

Eftirlit með áhrifum af losun
affallsvatns frá Kröflustöð
og Bjarnarflagsstöð

Vöktun og niðurstöður 2008



Landsvirkjun



Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð

Vöktun og niðurstöður 2008



ÍSOR-2009/011

Verknr. 520006

Febrúar 2009

Skýrsla LV nr: LV-2009/020

Dags: Febrúar 2009

Fjöldi síðna: 15 Upplag: 5 Dreifing: Opin Takmörkuð til

Titill: Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2008.

Höfundar/
fyrirtæki: Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson, Mozghan Bagheri og Auður Ingimarsdóttir

Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson f.h. LV Magnús Ólafsson f.h. ÍSOR

Unnið fyrir: Unnið af Íslenskum orkurannsóknnum fyrir Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Gerð er grein fyrir reglulegu eftirliti með affallsvatni frá jarðhitavirkjunum í Kröflu og Bjarnarflagi. Í samráði við Umhverfisstofnun var ákveðið árið 2002 að fylgjast með náttúrulegum ferilefnum á borð við arsen í stað þess af halda áfram hefðbundnum ferilefnaprófunum. Arsen er í margfalt meiri styrk í affallsvatni en í grunnvatni. Í júní 2008 var sýnum safnað á öllum 10 samningsbundnum sýnatökustöðum en í október á 5 stöðum þar sem ófært reyndist að borholum í Búrfellshrauni. Frágangur og efnagreiningar fóru fram á hefðbundinn hátt á rannsóknarstofu ÍSOR og hjá ALS laboratory (áður Analytica) í Svíþjóð. Í heild er um litlar breytingar að ræða frá fyrri athugunum. Affallið er svipað að öðru leyti en því að álstyrkur hefur aukist talsvert í vatni frá Bjarnarflagslóni en þeirra áhrifa gætir ekki í lindum við Mývatn. Sýni frá október 2008 sýna þó lægri álstyrk en mældist 2007 og í júní 2008.

Lykilorð:

Jarðhitavirkjanir, grunnvatnsrennsli, affallsvatn, sýnataka, styrkur efna, Mývatnssveit, Krafla, Námafjall, Bjarnarflag, Kröflustöð, Bjarnarflagsstöð

Gagnagrunnslyklar:

B57842, B58502, B58503, B58504, H10085, H10088, K558, M20004, M20008, V2356

ISBN nr:

ISSN nr:

Undirskrift verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Efnisyfirlit

1 Inngangur	7
2 Söfnun árið 2008	7
3 Heimildir	15

Töflur

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga á affallsvatni og vatni úr borholum, gjám og lindum í Mývatnssveit í júní 2008.	12
Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga á affallsvatni og vatni úr borholum, gjám og lindum í Mývatnssveit í október 2008.	13
Tafla 3. Niðurstöður greininga stöðugra samsætna í sýnum frá september 2006 og september 2007.	14

Myndir

Mynd 1. Sýnatökustaðir og helstu drættir í grunnvatnsrennsli um svæðið	8
Mynd 2. As-styrkur í sýnum af affalli 2001–2008 ásamt umhverfismörkum I og II.	10
Mynd 3. Styrkur As í holu LUD-04 og lindum við Mývatn 2001–2008 ásamt umhverfismörkum I og II.	10
Mynd 4. Styrkur áls í affallsvatni ásamt hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).	11
Mynd 5. Styrkur áls í lindum við Mývatn 2001–2008 ásamt hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).	11

1 Inngangur

Aðdraganda að eftirliti með affallsvatni frá Kröflu- og Bjarnarflagsvirkjunum er lýst í skýrslu Halldórs Ármannssonar og Magnúsar Ólafssonar (2004). Staðir þeir sem safna skal sýnum frá eru sýndir á mynd 1 en um söfnunina gildir eftirfarandi:

