



# Krafla og Bjarnarflag

Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu  
í borholum og vinnslurás árið 2012

## Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2013-073

Dags: 2. mars 2013

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 2012.

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 heildaruppteikt gufu og vatns sem og um losun á yfirborð, í borholur og til andrúmslofts. Birtar eru mælingar á efnastyrk frárennslisvatns og útblásturgufu og teknar saman tölur um heildarlosun gróðurhúsalofttegunda og þungmálma frá virkjununum.

**Lykilorð:** Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola. Efnainnihald vatns og gufu. Frárennslis. Útblástur. Dæling í holur. Gróðurhúsalofttegundir. Þungmálmar.

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra  
Landsvirkjunar

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. Á. Steinsson', written over a horizontal line.

# Krafla og Bjarnarflag

Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu  
í borholum og vinnslurás árið 2012

**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

VÍÐAUKI 1	Krafla og Bjarnarflag. Massa- og varmavinnsla og losun koldíoxíðs (CO <sub>2</sub> ) og brennisteinsvetnis (H <sub>2</sub> S). . . . .	63
VÍÐAUKI 2	Meðhöndlun sýna og efnagreiningaaðferðir. . . . .	69

## TÖFLUSKRÁ

	bls
Tafla 1	Kröflustöð, efnagreining gufu inn í stöð, sýnataka 2012-07-30 ..... 8
Tafla 2	Kröflustöð, efnagreining gass, sýnataka 2012-07-30 ..... 8
Tafla 3	Kröflustöð, efnagreining kælivatns, sýnataka 2012-08-16 ..... 8
Tafla 4	Kröflustöð, afköst borhola árið 2012 ..... 17
Tafla 5	Kröflustöð. Styrkur efna í vatni og gufu borhola árið 2012 ..... 29
Tafla 6	Kröflustöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2012 ..... 30
Tafla 7	Kröflustöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2012 ..... 30
Tafla 8	Kröflustöð. Frárennslissýni árið 2012. .... 35
Tafla 9	Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Kröflu 2012. .... 36
Tafla 10	Styrkur mengunarefna í yfirborðsvatni í Kröflu 2012. .... 36
Tafla 11	Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki. .... 36
Tafla 12	Heildarlosun mengunarefna frá Kröflu árið 2012 ..... 37
Tafla 13	Bjarnarflag. Afköst borhola 2012. .... 49
Tafla 14	Bjarnarflag. Gas í gufu inn á veitu 2012 ..... 54
Tafla 15	Bjarnarflag. Berghiti 2012 ..... 54
Tafla 16	Bjarnarflag. Styrkur efna í vatni og gufu í borholum árið 2012 ..... 57
Tafla 17	Bjarnarflag. Frárennslissýni 2012. .... 57
Tafla 18	Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Bjarnarlagi 2012. .... 58
Tafla 19	Styrkur mengunarefna ( $\mu\text{g/l}$ ) í frárennslissvatni í Bjarnarlagi 2012 ..... 58
Tafla 20	Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki. .... 58
Tafla 21	Heildarlosun mengunarefna frá Bjarnarlagi árið 2012 ..... 58

## MYNDASKRÁ

	<b>bls</b>
Mynd 1	Kröflustöð vél 1 og 2. Raforkuframleiðsla árið 2012. .... 9
Mynd 2	Kröflustöð vél 1 og 2. HP-gufa árið 2012. .... 9
Mynd 3	Kröflustöð vél 1 og 2. LP-gufa árið 2012. .... 10
Mynd 4	Kröflustöð. Meðburður í HP-gufu árið 2012. .... 10
Mynd 5	Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig í eimsvala árið 2012. .... 11
Mynd 6	Kröflustöð vél 1 og 2. Gasprýstingur í eimsvala árið 2012. .... 11
Mynd 7	Kröflustöð vél 1 og 2. Gashiti í eimsvala árið 2012. .... 12
Mynd 8	Kröflustöð. Gas í HP-gufu árið 2012. .... 12
Mynd 9	Kröflustöð vél 1 og 2. Varmanýtni árið 2012. .... 13
Mynd 10	Kröflustöð vél 1 og 2. Vélarnýtni árið 2012. .... 13
Mynd 11	Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig kælivatns árið 2012. .... 14
Mynd 12	Kröflustöð vél 1 og 2. Sýrustig kælivatns. .... 14
Mynd 13	Borholur í Kröflu árið 2012. .... 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	Hvíthólakliff, gufurennslí úr holum. .... 21
Mynd 21	Hvíthólakliff, vatnsrennslí úr holum. .... 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	Hvíthólakliff. 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 2012. .... 31
Mynd 32	Kröflusvæði. Árleg losun koldíoxíðs (CO <sub>2</sub> ). .... 33
Mynd 33	Kröflusvæði. Árleg losun brennisteinsvetnis (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, H <sub>2</sub> í gufu á móti tíma. .... 40
Mynd 38	Leirbotnar, djúpar holur, SO <sub>4</sub> í vatni á móti tíma. .... 41
Mynd 39	Leirbotnar, djúpar holur, SiO <sub>2</sub> 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	Hvíthólakliff, vermi á móti tíma. .... 44
Mynd 43	Hvíthólakliff, SiO <sub>2</sub> í vatni á móti tíma. .... 45
Mynd 44	Hvíthólakliff, CO <sub>2</sub> í gufu á móti tíma. .... 45
Mynd 45	Hvíthólakliff, H <sub>2</sub> S í gufu á móti tíma. .... 46
Mynd 46	Hvíthólakliff, 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, SO <sub>4</sub> í vatni á móti tíma. .... 48
Mynd 49	Bjarnarflag, gufurennslí úr holum. .... 50
Mynd 50	Bjarnarflag, vatnsrennslí úr holum. .... 50
Mynd 51	Bjarnarflag. Árleg vinnsla og vermi. .... 51
Mynd 52	Bjarnarflag. Árleg gufuvinnsla og frárennslí. .... 52
Mynd 53	Flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð ágúst 2013. .... 53
Mynd 54	Bjarnarflag. Árleg losun koldíoxíðs (CO <sub>2</sub> ). .... 55
Mynd 55	Bjarnarflag. Árleg losun koldíoxíðs (H <sub>2</sub> S). .... 56
Mynd 56	Bjarnarflag, CO <sub>2</sub> í gufu á móti tíma. .... 59
Mynd 57	Bjarnarflag, H <sub>2</sub> S í gufu á móti tíma. .... 60
Mynd 58	Bjarnarflag, SiO <sub>2</sub> í vatni á móti tíma. .... 60

# 1 INNGANGUR

Í júlí og ágústmánuði árið 2012 voru tekin vatns- og gufusýni úr samtals 18 holum í Kröflu og í maímánuði úr 2 holum í Bjarnarflagi til árlegs eftirlits.

Við sýnasöfnun aðstoðuðu starfsmenn virkjunarinnar en sýnum var safnað úr eftirfarandi borholum 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 (Kafli 3) og eru þær holur, sem voru blásandi og safnað var úr, auðkenndar með fylltum hring.

Borholurnar voru afkastamlæddar 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 sem leitt er í Jarðbaðalónin svo og af hitaveituvatni.

Trausti Hauksson hafði umsjón með afkastamælingum og sýnatöku. Ásgerður K. Sigurðardóttir og Svanfríður H. Magnúsdóttir 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, lútargjöf, 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 2012.

Raforkuframleiðsla hverflanna er sýnd á mynd 1. Hverfill 1 var í gangi í 339 dag á árinu. Framleiðsla hans var að jafnaði um 27,7 MW. Orkuframleiðslan var 810 TJ á árinu. Framleiðsla hverfils 2 var að jafnaði um 28,8 MW en hann gekk í 356 daga og orkuframleiðslan var 886 TJ. Samtals var raforkuframleiðsla stöðvarinnar 1696 TJ.

Afköst virkjunarinnar voru 58 MW í upphafi árs en voru komin niður í 57 MW þegar vél 1 var tekin út í maí. Næg gufa var þá til þess að keyra vél 2 á fullum afköstum 31 MW. Eftir viðhaldsstopp náðist aðeins 55 MW framleiðsla allt þar til hola KJ-39 var tengd í nóvember að framleiðslan fór upp í um 59 MW. Í lok ársins hafði framleiðsaln minnkað aftur í 57 MW

Mælt gufurensli 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, reiknast um 0,95 %, samanborið við 1,06% árið 2011. Heildargasstreymi inn í stöðina reiknast 1,38 kg/s samanborið við 1,42 kg/s í fyrra.

Gassýnum var safnað úr millieimsvala og eftirkæli og er efnasamsetningin sýnd í töflu 2. Súrefnisstyrkur í gasi frá vél 1 er meiri en frá vél 2 sem stafar af meiri súrefnisleka með áspéttigufunni

Niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum úr eimsvala og kæliturni vélasamstæðu 1 og 2 eru sýndar í töflu 3. Sýrustigið í lægra lagi í báðum turnum. Rafleiðni var ekki mæld en ætti að vera um 110 til 120  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

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 %. Gas í lágþrýstigufunni var ómælanlegt með rúmmálsaðferð.

Orkunýtni vélar 1 reiknaðist um 75 % og varmanýtnin 19 % að jafnaði fyrrihluta ársins (sjá myndir 9 og 10). Þessi nýtni er væntanlega ofáætluð vegna þess að HP-gufumælirinn hafi sýnt of lágt gildi. Eftir að gufumælar voru yfirfarnir í viðhaldsstoppi reiknaðist nýtnin minni. Þá reiknaðist orkunýtnin 63% og varmanýtnin 17% sem eru trúlegri 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 í kringum pH 5.



**Tafla 1 Kröflustöð, efnagreining gufu inn í stöð, sýnataka 2012-07-30**

Nafn	Gufa								Gas
	Rennsli	CO2	H2S	H2	N2	CH4	NH3	Ar	hlutfall
	kg/s	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
HP-Gufa	115,7	9743	1229	87,9	36,3	8,33	0,1	1,41	1,11
LP-Gufa	22,5	692	305	0,8	12,6	1,99		0,62	0,1
<b>Samtölur</b>	<b>138,20</b>	<b>8269</b>	<b>1079</b>	<b>73,7</b>	<b>32,5</b>	<b>7,30</b>	<b>0,10</b>	<b>1,28</b>	<b>0,95</b>

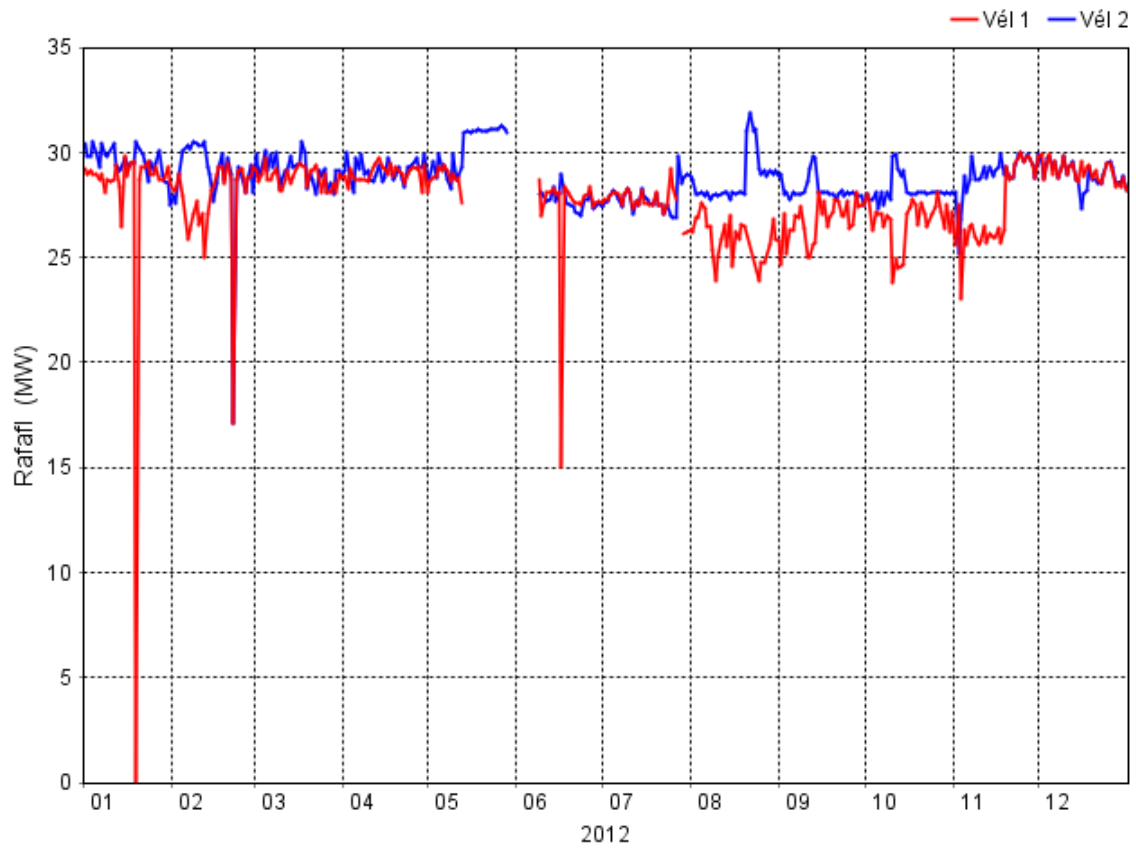
**Tafla 2 Kröflustöð, efnagreining gass, sýnataka 2012-07-30**

	CO2	H2S	H2	O2	N2	CH4	Ar
Nafn	%	%	%	%	%	%	%
HP-Gufa	73,09	11,91	14,39		0,43	0,17	0,01
LP-Gufa	61,32	34,90	1,47		1,75	0,48	0,06
Millieimsvali 1	70,37	9,34	5,36	3,77	10,88	0,07	0,22
Gas 1	54,72	7,13	4,50	7,52	25,68	0,06	0,39
Millieimsvali 2	74,10	11,13	5,48	2,55	6,61	0,05	0,08
Gas 2	63,71	9,16	5,07	5,14	16,57	0,09	0,27

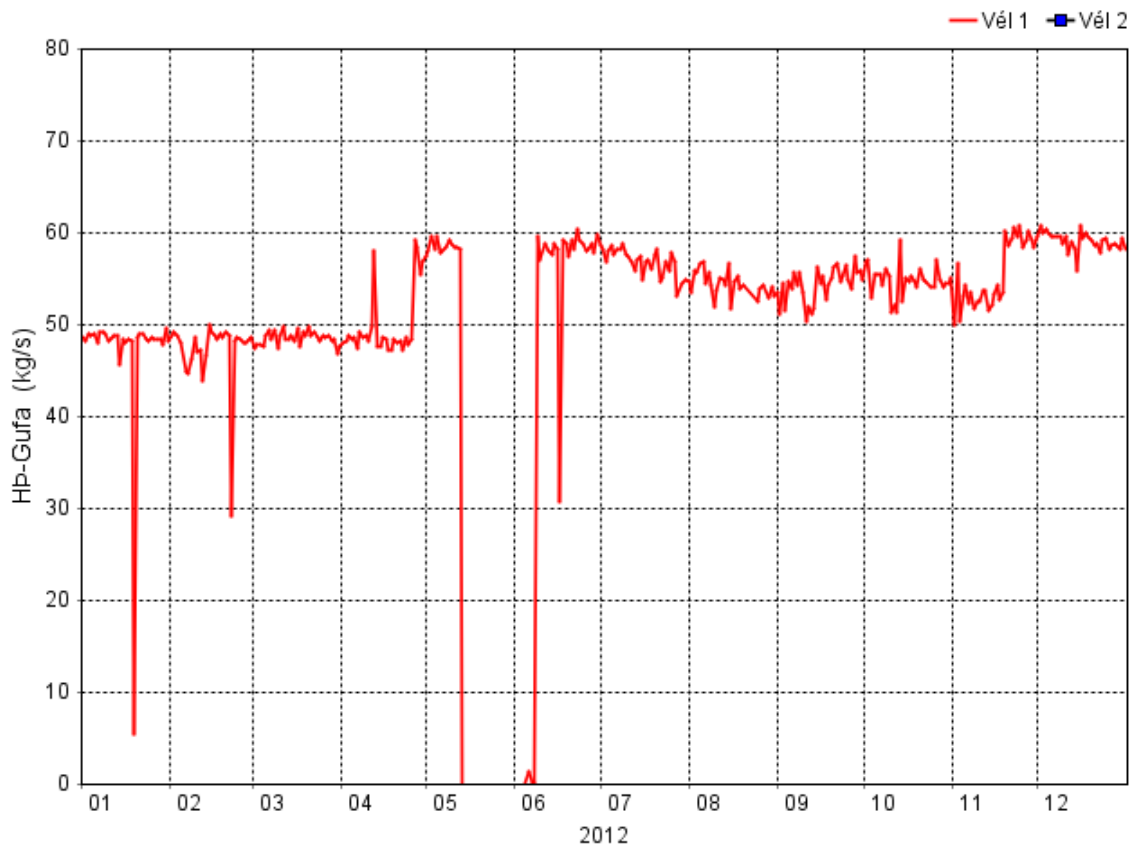
**Tafla 3 Kröflustöð, efnagreining kælivatns, sýnataka 2012-08-16**

Nafn	Hitastig	pH	Basi	CO2	H2S	SiO2	Na	SO4	Rafleiðni	SS
	°C		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µS/cm	mg/kg
Eimsvali 1	42,4	5,05	0,4	28,8	3,8		19,2	62,4		9,7
Eimsvali 2	45,4	5,22	0,6	25,2	3,3		17,4	59,3		9
Kæliturn 1	23,8	5,15	0,1	10,8						
Kæliturn 2	24,3	4,77	-0,3	1,9						

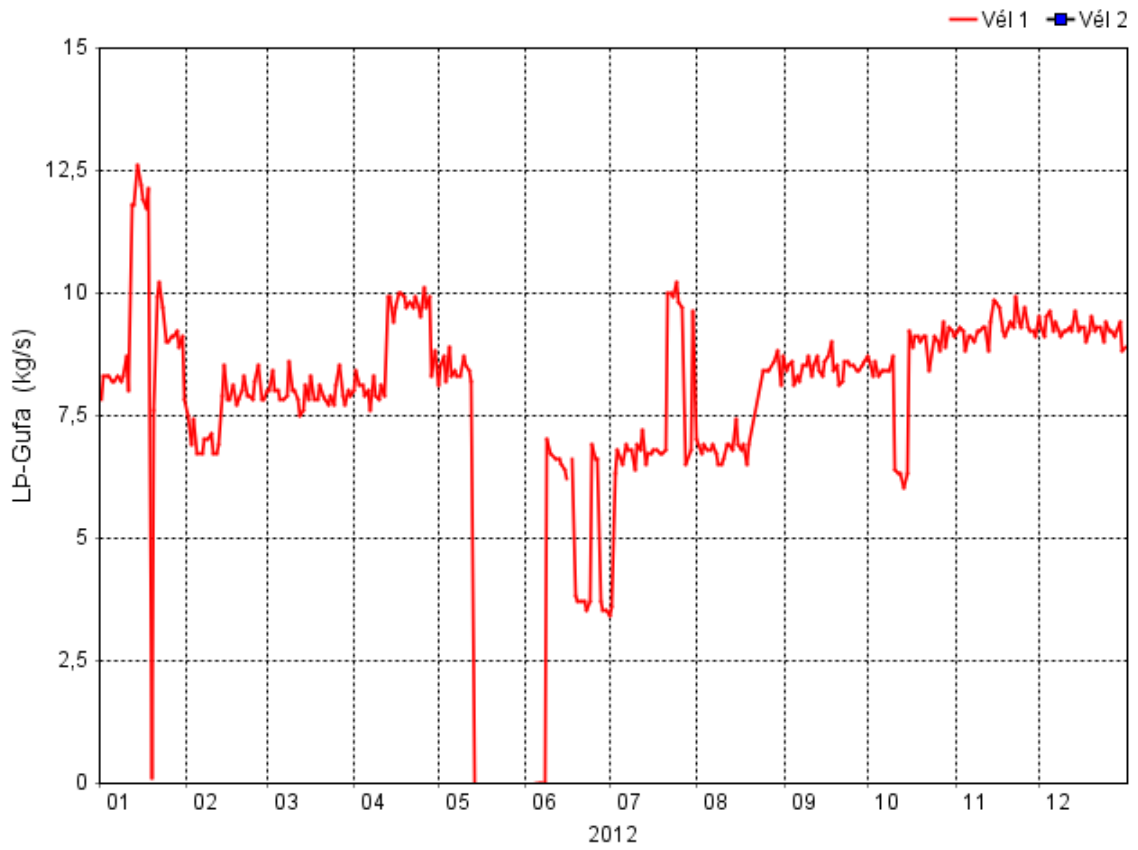
SS=brennisteinn



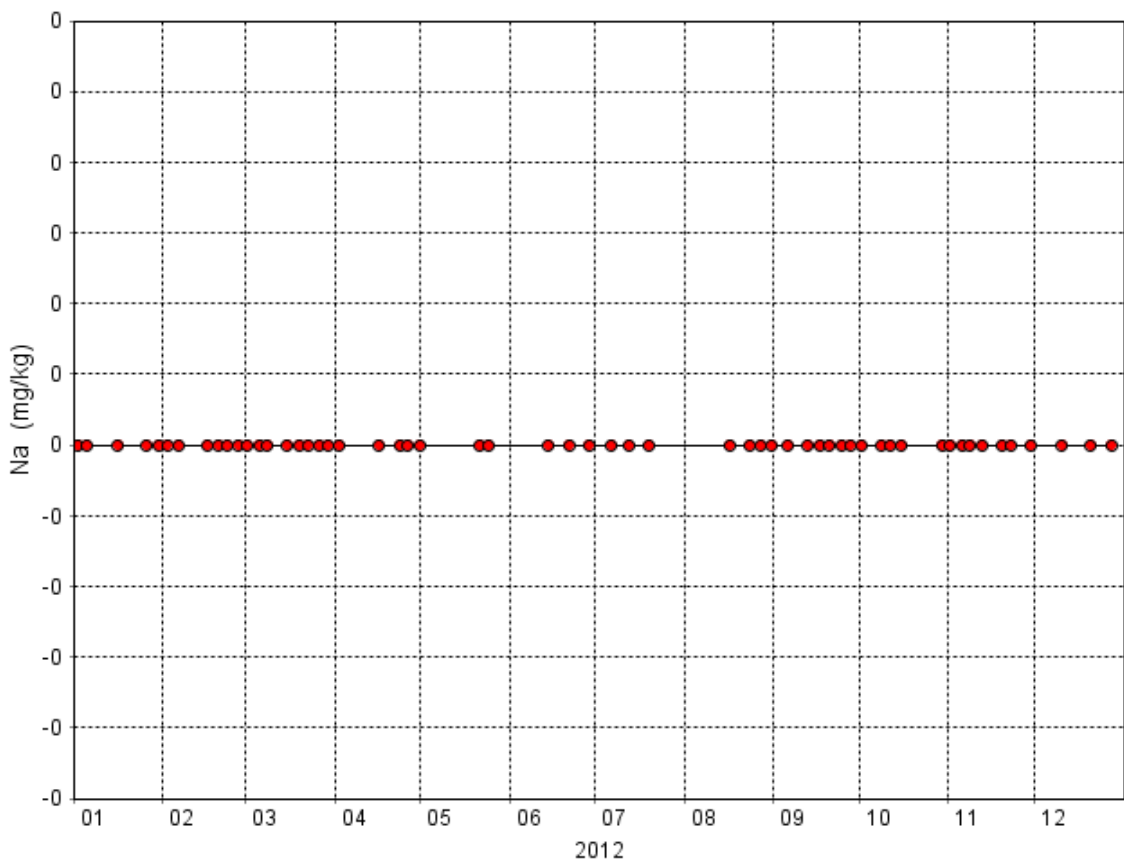
**Mynd 1** Kröflustöð vél 1 og 2. Raforkuframleiðsla árið 2012.



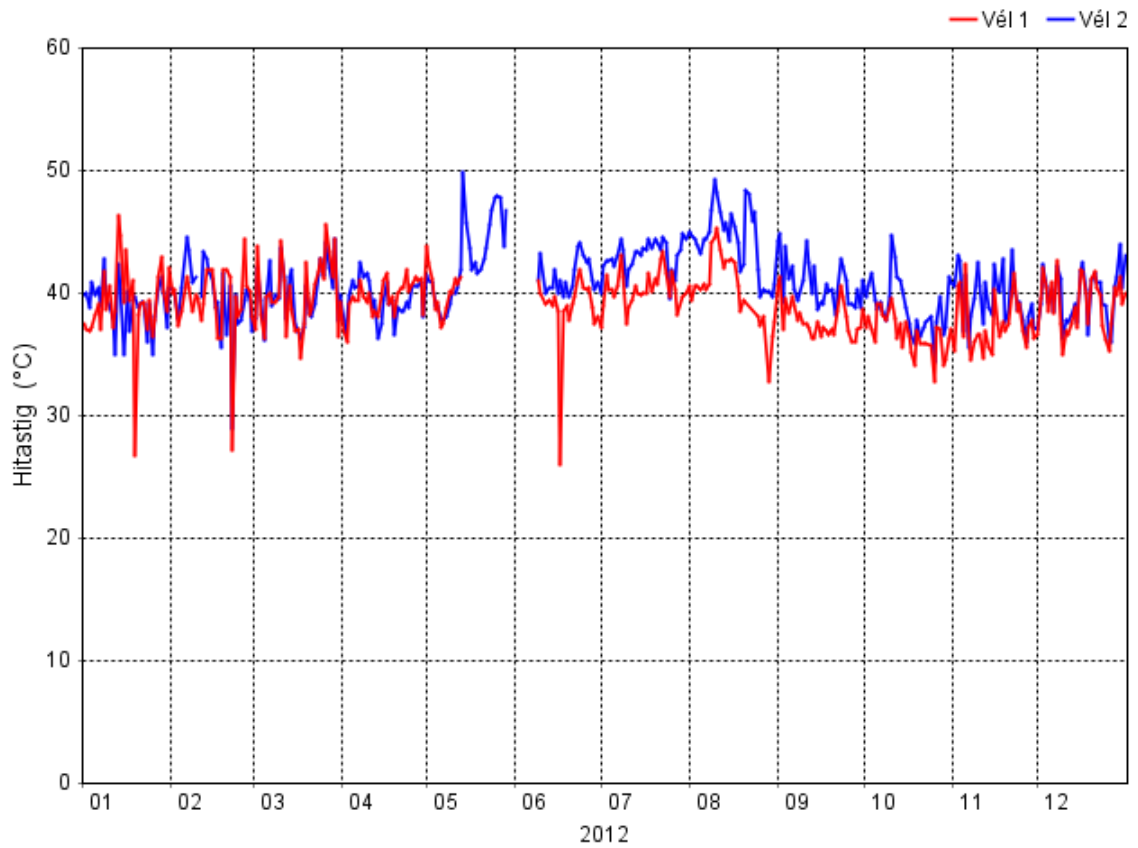
**Mynd 2** Kröflustöð vél 1 og 2. HP-gufa árið 2012.



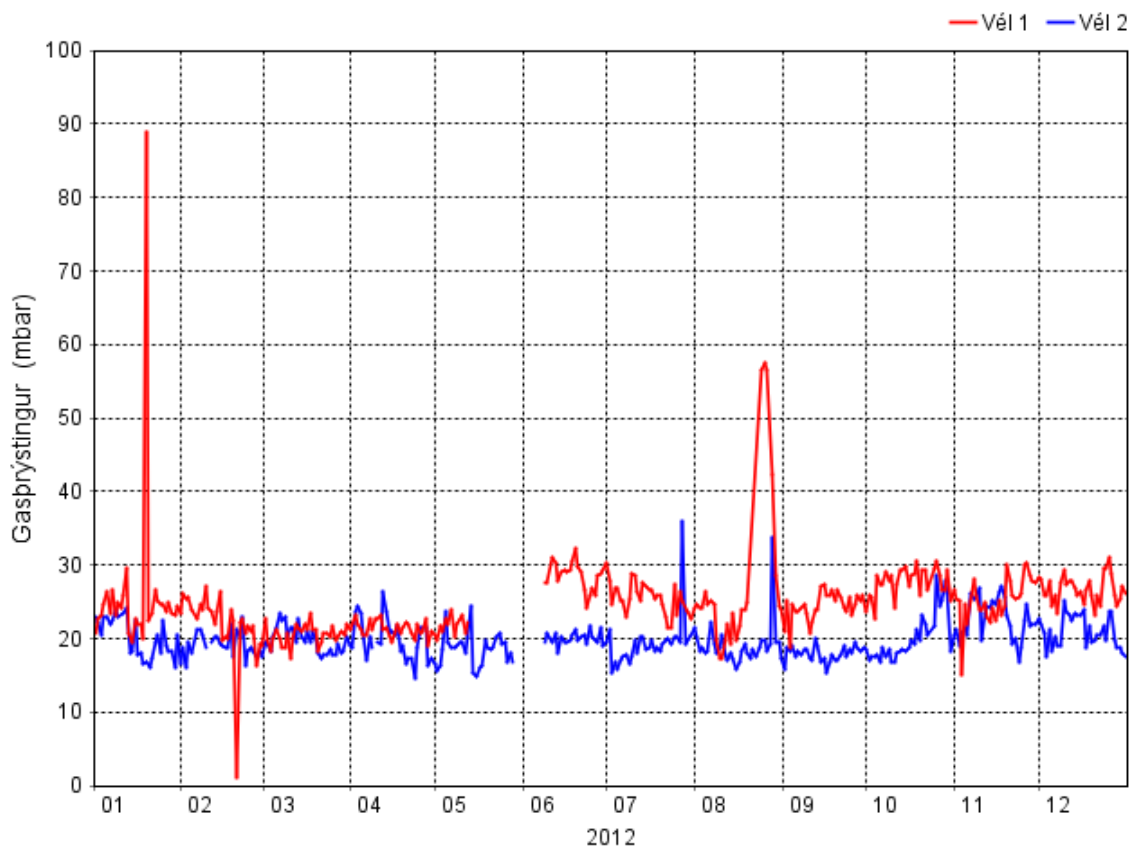
**Mynd 3** Kröflustöð vél 1 og 2. LP-gufa árið 2012.



