013-07-17 | 124      | 8,92  | 20    | 125   | 690   | 152   | 18,8  | 3,18  | 0,001 | 0,000 | 0,794 | 0,62  | 33,4  | 47,9  | 0,65  | 837       | 1,0   |
| Skiljustöð 2 **) | 2013-07-17 | 187      | 8,61  | 5     | 68,4  | 822   | 113   | 22,3  | 0,34  | 0,000 | 0,002 | 2,74  | 0,92  | 64,7  | 11,1  | 1,95  | 604       | 1,2   |
| Bjarnarflagslón  | 2013-07-18 | 19,2     | 7,45  | 26    | 0,1   | 623   | 125   | 22    | 2,31  | 1,040 | 0,178 | 2,06  | 0,88  | 59,9  | 196   | 1,66  |           | 28,1  |

\*) Jarðböð \*\*) lón

## Tafla 18 Hitaveita Reykjahlíðar

**Tafla 19** Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Bjarnarflagi 2013.

| Nafn  | Tími       | Hg<br>µg/kg | Zn<br>µg/kg | Cu<br>µg/kg | Cr<br>µg/kg | Ni<br>µg/kg | Cd<br>µg/kg | Pb<br>µg/kg | As<br>mg/kg | P      |
|-------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| BN-09 | 2013-07-17 | <0,002      | 0,43        | 0,68        | <0,02       | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 2,75        | <0,001 |
| BJ-13 | 2013-07-17 | <0,002      | 0,71        | 0,12        | <0,02       | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 11,45       | <0,001 |

**Tafla 20** Styrkur mengunarefna (µg/l) í frárennsliSSvatni í Bjarnarflagi 2013.

| Staður          | Hg<br>µg/kg | Zn<br>µg/kg | Cu<br>µg/kg | Cr<br>µg/kg | Ni<br>µg/kg | Cd<br>µg/kg | Pb<br>µg/kg | As<br>mg/kg | P      |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| Skiljustöð 1    | <0,002      | 0,497       | 0,512       | <0,01       | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 3,55        | <0,001 |
| Skiljustöð 2    | <0,002      | 0,773       | 0,1         | <0,01       | <0,05       | <0,002      | <0,01       | 4,87        | <0,001 |
| Bjarnarflagslón | 0,006       | 2,3         | 2,19        | <0,01       | 0,198       | <0,002      | 0,022       | 218         | <0,001 |

Feitletruð og rauðlituð gildi eru yfir viðmiðunarmörkum.

**Tafla 21** Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki.

|               | Hg<br>µg/kg | Zn<br>µg/kg | Cu<br>µg/kg | Cr<br>µg/kg | Ni<br>µg/kg | Cd<br>µg/kg | Pb<br>µg/kg | As<br>µg/kg | P    |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Flokkur I <   | 5           | 0,5         | 0,3         | 0,7         | 0,01        | 0,2         | 0,4         | 0,02        |      |
| Flokkur II <  | 20          | 3           | 5           | 1,5         | 0,1         | 1           | 5           | 0,04        |      |
| Flokkur III < | 60          | 9           | 15          | 4,5         | 0,3         | 3           | 15          | 0,09        |      |
| Flokkur IV <  | 300         | 45          | 75          | 22,5        | 1,5         | 15          | 75          | 0,15        |      |
| Flokkur V >   | 1           | 300         | 45          | 75          | 22,5        | 1,5         | 15          | 75          | 0,15 |

Umhverfismörk I: Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum.

Umhverfismörk II: Lítill hætta á áhrifum.

Umhverfismörk III: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki.

Umhverfismörk IV: Áhrifa að vænta.

Umhverfismörk V: Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði.

(Reglugerðir 796/1999 og 800/1999)