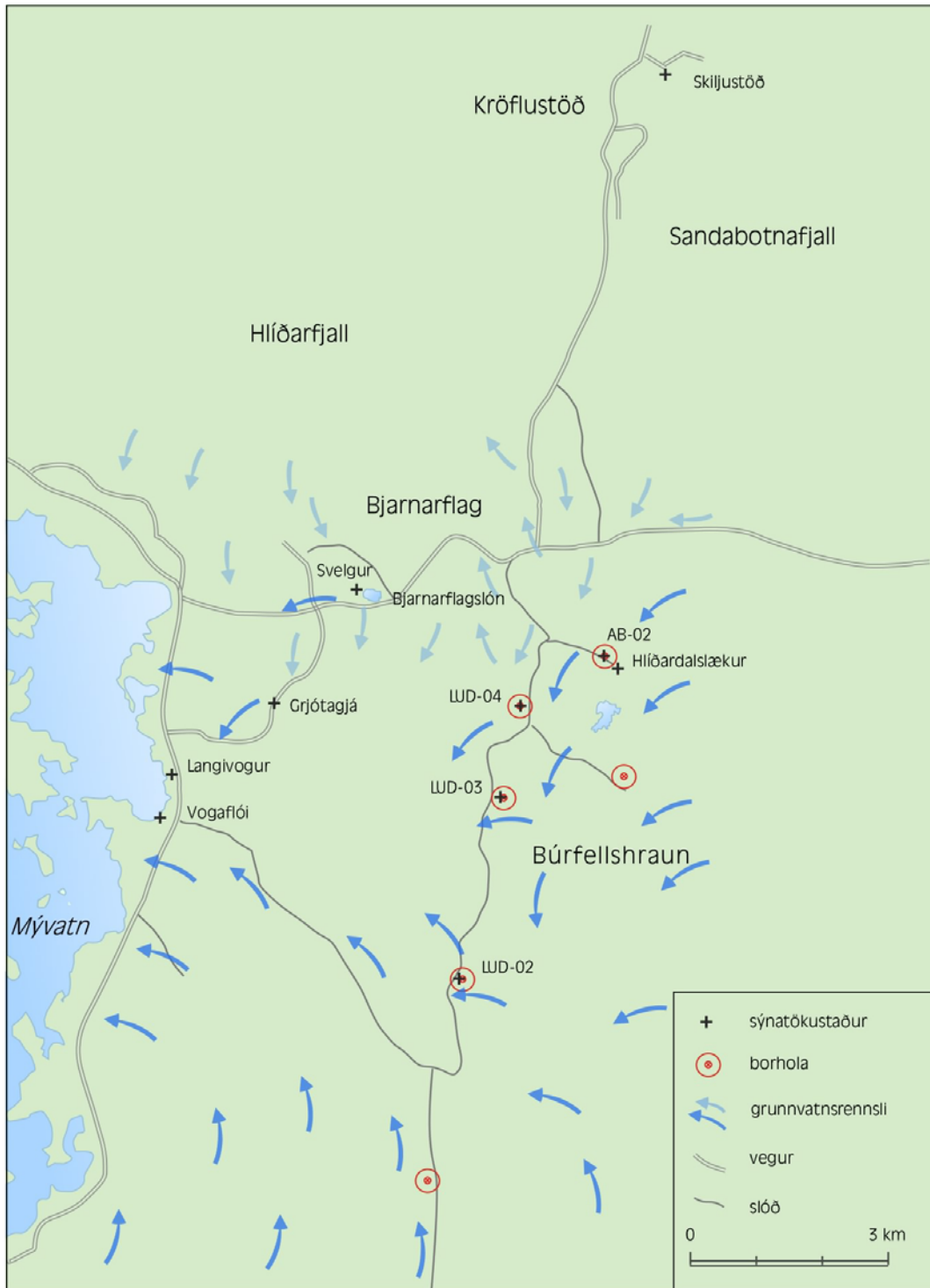
Eftirlit með efnasamsetningu

Til eftirlits með affallsvatni verður sýnum til heildargreiningar safnað einu sinni á ári en sýnum til snefilefnagreiningar tvisvar á ári úr frárennsli skiljustöðvar í Kröflu, Hlíðardalslæk, holum AB-02, LUD-02, LUD-03 og LUD-04 í Búrfellshrauni, niðurfalli frá Bjarnarflagslóni, Grjótagjá og lindum í Langavogi og Vogaflóa við Mývatn. Gert er ráð fyrir að ÍSOR sjái um söfnun til heildargreiningar en starfsmaður Kröflustöðvar um söfnun til snefilefnagreiningar.

- Umhverfisstofnun verður árlega send skýrsla með niðurstöðum mælinga. Verði frávik eða óvæntar niðurstöður skal vöktunaráætlunin endurskoðuð í samvinnu við Umhverfisstofnun.

2 Söfnun árið 2008

Starfsmaður Kröflustöðvar safnaði sýnum 5. júní og starfólk ÍSOR þann 24. október. Í júní var safnað sýnum á öllum hinum 10 sammingsbundnu stöðum en í október reyndist ófært að borhholum og var því eingöngu safnað yfirborðssýnum. Frágangur og efnagreiningar fóru þannig fram að pH, anjónir og heildarstyrkur uppleystra efna var greint í efnarannsóknarstofu ÍSOR og aðalkatjónir og snefilefni hjá ALS laboratory í Luleå í Svíþjóð en vegna vandamála við