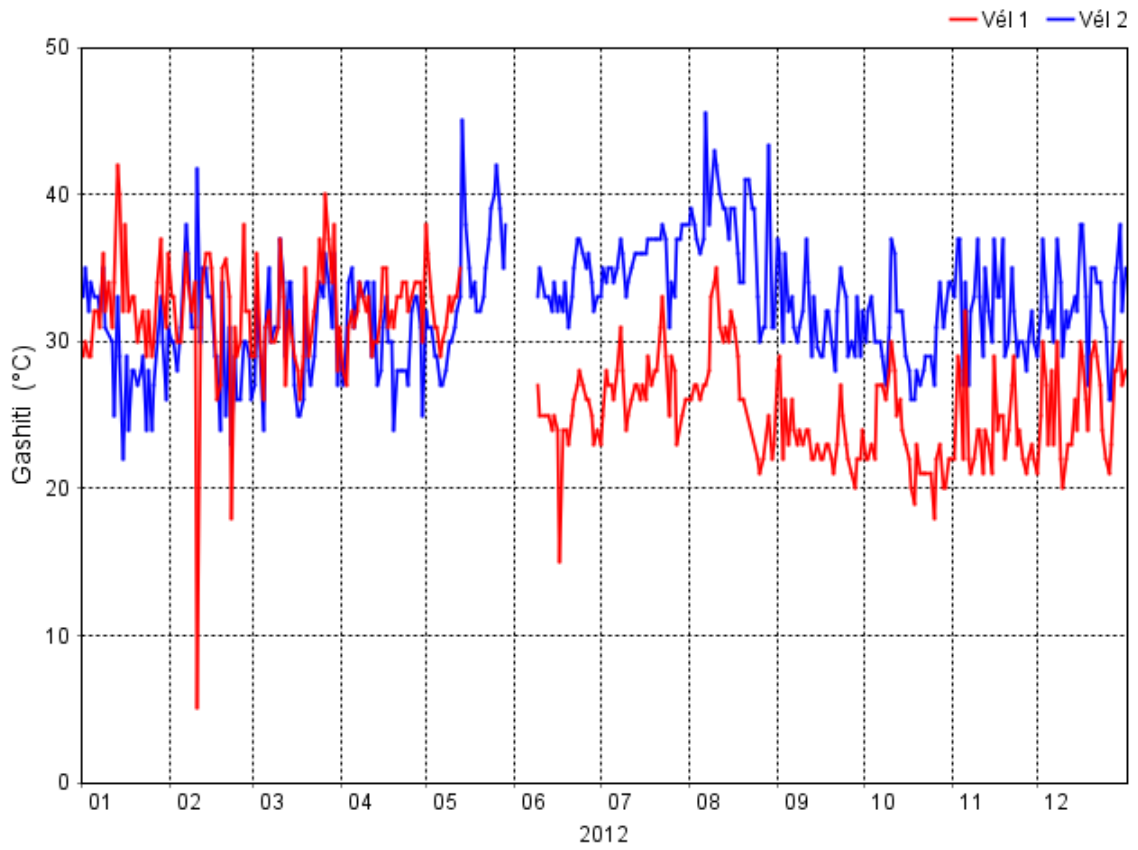
**Mynd 4** Kröflustöð. Meðburður í HP-gufu árið 2012.



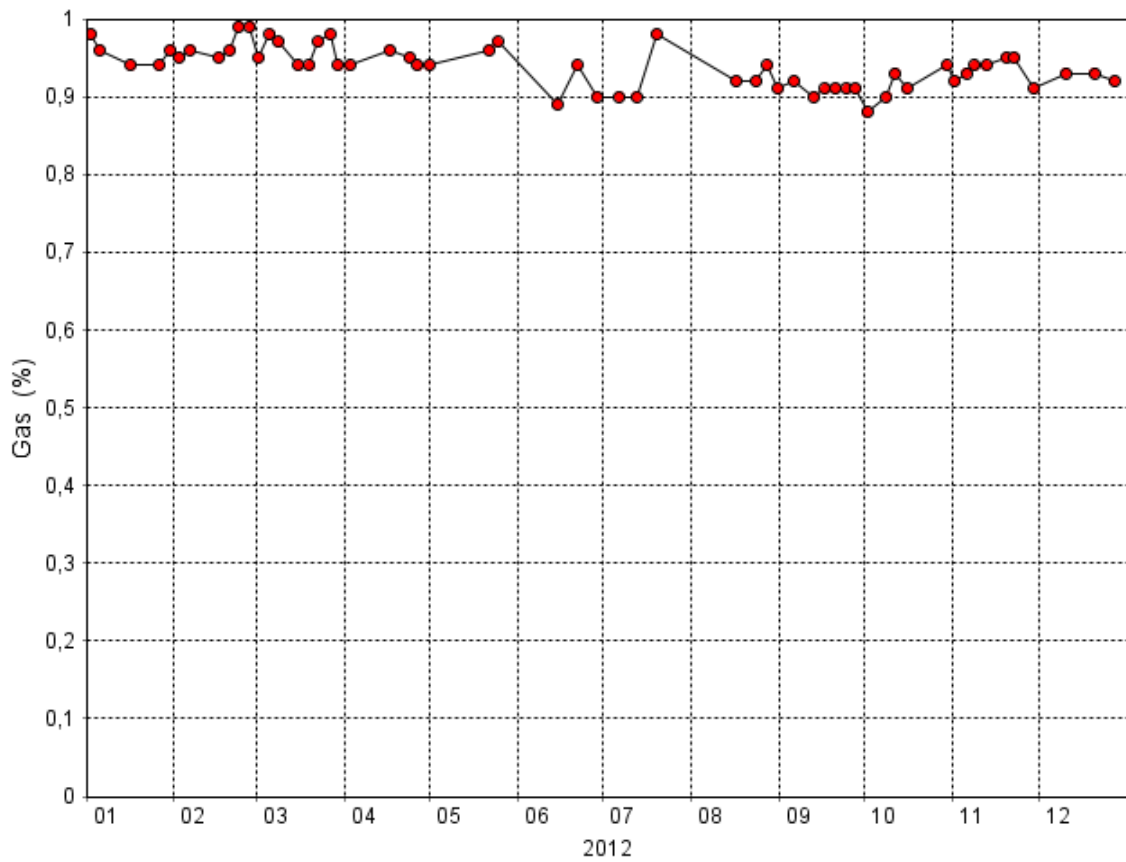
**Mynd 5** *Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig í eimsvala árið 2012.*



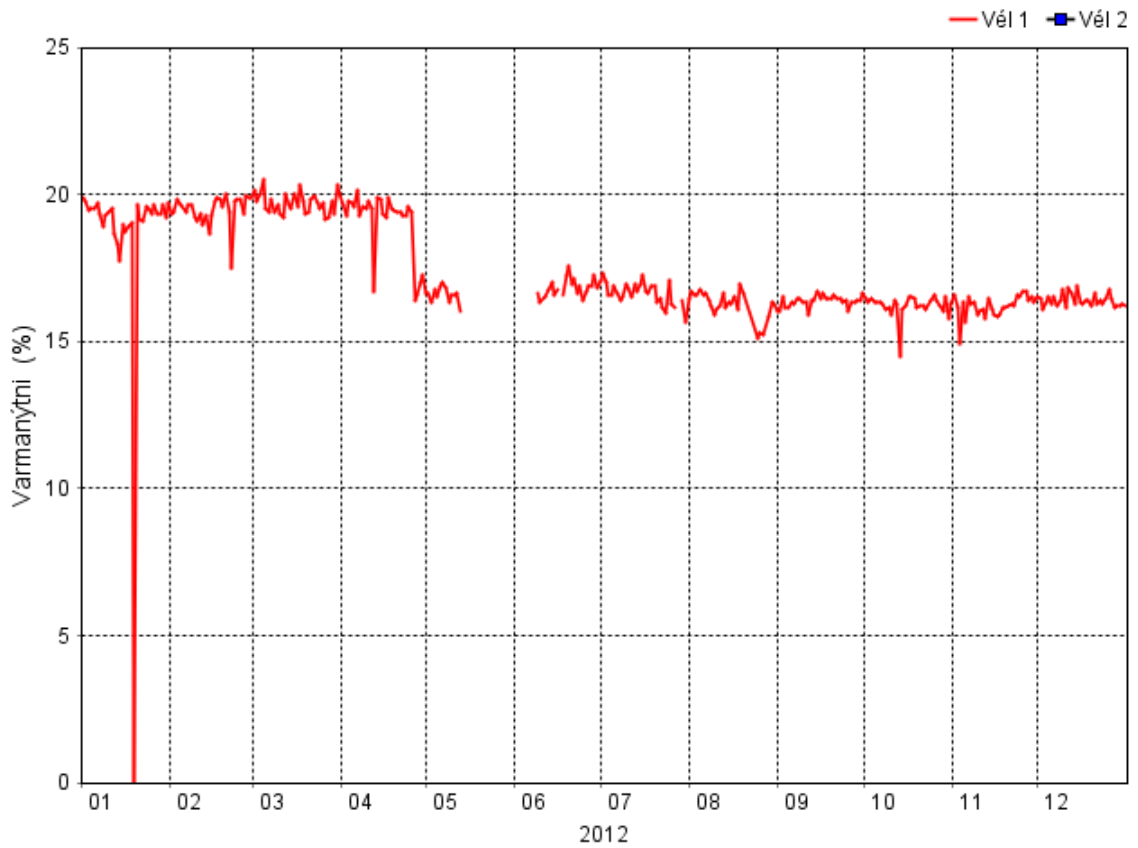
**Mynd 6** *Kröflustöð vél 1 og 2. Gasþrýstingur í eimsvala árið 2012.*



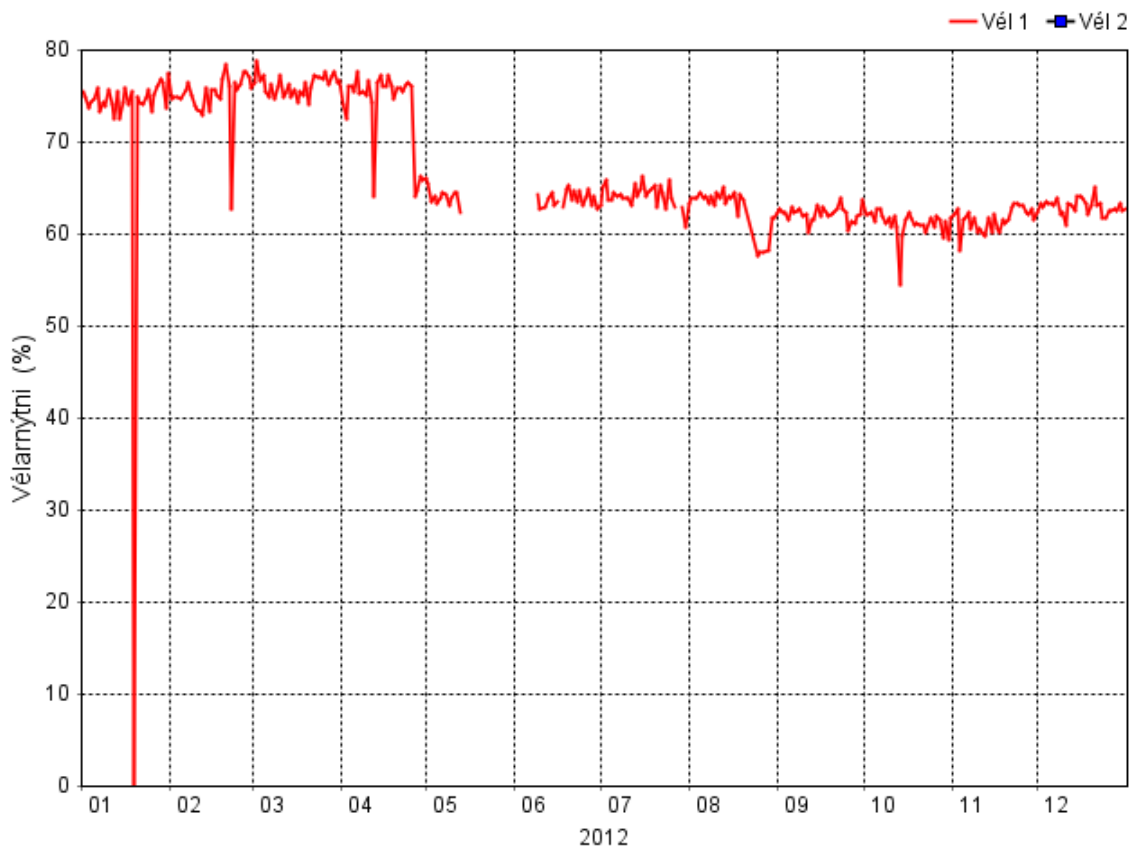
**Mynd 7** *Kröflustöð vél 1 og 2. Gashiti í eimsvala árið 2012.*



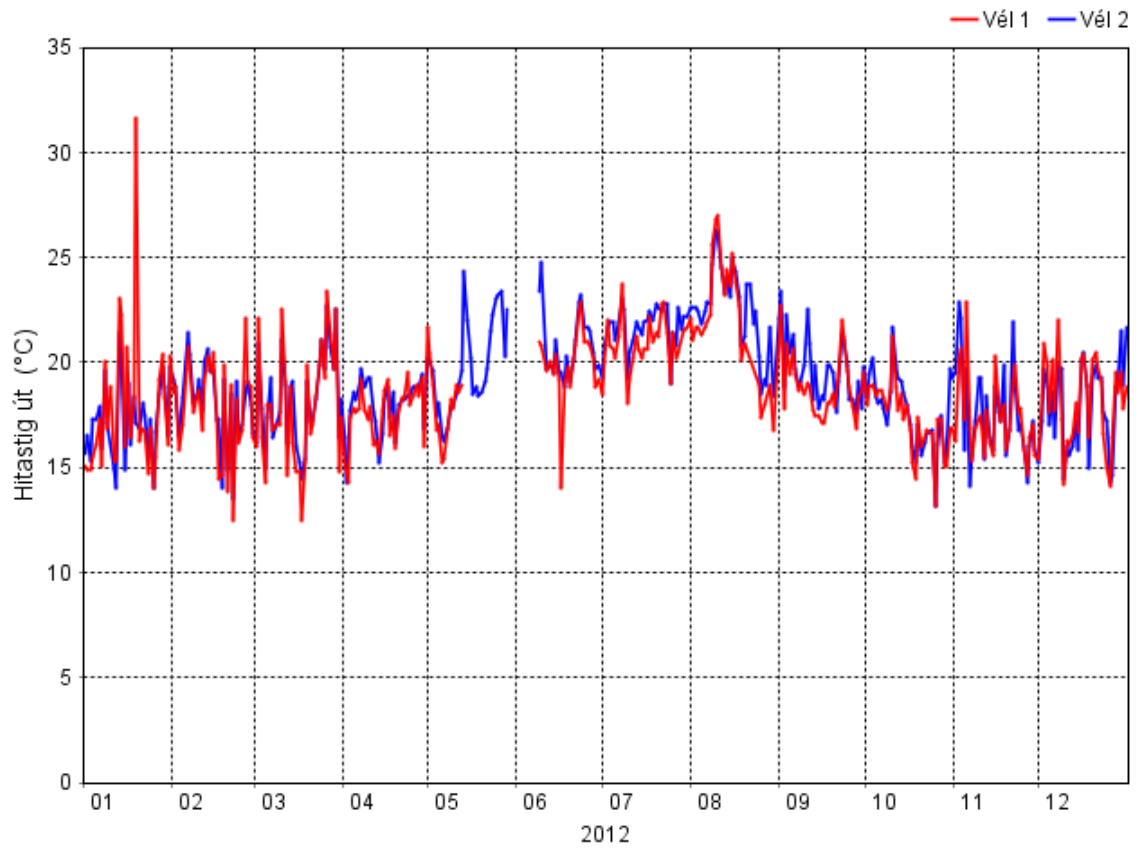
**Mynd 8** *Kröflustöð. Gas í HP-gufu árið 2012.*



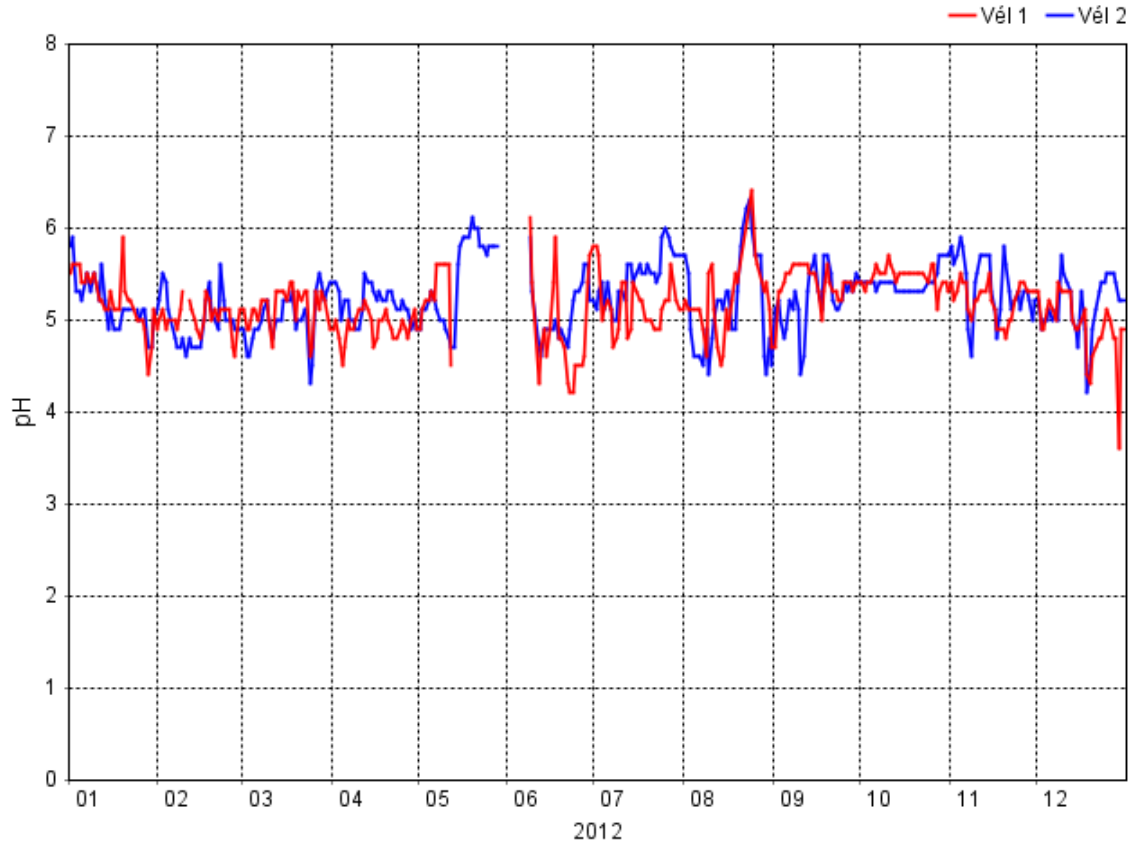
**Mynd 9** *Kröflustöð vél 1 og 2. Varmanýtni árið 2012.*



**Mynd 10** *Kröflustöð vél 1 og 2. Vélarnýtni árið 2012.*

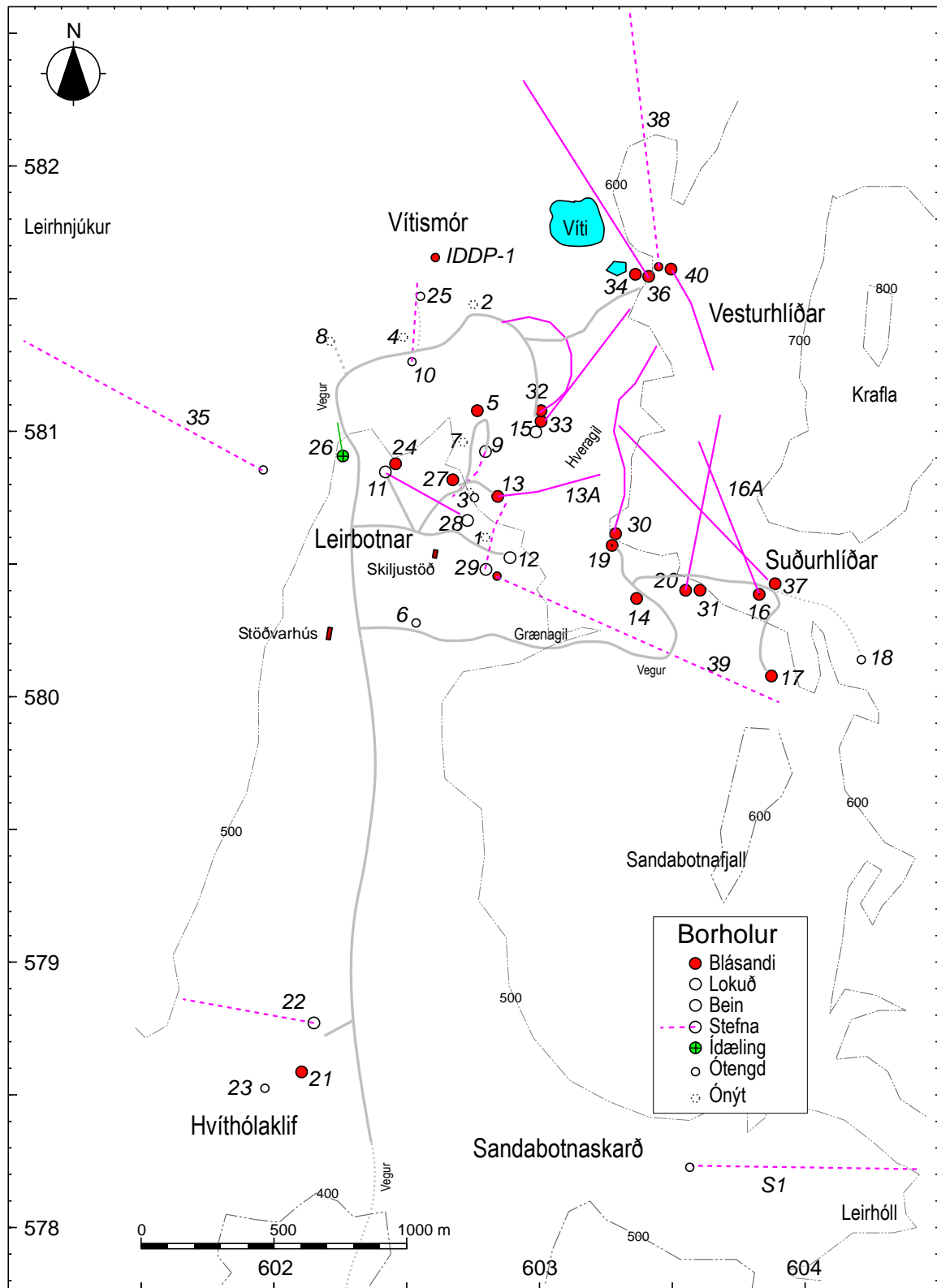


**Mynd 11** *Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig kælivatns árið 2012.*



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

BORHOLUR Í KRÖFLU



Mynd 13 Borholur í Kröflu árið 2012.



## 2.2 AFKASTAMÆLINGAR

### 2.2.1 Afköst borhola

Afköstin voru ákvörðuð með mælingu á mismunaprýstingi 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. Vermí og rennsli er síðan reiknað út frá þessum tveimur mælingum. Þar sem ekki var blenda í lögninni var vermíð 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 vermí 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 6 eru birtar reiknaðar stærðir fyrir valdar mælingar úr hverri holu.

Í ágústmánuði árið 2012 voru 18 holur tengdar Kröflustöð og framleiddu þær 115,7 kg/s af háþrýstigufu og 22,5 kg/s lágþrýstigufu, sem reikningslega nægir til framleiðslu á 57,2 MW af rafmagni. Hluti háþrýstigufunnar er notaður til þess að knýja gasdælur og voru afköst virkjunarinnar því nokkuð minni eða 54,9 MW.

Háþrýstigufa mældist 18,3 kg/s minni en á árið 2011. Holur KJ-21 og KJ-30 minnkuðu í afli en hola KJ-34 þó mest en hún minnkaði um 7 kg/s.

Lágþrýstigufa mældist 5,3 kg/s meiri en fyrir ári. Mælingar sýndu meira rennsli úr holum KG-05 og KG-24. Þær voru mældar með þynningaraðferð, en vermí ákvarðað með kísilmælingu. Áður voru þessar holur mældar með krítískum stút og vatnsmælingu í V-yfirfalli.

Gufuframleiðsla á svæðinu dugar sem stendur ekki fyrir fullum afköstum stöðvarinnar sem á að geta framleitt a.m.k. 62 MW en framleiðir um 55 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.

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 fyrr en nú að vatnsrennsli mældist meira en áður. Sjá myndir 14 og 15.

Tvær holur vinna úr dýpri hluta Leirbotnasvæðisins, þ.e. holur KJ-13 og KJ-27. Vatnsrennsli úr þeim hefur aukist undanfarin ár en gufurennsli breyst minna. Nú í ár urðu óverulegar breytingar á afköstum þeirra. Sjá myndir 16 og 17.

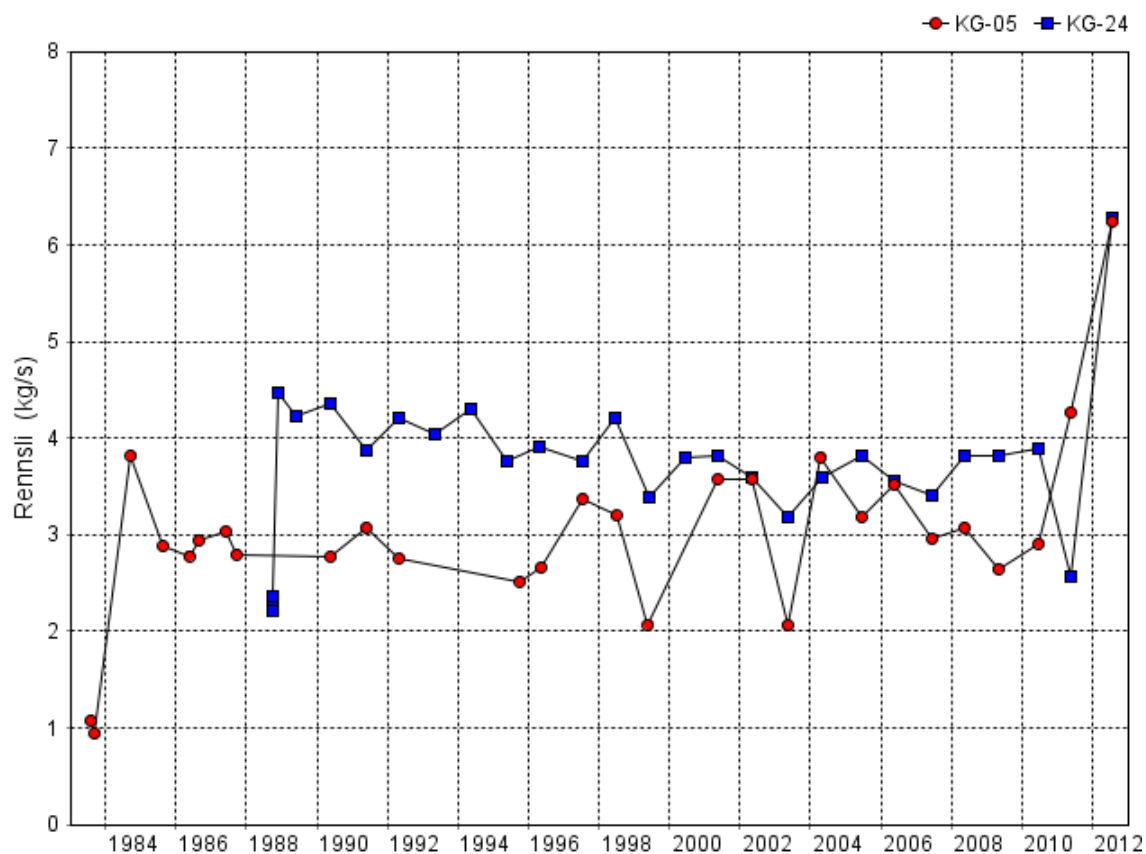
Gufu og vatnsrennsli úr Suðurhlíðaholum hefur minnkað jafnt og þétt frá því að holurnar fóru í blástur nema úr holu KJ-20. Mest aflminnkun hefur orðið á holum KJ-14, KJ-31. Hola KJ-30 hefur einnig minnkað nokkuð í ár en álitamál er hvort hún telst vinna úr Suðurhlíða- eða Vesturhlíðasvæðinu. Sjá myndir 18 og 19.

Hola KJ-21 á Hvíthólasvæði minnkaði lítilsháttar í afli en afköst hennar hafa snarminnkað síðustu árin. Gufurennsli minnkar en vatnsrennsli breytist minna. Sjá myndir 20 og 21. Svo virðist sem gufuæð sem var á tæplega 600 m dýpi í holunni hafi dalað mikið sérstaklega síðustu 6 ár. Mögulegt er að niðurdæling í holu KJ-26 hafi áhrif á þrýstiástandið í Hvíthólakerfinu og valdi þessu.

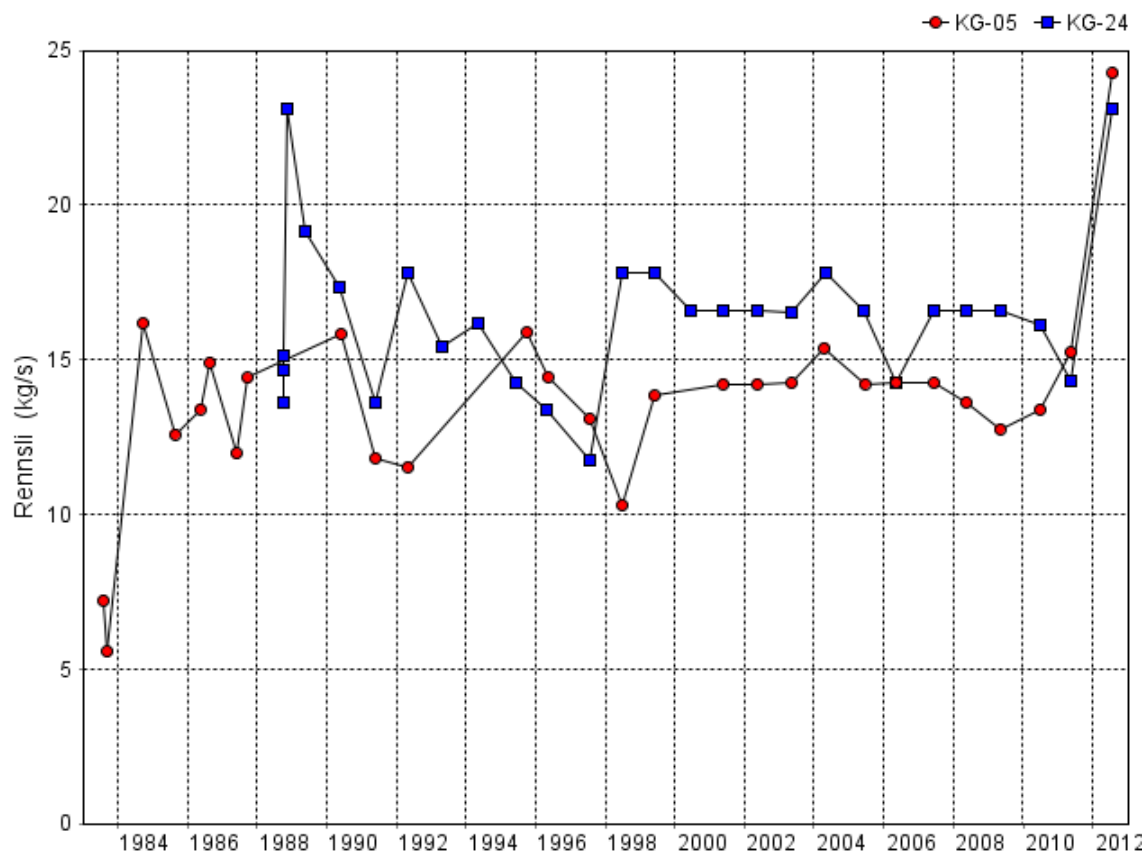
Holur á Vesturhlíðasvæðinu hafa verið að gefa eftir smám saman í afli. Nú varð veruleg minnkun á afli holu KJ-34. Nýjasta holan KT-40 heldur sínu. Vatnsrennsli úr KJ-32 hefur aukist jafnt og þétt. Ekki er ólíklegt að það sé vegna niðurdælingar í KJ-26. Sjá myndir 22 og 23.