**Tafla 22** Heildarlosun mengunarefna frá Bjarnarflagi árið 2013

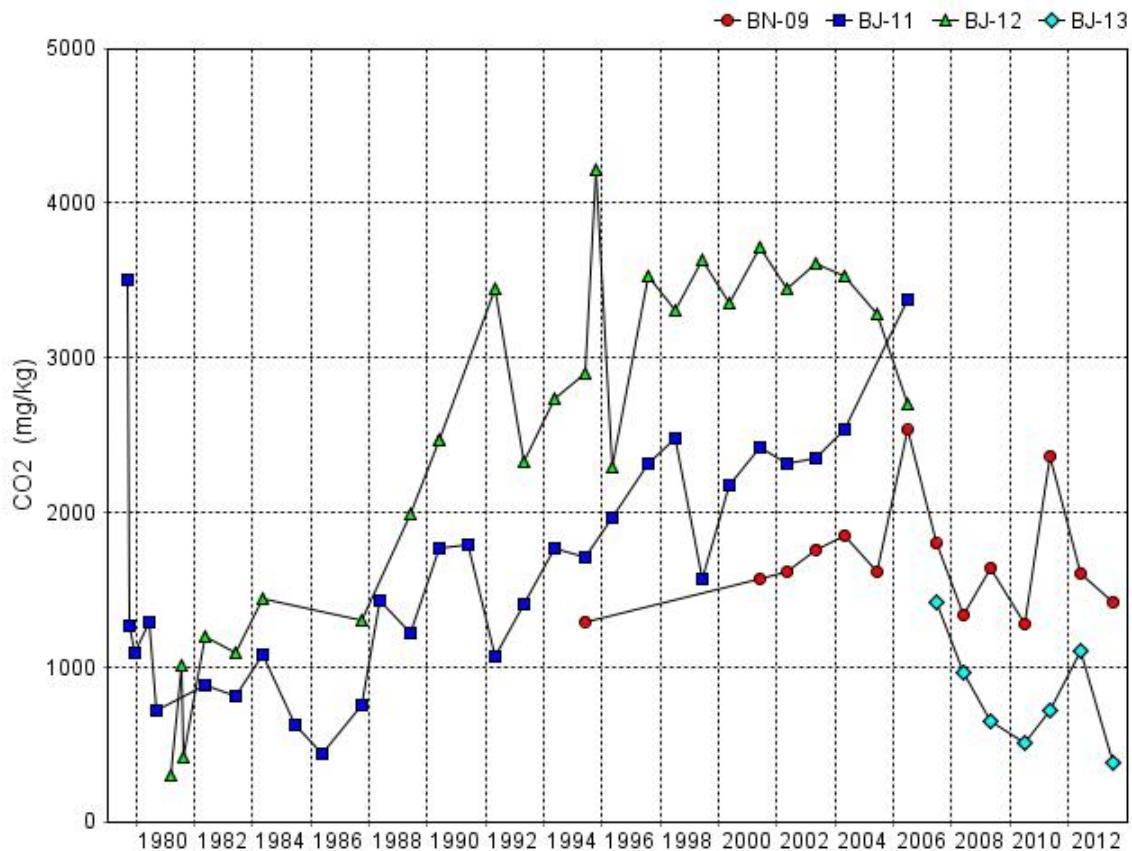
| Bjarnarflag 2013        |      | Heildar-upptekt | Orkuframleiðsla - losun |             | Rannsóknir |
|-------------------------|------|-----------------|-------------------------|-------------|------------|
|                         |      | Niðurdæling     | Yfirborð                | Andrúmsloft | Útblástur  |
| Skiljuvatn              | tonn | 1.008.179       | 0                       | 1.008.179   | 0          |
| Gufa / þéttivatn        | tonn | 823.821         | 0                       | 0           | 823.821    |
| Samtals                 | tonn | 1.832.000       | 0                       | 1.008.179   | 823.821    |
|                         |      |                 |                         |             | 0          |
| Koldíoxíð (CO2)         | tonn | 347             | 0                       | 47          | 300        |
| Metan (CH4)             | tonn | 7               | 0                       | 0           | 7          |
| Brennisteinsvetni (H2S) | tonn | 671             | 0                       | 131         | 539        |
|                         |      |                 |                         |             | 0          |
| Kvikasilfur (Hg)        | kg   | 0               | 0                       | 0           | 0          |
| Kopar (Cu)              | kg   | 0               | 0                       | 1           | 0          |
| Sink (Zn)               | kg   | 1               | 0                       | 1           | 0          |
| Kadmíum (Cd)            | kg   | 0               | 0                       | 0           | 0          |
| Blý (Pb)                | kg   | 0               | 0                       | 0           | 0          |
| Króm (Cr)               | kg   | 0               | 0                       | 0           | 0          |
| Nikkel (Ni)             | kg   | 0               | 0                       | 0           | 0          |
| Arsen (As)              | kg   | 4               | 0                       | 109         | 0          |
| Fosfór (P)              | kg   | 1               | 0                       | 2           | 0          |

