



Krafla og Bjarnarflag

Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu
í borholum og vinnslurás árið 2017

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2018-050

Dags: 10.07.2018

Fjöldi síðna: 53

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 2017.

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 útblástursgufu og teknar saman tölur um heildarlosun gróðurhúsalofttegunda og þungmálma frá virkjununum

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

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

A blue ink signature, likely belonging to Steinn Ágúst Steinsson, the project manager, written over a horizontal line.

Krafla og Bjarnarflag

Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu
í borholum og vinnslurás árið 2017

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR.....	3
2	KRAFLA	4
2.1	VINNSLURÁS ORKUVERSINS.....	4
2.2	AFKASTAMÆLINGAR	12
2.2.1	Afköst borhola	12
2.2.2	Massa og varmavinnsla.....	19
2.3	EFNAMÆLINGAR	24
2.3.1	Vatn og gufa úr borholum.....	24
2.3.2	Frárennsli frá Kröflustöð	27
2.3.3	Efnabreytingar í holum	36
3	BJARNARFLAG.....	44
3.1	AFKASTAMÆLINGAR	44
3.1.1	Afköst borhola	44
3.1.2	Massa og varmavinnsla.....	46
3.2	EFNAMÆLINGAR	48
3.2.1	Vatn og gufa úr borholum.....	48
3.2.2	Frárennsli	48
	Efnabreytingar í holum	56
4	NIÐURSTÖÐUR.....	59
4.1	Krafla	59
4.2	Bjarnarflag	60
5	HEIMILDASKRÁ.....	61

VIÐAUKI 1	Krafla og Bjarnarflag. Massa- og varmavinnsla og losun koldíoxíðs (CO ₂) og brennisteinsvetnis (H ₂ S).	65
VIÐAUKI 2	Meðhöndlun sýna og efnagreiningaaðferðir.	70

TÖFLUSKRÁ

		bls
Tafla 1	Kröflustöð, efnagreining gufu inn í stöð, sýnataka 2017-06-20.....	5
Tafla 2	Kröflustöð, efnagreining gass, sýnataka 2017-06-20.....	5
Tafla 3	Kröflustöð, efnagreining kælivatns, sýnataka 2017-06-20.....	5
Tafla 4	Kröflustöð, afköst borhola árið 2017	13
Tafla 5	Kröflustöð. Styrkur efna í vatni og gufu borhola árið 2017	25
Tafla 6	Kröflustöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2017	26
Tafla 7	Kröflustöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2017.....	26
Tafla 8	Kröflustöð. Vatnssýni árið 2017.....	33
Tafla 9	Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Kröflu 2017.	34
Tafla 10	Styrkur mengunarefna í vatnssýnum í Kröflu 2017.....	34
Tafla 11	Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki	34
Tafla 12	Heildarlosun mengunarefna frá Kröflu árið 2017	35
Tafla 13	Bjarnarflag. Afköst borhola 2017.	44
Tafla 14	Bjarnarflag. Gas í gufu inn á veitu 2017.....	50
Tafla 15	Bjarnarflag. Berghiti 2017	50
Tafla 16	Bjarnarflag. Styrkur efna í vatni og gufu úr borholum árið 2017	54
Tafla 17	Bjarnarflag. Vatnssýni 2017.	54
Tafla 18	Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Bjarnarflagi 2017.	55
Tafla 19	Styrkur mengunarefna (µg/l) í vatnssýnum í Bjarnarflagi 2017.	55
Tafla 20	Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki	55
Tafla 21	Heildarlosun mengunarefna frá Bjarnarflagi árið 2017	55

MYNDASKRÁ

	bls
Mynd 1 Kröflustöð vél 1 og 2. Raforkuframleiðsla árið 2017.....	6
Mynd 2 Kröflustöð vél 1 og 2. Hb-gufa árið 2017.....	6
Mynd 3 Kröflustöð vél 1 og 2. Lb-gufa árið 2017.	7
Mynd 4 Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig í eimsvala árið 2017.	7
Mynd 5 Kröflustöð vél 1 og 2. Gasþrýstingur í eimsvala árið 2017.	8
Mynd 6 Kröflustöð vél 1 og 2. Gashiti í eimsvala árið 2017.....	8
Mynd 7 Kröflustöð. Gas í Hb-gufu árið 2017.....	9
Mynd 8 Kröflustöð vél 1 og 2. Varmanýtni árið 2017.....	9
Mynd 9 Kröflustöð vél 1 og 2. Vélarnýtni árið 2017.....	10
Mynd 10 Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig kælivatns árið 2017.	10
Mynd 11 Kröflustöð vél 1 og 2. Sýrustig kælivatns árið 2017.	11
Mynd 12 Blásandi borholur í Kröflu í júní árið 2017.....	14
Mynd 13 Leirbotnar, gufurennslí úr grunnum holum.	15
Mynd 14 Leirbotnar, vatnsrennsli úr grunnum holum.....	15
Mynd 15 Leirbotnar, gufurennslí úr djúpum holum.....	16
Mynd 16 Leirbotnar, vatnsrennsli úr djúpum holum.	16
Mynd 17 Suðurhlíðar, gufurennslí úr holum.	17
Mynd 18 Suðurhlíðar, vatnsrennsli úr holum.	17
Mynd 19 Vesturhlíðar, gufurennslí úr holum.....	18
Mynd 20 Vesturhlíðar, vatnsrennsli úr holum.	18
Mynd 21 Leirbotnar, grunnar holur. Árleg vinnsla og vermi.	19
Mynd 22 Leirbotnar, djúpar holur. Árleg vinnsla og vermi.....	20
Mynd 23 Suðurhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi.	20
Mynd 24 Hvíthólaklif. Árleg vinnsla og vermi.	21
Mynd 25 Vesturhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi.	21
Mynd 26 Kröflusvæði. Árleg vinnsla og vermi.	22
Mynd 27 Kröflusvæði. Árleg gufuvinnsla og frárennsli.....	23
Mynd 28 Flæðirit fyrir Kröflustöð í júní 2017.	27
Mynd 29 Kísilmettun í niðurdælingarvatni (ViewData).	28
Mynd 30 Kalkmettun í niðurdælingarvatni (ViewData).	28
Mynd 31 Kröflusvæði. Árleg losun koldíoxíðs (CO ₂).....	30
Mynd 32 Kröflusvæði. Árleg losun brennisteinsvetnis (H ₂ S).	31
Mynd 33 Styrkur CO ₂ og H ₂ S í vinnslugufu Kröflustöðvar.....	32
Mynd 34 Leirbotnar, grunnar holur, SiO ₂ í vatni á móti tíma.	36
Mynd 35 Leirbotnar, djúpar holur, CO ₂ í gufu á móti tíma.....	37
Mynd 36 Leirbotnar, djúpar holur, H ₂ S í gufu á móti tíma.	38
Mynd 37 Leirbotnar, djúpar holur, SiO ₂ í vatni á móti tíma.	38
Mynd 38 Leirbotnar, djúpar holur, SO ₄ í vatni á móti tíma.....	39
Mynd 39 Leirbotnar, djúpar holur, Cl í vatni á móti tíma.	39
Mynd 40 Suðurhlíðar, CO ₂ í gufu á móti tíma.	40
Mynd 41 Suðurhlíðar, Cl í vatni á móti tíma.	41
Mynd 42 Suðurhlíðar, SO ₄ í vatni á móti tíma.....	41
Mynd 43 Vesturhlíðar Kröflu, CO ₂ í gufu á móti tíma.....	42
Mynd 44 Vesturhlíðar Kröflu, H ₂ S í gufu á móti tíma	43
Mynd 45 Vesturhlíðar Kröflu, SO ₄ í vatni á móti tíma.....	43
Mynd 46 Bjarnarflag, gufurennslí úr holum.	45
Mynd 47 Bjarnarflag, vatnsrennsli úr holum.....	45
Mynd 48 Bjarnarflag. Árleg vinnsla og vermi.	46
Mynd 49 Bjarnarflag. Árleg gufuvinnsla og frárennsli.....	47
Mynd 50 Flæðirit fyrir Bjarnarflagstöð júní 2017.	48
Mynd 51 Kísilmettun jarðbaðsvatni (ViewData).	49
Mynd 52 Kalkmettun í jarðbaðsvatni (ViewData).	49
Mynd 53 Bjarnarflag. Árleg losun koldíoxíðs (CO ₂).	51
Mynd 54 Bjarnarflag. Árleg losun brennisteinsvetnis (H ₂ S).....	52
Mynd 55 Styrkur CO ₂ og H ₂ S í gufu frá Bjarnarflagi.....	53
Mynd 56 Bjarnarflag, vermi á móti tíma.	56
Mynd 57 Bjarnarflag, CO ₂ í gufu á móti tíma.	57
Mynd 58 Bjarnarflag, H ₂ S í gufu á móti tíma.	57
Mynd 59 Bjarnarflag, Cl í vatni á móti tíma.	58

1 INNGANGUR

Í júnímánuði árið 2017 voru tekin vatns- og gufusýni úr samtals 20 holum í Kröflu og úr 2 holum í Bjarnarflagi til árlegs eftirlits.

Tekin voru sýni úr eftirfarandi tengdum vinnsluholum sem voru blásandi:

Bjarnarflag: BN-09 og BJ-13.

Hvíthólaklif: (KJ-21 var lokuð).

Leirbotnar: KG-05, KJ-06, KJ-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, KJ-38, KT-40 og KJ-41.

Borholurnar voru afkastamældar 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 voru tekin sýni úr Bjarnarflagslóni, skiljuvatnslögn sem fer í Jarðböðin og úr hitaveitu.

Trausti Hauksson sá um sýnatökur og efnagreiningar á staðnum. Jakob Stefánsson og Vilhjálmur Arnarsson aðstoðuðu við sýnatökur. Helgi A. Alfreðsson og Júlía Björke sáu um afkastamælingar sem voru gerðar í júní.

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, 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 11 eru dregnir upp ferlar þessara mæliniðurstæðna árið 2017.

Raforkuframleiðsla hverflanna er sýnd á mynd 1. Hverfill 1 var í gangi í 344 daga á árinu. Framleiðsla hans var að jafnaði um 29,2 MW og orkuframleiðslan 868 TJ á árinu. Framleiðsla hverfils 2 var að jafnaði um 29,0 MW en hann gekk í 352 dag og orkuframleiðslan var 883 TJ. Samtals var raforkuframleiðsla stöðvarinnar 1751 TJ.

Afköst virkjunarinnar voru 61 til 62 MW í upphafi árs og héldust þannig þar til hola KJ-21 var tekin af veitu þann 18 maí og lokað. Við það minnkuðu afköstin í 56 til 57 MW og héldust þannig út árið.

Mælt gufurennslu inn á hverfil 1 er sýnt á myndum 2 og 3 en gufumælar vélar 2 voru óvirkir allt árið.

Enginn meðburður borholuvatns mældist í háþrýstigufunni.

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 0,84 % samanborið við 0,79 % árið 2016 og heildargasstreymi inn í stöðina reiknast 1,25 kg/s samanborið við 1,19 kg/s árið 2016.

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

Niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum úr eimsvala og kæliturni vélasamstæðu 1 og 2 eru sýndar í töflu 3. Ferskvatnshlutfall í kælivatni mælist 43% af útrennsli úr kæliturni 1 og 40% úr kæliturni 2. Skiljuvatnshlutfallið mældist 8 % í útrennsli úr kæliturni 1 og 10% úr kæliturni 2. Sýrujafnvægi er í góðu lagi í kæliturni 2 en heldur mikil sýra í kæliturni 1.

Hitastig í eimsvala er sýnt á mynd 4, gasþrýstingur í eimsvala á mynd 5 og hiti gass á mynd 6.

Gasstyrkur var mældur reglulega með rúmmálmælingu í háþrýstigufu (sjá mynd 7). Gasstyrkur mældist að jafnaði um 0,9% en aukning mældist í lok árs. Gas í lágþrýstigufunni var ómælanlegt með rúmmálsaðferð.

Orkunýtni og varmanýtni vélar 1 er sýnd á myndum 8 og 9. Ekki var hægt að reikna nýtni fyrir vél 2 því gufumælar voru óvirkir.

Mynd 10 sýnir hitastig kælivatnsins og mynd 11 sýrustig. Sýrustigi kælivatnsins er stjórnað með íblöndun skiljuvatns sem leitt er frá lágþrýstiskiljum. Sýrustigið var að jafnaði rétt yfir pH 5 í eimsvala 1 sem er heldur lágt en var aukið í pH 6 seinnipart ársins sem er í góðu lagi.

Tafla 1 Kröflustöð, efnagreining gufu inn í stöð, sýnataka 2017-06-20

	Gufa							Gas
Staður	Rennsli	CO ₂	H ₂ S	H ₂	N ₂	CH ₄	Ar	hlutfall
	kg/s	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
HP-Gufa	118,7	8899	1290	35,2	11,1	1,39	1,24	1,02
LP-Gufa	29,4	821	267	1,7	13,7	2,26	2,76	0,11
Samtölur	148,1	7295	1087	28,5	11,6	1,56	1,54	0,84

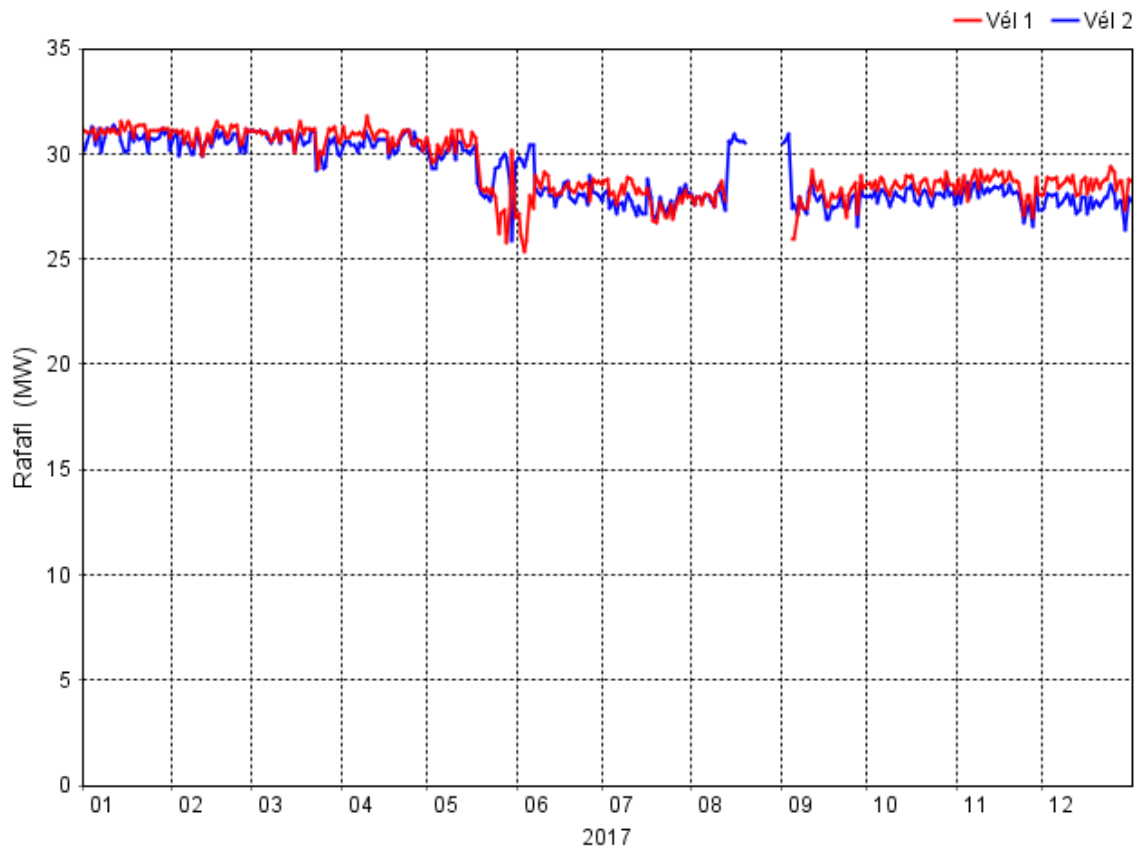
Tafla 2 Kröflustöð, efnagreining gass, sýnataka 2017-06-20

	CO ₂	H ₂ S	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	Ar
Nafn	%	%	%	%	%	%	%
HP-Gufa	66,53	27,94	3,05		1,74	0,5	0,25
LP-Gufa	78,36	14,67	6,77		0,15	0,03	0,01
Gufa saman	74,74	18,73	5,63		0,64	0,17	0,08
Millieimsvali 1	54,56	7,78	5,11	7,19	24,39	0,08	0,9
Gas 1	51,64	7,75	4,95	8,08	27,15	0,03	0,4
Millieimsvali 2	70,62	12,36	4,74	3,13	8,77	0,02	0,36
Gas 2	61,26	8,88	6,09	5,68	17,74	0,04	0,3

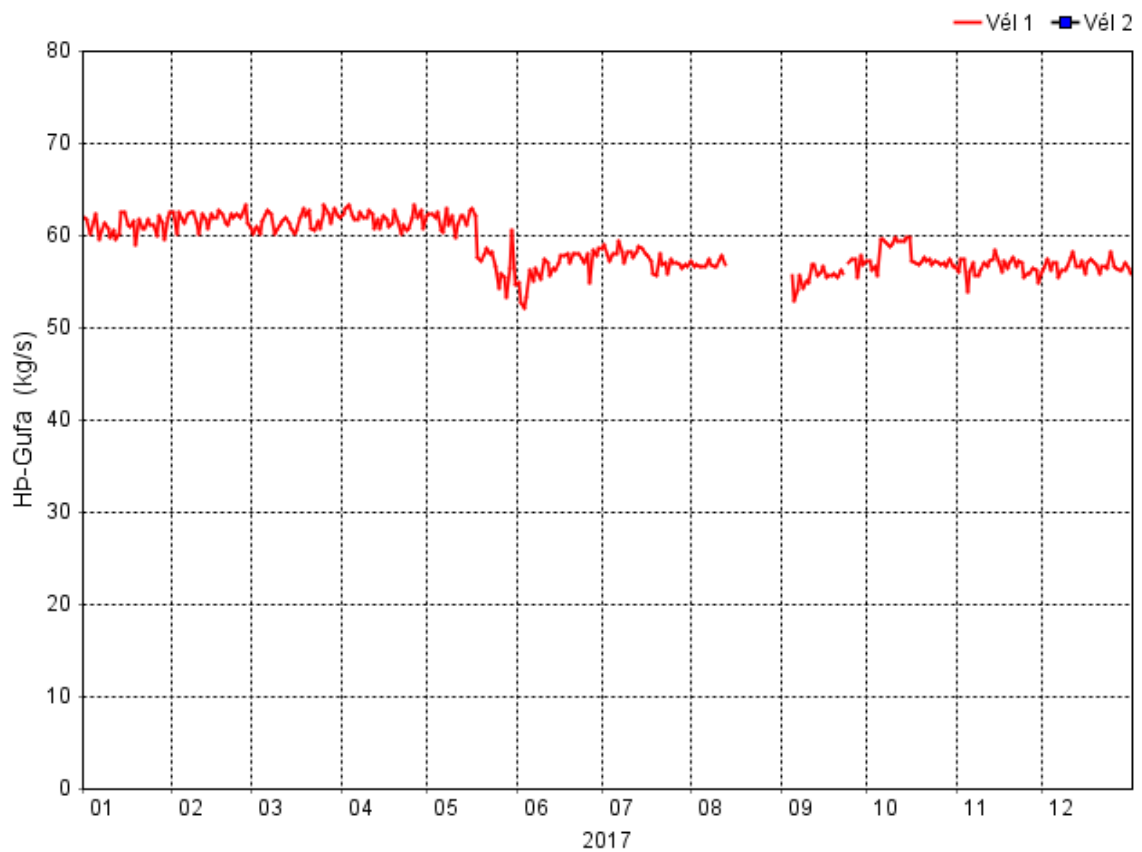
Tafla 3 Kröflustöð, efnagreining kælivatns, sýnataka 2017-06-20

Nafn	Hitastig	pH	Basi	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	SO ₄	Rafleiðni	SS
	°C		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µS/cm	mg/kg
Eimsvali 1	44,7	5,06	0,3	23,4	6,49	53,3	23,2	77,4	175	10,0
Eimsvali 2	44,5	5,65	1,6	24,6	6,41	62,3	27,4	77,7	167	9,7
Kæliturn 1	24,2	4,46	-0,6	5,4						
Kæliturn 2	23,2	6,41	1,3	6,6						

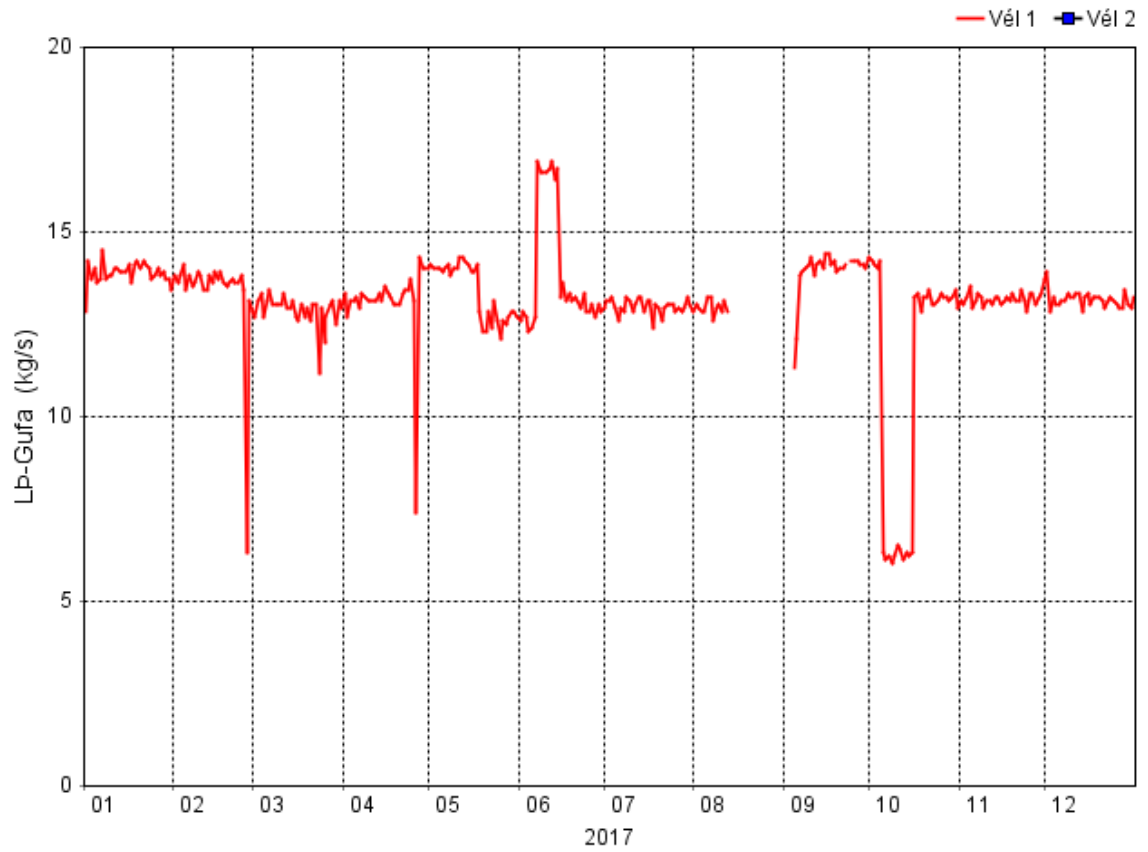
SS=brennisteinn



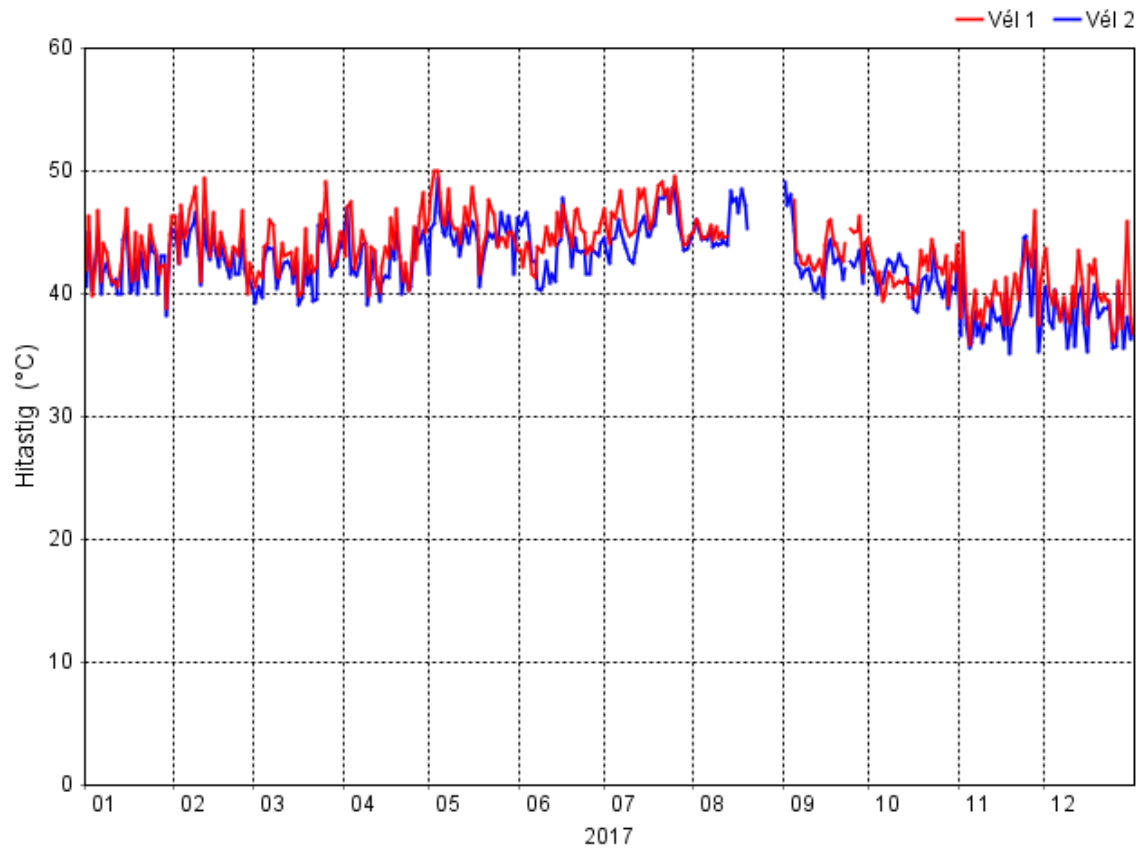
Mynd 1 Kröflustöð vél 1 og 2. Raforkuframleiðsla árið 2017.



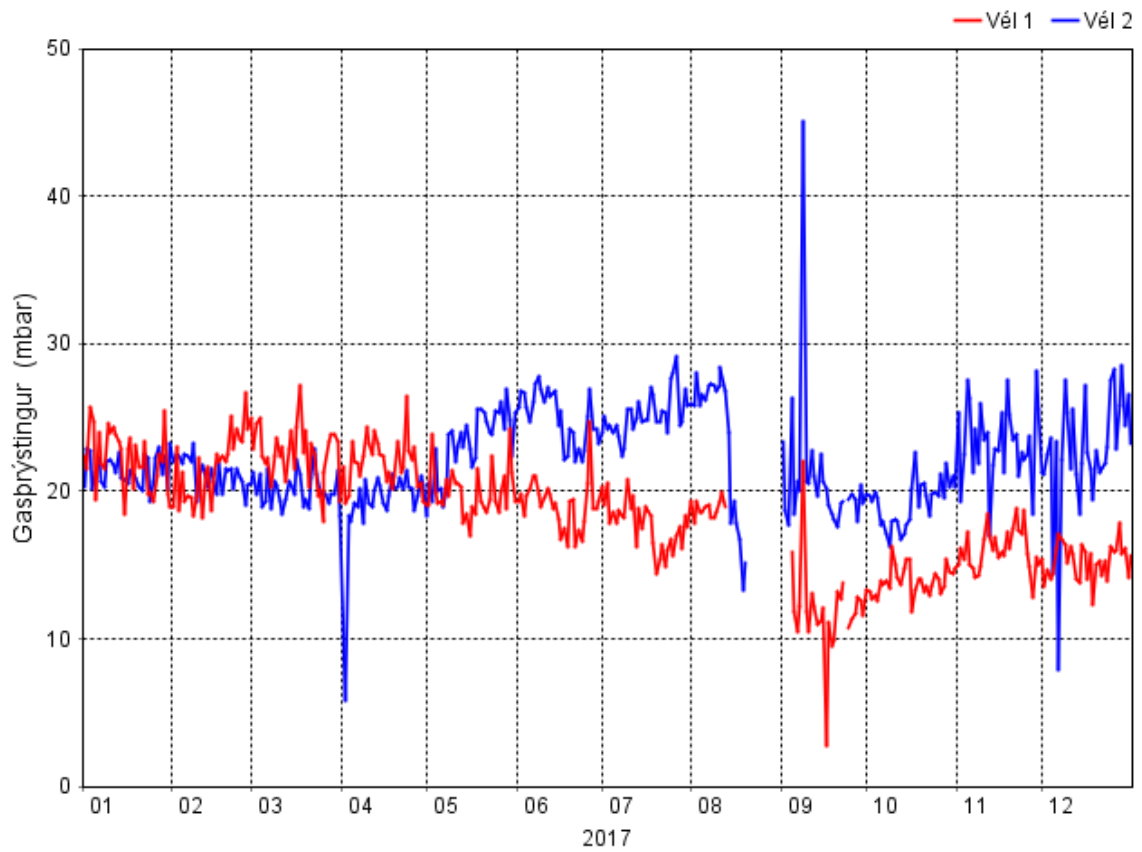
Mynd 2 Kröflustöð vél 1 og 2. HP-gufa árið 2017.



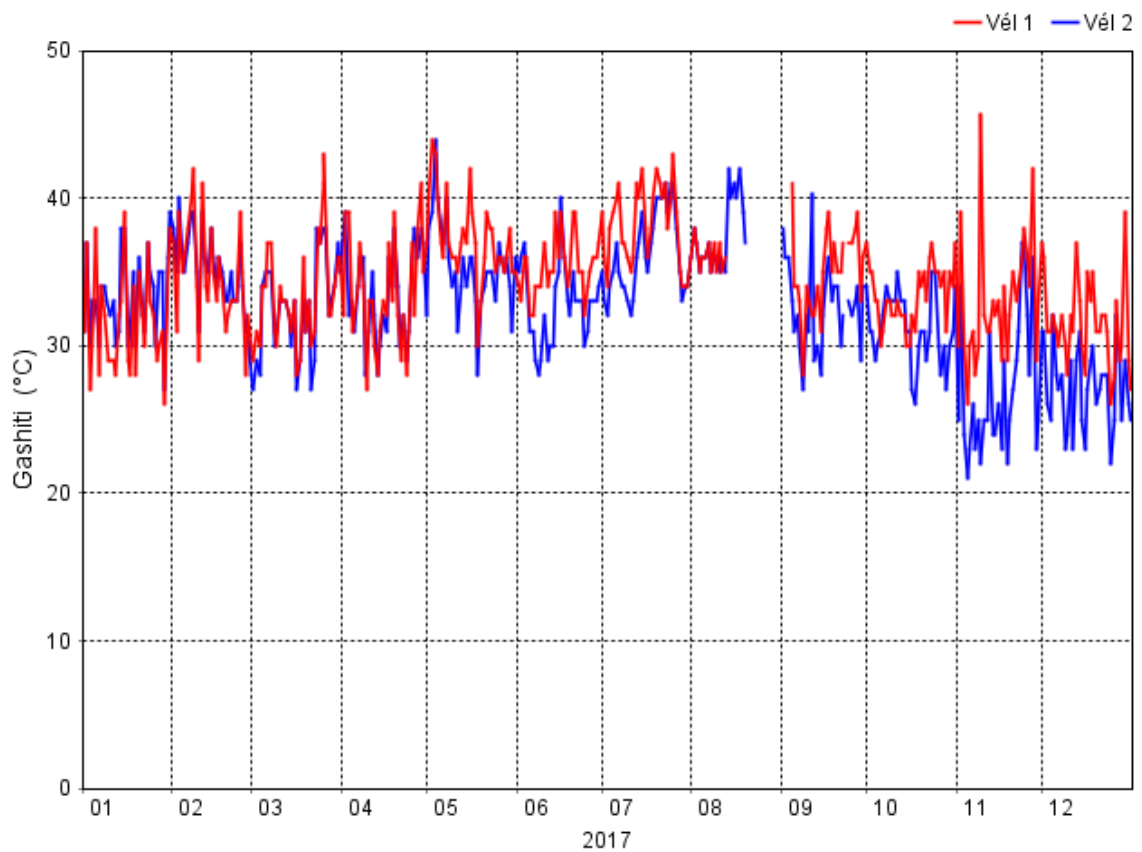
Mynd 3 Kröflustöð vél 1 og 2. LÞ-gufa árið 2017.



