

Þeistareykir, Krafla og Bjarnarflag

**Afköst borhola og efnainnihald
vatns og gufu í borholum og
vinnslurás árið 2021**





Peistareykir, Krafla og Bjarnarflag

Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2021

Höfundar
Trausti Hauksson

Dagsetning
Desember 2021

Lykilsíða

Skýrsla LV nr	LV-2021-051	Dagsetning	Desember 2021
Fjöldi Síðna	68	Upplag	1
Dreifing	<input type="checkbox"/> Birt á vef LV	<input checked="" type="checkbox"/> Opin	<input type="checkbox"/> Takmörkuð til [Dags.]
Titill	Þeistareykir, Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2021		
Höfundar/fyrirtæki	Trausti Hauksson		
Verkefnisstjóri	Ásgerður Sigurðardóttir		
Unnið fyrir	Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar	Kemía, samningur 2396		
Útdráttur	<p>Skýrslan fjallar um árlegt eftirlit með borholum og vinnslurás orkuveranna á Þeistareykjum, við Kröflu og í Bjarnarflagi. Mæliniðurstöður eru birtar fyrir allar borholur sem voru blásandi þegar sýnin voru tekin. Fjallað er um breytingar á afköstum borhola og á styrk efna í borholuvatni og gufu á milli ára. Mat er lagt á útfellingahættu í gufuveitu og niðurdælingarholum. Birtar eru mælingar á efnastyrk frárennslisvatns og útblásturgass frá stöðvunum.</p>		
Lykilorð	Þeistareykir, Krafla og Bjarnarflag 2021. Efnasamsetning strauma í vinnslurás. Afköst borhola. Efnainnihald vatns og gufu. Efnasamsetning og flæði frárennslis og útblásturgass.		

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR	4
2	ÞEISTAREYKIR	5
2.1	AFKASTAMÆLINGAR.....	7
2.1.1	<i>Afköst borhola</i>	7
2.2	EFNAMÆLINGAR.....	13
2.2.1	<i>Vatn og gufa úr borholum</i>	13
2.2.2	<i>Vinnslurás</i>	23
2.2.3	<i>Frárennsli</i>	25
3	KRAFLA	29
3.1	AFKASTAMÆLINGAR.....	31
3.1.1	<i>Afköst borhola</i>	31
3.2	EFNAMÆLINGAR.....	38
3.2.1	<i>Vatn og gufa úr borholum</i>	38
3.2.2	<i>Vinnslurás</i>	46
3.2.3	<i>Frárennsli</i>	49
4	BJARNARFLAG	52
4.1	AFKASTAMÆLINGAR.....	53
4.1.1	<i>Afköst borhola</i>	53
4.2	EFNAMÆLINGAR.....	56
4.2.1	<i>Vatn og gufa úr borholum</i>	56
4.2.2	<i>Vinnslurás</i>	60
4.2.3	<i>Frárennsli</i>	60
5	NIÐURSTÖÐUR	62
5.1	ÞEISTAREYKIR.....	62
5.2	KRAFLA.....	62
5.3	BJARNARFLAG.....	63
6	HEIMILDASKRÁ	64

VIÐAUKI 1	Meðhöndlun sýna og efnagreiningaaðferðir.....	65
------------------	--	----

TÖFLUSKRÁ

		bls
Tafla 1	Þeistareykjastöð, afköst tengdra borhola sumarið 2021.....	7
Tafla 2	Þeistareykjastöð, borholur. Styrkur aðalefna í vatni og gufu árið 2021	14
Tafla 3	Þeistareykjastöð, borholur. Þungmálmur í skiljuvatni árið 2021	15
Tafla 4	Þeistareykjastöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2021	15
Tafla 5	Þeistareykjastöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2021.....	16
Tafla 6	Þeistareykjastöð, kísilstyrkur og mettunarhlutfall kísils í borholuvatni.....	16
Tafla 7	Þeistareykjastöð, efnagreining gufu, sýnataka 2021-05-17	24
Tafla 8	Þeistareykjastöð, efnagreining gass, sýnataka 2021-05-17 og 2021-05-18.....	24
Tafla 9	Efnasamsetning vatns í Þeistareykjastöð 2021	26
Tafla 10	Þeistareykjastöð. Hitaveituhola ÞR-14.	26
Tafla 11	Næringarefni og þungmálmur í vatni frá Þeistareykjastöð 2021	27
Tafla 12	Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki.....	27
Tafla 13	Kröflustöð, afköst tengdra borhola sumarið 2021	31
Tafla 14	Kröflustöð. Styrkur efna í vatni og gufu borhola árið 2021.....	39
Tafla 15	Styrkur þungmálma í borholusýnum í Kröflu 2021.	40
Tafla 16	Kröflustöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2021.	40
Tafla 17	Kröflustöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2021.....	41
Tafla 18	Kröflustöð, efnagreining gufu inn í stöð, sýnataka 2021-06-14.....	47
Tafla 19	Kröflustöð, efnagreining gass, sýnataka 2021-06-15	47
Tafla 20	Kröflustöð. Kælivatnssýni árið 2021.....	48
Tafla 21	Kröflustöð. Frárennslissýni árið 2021.....	50
Tafla 22	Næringarefni og þungmálmur í vatni frá Kröflustöð 2021.....	50
Tafla 23	Bjarnarflag. Afköst borhola 2021.....	53
Tafla 24	Bjarnarflag, borholur. Gas í gufu 2021.	56
Tafla 25	Bjarnarflag, borholur . Berghiti 2021.....	56
Tafla 26	Bjarnarflag. Styrkur efna í vatni og gufu úr borholum árið 2021.	57
Tafla 27	Bjarnarflag, borholur. Þungmálmur í skiljuvatni árið 2021.	57
Tafla 28	Bjarnarflag. Frárennslissýni 2021.	61
Tafla 29	Næringarefni og þungmálmur í vatni frá Bjarnarflagi 2021	61

MYNDASKRÁ

		bls
Mynd 1	Þeistareykjastöð. Gufuborholur 2021 (Orkustofnun borholuskrá).....	6
Mynd 2	Borholur á A-teigi. Vermisamkvæmt afkastamælingum.....	8
Mynd 3	Borholur á A-teigi. Gufurennsli á móti tíma.....	8
Mynd 4	Borholur á A-teigi. Rennsli skiljuvatns á móti tíma.....	9
Mynd 5	Borholur á B og C-teigi. Vermisamkvæmt afkastamælingum.....	10
Mynd 6	Borholur á B og C-teigi. Rennsli gufu á móti tíma.....	10
Mynd 7	Borholur á B og C-teigi. Rennsli skiljuvatns á móti tíma.....	11
Mynd 8	Þeistareykjastöð, allar tengdar holur. Vegið meðaltal vermis.....	12
Mynd 9	Þeistareykjastöð, allar tengdar holur. Vegið meðaltal gufu- og vatnsrennslis.	12
Mynd 10	Borholur á A-teigi. CO ₂ í gufu á móti tíma.....	17
Mynd 11	Borholur á A-teigi. H ₂ S í gufu á móti tíma.....	17
Mynd 12	Borholur á A-teigi. SiO ₂ í vatni á móti tíma.....	18
Mynd 13	Borholur á A-teigi. Al í vatni á móti tíma.....	18

Mynd 14	Borholur á A-teigi. Cl í vatni á móti tíma.	19
Mynd 15	Borholur á B og C-teigi. CO ₂ í gufu á móti tíma.	20
Mynd 16	Borholur á B og C-teigi. H ₂ S í gufu á móti tíma.	20
Mynd 17	Borholur á B og C-teigi. SiO ₂ í vatni á móti tíma.	21
Mynd 18	Borholur á B og C-teigi. Al í vatni á móti tíma.	21
Mynd 19	Borholur á B og C-teigi. Cl í vatni á móti tíma.	22
Mynd 20	CO ₂ og H ₂ S í gufu. Vegið meðaltal gassýna úr blásandi borholum.	22
Mynd 21	Flæðirit fyrir Þeistareykjastöð í maí 2021.	23
Mynd 22	Þeistareykjastöð. Kísilmettun í niðurdælingarvatni.	28
Mynd 23	Tengdar og blásandi borholur í Kröflu árið 2021 (Orkustofnun-borholuskrá).	30
Mynd 24	Leirbotnar. Vermis samkvæmt afkastamælingum.	32
Mynd 25	Leirbotnar, gufurennisli úr holum.	32
Mynd 26	Leirbotnar, vatnsrennisli úr holum.	33
Mynd 27	Suðurhlíðar, vermis samkvæmt afkastamælingum.	33
Mynd 28	Suðurhlíðar, gufurennisli úr holum.	34
Mynd 29	Suðurhlíðar, vatnsrennisli úr holum.	34
Mynd 30	Vesturhlíðar, vermis samkvæmt afkastamælingum.	35
Mynd 31	Vesturhlíðar, gufurennisli úr holum.	35
Mynd 32	Vesturhlíðar, vatnsrennisli úr holum.	36
Mynd 33	Vegið meðaltal vermis úr blásandi borholum í Kröflu.	37
Mynd 34	Samtals gufu og vatnsrennisli úr blásandi borholum í Kröflu.	37
Mynd 35	Leirbotnar, CO ₂ í gufu á móti tíma.	42
Mynd 36	Leirbotnar, H ₂ S í gufu á móti tíma.	42
Mynd 37	Leirbotnar, SiO ₂ í vatni á móti tíma.	43
Mynd 38	Leirbotnar, SO ₄ í vatni á móti tíma.	43
Mynd 39	Suðurhlíðar, CO ₂ í gufu á móti tíma.	44
Mynd 40	Vesturhlíðar Kröflu, CO ₂ í gufu á móti tíma.	44
Mynd 41	Vesturhlíðar Kröflu, H ₂ S í gufu á móti tíma.	45
Mynd 42	CO ₂ og H ₂ S í gufu. Vegið meðaltal gassýna úr blásandi borholum.	45
Mynd 43	Flæðirit fyrir Kröflustöð í júní 2021.	46
Mynd 44	Kröflustöð. Kísilmettun í niðurdælingarvatni.	51
Mynd 45	Tengdar og blásandi holur í Bjarnarflagi 2021 (Orkustofnun-borholuskrá).	52
Mynd 46	Bjarnarflag. Vermis samkvæmt afkastamælingum.	53
Mynd 47	Bjarnarflag, gufurennisli úr holum.	54
Mynd 48	Bjarnarflag, vatnsrennisli úr holum.	54
Mynd 49	Vegið meðaltal vermis úr blásandi borholum í Barnarflagi.	55
Mynd 50	Samtals gufu og vatnsrennisli úr blásandi borholum í Barnarflagi.	55
Mynd 51	Bjarnarflag, CO ₂ í gufu á móti tíma.	58
Mynd 52	Bjarnarflag, H ₂ S í gufu á móti tíma.	58
Mynd 53	Bjarnarflag, SiO ₂ í vatni á móti tíma.	59
Mynd 54	CO ₂ og H ₂ S í gufu. Vegið meðaltal gassýna úr blásandi borholum.	59
Mynd 55	Flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð í júní 2021.	60

1 INNGANGUR

Í maí og júní 2021 voru tekin vatns- og gufusýni úr samtals 6 gufuholum á Þeistareykjum, 15 holum í Kröflu og 2 holum í Bjarnarflagi til árlegs eftirlits. Að auki voru tekin sýni úr vinnslurásum Þeistareykjastöðvar, Kröflustöðvar og Bjarnarflagsstöðvar þ.e. af gufu inn á vélar, gasútblæstri, kælivatni og einnig úr skiljuvatni, frárennsli og niðurrennsli vatni.

Trausti Hauksson sá um sýnatökur og efnagreiningar á staðnum og sumarstarfsmenn þau Teitur Hinrichsen, Hulda Kristín Helgadóttir, Alma Stefánsdóttir og Ingibjörg Þórðardóttir aðstoðuðu við sýnatökur. Helgi A. Alfreðsson hjá Geochemý tók nokkur sýni og greindi anjónir, katjónir og kísil í öllum sýnunum á rannsóknastofu Kröflustöðvar. Styrkur þungmálma, magnesíums, áls og járns og heildarkísils var greindur hjá ALS Global í Svíþjóð.

Arsen (As) hefur ætíð mælst minna í skiljuvatni en í frárennissýnum. Nú voru sérstök sýni tekin til efnagreininga á arseni með breyttri geymsluaðferð. Í stað þess að sýra sýnin með saltpétursýru (HNO_3) voru þau blásin með argon gasi til þess að losna við H_2S . Með þessari geymsluaðferð greindust mun hærri gildi í skiljuvatnssýnunum en í sýrðum sýnum og voru gildin nú í samræmi við mældan styrk í frárennissýnunum.

Lýsing á meðhöndlun sýna og efnagreiningaaðferðum er birt í viðauka 1.

Upplýsingar um afköst og vermi borhola voru fengnar hjá Huldu Kristínu Helgadóttur en þær upplýsingar eru notaðar til þess að reikna styrk og flæði efna úr borholum.

Niðurstöður efnagreininga 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.

Verkið var unnið samkvæmt samningi 2396 um ráðgjafabjónustu. Verkefnisstjóri var Ásgerður K. Sigurðardóttir.

2 ÞEISTAREYKIR

Af 15 vinnsluholum á Þeistareykjum voru aðeins 6 holur blásandi og tengdar þegar sýni voru tekin til árlegs eftirlits í maí 2021. Uppsett afl á Þeistareykjum er 90 MW, en á þessum tíma var framleiðslan 56 MW.

Dregið hafði verið úr framleiðslu til að stemma stigu við auknum meðburði sem var að skila sér inn á vél 1 vegna óhreinnar gufu frá C-teigi. Þetta var lagað síðar þetta sumar með uppsetningu blöndunarleggs þar sem vatn og gufa frá A og C teig blandast áður en það fer inn á skiljur.

Staðsetning borholanna er sýnd á eftirfarandi loftmynd. Tvær safnæðar liggja að skiljustöðinni. Önnur frá A-teigi þar sem holur ÞG-01, ÞG-04, ÞG-05, ÞG-13 og ÞG-17 voru tengdar og blásandi. Hin frá C-teigi þar sem hola ÞG-03 var tengd og blásandi.



Mynd 1 Peistareykjastöð. Gufuborholur 2021 (Orkustofnun borholuskrá).

2.1 AFKASTAMÆLINGAR

2.1.1 Afköst borhola

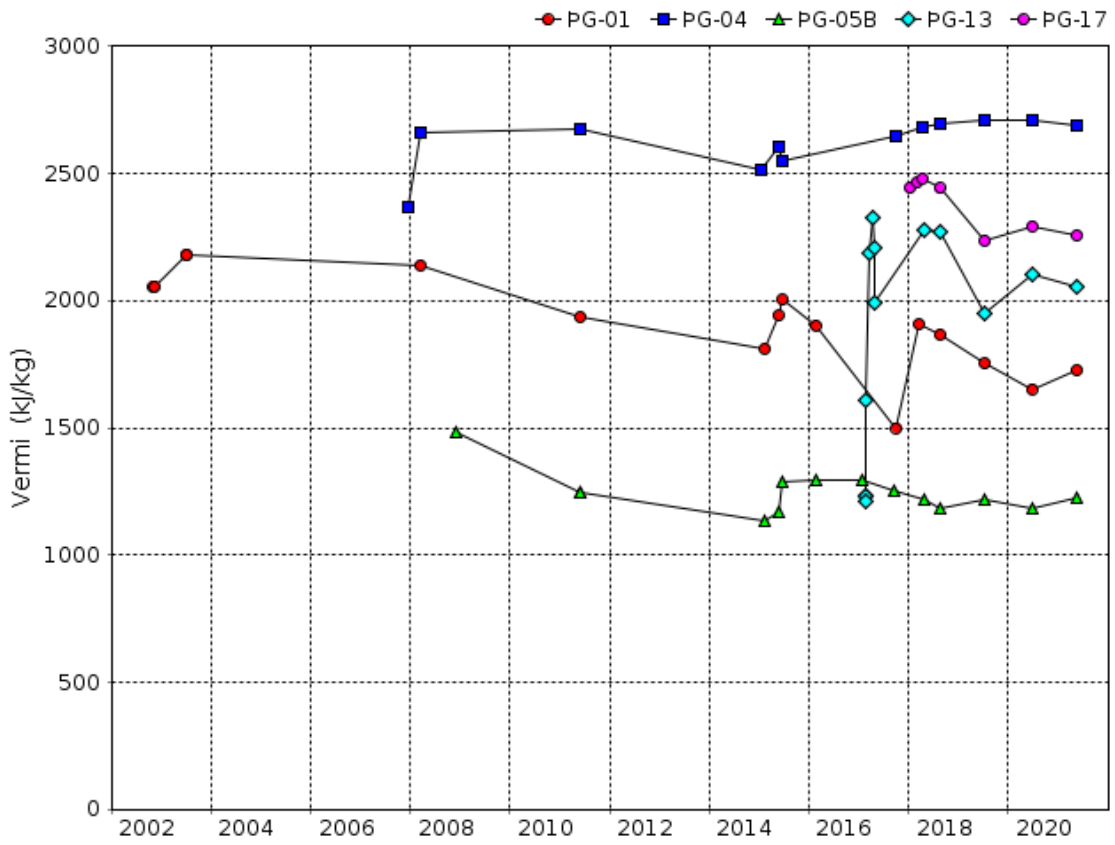
Þegar sýnin voru tekin í júní árið 2021 voru 6 holur tengdar stöðinni. Mælingar á afköstum eru sýndar í töflu 1.

Tafla 1 Þeistareykjastöð, afköst tengdra borhola sumarið 2021.

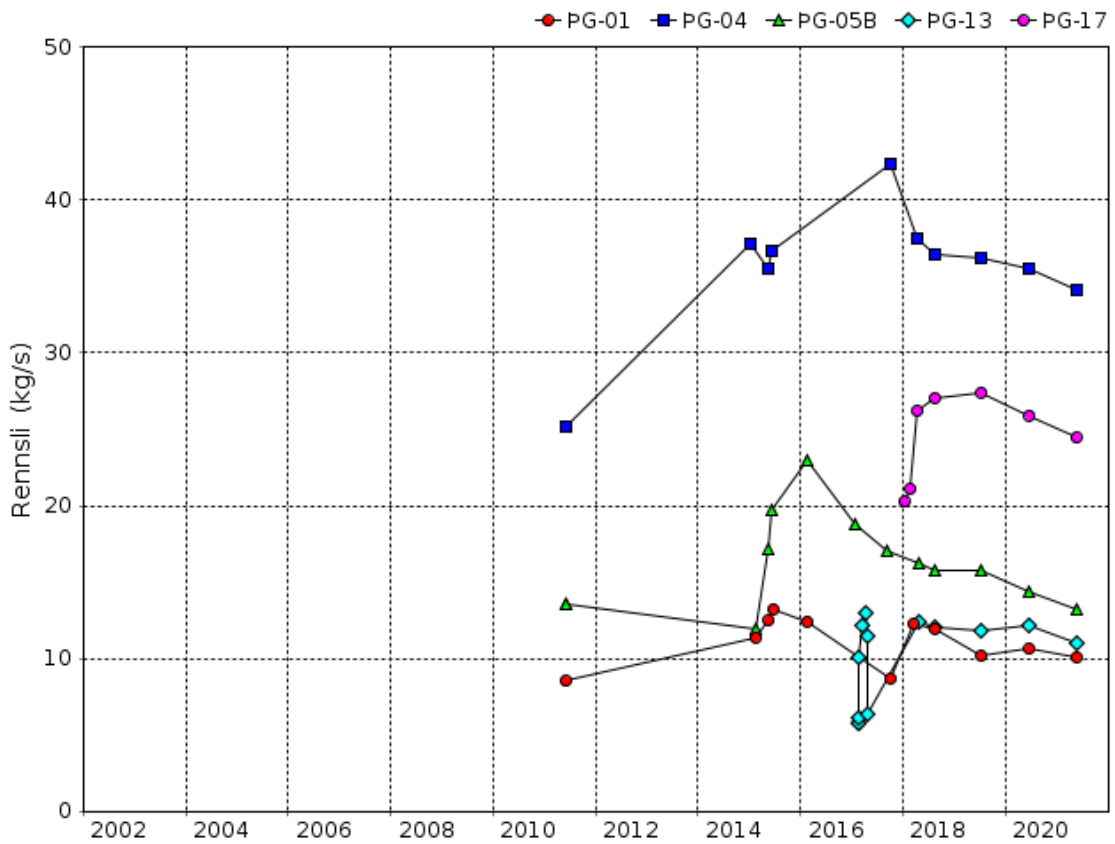
Nafn	Teigur	Dags.	Topp	Heildar	
			Þrýstingur (barg)	Vermi kJ/kg	Rennsli kg/s
ÞG-1	A	2021-05-19	19,04	1727	20,9
ÞG-4	A	2021-05-19	20,81	2689	35,6
ÞG-05B	A	2021-05-20	16,22	1227	56,3
ÞG-13	A	2021-05-20	22,78	2056	17,0
ÞG-17	A	2021-05-19	31,3	2258	32,8
ÞG-3	C	2021-05-19	27,19	2497	13,6
		Samtölur		1952	176,2

Þróun afkasta borhola á A-teigi er sýnd á myndum 2, 3 og 4 og á C-teigi á myndum 4, 6 og 7. Það mæti nefna að hert hefur verið að holum til að hækka holutoppþrýsting sem getur haft áhrif á afköstin til lækkunar, sérstaklega ef vatnsrennsli úr holunum er mikið (vermi lágt). Í júlí 2020 voru stjórnblendur minnkaðar sem hér segir: ÞG-01 úr 110 mm í 80 mm ÞG-17 úr 105 mm í 90 mm, ÞG-05 úr 120 mm í 110 mm, ÞG-13 úr 100 mm í 90 mm og ÞG-4 úr 150 mm í 130 mm. Ekki var hert að Þ-03.

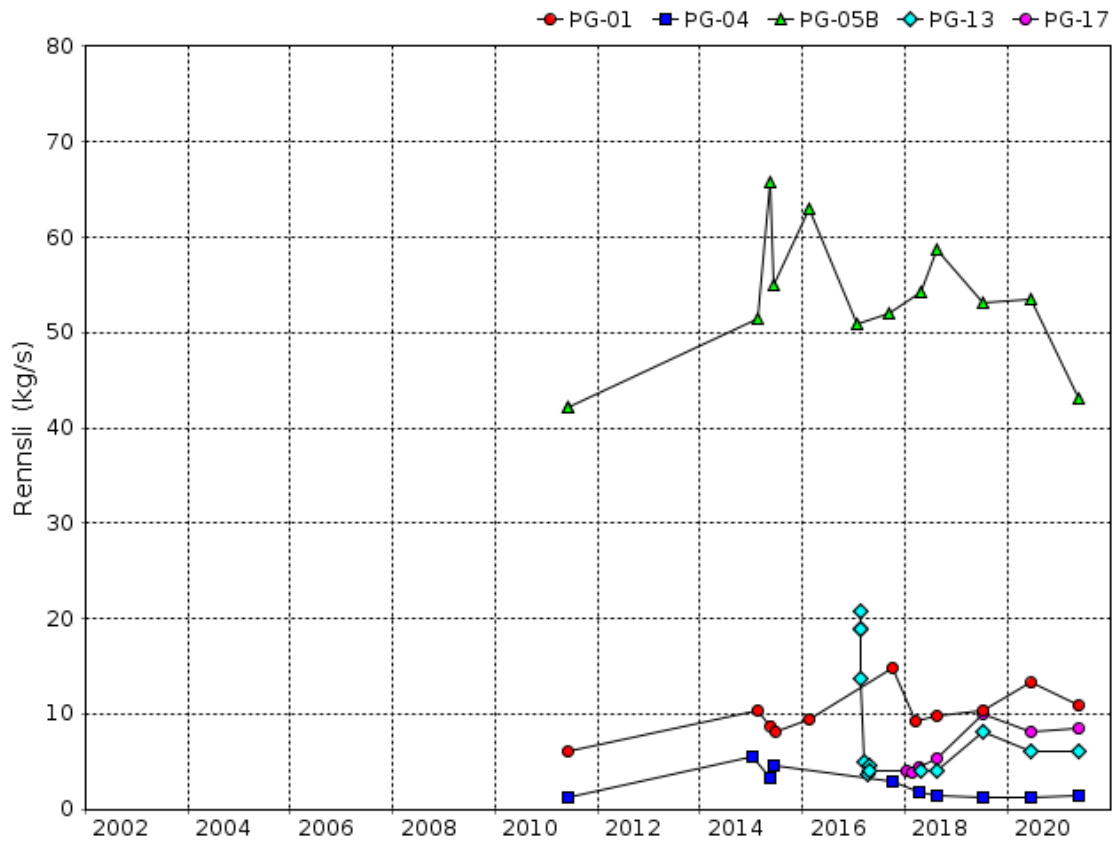
Myndir 8 og 9 sýna vegið meðaltal vermis og rennsli gufu og vatns úr tengdum og blásandi holum á Þeistareykjum. Þegar sýni voru tekin þá var framleiðsla óvenjulega lítil og nokkrar holur lokaðar. Seinna um haustið var framleiðslan sett á fullt.



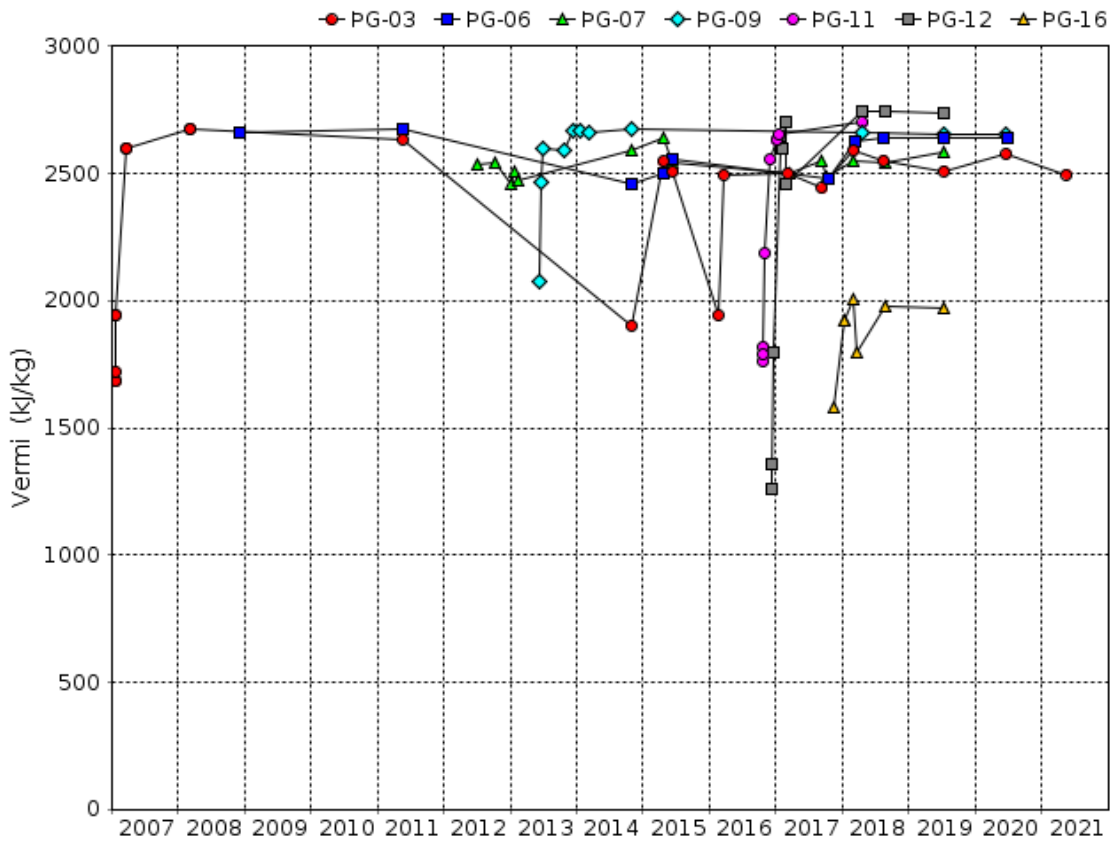
Mynd 2 Borholur á A-teigi. Vermí samkvæmt afkastamælingum.