## Efnabreytingar í holum

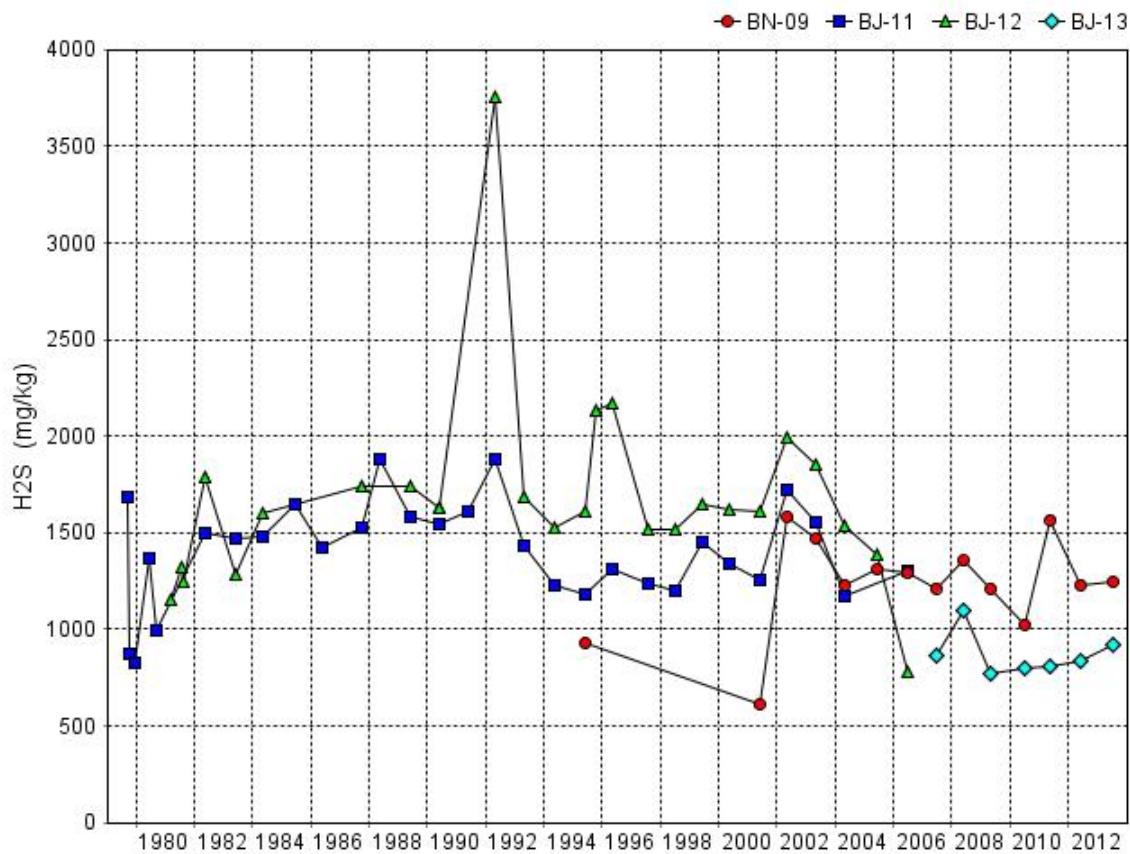
Á mynd 57 er sýndur koldíoxíðstyrkur í gufu, reiknaður við skiljuþrýsting. Styrkurinn í holu BJ-13 hefur minnkað eftir að hafa aukist undanfarin ár.

Styrkur H2S í gufu úr holunum er sýndur á mynd 58. Styrkurinn breytist lítið milli ára.