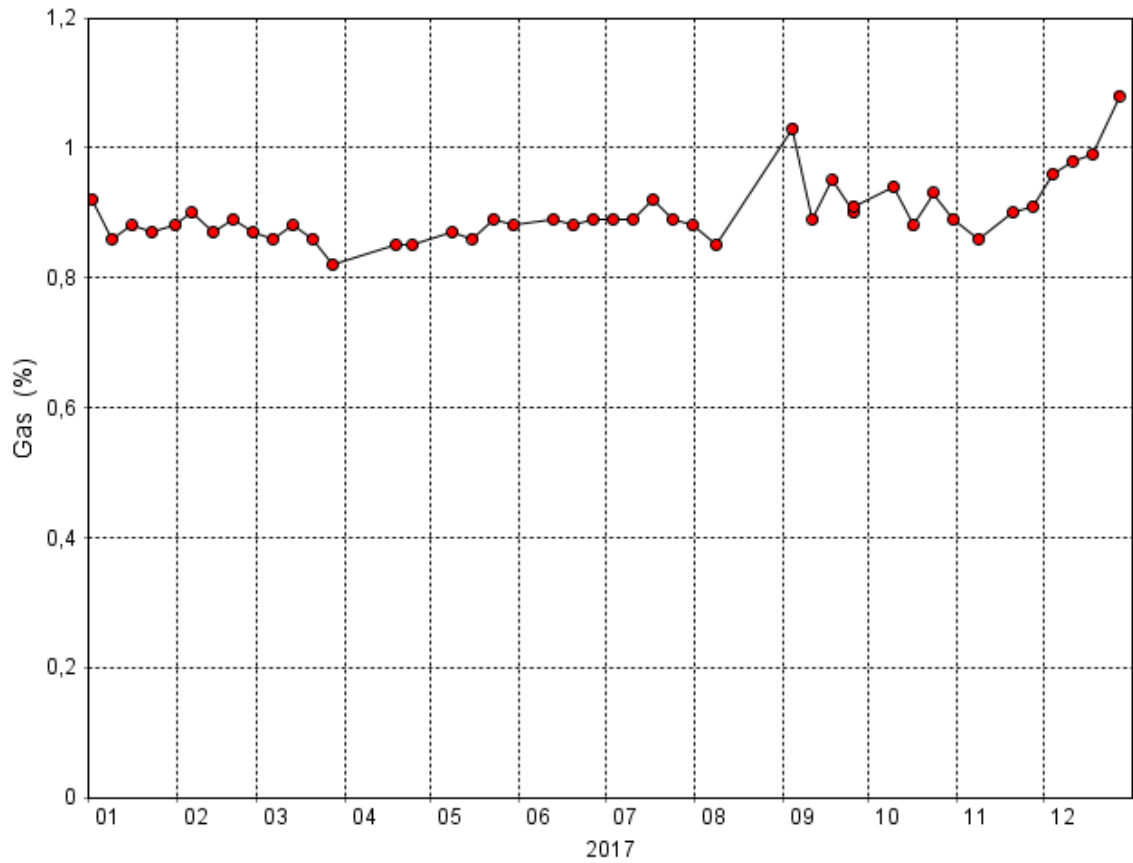
Mynd 4 Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig í eimsvala árið 2017.



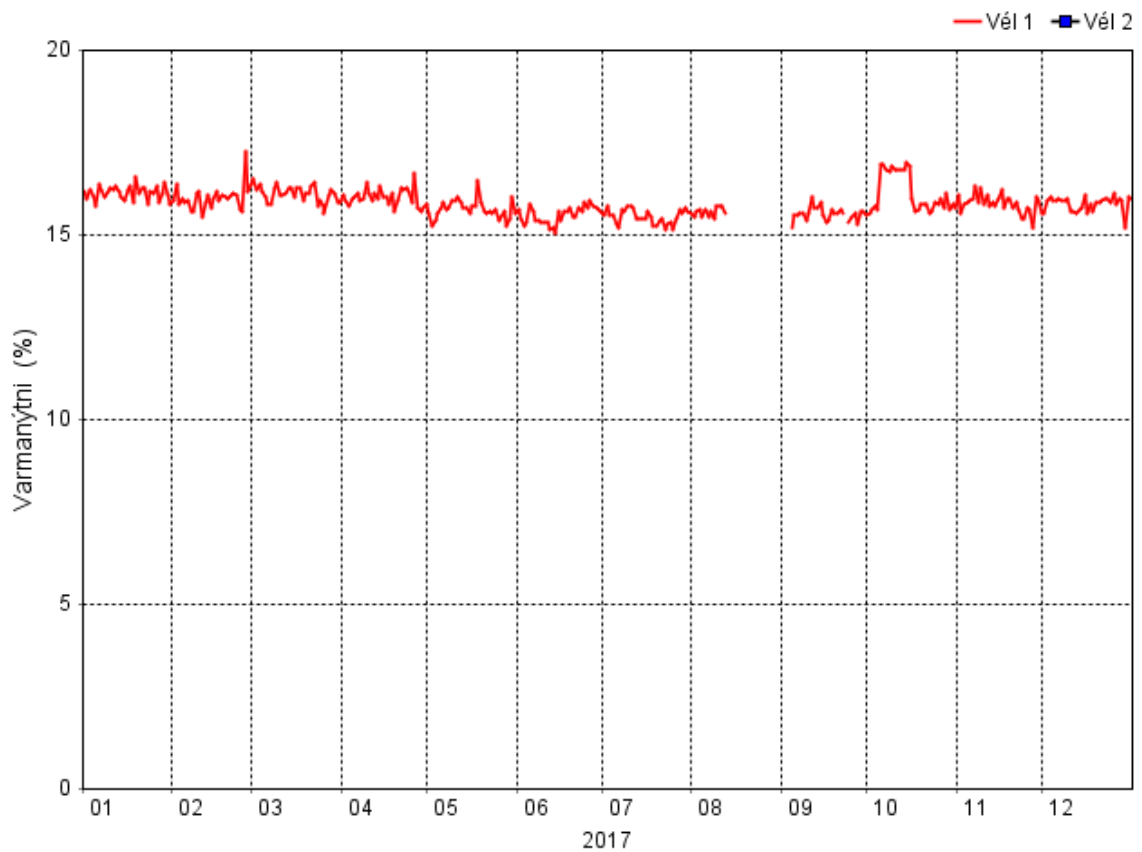
Mynd 5 *Kröflustöð vél 1 og 2. Gasprýstingur í eimsvala árið 2017.*



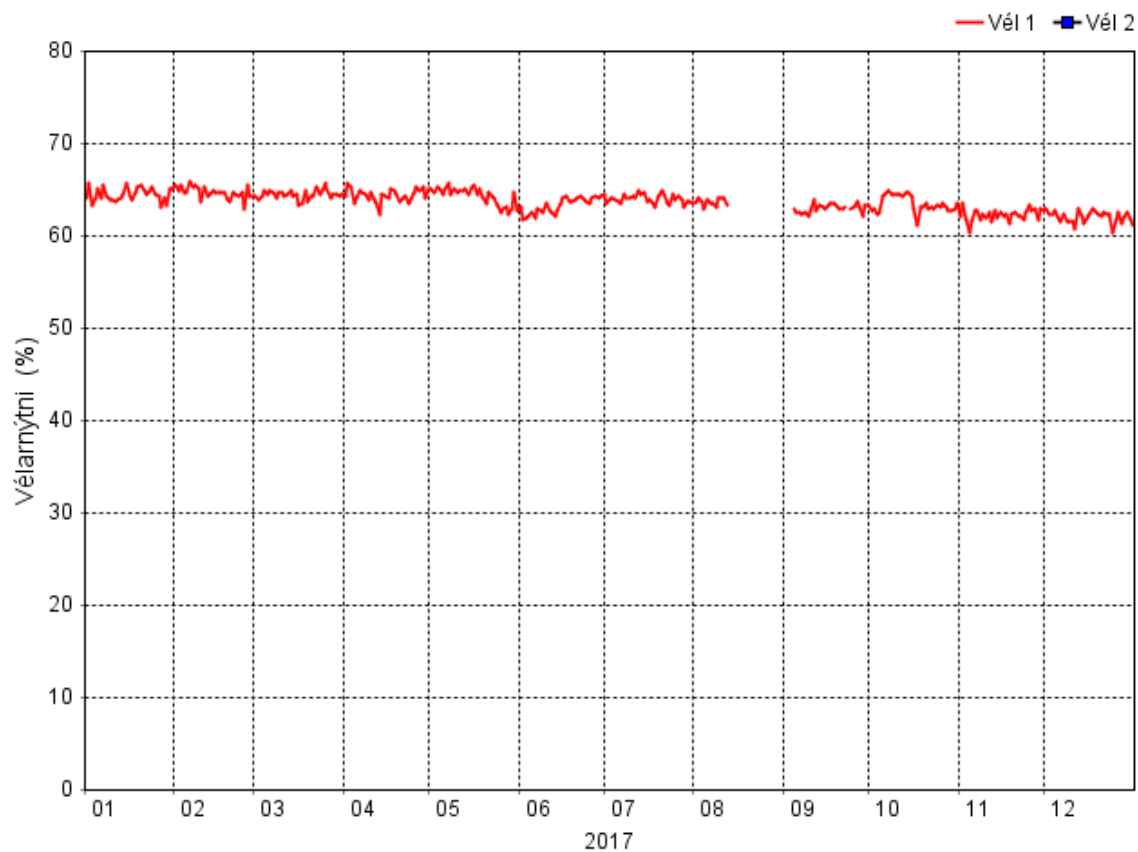
Mynd 6 *Kröflustöð vél 1 og 2. Gashiti í eimsvala árið 2017.*



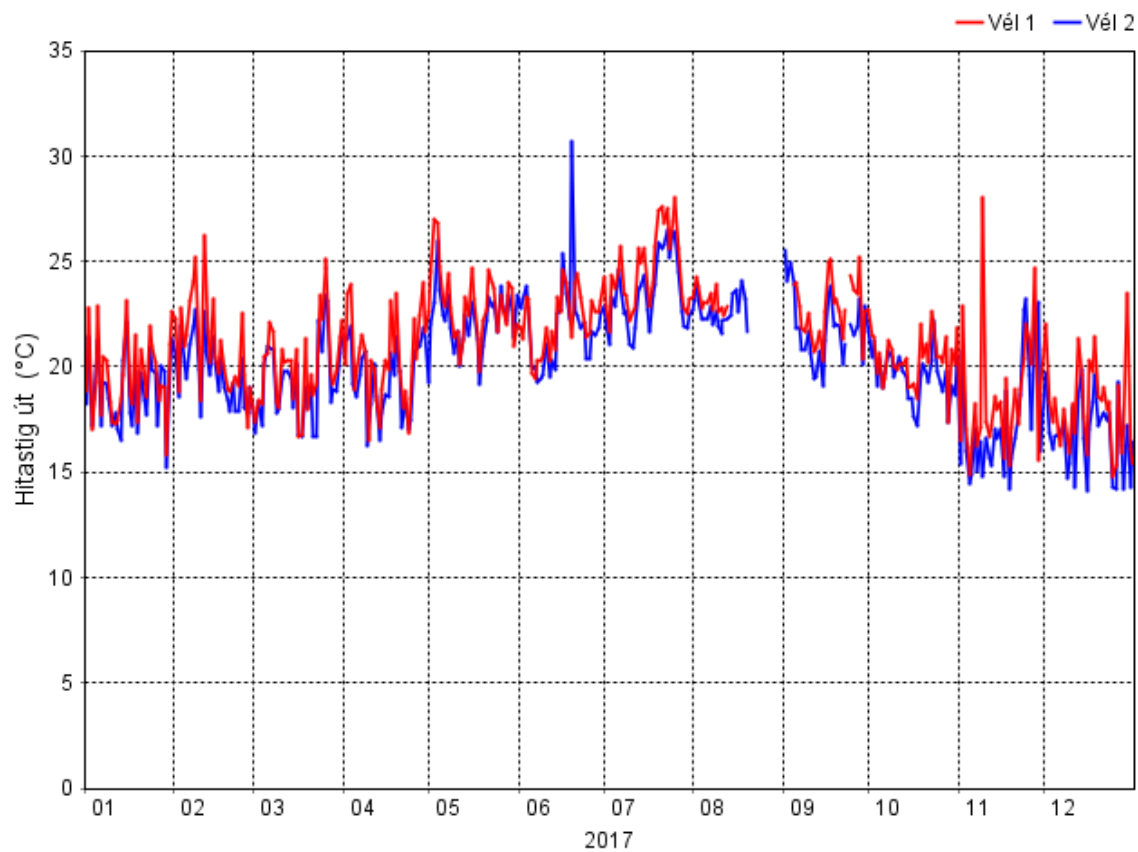
Mynd 7 *Kröflustöð. Gas í HÞ-gufu árið 2017.*



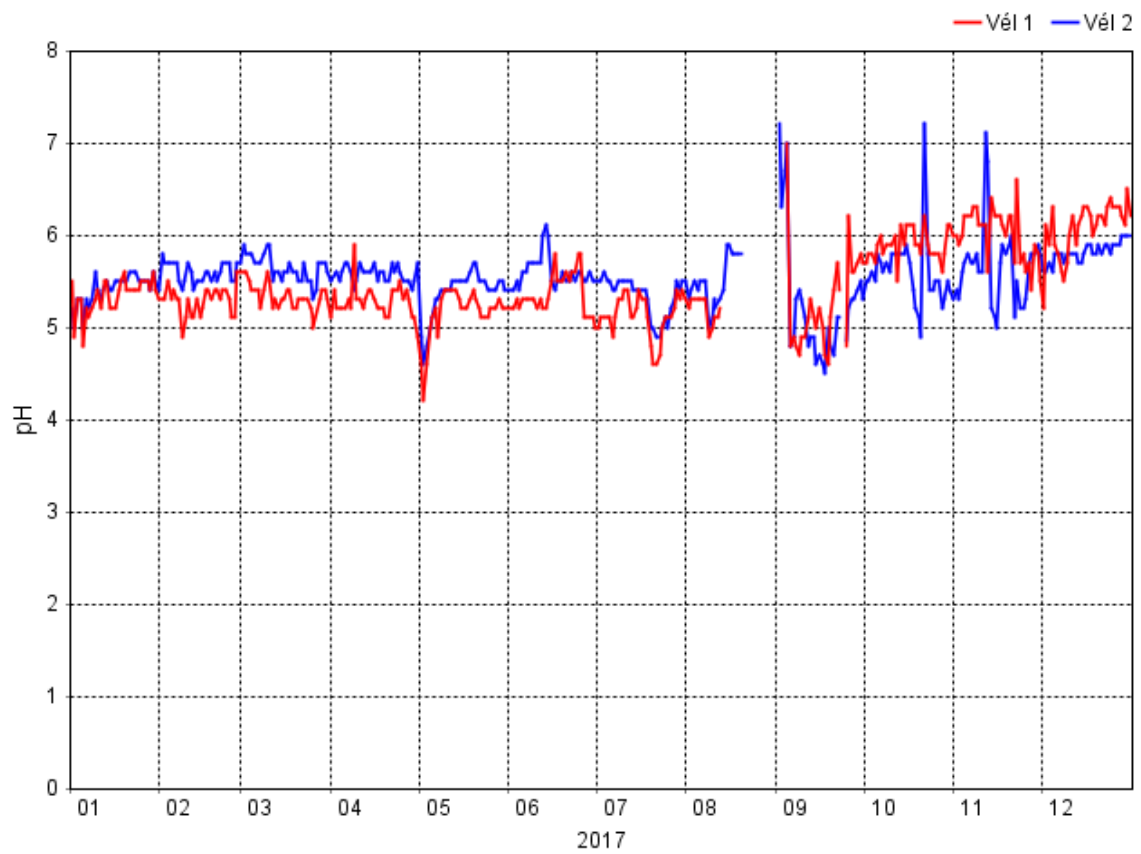
Mynd 8 *Kröflustöð vél 1 og 2. Varmanýtni árið 2017.*



Mynd 9 *Kröflustöð vél 1 og 2. Vélarnýtni árið 2017.*



Mynd 10 *Kröflustöð vél 1 og 2. Hitastig kælivatns árið 2017.*



Mynd 11 *Kröflustöð vél 1 og 2. Sýrustig kælivatns árið 2017.*

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 (KG-05 og KG-24). Aðferðinni er lýst í skýrslu um innleiðingu hennar (Trausti Hauksson 2011).

Mælingarnar voru skráðar í gagnagrunn ViewData. ViewData 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 4 eru birtar reiknaðar stærðir fyrir valdar mælingar úr hverri holu.

Staðsetning borhola í Kröflu er sýnd á mynd 12 og eru þær holur, sem voru blásandi auðkenndar með fylltum hring.

Í júní árið 2017 voru 20 holur tengdar Kröflustöð og framleiddu þær 118,7 kg/s af háþrýstigufu og 29,4 kg/s af lágþrýstigufu, sem reikningslega nægir til framleiðslu á 60,6 MW af rafmagni. Hluti háþrýstigufunnar er notaður til þess að knýja gasdælur og voru afköst virkjunarinnar því nokkuð minni eða 56,7 MW. Háþrýsti- og lágþrýstigufa mældist lítilsháttar minni en 2016. Ný hola K-41 bætti við 7,2 kg/s af háþrýstigufu en á móti kemur minnkun vegna þess að hola KJ-21 á Hvíthólasvæðinu var lokað en árið 2016 framleiddi hún 8 kg/s af háþrýstigufu og 2,9 kg/s af lágþrýstigufu. Gufuframleiðsla á svæðinu dugar ekki fyrir fullum afköstum stöðvarinnar sem á að geta framleitt a.m.k. 62 MW en framleiddi tæp 57 MW.

Á myndum 13 til 22 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 hávermisholur og 1,2 bar þrýsting fyrir lágvermisholur.

Þrjárgrunnar lágvermisholur voru blásand, holur KG-05, KJ-06 og KG-24. Rennsli úr KG-05 og KG-24 breyttist lítið frá því að þeim var hleypt upp þar til árið 2012 en þá mældist rennslið meira. Sjá myndir 13 og 14. Það er vegna þess að nú eru holurnar ekki lengur teknar út á hljóðdeyfi til afkastamælinga heldur eru þær nú mældar á veitu við mun lægri toppþrýsting. Þær mælast nú gefa um 5 kg/s af lágþrýstigufu. Holu KJ-6 var hleypt upp 2013 hún gefur um 12 kg/s af lágþrýstigufu. Vatnsrennsli frá lágvermisholunum er samtals 66 kg/s.

Tvær holur vinna úr dýpri hluta Leirbotnasvæðisins, þ.e. holur KJ-13 og KJ-27. Óverulegar breytingar hafa orðið í holu KJ-27 síðustu ár en aukning bæði í gufu og vatnsrennsli hefur orðið úr holu KJ-13, sérstaklega á síðasta ári.

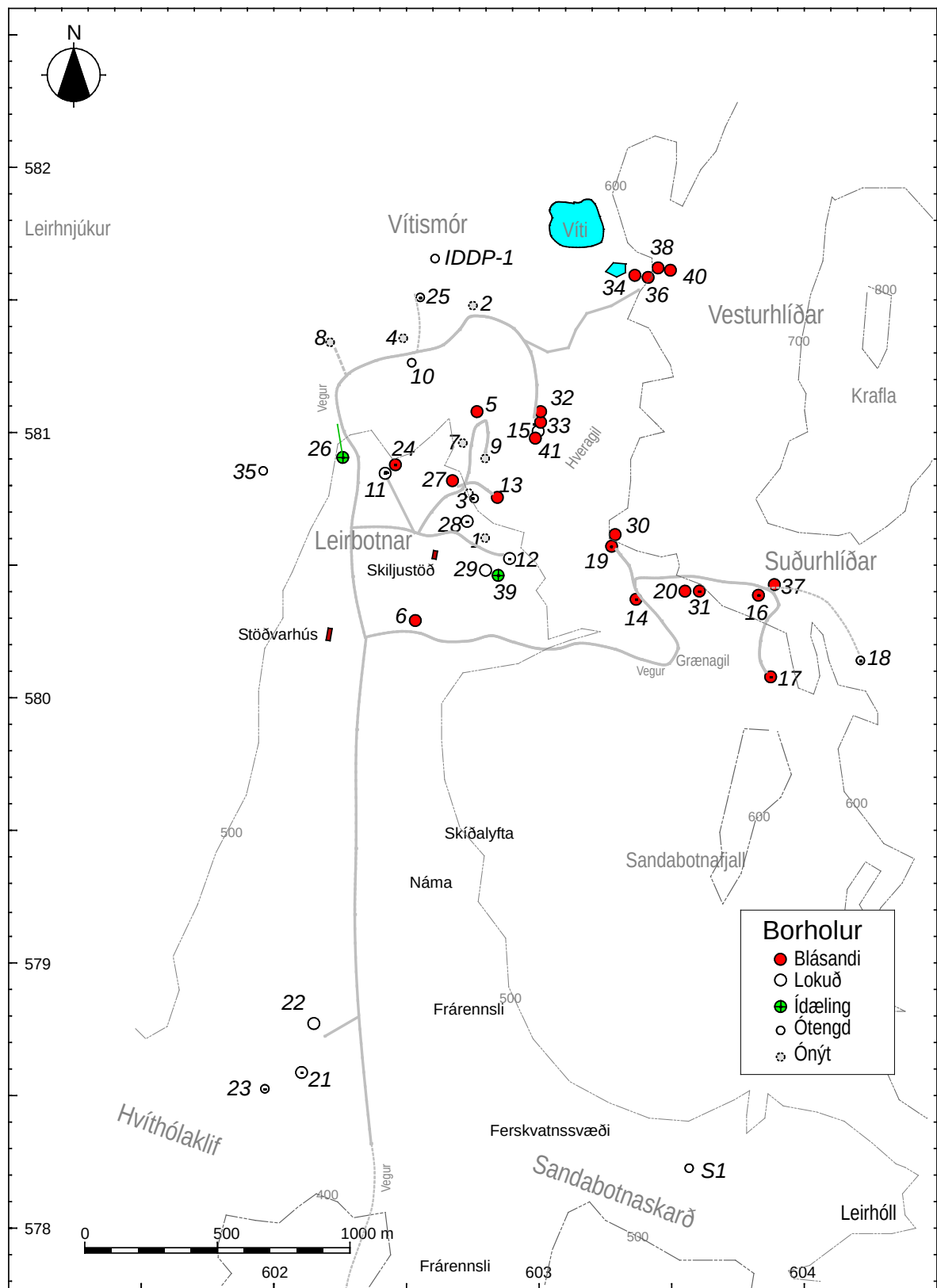
Afköst KJ-14 í Suðurhlíðum hafa minnkað verulega frá því að henni var hleypt upp en lítilsháttar aukning varð 2016 í gufurennsli og hefur það haldið sér. Hola KJ-30 minnkaði í afli frá síðasta ári eins og undanfarin ár. Vatnsrennsli jókst úr KJ-19 eftir að niðurdæling hófst í KJ-39. Aukningin hefur nú gengið til baka að mestu. Gufurennsli er lítið en helst stöðugt milli ára. Sjá myndir 17 og 18.

Hola KJ-21 á Hvíthólasvæði var lokað.

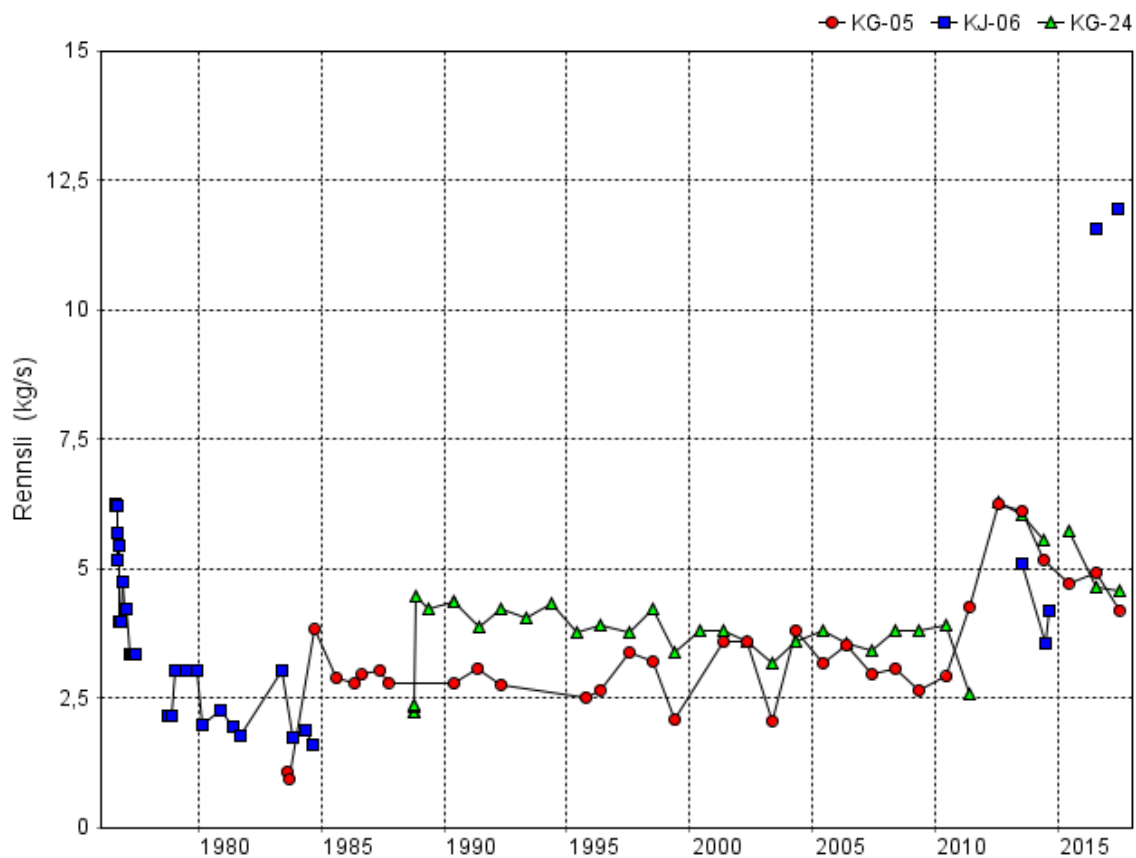
Sjö holur eru virkjaðar á Vesturhlíðasvæðinu, þ.e. KJ-32, KJ-33, KJ-34, KJ-36, KJ-38 og KT-40 og K-41. Aukning var í vatnsrennsli úr KJ-32. Aðrar holur breyttust lítið. Sjá myndir 19 og 20.

Tafla 4 Kröflustöð, afköst borhola árið 2017

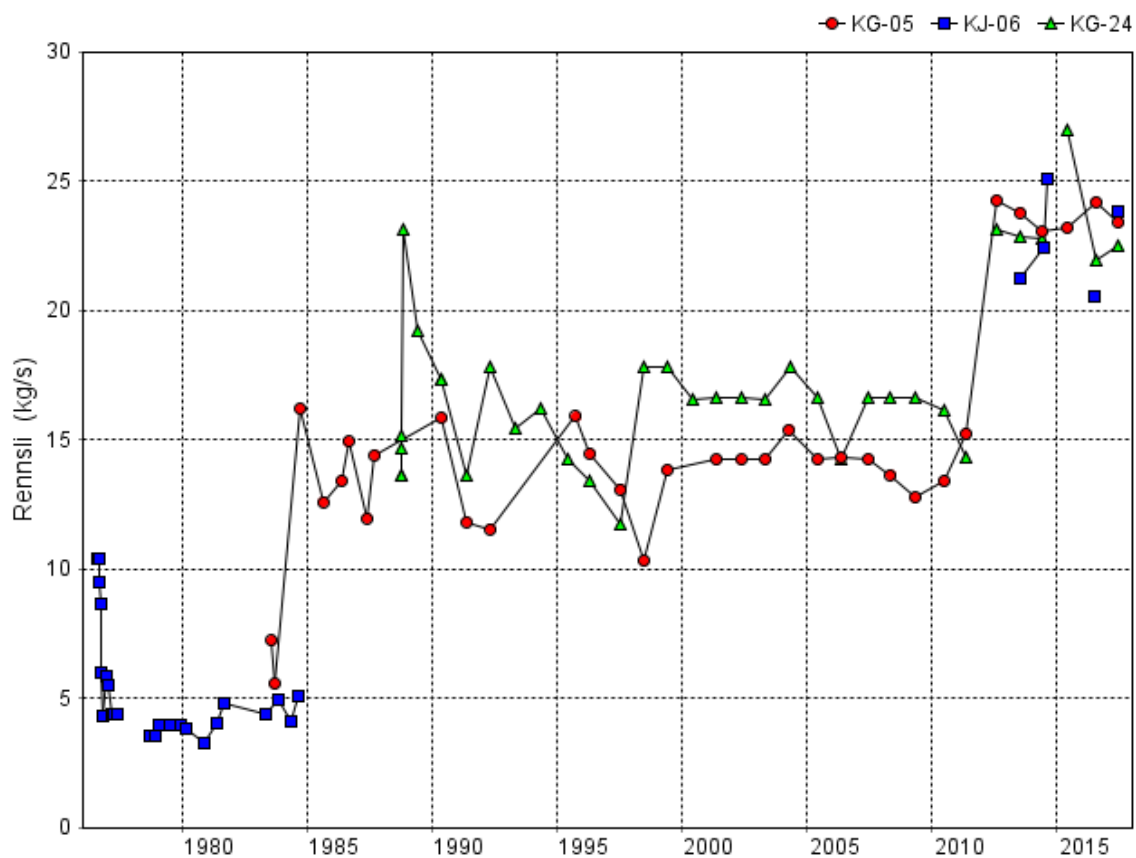
Hóla	Tími	Heildar			Hb-Skilja	Lb-Skilja	Frárennsli		Hverfill
		Vermi	Rennsli	Varmaafli	Gufa	Gufa	Gufa	Vatn	Rafafl
		kJ/kg	kg/s	MW	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	MW
KG-05	2017-06-07	852	27,6	18,9		4,2	1,0	22,3	1,3
KG-24	2017-06-07	889	27,1	19,5		4,6	1,0	21,5	1,4
KJ-06	2017-06-07	1250	35,8	38,7		11,9	1,1	22,8	3,7
KJ-13	2017-06-07	1383	31,2	37,9	10,1	2,0	0,8	18,3	5,0
KJ-14	2017-06-15	2561	4,3	10,3	3,9	0,0	0,0	0,4	1,7
KJ-16	2017-05-02	2767	1,6	4,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,7
KJ-17	2017-07-03	16,0	5,2	11,8	4,3	0,1	0,0	0,8	1,9
KJ-19	2017-06-15	1879	2,2	3,8	1,2	0,1	0,0	0,8	0,6
KJ-20	2017-06-16	2678	4,5	11,4	4,3	0,0	0,0	0,2	1,9
KJ-27	2017-06-07	1036	28,9	25,1	4,4	2,3	1,0	21,2	2,6
KJ-30	2017-06-15	2770	15,5	40,3	15,5	0,0	0,0	0,0	6,7
KJ-31	2017-06-01	2786	0,7	1,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,3
KJ-32	2017-06-08	1149	48,2	47,3	10,1	3,5	1,5	33,1	5,5
KJ-33	2017-06-08	2050	3,2	6,0	2,1	0,1	0,0	1,0	0,9
KJ-34	2017-06-16	2538	22,4	53,2	19,9	0,2	0,1	2,2	8,7
KJ-36	2017-06-16	2679	10,4	26,2	10,0	0,0	0,0	0,4	4,3
KJ-37	2017-06-16	1659	1,7	2,5	0,8	0,1	0,0	0,8	0,4
KJ-38	2017-06-18	1766	6,6	10,6	3,4	0,3	0,1	2,8	1,6
KT-40	2017-06-18	2763	19,3	50,1	19,2	0,0	0,0	0,0	8,3
K-41	2017-06-16	2757	7,3	18,8	7,2	0,0	0,0	0,0	3,1
	Samtölur	1737	303,7	438,4	118,7	29,4	6,6	148,6	60,6



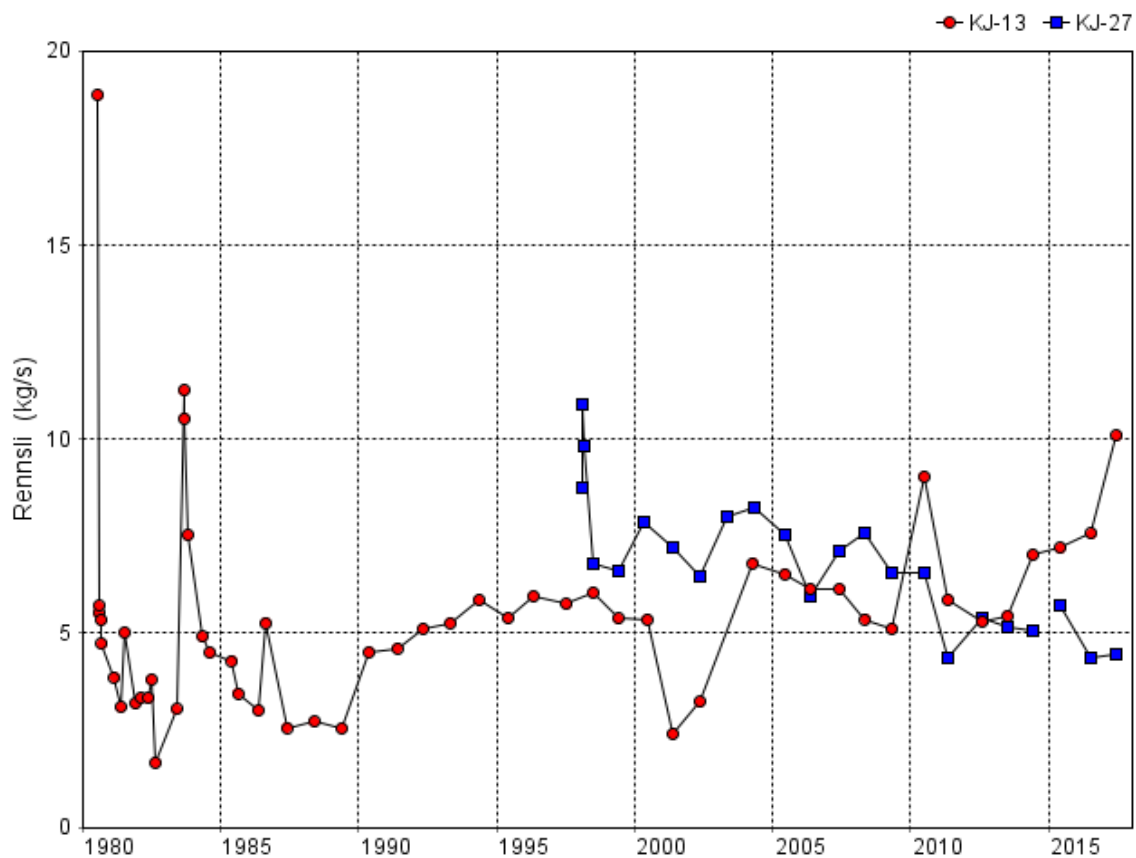
Mynd 12 Blásandi borholur í Kröflu í júní árið 2017.