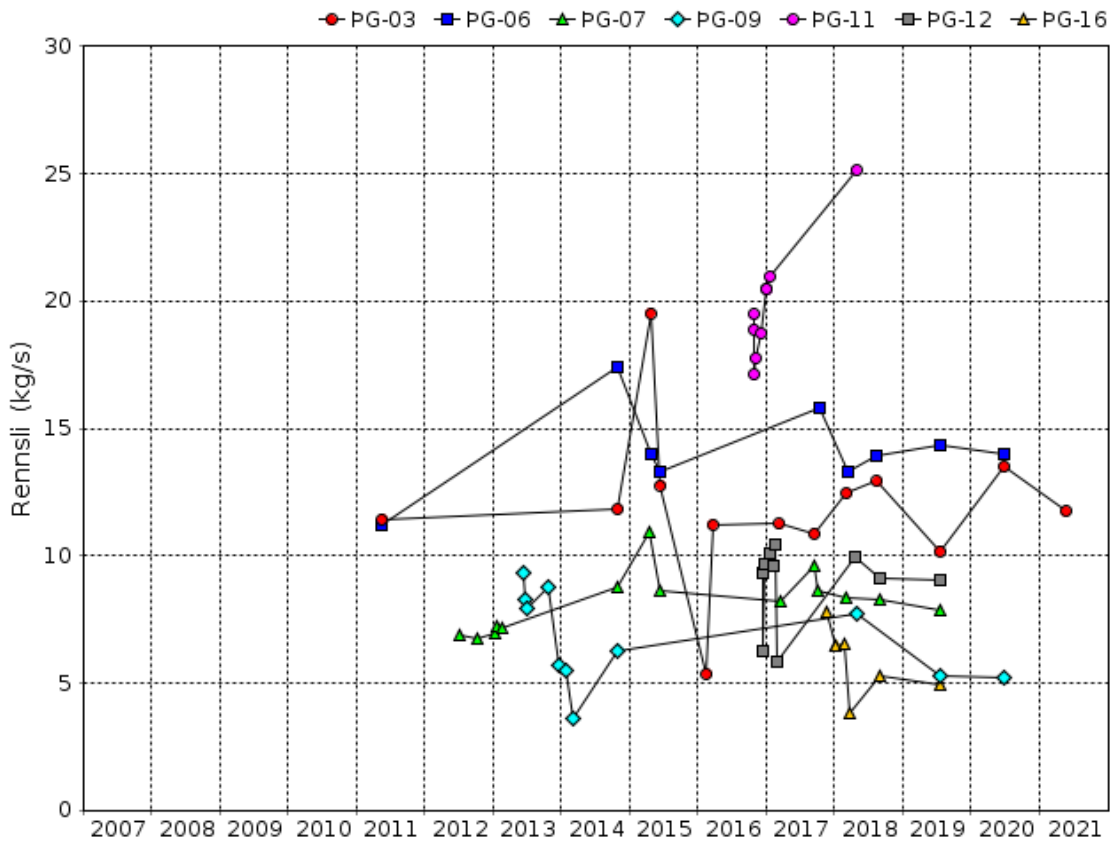
Mynd 3 Borholur á A-teigi. Gufurennslí á móti tíma.



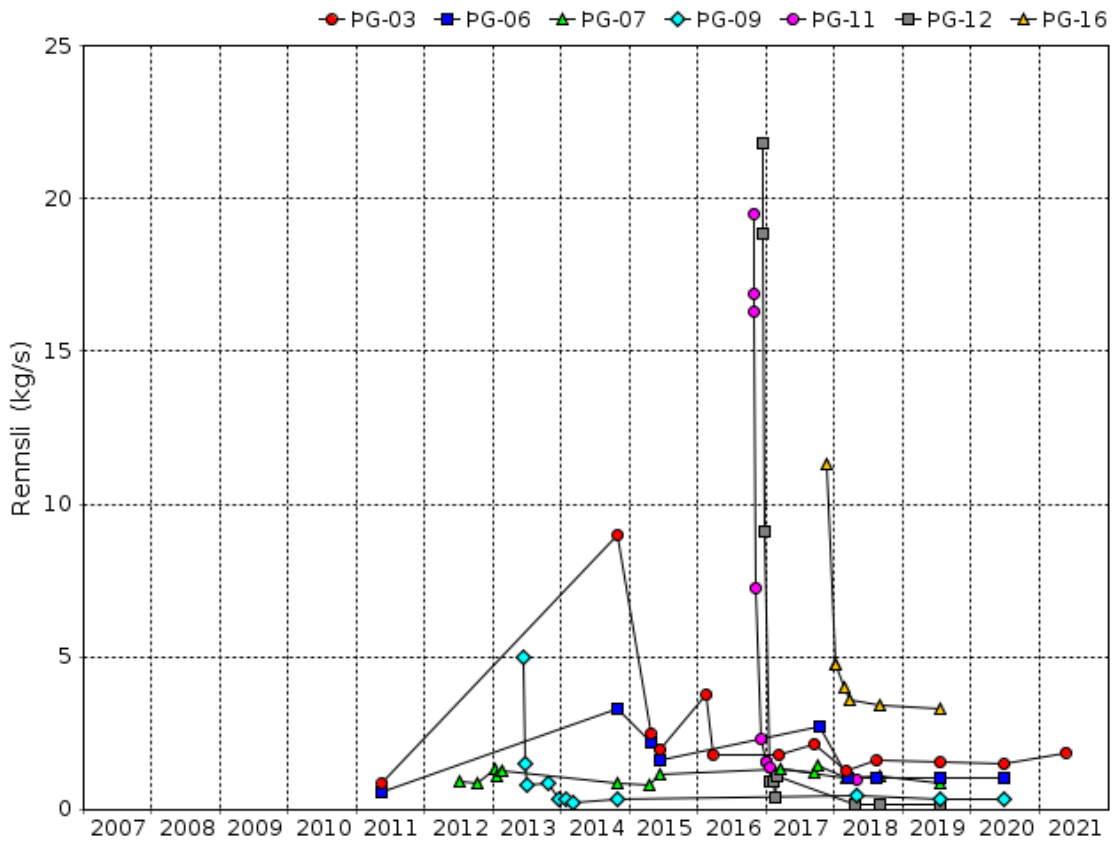
Mynd 4 Borholur á A-teigi. Rennsil skiljuvatns á móti tíma.



Mynd 5 Borholur á B og C-teigi. Vermí samkvæmt afkastamælingum.



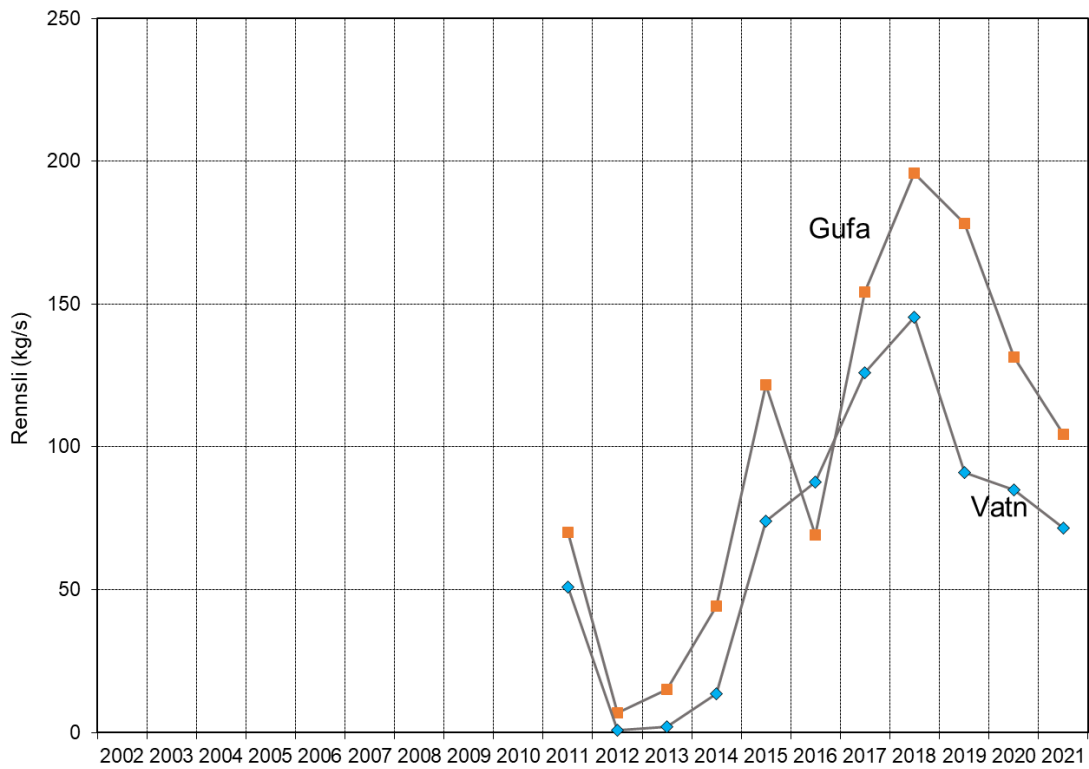
Mynd 6 Borholur á B og C-teigi. Rennsilí gufu á móti tíma.



Mynd 7 Borholur á B og C-teigi. Rennsil skiljuvatns á móti tíma.



Mynd 8 Þeistareykjastöð, allar tengdar holur. Vegið meðaltal vermis.



Mynd 9 Þeistareykjastöð, allar tengdar holur. Vegið meðaltal gufu- og vatnsrennslis.

2.2 EFNAMÆLINGAR

2.2.1 Vatn og gufa úr borholum

Niðurstöður efnagreininga á vatni og gufu úr borholum á Þeistareykjum, sem safnað var í eftirliti 2021, eru varðveittar í gagnagrunni ViewData.

Reiknaður efnastyrkur í gufu og vatni við skiljuþrýsting 8,5 barg er sýndur í töflu 2. Í töflunni kemur fram styrkur allra helstu efna sem og rennsli gufu og vatns í hverri holu. Styrkur þungmálma í skiljuvatni frá holunum er sýndur í töflu 3. Arsen (As) mældist hátt í skiljuvatninu. Styrkurinn er yfir viðmiðunargildum fyrir mengun yfirborðsvatns en þar sem öllu skiljuvatni er fargað niður um borholur þá kemur það ekki að sök. Zink (Zn) var ekki efnagreint því sýnin spilltust.

Í töflu 4 er tekið saman yfirlit um gasstyrk í gufu úr holunum ásamt gassamsetningu og hversu mikið gas streymir úr hverri holu. Meðaltal gass í gufu inn á hverfil reiknast um 0,21% sem er sami styrkur og árið 2020. Afköst borhola og gufustreymi var minna en árið 2020 og gasstreymi inn í stöðina minna eða 0,19 kg/s samanborið við 0,23 kg/s árið 2020. Stöðin var aðeins keyrð á hálfum afköstum og allar holur á C-teigi nema ÞG-03 voru lokaðar.

Í töflu 5 er sýndur reiknaður hiti í holunum miðað við efnajafnvægi í berginu. Í hávermisholum á C-teigi (ÞG-03) er ekki hægt að reikna hitann því kísilstyrkurinn er meiri en svo að hann geti verið efnajafnvægi við kvars.

Í töflu 6 er sýndur kísilstyrkur og mettnarhlutfall kísils í borholuvatni bæði við holutopp og í veitu. Yfirmettun kísils er mest í holu ÞG-03 á C-teigi en einnig reiknast mikil yfirmettun í vatni úr holu ÞG-17 á A-teigi.

Á myndum 10 til 19 eru dregnir upp ferlar gasstyrk í gufu og styrk uppleystra efna í skiljuvatni fyrir holur á A-teigi annars vegar og C og B-teigi hins vegar.

Vegið meðaltal CO₂ og H₂S styrks í gufu úr blásandi holum er sýnt á mynd 20. Styrkurinn hefur verið nokkuð stöðugur frá því virkjunin var gangsett eða um 1400 - 1500 mg/kg CO₂ og 600 - 650 mg/kg H₂S en nú varð lítilsháttar minnkun. Aukning hefur orðið í styrk áls (Al) í holu ÞG-04 og á sama tíma hefur styrkur klóríðs (Cl) minnkað.

Tafla 2 Þeistareykjastöð, borholur. Styrkur aðalefna í vatni og gufu árið 2021

Staður	Tími	Skilja	Gufa							Vatn															
			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	
			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	mg/kg
ÞG-01	A	2021-05-19	1727	10,1	817	273	10,8	10,9	0,26	0,08	10,8	9,00	9,7	13,1	758	113,1	22,3	0,21	0,010	0,003	1,97	0,88	86,5	31,2	1,24
ÞG-04	A	2021-05-19	2689	34,1	297	728	41,1	15,4	0,61	0,66	1,5	8,71	2,4	23,8	695	68,3	13,2	0,15	0,005	0,024	2,86	1,98	38,2	46,1	9,44
ÞG-05	A	2021-05-19	1227	13,2	1477	266	1,5	18,5	0,51	0,48	43,1	9,24	28,0	20,5	624	133,2	23,1	0,60	0,002	0,004	1,82	1,36	58,2	51,0	0,69
ÞG-13	A	2021-05-19	2056	11,0	2462	680	28,8	14,2	0,97	0,40	6,0	8,97	30,0	33,5	842	123,0	26,1	0,29	0,001	0,003	1,88	1,23	74,8	59,9	1,43
ÞG-17	A	2021-05-20	2258	24,4	2042	564	13,6	17,8	0,61	0,37	8,4	8,70	14,9	16,4	1067	100,5	24,2	0,15	0,001	0,005	2,34	1,12	85,2	26,8	1,67
ÞG-03	C	2021-05-20	2497	11,7	1137	525	24,5	6,3	0,52	0,19	1,9	9,02	15,1	28,2	1034	132,3	28,5	0,37		0,005	2,90	1,73	68,0	92,5	3,00
		Samtals	1952	104,5	1226	559	23,6	14,8	0,59	0,43	71,7	8,94	23,0	20,3	727	124,1	23,3	0,45	0,003	0,004	1,96	1,27	66,8	46,9	1,19
		A-teigur	1906	92,8	1237	564	23,5	15,9	0,60	0,46	69,9	8,92	23,2	20,0	718	123,9	23,1	0,45	0,003	0,004	1,93	1,26	66,8	45,7	1,14
		C-teigur	2497	11,7	1137	525	24,5	6,3	0,52	0,19	1,9	9,02	15,1	28,2	1034	132,3	28,5	0,37		0,005	2,90	1,73	68,0	92,5	3,00

Reiknað við skiljuþrýsting 8,5 barg.

Tafla 3 Þeistareykjastöð, borholur. Þungmálmur í skiljuvatni árið 2021.

Staður	Tími	P	Cr	Ni	Cu	Zn ¹⁾	As	Cd	Hg	Pb
		mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
ÞG-01	2021-05-19	<0,001	<0,01	0,143	<0,1		21	<0,002	<0,002	<0,01
ÞG-04	2021-05-19	0,001	0,293	0,109	<0,1		159	<0,002	<0,002	<0,01
ÞG-05	2021-05-19	<0,001	<0,01	0,089	<0,1		6	<0,002	<0,002	<0,01
ÞG-13	2021-05-19	0,001	<0,01	0,125	<0,1		6	0,002	<0,002	<0,01
ÞG-17	2021-05-20	0,003	<0,01	0,121	<0,1		28	0,004	<0,002	<0,01
ÞG-03	2021-05-20	<0,001	<0,01	0,117	<0,1		243	<0,002	<0,002	<0,01

¹⁾ Zn var ekki efnagreint því sýnin spilltust.

Tafla 4 Þeistareykjastöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2021.

Staður	Teigur	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	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%
ÞG-01	A	2021-05-19	10,1	0,11	0,01	0,79	57,39	24,73	16,61	1,20	0,05	0,01
ÞG-04	A	2021-05-19	34,1	0,11	0,04	1,20	13,77	43,50	41,50	1,12	0,08	0,03
ÞG-05	A	2021-05-19	13,2	0,18	0,02	1,05	78,38	18,21	1,75	1,54	0,07	0,03
ÞG-13	A	2021-05-19	11,0	0,32	0,03	2,22	61,64	21,98	15,74	0,56	0,07	0,01
ÞG-17	A	2021-05-20	24,4	0,26	0,06	1,72	65,93	23,50	9,59	0,91	0,05	0,01
ÞG-03	C	2021-05-20	11,7	0,17	0,02	1,31	48,14	28,69	22,67	0,42	0,06	0,01
		Samtölur	104,5	0,21	0,19	1,53	54,21	27,06	17,71	0,93	0,06	0,02

Reiknað við skiljuþrýsting 8,5 barg

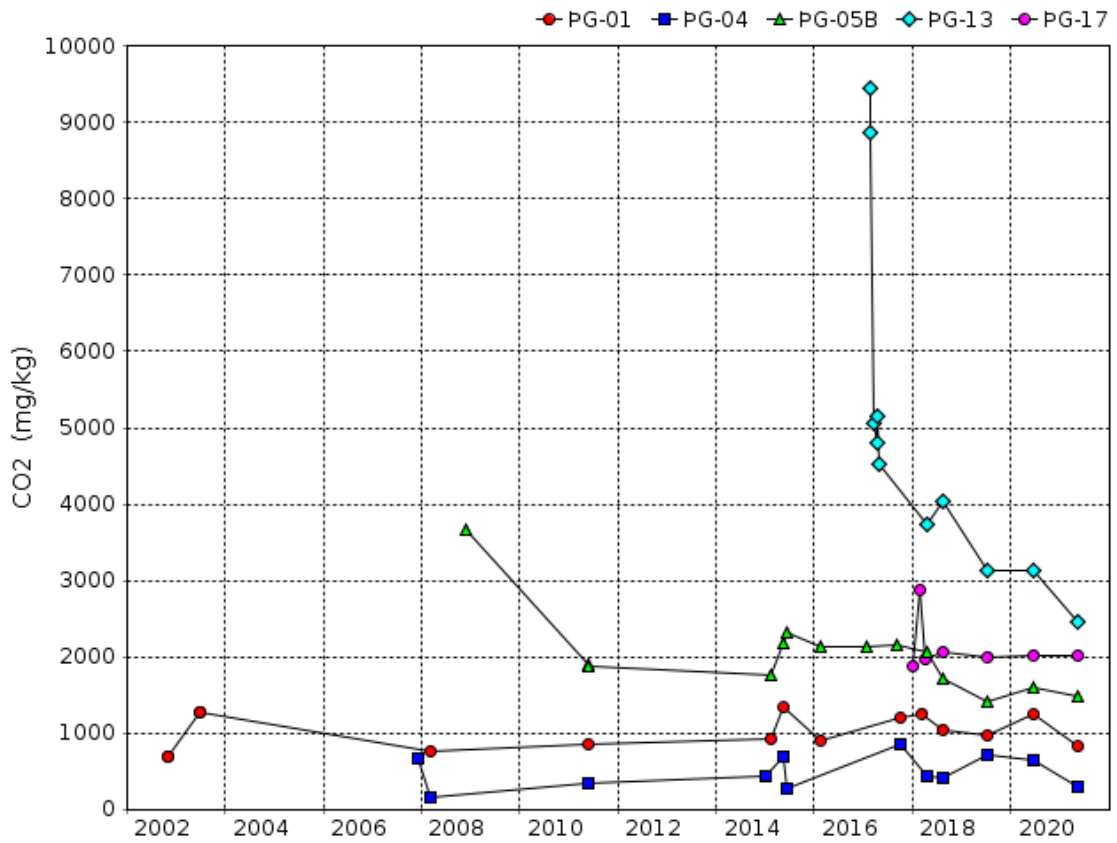
Tafla 5 Þeistareykjastöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2021.

Staður	Teigur	Tími	Vermi	tSiO ₂ q	tNa/K	tCO ₂	tH ₂ /H ₂ S
			kJ/kg	°C	°C	°C	°C
ÞG-01	A	2021-05-19	1727	278	284	182	297
ÞG-04	A	2021-05-19	2689	252	282	118	301
ÞG-05	A	2021-05-19	1227	260	270	211	264
ÞG-13	A	2021-05-19	2056	289	292	245	298
ÞG-17	A	2021-05-20	2258	328	301	241	289
ÞG-03	C	2021-05-20	2497		293	217	300

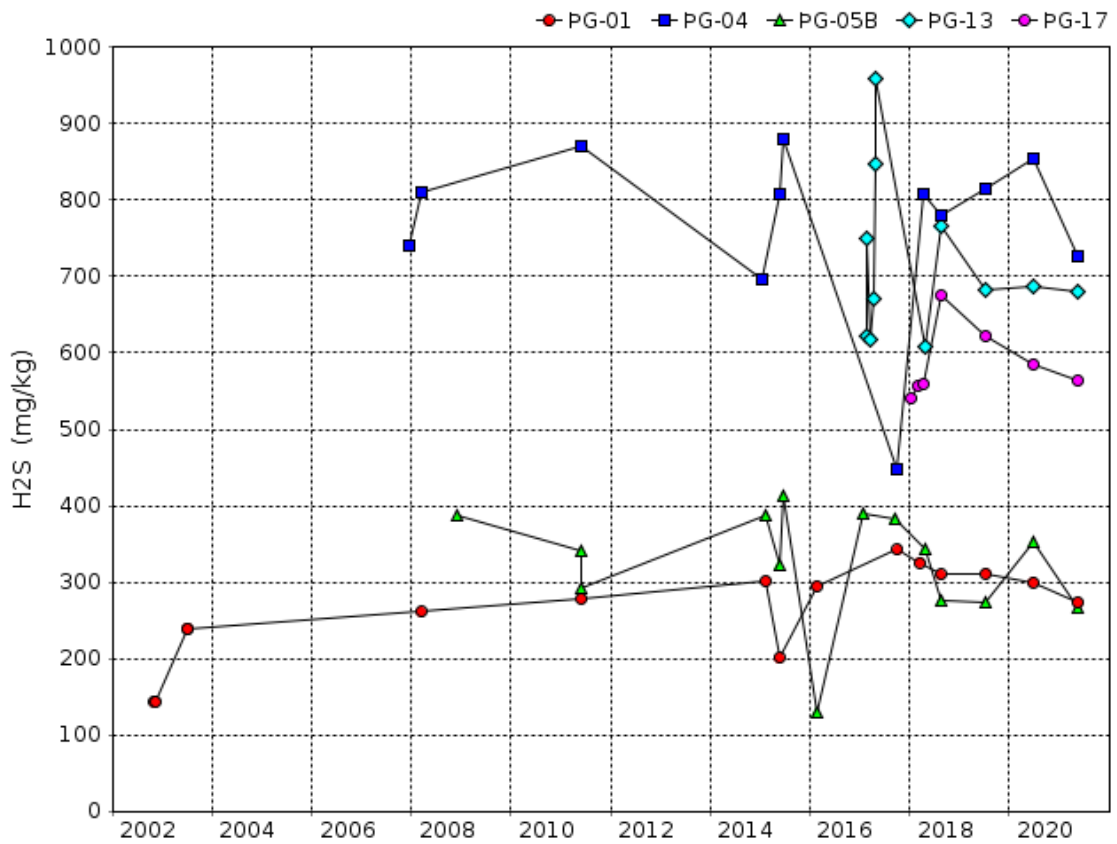
Tafla 6 Þeistareykjastöð, kísilstyrkur og mettunarhlutfall kísils í borholuvatni.

Staður	Teigur	Tími	Vermi	Skiljuv. Rennsli	Holut ¹⁾ SiO ₂	Stofn ²⁾ SiO ₂	Al	SSI
			kJ/kg	kg/s	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
ÞG-01	A	2021-05-19	1727	10,8	748	758	1,97	0,96
ÞG-04	A	2021-05-19	2689	1,5	638	695	2,86	0,88
ÞG-05	A	2021-05-19	1227	43,1	617	624	1,82	0,79
ÞG-13	A	2021-05-19	2056	6,0	818	842	1,88	1,06
ÞG-17	A	2021-05-20	2258	8,4	998	1067	2,34	1,34
ÞG-03	C	2021-05-20	2497	1,9	892	1034	2,90	1,30

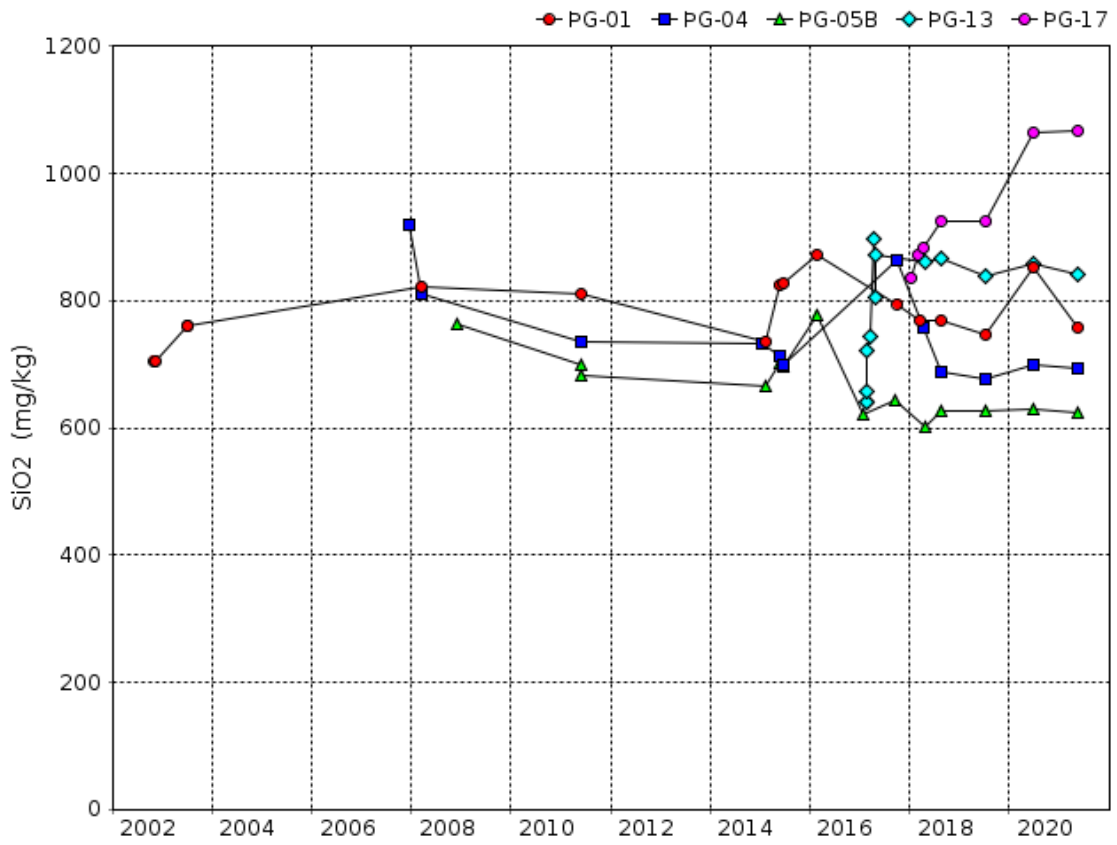
¹⁾ Mæling við holutopp. ²⁾ Reiknað við skiljuþrýsting 8,5 barg.



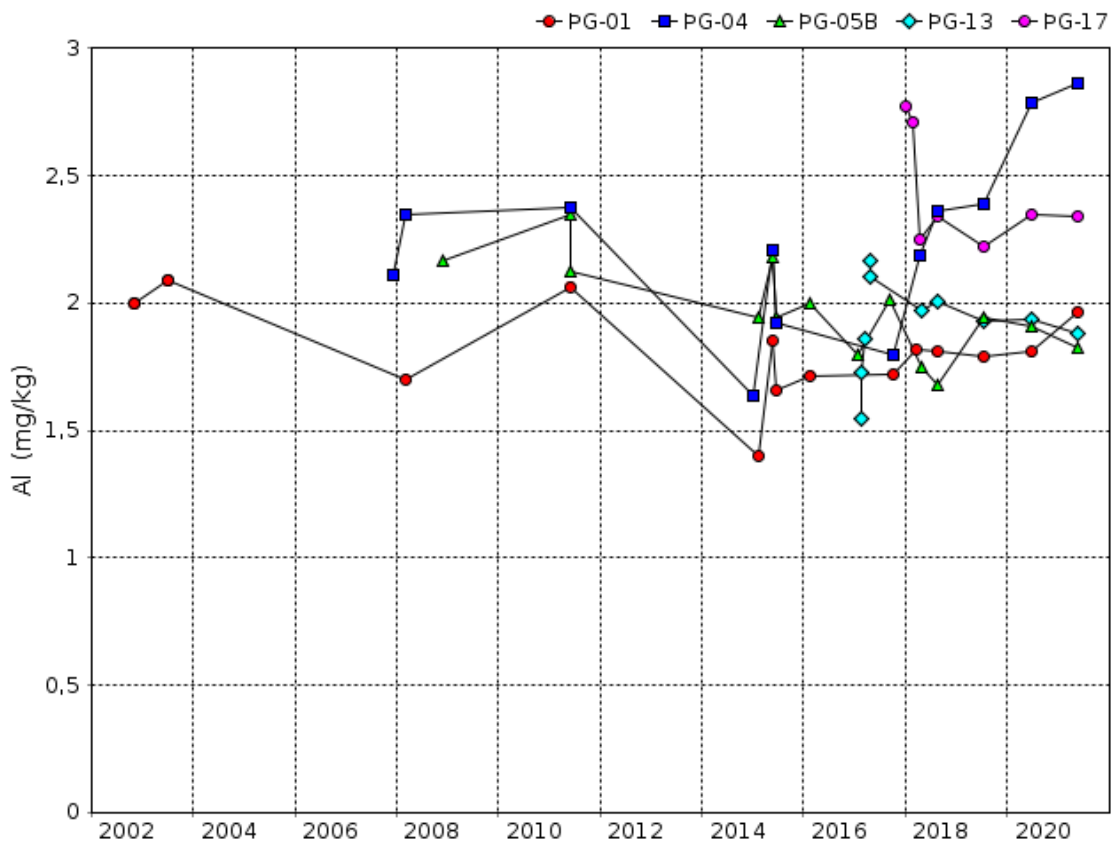
Mynd 10 Borholur á A-teigi. CO₂ í gufu á móti tíma.