**Tafla 4 Kröflustöð, afköst borhola árið 2012**

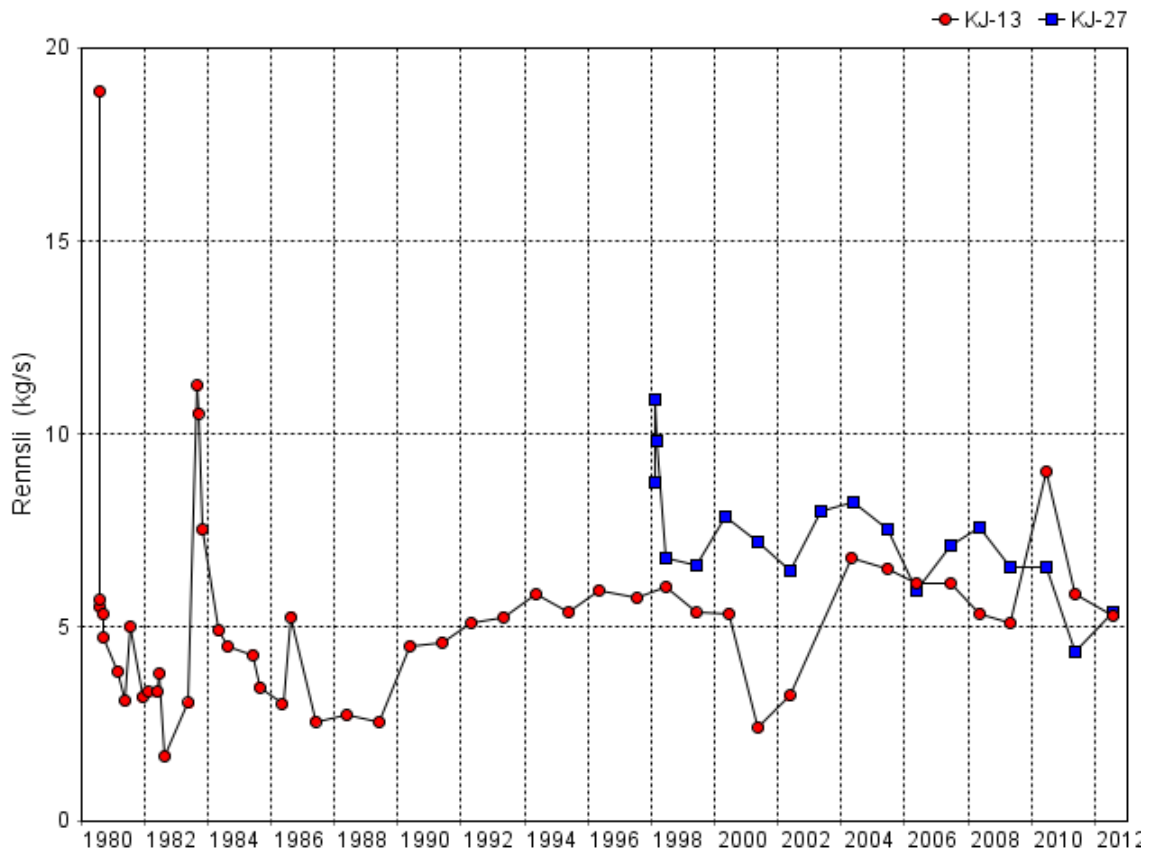
Nafn	Tími	Heildar			HP-Skilja	LP-Skilja	Frárennsli		Hverfill
		Vermi	Rennsli	Varmaafli	Gufa	Gufa	Gufa	Vatn	Rafafli
		kJ/kg	kg/s	MW	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	MW
KG-05	2012-08-01	967	30,49	24,4		6,2	1,1	23,2	2
KG-24	2012-08-01	986	29,42	24,1		6,3	1,0	22,1	2
KJ-13	2012-07-31	1425	15,42	19,4	5,3	0,9	0,4	8,8	2,6
KJ-14	2012-08-13	2716	3,35	8,5	3,3	0	0	0,1	1,4
KJ-16	2011-01-05	2660	1,4	3,4	1,3	0	0	0,1	0,6
KJ-17	2012-07-03	2377	5,77	12,7	4,7	0,1	0	1	2,1
KJ-19	2012-08-14	2583	1,65	4,0	1,5	0	0	0,1	0,7
KJ-20	2012-08-14	2577	5,24	12,6	4,8	0	0	0,4	2,1
KJ-21	2012-07-31	1131	34,83	33,6	7,0	2,6	1,1	24,2	3,8
KJ-27	2012-07-31	1025	36,18	31	5,4	2,8	1,2	26,7	3,2
KJ-30	2012-08-13	2762	19,97	51,8	19,9	0	0	0	8,6
KJ-31	2012-08-02	2782	0,98	2,6	1,0	0	0	0	0,4
KJ-32	2012-08-01	1160	44,87	44,6	9,6	3,3	1,4	30,6	5,2
KJ-33	2012-08-14	2501	3,37	7,9	2,9	0	0	0,4	1,3
KJ-34	2012-08-02	2609	21,2	51,8	19,6	0,2	0,1	1,4	8,5
KJ-36	2012-08-02	2771	10,44	27,2	10,4	0	0	0	4,5
KJ-37	2012-08-15	2532	1,41	3,3	1,3	0	0	0,1	0,5
KT-40	2012-08-02	2644	18,79	46,5	17,7	0,1	0	1	7,7
	<b>Samtölur</b>	<b>1605</b>	<b>284,8</b>	<b>409,4</b>	<b>115,7</b>	<b>22,5</b>	<b>6,3</b>	<b>140,2</b>	<b>57,2</b>



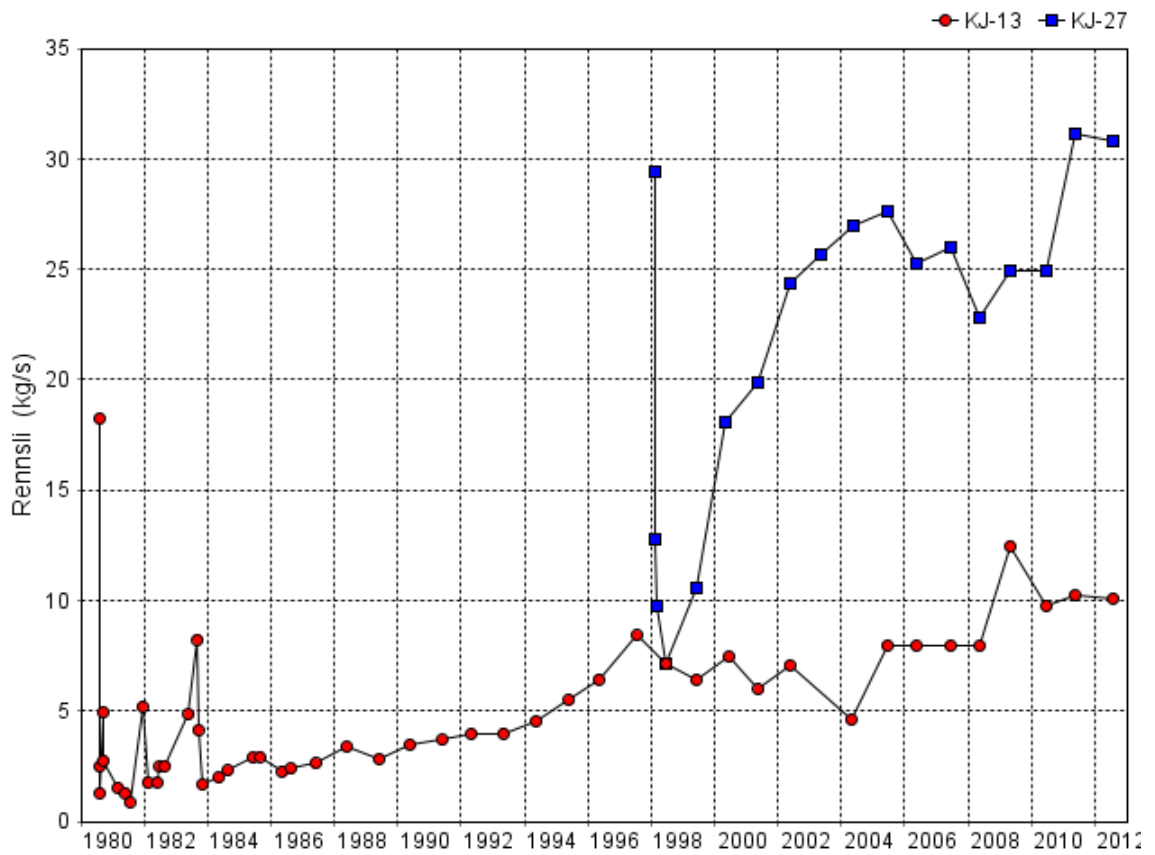
Mynd 14 *Leirbotnar, gufurennslí úr grunnum holum.*



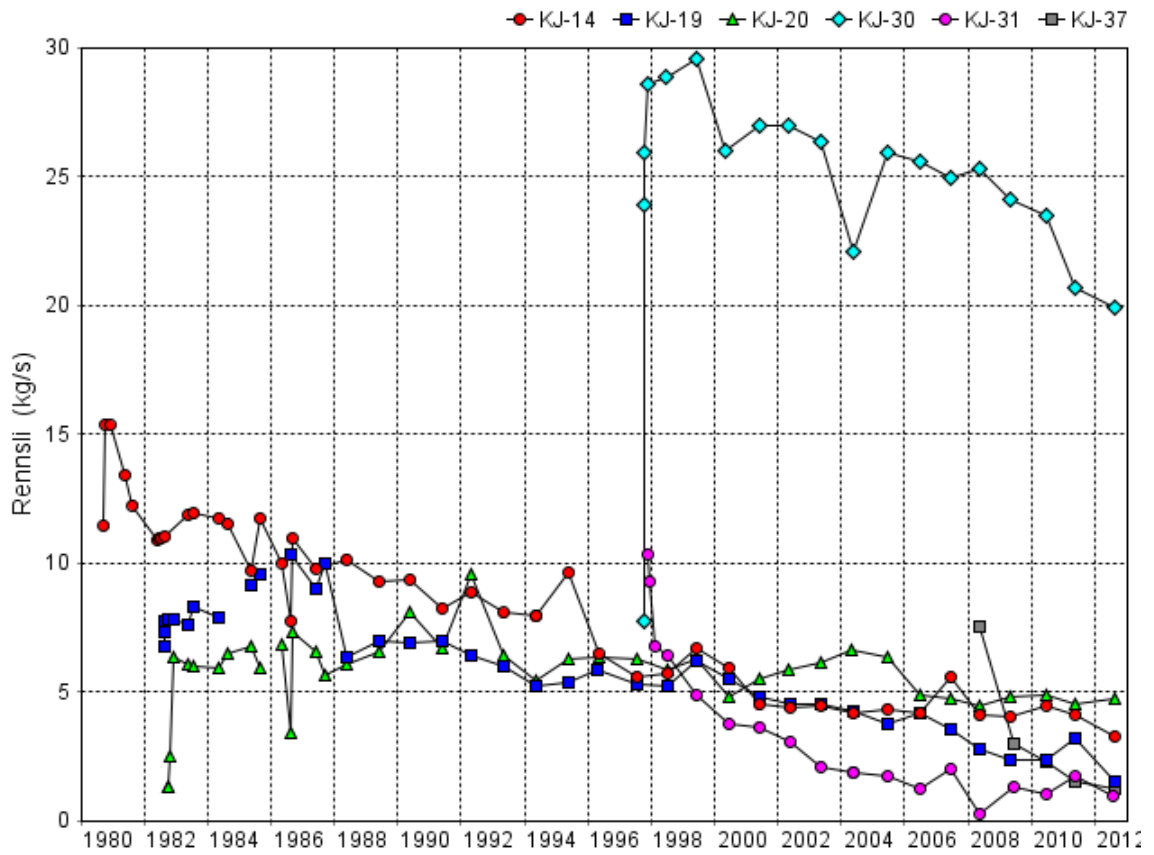
Mynd 15 *Leirbotnar, vatnsrennsli úr grunnum holum.*



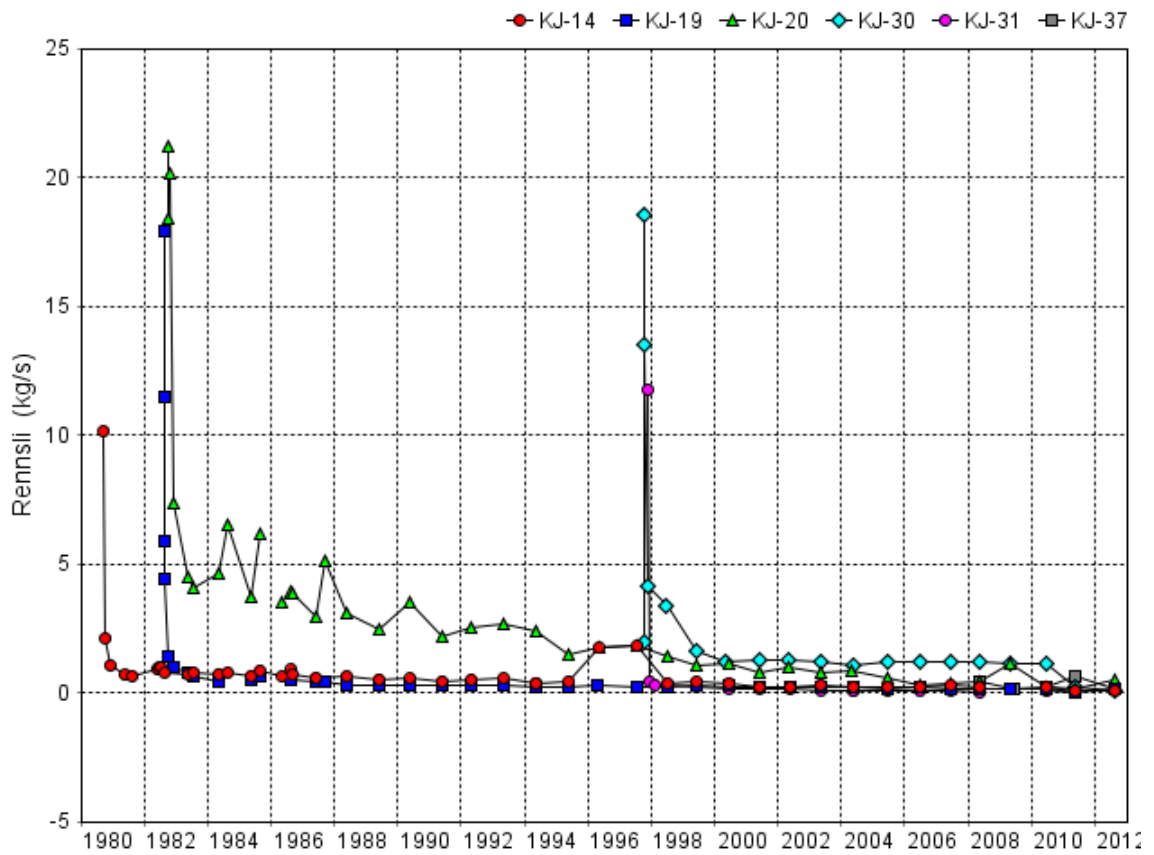
Mynd 16 *Leirbotnar, gufurennslí úr djúpum holum.*



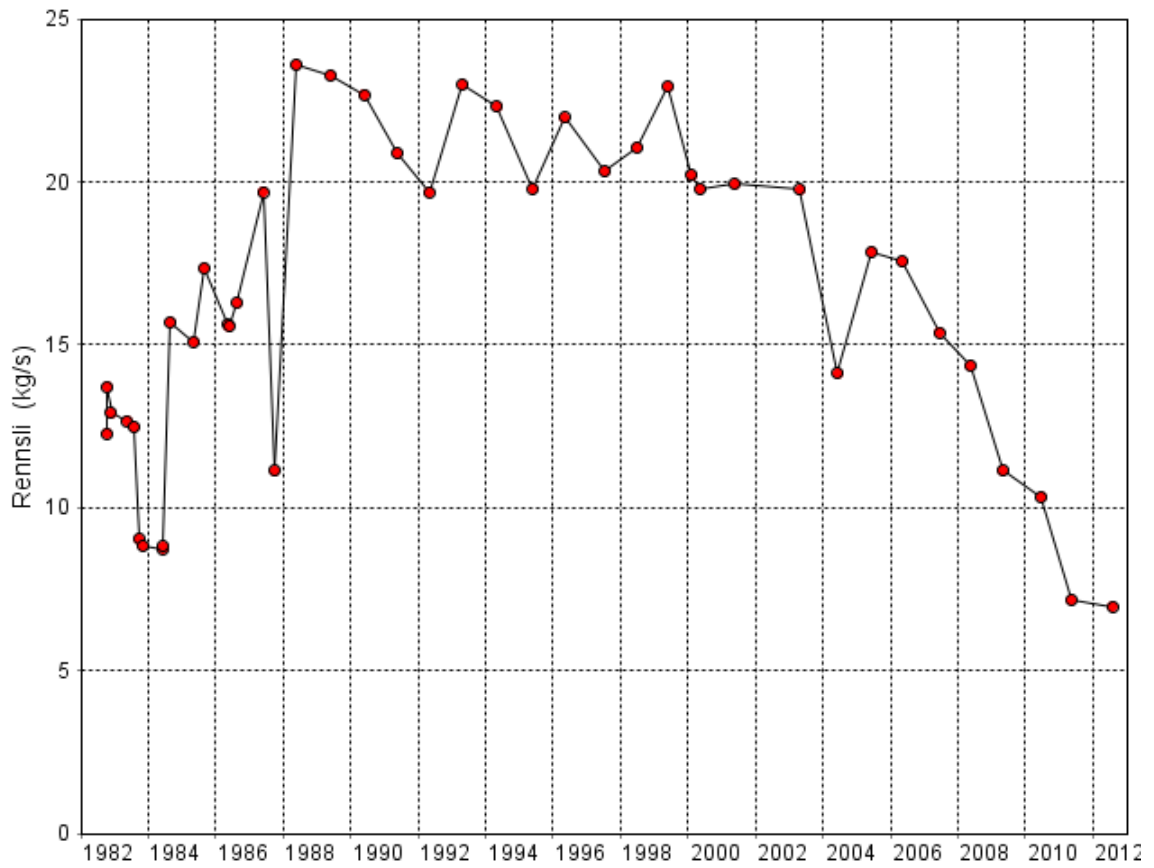
Mynd 17 *Leirbotnar, vatnsrennsli úr djúpum holum.*



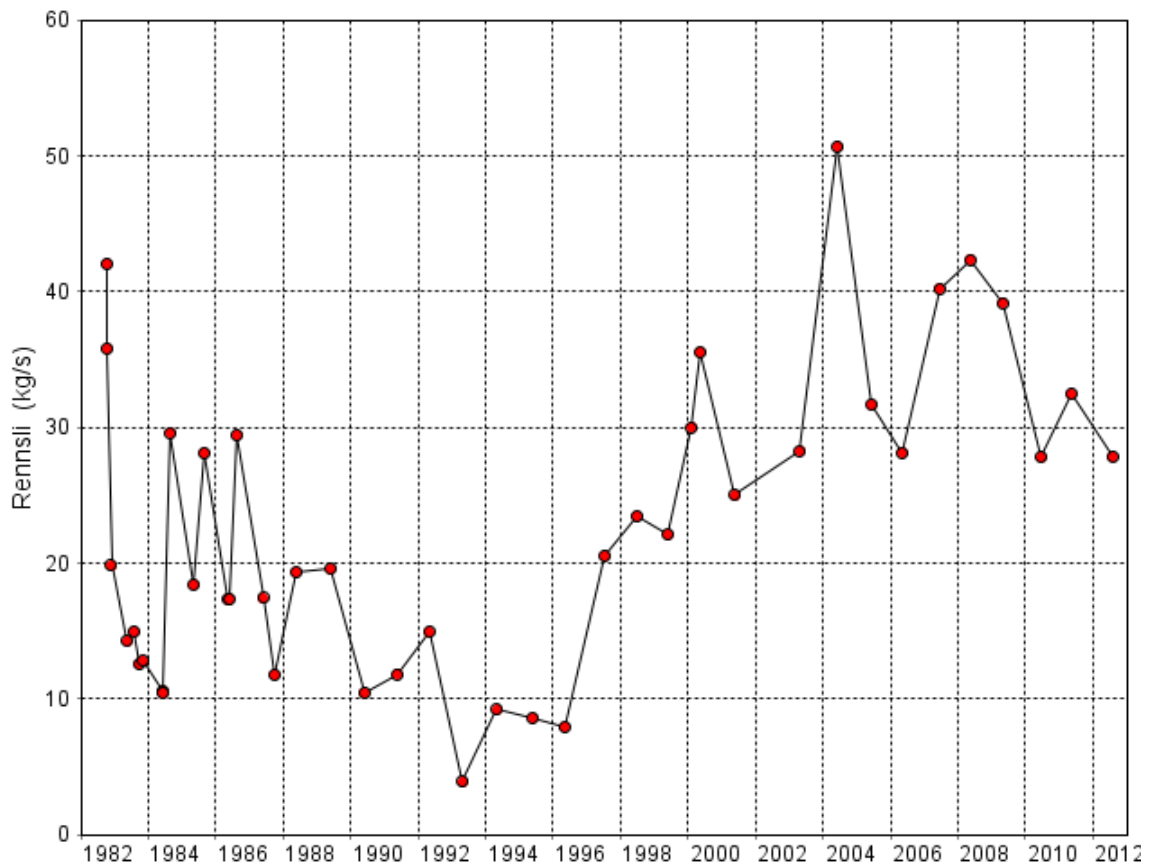
Mynd 18 *Suðurhlíðar, gufurennslí úr holum.*



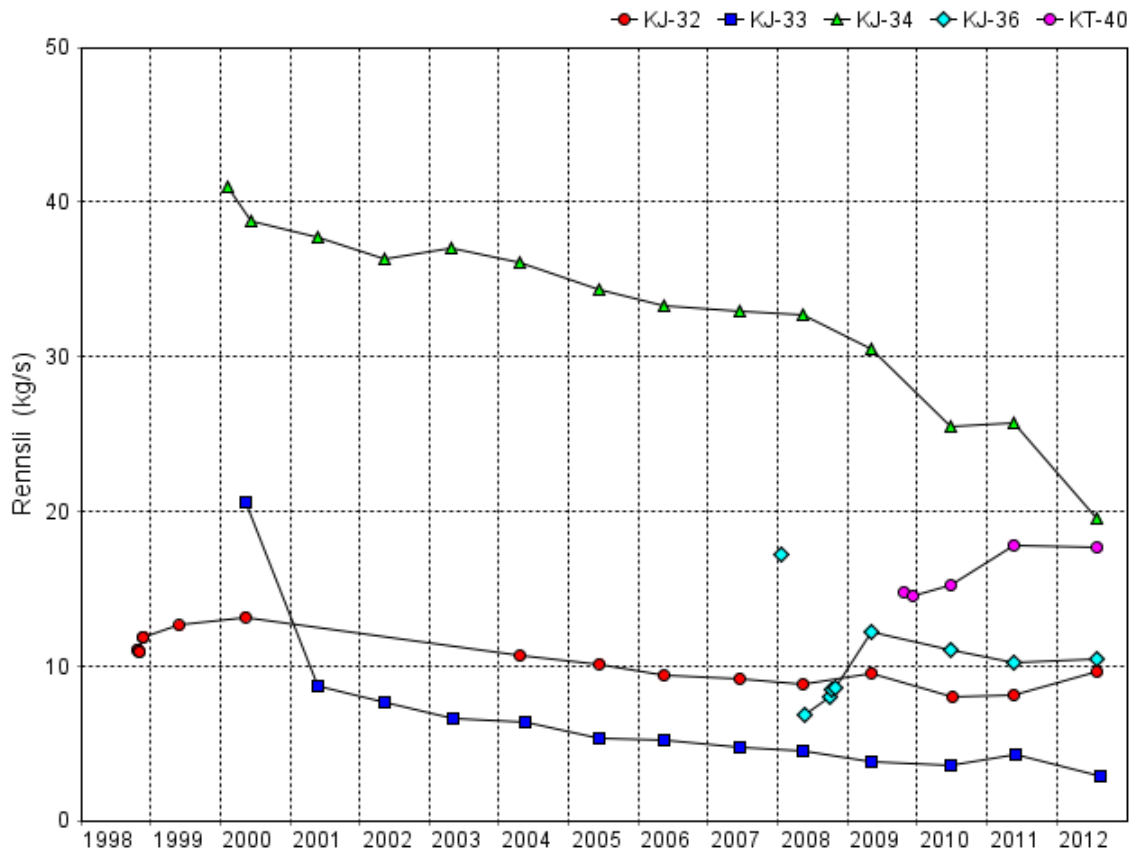
Mynd 19 *Suðurhlíðar, vatnsrennslí úr holum.*



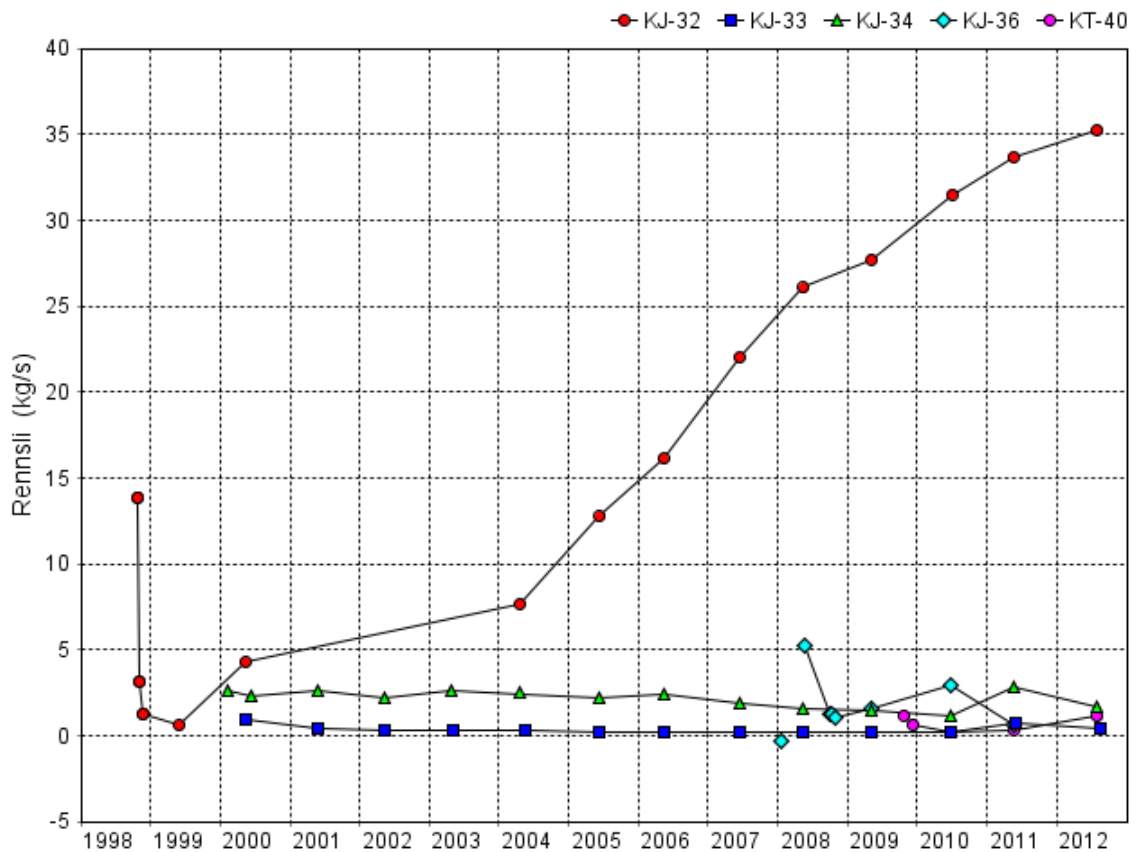
Mynd 20 Hvíthólakljíf, gufurennslí úr holum.



Mynd 21 Hvíthólakljíf, vatnsrennslí úr holum.



Mynd 22 Vesturhlíðar, gufurennslí úr holum.



Mynd 23 Vesturhlíðar, vatnsrennslí úr holum.