greiningar stöðugra samsætna hjá Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands bíða þau sýni sem nú var safnað samsætu-greiningar. Þau vandamál hafa nú verið leyst en ekki hefur enn náðst að greina þann kúf sýna sem safnast hefur fyrir. Skýrt er frá niðurstöðum fyrir nokkur sýni sem fjallað er um í skýrslum um vöktun árin 2006 og 2007 (Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson, 2007; Halldór Ármannsson o.fl., 2008). Niðurstöður efnagreininga frá júní-söfnuninni eru í töflu 1 en októbersöfnuninni í töflu 2. Í heild er um litlar breytingar að ræða frá fyrri athugunum. Affallið er svipað að öðru leyti en því að álstyrkur hefur aukist talsvert í vatni frá Bjarnarflagslóni en þeirra áhrifa gætir ekki í lindum við Mývatn. Sýnið frá því í nóvember 2008 sýnir þó lægri álstyrk, svipaðan því sem var fyrir 2007.



Mynd 1. Sýnatökustaðir og helstu drættir í grunnvatnsrennsli um svæðið (byggt á mynd frá Verkfræðistofunni Vatnaskilum (1999)).

Umhverfismörk fyrir arsen eru gefin í reglugerð nr. 76/1999 frá umhverfisráðuneytinu og eru umhverfismörk I (mjög lítil eða engin hættu á áhrifum) 0,4 µg/l, en umhverfismörk II (lítil hættu á áhrifum) 5 µg/l.