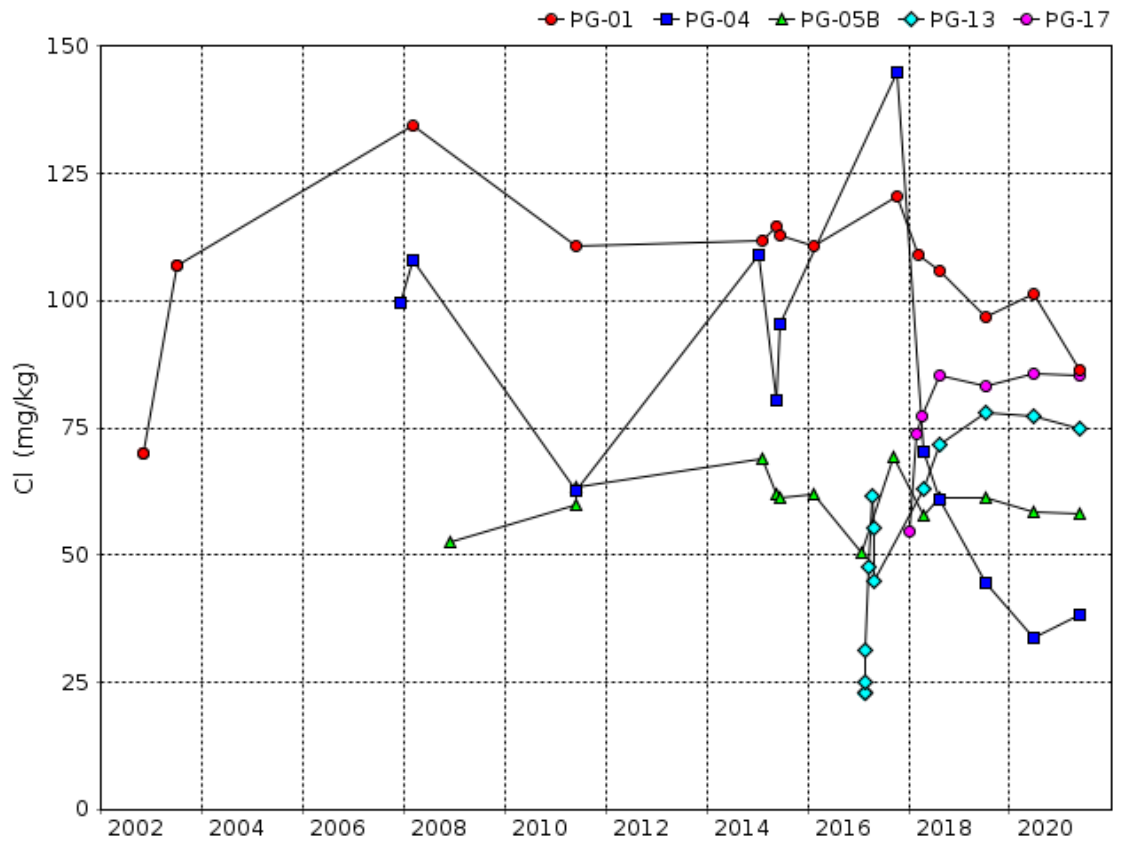
Mynd 11 Borholur á A-teigi. H₂S í gufu á móti tíma.



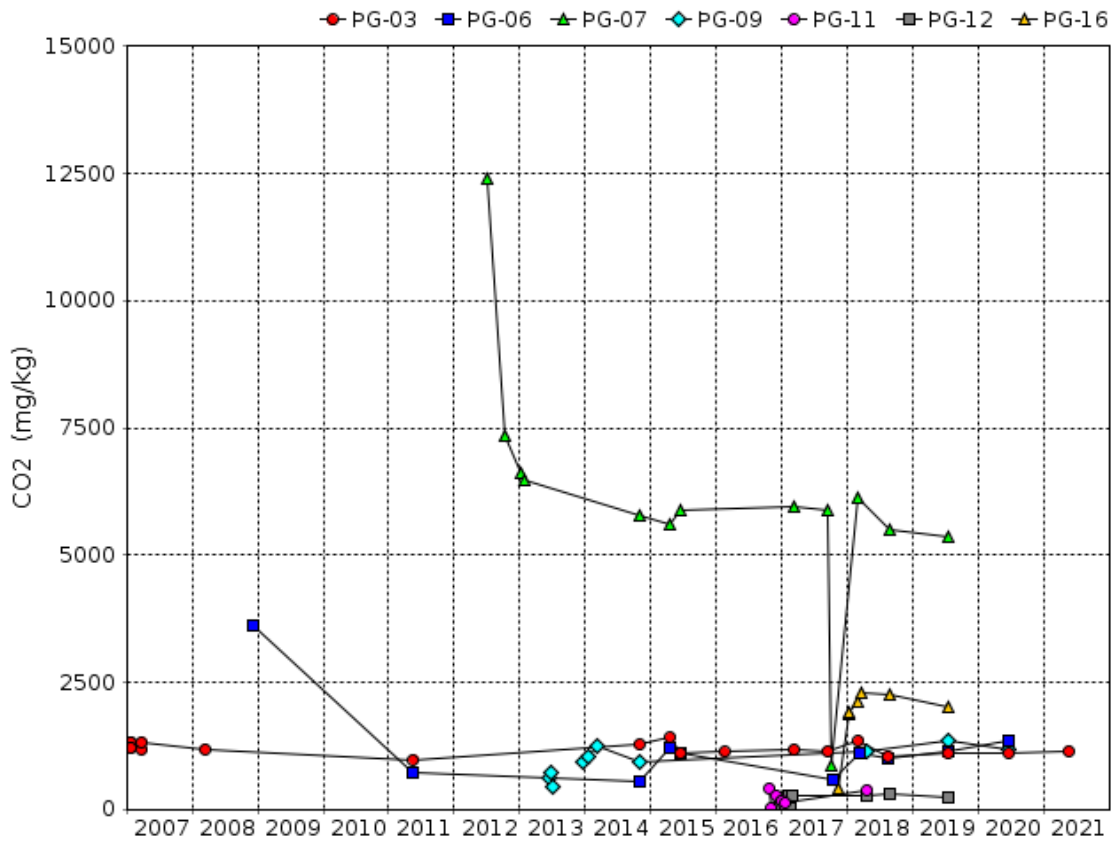
Mynd 12 Borholur á A-teigi. SiO₂ í vatni á móti tíma.



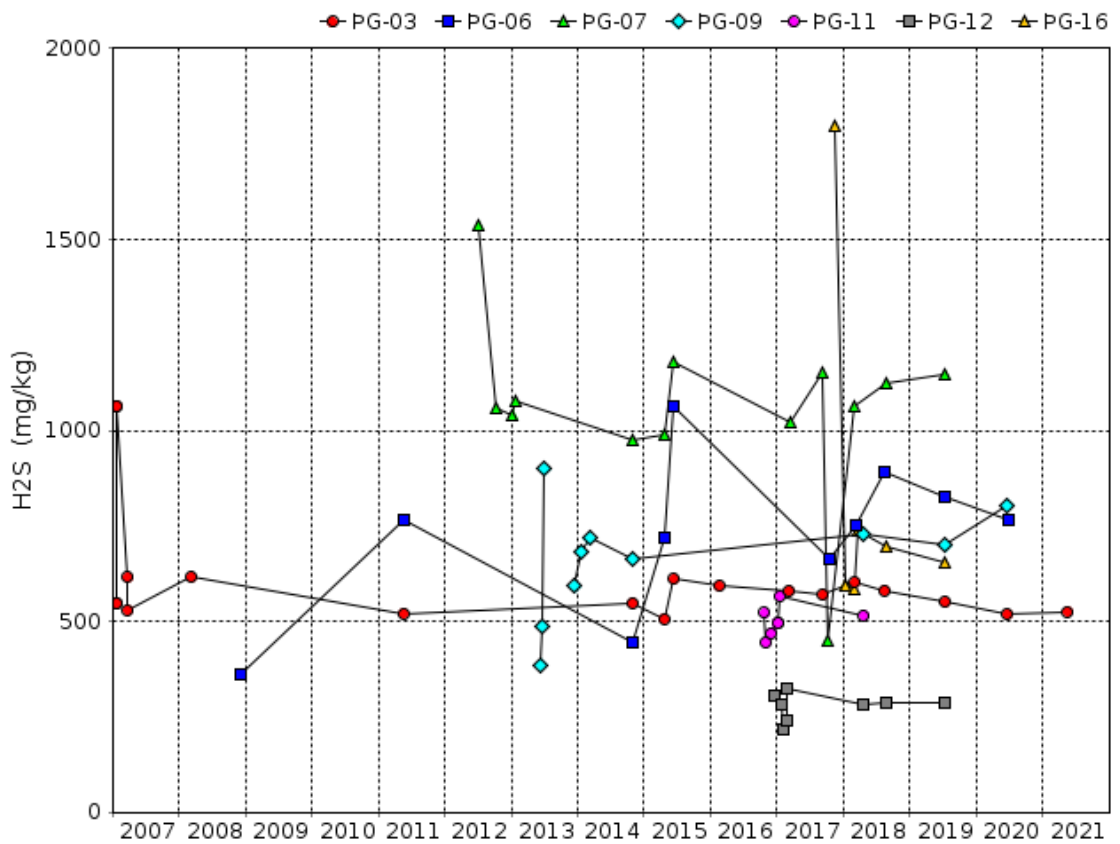
Mynd 13 Borholur á A-teigi. Al í vatni á móti tíma



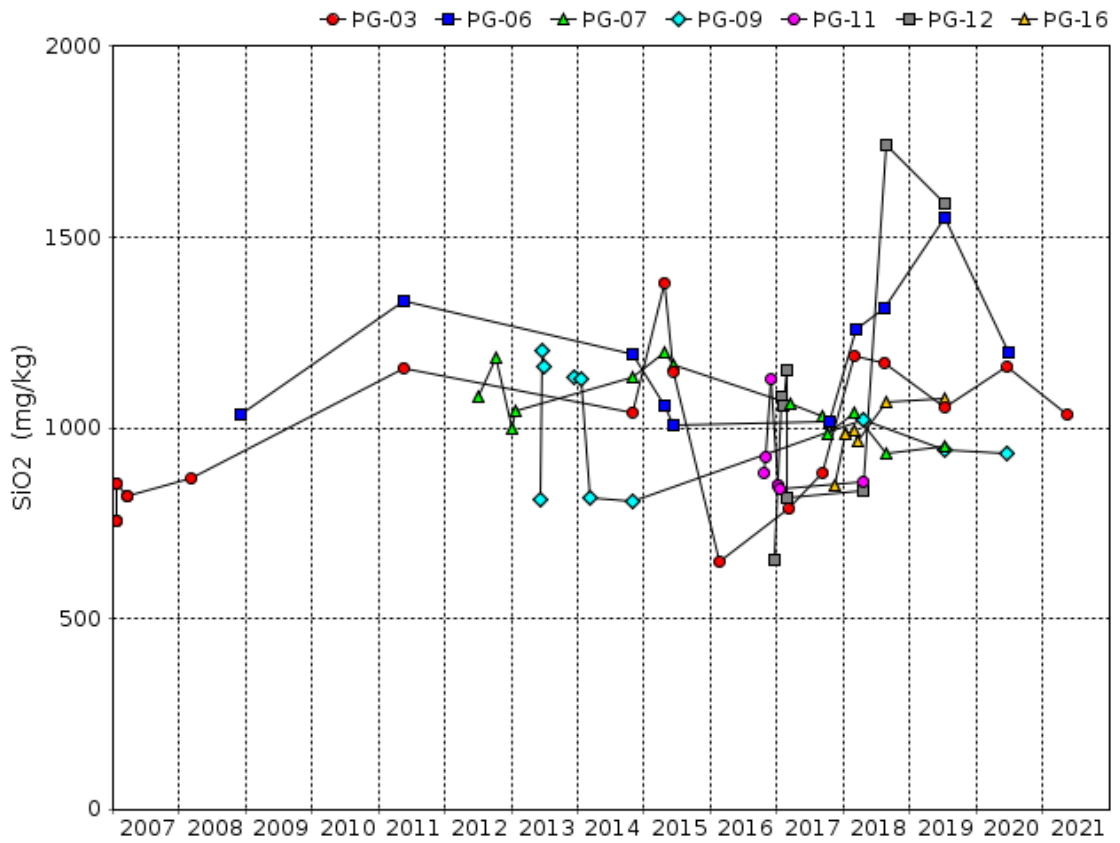
Mynd 14 Borholur á A-teigi. Cl í vatni á móti tíma.



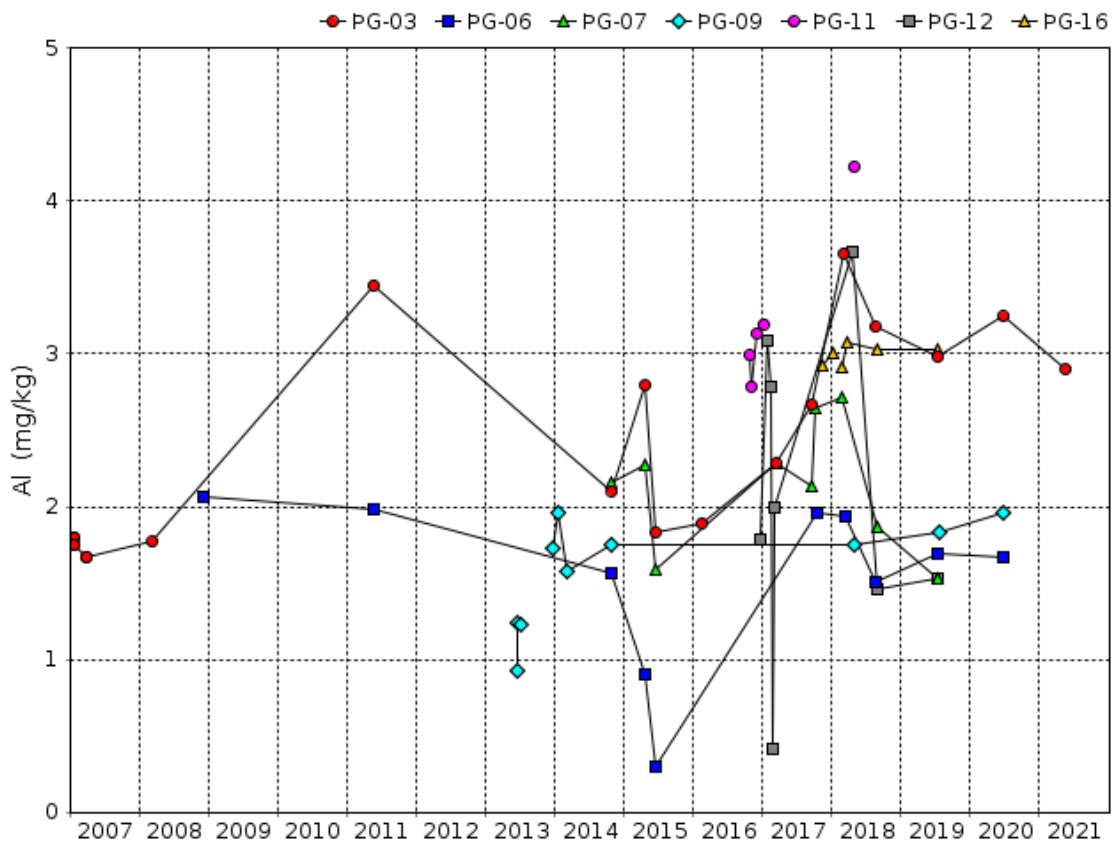
Mynd 15 Borholur á B og C-teigi. CO₂ í gufu á móti tíma.



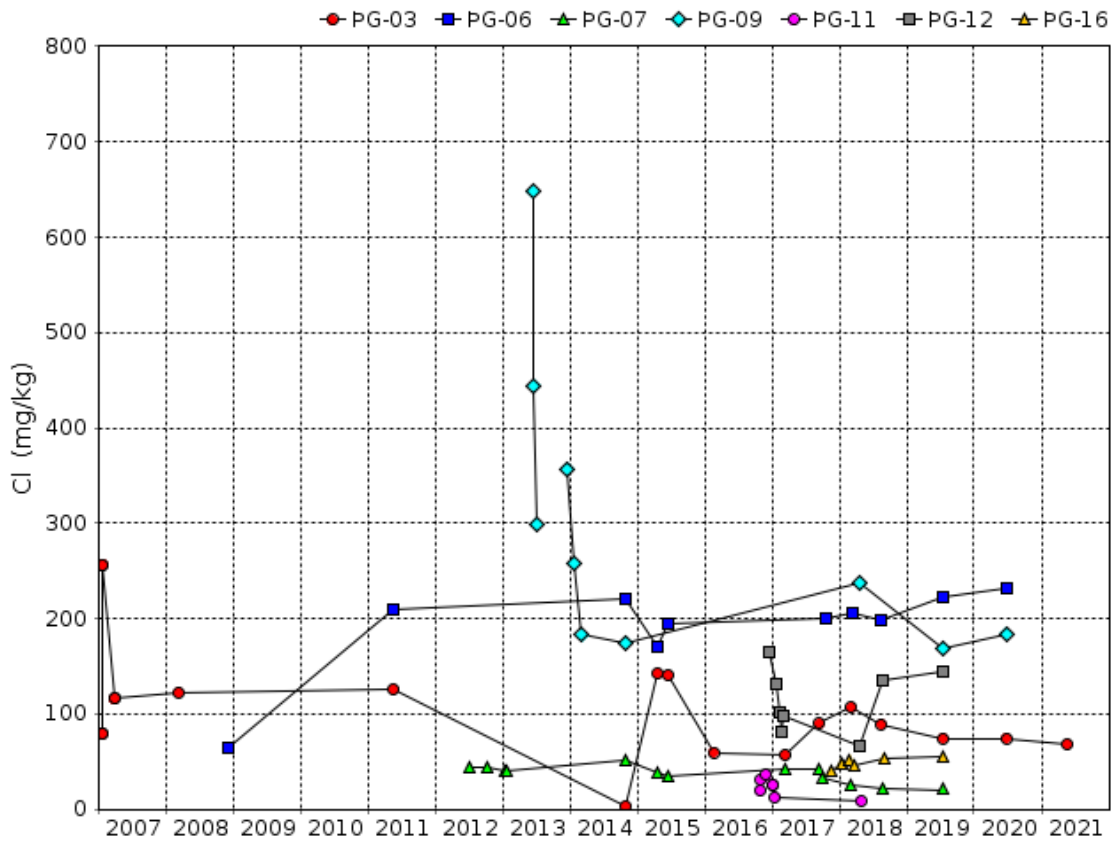
Mynd 16 Borholur á B og C-teigi. H₂S í gufu á móti tíma.



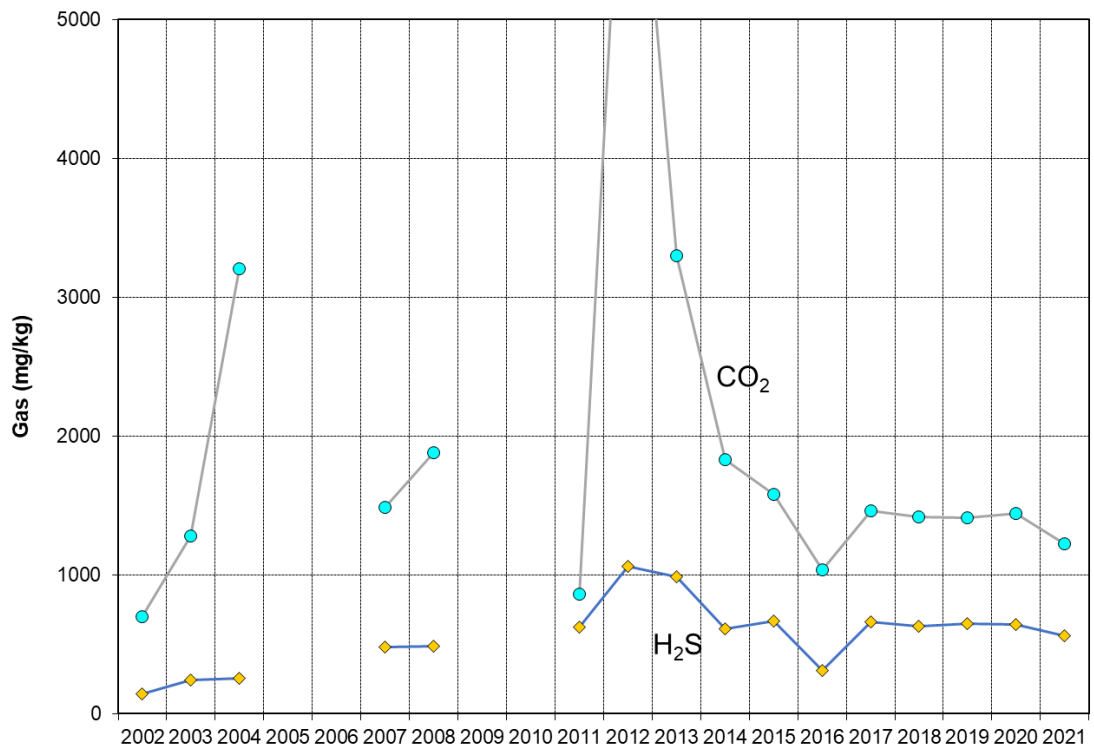
Mynd 17 Borholur á B og C-teigi. SiO₂ í vatni á móti tíma.



Mynd 18 Borholur á B og C-teigi. Al í vatni á móti tíma.



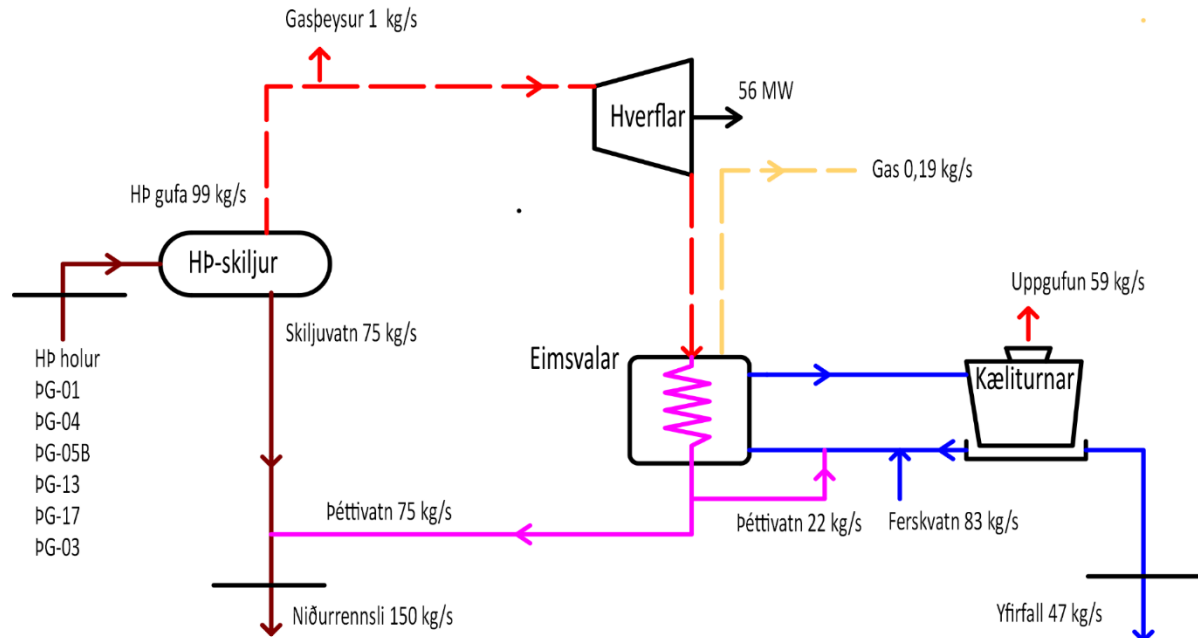
Mynd 19 Borholur á B og C-teigi. Cl í vatni á móti tíma.



Mynd 20 CO₂ og H₂S í gufu. Vegið meðaltal gassýna úr blásandi borholum.

2.2.2 Vinnslurás

Eftirfarandi flæðirit fyrir Þeistareykjastöð sýnir stöðuna þegar sýnum var safnað til efnagreininga.



Mynd 21 Flæðirit fyrir Þeistareykjastöð í maí 2021

Holur á C-teigi eru tengdar skilju 1 og holur á A-teigi eru tengdar skilju 2. Holurnar á A-teigi eru mun afkastameiri og streymir því skiljuvatn og gufa um jöfnunarlegg úr skilju 2 í skilju 1. Gufa úr skilju 1 er tengd inná vél 1 og úr skilju 2 inná vél 2. Skiljuvatn frá báðum skiljum er sameinað og blandast við þéttivatn frá stöðinni og rennur niður í holur á niðurrennsliðssvæði.

Gassamsetning gufu inn á vélar var einnig efnagreind og er samsetning gassins sýnd í töflu 7. Samsetning útblástursgass er sýnd í töflu 8. Hlutfall súrefnis og köfnunarefnis í útblástursgasinu er mælikvarði á loftleka í eimsvala en súrefni mældist 1,73% í gasi frá vél 1 og 1,72% frá vél 2. Miðað við aukningu köfnunarefnis í útblástursgasinu var loftlekinn um 10,2 l/s í vél 1 og 10,5 l/s í vél 2.

Sýni voru tekin af kælivatni bæði úr eimsvala og kæliturnum og eru niðurstöður sýndar í töflu 8. Ferskvatni er dælt á kæliturnana og hækkar styrkur steinefna í kælivatninu vegna uppgufunar.

Tafla 7 Þeistareykjastöð, efnagreining gufu, sýnataka 2021-05-17.

Staður	Gufa							Gas
	Rennsli ¹⁾	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	w%
HP-gufa 1	48,8	1381	526	24,3	17,5	0,63	0,50	0,19
HP-gufa 2	49,9	1334	532	24,2	16,7	0,45		0,19
Samtölur	98,7	1357	529	24,2	17,1	0,54	0,25	0,19

¹⁾Mælt inná vélar

Tafla 8 Þeistareykjastöð, efnagreining gass, sýnataka 2021-05-17 og 2021-05-18.

	NCG	CO ₂	H ₂ S	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	Ar
Staður	l/s	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%
HP-gufa 1	71,1	52,70	25,92	20,23		1,05	0,07	0,02
HP-gufa 2	71,5	51,75	26,65	20,53		1,02	0,05	
Gas 1		43,74	23,92	19,82	1,73	10,68	0,04	0,06
Gas 2		43,70	23,34	20,16	1,72	10,92	0,06	0,10

2.2.3 Frárennsli

Stöðin framleiddi 56 MW þegar sýnin voru tekin. Gufustreymi inn á vélar var 99 kg/s og styrkur CO₂ 1357 mg/kg og H₂S 529 mg/kg. Losun CO₂ frá stöðinni reiknast 8,5 g/kWh og losun H₂S 3,3 g/kWh.