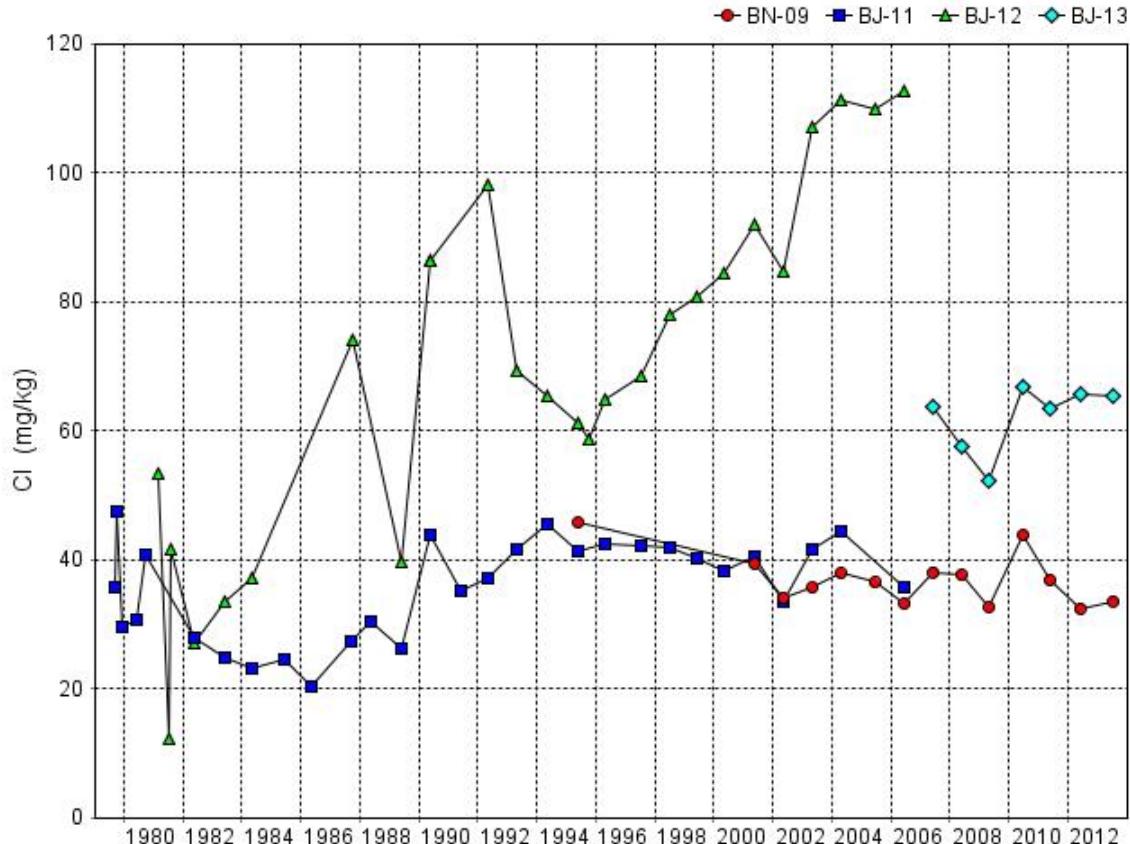
Á mynd 59 er sýndur styrkur Cl í vatni borholanna, reiknaður við skiljuþrýsting.