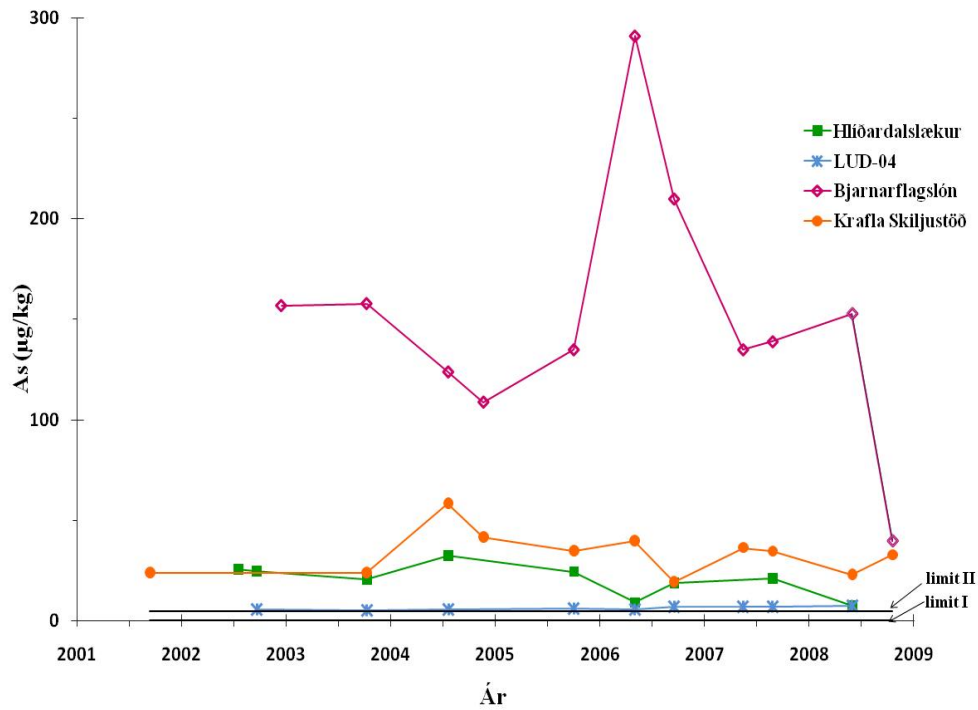
Arsenstyrkur í sýnum af affalli, þ.e. úr Hlíðardalslæk, frá skiljustöð í Kröflu og úr Bjarnarflagslóni er nokkuð breytilegur. Vottur hefur sést í tveimur holum, AB-02 og LUD-04, þegar safnað hefur verið úr þeim. Lítið As hefur komið fram í lindum við Mývatn. Á mynd 2 er styrkur As í sýnum af affalli og vatni úr holu LUD-04 teiknaður inn ásamt umhverfismörkum. Styrkur As í vatni úr LUD-04 og sýnum úr tveimur lindum við Mývatn, Langavogi, sem virðist taka við affalli frá Bjarnarflagi, og Vogaflóa, sem virðist taka við því sem kemur frá Hlíðardalslæk, er á sama hátt teiknaður á mynd 3 ásamt umhverfismörkum. Kemur þar greinilega fram að arsenstyrkur í lindunum er neðan umhverfismarkanna.

Í skýrslu Halldórs Ármannssonar og Magnúsar Ólafssonar (2005) er gerð grein fyrir því hvers vegna ál (Al) er langálitlegast sem eftirlitsefni ásamt arseni. Vitað er um eituráhrif þess gagnvart fiski og sett hafa verið mörk um hámarksstyrk þess í neysluvatni.