Frárennsli skiljuvatns í skiljustöðinni mældist um 75 kg/s. Þéttivatni er blandað í skiljuvatnið og lækkar hitastigið við það úr 178 °C í 95 °C. Vatnið rennur síðan niður í niðurrennslisholur og mældist rennslið vera 150 l/s. Tekin voru efnasýni af skiljuvatni úr báðum skiljum og einnig úr blöndunni sem rennur í holur og eru niðurstöður sýndar í töflu 9. Styrkur kísils er við mettunarmörk en styrkur óklofins kísils er undir mettunarmörkum í niðurdælingarblöndunni, sjá mynd 22.

Sýni voru tekin úr hitaveituholu, PR-14 og eru niðurstöður sýndar í töflu 10.

Pungmálmar voru greindir í kælivatns og frárennslissýnum og eru niðurstöður í töflu 11. Til samanburðar er birt tafla 12, sem notuð er til að flokka yfirborðsvatn m.t.t. mengandi efna. Þau gildi sem eru hærrí en mörk fyrir fyrsta flokk eru feitletruð og rauðlituð í töflunni. Styrkur arsens (As) í skiljuvatninu og niðurrennslisvatninu fer yfir mörk. Styrkur fosfórs (P) í ferskvatni sem og í kælivatni mælist langt yfir mörkum og einnig mælist styrkur króms (Cr) og kopars (Cu) yfir mörkum í kælivatninu. Fosfór leysist úr jarðlögum og er náttúrulega mikill í grunnvatni á svæðinu en króm og kopar leysast úr lagnakerfi stöðvarinnar. Vatni frá kæliturnum er fargað í grunna borholu við stöðina og hefur því ekki áhrif á lífríki á yfirborði.

Tafla 9 Efnasamsetning vatns í Þeistareykjastöð 2021.

Staður	Tími	Rennsli	Hitastig	pH	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Al	Fe	F	Cl	SO ₄	B	Rafleiðni	SS
		kg/s	°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
Ferskvatn	2021-05-18		7,6	8,36	32		23,3	10,1	1,01	7,37	3,67	0,005	0,002	0,10	4,81	9,8	<0,01		
Kæliturn 1	2021-05-18		23,1	8,24	44		33,2	17,1	1,38	10,04	5,02	0,011	0,007	0,12	11,5	15,8	0,016		
Kæliturn 2	2021-05-18		23,2	8,21	38		27,8	14,5	1,16	9,37	4,49	0,009	0,005	0,13	9,46	13,5	0,013		
Eimsvali 1	2021-05-18		33,6	6,75	0,8		<0,06	0,02	<0,4	<0,1	0	0,001	0,005		0	0,3	0,014		0,0
Eimsvali 2	2021-05-18		32,8	5,86	0,8		<0,06	<0,1	<0,4	<0,1	0	0	0,007			0,3	0,014		0,0
Gaskælir 1	2021-05-20		20,2	4,08	751	801	0,09	0,06	0,02	<0,1	0,009	0,002	0,025		0,01	1,3	0,016	48	0,3
Gaskælir 2	2021-05-20		20,2	4,09	634	684	<0,06	0,07	0,02	<0,1	0,002	0,003	0,008	0,00	0,04	0,7	0,013	37	0,0
Skiljustöð 1	2021-05-17	50	176,1	8,73	29	63	722	120	22,17	0,28	0,002	1,87	0,005	1,30	64,9	62	1,20	424	0,1
Skiljustöð 2	2021-05-17	25	176,4	8,80	35	64	713	121	22,43	0,37	0,002	2,05	0,006	1,31	64,9	68	1,23	401	0,0
Niðurrennsli	2021-05-18	150	95,0	8,37	27	40	342	59	10,88	0,14	0,001	0,93	0,004	0,62	30,1	18	0,58	260	0,0

Tafla 10 Þeistareykjastöð. Hitaveituhola PR-14.

Tími	Skilja	Gufa							Vatn															
	Vermi	Rennsli	CO ₂	H ₂ S	H ₂	N ₂	CH ₄	NH ₃	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	mg/kg
2021-05-20	956	0,15	969	234	0,2	10,3	0,09	0,2	0,85	9,48	24,9	19,86	352,7	114,8	10,6	1,08	0,001	0,004	1,088	0,76	39,9	33,5	0,58	

Tafla 11 Næringarefni og þungmálmur í vatni frá Þeistareykjastöð 2021.

Nafn	Tími	PO ₄	NH ₃	NO ₃	P	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Ferskvatn*)	2021-05-18	0,223		0,034	0,088	0,725	0,134	0,803		0,129	<0,002	<0,002	<0,01
Kæliturn 1	2021-05-18	0,126		0,021	0,126	1,38	0,165	2,28		0,21	<0,002	<0,002	0,014
Kæliturn 2	2021-05-18	0,009		0,016	0,104	1,15	0,164	1,49		0,118	<0,002	<0,002	<0,01
Eimsvali 1	2021-05-18		0,048	0,016	<0,001	<0,01	0,076	<0,1		<0,05	<0,002	<0,002	<0,01
Eimsvali 2	2021-05-18		0,033	0,045	<0,001	<0,01	<0,05	<0,1		<0,05	<0,002	<0,002	<0,01
Gaskælir 1	2021-05-20		0,056	0,009	0,001	0,604	0,852	<0,1		0,322	<0,002	0,015	<0,01
Gaskælir 2	2021-05-20	0,003	0,049	0,006	0,002	0,169	0,569	0,104		0,058	<0,002	0,031	<0,01
Skiljustöð 1	2021-05-17	0,087	0,02	0,004	<0,001	0,024	0,076	<0,1		13,7	<0,002	<0,002	<0,01
Skiljustöð 2	2021-05-17	0,006	0,007	0,105	0,001	0,114	0,062	<0,1		20,5	<0,002	<0,002	<0,01
Niðurrennsli	2021-05-18	0,003	0,021	0,025	<0,001	0,041	0,059	<0,1	<0,2	13,9	<0,002	<0,002	<0,01
Hitaveita ÞR-14	2021-05-20	0,003	0,016	0,012	<0,001	0,11	0,106	<0,1		7,53	<0,002	<0,002	<0,01

*) Sýnatökugrind 1.

Tafla 12 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.

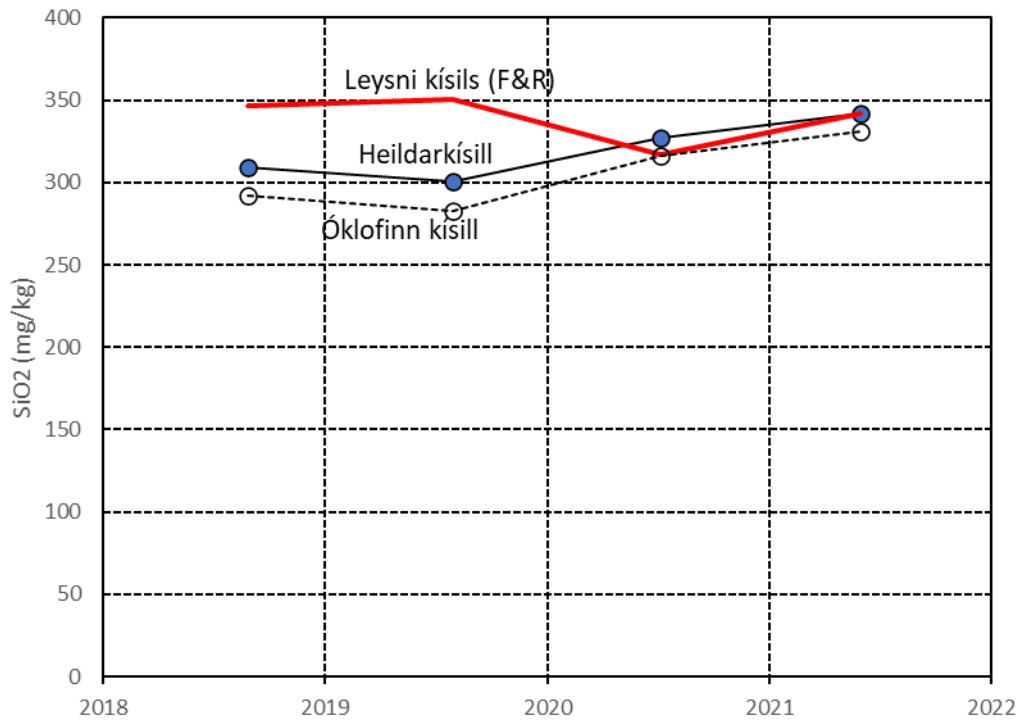
Umhverfismörk II: Lítil hættu á áhrifum.

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)



Mynd 22 Þeistareykjastöð. Kísilmettun í niðurdælingarvatni.

3 KRAFLA

Síðan virkjun Kröflu hófst árið 1974 hefur verið boruð 41 hola til gufuöflunar á svæðinu. Nú er 21 gufuborhola tengd Kröflustöð og tvær gufuborholur eru nýttar sem niðurdælingarholur. Orkuframleiðslan hófst með ræsingu vélarsamstæðu eitt árið 1977 og vélarsamstæðu tvö árið 1997. Þegar holurnar voru aflmældar og sýni tekin til árlegs eftirlits í maí 2021 voru 15 holur blásandi. Staðsetning borholanna er sýnd á eftirfarandi loftmynd. Fimm safnæðar liggja að skiljustöðinni. Lágprýstar holur, KG-05, KG-24 og KJ-06 í Leirbotnum er tengdar inná lágprýstiskiljur. Háprýstar holur í Leirbotnum, KJ-13 og, KJ-27 eru tengdar inná safnkistu fyrir háprýstiskiljur. Safnæð liggur frá Suðurhlíðum og tengir holur KJ-14, KJ-16, KJ-17, KJ-19, KJ-20, KJ-30, KJ-31 og KJ-37 við háprýstiskiljur. Frá Vesturhlíðum liggur önnur lögn sem tengir holur KJ-32, KJ-33, KJ-34, KJ-36, KJ-38, KT-40 og K-41. Fimmta lögnin liggur frá Hvíthólsvæðinu og tengir holu KJ-21 við háprýstiskiljur.

Þegar sýnum var safnað úr holunum voru holur KG-05, KJ-21, KG-24, KJ-27, KJ-33 og KJ-37 lokaðar. Tvær holur voru notaðar til niðurdælingar, KG-26 og KJ-39.

Á mynd 25 eru einnig sýndir sýnatökustaðir fyrir frárennsli frá stöðinni. Þ.e. úr læk frá skiljustöð, úr læk frá kæliturnum og úr V-yfirfalli þar sem sameinað vatn frá svæðinu rennur niður Dallæk.



Mynd 23 Tengdar og blásandi borholur í Kröflu árið 2021 (Orkustofnun-borholuskrá).

3.1 AFKASTAMÆLINGAR

3.1.1 Afköst borhola

Þegar sýnin voru tekin í júní árið 2021 voru 15 holur tengdar stöðinni. Mælingar á afköstum eru sýndar í töflu 13.

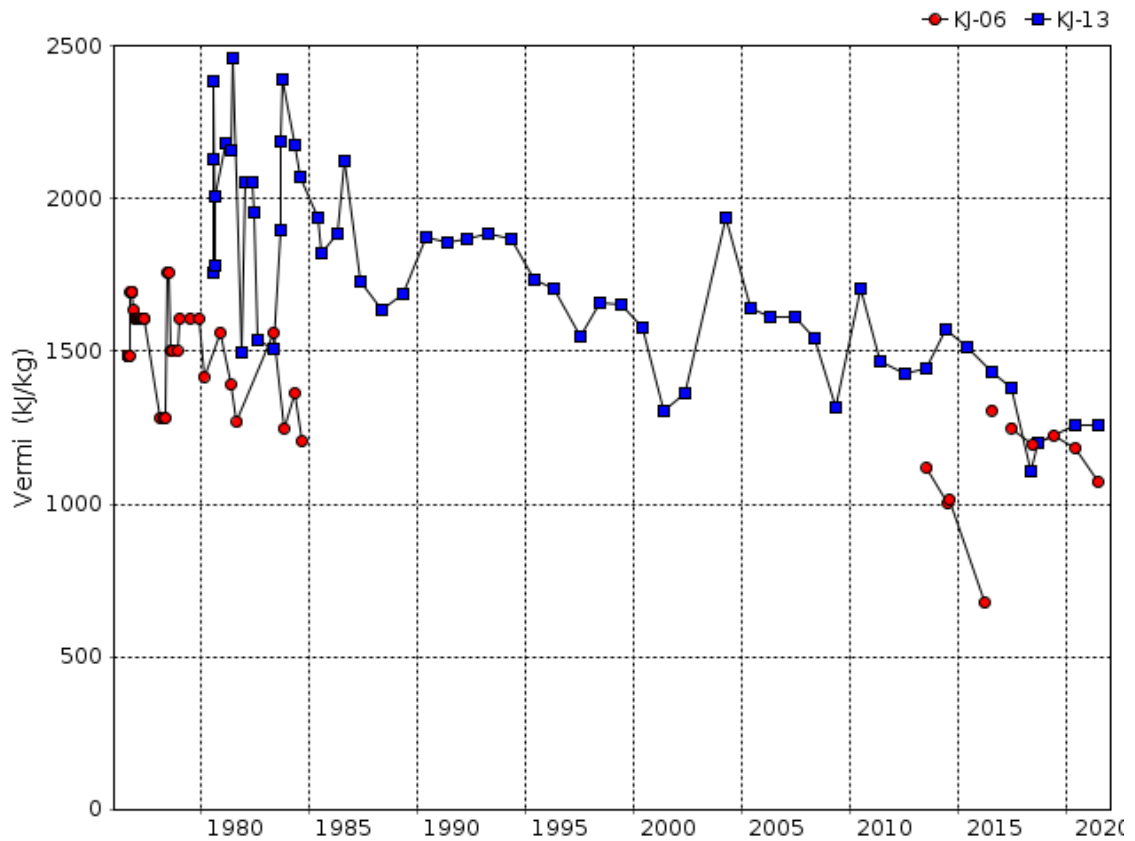
Tafla 13 Kröflustöð, afköst tengdra borhola sumarið 2021.

Staður	Svæði	Dags	Topp	Heildar	
			Þrýstingur (barg)	Vermi kJ/kg	Rennsli kg/s
KJ-6	Leirbotnar	2021-06-09	5,24	1073	47,0
KJ-13	Leirbotnar	2021-06-30	10,40	1261	31,5
KJ-14	Suðurhlíðar	2021-07-05	10,86	2740	4,3
KJ-16	Suðurhlíðar	2021-06-30	17,61	2570	2,3
KJ-17	Suðurhlíðar	2021-06-30	15,54	2558	4,4
KJ-19	Suðurhlíðar	2021-06-30	10,39	2646	3,8
KJ-20	Suðurhlíðar	2021-07-01	11,9	2627	4,8
KJ-30	Suðurhlíðar	2021-06-30	16,77	2713	8,0
KJ-31	Suðurhlíðar	2021-07-05	9,77	2780	0,6
KJ-32	Vesturhlíðar	2021-06-29	10,32	1102	46,4
KJ-34	Vesturhlíðar	2021-06-21	17,65	2347	15,4
KJ-36	Vesturhlíðar	2021-07-07	39,53	2685	10,1
KJ-38	Vesturhlíðar	2021-07-07	31,76	1956	9,0
KT-40	Vesturhlíðar	2021-07-06	26,3	2764	18,8
KJ-41	Vesturhlíðar	2021-07-05	21,66	2778	6,2
		Samtölur		1723	212,7

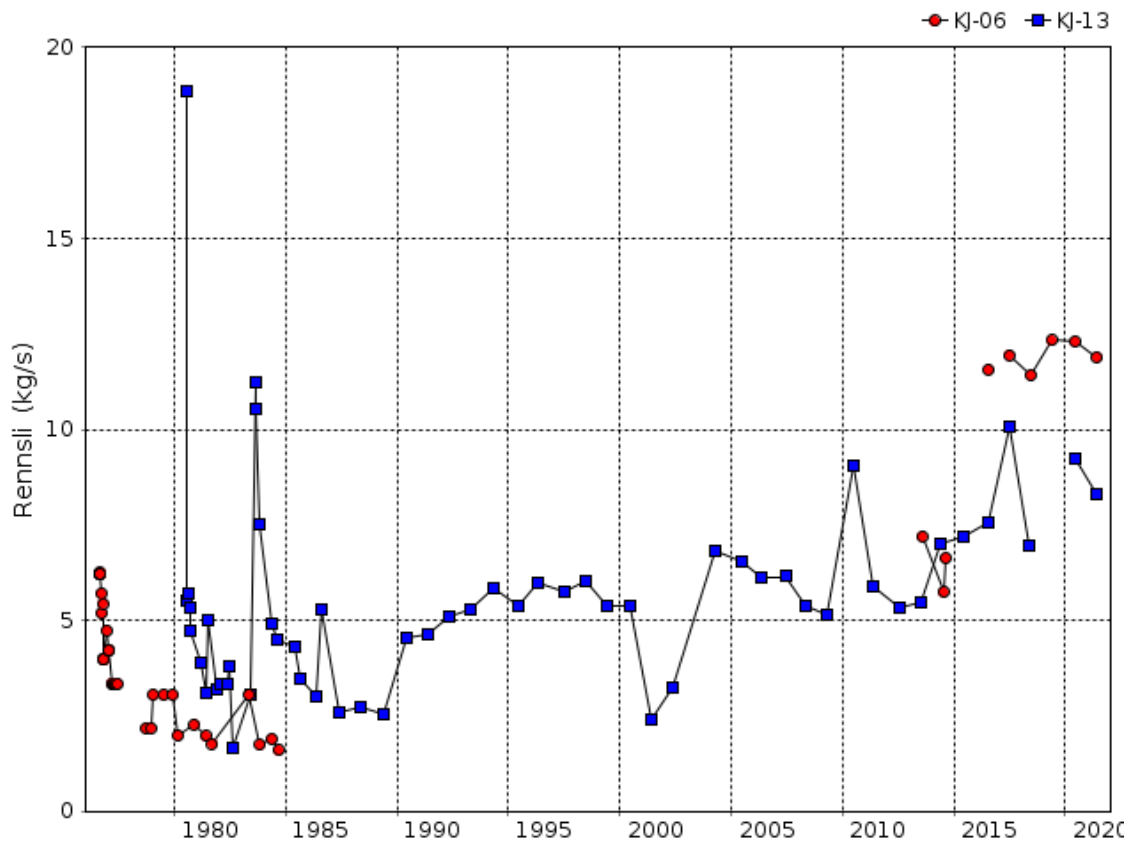
Þróun afkasta borhola er sýnd á myndum 24 til 32. Myndir 33 og 34 sýna vegið meðaltal vermis og samtals rennsli gufu og vatns úr tengdum og blásandi holum í Kröflu.

Hola KJ-30 í Suðurhlíðum og hola KJ-34 í vesturhlíðum hafa minnkað verulega í afli undanfarin ár. Þær minnkuðu einnig mikið milli ára núna. Þetta voru lengi afkastamestu holurnar í Kröflu og munar mikið um þær. Árið 2020 var hert að holunum til þess að athuga hvort það myndi draga úr dvínun holanna og þar með útfellingarhættu í þeim. Þetta hefur ekki haft mikil áhrif á þessa þróun enda eru holurnar með hátt vermi. Hola KJ-30 er leiðaralaus við aðalæðina og leiðari í holu KJ-34 er mikið skemmdur vegna tæringar. Þess vegna er ekki ráðlegt að loka og opna fyrir holurnar að óþörfu.

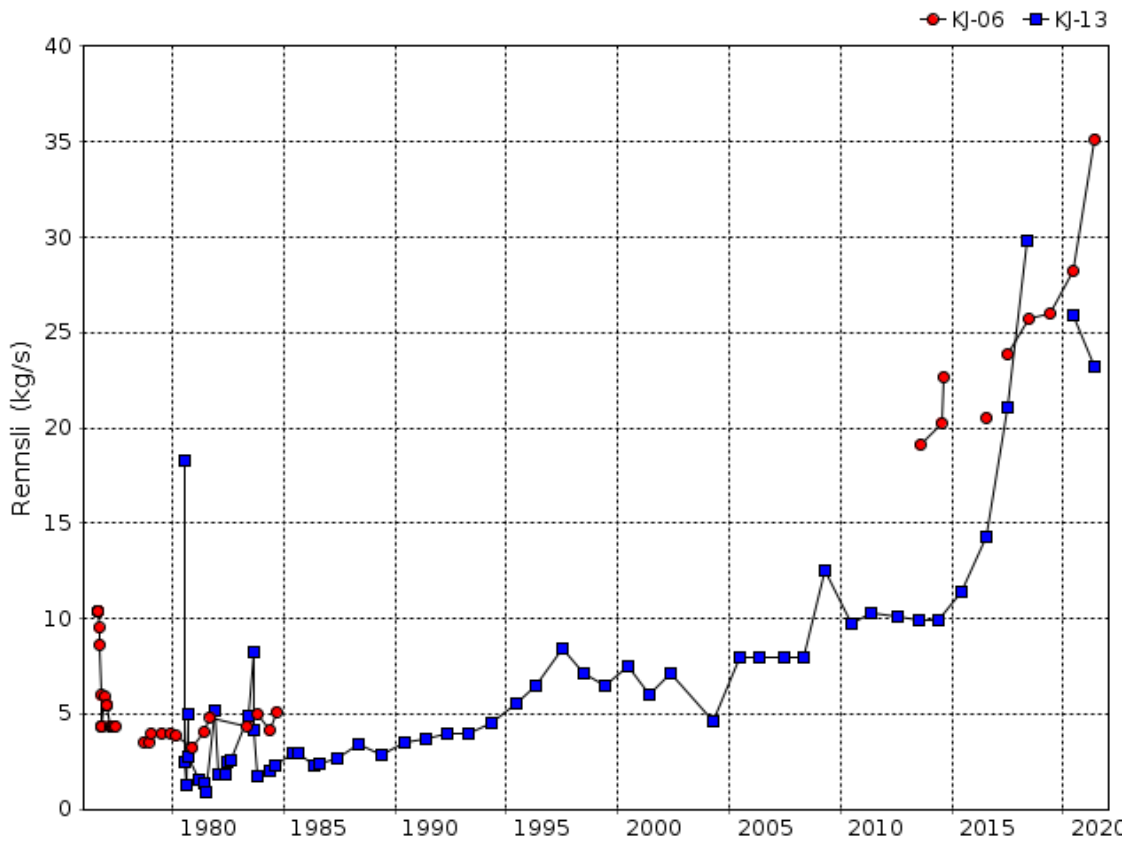
Nú voru vatnsmiklar holur hvíldar til þess að minnka losun skiljuvatns í Dallæk. Síðan um mitt ár 2013 hefur hola KJ-39 verið nýtt sem niðurdælingarhola. Dregið hefur verið verulega úr því eftir að vísbendingar komu fram sem sýndu að hún hafði neikvæð áhrif á afköst borhola í Suðurhlíðum. Hola KJ-26 hefur verið aðal niðurdælingarhola skiljuvatns Kröflustöðvar síðan 2002. Árið 2017 voru framkvæmdar rennismælingar í holunni sem sýndu að dregið hafði verulega úr rennsli niður fyrir 1840 m en helsta æð holunnar hafði áður verið í botni holunnar í um 2115 m. Svipað magn af skiljuvatni er að fara ofan í holuna og verið hefur en rennslið er að mestu að fara út í 1700-1750 m (Þorsteinn Egilson, 2017).



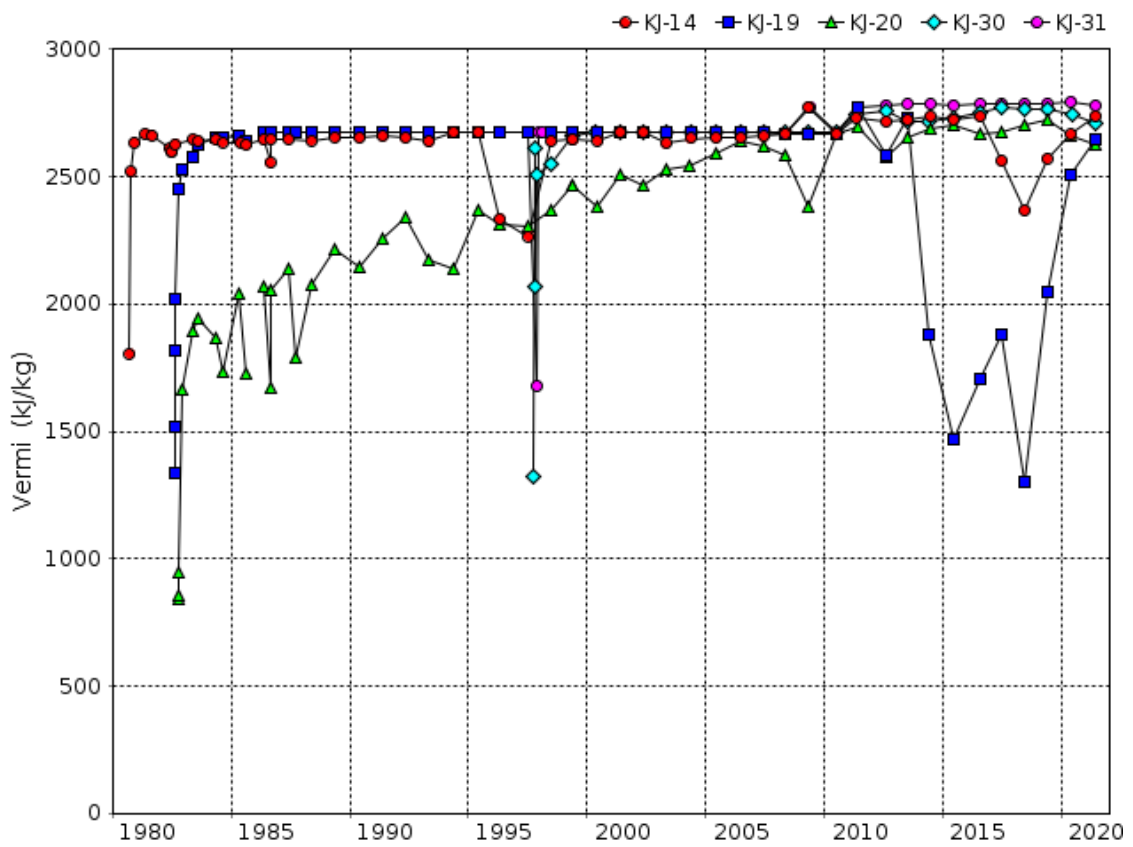
Mynd 24 Leirbotnar. Vermí samkvæmt afkastamælingum.



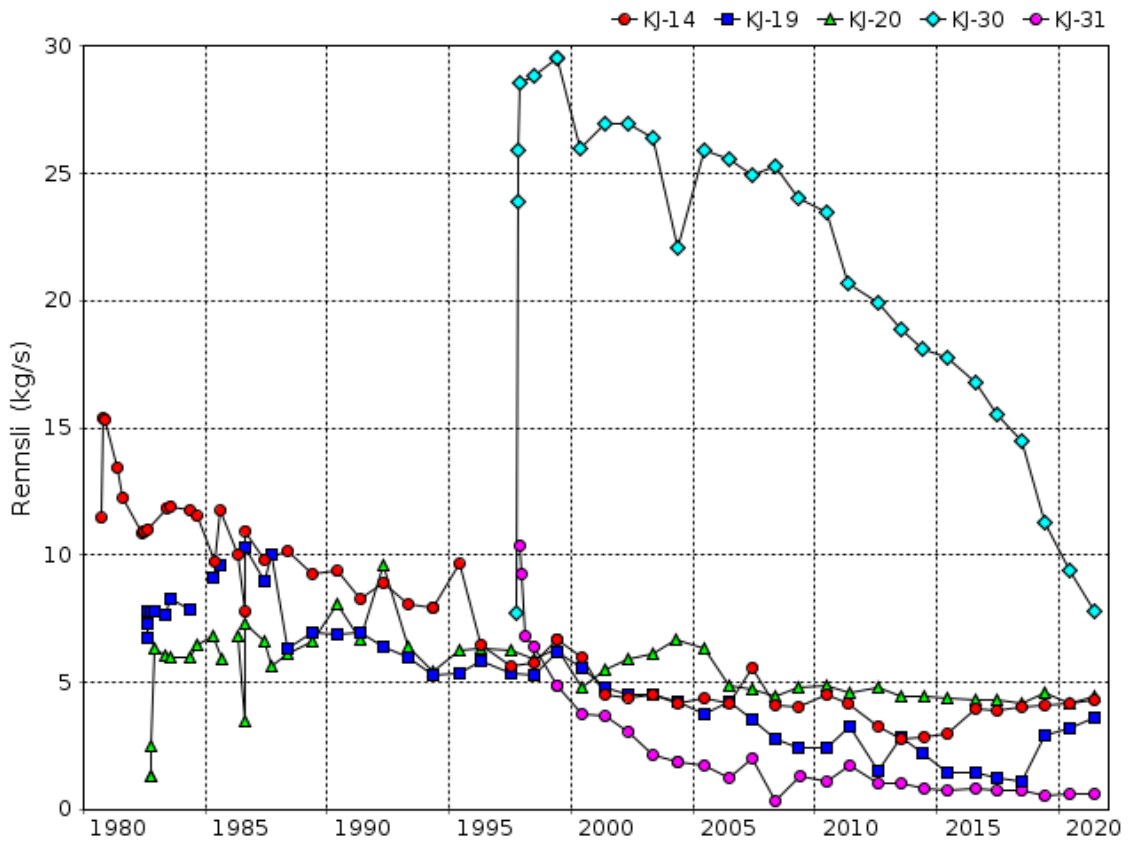
Mynd 25 Leirbotnar, gufurennslí úr holum.