## 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.

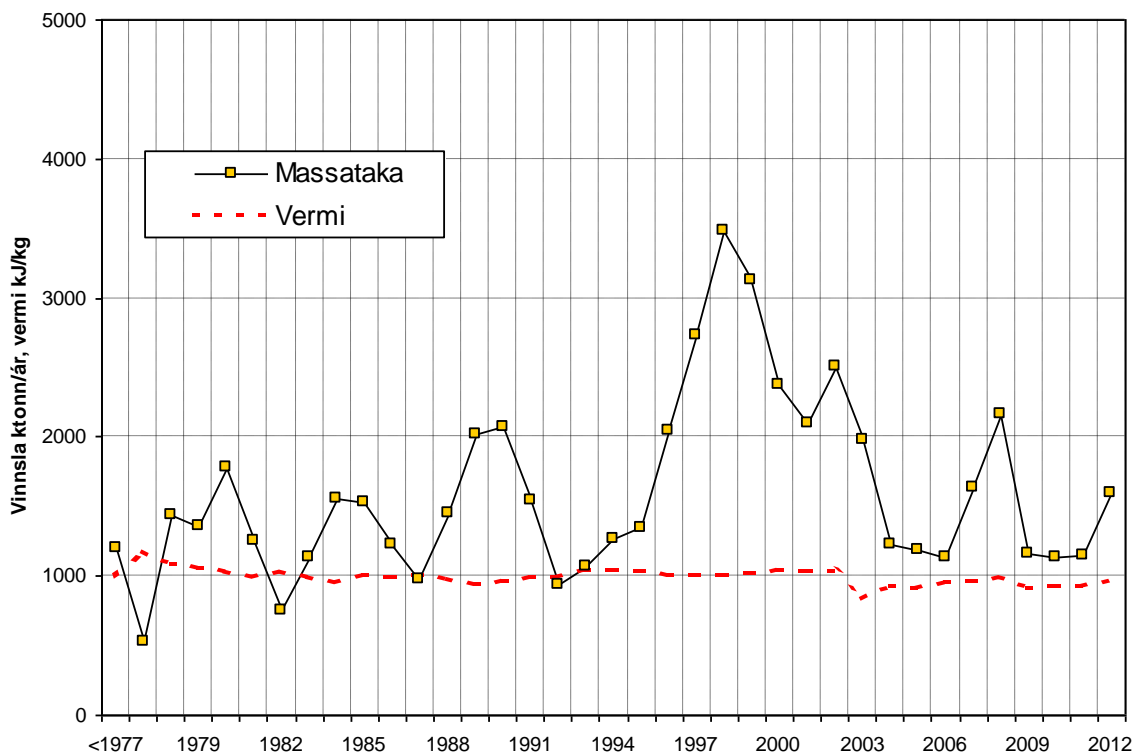
Árleg massavinnsla úr hverju svæði, meðalvermi og niðurdæling er sýnt á myndum 24 til 28, og heildar massavinnsla og meðalvermi úr Kröflusvæði er sýnt á mynd 29.

Tekin voru samtals um 9.703 þúsund tonn af vatn og gufu úr svæðinu á árinu 2012. Þar af var gufa til raforkuframleiðslu 4.934 þúsund tonn. Upptekt vegna prófunar á nýjum holum var 609 þúsund tonn.

Dælt var samtals 2.563 þúsund tonnum af vatni í holu KJ-26. Nettó vinnsla úr jarðhitageyminum var því 7.140 þúsund tonn.

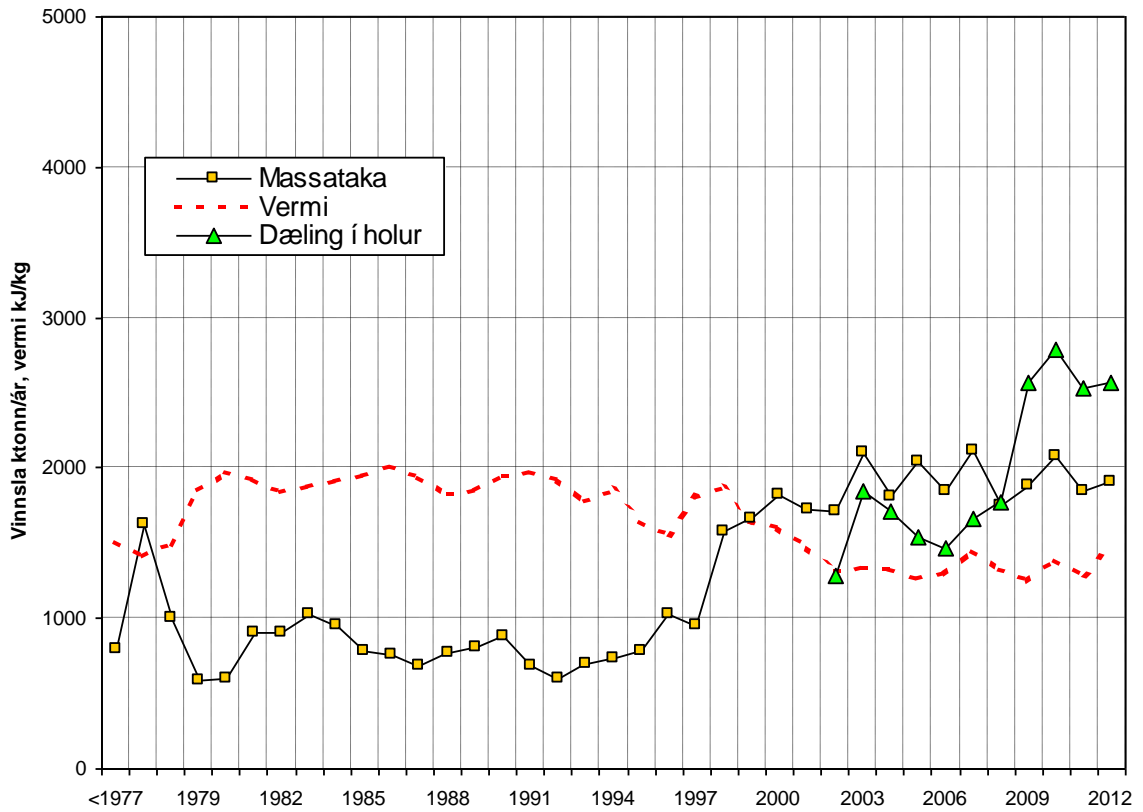
Mynd 30 sýnir magn gufu og vatns sem upp er tekið og skiptingu milli frárennslis og dælingar í holur.

Áætlað er að um 40% gufunnar þéttist í kælikerfi stövarinnar. Frárennslis jarðhitavökva frá stöðinni þ.e. skiljuvatn sem ekki er dælt niður ásamt þéttivatni frá kæliturnum var því um 3.571 þúsund tonn á árinu 2012.

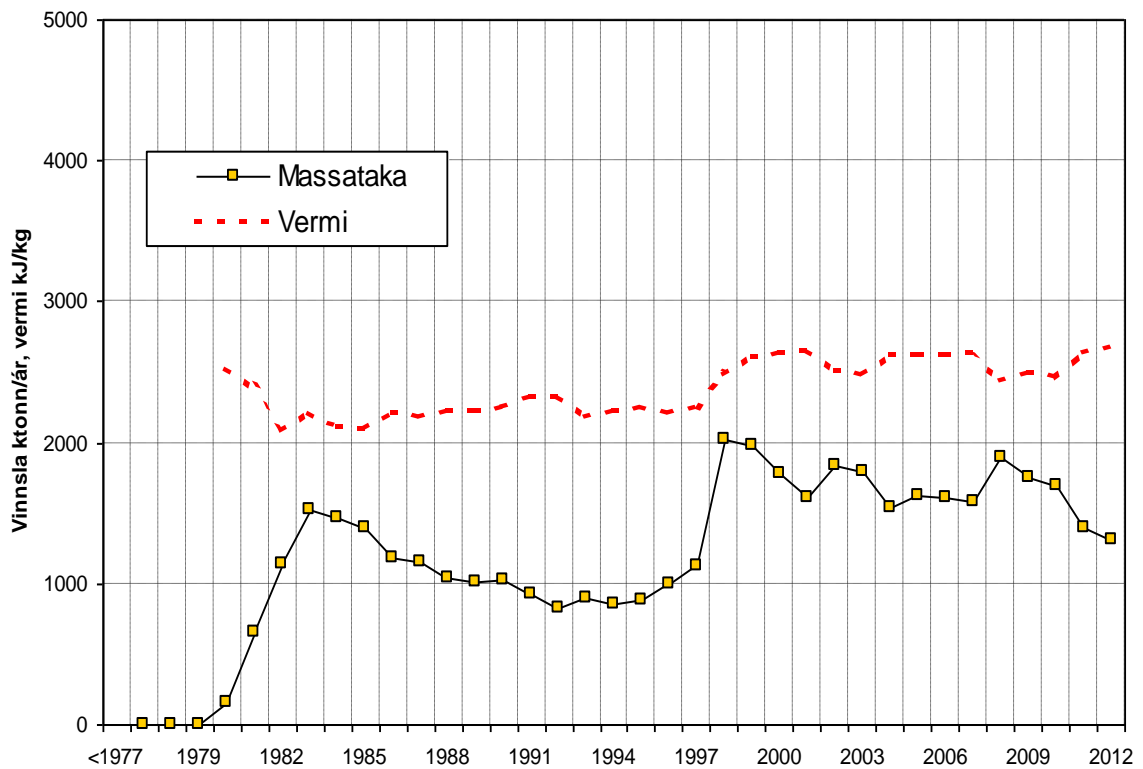


Mynd 24 Leirbotnar, grunnar holur. Árleg vinnsla og vermi.

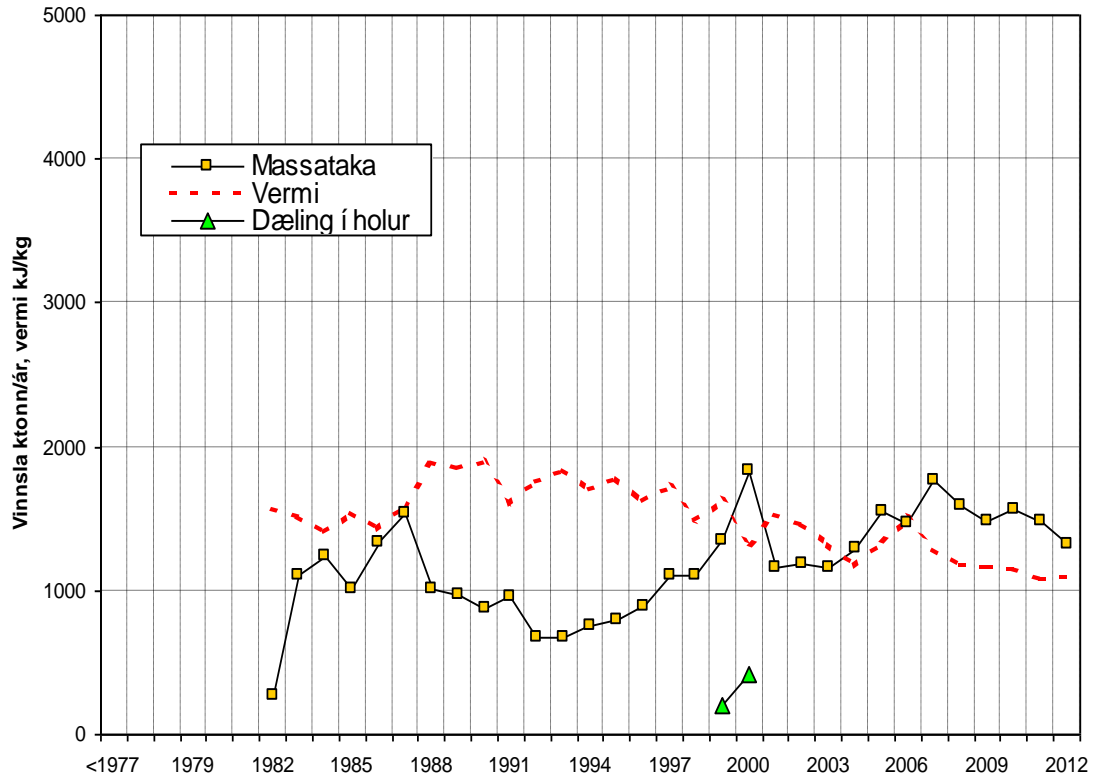




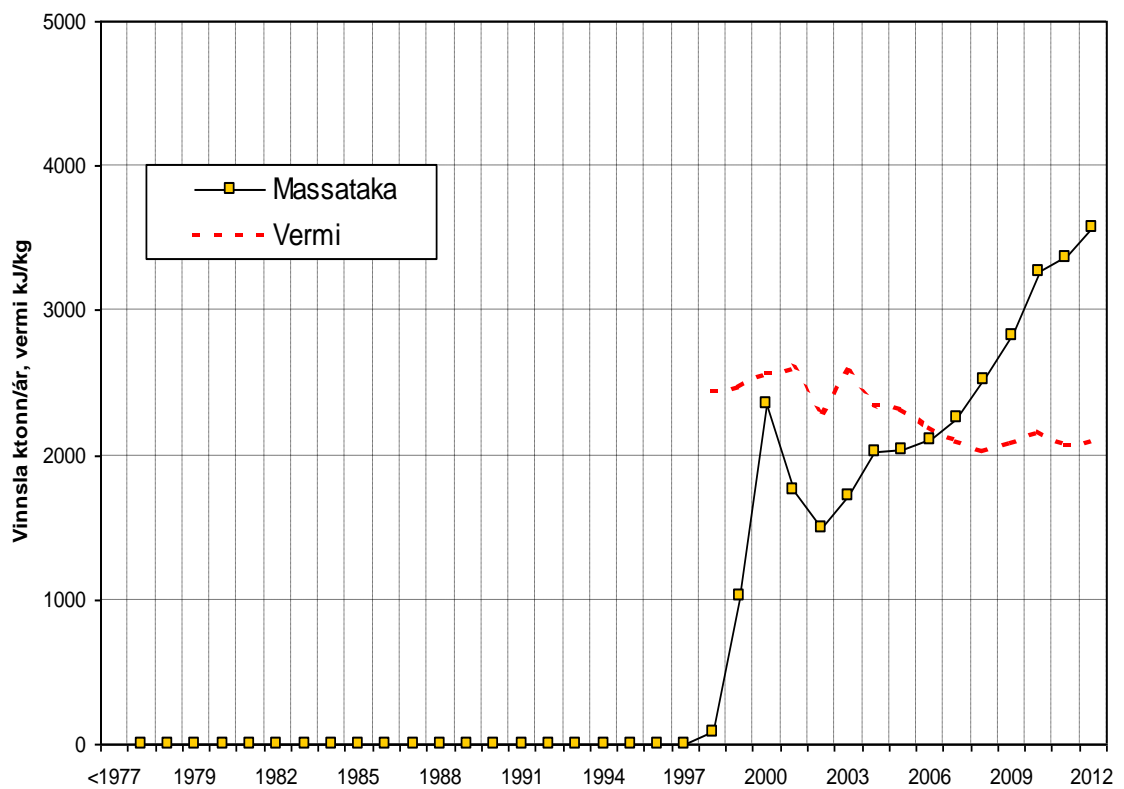
Mynd 25 *Leirbotnar, djúpar holur. Árleg vinnsla og vermi.*



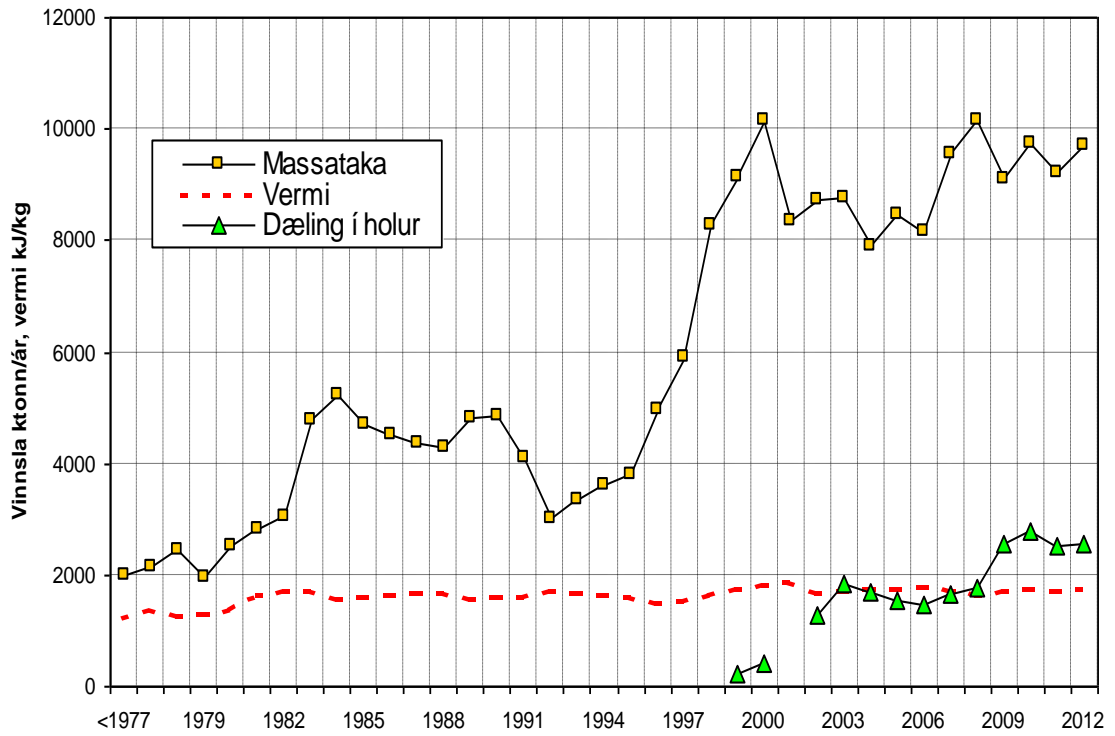
Mynd 26 *Suðurhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi.*



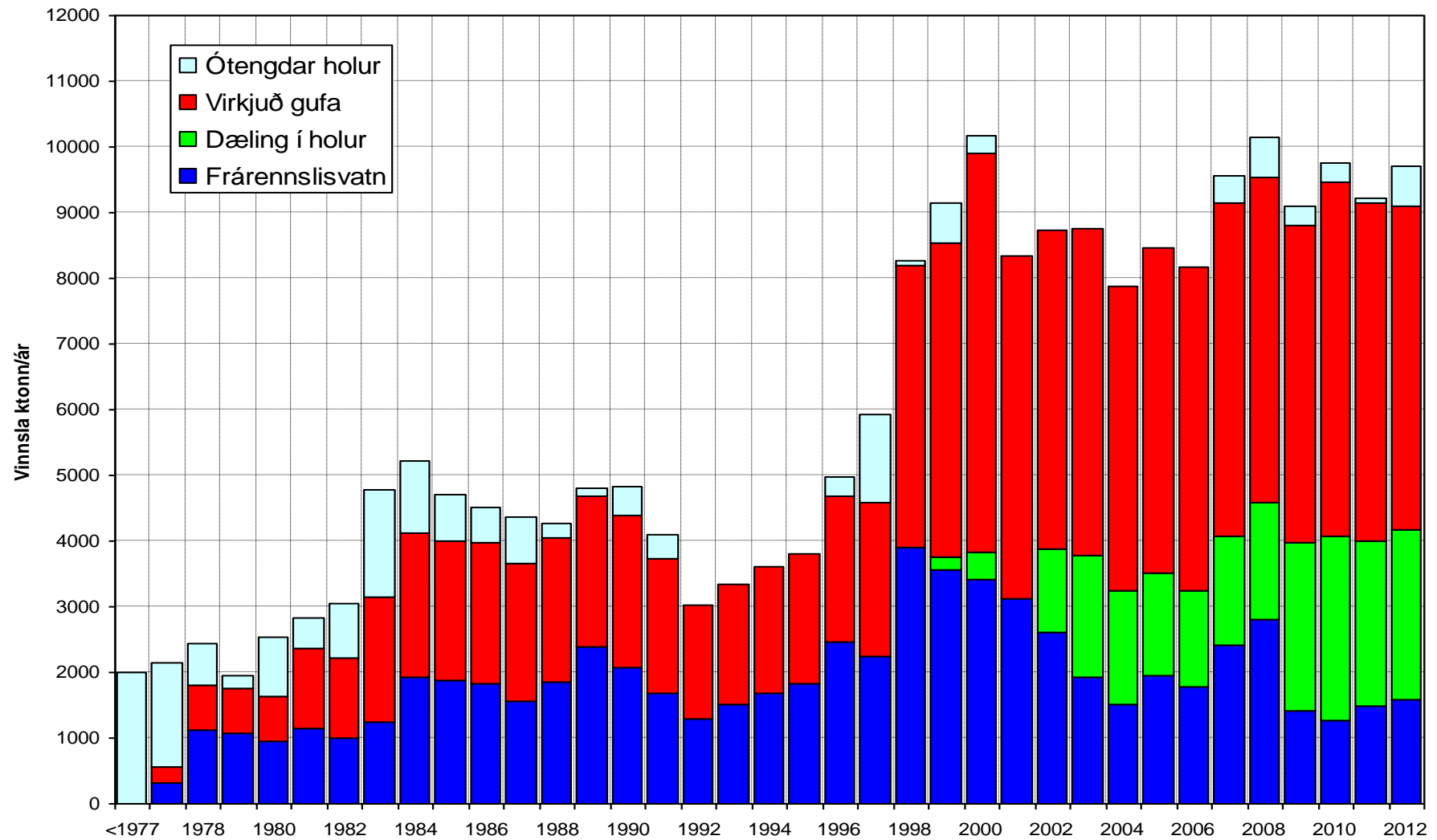
Mynd 27 Hvíthólaklif. Árleg vinnsla og vermi.



Mynd 28 Vesturhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi.



Mynd 29 Kröflusvæði. Árleg vinnsla og vermi.



Mynd 30 Kröflusvæði. Árleg gufuvinnsla og frárennslisvatn.

## 2.3 EFNAMÆLINGAR

### 2.3.1 Vatn og gufa úr borholum

Niðurstöður efnagreininga á vatni og gufu úr borholum í Kröflu, sem safnað var 2012, 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 2012.

Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýstigufu (Tafla 6), reiknast um 1,00 %, samanborið við 1,06% árið 2011. Heildargasstreymi inn í stöðina minnkaði og reiknast 1,28 kg/s samanborið við 1,42 kg/s í fyrra. Það er vegna minnkandi gufu og einnig minni gasstyrks í gufu.

Gas í holu KT-40 jókst úr 1,58% í 1,93%. Gasstyrkur í holu KJ-20 mældist 1,58%, sem er sem er mikil minnkun frá því í fyrra en þá mældist gasið 1,91%. Gas í gufu minnkaði lítillega í holum KJ-30 í Suðurhlíðum og einnig KJ-34 og KJ-33 í Vesturhlíðum eins og undanfarin ár.

**Tafla 5 Kröflustöð. Styrkur efna í vatni og gufu borhola árið 2012**

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	2012-08-01	967	6,24	575	204	1	22	3,12	0,12	24,26	9,49	16,5	14,3	438	209,7	17,9	4,27	0,001	0,002	1,019	1,06	43,7	248	0,6
KG-24	2012-08-01	986	6,27	772	202	0,3	25,1	4,25	0,34	23,13	9,56	26,5	16,9	466	222,2	17,2	3,4	0,002	0,002	0,904	0,77	45,7	253,9	0,62
KJ-13	2012-07-31	1425	5,31	2960	685	30,6	7,7	1,84	0,07	10,11	9,15	50,6	44,8	590	242,3	26,5	3,94	0,001	0,003	1,231	1,2	38,8	301,4	1,04
KJ-14	2012-08-13	2716	3,27	8508	964	56,2	8,9	2,33		0,08	9,05	146,1	64	886	178,1	27,7	0,2	0,427	0,002	1,186	5,81	12,7	1,3	12,32
KJ-16	2012-08-15	2660	1,29	18995	1780	46,5	17,6	6,5		0,07		19,5	5,6											
KJ-17	2012-08-15	2377	4,67	5056	755	34,5	19,6	7,12		1,1	9,19	97,5	56,4	877	152,6	24,3	0,33	0,001	0,002	1,479	2,67	18,6	5,4	1,95
KJ-19	2012-08-14	2583	1,5	12314	1125	60,4	12,3	3,07		0,15	8,93	301,2	106,7	137	264,3	37,5	0,14	0,001	0,004	0,33	7,97	41,1	9,6	10,73
KJ-20	2012-08-14	2577	4,75	14442	1226	48,2	8,4	3,83		0,49	8,85	183,1	59,8	728	294,6	50,7	1,34	0,001	0,002	0,629	1,94	232,2	6,8	3,67
KJ-21	2012-07-31	1131	6,97	2204	389	7,7	31,4	14,13	1,03	27,83	9,13	34,2	23,3	678	183,6	24	1,4	0,002	0,008	1,435	1,03	134,3	67	0,78
KJ-27	2012-07-31	1025	5,37	1410	279	3,3	23,2	4,19	0,2	30,81	9,37	35,3	26,8	634	237,4	31	3,21	0,001	0,005	1,497	1,09	41,3	286,7	0,65
KJ-30	2012-08-13	2762	19,92	9768	1465	37,3	10	1,53		0,05	8,69	95,5	54,9	2787	244,6	43	0,82	0,016	0,056	7,938	16,7	21,5	23,3	77,03
KJ-31	2012-08-02	2782	0,99	5694	927	46,4	9,2	2,03																
KJ-32	2012-08-01	1160	9,63	1926	812	16,3	7	1,57	0,34	35,24	9,22	37,5	60,7	658	277,3	41,6	3,47	0,001	0,002	1,561	1,21	42	318,6	0,66
KJ-33	2012-08-14	2501	2,93	3148	1454	41	10,2	0,67		0,44	9,08	48,5	86,4	1067	186,5	33,1	0,72	0,001	0,004	0,69	2,3	111,1	7,4	3,23
KJ-34	2012-08-02	2609	19,56	10070	1764	38,8	15,8	1,51		1,64	8,32	55,1	36,1	835	216,1	39,6	2,61	0,01	0,259	1,056	2,1	215,2	71,3	6,77
KJ-36	2012-08-02	2771	10,46	15175	2565	47,7	18,3	1,5																
KJ-37	2012-08-15	2532	1,25	8948	1191	65,9	5,4	2,72		0,16	8,99	128,8	66,1	878	207,5	29	0,99	0,004	0,009	1,282	1,46	59,1	45,5	4,37
KT-40	2012-08-02	2644	17,66	18257	967	13,6	12,1	2,57		1,13	7,97	95,6	19	592	79,1	14,1	1,07	0,003	0,008	1,728	1,56	17	17,9	2,62
	<b>Samtölur</b>	<b>1605</b>	<b>128,0</b>	<b>8805</b>	<b>1163</b>	<b>28,2</b>	<b>14,9</b>	<b>3,07</b>	<b>0,37</b>	<b>156,7</b>	<b>9</b>	<b>34,4</b>	<b>32,2</b>	<b>595</b>	<b>228,7</b>	<b>27,8</b>	<b>3,12</b>	<b>0,002</b>	<b>0,007</b>	<b>1,314</b>	<b>1,11</b>	<b>61,1</b>	<b>236,4</b>	<b>0,84</b>

**Tafla 6 Kröflustöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2012**

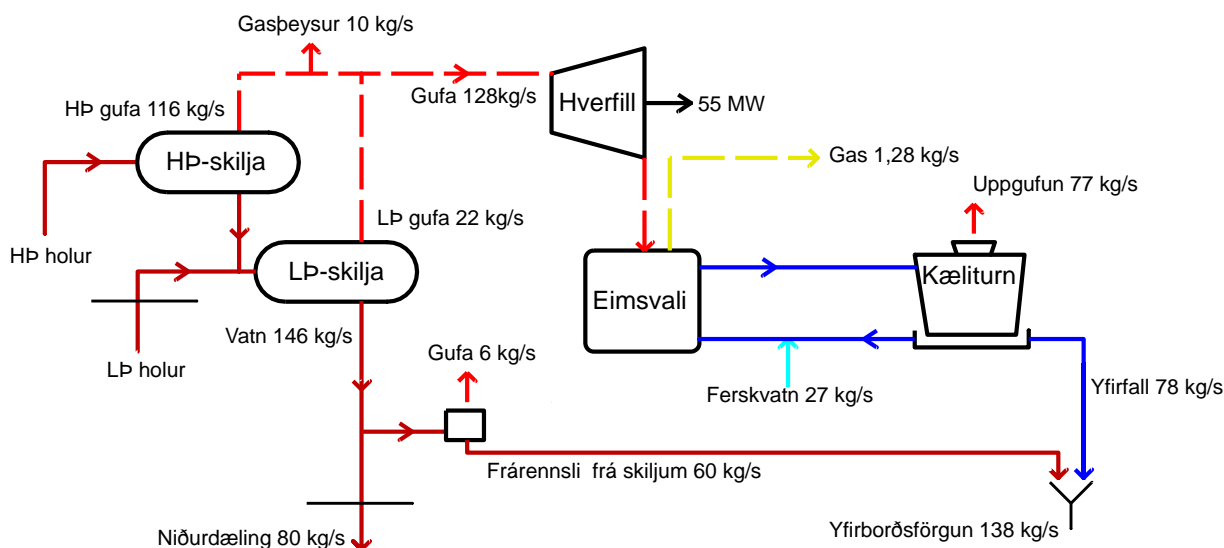
Nafn	Tími	Gufa	Gas							
		Rennsli	Hlutfall	Rennsli	CO2	H2S	H2	N2	CH4	Ar
		kg/s	%	kg/s	%	%	%	%	%	%
KG-05	2012-08-01	6,24	0,08	0,01	63,58	29,15	2,49	3,82	0,95	0,01
KG-24	2012-08-01	6,27	0,10	0,01	70,79	23,90	0,59	3,61	1,07	0,03
KJ-13	2012-07-31	5,31	0,37	0,02	65,35	19,53	14,74	0,27	0,11	0,00
KJ-14	2012-08-13	3,27	0,95	0,03	77,35	11,31	11,16	0,13	0,06	
KJ-16	2012-08-15	1,29	2,08	0,03	84,98	10,28	4,54	0,12	0,08	
KJ-17	2012-08-15	4,67	0,59	0,03	73,99	14,26	11,02	0,45	0,29	
KJ-19	2012-08-14	1,50	1,35	0,02	81,48	9,61	8,73	0,13	0,06	
KJ-20	2012-08-14	4,75	1,57	0,07	84,45	9,26	6,15	0,08	0,06	
KJ-21	2012-07-31	6,97	0,26	0,02	74,37	16,97	5,65	1,66	1,31	0,04
KJ-27	2012-07-31	5,37	0,17	0,01	74,57	19,07	3,82	1,93	0,61	0,01
KJ-30	2012-08-13	19,92	1,13	0,22	78,18	15,14	6,52	0,13	0,03	
KJ-31	2012-08-02	0,99	0,67	0,01	71,85	15,11	12,79	0,18	0,07	
KJ-32	2012-08-01	9,63	0,28	0,03	57,53	31,34	10,66	0,33	0,13	0,01
KJ-33	2012-08-14	2,93	0,47	0,01	53,00	31,62	15,08	0,27	0,03	
KJ-34	2012-08-02	19,56	1,19	0,23	76,14	17,23	6,41	0,19	0,03	
KJ-36	2012-08-02	10,46	1,78	0,19	77,57	16,93	5,33	0,15	0,02	
KJ-37	2012-08-15	1,25	1,02	0,01	74,93	12,88	12,05	0,07	0,06	
KT-40	2012-08-02	17,66	1,93	0,34	92,07	6,30	1,50	0,10	0,04	
	<b>Samtölur</b>	<b>128,0</b>	<b>1,00</b>	<b>1,28</b>	<b>80,72</b>	<b>13,50</b>	<b>5,49</b>	<b>0,21</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>

**Tafla 7 Kröflustöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2012**

Nafn	Tími	Vermi	tSiO2q	tNa/K	tCO2	tH2/H2S
		kJ/kg	°C	°C	°C	°C
KG-05	2012-08-01	967	225	193	150	262
KG-24	2012-08-01	986	230	182	178	241
KJ-13	2012-07-31	1425	254	219	246	299
KJ-14	2012-08-13	2716	259	258	278	301
KJ-16	2012-08-15	2660			293	290
KJ-17	2012-08-15	2377	292	260	265	300
KJ-19	2012-08-14	2583	162	248	285	300
KJ-20	2012-08-14	2577	264	269	288	297
KJ-21	2012-07-31	1131	266	239	231	285
KJ-27	2012-07-31	1025	260	239	195	276
KJ-30	2012-08-13	2762		271	281	290
KJ-31	2012-08-02	2782				299
KJ-32	2012-08-01	1160	263	254	226	285
KJ-33	2012-08-14	2501		272	252	291
KJ-34	2012-08-02	2609	283	276	282	287
KJ-36	2012-08-02	2771		257		284
KJ-37	2012-08-15	2532	296	246	279	300
KT-40	2012-08-02	2644	239	273	292	279
	<b>Samtölur</b>	<b>1605</b>	<b>253</b>	<b>247</b>	<b>251</b>	<b>287</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 2012

Frárennsli frá borholum í skiljustöðinni í Leirbotnum mældist um 127 kg/s í afkastamælingum borhola. Um 80 kg/s var dælt í holu KG-26 en það sem umfram var rann niður Hlíðardalinn. Við skiljuvatnið bættist vatn úr kæliturnum blandað ferskvatni en rennsli þess var ekki mælt. Áætlað rennsli þéttivatns úr kæliturnunum er um 51 kg/s miðað við að 60 % af þéttivatninu gufi upp í kæliturnunum. Við bættist ferskvatn um 27 kg/s sem bætt er í kæliturnahringsrásina. Frárennsli frá skiljustöð og kæliturnum er ekki mælt og brýnt að gera það næst þegar sýni verður safnað. Áætlað var að um 138 l/s af vatni hafi streymt frá stöðinni og niður Hlíðardalslæk þegar sýnum af frárennsli var safnað.