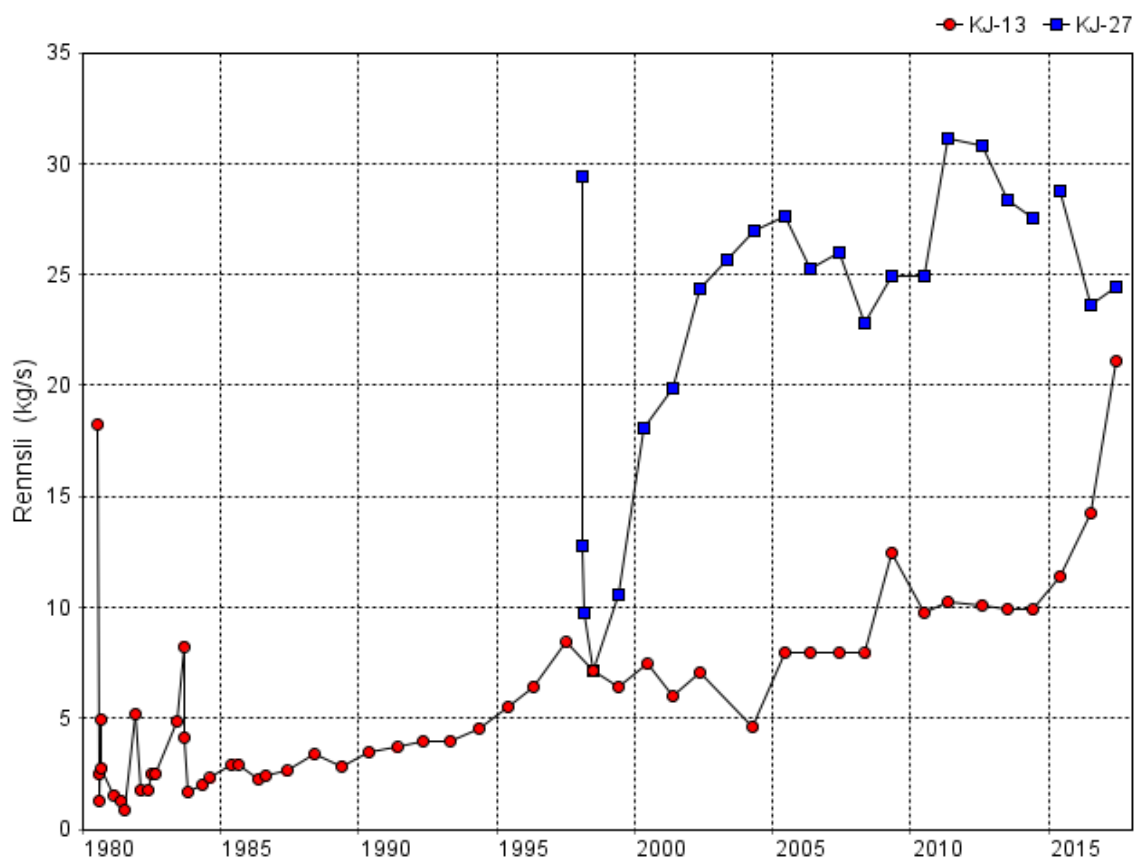
Mynd 13 *Leirbotnar, gufurennisli úr grunnum holum.*



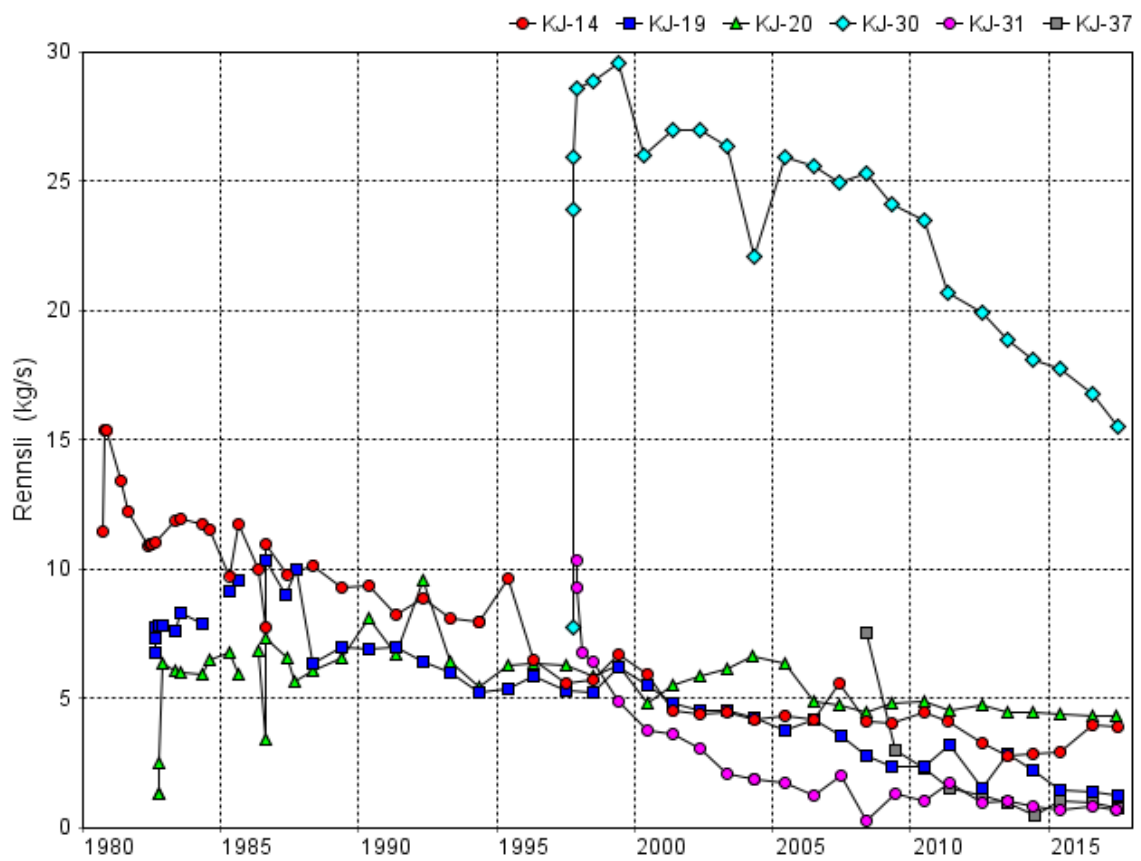
Mynd 14 *Leirbotnar, vatnsrennsli úr grunnum holum.*



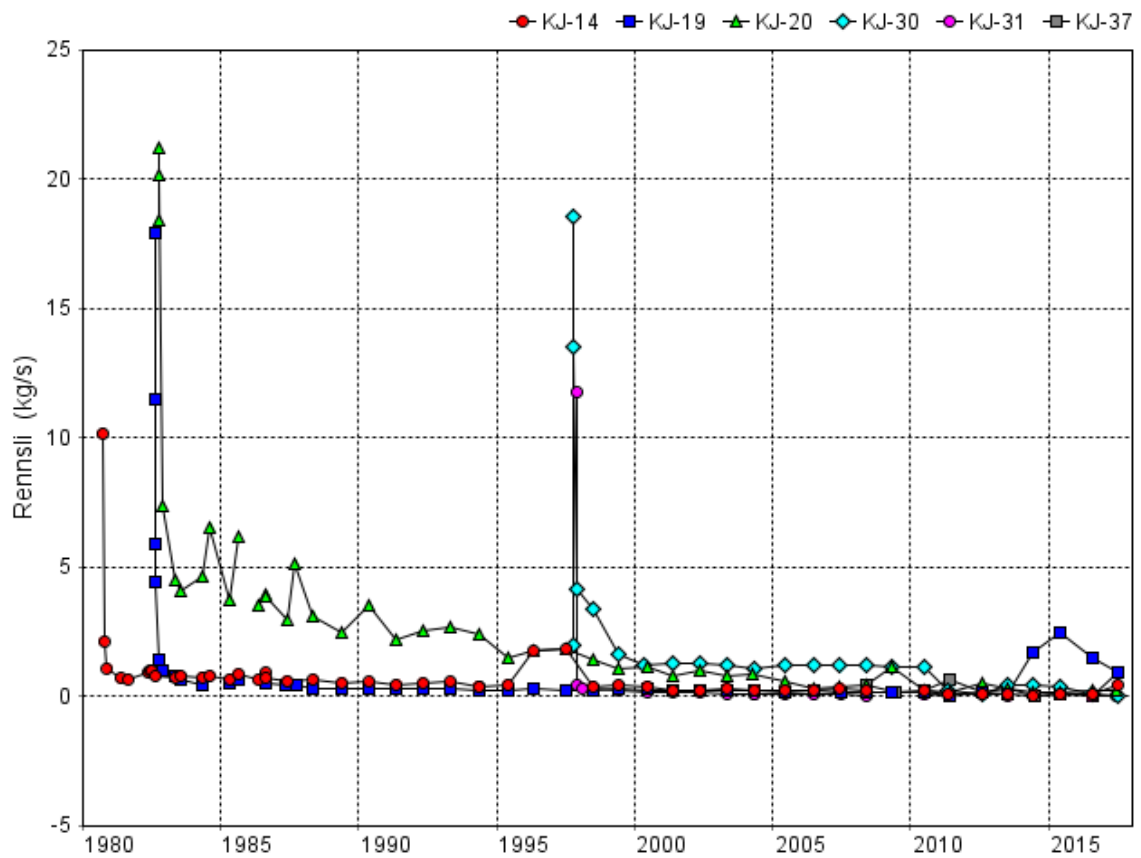
Mynd 15 *Leirbotnar, gufurennisli úr djúpum holum.*



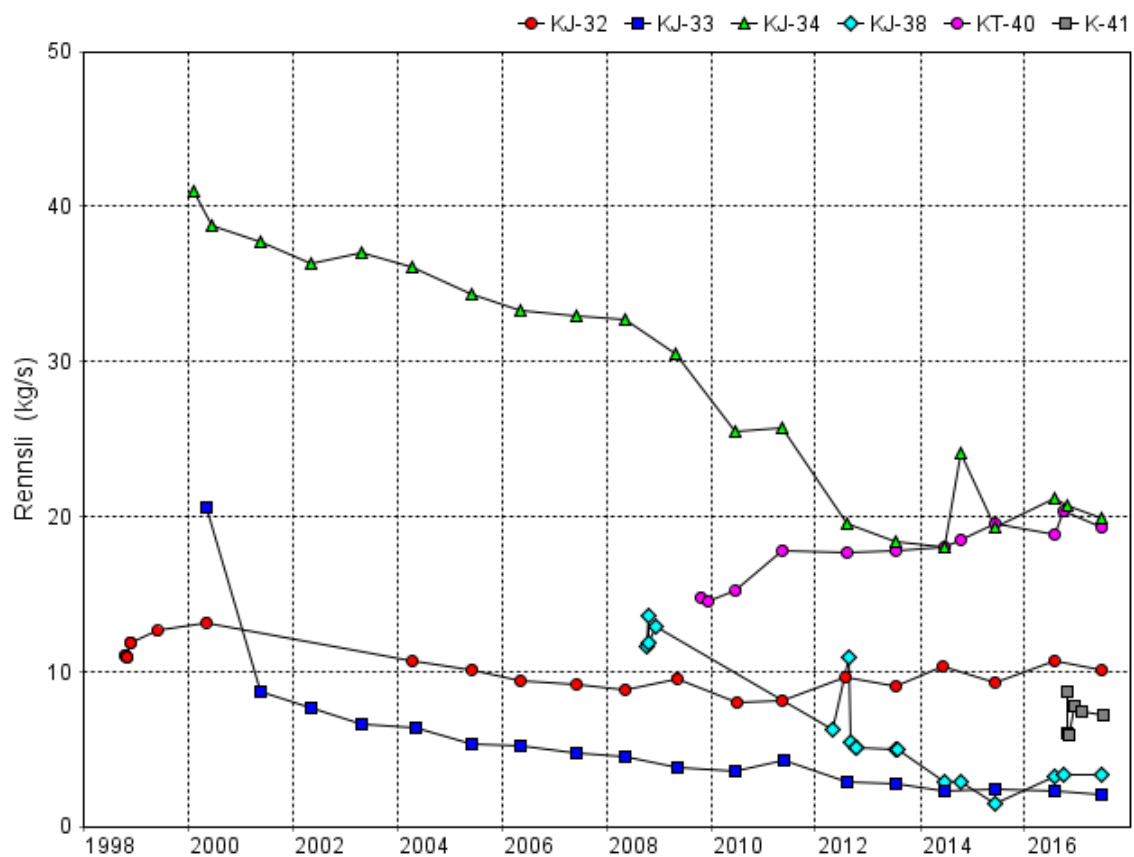
Mynd 16 *Leirbotnar, vatnsrennisli úr djúpum holum.*



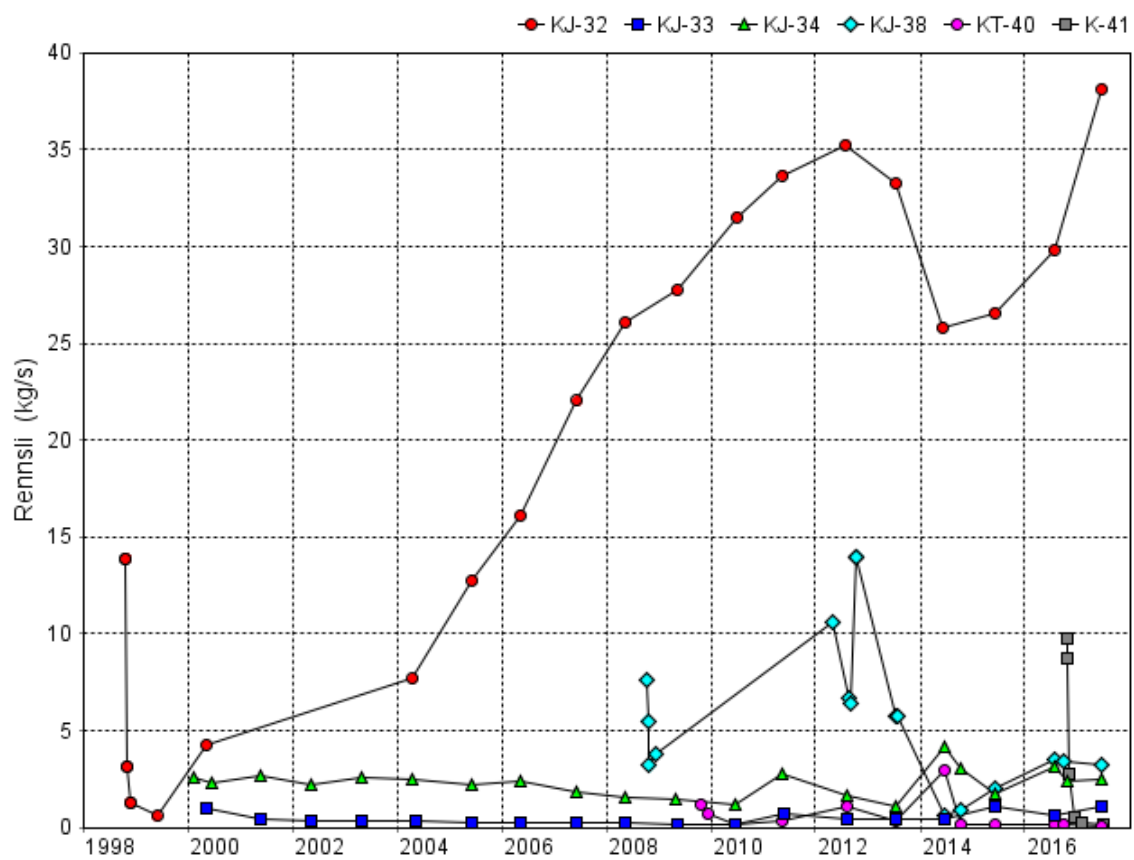
Mynd 17 Suðurhlíðar, gufurennslí úr holum.



Mynd 18 Suðurhlíðar, vatnsrennslí úr holum.



Mynd 19 Vesturhlíðar, gufurennisli úr holum.



Mynd 20 Vesturhlíðar, vatnsrennsli 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.

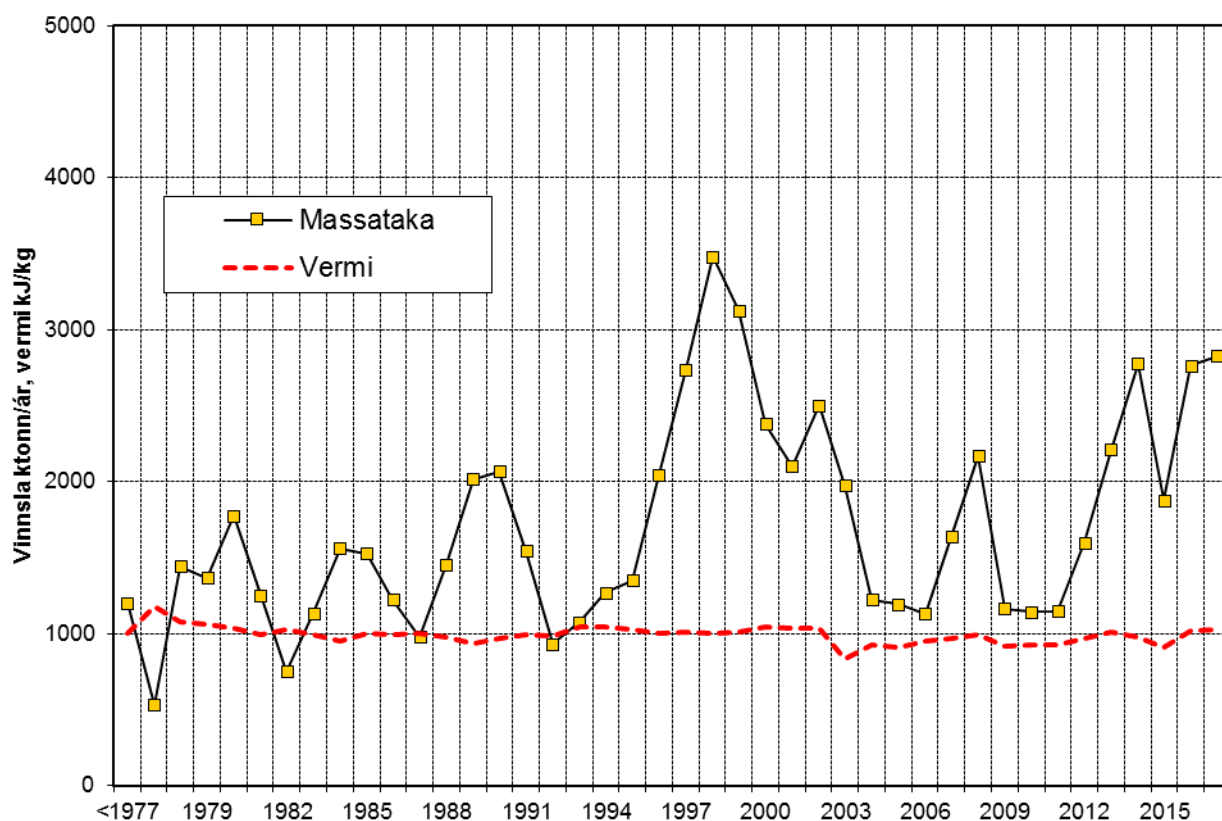
Árleg massavinnsla úr hverju svæði, meðalvermi og niðurdæling er sýnt á myndum 21 til 25, og heildar massavinnsla og meðalvermi úr Kröflusvæði er sýnt á mynd 26.

Tekin voru samtals um 9.803 þúsund tonn af vatn og gufu úr svæðinu á árinu 2017. Þar af var gufa til raforkuframleiðslu 4.834 þúsund tonn. Engin upptekt var vegna prófunar á holum.

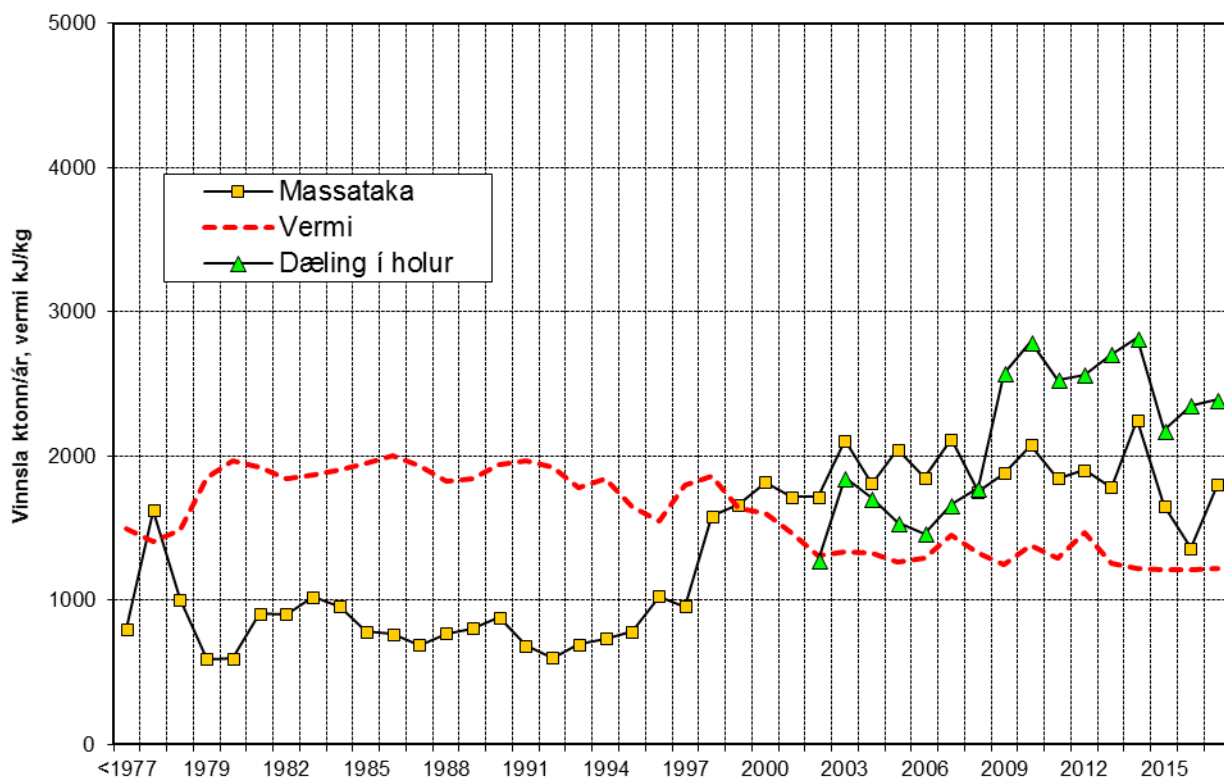
Dælt var samtals 2.393 þúsund tonnum af vatni í holu KJ-26 (Leirbotnar) og 2.197 þúsund tonnum í KJ-39 (Suðurhlíðar). Nettó vinnsla úr jarðhitageyminum var því 4.590 þúsund tonn.

Mynd 27 sýnir magn gufu og vatns sem upp er tekið og skiptingu milli frárennslis og dælingar í holur.

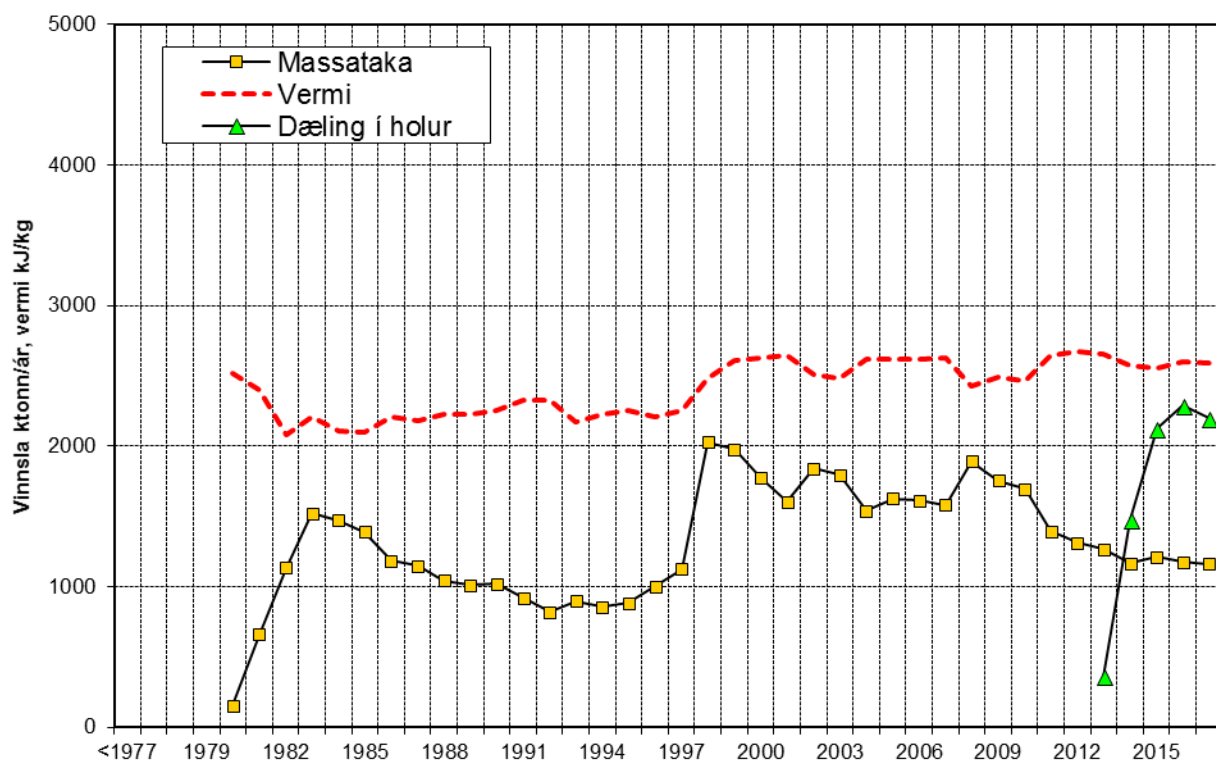
Áætlað er að um 40% gufunnar þéttist í kælikerfi stövarinnar. Frárennslis jarðhitavökva frá stöðinni þ.e. skiljuvatn sem ekki er dælt niður ásamt þéttivatni frá kæliturnum var því um 2.314 þúsund tonn á árinu 2017.