**Mynd 57** Bjarnarflag,  $CO_2$  í gufu á móti tíma.



**Mynd 58** Bjarnarflag, H<sub>2</sub>S í gufu á móti tíma.



**Mynd 59** Bjarnarflag, Cl í vatni á móti tíma .

## 4 NIÐURSTÖÐUR

### 4.1 Krafla

- Afköst virkjunarinnar voru 57 MW í upphafi árs en voru komin niður í 55 MW þegar vél 2 var tekin út um miðjan ágúst, en minnkunin átti sér stað nánast öll í maí mánuði. Eftir viðhaldsstopp náðist 56 MW framleiðsla og hélst hún þannig nánast óbreytt út árið. Samtals var raforkuframleiðsla stöðvarinnar á árinu 1703 TJ.
- Í júlímaðuði árið 2013 voru 18 holur tengdar Kröflustöð og framleiddu þær 113,4 kg/s af háþrýstigufu og 21,7 kg/s lágþrýstigufu, sem reikningslega nægir til framleiðslu á 56,0 MW af rafmagni. Hluti háþrýstigufunnar er notaður til þess að knýja gasdælur og voru afköst virkjunarinnar því nokkuð minni eða 54 MW.
- Háþrýstigufa mældist 2,3 kg/s minni en á árið 2012 sem er minni árleg rýrnun en verið hefur undanfarin ár. Lágþrýstigufa mældist 0,8 kg/s minni en fyrir ári. Gufuframleiðsla á svæðinu dugar sem stendur ekki fyrir fullum afköstum stöðvarinnar sem á að geta framleitt a.m.k. 62 MW en framleiðir um 54 MW.
- Afköst KJ-14, KJ-31 og KJ-37 í Suðurhlíðum hafa minnkað verulega frá því að þeim var hleypt upp. Þær gefa nú sáralítið afl. Huga ætti að örvinaraaðgerðum á þessum holum. Í framhaldi er æskilegt að þær verði reknar á hærri toppþrýstingi til þess að minnka hættu á uppsuðu og útfellingum í æðum.
- Tekin voru samtals um 9.541 þúsund tonn af vatn og gufu úr svæðinu á árinu 2013. Þar af var gufa til raforkuframleiðslu 4.810 þúsund tonn. Upptekt vegna prófunar á nýjum holum var 550 þúsund tonn.
- Dælt var samtals 2.706 þúsund tonnum af vatni í holu KJ-26 og 361 þúsund tonnum í KJ-39. Nettó vinnsla úr jarðhitgeymínunum var því 6.474 þúsund tonn.
- Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýstigufu reiknast um 0,89 %, samanborið við 1,00 % árið 2012. Heildargasstreymi inn í stöðina minnkaði verulega og reiknast 1,11 kg/s samanborið við 1,28 kg/s í fyrra. Það er vegna minnkandi gufu og einnig minni gasstyrks í gufu.
- Losun koldíoxíðs var 31.681 tonn á árinu 2013 en orkuframleiðslan var 1708 TJ og reiknast koldíoxíðlosunin því vera um 67 g/kWh. Losun brennisteinsvetnis til andrúmslofts var 4.323 tonn sem eru 9,1 g/kWh..
- Styrkur arsens (As) í frárennslisvatninu var eins og áður yfir umhverfismörkum og Króm (Cr) var yfir mörkum í vatni frá kæliturnum...

### 4.2 Bjarnarflag

- Í júlímaðuði árið 2013 voru 2 holur tengdar Bjarnarflagsstöð og framleiddu þær samkvæmt aflmælingum 18,7 kg/s af háþrýstigufu en stöðin framleiddi 2,0 MW af rafmagni. Frá holu BJ-13 renna 16,8 kg/s af skiljuvatni í Bjarnarflagslónið en 21,8 kg/s renna úr holu BN-09 í Jarðböðin.
- Heildarmassataka árið 2013 var 1.832 þúsund tonn eða nokkuð minna en 2012 en þá var vinnslan 2.418 þúsund tonn. Í fyrra voru tekin upp 425 þúsund tonn vegna prófunar á nýjum holum en nú ekki. Virkjuð gufa á árinu var 823 þúsund tonn og vatnsstreymi frá virkjun 1.008 þúsund tonn.
- Gas er lítið í gufu frá holunum og reiknast meðal gasstyrkur 0,18 %, sem er minna en í fyrra en þá mældist meðalstyrkur 0,23%.
- Losun koldíoxíðs var 347 tonn árið 2013 sem er minna en árið 2012 en losunin var 980 tonn í fyrra. Losun brennisteinsvetnis var einnig minni í ár eða 671 tonn samanborið við 888 tonn í fyrra.
- Styrkur arsens (As) fer yfir mengunarmörk eins og áður. Sérstaklega í Bjarnarflagslóninu en þar er stykurinn 218 µg/l sem telst ávallt ófullnægjandi ástand fyrir lífríki.

## 5 HEIMILDASKRÁ

- Trausti Hauksson 2010. *ViewData. Gagnabirtingarkerfi fyrir jarðvatnsvinnslu.* Notkunarleiðbeingar. Kemía janúar 2010, útgáfa 1.6, 14 s.
- Trausti Hauksson 2011. *Afkastamælingar borhola með þynningaraðferð og tvífasa mæliblendu. Innleiðing aðferðar.* Landsvirkjun, janúar 2011, Skýrsla nr: LV-2011/018 20 s.
- Trausti Hauksson 2013 *Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2012.* Landsvirkjun, mars 2013, Skýrsla nr: LV-2013/073 73 s.
- Umhverfisráðuneytið 1999: *Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 með síðari breytingum nr. 533/2001 og nr. 913/2003.* Stjórnartíðindi, B 106, Nr. 785-810, s. 2231-2253.
- Umhverfisráðuneytið 1999: *Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns nr. 797/1999.* Stjórnartíðindi, B 106, Nr. 785-810, s. 2253-2258.
- Umhverfisráðuneytið 1999: *Reglugerð um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kvikasilfri í yfirborðsvatn nr. 800/1999.* Stjórnartíðindi, B 106, Nr. 785-810, s. 2283-2287.
- Umhverfisráðuneytið 1999: *Reglugerð um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kadmiúm í yfirborðsvatn nr. 802/1999.* Stjórnartíðindi, B 106, Nr. 785-810, s. 2293-2299.