Teknar voru saman gasmælingar á einstökum holum og árleg gasuppteikt 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 2012. Niðurstöður eru birtar í Viðauka 1.

Gas er losað um gaspípu fyrir ofan kæliturna. Losun koldíoxíðs var 39.683 tonn á árinu 2012 en orkuframleiðslan var 1.696 TJ og reiknast koldíoxíðlosunin því vera um 84 g/kWh. Losun brennisteinsvetnis var 5.180 tonn sem eru 11.0 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 frárennislæk skiljustöðvar í Leirbotnum sem og frárennislæk 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.

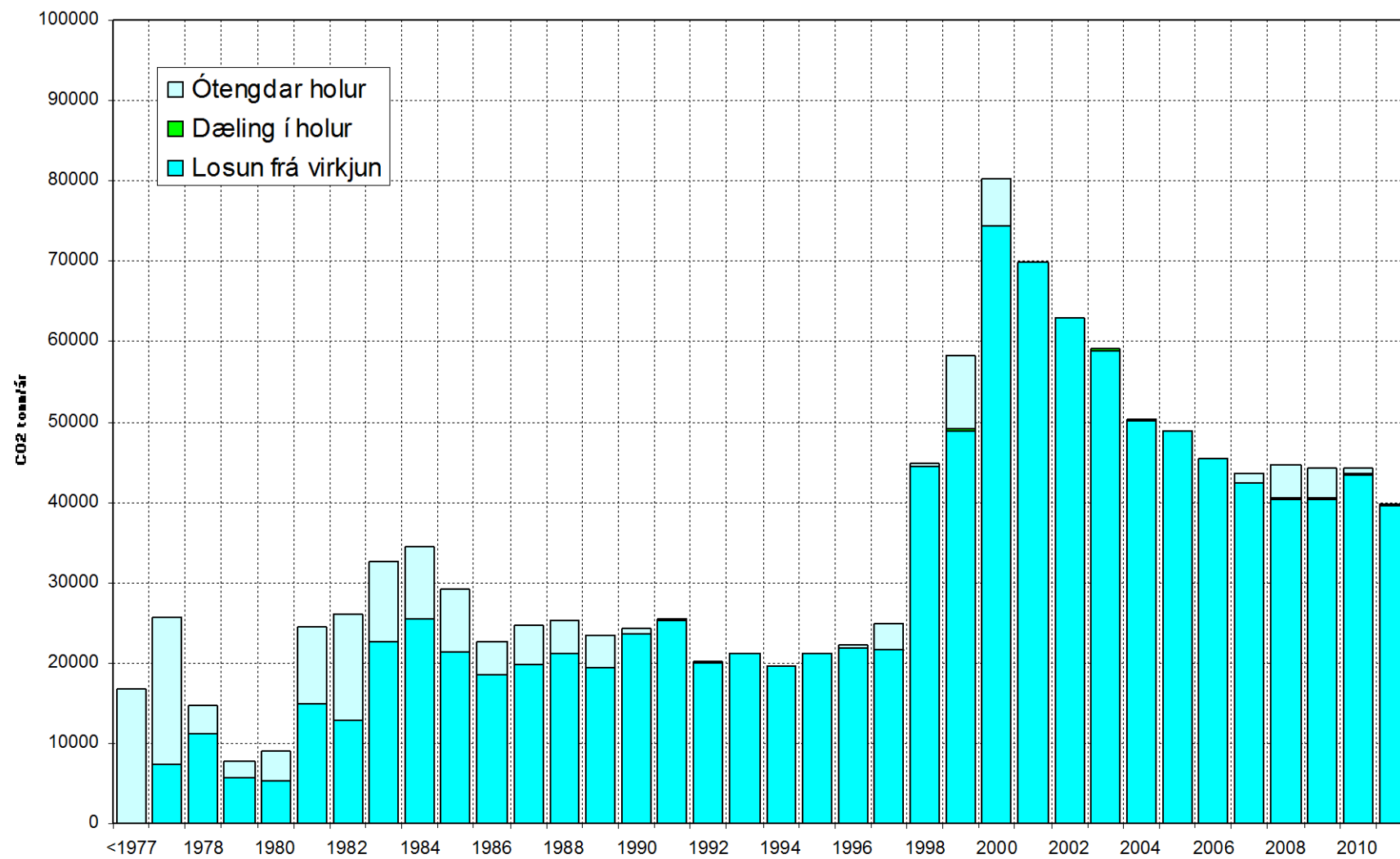
Mældur var styrkur mengunarefna í borholna- og yfirborðssýnum og eru niðurstöður birtar í töflum 9 og 10. Til samanburðar er birt tafla 11 sem notuð er til að flokka yfirborðsvatn m.t.t. mengandi efna samkvæmt *Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 með síðari breytingum* og *Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns nr. 797/1999 með síðari breytingum* (Umhverfisstofnuneytið 1999). Þau gildi sem eru hærri en mörk fyrir fyrsta flokk skv. reglugerð nr. 796/1999 eru feitletruð í töflum 9 og 10.



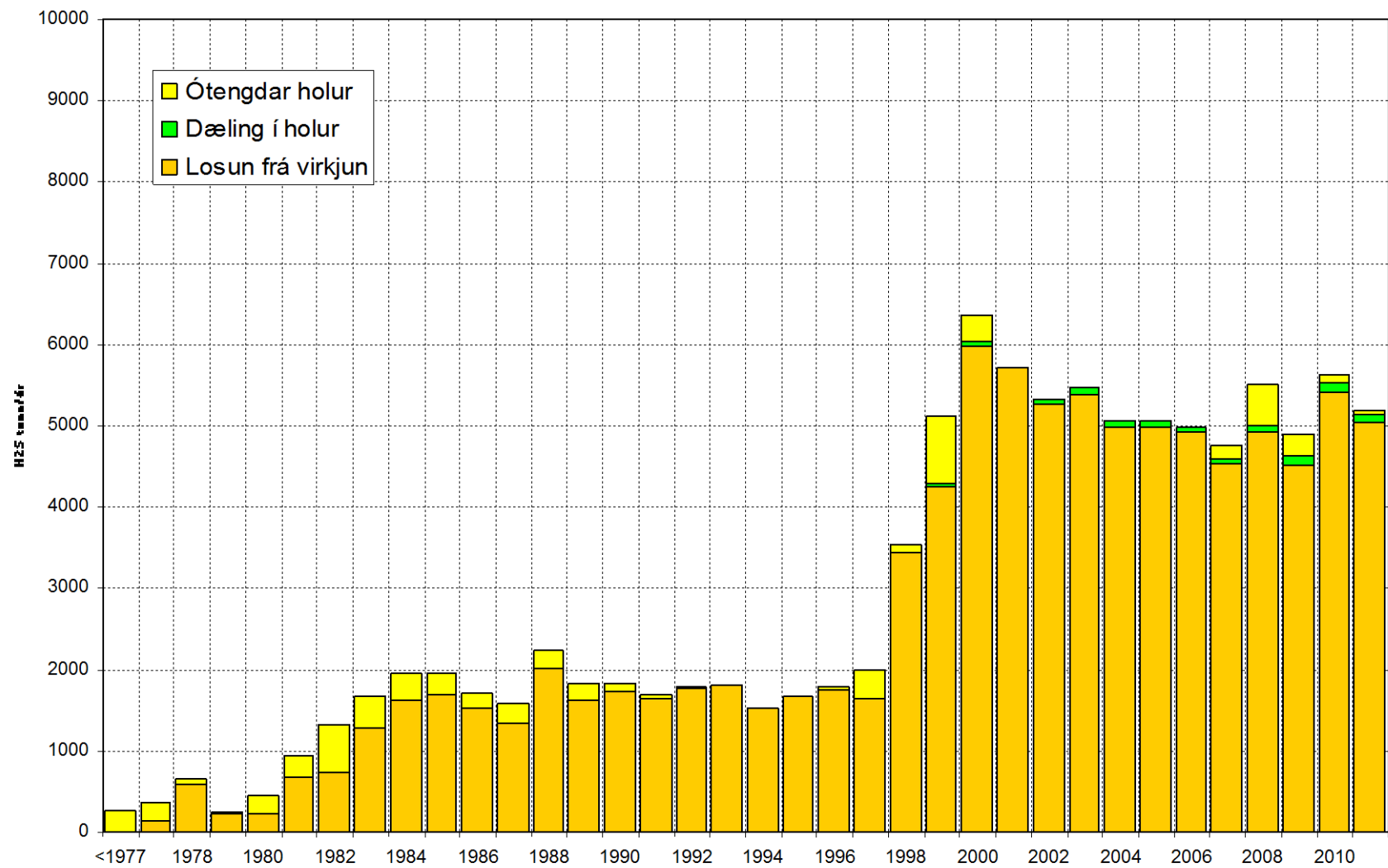
Styrkur arsens (As) í frárennslisvatninu fer yfir mörk fyrir III. flokk sem þýðir að áhrifa sé að vænta á viðkvæmt lífríki og við skiljustöð yfir mörk fyrir IV. flokk sem þýðir að áhrifa sé að vænta.

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

Heildarlosun mengunarefna frá Kröflu árið 2012 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 koldíoxíðs (CO<sub>2</sub>).



Mynd 33 Kröflusvæði. Árleg losun brennisteinsvetnis (H<sub>2</sub>S).

**Tafla 8 Kröflustöð. Frárennslissýni árið 2012.**

Nafn	Tími	Hitastig	pH	CO2	H2S	SiO2	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	F	Cl	SO4	B	Rafleiðni	SS
		°C		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	µS/cm	mg/kg
<b>Niðurdæling</b>																		
LP vatn	2012-08-15	126	9,41	63,8	35,4	614	246,2	30,1	3,38	0,001	0,002	1,28	1,22	64,5	250,8	1,01	1158	0,6
<b>Frárennsli</b>																		
Skiljustöð	2012-08-15	59,8	9,53	66	6,1	645	172,6	32,5	3,87	0,02	0,015	1,37	1,36	71,1	286,2	1,08	1283	1,8
Kæliturnar	2012-08-15	50,3	6,01	89,6	19,7	57,1	21,5	3,6	34,13	15,64	0,049	0,064	0,1	5,1	165,7	0,08	435	4,9
V-yfirfall	2012-08-15	37,3	9,03	66	0,5	286,7	130,1	15,5	23,36	9,63	0,035	0,572	0,61	33,9	236,8	0,49	817	2,9
Austurlandsvegur	2012-08-15	23	8,40	84,9	1,4	224,6	106,2	12,8	26,05	9,2	0,047	0,401	0,48	26,4	220,4	0,38	721	5,2

**Tafla 9 Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Kröflu 2012.**

Nafn	Tími	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb	As	P
		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg
KG-05	2012-08-01	<0,02	0,65	<0,10	<0,01	0,05	<0,002	<0,01	<b>2,09</b>	<0,001
KG-24	2012-08-01	<0,02	0,66	<0,10	<0,01	0,05	<0,002	0,02	<b>0,54</b>	<0,001
KJ-13	2012-07-31	<0,02	0,40	<0,10	<0,01	0,06	<0,002	<0,01	<b>6,07</b>	<0,001
KJ-14	2012-08-13	<0,02	0,42	0,12	0,07	0,11	<0,002	<0,01	<b>44,5</b>	<0,001
KJ-17	2012-08-15	<0,02	0,43	0,59	0,10	0,07	<0,002	<0,01	<0,06	<0,001
KJ-19	2012-08-14	<0,02	3,81	0,11	0,05	0,48	<0,002	<0,01	<b>35,84</b>	0,004
KJ-20	2012-08-14	<0,02	0,33	0,11	0,05	0,10	<0,002	<0,01	<b>45,84</b>	0,002
KJ-21	2012-07-31	<0,02	0,31	<0,10	0,03	0,07	<0,002	<0,01	<b>3,43</b>	<0,001
KJ-27	2012-07-31	<0,02	0,48	0,14	0,06	0,05	<0,002	<0,01	<b>3,13</b>	<0,001
KJ-30	2012-08-13	0,12	2,57	<b>0,59</b>	<b>0,33</b>	<b>1,64</b>	0,01	0,06	<b>270</b>	<0,001
KJ-31	2012-08-02									
KJ-32	2012-08-01	<0,02	0,41	0,26	0,02	0,05	<0,002	<0,01	<b>4,44</b>	<0,001
KJ-33	2012-08-14	<0,02	0,52	0,95	<0,01	0,09	<0,002	<0,01	<b>24,12</b>	0,006
KJ-34	2012-08-02	<0,02	1,82	<b>1,34</b>	<b>0,58</b>	0,11	<0,002	<0,01	<0,06	0,004
KJ-36	2012-08-02									
KJ-37	2012-08-15	<0,02	1,39	0,11	<0,01	0,15	<0,002	<0,01	<b>538</b>	<0,001
KT-40	2012-08-02	0,03	0,59	0,14	0,11	0,07	<0,002	<0,01	<b>4,67</b>	<0,001

**Tafla 10 Styrkur mengunarefna í yfirborðsvatni í Kröflu 2012.**

Nafn	Tími	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb	As	P
		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg
Ídælingarvatn	2012-08-15	<0,02	0,2	<0,10	0,034	0,05	<0,002	<0,01	<b>3,96</b>	<0,001
Frá skiljustöð	2012-08-15	<0,02	0,429	<0,10	0,085	0,109	<0,002	<0,01	<b>32,7</b>	<0,001
Frá kæliturnum	2012-08-15	0,028	0,91	<0,10	<b>1,96</b>	0,519	<0,002	<0,01	<b>2,7</b>	0,003
V-yfirfall	2012-08-15	0,038	0,837	0,397	<b>1,45</b>	0,294	<0,002	<0,01	<b>22,2</b>	0,002
Hlíðardalslækur	2012-08-15	<0,02	0,402	0,482	<b>0,90</b>	0,337	<0,002	<0,01	<b>14,7</b>	0,014

Feitletruð gildi eru yfir viðmiðunarmörkum (sjá töflu 11).

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

	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb	As	P
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	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 hættu á áhrifum.

Umhverfismörk II: Lítil hættu 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 2012**

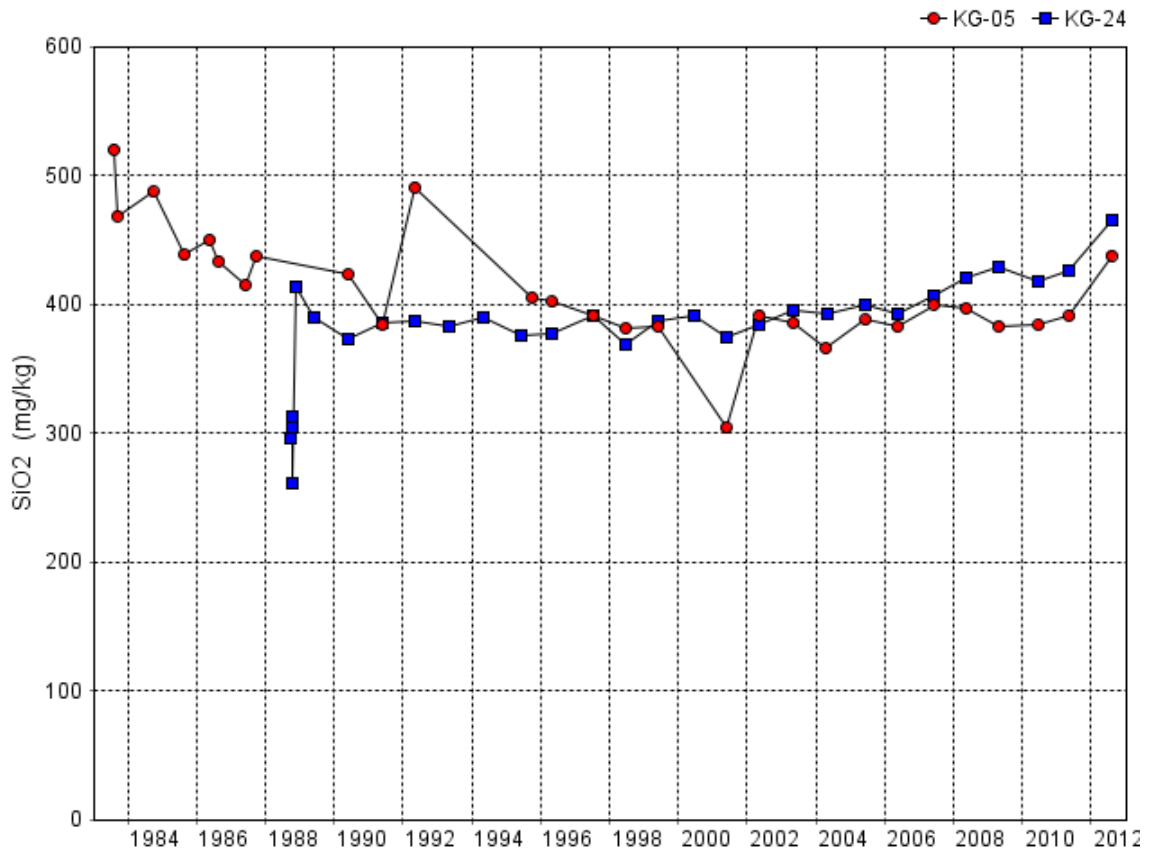
Krafla 2012		Heildar- upptekt	Orkuframleiðsla - losun			Rannsóknir
			Niðurdæling	Yfirborð	Andrúmsloft	Útblástur
Skiljuvatn	tonn	4.160.057	2.562.870	1.597.186	0	0
Gufa / þéttivatn	tonn	5.542.943	0	1.973.611	2.960.416	608.916
Samtals	tonn	9.703.000	2.562.870	3.570.797	2.960.416	608.916
Koldíoxíð (CO <sub>2</sub> )	tonn	39.050	164	282	36.562	2.041
Metan (CH <sub>4</sub> )	tonn	14	0	0	13	1
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	tonn	5.320	120	49	4.880	272
Kvikasilfur (Hg)	kg	0	0	0	0	0
Kopar (Cu)	kg	0	0	0	0	0
Sink (Zn)	kg	1	1	2	0	0
Kadmíum (Cd)	kg	0	0	0	0	0
Blý (Pb)	kg	0	0	0	0	0
Króm (Cr)	kg	0	0	4	0	0
Nikkel (Ni)	kg	0	0	1	0	0
Arsen (As)	kg	16	10	58	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. Holur 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 jókst þó milli ára (mynd 34).



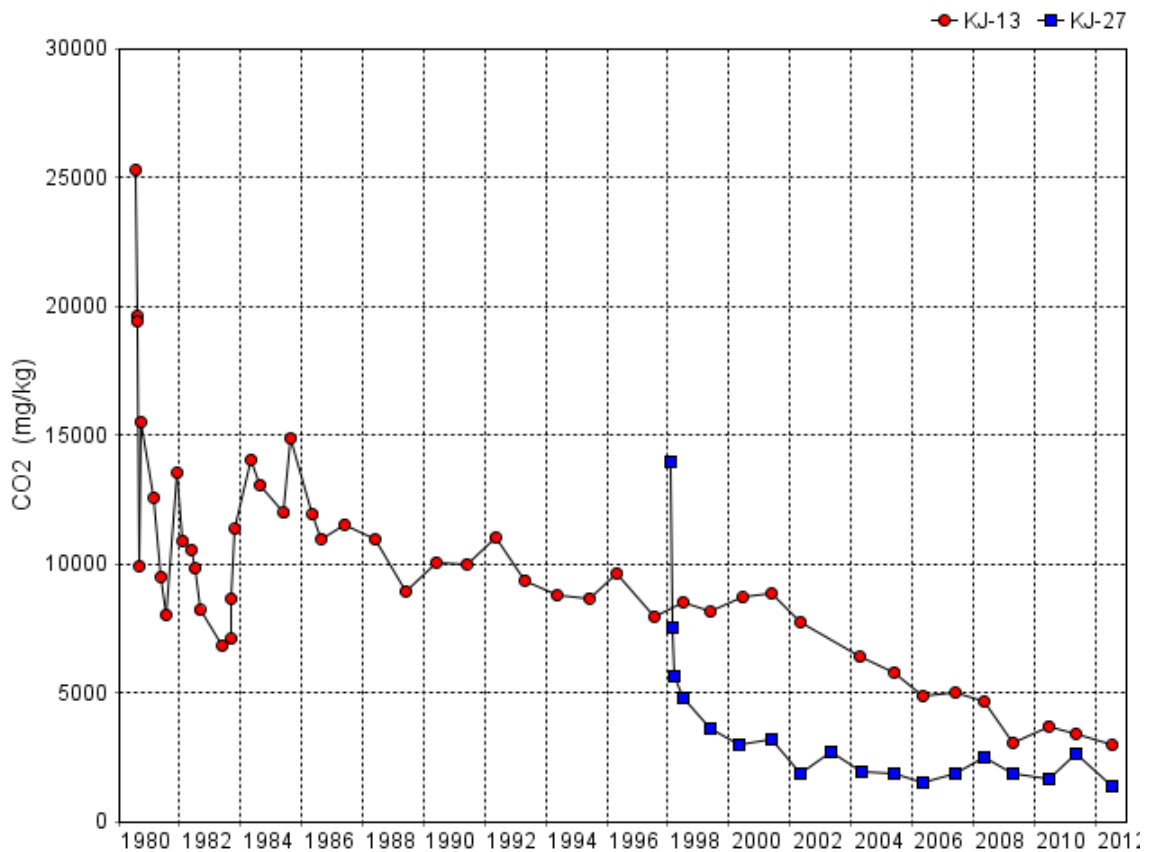
**Mynd 34** Leirbotnar, grunnar holur, SiO<sub>2</sub> í vatni á móti tíma.

## 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.

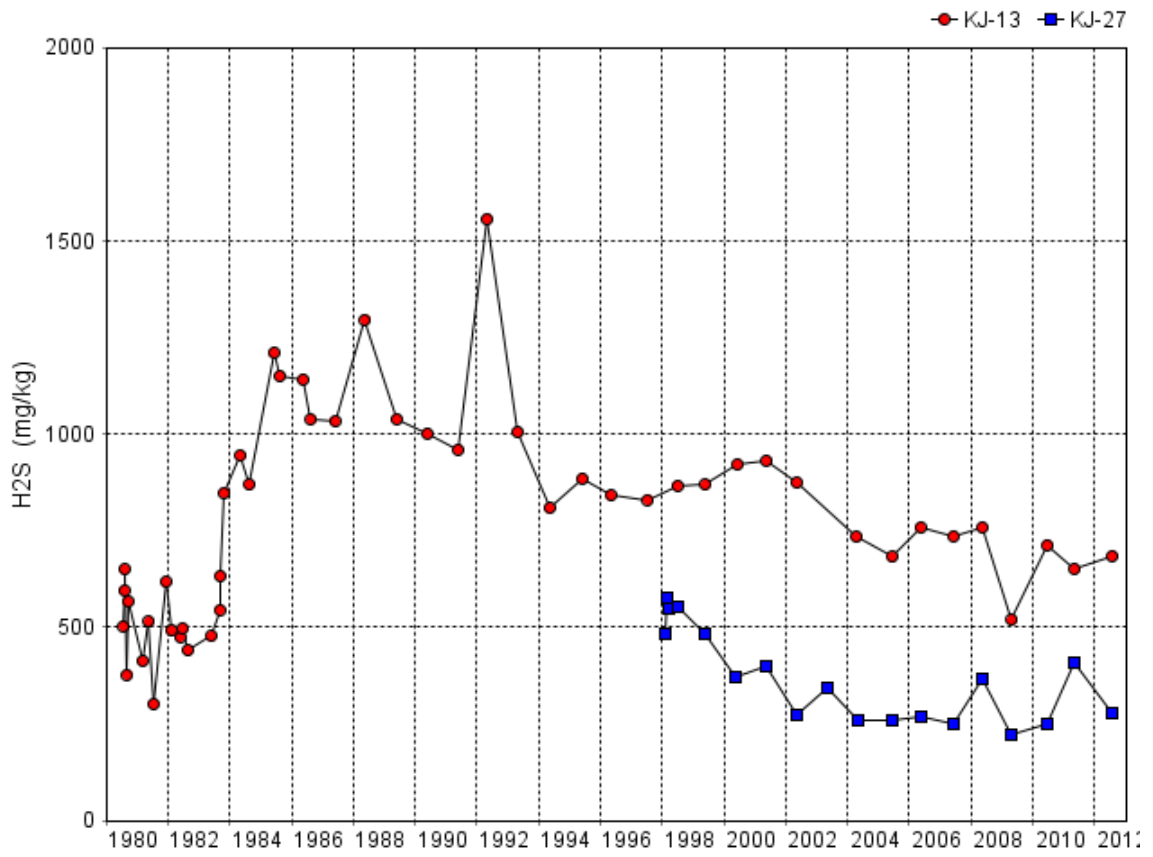
Á undanförunum árum hafa orðið breytingar á styrk gastegunda og steinefna í holunum eins og sýnt er á myndum 35 til 39. Þetta hefur gerst samfara auknu vatnsrennsli úr holunum (sjá mynd 17).