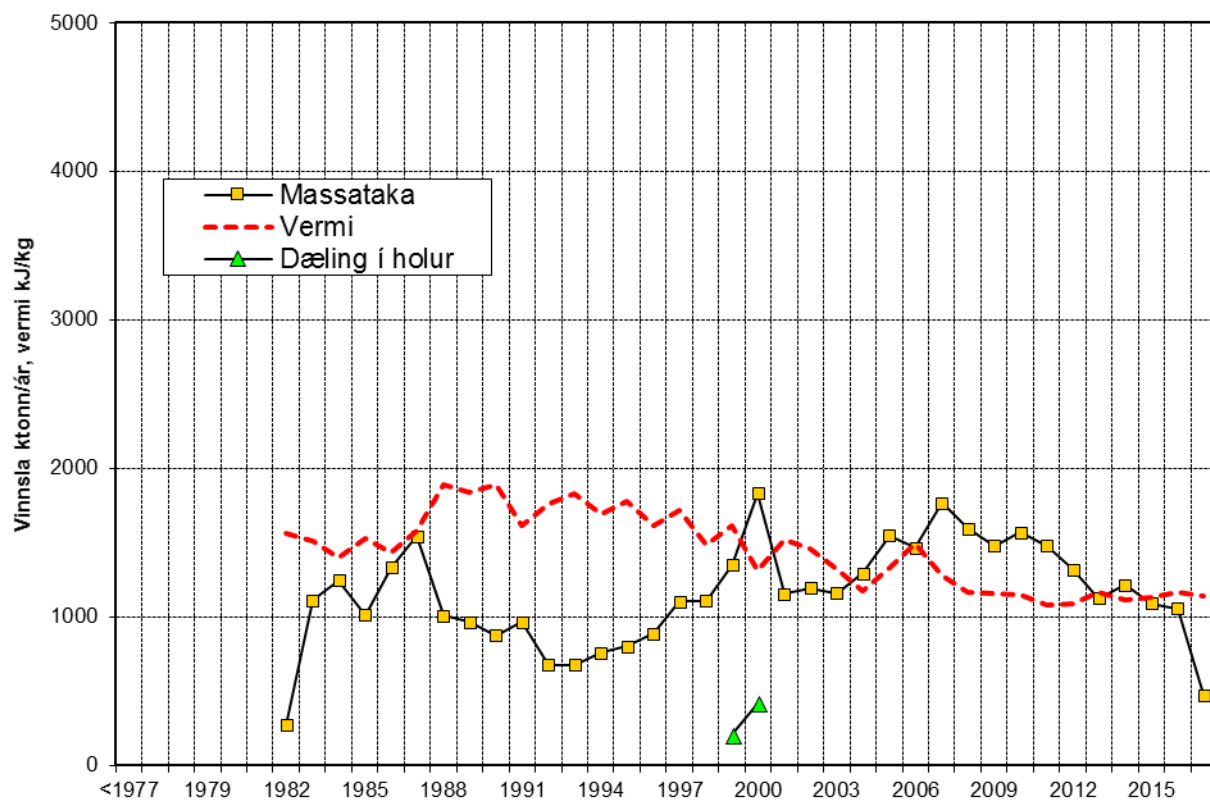
Mynd 21 Leirbotnar, grunnar holur. Árleg vinnsla og vermi.



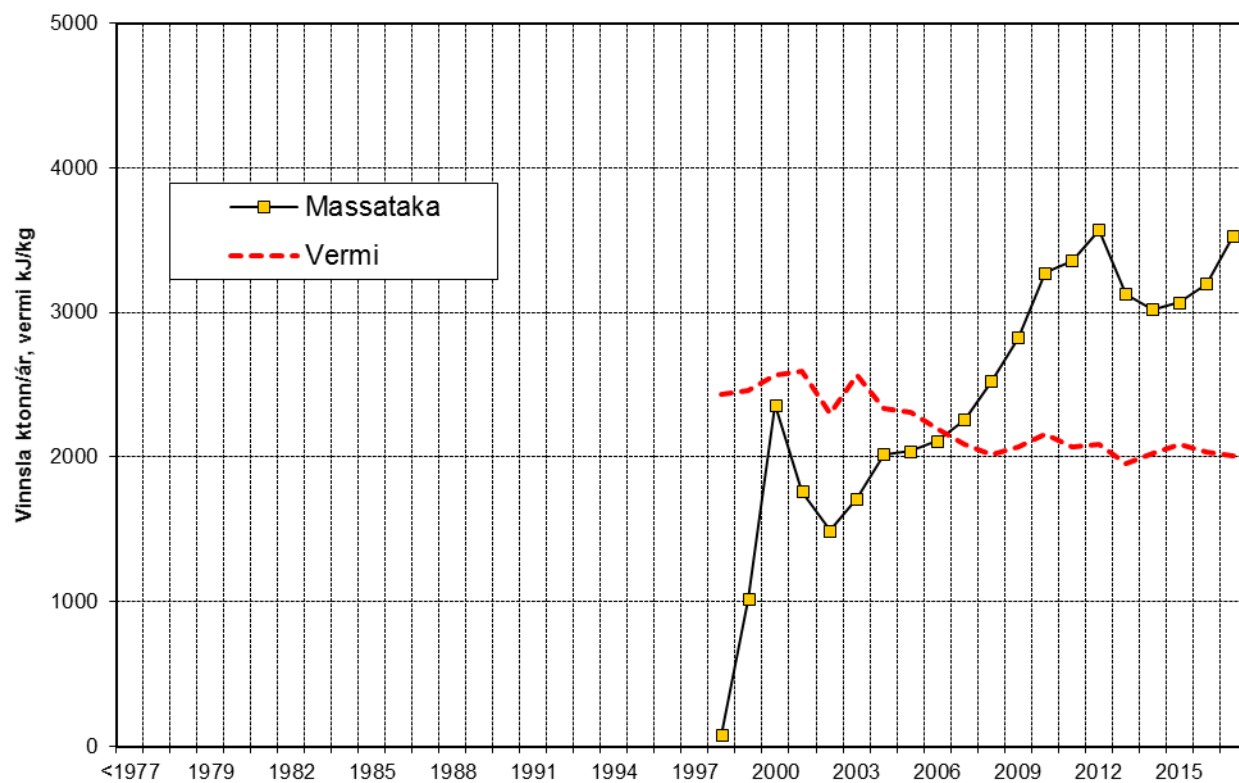
Mynd 22 *Leirbotnar, djúpar holur. Árleg vinnsla og vermi.*



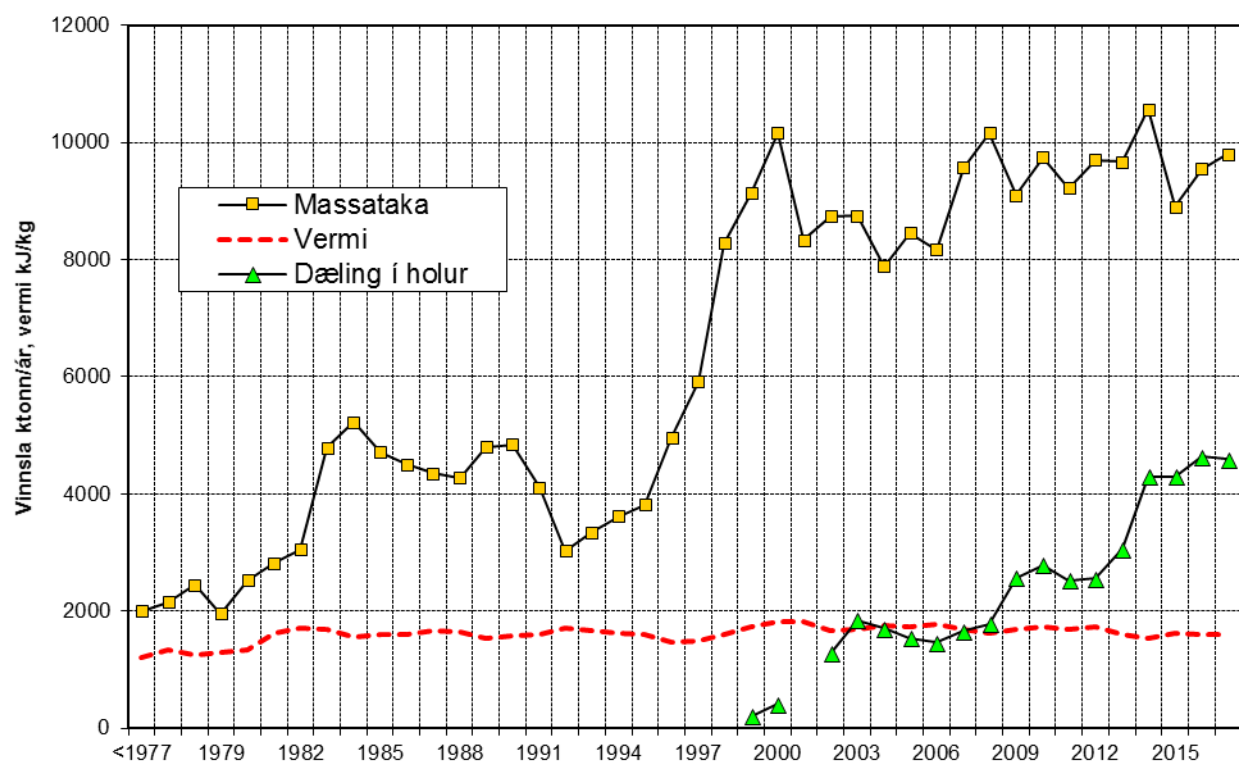
Mynd 23 *Suðurhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi.*



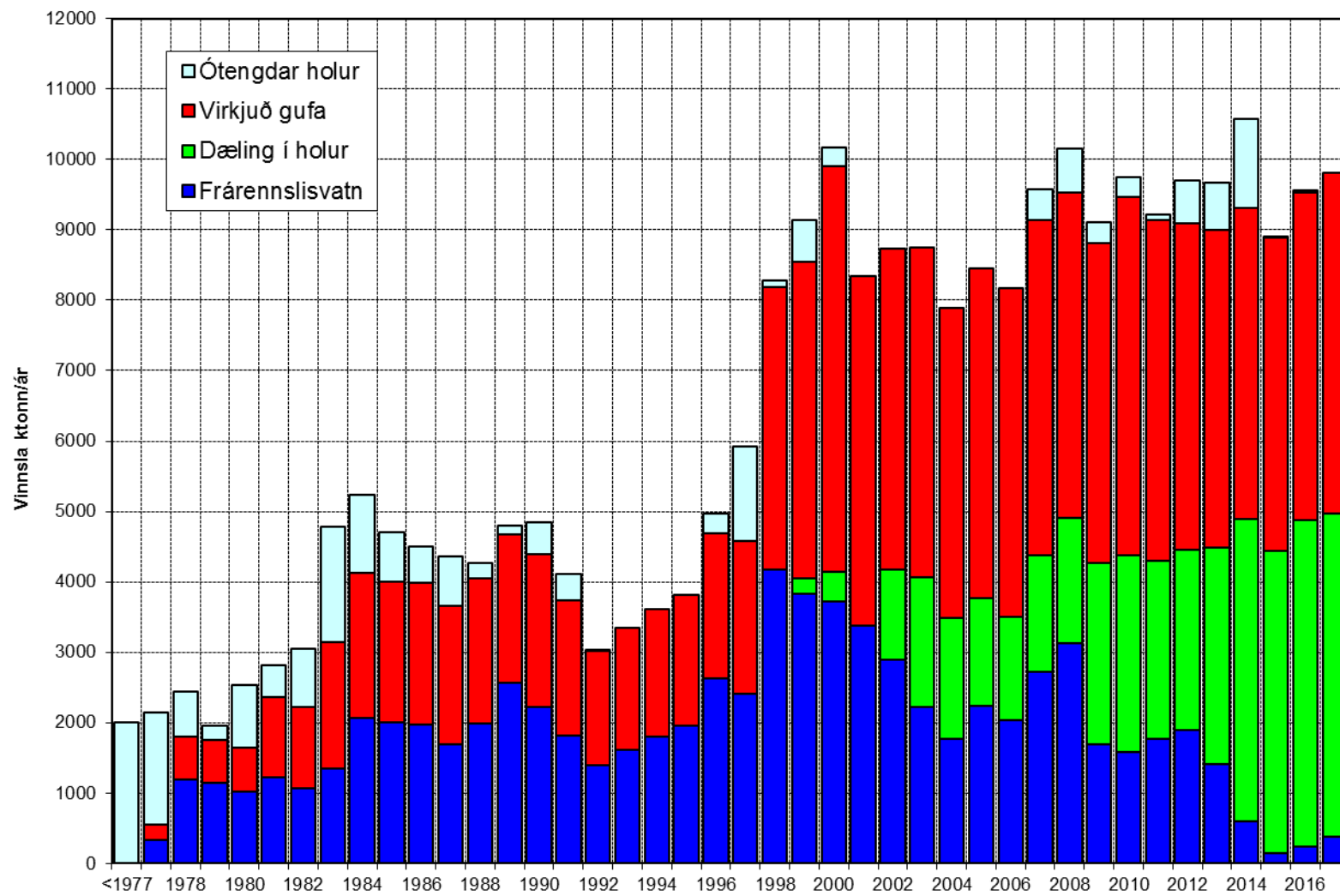
Mynd 24 Hvíthólaklif. Árleg vinnsla og vermi.



Mynd 25 Vesturhlíðar Kröflu. Árleg vinnsla og vermi.



Mynd 26 Kröflusvæði. Árleg vinnsla og vermi.



Mynd 27 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 í eftirliti 2017, eru varðveittar í gagnagrunni ViewData.

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 ennfreður sýndur reiknaður berghiti árið 2017.

Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýstigufu, reiknast um 0,84 %, samanbórið við 0,79 % árið 2016. Heildargassstreymi inn í stöðina jókst lítilsháttar og reiknast 1,25 kg/s samanbórið við 1,19 kg/s í fyrra. Gasstyrkur jókst á milli ára vegna tengingar holu K-41 sem er yfir meðallagi gasrík og lokunar KJ-21 sem var undir meðallagi.

Tafla 5 Kröflustöð. Styrkur efna í vatni og gufu borhola árið 2017

		Skilja	Gufa							Vatn														
Staður	Tími	Vermi	Rennsli	CO ₂	H ₂ S	H ₂	N ₂	CH ₄	Ar	Rennsli	pH	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	F	Cl	SO ₄	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	2017-06-28	852	4,2	745	207	0,9	11,7	1,7	0,56	23,4	9,61	27,7	18,6	365	199,8	18,9	4,68	0,001		1,08	1,08	41,6	293,8	0,64
KG-24	2017-06-28	889	4,6	725	211	0,3	15	2,2	0,55	22,5	9,63	28,3	19,9	406	214,7	17,8	3,97			0,92	0,79	45,6	299,8	0,62
KJ-06	2017-06-21	1250	12,0	1206	196	2,3	47,6	3,73	1,67	23,9	9,59	46,0	18,3	551	234,2	29,8	1,51	0,001	0,003	1,78	1,46	28,5	229,7	0,47
KJ-13	2017-06-21	1383	10,1	998	271	4,0		0,58	0,28	21,1	9,30	21,8	22,6	628	261,6	42,4	3,93		0,003	1,84	2,23	78,4	323,4	1,18
KJ-14	2017-06-27	2561	3,9	7196	968	53,4		0,79	0,73	0,4	8,85	78,9	40,7	930	197,7	41,7	1,12		0,002	1,43	2,02	159,5	47,2	6,39
KJ-16	2017-06-28	2767	1,6	16300	1248	63,2	3,6	4,86		0,0														
KJ-17	2017-06-27	2412	4,3	3260	782	31,4	8,4	2,61	0,71	0,9	9,31	76,9	71,4	702	132,7	21,8	0,49		0,001	1,66	2,90	12,7	19,0	2,10
KJ-19	2017-06-27	1879	1,3	10283	997	57,3		0,93	2,23	1,0	8,86	121,6	45,1	650	224,3	38,0	3,36		0,001	1,45	2,30	79,6	241,6	1,44
KJ-20	2017-06-23	2678	4,3	14302	1444	57,4	4,7	1,69	1,34	0,2	8,87	178,2	69,3	1080	313,2	54,4	1,11	0,007	0,015	0,20	2,26	258,0	48,8	4,91
KJ-27	2017-06-21	1036	4,5	1493	295	5,0	27,3	2,75	1,86	24,5	9,44	42,6	32,2	506	241,2	30,9	3,94		0,004	1,56	1,22	39,5	313,4	0,60
KJ-30	2017-06-27	2767	15,5	8605	1483	72,5	1,7	1,06		0,0														
KJ-31	2017-06-23	2786	0,7	5125	1143	49,6	1,7	0,77	0,79	0,0														
KJ-32	2017-06-23	1149	10,1	1750	815	16,6	2,1	1,35	0,56	38,1	9,36	44,7	79,7	571	255,3	39,9	3,84	0,001	0,001	1,72	1,19	34,7	323,7	0,72
KJ-33	2017-06-23	2050	2,1	2676	1350	38,5	4,5	0,87	0,71	1,1	9,00	35,0	68,0	767	151	27,1	0,95		0,001	1,63	1,87	110,7	110,5	2,62
KJ-34	2017-06-22	2538	19,9	9648	1921	45,8	14,1	0,99	1,19	2,5	8,60	79,5	60,3	749	232,6	42,0	1,63	0,003	0,168	1,26	2,82	274,5	55,0	7,19
KJ-36	2017-06-22	2679	10,0	11954	2603	55,5	15,7	1,1	0,8	0,5	8,50	99,5	82,5	557	136,1	20,6	1,32	0,001	0,002	1,68	1,10	59,2	34,4	4,85
KJ-37	2017-06-28	1659	0,8	6649	1159	59,2	1,9	1,11	1,48	0,9	9,04	101,9	68,5	720	180,7	26,3	0,90		0,001	0,77	1,47	56,4	48,0	3,04
KJ-38	2017-06-22	1766	3,4	12537	1801	35,6	35,9	1,82	1,7	3,2	8,62	115,5	63,1	540	175,1	21,1	2,99	0,001	0,001	1,80	1,33	66,4	92,0	0,63
KT-40	2017-06-22	2763	19,3	16106	1107	19	11,7	2,11	1,16	0,0	8,79	175,5	45,9	1921	236,8	43,4	3,57	0,007	0,039	7,58	7,42	20,4	67,4	17,44
K-41	2017-06-26	2757	7,3	9512	1175	45,8	1,3	0,78	0,57	0,0	9,17	199,9	95,7	1466	329,8	46,9	0,45	0,042	0,244	1,71	3,82	35,6	115,4	4,58
	Samtölur	1610	139,5	7727	1151	32,9	12,3	1,63	0,88	164,2	9,09	40,2	38,3	521	233,2	30,8	3,54	0,001	0,004	1,51	1,35	48,3	285,2	0,87

Tafla 6 Kröflustöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2017

Staður	Tími	Gufa	Gas								
		Rennsli	í gufu	rennsli	hlutfall	CO ₂	H ₂ S	H ₂	N ₂	CH ₄	Ar
		kg/s	w%	kg/s	l/kg	v%	v%	v%	v%	v%	v%
KG-05	2017-06-28	4,2	0,10	0,00	0,59	70,62	25,35	1,79	1,74	0,44	0,06
KG-24	2017-06-28	4,6	0,10	0,00	0,57	70,21	26,31	0,56	2,28	0,58	0,06
KJ-06	2017-06-21	12,0	0,15	0,02	0,89	75,54	15,88	3,12	4,69	0,64	0,12
KJ-13	2017-06-21	10,1	0,13	0,01	0,80	69,45	24,32	6,08		0,11	0,02
KJ-14	2017-06-27	3,9	0,82	0,03	5,34	74,84	13,00	12,12		0,02	0,01
KJ-16	2017-06-28	1,6	1,76	0,03	10,73	84,41	8,35	7,14	0,03	0,07	
KJ-17	2017-06-27	4,3	0,41	0,02	2,77	65,51	20,31	13,76	0,27	0,14	0,02
KJ-19	2017-06-27	1,3	1,13	0,01	7,13	80,16	10,04	9,76		0,02	0,02
KJ-20	2017-06-23	4,3	1,58	0,07	9,69	82,04	10,70	7,19	0,04	0,03	0,01
KJ-27	2017-06-21	4,5	0,18	0,01	1,13	73,33	18,67	5,40	2,11	0,37	0,10
KJ-30	2017-06-27	15,5	1,02	0,16	6,73	71,07	15,81	13,07	0,02	0,02	
KJ-31	2017-06-23	0,7	1,16	0,01	7,84	67,63	17,82	14,48	0,03	0,03	0,01
KJ-32	2017-06-23	10,1	0,26	0,03	1,76	55,20	33,15	11,41	0,11	0,12	0,02
KJ-33	2017-06-23	2,1	0,41	0,01	2,93	50,78	33,08	15,95	0,13	0,05	0,01
KJ-34	2017-06-22	19,9	1,16	0,23	7,31	73,34	18,86	7,60	0,17	0,02	0,01
KJ-36	2017-06-22	10,0	1,46	0,15	9,20	72,21	20,30	7,31	0,15	0,02	0,01
KJ-37	2017-06-28	0,8	0,79	0,01	5,25	70,39	15,85	13,68	0,03	0,03	0,02
KJ-38	2017-06-22	3,4	1,44	0,05	8,73	79,83	14,81	4,95	0,36	0,03	0,01
KT-40	2017-06-22	19,3	1,72	0,33	9,99	89,59	7,95	2,31	0,10	0,03	0,01
K-41	2017-06-26	7,1	1,09	0,08	6,81	79,05	12,60	8,31	0,02	0,02	0,01
	HP>LP	8,7									
	Samtölur	148,1	0,84	1,25	4,90	79,68	13,64	6,52	0,12	0,03	0,01

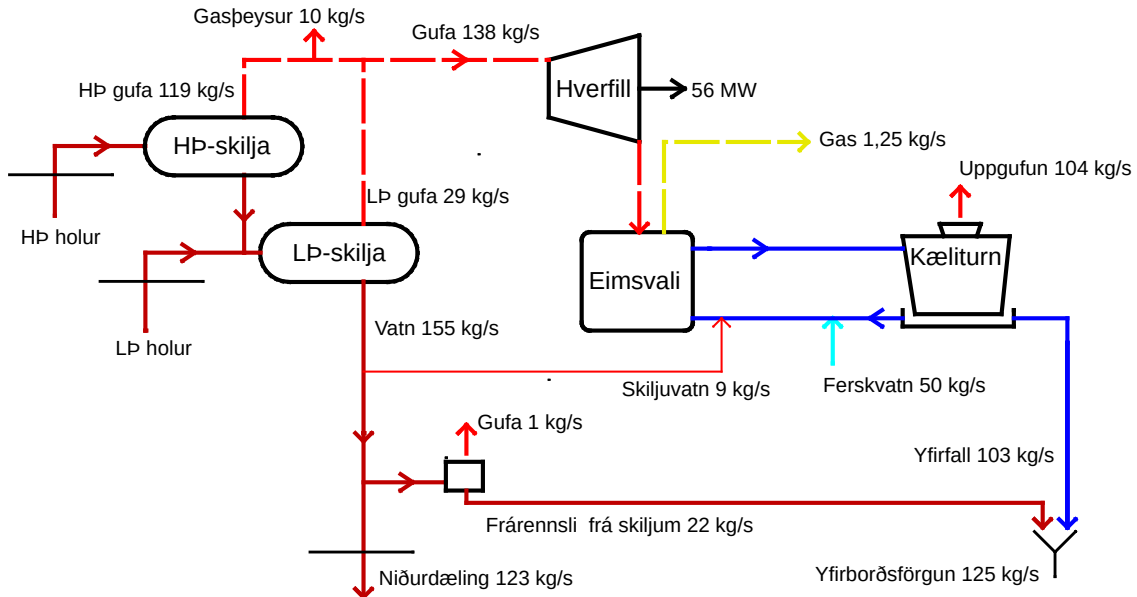
HP>LP: afsuða skiljuvatns úr háþrýstiholum.

Tafla 7 Kröflustöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2017

Nafn	Tími	Vermi	tSiO2q	tNa/K	tCO2	tH2/H2S
		kJ/kg	°C	°C	°C	°C
KG-05	2017-06-28	889	213	204	168	259
KG-24	2017-06-28	1250	220	190	168	238
KJ-06	2017-06-21	1383	241	236	219	276
KJ-13	2017-06-21	2561	259	262	192	280
KJ-14	2017-06-27	2767		291	274	300
KJ-16	2017-06-28	2412		269	290	299
KJ-17	2017-06-27	1879	265	264	253	297
KJ-19	2017-06-27	2678	261	267	280	301
KJ-20	2017-06-23	1036		270	288	297
KJ-27	2017-06-21	2767	242	237	202	283
KJ-30	2017-06-27	2786		253	279	298
KJ-31	2017-06-23	1149			267	299
KJ-32	2017-06-23	2050	251	258	221	286
KJ-33	2017-06-23	2538	277	274	247	291
KJ-34	2017-06-22	2679	269	274	281	288
KJ-36	2017-06-22	1659	230	255	285	286
KJ-37	2017-06-28	1766	271	251	270	299
KJ-38	2017-06-22	2763	246	230	284	285
KT-40	2017-06-22	2757	235	276	290	283
K-41	2017-06-26	852	242	248	281	297

2.3.2 Frárennsli frá Kröflustöð

Á mynd 28 er sýnt flæðirit fyrir Kröflustöð þegar sýnum af frárennsli var safnað til efnagreininga.



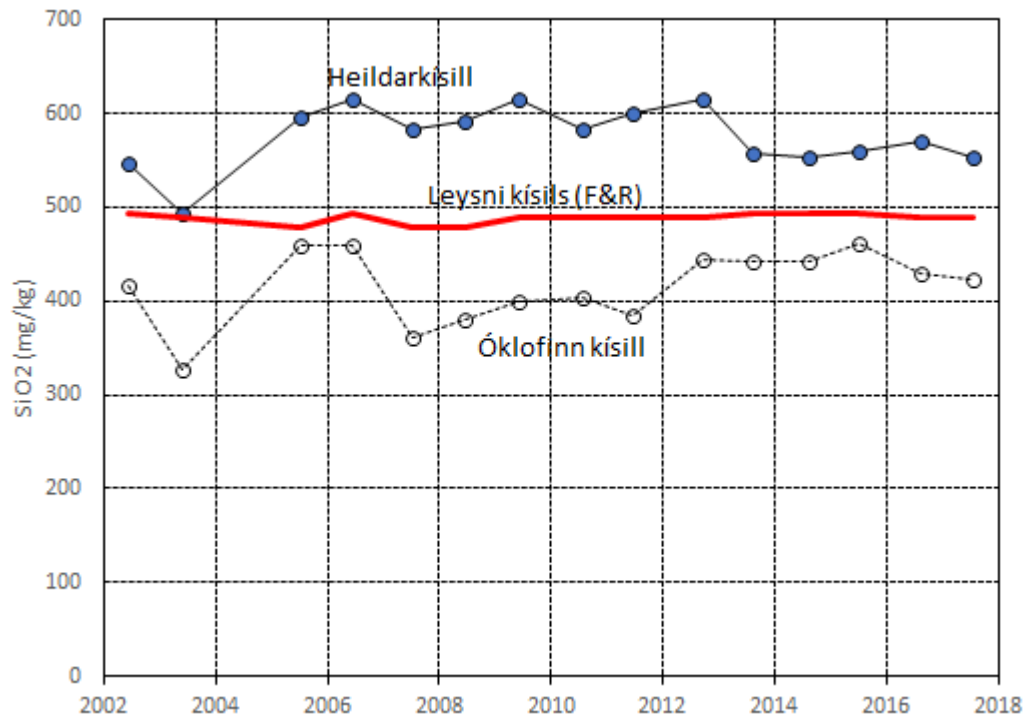
Mynd 28 Flæðirit fyrir Kröflustöð í júní 2017.

Rennsli skiljuvatns úr lágþrýstiskilju við 126 °C reiknast um 155 kg/s út frá afkastamælingum tengdra borhola. Um 123 kg/s af skiljuvatni var dælt í holur. Um 9 kg/s var blandað í kæliturn til sýrustigsstillingar en það sem umfram var, um 22 kg/s, rann niður Hlíðardalinn. Við skiljuvatnið bættist vatn úr kæliturnum. Samtals var rennsli frá kæliturnum áætlað um 103 kg/s en innstreymi ferskvatns var mælt 50 kg/s. Af þeim 138 kg/s af gufu, sem streyma inn kælikerfið, þéttast 34 kg/s en 104 kg/s gufa upp í kæliturninum. Samtals runnu um 125 l/s af vatni frá stöðinni og niður Hlíðardalslæk þegar sýnum af frárennsli var safnað.

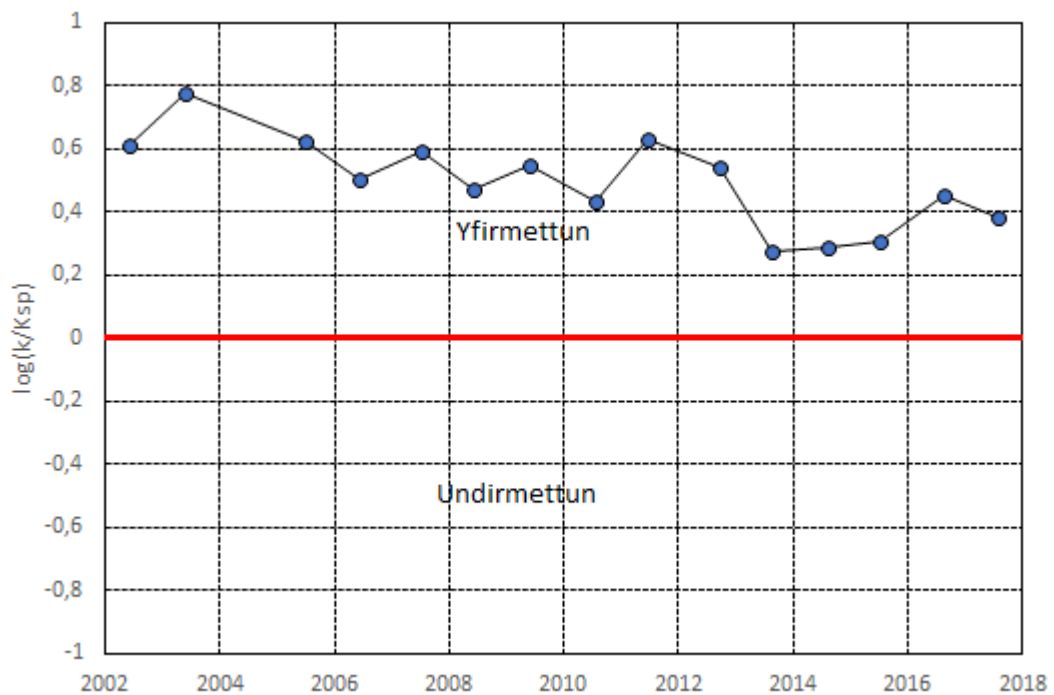
Niðurdælingarvatn

Fylgst hefur verið með styrk kísils í niðurdælingarvatnin frá því að niðurdæling hófst samkvæmt áætlun þar um (Trausti Hauksson 2002, Trausti Hauksson o.fl 2004). Styrkur heildarkísils, sem er sýndur á mynd 29 sem bláir hringir, hefur verið yfir mettunarmökum. Sýrustig vatnsins er hátt, sem veldur því að kísillinn klofnar. Ef miðað er við óklofinn kísil, sem er sýndur brotin lína á myndinni, þá var styrkurinn ætíð undir mettunarmökum. Ólíklegt er að kísilútfellingar séu miklar í holunni. Einnig hjálpar að yfirmettun kísils minnkar þegar vatnið hitnar á leiðinni niður holuna.

Niðurdælingarvatnið er yfirmettað kalki. Mynd 30 sýnir mettunarhlutfallið (“saturation ratio”) sem er hlutfall jónamargfeldis og leysnimargfeldis (k/k_{sp}) á lógarítmískum skala ($\log_{10}(k/k_{sp})$ = “saturation index”). Yfirmettunin var mest í byrjun eða um 0,7 en hefur farið minnkandi og er nú 0,4. Þetta er lítil yfirmettun og ekki líkur að hraðri kalkútfellingu því samleit kyrning á sér ekki stað fyrr en yfirmettunin fer yfir 1. Ekki er þó útilokað að einhverjar kalkútfellingar hafi orðið í niðurdælingarholum því yfirmettunin eykst þegar vatnið hitnar. Ef kalkútfellingar valda minni viðtökuhæfni þá má reyna að auka hana með sýruhreinsun.



Mynd 29 Kísilmettun í niðurdælingarvatni (ViewData).



Mynd 30 Kalkmettun í niðurdælingarvatni (ViewData).

Gaslosun

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 jarðhita-vinnslunnar. Niðurstöður eru birtar í Viðauka 1.

Gas 1,25 kg/s er losað til andrúmslofts um gaspípu fyrir ofan kæliturnana. Losun koldíoxíðs til andrúmslofts var 33.659 tonn á árinu 2017 en orkuframleiðslan var 1751 TJ og

reiknast koldíoxíðlosunin því vera um 69 g/kWh. Losun brennisteinsvetnis til andrúmslofts var 4.851 tonn sem eru 10,0 g/kWh.