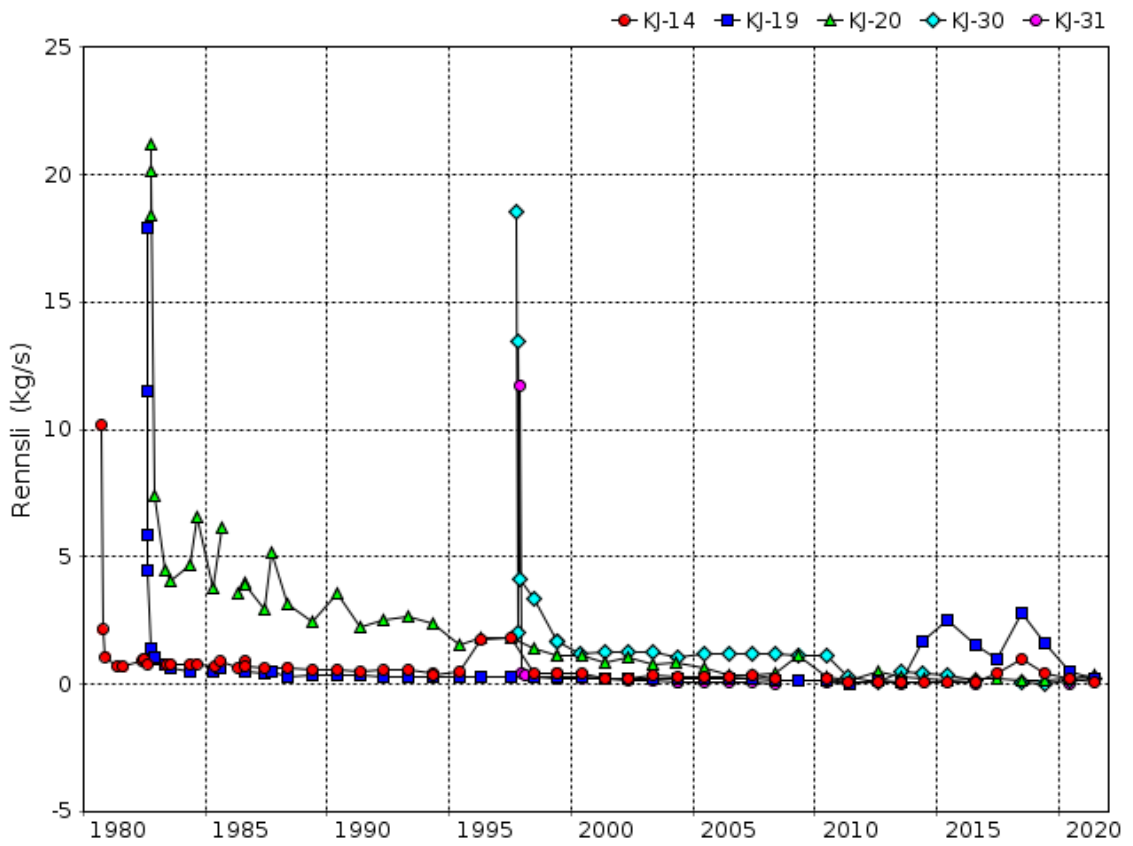
Mynd 26 Leirbotnar, vatnsrennsli úr holum.



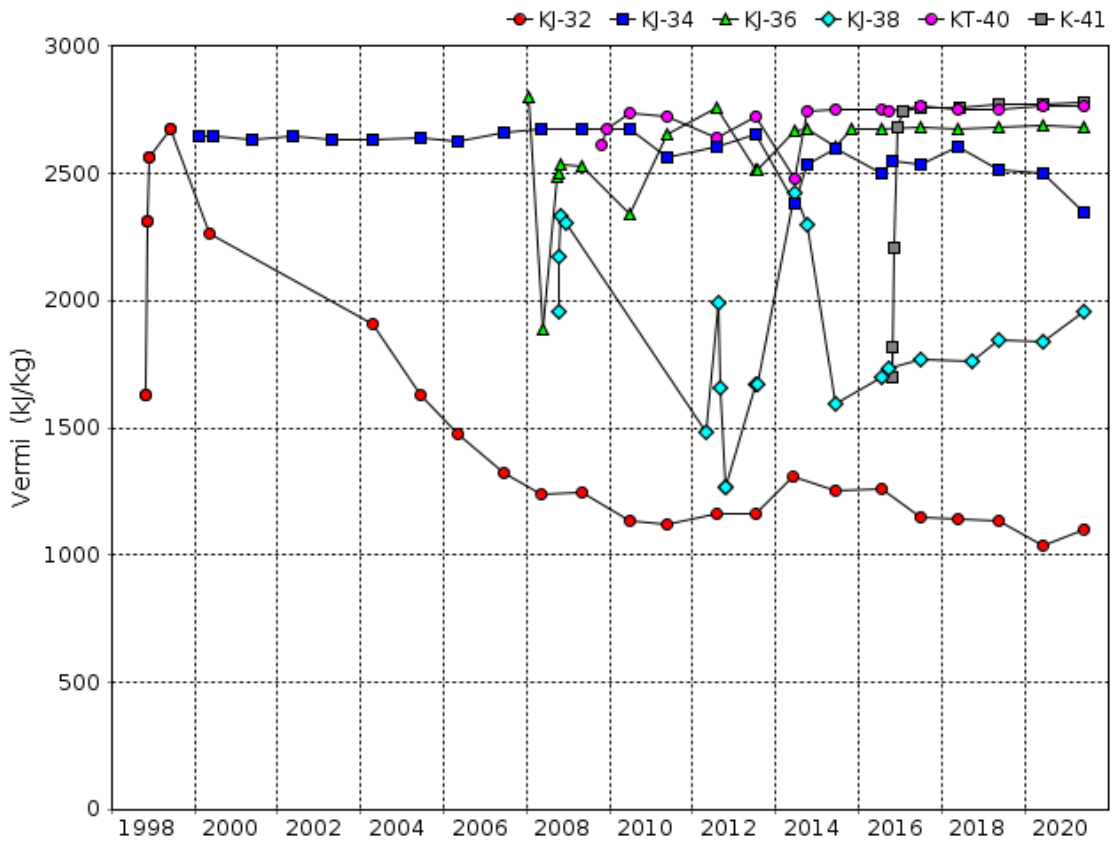
Mynd 27 Suðurhlíðar, vermi samkvæmt afkastamælingum.



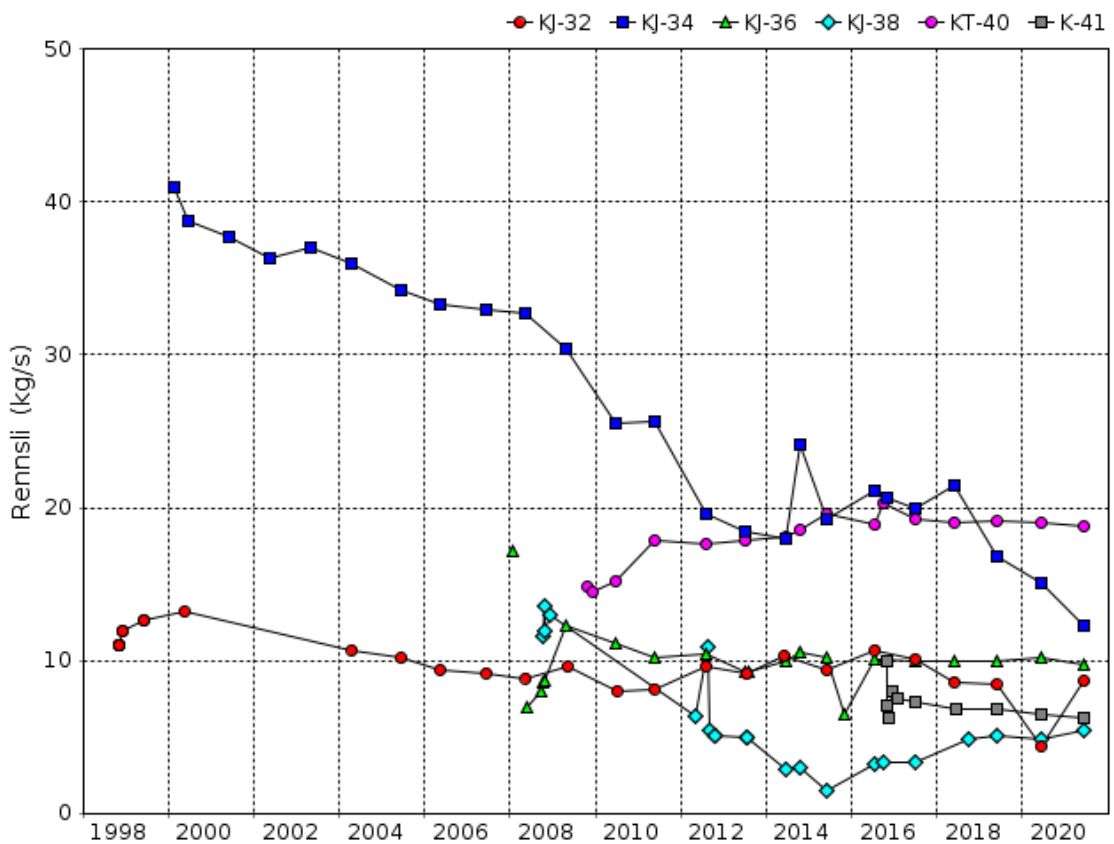
Mynd 28 Suðurhlíðar, gufurennslí úr holum.



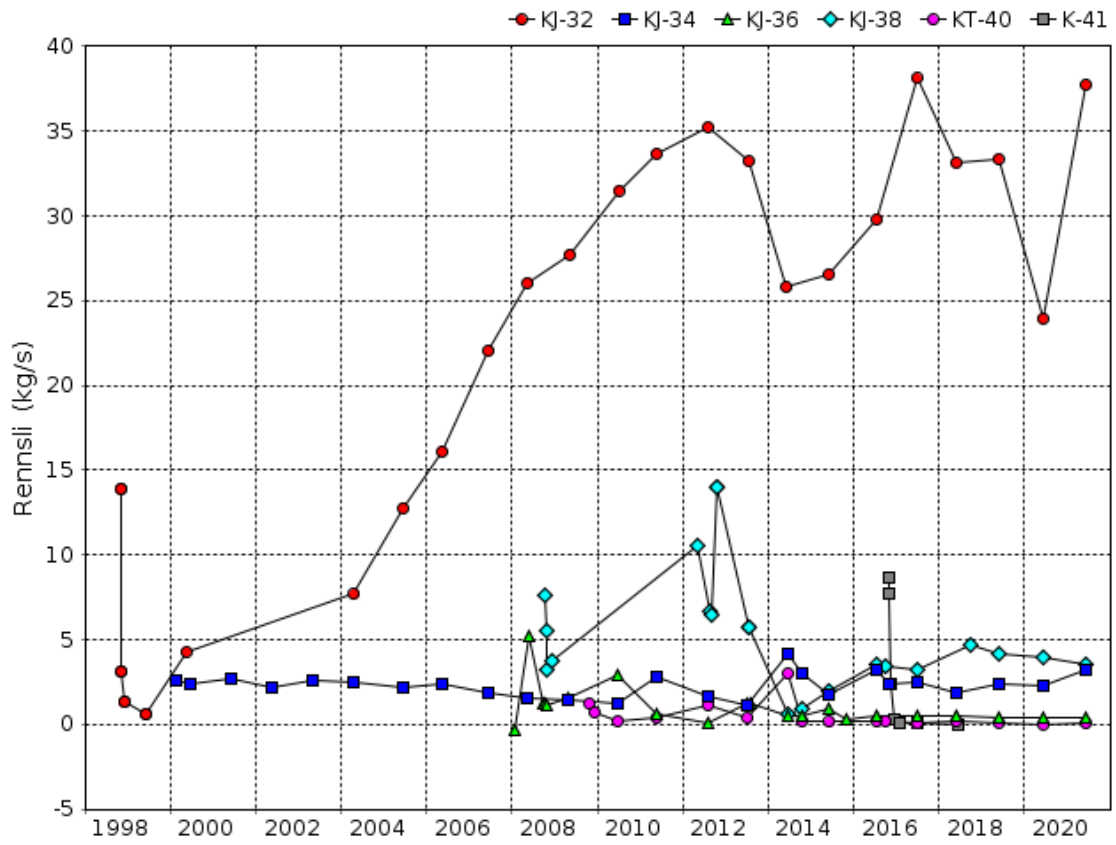
Mynd 29 Suðurhlíðar, vatnsrennsli úr holum.



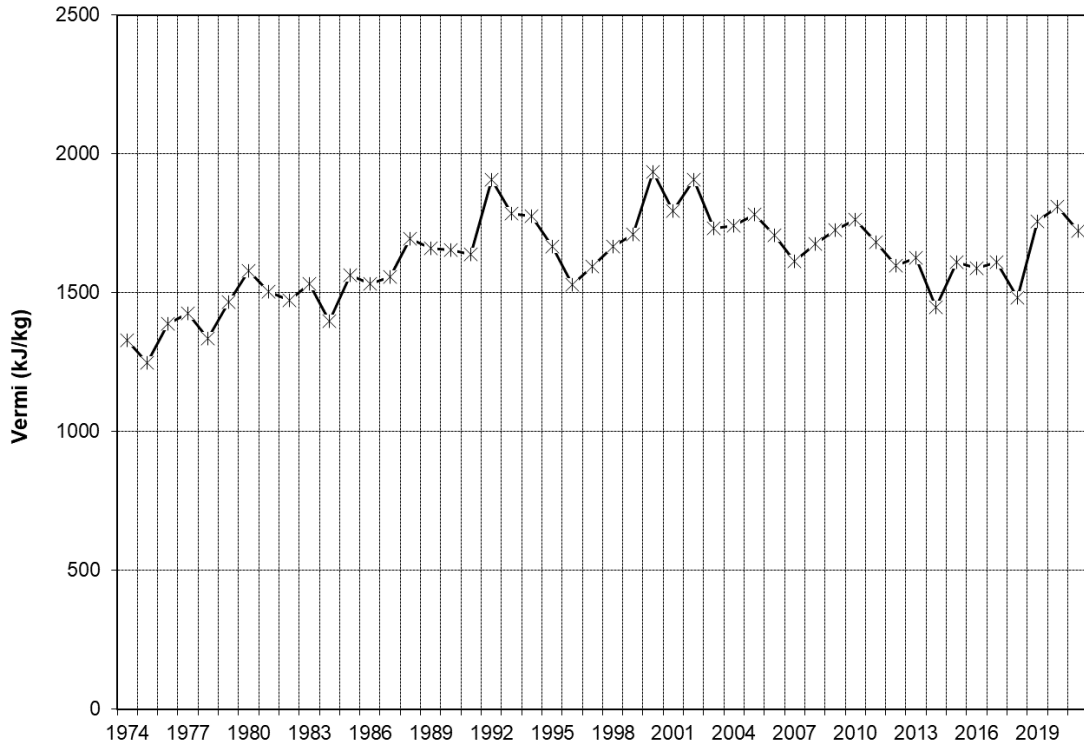
Mynd 30 Vesturhlíðar, vermi samkvæmt afkastamælingum.



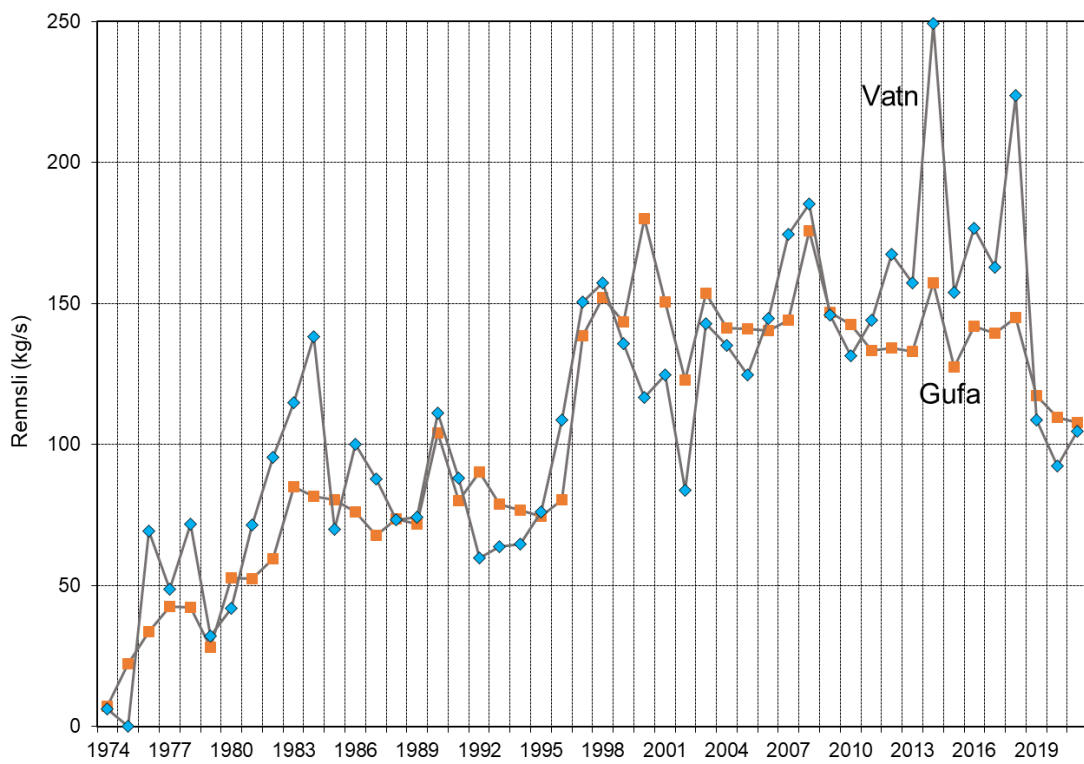
Mynd 31 Vesturhlíðar, gufurennslí úr holum.



Mynd 32 Vesturhlíðar, vatnsrennsli úr holum.



Mynd 33 Vegið meðaltal vermis úr blásandi borholum í Kröflu.



Mynd 34 Samtals gufu og vatnsrennsli úr blásandi borholum í Kröflu.

3.2 EFNAMÆLINGAR

3.2.1 Vatn og gufa úr borholum

Niðurstöður efnagreininga á vatni og gufu úr borholum í Kröflu, sem safnað var í eftirliti 2021, eru varðveittar í gagnagrunni ViewData.

Reiknaður efnastyrkur í gufu og vatni við skiljuþrýsting er sýndur í töflu 14. Fyrir lágvermisholurnar er miðað við 1,2 barg skiljuþrýsting og 7,0 barg þrýsting fyrir hávermisholur. Í töflunni kemur fram styrkur allra helstu efna sem og rennsli gufu og vatns í hverri holu.

Styrkur þungmálma í skiljuvatni frá holunum er sýndur í töflu 15. Styrkur arsens (As) er yfir viðmiðunarmörkum fyrir losun vatns á yfirborði en þar sem nánast öllu skiljuvatni var fargað niður um borholur þá kemur það ekki að sök. Zink (Zn) var ekki efnagreint því sýnin spilltust.

Í töflu 16 er tekið saman yfirlit um gasstyrk í gufu ásamt gassamsetningu og hversu mikið gas streymir úr hverri holu.

Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýstigufu, reiknast um 0,74%, sem er svipað og árið 2020 en þá var styrkurinn 0,75%. Heildargasstreymi inn í stöðina reiknast 0,88 kg/s en reiknaðist 0,87 kg/s árið 2020.

Reiknaður berghiti árið 2021 er sýndur í töflu 17.

Á myndum 35 til 41 eru dregnir upp ferlar fyrir styrk efna í gufu og vatni úr borholum á móti tíma.

Gasstyrkur úr holum í Vesturhlíðum hefur verið að minnka frá upphafi vinnslu úr svæðinu. Meiri gasminnkun varð árin 2029 til 2020. Mögulega hefur niðurdæling í holu KJ-39 haft áhrif en gasminnkunin gekk lítilega til baka í ár.

Vegið meðaltal CO₂ og H₂S styrks í gufu úr blásandi holum frá upphafi vinnslu er sýnt á mynd 42.

Tafla 14 Kröflustöð. Styrkur efna í vatni og gufu borhola árið 2021.

Staður	Tími	Skilja Vermi	Gufa							Vatn														
			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
KJ-06	2021-06-07	1073	11,89	1000	194	4,3	12,2	0,83	0,35	35,2	9,64	41,7	19,7	529	233	29,3	2,63		0,007	1,24	1,34	32	254	0,46
KJ-13	2021-06-07	1261	8,30	1515	412	11,4	3,9	0,28	0,06	23,2	9,36	37,9	39,5	614	234	32,7	3,14	0,001	0,001	1,39	1,49	49	250	0,89
KJ-14	2021-06-07	2740	4,26	7147	876	52,4	0,7	0,08	0,09	0,1	9,12	142,3	67,4	1086	288	55,2	1,12	0,002	0,005	0,61	6,01	138	64	15,10
KJ-20	2021-06-08	2627	4,42	11318	1416	54,0	12,5	1,90	0,25	0,3	8,93	151,7	72,9	965	264	45,8	1,89		0,003	0,86	2,14	199	47	3,61
KJ-31	2021-06-08	2780	0,57	7063	1540	78,4	13,0	0,90																
KJ-30	2021-06-08	2713	7,81	6219	1301	44,4	11,6	0,47		0,2	8,86	72,8	58,1	1085	273	51	2,98	0,001	0,002	0,71	3,76	251	79	13,06
KJ-19	2021-06-08	2646	3,60	5080	756	42,9	4,2	0,10		0,2	9,02	73,6	42,1	821	154	29,3	1,27		0,002	1,78	4,35	54	55	7,21
KJ-16	2021-06-09	2570	2,06	15712	1253	70,6	13,3	5,24	1,00	0,2	8,64	138,6	42,1	856	220	35,7	1,58	0,013	0,003	1,36	2,03	172	22	4,02
KJ-17	2021-06-09	2558	3,94	3739	771	38,9	19,0	3,95	0,30	0,5	9,24	77,1	61,5	828	157	27,5	0,61		0,003	2,33	3,19	26	42	1,74
KJ-32	2021-06-09	1102	8,63	1148	583	5,5	12,0	1,24	0,29	37,7	9,45	33,6	65,2	545	252	40,4	4,12		0,001	1,43	1,23	42	300	0,69
K-41	2021-06-09	2778	6,23	13168	1154	49,2	11,9	1,66	0,49															
KJ-34	2021-06-10	2347	12,24	5152	1890	49,7	16,8	0,53	0,36	3,2	8,84	56,5	79,1	659	213	37,2	2,58	0,002	0,005	1,34	2,00	148	89	4,85
KJ-36	2021-06-10	2685	9,72	8750	2387	57,2	17,3	1,17	0,29	0,4	8,64	78,4	81,5	640	155	24,4	1,42	0,001	0,001	1,68	1,17	68	65	5,98
KJ-38	2021-06-10	1956	5,43	7739	1571	30,6	32,2	1,59	0,07	3,6	8,87	90,4	70,1	521,1	176	22,1	2,75		0,001	1,59	1,27	54,5	117,2	0,71
KT-40	2021-06-10	2764	18,78	14793	1172	22,0	15,8	1,77	0,28	0,0	8,84	175,0	52,8	1906	240	44,8	4,23	0,009	0,025	6,52	7,97	17	80	18,37
	Samtölur	1723	107,9	7256	1151	32,9	13,7	1,23	0,29	104,8	9,03	41,1	44,8	563	237	34,1	3,26	0,001	0,003	1,36	1,38	45	256	0,88

Tafla 15 Styrkur þungmálma í borholusýnum í Kröflu 2021.

Staður	Tími	P	Cr	Ni	Cu	Zn ¹⁾	As	Cd	Hg	Pb
		mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
KJ-06	2021-06-07	<0,001	0,036	<0,05	0,101		7	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-13	2021-06-07	<0,001	<0,01	0,099	<0,1		37	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-14	2021-06-07	0,002	0,034	0,094	<0,1		973	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-16	2021-06-09	<0,001	0,061	0,051	<0,1		360	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-17	2021-06-09	<0,001	0,022	0,082	<0,1		151	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-19	2021-06-08	<0,001	<0,01	0,087	<0,1		492	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-20	2021-06-08	0,003	0,034	0,09	<0,1		337	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-30	2021-06-08	<0,001	0,022	0,07	<0,1		412	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-31	2021-06-08	<0,001	0,299	0,478	<0,1		8	<0,002	<0,002	0,012
KJ-32	2021-06-09	<0,001	<0,01	<0,05	<0,1		55	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-34	2021-06-10	0,002	0,01	0,077	<0,1		99	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-36	2021-06-10	<0,001	<0,01	0,064	<0,1		288	<0,002	<0,002	<0,01
KJ-38	2021-06-10	<0,001	<0,01	0,087	0,104		25	<0,002	<0,002	<0,01
KT-40	2021-06-10	<0,001	0,219	0,052	0,424		52	<0,002	0,007	<0,01
K-41	2021-06-09	0,011	0,667	0,157	1,57		33	<0,002	<0,002	0,021

¹⁾ Zn var ekki efnagreint því sýnin spilltust.

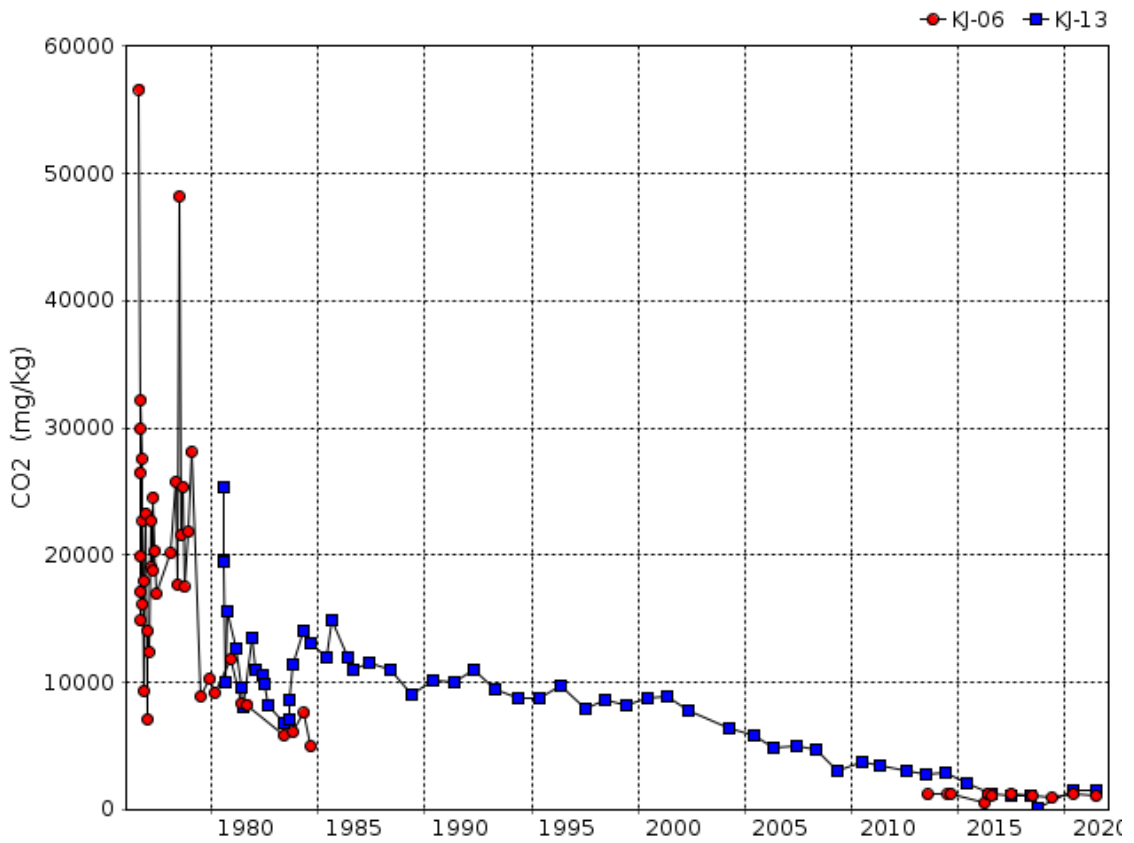
Tafla 16 Kröflustöð, borholur. Gas í gufu og gashlutföll árið 2021.