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

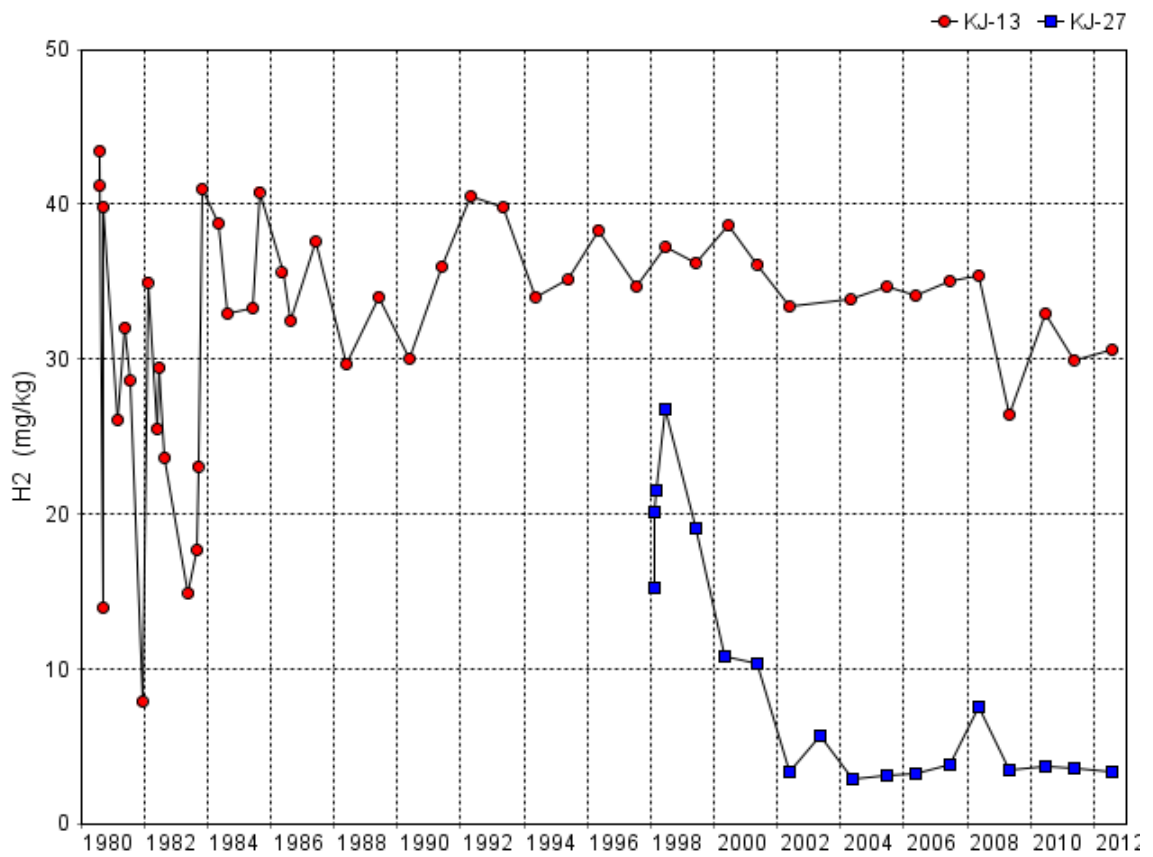


**Mynd 35** Leirbotnar, djúpar holur, CO<sub>2</sub> í gufu á móti tíma.

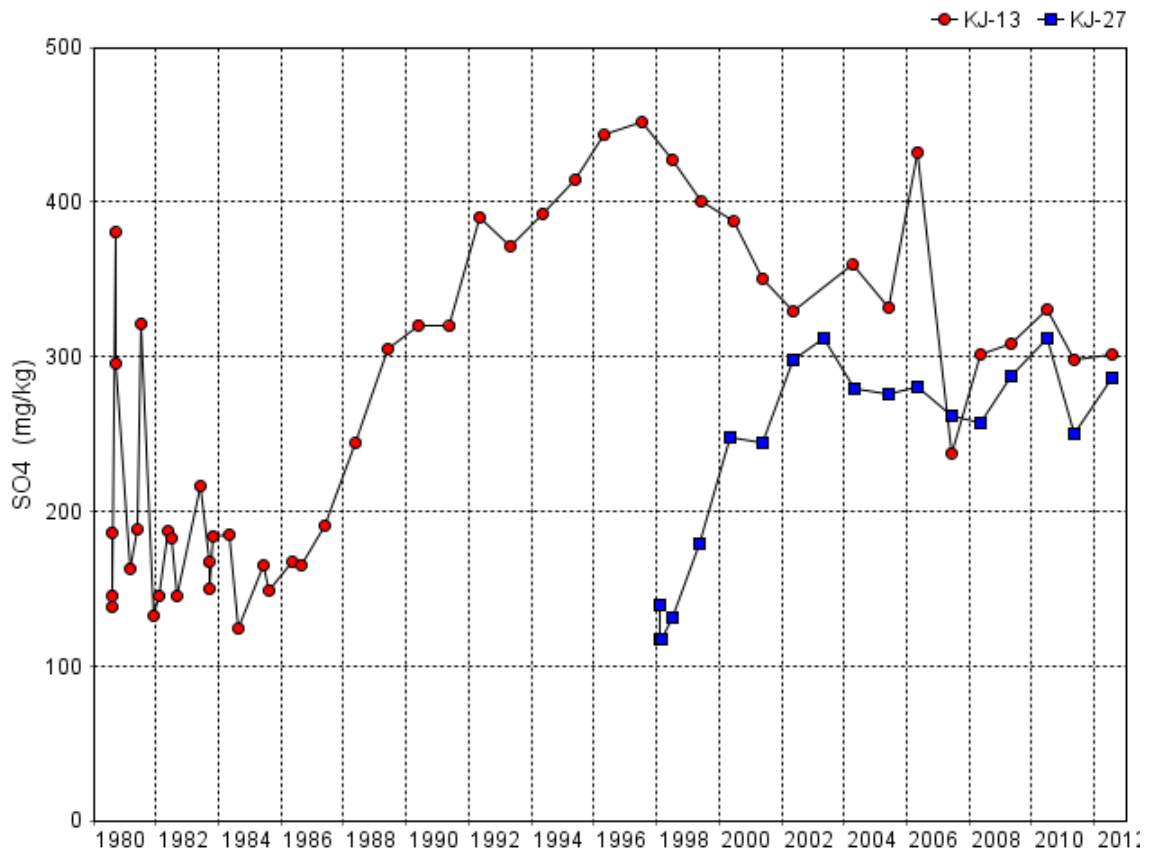




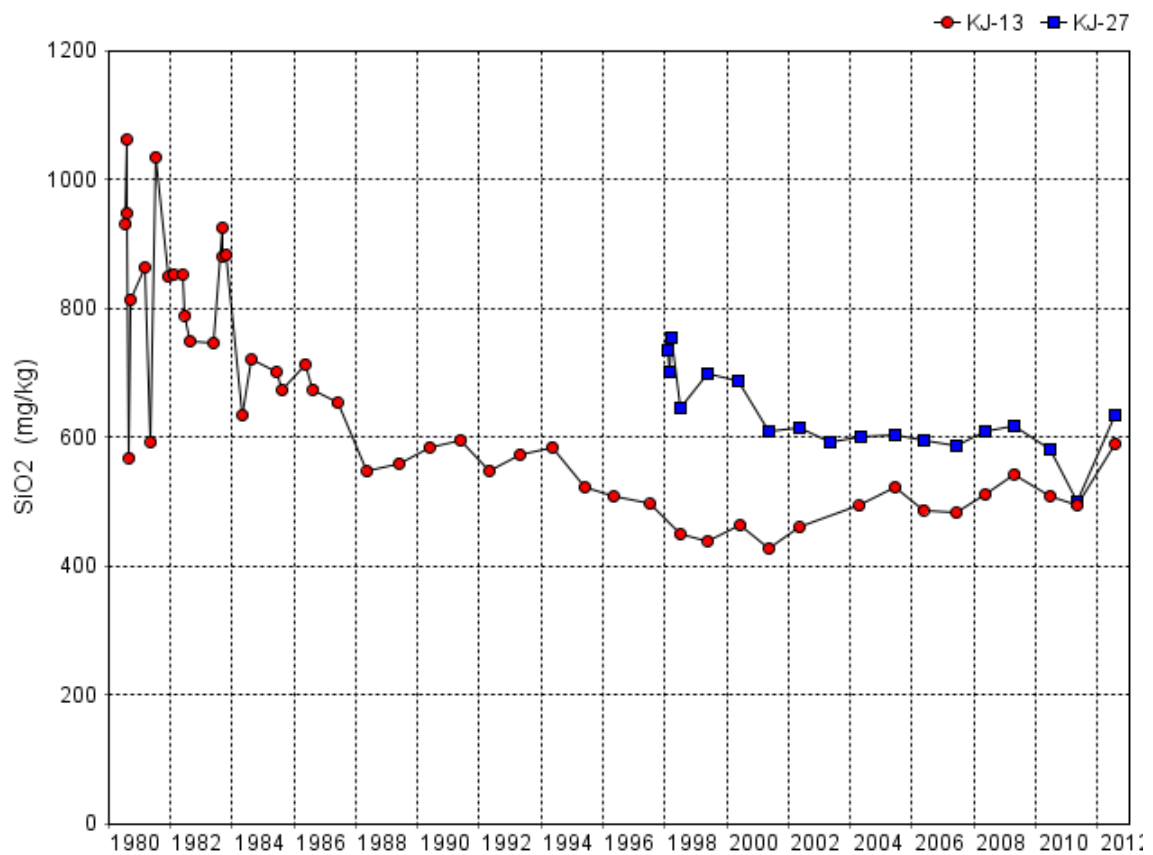
**Mynd 36** Leirbotnar, djúpar holur, H2S í gufu á móti tíma.



**Mynd 37** Leirbotnar, djúpar holur, H2 í gufu á móti tíma.



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



Mynd 39 Leirbotnar, djúpar holur, SiO<sub>2</sub> í vatni á mótí tíma.

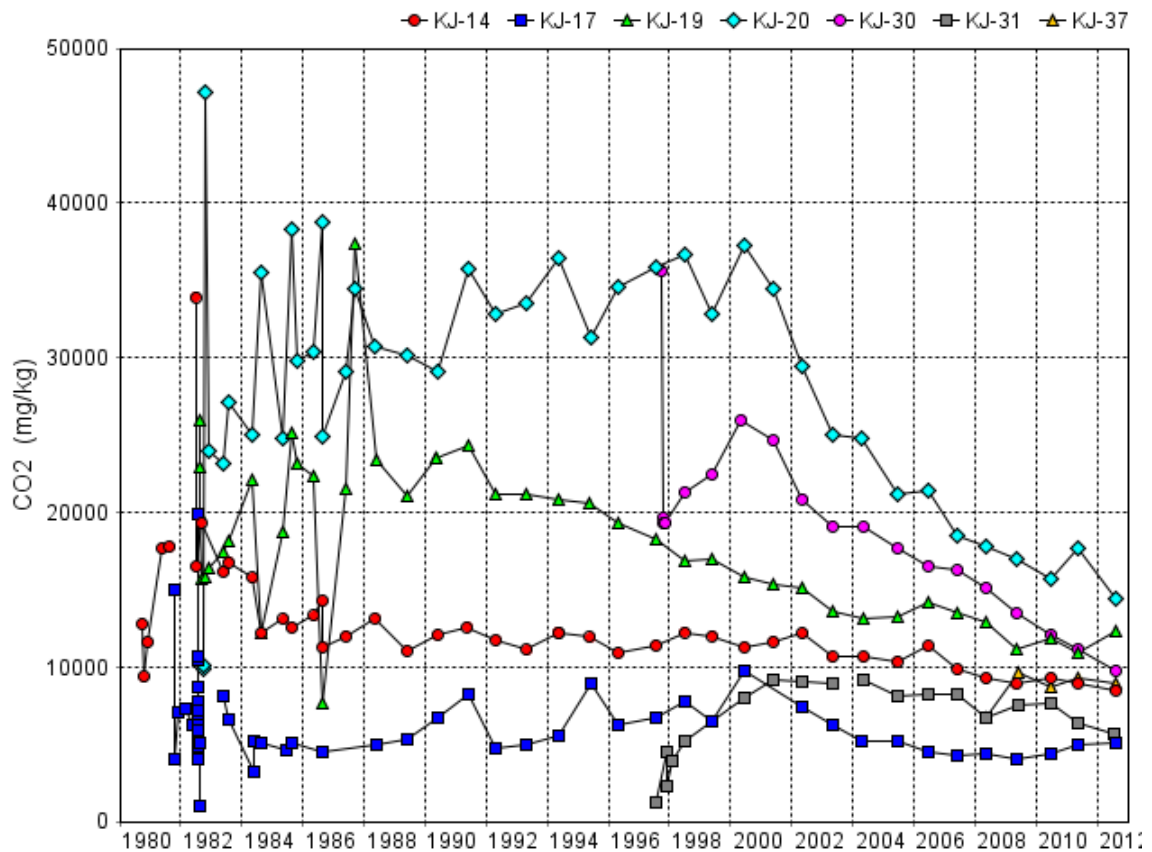
## Suðurhlíðar Kröflu – Efnabreytingar í holum

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.

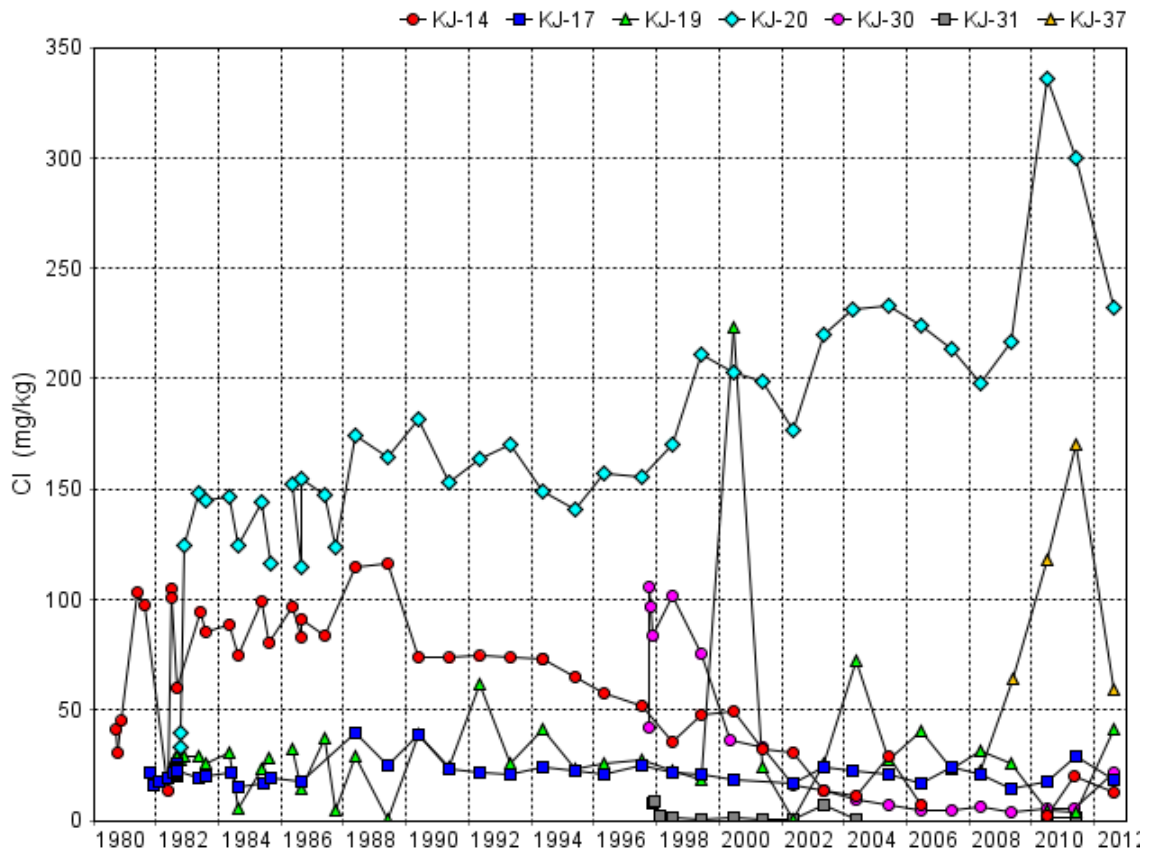
Á mynd 40 er gasstyrkur (koldíoxíð (CO<sub>2</sub>) í gufu reiknaður við skiljuþrýsting, sýndur á móti tíma fyrir holurnar.

Þar kemur fram að styrkur CO<sub>2</sub> í KJ-20 og KJ-30, heldur áfram að minnka eins og undanfarin ár. Gasminnkunin helst í hendur við gasminnkun í holum á Vesturhlíðasvæðinu og er ekki ólíklegt að holur KJ-20 og KJ-30 vinni úr sama jarhitageymi og þær.

Styrkur klóríðs (Cl) er sýndur á móti tíma á mynd 41. Klóríðstyrkur í holu KJ-20 er með því mesta sem mælist í Kröflu og hefur verið að aukast undanfarin ár en minnkaði núna.



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

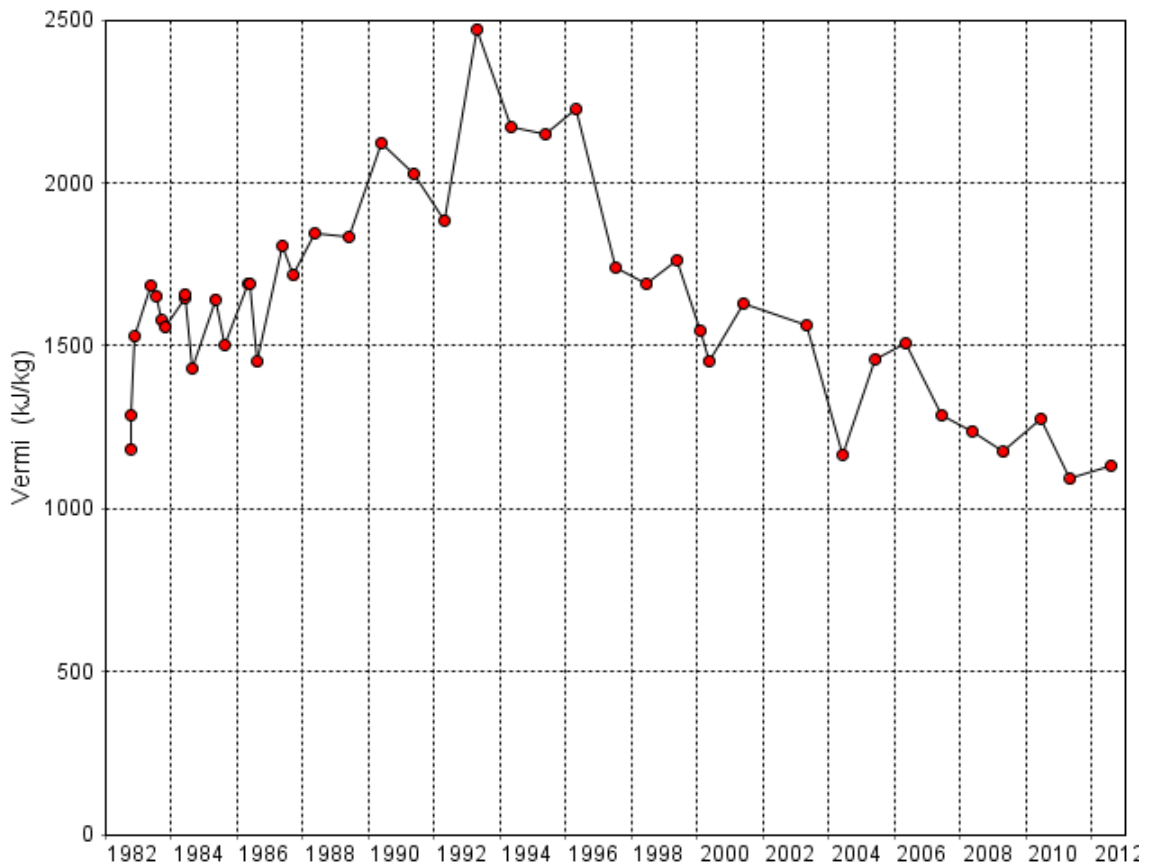
Vermi rennis úr holu KJ-21 hefur verið minnkandi undanfarin ár samhliða minnkandi gufuafköstum (Mynd 42). Á mynd 43 er sýndur kísilstyrkur í holu KJ-21 frá upphafi. Kísilstyrkurinn hefur ekki minnkað samsvarandi og vermið, sem bendir til þess að berghiti hafi lítið breyst og að vermisminnkun verði ekki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

Koldíoxíðstyrkur 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). Gufan í gufuæðinni er gasríkari en gufa sem sýður af vatni sem ættað er dýpra úr holunni.

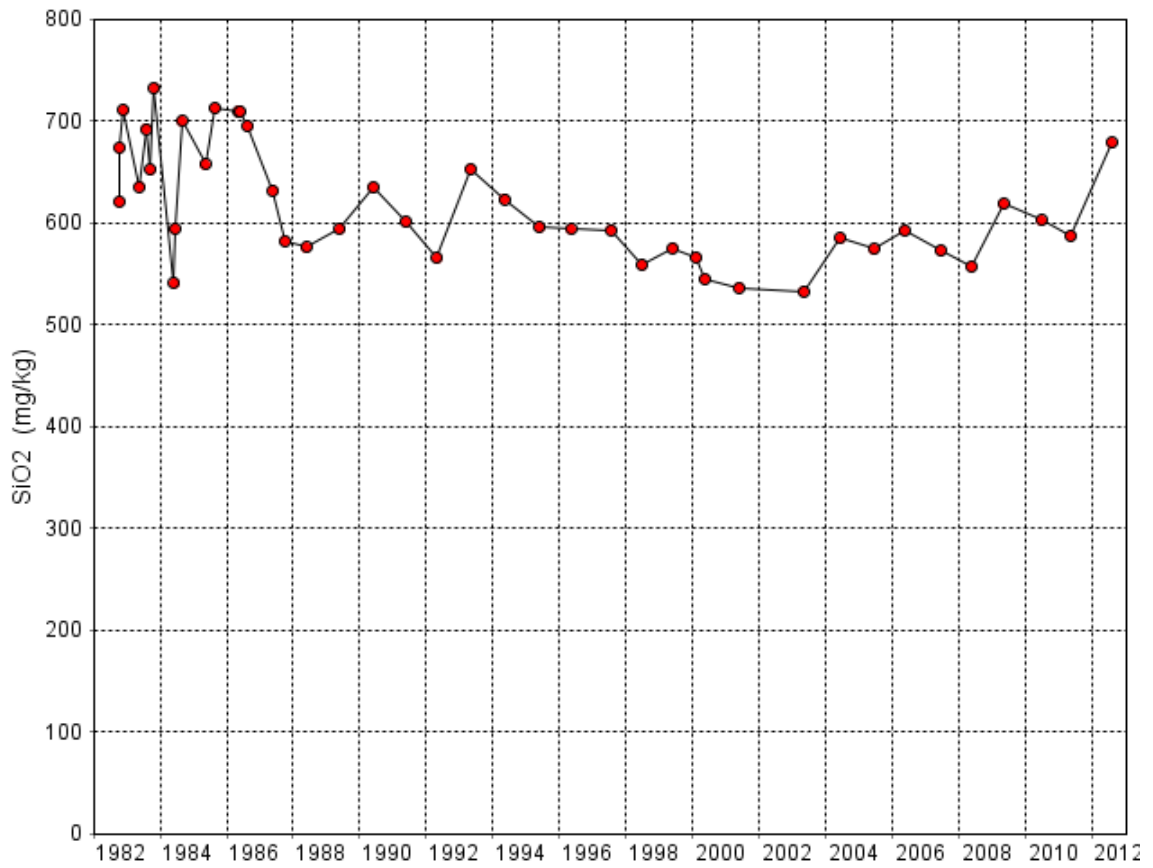
Styrkur brennisteinsvetnis (H<sub>2</sub>S) og sérstaklega vetnis (H<sub>2</sub>) síðustu 4 ár hefur einnig minnkað (sjá myndir 45 og 46). Þetta bendir einnig til þess að gufuæðin sé að gefa eftir.

Möguleg skýring getur verið breytt þrýstiástand 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 Hvíthólasvæðinu og því líklegt að þrýstitenging sé á milli svæðanna. Einnig er mögulegt að niðurdæling í holu KJ-26 hafi áhrif á þrýstiástandið í kerfinu.

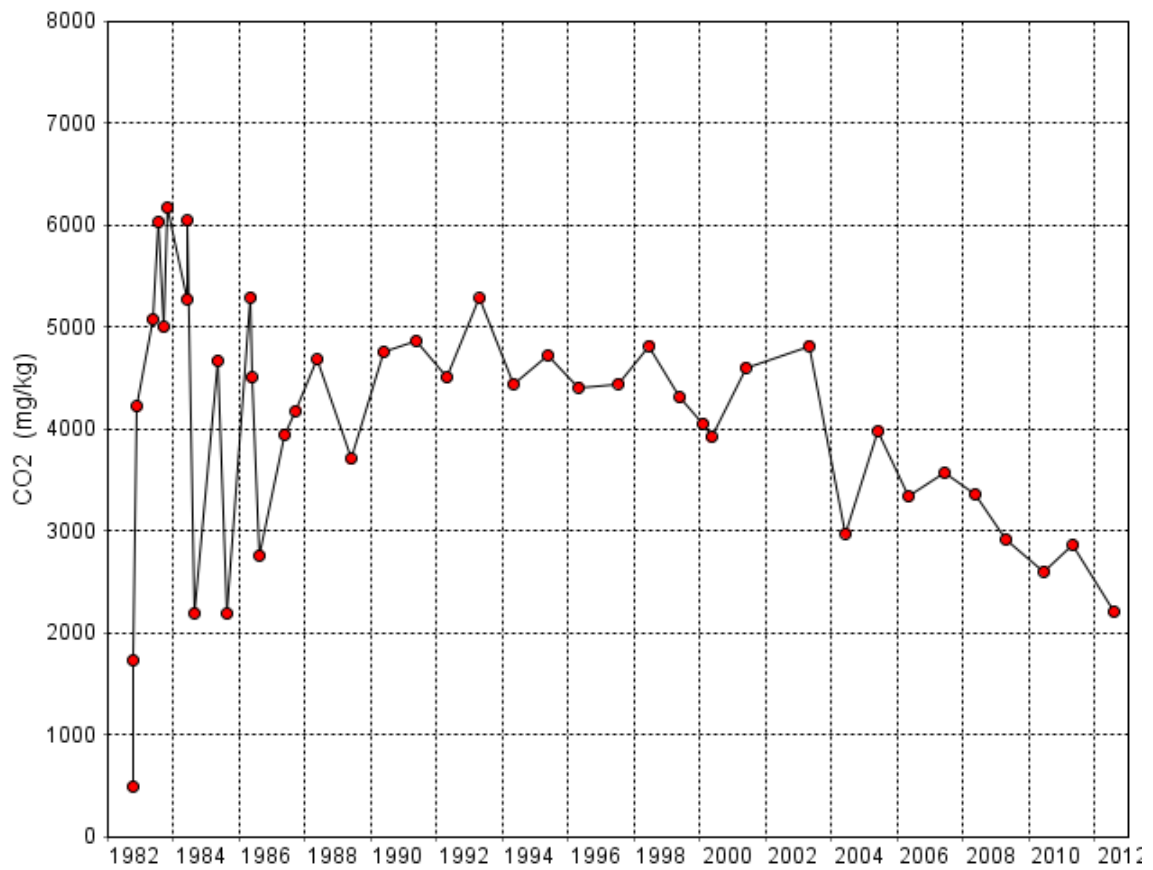
Önnur skýring gæti verið stífla í gufuæðinni. Slíka stíflu mætti reyna að losa með sýruhreinsun.



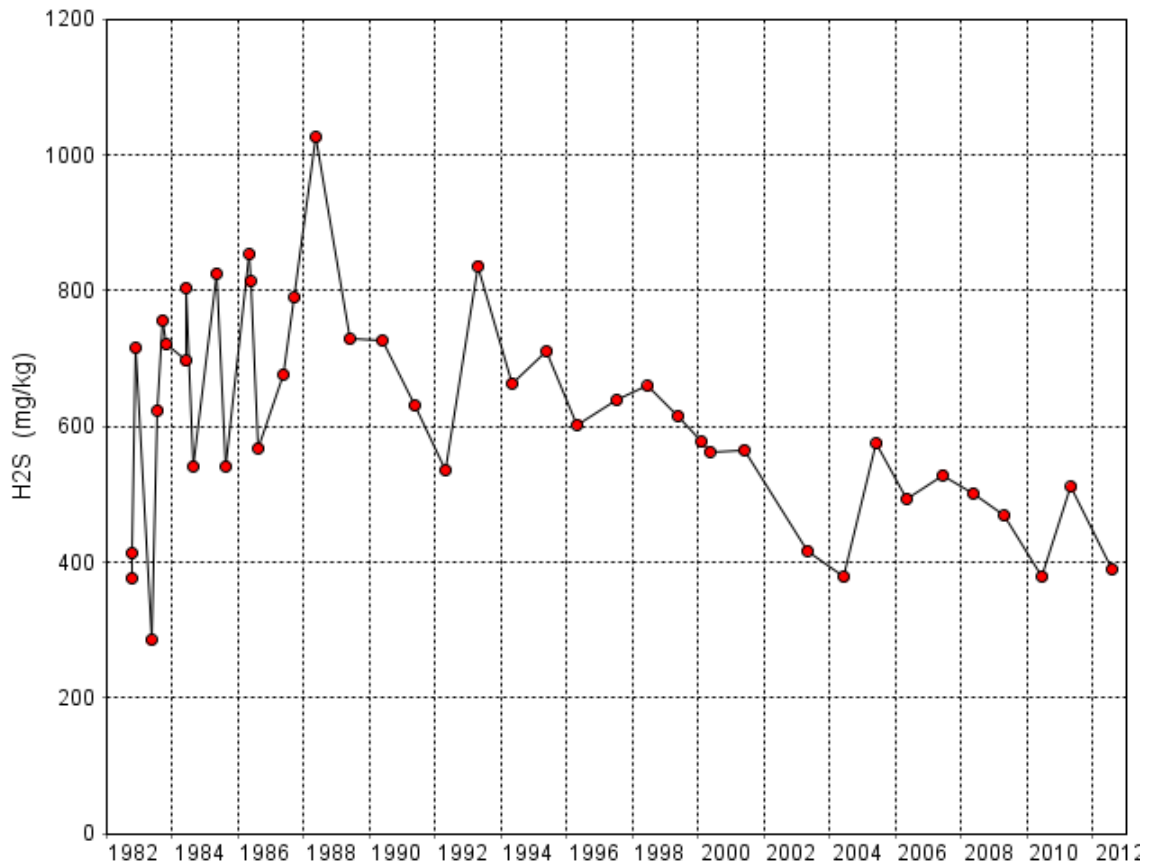
Mynd 42 Hvíthólaklif, vermi á móti tíma.