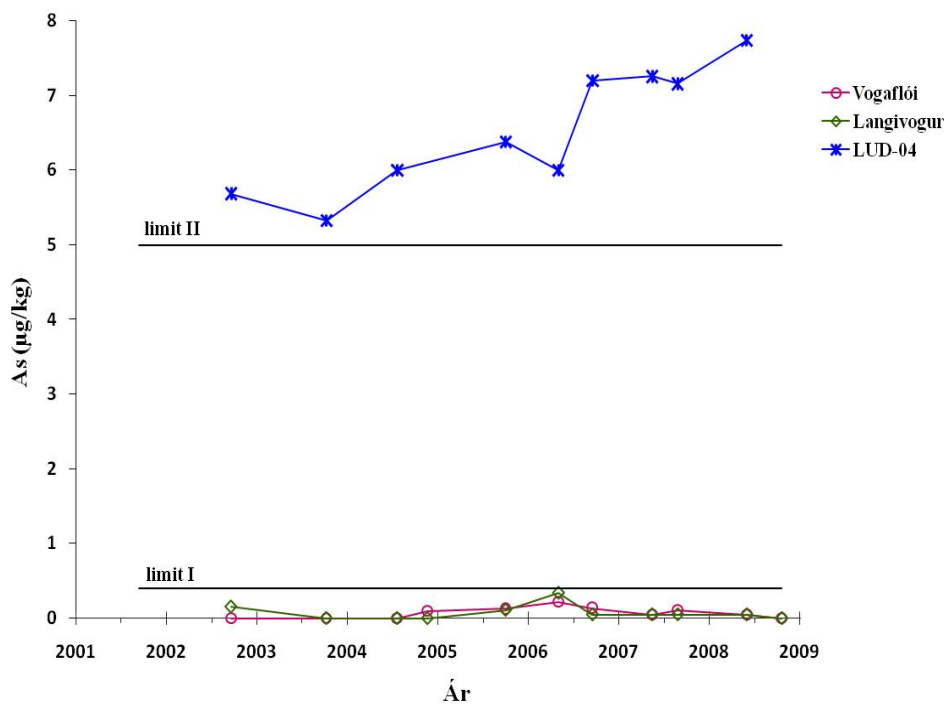
Mörk áls (Al) fyrir neysluvatn eru víðast á bilinu 100–200 µg/l (Srinivasan o.fl., 1999) en hér á landi eru þau 200 µg/l samkvæmt reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn (Umhverfisráðuneytið, 2001). Talið er líklegt að mörk fyrir ál í lífríki hér á landi verði svipuð þeim sem stungið hefur verið upp á í Noregi, þ.e. 20 µg/l fyrir lax og skálga en 80 µg/l fyrir silung og aborra (Löfgren og Lydersen, 2002).

Á mynd 4 er sýndur styrkur áls í affallsvatni og vatni úr holu LUD-04 ásamt ofangreindum umhverfismörkum sem lögð hafa verið til í Noregi. Sést þar að styrkur áls er enn verulegur í holu LUD-04. Á mynd 5 er sýndur styrkur áls í lindum við Mývatn ásamt ofangreindum hugsanlegum umhverfismörkum og sést að gífurleg þynning verður frá affalli að lindum og að styrkur áls í lindum er yfirleitt fyrir neðan slík mörk. Í tilfelli áls er það að öllum líkindum eingöngu þynning sem veldur styrkminnkun á meðan í tilfelli arsens getur að auki verið um aðsog að ræða.

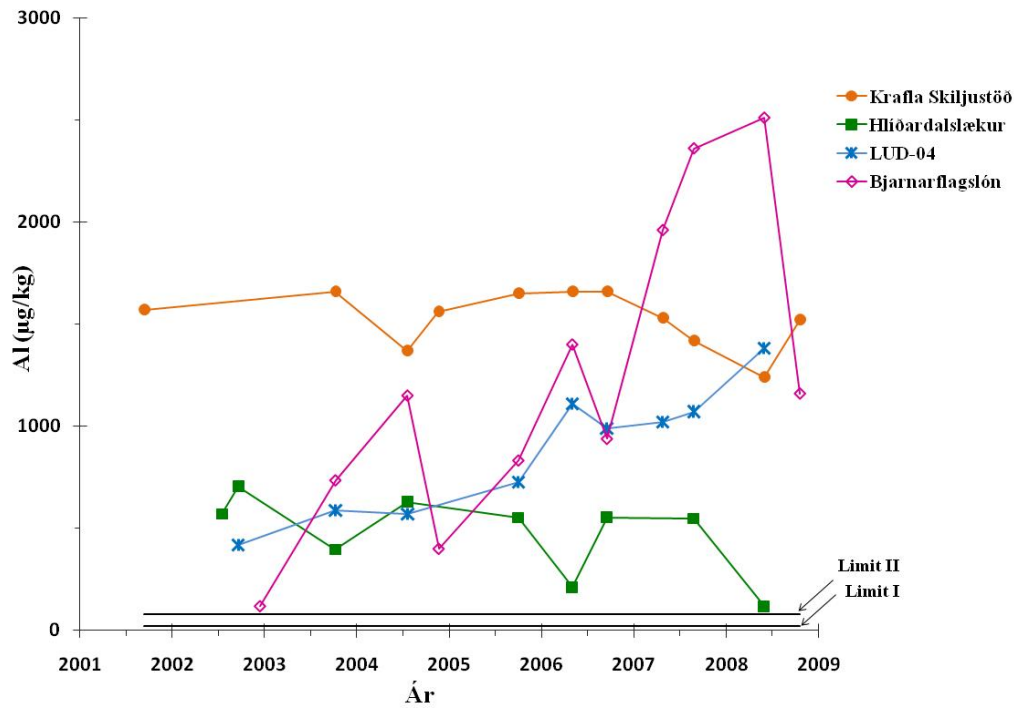
Mælingar á stöðugum samsætum eru hafnar að nýju hjá Jarðvísindastofnun Háskólans en sýni frá 2006 og 2007 höfðu verið geymd þar til greiningar hæfust (Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson, 2007; Halldór Ármannsson o.fl., 2008). Lokið er tvívætnis og súrefnis-18 greiningum fyrir sýni frá september 2006 og súrefnis-18 greiningum 8 sýna frá september 2007 og eru niðurstöður þessara greininga skráðar í töflu 3.