Staður	Tími	Gufa		Gas							
		Rennsli í gufu	í gufu	rennsli	hlutfall	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%
KJ-06	2021-06-07	11,9	0,12	0,01	0,76	73,22	18,36	6,80	1,40	0,17	0,03
KJ-13	2021-06-07	8,3	0,19	0,02	1,28	65,77	23,11	10,81	0,26	0,03	0,00
KJ-14	2021-06-07	4,3	0,81	0,03	5,24	75,84	12,00	12,14	0,01	0,00	0,00
KJ-16	2021-06-09	2,1	1,71	0,04	10,51	83,09	8,56	8,15	0,11	0,08	0,01
KJ-17	2021-06-09	3,9	0,46	0,02	3,13	66,46	17,70	15,10	0,53	0,19	0,01
KJ-19	2021-06-08	3,6	0,59	0,02	3,89	72,57	13,94	13,39	0,09	0,00	
KJ-20	2021-06-08	4,4	1,28	0,06	7,98	78,86	12,75	8,21	0,14	0,04	0,00
KJ-30	2021-06-08	7,8	0,76	0,06	4,94	69,97	18,89	10,91	0,21	0,01	
KJ-31	2021-06-08	0,6	0,87	0,00	6,00	65,48	18,44	15,87	0,19	0,02	
KJ-32	2021-06-09	8,6	0,17	0,02	1,14	56,14	36,85	5,88	0,92	0,17	0,02
KJ-34	2021-06-10	12,2	0,71	0,09	4,84	59,18	28,04	12,46	0,30	0,02	0,00
KJ-36	2021-06-10	9,7	1,12	0,11	7,29	66,73	23,51	9,53	0,21	0,02	0,00
KJ-38	2021-06-10	5,4	0,94	0,05	5,83	73,76	19,34	6,37	0,48	0,04	0,00
KT-40	2021-06-10	18,8	1,60	0,30	9,35	87,96	9,00	2,86	0,15	0,03	0,00
K-41	2021-06-09	6,2	1,44	0,09	8,76	83,58	9,46	6,81	0,12	0,03	0,00
	HP>LP	6,5									
	Samtölur	114,4	0,80	0,92	4,97	76,49	15,67	7,57	0,23	0,04	0,00

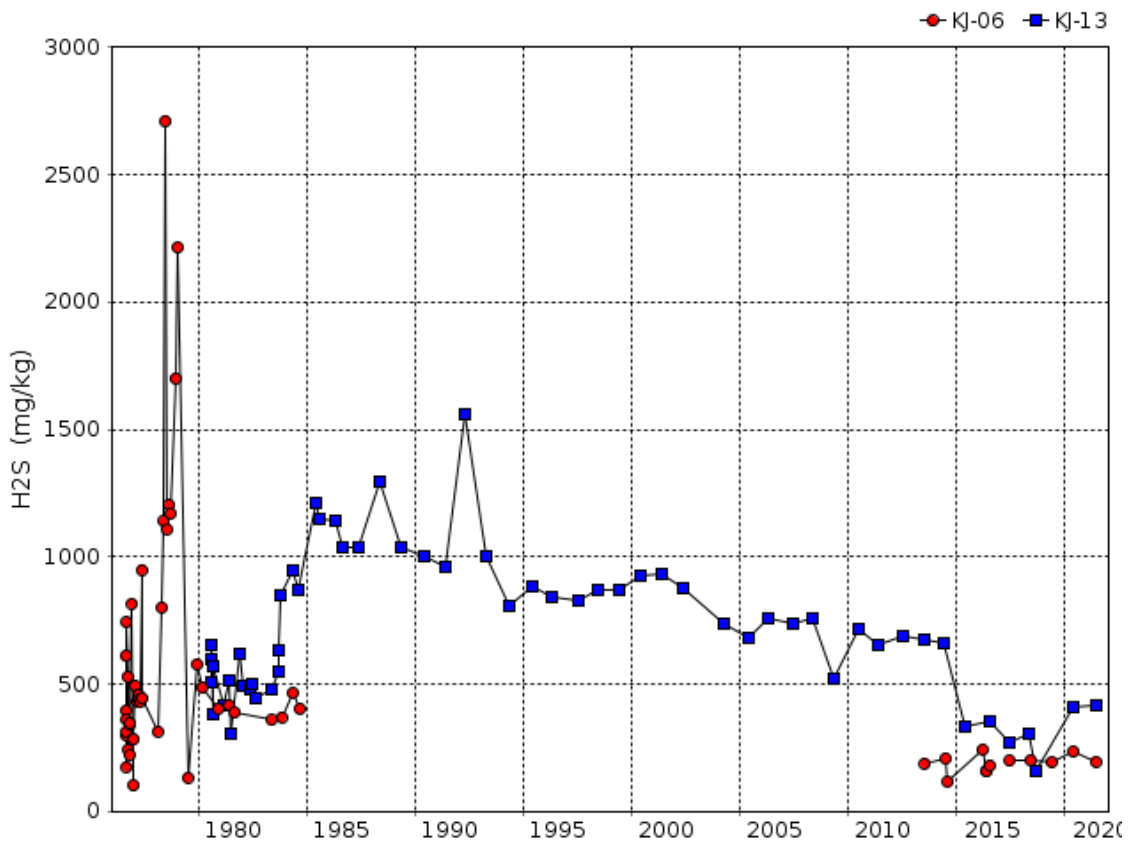
HP>LP: afsuða skiljuvatns úr hábrýstiholum.

Tafla 17 Kröflustöð, borholur. Reiknaður berghiti árið 2021.

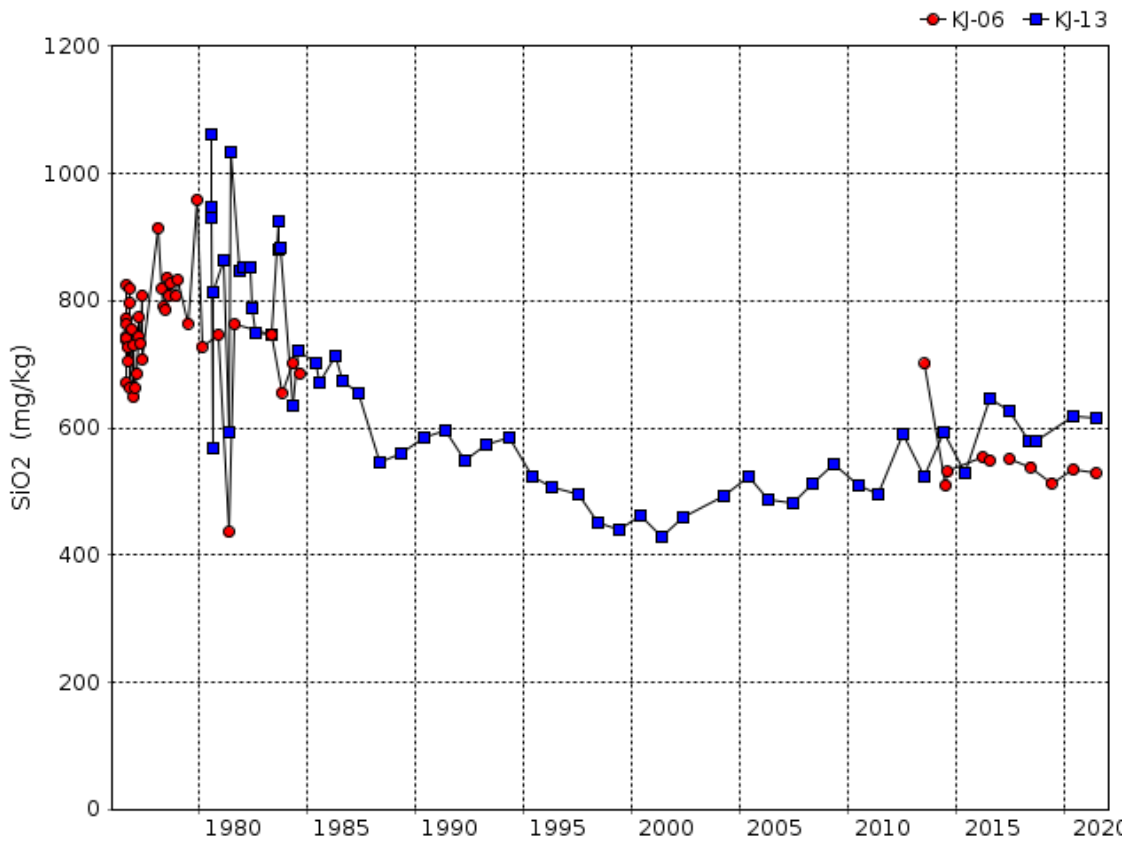
Nafn	Tími	Vermi	tSiO ₂ q	tNa/K	tCO ₂	tH ₂ /H ₂ S
		kJ/kg	°C	°C	°C	°C
KJ-06	2021-06-07	1073	239	235	205	287
KJ-13	2021-06-07	1261	257	246	218	291
KJ-14	2021-06-07	2740	257	281	275	302
KJ-16	2021-06-09	2570	291	262	290	301
KJ-17	2021-06-09	2558	283	271	258	299
KJ-19	2021-06-08	2646	275	279	266	301
KJ-20	2021-06-08	2627		270	284	296
KJ-30	2021-06-08	2713		278	271	295
KJ-31	2021-06-08	2780				299
KJ-32	2021-06-09	1102	248	261	186	273
KJ-34	2021-06-10	2347	260	271	266	290
KJ-36	2021-06-10	2685	239	259	279	288
KJ-38	2021-06-10	1956	243	235	275	285
KT-40	2021-06-10	2764	230	278	289	284
K-41	2021-06-09	2778		250		298



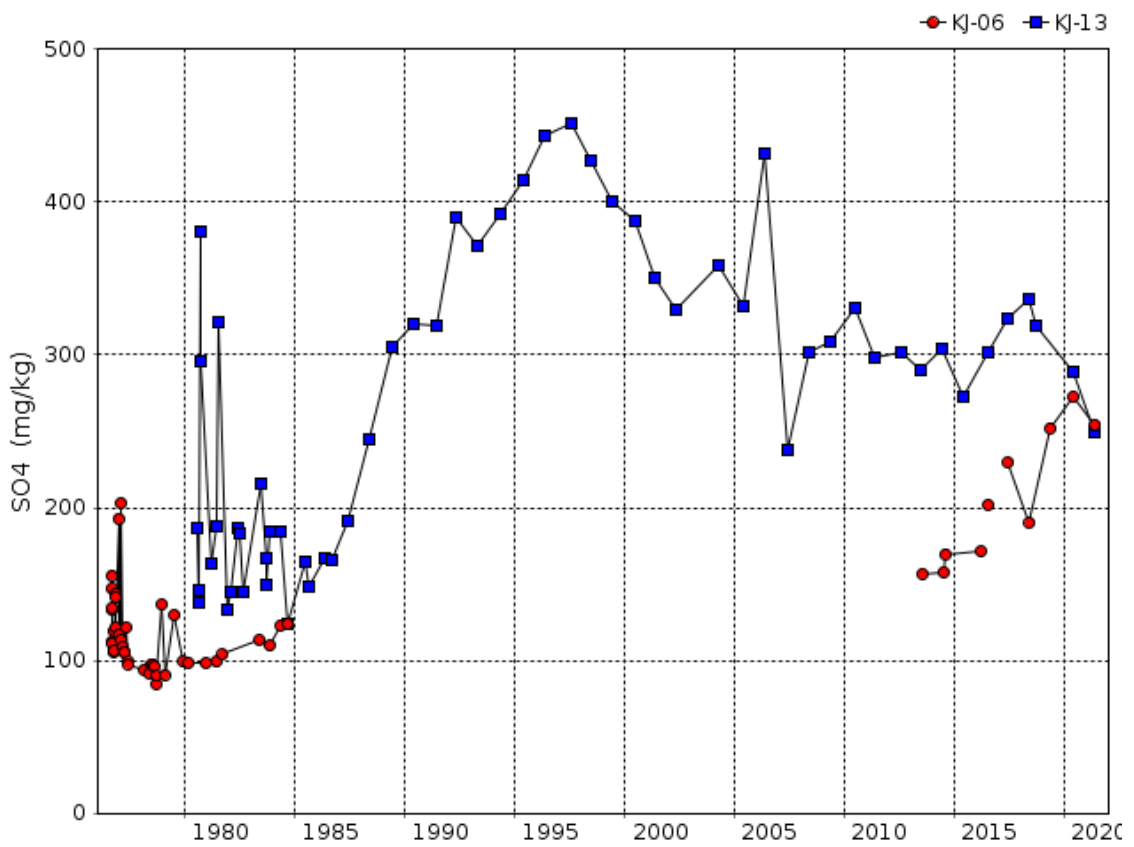
Mynd 35 Leirbotnar, CO₂ í gufu á móti tíma.



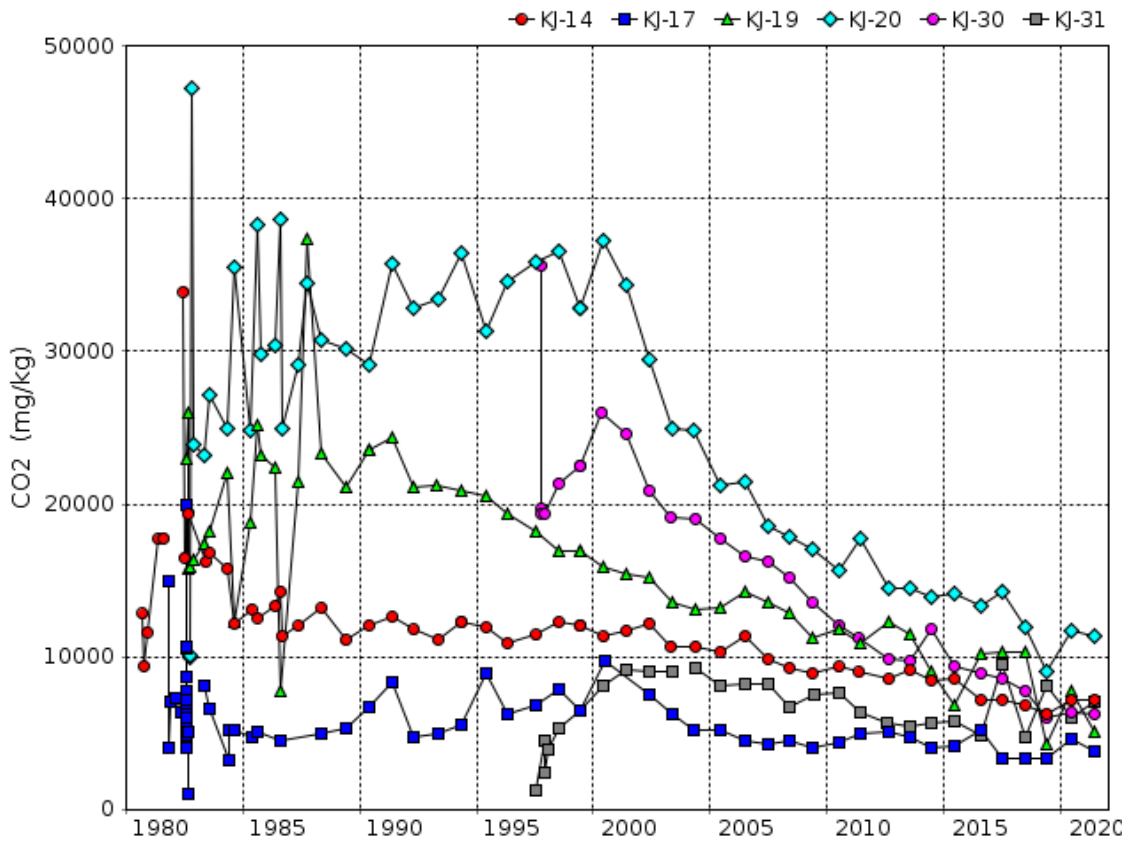
Mynd 36 Leirbotnar, H₂S í gufu á móti tíma.



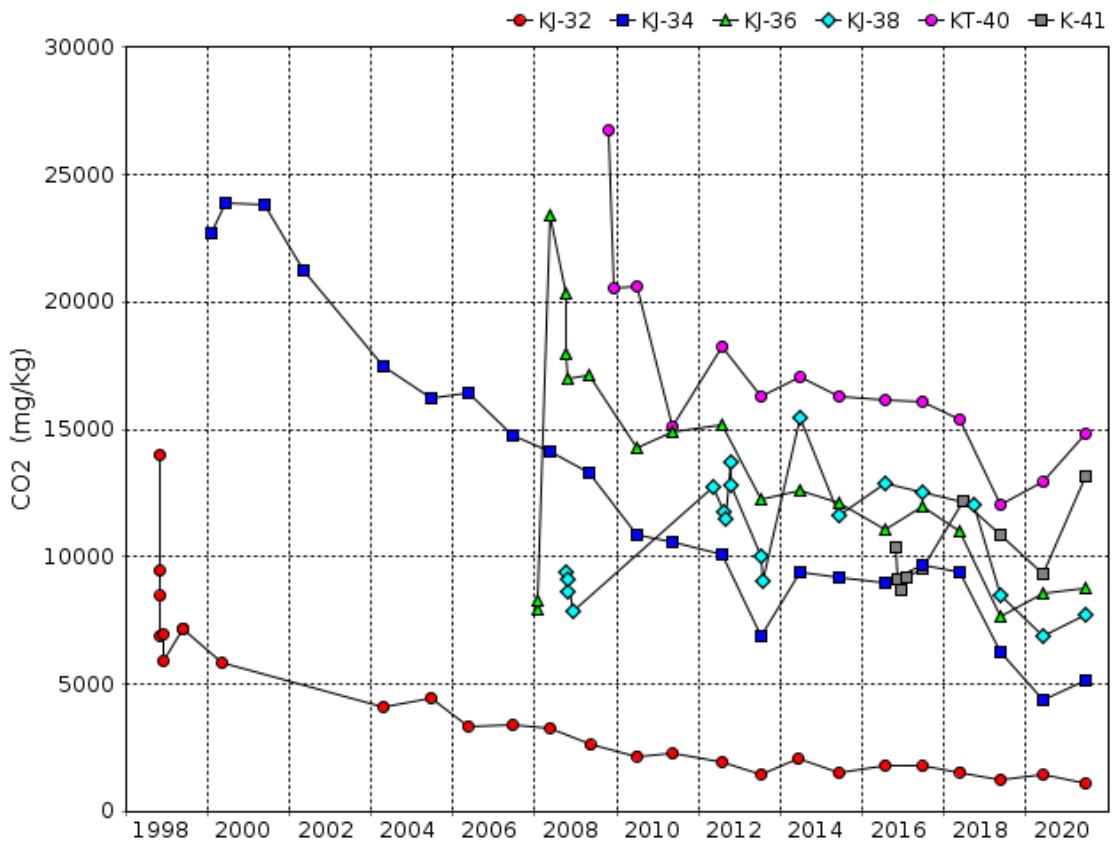
Mynd 37 Leirbotnar, SiO_2 í vatni á móti tíma.



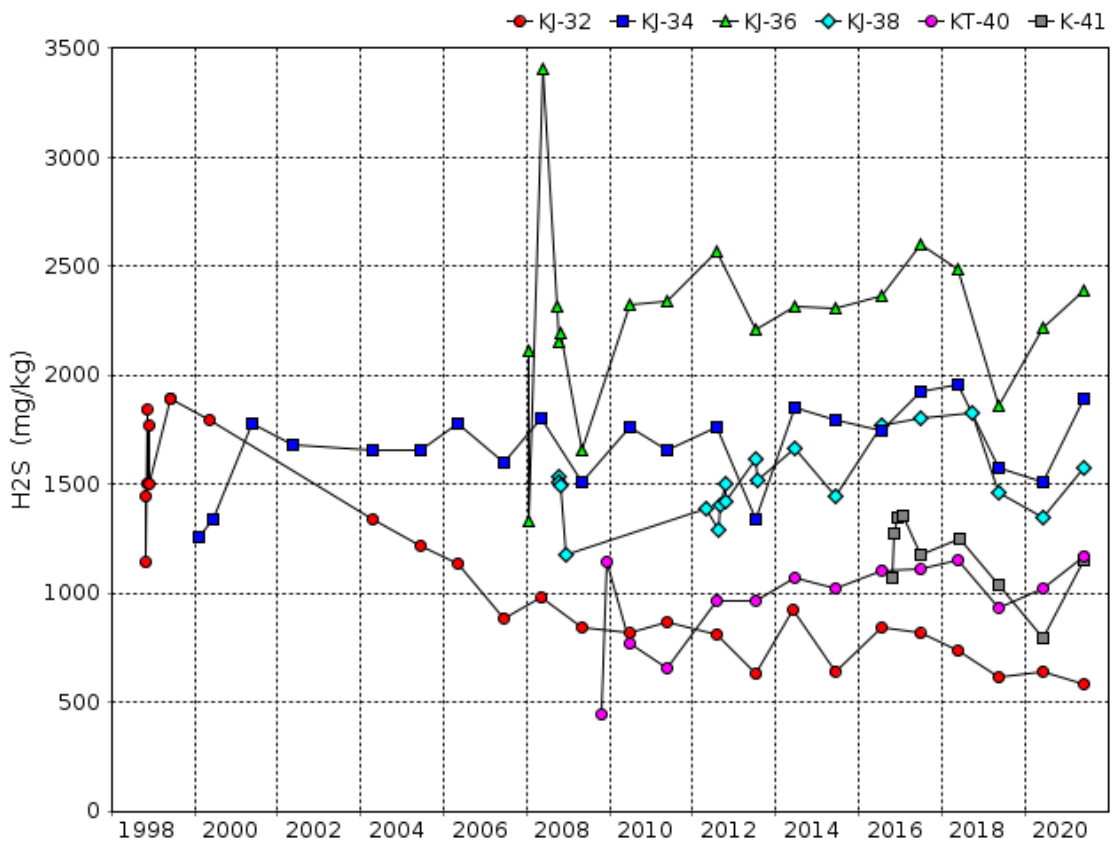
Mynd 38 Leirbotnar, SO_4 í vatni á móti tíma.



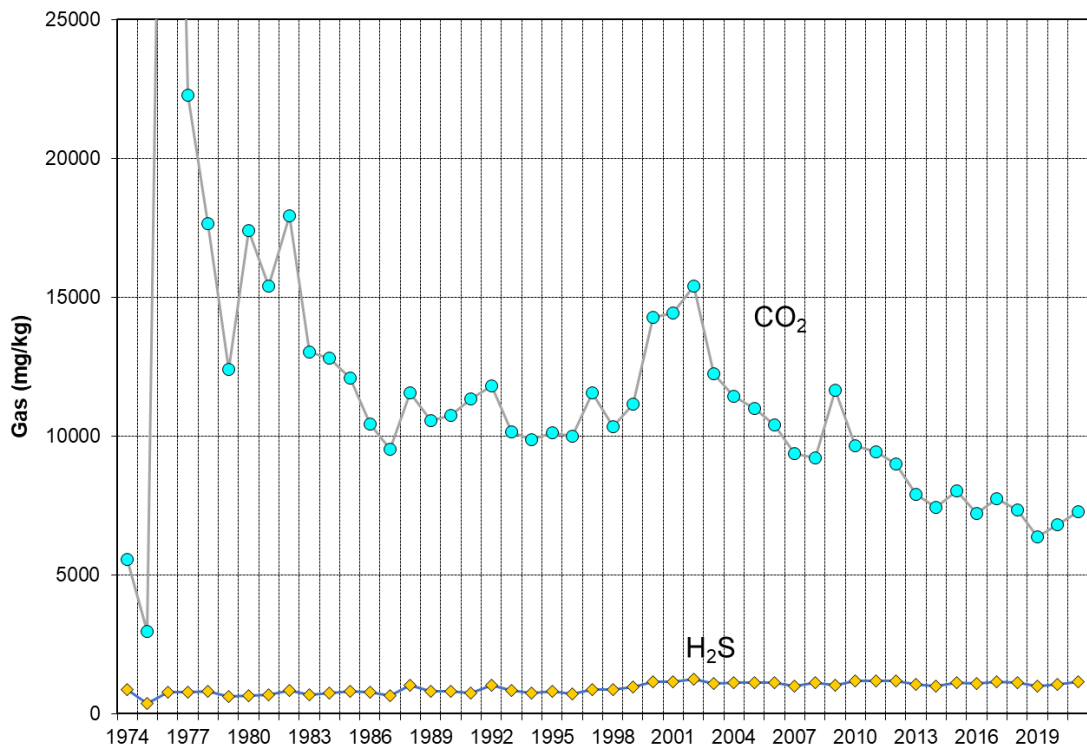
Mynd 39 Suðurhlíðar, CO₂ í gufu á móti tíma.



Mynd 40 Vesturhlíðar Kröflu, CO₂ í gufu á móti tíma.



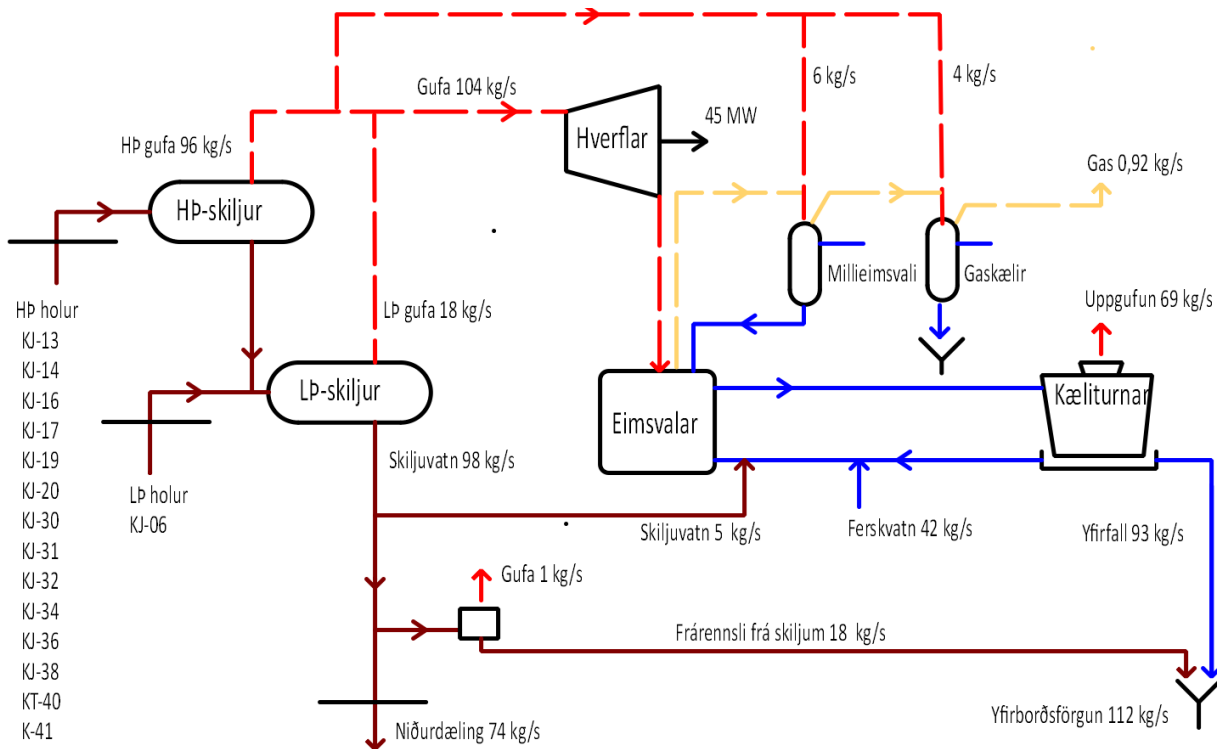
Mynd 41 Vesturhlíðar Kröflu, H₂S í gufu á mótí tíma.