## VIÐAUKI 1

Krafla og Bjarnarflag

Massa- og varmavinnsla og  
losun koldíoxíðs ( $\text{CO}_2$ ) og brennisteinsvetnis ( $\text{H}_2\text{S}$ )



**Krafla. Heildar massavinnsla hvers árs (ktonn)**

|                 | <1977 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vinnsla         | 2000  | 2151 | 2447 | 1954 | 2527 | 2819 | 3055 | 4789 | 5231 | 4712 | 4503 | 4355 | 4274 | 4798 | 4840 | 4109 | 3027 | 3341 | 3615 |
| Ótengdar holur  | 2000  | 1593 | 653  | 204  | 884  | 449  | 827  | 1648 | 1108 | 704  | 516  | 694  | 229  | 126  | 455  | 367  | 5    | 0    | 0    |
| Virkjuð gufa    |       | 243  | 664  | 671  | 685  | 1221 | 1231 | 1894 | 2191 | 2140 | 2150 | 2088 | 2194 | 2275 | 2317 | 2050 | 1727 | 1836 | 1928 |
| Dæling í holur  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Frárennslisvatn | 0     | 315  | 1130 | 1079 | 958  | 1149 | 997  | 1247 | 1932 | 1868 | 1837 | 1573 | 1850 | 2397 | 2068 | 1692 | 1295 | 1505 | 1687 |

|                 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000  | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008  | 2009 | 2001 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-----------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Vinnsla         | 3817 | 4964 | 5922 | 8278 | 9136 | 10167 | 8336 | 8738 | 8747 | 7886 | 8453 | 8167 | 9568 | 10157 | 9101 | 9749 | 9223 | 9703 | 9541 |
| Ótengdar holur  | 0    | 271  | 1344 | 92   | 593  | 259   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 428  | 630   | 288  | 284  | 84   | 609  | 550  |
| Virkjuð gufa    | 1988 | 2237 | 2327 | 4288 | 4778 | 6073  | 5219 | 4858 | 4959 | 4654 | 4952 | 4919 | 5056 | 4945  | 4837 | 5393 | 5133 | 4934 | 4810 |
| Dæling í holur  |      |      |      |      | 207  | 415   |      | 1278 | 1849 | 1708 | 1540 | 1462 | 1665 | 1778  | 2572 | 2792 | 2530 | 2563 | 3067 |
| Frárennslisvatn | 1829 | 2456 | 2252 | 3898 | 3558 | 3420  | 3117 | 2602 | 1939 | 1524 | 1961 | 1786 | 2419 | 2804  | 1405 | 1280 | 1476 | 1597 | 1115 |

**Bjarnarflag. Heildar massavinnsla hvers árs (ktonn)**

|                 | <1977 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vinnsla         | 1500  | 2000 | 2000 | 1418 | 1852 | 1964 | 1820 | 1733 | 1751 | 1742 | 1794 | 1827 | 1801 | 1780 | 1753 | 1750 | 1401 | 1721 | 2142 |
| Ótengdar holur  | 0     | 0    | 0    | 218  | 42   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Virkjuð gufa    | 718   | 958  | 958  | 575  | 1161 | 1459 | 1351 | 1227 | 1250 | 1192 | 1221 | 1244 | 1207 | 1152 | 1108 | 1090 | 790  | 901  | 1179 |
| Dæling í holur  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Frárennslisvatn | 782   | 1042 | 1042 | 625  | 649  | 505  | 469  | 506  | 501  | 550  | 573  | 583  | 594  | 628  | 645  | 660  | 611  | 820  | 963  |

|                 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vinnsla         | 2040 | 2122 | 2020 | 2034 | 1782 | 1458 | 1430 | 2156 | 2261 | 2028 | 1467 | 2904 | 2676 | 2302 | 2190 | 2174 | 4328 | 2418 | 1832 |
| Ótengdar holur  | 38   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 327  | 282  | 345  | 419  | 1    | 2174 | 425  | 0    |
| Virkjuð gufa    | 1072 | 1138 | 1083 | 1088 | 970  | 839  | 776  | 1018 | 1088 | 960  | 606  | 1062 | 1182 | 994  | 887  | 1103 | 990  | 923  | 824  |
| Dæling í holur  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Frárennslisvatn | 930  | 984  | 937  | 946  | 812  | 619  | 654  | 1138 | 1173 | 1068 | 861  | 1515 | 1212 | 963  | 884  | 1070 | 1164 | 1070 | 1008 |