Á myndum 31 og 32 er sýnd árleg losun CO₂ og H₂S vegna orkuvinnslunnar og rannsókna frá upphafi vinnslu. Á mynd 33 er sýndur meðaltalsstyrkur CO₂ og H₂S í vinnslugufunni. CO₂ styrkur í gufu hefur verið minnkandi frá því að vinnsla hófst en þegar nýjar holur hafa verið boraðar hefur orðið tímabundin aukning. Þegar nýjar holur voru boraðar um aldamótin og virkjunin stækkuð úr 30 MW í 60 MW varð aukning sem síðan hefur gengið til baka. Þá varð einnig aukning í H₂S styrk sem hefur haldist nánast óbreyttur síðan.

Þungmálmar

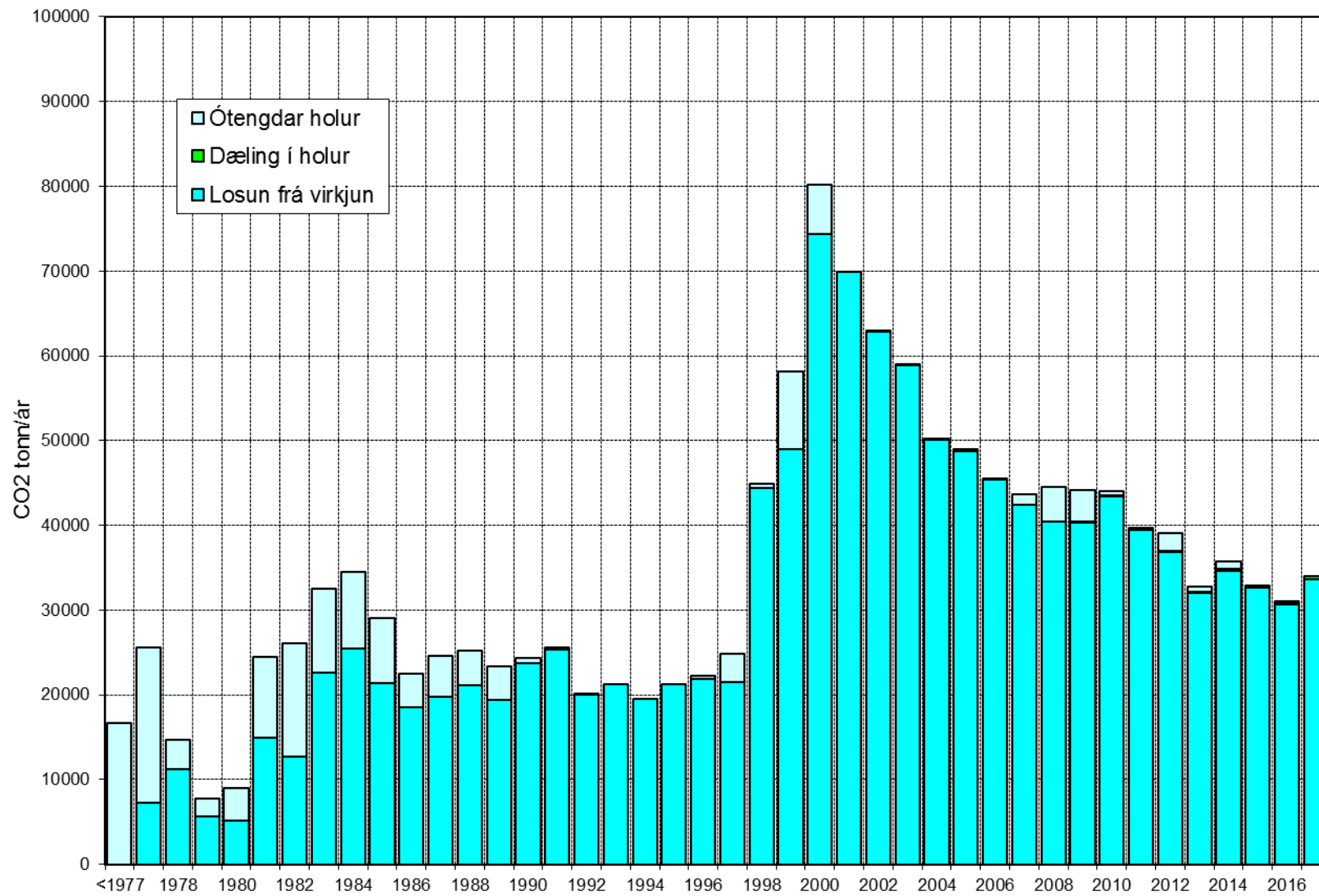
Sýnum var safnað úr frárennislæk skiljustöðvar í Leirbotnum sem og frárennislæk kæliturnna. Einnig var safnað tveimur sýnum úr Hlíðardalslæk eftir að rennsli úr kæliturnum og skiljustöð hefur blandast þ.e. úr V-yfirfalli og einnig þar sem lækurinn rennur undir Austurlandsveg. Niðurstöður efnagreininga 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* (Umhverfisstofnun 1999). Þau gildi sem eru hærri en mörk fyrir fyrsta flokk skv. reglugerð nr. 796/1999 eru feitletruð í töflum 9 og 10.

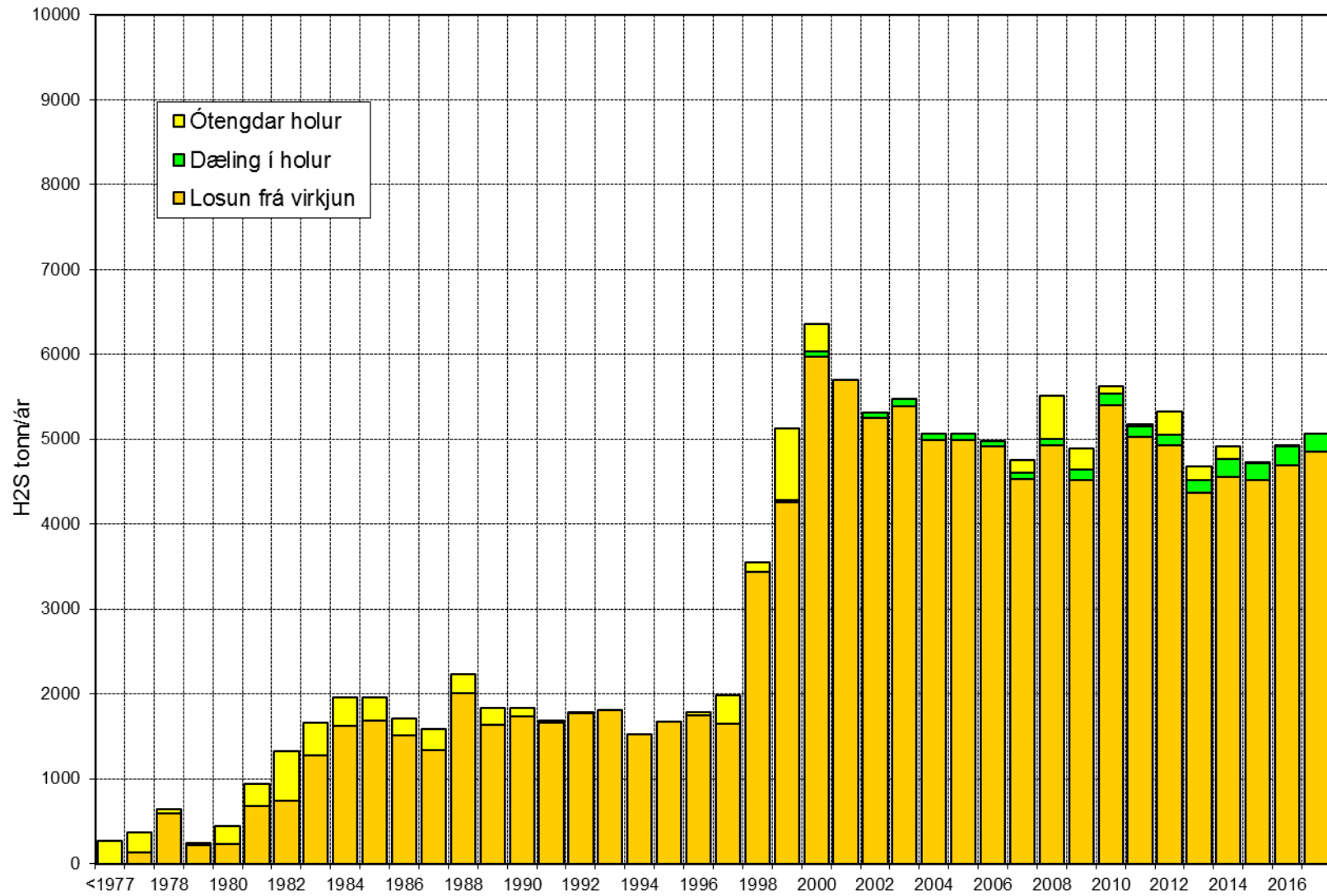
Styrkur arsens (As) í frárennislisvatninu fer við skiljustöð yfir mörk fyrir III. flokk sem þýðir að áhrifa sé að vænta á viðkvæmt lífríki. Styrkur króms (Cr) og nikkels (Ni) fer einnig yfir mörk í vatni frá kæliturnum og í Hlíðardalslæk. Það er vegna tæringar vélbúnaðar.

Heildarlosun mengunarefna frá Kröflu árið 2016 var reiknuð út frá þessum greiningum og heildar losun vatns til yfirborðs og í niðurdælingarholur. Þetta er tekið saman í töflu 12.

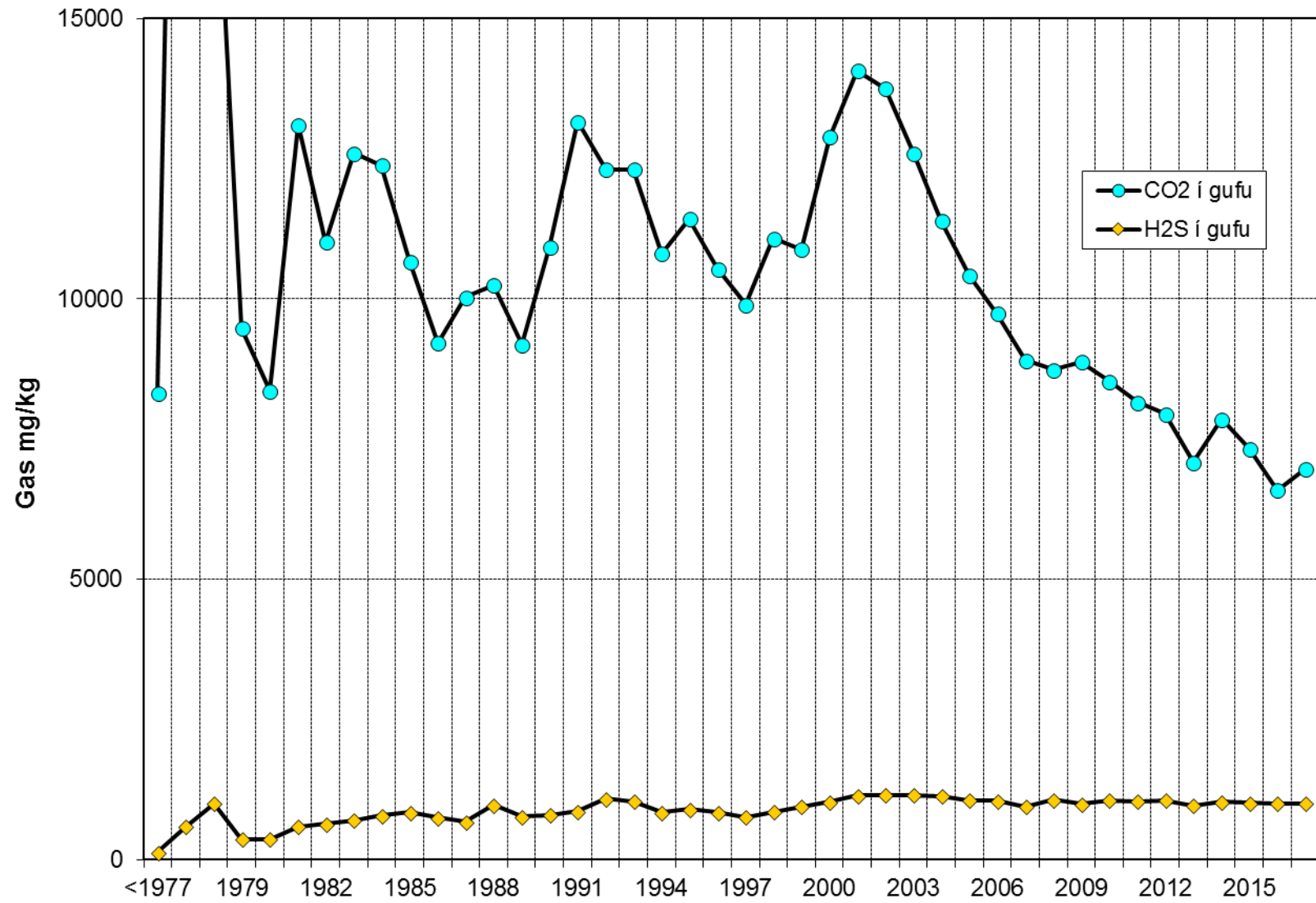
Tekin voru sýni úr ferskvatnsveitu (kranavatn inni í stöð). Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflum 8 og 10.



Mynd 31 Kröflusvæði. Árleg losun koldíoxíðs (CO₂).



Mynd 32 Kröflusvæði. Árleg losun brennisteinsvetnis (H₂S).



Mynd 33

Styrkur CO_2 og H_2S í vinnslugufu Kröflustöðvar

Tafla 8 Kröflustöð. Vatnsskýni árið 2017.

[illegible]

Tafla 9 Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Kröflu 2017.

Staður	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	2017-06-28	<0,002	0,88	<0,1	0,01	<0,05	<0,002	<0,01	2,73	<0,001
KG-24	2017-06-28	<0,002	0,85	<0,1	0,01	<0,05	<0,002	<0,01	0,62	<0,001
KJ-06	2017-06-21	<0,002	<0,21	<0,1	0,02	<0,05	<0,002	<0,01	1,97	<0,001
KJ-13	2017-06-21	<0,002	0,37	<0,11	0,02	<0,05	<0,002	<0,01	8,66	<0,001
KJ-14	2017-06-27	<0,002	0,32	<0,11	0,02	<0,05	<0,002	<0,01	49,80	0,001
KJ-16	2017-06-28									
KJ-17	2017-06-27	<0,002	0,43	<0,11	0,02	<0,05	<0,002	<0,01	15,26	<0,001
KJ-19	2017-06-27	<0,002	0,31	<0,1	0,17	<0,05	<0,002	<0,01	12,55	<0,001
KJ-20	2017-06-23	<0,002	1,19	<0,11	0,06	0,06	<0,002	<0,01	37,40	0,004
KJ-27	2017-06-21	<0,002	0,21	<0,1	0,05	0,05	<0,002	<0,01	2,99	<0,001
KJ-30	2017-06-27									
KJ-31	2017-06-23									
KJ-32	2017-06-23	<0,002	0,54	0,31	0,02	<0,05	<0,002	<0,01	8,16	<0,001
KJ-33	2017-06-23	<0,002	0,4	<0,1	0,03	<0,05	<0,002	<0,01	40,98	0,002
KJ-34	2017-06-22	<0,002	1,07	0,73	3,5	0,14	<0,002	<0,01	57,09	0,007
KJ-36	2017-06-22	<0,002	0,41	<0,11	0,04	<0,06	<0,002	<0,01	37,37	<0,001
KJ-37	2017-06-28	<0,002	0,89	<0,1	0,03	<0,05	<0,002	<0,01	57,37	<0,001
KJ-38	2017-06-22	<0,002	0,63	0,16	0,02	<0,05	<0,002	<0,01	4,44	<0,001
KT-40	2017-06-22	<0,002	2,16	<0,37	0,76	0,29	<0,002	<0,04	117,74	<0,001
K-41	2017-06-26	<0,002	1,14	0,2	0,18	<0,08	<0,002	<0,02	11,60	0,005

Tafla 10 Styrkur mengunarefna í vatnssýnum í Kröflu 2017.

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
Niðurdæling										
LP vatn	2017-06-21	<0,002	<0,2	0,17	0,11	0,26	<0,002	<0,01	9,7	<0,001
Frárennsli										
Skiljustöð	2017-06-21	<0,002	0,66	0,19	0,31	0,23	0,007	0,012	38,4	0,001
Kæliturnar	2017-06-21	0,009	2,28	<0,1	1,58	0,62	<0,002	<0,01	2,24	0,001
V-yfirfall	2017-06-21	0,015	1,74	0,24	0,77	1,22	0,004	<0,01	9,16	0,003
Hlíðardalslækur	2017-06-21	<0,002	3,8	0,37	0,7	1,06	0,003	0,012	6,19	0,005
Önnur sýni										
Ferskvatnsveita										

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/pynningarsvæði.

(Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns).

Tafla 12 Heildarlosun mengunarefna frá Kröflu árið 2017

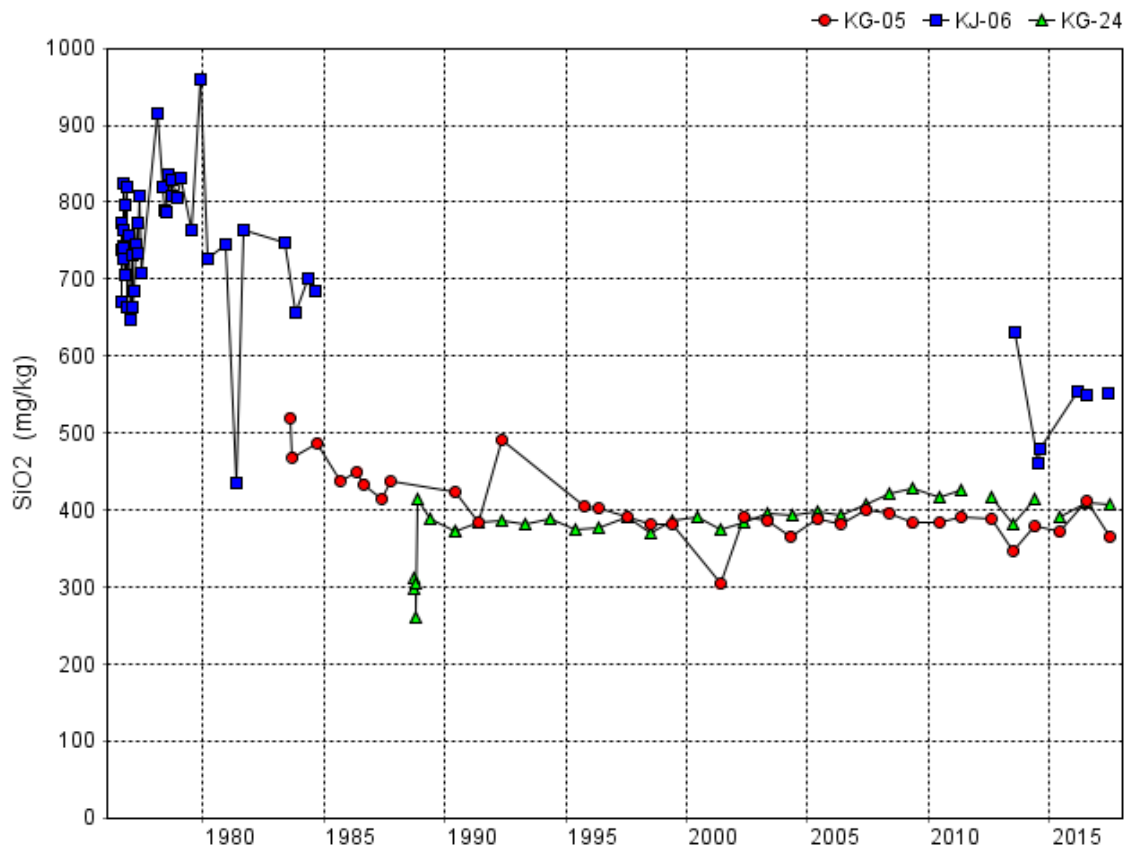
Krafla 2017		Heildar-	Orkuframleiðsla - losun			
		upptekt	Niðurdæling	Yfirborð	Andrúmsloft	Útblástur
Skiljuvatn	tonn	5.606.535	4.590.000	1.016.535	0	0
Gufa / þéttivatn	tonn	4.196.687	0	1.678.675	2.518.012	0
Samtals	tonn	9.803.222	4.590.000	2.695.210	2.518.012	0
Koldíoxíð (CO ₂)	tonn	33.952	293	262	33.397	0
Metan (CH ₄)	tonn	11	0	0	11	0
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	tonn	5.067	216	71	4.780	0
Kvikasilfur (Hg)	kg	0	0	0	0	0
Kopar (Cu)	kg	1	1	0	0	0
Sink (Zn)	kg	<1	<1	4	0	0
Kadmíum (Cd)	kg	0	0	0	0	0
Blý (Pb)	kg	0	0	0	0	0
Króm (Cr)	kg	1	0	3	0	0
Nikkel (Ni)	kg	1	1	1	0	0
Arsen (As)	kg	54	43	43	0	0
Fosfór (P)	kg	<6	<5	3	0	0

2.3.3 Efnabreytingar í holum

Leirbotnar - Efnabreytingar í grunnum holum

Safnað var sýnum til efnagreininga úr þremur grunnu holum í Leirbotnum þ.e. KG-5, KJ-6 og KG-24 sem voru í vinnslu.

Styrkur kísils (SiO_2) hefur ekki breyst mikið milli ára í holum KG-05 og KG-24 og virðist jarðhitakerfið í jafnvægi (sjá mynd 34). Kísilstyrkur er meiri í KJ-6 en KG-5 og KG-24 en þó minni en mældist áður en vinnslu úr holunni var hætt tímabundið árið 1984. Kísilstyrkur í holu KJ-06 samsvarar kvartshita 240 °C á meðan holur KG-05 og KG-24 eru með kvartslhita 210 til 220 °C.

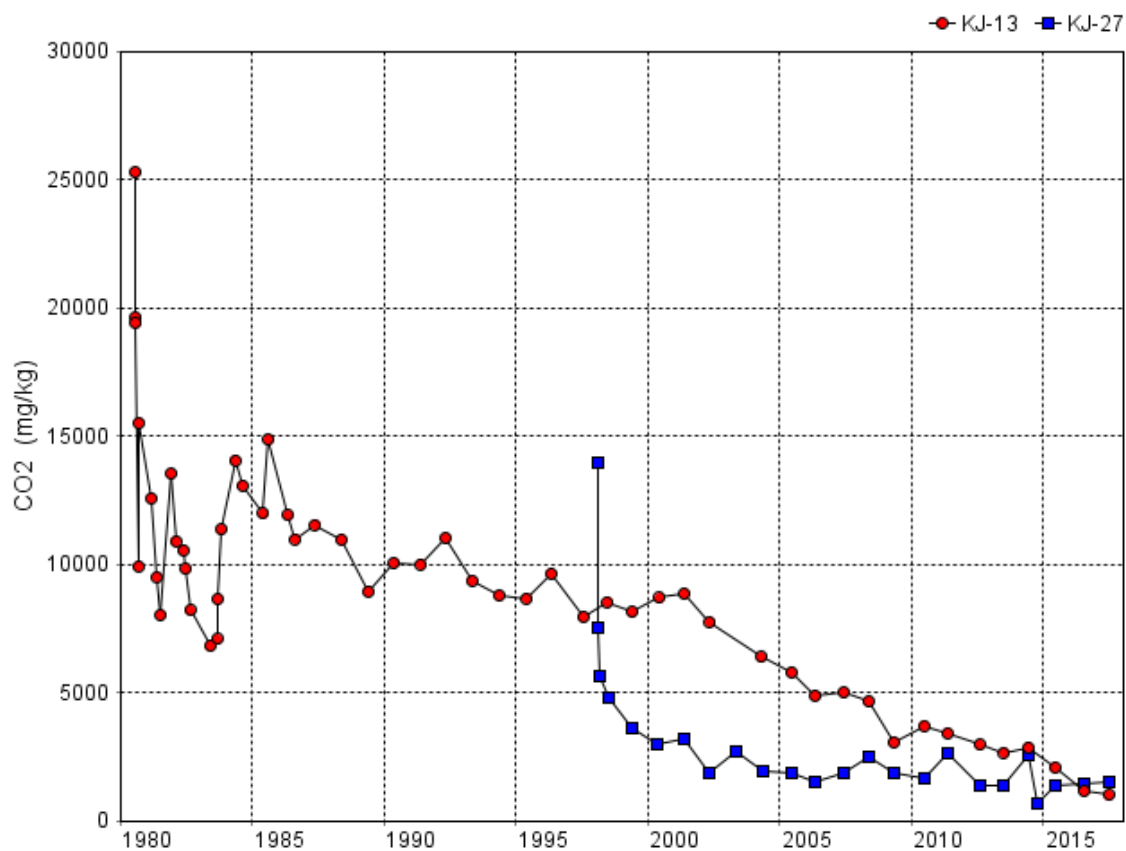


Mynd 34 Leirbotnar, grunnar holur, SiO_2 í vatni á móti tíma.

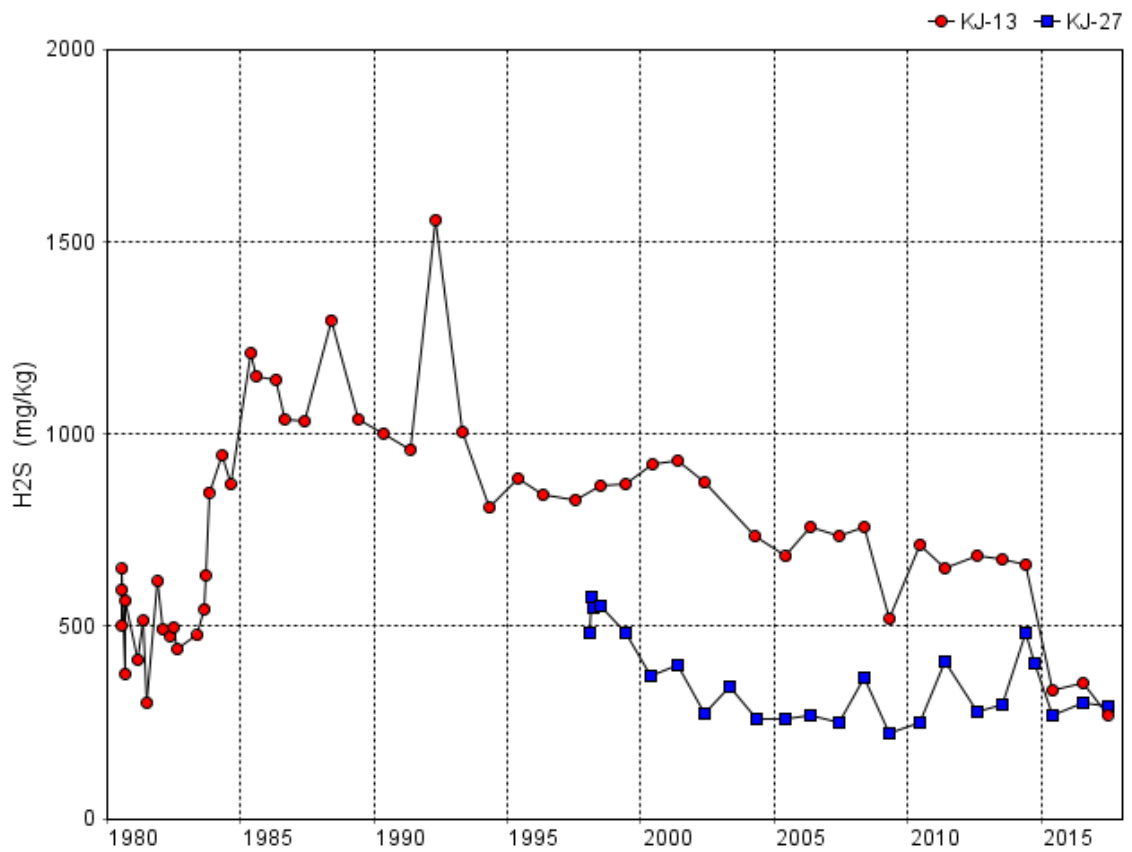
Leirbotnar - Efnabreytingar í djúpum holum

Safnað var sýnum úr tveimur holum, KJ-13 og KJ-27, sem vinna úr dýpri hluta kerfisins í Leirbotnum. Holur KJ-11, KG-12 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).

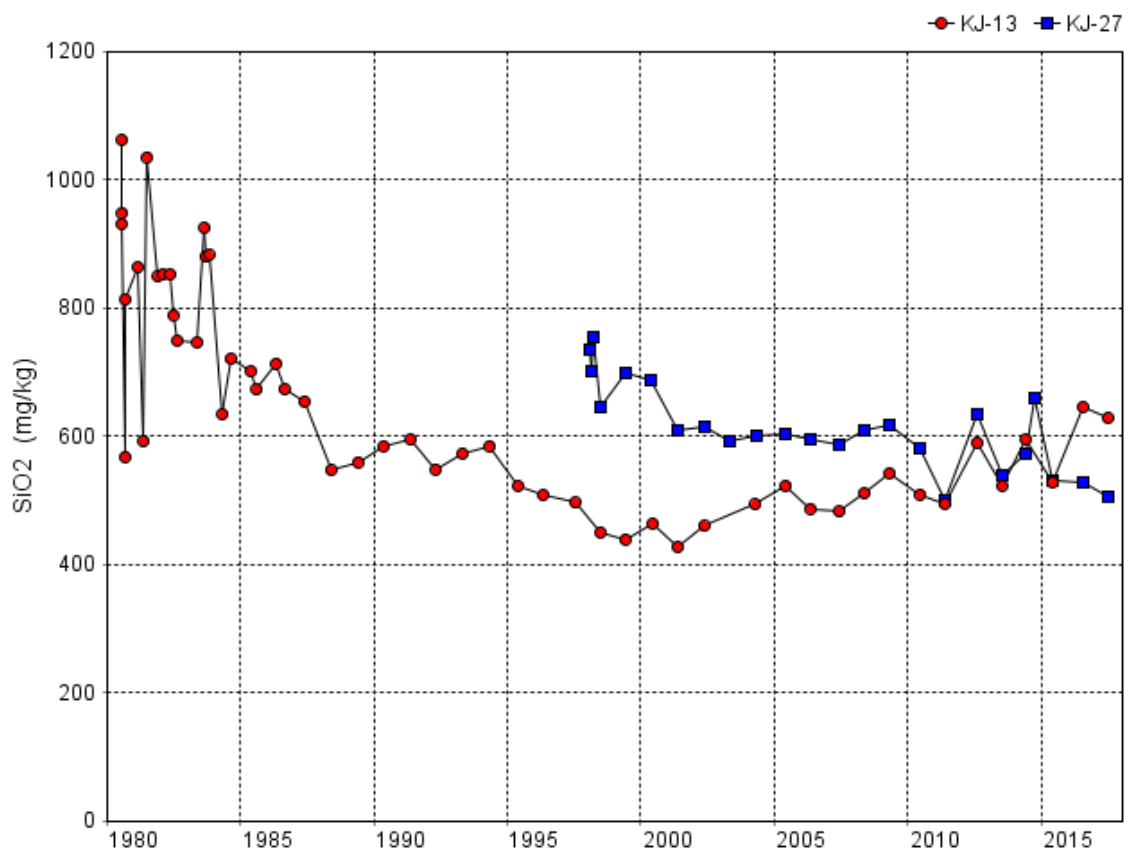
CO₂ styrkur í gufu úr holu KJ-13 hefur minnkað jafnt og þétt frá því hún var tekin í notkun og lækkar enn milli ára (sjá mynd 34). Styrkur H₂S hefur einnig verið minnkandi en þó hægar þar til fyrir þremur árum að hann snöggminnkaði (sjá mynd 35). Þessi minnun varð samfara aukningu í styrk annarra efna svo sem klóríðs (sjá mynd 38).