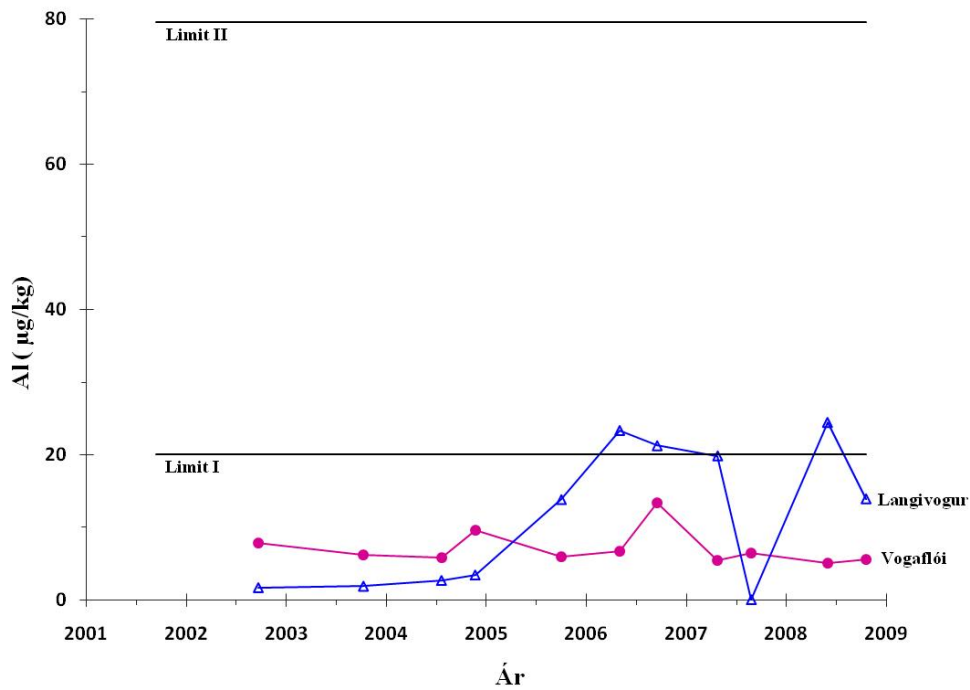
Mynd 2. As-styrkurur í sýnum af affalli 2001–2008 ásamt umhverfismörkum I og II.



Mynd 3. Styrkurur As í holu LUD-04 og lindum við Mývatn 2001–2008 ásamt umhverfismörkum I og II.



Mynd 4. Styrkur áls í affallsvatni ásamt hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).



Mynd 5. Styrkur áls í lindum við Mývatn 2001–2008 ásamt hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga á affallsvatni og vatni úr borholum, gjám og lindum í Mývatnssveit í júní 2008.