### Krafla. Árleg losun CO<sub>2</sub> (tonn)

|                          | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Heildarlosun</b>      | 21233 | 22298 | 24856 | 44885 | 58158 | 80175 | 69877 | 63009 | 59023 | 50280 | 48964 | 45514 | 43607 | 44515 | 44145 | 44100 | 39683 | 39050 | 32737 |
| <b>Ótengdar holar</b>    | 0     | 469   | 3364  | 435   | 9174  | 5831  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1144  | 4064  | 3648  | 567   | 83    | 2041  | 626   |
| <b>Losun frá virkjun</b> | 21233 | 21829 | 21491 | 44450 | 48971 | 74320 | 69878 | 62899 | 58891 | 50158 | 48787 | 45415 | 42378 | 40398 | 40358 | 43397 | 39451 | 36845 | 31985 |
| <b>Dæling í holar</b>    | 0     | 0     | 0     | 0     | 13    | 24    | 0     | 111   | 132   | 122   | 178   | 99    | 85    | 53    | 139   | 137   | 149   | 164   | 127   |

### Biarnarfлаг. Árleg losun CO<sub>2</sub> (tonn)

### Krafla. Árleg losun H<sub>2</sub>S (tonn)

|                          | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Heildarlosun</b>      | 1669 | 1789 | 1989 | 3543 | 5130 | 6359 | 5703 | 5317 | 5471 | 5065 | 5059 | 4984 | 4759 | 5508 | 4894 | 5621 | 5180 | 5320 | 4584 |
| <b>Ótengdar holar</b>    | 0    | 47   | 339  | 110  | 844  | 327  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 157  | 500  | 251  | 88   | 28   | 272  | 69   |
| <b>Losun frá virkjun</b> | 1669 | 1743 | 1650 | 3433 | 4256 | 5971 | 5703 | 5257 | 5384 | 4985 | 4987 | 4915 | 4525 | 4925 | 4522 | 5401 | 5033 | 4928 | 4370 |
| <b>Dæling í holar</b>    | 0    | 0    | 0    | 0    | 30   | 61   | 0    | 60   | 87   | 80   | 72   | 69   | 78   | 84   | 121  | 131  | 119  | 120  | 144  |

### Bjarnarflag. Árleg losun H2S (tonn)



VIÐAUKI 2  
MEÐHÖNDLUN SÝNA OG  
EFNAGREININGAAÐFERÐIR



## MEÐHÖNDLUN SÝNA OG EFNAGREININGAAÐFERÐIR

### Meðhöndlun vatnssýna í felti:

**Ru:** Ómeðhöndlað sýni

**Fu:** Sýni síað með 0,45 µm síuþynnu.

**Fa:** Sýni síað með 0,45 µm síuþynnu og sýrt með fullsterkri salpétursýru.  
Magn sýru í sýni 0,5 %.

**Fp:** Sýni síað með 0,45 µm síuþynnu og H<sub>2</sub>S fellt með zinkacetati (2 M ZnAc<sub>2</sub>)  
Magn ZnAc<sub>2</sub> í sýni 0,01 M (0,5% af lausn).

**CAT:** Sýni síað með 0,45 µm síuþynnu og sýrt með 1 N salpétursýru (HNO<sub>3</sub>).  
Magn sýru í sýni 0,5 %. Fyrir jónaskilju.

### Sýrustig (pH)

Meðhöndlun sýnis: Mælt á staðnum (borholusýni) eða safnað á loftþéttu flösku, (Ru) og mælt samdægurs.

Aðferð: Glerrafskaut með samþyggðu AgCl viðmiðunarskauti með tvöfaldri saltbrú.  
Mælir stilltur með búffer 7 og 4.

### Brennisteinsvetni og Koldíoxíð (H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>)

Meðhöndlun sýnis: Vatni (Ru) safnað í glerflösku lút bætt í til þess að binda gösin.  
Þétri gufu safnað í lofttæmda flösku með 40% lút.