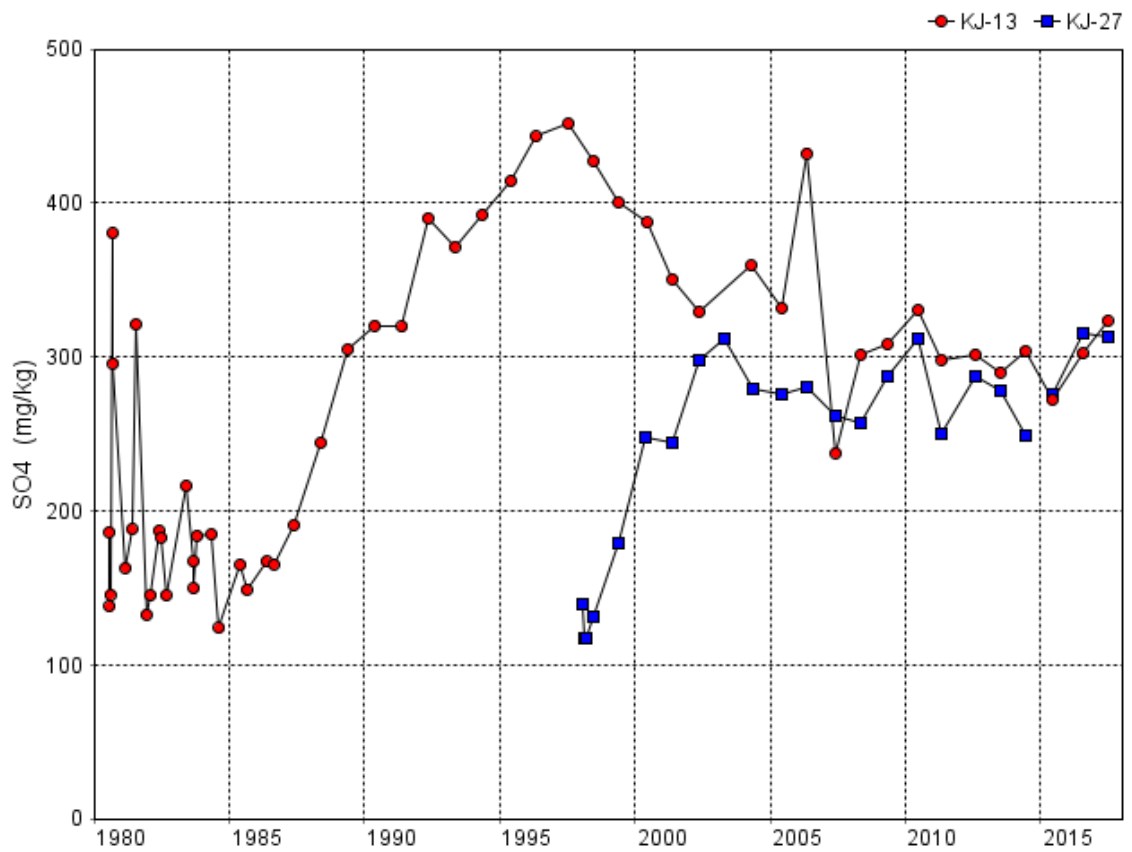
Mynd 35 Leirbotnar, djúpar holur, CO₂ í gufu á móti tíma.



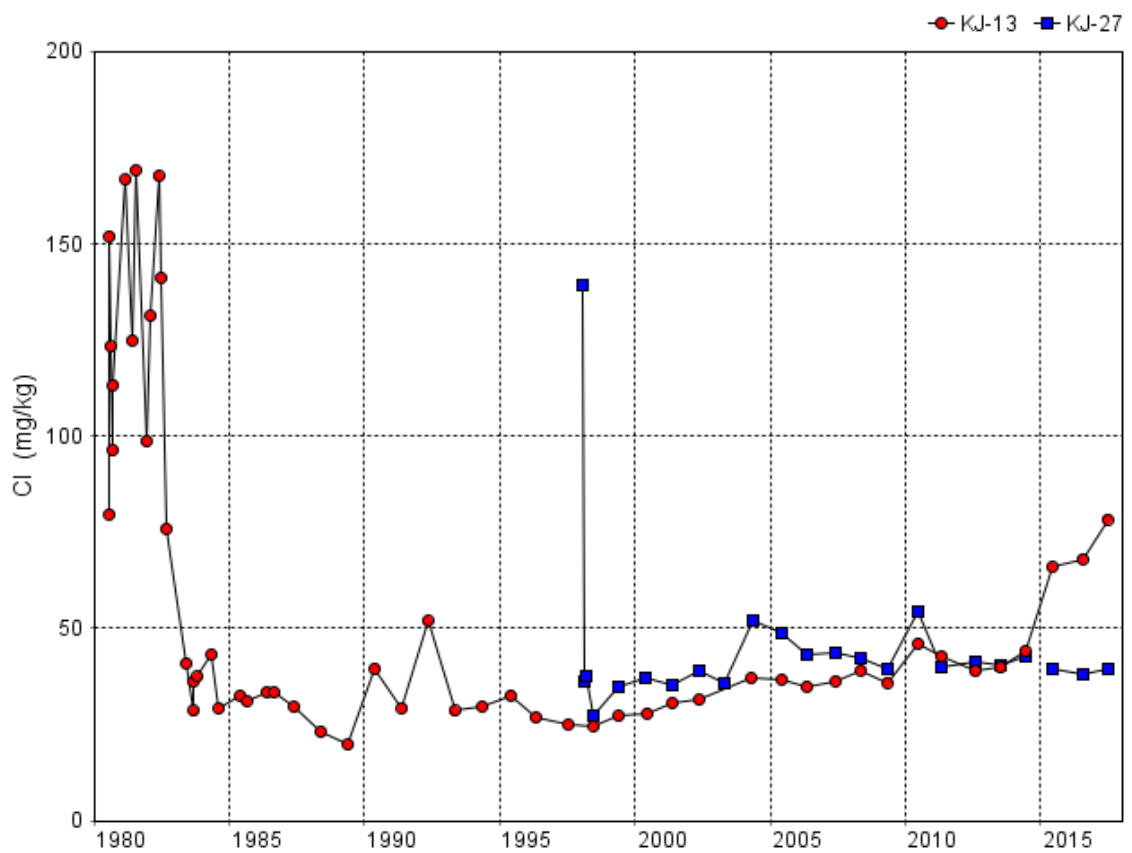
Mynd 36 Leirbotnar, djúpar holur, H_2S í gufu á móti tíma.



Mynd 37 Leirbotnar, djúpar holur, SiO_2 í vatni á móti tíma.



Mynd 38 Leirbotnar, djúpar holur, SO₄ í vatni á mótí tíma.



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

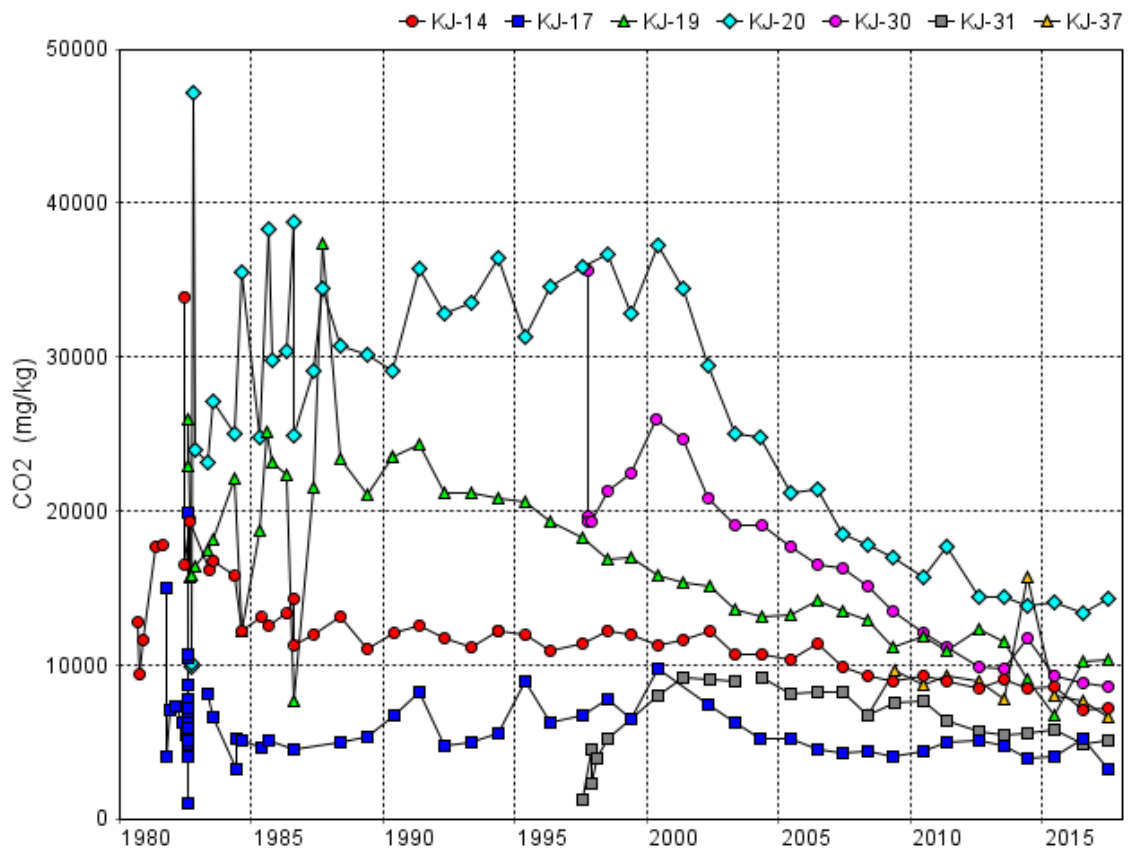
Suðurhlíðar Kröflu – Efnabreytingar í holum

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

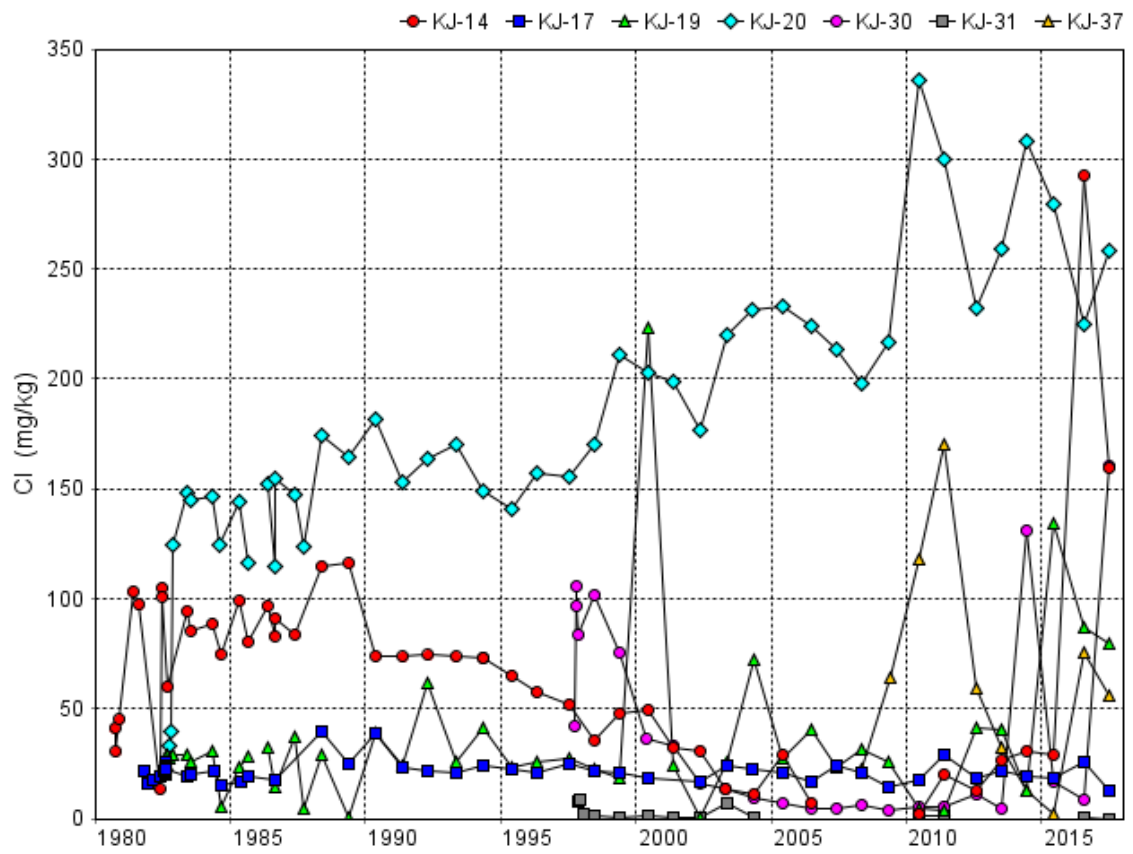
Á mynd 40 er gasstyrkur (koldíoxíð CO_2) í gufu reiknaður við skiljuþrýsting, sýndur á móti tíma fyrir holurnar. Breytingar eru ekki miklar en þó frekar til minnkunar.

Styrkur klóríðs (Cl) er sýndur á móti tíma á mynd 41. Klóríðstyrkur í holu KJ-20 er með því mesta sem mælist í Kröflu. Styrkur klóríðs í holu KJ-14 tók stökk uppávið árið 2016 en minnkar nú aftur.

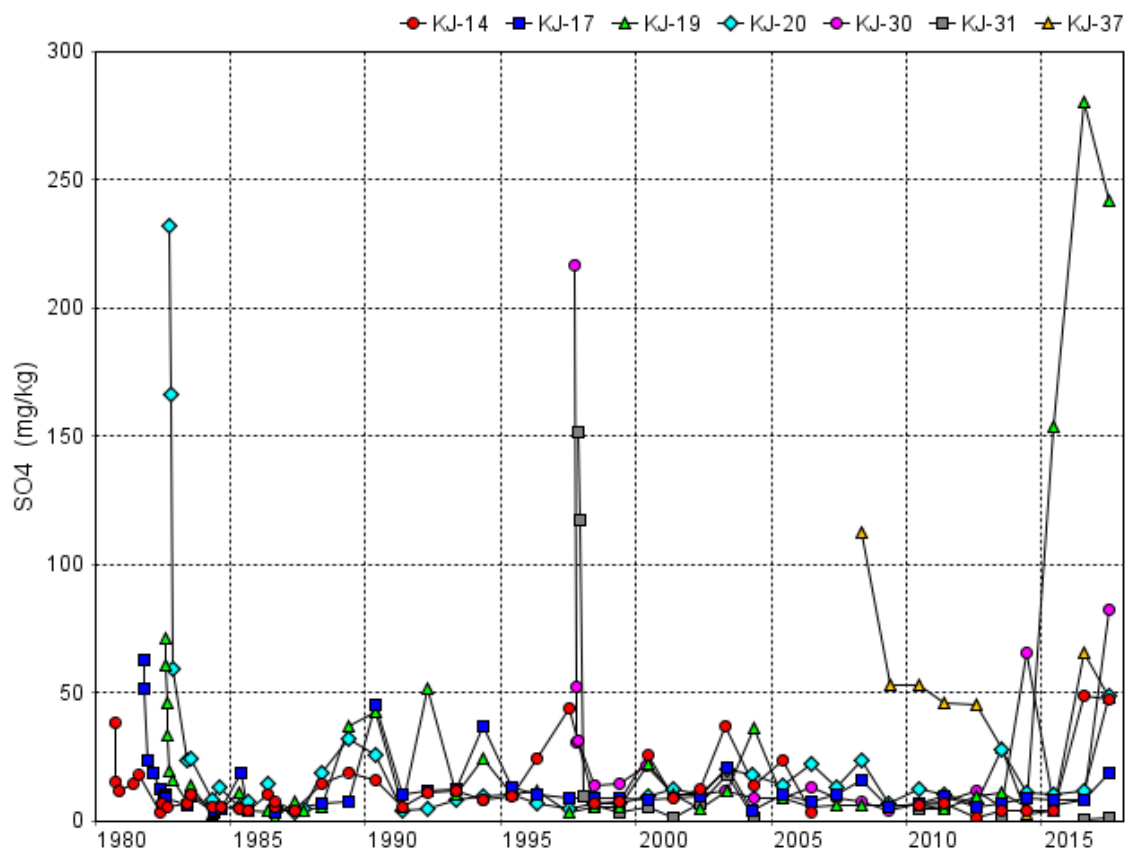
Styrkur sulfats (SO_4) er lítill í holunum en tók stökk í holu KJ-19 eftir að niðurdæling hófst í nálægri holu KJ-39 (sjá mynd 42). Styrkurinn minnkaði nú milli ár en er þó enn mikill.



Mynd 40 Suðurhlíðar, CO_2 í gufu á móti tíma.



Mynd 41 Suðurhlíðar, Cl í vatni á móti tíma.



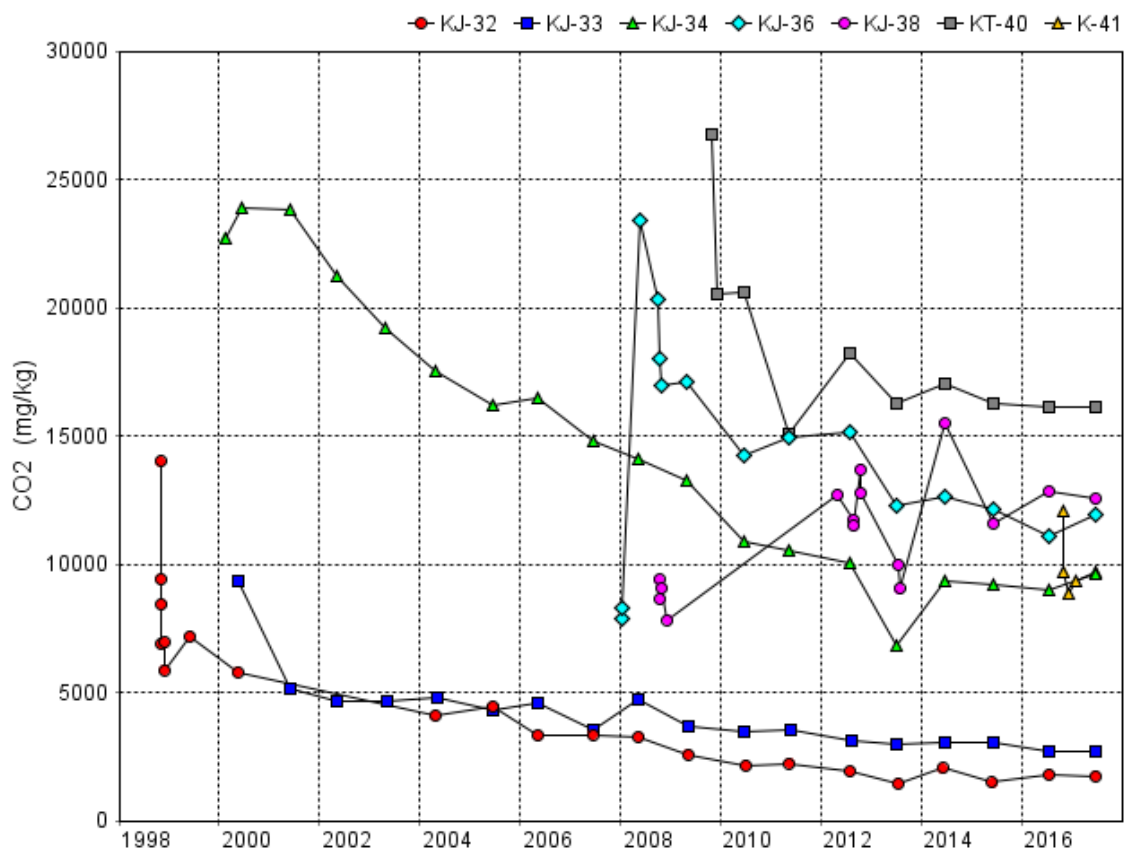
Mynd 42 Suðurhlíðar, SO₄ í vatni á móti tíma.

Vesturhlíðar Kröflu – Efnabreytingar í holum

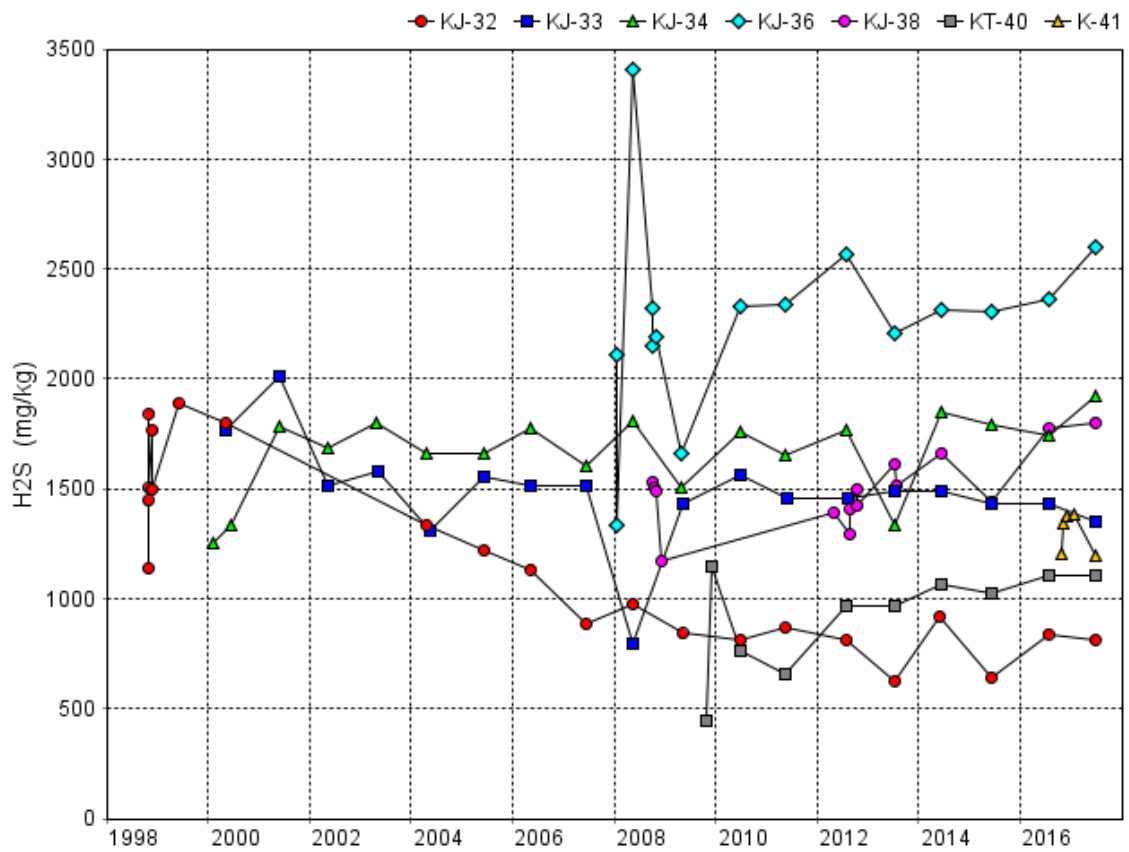
Á mynd 43 er styrkur koldíoxíðs (CO_2) í gufu úr holum í Vesturhlíðum Kröflu sýndur. Koldíoxíðstyrkur í gufu úr holunum hefur minnkað frá upphleypingu nema í holu KJ-38. Mest gas mælist í gufu úr holu KJ-40 og breytist ekki milli ára.

Styrkur brennisteinsvetnis (H_2S) í gufu er mikill í holunum og mestur í gufu úr holu KJ-36. Styrkurinn breytist lítið milli ára í holunum. Sjá mynd 44.

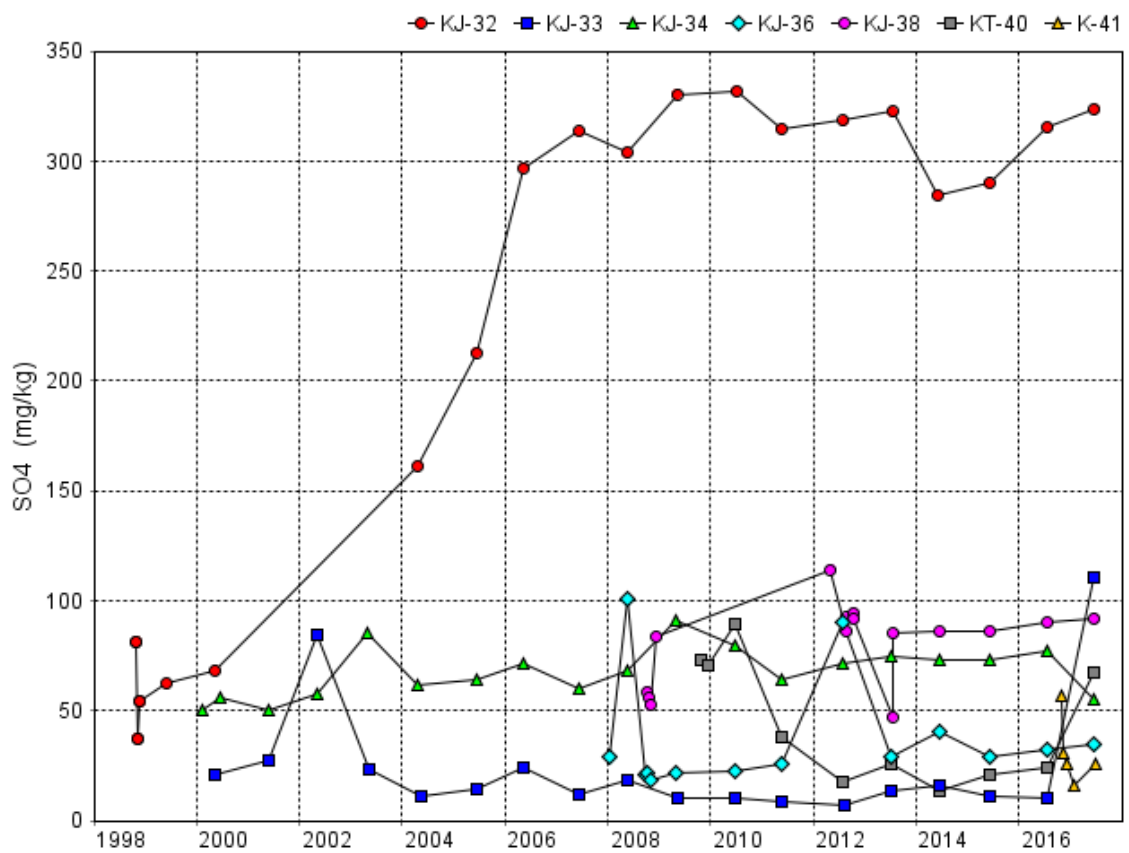
Á mynd 45 er styrkur súlfats í borholuvatninu sýndur. Þar kemur fram að styrkur súlfats í holu KJ-32, sem hefur verið að aukast síðustu árin, er mjög mikill og hefur náð jafnvægi.



Mynd 43 Vesturhlíðar Kröflu, CO_2 í gufu á móti tíma



Mynd 44 Vesturhlíðar Kröflu, H_2S í gufu á móti tíma



Mynd 45 Vesturhlíðar Kröflu, SO_4 í vatni á móti 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-9 notað til upphitunar hitaveituvatns í varmaskiptastöð fyrir Hitaveitu Skútustaðahrepps og er skiljuvatninu síðan veitt í Jarðböðin.

3.1 AFKASTAMÆLINGAR

3.1.1 Afköst borhola

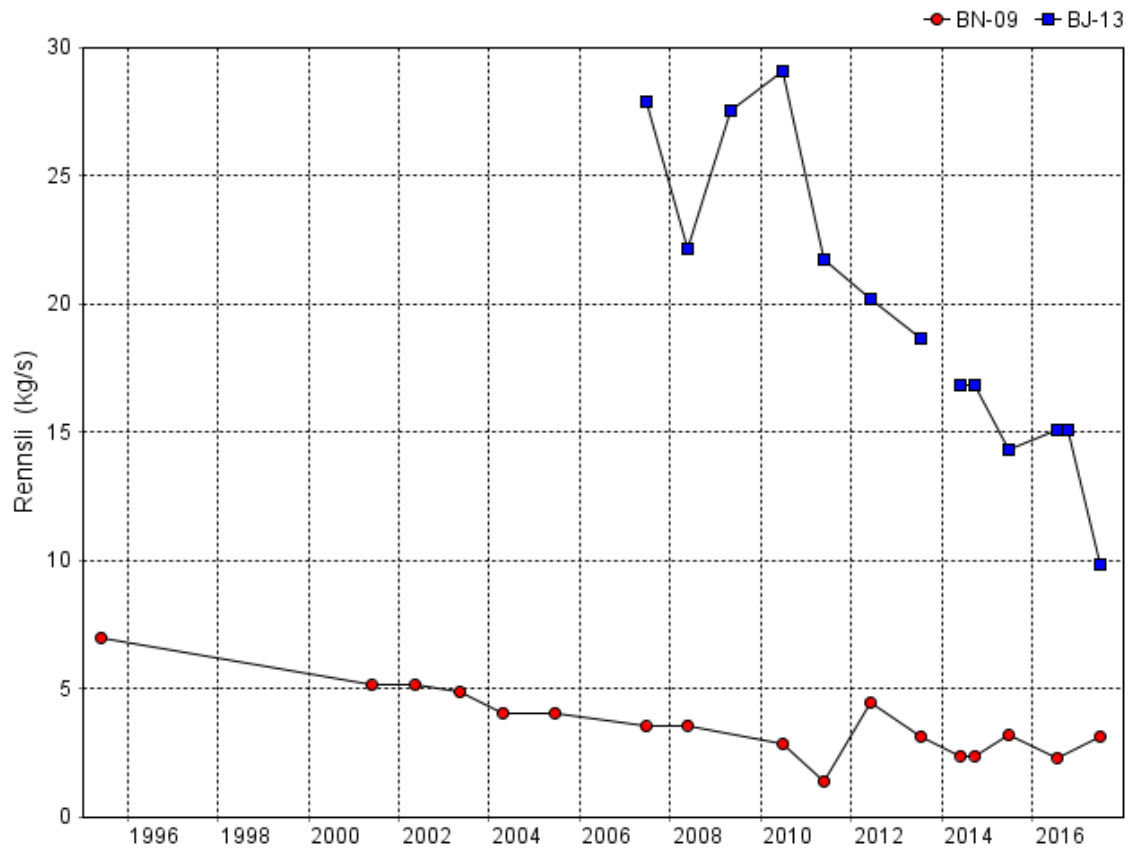
Afköstin voru ákvörðuð með mælingu á mismunaprýstingi yfir tvífasa blendu samhliða vatnsákvörðun með þynningaraðferð. Vatnsákvörðun með þynningaraðferð byggist á því að litarefni er dælt inn í rennslispípuna með jöfnu rennsli og styrkur þess í sýni af vatninu ákvarðaður (Trausti Hauksson 2011).

Í júnímánuði árið 2017 voru 2 holur tengdar Bjarnarflagsstöð og framleiddu þær samkvæmt aflmælingum 10,5 kg/s af háprýstigufu. Frá holu BJ-13 renna 15,0 kg/s af skiljuvatni í Bjarnarflags-lónið en 25,5 kg/s af 135 °C heitu skiljuvatni renna úr holu BN-09 í Jarðböðin. Hluti rennslis úr BJ-13 er veitt út í hljóðdeyfi við holuna.