Mynd 42 CO₂ og H₂S í gufu. Vegið meðaltal gassýna úr blásandi borholum.

3.2.2 Vinnslurás

Á mynd 42 er sýnt flæðirit fyrir Kröflustöð þegar sýnum af frárennsli var safnað til efnagreininga.



Mynd 43 Flæðirit fyrir Kröflustöð í júní 2021.

Frárennsli skiljuvatns frá borholum í skiljustöðinni í Leirbotnum við 126 °C reiknast um 98 kg/s samkvæmt afkastamælingum borhola. Um 5 kg/s var blandað í kæliturna. Mestum hluta eða 74 kg/s var dælt í holur KJ-26 og KJ-39. Það sem umfram var, 18 kg/s, rann niður Hlíðardalinn. Við skiljuvatnið sem rennur út í læk bættist vatn úr kæliturnum. Samtals rennsli frá kæliturnum var áætlað um 93 kg/s. Samtals runnu því um 112 l/s af vatni frá stöðinni og niður Hlíðardalslæk þegar sýnum af frárennsli var safnað.

Gas í háþrýsti- og lágþrýstigufu við stöðvarvegg var efnagreint og er samsetning gassins sýnd í töflu 18. Gasið er losað til andrúmslofts um gaspípu fyrir ofan kæliturnana.

Gassýnum var safnað úr millieimsvala og eftirkæli og er efnasamsetningin sýnd í töflu 19.

Niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum úr eimsvala og kæliturni vélasamstæðu 1 og 2 eru sýndar í töflu 20. Ferskvatnshlutfall í kælivatni reiknast 50% af útrennsli úr kæliturni 1 og 40% úr kæliturni 2. Skiljuvatnshlutfallið reiknast 4 % af útrennsli úr kæliturni 1 og 8% af útrennsli úr kæliturni 2. Sýrujafnvægi var í lagi, (basi yfir 0 mg/kg).

Tafla 18 Kröflustöð, efnagreining gufu inn í stöð, sýnataka 2021-06-14.

Staður	Gufa							Gas	
	Rennsli	CO ₂	H ₂ S	H ₂	N ₂	CH ₄	Ar	Hlutfall	Flæði
	kg/s	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	kg/s
HP-Gufa	93,9	7314	1155	35,5	13,5	1,75	0,18	0,85	0,80
LP-Gufa	18,3	668	286	0,7	20,9	1,29	0,61	0,10	0,02
Samtölur	112,2	6228	1013	29,8	14,7	1,67	0,25	0,73	0,82

Tafla 19 Kröflustöð, efnagreining gass, sýnataka 2021-06-15.

	Rennsli	CO ₂	H ₂ S	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	Ar
Nafn	l/s	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%
HP-Gufa	502	76,13	15,53	8,07		0,22	0,05	502
LP-Gufa	11	61,35	33,92	1,34		3,01	0,33	11
Gufa saman	513	75,81	15,93	7,92	0,00	0,28	0,06	513
Millieimsvali 1		65,21	9,57	9,27	3,95	11,67	0,06	
Gas 1		41,84	6,61	5,07	10,41	35,55	0,01	
Millieimsvali 2		61,21	9,28	7,99	5,75	15,42	0,03	
Gas 2		64,54	9,5	7,91	4,59	13,18	0,04	

Tafla 20 Kröflustöð. Kælivatnssýni árið 2021.

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		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
Eimsvali 1	2021-06-16	33,4	5,21	23,8	7,53	33,8	13,7	1,8	4,61	2,18	0,015	0,026	0,12	3	54,1	0,06	99	7,7
Eimsvali 2	2021-06-16	32,9	5,04	30,2	10,82	53,5	22,5	3,0	3,79	1,77	0,013	0,038	0,16	4,3	71,3	0,09	117	7,8
Kæliturn 1	2021-06-16	16,8	7,07	4,9	n.d.		13,8	1,8	4,64	2,15			0,12	2,9	46		99	6,0
Kæliturn 2	2021-06-16	14,5	7,06	4,8	n.d.		22,1	3,1	3,91	1,75			0,17	4,4	63,2		129	5,5
Ferskvatnsveita	2021-06-16	5,5	7,34	47,9	n.d.	25,5	8,9	0,9	8,43	4,15	0,003	0,002	0,11	2,6	4,7			

SS=brennisteinn

n.d. = undir greiningarmörkum (not detected)

3.2.3 Frárennsli

Stöðin framleiddi 45 MW þegar sýnin voru tekin. Gufustreymi inn á vélar var 112 kg/s og styrkur CO₂ 6228 mg/kg og H₂S 1013 mg/kg. Losun CO₂ frá stöðinni reiknast 56 g/kWh og losun H₂S 9,0 g/kWh.

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 21.

Styrkur heildarkísils í niðurdælingarvatni mældist 569 mg/kg sem er minnkun en hann mældist 624 mg/kg í fyrra. Styrkurinn er nokkuð yfir mettunarmörkum en styrkur óklofins kísils (Si(OH)₄) var undir mörkunum (sjá mynd 44).

Mældur var styrkur næringarefna og þungmálma í yfirborðssýnum og eru niðurstöður birtar í töflu 22. Þau gildi sem eru hærri en mörk fyrir fyrsta flokk skv. reglugerð nr. 796/1999 eru feitletruð í töflunni (Sjá töflu 12). Styrkur arsens (As) í frárennislisvatninu fer yfir mörk eins og áður. Í skiljuvatni mældist styrkur arsens um 60 µg/kg og flokkast skiljuvatnið í IV flokk og Áhrifa að vænta á lífríki. Við V-yfirfall þar sem vatnið rennur frá virkjunarsvæðinu hefur skiljuvatnið blandast vatni frá kæliturnum og þynnst, vatnið flokkast þar í III flokk og er áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki. Vatnið hefur þynnst enn frekar þegar það rennur undir Austurlandsveg en flokkast þó enn þá í III flokk.

Króm (Cr) mældist nokkuð mikið í vatni frá kæliturnum en það er vegna tæringar og þá helst í gaskæli.

Tafla 21 Kröflustöð. Frárennslissýni árið 2021.

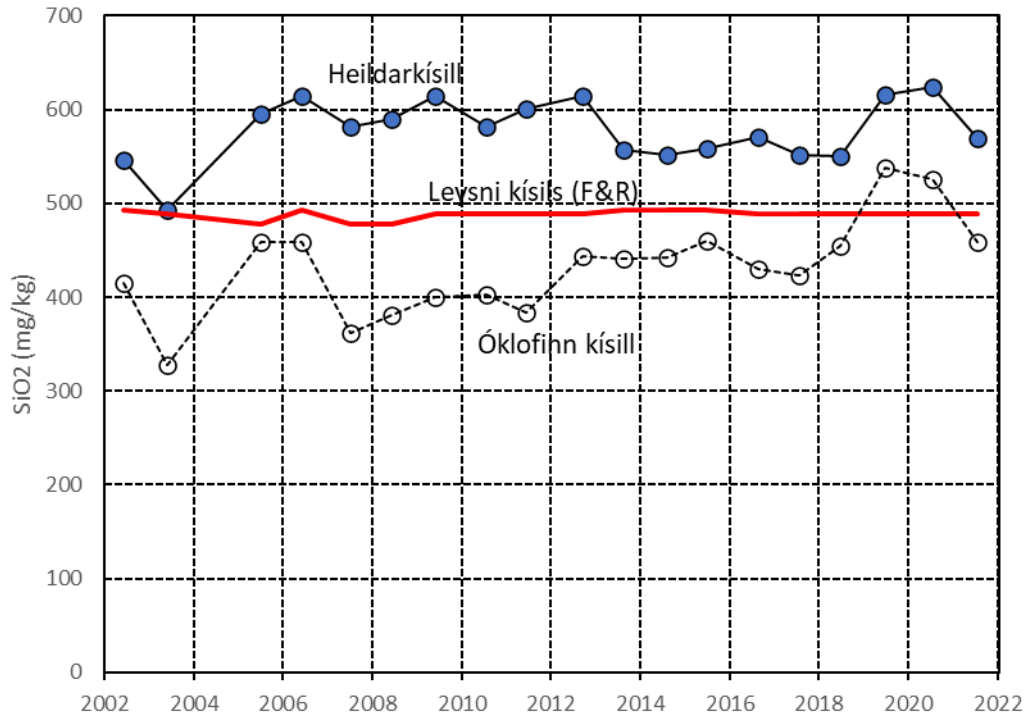
Staður	Tími	Hitastig	pH	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	F	Cl	SO ₄	B	Rafleiðni	SS
		°C		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	μS/cm	mg/kg
Niðurdæling																		
Lp vatn	2021-06-14	126	9,19	69,1	45,4	569	253,2	36,3	3,85	0,001	0,003	1,45	1,36	46,7	296	0,96	673	0,3
Frárennsli																		
Skiljustöð	2021-06-14	26,3	9,45	65,9	3,18	631	291,3	41,8	4,14	n.d.	0,019	1,56	1,65	55,2	353	1,25	809	
Kæliturnar	2021-06-14	26,8	5,76	73,1	18,34	52,6	22,3	3,0	29,46	10,89	0,034	0,04	0,17	4,6	155	0,09	275	7,3
V-yfirfall	2021-06-14	19,2	7,53	66,0	0,98	92,6	48,5	6,2	44,81	10,18	0,055	0,11	0,31	9,7	211	0,19	346	117,8
Austurlandsvegur	2021-06-14	11,1	7,8	75,7		75,3	38,9	5,8	37,01	9,20	0,056	0,08	0,23	6,8	140	0,12	319	3,3

n.d. = undir greiningarmörkum (not detected)

Tafla 22 Næringarefni og þungmálmur í vatni frá Kröflustöð 2021.

Staður	Tími	PO ₄	NH ₃	NO ₃	P	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	μg/kg	μg/kg	μg/kg	μg/kg	μg/kg	μg/kg	μg/kg	μg/kg
Niðurdæling													
Lp vatn	2021-06-14	0,027	0,013	0,040	<0,001	0,04	<0,05	<0,1		59,5	<0,002	<0,002	<0,01
Frárennsli													
Skiljustöð	2021-06-14	0,041	0,017	0,027	0,001	0,02	0,13	0,37	0,531	58,9	<0,002	<0,002	0,011
Kæliturnar	2021-06-14	0,003	0,061	0,053	0,009	0,82	0,66	<0,1	5,98	5,1	<0,002	0,005	0,021
V-yfirfall	2021-06-14	0,008		0,033	0,021	0,30	2,20	0,23	3,63	9,8	0,006	0,014	0,011
Austurlandsvegur	2021-06-14	0,003		0,049	0,022	0,33	1,34	0,35	1,32	5,9	<0,002	0,003	0,013

Feitletruð gildi eru yfir viðmiðunarmörkum (sjá töflu 12)



Mynd 44 Kröflustöð. Kísilmettun í niðurdælingarvatni.

4 BJARNARFLAG

Gufa frá svæðinu er nýtt til rafmagnsframleiðslu í Gufustöðinni 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.

Holur BN-09, BJ-11, BJ-12, BJ-13 og BJ-14 eru tengdar stöðinni. Stöðin var endurnýjuð árið 2018 og er komin í full afköst. Holur BN-09 og BJ-12 voru blásandi og voru sýni tekin úr þeim. Staðsetning borholanna er sýnd á eftirfarandi mynd.



Mynd 45 Tengdar og blásandi holur í Bjarnarflagi 2021 (Orkustofnun-borholuskrá).

4.1 AFKASTAMÆLINGAR

4.1.1 Afköst borhola

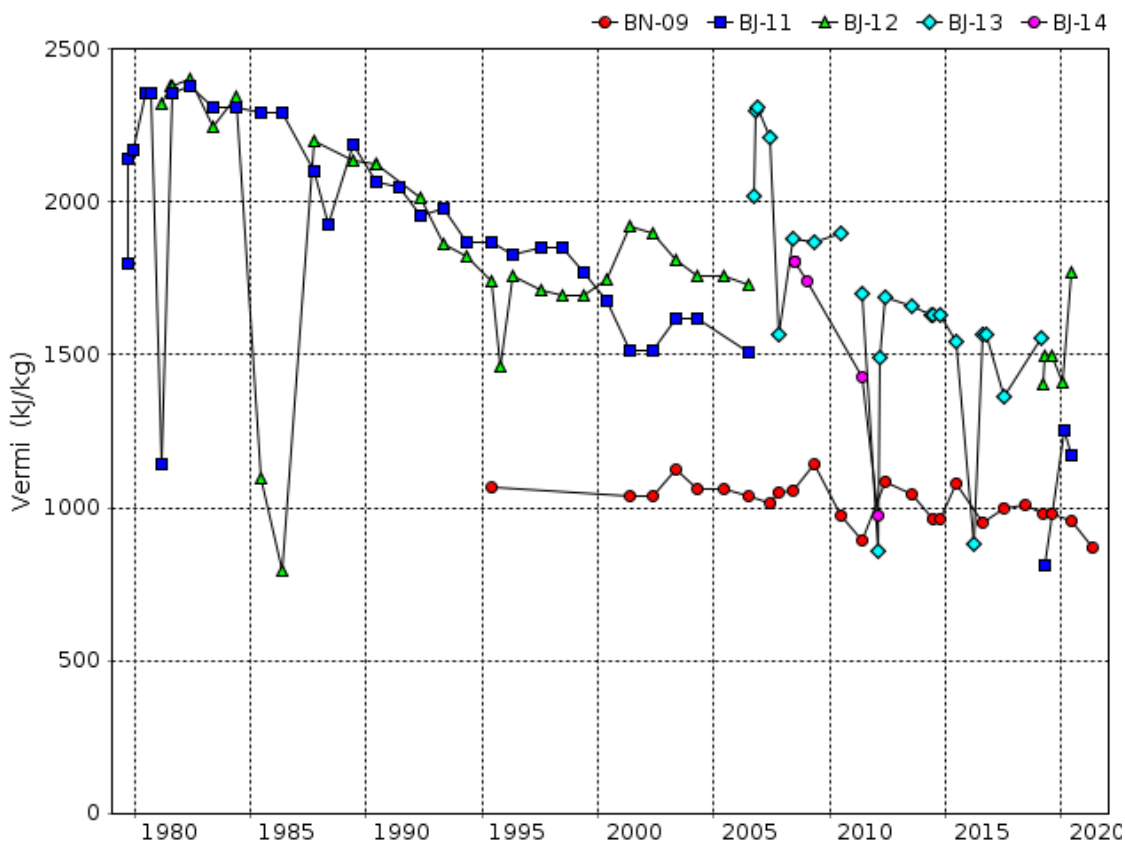
Í júnímánuði árið 2021 vor tvær holur tengdar Bjarnarflagsstöð. Nýlega var lokið við endurnýjun hennar en stöðin framleiddi aðeins 2,6 MW af 5,0 MW mögulegum þegar sýnin voru tekin.

Niðurstöður afkastamælinga eru birtar í töflu 23. Breytingar á vermi og afköstum borhola í Bjarnarflagi eru sýndar á myndum 46 til 48.

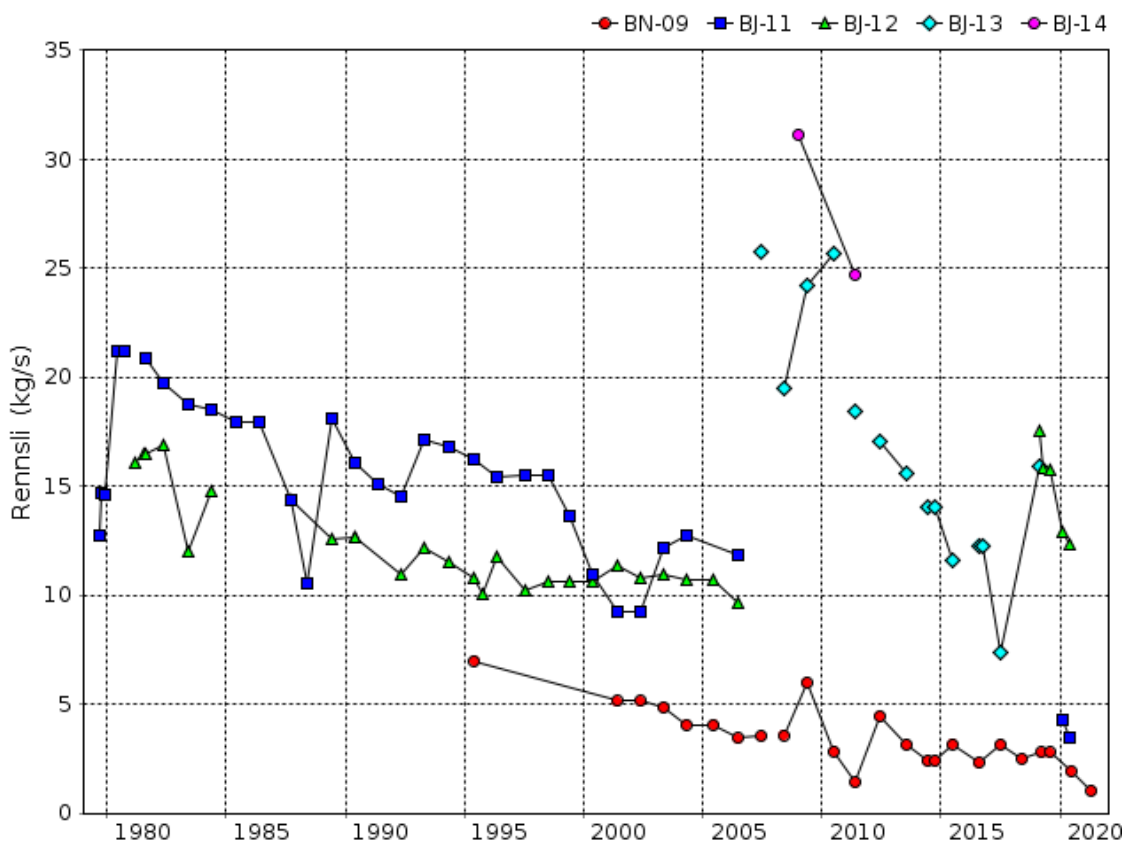
Mynd 49 sýnir vermi og mynd 50 rennsli gufu og vatns samtals úr blásandi holum í Bjarnarflagi frá upphafi vinnslu.

Tafla 23 Bjarnarflag. Afköst borhola 2021.

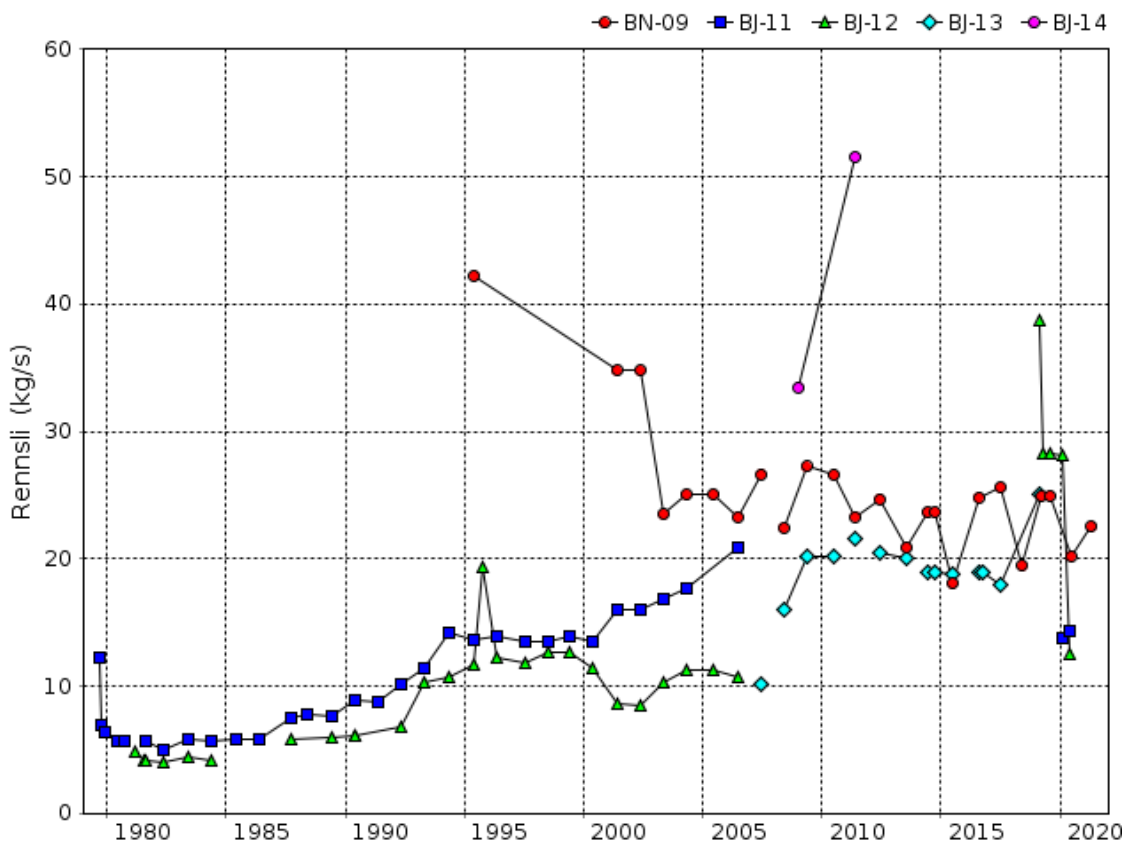
Staður	Tenging	Dags	Topp	Heildar	
			Þrýstingur (barg)	Vermi kJ/kg	Rennsli kg/s
BN-09	Skiljustöð 2	2021-06-07	11,6	868	23,5
BJ-12	Skiljustöð 1	2021-04-23	16,82	1560	29,7
		Samtölur		1254	53,2



Mynd 46 Bjarnarflag. Vermí samkvæmt afkastamælingum.



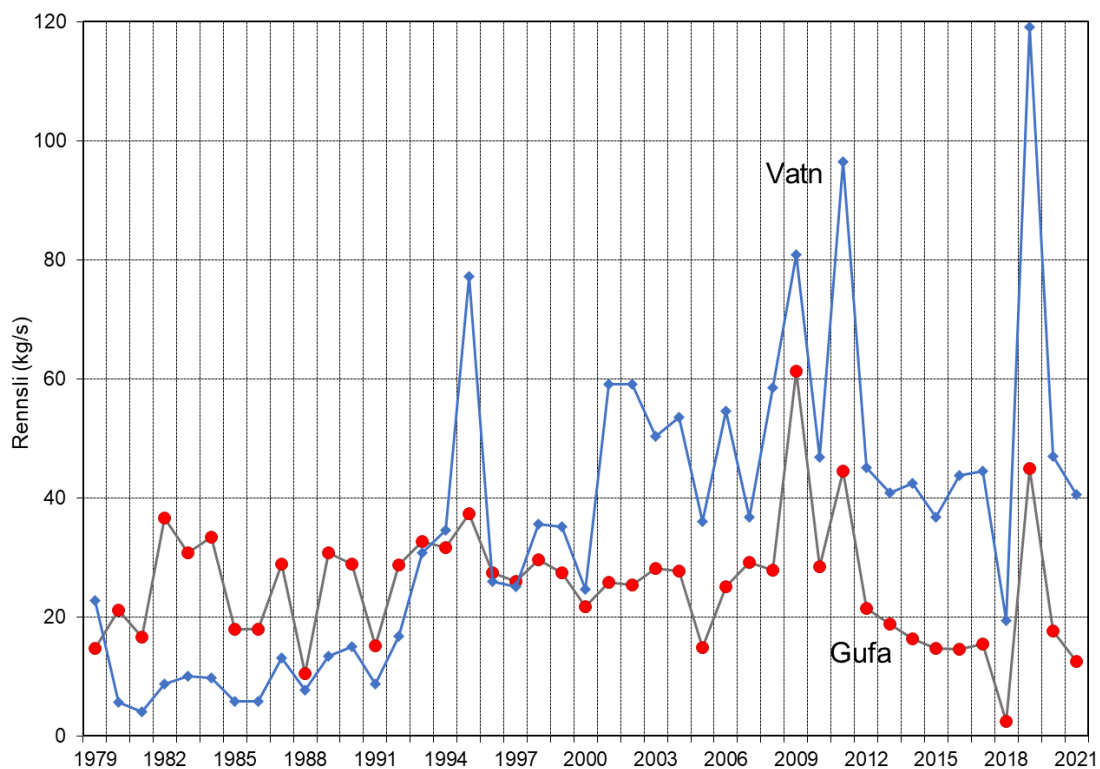
Mynd 47 Bjarnarflag, gufurennslí úr holum.



Mynd 48 Bjarnarflag, vatnsrennslí úr holum.



Mynd 49 Vegið meðaltal vermis úr blásandi borholum í Barnarflagi.



Mynd 50 Samtals gufu og vatnsrennsli úr blásandi borholum í Barnarflagi.

4.2 EFNAMÆLINGAR

4.2.1 Vatn og gufa úr borholum

Safnað var sýnum til efnagreininga úr borholum BN-09 og BJ-12 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 24 og 25. Gas er minna í gufu frá holu BN-09 en í holu og BJ-12 og reiknast meðal gasstyrkur 0,35% og er gaslosun frá stöðinn um 0,04 kg/s.

Í töflu 26 er sýndur reiknaður efnastykur í gufu og vatni úr borholunum í Bjarnaflagi við skiljuþrýsting og styrkur þungmálma í skiljuvatni í töflu 27.

Breytingar á styrk nokkurra efna í vatni og gufu eru sýndar á myndum 51 til 53. Vegið meðaltal CO₂ og H₂S styrks í gufu úr blásandi holum er sýnt á mynd 54.

Tafla 24 Bjarnarflag, borholur. Gas í gufu 2021.

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%
BN-09	2021-04-26	1,0	0,33	0,00	2,19	45,58	49,56	4,39	0,28	0,16	0
BJ-12	2021-06-11	11,6	0,35	0,04	3,23	38,43	25,32	34,67	1,15	0,35	0,01
	Samtölur	12,6	0,35	0,04	3,15	38,98	27,19	32,34	1,08	0,34	0,01

Tafla 25 Bjarnarflag, borholur. Berghiti 2021.

Nafn	Tími	Skilja	Efnahitar			
		Vermi	tSiO ₂ q	tNa/K	tCO ₂	tH ₂ /H ₂ S
		kJ/kg	°C	°C	°C	°C
BN-09	2021-04-26	965	231	230	134	262
BJ-12	2021-06-11	1560	294	295	239	306
	Samtölur	1254	262	262	186	284

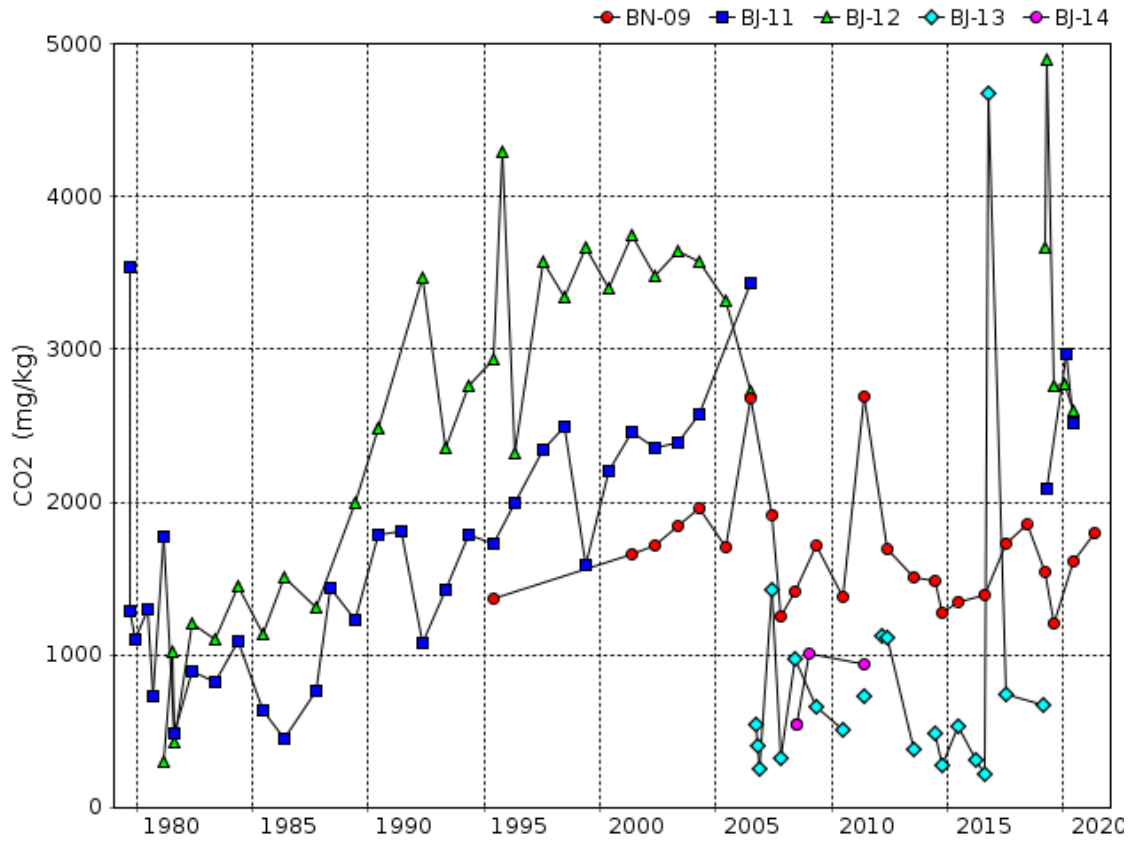
Tafla 26 Bjarnarflag. Styrkur efna í vatni og gufu úr borholum árið 2021.