Aðferð: Sjálfvirk titrun.

H<sub>2</sub>S titrað með 0,01 N AgNO<sub>3</sub> lausn við hátt pH gildi (pH > 10). Síðan er CO<sub>2</sub> titrað í sömu lausn með 0,1 N HCl lausn frá pH 8,2 til 4,3. Sýru bætt í, blásið með argoni (Ar) og baktítrað með 0,1 N NaOH lausn milli pH 4,3 og 8,2.

Fyrir lútarsýni var CO<sub>2</sub> í blindum (40% NaOH) ákvarðaðað á sama hátt og leiðrétt fyrir áhrifum CO<sub>2</sub> í lútarlausn á titrunina.

### Brennisteinsvetni (H<sub>2</sub>S) í frárennsli og hitaveituvatni (H<sub>2</sub>S < 2 mg/kg)

Meðhöndlun sýnis: Vatni (Ru) safnað í loftþéttu flösku.

Aðferð: Títrun með 0,001 N Hg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>-lausn í basískri aceton-lausn með dithizone indikator.

### Gas (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, Ar)

Meðhöndlun sýnis: Safnað yfir 40% lút. Rúmmál gass yfir lút var mælt með vigtun á kolbu fullri af eimuðu vatni og síðan eftir söfnun. Þrýstingur og hitastig gassins var mælt.

Aðferð: Gasgreinir TCD.

### Kíssill (SiO<sub>2</sub>)

Meðhöndlun sýnis: Vatnsýni var þynnt á staðnum með eimuðu vatni (Rd).

H<sub>2</sub>S var eytt með joðlausn og ofgnótt joðs með thiosúlfatlausn.

Aðferð: Litmæling með gulum molybdat komplex í súrri lausn.

### **Síl (Si)**

Meðhöndlun sýnis: Fa, óþynnt sýni.

Aðferð: Rafgas-massagreining (ICP-AES / ICP-SFMS).

### **Natríum (Na)**

Meðhöndlun sýnis : CAT, óþynnt sýni.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

### **Kalíum (K)**

Meðhöndlun sýnis : CAT, óþynnt sýni.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

### **Magnesíum (Mg)**

*Frárennslissýni og grunnvatn:*

Meðhöndlun sýnis : CAT, óþynnt sýni.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

### *Borholusýni:*

Meðhöndlun sýnis: Fa, óþynnt sýni.

Aðferð: Rafgas-massagreining (ICP-AES / ICP-SFMS).

### **Kalsíum (Ca)**

Meðhöndlun sýnis : CAT, óþynnt sýni.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

### **Klóríð (Cl)**

Meðhöndlun sýnis: Fu.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

### **Súlfat (SO<sub>4</sub>)**

Meðhöndlun sýnis: Fp.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

### **Flúor (F)**

Meðhöndlun sýnis: Fu.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

### **Járn (Fe)**

Meðhöndlun sýnis: Fa

Aðferð: Rafgas- massagreining (ICP-AES / ICP-SFMS).

### **Bór (B)**

Meðhöndlun sýnis: Fa

Aðferð: Rafgas- massagreining (ICP-AES / ICP-SFMS)

### **Ál (Al)**

Meðhöndlun sýnis: Fa

Aðferð: Rafgas- massagreining (ICP-AES / ICP-SFMS)

**Leiðni ( $\mu\text{S}$ )**

Meðhöndlun sýnis: Fu.

Aðferð: Platínuskaut, viðmiðunarhiti  $25^\circ\text{C}$ .

Mælir stilltur með KCl lausn.

**Föst svifefni (SS)**

Meðhöndlun sýnis: Sýni síað á staðnum með  $0,45 \mu\text{m}$  síuþynnu.

Aðferð: Purrkun og vigtun síuþynnu fyrir og eftir söfnun.

**Mengunarefni Cd, Zn, As, Hg, Pb, Ni, Cr, P**

Meðhöndlun sýnis: Fa

Aðferð: Rafgas-massagreining (ICP-AES / ICP-SFMS)



Háaleitisbraut 68  
103 Reykjavík  
[landsvirkjun.is](http://landsvirkjun.is)

[landsvirkjun@lv.is](mailto:landsvirkjun@lv.is)  
Sími: 515 90 00