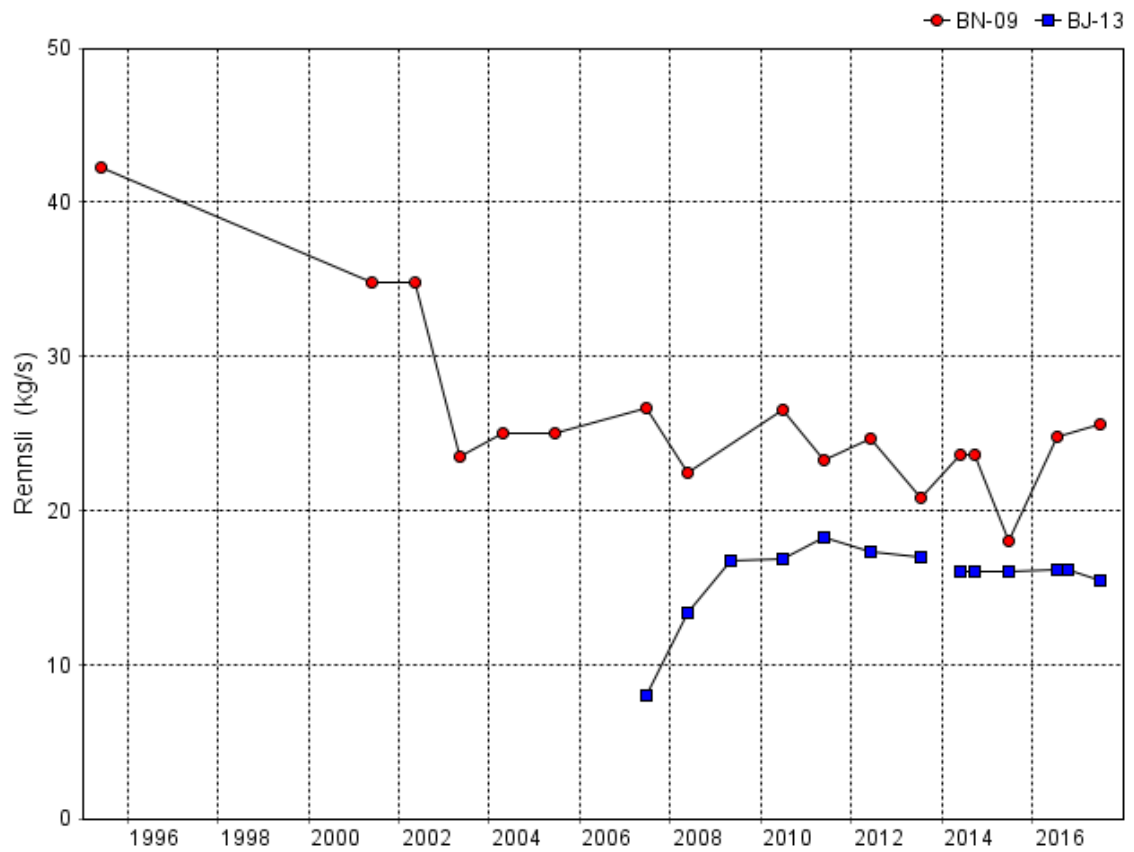
Niðurstöður afkastamælinga eru birtar í töflu 13. Breytingar á afköstum borhola í Bjarnarflagi eru sýndar á myndum 46 og 47. Gufuafköst holu BJ-13 hafa minnkað nokkuð hratt undanfarin ár en vatnsrennsli verið stöðugra.

Tafla 13 Bjarnarflag. Afköst borhola 2017.

Staður	Tími	Heildar			HB-Skilja	Frárennsli		Hverfill
		Vermi	Rennsli	Varmaafli	Gufa	Gufa	Vatn	Rafafl
		kJ/kg	kg/s	MW	kg/s	kg/s	kg/s	MW
BJ-13	2017-06-08	1363	25,3	30,2	7,3	2,9	15,0	3,4
BN-09	2017-06-08	999	28,7	23,8	3,1	4,1	21,4	1,4
	Samtölur	1169	53,9	54,0	10,5	7,0	36,5	4,0



Mynd 46 *Bjarnarflag, gufurennslí úr holum.*

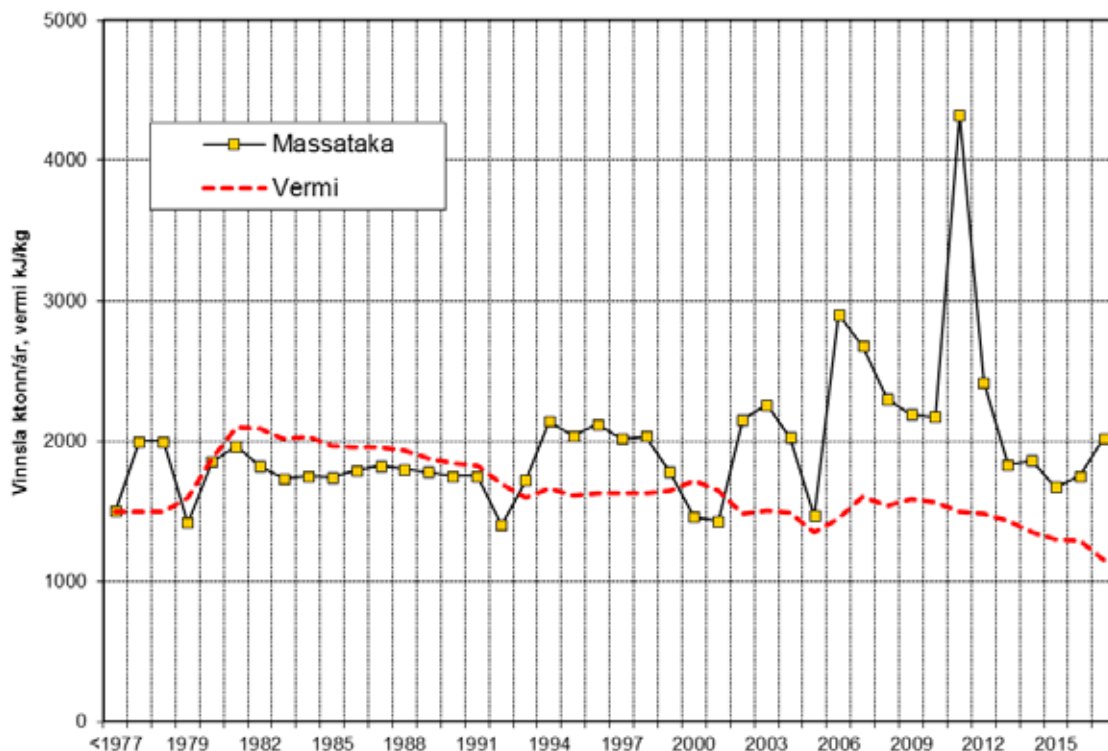


Mynd 47 *Bjarnarflag, vatnsrennslí úr holum.*

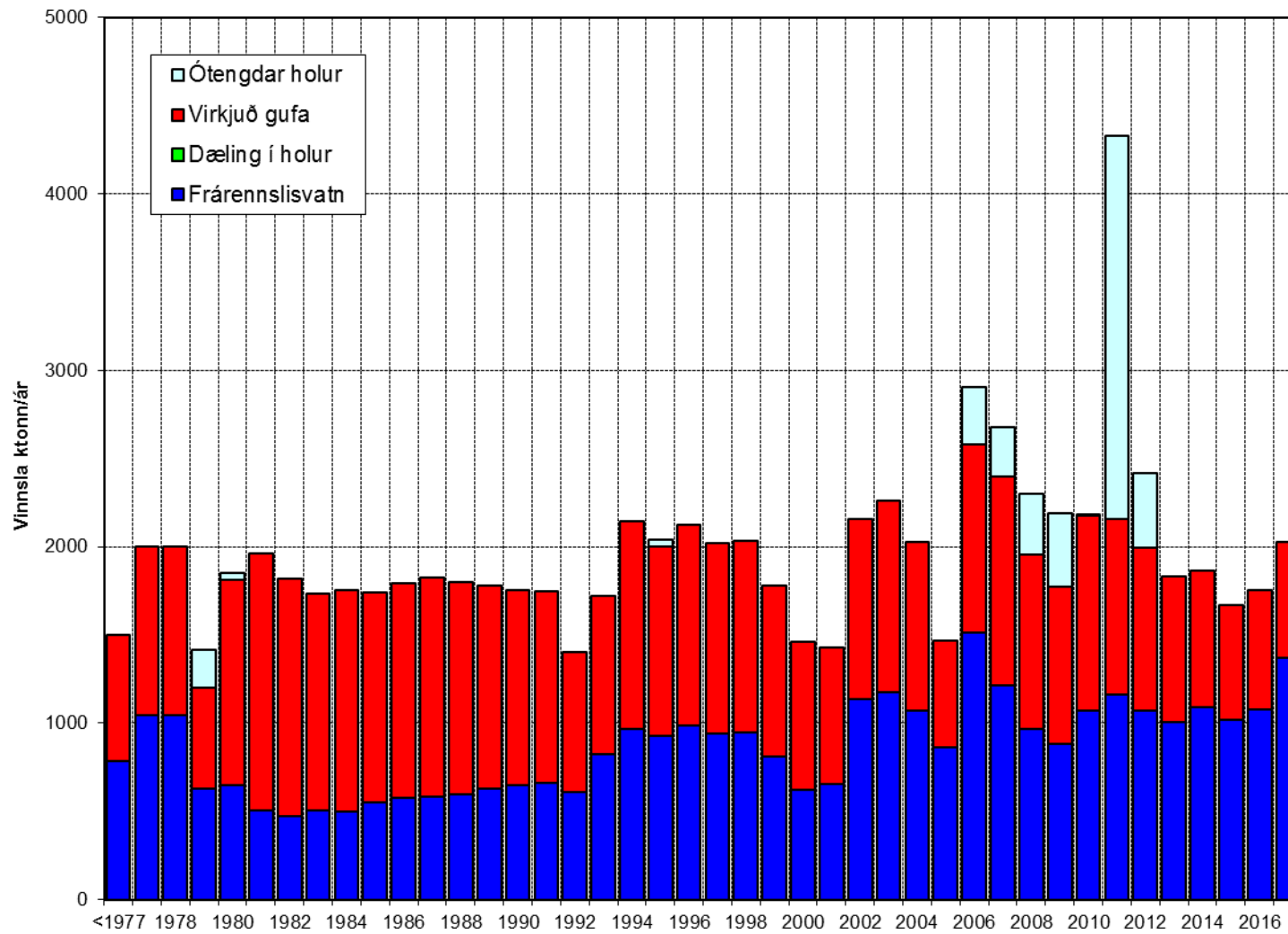
3.1.2 Massa og varmavinnsla

Yfirlit um árlega vinnslu úr holum í Bjarnarflagi er birt í Viðauka 2 aftast í skýrslunni. Á mynd 48 er sýnd árleg massavinnsla ásamt meðal vermi úr holunum síðan árið 1977. Tölur um árlega vinnslu sem teknar eru saman í mynd 49 sýna vinnslu vatns og gufu frá upphafi.

Heildarmassataka árið 2017 var 2.024 þúsund tonn sem er meira en árið 2016 en þá var vinnslan 1.753 þúsund tonn. Virkjuð gufa á árinu var 657 þúsund tonn sem er svipað og 2016 og vatnsstreymi frá virkjun var 1.367 þúsund tonn sem er verulrg aukning.



Mynd 48 *Bjarnarflag. Árleg vinnsla og vermi.*



Mynd 49 *Bjarnarflag. Árleg gufuvinnsla og frárennsli.*

3.2 EFNAMÆLINGAR

3.2.1 Vatn og gufa úr borholum

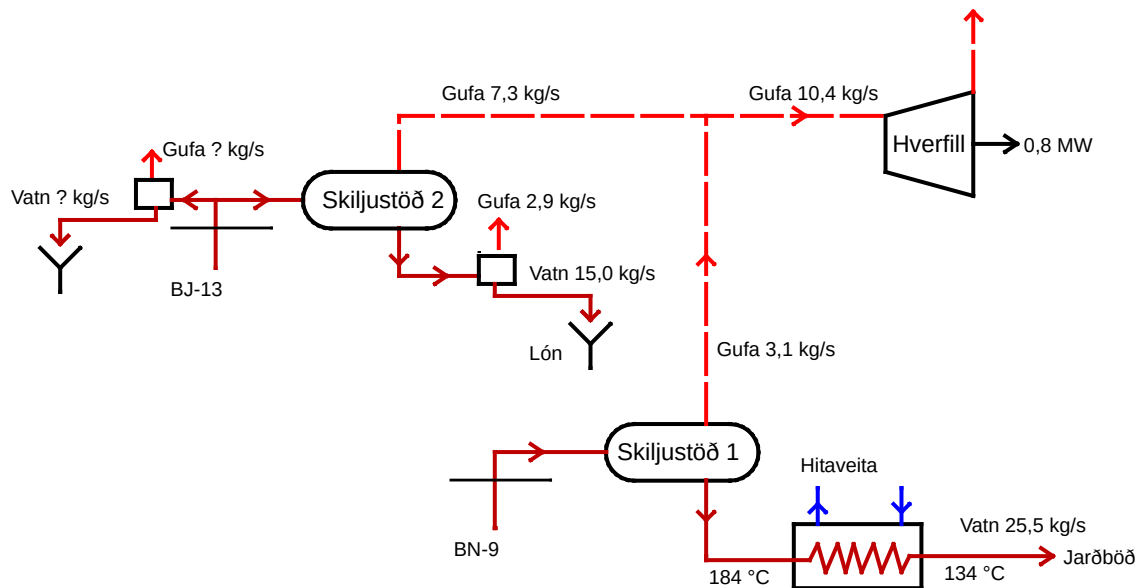
Safnað var sýnum til efnagreininga úr borholum BN-09 og BJ-13 í Bjarnarflagi og eru niðurstöður greininga á vatni og gufu úr borholunum vistaðar í gagnagrunni fyrir jarðhitagögn (ViewData).

Gasstyrkur í gufu og efnahiti eru sýnd í töflum 14 og 15. Gas er lítið í gufu frá holunum og reiknast meðal gasstyrkur 0,25 %, sem er meira en í fyrra en þá mældist meðalstyrkur 0,20%.

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

3.2.2 Frárennsli

Á mynd 50 er sýnt flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð þegar sýnum af frárennsli var safnað til efnagreininga.



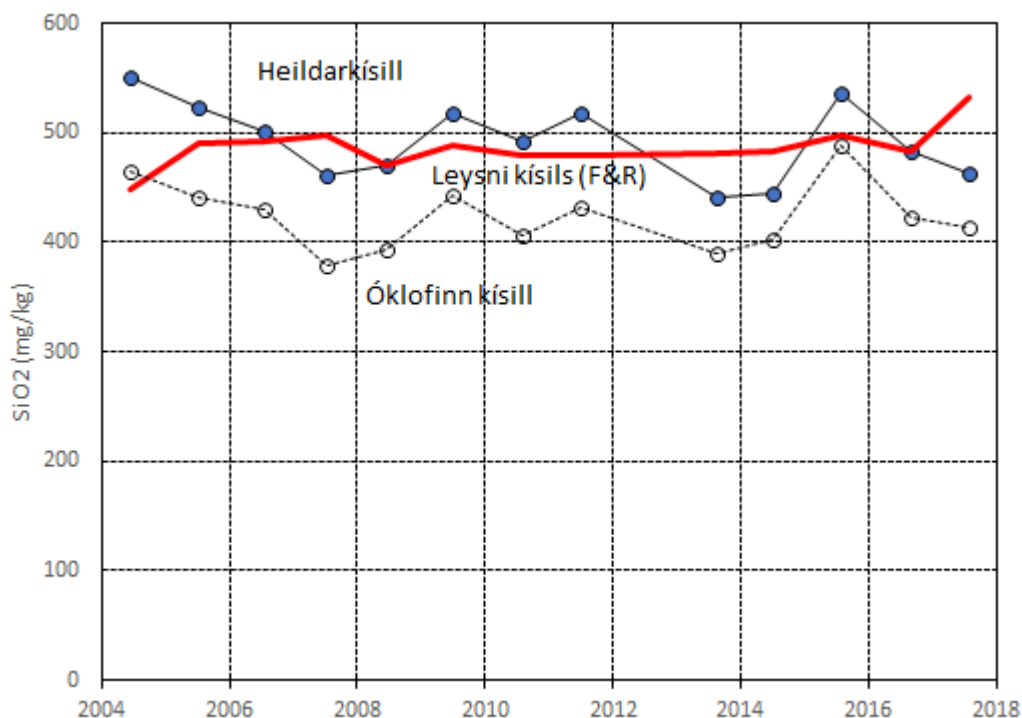
Mynd 50 Flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð júní 2017.

Frárennslissýni til efnagreininga var safnað úr útrennsli Bjarnarflagsslónsins, þar sem það rennur ofan í sprungu vestanvert við lónið. Jafnframt voru teknar sýni úr skiljuvatni sem rennur í Jarðböðin og af hitaveituvatni. Niðurstöður eru sýndar í töflu 17.

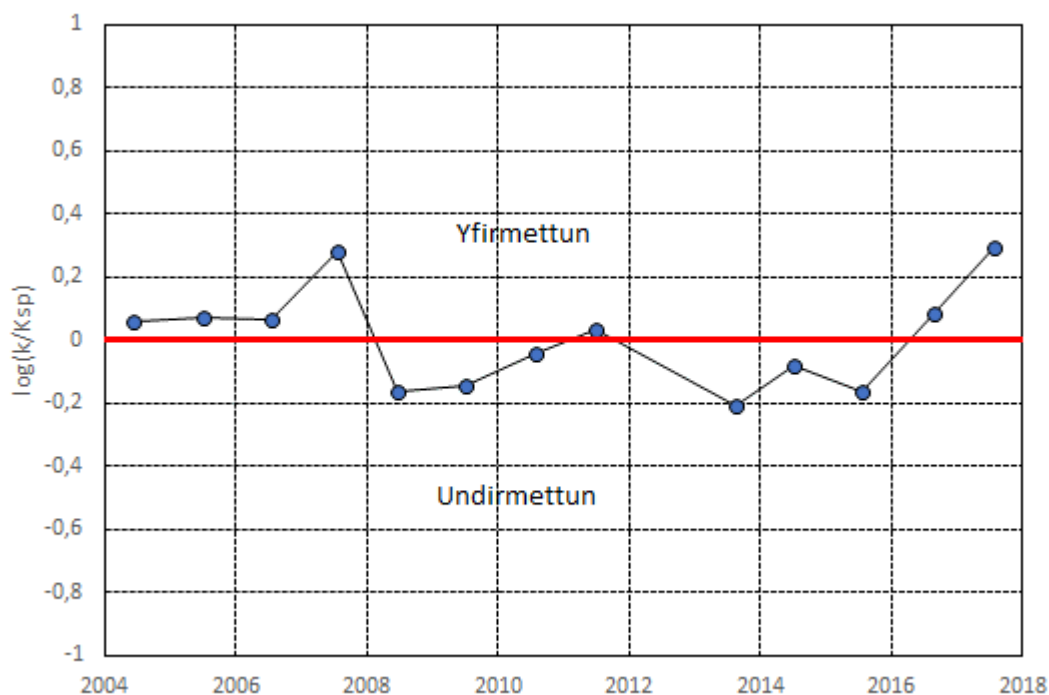
Jarðbaðsvatn

Skiljuvatn frá holu BN-9 er notað til upphitunar á hitaveituvatni og kólnar við það úr 190°C í um 126 °C. Það er leitt um einangraða pípu að Jarðböðunum þar sem það er nýtt sem baðvatn (Trausti Hauksson, 2002). Fylgst hefur verið með efnasamsetningu vatnsins frá því að jarðböðin hófu rekstur. Mynd 51 sýnir kísilmettun í vatninu eftir kælingu í varmaskiptinum úr 190 °C í um 126°C. Styrkur heildarkísils hefur verið nálægt metnun og styrkur óklofins kísils ávalt undir metnunarmörkum. Ekki eru líkur á að kísill (ópal) sé að falla út í lögninni að einhverju marki.

Óveruleg kalkyfírmettun hefur mælst og einnig ólíklegt að útfellingar kalks eigi sér stað í lögninni, sjá mynd 52.



Mynd 51 Kísilmettun jarðbaðsvatni (ViewData).



Mynd 52 Kalkmettun í jarðbaðsvatni (ViewData).

Gaslosun

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 53 og 54 er sýnd árleg losun CO₂ og H₂S vegna orkuvinnslunnar og rannsóknaboranna frá upphafi vinnslu. Á mynd 55 er sýndur meðaltalsstyrkur CO₂ og H₂S í vinnslugufunni.

Losun koldíoxíðs til andrúmslofts var 451 tonn árið 2017. Losun brennisteinsvetnis var 598 tonn.

Þungmálmar

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)* (Umhverfissráðuneytið 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* (Umhverfissráðuneytið 1999).

Styrkur arsens (As) fer yfir mengunarmörk eins og áður. Sérstaklega í Bjarnarflaglóninu en þar er styrkurinn 160 µg/l og er vatnið í flokki V sem telst ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði. Styrkur arsens mældist minni í skiljuvatninu en þó yfir mörkum. Kopar (Cu) og Sink (Zn) er lítilsháttar yfir mörkum í Bjarnarflaglóninu.

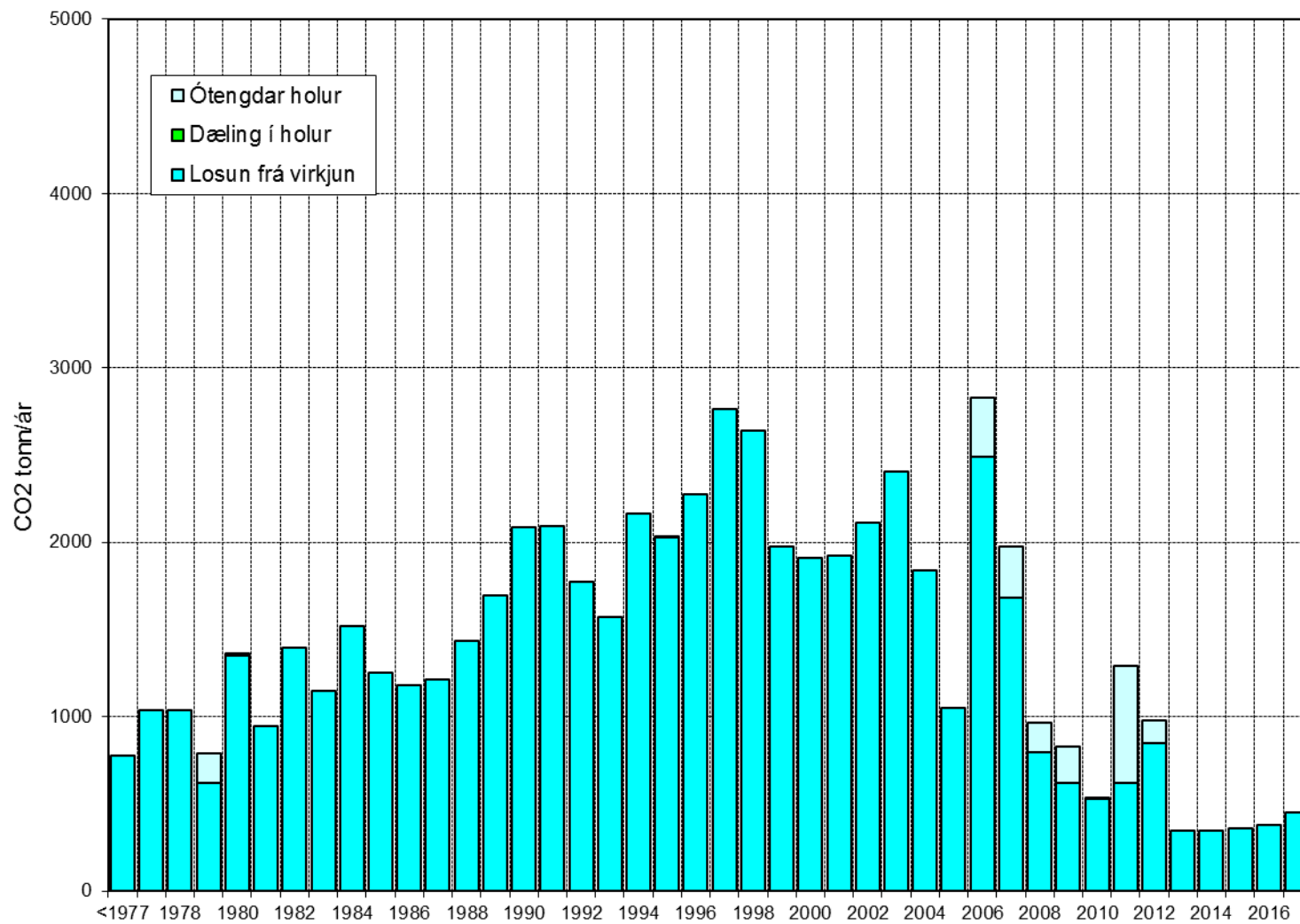
Heidarlosun mengunarefna frá Bjarnarflagi er birt í töflu 21.

Tafla 14 Bjarnarflag. Gas í gufu inn á veitu 2017

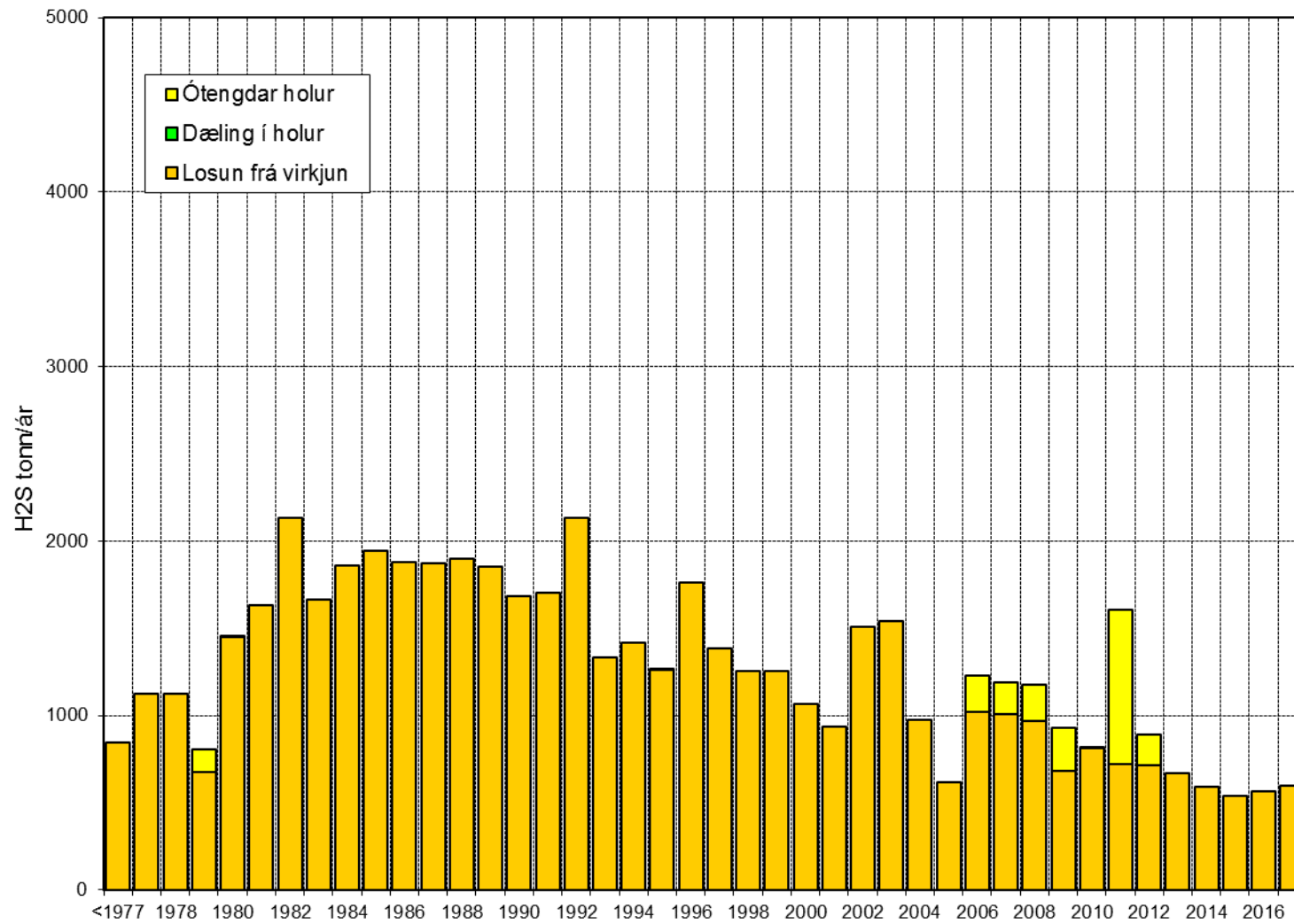
Staður	Tími	Gufa	Gas								
		rennsli	Hlutf.	rennsli	hlutf.	CO ₂	H ₂ S	H ₂	N ₂	CH ₄	Ar
		kg/s	w%	kg/s	l/kg	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%
BJ-13	2017-06-29	7,37	0,17	0,01	1,60	25,61	40,43	32,81	0,81	0,29	0,05
BN-09	2017-06-29	3,13	0,35	0,01	3,49	27,53	30,58	37,90	2,48	1,44	0,06
	Samtölur	10,5	0,25	0,02	2,48	26,5	35,86	35,17	1,58	0,82	0,06

Tafla 15 Bjarnarflag. Berghiti 2017

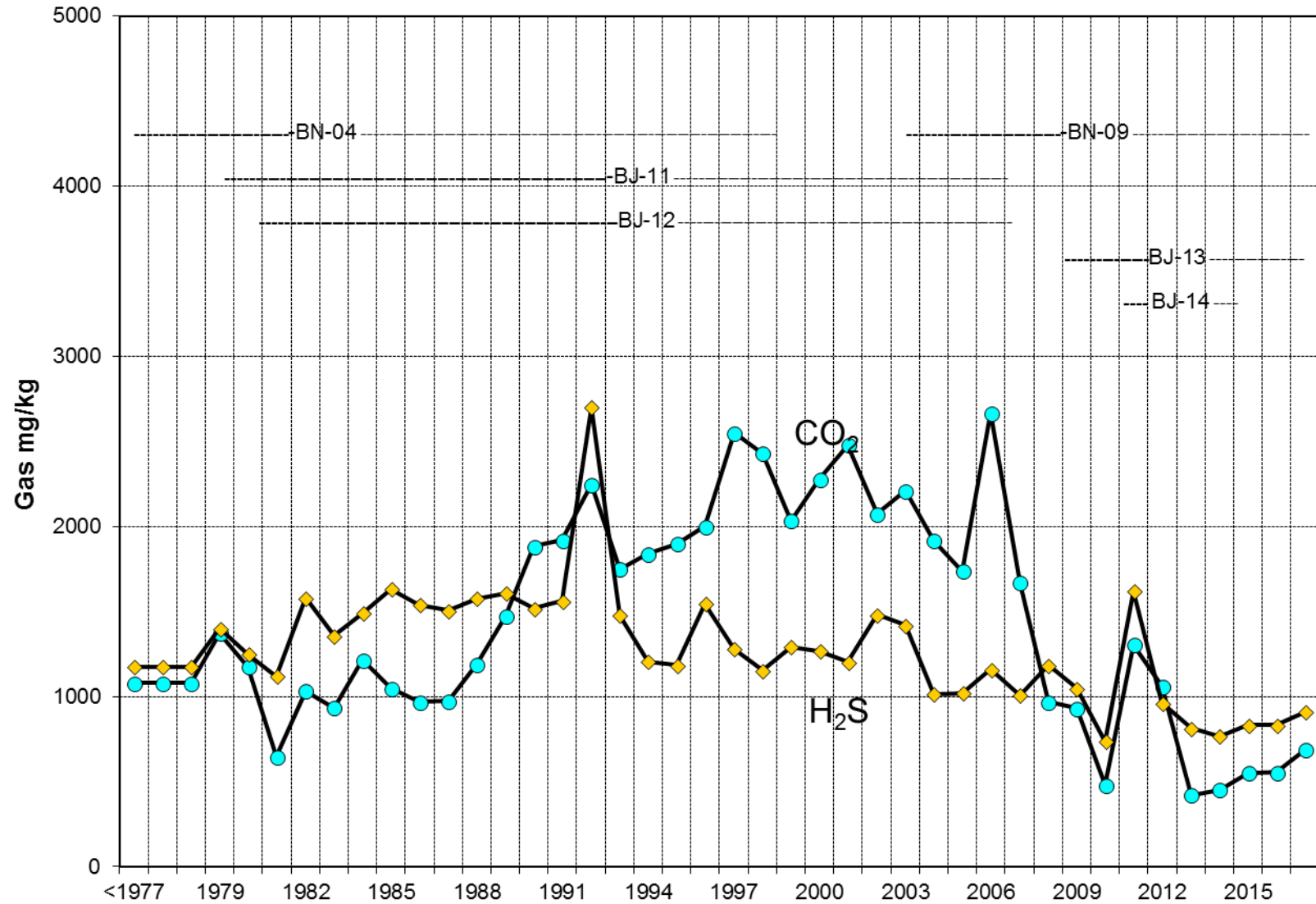
Nafn	Tími	Skilja	Efnahitar			
		Vermi	tSiO ₂ q	tNa/K	tCO ₂	tH ₂ /H ₂ S
		kJ/kg	°C	°C	°C	°C
BJ-13	2017-06-29	1363	291	285	156	299
BN-09	2017-06-29	999	236	232	189	305
	Samtölur	1169	263	258	173	302



Mynd 53 *Bjarnarflag. Árleg losun koldíoxíðs (CO₂).*



Mynd 54 *Bjarnarflag. Árleg losun brennisteinsvetnis (H₂S).*



Mynd 55 Styrkur CO₂ og H₂S í gufu frá Bjarnarflagi.