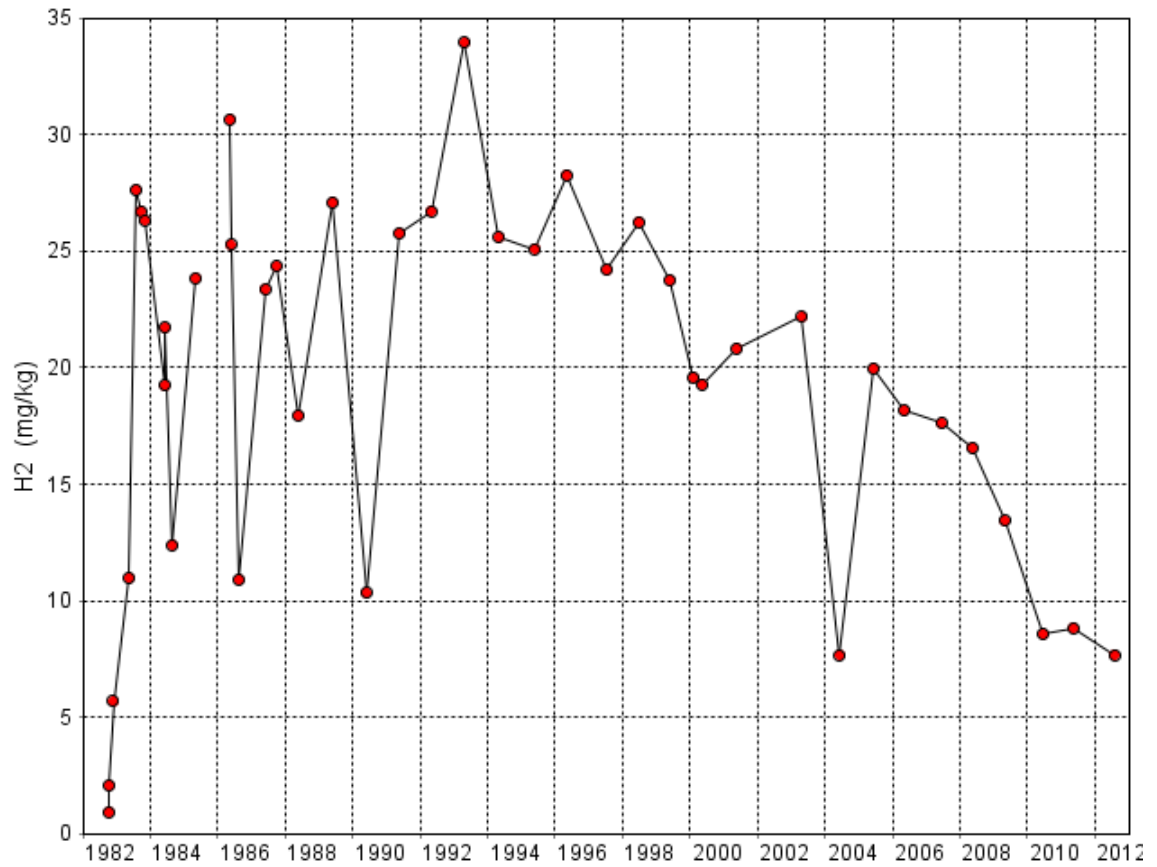
**Mynd 43** *Hvíthólaklif, SiO<sub>2</sub> í vatni á móti tíma.*



**Mynd 44** *Hvíthólaklif, CO<sub>2</sub> í gufu á móti tíma.*



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



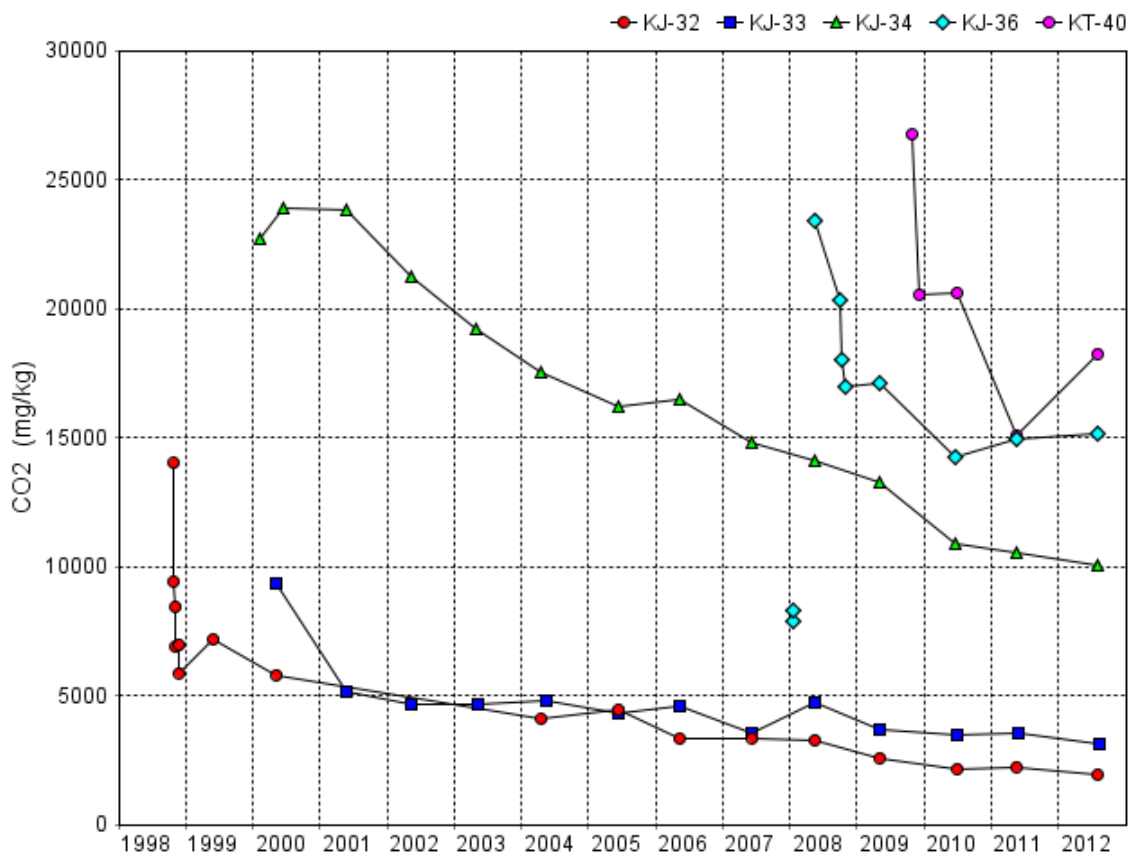
**Mynd 46** Hvíthólaklif, H<sub>2</sub> í gufu á móti tíma.

## Vesturhlíðar Kröflu – Efnabreytingar í holum

Á mynd 47 er styrkur koldíoxíðs (CO<sub>2</sub>) í gufu úr holum í Vesturhlíðum Kröflu sýndur.

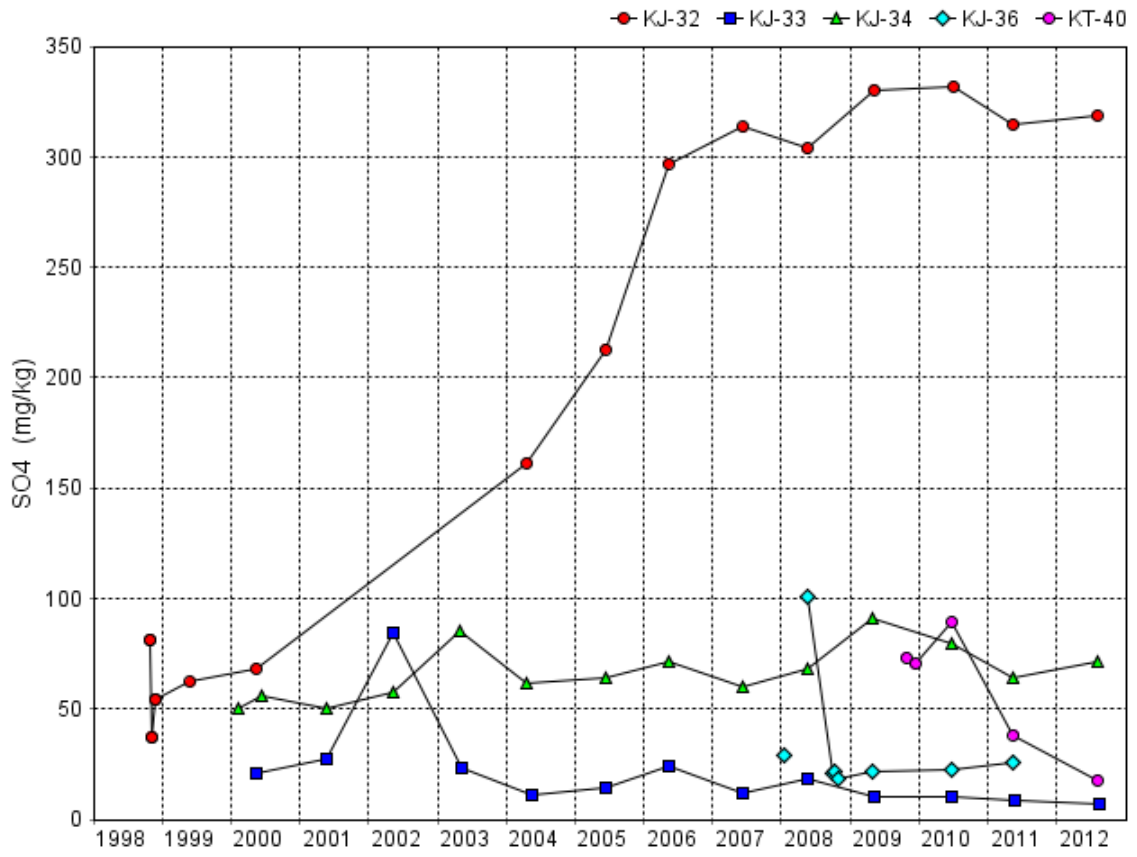
Koldíoxíðstyrkur í gufu úr holunum hefur minnkað en mest í holu KJ-34. Mest gas mælist í gufu úr holu KJ-40 en það hefur þó minnkað frá því að henni var hleypt upp

Á mynd 48 er styrkur súlfats í borholuvatninu sýndur. Þar kemur fram að styrkur súlfats í holu KJ-32 hefur verið að aukast síðustu árin en hefur nú náð jafnvægi. Túlka má þetta sem vísbendingu um aðstreymi kaldara vatns að holunni eins og vermi holunnar, sem fer minnkandi, gefur einnig til kynna.



Mynd 47 Vesturhlíðar Kröflu, CO<sub>2</sub> í gufu á mótí tíma





**Mynd 48** Vesturhlíðar Kröflu, SO<sub>4</sub> í vatni á mótí tíma.

### 3 BJARNARFLAG

Gufa frá svæðinu er nýtt til rafmagnsframleiðslu í Gufuafsstöðinni 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

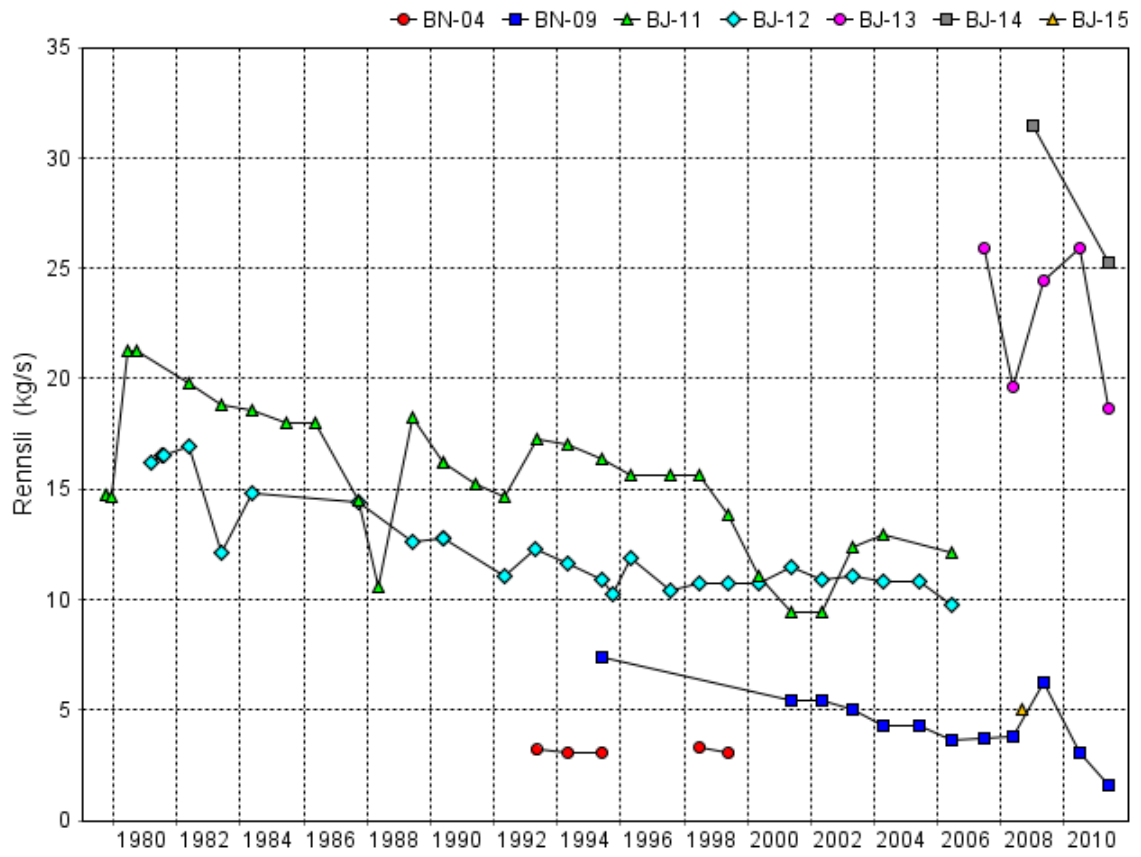
Afköstin voru ákvörðuð með mælingu á mismunaprýstingi yfir tvífasa blendu samhliða vatnsákvörðun með þynningaradferð. Vatnsákvörðun með þynningaradferð byggist á því að litarefni er dælt inn í rennslispípuna með jöfnu rennsli og styrkur þess í sýni af vatninu ákvarðaður (Trausti Hauksson 2011).

Í ágústmánuði árið 2012 voru 2 holur tengdar Bjarnarflagsstöð og framleiddu þær samkvæmt aflmælingum 21,5 kg/s af háprýstigufu en stöðin framleiddi 2,0 MW af rafmagni. Frá holu BJ-13 renna 17,2 kg/s af skiljuvatni í Bjarnarflagslónið en 24,7 kg/s renna úr holu BN-09 í Jarðböðin.

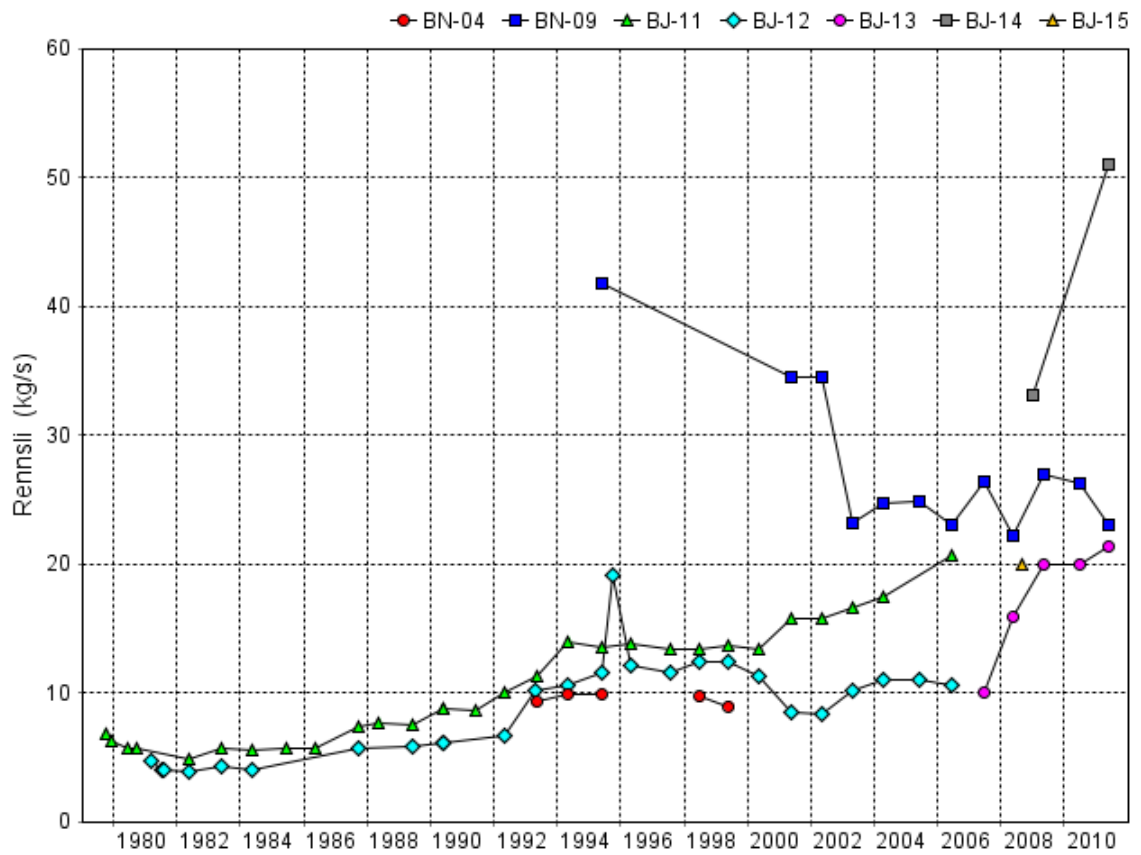
Niðurstöður afkastamælinga eru birtar í töflu 13. Breytingar á afköstum borhola í Bjarnarflagi eru sýndar á myndum 49 og 50.

**Tafla 13 Bjarnarflag. Afköst borhola 2012.**

Nafn	Tími	Heildar			HP-Skilja	Frárennsli		Hverfill
		Vermi kJ/kg	Rennsli kg/s	Varmaafll MW	Gufa kg/s	Gufa kg/s	Vatn kg/s	Rafafll MW
BN-09	2012-08-01	1086	29,1	26,7	4,4	4,0	20,7	2,1
BJ-13	2012-08-01	1690	37,5	57,1	17,1	3,3	17,2	7,9
	Samtölur	1426	66,6	83,9	21,5	7,2	37,9	10,0



Mynd 49 Bjarnarflag, gufurennslu úr holum.

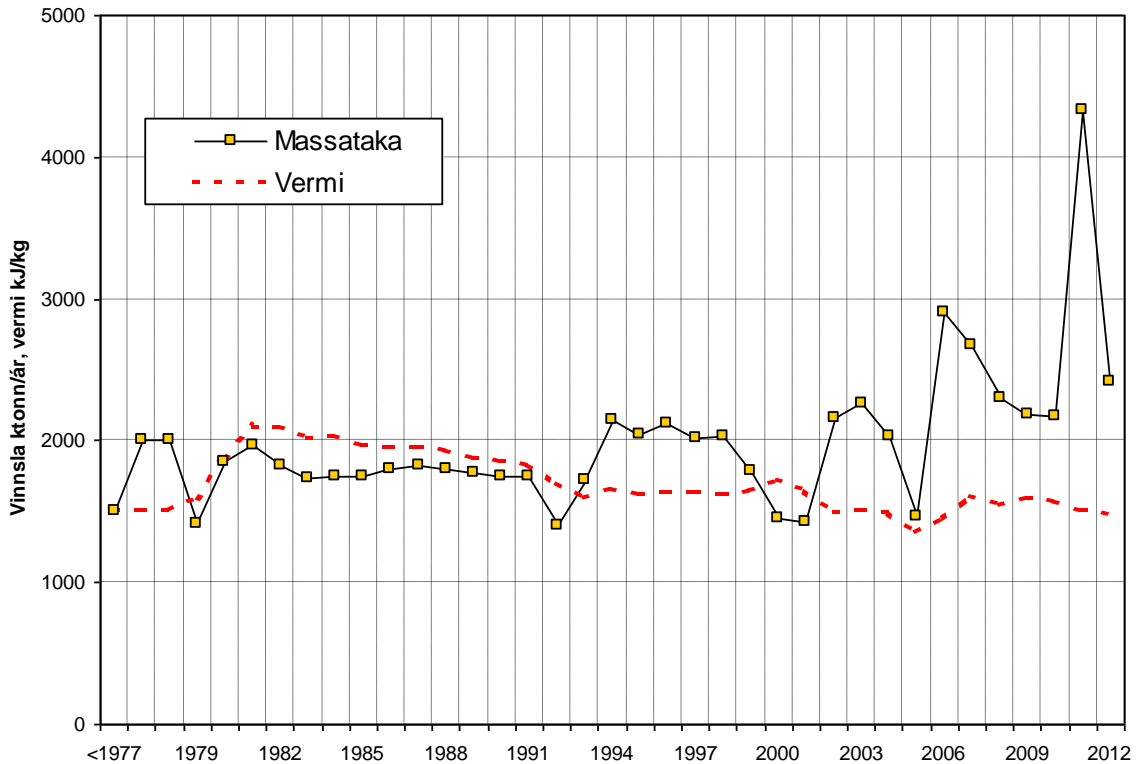


Mynd 50 Bjarnarflag, vatnsrennslu úr holum.

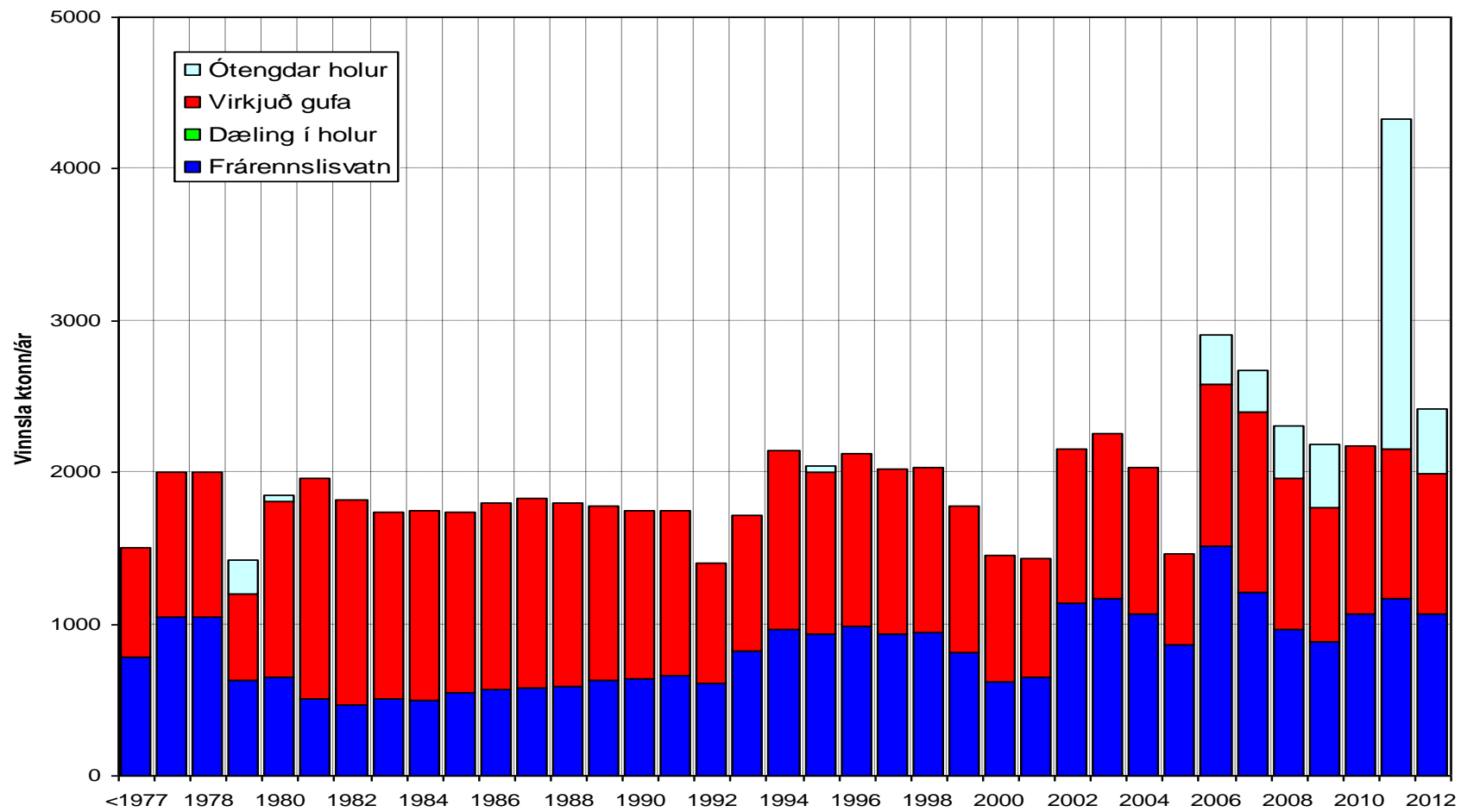
### 3.1.2 Massa og varmavinnsla

Yfirlit um árlega vinnslu úr holum í Bjarnarflagi er birt í Viðauka 2 aftast í skýrslunni. Á mynd 51 er sýnd árleg massavinnsla ásamt meðal vermi úr holunum síðan árið 1977. Tölur um árlega vinnslu sem teknar eru saman í mynd 52 sýna vinnslu vatns og gufu frá upphafi.

Heildarmassataka árið 2012 var 2.418 þúsund tonn eða nánast helmingi minna en 2011 en þá var vinnslan 4.328 þúsund tonn. Í fyrra voru tekin upp 2.174 þúsund tonn vegna prófunar á nýjum holum en nú 425. Virkjuð gufa á árinu var 923 þúsund tonn og vatnsstreymi frá virkjun 1.070 þúsund tonn.



**Mynd 51** *Bjarnarflag. Árleg vinnsla og vermi.*



Mynd 52 Bjarnarflag. Árleg gufuvinnsla og frárennsli.

## 3.2 EFNAMÆLINGAR

### 3.2.1 Vatn og gufa úr borholum

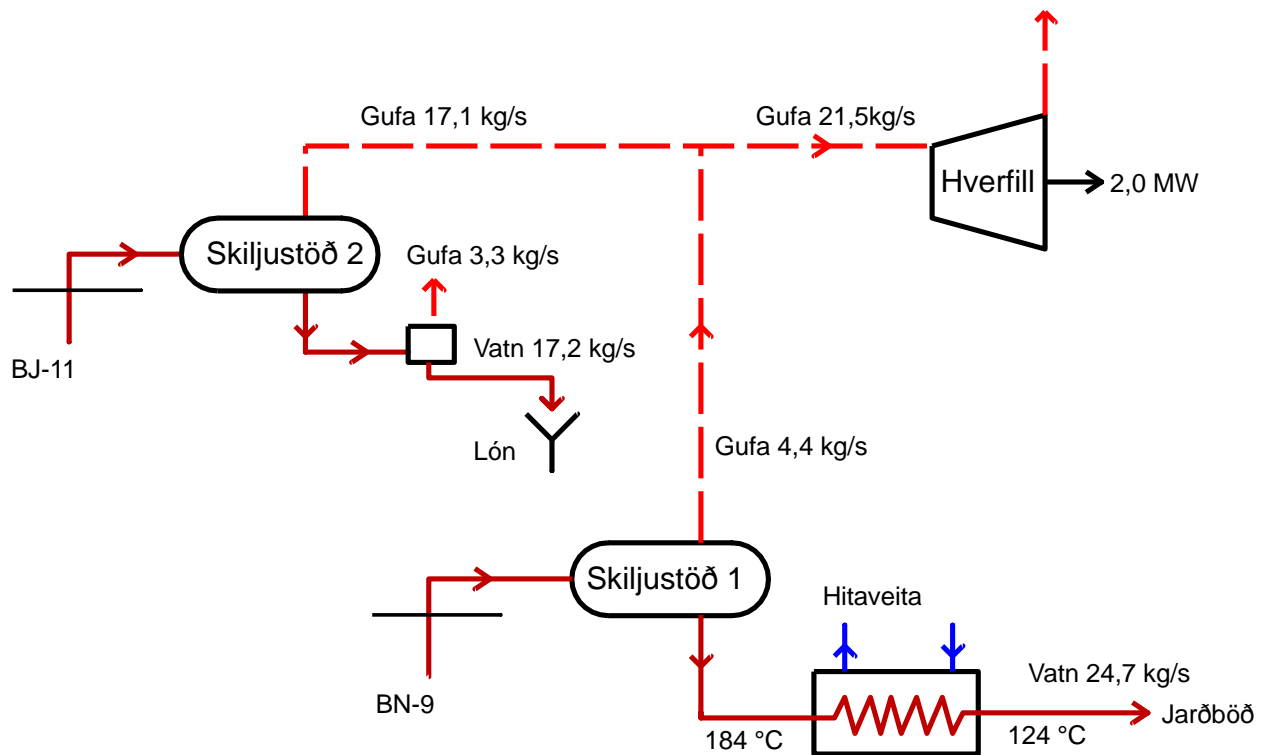
Safnað var sýnum til efnagreininga úr borholum BN-09 og BJ-13 í Bjarnarflagi og eru niðurstöður greininga á vatni og gufu úr borholunum vistaðar í gagnagrunni fyrir jarðhitagögn (ViewData).

Gasstyrkur í gufu og efnahiti eru sýnd í töflum 14 og 15. Gas er lítið í gufu frá holunum og reiknast meðal gasstyrkur 0,23 %, sem er svipað og í fyrra en þá mældist meðalstyrkur 0,21%.

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

### 3.2.2 Frárennsli

Á mynd 53 er sýnt flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð þegar sýnum af frárennsli var safnað til efnagreininga.



Mynd 53 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 54 og 55 er sýnd árleg losun CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S vegna orkuvinnslunnar og rannsóknaboranna frá upphafi vinnslu.

Losun koldíoxíðs var 980 tonn árið 2012 sem er minna en árið 2011 en vegna prófunar á holu BJ-14 var losunin 1.292 tonn í fyrra. Losun brennisteinsvetnis var einnig minni í ár eða 888 tonn samanboreið við 1.603 tonn í fyrra.

Frárennslissýni til efnagreininga var safnað úr útrennsli Bjarnarflagsslónsins, þar sem það rennur ofan í sprungu vestanvert við lónið. Venja er að safna í skiljustöðinni úr skiljuvatni sem streymir í suðuskálina (Nornapottinn) við Jarðböðin. Það var ekki gert núna og eru efnagreiningar sýnis sem safnað var við holutopp BN-9 notaðar í staðinn. Niðurstöður eru sýndar í töflu 17 ásamt greiningarniðurstöðum á rokgjörnum efnum og sýrustigi í vatni hitaveitunnar.

Kísilstyrkur í baðvatninu mældist 552 mg/kg sem er nokkuð yfir metnunarmörkum við 128 °C (490 mg/kg).

Mengandi efni í vatninu voru efnagreind og eru niðurstöður birtar í töflum 18 og 19. Til hliðsjónar er jafnframt tafla 20 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 Bjarnarflagsslóninu en þar er styrkurinn 224 µg/l og er vatnið í flokkun V sem telst ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði. Styrkur arsens er minni í Jarðbaðavatninu. Kopar (Cu) mældist einnig yfir viðmiðunarmörkum.