Staðarnafn	Krafla Skiljustöð	Hlíðardalslækur Við AB-02	AB-02	LUD-04	LUD-03	LUD-02	Vogaflói lind	Langivogur lind	Grjótagjá karlagjá	Bjarnarflagslón
Staðarnúmer	M20008	V2356	B57842	B58504	B-58503	B58502	K558	H10088	H10085	M20004
Sýni nr.	20080194	20080185	20080186	20080187	20080188	20080193	20080189	20080190	20080192	20080191
Al	1,24	0,118	0,081	1,38	0,029	0,0523	0,00508	0,0244	0,0173	2,51
As	0,023	0,00774	0,000553	0,00774	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,153
Ba	0,0024	0,00237	0,000461	0,00103	0,000305	0,000391	0,000367	0,0021	0,00262	0,00559
Ca	4,41	38,5	12,5	20,3	10,7	12,2	11	13,6	13,2	5,58
Cd	0,000025	0,000008	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,000005	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,000031
Co	<0,000005	0,00017	0,000008	0,000016	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	<0,000005	0,000444
Cr	0,000085	0,000283	0,000476	0,000474	0,000859	0,00106	0,00143	0,000515	0,000021	0,000396
Cu	0,000212	0,000577	0,00216	EÁ	0,000637	0,00206	0,001	0,000717	0,000613	0,00133
Fe	0,015	0,0188	0,0391	0,0713	0,0037	0,0032	0,0016	0,001	0,0026	2,08
Hg	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,000004
K	27,8	5,38	1,67	2,57	1,77	1,96	1,72	5,09	6,96	17,4
Mg	<0,09	10,4	6,16	12,7	6,97	7,58	6,28	4,29	2,98	1,97
Mn	0,00469	0,0472	0,00186	0,00418	0,000308	0,000282	0,000097	0,000147	0,0197	0,0893
Mo	0,00205	0,00116	0,000788	0,00352	0,000794	0,000984	0,000907	0,00057	0,000202	0,00447
Na	241	44,4	13,2	59,5	14,4	17,8	20,1	59	69,2	94,6
Ni	0,000354	0,00114	0,000428	0,000369	0,00022	0,000248	0,000287	0,000316	0,000517	0,00108
P	0,00146	0,024	0,0598	0,0465	0,0515	0,0524	0,0512	0,0308	0,0211	0,0632
Pb	0,000149	0,000073	0,000076	0,000072	<0,00001	0,000024	<0,00001	0,000018	0,00002	0,00107
SiO₂	554,1	103,1	30,2	86	23,11	24,4	23,1	104,4	156	699,6
Sr	0,0287	0,0443	0,0137	0,0248	0,0113	0,0135	0,125	0,0174	0,0178	0,0158
Zn	0,00127	0,00457	0,00278	0,00182	0,000288	0,00242	0,000521	0,00354	0,00145	0,00745

Allar styrkniðurstöður í mg/L.

Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga á affallsvatni og vatni úr borholum, gjám og lindum í Mývatnssveit í október 2008.