Staður	Tími	Skilja	Gufa							Vatn														
		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
BN-09	2021-04-26	868	1,0	1795	1511	7,9	6,9	2,4	0,1	22,5	9,19	33,7	117,9	423	143,8	17,3	3,25	0,001	0,005	0,81	0,54	28,4	85,0	0,62
BJ-12	2021-06-11	1560	11,6	2232	1139	92,2	42,4	7,5	0,3	18,1	8,80	22,3	47,3	873	151,6	33,1	0,31		0,001	1,53	0,77	138,7	20,2	3,97
	Samtölur	1254	12,6	2196	1169	85,4	39,5	7,1	0,3	40,6	9,00	28,6	86,4	624	147,3	24,4	1,94	0,001	0,003	1,13	0,65	77,6	56,1	2,11

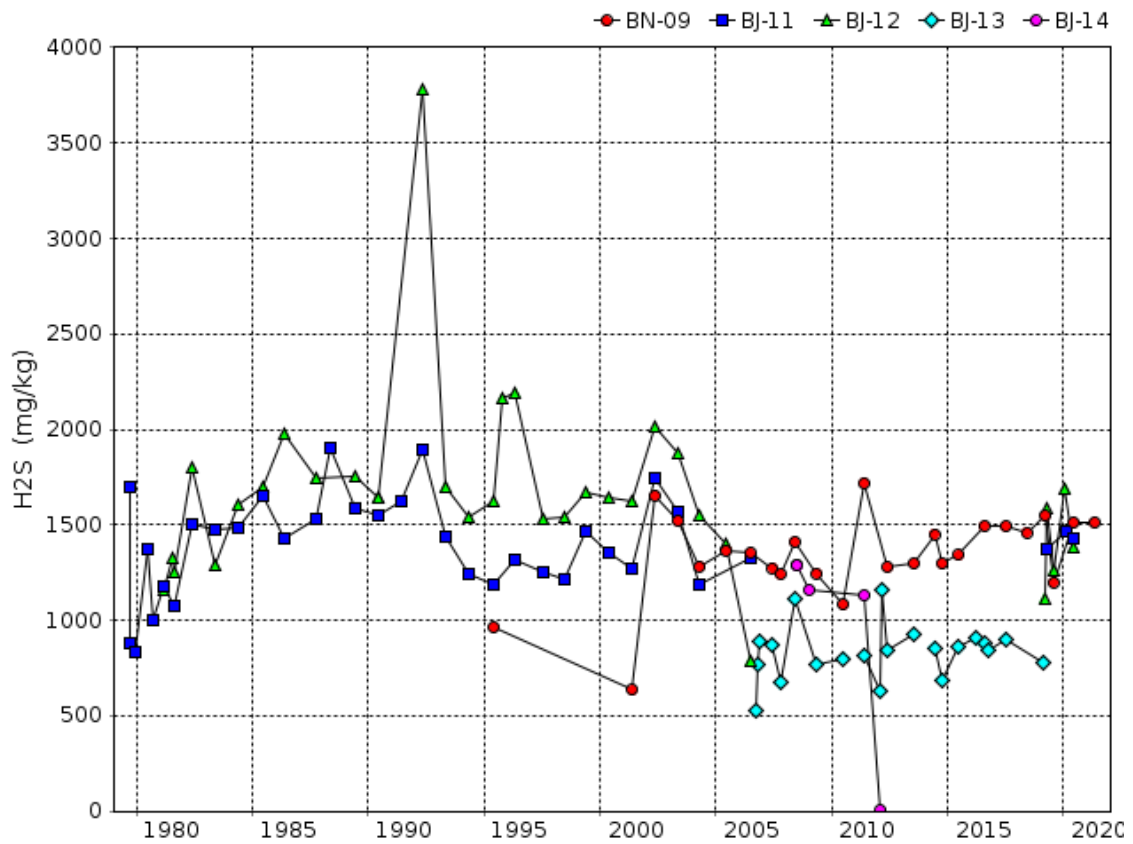
Tafla 27 Bjarnarflag, borholur. Þungmálmur í skiljuvatni árið 2021.

Staður	Tími	P	Cr	Ni	Cu	Zn ¹⁾	As	Cd	Hg	Pb
		mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
BN-09	2021-04-26	<0,001	0,082	0,129	2,68		21,8	<0,002	0,36	0,011
BJ-12	2021-06-11	<0,001	<0,01	<0,05	<0,1		537	<0,002	<0,002	<0,01

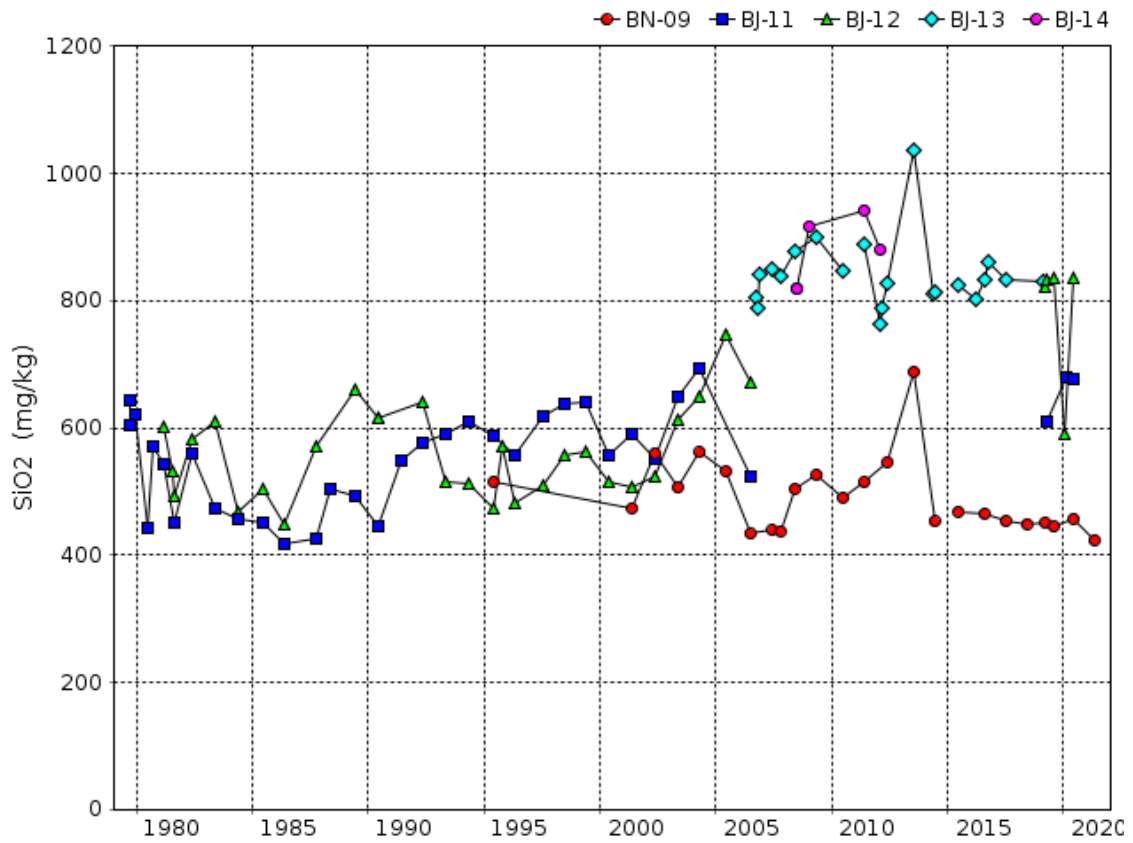
¹⁾ Zn var ekki efnagreint því sýnin spilltust.



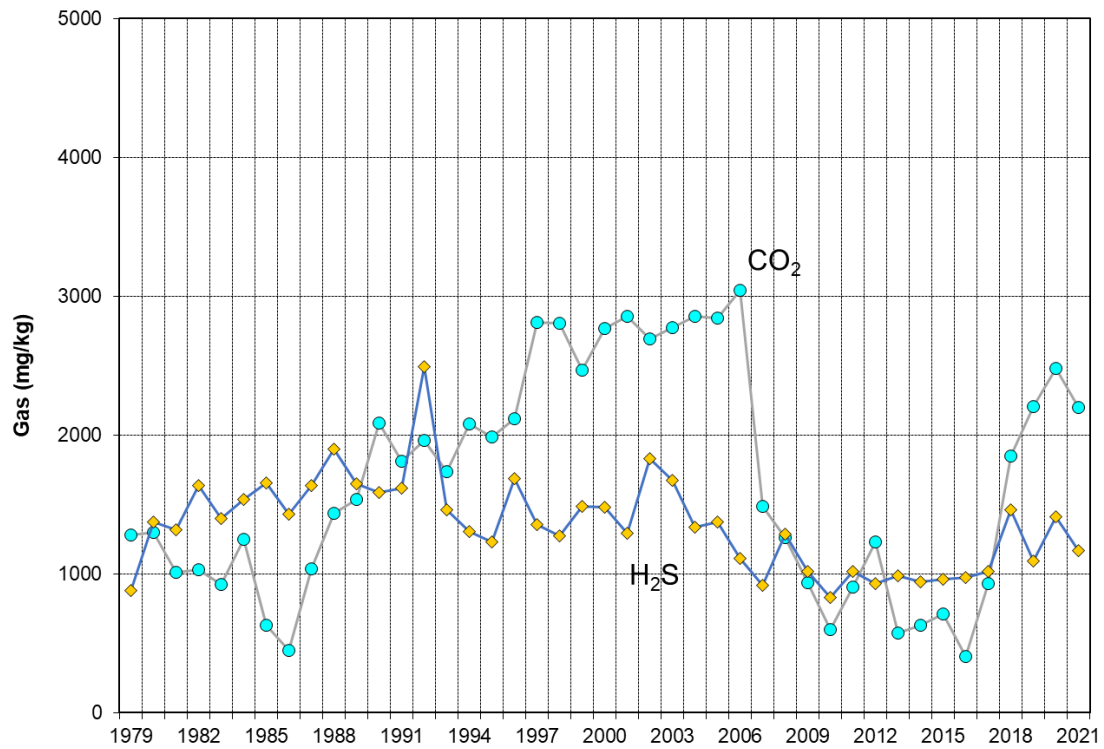
Mynd 51 Bjarnarflag, CO₂ í gufu á mótí tíma.



Mynd 52 Bjarnarflag, H₂S í gufu á mótí tíma.



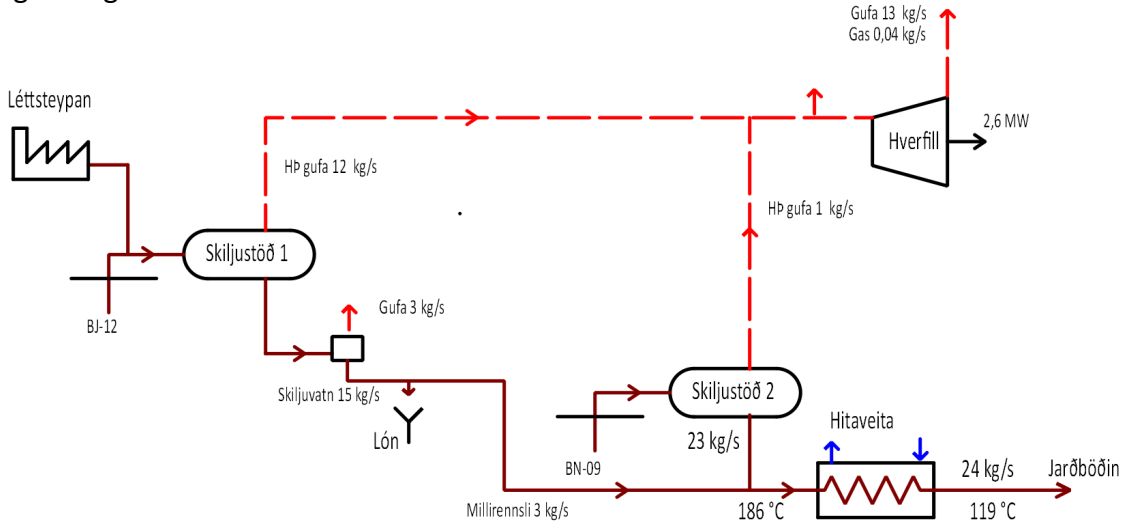
Mynd 53 Bjarnarflag, SiO₂ í vatni á móti tíma.



Mynd 54 CO₂ og H₂S í gufu. Vegið meðaltal gassýna úr blásandi borholum.

4.2.2 Vinnslurás

Á mynd 55 er sýnt flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð þegar sýnum af frárennsli var safnað til efnagreininga.



Mynd 55 Flæðirit fyrir Bjarnarflagsstöð í júní 2021.

4.2.3 Frárennsli

Miðað við gassamsetningu gufunnar úr holunum og rafmagnsframleiðslu uppá 2,6 MW þá losar virkjunin 38 g/kWh af CO₂ og 20 g/kWh af H₂S til andrúmslofts.

Frárennissýni til efnagreininga var safnað úr útrennsli Bjarnarflagslónsins, þar sem það rennur ofan í sprungu vestanvert við lónið en 15 kg/s af skiljuvatni runnu í það frá skiljustöð 1. Jafnframt voru tekin sýni í skiljustöð 2 af skiljuvatni sem rennur í Jarðböðin og af hitaveituvatni í varmaskiptastöðinni. Niðurstöður eru sýndar í töflu 28.

Skiljuvatn frá holu BN-9 er notað til upphitunar á hitaveituvatni og kólnar við það úr 186°C í um 119°C. Skiljuvatnið er við metunarmörk við svo mikla kælingu. Gufa frá gufuveitunni er einnig notuð til upphitunar.

Næringarefni og þungmálmur í vatninu voru efnagreindir og eru niðurstöður birtar í töflu 29. Styrkur arsens (As) fer yfir mengunarmörk eins og áður. Í skiljuvatni frá skiljustöð 2 mældist arsen 65 µg/kg en það vatn rennur í Jarðböðin. Styrkurinn er þrisvar sinnum meiri en áður hefur mælst því um 3 kg/s millirensli var frá skiljustöð 1, þar sem styrkurinn mældist 643 µg/kg. Skiljuvatn úr skiljustöð 1 rennur í Bjarnarflagslónið en þar mældist styrkurinn 351 µg/l og er vatnið í flokki V og er ávallt ófullnægjandi ástand fyrir lífríki/þynningarsvæði.

Tafla 28 Bjarnarflag. Frárennslissýni 2021.

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		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
Skiljustöð 1	2021-06-15	182,5	8,17	28,8	75,0	498	148,3	31,95	0,31	0,001	0,006	1,48	0,76	136,6	30,78	3,72	536	0,4
Skiljustöð 2	2021-06-15	183,1	8,70	30,2	132,4	441	150,0	18,92	3,48	0	0,001	0,776	0,61	35,8	55,1	0,80	491	0,3
Bjarnarflagslón	2021-06-15	19,1	9,28	47	1,2	685	158,0	28,61	3,13	0,88	0,016	1,22	0,75	108,5	119,26	2,95	539	0,8
Hitaveituvatn	2021-06-15	99,0	7,58	47,2	2,3	25,9	8,2	1,08	9,45	5,5	0,003	0,008	0,09	3,1	7,84	<0,01	112	

Tafla 29 Næringarefni og þungmálmur í vatni frá Bjarnarflagi 2021.

Staður	Tími	PO ₄	NH ₃	NO ₃	P	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Skiljustöð 1	2021-06-15	0,168	0,154	0,03	0,006	<0,01	<0,05	<0,1	0,926	643	<0,002	<0,002	0,01
Skiljustöð 2	2021-06-15	0,003	0,032	0,048	<0,001	0,013	<0,05	0,21	0,552	64,8	<0,002	<0,002	0,01
Bjarnarflagslón	2021-06-15	0,053	0,005	0,035	0,005	0,044	0,147	0,855		351	<0,002	<0,002	0,014
Hitaveituvatn	2021-06-15	0,138	0,015	0,156	0,064	0,262	0,121	<0,1		1,7	<0,002	<0,002	0,01

Feitletruð gildi eru yfir viðmiðunarmörkum (sjá töflu 12).

5 NIÐURSTÖÐUR

5.1 ÞEISTAREYKIR

- Af 15 vinnsluholum á Þeistareykjum voru 6 holur blásandi og tengdar þegar sýni voru tekin til árlegs eftirlits í júní 2021.
- Meðaltal gass í gufu inn á hverfil reiknast um 0,21% sem er sami styrkur og árið 2020. Afköst borhola og gufustreymi var minna en árið 2020 og gasstreymi inn í stöðina minna eða 0,19 kg/s samanborið við 0,23 kg/s árið 2020.
- Arsen mældist mikið í skiljuvatninu. Styrkurinn er langt yfir viðmiðunargildum fyrir mengun yfirborðsvatns.
- Súrefni mældist 1,73% í gasi frá vél 1 og 1,72% frá vél 2. Miðað við aukningu köfnunarefnis í útblástursgasinu var loftlekinn um 10,2 l/s í vél 1 og 10,5 l/s í vél 2.
- Stöðin framleiddi 56 MW þegar sýnin voru tekin. Gufustreymi inn á vélar var 99 kg/s og styrkur CO₂ 1357 mg/kg og H₂S 529 mg/kg. Losun CO₂ frá stöðinni reiknast 8,5 g/kWh og losun H₂S 3,3 g/kWh.
- Yfirmettun kísils er mest í holu ÞG-03 á C-teigi en einnig reiknast mikil yfirmettun í vatni úr holu ÞG-17 á A-teigi.
- Frárennsli skiljuvatns í skiljustöðinni mældist um 75 kg/s. Þéttivatni er blandað í skiljuvatnið og lækkar hitastigið við það úr 178 °C í 95 °C. Vatnið rennur síðan niður í niðurrennslisholur og mælist rennslið vera 150 l/s. Styrkur kísils er við metnunarmörk en styrkur óklofins kísils er undir metnunarmörkum í niðurdælingarblöndunni.
- Styrkur arsens (As) í skiljuvatninu og niðurrennslisvatninu fer yfir viðmiðunarmörk fyrir mengun yfirborðsvatns en þar sem öllu skiljuvatni er fargað niður um borholur þá kemur það ekki að sök. Styrkur fosfórs (P) í ferskvatni sem og í kælivatni mælist langt yfir mörkum og einnig mælist styrkur króms (Cr) og kopars (Cu) yfir mörkum í kælivatninu.

5.2 KRAFLA

- Þegar holurnar voru aflmældar og sýni tekin til árlegs eftirlits í maí 2021 voru 15 holur blásandi af 21 tengdri.
- Hóla KJ-30 í Suðurhlíðum og hóla KJ-34 í vesturhlíðum hafa minnkað verulega í afli undanfarin ár. Árið 2020 var hert að holunum til að draga úr suðu ofan í þeim til þess að minnka útfellingarhættu. Þar sem hert var að holunum hefur þ.a.l. minnkað rennsli úr holunum enn frekar. Þetta voru lengi afkastamestu holurnar í Kröflu og munar mikið um þær.
- Meðaltal gass í gufu inn á hverfil, þ.e. bæði háþrýsti og lágþrýstigufu, reiknast um 0,80%, sem er aðeins meira en árið 2020 en þá var styrkurinn 0,75%. Heildargasstreymi inn í stöðina reiknast 0,92 kg/s en reiknaðist 0,87 kg/s árið 2020.
- Styrkur arsens (As) í skiljuvatni er yfir viðmiðunarmörkum fyrir losun vatns á yfirborði og fellur í flokk 4 og þar er áhrifa er að vænta á viðkvæmt lífríki. Undanfarin ár hefur verið reynt að draga úr losun á yfirborði með því að hvíla vatnsmikla borholur.
- Frárennsli skiljuvatns frá borholum í skiljustöðinni í Leirbotnum við 126 °C reiknast um 98 kg/s samkvæmt afkastamælingum borhola. Um 5 kg/s var blandað í kæliturna. Mestum hluta eða 74 kg/s var dælt í holur KJ-26 og KJ-39. Það sem umfram var (18 kg/s) rann niður Hlíðardalinn. Við skiljuvatnið sem rennur út í læk bættist vatn úr kæliturnum. Samtals rennsli frá kæliturnum var áætlað um 93 kg/s. Samtals runnu því

rúmlega 111 l/s af vatni frá stöðinni og niður Hlíðardalslæk þegar sýnum af frárennsli var safnað.

- Ferskvatnshlutfall í kælivatni reiknast 50% af útrennsli úr kæliturni 1 og 40% úr kæliturni 2. Skiljuvatnshlutfallið reiknast 4 % af útrennsli úr kæliturni 1 og 8% af útrennsli úr kæliturni 2. Sýrujafnvægi var í lagi, (basi yfir 0 mg/kg).
- Stöðin framleiddi 45 MW þegar sýnin voru tekin. Gufustreymi inn á vélar var 118 kg/s og styrkur CO₂ 6692 mg/kg og H₂S 1044 mg/kg. Losun CO₂ frá stöðinni reiknast 63 g/kWh og losun H₂S 9,8 g/kWh.
- Styrkur heildarkísils í niðurdælingarvatni mældist 569 mg/kg sem er minnkun en hann mældist 624 mg/kg í fyrra. Styrkurinn er nokkuð yfir mettunarmörkum en styrkur óklofins kísils (Si(OH)₄) var undir mörkunum.
- Styrkur arsens (As) í frárennsli vatninu fer yfir mörk eins og áður. Í skiljuvatni mældist styrkur arsens um 60 µg/kg og flokkast skiljuvatnið í IV flokk og er áhrifa að vænta á lífríki. Við V-yfirfall þar sem vatnið rennur frá virkjunarsvæðinu hefur skiljuvatnið blandast vatni frá kæliturnum og þynnst, vatnið flokkast þar í III flokk og er áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki. Vatnið hefur þynnst enn frekar þegar það rennur undir Austurlandsveg en flokkast þó enn þá í III flokk.
- Króm (Cr) mældist nokkuð mikið í vatni frá kæliturnum en það er vegna tæringar og þá helst í gaskæli.

5.3 BJARNARFLAG

- Í júnímánuði árið 2021 vor tvær holur tengdar Bjarnarflagsstöð. Nýlega var lokið við endurnýjun hennar en stöðin framleiddi aðeins 2,6 MW af 5,0 MW mögulegum þegar sýnin voru tekin.
- Gas er minna í gufu frá holu BN 09 en í holu og BJ-12 og reiknast meðal gasstyrkur 0,35% og er gaslosun frá stöðinni um 0,04 kg/s.
- Arsen (As) í holuvatni er yfir viðmiðunarmörkum fyrir losun vatns á yfirborð, sérstaklega í holu BJ-12 þar sem arsen mælist 537 µg/kg og flokkast skiljuvatnið í V flokk og er það ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði.
- Miðað við gassamsetningu gufunnar úr holunum og rafmagnsframleiðslu uppá 2,6 MW þá losar virkjunin 38 g/kWh af CO₂ og 20 g/kWh af H₂S til andrúmslofts.
- Skiljuvatn frá holu BN-9 er notað til upphitunar á hitaveituvatni og kólnar við það úr 186°C í um 119°C. Skiljuvatnið er við mettunarmörk við svo mikla kælingu.
- Styrkur arsens (As) fer yfir mengunarmörk eins og áður. Í skiljuvatni frá skiljustöð 2 mælist arsen 65 µg/kg en það vatn rennur í Jarðböðin. Styrkurinn er þrisvar sinnum meiri en áður hefur mælst því um 3 kg/s millirensli var frá skiljustöð 1, þar sem styrkurinn mældist 643 µg/kg. Skiljuvatn úr skiljustöð 1 rennur í Bjarnarflaglónið en þar mældist styrkurinn 351 µg/l og er vatnið í flokki V og er ávallt ófullnægjandi ástand fyrir lífríki/þynningarsvæði.

6 HEIMILDASKRÁ

- Trausti Hauksson 2010. *ViewData. Gagnabirtingarkerfi fyrir jarðvatnsvinnslu. Notkunarleiðbeiningar*. Kemía janúar 2010, útgáfa 1.6, 14 s.
- Trausti Hauksson 2021. *Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2020*. Landsvirkjun, mars 2021, Skýrsla nr: LV-2021-0xx 69 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.
- Þorsteinn Egilson, 2017. *Krafla – Hóla KG-26. Borholumælingar og þreppapróf í september 2017*. Íslenskar Orkurannsóknir, ÍSOR-2017/061, LV-2017-090, 30 s.

VIÐAUKI 1
MEÐHÖNDLUN SÝNA OG
EFNAGREININGAÆFERÐIR

MEÐHÖNDLUN SÝNA OG EFNAGREININGAÆFERÐIR

Meðhöndlun vatnssýna í felti:

Ru: Ómeðhöndlað sýni

Fu: Sýni síað með 0,45 µm síubynnu.

Fud: Sýni síað með 0,45 µm síubynnu og afgasað í 15 mínútur með argon gasi.

Fa: Sýni síað með 0,45 µm síubynnu og sýrt með fullsterkri saltpétursýru.

Magn sýru í sýni 0,5 %.

Fp: Sýni síað með 0,45 µm síubynnu og H₂S fellt með zinkacetati (2 M ZnAc₂)

Magn ZnAc₂ í sýni 0,01 M (0,5% af lausn).

Fac: Sýni síað með 0,45 µm síubynnu og sýrt með 1 N saltpétursýru (HNO₃).

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: Glerrafskaut með sambyggðu AgCl viðmiðunarskauti með tvöfaldri saltbrú.

Mælir stilltur með búffer 7 og 4.

Brennisteinsvetni og koldíoxíð (H₂S, CO₂)

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.

H₂S títrað með 0,01 N AgNO₃ lausn við hátt pH gildi (pH > 10). Síðan er CO₂ 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 CO₂ í blindum (40% NaOH) ákvarðað á sama hátt og leiðrétt fyrir áhrifum CO₂ í lútarlausn á títrunina.

Brennisteinsvetni (H₂S) í frárennsli og hitaveituvatni (H₂S < 2 mg/kg)

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

Aðferð: Títrun með 0,001 N Hg(CH₃COO)₂-lausn í basískri aceton-lausn með dithizone indikator.

Gas (O₂, H₂, CH₄, N₂, Ar)

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

Aðferð: Gasgreinir TCD.

Kísill (SiO₂)

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

H₂S var eytt með joðlausn og ofgnótt joðs með thiosúlfatlausn.

Aðferð: Litmæling með gulum molybdat komplex í súrri lausn.

Silicon (Si)

Meðhöndlun sýnis: Fa, óþynnt sýni.

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

Natríum (Na)

Meðhöndlun sýnis : Fac, óþynnt sýni.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

Kalíum (K)

Meðhöndlun sýnis : Fac, óþynnt sýni.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

Magnesium (Mg)

Frárennslissýni og grunnvatn:

Meðhöndlun sýnis : Fac, óþynnt sýni.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

Borholusýni:

Meðhöndlun sýnis: Fa, óþynnt sýni.

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

Kalsíum (Ca)

Meðhöndlun sýnis : Fac, 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.

Þungmálmar (Cd, Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, P)

Meðhöndlun sýnis: Fa

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

Þungmálmar (As)

Meðhöndlun sýnis: Fud.

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

Nítrat (NO_3)

Meðhöndlun sýnis: Fu.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

Fosfat (PO_4)

Meðhöndlun sýnis: Fu.

Aðferð: Jónaskilja (IC).

Ammoníak (NH_3)

Meðhöndlun sýnis: Fac.

Aðferð: Jónaskilja (IC).