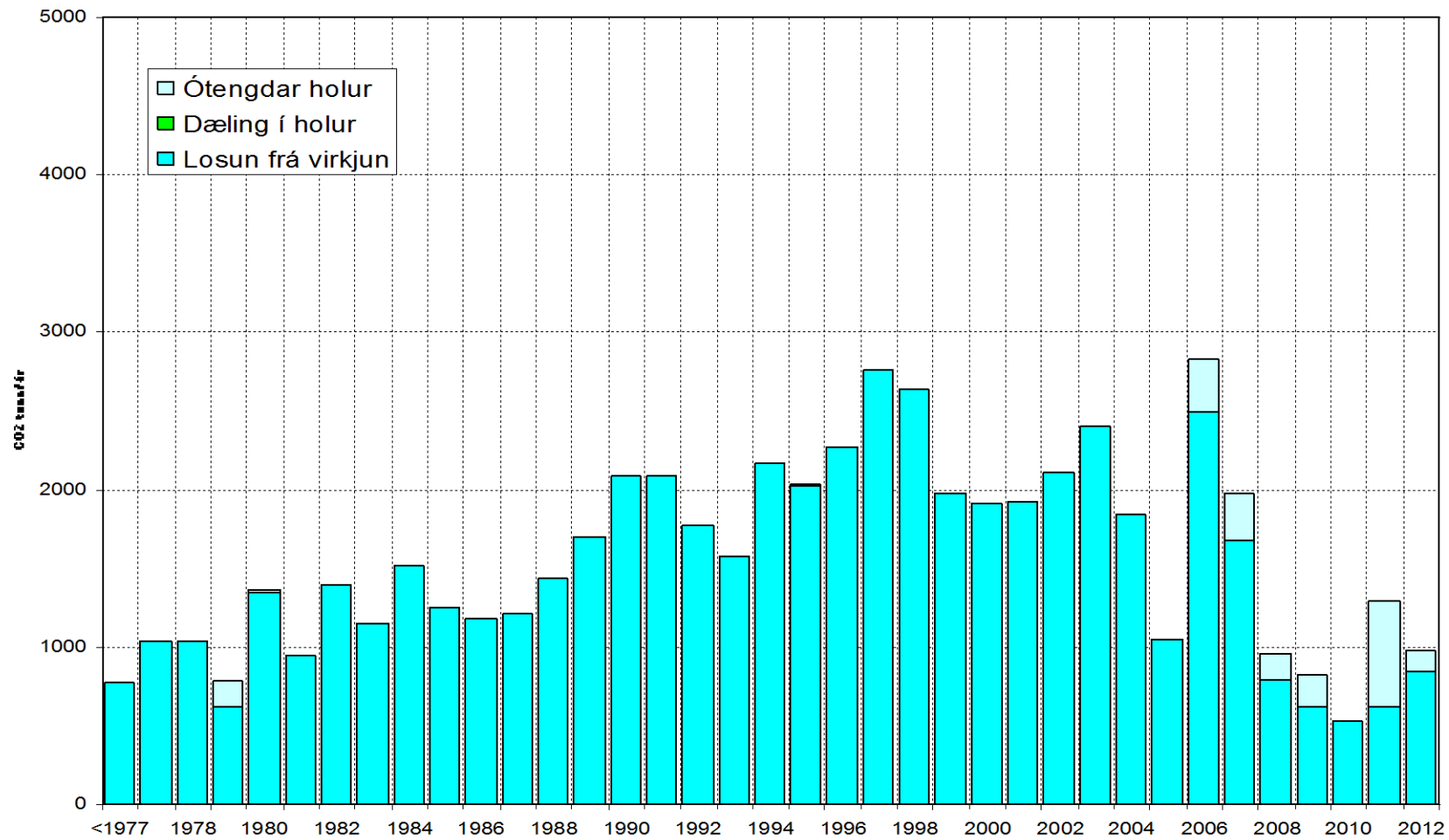
Heidarlosun mengunarefna frá Bjarnarflagi er birt í töflu 21.

**Tafla 14 Bjarnarflag. Gas í gufu inn á veitu 2012**

Nafn	Tími	Gufa	Gas							
			Rennsli	Massa	Rennsli	CO2	H2S	H2	N2	CH4
		kg/s	%	kg/s	%	%	%	%	%	%
BN-09	2012-05-31	4,68	0,31	0,01	30,16	29,86	35	2,55	2,4	0,02
BJ-13	2012-05-31	17,29	0,2	0,03	34,08	33,34	31,2	1,07	0,28	0,03
	Samtölur	<b>21,96</b>	<b>0,23</b>	<b>0,05</b>	<b>32,93</b>	<b>32,32</b>	<b>32,31</b>	<b>1,51</b>	<b>0,9</b>	<b>0,03</b>

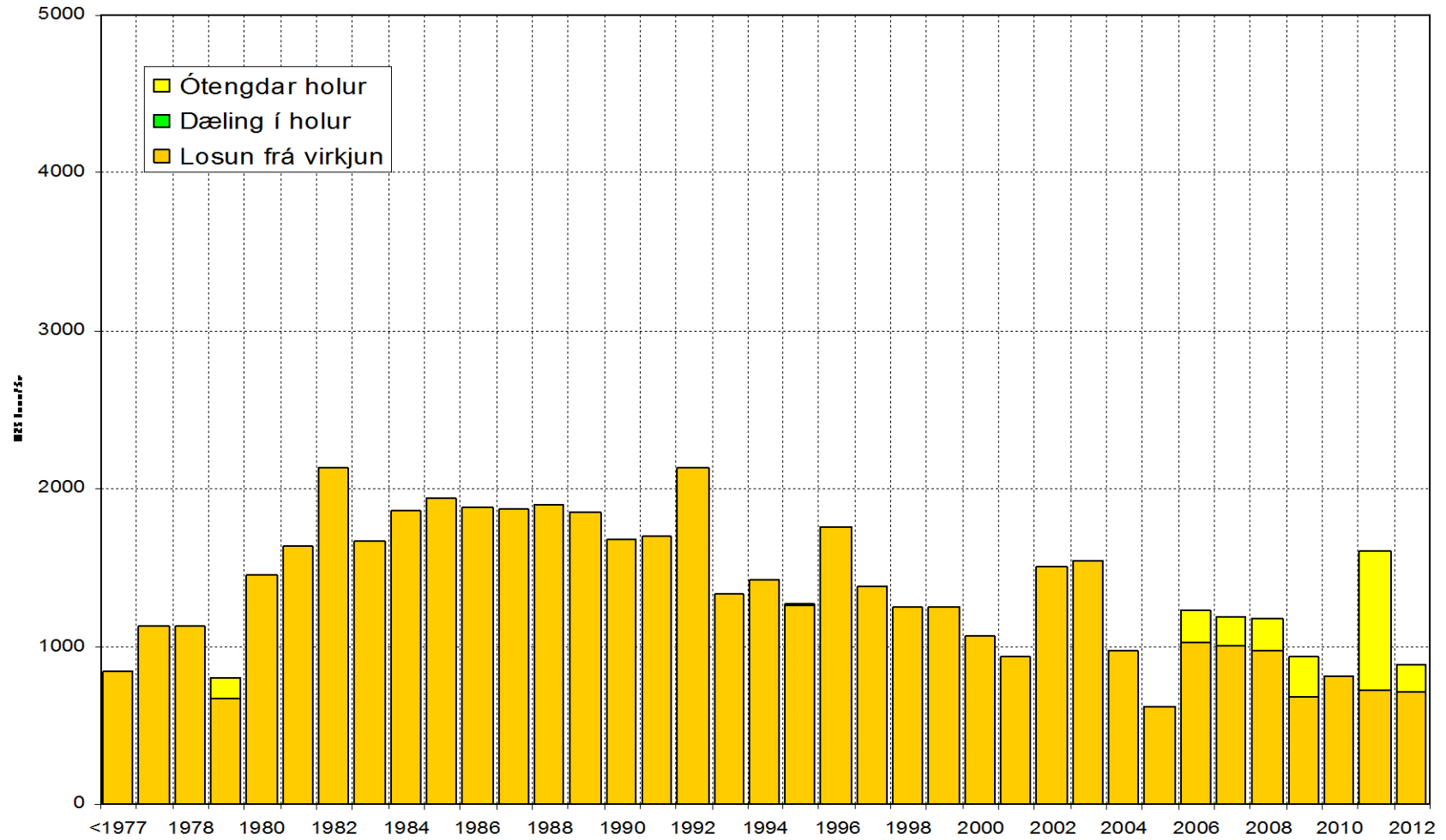
**Tafla 15 Bjarnarflag. Berghiti 2012**

Nafn	Tími	Skilja	Efnahitar			
		Vermi	tSiO2q	tNa/K	tCO2	tH2/H2S
		kJ/kg	°C	°C	°C	°C
BN-09	2012-05-31	1086	250	231	205	304
BJ-13	2012-05-31	1690	288	281	207	300
	Samtölur	<b>1426</b>	<b>269</b>	<b>256</b>	<b>206</b>	<b>302</b>



Mynd 54 *Bjarnarflag. Árleg losun koldíoxíðs (CO<sub>2</sub>).*





Mynd 55 *Bjarnarflag. Árleg losun brennisteinsvetnis (H<sub>2</sub>S).*

**Tafla 16 Bjarnarflag. Styrkur efna í vatni og gufu í borholum árið 2012**

Nafn	Tími	Gufa							Vatn														
		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	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
BN-09	2012-05-31	4,68	1607	1232	85,4	86,6	46,69	1,04	24,44	9,25	33	102,4	552	155	18,8	3,08	0,004	0,002	0,906	0,66	32,4	47,9	0,64
BJ-13	2012-05-31	17,29	1099	833	46,1	22	3,28	0,9	20,24	8,97	13,4	41,4	835,8	117,2	22,5	0,41	0,004	0,004	2,891	0,09	65,6	12,2	1,96
	<b>Samtölur</b>	<b>21,96</b>	<b>1207</b>	<b>918</b>	<b>54,5</b>	<b>35,8</b>	<b>12,53</b>	<b>0,93</b>	<b>44,69</b>	<b>9,11</b>	<b>24,1</b>	<b>74,7</b>	<b>680,5</b>	<b>137,9</b>	<b>20,5</b>	<b>1,87</b>	<b>0,004</b>	<b>0,003</b>	<b>1,805</b>	<b>0,41</b>	<b>47,4</b>	<b>31,7</b>	<b>1,24</b>

**Tafla 17 Bjarnarflag. Frárennslissýni 2012.**

Nafn	Tími	Hitastig	pH	CO2	H2S	SiO2	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	F	Cl	SO4	B	Rafleiðni	SS
		°C	/25°C	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	µS/cm	mg/kg
Jarðböð *)	2012-05-31	124	9,25	33	102,4	552	155	18,8	3,08	0,004	0,002	0,906	0,66	32,4	47,9	0,64		
Bjarnarflagslón	2012-06-20	30,0	6,25	0,6	0,1	256	115,7	24,2	2,48	1,11	0,691	2,67	0,9	60,2	171,5			10,4
Hitaveituvatn	2012-08-16	99,1	7,8	57,7	1,4		8,6	1,1	9,79	5,58			0,09	3,2	5,1		144	

\*) Sýni úr BN-9

**Tafla 18 Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Bjarnarflagi 2012.**

Nafn	Tími	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb	As	P
		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg
BN-09	2012-05-31	0,011	1,11	<b>6,03</b>	0,09	0,19	<0,002	<0,02	<b>11,2</b>	0,002
BJ-13	2012-05-31	<0,002	1,01	<b>1,27</b>	0,09	0,13	0,003	0,02	<b>291</b>	<0,001

**Tafla 19 Styrkur mengunarefna (µg/l) í frárennslissvatni í Bjarnarflagi 2012.**

	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb	As	P
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg
Jarðböð *)	0,011	1,11	<b>6,03</b>	0,09	0,19	<0,002	<0,02	<b>11,2</b>	0,002
Bjarnarflagslón	0,05	<b>5,72</b>	<b>1,81</b>	0,11	0,32	0,01	0,02	<b>224</b>	

Feitletruð og rauðlituð gildi eru yfir viðmiðunarmörkum. \*) Sýni úr BN-9

**Tafla 20 Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki.**

	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb	As	P
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	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 hættu á áhrifum.

Umhverfismörk II: Lítil hættu 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 21 Heildarlosun mengunarefna frá Bjarnarflagi árið 2012**

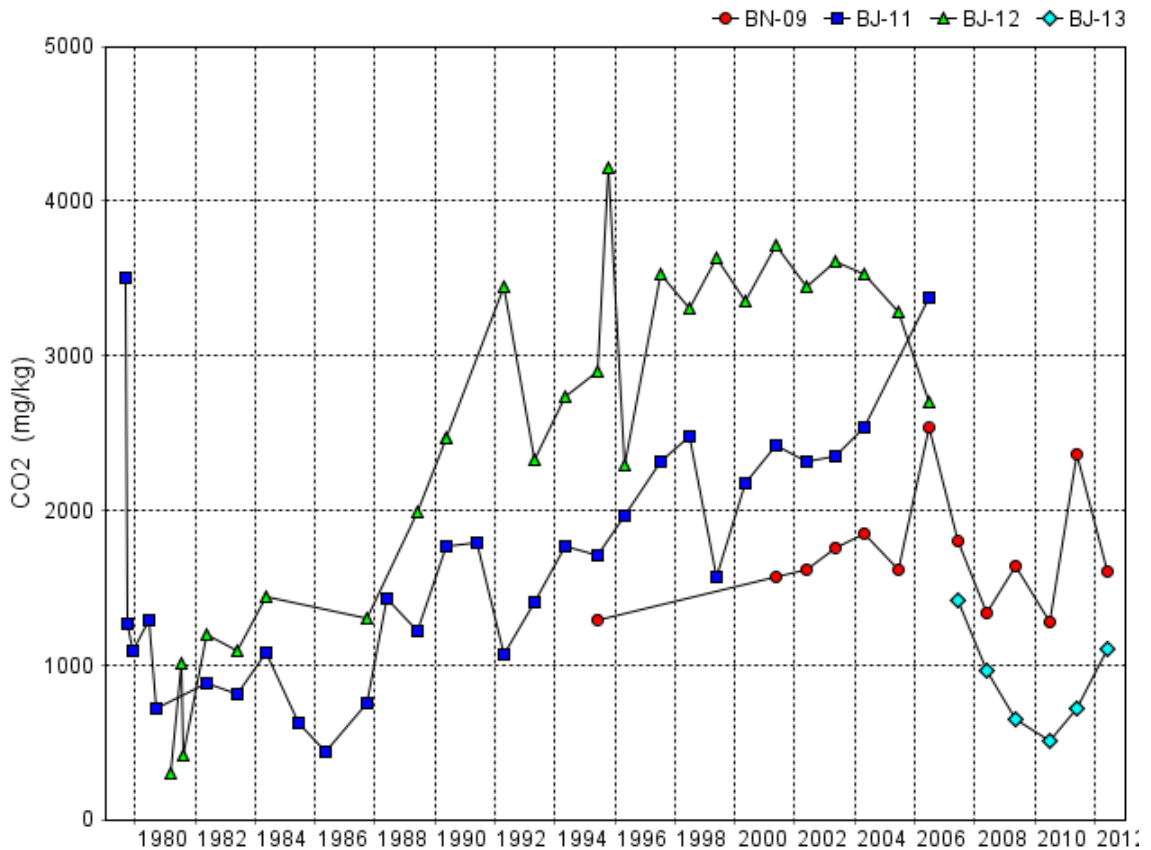
Bjarnarflag 2012		Heildar- upptekt	Orkuframleiðsla - losun			Rannsóknir
			Niðurdæling	Yfirborð	Andrúmsloft	Útblástur
Skiljuvatn	tonn	1.279.403	0	1.069.692	0	209.710
Gufa / þéttivatn	tonn	1.138.597	0	0	923.308	215.290
Samtals	tonn	2.418.000	0	1.069.692	923.308	425.000
Koldíoxíð (CO2)	tonn	980	0	24	824	132
Metan (CH4)	tonn	11	0	0	9	2
Brennisteinsvetni (H2S)	tonn	888	0	60	656	172
Kvikasilfur (Hg)	kg	0	0	0	0	0
Kopar (Cu)	kg	5	0	4	0	0
Sink (Zn)	kg	2	0	3	0	0
Kadmíum (Cd)	kg	0	0	0	0	0
Blý (Pb)	kg	0	0	0	0	0
Króm (Cr)	kg	0	0	0	0	0
Nikkel (Ni)	kg	0	0	0	0	0
Arsen (As)	kg	199	0	115	0	5
Fosfór (P)	kg	1	0	1	0	0

## Efnabreytingar í holum

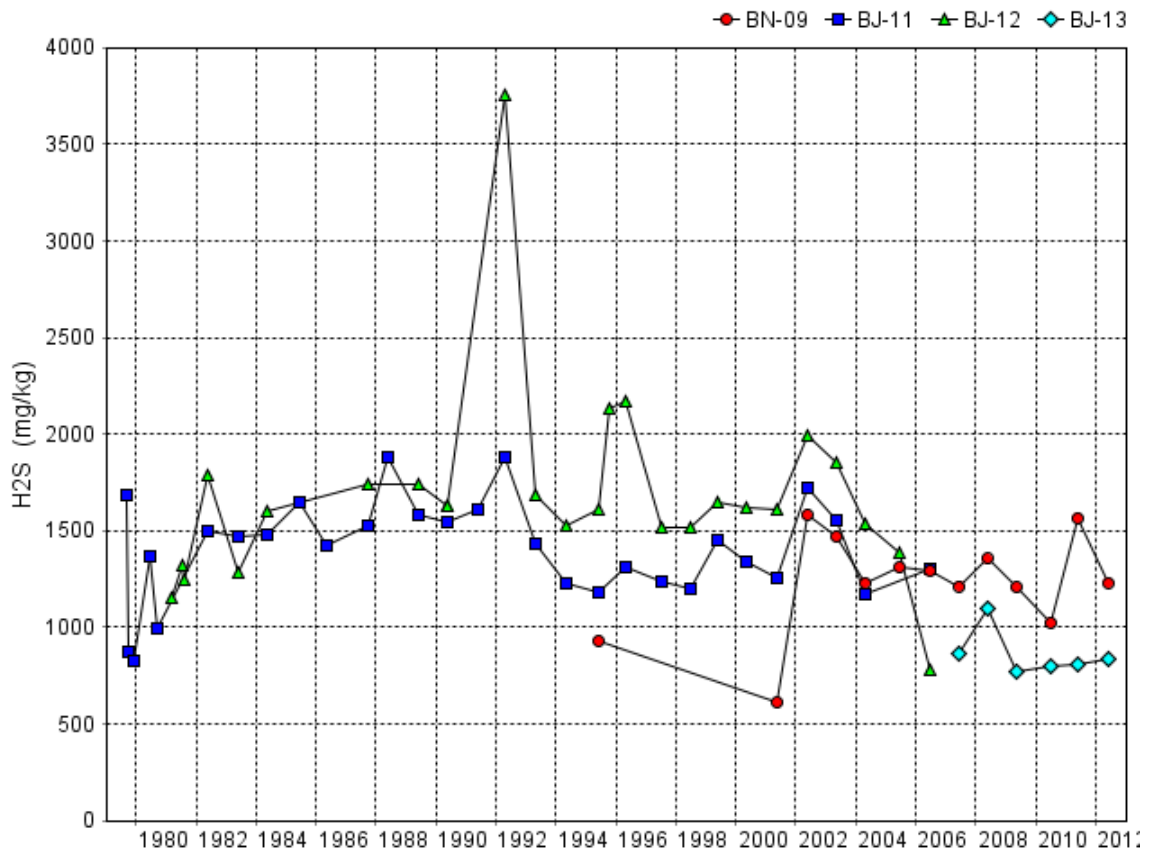
Á mynd 56 er sýndur koldíoxíðstyrkur í gufu, reiknaður við skiljuþrýsting. Styrkurinn í holu BJ-13 hefur aukist lítillega eftir að hafa minnkað undanfarin ár.

Styrkur H<sub>2</sub>S í gufu úr holunum er sýndur á mynd 57. Styrkurinn breytist lítið milli ára.

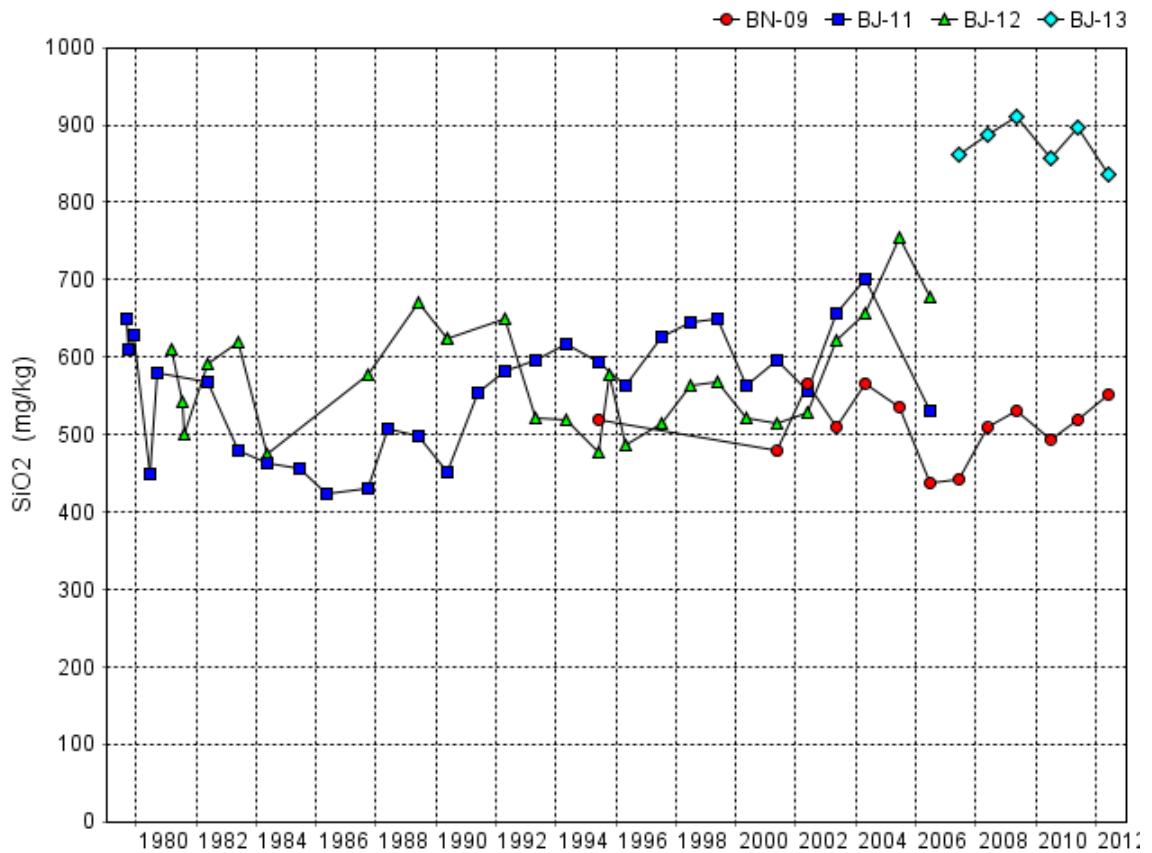
Á mynd 58 er sýndur styrkur SiO<sub>2</sub> í vatni borholanna, reiknaður við skiljuþrýsting. Styrkur kísils í holu BJ-13 breytist lítið milli ára en er mun meiri en mældist áður í holum BJ-11 og BJ-12.



Mynd 56 Bjarnarflag, CO<sub>2</sub> í gufu á mótí tíma.



**Mynd 57** *Bjarnarflag, H<sub>2</sub>S í gufu á mótí tíma.*



**Mynd 58** *Bjarnarflag, SiO<sub>2</sub> í vatni á mótí tíma .*

## 4 NIÐURSTÖÐUR

### 4.1 Krafla

- Afköst virkjunarinnar voru 58 MW í upphafi árs en voru komin niður í 57 MW þegar vél 1 var tekin út í maí. Næg gufa var þá til þess að keyra vél 2 á fullum afköstum. Eftir viðhaldsstopp náðist aðeins 55 MW framleiðsla allt þar til hola KJ-39 var tengd í nóvember að framleiðslan fór upp í um 59 MW. Í lok ársins hafði framleiðsaln minnkað aftur í 57 MW. Samtals var raforkuframleiðsla stöðvarinnar á árinu 1696 TJ.
- Í ágústmánuði árið 2012 voru 18 holur tengdar Kröflustöð og framleiddu þær 115,7 kg/s af háþrýstigufu og 22,5 kg/s lágþrýstigufu, sem reikningslega nægir til framleiðslu á 57,2 MW af rafmagni. Hluti háþrýstigufunnar er notaður til þess að knýja gasdælur og voru afköst virkjunarinnar því nokkuð minni eða 54,9 MW.
- Háþrýstigufa mældist 18,3 kg/s minni en á árið 2011. Holur KJ-21 og KJ-30 minnkuðu í afli en hola KJ-34 þó mest en hún minnkaði um 7 kg/s. Gufuframleiðsla á svæðinu dugar ekki fyrir fullum afköstum stöðvarinnar.
- Tekin voru samtals um 9.703 þúsund tonn af vatni og gufu úr svæðinu á árinu 2012. Þar af var gufa til raforkuframleiðslu 4.934 þúsund tonn. Upptekt vegna prófunar á nýjum holum var 609 þúsund tonn.
- Dælt var samtals 2.563 þúsund tonnum af vatni í holu KJ-26. Nettó vinnsla úr jarðhitageyminum var því 7.140 þúsund tonn.
- Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýstigufu var um 1,00 %, samanborið við 1,06% árið 2011. Heildargasstreymi inn í stöðina minnkaði og var 1,28 kg/s samanborið við 1,42 kg/s í fyrra. Það er vegna minnkandi gufu og einnig minni gasstyrks í gufu.
- Losun koldíoxíðs var 39.683 tonn á árinu 2012 en orkuframleiðslan var 1.696 TJ og reiknast koldíoxíðlosunin því vera um 84 g/kWh. Losun brennisteinsvetnis var 5.180 tonn sem eru 11.0 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

- Tvær holur voru tengdar Bjarnarflagsstöð og framleiddu þær samkvæmt aflmælingum 21,5 kg/s af háþrýstigufu en stöðin framleiddi 2,0 MW af rafmagni.
- Frá holu BJ-13 renna 17,2 kg/s af skiljuvatni í Bjarnarflagslónið en 24,7 kg/s renna úr holu BN-09 í Jarðböðin.
- Heildarmassataka árið 2012 var 2.418 þúsund tonn eða nánast helmingi minna en 2011 en þá var vinnslan 4.328 þúsund tonn. Í fyrra voru tekin upp 2.174 þúsund tonn vegna prófunar á nýjum holum en nú 425. Virkjuð gufa á árinu var 923 þúsund tonn og vatnsstreymi frá virkjun 1.070 þúsund tonn.
- Gas er lítið í gufu frá holunum og reiknast meðal gasstyrkur 0,23.
- Losun koldíoxíðs var 980 tonn árið 2012 sem er minna en árið 2011 en vegna prófunar á holu BJ-14 var losunin 1.292 tonn í fyrra. Losun brennisteinsvetnis var einnig minni í ár eða 888 tonn samanborið við 1.603 tonn í fyrra.
- Styrkur arsens (As) í Bjarnarflagslóninu var eins og áður langt yfir umhverfismörkum. Kísilstyrkur í baðvatninu mældist 552 mg/kg sem er nokkuð yfir metnunarmörkum

## 5 HEIMILDASKRÁ

- Kemia 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 og Jón Benjamínsson 2012 *Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2011*. Landsvirkjun, október 2012, Skýrsla nr: LV-2012/098 72 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 kadmíum 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	
Vinnsla	3817	4964	5922	8278	9136	10167	8336	8738	8747	7886	8453	8167	9568	10157	9101	9749	9223	9703	
Ótengdar holur	0	271	1344	92	593	259	0	0	0	0	0	0	428	630	288	284	84	609	
Virkjuð gufa	1988	2237	2327	4288	4778	6073	5219	4858	4959	4654	4952	4919	5056	4945	4837	5393	5133	4934	
Dæling í holur					207	415		1278	1849	1708	1540	1462	1665	1778	2572	2792	2530	2563	
Frárennslisvatn	1829	2456	2252	3898	3558	3420	3117	2602	1939	1524	1961	1786	2419	2804	1405	1280	1476	1597	

**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	
Vinnsla	2040	2122	2020	2034	1782	1458	1430	2156	2261	2028	1467	2904	2676	2302	2190	2174	4328	2418	
Ótengdar holur	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327	282	345	419	1	2174	425	
Virkjuð gufa	1072	1138	1083	1088	970	839	776	1018	1088	960	606	1062	1182	994	887	1103	990	923	
Dæling í holur																			
Frárennslisvatn	930	984	937	946	812	619	654	1138	1173	1068	861	1515	1212	963	884	1070	1164	1070	







VIÐAUKI 2  
MEÐHÖNDLUN SÝNA OG  
EFNAGREININGAADFERÐIR



## MEDHÖNDLUN SÝNA OG EFNAGREININGAADFERÐIR

### Meðhöndlun vatnssýna í felti:

**Ru:** Ómeðhöndlað sýni

**Fu:** Sýni síað með 0,45  $\mu\text{m}$  síuþynnu.

**Fa:** Sýni síað með 0,45  $\mu\text{m}$  síuþynnu og sýrt með fullsterkri salpétursýru.  
Magn sýru í sýni 0,5 %.

**Fp:** Sýni síað með 0,45  $\mu\text{m}$  síuþynnu og  $\text{H}_2\text{S}$  fellt með zinkacetati (2 M  $\text{ZnAc}_2$ )  
Magn  $\text{ZnAc}_2$  í sýni 0,01 M (0,5% af lausn).

**CAT:** Sýni síað með 0,45  $\mu\text{m}$  síuþynnu og sýrt með 1 N salpétursýru ( $\text{HNO}_3$ ).  
Magn sýru í sýni 0,5 %. Fyrir jónaskilju.

### Sýrustig (pH)

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

Aðferð: Glerfaskaut með sambyggðu  $\text{AgCl}$  viðmiðunarskauti með tvöfaldri saltbrú.

Mælir stilltur með búffer 7 og 4.

### Brennisteinsvetni og Koldíoxíð ( $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{CO}_2$ )

Meðhöndlun sýnis: Vatni (Ru) safnað í glerflösku lút bætt í til þess að binda gösin.

Þéttri gufu safnað í lofttæmda flösku með 40% lút.

Aðferð: Sjálfvirk títrun.

$\text{H}_2\text{S}$  títrað með 0,01 N  $\text{AgNO}_3$  lausn við hátt pH gildi ( $\text{pH} > 10$ ). Síðan er  $\text{CO}_2$  títrað í sömu lausn með 0,1 N  $\text{HCl}$  lausn frá pH 8,2 til 4,3. Sýru bætt í, blásið með köfnunarefni ( $\text{N}_2$ ) og baktítrað með 0,1 N  $\text{NaOH}$  lausn milli pH 4,3 og 8,2.

Fyrir lútarsýni var  $\text{CO}_2$  í blindum (40%  $\text{NaOH}$ ) ákvarðaðað á sama hátt og leiðrétt fyrir áhrifum  $\text{CO}_2$  í lútarlausn á títrunina.

### Brennisteinsvetni ( $\text{H}_2\text{S}$ ) í frárennsli og hitaveituvatni ( $\text{H}_2\text{S} < 2 \text{ mg/kg}$ )

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

Aðferð: Títrun með 0,001 N  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ -lausn í basískri aceton-lausn með dithizone indikator.

### Gas ( $\text{O}_2$ , $\text{H}_2$ , $\text{CH}_4$ , $\text{N}_2$ , Ar)

Meðhöndlun sýnis: Safnað yfir 40% lút. Rúmmál gass yfir lút var mælt með vigtun á kolbu fullri af eimuðu vatni fyrir söfnun, og eftir söfnun eftir þrýstingsjöfnun með eimuðu vatni.

Aðferð: Gasgreinir TCD.

### Kísill ( $\text{SiO}_2$ )

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

$\text{H}_2\text{S}$  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).

### **Magnesium (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°C.

Mælir stilltur með KCl lausn.

**Föst svifefni (SS)**

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

Aðferð: Þurrkun 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)



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68  
103 Reykjavík  
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is  
Sími: 515 90 00