Tafla 16 Bjarnarflag. Styrkur efna í vatni og gufu úr borholum árið 2017

		Gufa							Vatn														
Staður	Tími	Qs	CO ₂	H ₂ S	H ₂	N ₂	CH ₄	Ar	Qw	pH	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	F	Cl	SO ₄	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
BJ-13	2017-06-29	9,9	556	734	32,3	11,1	2,3	1,0	15,4	9,32	11,4	36,1	968	133	26,3	0,58	0,001	0,001	3,71	1,30	70,0	12,7	2,23
BN-09	2017-06-29	3,1	1730	1491	109,2	99,2	33,0	3,4	25,6	9,25	36,2	129,8	453	144	17,7	2,93	0,001	0,001	0,86	0,61	31,8	46,7	0,67
	Samtölur	13,0	839	917	50,9	32,3	9,7	1,6	41,0	9,29	26,9	94,5	647	140	20,9	2,05	0,001	0,001	1,93	0,87	46,2	33,9	1,26

Tafla 17 Bjarnarflag. Vatnssýni 2017.

Staður	Tími	Hitastig	pH	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	F	Cl	SO ₄	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
Í jarðböð	2017-06-29	100	9,70	28,5	87,6	496	160,7	19,6	3,20	0,001	0,001	0,938	0,7	35,8	49,3	0,74	666	0
Bjarnarflagslón	2017-06-29	27,1	7,12	18,0		612	123,4	20,2	2,81	0,92	0,273	2,17	0,93	50,5	264	1,39	596	6
Hitaveituvatn	2017-06-29	99,7	7,56	51,2	4,0	29,5	8,3	1,3	9,95	5,62	0,002	0,006	0,16	2,9	12	0	125	

Tafla 18 Styrkur mengunarefna í borholusýnum í Bjarnarflagi 2017.

Staður	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
BJ-13	2017-06-29	<0,002	1,32	0,77	0,03	<0,06	<0,002	<0,01	41,8	0,001
BN-09	2017-06-29	<0,002	1,09	1,45	0,03	<0,05	<0,002	<0,01	6,0	<0,001

Tafla 19 Styrkur mengunarefna (µg/l) í vatnssýnum í Bjarnarflagi 2017.

Staður	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
Í jarðböð	2017-06-29	<0,002	0,99	0,56	0,02	<0,05	<0,002	<0,01	4,05	<0,001
Bjarnarflagslón	2017-06-29	<0,002	8,11	3,22	0,06	0,09	<0,002	<0,01	160	0,002
Hitaveituvatn	2017-06-29	<0,002	1,15	<0,1	0,29	0,09	<0,002	0,01	<0,05	0,058

Feitletruð og rauðlituð gildi eru yfir viðmiðunarmörkum.

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/pynningarsvæði.

(Reglugerðir 796/1999 og 800/1999)

Tafla 21 Heildarlosun mengunarefna frá Bjarnarflagi árið 2017

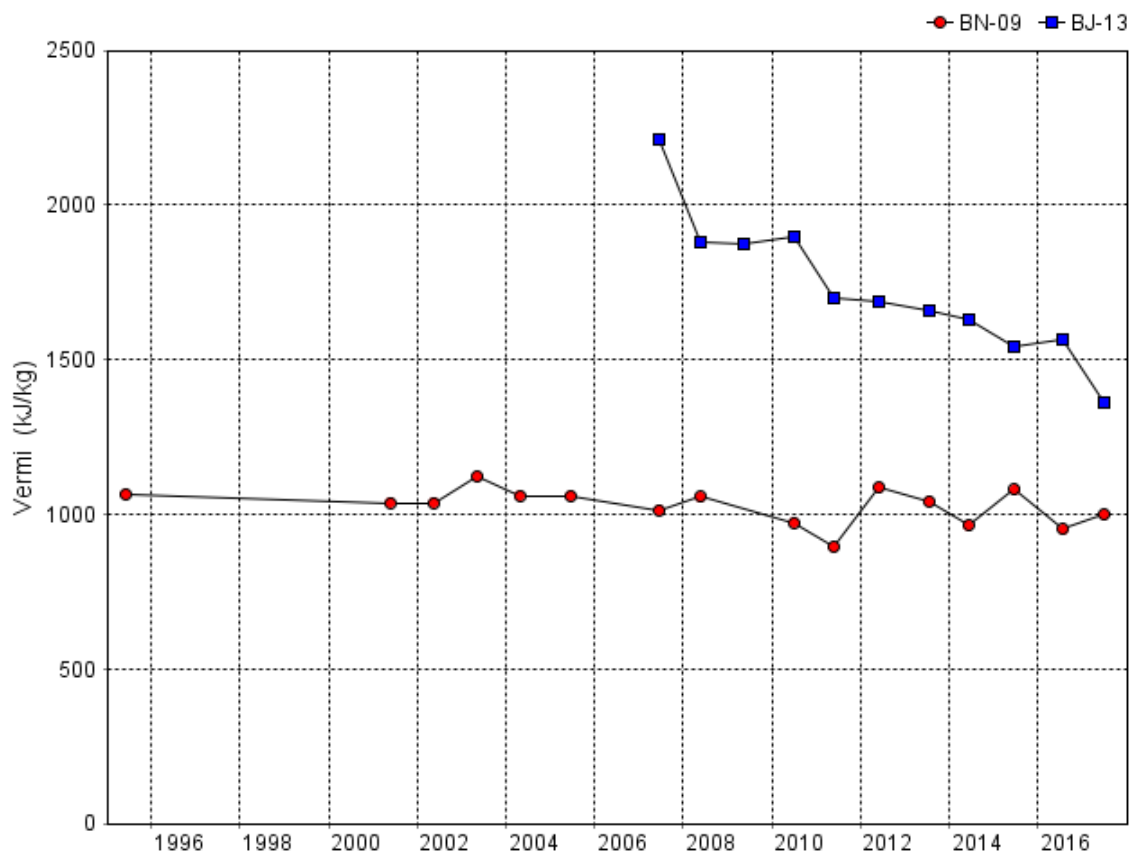
Bjarnarflag 2017		Heildar-	Orkuframleiðsla - losun			
		upptekt	Niðurdæling	Yfirborð	Andrúmsloft	Útblástur
Skiljuvatn	tonn	1.366.525	0	1.366.525	0	0
Gufa / þéttivatn	tonn	657.475	0	0	657.475	0
Samtals	tonn	2.024.000	0	1.366.525	657.475	0
Koldíoxíð (CO ₂)	tonn	451	0	24	427	0
Metan (CH ₄)	tonn	4	0	0	4	0
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	tonn	598	0	47	551	0
Kvikasilfur (Hg)	kg	0	0	0	0	0
Kopar (Cu)	kg	0	0	2	0	0
Sink (Zn)	kg	2	0	5	0	0
Kadmíum (Cd)	kg	0	0	0	0	0
Blý (Pb)	kg	0	0	0	0	0
Krómi (Cr)	kg	0	0	0	0	0
Nikkel (Ni)	kg	0	0	0	0	0
Arsen (As)	kg	16	0	83	0	0
Fosfór (P)	kg	1	0	2	0	0

Efnabreytingar í holum

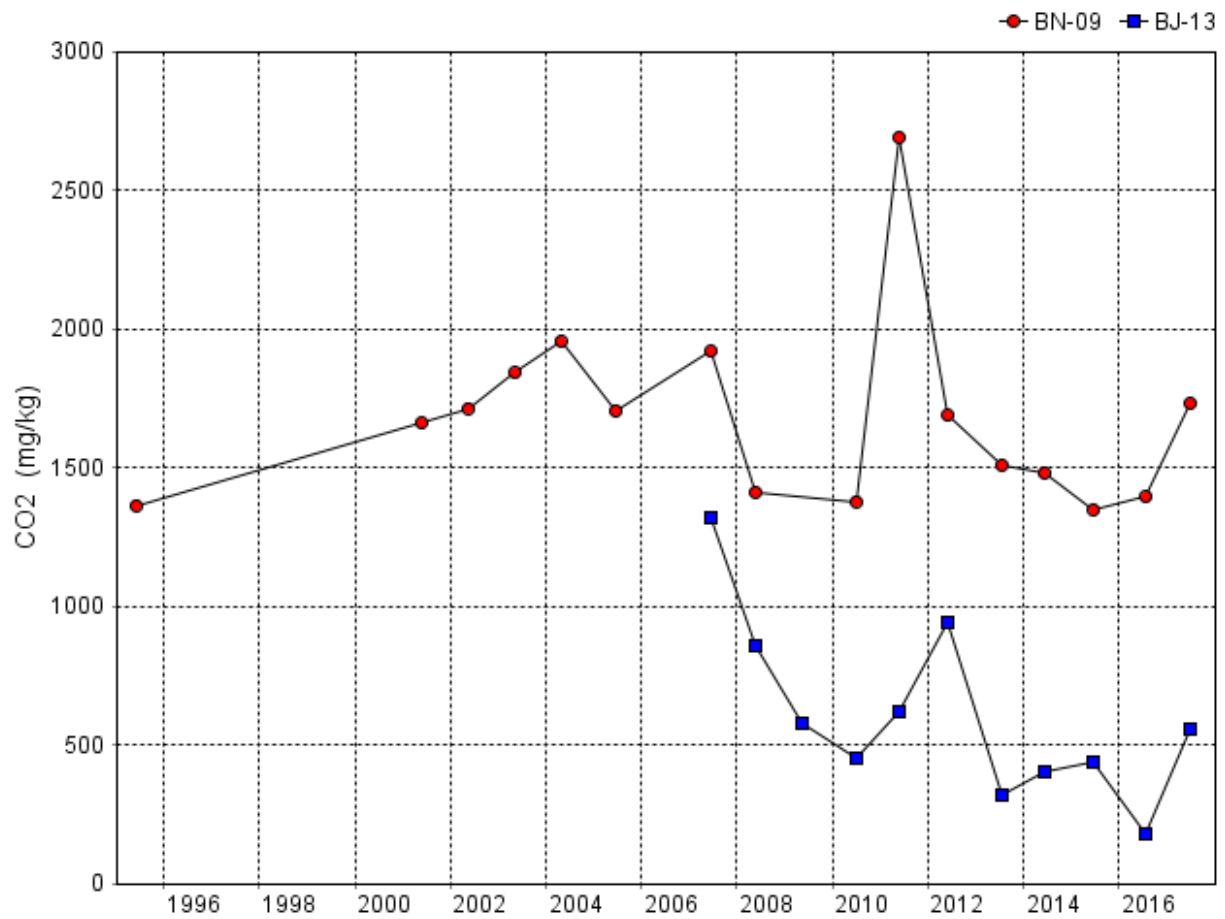
Vermi er sýnt á mynd 56 en það hefur lækkað jafnt og þétt í holu BJ-13 síðustu ár en stendur í stað nú milli ára.

Á mynd 57 er sýndur koldíoxíðstyrkur (CO_2) í gufu, reiknaður við skiljuþrýsting. Styrkur H_2S í gufu úr holunum er sýndur á mynd 58.

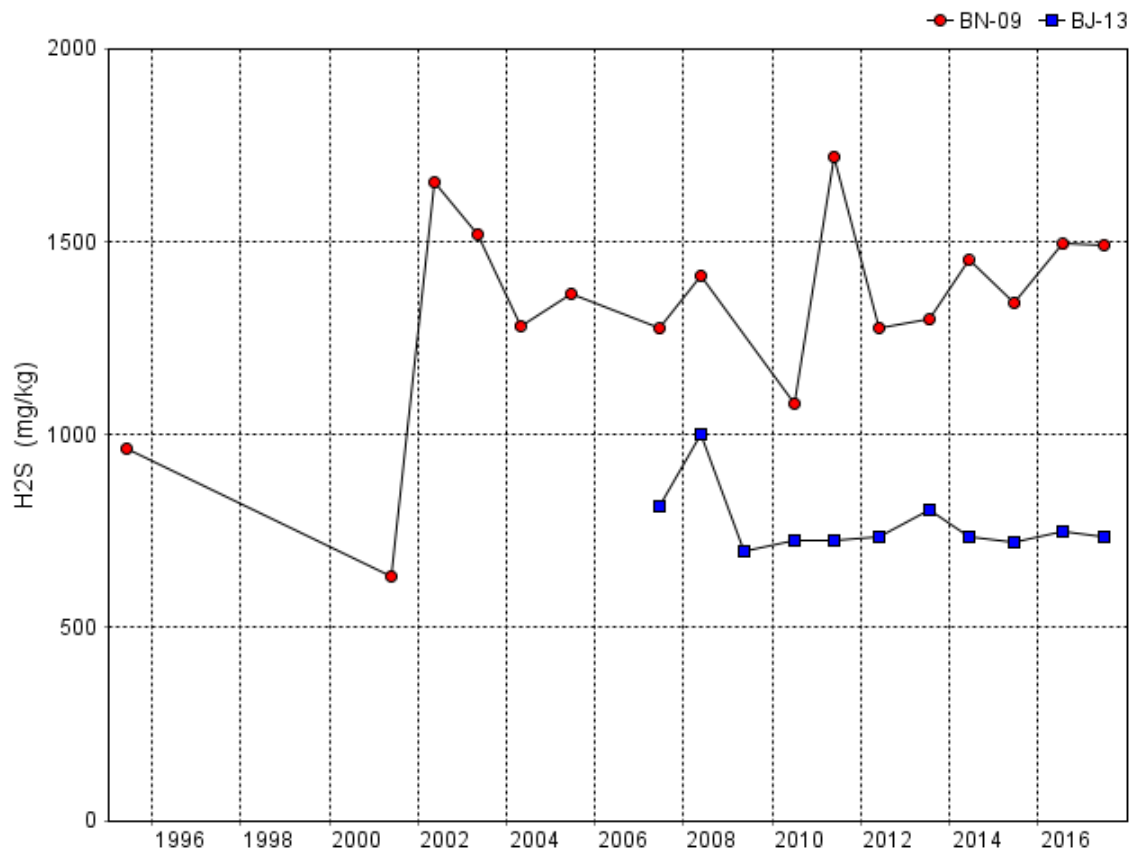
Á mynd 59 er sýndur styrkur Cl í vatni borholanna, reiknaður við skiljuþrýsting.



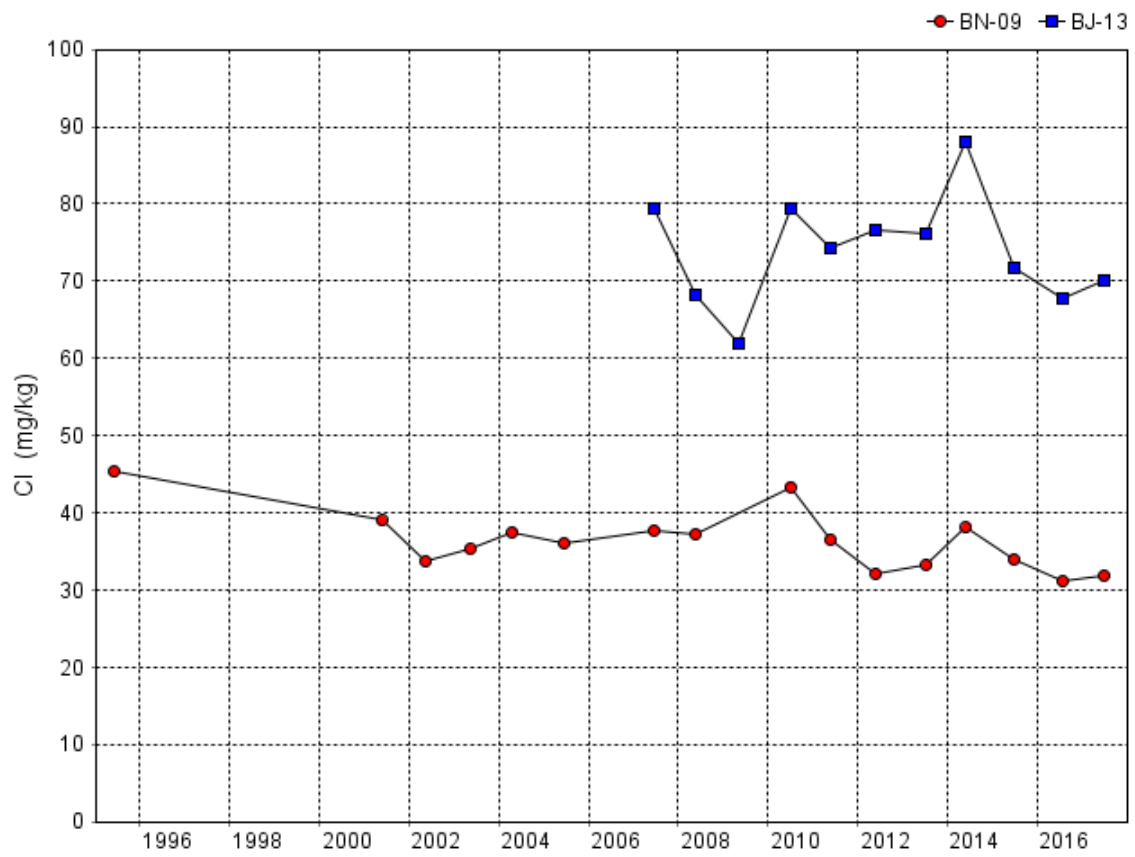
Mynd 56 *Bjarnarflag, vermi á móti tíma.*



Mynd 57 *Bjarnarflag, CO₂ í gufu á mótí tíma.*



Mynd 58 *Bjarnarflag, H₂S í gufu á mótí tíma.*



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

4 NIÐURSTÖÐUR

4.1 Krafla

- Afköst virkjunarinnar voru 61 til 62 MW í upphafi árs og héldust þannig þar til hola KJ-21 var tekin af veitu þann 18 maí og lokað. Við það minnkuðu afköstin í 56 til 57 MW og héldust þannig út árið.
- Í júní árið 2017 voru 20 holur tengdar Kröflustöð og framleiddu þær 118,7 kg/s af háþrýstigufu og 29,4 kg/s af lágþrýstigufu, sem reikningslega nægir til framleiðslu á 60,6 MW af rafmagni. Hluti háþrýstigufunnar er notaður til þess að knýja gasdælur og voru afköst virkjunarinnar því nokkuð minni eða 56,7 MW. Háþrýsti- og lágþrýstigufa mældist lítilsháttar minni en 2016. Ný hola K-41 bætti við 7,2 kg/s af háþrýstigufu en á móti kemur minnkun vegna þess að hola KJ-21 á Hvíthólasvæðinu var lokað en árið 2016 framleiddi hún 8 kg/s af háþrýstigufu og 2,9 kg/s af lágþrýstigufu. Gufuframleiðsla á svæðinu dugar ekki fyrir fullum afköstum stöðvarinnar sem á að geta framleitt a.m.k. 62 MW en framleiddi tæp 57 MW.
- Óverulegar breytingar hafa orðið í holu KJ-27 síðustu ár en aukning bæði í gufu og vatnsrennsli hefur orðið úr holu KJ-13, sérstaklega á síðasta ári.
- Hola KJ-30 minnkaði í afli frá síðasta ári eins og undanfarin ár.
- Vatnsrennsli jókst úr KJ-19 eftir að niðurdæling hófst í KJ-39. Aukningin hefur nú gengið til baka að mestu.
- CO₂ styrkur í gufu úr holu KJ-13 hefur minnkað jafnt og þétt frá því hún var tekin í notkun og lækkaði enn milli ára. Styrkur H₂S hefur einnig verið minnkandi en þó hægar þar til fyrir þremur árum að hann snöggminnkaði. Þessi minnkun varð samfara aukningu í styrk annarra efna svo sem klóríðs.
- Tekin voru samtals um 9.803 þúsund tonn af vatni og gufu úr svæðinu á árinu 2017. Þar af var gufa til raforkuframleiðslu 4.834 þúsund tonn. Engin upptekt var vegna prófunar á holum.
- Dælt var samtals 2.393 þúsund tonnum af vatni í holu KJ-26 (Leirbotnar) og 2.197 þúsund tonnum í KJ 39 (Suðurhlíðar). Nettó vinnsla úr jarðhitageyminum var því 4.590 þúsund tonn.
- Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýsti-gufu, reiknast um 0,84 %, samanborið við 0,79 % árið 2016. Heildargasstreymi inn í stöðina jókst lítilsháttar og reiknast 1,25 kg/s samanborið við 1,19 kg/s í fyrra. Gasstyrkur jókst á milli ára vegna tengingar holu K-41 sem er yfir meðallagi gasrík og lokunar KJ-21 sem var undir meðallagi.
- Losun koldíoxíðs til andrúmslofts var 33.659 tonn á árinu 2017 en orkuframleiðslan var 1751 TJ og reiknast koldíoxíðslosunin því vera um 69 g/kWh. Losun brennisteinsvetnis til andrúmslofts var 4.851 tonn sem eru 10,0 g/kWh.
- Styrkur arsens (As) í frárennslisvatninu fer við skiljustöð yfir mörk fyrir III. flokk sem þýðir að áhrifa sé að vænta á viðkvæmt lífríki. Styrkur króms (Cr) og nikkels (Ni) fer einnig yfir mörk í vatni frá kæliturnum og í Hlíðardalslæk. Það er vegna tæringar vélbúnaðar.
- Fylgst hefur verið með styrk kísils í niðurdælingarvatnin frá því að niðurdæling hófst. Styrkur heildarkísils hefur verið yfir mettunarmökum, en ef miðað er við óklofinn kísil þá er styrkurinn ætíð undir mettunarmökum. Ólíklegt er að kísilútfellingar séu miklar í holunni. Einnig hjálpar að yfirmettun kísils minnkar þegar vatnið hitnar á leiðinni niður holuna.
- Niðurdælingarvatnið er yfirmettað kalki. Yfirmettunin var mest í byrjun en hefur farið minnkandi. Yfirmettunin er það lítil að ekki eru líkur að hraðri útfellingu. Ekki er þó útilokað að einhverjar kalkútfellingar verði í niðurdælingarholum því yfirmettunin eykst

þegar vatnið hitnar. Ef kalkútfellingar valda minni viðtökuhæfni þá má reyna að auka hana með sýruhreinsun.

4.2 Bjarnarflag

- Í júnímánuði árið 2017 voru 2 holur tengdar Bjarnarflagsstöð og framleiddu þær samkvæmt aflmælingum 10,5 kg/s af háþrýstigufu. Frá holu BJ-13 renna 15,0 kg/s af skiljuvatni í Bjarnarflags-lónið en 25,5 kg/s af 135 °C heitu skiljuvatni renna úr holu BN-09 í Jarðböðin. Hluti rennslis úr BJ-13 er veitt út í hljóðdeyfi við holuna.
- Heildarmassataka árið 2017 var 2.024 þúsund tonn sem er meira en árið 2016 en þá var vinnslan 1.753 þúsund tonn. Virkjuð gufa á árinu var 657 þúsund tonn sem er svipað og 2016 og vatnsstreymi frá virkjun var 1.367 þúsund tonn sem er verulrg aukning.
- Gas er lítið í gufu frá holunum og reiknast meðal gasstyrkur 0,20 %, sem er svipað og í fyrra en þá mældist meðalstyrkur 0,19%.
- Losun koldíoxíðs til andrúmslofts var 451 tonn árið 2017. Losun brennisteinsvetnis var 598 tonn.
- Fylgst hefur verið með efnasamsetningu vatnsins sem veitt er í Jarðböðin frá því að þau hófu rekstur. Styrkur heildarkísils hefur verið nálægt metnun og styrkur óklofins kísils ávalt undir metnunarmörkum. Ekki eru líkur á að kísill (ópal) sé að falla út í lögninni að einhverju marki. Óveruleg kalkyfírmettun hefur mælst og einnig er ólíklegt að útfellingar kalks eigi sér stað í lögninni.
- Styrkur arsens (As) fer yfir mengunarmörk eins og áður. Sérstaklega í Bjarnarflagslóninu en þar er styrkurinn 160 µg/l og er vatnið í flokki V sem telst ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði. Styrkur arsens mældist minni í skiljuvatninu en þó yfir mörkum. Kopar (Cu) og Sink (Zn) er lítilsháttar yfir mörkum í Bjarnarflagslóninu

5 HEIMILDASKRÁ

Trausti Hauksson 2002. *Niðurdæling í KG-26. Mælingar á rennsli og sýnataka*. Landsvirkjun, Kröflustöð, janúar 2002, 3 s.

Trausti Hauksson 2002: *Bætt orkunýting í Bjarnarflagi. Athugun á útfellingahættu kísils*. Greinargerð unnin fyrir Landsvirkjun. 30. nóvember, 2002, 3 s.

Trausti Hauksson, Stefán Arnórsson, Halldór Ármannsson, Ómar Sigurðsson 2004. *Ídæling affallsvatns frá Kröflustöð. Tillögur um eftirlit með dælingu í holu KG-26 og áhrifum hennar á borholur og jarðhitakerfið Kröflu*. Landsvirkjun, nóvember 2004.

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 2017. *Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2016*. Landsvirkjun, maí 2017, Skýrsla nr: LV-2017/xxx 77 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 (CO_2) og brennisteinsvetnis (H_2S)

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	1995	1996
Vinnsla	2000	2151	2447	1954	2527	2819	3055	4789	5231	4712	4503	4355	4274	4798	4840	4109	3027	3341	3615	3817	4964
Ótengdar holur	2000	1593	653	204	884	449	827	1648	1108	704	516	694	229	126	455	367	5	0	0	0	271
Virkjuð gufa		243	664	671	685	1221	1231	1894	2191	2140	2150	2088	2194	2275	2317	2050	1727	1836	1928	1988	2237
Dæling í holur																					
Frárennslisvatn	0	315	1130	1079	958	1149	997	1247	1932	1868	1837	1573	1850	2397	2068	1692	1295	1505	1687	1829	2456

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2001	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vinnsla	5922	8278	9136	10167	8336	8738	8747	7886	8453	8167	9568	10157	9101	9749	9223	9703	9674	10681	8899	9584	9803
Ótengdar holur	1344	92	593	259	0	0	0	0	0	0	428	630	288	284	84	609	683	1379	7	19	0
Virkjuð gufa	2327	4288	4778	6073	5219	4858	4959	4654	4952	4919	5056	4945	4837	5393	5133	4934	4810	4728	4447	4128	4834
Dæling í holur			207	415		1278	1849	1708	1540	1462	1665	1778	2572	2792	2530	2563	3067	4296	4300	4640	4590
Frárennslisvatn	2252	3898	3558	3420	3117	2602	1939	1524	1961	1786	2419	2804	1405	1280	1476	1597	1115	278	145	797	380

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	1995	1996
Vinnsla	1500	2000	2000	1418	1852	1964	1820	1733	1751	1742	1794	1827	1801	1780	1753	1750	1401	1721	2142	2040	2122
Ótengdar holur	0	0	0	218	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0
Virkjuð gufa	718	958	958	575	1161	1459	1351	1227	1250	1192	1221	1244	1207	1152	1108	1090	790	901	1179	1072	1138
Dæling í holur																					
Frárennslisvatn	782	1042	1042	625	649	505	469	506	501	550	573	583	594	628	645	660	611	820	963	930	984

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vinnsla	2020	2034	1782	1458	1430	2156	2261	2028	1467	2904	2676	2302	2190	2174	4328	2418	1832	1863	1671	1753	2024
Ótengdar holur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327	282	345	419	1	2174	425	0	0	0	0	0
Virkjuð gufa	1083	1088	970	839	776	1018	1088	960	606	1062	1182	994	887	1103	990	923	824	770	650	679	657
Dæling í holur																					
Frárennslisvatn	937	946	812	619	654	1138	1173	1068	861	1515	1212	963	884	1070	1164	1070	1008	1093	1021	1074	1367

Krafla. Árleg losun CO₂ (tonn)

[illegible]

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Heildarlosun	24856	44885	58158	80175	69877	63009	59023	50280	48964	45514	43607	44515	44145	44100	39683	39050	32737	35732	32831	31304	33952
Ótengdar hólur	3364	435	9174	5831	0	0	0	0	0	0	1144	4064	3648	567	83	2041	626	910	2	80	0
Frá virkjun	21491	44450	48971	74320	69878	62899	58891	50158	48787	45415	42378	40398	40358	43397	39451	36845	31985	34692	32627	30948	33659
Dæling í hólur	0	0	13	24	0	111	132	122	178	99	85	53	139	137	149	164	127	130	202	276	293

Bjarnarflag. Árleg losun CO₂ (tonn)

[illegible][illegible]

Krafla. Árleg losun H₂S (tonn)

[illegible]

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Heildarlosun	1989	3543	5130	6359	5703	5317	5471	5065	5059	4984	4759	5508	4894	5621	5180	5320	4684	4931	4717	4966	5067
Ótengdar hólur	339	110	844	327	0	0	0	0	0	0	157	500	251	88	28	272	170	169	1	11	0
Frá virkjun	1650	3433	4256	5971	5703	5257	5384	4985	4987	4915	4525	4925	4522	5401	5033	4928	4370	4560	4514	4737	4851
Dæling í hólur	0	0	30	61	0	60	87	80	72	69	78	84	121	131	119	120	144	202	202	218	216

Bjarnarflag. Árleg losun H₂S (tonn)

[illegible][illegible]

VIÐAUKI 2
MEÐHÖNDLUN SÝNA OG
EFNAGREININGAADFERÐIR

MEÐHÖNDLUN SÝNA OG EFNAGREININGAÆÐFERÐIR

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_2S felld með zinkacetati (2 M ZnAc_2)
Magn ZnAc_2 í sýni 0,01 M (0,5% af lausn).

CAT: Sýni síað með 0,45 μm síuþynnu og sýrt með 1 N salpétursýru (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.

Æðferð: Glerafskaut með sambyggðu AgCl viðmiðunarskauti með tvöfaldri saltbrú.

Mælir stilltur með búffer 7 og 4.

Brennisteinsvetni og Koldíoxíð (H_2S , 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.

Æðferð: Sjálfvirk titrun.

H_2S títrað með 0,01 N AgNO_3 lausn við hátt pH gildi ($\text{pH} > 10$). Síðan er CO_2 títrað 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_2 í blindum (40% NaOH) ákvarðaðað á sama hátt og leiðrétt fyrir áhrifum CO_2 í lútarlausn á títrunina.

Brennisteinsvetni (H_2S) í frárennsli og hitaveituvatni ($\text{H}_2\text{S} < 2 \text{ mg/kg}$)

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

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

Gas (O_2 , H_2 , CH_4 , N_2 , 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.

Æðferð: Gasgreinir TCD.

Kísill (SiO_2)

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

H_2S 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 (SO₄)

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 (μS)

Mælt á staðnum eða samdægurs. 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 μm 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