Staðarnafn	Krafla Skiljustöð	Vogaflói lind	Langivogur lind	Grjótagjá karlagjá	Bjarnarflagslón
Staðarnúmer	M20008	K558	H10088	H10085	M20004
Sýni nr.	20080465	20080469	20080468	20080467	20080466
Al	1,52	0,00557	0,0139	0,0141	1,16
As	0,0329	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,04
B	1,3	0,04	0,3	0,3	0,8
Ba	0,00373	0,000358	0,00204	0,0032	0,00145
Ca	3,78	11,7	15,7	13,7	2,67
Cd	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,000002	<0,000002
Cl	46,8	4,05	14,3	15,1	46,8
Co	0,000014	<0,000005	<0,000005	0,000007	0,000064
CO ₂	62,05	63,5	80,7	102,5	62,05
Cr	0,000201	0,00178	0,000557	0,000193	0,000308
Cu	0,00157	0,00113	0,000488	0,000396	0,000762
F	1,11	0,19	0,32	0,35	1,11
Fe	0,0208	0,0021	0,0018	0,0032	0,0715
H ₂ S	22,1	<0,03	<0,03	0,04	8,04
Hg	0,000012	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,000004
K	32,3	1,68	5,91	7,19	15,8
Mg	<0,2	6,71	3,84	3,06	0,732
Mn	0,0024	0,000102	0,000146	0,0235	0,0118
Mo	0,00801	0,000754	0,000372	0,000248	0,00101
Na	242	20,4	70,3	72,1	140
Ni	0,00312	0,000361	0,000706	0,000744	0,000406
P	0,00213	0,0548	0,0254	0,0213	0,00676
Pb	0,000029	0,000017	0,000016	0,000024	0,000022
pH/t°C	9,9/19,5	8,63/21,0	8,53/21,0	8,38/20,7	9,19/20,5
SiO ₂	626	22,1	119,3	149,6	221,4
SO ₄	200	18,6	92,8	65,3	93,6
Sr	0,0213	0,0129	0,019	0,0182	0,0101
UE	1270	129	397	410	923
Zn	0,00236	0,00127	0,00098	0,0014	0,000882
Leiðni (µs/cm) /25°C	1233	212	468	455	776

Allar styrkniðurstöður í mg/L.

Tafla 3. Niðurstöður greininga stöðugra samsætna í sýnum frá september 2006 og september 2007.

Staðarnafn	Staðarnúmer	September 2006		September 2007
		$\delta D \text{ ‰}$	$\delta^{18}O \text{ ‰}$	$\delta^{18}O \text{ ‰}$
Krafla skiljustöð	M2008	-81.7	-5.33	-9.88
Hlíðardalslækur v/AB-02	V2356	-71.3	-11.84	-8.88
AB-02	B57842	-90.0	-8.68	-12.60
LUD-04	B58504	-76.4	-12.70	-9.89
LUD-03	B58503	-90.3	-9.75	-12.74
LUD-02	B58502	-91.5	-12.81	
Vogaflói lind	K558	-92.2	-12.52	-12.68
Langivogur lind	H10088	-90.9	-12.52	-11.69
Grjótagjá karlagjá	H10085	-90.3	-11.73	-11.68
Bjarnarflagslón	M20004	-80.1	-8.35	

3 Heimildir

- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson (2004). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2003*. LV-2004/052, ÍSOR-2004/005, 14 bls.
- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson (2005). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2004*. LV-2005/025, ÍSOR-2005/006, 15 bls.
- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson (2007). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2006*. Landsvirkjun LV-2007/007, ÍSOR-2007/003, 14 bls.
- Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson og Mozhgan Bagheri (2008). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2007*. Landsvirkjun LV-2008/064, ÍSOR-2008/018, 12 bls.
- Löfgren, S. og Lydersen, E. (2002). *Heavy metal concentrations in the Nordic lakes in relation to presently used Critical Limits – a state of the art review*. Proc. Workshop on Heavy Metals (Pb, Cd and Hg) in Surface Water Monitoring and Biological Impact, March 18–20, Lillehammer, Norway. ICP-WATERS Report 67/2002. Trans Boundary Air Pollution Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes. Norwegian Institute for Water Research, 26–27.
- Srinivasan, P. T., Viraraghavan, T. og Subramanian, K. S. (1999). Aluminium in drinking water: An overview. *Water SA*, 25, 47–55.
- Umhverfisráðuneytið (2001). *Reglugerð nr. 536 um neysluvatn*. Sótt í febrúar 2009 af <http://www.umhverfisraduneyti.is/lagagogn/reglugerdir>.
- Verkfræðistofan Vatnaskil (1999). *Mývatn – Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns*. Verkfræðistofan Vatnaskil, 82 bls.